



innovations
for high
performance

microelectronics

Annual Report

2018



Annual Report
2018

Inhalte Contents

| | |
|---|-----|
| Vorwort | 2 |
| Foreword | |
| Organe und Gremien der IHP GmbH | 4 |
| Governing Body of IHP | |
| Das Jahr 2018 | 5 |
| Update 2018 | |
| Forschung des IHP | 13 |
| IHP's Research | |
| Ausgewählte Projekte | 33 |
| Selected Projects | |
| Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland | 63 |
| Research Fab Microelectronics Germany | |
| Gemeinsame Labore | 69 |
| Joint Labs | |
| Publikationen | 81 |
| Publications | |
| Angebote und Leistungen | 101 |
| Deliverables and Services | |
| Wegbeschreibung zum IHP | 110 |
| Directions to IHP | |
| Impressum | 111 |
| Imprint | |

Annual Report
2018

Vorwort Foreword



Liebe Leserinnen und Leser,
wieder können wir auf ein erfolgreiches Jahr für das IHP zurückblicken. In einem internationalen hoch kompetitiven Umfeld ist es keine Selbstverständlichkeit, dass sich das IHP weiterhin an der Spitze der Silizium-Germanium-Forschung weltweit behauptet. Grundlage dafür sind seine starken, aufeinander abgestimmten Kompetenzen in der Halbleitertechnologie, der Materialforschung, dem Entwurf von Hochfrequenz-Schaltungen und Systemlösungen. Die elektronischen und photonisch-elektronischen Technologien und Schaltungen des IHP gehören zu den leistungsfähigsten der Welt. Durch seine Forschung und den Fertigungsservice trägt das IHP signifikant zur Innovationskraft Deutschlands und Europas bei, insbesondere auf dem Gebiet der Höchstfrequenzelektronik.

Mit 79 laufenden Drittmittelprojekten innerhalb der nationalen und europäischen Forschung, darunter 23 DFG-Projekte, kann von einem sehr erfolgreichen Jahr 2018 gesprochen werden. Die stetig zunehmenden Forschungsaktivitäten des IHP steigern den Bedarf für die Reinraumfläche. Deshalb wird für neue Forschungsthemen die Fläche des Reinraums bis 2020 strategisch um 500 m² erweitert. Im vergangenen Jahr wurde dafür der Grundstein gelegt. Die notwendigen 14,3 Millionen Euro kommen vom MWFK, vom BMBF und aus Mitteln des Europäischen Strukturfonds.

Wichtig ist und bleibt für das IHP die Anwendbarkeit der Forschungsergebnisse in gesellschaftlich wichtigen Bereichen wie Halbleiterfertigung, drahtlose und leitungsgebundene Breitbandkommunikation, Gesundheit, Raumfahrt, Industrie 4.0 bzw. Landwirtschaft 4.0 und Mobilität. Ein erhebliches Potential für die Ausweitung der Forschungsleistung und des Services bietet die Mitwirkung des IHP an der Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland, deren Leistungsangebot 2018 Fahrt aufgenommen hat.

Eine immer größer werdende Rolle bei der Verwertung der Leistungen des IHP spielt die IHP Solutions GmbH – Gesellschaft für technologiebasierten Innovationstransfer. Die 100%ige Tochtergesellschaft des Instituts agiert als kommerzielle, marktorientierte Schnittstelle. Zu den Geschäftstätigkeiten zählt insbesondere der Transfer von Ergebnissen aus Forschung und Technologieentwicklung.

Grundlage des Erfolgs des IHP sind jedoch seine Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. 2018 arbeiteten mehr als 330 Beschäftigte aus über 30 Nationen am IHP, darunter über 150 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler. Besonders stolz sind wir, dass sich darunter mit renommierten Preisen ausgezeichnete Forscherinnen befinden und das IHP damit einen Beitrag zur Sichtbarkeit von Frauen in MINT-Berufen leistet.

Wir freuen uns auf neue, spannende Entwicklungen, die nur mit unseren engagierten Mitarbeitenden möglich sind. Bei unseren Partnern aus Forschung und Industrie bedanken wir uns für ihr Vertrauen und die zukunftsweisenden gemeinsamen Projekte. Gleichzeitig danken wir dem Bund und dem Land Brandenburg für die langjährige Unterstützung und konstruktive Zusammenarbeit.

Dear Friends and Readers,

Once again we can look back on a successful year for IHP. In an international highly competitive environment, it cannot be taken for granted that IHP continues to be at the forefront of silicon germanium research worldwide. The basis for this is its strong, coordinated competencies in semiconductor technology, materials research, the design of high-frequency circuits and system solutions. The electronic and photonic-electronic technologies and circuits of IHP are among the most advanced in the world. Through its research and manufacturing services, IHP contributes significantly to the innovative strength of Germany and Europe, especially in the field of ultra-high frequency electronics.

With 79 ongoing third-party funded projects within national and European research, including 23 DFG projects, we can speak of a very successful year 2018. At the same time, the steadily increasing research activities of IHP make an increased demand for the cleanroom area necessary. For this reason, the area of the clean room will be strategically expanded by 500 m² by 2020 for new research topics. The foundation stone was laid last year. The necessary 14.3 million euros come from the MWFK, the BMBF and the European Structural Funds.

The applicability of the research results in socially important areas such as semiconductor manufacturing, wireless and wired broadband communication, health, space, industry 4.0 or agriculture 4.0 and mobility is and remains important for IHP. The involvement of IHP in the Research Fab Microelectronics Germany, whose range of services has risen in 2018, offers considerable potential for the expansion of research and services.

An ever-increasing role in the utilization of IHP-services is played by the IHP Solutions GmbH – association for technology based innovation transfer. The wholly owned subsidiary of the institute acts as a commercial, market-oriented interface. Business activities include, in particular, the transfer of results from research and technology development.

However, the basis of IHP's success is its employees. In 2018, more than 330 employees from over 30 nations worked at the IHP, including over 150 scientists. We are particularly proud of the fact that there are female researchers with prestigious awards and thus IHP contributes to the visibility of women in MINT professions.

We look forward to new, exciting developments that are only possible with our committed employees. We would like to thank our partners from research and industry for their confidence and forward-looking joint projects. At the same time, we thank the German government and the state of Brandenburg for their many years of support and constructive cooperation.

Eine anregende Lektüre der Ergebnisse und Ereignisse des Jahres 2018 wünschen Ihnen

We wish you inciting reading of the results and events of the year 2018

Bernd Tillack
Wiss.-Techn. Geschäftsführer

Manfred Stöcker
Adm. Geschäftsführer

Organe & Gremien der IHP GmbH Governing Body of IHP

Aufsichtsrat Supervisory Board

Dr. Claudia Herok
Vorsitzende
Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kultur
Land Brandenburg
Chair
Ministry of Science, Research and Culture State of Brandenburg

Herr MinR Dr. Stefan Mengel
Stellv. Vorsitzender
Bundesministerium für Bildung und Forschung
Deputy Chair
Federal Ministry of Education and Research

Antje Fischer
Ministerium der Finanzen des Landes Brandenburg, Potsdam
Ministry of Finance, State of Brandenburg, Potsdam

Dr. Gunter Fischer
IHP GmbH, Frankfurt (Oder)
IHP GmbH, Frankfurt (Oder)

Dr. Harald Richter
IHP GmbH, Frankfurt (Oder)
IHP GmbH, Frankfurt (Oder)

Dr. Walter Riess
IBM Research Zürich, Schweiz
IBM Research Zurich, Switzerland

Dr. Fiona Williams
Ericsson Eurolab Deutschland GmbH, Herzogenrath
Ericsson Eurolab Deutschland GmbH, Herzogenrath

Prof. Dr. Robert Weigel
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Friedrich-Alexander-University Erlangen-Nuremberg

Geschäftsführer Managing Directors

Prof. Dr. Bernd Tillack
Wiss.-Techn. Geschäftsführer
Scientific Director

Manfred Stöcker
Adm. Geschäftsführer
Administrative Director

Wissenschaftlicher Beirat Scientific Advisory Board

Prof. Dr. Christian Schaeffer
Vorsitzender
Helmut-Schmidt-Universität, Hamburg
Chair
Helmut Schmidt University, Hamburg

Prof. Dr. Hans D. Schotten
Stellv. Vorsitzender
Technische Universität Kaiserslautern
Deputy Chair
Technical University of Kaiserslautern

Univ. Prof. Dr. Richard Hagelauer
Johannes Kepler Universität, Linz, Österreich
Johannes Kepler University Linz, Austria

Dr. Gerhard Kahmen
Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG, München
Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG, Munich

Prof. Dr. Thomas Mikolajick
NaMLab gGmbH, Dresden
NaMLab gGmbH, Dresden

Dr. Kirsten E. Moselund
IBM Research Zürich, Schweiz
IBM Research Zürich, Switzerland

Dr. Klaus Pressel
Infineon Technologies AG, Regensburg
Infineon Technologies AG, Regensburg

Dr. Michael Schlechtweg
Fraunhofer-Institut IAF, Freiburg
Fraunhofer Institute IAF, Freiburg

Prof. Dr. Ulla Wollenberger
Universität Potsdam
University of Potsdam



Das Jahr 2018 Update 2018

International aktiv Internationally active



Die Teilnehmenden des internationalen Kongresses ISTDM/ICSI in Potsdam.
Participants of the international congress ISTDM/ICSI in Potsdam.

Das IHP war 2018 auf zahlreichen internationalen Konferenzen und Messen im Bereich Mikroelektronik mit einem eigenen Stand und wissenschaftlichen Vorträgen vertreten. Schwerpunkte sind dabei Veranstaltungen zu Hochfrequenzelektronik und Photonik. Im vergangenen Jahr war das IHP unter anderem bei der EuMW (European Microwave Week) in Madrid, der IMS (International Microwave Symposium) in Philadelphia, USA, der RWW (Radio Wireless Week) in Anaheim, USA, der ECOC (European Conference on Optical Communication) in Rom, Italien, der OFC (Optical Fiber Communication Conference & Exhibition) in San Diego, USA und der IEDM (IEEE International Electron Devices Meeting) in San Francisco, USA dabei. Insgesamt stellte das IHP seine Forschungsergebnisse in 292 erschienenen Publikationen und bei 54 eingeladenen Vorträgen dar.

Im Mai 2018 war das IHP Organisator des internationalen Kongresses ISTDM/ICSI in Potsdam. Die zwei weltweit erfolgreichsten Konferenzen im Bereich der Silizium-Germanium-Forschung fanden so erstmals gemeinsam statt. Damit erlebte das International SiGe Technology and Device Meeting (ISTDM) seine neunte Auflage, die ICSI, International Conference on Silicon Epitaxy and Heterostructures, fand zum elften Mal statt. Unter Leitung des IHP-Wissenschaftlers Dr. Yuji Yamamoto kamen über 300 Forschende aus der ganzen Welt zusammen.

Im Oktober fand am IHP der vom Institut organisierte 17. Workshop „High Performance SiGe BiCMOS Technology Platform for innovative RF and Photonic ICs“ statt. Für die Nutzer der Technologien des IHP fanden Design Kit Tutorials zur BiCMOS-Technologie und der Silizium-photonik statt.

In 2018 IHP was represented at numerous international conferences and trade fairs in the field of microelectronics with its own booth and scientific lectures. The focus is on events on high-frequency electronics and photonics. Last year, IHP was among others at the EuMW (European Microwave Week) in Madrid, the IMS (International Microwave Symposium) in Philadelphia, USA, the RWW (Radio Wireless Week) in Anaheim, USA, the ECOC (European Conference on Optical Communication) in Rome, Italy, the OFC (Optical Fiber Communication Conference & Exhibition) in San Diego, USA and the IEDM (IEEE International Electron Devices Meeting) in San Francisco, USA. Overall, IHP presented its research results in 292 published publications and 54 invited presentations.

In May 2018, IHP was the organizer of the international congress ISTDM / ICSI in Potsdam. For the first time, the two most successful conferences in the field of silicon-germanium research took place together. This was the ninth edition of the International SiGe Technology and Device Meeting (ISTDM) and the eleventh edition of ICSI, the International Conference on Silicon Epitaxy and Heterostructures. Under the leadership of IHP scientist Dr. Ing. Yuji Yamamoto over 300 researchers from around the world were brought together.

In October, IHP organized the institute's 17th Workshop "High Performance SiGe BiCMOS Technology Platform for Innovative RF and Photonic ICs". For users of IHP's technologies, design kit tutorials on BiCMOS technology and silicon photonics took place.

In gemeinsamen Technologieabläufen zwischen IHP und Infineon wurde ein funktionierender Transfer der THz-Transistoren demonstriert. 2018 wurden Teile dieser Entwicklungen durch einen Lizenztransfer von IHP an Infineon übertragen. Infineon als einer der weltweit führenden Sensorhersteller im Bereich Automotive verfügt damit über eine hochleistungsfähige Technologieoption auf Basis dieser Leibniz-Erfindung. Neue Anwendungsfelder wie z. B. Radarsensoren für autonomes Fahren können damit erschlossen werden.

Das IHP ist nicht nur international, sondern auch im Weltraum aktiv. Mit der Listung des IHP in der European Preferred Parts List (EPPL) konnte eine wichtige Entwicklung am Institut erfolgreich abgeschlossen werden. Die Aufnahme in die EPPL-Liste erfolgte im Rahmen einer Evaluierung durch die Europäische Raumfahrtbehörde (ESA – European Space Agency). Für Entwickler von Weltraumanwendungen ist die EPPL-Liste ein Werkzeug, um zugelassene Komponenten und Technologien auszuwählen. Sie bestätigt die Weltraumfähigkeit der SiGe-BiCMOS-Technologie.

Zur Nachwuchsgewinnung organisiert das IHP jedes Jahr eine Sommerschule. In diesem Jahr standen die Herausforderungen für elektronische Systeme hinsichtlich Zuverlässigkeit und Sicherheit von automatisierten Fahrzeugen im Mittelpunkt. Den 20 Studierenden aus 13 Ländern wurde mit Vorlesungen, Labor- und Reinraumführungen sowie gemeinsamen Aktivitäten am Abend ein breitgefächertes Programm geboten. Die Sommerschule wurde vom Joint Lab des IHP und des Instituts für Informatik und Computational Science der Universität Potsdam Anfang September zu gleichen Teilen in Potsdam und Frankfurt (Oder) ausgerichtet.

In joint technology runs between IHP and Infineon, a functioning transfer of the THz transistors was demonstrated. In 2018, parts of these developments were transferred to Infineon through a license transfer from IHP. Infineon, as one of the world's leading sensor manufacturers in the automotive sector, has a high-performance technology option based on this Leibniz invention. New application fields such as radar sensors for autonomous driving can be made accessible.

IHP is not only active internationally, but also active in space. With the listing of IHP on the European Preferred Parts List (EPPL), an important development at the institute was successfully completed. The inclusion on the EPPL list was carried out as part of an evaluation by the European Space Agency (ESA). For space application developers, the EPPL list is a tool to select approved components and technologies. It confirms the space capability of SiGe BiCMOS technology.

Every year, IHP organizes a summer school to recruit young talents. This year's focus was on the reliability, safety, and security challenges in electronic systems for autonomous driving. The 20 students from 13 different countries were offered a wide-ranging program with lectures, laboratory and cleanroom tours and joint activities in the evening. The summer school was organized in equal parts in Potsdam and Frankfurt (Oder) by the Joint Lab of IHP and the Institute of Computer Science and Computational Science of the University of Potsdam at the beginning of September.



Teilnehmende der Sommerschule 2018
Participants of the summer school 2018

Regional aktiv Regionally active

Die regionale Verankerung und Akzeptanz spielt für das IHP eine wichtige Rolle. Dazu zählt, das eigene Know-how auch für die Anwendung in der Region nutzbar zu machen. Beispielhaft ist dafür das Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Cottbus, welches am 17. April 2018 offiziell eröffnet wurde und bei dem das IHP seine Expertise im Bereich IT Sicherheit einbringt. Das Kompetenzzentrum unterstützt kleine und mittlere Unternehmen in Brandenburg dabei, sich den Herausforderungen der zunehmenden Veränderung der Arbeitswelt und den sich daraus ergebenden Anforderungen zu stellen.

Regional anchoring and acceptance plays an important role for IHP. This includes utilizing IHP's know-how in the region. One example of this is the Mittelstand 4.0 Kompetenzzentrum Cottbus, which was officially opened on April 17th, 2018 and in which IHP contributes its expertise in the field of IT security. The Kompetenzzentrum supports small and medium-sized enterprises in Brandenburg in facing up to the challenges of the increasing changes in the world of work and the resulting demands.



Zum Tag der offenen Tür am 8. September 2018 kamen ca. 300 Besucher und Besucherinnen.
Around 300 guests visited IHP at its Open Day on 8th of September, 2018.

Die Nachwuchsförderung spielt in einer Region mit Fachkräftemangel eine wesentliche Rolle. Das IHP pflegt daher seit vielen Jahren engen Kontakt zu Brandenburger Schulen. 2018 endete ein Projekt, bei dem sich 15 Schülerinnen und Schüler des Frankfurter Carl-Friedrich-Gauß-Gymnasiums sowie drei Auszubildende des IHP intensiv mit Wasserstoff als einem Energieträger der Zukunft beschäftigten. Dabei erforschten sie die Erzeugung und Speicherung von regenerativer Energie, darunter die Herstellung von Wasserstoff durch Elektrolyse sowie die Speicherung und Umwandlung in Elektro- oder Bewegungsenergie. Das dreijährige Projekt „Konzept zur Wasserstoffnutzung für den öffentlichen und individuellen Verkehr in Frankfurt (Oder)“ wurde von der Robert Bosch Stiftung im Rahmen des Programms „Our Common Future“ gefördert.

Eine andere Form der Nachwuchsförderung betreibt der Förderverein „Freunde des IHP“ e.V. Brandenburger Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen 9 bis 12 können sich mit ihrem naturwissenschaftlich-technischen Projekt für den Schülerforschungspreis bewerben. Seit 2005 wird zudem der bundesweite Förderpreis für herausragende technisch-naturwissenschaftliche Bachelor-, Master- und Diplomarbeiten für überdurchschnittliche Leistungen in den Gebieten Materi-

The promotion of young talent plays a key role in a region with a shortage of skilled workers. IHP therefore has maintained close contact with the schools in Brandenburg for many years. In 2018, a project was finished in which 15 pupils from the Carl-Friedrich-Gauß-Gymnasium in Frankfurt and three apprentices at IHP intensively studied hydrogen as an energy source of the future. They explored the production and storage of renewable energy, including the production of hydrogen by electrolysis and the storage and conversion into electrical or kinetic energy. The three-year project “Concept for the use of hydrogen for public and individual transport in Frankfurt (Oder)” was funded by the Robert Bosch Foundation as part of the “Our Common Future” program.

Another form of promoting young talents is pursued by the supporting association “Freunde des IHP” e.V. Pupils of Brandenburg of grades 9 to 12 can apply for the Pupils Research Award with their natural science and technology project. Additionally since 2005, the nationwide sponsorship award for outstanding technical and scientific bachelor's, master's and diploma theses has also been awarded to students for above-average achievements in the fields of materials research, semiconductor technology, circuit and system design.

alforschung, Halbleitertechnologie, Schaltkreis- und Systementwurf an Studenten vergeben.

Das IHP ist weiterhin regelmäßig Gastgeber für die Siegerehrung der Physikolympiade des Landes Brandenburg, bei der die angehenden Forscherinnen und Forscher das IHP bei Führungen kennenlernen. Einen weitaus tieferen Einblick in die Forschung des IHP erhielt Florian Grunert. Der Thüringer Landessieger des bundesweiten Wettbewerbs „Jugend forscht“ gewann ein zweiwöchiges Praktikum am IHP.

Das Interesse der breiten Öffentlichkeit wird vor allem am jährlichen Tag der offenen Tür sichtbar. Rund 300 Besucherinnen und Besucher informierten sich im September über die Forschungsthemen des Instituts. Dabei bewährte sich auch die vor drei Jahren eingeführte Zweisprachigkeit: Neben deutschsprachigen Angeboten erreichte das IHP mit polnischen Informationsständen, Führungen und einer Kinderuniversität ein großes und breitgefächertes Publikum über die Landesgrenzen hinaus. Neben wissenschaftlichen Vorträgen und Demonstrationen sind auch die Ausbildungs- und Studienangebote des IHP beidseits der Oder sehr von Interesse.

IHP is also a regular host for the award ceremony of the Physics Olympiad in the state of Brandenburg, where prospective researchers get to know IHP during guided tours. A much deeper insight into the research of IHP was given to Florian Grunert. The Thuringian state winner of the nationwide competition „Jugend forscht“ won a two-week internship at IHP.

The interest of the general public is especially visible on the annual Open Day. Around 300 visitors gathered information about the research topics of the institute in September. The bilingualism introduced three years ago proved to be successful: in addition to German-language offers, IHP also reached a large and diverse audience across Polish borders with its Polish information booths, guided tours and a children's university. In addition to scientific lectures and demonstrations, the apprenticeship and study programs offered by IHP are also of great interest on both sides of the Oder.

Auszeichnungen Awards

Erfolgreiche Forschung spiegelt sich auch in ihrer Honorierung. Im vergangenen Jahr erhielt die IHP-Wissenschaftlerin Dr. Costanza Lucia Manganelli für ihre Arbeit zum Thema „Investigation and Modeling of Novel Silicon based Integrated Optics“ die von der IEEE Photonics Society Italian Chapter vergebene Auszeichnung für die beste Dissertation.

Der Bertha-Benz-Preis 2018 für junge Ingenieurinnen wurde an die IHP-Forscherin Dr. Despoina Petousi für ihre Dissertation „Analysis of Integrated Silicon Depletion-Type Mach-Zehnder Modulators for Advanced Modulation Formats“ verliehen. Die Arbeit entstand im Joint Lab des IHP mit der TU Berlin.

Successful research is also reflected in its rewards. Last year, IHP scientist Dr. Costanza Lucia Manganelli received the Best Dissertation award from the IEEE Photonics Society Italian Chapter for her work on „Investigation and Modeling of Novel Silicon based Integrated Optics“.

The 2018 Bertha Benz Prize for Young Female Engineers was awarded to IHP researcher Dr. Despoina Petousi for her dissertation „Analysis of Integrated Silicon Depletion-Type Mach-Zehnder Modulators for Advanced Modulation Formats“. The work was created in the Joint Lab of IHP with the TU Berlin.



Dr. Costanza Lucia Manganelli (l.) erhielt von der IEEE Photonics Society Italian Chapter die Auszeichnung für die beste Dissertation.
Dr. Costanza Lucia Manganelli (l.) received the Best Dissertation award from the IEEE Photonics Society Italian Chapter.



Dr. Despoina Petousi (r.) erhielt den Bertha-Benz-Preis 2018 für junge Ingenieurinnen.
2018 Bertha Benz Prize for Young Female Engineers was awarded to Dr. Despoina Petousi (r.).

Dr. Stefan Lischke erhielt beim IEEE BiCMOS and Compound Semiconductor Integrated Circuits and Technology Symposium (IEEE-BCICT) 2018 für seine Veröffentlichung „Performance Improvement of a Monolithically Integrated C-Band Receiver Enabled by an Advanced Photonic BiCMOS Process“ den 2017 BCTM Best Paper Award.

Zwei IHP-Wissenschaftler, Dr. Herman Ng und Prof. Dr. Dietmar Kissinger wurden für ihre Publikation „Multi-Purpose Fully Differential 61- and 122-GHz Radar Transceivers for Scalable MIMO Sensor Platforms“ im IEEE Journal of Solid-State Circuits mit dem VDE ITG-Preis 2018 ausgezeichnet. Dieser Preis wird jährlich für hervorragende Veröffentlichungen auf dem Gebiet der Informationstechnik verliehen.

Dr. Stefan Lischke received the 2017 BCTM Best Paper Award at the IEEE BiCMOS and Compound Semiconductor Integrated Circuits and Technology Symposium (IEEE-BCICT) 2018 for his publication „Performance Improvement of a Monolithically Integrated C-band Receiver Enabled by an Advanced Photonic BiCMOS Process“.

Two IHP scientists, Dr. Herman Ng and Prof. Dietmar Kissinger were awarded the VDE ITG Prize 2018 for their publication „Multi-Purpose Fully Differential 61 and 122-GHz Radar Transceivers for Scalable MIMO Sensor Platforms“ in the IEEE Journal of Solid-State Circuits. This prize is awarded annually for outstanding publications in the field of information technology.

Im Dezember erhielt Dr. Dawid Kot den Young Researcher Poster Award beim „Forum on the Science and Technology of Silicon Materials 2018“ in Okayama, Japan. Er wurde für seine Präsentation der gemeinsamen Publikation mit dem Münchner Unternehmen Siltronic zur Bildung von Komplexen von Gitterfehlstellen mit Sauerstoff bei sehr hohen Temperaturen, die er sowohl experimentell untersucht als auch theoretisch modelliert hat, ausgezeichnet.

Rahul Kumar Yadav belegte mit seiner Arbeit „A 60 GHz Mixer-based Reflectometer in 130 nm SiGe BiCMOS Technology toward Dielectric Spectroscopy in Medical Applications“ auf der IEEE International Microwave Biomedical Conference den 3. Platz beim IEEE-IMBioC 2018 Best Student Paper Award.

In December, Dr. Dawid Kot received the Young Researcher Poster Award at the “Forum on the Science and Technology of Silicon Materials 2018” in Okayama, Japan. He was honoured for his presentation of the joint publication with the Munich company Siltronic for the formation of complexes of lattice imperfections with oxygen at very high temperatures, which he has both experimentally investigated and theoretically modeled.

Rahul Kumar Yadav was ranked 3rd at the IEEE-IMBioC 2018 Best Student Paper Award for his work “A 60 GHz Mixer-based Reflectometer in 130 nm SiGe BiCMOS Technology towards Dielectric Spectroscopy in Medical Applications” at the IEEE International Microwave Biomedical Conference.



Forschung des IHP
IHP's Research

Forschung des IHP

Das IHP erforscht und entwickelt siliziumbasierte Systeme, Höchstfrequenz-Schaltkreise und -Technologien einschließlich neuer Materialien. Es realisiert damit prototypische Lösungen für Anwendungsbereiche wie die drahtlose und Breitbandkommunikation, Sicherheit, Medizintechnik, Raumfahrt, Mobilität und Industrieautomatisierung.

Als Leibniz-Institut arbeitet das IHP an langfristigen, strategischen Forschungsaufgaben. Dabei verbindet es gezielt Grundlagenforschung mit angewandter Forschung. Durch seine Pilotlinie mit den eigenen, sehr leistungsfähigen SiGe:C-BiCMOS-Technologien ist es in der Lage, komplexe Lösungen durch innovative und industriell relevante Prototypen zu demonstrieren. Erarbeitete Technologien werden schnell auf ein hohes Niveau gebracht, um sie als forschungsbasierten Service anbieten zu können.

Ein wesentliches Merkmal des IHP ist das vertikale Forschungskonzept. Durch die aufeinander abgestimmte Zusammenarbeit der Kernkompetenzen Systemdesign, Schaltkreisdesign, Prozesstechnologie und Materialforschung werden Synergieeffekte erreicht, die zu vertikal-optimierten Lösungen führen. Externe Kooperationen und die Verwertung von Arbeitsergebnissen erfolgen auf allen Ebenen – vom Material bis hin zu Systemen. Unter aktiver Mitwirkung des IHP wurde 2017 mit der Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland eine neue, nationale Forschungskapazität gebildet, die die wichtigsten Forschungseinrichtungen auf dem Gebiet der Mikroelektronik zusammenführt.

Das Institut arbeitet an den folgenden vier eng miteinander verbundenen Forschungsprogrammen:

1. Drahtlose Systeme und Anwendungen
2. Hochfrequenz-Schaltkreise
3. Technologien für smarte Systeme
4. Materialien für die Mikro- und Nanoelektronik

Strategische Ziele des Institutes sind THz-Kommunikation für zukünftige ultraschnelle Internetanwendungen, integrierte elektronisch-photonische Terabit pro Sekunde Plattform auf SiGe BiCMOS, Terahertz-Lab-on-Chip, z. B. für sensorische Systeme, totale Resilienz für autonome intelligente Systeme. Technologisch werden dafür SiGe-Heterobipolartransistoren bis zu den technisch erreichbaren Frequenzen weiterentwickelt und die Möglichkeiten von Graphen für industriell relevante Anwendungen bei Elektronik und auch für die Integration in die Siliziumphotonik unter Nutzung ihrer elektrooptischen Eigenschaften erforscht.

IHP's Research

IHP researches and develops silicon-based systems, high-frequency circuits and technologies including new materials. It realizes prototypical solutions for applications such as wireless and broadband communication, security, medical technology, aerospace, mobility, and industrial automation.

As a Leibniz Institute, IHP works on long-term, strategic research assignments. It combines basic research with applied research. Through its pilot line with own, very powerful SiGe:C BiCMOS technologies, it is able to demonstrate complex solutions with innovative and industrially relevant prototypes. Developed technologies are rapidly brought to a level that they can be offered as research-based services.

An essential characteristic of IHP is the vertical research concept. By concerted cooperation of its core competencies system design, circuit design, process technology and materials research, synergies are achieved, leading to vertically optimized solutions. External cooperation and the exploitation of results are carried out at all levels – from materials to systems. With the active participation of IHP, a new, national research capacity – Research Fab Microelectronics Germany – was formed in 2017. It brings together the most important German research institutions in the field of microelectronics.

The institute is working on the following four closely connected research programs:

1. Wireless Systems and Applications
2. Radio Frequency (RF) Circuits
3. Technologies for Smart Systems
4. Materials for Micro- and Nanoelectronics

Strategic goals of the institute are THz-communication for future ultrafast internet applications, integrated electronic-photonic Tbit/s platform in SiGe BiCMOS, terahertz labs-on-chip and total resilience for autonomous intelligent systems. SiGe heterobipolar transistors are further developed up to technically achievable frequencies. The potential of graphene for industrially relevant applications in electronics and also for integration in silicon photonics using its electro-optical properties is investigated.

Drahtlose Systeme und Anwendungen Wireless Systems and Applications

Im Programm „Drahtlose Systeme und Anwendungen“ werden komplexe Systeme für die drahtlose Kommunikation und deren Anwendungen untersucht und entwickelt. Ziel sind Hardware-/Software-Systemlösungen auf hochintegrierten Single-Chips, System-on-Chip (SoC) oder System-in-Packages (SiP). Jede der drei Arbeitsgruppen in diesem Forschungsprogramm betreibt parallel ein Joint Lab mit einer Universität in Brandenburg oder Berlin.

Derzeit laufen acht DFG-Projekte im IHP oder in den Joint Labs des Institutes mit Professoren der Abteilung System Design. Weitere DFG-Projekte sind in der Antragsphase oder in Vorbereitung. Die Abteilung ist weiterhin sehr erfolgreich beim Einwerben von geförderten Projekten in Richtung der verfolgten strategischen Ziele. So konnten zwei neue EU-Projekte sowie zwei Bundesprojekte neu akquiriert werden.

The programme „Wireless Systems and Applications“ investigates and develops complex systems for wireless communication and its applications. The aim is to develop hardware/software system solutions on highly integrated single chips, System-on-Chip (SoC) or System-in-Packages (SiP). Each of the three working groups in this research program operates a joint lab with a university in Brandenburg or Berlin.

Currently, eight DFG projects are running in the IHP or in the Institute's joint labs with professors from the System Design department. Further DFG projects are in the proposal phase or in preparation. The department continues to be very successful in acquiring funded projects in line with its strategic goals. Two new EU projects and two new federal projects were acquired.

Drahtlose Breitbandkommunikation

Zur Abdeckung des steigenden Bedarfs an Datenraten sind die Erhöhung der spektralen Übertragungs-Effizienz und die Nutzung weiterer Spektralbereiche z. B. im Millimeterwellen-Band notwendig. Insbesondere sind Strahlformung und MIMO-Techniken (Nutzung mehrerer Sende- und Empfangsantennen für drahtlose Kommunikation) im Fokus von Forschung und Entwicklung. Strahlformung (Beamforming) erlaubt größere Reichweiten für drahtlose Kommunikation und die Verringerung von Interferenz- und Abschattungs-Effekten. Durch die geringe Wellenlänge kann die Größe des benötigten Antennen-Arrays klein gehalten werden. Weiterhin wird die Belastung der Umwelt durch elektromagnetische Wellen verringert und die Energieeffizienz steigt. Diese Techniken werden unter anderem zur Realisierung von 5G-Netzen benötigt und eingesetzt.

Ergebnisse des EU-Projektes 5G-XHaul, das auf konvergierte, optisch/drahtlose Lösungen für 5G-Fronthaul/Backhaul-Netzwerke zielt, konnten auf der EuCNC2018 (European Conference on Networks and Communications) in mehreren Workshops dargestellt werden. Das IHP arbeitet in diesem, im Rahmen der 5G-PPP Assoziation, laufenden Projekt, vor allem in den Bereichen mm-Wave-Beamforming/MIMO sowie Verfahren und Architekturen zur Lokalisierung. Eine abschließende Demonstration der Ergebnisse aus 5G-XHaul in Bristol (GB) im Juni 2018 hat zu einer ausgesprochen positiven Bewertung durch die EU-Gutachter und den Project Officer geführt. Die auf 5G-XHaul Ergebnissen basierenden Arbeiten werden in dem IHP-koordinierten Projekt 5G-PICTURE bis Ende Februar 2020 fortgesetzt.

Wireless Broadband Communication

To enable further growth of the data rate, both the spectral efficiency needs to be improved and new spectral ranges need to be made available, e.g. in mmWave bands. In particular beamforming and MIMO technologies, i.e. the use of several transmit and receive antennae enabling multiple data streams, are in the focus of research in the context. Beamforming allows reaching higher distances and can reduce interference and blocking effects. The use of higher frequencies allows the required antenna arrays to be kept reasonably small. Due to beamforming and MIMO the energy dissipation and interference with other systems is also reduced. Therefore, these technologies are needed and will be deployed in future 5G-networks.

Some results of current 5G-related work in the project 5G-XHaul were presented in several workshops at EuCNC2018. 5G-Xhaul is coordinated by IHP and has the technical focus on 5G fronthaul/backhaul networks. The technical contribution of IHP was in the area of mmWave beamforming technology and a combination with ranging and localization capabilities. A final demo of the project's results in Bristol in June 2018 has resulted in a very positive evaluation of the project by the external reviewers and the EU-project officer. Based on the research results of 5G-XHaul the work on 5G-transport networks is continued in the 5GPPP Phase-II project 5G-PICTURE. 5G-PICTURE is again coordinated by IHP and will extend the application to a public transport train supply of 5G-connectivity.

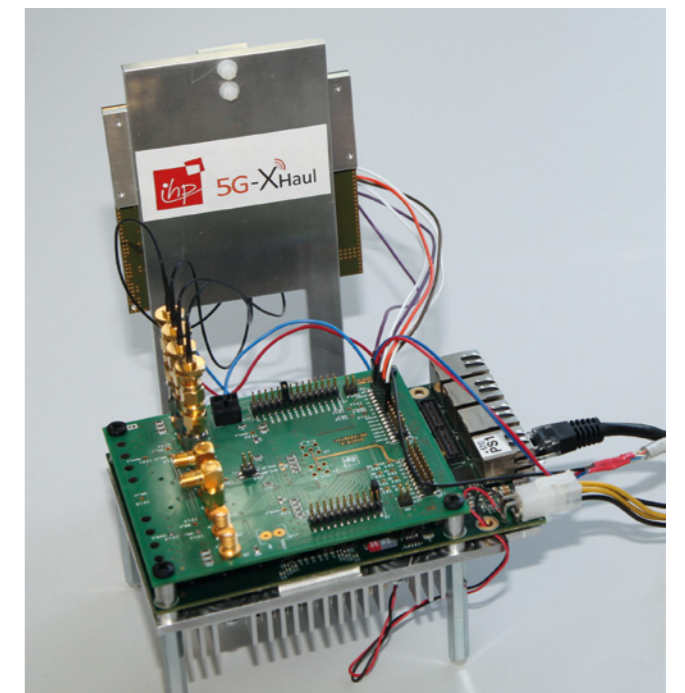
Die erfolgreichen Arbeiten in der Gruppe Drahtlose Breitbandkommunikation haben im Jahr 2018 die positive Begutachtung und Bewilligung weiterer Projekte ermöglicht. In der EU-Ausschreibung ICT-17 (5G-PPP Phase-III) wurde ein weiteres Projekt zur Entwicklung von 5G mit dem Akronym 5GENESIS eingeworben und im Sommer 2018 gestartet. Ein wesentliches Ziel des IHP in diesem Projekt ist die Erweiterung des Berliner 5G-Testbed durch Integration der vom IHP entwickelten mmWellen-Technologie. Die neuste Version des mmWellen Beamforming Frontend-Chips diente als Grundlage für den IHP-Demonstrator im 5GENESIS Projekt. Die entwickelte SDR (Software Defined Radio) Plattform wird nun durch die IHP Solutions GmbH vermarktet.

Auch durch das ausgezeichnete Ergebnis beim Abschluss des Projektes 5G-XHaul wurde das IHP in weitere Konsortien eingeladen. Projektanträge für die EU-Projekte 5GPRIME und 5GVICTORI, die ebenfalls in der H2020 5G-PPP Initiative in Phase-III angesiedelt sind, wurden gestellt.

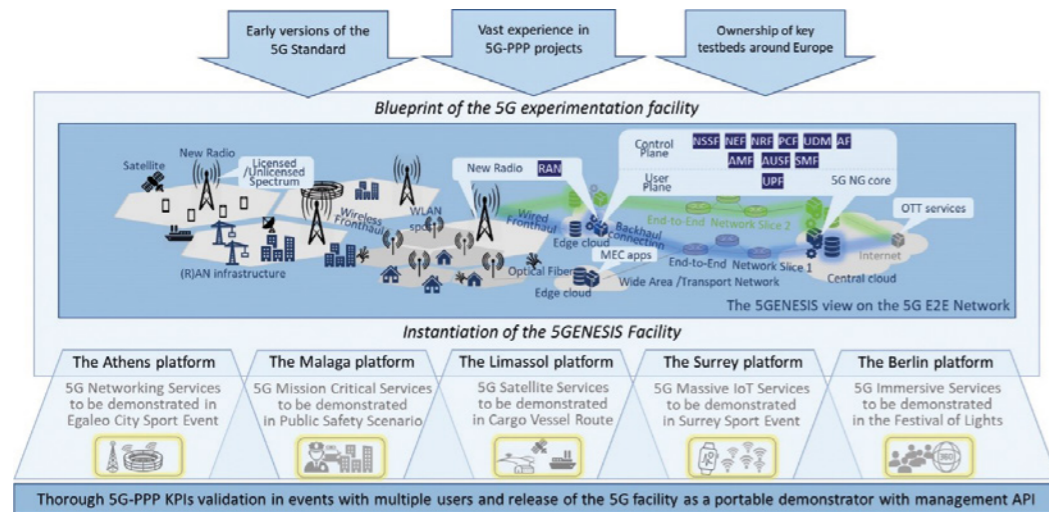
Um in der Fabrikautomation den Feldbus durch eine Funklösung zu ersetzen, wurde 2018 im Projekt ParSec (Paralleles zuverlässiges und sicheres Funksystem zur latenzoptimierten Fabrikautomatisierung) mittels PSSS-Verfahren (Parallel Sequence Spread Spectrum) ein Testaufbau eines Closed-Loop-Radiosystems gezeigt. Dieser Systemansatz realisiert eine sternförmige Topologie, bei der viele Clients im Uplink gleichzeitig senden. Eine sichere Datenübertragung trotz sich überlagernder Funksignale wird dabei durch das PSSS-Verfahren ermöglicht, was durch eine komplizierte Datenkodierung erreicht wird. Anders als beim Ethernet-Ansatz entfallen somit die technischen Aufwände, damit sich die einzelnen Netzteilnehmer nicht gegenseitig stören, wodurch die Latenz enorm verringert wird. Basierend auf den vielversprechenden Ergebnissen des ParSec-Projektes wurde ein neues Projekt INCAS beantragt, das auf der Basis der erzielten Ergebnisse nun mittels Einsatz künstlicher Intelligenz insbesondere die Fehlerrate massiv reduzieren soll.

The successful work in 5G-XHaul and 5G-PICTURE resulted in another H2020 project that started in summer 2018. 5GENESIS is a 5G-PPP phase-III project. One of the main goals of IHP is the extension of the Berlin 5G-Testbed. In cooperation with Humboldt-University of Berlin, a 5G-Installation around the main building of Humboldt-University will be established. For this purpose the latest version of our mmWave beamforming frontend and mmWave communication system will be deployed. Due to the excellent results, IHP was invited to participate in new project proposals 5GPRIME and 5GVICTORI. Both projects were submitted in the H2020 ICT-20 call in November 2018.

For replacing a field bus by a radio solution in 2018, the Project PARSEC presented a low-latency radio system for industrial applications. This system deploys PSSS (parallel sequence spread spectrum) modulation. The underlying network has a star topology allowing all slave-nodes to transmit simultaneously to the master node. The PSSS-approach facilitates a secure and reliable transmission with low latency. Based on the promising results of the ParSec project, a new project INCAS was applied for. Based on the results obtained, INCAS will now use artificial intelligence to massively reduce the error rate.



60-GHz-Backhaul-Lösung für 5G-XHaul-Demonstration in Bristol, bestehend aus der IHP Solutions Digibackboard-Software-Defined-Radio (SDR) Plattform und dem strahlenkenden 60-GHz-RF-Frontend des IHP.
60 GHz backhaul solution for 5G-XHaul demonstration activities in Bristol, comprising IHP Solutions digibackboard Software Defined Radio (SDR) platform connected to the IHP's 60 GHz Analog Front-End with beamforming capabilities.



5GENESIS wird einen 5G-Versuchsplan definieren, der als allgemeine Architekturreferenz dient. 5GENESIS will define a 5G experimentation blueprint, that will serve as a common architectural reference.

Sensor-Netzwerke und Middleware-Plattformen

Drahtlose Sensornetze (WSN) bestehen aus kostengünstigen Komponenten mit beschränkten Ressourcen. Sie nehmen eine spannende Entwicklung mit dem Potenzial, einen signifikant positiven Einfluss auf jeden Aspekt unseres Lebens zu erlangen. Mit dem Aufkommen des Future Internet oder des Internet of Things werden drahtlose Sensornetze zu einem wesentlichen Bestandteil des Internets. Neben den relativ bekannten Anwendungen im Bereich des Umweltmonitorings gewinnen Anwendungsfelder wie Smart City und Fabrikautomatisierung kontinuierlich an Bedeutung. In diesen Anwendungsgebieten werden drahtlose Sensornetze mehr und mehr als Teil der Netzwerke betrachtet. Im Bereich des Heimatschutzes (Homeland Security) werden drahtlose Sensornetze als ein potenzielles Mittel zur Überwachung von kritischen Infrastrukturen wie Stromleitungen usw. angesehen. Ein weiteres wesentliches Anwendungsgebiet sind körpernahe Funknetzwerke im Bereich Telemedizin und Tele-Rehabilitation.

Die Arbeitsgruppe Sensornetze und Middleware Plattformen arbeitet seit November 2017 im Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Cottbus mit und ist für die Aspekte IT-Sicherheit und Datenschutz verantwortlich. Es wurden bereits zwei sehr erfolgreiche Fachtage durchgeführt, davon einer im IHP. Diese Aktivitäten dienen der Vernetzung mit Unternehmen aus der Region und runden das Profil der Gruppe im Bereich IT-Sicherheit mit Blick auf alltagstaugliche IT-Sicherheitskompetenzen ab.

Die Untersuchungen im Rahmen des Industrie 4.0-Projektes ParSEC haben ergeben, dass der Ansatz der Schlüsselgenerierung aus Kanalparametern für Echtzeitsysteme nicht tragfähig ist. Um hier trotzdem einen kosteneffizienten Ansatz zur Schlüsselaktualisierung bieten zu können, wurde ein Ansatz zur Adaption des Schlüssels, der bei jeder Datenübertragung angewendet werden kann, entwickelt.

Im Bereich der Seitenkanalangriffe wurde eine neue Version des ECC (Elliptic Curve Cryptography) Beschleunigers, die insbesondere die Offenlegung des Schlüssels durch die Analyse der Adressierung der Register vermeidet, entworfen und getestet. Die Optimierungen des unifizierten ECC-Beschleunigers im Rahmen des Fast-Sign Projektes haben zu einer signifikanten Verbesserung der Geschwindigkeit insbesondere für elliptische Kurven über Primkörpern geführt. Im Vergleich

Sensor Networks and Middleware Platforms

Wireless Sensor Networks (WSN) are built of low-cost resource constrained devices and are an exciting development with a very large potential for a significant beneficial impact on every aspect of our lives. With the advent of the Future Internet or the Internet of Things Wireless Sensor Networks are becoming an essential part of the Internet. In addition to the well-known application areas such as environmental monitoring, new application areas such as Smart City and automation control are gaining importance. In these fields sensor networks are considered to be or at least become part of the existing networks. Wireless sensor networks are considered appropriate means for monitoring critical infrastructures such as electrical grids, etc. in the area of homeland security. Another highly important application field are body area networks for telemedicine and tele-rehabilitation.

Since November 2017 the research group Sensor Networks and Middleware Platforms is part of the "Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Cottbus" in which it represents security and data protection aspects. There have already been two highly successful workshops with regional companies of which one was held on IHP premises. These activities are intended to extend and deepen the network with companies in the region and to help to improve the group's profile especially with respect to everyday security problems and solutions.

The experiments carried out in the Industry 4.0 project ParSec clearly showed that the idea of generating cryptographic keys from channel parameters cannot be used in real-time systems. In order to support a high level of security in a cost-efficient manner a new approach for adapting the key on-the-fly was developed, which can be used in each and every transmission.

In order to improve IHP's ECC (Elliptic Curve Cryptography) accelerator against side channel attacks a new version, that avoids leaking the key via the addressing of registers during the crypto-operations, was investigated and realized. In addition, very successful optimizations of the unified multiplier were realized as part of the fast-sign project. Especially the performance of operations in GF(p) were significantly improved. The new version executes 14490 ECDSA (Elliptic Curve Digital Signature Algorithm) verifications per second in IHP's 130 nm

mit den von NXP im Jahre 2016 in IEEE Transactions on Very Large Scale Integration (VLSI) Systems veröffentlichten Ergebnissen von 9708 ECDSA (Elliptic Curve Digital Signature Algorithm) Verifikationen pro Sekunde in der NXP-65-nm-Technologie konnte eine Steigerung auf 14490 ECDSA Verifikationen in der IHP 130 nm Technologie erreicht werden. Dies ist umso beachtlicher, da die NXP Technologie deutlich höher skaliert ist.

Im Rahmen des Marie Curie Projekts RESCUE konnten zum ersten Mal erfolgreich laserbasiert Fehler in Schaltungen induziert werden. Dieses ist der erste notwendige Schritt, um Fehler-Injektions-Angriffe gegen kryptographische Schaltungen durchführen und geeignete Schutzmechanismen entwickeln zu können.

Die im Projekt myAirCoach gefertigten Prototypen eines intelligenten Inhalators wurden im Februar 2018 an die klinischen Partner geliefert. Bis Mai 2018 wurden einige Verbesserungen durchgeführt. Die im Mai ausgelieferten Geräte arbeiten seitdem ohne Probleme. Die klinische Studie hat ergeben, dass sich das persönliche Wohlbefinden der Patienten um 0,62 Punkte auf der Basis des Asthma Control Questionnaires (ACQ) verbessert. Eine Verbesserung von mindestens 0,5 Punkten gilt als signifikant und klinisch relevant. Das Abschluss-Review durch die EU wurde im August 2018 erfolgreich bestanden.

Das Projekt DIAMANT konnte beim Status-Meeting im Juli 2018 erfolgreich die Integration der Cross-Plattform mit unterschiedlichen Protokollen und dem drahtlosen Code-Update präsentieren und mit Hilfe mehrerer Demonstratoren eindrucksvoll vorführen. Die Wisdom-Plattform wurde überarbeitet und ihr Einfluss auf die im Feld gemessenen Werte konnte z. B. durch die Integration einer eigenen Energieversorgung weiter reduziert werden.

Die Arbeitsgruppe Sensor-Netzwerke und Middleware-Plattformen hat im letzten Quartal damit begonnen, Methoden der künstlichen Intelligenz auf ihre Eignung für die Verwendung in unterschiedlichen Anwendungsgebieten hin zu untersuchen. Das Ziel hierbei ist es nicht, neue KI Methoden zu untersuchen, sondern bekannte Methoden in neuen Anwendungsfeldern und insbesondere für ressourcenbeschränkte Systeme nutzbar zu machen. Erste positive Ergebnisse konnten bei der Seitenkanalanalyse erzielt werden. Die Anwendung im Bereich Telemedizin soll im kommenden Jahr im Projekt fast-gait untersucht werden. Die Kombination von KI-Methoden, hier Support Vector Machines mit Mikrokontrollern zur Verbesserung von deren Resistenz gegen „return oriented programming“-Angriffe, ist Gegenstand der Untersuchungen im Projekt Morfeus, das ebenfalls 2019 beginnen wird.

technology compared to the world class result from NXP with 9708 verifications in their own 90 nm technology, published 2016 in IEEE Transactions on Very Large Scale Integration (VLSI). Please note that the IHP solution clearly outperforms the NXP version even though it uses a by far less scaled technology.

One of the highlights of the Marie Curie Project RESCUE in its first year is that we were able to induce faults into IHP circuits using our laser station. This is the first essential step to realize fault injection attacks against cryptographic devices and to investigate appropriate counter measures.

The EU project myAirCoach shipped an intelligent asthma inhaler adaptor to the clinical partners in February 2018. Until May 2018 some improvements were realised before the devices were handed to the patients. The devices are working without any problems since May. The clinical study clearly shows that the personal well-being of the patients improves by 0.62 points on the scale of the Asthma Control Questionnaires (ACQ). An improvement of 0.5 points is considered as significant and of clinical relevance. The final EU review was passed successfully.

The project DIAMANT successfully presented the integration of the cross platform with a set of different protocols and with the wireless code update and presented several demonstrators during the status meeting in July 2018. The WISDOM platform was redesigned and especially its influence on the measured parameters could be minimized by integrating its own energy supply.

During the last quarter of 2018 the group Sensor Networks and Middleware Platforms started to investigate artificial intelligence means with respect to their applicability in the above mentioned application fields. The target is not to investigate new AI means but to empower the use of AI means in new application fields and especially for resource constrained devices. First positive results were already achieved in the field of side channel analysis. The use of AI means in the field of telemedicine will be investigated starting next year as part of the project fast-gait. The combination of AI methods, here support-vector machines with microcontrollers to improve their resistance against return oriented programming attacks, will be investigated as part of the project Morfeus which will also start in 2019.

Design & Testmethodik

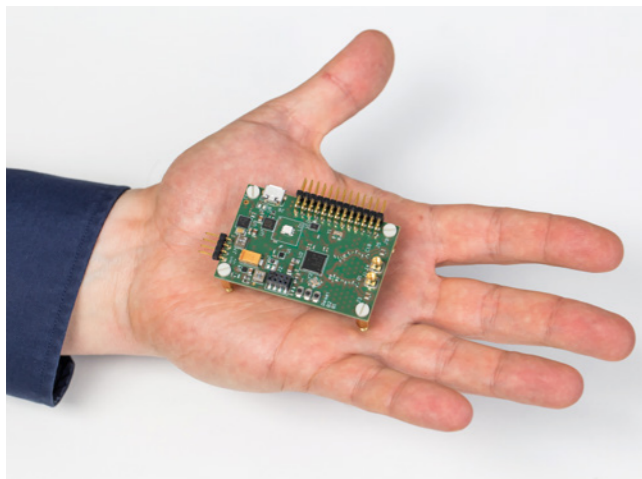
Die Forschungsgruppe Design & Testmethodik bearbeitet Themenfelder in den Bereichen neue Designmethoden, Design für Tests (Design-for-Testability) sowie Testmethodik am Chip bzw. Wafer. Neue Anforderungen an Fehlertoleranz und Strahlenhärte führen zu neuen Ansätzen im Schaltkreisdiseign, um integrierte Schaltungen in Kommunikationssystemen in Weltraum- und Automotive-Anwendungen einsetzen zu können.

Die Forschungsgruppe Design- und Testmethodik hat mit Erfolg Themen im Bereich des Entwurfs und des Tests von fehlertoleranten und robusten Schaltungen verfolgt.

Ein wichtiges Forschungsfeld sind fehlertolerante Multiprozessoren. Dieses Thema wurde im Rahmen des Eurostars-Projekts PISA untersucht. In diesem Projekt wurde ein fehlertoleranter Chip mit hoher Komplexität entworfen, implementiert und getestet. Dieser Chip, der in der SG13S-Technologie des IHP auf einer Fläche von 50 mm² implementiert ist, enthält 4 LEON-Prozessoren und die entsprechende, vom IHP entwickelte, fehlertolerante Interconnect-Technologie (genannt Waterbear). Der Chip wurde im Frühjahr 2018 getestet, gemessen und zeigt ein korrektes Verhalten in allen Betriebsmodi, einschließlich des fortschrittlichen AVS (Adaptive Voltage Scaling) Modus, der Low-Power und fehlertolerante Funktionen kombiniert. Dieser Aufbau ist auch ein wichtiger Beitrag zum Thema Totale Resilienz am IHP.

Eine mögliche Anwendung des BiCMOS-SiP (Silicon Photonic)-Prozesses für High Performance Computing und Big Data wurde gemeinsam mit den Forschern der Universität Ferrara, ITA untersucht und evaluiert. Eine Fallstudie beinhaltete die Modellierung der 3D-gestapelten elektronischen und optischen NoCs-Schnittstelle mit gemischten CMOS-ECL-Bridges. Die vorläufige Studie, die beim ACM Great Lakes Symposium on VLSI veröffentlicht wurde, hat eine Energieeffizienz von bis zu 6,8 pJ/Bit demonstriert und ein starkes Potenzial für weitere Verbesserungen gezeigt.

Im H2020 Projekt SEPHY wurde ein integrierter Rad Hard Ethernet PHY Chip entworfen und gefertigt. Dieser komplexe Chip, der 10 Base-T-



Entwurf einer neuen Sensorknoten Plattform
Prototype of a new Sensor Node Platform

Design & Test Methodology

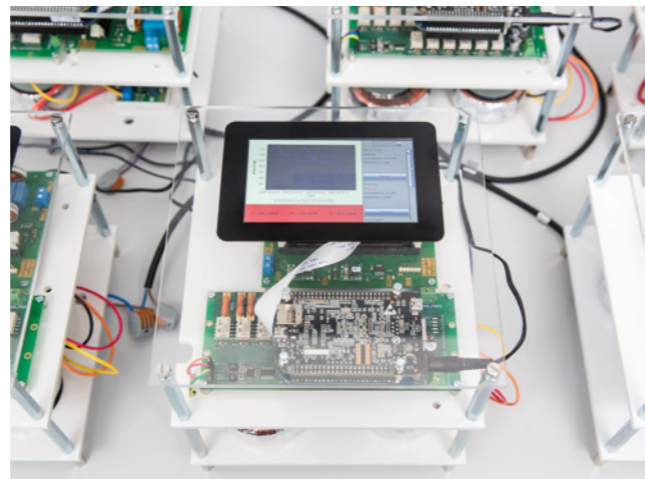
The research group Design & Test Methodology deals with topics in the areas of new design methods, Design-for-Testability and test methodology on a chip or wafer. New demands for fault tolerance and radiation hardness lead to new approaches in circuit design to enable integrated circuits in communication systems in space and automotive applications.

The research group Design and Test Methodology has successfully pursued topics in the design and testing of fault tolerant and robust circuits.

An important field of research are fault-tolerant multi-processors. This topic has been explored in the Eurostars PISA project. In this project, a high-complexity fault-tolerant chip was designed, implemented and tested. This chip, implemented in IHP's SG13S technology on a 50 mm² area, includes 4 LEON processors and the corresponding fault-tolerant Waterbear interconnect that has been proposed by IHP. The chip was tested and measured in the spring of 2018 and shows correct behavior in all modes of operation, including the advanced AVS (Adaptive Voltage Scaling) mode, which combines low-power and fault-tolerant features. This result is also an important contribution to the topic of Total Resilience at the IHP.

The potential application of the BiCMOS SiP (Silicon Photonic) process for High Performance Computing and Big Data has been investigated and evaluated in collaboration with researchers from the University of Ferrara (ITA). A case study involved modeling the 3D stacked electronic and optical NoCs interface with mixed CMOS ECL bridges. The preliminary study, published at the ACM Great Lakes Symposium on VLSI, demonstrated energy efficiency of up to 6.8 pJ/bit and demonstrated strong potential for further improvement.

In the H2020 project SEPHY, an integrated radhard Ethernet PHY chip was designed and manufactured. This complex chip, which supports 10 Base-T and 100 Base-Tx standards, has been fully verified and tested by the IHP team using UVM (Universal Verification Methodology). The test results are extremely positive and the chip func-



Der Prosumer Block des Energie Management Emulators
The Prosumer Block of the Energy Management Emulator

und 100 Base-Tx-Standards unterstützt, wurde vom IHP-Team mit UVM (Universal Verification Methodology) vollständig verifiziert und getestet. Die Testergebnisse sind äußerst positiv und die Chipfunktionalität wurde beim Systemaufbau in Verbindung mit kommerziellen Ethernet-Geräten vollständig bestätigt. Darüber hinaus wurde der Chip unter Bestrahlung getestet und hat sich als strahlungstolerant erwiesen. Dies ist eine großartige Grundlage für die Verwertung der Projektergebnisse, über die derzeit diskutiert wird.

Im DFG-Projekt REDOX lag der Schwerpunkt der Arbeit auf der Modellierung von SET (Single Event Transient)-Metriken sowie kritischen Ladungen und SET-Pulsbreite. Ein entsprechendes Papier zur SET-Robustheit der Stretching-Schaltung wurde im Microelectronics Reliability Journal veröffentlicht. Aufgrund der guten Ergebnisse des ursprünglichen Projekts und zahlreicher veröffentlichter Konferenz- und Journalbeiträge, wurde das Erweiterungsprojekt von der DFG genehmigt. Darüber hinaus wurde das neue DFG-Projekt ENROL (zusammen mit der Universität Wien) zur Untersuchung der Fehlertoleranz in asynchroner Logik für eine Förderung bewilligt.

Schließlich befasst sich das BMBF-Projekt EMPHASE mit den Fail-Operational-Funktionen der Sensorik für automatisiertes Fahren. Als Beispiel wurde der Radar- und Kommunikationsverarbeitungsalgorithmus im Rahmen des Projekts entwickelt und der Prozessor selbst wurde auf der Ultrascale + FPGA-Plattform implementiert und validiert. In der nächsten Projektphase liegt der Fokus auf der Erstellung des Demonstrators und der Validierung der Fail-Operational Betriebsmodi des Systems.

tionality has been fully confirmed during system setup in conjunction with commercial Ethernet devices. In addition, the chip was tested under irradiation and has proven to be radiation tolerant. This is a great basis for exploitation of the project results, which is currently under discussion.

The focus of the DFG project REDOX was the modeling of SET (Single Event Transient) metrics, as well as critical charges and SET pulse width. A corresponding paper on SET robustness of the stretching circuit was published in the Microelectronics Reliability Journal. Due to the good results of the original project and numerous published conference and journal contributions, the extension project was approved by the DFG. In addition, the new DFG project ENROL (together with the University of Vienna) is investigating the fault tolerance in asynchronous logic for funding.

Finally, the BMBF project EMPHASE deals with the fail-operational functions of the sensors for automated driving. As an example, the radar and communications processing algorithm was developed as part of the project, and the processor itself was implemented and validated on the Ultrascale + FPGA platform. The next phase of the project will focus on creating the demonstrator and validating the fail-operational operating modes of the system.

Hochfrequenz-Schaltungen

RF Circuits

Im Forschungsprogramm „Hochfrequenz-Schaltungen“ werden integrierte Mikrowellen- und Millimeterwellen-Schaltungen, Breitband-Mischsignal-Schaltungen sowie Schaltungen mit hoher Energieeffizienz für die Kommunikation und Sensorik entworfen und realisiert.

In the research program "RF Circuits" integrated microwave and millimeter-wave circuits, broadband mixed-signal circuits, and circuits with high energy efficiency for communication and sensing applications are designed and realized.

Integrierte Millimeterwellen-Schaltungen

Innerhalb des Forschungsprogramms Hochfrequenz-Schaltungen ist die Realisierung von integrierten Millimeterwellen-Schaltungen ein wichtiger Arbeitsschwerpunkt. Dazu zählen sowohl Sende- und Empfangsschaltungen als auch Frequenz-Synthesizer für Systeme mit Arbeitsfrequenzen bis zu 720 GHz. Die Forschungs- und Entwicklungsaufgaben konzentrieren sich auf den Entwurf von Schaltungen für die IHP-eigenen SiGe-BiCMOS-Technologien.

Radar-Sensoren sollen in Zukunft robuste und hochauflösende Systeme sowie neuartige, innovative Anwendungen im Bereich der kontaktlosen Sensorik und mehrdimensionalen Umfeld-Erfassung mit hohem Miniaturisierungsgrad ermöglichen. Dazu wurde eine skalierbare Sensorplattform bei 120 GHz entwickelt, die auch den Multiple-In Multiple-Out (MIMO) Betrieb unterstützt. Die On-Chip-Integration von gefalteten Dipol-Antennen erlaubt Distanz- und Winkelmessungen im industriellen Umfeld in sehr kompakter und kostengünstiger Form. Der bisher höchste Integrationsgrad wurde in einem 4-Kanal-Sende- und 4-Kanal-Empfangs-IC (mit 8 integrierten Antennen) und eingebautem LO-Verteilungsnetzwerk sowie Vektor-Modulatoren erreicht. Damit lassen sich Massive-MIMO Radar und Pencil-Beamforming Anwendungen realisieren. Darüber hinaus wurden in diesem Zusammenhang auch die Aktivitäten zur Entwicklung von integrierten On-Chip-Antennen und PCB-Antennen sowie entsprechender Antennen-Arrays intensiviert. Auf dem Zukunftsgebiet des extrem breitbandigen D-Band Radars wurde eine umfangreiche Studie über D-Band Frequenz-Vervierfacher-Schaltungen in BiCMOS Technologie mit erzielten Rekordbandbreiten veröffentlicht.

Die fortschreitende Erschließung des THz-Bereiches in der Schaltungstechnik ermöglicht zunehmend auch Anwendungen im Bereich der Spektroskopie und der Sensorik zur Stoffanalyse. Die Entwicklung der On-Chip-Mikrofluidik wird in Kombination mit den Schaltungen und Nahfeld-Sensoren zu Fortschritten in Richtung höchstkompakter Lab-on-Chip führen. Damit können in der Zukunft neue Anwendungsfelder mit preiswerten elektronischen Schaltungen auf Silizium-Basis adressiert werden. Zum Beispiel für die Analyse des menschlichen Atems wurden integrierte Schaltungen mit einer deutlich verbesserten Bandbreite von 225 - 273 GHz entwickelt und getestet. Hierdurch kann die avisierte hochauflösende, multivariate Gasanalyse im Messbereich erweitert und die Gasidentifikation deutlich verbessert werden. Des Weiteren wurde erstmals ein komplexer dielektrischer Sensor bei 240 GHz mit Gleichspannungs-Ausleseelektronik veröffentlicht. Der Sensor basiert auf dem

Integrated Millimeter-Wave Circuits

One important key activity within the program RF Circuits is the realization of integrated millimeter-wave circuits. In particular, transmit and receive circuits as well as frequency synthesizers with operating frequencies up to 720 GHz are in the focus of the research and development activities, all based on the IHP in-house SiGe BiCMOS processes.

In the future, radar sensors shall enable robust and high-resolution systems as well as novel innovative applications in the area of contactless sensing and multidimensional surround scanning with a high level of miniaturization. For this purpose, a scalable sensor platform operating at 120 GHz has been developed, which supports the multiple-input multiple-output (MIMO) mode. The on-chip integration of folded dipole-antennas allows distance and angular measurements in industrial environment while providing compact form and cost-efficiency. Currently, the highest integration level has been achieved with 4-channel receive / 4-channel transmit IC (8 integrated antennas) including a LO signal distribution and vector modulation. Using such a circuit enables Massive-MIMO radar and pencil beamforming applications. Corresponding to the circuit design activities the antenna design activities were also intensified regarding on-chip antennas and PCB antennas as well as arrays thereof. In the field of future extreme broadband radars in the D-band a scientific study related to frequency quadruple circuits in SiGe BiCMOS showing record bandwidth has been published.

The continuing technical exploration of the THz regime in circuit design increasingly enables applications in the area of spectroscopy and sensing for material characterization. The development of on-chip microfluidics will, in combination with these circuits and near-field sensors, lead to advances in highly compact labs-on-chip. With these innovations novel application fields with low-cost electronic circuits based on silicon technologies can be addressed in the future. For instance, for human breath analysis, integrated circuits have been developed and tested showing significantly increased bandwidth from 225 - 273 GHz. Thus, the aspired high resolution and multi-variant gas analysis was extended in measurement range and therefore, the gas identification has been improved. Another work has been published concerning a complex dielectric sensor operating at 240 GHz including DC readout

Prinzip einer integrierten Transmissionsmessung in Kombination mit einem HF Bandpassfilter und einer komplexen IQ-Ausleseschaltung zur Erfassung von Amplituden und Phasenänderungen.

Breitbandige elektronische Mischsignal-Schaltungen

Der Schwerpunkt dieses Teils des Forschungsprogrammes adressiert breitbandige elektronische Mischsignal-Schaltungen als entscheidende Komponenten für die glasfasergestützte und drahtlose Breitbandkommunikation. Hier werden neue Konzepte und elektronische Schaltkreise für höchste Datenraten und damit extrem großen Signal-Bandbreiten entwickelt.

Für die Glasfaserkommunikation werden senderseitig Treiberschaltungen zur Ansteuerung von VCSEL und Mach-Zehnder-Modulatoren und empfängerseitig Transimpedanz-Verstärker zur Ankopplung an Fotodioden entwickelt. Das Ziel ist, Datenraten von 100 Gb/s pro Faser und Wellenlänge zu ermöglichen, womit dann Systemübertragungsraten von 400 Gb/s und mehr erzielbar sind. Darüber hinaus soll die innovative Kombination von Silizium-Photonik und Treiber- bzw. Verstärkerelektronik auf einem Chip zu einer kostengünstigen Vollintegration in Silizium-Technologie sowie zu einer signifikanten Reduktion parasitärer Elemente an der elektrooptischen Schnittstelle führen. Hierdurch können neuartige Anwendungen der optischen Verbindungstechnik in Datenzentren bedient werden. Die aktuellen Forschungsergebnisse haben den Stand der Technik weiter verbessert. Hervorzuheben ist ein linearer Treiber mit einem 4V peak-to-peak Spannungshub für optische Modulatoren mit einer Komponentenbandbreite von 0 - 90 GHz hergestellt in 130-nm-BiCMOS-Technologie. Weiterhin wurden differentielle lineare Transimpedanz-Verstärker mit einer Geschwindigkeit von 100 Gb/s mit dem niedrigsten bisher erzielten Eigenrauschen ($<10\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$) aller Integrationstechnologien vorgestellt.

Im Bereich der drahtlosen Kommunikation wird an Funk-Frontend-Lösungen für den zukünftigen 5G-Standard und an extrem breitbandigen Konzepten für zukunftsweisende Systeme nachfolgender Generationen gearbeitet. Besonders hervorzuheben ist ein System auf der Basis eines modularen bidirektionalen 8-Kanal-Strahlformers, der zusammen mit einem Sende-Modulator/Empfangs-Demodulator und mit einem integrierten Synthesizer aufgebaut und damit ein Strahlformungsbetrieb präsentiert wurde. Weiterhin wurde für Nahbereichsanwendungen erstmals ein Sende- und Empfangs-Chipset mit integrierten On-Chip-Antennen bei 240 GHz vorgestellt, mit welchem die drahtlose Datenübertragung von 25 GBit/s demonstriert wurde.

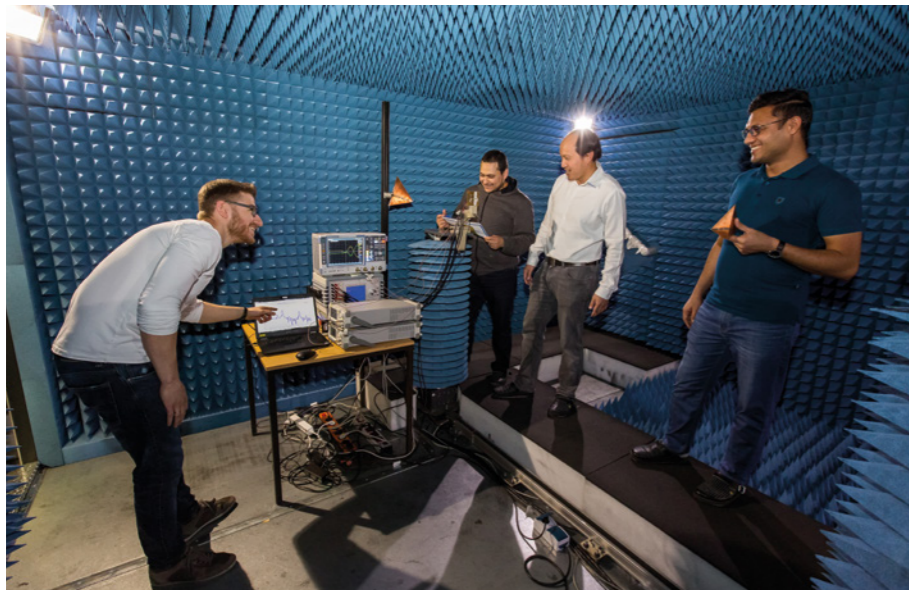
electronics. This sensor is based on transmission measurements combined with a RF bandpass filter und complex IQ readout allowing the recording of amplitude and phase change values.

Broadband Electronic Mixed-Signal Circuits

The key activity within this part of the research program addresses broadband electronic mixed-signal circuits as important components for fiber-optical and wireless broadband communication. Here, novel concepts and electronic circuits for very high data rates will be developed requiring extremely high signal bandwidth.

For fiber-optical communication VCSEL drivers and Mach-Zehnder-modulator drivers are designed for the transmit path, and transimpedance amplifiers fed by photo diodes are designed for the receive path. The goal is to achieve data rates of 100 Gb/s per fiber core and wavelength in order to provide aggregated system data rates of 400 Gb/s and more. In addition, the innovative combination of silicon photonics with driver and amplifier electronics on a single chip shall lead to a cost-effective full integration in silicon technology with a significant reduction of parasitic elements at the electro-optical interface. Hereby, novel applications for optical fiber connections in data centers can be supported. One highlight is a linear driver with 4 Vpp output voltage swing for optical modulators featuring a bandwidth of up to 90 GHz fabricated in 130 nm BiCMOS technology. Furthermore, transimpedance amplifiers designed for 100 Gb/s have been presented showing the lowest noise so far ($<10\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$) compared to all integration technologies.

In the field of wireless communication frontends work is performed on solutions for future 5G standards and extremely broadband concepts for innovative beyond 5G system generations. One distinguished result is a system based on a modular bi-directional 8-channel beam former, which has been combined with transmit-modulators and receive-demodulators as well as an integrated synthesizer. This setup could be used to perform beam forming operation. In addition, for short distance applications a transmit and receive chipset operating at 240 GHz with integrated on-chip antennas was presented demonstrating a wireless data transmission with 25 GBit/s.



Die Antennenmesskammer ermöglicht die Charakterisierung von Hochfrequenzgeräten, die elektromagnetische Wellen in einer idealen Umgebung senden und empfangen können, ohne Reflexionen und äußere Störungen.

The anechoic chamber allows for the characterization of any high-frequency devices that can transmit and receive electromagnetic waves in an ideal environment, free from reflections and external interference.

Energieeffiziente und robuste Analog- und Mixed-Signal-Schaltungen

Mobile elektronische Anwendungen mit geforderter langer Batterielebensdauer oder Energy-Harvesting-Funktionalität benötigen HF-Sende- und Empfangsschaltungen höchster Energieeffizienz. Dies betrifft vor allem zukünftige drahtlose Sensorknoten und -netzwerke im Internet der Dinge, welche Anwendungen in allen Bereichen des Lebens von der Industrie-4.0-Vision bis zur körpernahen Überwachung von Vitalitätsparametern ermöglichen. In diesem Arbeitsschwerpunkt des Forschungsprogramms HF-Schaltkreise werden hierfür energieeffiziente HF-Schaltungskonzepte und deren Anwendung in der Kommunikation, Lokalisierung und Sensorik erforscht. Die Herausforderungen reichen von robusten und strahlungsharten, effizienten Design-Methoden bis hin zu einem intelligenten, systemspezifischen Power-Management.

Auf dem Gebiet der Low-Power Mixed-Signal Schaltungen wurde eine komplexe rauscharme Phasenregelschleife (PLL) für den 5G Frequenzbereich um 28 GHz erarbeitet, die eine automatische Frequenz-Kalibrierung ermöglicht. Darüber hinaus wurde eine umfangreiche theoretische Analyse des Einflusses der Parameter einer Phasenregelschleife auf die Entfernungsgenauigkeit von FMCW Radarsystemen veröffentlicht.

In der hochfrequenzbasierten Bioelektronik wurden umfangreiche Schaltungen und Systemergebnisse zu vollintegrierten komplexen dielektrischen Sensoren bei 30 GHz in 250-nm-BiCMOS-Technologie veröffentlicht. Darüber hinaus wurden erste Ergebnisse zu einem reflektometerbasierten Sensoransatz bei 30 GHz in 130-nm-BiCMOS-Technologie für eine permittivitätsbasierte Spektroskopie in biomedizinischen Anwendungen erarbeitet.

Energy-Efficient Robust Analog and Mixed-Signal Circuits

Mobile electronic applications requesting long battery lifetime or energy harvesting functionality require RF transmit and receive circuits with highest power efficiency. This, above all, concerns future wireless sensor nodes and networks in the coming Internet of Things which enables applications in all areas of life from industrial automation (Industry 4.0) all the way to body centric vitality monitoring concepts. In this key activity of the research program radio frequency (RF) circuits, energy-efficient RF circuit techniques, and their application in communication, localization, and sensing are explored. The related challenges range from robust, resilient and radiation-hard energy-efficient design methodologies to intelligent system-specific power management solutions.

In the field of low-power mixed-signal circuits a complex low-noise phase-locked-loop (PLL) has been developed for 5G applications at 28 GHz, which enables an automatic frequency calibration. In addition, a detailed theoretical analysis of the influence of inherent PLL parameters on the distance accuracy of FMCW radar systems has been published.

Regarding RF-based bio-electronics several publications were made containing circuit and system level results of fully integrated complex dielectrical sensors operating at 30 GHz and fabricated in 250 nm BiCMOS technology. Furthermore, first results on a sensor based on the reflectometer principle were achieved. This sensor, fabricated in 130 nm BiCMOS technology, operates at 30 GHz and allows a permittivity related spectroscopy in bio-medical applications.

Technologien für smarte Systeme Technologies for Smart Systems

Die Technologieforschung am IHP konzentriert sich auf verschiedene Themengebiete zur Entwicklung und Herstellung von smarten Systemen. Im Zentrum stehen weiterhin Entwicklungen für die drahtlose und Breitbandkommunikation auf Basis von siliziumbasierten Hochfrequenztechnologien. Diese werden durch neue Arbeiten für sensorische Anwendungen wie autonomes Fahren (z. B. Radar) oder für die Sensorik im Bereich Medizin (Mikrofluidik für Lab-on-Chip) oder Infrarotsensorik (SiGe-Bolometer) ergänzt. Damit konzentriert sich das Forschungsprogramm auf die modulare Erweiterung von SiGe-BiCMOS-Technologien und die Integration neuer Technologiemodule für mehr Funktionalität. Das Programm gliedert sich in drei Forschungsschwerpunkte für die Entwicklung von neuartigen Bauelementen und Technologien, Siliziumphotonik und die Heterointegration von Bauelementen und Technologien. Ein zentrales Ziel ist es, die neuentwickelten Technologien und Module auf einem zuverlässigen Herstellungsniveau für den vom IHP angebotenen Multi-Projekt-Wafer Forschungsservice und für die Prototypenfertigung Partnern zur Verfügung zu stellen.

Im Rahmen des Projektes Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland (FMD) erweitert das IHP hierzu seine Forschungsinfrastruktur für neue Prozess- und Technologieentwicklungen.

Technology research at IHP focuses on various topics for the development and manufacturing of smart systems. Developments for wireless and broadband communications based on silicon-based high-frequency technologies continue to be at the center of attention. These will be complemented by new work on sensory applications such as autonomous driving (e.g. radar) or medical sensing (microfluidics for lab-on-chip) or infrared sensors (SiGe bolometers). Thus, the research program focuses on the modular extension of SiGe BiCMOS technologies and the integration of new technology modules for more functionality. The program is divided into three main research areas for the development of New Devices and Technologies, Silicon Photonics and the Heterointegration of Devices and Technologies. A common goal is to provide the newly developed technologies and modules at a reliable manufacturing level for multi-project wafer runs and prototype service for partners.

As part of the Research Fab Microelectronics Germany (FMD), IHP is expanding its research infrastructure for new process and technology developments.

Neuartige Bauelemente und Technologien

Die Forschungsgruppe „Neuartige Bauelemente und Technologien“ beschäftigt sich neben der Entwicklung neuer Generationen von SiGe-BiCMOS-Technologien auch mit der Erforschung neuer Bauelementekonzepte und den damit verbundenen Prozessentwicklungen für unterschiedlichste Anwendungsfälle, wie Radar, bildgebende Verfahren oder für die Breitbandkommunikation. Hierzu zählen Bauelemente und Technologien, die im sub-THz- und THz-Bereich sowie in strahlenbelasteten Umgebungen genutzt werden können. Insbesondere ist hier die Entwicklung von Bauelementen für harsche Umgebungen, wie z. B. unter Strahlungsbelastung, ein Schwerpunkt. Sowohl CMOS- als auch LDMOS-Transistoren werden hier innerhalb der SiGe-BiCMOS-Technologien des IHP optimiert und für Anwendungen in der Raumfahrt, Teilchenphysik oder Medizintechnik entwickelt. Diese Bauelementkonzepte und Technologien erlauben so die Kombination einer widerstandsfähigen Digital- und HF-Elektronik. Nach der in 2018 erfolgreichen Listung einer IHP 0,25 μm SiGe-BiCMOS-Technologie auf der EPPL (European-Preferred-Part-List) der Europäischen-Space-Association (ESA), was einem Gütesiegel für

New Devices and Related Process Developments

In addition to the development of new generations of SiGe BiCMOS technologies, the research group “Emerging Devices and Technologies” also deals with the research of new device concepts and the associated process developments for a wide variety of applications, such as radar, imaging or broadband communications. This includes components and technologies that are used in the sub-THz and THz ranges as well as in radiation-stressed environments. In particular, the development of devices and components for harsh environments become a focus of the activities. Both CMOS and LDMOS transistors are optimized here within the SiGe BiCMOS technologies of the IHP and for applications in space, particle physics or medical technology. Thus these component concepts and technologies allow the combination of robust digital and HF electronics. After the 2018 successful listing of an IHP 0.25 μm SiGe BiCMOS technology on the EPPL of the European Space Agency (ESA), a seal of approval for applications of IHP chips based on SiGe-BiCMOS technology in space was achieved.

Anwendungen der IHP-Chips im Weltraum gleichkommt, wird nun intensiv an Folgeprojekten und der Evaluierung einer strahlungsharten 130 nm SiGe-BiCMOS-Technologie gearbeitet.

Zentrale Elemente des Forschungsprogramms sind weiterhin die THz-Heterobipolartransistoren (HBT) und SiGe-BiCMOS-Technologien, die im EU-Projekt TARANTO untersucht und weiterentwickelt werden. Ziel ist es, die THz-HBTs in eine komplexe SiGe-BiCMOS-Umgebung mit Grenzfrequenzen über 600 GHz zu überführen und für IC-Designer zur Verfügung zu stellen. In einem laufenden DFG-Projekt wird sich das IHP gemeinsam mit der TU Dresden hierzu Fragestellungen bezüglich der Zuverlässigkeit von diesen hochleistungsfähigen SiGe-HBTs widmen. Die Qualifizierungsphase der derzeit weltweit schnellsten SiGe-BiCMOS-Technologie (SG13G2 mit 0,5 THz HBTs) ist abgeschlossen, sodass eine Nutzung für den Forschungsservice und die Prototypenfertigung angestrebt werden kann.

Die Erforschung neuer Prozesse, Bauelemente und Technologien, z. B. im Bereich der widerstandsbasierten Hafniumdioxid-Speicherzellen (sogenannte RRAMs), wurde durch Neuinvestitionen innerhalb des FMD-Projektes in 2018 weitergeführt. Die ALD-Anlage zur Abscheidung der funktionalen Schichten unter hochqualitativen Prozessbedingungen steht nun zur Verfügung, um auch Entwicklungen, z. B. für neuromorphes Computing, zu unterstützen. Das laufende DFG-Projekt „NeuroMem“ wird in Zusammenarbeit mit dem Forschungsprogramm „Materialien für die Mikro- und Nanoelektronik“ bearbeitet und weitere Projektideen zum Ausbau dieser Thematik sind in der Vorbereitung bzw. Beantragung. In dieser Zusammenarbeit wird auch die Synthese sowie Prozessentwicklung von und für eindimensionale Kohlenstoffschichten (Graphen) auf Germanium und Nickel in der IHP-Pilotlinie weiterentwickelt. Im zeitnah startenden GIMMIK Projekt werden in Zusammenarbeit mit nationalen Industriepartnern, wie AIXTRON und Infineon, entsprechende Prozesse entwickelt einschließlich deren Transfer auf 8“-Wafer.

Siliziumphotonik

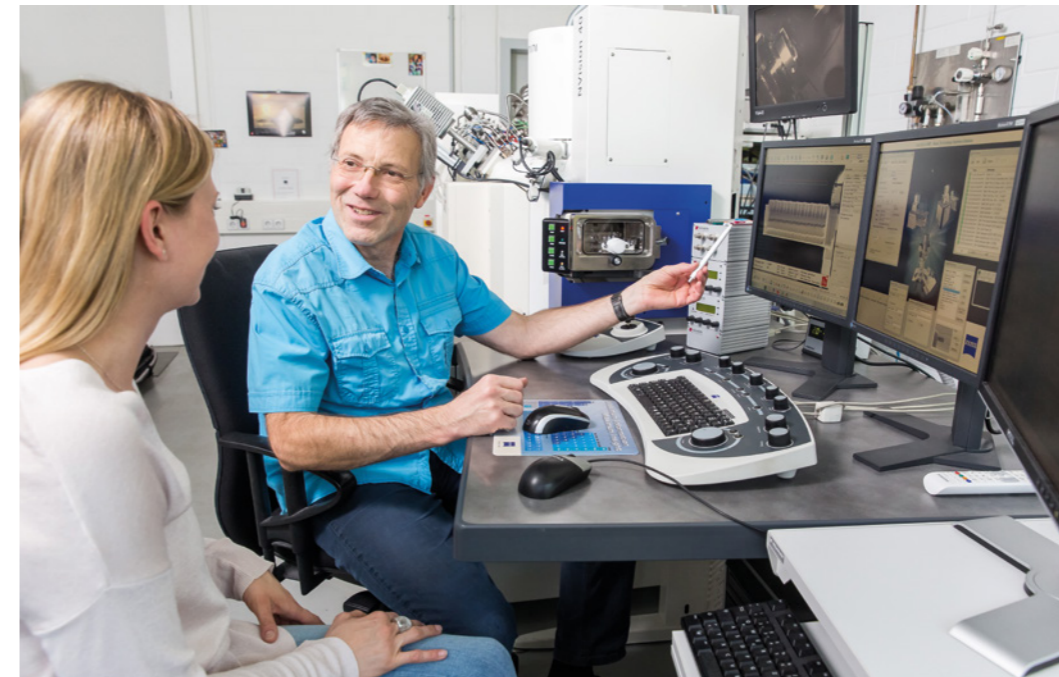
Das Forschungsgebiet „Siliziumphotonik“ konzentriert sich auf die Entwicklung von optischen und elektrooptischen Technologien auf Basis von Gruppe-IV-Elementen wie Silizium und Germanium. Diese können für Anwendungen in der Kommunikation und Sensorik genutzt werden. Da Silizium und Germanium in ihren elektrooptischen Eigenschaften begrenzt sind, werden speziell für die Integration von Modulatoren und Lichtquellen auch alternative Wege erforscht. Die Entwicklung von Bauelementen sowie die Integration von Modulen innerhalb einer SiGe-BiCMOS-Basistechnologie sind die Schwerpunkte der laufenden Aktivitäten. Ziel ist es, sie im Forschungsservice des IHP Partnern für die Entwicklung von Prototypen zur Verfügung zu stellen. Bei der monolithischen Integration der photonischen Komponenten in eine SiGe-BiCMOS-Technologie geht es auch darum, die sehr gute Leistungsfähigkeit der SiGe-HBTs weiter zu steigern und die Realisierung von optoelektronischen Schaltkreisen mit sehr guten Hochfrequenzeigenschaften, vor allem hohen Bandbreiten, zu ermöglichen. Dies wird insbesondere in verschiedenen Forschungsprojekten, wie dem vom BMBF geförderten Projekt SPEED, bearbeitet, in welchem die Realisierung von 400-Gbit/s-Transceivermodulen verfolgt wird.

Central elements of the research program are the THz heterobipolar transistors (HBT) and SiGe-BiCMOS technologies, which are further investigated and developed in the EU project TARANTO. The goal is to transfer the THz HBTs into a complex SiGe BiCMOS environment with cutoff frequencies above 600 GHz and make them available to IC designers. In a current DFG project SiGeRel, the IHP works together with the TU Dresden to address issues related to the reliability of these high-performance SiGe HBTs. The qualification phase of the world's fastest SiGe BiCMOS technology (SG13G2 with 0.5 THz HBTs) has been completed so that it can be used for research services and prototype production.

The exploration of new processes, devices and technologies, e.g. in the field of resistance based hafnium oxide memory cells (so-called RRAMs) was continued by new investments in the FMD project in 2018. The ALD plant for the deposition of the functional layers under high-quality process conditions is now available to cover and support developments in new areas, e.g. for neuromorphic computing. The current DFG project “NeuroMem” is being worked on in cooperation with the research program “Materials for Micro- and Nanoelectronics” and further project ideas for the development of this topic are being prepared or already applied for in public funded programs. Within this collaboration, the synthesis and process development of and for one-dimensional carbon layers (graphene) on germanium and nickel in the IHP pilot line will be further developed. In the GIMMIK project, which is about to start, processes in cooperation with national industrial partners such as AIXTRON and Infineon are being developed as well as their transfer to 8” wafers.

Silicon Photonics

The research field “Silicon Photonics” focuses on the development of optical and electro-optic technologies based on group IV elements such as silicon and germanium. These can be used for applications in communication and sensor technology. Since silicon and germanium are limited due to their electro-optical properties, the Si-Photonic team also explores alternative ways for the integration of modulators and light sources. The development of components as well as the integration of modules within a SiGe BiCMOS base technology are the focus of the current activities. The common goal is to transfer these developments into the IHP research service to provide it for the developments of prototypes. The monolithic integration of the photonic components in a SiGe BiCMOS technology also aims at further increasing of the SiGe HBTs performance and enabling the realization of optoelectronic circuits with high bandwidths. This is being carried out in various research projects, such as the BMBF funded SPEED project, in which 400 Gbit/s transceiver modules will be realized.



Auswertung des Querschnittes einer Transistorstruktur am Focused Ion Beam – Gerät (FIB)
Evaluation of a transistor cross section, prepared by Focused Ion Beam (FIB)

In verschiedenen EU-geförderten Projekten werden alternative, hybride Technologien und deren Integration erforscht und entwickelt. Im Projekt PhotoQuant werden „Photonic and optomechanical sensors for nanoscaled and quantum thermometry“ erforscht, die eine neue, genauere Definition und Messung der Temperatur erlauben. Die Integration alternativer Materialien in eine CMOS-Plattform auf Waferebene wird in den Projekten plaCMOS und DIMENSION angezielt. Während das IHP hier die grundsätzlich photonische CMOS-Plattform zur Verfügung stellt, beschäftigen sich internationale Partner in enger Kooperation mit der Integration neuer Materialien. Im Projekt plaCMOS wird so die CMOS-Integration von Photonik, Plasmonik und Elektronik für die Massenfertigung von 200-Gbit/s-NRZ-Transceivern für eine kostengünstige Terabit-Konnektivität in Rechenzentren angestrebt und im Projekt DIMENSION die Entwicklung einer photonischen SiGe-Bi-CMOS-Technologieplattform mit integrierten und direkt modulierbaren III-V-Lasern. Weitere EU-Projekte wie ORIONAS (schnelle Inter-Satellite Kommunikation mittels Lasern) und PHRESCO (Integration eines auf Bariumtitanat (BTO)-basierenden Modulators mit einer IHP-EPIC-Technologie) wurden gestartet. Ein alternatives und auf Silizium-Organik-Hybrid basierendes Bauelementkonzept für die elektrooptische (e/o) Modulation wurde im vom Land Brandenburg und der EU-geförderten STaF-Projekt HOPBIT erfolgreich 2018 demonstriert. Unter Ausnutzung des quadratischen elektrooptischen Effekts, sind durch die Verbindung organischer, e/o-aktiver Materialien Modulationsverfahren bei CMOS-kompatiblen Spannungen und Bedingungen möglich. Diese Ergebnisse konnten erfolgreich bei der IEDM 2018 präsentiert werden. Die Arbeiten des HOPBIT Projektes 2018 wurden im Rahmen des „Brandenbloggers“ einer breiten Öffentlichkeit populärwissenschaftlich präsentiert.

Die Arbeitsgruppe Si-Photonik ist weiterhin im Bereich der Grundlagenforschung und damit verbundenen DFG-Projekten aktiv. So konnten 2018 mit EPIDAC und ULTRA zwei neue Projekte am IHP gestartet.

However, various EU-funded projects are exploring and developing alternative hybrid technologies and their integration. The project PhotoQuant researches “Photonic and optomechanical sensors for nanoscale and quantum thermometry”, which allow a new, more accurate definition and measurement of the temperature. The integration of alternative materials into a CMOS platform at wafer level is targeted by the EU-projects plaCMOS and DIMENSION. While the IHP provides the basic photonic CMOS platform here, international partners are working closely together to integrate new materials. In plaCMOS, the CMOS integration of photonics, plasmonics and electronics for the mass production of 200 Gbit/s NRZ transceivers for cost-effective terabit connectivity in data centers is aimed at whereas at DIMENSION the development of a photonic SiGe BiCMOS technology platform with integrated and directly modulatable III-V lasers is targeted. Other EU projects, such as ORIONAS (high speed inter-satellite laser communications) and PHRESCO (integration of a barium titanate (BTO) -based modulator with an IHP-EPIC technology) have been started. An alternative and silicon-organic hybrid-based device concept for electro-optic (e/o) modulation was successfully demonstrated in 2018 by STaF project HOPBIT funded by the state of Brandenburg and the EU. Utilizing the quadratic electro-optical effect, modulation of the light at CMOS-compatible voltages and conditions is possible by combining organic, e/o-active materials. These results were successfully presented at the IEDM 2018. The work of the HOPBIT project 2018 was presented to a broad audience in a popular science way in the “Brandenblogger”.

Moreover, the Si-Photonics group continues to be active in basic research areas and related DFG projects. In 2018, with EPIDAC and ULTRA two projects were launched at the IHP.

Heterointegration von Bauelementen und Technologien

Die Erweiterung der IHP-Technologien für neue Funktionalitäten wird in der Gruppe „Heterointegration von Bauelementen und Technologien“ bearbeitet. Dabei werden die inhaltlichen Überlappungen zu anderen Forschungsgruppen und Abteilungen immer größer, da die hybride Integration eine zunehmende Relevanz für alle Technologieforschungen, wie z. B. die Si-Photonik oder Integration von Sensoren, hat. Daher sind die Forschungsthemen trotz komplementärer Ausrichtungen zunehmend mehr miteinander verzahnt. Schwerpunkt der Arbeiten ist die Anwendung von temporären und permanenten Waferverbindungstechniken für verschiedene Anwendungen. Eine Vielzahl von Projekten widmen sich diesen Themen. Im EU-Projekt SUMCASTEC und dem vom Land Brandenburg geförderten Projekt BioBic wurde die Herstellung einer SiGe-BiCMOS-Mikrofluidik-Plattform für verschiedene Lab-on-Chip-Anwendungen entwickelt und demonstriert. Eine weitere Technologieplattform, die sich der Heterointegration einer SiGe-Bi-CMOS-Technologie widmet, ist z. B. das EU-Projekt GaNonCMOS. Die Verbindung der SiGe-Technologie mit GaN-Modulen wird neben GaNonCMOS auch im BMBF-Projekt HYTECK bearbeitet. Hier wurden 2018 deutliche Fortschritte für die angestrebte hybride Technologieplattform für HF-Anwendungen gemacht. Mithilfe der Fan-Out-Wafer-Technologie des Fraunhofer IZM wird die Verbindung von GaN- (Fraunhofer IAF) und SiGe-BiCMOS im FOWLIP angestrebt. Das Projekt verbindet die Kompetenzen verschiedener Partner aus dem FMD-Konsortium und ermöglicht darüber hinaus die direkte Verwertung durch die deutsche Industrie (Konsortialführer ist die Firma Rohde & Schwarz).

Die Prozessfähigkeiten im Bereich Wafer-Bonding sowie dem gezielten Abdünnen von 200-mm-Wafern gewinnen zunehmend an Bedeutung. Das DFG-Projekt BendIT erforscht deshalb mechanische Eigenschaften und Grenzen, die sich bei extrem abgedünnten (<50 µm) SiGe-BiCMOS Wafern und den darin enthaltenen Bauelementen ergibt, um so Aussagen für Anwendungen im Bereich flexibler Elektronik zu erhalten. Zusätzlich können diese Fähigkeiten des Transfers dieser abgedünnten Lagen aus Si und anderen Funktionsschichten (Layer-Transfer) für neue Anwendungen genutzt werden. Beispiel hierfür sind SiGe-basierte Bolometer. Auf Basis dieses Materialsystems konnten 2018 beeindruckende Rekordergebnisse bezüglich Temperatursensitivität vom IHP demonstriert und veröffentlicht werden. Um dieses Forschungsthema weiter auszubauen, wurde 2018 auch die Anschaffung eines neuen Hoch-Vakuum-Bonders innerhalb der FMD ausgelöst, der zukünftige neuartige, leitfähige Verbindungen zwischen Funktionslagen ermöglichen wird.

Heterointegration of Devices and Technologies

The group “Heterointegration of Devices and Technologies” works on the extension of the IHP technologies for new functionalities. Since hybrid integration is becoming increasingly relevant to all technology research areas, such as Si-photonics or integration of sensors, the research topics of the group overlap with other research groups and departments. As a result, despite complementary orientations, these research topics are increasingly interlinked. The work focuses on the application of temporary and permanent wafer bonding techniques for different applications. A variety of projects is dedicated to these topics. In the EU project SUMCASTEC and the STaF project BioBic, the production of a SiGe BiCMOS microfluidic platform for various lab-on-chip applications was developed and demonstrated. Other technology platforms dedicated to the heterointegration of a SiGe-BiCMOS technology include the EU GaNonCMOS. In addition to GaNonCMOS, the connection of SiGe technology with GaN modules is also being processed in the BMBF project HYTECK. Significant progress was made in 2018 for the targeted hybrid technology platform for RF applications. Fraunhofer IZM’s fan-out wafer technology aims to connect GaN (Fraunhofer IAF) and SiGe-BiCMOS in the FOWLIP. The project combines the competences of various partners from the FMD consortium and also enables the direct exploitation by the German industry (consortium leader is the company Rohde & Schwarz).

The process capabilities in wafer bonding and the targeted thinning of 200 mm wafers are becoming increasingly important. Therefore, the DFG project BendIT is researching mechanical properties and limitations resulting from extremely thinned (<50 µm) SiGe BiCMOS wafers and the components they have, in order to obtain information for applications in the field of flexible electronics. In addition, the transfer capabilities of these thinned layers of Si and others (layer-transfer) can be used for new applications. As an example, IHP currently explores and evaluates the potential of SiGe based bolometers. On the basis of this material system, impressive record results regarding temperature sensitivity could be demonstrated and published by the IHP in 2018. In order to further expand this area of research, the acquisition of a new high-vacuum bonder within the FMD was initiated in 2018, which will enable future, novel, conductive connections between functional layers.

Materialien für die Mikro- und Nanoelektronik Materials for Micro- and Nanoelectronics

In diesem Forschungsprogramm werden neue Materialien für die Nano- und Mikroelektronik untersucht. In den drei Arbeitsgruppen des Forschungsprogramms werden vielversprechende Ansätze der Materialwissenschaft für künftige Bauteile in der Siliziummikroelektronik identifiziert. Der Aufgabenbereich des Forschungsprogramms umfasst daher ein weites Spektrum: von der Grundlagenforschung in den Materialwissenschaften bis zur technologiebezogenen Forschung. In komplexen Bauelementen wird eine Vielfalt heterogener Materialsysteme zur analogen, digitalen, neuromorphen, quantenmechanischen und optischen Signal- und Datenverarbeitung zusammengeführt. Neben diesen Forschungskonzepten für moderne Bauelemente bietet die „More than Moore“-Strategie der Mikroelektronik zudem eine gute Ausgangsposition für Innovationen im medizintechnischen Bereich.

Die drei Arbeitsgruppen der Abteilung Materials Research: 2D Materialien, Halbleiter-Optoelektronik, und Adaptive Materialien haben die folgenden Forschungsschwerpunkte:

This research program investigates new materials for nano- and microelectronics. The three working groups of the research program identify promising approaches in materials science for future components in silicon microelectronics. The scope of the research program therefore covers a broad spectrum: from basic research in materials science to technology-related research. In complex components, a variety of heterogeneous material systems for analog, digital, neuromorphic, quantum mechanical and optical signal and data processing is brought together. In addition to these research concepts for modern components, the „More than Moore“ strategy of microelectronics also provides a good starting point for innovations in the field of medical technology.

The main research areas of the three research groups of the Materials Research Department: 2D materials, Semiconductor Optoelectronics, and adaptive materials are as follows:

2D Materialien

Aufgrund seiner besonderen elektrischen Eigenschaften ist Graphen ein sehr interessantes Material für optische und Hochfrequenzanwendungen. Um Graphen in der multifunktionalen Mikroelektronik zu integrieren, müssen große Flächen von Graphen ohne Falten, Risse oder Verunreinigungen auf Siliziumsubstraten aufgebracht werden. Diese Aktivitäten auf produktionsrelevanten Anlagen werden durch Grundlagenforschung im Oberflächenlabor begleitet, um die Elementarprozesse des Graphenwachstums auf Germanium-Schichten zu verstehen.

Das M-era.Net Projekt mit europäischen Partnern widmet sich der Erforschung von Graphen-Bauteilen für Hochfrequenzanwendungen. Die 8“ Graphen-CVD-Anlage im IHP-Reinraum wird nun in enger Zusammenarbeit mit der IHP-Technologie betrieben. Hierbei erwarb das IHP mit Arbeiten zur Graphen-Integration in die Si-Technologie große wissenschaftlich-technologische Aufmerksamkeit, wobei die Arbeiten zur Graphen-Synthese auf 8“ basierten Germanium-Schichten zur Vermeidung von Metallkontaminationen in Silizium-Prozessen im Zentrum standen. Im Rahmen dieser Bemühungen wurde ein weiteres, gemeinsames BMBF-Projekt durch die Abteilungen Technologie und Materialforschung mit nationalen Industriepartnern eingeworben, das die Bewertung und Optimierung der Graphenschichtqualität in Bezug auf industrielle Anforderungen zum Ziel hat. Diese Aktivitäten im IHP Reinraum auf industrierelevanten Anlagen werden durch Grundlagenforschung im neuen Oberflächenlabor begleitet, um mittels atomarer

2D Materials

Due to its special electrical properties, graphene is a very interesting material for optical and radio frequency applications. In order to integrate graphene in multifunctional microelectronics, large areas of graphene need to be applied to silicon substrates without wrinkles, cracks, or contaminants. These activities on production-relevant facilities are accompanied by basic research in the surface laboratory to understand the elementary processes of graphene growth on germanium layers.

The M-era.Net project with European partners is dedicated to the research of graphene components for high-frequency applications. The 8“ graphene CVD tool in the IHP cleanroom is now operating within IHP’s technology. IHP achieved considerable scientific and technological attention with its work on graphene integration into Si technology with the work on graphene synthesis on 8“ based germanium layers for avoiding metal contamination in silicon processes in the center. As part of this effort, another joint BMBF project was submitted by the technology and materials department with national industry partners aiming to assess and optimize graphene layer quality in relation to industrial requirements. These activities in the IHP cleanroom on industrially relevant facilities are accompanied by basic research in the new surface laboratory to investigate the elemental processes in the chemical vapor deposition – based kinetics of graphene growth on germanium by atomic



Demonstrator des Projekts EXASENS, mit dem eine Sputumcharakterisierung mit monolithischen SiGe-Hochfrequenzsensoren durchgeführt werden kann.
Demonstrator of the project EXASENS, used for Sputum characterization using SiGe high-frequency monolithic sensors.

Auflösung durch Rastertunnelmikroskopie und ab initio Rechnungen die Elementarprozesse in der „chemical vapor deposition“-basierten Reaktionskinetik des Graphenwachstums auf Germanium sowohl in Bezug auf (001) als auch (110) Orientierungen zu verstehen. Die Gruppe warb darüber hinaus erfolgreich im DFG-Schwerpunktprogramm (SPP) FFlexCom ein Projekt mit der TU Dresden ein, in dem graphenbasierte Hochfrequenzbauteile als Basis für flexible Elektronik erforscht werden. Diese Anstrengungen mündeten nun in einem Anschlussprojekt der zweiten Förderphase des SPP.

Halbleiter-Optoelektronik

Eine wesentliche Forschungsrichtung stellt in dieser Gruppe die Entwicklung einer Si CMOS kompatiblen Laserquelle für die Photonik/Sensorik auf der Basis von Gruppe IV Halbleitermaterialien dar. Hierbei wurde im Rahmen eines DFG Projektes mit der RWTH Aachen, der Universität Stuttgart und dem Forschungszentrum Jülich Germanium-Zinn, eine direkte Gruppe IV Halbleiterheterostruktur, gewachsen und durch optisches Pumpen Laserverhalten beobachtet. Die Herausforderung wird sein, diese Lasereigenschaften bei Raumtemperatur und darüber hinaus durch Verbesserung der heteroepitaktischen Materialqualität zu ermöglichen. Neben diesen Themen der Grundlagenforschung ist die Gruppe sehr aktiv im Bereich der Industrieforschung.

resolution by scanning tunneling microscopy and ab initio calculations in relation to (001) and also (110) to understand orientations. For this purpose a DFG project was submitted in a German-Polish call of the DFG together with the partners of the Technical University Poznan. The group also successfully advertised a project with the TU Dresden in the DFG Priority Program (SPP) FFlexCom, in which graphen-based high-frequency components are being researched as the basis for flexible electronics. These efforts now culminate in a follow-up project in the second phase of the SPP.

Semiconductor Optoelectronics

A key research topic of this group is the development of a Si CMOS compatible laser source for photonics/sensor applications based on Group IV semiconductor materials. In this context, Germanium-Tin was developed as part of a DFG project with RWTH Aachen, the University of Stuttgart, and Forschungszentrum Jülich. By optical pumping, a laser-like behavior was observed from the grown group IV semiconductor heterostructure. The challenge will be to enable these laser properties at room temperature by improving the heteroepitaxial material quality. In addition, the group is active in the field of industrial research.

Adaptive Materialien

Memristive Bauelemente weisen eine variable widerstands-basierte Speicherfunktion auf. Von besonderem Interesse ist diese Art von Bauelementen als schaltbares Element für nicht-flüchtige RRAM-Speicher, aber auch für den Bereich der analogen neuronalen Schaltungstechnik. In der neuronalen Schaltungstechnik eröffnen die memristiven Bauelemente die Möglichkeit, die derzeit bestehenden Hürden digitaler Datenverarbeitung im Bereich kognitiver Aufgabenstellungen, wie z. B. der Mustererkennung, zu überwinden. Im Mittelpunkt der Forschungsstrategie steht die Entwicklung der memristiven Bauelemente für zukünftige elektronische Schaltungen mit starker Orientierung an biologischen Systemen.

Die an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel angesiedelte Forschergruppe 2093 „Memristive Bauelemente für neuronale Systeme“ wurde von der Deutschen Forschungsgemeinschaft mit 2 Millionen Euro für drei weitere Jahre gefördert. In dem interdisziplinären Verbundprojekt erforschen seit 2014 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus der Neurologie, Systemtheorie, Materialwissenschaft, Nanoelektronik und Medizin, wie sich Lern- und Gedächtnisprozesse des menschlichen Gehirns technisch nachbilden lassen. An dem Projekt unter Leitung der CAU sind außerdem die Ruhr-Universität Bochum, die Technische Universität Hamburg-Harburg, die Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg und das IHP beteiligt. Ziel der Forschergruppe ist es, Prinzipien neurobiologischer Schaltungen in technische Systeme zu übertragen.

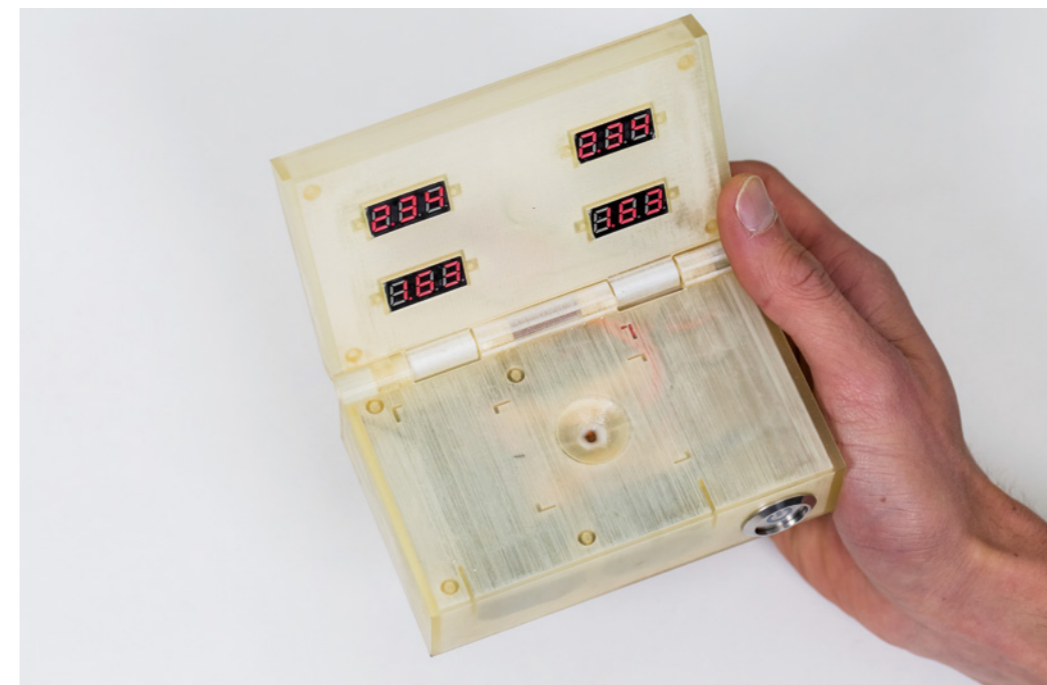
Adaptive Materialien haben auch sensorische Fähigkeiten. Biosensoren, basierend auf Plasmonenresonanz, zählen zu den sensibelsten Methoden, um Veränderungen der Ordnung eines einzelnen Biomoleküls nachzuweisen. Diese hohe Sensitivität plasmonischer Nahfeldsensoren beruht auf der extrem hohen lokalen Verstärkung des elektromagnetischen Feldes, das am Ort („hot spot“) der zu analysierenden biologischen Substanz wirksam ist. Zukünftige biosensorische

Adaptive Materials

Memristive devices have a variable resistance-based memory function. Of particular interest is this type of device as a switchable element for non-volatile RRAM memories, but also for analog neural circuitry. In neural circuitry, the memristive devices provide the ability to overcome the current hurdles of digital data processing in the field of cognitive tasks, such as e.g. pattern recognition. The research strategy focuses on the development of memristive components for future electronic circuits with a strong orientation towards biological systems.

The research group 2093 “Memristive Components for Neuronal Systems”, which is based at Kiel University, was funded by the Deutsche Forschungsgemeinschaft with 2 million euros for further three years. Since 2014 scientists in neurology, systems theory, materials science, nanoelectronics and medicine have been researching in this interdisciplinary collaborative project how the learning and memory processes of the human brain can be technically reproduced. Also involved in the project under the direction of the CAU are the Ruhr University Bochum, the Technical University of Hamburg-Harburg, the Brandenburg Technical University Cottbus-Senftenberg and IHP. The aim of the research group is to transfer the principles of neurobiological circuits into technical systems.

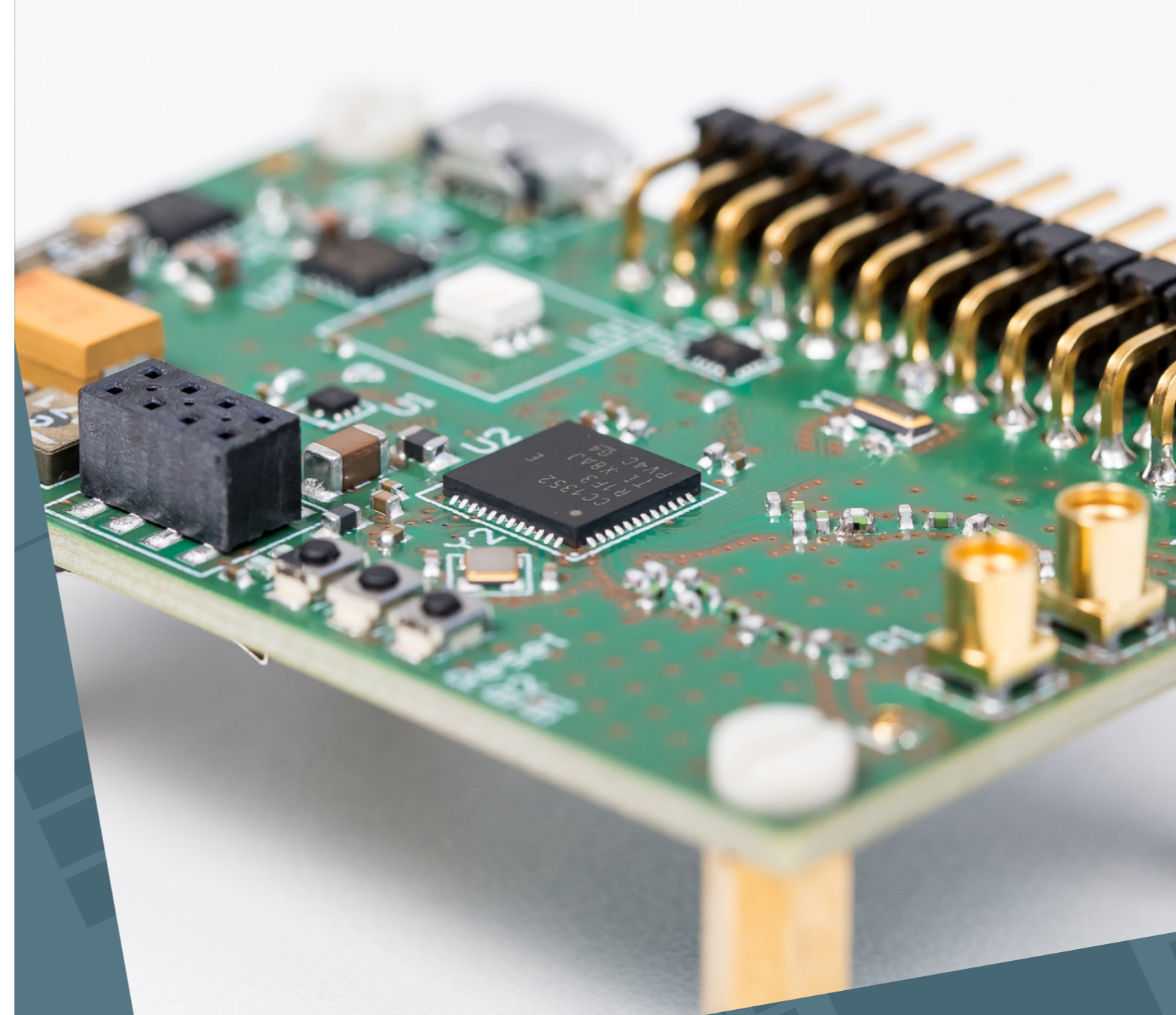
Adaptive materials also have sensory capabilities. Biosensors, based on plasmonic resonances, provide the most sensitive methods for detecting changes in the order of a single biomolecule. This high sensitivity of plasmonic near field sensors is caused by the extremely high local amplification of the electromagnetic field. Future biosensing platforms require the integration of these plasmon sensors into semiconductor manufacturing processes to find practical applications. THz plasmonic resonances which are in the range of frequencies of electronic circuits are of particular interest for an integrated THz sensor platform. The objectives are focused on semiconductor based THz plasmonics. In particular, THz-Ge-antenna structures are currently fabricated by



Der Entwurf des monolithischen BiCMOS-Biosensors und der Ausleseschaltung ist der Hauptbeitrag von IHP in dem EXASENS Projekt.
Designing of the monolithic BiCMOS biosensor and the read-out circuit is the main contribution of IHP in the EXASENS project.

Plattformen erfordern die Integration dieser Plasmonen-Sensoren in Halbleiterfertigungsprozesse, um in der Praxis Anwendung zu finden. Die THz-Plasmonik im Bereich der Frequenzen elektronischer Schaltungen ist für eine integrierte THz-Sensorikplattform dabei von besonderem Interesse. Vor diesem Hintergrund beruhen die Arbeiten am IHP nicht auf der etablierten Metallplasmonik im optischen Bereich, sondern konzentrieren sich auf die halbleiterbasierte THz-Plasmonik. Die Durchstimbarkeit der THz-Ge-Antennen in Kombinationen mit „self assembly monolayer“- (SAM) Ansätzen zur Immobilisierung von Biomolekülen in der „THz hot spot area“ des Sensors wird im Rahmen des DFG-Schwerpunktprogrammes ESSENCE gemeinsam mit Gruppen der Universität Kassel (Halbleiter-Optoelektronik) und der Universität Osnabrück (Protein-Biologie) untersucht.

using BiCMOS technologies and are tuned to the frequency range of 0.5 THz - 0.7 THz for ‚biosensing‘ (the detection of biomolecules). By using the THz spectrometer of the Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) in Berlin, we examined wedge-shaped (so-called ‚bow tie‘) Ge antenna structures, which are resonant at 0.55 THz. Another advantage of semiconductor plasmon sensors with respect to existing metal plasmon sensor is the tunability of the plasmon resonance frequency, based on the manipulation of the carrier concentration of the semiconductor. The objective of the joint DFG Priority Program ESSENCE (with the University of Kassel and the University of Osnabrück) is the tunability of the THz-Ge antennas in combination with “self-assembly monolayer” (SAM) approaches for the immobilization of biomolecules in the “THz hot spot area” of the sensor.



Ausgewählte Projekte

Selected Projects

SEPHY – Ethernet Physical Layer Transceiver für die Raumfahrt

SEPHY – Space Ethernet Physical Layer Transceiver

Das H2020 Projekt SEPHY umfasst die Entwicklung einer 10/100 Mbps Ethernet-Schnittstelle für die Raumfahrt, um Ethernet-basierte Technologien als Netzwerkstandard voranzubringen. Der SEPHY Ethernet-Transceiver (Abb. 1-3) ist ein Bauteil mit sowohl analogen als auch digitalen Bestandteilen. Die physikalische Schnittstelle sorgt für die verlässliche Datenübertragung über das physikalische Medium. Das Projekt wurde von insgesamt sechs renommierten, teils industriellen, teils akademischen Partnern aus vier verschiedenen europäischen Ländern gemeinschaftlich durchgeführt. Die Kompetenzgebiete im Konsortium waren klar voneinander abgegrenzt, sodass optimale Synergieeffekte erzielt wurden, wobei IHP für die Entwicklung der digitalen Komponenten verantwortlich war. Das Ergebnis ermöglicht die Nutzung von Ethernet in der Raumfahrt und stellt sogleich einen Ausgangspunkt für die Entwicklung einer Gigabit-Ethernet-Schnittstelle für Raumfahrtanwendungen dar.

The aim of the H2020 project SEPHY is the development of a 10/100 Mbps Ethernet PHY for the space market to enable Ethernet-based technologies to become an international space networking standard. The SEPHY Ethernet transceiver (Figs. 1-3) is a mixed-signal device. The physical layer transceiver deals with the transmission and reception of data over the physical medium ensuring reliable communication. As the project was executed by six recognized industrial and academic partners from four European countries with clear non-overlapping responsibilities, IHP was responsible for the design of the digital components. This device enables the use of Ethernet in space systems and also provides the starting point for the long-term objective of implementing a Gigabit Ethernet PHY for space.

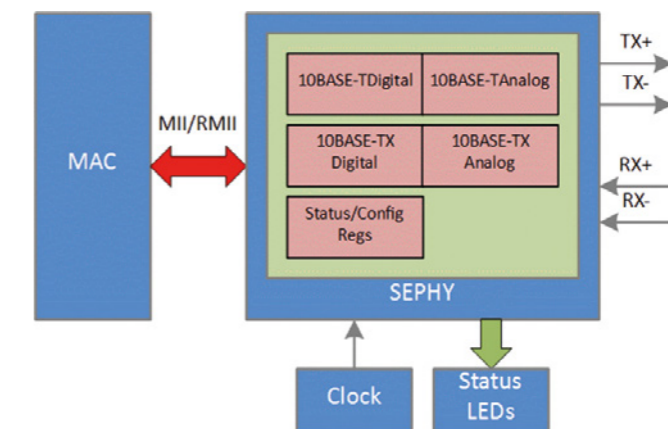


Abb. 1: Die Architektur des SEPHY-Chips
Fig. 1: The architecture of the SEPHY chip

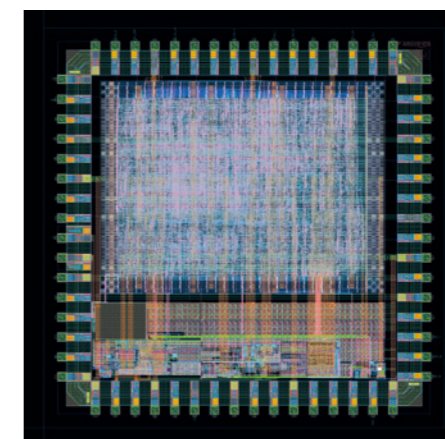


Abb. 2: Der Entwurf des finalen SEPHY-Chips
Fig. 2: The layout of the final SEPHY chip

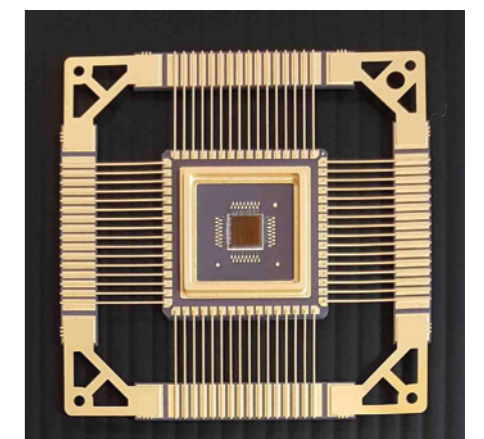


Abb. 3: Der finale Chip im Gehäuse
Fig. 3: The final chip in a package

Durch die steigenden Anforderungen von Raumfahrtmissionen erhöht sich die Komplexität der verwendeten Systeme fortlaufend. Das erhöht den Bedarf an extrem schnellen Datennetzwerken innerhalb von Raumfahrzeugen, weshalb sowohl die „European Space Agency“ (ESA) als auch die „National Aeronautics and Space Administration“ (NASA) eine neue Generation an Netzwerktechnologien für die Raumfahrt suchen. Auf beiden Seiten des Atlantiks ist Ethernet, nicht zuletzt aufgrund der großen Verbreitung in terrestrischen Anwendungen sowie der bereits verfügbaren Standards, eine der bevorzugten Technologien.

Ethernet ist, wie die meisten Kommunikationsprotokolle, in Schichten organisiert. Die wichtigsten sind hierbei die Medienzugriffsteuerungsschicht (MAC) und die physikalische Schicht (PHY). Die physikalische Schicht interagiert mit dem Übertragungsmedium und stellt sicher, dass die Daten mit geringer Bitfehlerrate übertragen werden. Dazu muss die physikalische Schnittstelle komplexe Verarbeitungstechniken beherrschen. Im Falle der Ethernet PHY beinhaltet das sowohl analoge als auch digitale Datenverarbeitung. Das Zusammenspiel von analogen und digitalen Komponenten stellt die größte Herausforderung beim Hardwareentwurf dar. Die analogen Signale auf dem Ethernet-Kabel werden in digitale Signale umgewandelt und an die MAC weitergeleitet.

Die Anforderungen an integrierte Schaltungen in der Raumfahrt unterscheiden sich stark von terrestrischen Anwendungen. Insbesondere die Strahlung ist viel intensiver und in der Lage, eine Reihe unterschiedlicher Effekte in elektronischen Komponenten hervorzurufen. Deshalb müssen spezielle Methoden sowohl beim Entwurf als auch bei der Herstellung angewandt werden. Im SEPHY-Projekt wurden neue Methoden entwickelt, um eine strahlungsharte Ethernet PHY zu erzielen.

The growing complexity of space systems creates the need for high-speed data networking technologies, interconnecting different elements of a spacecraft, to address increasingly demanding missions. This has spurred initiatives by both the European Space Agency (ESA) and the National Aeronautics and Space Administration (NASA) to define the next generation of networking technologies for space. In both cases, Ethernet has been identified as the preferred choice due to its wide adoption in terrestrial applications and full standardization, thus ensuring interoperability.

Ethernet is, as most communication protocols, structured in layers with the most relevant ones being the Medium Access Control (MAC) and the Physical (PHY) layer. The PHY layer interacts with the transmission media and ensures that data is transmitted with a low bit error rate. To that end the PHY devices implement advanced signal processing techniques. In fact, high speed Ethernet PHYs are complex mixed-signal devices that pose significant implementation challenges, because the physical layer transceiver is by nature a mixed-signal device processing analog signals from cables and transforming these into digital signals at the MAC.

The requirements for integrated circuits suitable for space are very different from those that are used in terrestrial applications. In particular, the radiation is much more intense and causes several types of effects in the devices that compromise their reliability. Therefore, special radiation-hard (rad-hard) design and manufacturing techniques are needed for devices that will operate in space. In the SEPHY project novel techniques were elaborated and applied to design and manufacture a rad-hard Ethernet PHY (Physical Layer) for space applications.



Abb. 4: Der finale Chip bei Strahlungstests an der Université Catholique de Louvain

Fig. 4: The final chip at radiation tests in a vacuum chamber at Université Catholique de Louvain



Abb. 5: Mitglieder des Konsortiums bei einer Präsentation der Projektergebnisse bei der Konferenz ADCSS bei der ESA in Nordwijk, Niederlande

Fig. 5: Members of the consortium at an dissemination event at the ADCSS at ESTEC in Nordwijk, Netherlands

Die Entwicklung von SEPHY profitierte enorm von der Erfahrung des Konsortiums mit analogen Schaltungen (Arquimea) und digitalen Schaltungen (IHP). Zusätzlich brachten TTech und die Universidad Antonio de Nebrija ihre umfangreichen Erfahrungen bezüglich des Ethernet-Standards und der höheren Anwendungsschichten ein. Für die Produktion der Prototypen besaß Microchip Technology Nantes entsprechende Technologien und Kompetenzen. Die abschließenden Strahlungstests wurden von Thales Alenia Space Spain durchgeführt.

Im Rahmen des Projektes wurden zwei Chips hergestellt. Der erste Chip konzentrierte sich auf den Test ausgewählter kritischer Komponenten, während der zweite Chip die gesamte Funktionalität bereitstellte. Alle Schnittstellen sowie Betriebsmodi wurden sowohl elektrisch als auch unter Strahlungseinfluss erfolgreich getestet (Abb. 4). Zusätzlich wurden Tests auf Netzwerkebene durchgeführt, um die Erfüllung des Standards und Interoperabilität mit Komponenten anderer Hersteller sicherzustellen.

Da die physikalischen Schnittstellen Schlüsselkomponenten für die Nutzung von Ethernet in der Raumfahrt darstellen, sichert das Projekt nicht nur die Unabhängigkeit der europäischen Raumfahrt, sondern ermöglicht eine technologische Führungsrolle. Die damals gesetzten Ziele erscheinen vor diesem Hintergrund sowohl in technischer als auch strategischer Hinsicht als ehrgeizig, weshalb der positive Abschluss des Projekts als großer Erfolg gewertet werden kann (Abb. 5).

To implement the Ethernet PHYs efficiently, the consortium had significant analogue (Arquimea) and digital (IHP) design capabilities, as well as partners experienced in the application of the Ethernet upper layers in space systems (TTech) and in the design and implementation of Ethernet PHYs and Ethernet standards (Universidad Antonio de Nebrija). Finally, the electronic technology and manufacturing capabilities (Microchip Technology Nantes) allowed for the production of samples of a future product for testing (Thales Alenia Space Spain).

Within the projects two chips were manufactured. The first test chip was focused on the test of a set of critical components. The second chip provided the full functionality. All interfaces and operating modes were successfully tested electrically and under radiation (Fig. 4). Furthermore, network level tests were conducted to ensure compliance and interoperability.

Since the PHYs are a key component in Ethernet, the SEPHY project does not only ensure non-dependence, but possibly also a globally leading role in the future. Despite its ambitious goals, both technically and strategically, the positive project results can be regarded as a great success (Fig. 5).

5G-PICTURE – integrierte, skalierbare und offene 5G Infrastruktur

5G-PICTURE – Integrated, Scalable and Open 5G Infrastructure

Das vom IHP koordinierte Europäische Forschungsprojekt 5G-PICTURE entwickelt und realisiert eine integrierte, skalierbare und offene 5G-Infrastruktur, die operative Dienste und Endnutzerdienste für Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) sowie große Firmen, die „vertikale Industrie“, unterstützt.

Die 5G-Vision geht über die Entwicklung des mobilen Breitbandverkehrs hinaus. Sie wird als eine Möglichkeit für die zukünftige digitale Welt gesehen, die die Transformation aller Wirtschaftssektoren und die wachsende Nachfrage des Verbrauchermarktes unterstützen wird. Ein wichtiges Ziel von 5G ist es, neuen industriellen Interessengruppen (so genannte vertikale Industrien) Dienstleistungen anzubieten und neue Geschäftsmodelle und Geschäftsmöglichkeiten zu unterstützen. Diese Vision führt zu der Notwendigkeit, traditionell geschlossene, statische und starre Netzwerkinfrastrukturen in offene, skalierbare und flexible Ökosysteme umzuwandeln, die eine Vielzahl von sich dynamisch ändernden Anwendungen und Diensten unterstützen können.

Heutzutage werden Dienste mit sehr hoher Bandbreite und geringen Latenzanforderungen durch mehrere anwendungsspezifische Plattformen mit erheblichen Installations-, Betriebs- und Verwaltungskosten realisiert. Darüber hinaus werden erweiterte Funktionen, die für den effizienten Betrieb dieser Dienste unerlässlich sind, nicht unterstützt und die Mehrzahl der vorhandenen Implementierungen ist nicht wirklich offen. Das 5G-PICTURE-Konzept behebt diese Ineffizienz, indem eine Strategie zum Einsatz kommt, die es ermöglicht, einen beliebigen Dienst auf einer gemeinsamen programmierbaren offenen Infrastruktur aufzubauen. Dies eröffnet die Möglichkeit, signifikante Leistungs-, Kosten- und Energieeffizienzvorteile zu erzielen.

Das 5G-PICTURE-Vernetzungskonzept stellt eine neuartige Architektur dar, die eine vereinfachte Bedienung und Verwaltung des Netzwerks ermöglicht. Darüber hinaus wird es die Integration neuer Infrastrukturkomponenten erleichtern. Die Nutzung der Infrastruktur wird flexibler gestaltet und ermöglicht die gleichzeitige Bereitstellung voneinander getrennter Dienste, die einen gemeinsam genutzten Ressourcenpool optimal nutzen.

Im Rahmen von 5G-PICTURE werden Anwendungsfälle untersucht, die sich auf verschiedene IKT- und vertikale Industriedienstleistungen konzentrieren. Im Einzelnen zeigt 5G-PICTURE: (a) gemeinsame Verkehrsnetzdienste und Endnutzerdienste in einer Smart-City-Umgebung - 5G-UK-Netzwerkinfrastruktur in Bristol, UK, (b) nahtlose Bereitstellung von Diensten und Mobilitätsmanagement in Bahnumgebungen unter Nutzung eines echten 5G-Bahnhof-Teststandortes in Barcelona, Spanien, und (c) Mediendienste, für große Veranstaltungsorte in einem 5G-Stadion-Teststandort, um Szenarien mit hoher Nutzerdichte und ohne bis niedriger Mobilität zu adressieren.

The European project 5G-PICTURE, coordinated by IHP, designs and develops an integrated, scalable and open 5G infrastructure ready to support operational and end-user services for both Information and Communication Technologies (ICT) and big industrial players (vertical industries).

The 5G vision spans beyond the evolution of mobile broadband. It is seen as an enabler of the future digital world that will support the transformation of all economic sectors and the growing consumer market demand. One key goal of 5G is to offer services to new industrial stakeholders (referred to as vertical industries), and to support new business models and opportunities. This vision introduces the need to transform traditionally closed, static and inflexible network infrastructures into open, scalable and flexible ecosystems that can support a large variety of dynamically changing applications and services.

Nowadays, services with very high bandwidth and low latency requirements are supported through multiple application-specific platforms having significant installation, operational and administrative costs. Moreover, advanced features vital for efficient operation of these services are not supported and the majority of existing implementations are not truly open. The 5G-PICTURE concept addresses these inefficiencies adopting a strategy that allows to form any service on top of a common programmable open infrastructure. This opens up a way to achieve significant performance-, cost- and energy-efficiency benefits.

The 5G-PICTURE networking approach represents a novel architecture, enabling a simplified operation and management of the network. Moreover, it will facilitate the integration of new infrastructure components. The use of the infrastructure will be made more flexible, allowing simultaneous provision of services isolated from each other which make use of a shared pool of resources in an optimal way.

In the context of 5G-PICTURE several application cases will be examined focusing on a variety of ICT and vertical industry services. More specifically, 5G-PICTURE will demonstrate: (a) converged transport network services and end-user services in a smart city environment - 5G-UK network infrastructure located in Bristol, UK, (b) seamless service provisioning and mobility management in railway environments exploiting a real 5G-railway testbed located in Barcelona, Spain, and (c) media services supporting large venues in a 5G-stadium testbed to address scenarios with increased density and static-to-low mobility.

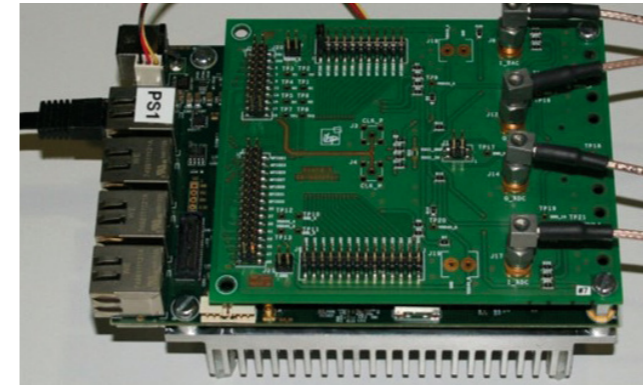


Abb. 6: digiBackBoard Plattform (IHP Solutions GmbH)
Fig. 6: digiBackBoard platform (IHP Solutions GmbH)

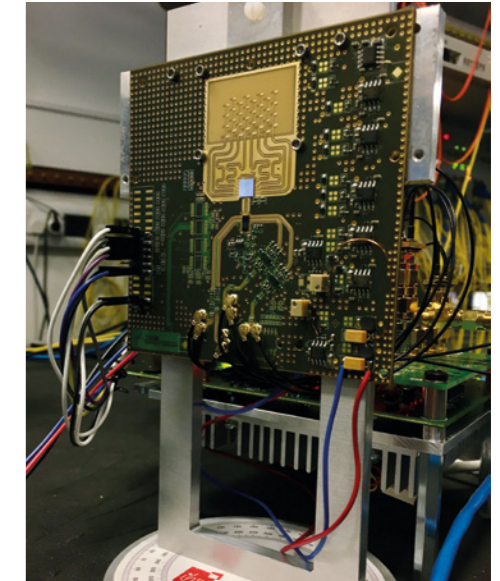


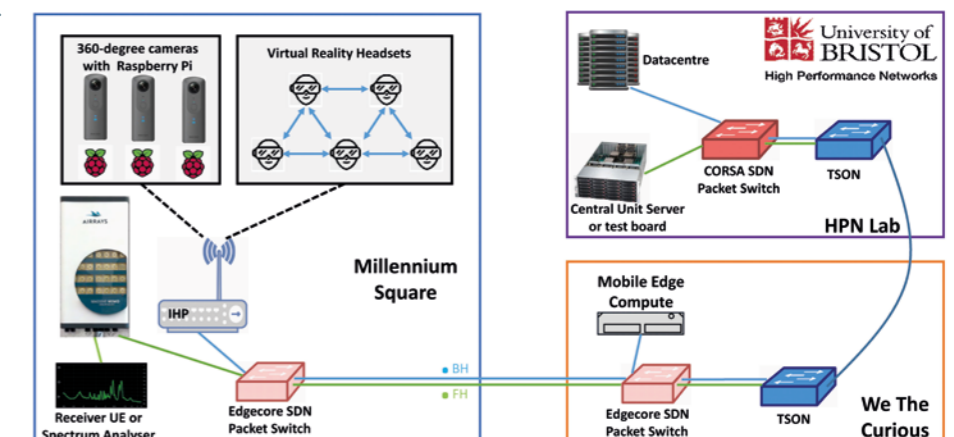
Abb. 7: Beispiel von IHP's 60-GHz-Analog-Front-End mit Beamforming-Funktionen
Fig. 7: Example of IHP's 60 GHz Analog Front End with beamforming capabilities

Um das 5G-PICTURE-Konzept zu unterstützen, schlägt das Projekt eine Reihe neuartiger Technologielösungen sowie neuartige Steuerungs- und Management-Plattformen vor. IHP leistet einen Beitrag zu 5G-PICTURE mit der Entwicklung einer integrierten 60-GHz-Backhaul-Lösung. Diese Lösung basiert auf einer Software Defined Radio (SDR)-Plattform mit der Bezeichnung digiBackBoard (Abb. 6). Diese Backhaul-Lösung verfügt über ein strahlendes 60-GHz-RF-Frontend (Abb. 7) und wird in ein Gehäuse für den Außeneinsatz integriert. Die Komplettlösung wird in der Smart-City-Demonstration zum Einsatz kommen, konkret auf dem Millennium Square in Bristol, Großbritannien (Abb. 8). Die Lösung vom IHP wird als 60-GHz-Backhaul-Punkt-zu-Mehrpunkt-Verbindung eingesetzt und zur Unterstützung der Anforderungen des drahtlosen Zugangsnetzwerks genutzt. Die IHP-Lösung wird eine der Demonstrationsaktivitäten auf einem Platz ermöglichen, an dem eine spezielle Applikation aus dem Bereich Virtuelle Realität (VR) angeboten wird.

To support the 5G-PICTURE concept, the project proposes a set of novel technology solutions as well as novel control and management platforms. IHP contributes to 5G-PICTURE with the development of an integrated 60 GHz backhaul solution. This solution is based on a Software Defined Radio (SDR) platform called digiBackBoard (Fig. 6). This backhaul solution will feature a beam-steering 60 GHz RF Front-End (Fig. 7), and will be integrated in an enclosure for outdoor deployment. The complete solution will be utilised in the smart city demonstration, specifically, it will be installed in the "Millennium Square" in Bristol, UK (Fig. 8). IHP's solution will be deployed as a 60 GHz backhaul point-to-multipoint connection and will be utilized to support the wireless access network requirements. The IHP solution will enable one of the demonstration activities based on Virtual Reality (VR) technology.

Abb. 8: IHP trägt mit seiner Millimeterwellenlösung für Backhaul zum 5G-UK Testbed bei.

Fig. 8: IHP contributes to the 5G-UK testbed with its millimeter wave solution for backhaul.



ParSec – Ein paralleles zuverlässiges und sicheres Funksystem zur latenz-optimierten Fabrikautomatisierung

ParSec – a Parallel, Reliable and Secure Radio System for Latency Optimized Factory Automation

Das vom IHP koordinierte BMBF-Forschungsprojekt ParSec hat ein paralleles (Par) zuverlässiges und sicheres (Sec) Funksystem zur latenz-optimierten Fabrikautomatisierung entwickelt. Hier beschreiben wir ausschließlich Untersuchungen zur IT-Sicherheit.

In den letzten Jahren sind drahtlose Kommunikationssysteme in der Automatisierungstechnik immer beliebter geworden. Einer der Gründe hierfür ist die Tatsache, dass so die Wartungskosten reduziert werden können, da z. B. weniger Kabel ausgetauscht werden müssen. Ein weiterer wichtiger Faktor ist, dass die Anpassung der Fertigungsstraßen deutlich leichter umgesetzt werden kann als mit drahtgebundenen Systemen. Letzteres gewinnt insbesondere im Hinblick auf Industrie 4.0, die personalisierte Massenproduktion verspricht, an Bedeutung. Aber auch wenn drahtlose Kommunikationssysteme unbestreitbare Vorteile bieten, so führen sie doch auch zu neuen Herausforderungen im Hinblick auf Zuverlässigkeit und IT-Sicherheit. Aufgrund der drahtlosen Kommunikation brauchen potentielle Angreifer keinen Zugang zum Firmengelände ihrer Opfer, um Nachrichten mitzuhören oder gar die Kommunikation im Automatisierungssystem zu manipulieren. Die Folgen sind, dass die Angreifer das Know-how des Opfers abschöpfen, oder mit Hilfe der Manipulationen die Produktion stören, sei es durch eine Verschlechterung der Produktqualität oder dass der Produktionsprozess vollständig zum Erliegen kommt. Um zu verhindern, dass ein Angreifer sensible Informationen abgreift bzw. das laufende System stören kann, werden IT-Sicherheitsmechanismen unverzichtbar. Der korrekte Einsatz kryptographischer Verfahren hilft folgendes sicherzustellen:

- Die Vertraulichkeit der Daten, die in dem Automatisierungssystem ausgetauscht werden
- Die Integrität der ausgetauschten Nachrichten
- Die Authentizität der Kommunikationspartner

Die Sicherheit kryptographischer Verfahren hängt von der Vertraulichkeit der verwendeten Schlüssel ab. Das bedeutet, dass die Verteilung der Schlüssel wesentlich ist für die Effektivität der Sicherheitsmechanismen. Die Schlüsselverteilung ist eines der anspruchsvollsten Probleme der IT-Sicherheit. Im Bereich der Automatisierungsanlagen wird dieses Problem noch herausfordernder, da zumindest ein Teil der Systeme aus ressourcenbeschränkten Geräten besteht und Echtzeit-Anforderungen sowie kurze Latenzzeiten erfüllen müssen. Die Generierung sowie die Einigung auf die Schlüssel kostet zusätzliche Zeit und Energie. Die angewendeten Schlüsselverteilmechanismen können also einen signifikanten Einfluss auf die Verzögerungen der Nachrichtenübertragung haben. Wenn diese Randbedingungen berücksichtigt werden erscheint die Generierung von Schlüsseln aus Kanalparametern besonders günstig, da so aufwendige asymmetrische Verfahren vermieden werden können.

The BMBF project ParSec, which was coordinated by IHP, has developed a parallel, reliable and secure radio system for latency optimized factory automation. Here we report on the security part of the overall system.

In recent years wireless communication systems have become more and more popular in automation systems. One of the reasons for this development is that maintenance costs are reduced due to the fact that less cables need to be replaced. Another driving factor is that factory floors can be adapted much quicker than if wired systems are used. The latter will become more important in the near future with the prospect of industry 4.0 that promises individualized mass production, which requires highly flexible production processes. Even though wireless systems provide obvious benefits for automation systems they open up new challenges with respect to dependability and security. Due to the wireless communication, potential attackers do no longer need access to the premises of the victim to eavesdrop or manipulate the communication of the automation system. The consequences are that competitors may gain access to the victim's know-how or disrupt production by manipulating communication, either by deteriorating the product quality or by bringing the whole production process to a standstill. In order to prevent attackers from gaining access to confidential information and from interfering with the running system security means are essentially needed. The proper use of cryptographic procedures will help to ensure:

- confidentiality of the data exchanged in the automation system;
- integrity of the messages exchanged;
- authentication of the communication partners.

The security of the cryptographic procedures depends on the reliability of the keys used. This means that the distribution of the keys is essential for the effectiveness of the security mechanisms. Key distribution is known as one of the most demanding problems in the security area. In automation systems the key distribution becomes even more challenging as at least a part of these systems consists of resource constraint devices and due to the fact that these systems need to fulfill real-time requirements and require short latency. Additional time and energy are needed for the generation and agreement of cryptographic keys. Thus, the applied key distribution approaches can significantly influence the latency of the message transmission. Taking these constraints into account the idea of generating keys from wireless channel parameters seems very appealing as it avoids computing intense asymmetric cryptography operations.

Wir haben die Anwendbarkeit von Kanalparametern zur Schlüsselgenerierung in einem realistischen industriellen Umfeld untersucht und mit Standardverfahren verglichen.

Die Experimente wurden in der Modellfabrik der BTU Cottbus-Senftenberg am Lehrstuhl für Automatisierungstechnik durchgeführt (Abb. 9). Wir haben sechs unterschiedliche Aufbauten definiert, um so wechselnde Bedingungen abzudecken. Es wurden 5.000 Received Signal Strength Indicator (RSSI) Werte pro Messaufbau gesammelt und mit dem Ziel analysiert, mit unterschiedlichen Quantisierungsverfahren einen Schlüssel zu generieren und dessen Qualität zu bewerten. Wir haben die Zeit und die Energie, die für die Schlüsselgenerierung (im besten Fall) benötigt werden, abgeschätzt, um sie mit Standardansätzen zu vergleichen. Unsere wichtigsten Erkenntnisse für 868 MHz Kommunikation sind:

- Die erforderliche Zeit, um ausreichend viele Messungen für die Schlüsselgenerierung zu sammeln, ist nicht vorhersehbar. Es kann sogar Tage dauern, der Ansatz ist also für Echtzeitsysteme nicht geeignet.
- Die Qualität der generierten Schlüssel ist hinsichtlich ihrer Entropie gering, was Angriffe erleichtern kann.
- Die Zeit und Energie, die mit Standardverfahren für den Schlüsselaustausch benötigt werden, sind deterministisch und geringer als die bei der Schlüsselgenerierung aus Kanalparametern. Dies gilt sogar dann, wenn für die Standardverfahren das aufwendigste, also der schlimmste Fall und für die Generierung aus Kanalparametern der beste Fall miteinander verglichen werden. Tabelle 1 zeigt einen Vergleich zwischen dem Matsumoto, Takashima und Imai (MIT) Verfahren und der Schlüsselgenerierung aus Kanalparametern. Es ist klar zu sehen, dass ersteres nur 30% der Energie des kanalbasierten Verfahrens verbraucht, selbst wenn die aufwendigen kP-Operationen in Software ausgeführt werden.

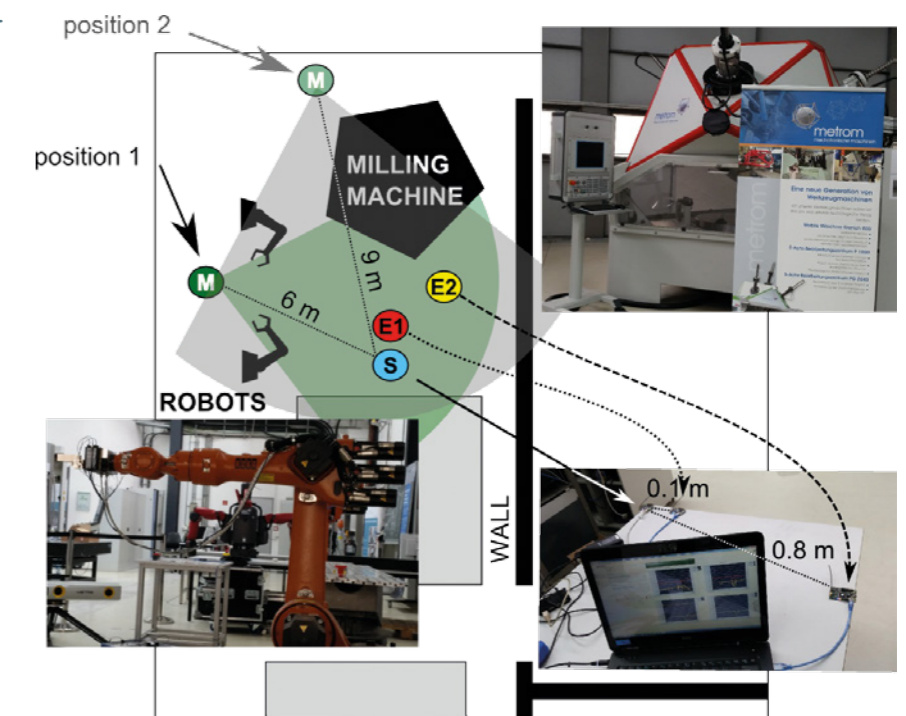
We investigated the applicability of wireless channel parameters to the key generation in a real industrial environment and compared this approach with classical key exchange methods.

We ran our experiments in the model factory of the Innovation Centre Modern Industry Brandenburg, Chair of Automation Technology at BTU Cottbus-Senftenberg (see Fig. 9). We defined six different set-ups for our measurements to reflect changing conditions in such an environment. We collected and analyzed about 5.000 Received Signal Strength Indicator (RSSI) values per measurement with the goal of generating keys using different quantization algorithms and to verify the quality of the generated keys. We estimated the time and energy of the key generation (for the best case) to compare this approach with classical key agreement methods. Our major findings for 868 MHz radios are:

- The time needed to collect sufficient RSSI values to generate a key is unpredictable. It may even take days, thus for real-time environments this approach is unsuitable.
- The quality of the keys generated with respect to their randomness is low which may simplify attacks.
- The time and energy needed to establish a key using classical methods are deterministic and lower than those of the key generation from channel parameters. This holds true even if we compare the worst case for classical methods with the best case for key generation from channel parameters. Table 1 shows a comparison of a standard key exchange approach MTI (Matsumoto, Takashima, and Imai) with the channel based approach. It can be clearly seen that even if software is used to implement the standard approach its energy consumption is less than 30% of the channel based approach.

Abb. 9: Messaufbau in der Modellfabrik der BTU Cottbus-Senftenberg

Fig. 9: Measurement set-up in the Model factory of the BTU Cottbus-Senftenberg



| | node | RNG | Computational burden | Sent information | Received information | Energy |
|---------------------------------|--------|----------|---|---|---|---|
| MTI | Alice | 233 bits | 3 kP | 234 bits | 234 bits | 1.1 mJ Software: 38 mJ (6.1mJ/kP) |
| | Bob | 233 bits | 3 kP | 234 bits | 234 bits | |
| Using channel parameters Alg. 5 | Master | - | <ul style="list-style-type: none"> processing of 256 RSSI values calculating hash | <ul style="list-style-type: none"> 256 probe signals set of 64 indices 256 bits hash | <ul style="list-style-type: none"> 256 probe signals set of 64 indices | 540 μ J |
| | Slave | - | <ul style="list-style-type: none"> processing of 256 RSSI values calculating hash comparison of the received and the calculated hash | <ul style="list-style-type: none"> 256 probe signals set of 64 indices | <ul style="list-style-type: none"> 256 probe signals set of 64 indices 256 bits hash | 46239 μ J |
| | | | | | | > 92.3 mJ |

Tabelle 1: Vergleich des Energieverbrauchs für den Schlüsselaustausch mit Standardansätzen MTI und basierend auf Kanalparametern
Table 1: Comparison of the energy consumption of a standard key exchange approach here MTI and the channel based approach

BiCMOS integrierte Mikrobolometer für Thermografie BiCMOS Integrated Microbolometer for Thermal Imaging

Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines ungekühlten Mikrobolometers innerhalb der BiCMOS-Technologie für Thermografieanwendungen. Thermografie-Systeme bieten die Möglichkeit der Sichtbarmachung von Objekten in dunklen Umgebungen durch Detektion der vom Objekt ausgesendeten Infrarotstrahlung. Für eine Vielzahl von Anwendungen aus dem Bereich der Medizintechnik, Industrieautomatisierung, Autonomes Fahren und Unterhaltungselektronik sind Mikrobolometer ein wichtiger Bestandteil, da im Vergleich zu anderen Detektionsverfahren sehr kompakte, leistungsfähige und kostengünstige Thermografie-Systeme realisiert werden können.

Das Funktionsprinzip eines ungekühlten Mikrobolometers basiert auf der Absorption von Infrarotstrahlung und einer damit verbundenen Änderung eines elektrischen Widerstandes eines thermisch sensitiven Materials. Konventionelle ungekühlte Mikrobolometer verwenden meist amorphes Silizium oder Vanadiumoxid als thermisch sensitives Material wobei speziell die temperaturabhängige Widerstandsänderung (TCR) stark begrenzt ist. Im Vergleich dazu ist einkristallines SiGe ein sehr interessantes Material, da der TCR über den Germanium (Ge) Gehalt erhöht werden kann und durch die Kristallstruktur ein sehr gutes Rauschverhalten erreicht wird. Aufgrund der genannten Eigenschaften sollen im Rahmen des Projekts leistungsfähige Mikrobolometer sowie die Integration innerhalb der SiGe BiCMOS Technologie gezeigt werden.

The project aims to develop an uncooled microbolometer integrated in BiCMOS technology for thermal imaging applications. Thermal imaging systems provide visibility of objects in a dark environment by detecting the objects using infrared radiation. For a wide range of applications in medical imaging, industrial process control, automotive safety and consumer electronics, uncooled microbolometers are important components. Compared with other detection methods, improved technology and manufacturing advances allow the design and fabrication of these microbolometers in a compact, highly efficient and cost-effective manner.

The uncooled microbolometers working principle is based on an infrared radiation absorption and a following resistance change measurement of the thermally sensitive detector materials. The conventional uncooled microbolometers mostly use thermally sensitive materials like amorphous silicon or vanadium oxide. However, their performances are limited, especially in terms of their temperature dependent resistances (TCR). Among several candidates single crystalline SiGe materials are reported as one of the most promising materials to be used in uncooled microbolometers due to its monocrystalline structure providing low noise performances. Besides that, the theoretical simulations show that the more Ge concentration in SiGe, the higher the TCR values. Therefore, this project aims to develop a SiGe based thermal detector and its integration in BiCMOS technology in order to provide a high performance uncooled microbolometer device.

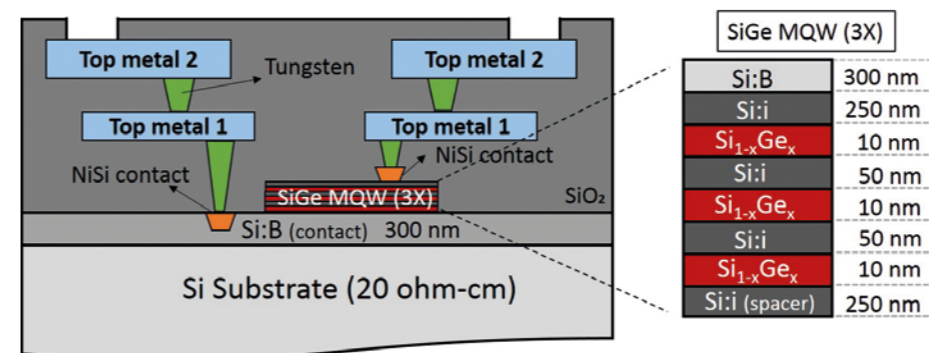


Abb. 10: Schematischer Querschnitt des thermischen Detektors basierend auf SiGe/Si Multi-Quantum-Well Strukturen

Fig. 10: A schematic cross-section view of the developed intrinsic thermistor device based on a SiGe/Si multi-quantum-well

Zur Bestimmung der Eigenschaften des thermischen Detektors basierend auf SiGe/Si Multi-Quantum-Well Strukturen wurde ein Bauelement, wie in Abb. 10 gezeigt, hergestellt. Die temperaturabhängige Widerstandsänderung der SiGe/Si MQW Detektoren ist in Abb. 11 für verschiedene Ge-Konzentrationen gezeigt. Es ist deutlich zu erkennen, dass durch höhere Ge-Konzentrationen höhere TCR Werte erreicht werden können. Mit einem Gehalt von 50% konnten ausgezeichnete TCR Werte von -5.5%/K gezeigt werden.

In order to investigate the performance of the thermal detector material of the SiGe/Si multi-quantum well (MQW), an intrinsic thermistor device is fabricated as seen in Fig. 10. The performances of the fabricated thermistor device based on a SiGe/Si MQW for different Ge concentrations in terms of TCR values are represented in Fig. 11. As seen in the figure higher TCR values are obtained by the increasing the Ge concentration in the SiGe wells. A very high TCR value of -5.5%/K is obtained for the thermistor with 50% Ge without a significant dependency on the applied bias voltages.

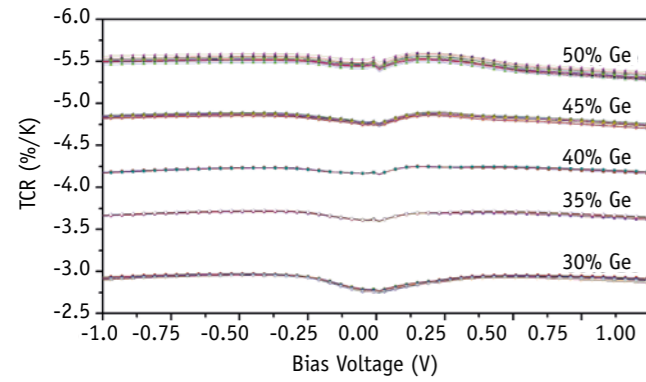


Abb. 11: TCR in Abhängigkeit der Biasspannung für SiGe/Si MQW Strukturen mit verschiedenen Ge-Konzentrationen
 Fig. 11: TCR versus bias voltage measured on SiGe/Si MQW for different Ge concentrations in SiGe wells

Die Integration der ungekühlten Mikrobolometer Strukturen innerhalb der BiCMOS-Technologie ist in Abb. 12 im Querschnitt gezeigt.

Da der Prozess zur Herstellung der SiGe/Si MQW Schichten relativ hohe Temperaturen benötigt, basiert der Integrationsprozess auf einem Layer-Transfer-Prozess mittels Waferbonden. Nach Abschluss aller Prozessschritte konnten erste ungekühlte Mikrobolometer innerhalb der BiCMOS-Technologie gezeigt werden (Abb. 13). Mittels Weißlichtinterferometrie kann gezeigt werden, dass mechanisch stabile freitragende Mikrobolometer Pixel Strukturen mit einer Pixelgröße von 17 µm x 17 µm realisiert werden können (Abb. 13 rechts). Durch kontrollierte Stresskompensation der einzelnen Schichten und des gesamten Schichtstapels können Pixel-Strukturen mit minimaler mechanischer Verformung realisiert werden. Zugehörige FEM Simulationen bezüglich der Stressverteilung, Verformung und Verdrehung sind in Abb. 14 gezeigt. Derzeit wird an der Integration und Kombination der zuvor gezeigten SiGe/Si MQW Mikrobolometer zusammen mit den Auswerteschaltkreisen innerhalb des BiCMOS Prozesses gearbeitet.

For the full integration of the uncooled microbolometer device based on SiGe/Si MQW in BiCMOS technology, the proposed device's cross-section view is seen in Fig. 12. As the SiGe/Si MQW process requires higher temperatures than the thermal budget of the BiCMOS process, the proposed device integration requires a special layer transfer process (i.e. wafer bonding). Fig. 13 (left) shows the first successful attempt for the integration of amorphous silicon in an uncooled microbolometer based on a BiCMOS process after all the required process steps were done. A mechanically very stable suspended microbolometer pixel structure with a pixel size of 17 µm x 17 µm is obtained as proven by the white-light interferometer measurement shown in Fig. 13 (right). No significant mechanical deformation on the fabricated pixel structure for microbolometer is attributed to the well multilayer stress compensated arm structures. Fig. 14 shows the validated model for stress distribution of the microbolometer device with no bending or tilting. IHP is currently working on the development of the high performance SiGe/Si MQW based uncooled microbolometer integration together with the ROIC part in BiCMOS process.

Abb. 12: Schematische Ansicht des Integrationsprozesses der Mikrobolometer innerhalb des BiCMOS Prozesses

Fig. 12: Generic view of the uncooled microbolometer integration in BiCMOS process

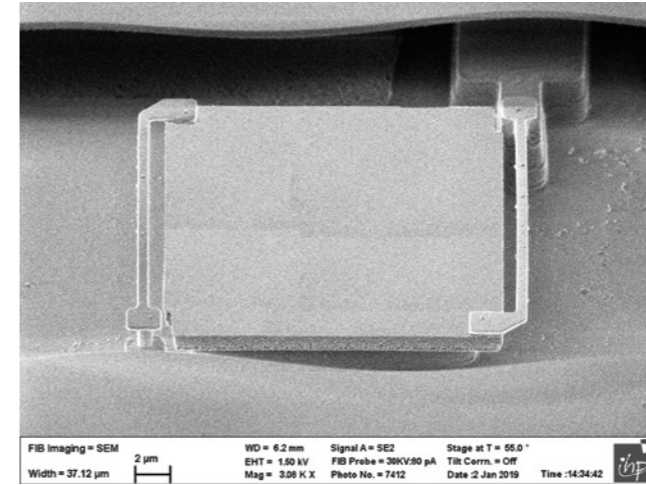
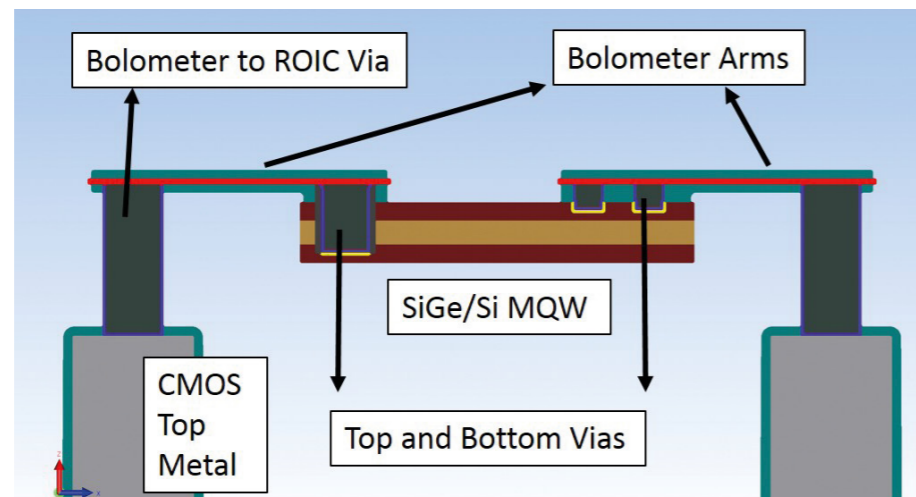


Abb. 13: Prozessierte Mikrobolometer Pixel Strukturen
 Fig. 13: The fabricated microbolometer pixel

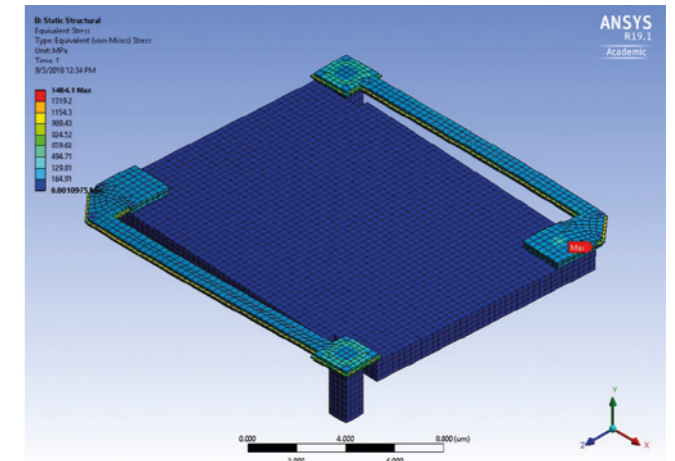
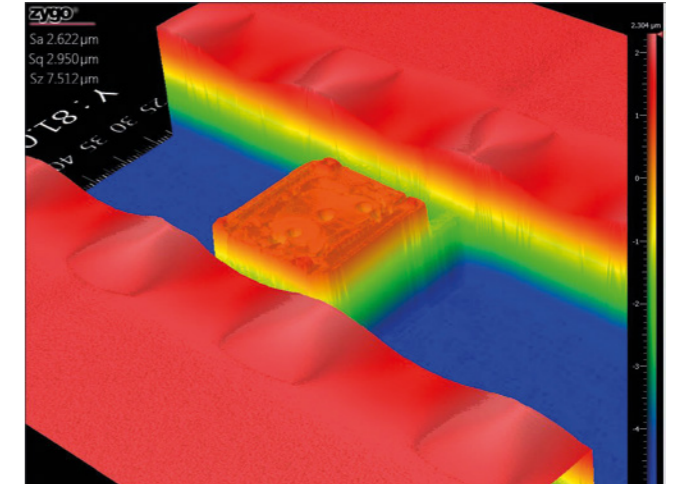


Abb. 14: Spannungsverteilung der gesamten Mikrobolometer Struktur mit einseitigen Aufhängungen

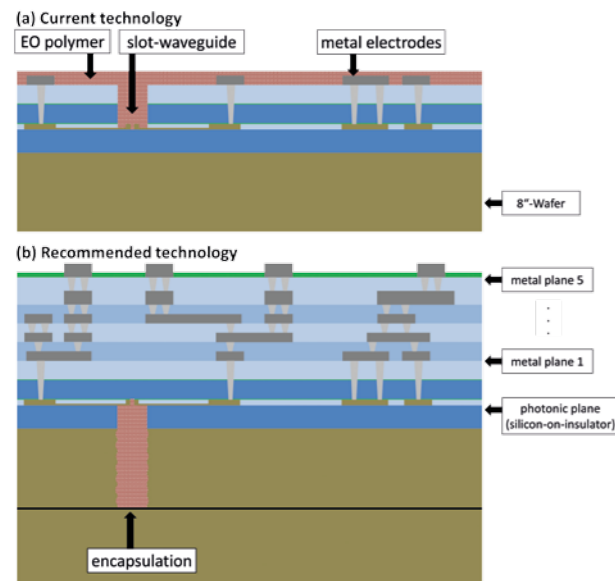
Fig. 14: The stress distribution of the full microbolometer device with one-sided arm design

HOPBIT – Hybride Silizium-Organik Photonik für die hochbitratige Datenübertragung

HOPBIT – Hybride Silicon-Organic Photonics for High Bitrate Data Transmission

Das IHP entwickelt zusammen mit der TH Wildau eine Technologieplattform für die Integration von photonischen Silizium-Organik-Hybrid (SOH) Bauelementen in eine siliziumbasierte Chiptechnologie. Die SOH Photonik ermöglicht funktionsoptimierte Lichtmodulatoren für eine energieeffiziente und hochbitratige Datenübertragung. Grund dafür sind Synergieeffekte, da Vorteile der siliziumbasierten Chiptechnologie mit denen von funktionalen, organischen Materialien verknüpft werden. Die Chip-Integration soll so realisiert werden, dass die organischen Materialien hermetisch verkapselt sind, womit erstmals eine Langzeitstabilität der SOH Bauelemente gewährleistet werden soll (Abb. 15).

Die digitale Revolution verlangt nach noch schnelleren optischen Datenverbindungen. Ziel ist es, große Datenraten bei hoher Signalqualität zu übertragen und gleichzeitig den Energieverbrauch zu reduzieren. Dazu setzt die Forschung bei der Umwandlung elektrischer in optische Signale an, die an den Enden der Glasfaserkabel stattfindet. Die hierfür benötigten elektrooptischen Modulatoren sollen noch effizienter und kompakter werden. Aktuell werden Verfahren der Mikroelektronik genutzt, um Lichtwellenleiter aus Silizium herzustellen. Durch Anlegen einer Spannung werden die optischen Eigenschaften des Siliziums verändert. Elektrooptische Modulatoren nutzen diesen Effekt um Licht in Abhängigkeit von einer Wechsellspannung zu modulieren. Nachteile dieser Methodik sind die limitierte Modulationsgeschwindigkeit und die relativ hohen optischen Verluste, bedingt durch die Ladungsträgertransporte im Silizium. Für die Kommunikationstechnik ist dabei besonders nachteilig, dass nicht nur die Phase der Lichtwelle, sondern gleichzeitig auch die Amplitude beeinflusst wird. Dadurch ist die Realisierung von höheren Modulationsarten nur bedingt möglich.



The IHP, together with TH Wildau, is developing a technology platform for the integration of photonic silicon-organic hybrid (SOH) devices in a silicon-based chip technology. SOH photonics enables function-optimized light modulators for energy-efficient and high bitrate data transmission. The reasons for this are synergy effects, as the advantages of silicon-based chip technology are combined with those of functional, organic materials. The chip integration is to be realized by encapsulating the organic materials, which should ensure a long-term stability of the SOH devices for the first time (Fig. 15).

The digital revolution calls for even faster optical data connections. The goal is to transmit high data rates with high signal quality while reducing energy consumption. To do this, research is turning to the conversion of electrical into optical signals that take place at the ends of the fiber optic cable. The electro-optical modulators required for this purpose are to become even more efficient and compact. Currently, microelectronics processes are used to produce optical waveguides from silicon. Applying a voltage changes the optical properties of the silicon. Electro-optical modulators use this effect to modulate light as a function of an alternating voltage. Disadvantages of this methodology are the limited modulation speed and the relatively high optical losses due to the charge carrier transport in silicon. It is particularly disadvantageous for the communication technology that not only the phase of the light wave, but at the same time the amplitude is affected. As a result, the realization of higher modulation types is only possible to a limited extent. Higher modulation types are used in modern communication technology to increase the capacity of the transmission.

Abb. 15: Lösungsansatz des Projektes HOPBIT: Das Funktionspolymer wird von der Chip-Rückseite integriert

Fig. 15: Approach of the project HOPBIT: The organic material is integrated from the chip-backside

Höhere Modulationsarten werden in der modernen Kommunikationstechnik genutzt, um die Kapazität der Übertragung zu steigern.

Einen Ansatz zur Lösung dieser Probleme bietet die SOH Photonik, also die Kombination der Silizium-Photonik mit funktionsoptimierten organischen Materialien. Die organischen Materialien besitzen elektrooptische Eigenschaften, die es erlauben, Phase und Amplitude unabhängig voneinander zu beeinflussen, womit die Realisierung höherer Modulationsarten und damit hochbitratige Datenübertragungen möglich werden. Zudem sind derartige SOH Modulatoren extrem energieeffizient und können die Grenzen derzeitiger siliziumbasierter Modulatoren bezüglich Geschwindigkeit und Energieverbrauch überwinden.

Eine große Herausforderung der SOH Photonik besteht in der Integration der organischen Materialien in eine etablierte siliziumbasierte Chiptechnologie. Eine Integration organischer Materialien während der Chipherstellung ist ausgeschlossen. Derzeit wird das Problem vermieden, indem die Chips nur bis zur ersten Metallebene hergestellt und photonische Komponenten durch ein neu entwickeltes Prozessmodul vorderseitig freigelegt werden. Anschließend werden die aktiven photonischen Bauelemente, also die elektrooptischen Modulatoren, mit einem organischen Material beschichtet. Nachteil ist, dass dadurch die elektronischen Bauelemente auf dem Chip stark eingeschränkt werden und kein vollständiger Chip bis zur obersten/letzten Metallebene hergestellt werden kann. Somit ist derzeit keine Prozesskompatibilität der SOH Photonik zur etablierten halbleiterbasierten Chiptechnologie gegeben. Eine weitere Herausforderung besteht darin, die Langzeitstabilität der organischen Materialien zu erhöhen.

Der im mit EFRE-Mitteln geförderten Projekt HOPBIT verfolgte Lösungsansatz adressiert beide Herausforderungen – die Prozesskompatibilität und die Langzeitstabilität der SOH Modulatoren. Zu diesem Zweck wird ein Wafer, auf dem sich die photonischen Bauelemente befinden, von der Rückseite so geätzt, dass die Bereiche mit den aktiven SOH Modulatoren freigelegt sind und mit einem organischen Material, konkret mit einem elektrooptischen Polymer, beschichtet werden können (Abb. 16). Abschließend erfolgt die Verkapselung der Polymere, um eine Langzeitstabilität zu ermöglichen. Abb. 17 zeigt einen Halbleiterchip mit SOH Modulatoren.

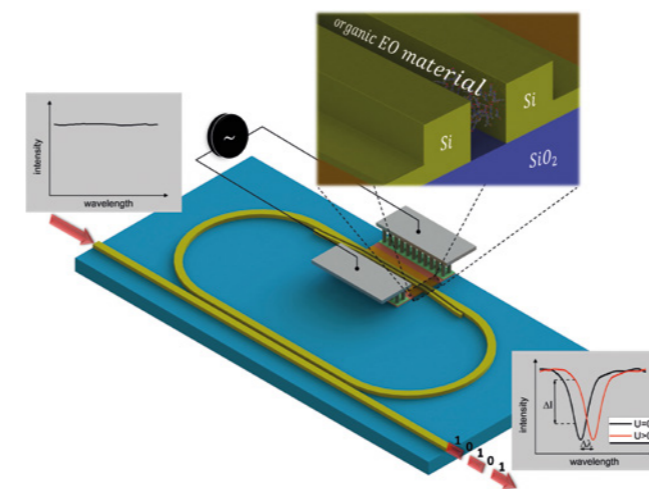


Abb. 16: Prinzipdarstellung des verwendeten photonischen Modulators

Fig. 16: Schematic of the employed photonic modulator

One approach to solve these problems is offered by SOH photonics, which is the combination of silicon photonics with functionally optimized organic materials. The organic materials have electro-optical properties that allow to influence phase and amplitude independently of each other, thus enabling the realization of higher modulation types and thus high bitrate data transfers. In addition, such SOH modulators are extremely energy efficient and can overcome the limitations of current silicon-based modulators in terms of speed and power consumption.

A major challenge for SOH photonics is the integration of organic materials into established silicon-based chip technology. Integration of organic materials during chip production is excluded. Currently, the problem is avoided by making the chips only down to the first metal level and exposing photonic components to the front through a newly developed process module. Subsequently, the active photonic devices, i.e. the electro-optical modulators, are coated with an organic material. The disadvantage is that hereby the electronic components on the chip are severely limited and no complete chip can be made up to the top/last metal level. Thus, there is currently no process compatibility of SOH photonics for established semiconductor-based chip technology. Another challenge is to increase the long-term stability of organic materials.

The approach pursued in the ERDF-supported project HOPBIT addresses both challenges - the process compatibility and the long-term stability of the SOH modulators. For this purpose, a wafer on which the photonic devices are located is etched from the rear so that the areas with the active SOH modulators are exposed and can be coated with an organic material, specifically with an electro-optical polymer (Fig. 16). Finally, the encapsulation of the polymers takes place to allow long-term stability. Fig. 17 shows a semiconductor chip including SOH modulators.



Abb. 17: IHP HOPBIT Chip

Fig. 17: IHP HOPBIT Chip sensor platform

TARANTO – Fortgeschrittene BiCMOS-Technologieplattform für RF- und THz-Anwendungen

TARANTO – Towards Advanced BiCMOS Nano Technology Platforms for RF and THz Applications

Das Projekt TARANTO zielt auf die Entwicklung zukünftiger BiCMOS Technologieplattformen mit signifikant verbesserten Hochfrequenzeigenschaften von SiGe HBTs (Heterojunction Bipolar Transistoren) in Kombination mit fortschrittlichen CMOS-Prozessen mit hohem Integrationsgrad. Die neue Generation von Transistoren ermöglicht eine weitere, deutliche Leistungssteigerung heutiger Kommunikations- und Radarsysteme, die für die Integration heterogener intelligenter Systeme und zukünftige automatisierte Transportsysteme erforderlich ist. Das Projekt mit 33 Partnern aus 6 europäischen Ländern wird im Rahmen des ECSEL-Programms durch die EU und das BMBF gefördert.

Das im April 2017 gestartete Projekt baut auf den exzellenten Ergebnissen des Vorgängerprojektes DOTSEVEN (2012-2016) auf, in dem erstmals SiGe HBTs mit Grenzfrequenzen f_{max} im Bereich von 700 GHz demonstriert werden konnten [Heinemann et al., IEDM 2016] (Abb. 18). Die Realisierung dieser Rekordwerte erforderte spezielle Prozessabläufe, bei denen Fragen der BiCMOS-Integration zunächst eine untergeordnete Rolle spielten. In dem TARANTO-Projekt arbeitet das IHP an der Integration von SiGe HBTs mit der in DOTSEVEN gezeigten Leistungsfähigkeit in seine 130nm-BiCMOS-Technologie basierend auf einem mit industriellen Anforderungen kompatiblen Fertigungsprozess. In einer ersten Entwicklungsetappe konnten nach der Hälfte der Projektlaufzeit SiGe HBTs mit f_{max} -Werten von 660 GHz und f_T -Werten von 420 GHz in einem CMOS-kompatiblen

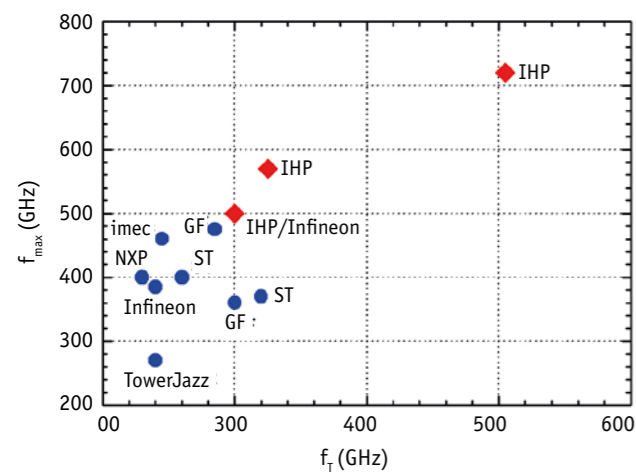


Abb. 18: Peak f_T - und f_{max} -Werte von Hochgeschwindigkeits-SiGe-HBT-Technologien. Rote Symbole stellen vom IHP im DOTSEVEN-Projekt demonstrierte Resultate dar

Fig. 18: Peak f_T and f_{max} values of high-speed SiGe HBT technologies. Red diamonds indicate results achieved by IHP in the DOTSEVEN project (references are available in Chevalier et al., Proc. of the IEEE, vol. 105, pp. 1035-1050, 2017)

The TARANTO project aims to break down the technological barriers for the development of future BiCMOS technology platforms, allowing the improvement of the performance of the HBT (Heterojunction Bipolar Transistors) with a much higher level of integration. This new generation of transistors will be a key factor to meet the needs of high-speed communication systems and high data rate required for the integration of heterogeneous intelligent systems as well as for intelligent mobility systems that will be used in future fully automated transport systems. The project with 33 partners from 6 European countries is supported under the ECSEL program by the European Commission and the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF).

The TARANTO project, started in April 2017, is based on the excellent results of the predecessor project DOTSEVEN (2012-2016) which facilitated the first demonstration of SiGe HBTs with maximum oscillation frequencies f_{max} in the 700 GHz range [Heinemann et al., IEDM 2016] (Fig. 18). This record transistor performance was realized by introducing non-conventional device architectures and elaborated process sequences regardless of any BiCMOS compatibility. In the TARANTO project, IHP addresses the integration of SiGe HBTs with the performance level achieved in the DOTSEVEN project in its 130 nm BiCMOS technology and the development of a fabrication process compatible with industrial constraints. In the first half of the project, SiGe HBTs with f_{max} values of 660 GHz and f_T values of 420 GHz could be realized in a CMOS compatible process flow (Fig. 19). Fig. 20

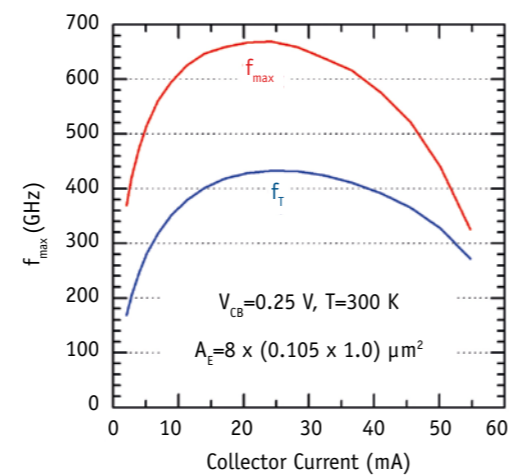


Abb. 19: Grenzfrequenzen f_T und f_{max} eines SiGe HBTs als Funktion des Kollektorstromes

Fig. 19: Transit frequency f_T and maximum oscillation frequency f_{max} of a SiGe HBT as a function of collector current

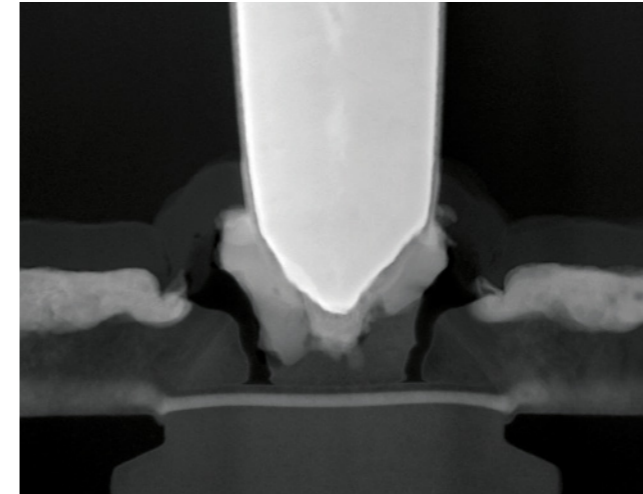


Abb. 20: Querschnitt eines SiGe HBTs im Transmissionselektronenmikroskop
Fig. 20: Transmission electron micrograph (TEM) cross section of a SiGe HBT

Prozessablauf realisiert werden (Abb. 19). Der Querschnitt eines in dieser Technologie hergestellten HBTs mit nicht-selektiver Basis-epitaxie ist in Abb. 20 gezeigt.

Parallel dazu wird gemeinsam mit dem Projektpartner Infineon ein alternatives HBT-Konzept mit epitaxiellem Basisanschlussgebiet (EBL) und selektiver Basis-epitaxie bezüglich seiner Anwendbarkeit in einem industriellen BiCMOS-Prozess untersucht. Die RF-Eigenschaften dieser Transistorkonstruktion werden auf der Grundlage gemeinsamer Prozessabläufe optimiert, in denen das EBL-HBT-Modul am IHP gefertigt wird und die restliche BiCMOS-Prozessierung bei Infineon erfolgt. Es konnte gezeigt werden, dass Beschränkungen gegenwärtiger industrieller BiCMOS-Prozesse bezüglich der Steigerung der Grenzfrequenz f_{max} durch die Einführung des epitaxiellen Basisanschlusses überwunden werden können.

In enger Zusammenarbeit mit dem Anwendungspartner Nokia werden Schaltungen für hybride Beamforming-Transceiver-Architekturen im Millimeterwellenbereich für zukünftige Kommunikationssysteme der 5. und darauf folgender Generationen erforscht. In einer ersten Designphase wurde eine Vielzahl verschiedener Schaltungsblöcke wie rauscharme Verstärker, Leistungsverstärker, Wechselschalter und Aufwärts- und Abwärtsmischer für Zielfrequenzen sowohl bei 28/38 GHz (5G) als auch bei 140 GHz (beyond 5G) entwickelt und charakterisiert (Abb. 21). Auf Basis der Analyse dieser Schaltungsblöcke bezüglich der System- und Komponentenanforderungen werden optimale Schaltungstopologien für hochintegrierte Transceiverschaltungen definiert, die in einem zweiten Designzyklus gefertigt und den Projektpartnern für die Erforschung von Demonstratoren für 28/39 GHz und 140 GHz Kommunikationssysteme bereitgestellt werden.

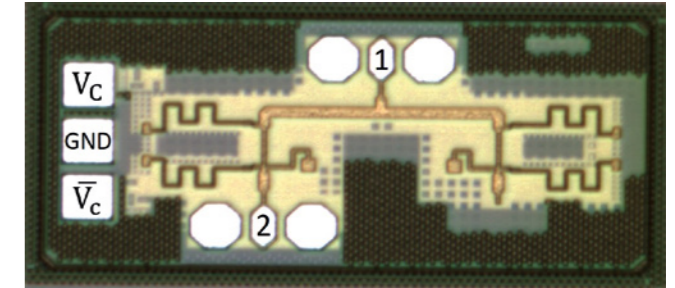


Abb. 21: Chipfoto eines SPDT-Wechselschalters, der das gesamte D-Band von 110 – 170 GHz abdeckt

Fig. 21: Chip photo of a Single Pole Double Through (SPDT) switch which covers the entire D-band from 110 – 170 GHz

depicts a cross section of an HBT fabricated in this technology with non-selective epitaxial growth of the base.

In parallel, an alternative HBT concept is investigated with respect to its applicability in an industrial BiCMOS process in collaboration with the project partner Infineon. This concept uses selective epitaxial growth of the base combined with an epitaxial base link (EBL). The performance potential of this device is investigated in a joint process flow with fabrication of the EBL HBT module at IHP and fabrication of the other BiCMOS process sequences at Infineon. It was demonstrated that fundamental constraints of existing industrial BiCMOS processes with respect to the enhancement of the cut-off frequency f_{max} could be overcome with this HBT concept.

Circuits for hybrid beamforming mm-wave transceivers for 5G communication systems and beyond are investigated in close collaboration with the project partner Nokia. In a first design cycle, key building blocks such as low noise amplifiers, power amplifiers, single pole double through (SPDT) switches and up and down conversion mixers were designed for the 28/39 GHz (5G) as well as 140 GHz (beyond 5G) frequency bands (Fig. 21). Optimized circuit topologies for highly integrated transceivers are defined based on the analysis of these building blocks. These transceivers will be fabricated in a second design cycle and will be used by the system integration partners for the investigation of 28/38 GHz and 140 GHz communication system demonstrators.

Jenseits von 5G und hin zu 100 Gbit/s drahtloser Übertragung

Beyond 5G and Toward 100 Gbit/s Wireless Transmission

Im Rahmen des H2020 Projektes WORTECS werden drahtlose Höchstgeschwindigkeits-Kommunikationsverbindungen für Virtual-Reality-Anwendungen erforscht. Dabei werden verschiedene Möglichkeiten der drahtlosen Kommunikation bei optischen Frequenzen und im unteren sub-THz-Bereich (200-300 GHz) untersucht.

Wegen des erhöhten Pfadverlustes bei hohen Frequenzen wurden Mehrantennensysteme implementiert, um einen hohen Antennengewinn zu erzielen. Im Projekt WORTECS ist es dabei die Aufgabe der Abteilung Circuit Design des IHP, ein Phased-Array-System bei einer Trägerfrequenz von 240 GHz mit Strahlformungs- und Strahlsteuerungsfunktionen zu implementieren. Die entworfenen Chips sollen mit Strahlsuch- und Strahlschwenkungsalgorithmen in einem Labordemonstrator implementiert werden.

Zunächst wurden ein einzelner Sender (Tx) und ein Empfänger (Rx) mit On-Chip-Antennen implementiert. Die in Abb. 22 gezeigte schematische Darstellung des Senders besteht aus einem breitbandigen Eingangsverstärker, der einen auf Gilbert-Zellen basierenden Aufwärtsmischer treibt, der dann einen Ausgangsverstärker speist, um etwa 0 dBm Ausgangsleistung zu erreichen. Das in Abb. 23 dargestellte Schema des Empfängers ist als Mixer-First-Architektur mit einem Transimpedanzverstärker als Mischerlast für den Breitbandbetrieb ausgeführt. Darauf folgen kaskadierte VGAs und ein mit DC-Offset Regelschleife ausgestatteter Ausgangspuffer. Die Lokaloszillator-Eingänge (LO) von Sender und Empfänger werden von einer um den Faktor 8 vervielfachenden LO-Kette angesteuert, die das 30 GHz-Eingangssignal

Within the H2020 project WORTECS very high speed wireless communication links are targeted for virtual reality applications. Different options are explored by investigating wireless communication at the optical frequencies and wireless communication at lower sub-THz (200-300 GHz) frequencies.

In order to overcome the elevated path loss at high frequencies, multiple antennas are implemented to achieve high antenna array gain. The role of IHP circuit design department in WORTECS is to implement a phased array system at 240 GHz carrier frequency with beam forming and beam steering capabilities. The designed chips are to be implemented with beam searching and forming algorithms in a lab demonstrator.

At first a single element transmitter (Tx) and receiver (Rx) are implemented with on-chip antenna. The transmitter schematic, shown in Fig. 22, consists of a broadband input amplifier driving a Gilbert cell based up-conversion mixer, which then feeds an output amplifier to deliver about 0 dBm output power. The receiver schematic, reported in Fig. 23, is deployed as a mixer first architecture with a transimpedance amplifier as mixer load for broadband operation, which is followed by cascaded VGAs and an output buffer equipped with DC offset cancellation loops. The LO ports of both Tx and Rx are driven by a multiplier-by-8 LO chain which converts the 30 GHz input signal to a 240 GHz LO carrier frequency. The die photos of transmitter and receiver chips with on chip antenna are shown in Fig. 24. A folded dipole antenna is integrated using local back side etching technology option achieving an

Transmitter chip

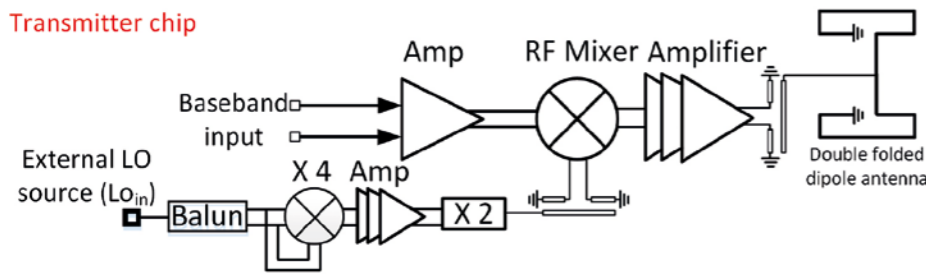


Abb. 22: Schematische Darstellung des Transmitters
Fig. 22: Transmitter schematic

Receiver chip

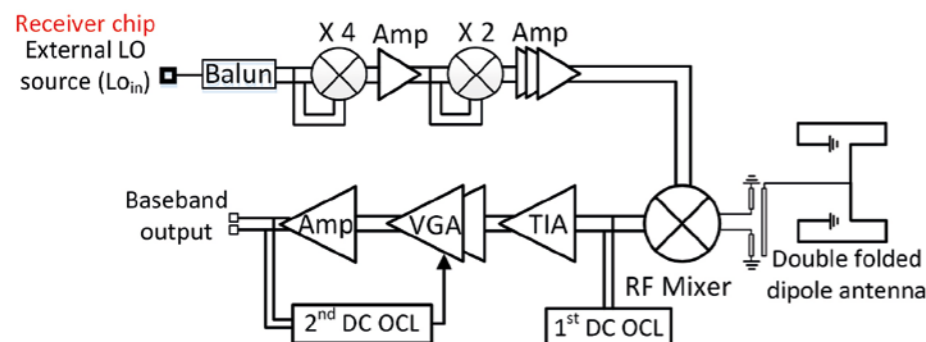


Abb. 23: Schematische Darstellung des Empfängers
Fig. 23: Receiver schematic

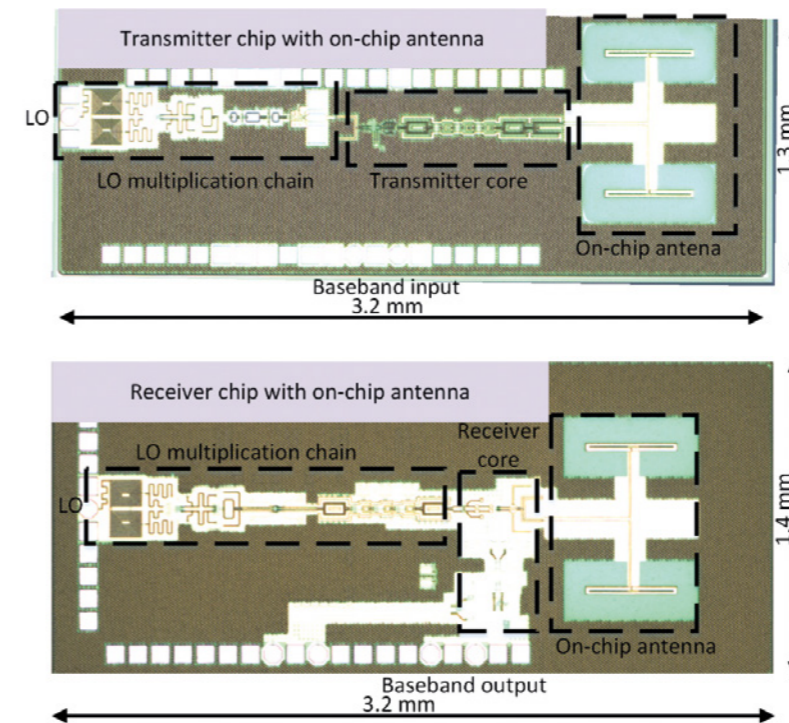


Abb. 24: Photo von Transmitter- und Empfänger-Schaltungen mit On-Chip-Antenne
Fig. 24: Die photo of transmitter and receiver chips with on chip antenna

in eine 240 GHz-LO-Trägerfrequenz umwandelt. Die Fotos von Sender- und Empfangschips mit On-Chip-Antenne sind in Abb. 24 dargestellt. Dabei wurde eine gefaltete Dipolantenne integriert, wobei mit lokaler Rückseiten-Ätztechnologie ein Antennengewinn von 5 dBi erzielt wird. Die Chips wurden in einem Aufbau für eine drahtlose Übertragung montiert und getestet, um die Leistung der verschiedenen Systemkomponenten zusammen mit einer optischen Linse zu überprüfen, die das Link Budget erhöht. Bei einem Verbindungsabstand von 15 cm wurde dabei erfolgreich eine Datenrate von bis zu 25 Gbit/s erzielt, wie in Abb. 25 dargestellt ist.

antenna gain of 5 dBi. The chips are mounted and tested in a wireless link setup to verify the performance of the different systems components together with an optical lens which enhances the link budget. A data rate as high as 25 Gbit/s was transmitted for a link distance of 15 cm as shown in Fig. 25.

In order to cover a 5x5 m² room, as specified within the project WORTECS, high output power is required from each transmitting element together with the capability of steering the transmitted beam. For this purpose, the single elements introduced will be integrated in a multiple element phased array system.

Um einen 5x5 m² großen Raum, wie es im Projekt WORTECS gefordert ist, abzudecken, ist von jedem Sendeelement eine hohe Ausgangsleistung erforderlich, zusammen mit der Fähigkeit, den gesendeten Strahl zu lenken. Zu diesem Zweck werden die eingeführten Einzelelemente in ein Phased-Array-System mit mehreren Elementen integriert.

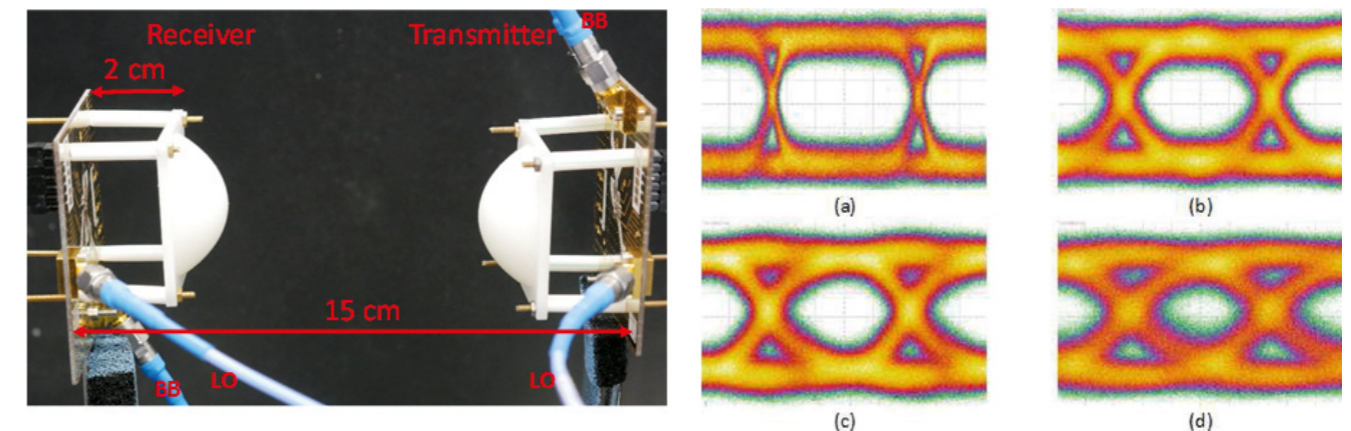


Abb. 25: Kommunikationsaufbau und Augendiagramme für 8, 16, 20 und 25 Gb/s
Fig. 25: Communication setup and eye diagrams for 8, 16, 20 and 25 Gb/s

radar4FAD – Universelle Radarmodule für das vollautomatisierte Fahren

radar4FAD – Universal Radar Modules for Fully Automated Driving

Das vom BMBF geförderte Projekt radar4FAD hat sich zum Ziel gesetzt, universelle Radarmodule, die hochflexibel, kosteneffizient, robust und ausfallsicher für alle Arten von Radaranwendungen sind, für das vollautomatisierte Fahren zu entwickeln. Essentielle Voraussetzung für das autonome Fahren ist die vollständige robuste Umfelderkennung, die unabhängig von Witterungs-, Temperatur-, und Lichtverhältnissen ist.

Um zukünftige Anforderungen an die Radarsensorik hinsichtlich Detektionsempfindlichkeit, Orts-, Winkel- und Geschwindigkeitsauflösung, Robustheit gegenüber interferierenden Störsignalen und Ausfallsicherheit zu erfüllen, müssen neue Lösungsansätze erforscht werden. Unter anderem soll die konventionelle Chirp-Modulation durch neuartige Modulationsansätze basierend auf der Pseudo-Noise und Orthogonal-Frequency-Division-Multiplexing-Modulationstechnik in der MIMO-Konfiguration ersetzt werden. Der Übergang zu einem sogenannten „digitalen Radar“ ist zwingend notwendig und unerlässlich. Das Systemkonzept muss eine hohe Flexibilität und Skalierbarkeit erlauben.

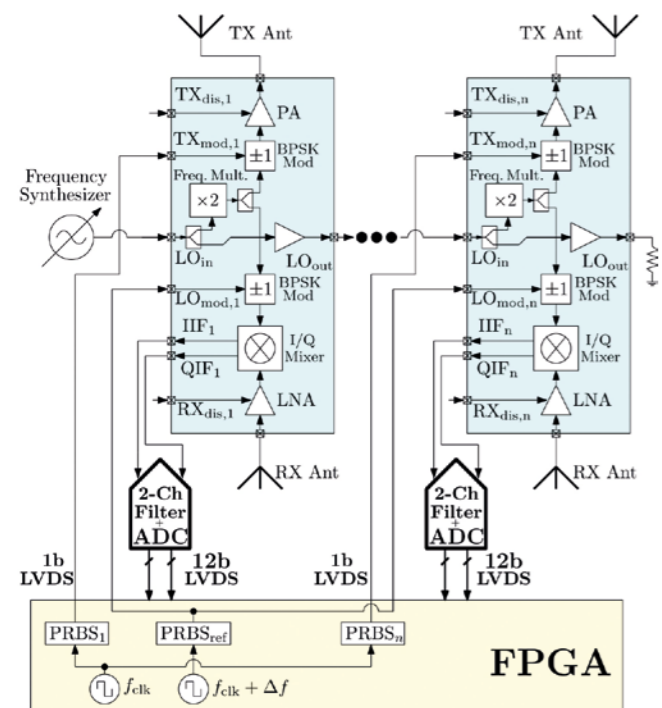


Abb. 26: Blockschaltbild der skalierbaren Radarplattform bestehend aus kaskadierten mm-Wellen-Transceivern. Die PRBSs werden durch den FPGA generiert und an den BPSK Modulatoren in den Transceivern gespeist

Fig. 26: Block diagram of the scalable radar platform consisting of cascaded mm-wave transceivers. The PRBSs are generated by using the FPGA and fed to the BPSK modulators in the transceivers

The BMBF-funded project radar4FAD has the goal to develop universal radar modules that are highly flexible, cost-efficient, robust and fail-proof for all types of radar applications for fully automated driving. The essential requirement for autonomous driving is the fully robust environment recognition system that is independent of weather, temperature and light conditions.

To meet future requirements for the radar sensor with regard to detection sensitivity, spatial, angular and velocity resolution, robustness against interference signals and reliability, new approaches have to be investigated. Among other things, the conventional chirp modulation is to be replaced by novel modulation approaches based on the pseudo noise and orthogonal frequency division multiplexing modulation technique in the MIMO configuration. The transition to a so-called “digital radar” is imperative and essential. The system concept must allow a high degree of flexibility and scalability.

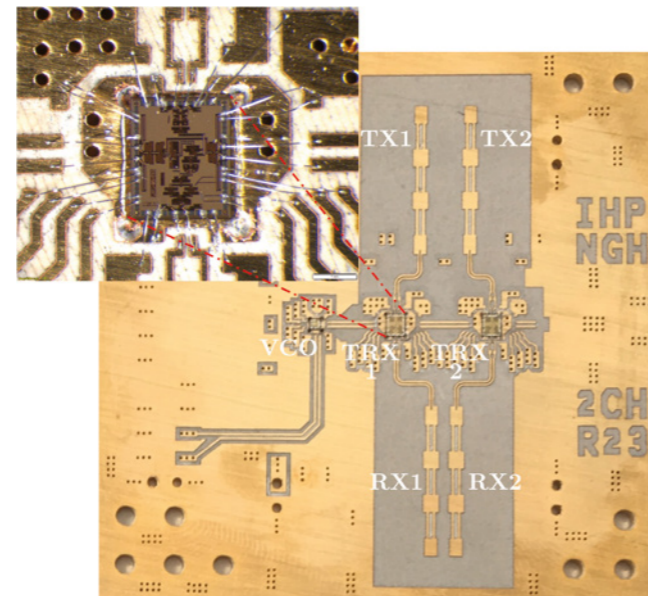


Abb. 27: Foto des skalierbaren 2-kanaligen MIMO-Radarsensors. Die Kombination aus 2 Sende- und 2 Empfangsantennen ergibt 4 virtuelle Arrayelemente

Fig. 27: Photo of the scalable 2-channel MIMO radar sensors. The combination of the 2 transmitter and 2 receiver antennas results in 4 virtual array elements

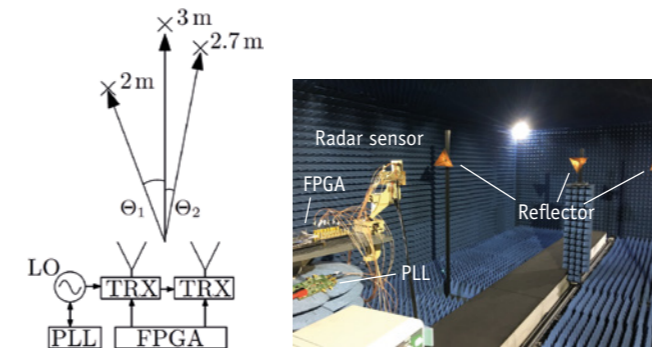


Abb. 28: Messaufbau bestehend aus dem Radarsensor, dem FPGA und 3 Testobjekten für die Digital-Beamforming-Messung

Fig. 28: Measurement setup consisting of the radar sensor, the FPGA and 3 test objects for the digital beamforming measurement

Für die Implementierung der zukünftigen flexiblen Radarsensoren ist die skalierbare Sensorarchitektur bestens geeignet. Mehrere skalierbare Einzelsensoren lassen sich zu einem komplexen und flexiblen MIMO (Multiple Input Multiple Output)-System kombinieren, das für eine softwaredefinierte Radarplattform anwendbar ist. Die skalierbare Architektur erlaubt das Hinzufügen von redundanten Sensorelementen für den ausfallsicheren Betrieb. Abb. 26 zeigt das Blockschaltbild der skalierbaren Radarplattform bestehend aus mehreren kaskadierten Transceivern mit einer geeigneten gleichförmigen oder ungleichförmigen Antennenkonfiguration, die zu einer maximalen Anzahl von virtuellen Arrayelementen und dadurch optimaler Winkelaufklärung führt. Der FPGA generiert für den Pseudo-Noise-MIMO-Radar die Pseudozufallsbinärsequenzen (PRBSs), die durch den Binary-Phase-Shift-Keying (BPSK)-Modulator auf das Trägersignal aufmoduliert werden. Abb. 27 zeigt das Foto des realisierten 2-kanaligen Radarsensors bestehend aus 2 Sendeantennen mit einem Abstand von einer Wellenlänge und 2 Empfangsantennen mit einem Abstand von einer halben Wellenlänge. Diese Antennenkonfiguration ergibt 4 virtuelle Arrayelemente.

Der entwickelte Pseudo-Noise-Radarsensor wurde zur Messung statischer Ziele in der Antennenmesskammer eingesetzt. Abb. 28 zeigt den Messaufbau bestehend aus dem Radarsensor und den Messgeräten sowie 3 Cornerreflektoren als Testobjekte. Um die Datenrate des IF-Signals des Radars zu reduzieren, wird das Sliding-Correlator-Prinzip in Kombination mit der Almost-Perfect-Autocorrelation-Sequenz (APAS) eingesetzt. Um die Winkelmessung des Objektes zu ermöglichen, müssen die Phasenbeziehungen zwischen den Kanälen ausgewertet werden. An jedem physikalischen RX-Kanal liefert der In-Phase/Quadratur (I/Q)-Mischer ein komplexes Ausgangssignal, das die Phaseninformation enthält. Dieses Signal wird unter Verwendung des Delay-and-Sum-Algorithmus verarbeitet, um ein 2-dimensionales Radar-Image zu erzeugen. Abb. 29 zeigt das erzeugte 2-dimensionale Radar-Image des Messergebnisses mit den 3 Testobjekten.

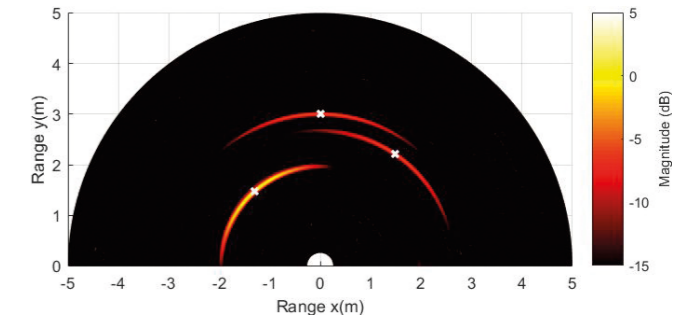


Abb. 29: Ergebnis der Digital-Beamforming-Messung in einem X-Y-Koordinatensystem. Die mit Kreuzen markierten Peaks zeigen die genauen Positionen der Objekte

Fig. 29: Results of the digital beamforming measurement in a X-Y coordinate system. The peaks marked with crosses show the correct positions of the objects

The scalable sensor architecture is ideally suited for the implementation of the future flexible radar sensors. Multiple scalable single sensors can be combined to form a complex and flexible MIMO (Multiple Input Multiple Output) system that is applicable for a software-defined radar platform. The scalable architecture allows the addition of redundant sensor elements for fail-safe operation. Fig. 26 shows the block diagram of the scalable radar platform, consisting of several cascaded transceivers with a suitable uniform or non-uniform antenna configuration, resulting in a maximum number of virtual array elements and thus optimal angular resolution. For the pseudo noise MIMO radar, the FPGA generates the pseudo random binary sequences (PRBSs) that are modulated onto the carrier signal by the binary phase shift keying (BPSK) modulator. Fig. 27 shows the photograph of the implemented 2-channel radar sensor consisting of 2 transmit antennas with a spacing of one wavelength and 2 receive antennas with a spacing of a half wavelength. This antenna configuration results in 4 virtual array elements.

The developed pseudo-noise radar sensor was used to measure static targets in the anechoic chamber. Fig. 28 shows the measurement setup consisting of the radar sensor and the measurement equipment as well as 3 corner reflectors as test objects. In order to reduce the data rate of the IF signal of the radar, the sliding correlator principle is used in combination with the almost perfect autocorrelation sequence (APAS). In order to enable the angle measurement of the objects, the phase relationships between the channels must be evaluated. On each physical RX channel, the in-phase / quadrature (I / Q) mixer provides a complex output containing the phase information. This signal is processed using the delay-and-sum algorithm to produce a 2-dimensional radar image. Fig. 29 shows the generated 2-dimensional radar image of the measurement result with the 3 test objects.

NexGen – Sensorelektronik der nächsten Generation für variable, mobile Gesundheitsanwendungen

NexGen – Next Generation of Body Monitoring

In dem EU-Projekt NexGen werden sensorbasierte Systeme für variable mobile Gesundheitsanwendungen erforscht und entwickelt. Diese Applikationen sollen die Lebensqualität verbessern und die Kosten des Gesundheitssystems reduzieren. Die Systeme decken neben dem Gesundheits- und Heimpflegebereich auch den Fitnessbereich ab und sind damit für die Bedürfnisse der älteren Bevölkerung bestens geeignet. In diesem Kontext wurden Referenzarchitekturen definiert, um eine Systementwicklung vom Bauteil bis hin zur kompletten, mobilen, medizinischen Lösung zu realisieren. NexGen fokussiert sich auf die Erforschung und Entwicklung eines integrierten Ansatzes für die Gebiete der mobilen Gesundheitsüberwachung und implantierbaren Sensorsysteme.

Das Ziel des Projekts ist es, Schlüssel-Komponenten und -Technologien im Mikroelektronikbereich für zukünftige Anwendungen in der Medizintechnik zu erforschen. Die Realisierbarkeit wird dabei durch zwei miteinander verbundene Körperüberwachungssysteme demonstriert, die von höchster sozialer und ökonomischer Relevanz sind. Ein implantierbarer Glukose-Monitor und ein nicht-invasiver multi-Körperparameter-Monitor. Diese beiden Systeme stellen innovative, großvolumige Business Cases da, die den Weg in eine neue Gesundheitsversorgung ebnen. Eine Übersicht ist in Abb. 30 dargestellt.

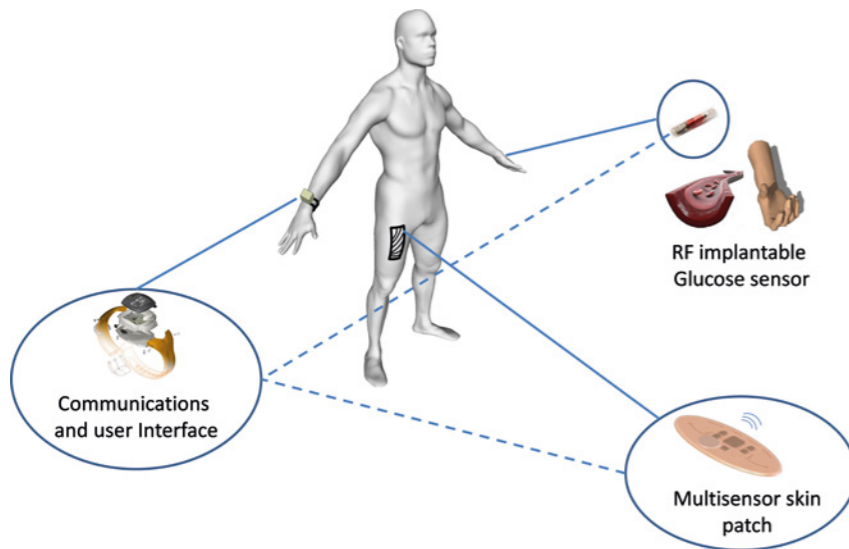


Abb. 30: Übersicht der NexGen Sensorplattform

Fig. 30: Overview of the NexGen sensor platform

Das IHP entwickelt für diese Systeme Mikrochips mit Sensorelementen: Einen implantierbaren Sensor für die Messung des Glukosespiegels im Körper sowie einen nicht-invasiven Flüssigkeitssensor, der den Hydrationszustand des menschlichen Körpers überwacht. Der Hydrations-sensor wird auf der Haut platziert und basiert auf Mikrowellen, die mit der Haut interagieren. Der Glukosesensor ermittelt die Durchlässigkeit des menschlichen Gewebes für elektromagnetische Wellen. Dadurch kann mithilfe spezieller Algorithmen auf den Glukosegehalt geschlossen werden.

IHP has developed microchip sensors for these systems: an implantable sensor for glucose measurements inside the body and a non-invasive fluid sensor monitoring the hydration state of the human body. The hydration sensor is placed on the skin and relies on interaction between microwaves and tissue. The glucose sensor captures the transparency of tissue to electromagnetic waves. The application of distinct algorithms to evaluate measured data yields the present glucose concentration.

The objective of the EU project NexGen is to develop sensor-based systems for variable mobile health care applications. These applications will improve the quality of human life and reduce costs of the health care system. The platform covers the two hemispheres of clinical & home health care and fitness devices in practical use for the ageing population. In this context, reference architectures will be defined in order to enable system development ranging from devices to complete mobile medical solutions. NexGen focuses on the development of an integrated approach for the areas of mobile health monitoring and implantable sensor systems.

NexGen aims to develop key microelectronic technologies and components for future mobile, wearable health care systems. The feasibility will be demonstrated with 2 interconnected ubiquitous body monitoring systems of high social and economic importance, an implantable glucose monitor and a non-invasive on-body multi-parameter monitor. These body monitoring systems represent innovative, large-volume business cases and facilitate a new approach to a mobile health care system. An overview is displayed in Fig. 30.

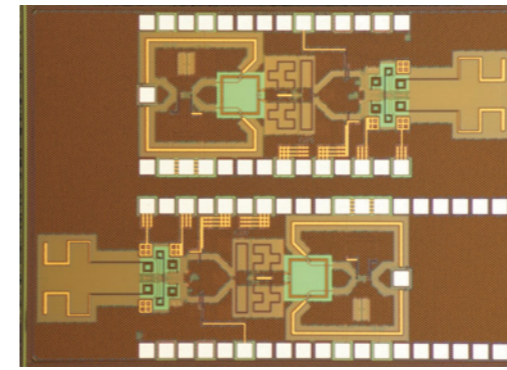


Abb. 31: Glukosesensor Mikrochip: Dual sensor approach
Fig. 31: Glucose sensor microchip: Dual sensor approach

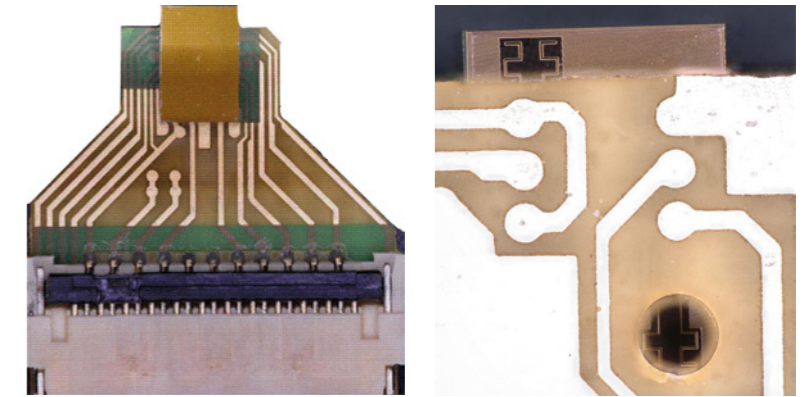


Abb. 32: Leiterkarte mit Mikrochip in Flipchip Montage (1 cm²) von oben (links) und unten (rechts)
Fig. 32: Printed circuit board (PCB) with flipchip mounted microchip in top view (left) and bottom view (right)

Das Hauptaugenmerk bei Implantaten ist die Größe der verwendeten Bauelemente und Komponenten. Der Einsatz von Mikro- und Millimeterwellen ermöglicht den Entwurf miniaturisierter Elektronik, um sehr kompakte Sensormodule herstellen zu können. Der Glukosesensor-Chip, dargestellt in Abb. 31, hat eine Fläche von weniger als 5 mm² und lässt sich daher sehr gut in implantierbare Module integrieren. Der Chip enthält einen Messsensor und einen Referenzsensor, so dass durch Referenzmessungen die Messgenauigkeit bei Glukosekonzentrationsbestimmung im Gewebe gesteigert werden kann. Der Referenzsensor misst ein unveränderliches Referenzmedium. Eine Variation seiner Ausgangssignale indiziert daher Einflüsse der Temperatur sowie mechanischen Stress. Diese Effekte wirken in erster Näherung auf beide Sensoren gleich, sodass die Referenzmessung es erlaubt, den Einfluss solcher Faktoren rechnerisch zu eliminieren. Die Evaluierung dieser Mikrochips erfolgt mittels Leiterkarte, die in Abb. 32 dargestellt ist.

Der Hydrationszustand des menschlichen Körpers wird unter anderem durch den Wassergehalt der Haut reflektiert. Durch Interaktion von elektromagnetischer Strahlung und Haut kann der Wassergehalt aus Reflektionsmessungen extrahiert werden. Der Chip und die Leiterkarte zur Evaluierung sind in Abb. 33 dargestellt.

The main focus while developing implants is drawn to dimensioning components and devices. The use of micro and millimeter waves enables the design of miniaturized electronics to develop highly compact sensor modules. The glucose sensor chip depicted in Fig. 31 has an area of less than 5 mm². Hence, it is feasible for integration into implantable modules. The microchip entails two sensors, one for measurements inside the tissue and one as a reference. The concept of reference measurements allows increasing the sensor accuracy. The reference sensor is exposed to a stable reference medium. When its output signal changes, it indicates a change in temperature or physical stress. These effects show approximately the same impact on both sensors. Hence, with the help of measured reference data, their impact can be eliminated mathematically. The evaluation of the sensor chips is accomplished using a printed circuit board (PCB) displayed in Fig. 32.

The hydration of the human body is, among other parameters, reflected by the water content of the skin. Through interaction of electromagnetic waves and skin, the extraction of skin hydration from reflection measurements becomes feasible. The chip along with the evaluation board are depicted in Fig. 33.

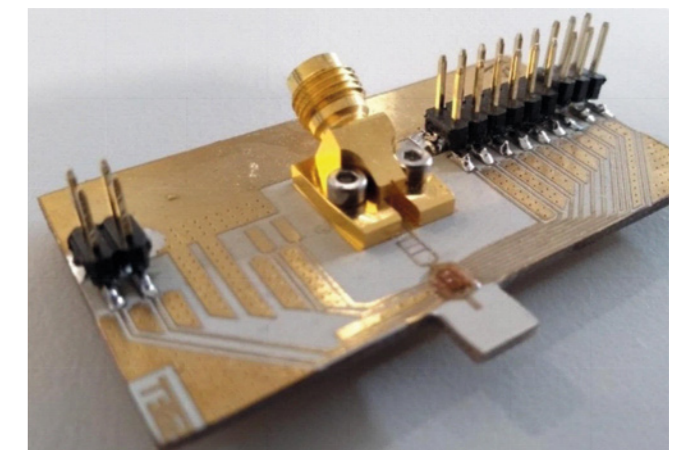
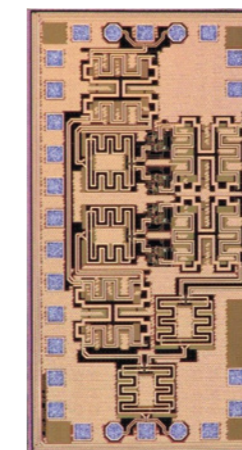


Abb. 33: Dehydrierungssensor Chip (links) und Evaluierungsboard (rechts)
Fig. 33: Dehydration sensor chip (left) and evaluation board (right)

GRAPHICA – Graphen-Synthese für Anwendungen in integrierten Schaltungen

GRAPHICA – Graphene for Integrated Circuit Applications

Das Hauptziel des M-ERA.NET Projektes GRAPHICA ist es, eine zur Si-Technologie kompatible, transferfreie und Ni-vermittelte Graphen-Synthese-Methode zu entwickeln, sie auf ein neues technologisches Niveau zu bringen und ihre Eignung für die Herstellung von elektronischen Bauelementen auf Graphenbasis in einer 200-mm-CMOS-Pilotlinie zu demonstrieren. Das Projekt zielt darauf ab, die Lücke zwischen aktueller Graphenforschung und moderner CMOS-Technologie zu schließen.

Graphen ist ein hexagonaler Kohlenstoffkristall, der sich aus einer Monolage von Kohlenstoffatomen zusammensetzt. Aufgrund seiner geringen Dicke, hohen Leitfähigkeit, und hervorragenden optischen Eigenschaften eignet sich der neue Stoff exzellent für die Herstellung von ultraschnellen elektronischen und photonischen Bauelementen. Für eine industrielle Nutzung müsste sich allerdings Graphen auf 200 mm oder 300 mm Si-Wafer preiswert und mit guter Qualität aufbringen lassen. Um mit den gängigen Herstellungsverfahren der Elektronik kompatibel zu sein, wurde im GRAPHICA-Projekt eine Methode entwickelt, die die Synthese von homogenen Graphenschichten direkt auf 200 mm Si-Wafern erlaubt.

Darüber hinaus interagiert das Projekt mit der EU Graphene-Flagship Initiative, wo die großflächige Graphenherstellung und die Graphen-Integration von zentraler Bedeutung sind. Die erfolgreiche Methodenentwicklung für die Abscheidung von Graphen auf beliebigen Substraten würde ein Durchbruch auf diesem Gebiet bedeuten. Entsprechend der Graphenroadmap wird der Markt für Graphenanwendungen durch den Fortschritt der Graphenproduktion mit anwendungsspezifischen Eigenschaften getrieben.

Zuerst wurde die Architektur des strukturierten Ni auf SiO_2/Si spezifiziert, entwickelt und in der Pilotlinie des IHP prozessiert (Abb. 34). Eine der essenziellen Aufgaben war die Herstellung von geeigneten Substraten für die Graphen-Wachstums-Experimente. Entwicklungen von Nickel (Ni) Abscheidungs-, Ätz-, und Strukturierungs-Prozessen auf Wafer-Skala für Machbarkeitsexperimente wurden in der Pilotlinie am IHP erfolgreich durchgeführt. Spezielle Lithographie-Masken

The main objective of the M-ERA.NET project GRAPHICA is to develop a Si-technology compatible, transfer-free, Ni-mediated graphene synthesis method, bring the proposed growth method to a new level of techno-logical maturity and demonstrate its suitability for fabrication of graphene-based electronic devices in a state-of-the-art 200 mm CMOS pilot line. The project aims to bridge the gap between current graphene research and state-of-the-art CMOS technology.

Graphene is a hexagonal carbon crystal composed of a monolayer of carbon atoms. Due to its thinness, high conductivity, and optical properties, it is an excellent material for the applications in ultra-fast electronic and photonic devices. However, in order to fully exploit its potential, a cheap way of graphene production on 200 mm or 300 mm Si wafers with good quality has to be developed. In order to be compatible with current manufacturing processes in Si microelectronics, a method that allows the synthesis of homogeneous graphene layers directly on 200 mm Si wafers was investigated in GRAPHICA project.

In addition, the project interacts with the EU Graphene Flagship Initiative, where large-scale graphene production and graphene integration are of central importance. The successful development of methods for the deposition of graphene on any substrates would mean a breakthrough in this field. According to the Graphene Roadmap, the market for graphene applications is driven by the progress of graphene production with application specific properties.

In the first stage of the project, the architecture of the structured Ni on SiO_2/Si was specified, developed and manufactured in IHP's pilot line. (Fig. 34). The essential task here was the preparation of the suitable sub-strates for the graphene growth. For that reason, the establishment of Ni deposition, etching and structuring technologies on wafer-level Si basis for initial proof of concept experiments were performed. Special lithography masks have been designed and manufactured in order to have a large number of different structures for the development of graphene synthesis.

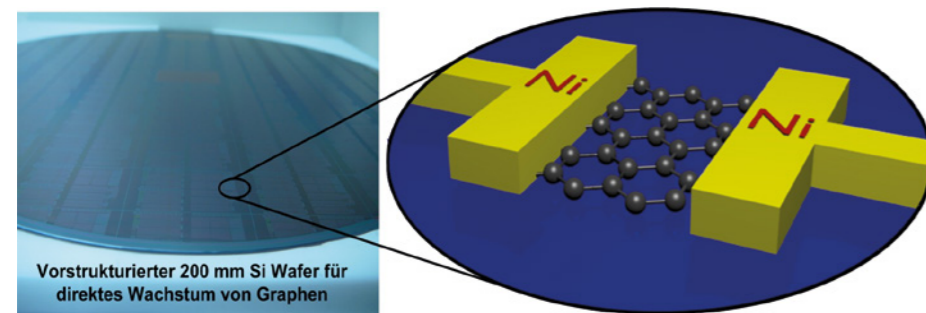


Abb. 34: Darstellung der Graphen-Synthese auf 200 mm Si-Wafern

Fig. 34: Illustration of the graphene synthesis approach on 200 mm Si wafers

wurden entworfen und gefertigt. Diese stellen eine große Variation von verschiedenen Teststrukturen für die Graphen-Synthese-Experimente zur Verfügung.

Die entwickelten Substrate wurden für die CVD-Wachstumsexperimente eingesetzt, um das neue Konzept von wachsendem Graphen zwischen Nickelstrukturen zu untersuchen und den möglichen technologischen Einsatz zu verifizieren. Die Prozessierung von Graphen erfolgt durch Variation unterschiedlicher CVD-Prozessparameter wie Druck, Temperatur, Zeit, Plasma und Kohlenwasserstoffquelle. Die Eigenschaften des gewachsenen Graphens wurden mittels Raman, optischer Spektroskopie und I-V-Messungen untersucht. Dabei wurden Inhomogenitäten in der wachsenden Graphenschicht beobachtet (Graphen-Multilag, Kohlenstoff-nanoröhrchen).

Im Bereich des Graphen-Transfers auf andere Substrate sind wesentliche Erfolge erzielt worden. Die Graphen-Transfer-Methode wurde so verändert, dass Proben mit einer Größe von 8 Zoll hergestellt werden konnten. Damit wurde ein vollflächiger Transfer erreicht.

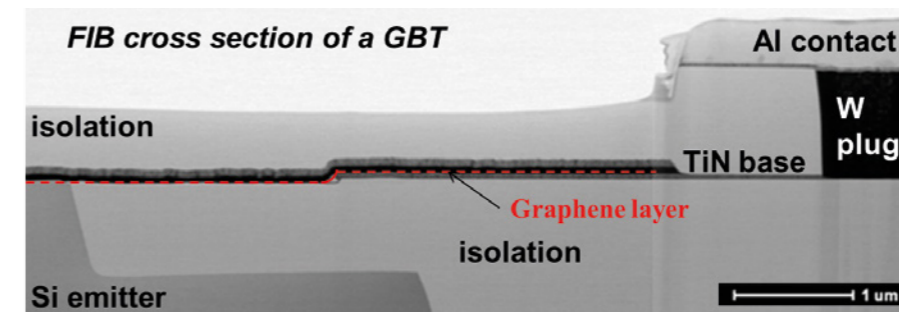


Abb. 35: Querschnitt-STEM-Bild des hergestellten Demonstrators
Fig. 35: Cross section STEM image of the fabricated demonstrator

Die Pilotstudie und die Integration der entwickelten Layouts in die CMOS-Plattform für die Herstellung der auf Graphen basierenden Bauelemente wurde an einem GBT (Graphen-Basis-Transistor) demonstriert (Abb. 35). Die Integration von Graphen in existierende Technologien ist komplex und es mussten verschiedene technologische Probleme (z. B. Graphenkontaktierung, Passivierung, Strukturierung) parallel dazu gelöst werden.

Abschließend kann festgestellt werden, dass am Ende des Projekts ein erfolgreicher Versuch der Integration von Graphen in die Si-Mikroelektronik erreicht wurde. Trotz der verschiedenen Herausforderungen innerhalb des Projekts ist dies ein bedeutender Schritt, da diese Art der mit den traditionellen Halbleiter-Herstellungsprozessen kompatiblen Integration neu ist.

The developed substrates were employed for the CVD growth experiments, where the new concept of growing graphene between nickel structures as well as its technological relevance were investigated and tested in this project. The processing of the graphene was carried out with a wide range of the parameters of CVD processes like pressure, temperature, deposition time, plasma and hydrocarbon source. The properties of grown graphene were investigated by Raman, optical spectroscopy, and I-V measurements. Inhomogeneities were observed in the growing graphene layer (graphene multilayers, carbon nanotubes).

Substantial success has been achieved in the area of graphene transfer to the target substrates. The graphene transfer method was upscaled up to a layer size of 200 mm. This allows achieving the full wafer scale transfer for the device fabrication.

The pilot study and the integration of the developed layouts into the CMOS platform for the production of graphene-based devices was demonstrated (Fig. 35). The integration of graphene into existing technologies is very complex, therefore various technological challenges (such as graphene contacting, passivation, structuring) had to be faced and solved in this project.

Finally, it could be concluded that at the end of the project a successful trial of graphene integration within Si microelectronics was achieved. Despite the various challenges within the project this is a significant finding as this type of large scale integration is new and compatible with the traditional semiconductor manufacturing processes.

Schritte für die Entwicklung SiGe-basierter THz-Quantenkaskadenlaser

Milestones Towards a SiGe-based THz-Quantum Cascade Laser

Das große Interesse am THz-Bereich des elektromagnetischen Spektrums (0,3–10 THz) wird zunehmend durch seine vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten angetrieben. Viele in der Sicherheitstechnik relevante Substanzen, beispielsweise Plastiksprengstoffe, zeigen im THz-Bereich einen unverkennbaren spektralen Fingerabdruck. Zusätzlich können THz-Wellen eine Vielzahl von nicht-leitenden Materialien nahezu ungestört durchdringen (z. B. Kleidung, Pappe und Kunststoff), werden aber hingegen von Metallen absorbiert, was gerade für Sicherheits-Screening-Systeme interessant ist. Darüber hinaus, da zum einen die Ausbreitung von THz-Strahlung in lebenden Geweben sehr empfindlich gegenüber dem Wassergehalt von Zellen ist und zum anderen das Erbgut nicht durch THz-Strahlung beschädigt wird, ist der THz-Bereich auch für zukünftige Anwendungen im Gesundheitswesen von großem Interesse. Schließlich ist der THz-Bereich auch für Telekommunikationsnetze mit großer Reichweite und Bandbreite interessant.

Trotz dieser Vorteile ist bisher keine Plattform für integrierte THz-Photonik verfügbar, die eine Herstellung in Preisregionen und Leistung ermöglicht, die für den Massenmarkt erforderlich sind.

In diesem Zusammenhang ist es das Ziel des europäischen Projekts FLASH die Infrastruktur der heutigen Silizium (Si)-basierten Mikroelektronik zu nutzen, um einen kostengünstigen und kompakten THz-Quantenkaskadenlaser (QKL) zu entwickeln, der sowohl einfach auf Si integriert werden kann als auch Prozesse und Materialien kompatibel mit moderner CMOS-Technologie verwendet.

Im Gegensatz zu herkömmlichen Lasern wird in QKLs Besetzungsinversion und Verstärkung durch Intersubband-Übergänge von Ladungsträgern in oder zwischen Quantentöpfen (QT) erreicht. Durch Einstellen einer geeigneten Bandstruktur kann so in Multi-Quantentöpfen die Lichtemission von Halbleiterheterostrukturen im THz-Bereich erzeugt werden.

Während QKLs auf der Basis von Verbindungshalbleitern demonstriert wurden und auch kommerziell erhältlich sind, konnten bisher keine elektrisch gepumpte QKLs auf Si-Basis demonstriert werden. Genau hier setzt das FLASH Projekt an. Die in FLASH vorgeschlagene Si-basierte THz-Photonik-Plattform würde die Herstellung von THz-Quellen, integrierten Optiken, Elektronik und nichtlinearen Elementen für THz-Schaltungen ermöglichen, welche eine bessere Leistung aufweisen als ihre auf III-V-Materialien basierende Gegenstücke, da in elementaren Halbleitern der Gruppe IV keine polare Phononenstreuung stattfindet und sie eine geringere Absorption an freien Ladungsträgern aufweisen.

Dem vertikalen Ansatz des IHPs folgend, arbeiten derzeit die Abteilungen für Materialforschung und Technologie gemeinsam mit europäischen Partnern an grundlegenden Fragestellungen im Bereich der Materialforschung, um in naher Zukunft eine industrietaugliche technologische Plattform für zukünftige THz-Photonik-Anwendungen zu demonstrieren, welche auf elektronischen Übergängen im Leitungsband von Ge-QTs, die von Ge-reichen GeSi-Barrieren umgeben sind, beruht (Abb. 36). Speziell konzentrieren wir uns auf 3 Schlüsselkomponenten: eine integrierte Lichtquelle, verlustarme Wellenleiter und eine integrierte MEMS-Optik.

The blooming interest in the THz region of the electromagnetic spectrum (0.3-10 THz) is driven by a variety of reasons. For instance, many substances of interest for security technology exhibit spectral fingerprints in the THz range, such as plastic explosives. While THz waves penetrate a wide variety of nonconducting materials almost undisturbed (e.g. clothing, cardboard, and plastic), they are absorbed by metals, enabling in particular their use in security screening systems. Furthermore, THz radiation propagation in living tissues is very sensitive to the water content of cells and does not harm DNA, which is of high appeal for future healthcare applications. Finally, the THz region is interesting for long-range high-bandwidth telecoms.

However, despite these benefits no integrated technological platform based on THz radiation is available to date, which features the cost-efficiency and performance required for a mass-market demand.

In this context, the European project FLASH aims to leverage on the Si-based microelectronics infrastructure and develop a cost-effective and compact THz Quantum Cascade Laser (QCL) integrated on Si using manufacturing processes and materials compatible with CMOS technology.

In contrast to conventional lasers, QCLs use the charge carrier transitions between sub-band states in or between quantum wells (QWs) to generate population inversion and lasing. Hence, the light emission from semiconductor heterostructures in the THz region can be achieved by leveraging on a suitable band structure engineering. While QCLs based on compound semiconductors have been demonstrated and are commercially available, electrically-pumped Si-based QCLs have not yet been demonstrated. The successful delivery of the Si-based THz photonic platform proposed in FLASH will enable the fabrication of THz sources, integrated optics, electronics and non-linear elements for THz circuits, performing better than their III-V counterpart thanks to the lack of polar optical phonon scattering combined with the lower free carrier absorption typical of group IV elemental semiconductors.

As a first step in the development of such devices fundamental challenges related to the lattice strain, the doping segregation, and the parasitic valleys must be solved. Following the vertical approach at IHP, the Material Research and Technology departments together with European partners currently address these critical material science challenges with innovative experimental and theoretical approaches. Our goal is to demonstrate for the first time that an industrial-viable technological platform for future THz photonic applications can be realized by exploiting electronic transitions in the conduction band of Ge quantum wells (QWs) surrounded by Ge-rich GeSi barriers (see Fig. 36). In FLASH, we specifically target three key components of this envisioned THz platform: an integrated source, low loss waveguides, and integrated MEMS optics.

In the first year of the project, we tackled the following milestones: (1) The CVD growth technology available to the consortium allowed the deposition of hundreds of strain-compensated Ge/SiGe heterolayers having tunnelling barriers of 1-2 nm and interface rough-

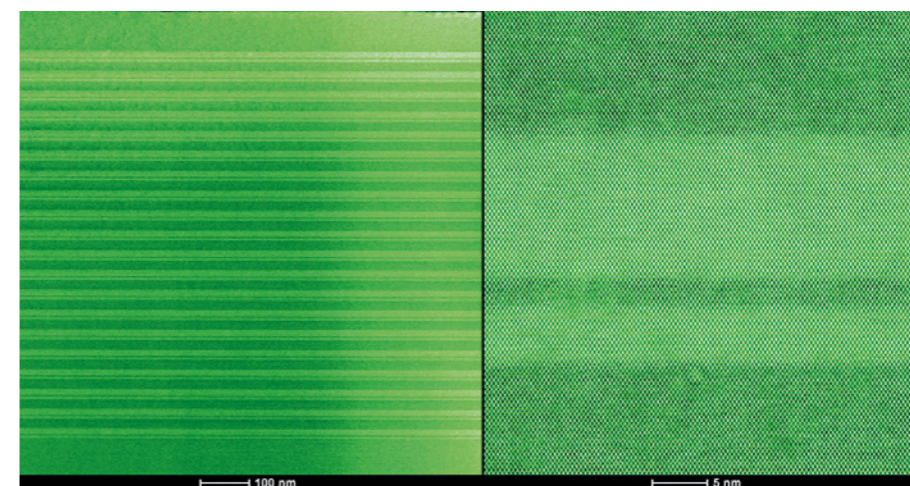


Abb. 36: Rastertransmissionselektronenmikroskopie eines Stapels von mehreren Ge-QT umgeben von Ge-reichen GeSi-Barrieren, welche eine hohe Reproduzierbarkeit und Genauigkeit bezüglich ihrer Schichtdicken und scharfen Grenzflächen demonstrieren, aufgenommen bei unterschiedlicher Vergrößerung

Fig. 36: Exemplary scanning transmission electron microscope images of a stack of Ge quantum wells surrounded by Ge-rich GeSi barriers, demonstrating the high reproducibility and accuracy in terms of the barrier thicknesses and extremely sharp interfaces taken at different magnification

Im ersten Jahr des Projekts wurden die folgenden Meilensteine in Angriff genommen: (1) Das erfolgreiche CVD-Wachstum von bis zu 100 spannungskompensierten Ge/SiGe-Heteroschichten mit Tunnelbarrieren von 1–2 nm und einer Grenzflächenrauheit kleiner als 0,2 nm; (2) Doppelplasmon-Wellenleiter mit Verlusten von 10 cm^{-1} bei 4,84 THz mit einer modalen Überlappung von 0,98 auf SiGe-Basis mit hohem Ge-Gehalt; (3) Es wurden verschiedene Lösungen zu Metallkontaktierung untersucht und optimale Prozessparameter ermittelt; (4) Elektronentunneln durch dünne Barrieren wurde durch Messung der Intersubband-Absorption in asymmetrisch gekoppelten Quantentopf-Proben untersucht; (5) Die Entwicklung eines auf Nichtgleichgewichts-Green-Funktionen basierenden Codes für die Simulation von Ge/SiGe-MQT. Hier wurde eine hohe Modellierungsgenauigkeit bei der Simulation von experimentellen Spektren erreicht. Dies garantiert eine hohe Zuverlässigkeit beim Design und bei der Kalibrierung von Materialparametern von SiGe-basierten THz-Bauelementen.

Insgesamt haben wir im Jahr 2018 dazu beigetragen, die Wissenslücke bei den für die Realisierung von Ge/SiGe-QKLs erforderlichen Materialparametern zu schließen. Dies ist möglicherweise auch für weitere Anwendungen in diesem Materialsystem interessant, die ebenso auf resonantem Tunneln von Ladungsträgern basieren.

ness smaller than 0.2 nm; (2) Double plasmon waveguides with losses of 10 cm^{-1} at 4.84 THz with a modal overlap of 0.98 were designed using an average $\text{Si}_{0.05}\text{Ge}_{0.95}$ material for the quantum cascade stack; (3) Different metal-contact solutions were investigated and optimal process parameters were identified; (4) Electron tunnelling through thin barriers were studied by measuring intersubband absorption in asymmetric coupled quantum well samples; (5) The development of a non-equilibrium Green function code for the design and the simulation of Ge/SiGe devices. Here, high modelling accuracy in reproducing experimental spectra was achieved, guaranteeing high precision of design and high reliability for the calibration of material parameters for future SiGe-based THz electronic and photonic devices.

Overall, in 2018 we significantly contributed to filling the knowledge gap on the material parameters necessary for the realization of Ge/SiGe QCL devices, which may be also interesting for further devices in this materials system relying on resonant tunnelling.

Memristive Bauelemente für neuronale Systeme

Memristive Devices for Neuronal Systems

Hardware basierte Chiplösungen mit künstlicher Intelligenz (KI) gelten derzeit als vielversprechendster Ansatz zur Beherrschung komplexer Aufgaben wie etwa Bild-, Objekterkennung oder Regelung dynamischer, nichtlinearer Systeme mit reduziertem Energieverbrauch. Die memristiven Bauelemente weisen eine variable widerstands-basierte Speicherfunktion auf. Von besonderem Interesse ist diese Art von Bauelementen als schaltbares Element für nicht-flüchtige RRAM-Speicher, aber auch für den Bereich der analogen neuronalen Schaltungstechnik. Das RRAM-Bauelement besteht aus einer einfachen Metall-Isolator-Metall-Struktur, die kompakt, CMOS-kompatibel und hoch skalierbar ist.

In der neuronalen Schaltungstechnik eröffnen die memristiven Bauelemente zudem die Möglichkeit, die derzeitigen Hürden digitaler Datenverarbeitung im Bereich kognitiver Aufgabenstellungen zu überwinden. Im Mittelpunkt dieses Projektes steht die Integration der memristiven Bauelemente für zukünftige elektronische Schaltungen und Systeme. Zusätzlich können memristive RRAM-Bauelemente möglicherweise mehrere digitale Bits durch Speichern analoger synaptischer Gewichte ersetzen. Mittels memristiver Bauelemente können wichtige Eigenschaften der neuronalen Signalverarbeitung, wie z. B. die sogenannte spike time depending plasticity (STDP) in memristiven Speicherarrays abgebildet werden. Insbesondere ist es möglich, assoziative Lernvorgänge und Antizipation elektronisch mittels memristiver Systeme nachzubilden.

Das IHP arbeitet bereits seit mehr als einem Jahrzehnt aktiv an der CMOS-Integration der RRAM-Technologie und gehört in diesem Bereich zu den führenden Forschungseinrichtungen in Europa. Infolgedessen wurden große Erfahrungen in Bezug auf die Implementierung und Charakterisierung von 1T1R-RRAM-Zellen (Abb. 37), die Entwicklung der Treiber- und Ausleselogik sowie die Bewertung und Verbesserung der Zuverlässigkeit gesammelt. In den letzten Jahren wurde ein integriertes 4-kbit-RRAM-Array auf Basis von HfO_2 entwickelt und charakterisiert. In diesem Zusammenhang werden bereits signifikante Ergebnisse erzielt, wenn das Array erfolgreich zur Mustererkennung in einem maschinellen Lernszenario verwendet wird (Abb. 38).

Hardware-based artificial intelligence (AI) chip solutions are currently considered as the most promising approach to mastering complex tasks such as image or object recognition, or control of dynamic nonlinear systems with reduced power consumption. The memristive components have a variable resistance-based memory function. This type of device is of particular interest as a switchable element for non-volatile RRAM memories, but also for analogue neural circuitry. The RRAM device consists of a simple metal-insulator-metal structure that is compact, CMOS-compatible, and highly scalable.

In neuronal circuit technology, the memristive components also open up the possibility of overcoming the currently existing hurdles of digital data processing in the field of cognitive tasks. The focus of this project is the integration of memristive components for future electronic circuits and systems. Additionally, memristive RRAM devices may be able to replace multiple digital bits by storing analog synaptic weights. By means of memristive components, important properties of the neuronal signal processing, such as e.g. the so-called spike time dependent plasticity (STDP) can be mapped into memristive memory arrays. In particular, it is possible to reproduce associative learning processes and anticipation electronically by means of memristive systems.

IHP has been actively involved in the CMOS integration of RRAM technology for more than a decade and is one of Europe's leading research organizations in this field. As a result, extensive experience has been gained in implementing and characterizing 1T1R RRAM cells (Fig. 37), developing driver and read logic, and evaluating and improving reliability. In recent years, an integrated 4 kbit RRAM array based on HfO_2 has been developed and characterized. In this context, significant results are already obtained, if the array is successfully used for pattern recognition in a machine learning scenario (Fig. 38).

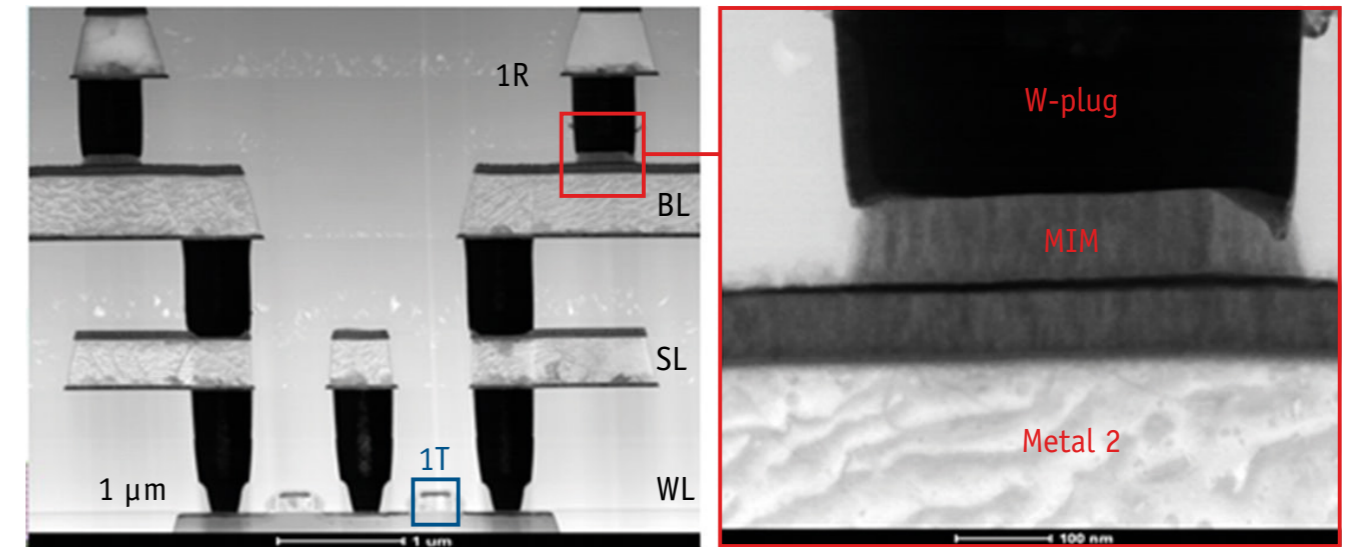
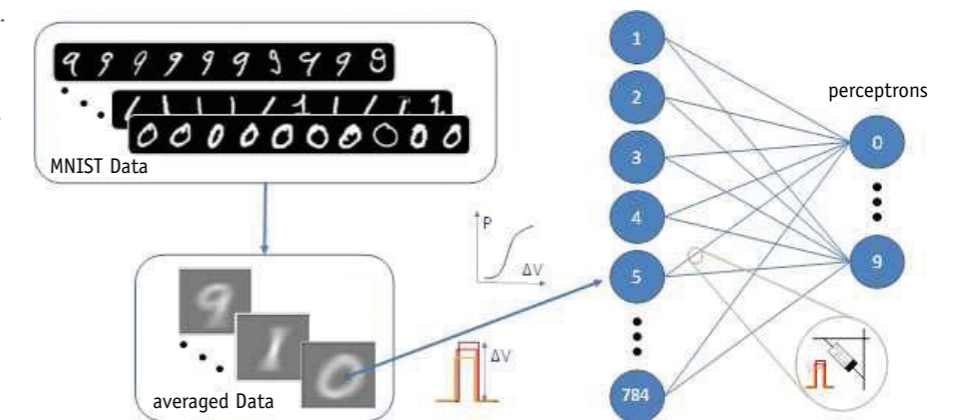


Abb. 37: TEM Querschnittsaufnahme der 1T1R Architektur mit einem NMOS Zugriffstransistor (1T, blaues Quadrat) und einer $0,6 \times 0,6 \mu\text{m}^2$ großen MIM Zelle (1R, rotes Quadrat)

Fig. 37: TEM cross-sectional image of 1T1R architecture with a NMOS access transistor (1T, marked by a blue square) and a $0.6 \times 0.6 \mu\text{m}^2$ MIM cell (1R, marked by a red square)

Abb. 38: Schematische Darstellung des verwendeten neuronalen Netzwerks: Als Muster wurden Graustufenbilder aus der MNIST-Datenbank verwendet. Die Neuronen des Ausgabenschicht sind Perzeptoren mit einer Sigmoidaktivierungsfunktion.

Fig. 38: Schematic illustration of the used neural network: As a pattern, the grayscale images from the MNIST database were used. The neurons of the output-layer are perceptrons with a sigmoidal activation function.





Forschungsfabrik
Mikroelektronik Deutschland
Research Fab
Microelectronics Germany

Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland – bundesweit koordiniertes Technologie-Know-how aus einer Hand

Research Fab Microelectronics Germany – One-Stop-Shop for the complete micro and nanoelectronics value chain

Das IHP - Leibniz-Institut für innovative Mikroelektronik ist eines der 13 Mitglieder der Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland (FMD) – der mit über 2000 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern größte standortübergreifende FuE-Zusammenschluss für die Mikro- und Nanoelektronik in Europa.

In dieser neuartigen Kooperation werden die Vorteile von zwei starken dezentralen Forschungsorganisationen – der Fraunhofer-Gesellschaft und der Leibniz-Gemeinschaft – mit den Synergien einer zentralen Organisation verknüpft zu dem weltweit leistungsfähigsten Anbieter für angewandte Forschung, Entwicklung und Innovation im Bereich der Mikro- und Nanoelektronik. Das IHP bringt neben der fortschrittlichen BiCMOS-Linie mit einem Strukturniveau von 130 nm sein Know-how im Bereich komplexer siliziumbasierter Hochfrequenz-Technologien und photonischer Technologien ein. Die neuen, durch die Forschungsfabrik realisierbaren technischen Möglichkeiten des IHP werden so Entwicklungen von neuartigen Bauelementen und leistungsfähigen Basistechnologien für hochintegrierte Schaltkreise ermöglichen. Dabei sind die Erweiterung Si-kompatibler Technologieentwicklung und Neuentwicklungen im Bereich Heterointegration und non-CMOS Forschung ebenso hervorzuheben wie eine intensivere Kooperation mit den Partnerinstituten. Durch die enge Verzahnung und das kohärente Auftreten kann die FMD somit nicht nur Kunden aus der Großindustrie, sondern gerade den KMUs und Start-Ups einen umfassenderen und einfacheren Zugang zu nächsten Technologie-Generationen bieten.

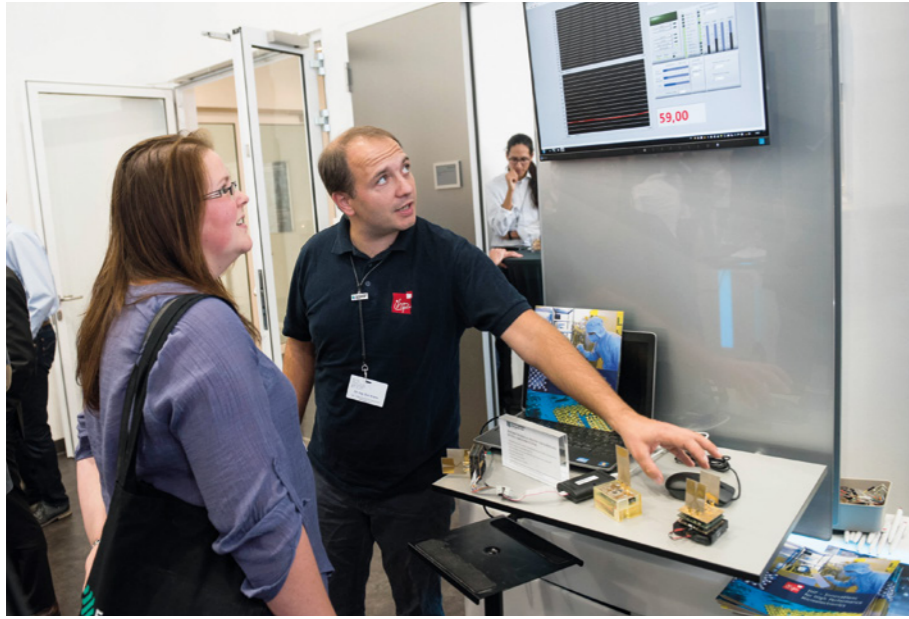
IHP – Innovations for High Performance Microelectronics is one of 13 members of the Research Fab Microelectronics Germany (FMD) – Europe's largest cross-location R&D collaboration for microelectronics and nanoelectronics, with over 2000 scientists.

Within this new type of cooperation, the advantages of two strong and decentralized research organizations – the Fraunhofer-Gesellschaft and the Leibniz Association – are combined with the synergies of a central organization to form the world's most capable provider of applied research, development, and innovation within microelectronics and nanoelectronics. Apart from its highly advanced BiCMOS-line with a structural level of 130 nm, IHP contributes with its expertise in the field of complex silicon-based high frequency and photonic technologies. The new technical capabilities of IHP, realized by the research fab, will enable developments of novel components and powerful basic technologies for highly integrated circuits. Important to note are the expansion of Si-compatible technology developments and new developments in the field of heterointegration and non-CMOS research as well as a more intensive cooperation with the partner institutes.

The close connection and the coherent public presence allow the FMD to serve not only customers from large-scale industry, but also to offer SMEs and startups more comprehensive and simpler access to the next generations of technology.

Gemeinsam mit voller Kraft voraus – Beim symbolischen Akt zur Eröffnung der ersten FMD-Integrationslinie; v.l.n.r.: Prof. Matthias Kleiner, Präsident der Leibniz-Gemeinschaft, Prof. Georg Rosenfeld, ehem. Mitglied des Vorstands der Fraunhofer-Gesellschaft, Prof. Hubert Lakner, Vorsitzender des Lenkungsausschusses der Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland und Dr. Michael Meister, Parl. Staatssekretär bei der Bundesministerin für Bildung und Forschung. Full steam ahead – at the opening ceremony of the first FMD integration line. From left to right: Prof. Matthias Kleiner, President of the Leibniz Association; Prof. Georg Rosenfeld, former member of the board of the Fraunhofer-Gesellschaft; Prof. Hubert Lakner, Chairman of the Steering Committee of the Research Fab Microelectronics Germany; and Dr. Michael Meister, parliamentary undersecretary at the Federal Ministry of Education and Research (BMBWF).





Demonstration zum Innovation Day 2018
in Berlin: Zentimetergenaue Indoor
Lokalisierung mittels UWB-Funktechnik
Demonstration at the Innovation Day 2018
in Berlin: Centimeter-accurate indoor
localization using UWB wireless technology

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) fördert den Aufbau der FMD mit insgesamt 350 Millionen Euro, hierbei hauptsächlich in die Modernisierung der Forschungsausstattung der Institute. Mit dieser Förderung will das BMBF die Innovationsfähigkeit der Halbleiter- und Elektronikindustrie in Deutschland und Europa im globalen Wettbewerb stärken und unterstützt das Vorhaben mit der größten Investition in Forschungsgeräte seit der Wiedervereinigung Deutschlands.

Eineinhalb Jahre nach dem Projektstart am 6. April 2017 konnten bereits viele Anschaffungen für die Modernisierung der Laboranlagen an den deutschlandweit verteilten FMD-Standorten in Betrieb genommen werden. Die feierliche Inbetriebnahme einer ersten Integrationslinie erfolgte am 28. September 2018 im Rahmen des 1. FMD Innovation Day stellvertretend am Berliner Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration, IZM.

Das IHP nahm im vergangenen Jahr sechs verschiedene Anlagen (ALD-Abscheideanlage, Reinigungsanlage/Scrubber, Asher, High Vacuum Bonding System für 200 mm Wafer, Bondcluster (Chip-2-Chip Bonding System und Drahtbonder), VPD ICP MS) im Reinraum in Betrieb, die von den 34,2 Millionen Euro Fördersumme finanziert wurden. Es ist geplant, 20 Anlagen anzuschaffen. Zur etwa Halbzeit des Projekts sind die für die FMD geplanten Gesamtinvestitionen zu 45 Prozent erfolgreich umgesetzt.

Der Aufbau der Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland wird in einer zentralen Geschäftsstelle in Berlin koordiniert, wobei entsprechend der Intention einer virtuellen Organisation, weitere Standorte in Dresden und München etabliert wurden. Die FMD-Geschäftsstelle ist die zentrale Kontaktstelle für potentielle und bestehende Kunden und ist somit ein wesentlicher Treiber der Geschäftsentwicklung im Bereich der Mikro- und Nanoelektronik.

Um bundesweit koordinierte Technologie- und Systementwicklungen aus einer Hand anbieten zu können, hat man die technologischen Kompetenzen der Institute während der ersten Aufbauphase in sechs übergreifende Bereiche zusammengefasst und weiterentwickelt – die sogenannten Technologieplattformen Microwave und Terahertz /

The German Federal Ministry of Education and Research (BMBF) is funding the setup of the FMD to the tune of 350 million euros, largely in the modernization of the institutes' research equipment. With this funding, the BMBF will to strengthen the innovativeness of the German and European semiconductor and electronics industry and is supporting the initiative with the largest investment in research devices since Germany was reunified.

A year and a half after the project started on April 6, 2017, many new acquisitions for the modernization of the laboratory facilities at FMD's locations around Germany went into operation. The ceremonial opening of the first integration line was on September 28, 2018, as part of the 1st FMD Innovation Day at the Berlin-based Fraunhofer Institute for Reliability and Microintegration IZM, which hosted the event on behalf of all members.

During the last year IHP put six new facilities (ALD deposition equipment, cleaning system/scrubber, asher, high vacuum bonding system for 200 mm wafer, bondcluster (chip-2-chip bonding system and wire bonder), VPD ICP MS) in the clean room into operation which were financed out of the 34.2 million Euro funding. It is planned to purchase 20 facilities. At around the halfway point of the project, 45 percent of the planned total investments for the FMD have been successfully fulfilled.

The setup of the Research Fab Microelectronics Germany is coordinated in a central business office in Berlin, although – true to the concept of a virtual organization – additional locations in Dresden and Munich have also been opened. The FMD business office is the central contact point for potential and existing customers and is thus a significant driver of the development of the business in the area of microelectronics and nanoelectronics.

In order to be able to offer nationally coordinated technology and system developments from a single provider, the technological expertise of the institutes was grouped into six overarching areas – the technology platforms known as Microwave and Terahertz / Power Electronics / Extended CMOS / Optoelectronic Systems / Sensor Systems / MEMS Actuators. Within these technology platforms, the FMD offers

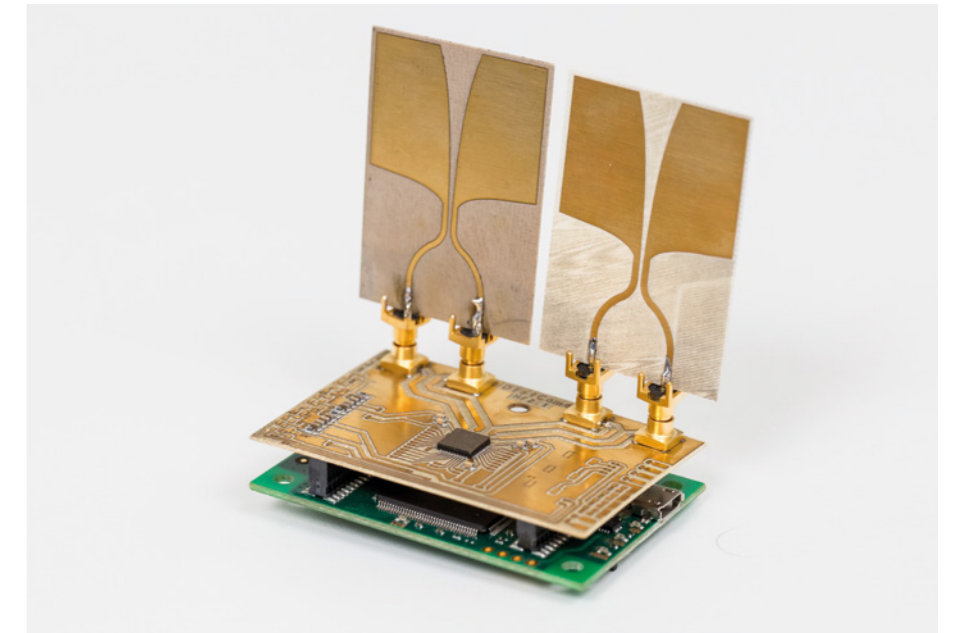
Power Electronics / Extended CMOS / Optoelectronic Systems / Sensor Systems / MEMS Actuators. In diesen Technologieplattformen bietet die FMD technologische Entwicklungen entlang der kompletten Wertschöpfungskette, von Systemdesign bis zum Test und Zuverlässigkeit, an. Perspektivisch können Technologien und Prozesse, die einen erforderlichen Reifegrad erreicht haben, auch in einer komplettierten Plattform (inklusive Designsupport) angeboten werden. Das Fraunhofer HHI und das Leibniz IHP verwenden hierzu das EUROPRACTICE-Portal, welches industriellen Kunden und Kunden aus dem Forschungsumfeld CMOS und Mikrosystemprozesse als MPW-Service anbietet. Mit EUROPRACTICE wurde vereinbart, dass Prozesse der FMD im Falle eines definierten Reifegrades über diese Plattform angeboten werden. Hiermit erreicht die FMD direkt eine Reichweite, welche durch einen Aufbau einer eigenen Vermarktungsplattform nicht erreicht werden kann.

Neben diesen technologisch orientierten Angeboten bietet die FMD auch institutsübergreifende Anwendungslösungen aus einer Hand an. Dies ermöglicht Kunden kombinierte und optimierte Systemlösungen mit der FMD und ihren Instituten realisieren zu können. Hierbei wird in der Forschungsfabrik synergetisch mit den Geschäftsfeldern der Institute übergreifend zusammengearbeitet. So kann die FMD ihren Kunden eine größere Bandbreite an Anwendungslösungen anbieten.

technological developments along the entire value creation chain, from system design to testing and reliability. Perspectively, technologies and processes that have reached the required maturity level can also be offered in a complete platform (including design support). For this purpose Fraunhofer HHI and Leibniz IHP use the EUROPRACTICE portal, which offers industrial customers and customers from the research environment CMOS and microsystem processes as an MPW service. It has been agreed with EUROPRACTICE that processes of the FMD are offered via this platform in the case of a defined degree of maturity. Hereby the FMD directly reaches a range, which cannot be achieved by setting up its own marketing platform.

In addition to these technologically oriented offerings, the FMD also offers cross-institute application solutions from a single provider. This offers customers a way of realizing combined and optimized system solutions together the FMD and its institutes. In doing so, the Research Fab works in synergy with the business units of all institutes involved. The FMD can thus offer a wider range of application solutions to the customers.

UWB (Ultra-Breitband) Funkknoten
UWB (Ultra wideband) sensor node



Im letzten Jahr konnten in Kombination mit der FMD erfolgreiche Projektbeteiligungen etabliert und Aufträge abgeschlossen werden. Für das Jahr 2018 lassen sich bereits Projekte mit einem Volumen von 41,1 Millionen Euro für FMD Forschung auf Basis der FMD Investitionen identifizieren, was einen großen Erfolg in dieser frühen Phase darstellt. Der Industrianteil bei diesem Projektvolumen lag bei bereits 30 Prozent, was die Bedeutung dieser einzigartigen Kooperation der deutschen Mikroelektronikforschung für die Industrie unterstreicht.

Im Jahr 2019 geht die Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland in eine nächste Phase über, nach dem Aufbau und der Strukturierung der Organisation wird nun der größte standortübergreifende FuE-Zusammenschluss für die Mikro- und Nanoelektronik in Europa in Partnerschaft mit seinen Instituten seine Leistungsfähigkeit am Markt beweisen.

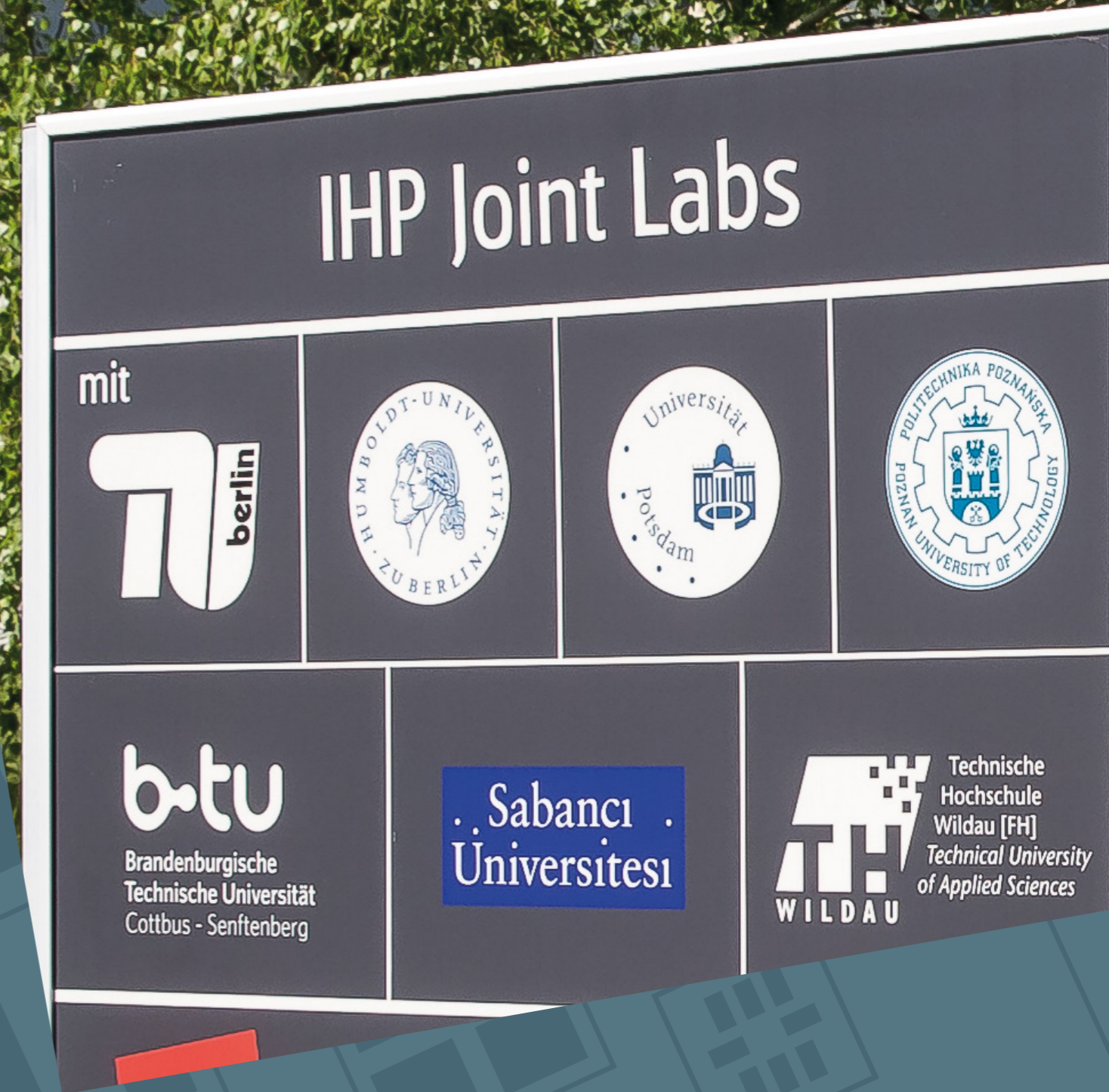
Mehr Informationen zur Forschungsfabrik finden Sie hier:



In 2017, successful project involvements were set up and orders were completed in combination with the FMD. For 2018, projects based on the FMD investments with a volume of 41.1 million euros can already be identified, which represents a significant success at such an early stage. The industrial share of this project volume is already at 30 percent, which highlights the importance of this unique cooperation in German microelectronics research for the industry.

In 2019, the Research Fab Microelectronics Germany will enter the next phase. After establishment and structuring of the organization, the largest cross-location R&D collaboration for microelectronics and nanoelectronics in Europe, in partnership with its institutes, will prove its capability on the market.

You will find more information about the Research Fab Microelectronics Germany here:



Gemeinsame Labore
Joint Labs

Gemeinsame Labore

Die Brücken zwischen Forschung und Hochschulen bilden am IHP die acht Joint Labs. In der Leibniz-Gemeinschaft gehörte das IHP zu den ersten Einrichtungen mit dieser Kooperationsform und ist auch jetzt eine der aktivsten. In Potsdam, Cottbus, Wildau und Berlin sowie auf internationaler Ebene in Poznań und Istanbul arbeiten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Instituts eng mit Studierenden zusammen. Die Themen der Kooperationen sind strategisch ausgerichtet. Es wird intensiv und erfolgreich zusammen an zahlreichen Forschungsprojekten gearbeitet. Das IHP beteiligt sich sehr aktiv an der Lehre und bei der Betreuung und Begutachtung von Qualifikationsarbeiten der Partnerhochschulen. Die dabei aufgebauten Kontakte helfen signifikant dabei, qualifizierten und motivierten wissenschaftlichen Nachwuchs für das IHP zu gewinnen.

Das Joint Lab „Dependable Sensor Networks“ begann mit der Gruppe „Kognitive Systeme“ an der BTU Cottbus-Senftenberg eine gemeinsame Forschungsagenda zu entwickeln. Ein besonderes Highlight des Joint Labs „Entwurf von Drahtlosen und Eingebetteten Systemen“ war die Organisation einer Summer School im September 2018 in Potsdam und Frankfurt (Oder). Während der einwöchigen Veranstaltung lernten 20 internationale Studierende die Herausforderungen für elektronische Systeme hinsichtlich Zuverlässigkeit und Sicherheit von automatisierten Fahrzeugen kennen. Der diesjährige Bertha-Benz-Preis für junge Ingenieurinnen wurde an die IHP-Wissenschaftlerin Dr. Despoina Petousi für ihre Dissertation „Analysis of Integrated Silicon Depletion-Type Mach-Zehnder Modulators for Advanced Modulation Formats“ verliehen. Die Arbeit entstand im Joint Lab „Siliziumphotonik“ des IHP mit der TU Berlin.

Joint Labs

The bridges between research and universities are formed at IHP by the eight Joint Labs. Within the Leibniz-Association, IHP was one of the first institutions with this form of cooperation and is still one of the most active. In Potsdam, Cottbus, Wildau and Berlin as well as on an international level in Poznań and Istanbul, scientists of the institute are working closely together with the students. Topics of these cooperations are strategically aligned. There is an intensive and successful team work within numerous research projects. IHP is very active within the teaching as well as the supervision and assessment of qualification theses of the partner universities. Contacts, which have been set up as part of the Joint Lab, have significantly helped to find qualified and motivated professionals for IHP.

The Joint Lab “Dependable Sensor Networks” began to develop a joint research agenda with the “Cognitive Systems” group at BTU Cottbus-Senftenberg. A special highlight of the Joint Lab “Design of Wireless and Embedded Systems” was the organization of a summer school in September 2018 in Potsdam and Frankfurt (Oder). During the one-week event, 20 international students learned about the challenges for electronic systems in terms of reliability and safety of automated vehicles. This year’s Bertha Benz Prize for Young Female Engineers was awarded to IHP scientist Dr. Despoina Petousi for her dissertation “Analysis of Integrated Silicon Depletion-Type Mach-Zehnder Modulators for Advanced Modulation Formats”. The work was created in the Joint Lab “Silicon Photonics” of the IHP and the TU Berlin.



Joint Lab IHP <> BTU-CS

Dependable Sensor Networks

Dependable Sensor Networks

| | |
|---|--|
| Kontakt Contact | Prof. Dr. Peter Langendörfer (IHP), Prof. Dr. Michael Hübner (BTU Cottbus-Senftenberg) |
| Partner Partner | BTU Cottbus-Senftenberg |
| Gründung und Eröffnung Opening | 2014 gegründet, offizielle Eröffnung 2015 (Frühjahr) |
| Ausgewählte Projekte Selected Projects | Rescue: http://rescue-etn.eu// , End2End100: www.wireless100gb.de/project_11.html |
| Internetseite Homepage | www.ihp-microelectronics.com/btu |

Dieses Joint Lab untersucht zuverlässige und sichere verteilte Systeme mit einem Schwerpunkt auf zeitkritischen Systemen. In den vergangenen Jahren sind verteilte Systeme und sensorbasierte Netze in den weltweiten Fokus des Forschungsinteresses gerückt. Solche Systeme bestehen aus Computern, Netzwerkverbindungen und werden zur Kontrolle und Signalverarbeitung in realen Umgebungen eingesetzt wie beispielsweise in Anwendungen von „Smart Power Grids“, Flugsicherheitskontrolle, der Steuerung von Fahrzeugen, in medizinischen Anwendungen und im Umweltmonitoring. In der Literatur werden sie auch als „Cyber Physical Systems“ bezeichnet. Die Systemumgebungen sind typischer Weise durch hohe Realzeitanforderungen und durch die Notwendigkeit charakterisiert, Ausnahmestände und Fehler in sicherheitskritischen Anwendungen zu bearbeiten. Gleichzeitig werden die Zuverlässigkeitsanforderungen an verteilte Computersysteme immer höher. Die Fehlerbehandlung in solchen Systemen verursacht signifikanten zusätzlichen Stromverbrauch und bedarf zusätzlicher Hardware, insbesondere, wenn die Fehlerbehandlung in extrem kurzer Zeit, z. B. einem Clockzyklus, erfolgen muss. Es existieren partiell konkurrierende Herausforderungen: Einerseits muss ein ausreichendes Niveau an Zuverlässigkeit mit minimalem Aufwand erreicht werden, andererseits müssen Schutzfunktionen für die Sicherheit realisiert werden, sodass die Systemfunktion sowohl unter Fehlerbedingungen als auch unter Angriffsbedingungen abgesichert ist.

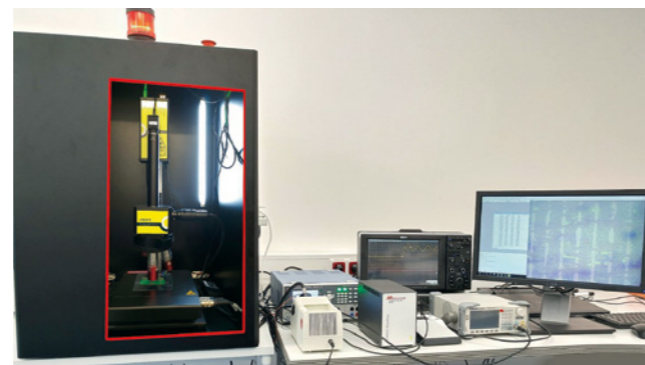
In 2017 wurde mit der Gruppe „Kognitive Systeme“ begonnen eine gemeinsame Forschungsagenda zu entwickeln. Das Ziel dieser ist es, kognitive Ansätze für die Behandlung der obengenannten Herausforderungen zu untersuchen. Eine Fortführung dieser Aktivität ist auch für 2019 geplant.

Im Marie Curie European Trainings Network wurden deutliche Fortschritte in allen 3 Teilprojekten erreicht. Die Abbildung zeigt den Aufbau für Fehlerinjektionen. Mit diesem konnten sogar einzelne Bits „gekippt“ werden.

The Joint Lab focuses on the dependability and security of distributed computer systems with an emphasis on the role of timing constraints. In recent years, the technology of distributed computer- and sensor-based systems has become a worldwide focus of research. Such systems incorporate computers and computer networks that perform control and signal processing in a real-world environment, recently also labelled as “cyber physical systems”. The real-world environment in which these systems function is typically characterized by real-time constraints and by the need to handle exceptional conditions and errors in safety-critical applications. At the same time, reliability requirements for distributed computer systems are constantly growing. Error management in these systems generally induces considerable power-consumption and hardware overhead, especially if the error management has to be performed in a short time such as a single clock cycle (e.g., based on “hot” backup elements). The emerging challenge is two-fold. First, error management must be performed at minimum cost and overhead. Second, security aspects may have a further impact, requiring system design approaches that consider dependability and security in close combination. Essentially this means that critical system functions must be secured even under error conditions and in case of attacks by various mechanisms.

In 2017 a discussion about a common research program was started with the cognitive systems group. The goal is to investigate cognitive approaches as means to cope with the above mentioned challenges. This initiative will be continued in 2019.

All three subprojects of the Marie Curie European Trainings Network RESCUE made good progress. The figure shows the fault injection set-up with which it is possible to inject single bit flips.



Messaufbau für laserbasierte Fehlerinjektionsangriffe.
Measurement setup for laser-based fault injection attacks.

Joint Lab IHP <> HU Berlin

Drahtlose Breitbandkommunikationssysteme

Wireless Communication Systems

| | |
|---|--|
| Kontakt Contact | Prof. Dr. Eckhard Grass (IHP), Dr. Frank Winkler (HU Berlin) |
| Partner Partner | Humboldt-Universität zu Berlin, Institut für Informatik Department of Computer Science |
| Gründung und Eröffnung Opening | 2011/2012 |
| Ausgewählte Projekte Selected Projects | maximumMIMO: www.wireless100gb.de , ParSec: www.parsec-projekt.de , EuRISCOsi |
| Internetseite Homepage | www.ihp-microelectronics.com/hu |

Innerhalb des Joint Lab wird in der Lehre im Modul Drahtlose Breitbandkommunikation auf Grundlagen der Nachrichtentechnik sowie auf spezielle aktuelle Entwicklungen (z. B. Mobilfunkstandard 5G) eingegangen. Der wachsende Anteil an Smartphones führt zu einem rasanten Anstieg der notwendigen Übertragungsraten für mobile Endgeräte. Ausgehend von den Kanaleigenschaften werden Algorithmen, Architekturen und Implementierungsaspekte für drahtlose Kommunikationssysteme mit höchsten Datenraten erörtert und den Studierenden vermittelt. Aus Forschungsprojekten zur 5. Generation Mobilfunk (5G) fließen Ergebnisse direkt in die Lehre ein.

Neben der Lehre charakterisieren Projekte die Arbeit des Joint Labs. Sicherheitsaspekte für industrietaugliche WLAN-Netze sind der Fokus von „ParSec“, einem BMBF-Projekt aus dem Bereich „Zuverlässige Kommunikation in der Industrie“. Fortgesetzt wurde die Arbeit an dem DFG-Projekt „maximumMIMO-II“, bei dem es um die Erhöhung der spektralen Effizienz durch den Einsatz von massive-MIMO-Technologien und hochauflösender phased-array Antennentopologie geht. Im Rahmen dieses HU DFG-Projekts wurden 2017 in der Antennenkammer des IHP umfangreiche Übertragungsexperimente durchgeführt, welche die Umsetzbarkeit der theoretischen Ergebnisse bestätigt haben. In einer Masterarbeit wurde die Übertragung des Line-of-Sight MIMO Prinzips für WLAN Frequenzen bei 2,4 GHz und 5 GHz untersucht und experimentell nachgewiesen. Erste Vorbereitungen zum Aufbau eines 5G-Testbed am Hauptgebäude der Humboldt-Universität Berlin im Rahmen der gemeinsamen Arbeit im H2020 Projekt 5GENESIS wurden begonnen.

One main aspect of the Joint Lab is teaching a Masters Course on the basics of communications engineering as well as recent developments and standards (for example cellular network standards such as 5G). The growing percentage of smartphones and other wireless devices results in a dramatic increase of required data rate. Algorithms, architectures, and implementation aspects of wireless communication systems are presented based on wireless channel characteristics and introduced to the students. Results of projects on the development of the 5th Generation of Mobile Communication Systems (5G) are directly used in the lectures.

Another aspect is the cooperative work in projects. Security enhancements for future industrial WLAN are the focus of “ParSec”, a BMBF-funded project. The DFG-Project “maximumMIMO-II”, which concentrates on increasing the spectral efficiency using massive MIMO technology in conjunction with high-resolution phased array antenna topologies, was continued. In the context of the HU-DFG project maximumMIMO-II, using the anechoic chamber of IHP, extensive MIMO transmission experiments were conducted, proving the feasibility of the theoretical results. In the context of a Master Thesis, the application of the Line-of-Sight MIMO principle to WLAN systems operation in the 2.4 and 5 GHz ISM bands was investigated and successfully demonstrated. First preparations for establishing a 5G testbed around the main campus of Humboldt-University in the context of the joint work in H2020 project 5GENESIS were carried out.

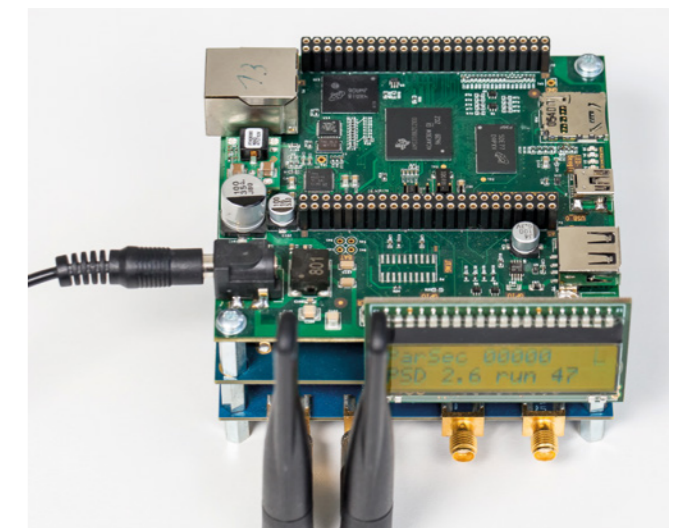


Foto des im „ParSec“-Projekt entwickelten Moduls für Funk-Kommunikation in Industrie 4.0. Es besteht aus einem Radio-Frontend für das 5 GHz ISM Band, einer FPGA-Platine mit PSSS Basisband-Prozessor und einem „BeagleBone“ basierten MAC-Prozessor, der u.a. Ethernet und USB-Interfaces bietet.
Photo of the module developed in the “ParSec” Project for “Industry 4.0” radio communication. It consists of a radio frontend for the 5 GHz ISM band, an FPGA board implementing a PSSS baseband processor, and a “BeagleBone”-based MAC board, which provides the external interfaces like Ethernet and USB.

Joint Lab IHP <> Universität Potsdam

Entwurf von Drahtlosen und Eingebetteten Systemen

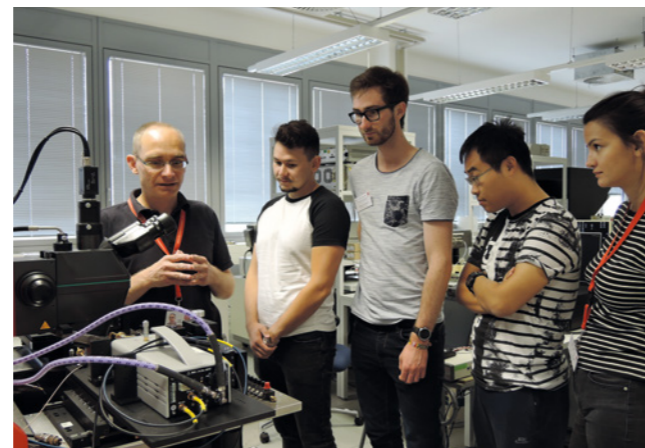
Wireless and Embedded System Design

| | |
|---|---|
| Kontakt Contact | Prof. Dr. Milos Krstic (UP und IHP), Prof. Dr. Bettina Schnor (UP) |
| Partner Partner | Universität Potsdam, Institut für Informatik und Computational Science |
| Gründung und Eröffnung Opening | 2014/2015 |
| Ausgewählte Projekte Selected Projects | DIAMANT: www.diamant-projekt.de , ENROL (DFG) |
| Internetseite Homepage | www.ihp-microelectronics.com/up |

Der Einsatz drahtlos kommunizierender, eingebetteter Systeme hat im Zuge der Digitalisierung aller Lebensbereiche rasant zugenommen. Zu den thematischen Schwerpunkten des Joint Lab gehören daher die Entwicklung von Methoden und Werkzeugen, die einen effizienten Entwurf hochkomplexer, aber dennoch energieeffizienter und zuverlässiger Systeme erlauben. Im DIAMANT-Projekt arbeiten die Studierenden an aktuellen Forschungsthemen wie der Entwicklung von Fehlertoleranzmethoden für eingebettete Speicher und an einer Middleware-Plattform für das Kreieren von portablen Anwendungen für das Internet der Dinge. 2018 startete das DFG-Projekt ENROL, welches gemeinsam mit der TU Wien durchgeführt wird und sich mit Fehlertoleranzmethoden für asynchrone Logikentwürfe beschäftigt. Die Forschungsaktivitäten des Joint Lab führten im Jahr 2018 zu sechs veröffentlichten Konferenzbeiträgen, die die wertvollen Ergebnisse im Bereich fehlertolerantes Design, Zuverlässigkeit, Designmethodik zusammenfassen. Im Bereich der Lehre bekamen die Studierenden in Vorlesungen Grundlagen aus dem Bereich des Chip Designs, der Programmierung drahtloser Sensornetze und der Architektur von Prozessoren und Rechnersystemen vermittelt. Die Studierenden können dieses Wissen im Hardwarelabor, welches mit modernsten Testgeräten und FPGA-Evaluierungsplattformen ausgestattet ist, vertiefen.

Ein besonderes Highlight des Joint Lab Jahres war die Organisation einer Summer School im September 2018 in Potsdam und Frankfurt (Oder). Während der einwöchigen Veranstaltung lernten 20 internationale Studierende die Herausforderungen für elektronische Systeme hinsichtlich Zuverlässigkeit und Sicherheit von automatisierten Fahrzeugen kennen. Neben den Vorträgen von Referenten aus Industrie und Wissenschaft, wurde den Studierenden ein spannendes Rahmenprogramm geboten, um Frankfurt (Oder) und Potsdam kennenzulernen.

Nowadays, embedded systems can be found everywhere. The use of wireless embedded systems has rapidly increased with the advance of ubiquitous computing. Therefore, the research and development of methods and tools for supporting an efficient development process of complex energy efficient and reliable embedded systems, including sensor networks, are a main focus of the Joint Lab. In the DIAMANT project, students contributed to current research projects, such as the development of fault-tolerance methods for embedded memories and a Middleware-Platform development for the mobile Internet of Things (IoT) applications. The new DFG-Project project ENROL started in 2018 in collaboration with TU Vienna and focuses on fault-tolerant methods for asynchronous logic design. The research activities of the Joint Lab included 6 published conference papers in 2018, summarizing the interesting results in the area of fault-tolerant design, reliability, design methodology. Another part of the Joint Lab is teaching. Lectures about chip design, programming of wireless sensor networks, and processor architecture were held. Students could strengthen their knowledge in labs, which were equipped with state-of-the-art test devices and FPGA evaluation platforms. An important highlight of the Joint Lab activity was the organization of a summer school in September 2018 in Potsdam and Frankfurt (Oder) with the focus on reliability, security and safety challenges in electronic systems for automated driving. In a one week program the 20 international students could hear interesting lectures from industry and academia and enjoy a rich social program.



Teilnehmer der Sommerschule 2018 bei der Laborführung im Microprobing Lab
Participants of the summer school 2018 during the microprobing lab tour

Joint Lab IHP <> TU Berlin

Bioelektronik

Bioelectronics

| | |
|---|--|
| Kontakt Contact | Prof. Dr. Mario Birkholz (IHP), Prof. Dr. Peter Neubauer (TU Berlin) |
| Partner Partner | Technische Universität Berlin, Institut für Biotechnologie |
| Gründung und Eröffnung Opening | 2012/2013 |
| Ausgewählte Projekte Selected Projects | Photonische Biosensorik, Zellseparation |
| Internetseite Homepage | www.ihp-microelectronics.com/jlbioelectronics |

Wesentliche Meilensteine für das gemeinsame Labor für Bioelektronik waren 2018 der Start von zwei Förderprojekten. Zum einen begann im Juli Dr. Anders Henriksson mit seinem DFG-Projekt für die Entwicklung neuartiger Biosensoren, die von der am IHP verfügbaren Silizium-Photonik-Technologie Gebrauch machen. Im Rahmen seines Projekts werden die Sensorchips am IHP gefertigt und nachfolgend am Institut für Biotechnologie der TU Berlin getestet. Dabei zielt Oberflächenchemiker und TUB-Postdoc Dr. Henriksson darauf ab, die sonst durch Diffusion limitierten Umsatzraten enzymatischer Biosensoren durch die Ausnutzung elektrischer Felder bei der Immobilisierung von Biomolekülen zu steigern und auf diese Weise äußerst niedrige Nachweisgrenzen zu erreichen.

Zum anderen startete im Herbst 2018 das BMBF-geförderte SepaDiElo-Projekt zur „Entwicklung eines Mikroelektronikchips für die Zellseparation“. Mit Hilfe des Phänomens der Dielektrophorese (DEP) sollen die Strömungspfade biologischer Zellen in Mikrofluidikkanälen so beeinflusst werden, dass eine Separation nach elektrischen Eigenschaften möglich wird. Konkret fokussiert das Projekt auf die Separation von Mikroalgen, die gerade in der Bioprozesstechnik als Lipidproduzenten von großem Interesse sind. Dabei wird der Schaltkreis des DEP-Generatorchips von der TUB-Arbeitsgruppe um Prof. Roland Thewes entworfen, während die Chipfertigung am IHP erfolgt. Getestet wird die Zellseparation am Fachgebiet Bioverfahrenstechnik der TUB.

Weitere Untersuchungen waren dem Monitoring von niedermolekularen Analyten und der Zelldichtemessung in Bioprocessen gewidmet wie sie auf Pipettierrobotern zur Prozessentwicklung durchgeführt werden.

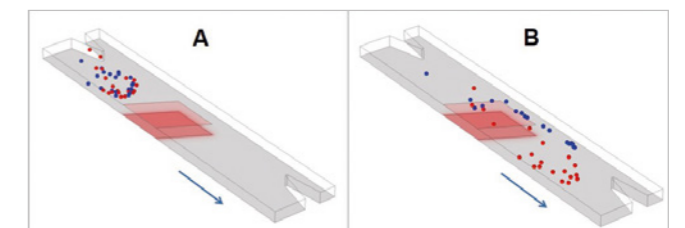
Alle genannten Themen boten die Möglichkeit zur Kompetenzentwicklung in der Bioelektronik, wozu 2018 vier gemeinsam betreute Masterarbeiten durchgeführt wurden. Neben der regelmäßig im Sommersemester abgehaltenen Lehrveranstaltung „Einführung in die Bioelektronik“ wurden auch Projektpraktika durchgeführt, sodass Studenten der Biotechnologie an der TU Berlin zunehmend die praktischen Methoden der Bioelektronik einzusetzen lernen.

The Joint Lab Bioelectronics experienced two major milestones in 2018, which were the start of two R&D projects. Firstly, in July Dr. Anders Henriksson began a DFG project for the development of new biosensors that rely on IHP's silicon photonics technology. Within the framework of the project sensor chips are fabricated at IHP and subsequently tested at TU Berlin. Surface scientist and TUB postdoc Dr. Henriksson thereby aims to improve the reaction rates of enzymatic biosensors by exploiting external electrical fields for the immobilization of biomolecules and to achieve extremely low detection limits.

In addition, the BMBF-funded SepaDiElo project for the "Development of a microelectronic chip for cell separation" was started in autumn 2018. The trajectories of biological cells in microfluidic channels can be manipulated by virtue of the phenomenon of dielectrophoresis (DEP), which allows for their separation according to electrical properties. The project focuses on microalgae, which are currently under investigation as lipid producers in bioprocess technology. The circuit of the DEP generator chip will be designed by the TUB working group of Prof. Roland Thewes, while the chip is fabricated at IHP. Microalgae cell separation will be tested at the chair of bioprocess engineering at TU Berlin.

Further investigations in the Joint Lab dealt with the monitoring of low-molecular weight analytes and cell density measurements in bioprocesses as they are carried out by automated robotic systems for high-throughput process development.

All these subjects offered opportunities for competence development in bioelectronics, which was reflected by four jointly supervised master theses that were finished in 2018. Practical courses were also executed in addition to the regularly given lecture "Introduction to Bioelectronics" and thereby continuously increasing the TUB's Biotech students capabilities to apply bioelectronics techniques in the lab.



Separation von strömenden biologischen Zellen in einem Mikrofluidikkanal mit der Methode der Dielektrophorese.
Separation of flowing biological cells in a microfluidic channel by the effect of dielectrophoresis.

Joint Lab IHP <> Sabanci University

More-than-Moore

More-than-Moore

| | |
|---|--|
| Kontakt Contact | Dr. Mehmet Kaynak (IHP), Prof. Yasar Gurbuz (Sabanci University) |
| Partner Partner | Sabanci University, Istanbul |
| Gründung und Eröffnung Opening | 2014 |
| Ausgewählte Projekte Selected Projects | MtM RD |
| Internetseite Homepage | www.ihp-microelectronics.com/sabanci |

Das gemeinsame Labor bündelt das Know-how der beiden akademischen Institutionen. Der Fokus liegt auf der Erforschung und Entwicklung von „More-than-Moore“-Modulen wie MEMS (Mikroelektromechanische Systeme), NEMS (Nanoelektromechanische Systeme), Mikrofluidik, heterogene Integration und integrierte mm-Wellen Schaltkreise. Das Hauptziel besteht darin, die Forschungskapazitäten durch einen komplementären Forschungsansatz zu erweitern und die internationale Sichtbarkeit zu erhöhen. Seit 2014 hatten mehr als 30 Studierende der Universität Sabanci die Möglichkeit, ihre Praktika am IHP zu absolvieren. Einige von ihnen schließen an ihr erfolgreiches Praktikum die Promotion am IHP an. Sie alle leisten einen wesentlichen Beitrag zu den gemeinsamen Forschungsarbeiten. Dem Joint Lab ist es gelungen, Mittel der Türkischen Anstalt für Wissenschaftliche und Technologische Forschung TUBITAK zur Finanzierung der Kooperation und gemeinsamen Entwicklung von RFMEMS-Technologien zu erhalten. Die Joint Lab Kooperation beinhaltet mittlerweile nicht mehr nur den Austausch von Studierenden, sondern auch eines leitenden Wissenschaftlers. Die Einführung der Vorlesung „Integrierte Sensoren“ an der Universität Sabanci, die vom Joint Lab Koordinator Dr. Mehmet Kaynak gehalten wird, ergänzt die laufende Forschung des Joint Labs auf akademischer Ebene. Ein bedeutendes Forschungsergebnis aus dem gemeinsamen Labor zum Thema Mikrobolometer wurde erst kürzlich erzielt. Durch die Einführung einer hohen Ge-Konzentration an Si/SiGe Multi-Quantum-Well-Strukturen (MQWs) als Thermistormaterial für Mikrobolometer-Anwendungen wurde ein bahnbrechendes Ergebnis für den Temperaturkoeffizienten des Widerstands (TCR) von 5,6% erreicht [1] und in suspendierten Mikrobolometerstrukturen aufgebracht [2] (Abbildung).

The Joint Lab bundles the expertise of both academic institutions. The focus is on the exploration and development of More-than-Moore modules such as MEMS (Micro Electro Mechanical Systems), NEMS (Nano Electro Mechanical Systems), microfluidics, heterogeneous integration and mm-wave integrated circuits. The main objective is extending the research capabilities by using a complementary research approach and increasing international visibility. Since 2014, more than 30 undergrad and grad students from Sabanci University have had the opportunity to perform their internships at IHP. They have provided significant contributions to the joint research. Some of the students are continuing their PhD studies at IHP after their successful internship period. The Joint Lab has succeeded in receiving funds from the Turkish Government funding agency, TUBITAK, for cooperation and joint development on RFMEMS technologies. Today, the Joint Lab cooperation is not only based on student exchange, but also on exchange at the senior researcher level. The on-going research under the joint lab is supported at the academic level by introducing the course “Integrated Sensors” at Sabanci University, given by the joint lab coordinator, Dr. Mehmet Kaynak. Recently, a significant research outcome of the joint lab has been achieved on the topic of micro-bolometers. Introducing high Ge-concentrated Si/SiGe Multi-Quantum-Well structures (MQWs) as the thermistor material for micro-bolometer applications, a breakthrough performance for the high temperature coefficient of resistance (TCR) of 5.6% has been achieved [1] and applied into suspended micro-bolometer structures [2] (figure).



Dr. Mehmet Kaynak (links) mit Studierenden von Sabanci Universität Istanbul, TUR
Dr. Mehmet Kaynak (left) with students from Sabanci University in Istanbul, TUR

[1] C. B. Kaynak et al., “High Performance Thermistor Based on Si_{1-x}Gex/Si Multi Quantum Wells,” in IEEE Electron Device Letters. doi: 10.1109/LED.2018.2821710
[2] C. B. Kaynak et al., “Mechanical and Thermal Modeling of an Uncooled Microbolometer”, EuMCE 2019, accepted paper.

Joint Lab IHP <> PUT

Połączyć – Verbinden – Interfacing

Połączyć – Verbinden – Interfacing

| | |
|---|--|
| Kontakt Contact | Dr. Wolfgang M. Klesse (IHP), Prof. Dr. Ryszard Czajka (PUT) |
| Partner Partner | Poznań University of Technology (PUT), Institute of Physics |
| Gründung und Eröffnung Opening | 2014 |
| Ausgewählte Projekte Selected Projects | Surface Science on Ge-based materials |
| Internetseite Homepage | www.ihp-microelectronics.com/put |

Unter dem Motto „Połączyć-Verbinden-Interfacing“ verfolgt das gemeinsame Labor IHP/PUT das Ziel, grenzüberschreitend den Austausch zwischen Studenten und jungen Wissenschaftlern aus Deutschland und Polen zu fördern. Die Zusammenarbeit zwischen der Poznań University of Technology und dem IHP stellt im Ausbildungsbereich eine ideale Plattform dar, um bereits im Studium Studenten der Physik der PUT einen Einblick in die Materialforschung für die moderne Siliziummikroelektronik zu gewähren. Beispielsweise durch Praktika und Abschlussarbeiten am IHP werden erste Erfahrungen in wissenschaftlicher Arbeit gesammelt.

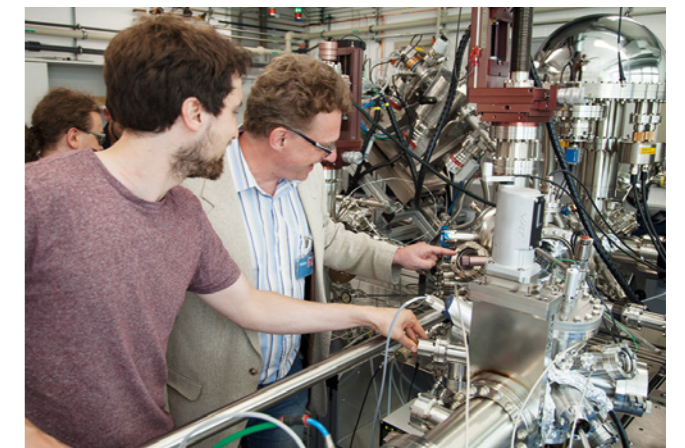
Die langjährige Erfahrung und Expertise der PUT in Ultra-Hoch-Vakuum-Technik und Rastertunnel Mikroskopie in Kombination mit der Oberflächenclusteranlage des IHP bieten eine Vielzahl von spannenden Anknüpfungspunkten zu aktuellen Forschungsthemen beider Partner.

Die in-situ Kombination verschiedener Analysemethoden (z. B. Rastersondenmikroskopie und Photoelektronenspektroskopie) am IHP ermöglicht zum Beispiel Einblicke in die morphologischen, chemischen und elektronischen Eigenschaften verschiedenster, für die Halbleiterindustrie interessanter Materialoberflächen.

Under the motto “Połączyć-Verbinden-Interfacing“, the joint laboratory IHP/PUT pursues the goal of promoting cross-border exchange between students and young scientists from Germany and Poland. The cooperation between the Poznań University of Technology and the IHP provides an ideal platform for students to gain insight into material science for modern silicon microelectronics during their studies. For example, through internships and master/bachelor theses at IHP first scientific experience in the field is gained.

The many years of experience and expertise of the PUT in ultra-high-vacuum technology and scanning tunneling microscopy in combination with the IHP’s surface-science-cluster offer a multitude of exciting links to current research topics of both partners.

The in-situ combination of different analysis methods (e.g. scanning probe microscopy and photoelectron spectroscopy) at the IHP allows to learn more about the morphological, chemical and electronic properties of various material surfaces of interest to the semiconductor industry.



Dr. Wolfgang Klesse (IHP, L) und Dr. Wojciech Koczorowski (PUT, r.) im Oberflächenlabor der Materialabteilung am IHP.
Dr. Wolfgang Klesse (IHP, L) and Dr. Wojciech Koczorowski (PUT, r.) in the surface science lab of the material research department at IHP.

Joint Lab IHP <> TU Berlin

Siliziumphotonik

Silicon Photonics

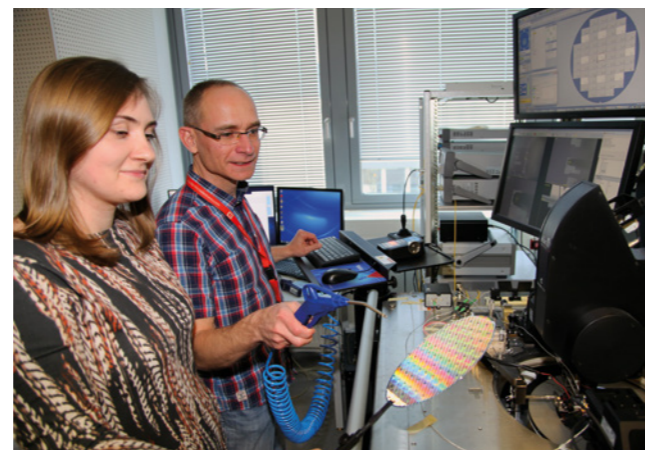
| | |
|---|--|
| Kontakt Contact | Prof. Dr. Lars Zimmermann (TU Berlin / IHP) |
| Partner Partner | Technische Universität Berlin, Institut für Hochfrequenz und Halbleiter-Systemtechnologien |
| Gründung und Eröffnung Opening | Juni 2010 |
| Ausgewählte Projekte Selected Projects | DFG-SFB787, BMBF-PEARLS, EU-H2020-DIMENSION |
| Internetseite Homepage | www.ihp-microelectronics.com/jlphotonics |

Die Siliziumphotonik hat sich in den vergangenen Jahren zu einer Schlüsseltechnologie der optischen Kommunikation entwickelt. Wichtigste Anwendungen sind hier im Bereich Datenzentrum und Metro-netze. Einen Schwerpunkt der gegenwärtigen Forschung und Entwicklung bildet insbesondere die Vereinigung von Silizium-IC-Elektronik mit integrierter Optik. Die Entwicklung der photonischen BiCMOS-Technologie des IHP erfolgt in enger Kooperation mit der TU Berlin. Im gemeinsamen Joint Lab profitiert das IHP von dem verfügbaren photonischen Know-how, die TU Berlin erhält für ihre photonischen Forschungen und Entwicklungen Zugang zu den IHP-Technologien.

Es besteht eine enge Kooperation mit international führenden Einrichtungen und Forschergruppen auf dem Gebiet der Siliziumphotonik. Ausdruck dafür ist die Zusammenarbeit in zahlreichen Photonik-Projekten. Neben den Forschungsaktivitäten verbessert das Joint Lab Siliziumphotonik auch die akademische Anbindung des IHP. Das Joint Lab ist mit zwei Vorlesungen und Projektlaboren an der TU Berlin vertreten. Außerdem werden zahlreiche Studien-, Bachelor-, Master- und Doktorarbeiten bis zum erfolgreichen Abschluss betreut. Seit Gründung dieses Joint Labs wurden insgesamt 14 von der EU, dem BMBF bzw. der DFG mit erheblichen Mitteln geförderte gemeinsame Projekte eingeworben und durchgeführt.

Silicon photonics is becoming a key technology in optical communications for deployment in high-throughput networks such as datacenters or in the metro area. Present developments focus in particular on the convergence of silicon IC technology and integrated optics. In order to develop IHP's photonic BiCMOS technology, a close collaboration with the TU Berlin has been established. In the Joint Lab, IHP benefits from the photonics know-how available in Berlin, while Berlin gains access to the technology of IHP for photonic research purposes.

Our work is closely linked to top-level research in this area, which is reflected by the cooperation in a considerable number of international and national projects with the focus on photonics. In addition to extensive research activities the Joint Lab actively links IHP to academia. Currently, two courses and project labs at TU Berlin are provided. A considerable number of training, Bachelor, Master and PhD theses are conducted in the frame of the Joint Lab. Since the founding of this Joint Lab, 14 joint projects, funded by the EU, the BMBF and the DFG with considerable resources, were raised and performed.



Im Messlabor Siliziumphotonik
In the measurement laboratory silicon photonics

Joint Lab IHP <> TH Wildau

Photonische Bauelemente & Dünnschichttechnologien

Photonic devices & thin film technologies

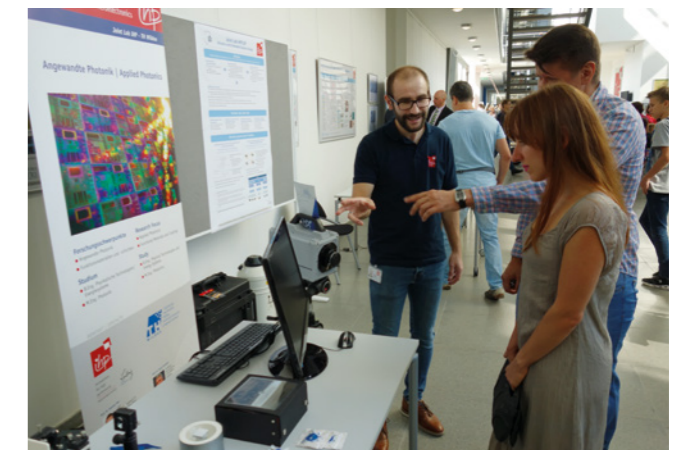
| | |
|---|--|
| Kontakt Contact | Prof. Dr. Andreas Mai (IHP), Prof. Dr. Sigurd Schrader (TH Wildau) |
| Partner Partner | Technische Hochschule Wildau AG für Photonik, Laser- und Plasmatechnologien |
| Gründung und Eröffnung Opening | 2006 |
| Ausgewählte Projekte Selected Projects | SiliconLight, HOPBIT |
| Internetseite Homepage | www.ihp-microelectronics.com/thwildau |

Das Joint Lab IHP/TH Wildau konnte auch 2018 seine Arbeit erfolgreich fortsetzen und die Kooperation im Bereich akademischer Lehre und Forschung weiter vertiefen. Neben öffentlichen Auftritten bei Tagungen (PhotonicDays), gemeinsamen Lehrveranstaltungen, Laborpraktika und Studentenexkursionen finden weiterhin jährliche Praktika für Studierende der TH Wildau aus den Bachelor- und Masterstudiengängen am IHP statt. Besonderer Höhepunkt der Ausbildung sind z. B. die „LabDays“ am IHP, an denen Studenten einen tieferen Einblick in die Forschungsarbeiten bekommen. Zudem werden Bachelor- und Masterarbeiten betreut und unterstützt. Das Joint Lab hat verschiedene Forschungsschwerpunkte. Die Entwicklung von anwendungsspezifischen photonischen Bauelementen konnte im Bereich der hybriden Silizium-Organik-Technologie in 2018 beeindruckende Ergebnisse erzielen. Im laufenden, landesfinanzierten HOPBIT-Projekt zwischen der TH Wildau und dem IHP wurde im Joint Lab ein neuartiger Silizium-Organik-Hybrid Modulator demonstriert, der auf dem sogenannten quadratisch elektro-optischen Effekt (Kerr-Effekt) beruht. Dieser wurde bei einer der weltweit renommiertesten Konferenzen für neue Halbleiterbauelemente (International Electron Device Meeting – IEDM) präsentiert.

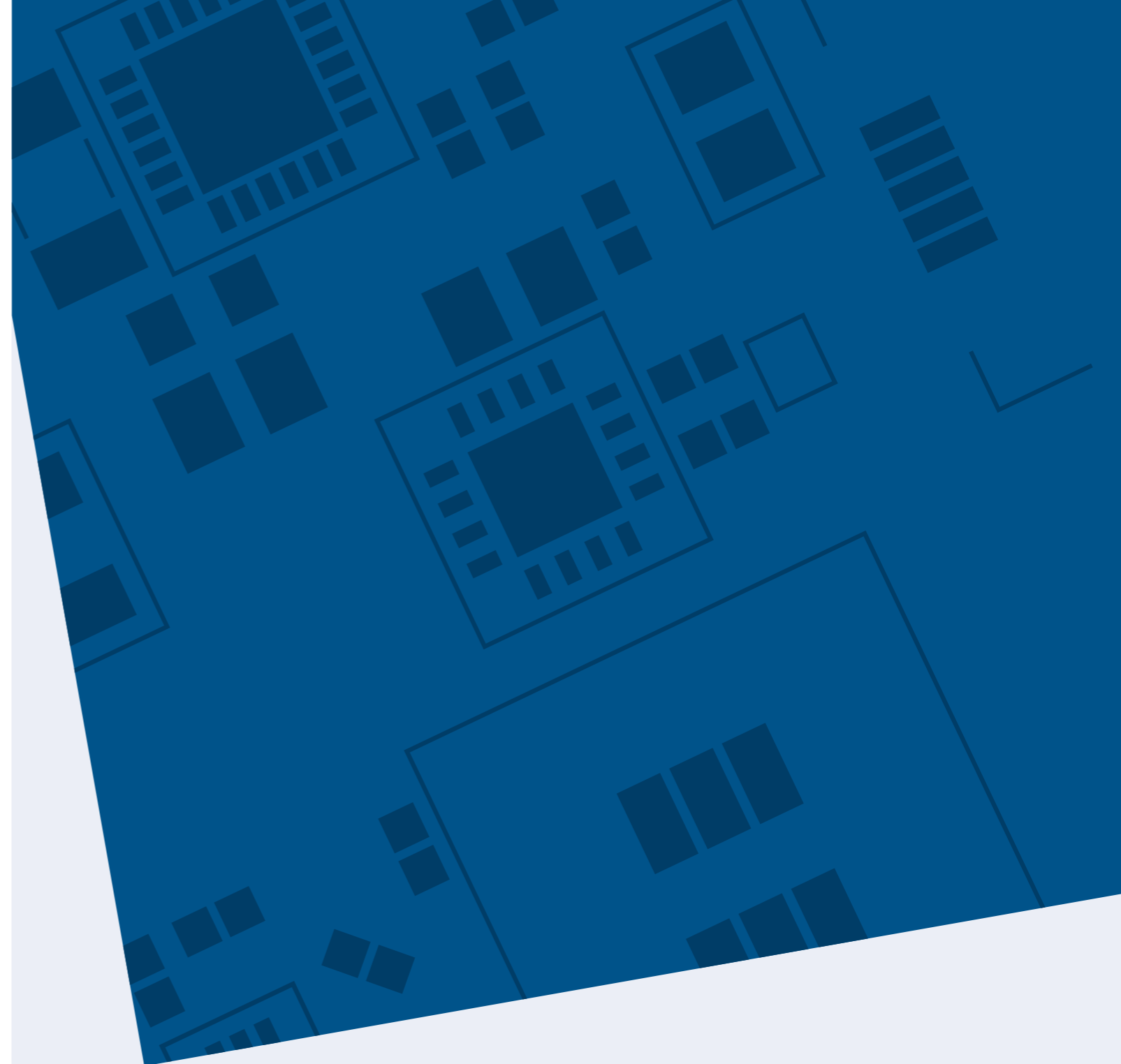
Im Bereich der Erforschung von kohlenstoffbasierten Dünnschichttechnologien (z. B. graphenartige Schichten), konnten im „Graphen-Netzwerk“ Projekt, welches durch die TH Wildau koordiniert wird, neue Ideen und Projektansätze initiiert werden. Zukünftig sollen, in zum IHP komplementären Forschungsaktivitäten, neue Ansätze für spezielle Anwendung in den Bereichen der Telekommunikation und Sensorik untersucht werden. Des Weiteren erforscht und entwickelt das Joint Lab im Rahmen der „More-than-Moore“-Bauelemente- und Technologieentwicklungen des IHP, neue diagnostische und metrologische Verfahren zur Charakterisierung dieser Bauelemente.

The Joint Lab IHP & University of Applied Science (UAS) Wildau continued its successful work in 2018 and intensified its cooperation in academic teaching and research. In addition to public events like “PhotonicDays”, joint courses and student excursions, several internships are held annually for students of the TH Wildau at the IHP. A particular highlight are the LabDays at IHP, where the students obtain an inside view of IHP's research activities. Furthermore, Bachelor and Master theses are supervised and supported. The research of this Joint Lab focuses on different topics. Novel photonic devices like silicon-organic-hybrid (SOH) modulators are part of application-specific developments. Within the frame of the HOPBIT project the Joint Lab was able to successfully demonstrate a new SOH modulator for the first time whose functionality is based on the quadratic electro-optical effect. This impressive result was presented at IEDM 2018 (International-Electron-Device-Meeting).

In the research area of carbon-based thin-film technologies (e.g. graphene-like layers) the Joint Lab successfully initiated new ideas and projects proposals within the “Graphene-Network” project which is coordinated by UAS Wildau. Finally the Joint Lab also concentrates on the development of new diagnostic and metrological procedures for the characterization of IHP's “More-than-Moore” device and technology development.



Präsentation des Joint Labs beim Tag der offenen Tür am IHP durch Dr. Patrick Steglich (L)
Presentation of the Joint Lab during the Open Day at IHP by Dr. Patrick Steglich (L)



Publikationen

Publications

Erschienenene Publikationen

Published Papers

- (1) **A Test Platform for the Noise Characterization of SiGe Microbolometer ROICs**
S. Abbasi, A. Shafique, O. Ceylan, C. Baristiran Kaynak, M. Kaynak, Y. Gurbuz
IEEE Sensors Journal **18**(15), 6217 (2018)
- (2) **Robust and Low-Complexity Space Time Code for Industrial Automation**
M. Abouzeid, M. Ehrig, N.A. Odhah, E. Grass, R. Kraemer
Proc. 10th International Conference on Advanced Infocomm Technology (ICAIT 2018), 105 (2018)
- (3) **You've Got the Whole World in Your Hands [From the Guest Editors' Desk]**
E. Ackerman, N. Engheta, I. Hosako, D. Kissinger
IEEE Microwave Magazine **19**(3), 12 (2018)
- (4) **A Low-Power Wideband D-Band LNA in a 130 nm BiCMOS Technology for Imaging Applications**
E. Aguilar, A. Hagelauer, D. Kissinger, R. Weigel
Proc. 19th IEEE Topical Meeting on Silicon Monolithic Integrated Circuits in RF Systems (SIRF), 27 (2018)
- (5) **An On-Board Differential Patch Array for 79 GHz Single-Channel Radar Applications**
W. Ahmad, D. Kissinger, H.J. Ng
Proc. 48th European Microwave Conference (EuMC 2018), 1385 (2018)
- (6) **Experimental Evaluation of 61 GHz Differential Compensated Chip-on-Board Interconnect for FMCW Radar**
W. Ahmad, D. Kissinger, H.J. Ng
Proc. IEEE Radio and Wireless Symposium (RWS 2018), 274 (2018)
- (7) **0.3-THz SiGe-Based High-Efficiency Push-Push VCOs with >1-mW Peak Output Power Employing Common-Mode Impedance Enhancement**
F. Ahmed, M. Furqan, B. Heinemann, A. Stelzer
IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques **66**(3), 1384 (2018)
- (8) **Electrical Characterization of 3-nm-thin Al₂O₃ Films Grown by Atomic Layer Deposition for Graphene Base Transistors**
M. Albert, M. Junige, J.W. Bartha, Ch. Wenger
Proc. 20th Workshop on Dielectrics in Microelectronics (WODIM 2018), 117 (2018)
- (9) **Impact of Resistive Open and Bridge Defects on the SET Robustness of Standard CMOS Combinational Logic**
M. Andjelkovic, Z. Stamenkovic, M. Krstic, R. Kraemer
Proc. 16th IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS 2018), 28 (2018)
- (10) **Modeling of SET Generation in Standard CMOS Logic Gates**
M. Andjelkovic, M. Krstic, R. Kraemer
Proc. 14th International School on the Effects of Radiation on Embedded Systems for Space Applications (SERESSA 2018), abstr. (2018)
- (11) **Study of the Operation and SET Robustness of a CMOS Pulse Stretching Circuit**
M. Andjelkovic, M. Krstic, R. Kraemer
Microelectronics Reliability **82**, 100 (2018)
- (12) **Use of Decoupling Cells for Mitigation of SET Effects in CMOS Combinational Gates**
M. Andjelkovic, M. Babic, Y. Li, O. Schrape, M. Krstic, R. Kraemer
Proc. 25th IEEE International Conference on Electronics Circuits and Systems (ICECS 2018), 361 (2018)
- (13) **An Energy Consumption Model for MultiModal Wireless Sensor Networks based on Wake-up Radio Receivers**
J. Aranda, M. Schölzel, D. Mendez, H. Carrillo
Proc. 11th IEEE Colombian Conference on Communications and Computing (COLCOM 2018), (2018)
- (14) **A Linear Differential Transimpedance Amplifier for 100 Gb/s Integrated Coherent Optical Fiber Receivers**
A. Awny, R. Nagulapalli, M. Kroh, J. Hoffmann, P. Runge, D. Micusik, G. Fischer, A.C. Ulusoy, M. Ko, D. Kissinger
IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques **66**(2), 973 (2018)
- (15) **Aspects of Library Characterization of Digital Standard Cells with Complex Circuit Topology**
A. Balashov, O. Schrape
Proc. CDNLive Cadence User Conference 2018, (2018)
- (16) **High Performance Thermistor Based on Si_(1-x)Ge_x/Si Multi Quantum Wells**
C. Baristiran Kaynak, Y. Yamamoto, A. Göritz, F. Korndörfer, P. Zaumseil, P. Kulse, K. Schulz, M. Wietstruck, A. Shafique, Y. Gurbuz, M. Kaynak
IEEE Electron Device Letters **39**(5), 753 (2018)
- (17) **Pixel Resistance Optimization of a Si_{0.5}Ge_{0.5}/Si MQWs Thermistor Based on In-Situ B Doping for Microbolometer Applications**
C. Baristiran Kaynak, Y. Yamamoto, A. Göritz, F. Korndörfer, P. Zaumseil, P. Kulse, K. Schulz, M. Wietstruck, I. Costina, A. Shafique, Y. Gurbuz, M. Kaynak
Proc. SPIE Defense+Commercial Sensing **10624**, 10624E1 (2018)
- (18) **Si_(1-x)Ge_x/Si MQW Based Uncooled Microbolometer Development and Integration into 130 nm BiCMOS Technology**
C. Baristiran Kaynak, Y. Yamamoto, A. Göritz, F. Korndörfer, P. Zaumseil, P. Kulse, K. Schulz, M. Fraschke, St. Marschmeyer, T. Wolansky, M. Wietstruck, A. Shafique, Y. Gurbuz, M. Kaynak
ECS Transactions **86**(7), 373 (2018)
- (19) **Effect of the Number of Quantum Wells on SiGe/Si Based Thermistor Performance**
C. Baristiran Kaynak, Y. Yamamoto, A. Göritz, F. Korndörfer, M. Wietstruck, A. Shafique, Y. Gurbuz, M. Kaynak
Proc. 50th International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2018), 1225 (2018)
- (20) **Single Crystalline SiGe/Si MQW Thermistor for Uncooled Microbolometers**
C. Baristiran Kaynak, Y. Yamamoto, A. Göritz, P. Zaumseil, P. Kulse, K. Schulz, M. Wietstruck, A. Shafique, Y. Gurbuz, M. Kaynak
Proc. 1st Joint Conference International SiGe Technology and Device Meeting and International Conference on Silicon Epitaxy and Heterostructures (ISTDM/ICSI 2018), 73 (2018)
- (21) **Dynamic SIMS, Spectroscopic Ellipsometry and X-Ray Diffractometry Analysis of SiGe HBTs with Ge Grading**
F. Bärwolf, O. Fursenko, P. Zaumseil, Y. Yamamoto
Semiconductor Science and Technology **34**(1), 014005 (2018)

- (22) **SiGe Graded HBT Analysis by DSIMS, Spectroscopic Ellipsometry and X-Ray Diffractometry**
F. Bärwolf, O. Fursenko, P. Zaumseil, Y. Yamamoto
Proc. 1st Joint Conference International SiGe Technology and Device Meeting and International Conference on Silicon Epitaxy and Heterostructures (ISTDM/ICSI 2018), 287 (2018)
- (23) **Substrate Integrated Waveguides for mm-wave Functionalized Silicon Interposer**
M. Bertrand, E. Pistono, G. Aciri, D. Kaddour, F. Podevin, V. Puyal, S. Tolunay Wipf, Ch. Wipf, M. Wietstruck, M. Kaynak, P. Ferrari
Proc. IEEE MTT-S International Microwave Symposium (IMS 2018), 875 (2018)
- (24) **Planar Semiconductor THz Antennas using Spoof Plasmons for Surface Sensing**
M. Bettenhausen, F. Römer, B. Witzigmann, J. Flesch, J. Piehler, C. You, M. Kazmierczak, S. Guha, G. Capellini, T. Schroeder
Proc. IEEE MTT-S International Microwave Symposium (IMS 2018), 236 (2018)
- (25) **Germanium Plasmon Enhanced Resonators for Label-Free Terahertz Protein Sensing**
M. Bettenhausen, F. Römer, B. Witzigmann, J. Flesch, J. Piehler, C. You, M. Kazmierczak, S. Guha, G. Capellini, T. Schroeder
Frequenz: Journal of RF-Engineering and Telecommunications **72**(3-4), 113 (2018)
- (26) **Contactless Parametric Characterization of Bandgap Engineering in FinFETs using Spectral Photon Emission**
A. Beyreuther, I. Vogt, T. Nakamura, G.G. Fischer, B. Motamedi, C. Boit
Proc. IEEE International Symposium on the Physical and Failure Analysis of Integrated Circuits (IPFA 2018), (2018)
- (27) **Low-Complexity Framework for Movement Classification Using Body-Worn Sensors**
D. Biswas, K. Maharatna, G. Panic, E.B. Mazomenos, J. Achner, J. Klemke, M. Jöbges, St. Ortmann
Proc. IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS 2018), (2018)
- (28) **Real-World Deployments of Sensor Networks: Practical Lessons for Researchers**
M. Brzozowski, M. Froberg, P. Langendörfer
Proc. 16th International Conference on Wired and Wireless Internet Communications (WWIC 2018), 42 (2018)
- (29) **Gate Stack and Ni(SiGeSn) Metal Contacts Formation on Low Bandgap Strained (Si)Ge(Sn) Semiconductors**
D. Buca, C. Schulte-Braucks, N. von den Driesch, A.T. Tiedemann, U. Breuer, J.M. Hartmann, P. Zaumseil, S. Mantl, Q.T. Zhao
Proc. 18th International Workshop on Junction Technology (IWJT 2018), (2018)
- (30) **A D-band SPDT Switch Utilizing Reverse-Saturated SiGe HBTs for Dicke-Radiometers**
B. Cetindogan, B. Ustundag, E. Turkmen, M. Wietstruck, M. Kaynak, Y. Gurbuz
Proc. 11th German Microwave Conference (GeMiC 2018), 47 (2018)
- (31) **A Modular Phased Array Transceiver with RF-MEMS SPDT Switches in a 0.25 μm SiGe BiCMOS Technology**
T. Chaloun, F. Tabarani, S. Tolunay Wipf, M. Kaynak, H. Schumacher, W. Menzel
Proc. 12th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP 2018), (2018)
- (32) **A Flexible Approach Towards Silicon-Graphene Heterojunction Transistors**
C.A. Chavarin, C. Strobel, J. Kitzmann, M. Lukosius, M. Albert, B. Leszczynska, S.S. Leszczynski, J.W. Bartha, Ch. Wenger
Proc. 48th European Microwave Week (EuMW 2018) - Special session F - FFlexCom, 729 (2018)
- (33) **Current Modulation of a Heterojunction Structure by an Ultra-Thin Graphene Base Electrode**
C.A. Chavarin, C. Strobel, J. Kitzmann, A. Di Bartolomeo, M. Lukosius, M. Albert, J.W. Bartha, Ch. Wenger
Materials **11**(3), 345 (2018)
- (34) **Engineering of Cross-Layer Fault Tolerance In Multiprocessing Systems**
J.-C. Chen, M. Krstic
Proc. 8th Biannual European - Latin American Summer School on Design, Test and Reliability (BELAS 2018), (2018)
- (35) **SiGe BiCMOS Current Status and Future Trends in Europe**
P. Chevalier, W. Liebl, H. Rücker, A. Gauthier, D. Manger, B. Heinemann, G. Avenier, J. Böck
Proc. IEEE BiCMOS and Compound Semiconductor Integrated Circuits and Technology Symposium (BCICTS 2018), 64 (2018)
- (36) **Modeling Depletion-Type Si Ring Modulators**
W.-Y. Choi, M. Kim, M. Shin, B. Yu, Ch. Mai, St. Lischke, L. Zimmermann
Proc. 23rd OptoElectronics and Communications Conference (OECC 2018), 3D2-1 (2018)
- (37) **Si Electronic-Photonic Integrated Circuits for Realization of Single-Chip Optical Single-Sideband Modulators**
W.-Y. Choi, B.-M. Yu, J.-M. Lee, Ch. Mai, St. Lischke, L. Zimmermann
Proc. 40th Progress In Electromagnetics Research Symposium (PIERS 2018), 721 (2018)
- (38) **Electrical Characterization of N-Doped SiGeSn Diodes with High Sn Content**
C.J. Clausen, I.A. Fischer, D. Weißhaupt, M. Oehme, F. Bärwolf, B. Tillack, G. Colston, M. Myronov, J. Schulze
Semiconductor Science and Technology **33**, 124017 (2018)
- (39) **Characterization of Fabricated Devices with High Si/Sn Content and N-Doped SiGeSn**
C.J. Clausen, I.A. Fischer, M. Oehme, G. Capellini, J. Schulze
Proc. 1st Joint Conference International SiGe Technology and Device Meeting and International Conference on Silicon Epitaxy and Heterostructures (ISTDM/ICSI 2018), 235 (2018)
- (40) **Dual-Polarization Wavelength Conversion of 16-QAM Signals in a Single Silicon Waveguide with Lateral p-i-n Diode**
F. Da Ros, E. Liebig, A. Gajda, E.P. da Silva, A. Peczek, P.D. Girouard, A. Mai, K. Petermann, L. Zimmermann, M. Galili, L.K. Oxenløwe
Photonics Research **6**(5), B23 (2018)
- (41) **Nonlinearity Compensation for Dual-Polarization Signals using Optical Phase Conjugation in a Silicon Waveguide**
F. Da Ros, E.P. da Silva, A. Gajda, P.M. Kaminski, V. Cristofori, A. Peczek, A. Mai, K. Petermann, L. Zimmermann, L.K. Oxenløwe, M. Galili
Proc. Conference on Lasers and Electro-Optics® (CLEO 2018), STu4C.1 (2018)
- (42) **Modeling of Materials for Silicon-Compatible Microelectronics**
J. Dabrowski, G. Kissinger, G. Lippert, G. Lupina, M. Lukosius, P. Sana, T. Schroeder
Proc. NIC Symposium (NiC Series) **49**, 239 (2018)

- (43) **Automation of Electro-Thermal Simulations Based on Thermal Conductivity Optimization**
A. Datsuk, M. Kaynak, T. Krupkina
Proc. 19th International Conference on Thermal, Mechanical and Multi-Physics Simulation and Experiments in Microelectronics and Microsystems (EuroSimE 2018), (2018)
- (44) **Electro-Thermal Simulation of a Bandgap**
A. Datsuk, A. Balashov, V. Timoshenkov, T. Krupkina
Proc. 8th All-Russia Science & Technology Conference "Problems of Advanced Micro- and Nanoelectronic Systems Development" (MES 2018), 189 (2018)
- (45) **Effects of Consecutive Irradiation and Bias Temperature Stress in P-Channel Power Vertical Double-Diffused Metal Oxide Semiconductor Transistors**
V. Davidovic, D. Dankovic, A. Ilic, I. Manic, S. Golubovic, S. Djoric-Veljovic, Z. Prijic, A. Prijic, N. Stojadinovic
Japanese Journal of Applied Physics Pt. 1 **57**(4), 044101 (2018)
- (46) **Graphene/Silicon Schottky Diodes for Photodetection**
A. Di Bartolomeo, G. Luongo, L. Iemmo, F. Giubileo, G. Niu, G. Lupina, T. Schroeder
Proc. 12th IEEE Nanotechnology Materials and Devices Conference (NMDC 2017), 45 (2018)
- (47) **Dynamic Gallager-Humblett-Spira Algorithm for Wireless Sensor Networks**
S. Diaz, D. Mendez, M. Schölzel
Proc. 11th IEEE Colombian Conference on Communications and Computing (COLCOM 2018), (2018)
- (48) **Design of Low-Bit Robust Analog-to-Digital Converters for Signals with Gaussian Distribution**
M. Dincic, Z. Peric, D. Denic, Z. Stamenkovic
Proc. 21st IEEE International Symposium on Design and Diagnostics of Electronic Circuits and Systems (DDECS 2018), 123 (2018)
- (49) **Filament Growth and Resistive Switching in Hafnium Oxide Memristive Devices**
S. Dirkmann, J. Kaiser, Ch. Wenger, Th. Mussenbrock
ACS Applied Materials & Interfaces **10**(17), 14857 (2018)
- (50) **Dual-Resonator Lamb Wave Strain Sensor with Temperature Compensation and Enhanced Sensitivity**
S. Dou, J. Cao, H. Zhou, C. Chen, Y. Wang, X. Mu, J. Yang, D. Wang, Z. Shang
Applied Physics Letters **113**(9), 093502 (2018)
- (51) **High-Temperature High-Sensitivity AlN-on-SOI Lamb Wave Resonant Strain Sensor**
S. Dou, M. Qi, C. Chen, H. Zhou, Y. Wang, Z. Shang, J. Yang, D. Wang, X. Mu
AIP Advances **8**(6), 065315 (2018)
- (52) **Implementation and Analysis of Methods for Error Detection and Correction on FPGA**
M. Dug, M. Krstic, D. Jokic
Proc. 15th IFAC Conference on Programmable Devices and Embedded Systems (PDeS 2018), (2018)
- (53) **Field-Driven Hopping Transport of Oxygen Vacancies in Memristive Oxide Switches with Interface-Mediated Resistive Switching**
N. Du, N. Manjunath, Y. Li, S. Menzel, E. Linn, R. Waser, T. You, D. Bürger, I. Skorupa, D. Walczyk, C. Walczyk, O.G. Schmidt, H. Schmidt
Physical Review Applied **10**(5), 054025 (2018)
- (54) **Flexible FPGA ECDSA Design with a Field Multiplier Inherently Resistant against HCCA**
Z. Dyka, D. Kreiser, I. Kabin, P. Langendörfer
Proc. International Conference on Reconfigurable Computing and FPGAs (ReConFig 2018), (2018)
- (55) **A 216 - 256 GHz Fully Differential Frequency Multiplier-by-8 Chain with 0 dBm Output Power**
M.H. Eissa, A. Malignaggi, M. Ko, K. Schmalz, J. Borngräber, A.C. Ulusoy, D. Kissinger
EuMA International Journal of Microwave and Wireless Technologies **10**(5-6), 562 (2018)
- (56) **Modular Wideband 1 - 15 GHz Transmitter Channelizer for High Data Rate Communication**
M.H. Eissa, A. Malignaggi, G. Panic, L. Lopacinski, R. Kraemer, D. Kissinger
Proc. 11th Global Symposium on Millimeter-Waves (GSMM 2018), (2018)
- (57) **Wideband 240-GHz Transmitter and Receiver in BiCMOS Technology with 25-Gbit/s Data Rate**
M.H. Eissa, A. Malignaggi, R. Wang, M. Elkhouly, K. Schmalz, A.C. Ulusoy, D. Kissinger
IEEE Journal of Solid State Circuits **53**(9), 2532 (2018)
- (58) **Record High Pockels Coefficient in PIC-Compatible BaTiO₃/Si Photonic Devices**
F. Eltes, J.E. Ortmann, D. Urbonas, D. Caimi, L. Czornomaz, Ch. Mai, L. Zimmermann, J. Fompeyrine, S. Abel
Proc. European Conference on Optical Communication (ECOC 2018), (2018)
- (59) **A Novel Adaptive Golay Correlator Synchronizer for IEEE 802.11ad Indoor mmWave Systems**
A. El-Yamany, M. Petri
Proc. URSI International Symposium on Signals, Systems and Electronics (ISSSE 2018), (2018)
- (60) **An Adaptive IEEE 802.11ad Indoor mmWave Inner-Receiver Architecture**
A. El-Yamany, M. Petri
Proc. URSI International Symposium on Signals, Systems and Electronics (ISSSE 2018), (2018)
- (61) **A Comparison of Two Frequency Synthesizer Architectures in SiGe BiCMOS for FMCW Radar**
A. Ergintav, F. Herzel, A. Mushtaq, W. Debski, H.J. Ng, D. Kissinger
Proc. 22nd International Microwave and Radar Conference (MIKON 2018), 441 (2018)
- (62) **An Investigation of Phase Noise of a Fractional-N PLL in the Course of FMCW Chirp Generation**
A. Ergintav, F. Herzel, D. Kissinger, H.J. Ng
Proc. IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS 2018), (2018)
- (63) **Considerations on the Design Methodology for an Integrated Gate Driver**
N. Fiebig, G. Fischer, P. Ostrovskyy, D. Kissinger
Proc. 16. GMM/ITG Fachtagung - Entwicklung von Analogschaltungen mit CAE-Methoden (ANALOG 2018), 131 (2018)
- (64) **Antenna and Package Design for 61- and 122-GHz Radar Sensors in Embedded Wafer-Level Ball Grid Array Technology**
M. Frank, T. Reissland, F. Lurz, M. Voelkel, F. Lambrecht, S. Kiefl, P. Ghesquiere, H.J. Ng, D. Kissinger, R. Weigel, A. Koelpin
IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques **66**(12), 5156 (2018)
- (65) **Test-Framework zur softwarebasierten Fehlerinjektion, -stimulation und Protokollierung von WSN-Anwendungen**
M. Froberg, S. Reinhold, P. Poppe, M. Schölzel
Proc. 17. GI/ITG KuVS Fachgespräch Sensornetze (FGSN 2018), 39 (2018)

- (66) **Silicon Waveguide with Lateral p-i-n Diode for Nonlinearity Compensation by On-Chip Optical Phase Conjugation**
A. Gajda, F. Da Ros, A. Peczek, E. Liebig, M. Galili, L. Zimmermann, K. Petermann
Proc. Optical Fiber Communications Conference and Exposition (OFC 2018), W3E.4 (2018)
- (67) **A DC-75 GHz Bandwidth and 54 dB Ω Gain TIA with 10.5 pA/ $\sqrt{\text{Hz}}$ in 130 nm SiGe:C BiCMOS**
I. García Lopez, P. Rito, A. Awny, M. Ko, D. Kissinger, A.C. Ulusoy
IEEE Microwave and Wireless Components Letters **28**(1), 61 (2018)
- (68) **100 Gb/s Differential Linear TIAs with less than 10 pA/ $\sqrt{\text{Hz}}$ in 130 nm SiGe:C BiCMOS**
I. Garcia Lopez, A. Awny, P. Rito, M. Ko, A.C. Ulusoy, D. Kissinger
IEEE Journal of Solid State Circuits **53**(2), 458 (2018)
- (69) **Monolithically Integrated Si Photonics Transmitters in 0.25 μm BiCMOS Platform for High-Speed Optical Communications**
I. Garcia Lopez, R. Pedro, D. Petousi, St. Lischke, D. Knoll, M. Kroh, L. Zimmermann, M. Ko, A.C. Ulusoy, D. Kissinger
Proc. IEEE MTT-S International Microwave Symposium (IMS 2018), 1312 (2018)
- (70) **Prolonged Corrosion Stability of a Microchip Sensor Implant during In Vivo Exposure**
P. Glogener, M. Krause, J. Katzer, M.A. Schubert, M. Birkholz, O. Bellmann, C. Kröger-Koch, H.M. Hammon, C. Metges, C. Welsch, R. Ruff, K.P. Hoffmann
Biosensors (MDPI) **8**(1), 13 (2018)
- (71) **An Automated Test Equipment for Characterization of Emerging MRAM and RRAM Arrays**
A. Grossi, C. Zambelli, P. Olivo, P. Pellati, M. Ramponi, Ch. Wenger, J. Alvarez-Herault, K. Mackay
IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing **6**(2), 269 (2018)
- (72) **Impact of the Precursor Chemistry and Process Conditions on the Cell-to-Cell Variability in 1T-1R based HfO₂ RRAM Devices**
A. Grossi, E. Perez, C. Zambelli, P. Olivo, E. Miranda, R. Roelofs, J. Woodruff, P. Raisanen, W. Li, M. Givens, I. Costina, M.A. Schubert, Ch. Wenger
Scientific Reports **8**, 11160 (2018)
- (73) **Performance Evaluation of a 220-260 GHz LO Tunable BPSK/QPSK Wireless Link in SiGe HBT Technology**
J. Grzyb, P. Rodriguez Vazquez, N. Sarmah, B. Heinemann, U.R. Pfeiffer
Proc. 48th European Microwave Conference (EuMC 2018), 1397 (2018)
- (74) **Integrated Systems-in-Package**
A. Hagelauer, M. Wojnowski, K. Pressel, R. Weigel, D. Kissinger
IEEE Microwave Magazine **19**(1), 48 (2018)
- (75) **Statistical Properties and Variations of LOS MIMO Channels at Millimeter Wave Frequencies**
T. Hälsig, D. Cvetkovski, E. Grass, B. Lankl
Proc. 22nd International ITG Workshop on Smart Antennas (WSA 2018), 1 (2018)
- (76) **Design and Characterization of a Differential Microstrip Patch Antenna Array at 122 GHz**
R. Hasan, W.A. Ahmad, J.H. Lu, D. Kissinger, H.J. Ng
Proc. 12th IEEE Radio and Wireless Week (RWW 2018), 28 (2018)
- (77) **Gate-Controlled Quantum Dots and Superconductivity in Planar Germanium**
N.W. Hendrickx, D.P. Franke, A. Sammak, M. Kouwenhoven, D. Sabbagh, L. Yeoh, R. Li, M.L.V. Tagliaferri, M. Virgilio, G. Capellini, G. Scappucci, M. Veldhorst
Nature Communications **9**, 2835 (2018)
- (78) **A 15-50 GHz Multiplexer Circuit in 130 nm SiGe BiCMOS Technology for Ultra-Wide Frequency Ramps in FMCW Radar**
F. Herzel, A. Ergintav, J. Borngräber, D. Kissinger
Proc. IEEE Nordic Circuits and Systems Conference (NORCAS 2018), 103 (2018)
- (79) **Analysis of Ranging Precision in an FMCW Radar Measurement using a Phase-Locked Loop**
F. Herzel, D. Kissinger, H.J. Ng
IEEE Transactions on Circuits and Systems I **65**(2), 783 (2018)
- (80) **Design of a 28-32 GHz Low-Noise PLL with Automatic Frequency Calibration**
F. Herzel, A. Ergintav, U. Jagdhold, D. Kissinger
Proc. 16. GMM/ITG-Fachtagung - Entwicklung von Analschaltungen mit CAE-Methoden (ANALOG 2018), 57 (2018)
- (81) **Error Analysis of Target Angle and Angular Velocity in a PLL-Based FMCW Radar Measurement**
F. Herzel, D. Kissinger
Proc. 15th European Radar Conference (EuRAD 2018), 67 (2018)
- (82) **A 128-Pixel 0.56 THz Sensing Array for Real-Time Near-Field Imaging in 0.13 μm SiGe BiCMOS**
P. Hillger, R. Jain, J. Grzyb, L. Mavarani, B. Heinemann, G. Mac Grogan, P. Mounaix, T. Zimmer, U. Pfeiffer
Proc. IEEE International Solid-State Circuits Conference (ISSCC 2018), 418 (2018)
- (83) **30 GHz-Voltage Controlled Oscillator Operating at 4 K**
A. Hollmann, D. Jirovec, M. Kucharski, D. Kissinger, G. Fischer, L.R. Schreiber
Review of Scientific Instruments **89**(11), 114701 (2018)
- (84) **A Compensation Scheme for Non-Ideal Circuit Effects in Biomedical Impedance Sensor**
Y. Hong, W.L. Goh, Y. Wang
Analog Integrated Circuits and Signal Processing **95**(3), 473 (2018)
- (85) **A Hetero-Integrated W-Band Transmitter Module in InP-on-BiCMOS Technology**
M. Hossain, M.H. Eissa, M. Hrobak, D. Stoppel, N. Weimann, A. Malignaggi, A. Mai, D. Kissinger, W. Heinrich, V. Krozer
Proc. 48th European Microwave Week (EuMW 2018), 97 (2018)
- (86) **High-Power Radiation at 1 THz in Silicon: A Fully Scalable Array Using a Multi-Functional Radiating Mesh Structure**
Z. Hu, M. Kaynak, R. Han
IEEE Journal of Solid State Circuits **53**(5), 1313 (2018)
- (87) **Packet Merging-Driven Tree Construction in Wireless Sensor Networks**
A. Ilic, M. Schölzel
Proc. 17. GI/ITG KuVS Fachgespräch Sensornetze (FGSN 2018), 19 (2018)
- (88) **The Effect of Surface Optimization on Post-Grinding Yield of 200 mm Wafer Level Packaging Applications**
M. Inac, M. Wietstruck, A. Göritz, B. Cetindogan, C. Baristiran Kaynak, M. Lisker, A. Krueger, U. Saarow, P. Heinrich, T. Voss, K. Altin, M. Kaynak
Proc. Electronics System-Integration Technology Conference (ESTC 2018), 53 (2018)
- (89) **A Low-Power K-Band Colpitts VCO with 30% Tuning Range in 130 nm SiGe BiCMOS Technology**
F.I. Jamal, J. Wessel, D. Kissinger
Proc. 19th IEEE Topical Meeting on Silicon Monolithic Integrated Circuits in RF Systems (SiRF 2018), 37 (2018)

- (90) **A Fully Integrated Low-Power 30 GHz Complex Dielectric Sensor in a 0.25 μm BiCMOS Technology**
F.I. Jamal, S. Guha, M.H. Eissa, J. Wessel, D. Kissinger
IEEE Journal of Electromagnetics, RF, and Microwaves in Medicine and Biology **2**(3), 163 (2018)
- (91) **Scanning Microwave Microscopy of Buried CMOS Interconnect Lines with Nanometer Resolution**
X. Jin, K. Xiong, R. Marstell, N.C. Strandwitz, J.C.M. Hwang, M. Farina, A. Göritz, M. Wietstruck, M. Kaynak
International Journal of Microwave and Wireless Technologies (IJMWT) **10**, 556 (2018)
- (92) **Comments On: Constant Time Modular Inversion**
I. Kabin, Z. Dyka, D. Kreiser, P. Langendörfer
Proc. 29th Crypto-Day 2018, 1 (2018)
- (93) **FPGA Implementation of ECC: Low-Cost Countermeasure against Horizontal Bus and Address-Bit SCA**
I. Kabin, D. Kreiser, Z. Dyka, P. Langendörfer
Proc. International Conference on Reconfigurable Computing and FPGAs (ReConFig 2018), (2018)
- (94) **Horizontal Address-Bit DEMA against ECDSA**
I. Kabin, Z. Dyka, D. Kreiser, P. Langendörfer
Proc. 9th IFIP International Conference on New Technologies, Mobility & Security (NTMS 2018), (2018)
- (95) **Improving DEMA Attack Results using Different Compression Methods**
I. Kabin, Z. Dyka, D. Kreiser, P. Langendörfer
Proc. 27th Crypto-Day 2018, (2018)
- (96) **Low-Cost and High Efficient Horizontal Attacks against ECDSA**
I. Kabin, Z. Dyka, D. Kreiser, P. Langendörfer
Proc. 27th Crypto-Day 2018, (2018)
- (97) **Low-Cost Countermeasure against Horizontal Bus and Address-Bit SCA**
I. Kabin, Z. Dyka, D. Kreiser, P. Langendörfer
Proc. 29th Crypto-Day 2018, (2018)
- (98) **Methods for Increasing the Resistance of Cryptographic Designs against Horizontal DPA Attacks**
I. Kabin, Z. Dyka, D. Kreiser, P. Langendörfer
Proc. 19th International Conference on Information and Communications Security (ICICS 2017), in: Information and Communications Security, Springer, LNCS **10631**, 225 (2018)
- (99) **Unified Field Multiplier for ECC: Inherent Resistance against Horizontal SCA Attacks**
I. Kabin, Z. Dyka, D. Kreiser, P. Langendörfer
Proc. 13th IEEE International Conference on Design & Technology of Integrated Systems in Nanoscale Era (DTIS 2018), (2018)
- (100) **Atomic Layer Deposited Solid Sources for Doping of High Aspect Ratio Semiconductor Structures**
B. Kalkofen, M. Šilinskas, M. Lisker, E.P. Burte
Proc. 18th International Workshop on Junction Technology (IWJT 2018), (2018)
- (101) **Atomic Layer Deposition of Oxide Films as Solid Sources for Doping of High Aspect Ratio Semiconductor Structures**
B. Kalkofen, M. Šilinskas, M. Lisker, E.P. Burte
Proc. 20th Workshop on Dielectrics in Microelectronics (WODIM 2018), 93 (2018)
- (102) **Atomic Layer Deposition of Phosphorus Oxide Films as Solid Sources for Doping of Semiconductor Structures**
B. Kalkofen, B. Ahmed, S. Beljakowa, M. Lisker, Y.S. Kim, E.P. Burte
Proc. IEEE International Conference on Nanotechnology (IEEE NANO 2018), (2018)
- (103) **Stable and Selective Self-Assembly of α -Lipoic Acid on Ge(001) Surface for Biomolecule Immobilization**
M. Kazmierczak, J. Flesch, J. Mitzloff, G. Capellini, W.M. Klesse, O. Skibitzki, C. You, M. Bettenhausen, B. Witzigmann, J. Piehler, T. Schroeder, S. Guha
Journal of Applied Physics **123**, 175305 (2018)
- (104) **Disruptive Events in High-Density Cellular Networks**
H.P. Keeler, B. Jahnel, O. Maye, D. Aschenbach, M. Brzozowski
Proc. 16th Workshop on Spatial Stochastic Models for Wireless Networks (SpaSWiN 2018), (2018)
- (105) **A Large-Signal Equivalent Circuit for Depletion-Type Silicon Ring Modulators**
M. Kim, M. Shin, M.-H. Kim, B.-M. Yu, Ch. Mai, St. Lischke, L. Zimmermann, W.-Y. Choi
Proc. Optical Fiber Communications Conference and Exposition (OFC 2018), Th2A.13 (2018)
- (106) **Three-Dimensional Terahertz Tomography with Transistor-Based Signal Source and Detector Circuits Operating Near 300 GHz**
J. Kim, D. Yoon, J. Yun, K. Song, M. Kaynak, B. Tillack, J.S. Rhie
IEEE Transactions on Terahertz Science and Technology **8**(5), 482 (2018)
- (107) **Oxygen in Silicon: End of the Story?**
G. Kissinger, D. Kot, M.A. Schubert, J. Dabrowski, A. Sattler, T. Müller
ECS Transactions **86**(10), 61 (2018)
- (108) **Sensitive Millimeter-Wave/Terahertz Gas Spectroscopy Based on SiGe BiCMOS Technology**
D. Kissinger, N. Rothbart, K. Schmalz, J. Borngräber, H.-W. Hübers
Proc. 43rd International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves (IRMMW-THz 2018), (2018)
- (109) **On the Impact of Deposited Nitride Layers on Oxide Precipitation in Czochralski Silicon**
G. Kissinger, D. Kot, T. Grabolla, T. Müller, A. Sattler
Proc. 8th Forum on the Science and Technology of Silicon Materials 2018, 27 (2018)
- (110) **Dielectrophoretic Immobilisation of Nanoparticles as Isolated Singles in Regular Arrays**
X. Knigge, Ch. Wenger, F.F. Bier, R. Hölzl
Journal of Physics D: Applied Physics **51**(6), 065308 (2018)
- (111) **110 - 135 GHz SiGe BiCMOS Frequency Quadrupler Based on a Single Gilbert Cell**
M. Ko, M.H. Eissa, J. Borngräber, A.C. Ulusoy, D. Kissinger
Proc. 48th European Microwave Conference (EuMIC 2018), 101 (2018)
- (112) **Comparison of Time-Gated Surface-Enhanced Raman Spectroscopy (TG-SERS) and Classical SERS Based Monitoring of Escherichia Coli Cultivation Samples**
M. Kögler, A. Paul, E. Anane, M. Birkholz, A. Bunker, T. Viitala, M. Maiwald, S. Junne, P. Neubauer
Biotechnology Progress **34**(6), 1533 (2018)
- (113) **Layout Based Electro-Thermal Simulation Setup**
F. Korndörfer, A. Datsuk, M. Kaynak
Proc. 19th IEEE Topical Meeting on Silicon Monolithic Integrated Circuits in RF Systems (SiRF 2018), 68 (2018)
- (114) **Comparison of Experimental and Modeling Results on VO_n Formation at Ultra-High Temperature in Silicon**
D. Kot, G. Kissinger, J. Dabrowski, A. Sattler
Proc. 8th Forum on the Science and Technology of Silicon Materials 2018, 211 (2018)

- (115) **VO_n Complexes in RTA Treated Czochralski Silicon Wafers Investigated by FTIR Spectroscopy**
D. Kot, G. Kissinger, J. Dabrowski, A. Sattler
ECS Journal of Solid State Science and Technology 7(12), P707 (2018)
- (116) **VO_n Complexes in RTA Treated Czochralski Silicon Wafers Investigated by FTIR Spectroscopy**
D. Kot, G. Kissinger, J. Dabrowski, A. Sattler
ECS Transactions 86(10), 95 (2018)
- (117) **A Low-Power VCSEL Driver in a Complementary SiGe:C BiCMOS Technology**
M. Ko, A.C. Ulusoy, D. Kissinger
Proc. 19th IEEE Topical Meetings on Silicon Monolithic Integrated Circuits in RF Systems (SiRF 2018), 45 (2018)
- (118) **HCCA against Montgomery kP Design**
D. Kreiser, Z. Dyka, I. Kabin, C. Wittke, P. Langendörfer
Proc. 29th Crypto-Day 2018, (2018)
- (119) **Implementation of a Latency Optimized ECC-Design**
D. Kreiser, I. Kabin, Z. Dyka, C. Wittke, P. Langendörfer
Proc. 27th Crypto-Day 2017, (2018)
- (120) **Low-Energy Key Exchange for Automation Systems**
D. Kreiser, Z. Dyka, I. Kabin, P. Langendörfer
Proc. 13th IEEE International Conference on Design & Technology of Integrated Systems in Nanoscale Era (DTIS 2018), (2018)
- (121) **64 Gbd Monolithically Integrated Coherent QPSK Single Polarization Receiver in 0.25 μm SiGe-Photonic Technology**
Ch. Kress, S. Gudyriev, H. Zwickel, J.N. Kemal, St. Lischke, L. Zimmermann, Ch. Koos, J.Ch. Scheytt
Proc. Optical Fiber Communications Conference and Exposition (OFC 2018), Th4A.6 (2018)
- (122) **Analysis of PSSS Modulation for Optimization of DAC Bit Resolution for 100 Gbps Systems**
K. KrishneGowda, L. Wimmer, A.R. Javed, A. Wolf, Ch. Scheytt, R. Kraemer
Proc. 15th International Symposium on Wireless Communication Systems (ISWCS 2018), (2018)
- (123) **High-Speed Channel Equalization Scheme for 100 Gbps System**
K. KrishneGowda, R. Kraemer, A.C. Wolf, E.R. Bammidhi
Proc. 19th International Conference on Industrial Technology (ICIT 2018), (2018)
- (124) **100 Gbps and Beyond: Hardware in the Loop Experiments with PSSS Modulation using 230 GHz RF Frontend**
K. KrishneGowda, P. Rodríguez-Vázquez, A. Wolf, J. Grzyb, U.R. Pfeiffer, R. Kraemer
Proc. 15th IEEE Workshop on Positioning, Navigation and Communications (WPNC 2018), (2018)
- (125) **PSSS Transmitter for a 100 Gbps Data Rate Communication in THz Frequency Band**
K. KrishneGowda, A.R. Javed, L. Wimmer, A.C. Wolf, Ch. Scheytt, R. Kraemer
Proc. 26th Telecommunications Forum (TELFOR 2018), 17 (2018)
- (126) **Power/Area-Optimized Fault Tolerance for Safety Critical Applications**
M. Krstic, A. Simevski, M. Ulbricht, S. Weidling
Proc. IEEE International On-Line Testing Symposium (IOLTS 2018), 123 (2018)
- (127) **Reliability, Safety and Security of the Electronics in Automated Driving Vehicles – Joint Lab Lecturing Approach**
M. Krstic, A. Jentzsch
Proc. 12th European Workshop on Microelectronics Education (EWME 2018), (2018)
- (128) **Comparison of Silica- and Ceria-Slurry for Direct STI-CMP**
A. Krüger, A. Trusch, M. Lisker
Proc. IEEE International Conference on Planarization/CMP Technology (ICPT 2018), (2018)
- (129) **Investigation of Cleaning Processes after Tungsten-CMP**
A. Krüger, A. Trusch, M. Lisker
Proc. IEEE International Conference on Planarization/CMP Technology (ICPT 2018), (2018)
- (130) **A Monostatic E-Band Radar Transceiver with a Tunable TX-to-RX Leakage Canceler for Automotive Applications**
M. Kucharski, D. Kissinger, H.J. Ng
Proc. IEEE MTT-S International Microwave Symposium (IMS 2018), 591 (2018)
- (131) **A Universal Monolithic E-Band Transceiver for Automotive Radar Applications and V2V Communication**
M. Kucharski, D. Kissinger, H.J. Ng
Proc. 19th IEEE Topical Meeting on Silicon Monolithic Integrated Circuits in RF Systems (SiRF), 12 (2018)
- (132) **D-Band Frequency Quadruplers in BiCMOS Technology**
M. Kucharski, M.H. Eissa, A. Malignaggi, D. Wang, H.J. Ng, D. Kissinger
IEEE Journal of Solid State Circuits 53(9), 2465 (2018)
- (133) **Scalable 79- and 158-GHz Integrated Radar Transceivers in SiGe BiCMOS Technology**
M. Kucharski, H.J. Ng, D. Kissinger
Proc. 22nd International Microwave and Radar Conference (MIKON 2018), 449 (2018)
- (134) **I-Line Stepper Based Overlay Evaluation Method for Wafer Bonding Applications**
P. Kulse, K. Sasai, K. Schulz, M. Wietstruck
Proc. SPIE, 10585, 105852J-1 (2018)
- (135) **Heuristics for Page-Based Incremental Reprogramming of Wireless Sensor Nodes**
K. Lehniger, S. Weidling, M. Schölzel
Proc. 21st IEEE International Symposium on Design and Diagnostics of Electronic Circuits and Systems (DDECS 2018), 61 (2018)
- (136) **Modeling and Analysis of Single-Event Transient Sensitivity of a 65 nm Clock Tree**
Y.-Q. Li, L. Chen, I. Nofal, M. Chen, Q.-Y. Chen, R. Liu, H.-B. Wang, M. Krstic, S.-T. Shi, G. Guo, S.H. Baeg, S.-J. Wen, R. Wong
Microelectronics Reliability 87, 24 (2018)
- (137) **Wafer-Scale Fabrication of Recessed-Channel PtSe₂ MOSFETs with Low Contact Resistance and Improved Gate Control**
L. Li, K. Xiong, R.J. Marstell, A. Madjar, N.C. Strandwitz, J.C.M. Hwang, N. McEvoy, J.B. McManus, G.S. Duesberg, A. Göritz, M. Wietstruck, M. Kaynak
IEEE Transactions on Electron Devices 65(10), 4102 (2018)
- (138) **D-Band Surface-Wave Modulator and Signal Source with 40 dB Extinction Ratio and 3.7 mW Output Power in 65 nm CMOS**
Y. Liang, H. Yu, C.C. Boon, C. Li, D. Kissinger, Y. Wang
Proc. 44th European Solid-State Circuits Conference (ESSCIRC 2018), 142 (2018)
- (139) **On-Chip Terahertz Surface-Wave Transmission Line Based on Folded Strips**
Y. Liang, C.C. Boon, H. Yu, C. Ma, D. Kissinger, Y. Wang
Proc. 30th Asia-Pacific Microwave Conference (APMC 2018), 198 (2018)
- (140) **High-Performance Waveguide-Coupled Ge Photo Detectors for a Photonic BiCMOS Technology**
St. Lischke, D. Knoll, Ch. Mai, L. Zimmermann
Proc. 23rd OptoElectronics and Communications Conference (OECC 2018), Workshop 2-1-5 (2018)

- (141) **Contacting Graphene in a 200 mm Wafer Silicon Technology Environment**
M. Lisker, M. Lukosius, J. Kitzmann, M. Fraschke, D. Wolansky, S. Schulze, G. Lupina, A. Mai
Solid State Electronics 144, 17 (2018)
- (142) **Synthese und Technologieentwicklung für graphenbasierte Bauelemente**
M. Lisker, M. Lukosius, G. Lupina, J. Kitzmann, A. Wolff, A. Mai
Proc. EFDS-Workshop: Graphen und andere 2D Materialien (2018), (2018)
- (143) **Flip-Flop SEUs Mitigation through Partial Hardening of Internal Latch and Adjustment of Clock Duty Cycle**
Y.-Q. Li, A. Breitenreiter, M. Andjelkovic, O. Schrape, M. Krstic
Proc. 21st IEEE International Symposium on Design and Diagnostics of Electronic Circuits and Systems (DDECS 2018), (2018)
- (144) **Implementation of a Multi-Core Data Link Layer Processor for THz Communication**
L. Lopacinski, M.H. Eissa, G. Panic, M. Brzozowski, A. Hasani, R. Kraemer
Proc. 87th IEEE Vehicular Technology Conference (VTC 2018), (2018)
- (145) **Verbesserung des Durchsatzes und der Zuverlässigkeit von drahtlosen Ultrahochgeschwindigkeitskommunikationen auf Data Link Layer Ebene**
L. Lopacinski
Ausgezeichnete Informatikdissertationen 2017, Lecture Notes in Informatics (LNI), 1st Edition, Editors: S. Höllendobler et al., Gesellschaft für Informatik, 151 (2018)
- (146) **A 10/100 Ethernet Transceiver for Space Applications**
J. Lopez, J. Torreño, U. Gutierrez, P. Reviriego, E. Pun, A. Breitenreiter, Y. Li, M. Krstic
Proc. 7th International Workshop on Analogue and Mixed-Signal Integrated Circuits for Space Applications (AMICSA 2018), (2018)
- (147) **Single-Event Upset Mitigation in a Complementary SiGe HBT BiCMOS Technology**
N.E. Lourenco, A. Ildefonso, G.N. Tzintzarov, Z.E. Fleetwood, J.D. Cressler, K. Motoki, P. Paki, M. Kaynak
IEEE Transactions on Nuclear Science 65(1), 231 (2018)
- (148) **Growth of High-Quality Graphene for Photonics**
M. Lukosius, M. Lisker, G. Dziallas, J. Dabrowski, M. Fraschke, G. Lippert, A. Wolff, A. Mai, Ch. Wenger
Proc. 8th Graphene 2018, (2018)
- (149) **Electronic Properties of Graphene/p-Silicon Schottky Junction**
G. Luongo, A. Di Bartolomeo, F. Giubileo, C.A. Chavarin, Ch. Wenger
Journal of Physics D: Applied Physics 51(25), 255305 (2018)
- (150) **A Voltage-Time Model for Memristive Devices**
N. Lupo, E. Bonizzoni, E. Perez, Ch. Wenger, F. Maloberti
IEEE Transactions on Very Large Scale Integration (VLSI) Systems 26(8), 1452 (2018)
- (151) **An Approximated Verilog-A Model for Memristive Devices**
N. Lupo, E. Bonizzoni, E. Perez, Ch. Wenger, F. Maloberti
Proc. IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS 2018), (2018)
- (152) **Beamforming mmWave MIMO: Impact of Nonideal Hardware and Channel State Information**
N. Maletic, J. Gutiérrez Teran, E. Grass
Proc. 26th Telecommunications Forum (TELFOR 2018), 22 (2018)
- (153) **Device Localization using mmWave Ranging with Sub-6-Assisted Angle of Arrival Estimation**
N. Maletic, V. Sark, J. Gutiérrez Teran, E. Grass
Proc. 13th IEEE International Symposium on Broadband Multimedia Systems and Broadcasting (BMSB 2018), 128 (2018)
- (154) **Discrimination of Glioblastoma Cancer Stem Cells by Measuring their UHF-Dielectrophoresis Crossover Frequency**
R. Manczak, S. Saada, C. Dalmay, B. Bessette, G. Begaud, S. Battu, P. Blondy, M.O. Jauberteau, F. Lalloue, M. Inac, C. Baristiran Kaynak, M. Kaynak, C. Palego, A. Pothier
Proc. IEEE MTT-S International Microwave Bio Conference (IMBioC 2018), 130 (2018)
- (155) **High-Frequency Dielectrophoresis Characterization of Differentiated vs Undifferentiated Medulloblastoma Cells**
R. Manczak, S. Saada, M. Tanori, A. Casciati, C. Dalmay, B. Bessette, G. Begaud, S. Battu, P. Blondy, M.O. Jauberteau, C. Baristiran Kaynak, M. Kaynak, C. Palego, C. Merla, B. Tanno, M. Mancuso, F. Lalloue, A. Pothier
Proc. 1st EMF-Med World Conference on Biomedical Applications of Electromagnetic Fields (EMF-Med 2018), (2018)
- (156) **Tracking Cancer Cells with Microfluidic High Frequency DEP Cytometer Implemented on BiCMOS Lab-on-Chip Platform**
R. Manczak, F. Hjeij, T. Provent, S. Saada, C. Dalmay, B. Bessette, G. Begaud, S. Battu, P. Blondy, M.O. Jauberteau, F. Lalloue, M. Inac, C. Baristiran Kaynak, M. Kaynak, C. Palego, A. Pothier
Proc. IEEE MTT-S International Microwave Symposium (IMS 2018), 104 (2018)
- (157) **Low-Power-Consumption Integrated Tunable Filters for WDM Switching Applications in Silicon Photonics**
C.L. Manganelli, P. Velha, P. Pintus, F. Gambini, O. Lemonnier, L. Adelmini, C. Kopp, S. Faralli, F. Di Pasquale, Ch. Wenger, C.J. Oton
IEEE Photonics Technology Letters 30(18), 1601 (2018)
- (158) **Efficient On-Chip Tunable Selective Switches for Optical Interconnections**
C.L. Manganelli, P. Velha, P. Pintus, F. Gambini, O. Lemonnier, C. Kopp, S. Faralli, F. Di Pasquale, C.J. Oton
Proc. 20th Italian National Conference on Photonic Technologies (Fotonica 2018), (2018)
- (159) **A Methodology to Verify Digital IP's Within Mixed-Signal Systems**
N. Manjappa, A. Breitenreiter, M. Ulbricht, M. Krstic
Proc. 21st IEEE International Symposium on Design and Diagnostics of Electronic Circuits and Systems (DDECS 2018), (2018)
- (160) **Modelling and Performance Study of Monolithically Integrated Depletion Type Silicon IQ Modulators**
G.R. Mehrpoor, B. Wohlfeil, M. Eiselt, L. Zimmermann, P. Rito, J.-P. Elbers, B. Schmauss
Proc. ITG-Fachtagung - Photonische Netze (2018), 103 (2018)
- (161) **Improving Transistor Sizing for Asynchronous Circuits**
F. Meinel, N. Kluge, R. Wollowski
Proc. 24th IEEE International Symposium on Asynchronous Circuits and Systems (ASYNC 2018), 1 (2018)
- (162) **Reliable Low Latency Wireless Communication Enabling Industrial Mobile Control and Safety Applications**
S. Melnyk, A. Gebru Tesfay, K. Alam, H.D. Schotten, V. Sark, N. Maletic, M. Ramadan, M. Ehrig, T.R. Augustin, W. Anwar, M. Danneberg, N. Franchi, G. Fettweis
Proc. 23. ITG-Fachbericht Mobilkommunikation - Technologien und Anwendungen 278, 63 (2018)
- (163) **Network Services SLAs over 5G Infrastructure Converging Disaggregated Network and Compute Resources**
I. Mesogiti, E. Theodoropoulou, K. Filis, G. Lyberopoulos, R. Canto Palancar, N.A. Serrano Linares, D. Camps-Mur, J. Gutierrez Teran, A. Tzanakaki
Proc. 23rd IEEE International Workshop on Computer Aided Modeling and Design of Communication Links and Networks (CAMAD 2018), (2018)

- (164) **Experiments on MEMS Integration in 0.25 μm CMOS Process**
P. Michalik, D. Fernandez, M. Wietstruck, M. Kaynak, J. Madrenas
Sensors **18**(7), 2111 (2018)
- (165) **Optical Properties of a N-Doped Ge/SiGe Quantum Wells in the THz Range**
M. Montanari, C. Ciano, L. Di Gaspare, D. Sabbagh, M. Virgilio, M. Ortolani, L. Baldassarre, G. Capellini, J. Schmidt, S. Winnerl, M. Helm, G. Scalari, D. Stark, J. Faist, K. Rew, D.J. Paul, T. Grange, S. Birner, M. De Seta
Proc. 1st Joint Conference International SiGe Technology and Device Meeting and International Conference on Silicon Epitaxy and Heterostructures (ISTDM/ICSI 2018), 137 (2018)
- (166) **Photoluminescence Study of Inter-Band Transitions in Few, Pseudomorphic and Strain-Unbalanced Ge-Rich Ge/GeSi Multiple Quantum Wells**
M. Montanari, M. Virgilio, C.L. Manganeli, P. Zaumseil, M.H. Zoellner, Y. Hou, M.A. Schubert, L. Persichetti, L. Di Gaspare, M. De Seta, E. Vitiello, F. Pezzoli, G. Capellini
Physical Review B **98**(19), 195310 (2018)
- (167) **TDM-Controlled Ring Resonator Arrays for Fast, Fixed-Wavelength Optical Biosensing**
P. Moock, L. Kasper, M. Jäger, D. Stolarek, H. Richter, J. Bruns, K. Petermann
Optics Express **26**(17), 22356 (2018)
- (168) **A Fault Tolerant Dynamically Scheduled Processor with Partial Permanent Fault Handling**
F. Mühlbauer, L. Schröder, M. Schölzel
Proc. 19th IEEE Latin-American Test Symposium (LATS 2018), (2018)
- (169) **Handling of Transient and Permanent Faults in Dynamically Scheduled Super-Scalar Processors**
F. Mühlbauer, L. Schröder, M. Schölzel
Microelectronics Reliability **80**, 176 (2018)
- (170) **Atomically Controlled Processing for Dopant Segregation in CVD Si and Ge Epitaxial Growth**
J. Murota, Y. Yamamoto, I. Costina, B. Tillack, V. Le Thanh, R. Loo, M. Caymax
ECS Journal of Solid State Science and Technology **7**(6), P305 (2018)
- (171) **Protection of Forests against Environmental Risks – the SCHUWA-Project**
M. Natkhin, J. Müller, K. Piotrowski, Ch. Pistorius, K. Kronfeld
Proc. 19. ITG-/GMA-Fachtagung Sensoren und Messsysteme 2018, 30 (2018)
- (172) **Harmonic Tuning of Stacked SiGe Power Amplifiers Using Active Load Pull**
A.A. Nawaz, M. Ko, A. Malignaggi, D. Kissinger, J.D. Albrecht, A.C. Ulusoy
IEEE Microwave and Wireless Components Letters **28**(3), 245 (2018)
- (173) **A Low Power-Injection Locked VCO for Implantable MICS Band Transmitter with Wireless Frequency Reference and Tune-While-Lock Channel Calibration**
M. Nenadovic, N. Fiebig, G. Fischer, D. Kissinger, J. Wessel
Proc. 40th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC 2018), 2993 (2018)
- (174) **A 0.48 mW Fully Integrated MICS Band VCO in SiGe BiCMOS Technology for Medical Implant Communication**
M. Nenadovic, N. Fiebig, G. Fischer, D. Kissinger, J. Wessel
Proc. IEEE Radio and Wireless Symposium (RWS 2018), 1 (2018)
- (175) **Highly Miniaturized 120 GHz SIMO and MIMO Radar Sensor with On-Chip Folded Dipole Antennas for Range and Angular Measurements**
H.J. Ng, D. Kissinger
IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques **66**(6), 2592 (2018)
- (176) **On-Chip Antennas in SiGe BiCMOS Technology: Challenges, State of the Art and Future Directions**
H.J. Ng, R. Wang, D. Kissinger
Proc. 30th Asia Pacific Microwave Conference (APMC 2018), 621 (2018)
- (177) **Pseudo-Random Noise Radar for Short-Range Applications in SiGe Technologies**
H.J. Ng, M. Kucharski, D. Kissinger
Proc. 22nd International Conference on Microwaves, Radar, and Wireless Communications (MIKON 2018), 445 (2018)
- (178) **Scalable mm-Wave 4-Channel Radar SoC with Vector Modulators and Demodulators for MIMO and Phased Array Applications**
H.J. Ng, R. Feger, D. Kissinger
Proc. IEEE MTT-S International Microwave Symposium (IMS 2018), 1472 (2018)
- (179) **Adaptive Per-Spatial Stream Power Allocation Algorithms for Single-User MIMO-OFDM Systems**
N.A. Odhah, E.S. Hassan, M.I. Dessouky, W.E. Al-Hanafy, S.A. Alshebeili, F.E. Abd El-Samie
Wireless Personal Communications **98**, 1 (2018)
- (180) **Sono-Teleconsulting**
St. Ortman, A. Haddadi Esfahani, V. Frauendorf, D. Nürnberg
Ultraschall in der Medizin / European Journal of Ultrasound (UIM/EJU) **39**, S21 (2018)
- (181) **Tragbare Sensoren als telemedizinische 24/7-Ergänzung für POCT**
St. Ortman
Proc. Symposium: Point-of-Care-Technologien – Verlässliche Diagnosen in kürzester Zeit, abstr. book 20 (2018)
- (182) **A Radiation Hardened 16 GS/s Arbitrary Waveform Generator IC for THz-Range Chirp-Transform Spectrometer**
P. Ostrovskyy, O. Schrape, K. Tittelbach-Helmrich, F. Herzel, G. Fischer, D. Hellmann, P. Börner, A. Loose, P. Hartogh, D. Kissinger
Proc. IEEE Nordic Circuits and Systems Conference (NORCAS 2018), 144 (2018)
- (183) **A 120 GHz SiGe BiCMOS Monostatic Transceiver for Radar Applications**
E. Öztürk, D. Genschow, U. Yodprasit, B. Yilmaz, D. Kissinger, W. Debski, W. Winkler
Proc. 48th European Microwave Week (EuMW 2018), 41 (2018)
- (184) **Verification of an Embedded Sensor Node System-on-Chip**
G. Panic
Proc. 7th Small Systems Simulation Symposium (SSSS 2018), 9 (2018)
- (185) **Characterization of the Demonstrator of the Fast Silicon Monolithic ASIC for the TT-PET Project**
L. Paolozzi, Y. Bandi, R. Cardarelli, S. Debieux, Y. Favre, D. Ferrere, D. Forshaw, D. Hayakawa, G. Iacobucci, M. Kaynak, A. Miucci, M. Nessi, E. Ripiccini, H. Rücker, P. Valerio, M. Weber
Instrumentation and Detectors **13**, P04015 (2018)
- (186) **Data Retention Investigation in HfO₂-based RRAM Arrays by using Accelerated Tests**
E. Perez, M.K. Mahadevaiah, C. Zambelli, P. Olivo, Ch. Wenger
Proc. 20th Workshop on Dielectrics in Microelectronics (WODIM 2018), 39 (2018)

- (187) **The Role of the Bottom and Top Interfaces in the 1st Reset Operation in HfO₂ based RRAM Devices**
E. Perez, M.K. Mahadevaiah, C. Zambelli, P. Olivo, Ch. Wenger
Proc. Joint International EUROSIOI Workshop and International Conference on Ultimate Integration on Silicon (EUROSIOI-ULIS 2018), (2018)
- (188) **Data Retention Investigation in Al:HfO₂-based RRAM Arrays by using High-Temperature Accelerated Tests**
E. Perez, M.K. Mahadevaiah, C. Zambelli, P. Olivo, Ch. Wenger
Journal of Vacuum Science and Technology B **37**(1), 012202 (2019)
- (189) **Temperature Impact and Programming Algorithm for RRAM Based Memories**
E. Perez, A. Grossi, C. Zambelli, M.K. Mahadevaiah, P. Olivo, Ch. Wenger
Proc. IEEE MTT-S International Microwave Workshop Series on Advanced Materials Processes (IMWS-AMP 2018), (2018)
- (190) **Optical Fault Injections: Most Often Used Setups**
D. Petryk, Z. Dyka, P. Langendörfer
Proc. 29th Crypto-Day 2018, (2018)
- (191) **Optical Fault Injections: A Setup Comparison**
D. Petryk, Z. Dyka, P. Langendörfer
Proc. 8th Biannual European - Latin American Summer School on Design, Test and Reliability (BELAS 2018), (2018)
- (192) **Balancing Energy Production and Consumption in Energy Efficient Neighborhoods**
K. Piotrowski, M.P.A. Geers, D. Garrido, J. Chen, A. Casaca, J.J. Peralta, M.E.T. Gerards
Proc. IEEE International Energy Conference (EnergyCon 2018), (2018)
- (193) **Emulating Energy Grids using the e-Balance Emulator**
K. Piotrowski, P. Powroznik, W. Miczulski, R. Szulim
Proc. 12th Conference on Measurement Systems in Research and Industry (MS 2018), 115 (2018)
- (194) **The e-Balance Platform for Managing Energy in Smart Grids**
K. Piotrowski, D. Garrido, J. Chen
Proc. 12th Conference on Measurement Systems in Research and Industry (SP2018), 119 (2018)
- (195) **Strain and Band Gap Engineering in Ge-Sn Alloys via P Doping**
S. Prucnal, Y. Berencén, M. Wang, J. Grenzer, M. Voelskow, R. Hübner, Y. Yamamoto, A. Scheit, F. Bärwolf, V. Zviagin, R. Schmidt-Grund, M. Grundmann, J. Zuk, M. Turek, A. Drozdziel, K. Pysznik, R. Kudrawiec, M.P. Polak, L. Rebohle, W. Skorupa, M. Helm, S. Zhou
Physical Review Applied **10**(6), 060455 (2018)
- (196) **A 94 GHz Five-Port Reflectometer for Measuring Complex Reflection Coefficient using 0.13 μm SiGe HBT Detectors**
J.A. Qayyum, A.A. Nawaz, M. Ko, A. Malignaggi, D. Kissinger, A.C. Ulusoy
Proc. IEEE Topical Conference on Wireless Sensors and Sensor Networks (WiSNet 2018), 77 (2018)
- (197) **NLOS Identification for Indoor Localization using Random Forest Algorithm**
M. Ramadan, V. Sark, J. Gutierrez Teran, E. Grass
Proc. 22nd International ITG Workshop on Smart Antennas (WSA 2018), (2018)
- (198) **Effect of C-Doping on Lattice Homogeneity in Expitaxial GaN Layers Revealed by Scanning X-Ray Nano-Diffraction**
C. Richter, M.H. Zoellner, S.B. Thapa, P. Storck, T. Schroeder, T.U. Schüllli
Proc. 1st Joint Conference International SiGe Technology and Device Meeting and International Conference on Silicon Epitaxy and Heterostructures (ISTDM/ICSI 2018), 285 (2018)
- (199) **Terahertz InP HBT Oscillators**
J.-S. Rieh, J. Yun, D. Yoon, J. Kim, H. Son
Proc. IEEE International Symposium on Radio-Frequency Integration Technology (RFIT 2018), (2018)
- (200) **A 0.87 pJ/b 115 Gb/s 2⁷-1 PRBS Generator in 130 nm SiGe:C BiCMOS Technology**
P. Rito, I. Garcia Lopez, M. Ko, A.C. Ulusoy, D. Kissinger
IEEE Solid-State Circuits Letters **1**(2), 42 (2018)
- (201) **A 219 - 266 GHz LO-Tunable Direct-Conversion IQ Receiver Module in a SiGe HBT Technology**
P. Rodriguez Vazquez, J. Grzyb, N. Sarmah, B. Heinemann, U.R. Pfeiffer
International Journal of Microwave and Wireless Technologies (IJMWT) **10**(5-6), 587 (2018)
- (202) **Towards 100 Gbps: A Fully Electronic 90 Gbps One Meter Wireless Link at 230 GHz**
P. Rodriguez Vazquez, J. Grzyb, N. Sarmah, B. Heinemann, U.R. Pfeiffer
Proc. 48th European Microwave Conference (EuMC 2018), 1389 (2018)
- (203) **A 65 Gbps QPSK One Meter Wireless Link Operating at a 225 - 255 GHz Tunable Carrier in a SiGe HBT Technology**
P. Rodriguez-Vazquez, J. Grzyb, N. Sarmah, B. Heinemann, U.R. Pfeiffer
Proc. IEEE Radio and Wireless Symposium (RWS 2018), 146 (2018)
- (204) **Detection of Volatile Organic Compounds in Exhaled Human Breath by Millimeter-Wave/Terahertz Spectroscopy**
N. Rothbart, K. Schmalz, J. Borngräber, D. Kissinger, H.-W. Hübers
Proc. 43rd International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves (IRMMW-THz 2018), (2018)
- (205) **Towards Breath Gas Analysis based on Millimeter-Wave Molecular Spectroscopy**
N. Rothbart, H.-W. Hübers, K. Schmalz, J. Borngräber, D. Kissinger
Frequenz: Journal of RF-Engineering and Telecommunications **72**(3-4), 87 (2018)
- (206) **Misfit-Dislocation Distributions in Heteroepitaxy: From Meso-scale Measurements to Individual Defects and Back**
F. Rovaris, M.H. Zoellner, P. Zaumseil, M.A. Schubert, A. Marzegalli, L. Di Gaspare, M. De Seta, T. Schroeder, P. Storck, G. Schwalb, C. Richter, T.U. Schüllli, G. Capellini, F. Montalenti
Physical Review Applied **10**(5), 05406 (2018)
- (207) **Theoretical Interpretation of Tilting-Angle Maps in Heteroepitaxial Films**
F. Rovaris, M.H. Zoellner, P. Zaumseil, G. Capellini, T. Schröder, P. Storck, M. Haebleren, G. Schwalb, A. Marzegalli, F. Montalenti
Proc. 1st Joint Conference International SiGe Technology and Device Meeting and International Conference on Silicon Epitaxy and Heterostructures (ISTDM/ICSI 2018), 113 (2018)
- (208) **High-Performance SiGe HBTs for Next Generation BiCMOS Technology**
H. Rücker, B. Heinemann
Semiconductor Science and Technology **33**, 114003 (2018)
- (209) **SiGe HBT Technology**
H. Rücker, B. Heinemann
Silicon-Germanium Heterojunction Bipolar Transistors for mm-Wave Systems: Technology, Modeling and Circuit Applications, 1st Edition, Editors N. Rinaldi, M. Schröter, Chapter 1. SiGe HBT Technology, Rivers Publ., 11 (2018)

- (210) **SiGe HBTs for High-Performance BiCMOS Technology**
H. Rücker, B. Heinemann
Proc. 1st Joint Conference International SiGe Technology and Device Meeting and International Conference on Silicon Epitaxy and Heterostructures (ISTDM/ICSI 2018), 69 (2018)
- (211) **Ring Filter Synthesis and its BiCMOS 60 GHz Implementation**
P. Rynkiewicz, A.-L. Franc, F. Coccetti, M. Wietstruck, Ch. Wipf, S. Tolunay Wipf, M. Kaynak, G. Prigent
International Journal of Microwave and Wireless Technologies **10**(3), 291 (2018)
- (212) **Morphological Evolution of Ge/Si Nano-Strips Driven by Rayleigh-Like Instability**
M. Salvalaglio, P. Zaumseil, Y. Yamamoto, O. Skibitzki, R. Bergamaschini, T. Schroeder, A. Voigt, G. Capellini
Applied Physics Letters **112**(2), 022101 (2018)
- (213) **Multilayer Millimeter-Wave MCMs**
K.K. Samanta, D. Kissinger
IEEE Microwave Magazine **19**(1), 20 (2018)
- (214) **Undoped Ge/SiGe Heterostructures: A Platform for Planar Ge Quantum Dots**
A. Sammak, D. Sabbagh, N. Hendrick, D. Franke, L.A. Yeoh, M. Virgilio, P. Zaumseil, M.A. Schubert, G. Capellini, M. Veldhorst, G. Scappucci
Proc. 1st Joint Conference International SiGe Technology and Device Meeting and International Conference on Silicon Epitaxy and Heterostructures (ISTDM/ICSI 2018), 179 (2018)
- (215) **Millisecond Flash Lamp Annealing and Application for SiGe-HBT**
A. Scheit, T. Lenke, B. Heinemann, H. Rücker, D. Wolansky, W. Skorupa, T. Schumann, L. Reohle, S. Häberlein
Proc. 12th International Conference Ion Implantation And Other Applications Of Ions And Electrons (ION 2018), abstr. book 32 (2018)
- (216) **Morphology Adjustment for Selective Silicon Chemical Vapor Deposition**
A. Scheit, Y. Yamamoto, St. Marschmeyer, R. Sorge
Proc. 1st Joint Conference International SiGe Technology and Device Meeting and International Conference on Silicon Epitaxy and Heterostructures (ISTDM/ICSI 2018), 151 (2018)
- (217) **Suppression of Sn Segregation during High Temperature Growth of GeSn Nanostructures by Encapsulation**
V. Schlykow, G. Capellini, P. Zaumseil, M.A. Schubert, O. Skibitzki, Y. Yamamoto, M. De Seta, L. Di Gaspare, W.M. Klesse, T. Schroeder
Proc. 1st Joint Conference International SiGe Technology and Device Meeting and International Conference on Silicon Epitaxy and Heterostructures (ISTDM/ICSI 2018), 121 (2018)
- (218) **Photoluminescence from GeSn Nano-Heterostructures**
V. Schlykow, P. Zaumseil, M.A. Schubert, O. Skibitzki, Y. Yamamoto, W.M. Klesse, Y. Hou, M. Virgilio, M. De Seta, L. Di Gaspare, T. Schroeder, G. Capellini
Nanotechnology **29**(41), 415702 (2018)
- (219) **D-SET Mitigation Using Common Clock Tree Insertion Techniques for Triple-Clock TMR Flip-Flop**
O. Schrape, A. Breitenreiter, M. Andjelkovic, M. Krstic
Proc. 21st EuroMicro Conference on Digital System Design (DSD 2018), 201 (2018)
- (220) **Master-Clone Placement with Individual Clock Tree Implementation – a Case on Physical Chip Design**
O. Schrape, A. Balashov, A. Simevski, C. Benito, M. Krstic
Proc. IEEE Nordic Circuits and Systems Conference (NORCAS 2018), 122 (2018)
- (221) **Kombination von on-line und off-line Fehlerbehandlung in dynamisch geplanten Prozessoren**
L. Schröder, F. Mühlbauer, M. Schölzel
Proc. 30. GI/GMM/ITG-Workshop Testmethoden und Zuverlässigkeit von Schaltungen und Systemen (TuZ 2018), 36 (2018)
- (222) **Strain Distribution Analysis of Self-Ordered SiGe Nanodot Structures by Nano Beam Diffraction**
M.A. Schubert, Y. Yamamoto, Y. Itoh, P. Zaumseil, G. Capellini, K. Washio, B. Tillack
Proc. 1st Joint Conference International SiGe Technology and Device Meeting and International Conference on Silicon Epitaxy and Heterostructures (ISTDM/ICSI 2018), 245 (2018)
- (223) **Impact of TiN Barrier Layer on Contact Resistance of Tungsten Filled Vias**
S. Schulze, D. Wolansky, J. Katzer, M.A. Schubert, I. Costina, A. Mai
IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing **31**(4), 528 (2018)
- (224) **Ultra-Thin Sn-Rich GeSn Quantum Well Structures**
J. Schulze, C.J. Clausen, D. Schwarz, P. Zaumseil, G. Capellini, I.A. Fischer
Proc. 1st Joint Conference International SiGe Technology and Device Meeting and International Conference on Silicon Epitaxy and Heterostructures (ISTDM/ICSI 2018), 233 (2018)
- (225) **Temperature Stability of MBE-Grown SixGe_{1-x}Sn_y-Structures with High Sn Content**
D. Schwarz, I. Fischer, M. Oehme, P. Zaumseil, G. Capellini, J. Schulze
Proc. 1st Joint Conference International SiGe Technology and Device Meeting and International Conference on Silicon Epitaxy and Heterostructures (ISTDM/ICSI 2018), 211 (2018)
- (226) **A Behavioral Model for High Ge Content in Si/Si_{1-x}Ge_x Multi-Quantum Well Detector**
A. Shafique, S. Abbasi, O. Ceylan, A. Goeritz, Y. Yamamoto, C. Baristiran Kaynak, M. Kaynak, Y. Gurbuz
IEEE Sensors Journal **18**(20), 8280 (2018)
- (227) **Comprehensive Predictive Device Modeling and Analysis of a Si/Si_{1-x}Ge_x Multiquantum-Well Detector**
A. Shafique, S. Abbasi, O. Ceylan, Y. Yamamoto, C. Baristiran Kaynak, M. Kaynak, Y. Gurbuz
IEEE Transactions on Electron Devices **65**(10), 4353 (2018)
- (228) **Physical Device Modeling of Si/Si_{1-x}Ge_x Multi-Quantum Well Detector to Optimize Ge Content for Higher Thermal Sensitivity**
A. Shafique, S. Abbasi, O. Ceylan, C. Baristiran Kaynak, M. Kaynak, Y. Gurbuz
Proc. SPIE Defense + Security (2018) **10624**, 106241A (2018)
- (229) **Plasma-Assisted Atomic Layer Deposition of Germanium Antimony Tellurium Compounds**
M. Silinskas, B. Kalkofen, R. Balasubramanian, A. Batmanov, E.P. Burte, N. Harmgarth, F. Zörner, F.T. Edelmann, B. Garke, M. Lisker
Journal of Vacuum Science and Technology A **36**(2), 021510 (2018)
- (230) **Hardware/Software Co-Verification Platform for Embedded Multiprocessors**
A. Simevski
Proc. 14th International Conference on Electronics, Telecommunications, Automation and Informatics (ETAI 2018), (2018)
- (231) **Comparative Analyses of Low-Power IC Design Techniques based on Chip Measurements**
A. Simevski, O. Schrape, C. Benito
Proc. 16th Biennial Baltic Electronics Conference (BEC 2018), (2018)

- (232) **Design and Experimental Evaluation of Equalization Algorithms for Line-of-Sight Spatial Multiplexing at 60 GHz**
X. Song, T. Hälsig, D. Cvetkovski, W. Rave, B. Lankl, E. Grass, G. Fettweis
IEEE Journal on Selected Areas in Communications (JSAC) **36**(11), 2570 (2018)
- (233) **JICG MOS Transistors for Reduction of Radiation Effects in CMOS Electronics**
R. Sorge, J. Schmidt, Ch. Wipf, F. Reimer, R. Pliquet, Th. Mausolf
Proc. IEEE Topical Workshop on Internet of Space (TWIOS 2018), 17 (2018)
- (234) **Reliable Electronic Devices, Circuits, and Systems for Communications**
Z. Stamenkovic
Proc. 62nd National Conference of the Society for Electronics, Telecommunications, Computers, Automatic Control and Nuclear Engineering (ETPAH 2018), (2018)
- (235) **Decision Support System for Plant and Crop Treatment and Protection Based on Wireless Sensor Networks**
Z. Stamenkovic, S. Randjic, I. Santamaria, D. Markovic, S. Van Vaerenbergh, U. Pesovic
Proc. 41st International Spring Seminar on Electronics Technology (ISSE 2018), (2018)
- (236) **High-Speed, Low-Power and Board-Mountable Optical Transceivers for Scalable & Energy Efficient On-Board Digital Transparent Processors**
L. Stampoulidis, E. Kehayas, M. Karppinen, A. Tanskanen, J. Ollila, J. Gustavsson, A. Larsson, L. Grüner-Nielsen, Ch. Larsen, M. Sotom, A. Maho, M. Faugeron, N. Venet, M. Ko, P. Ostrovskyy, D. Kissinger, R. Safaisini, R. King, I. McKenzie, J.B. Gonzalez
Proc. International Conference on Space Optics (ICSO 2018), (2018)
- (237) **GeSn/SiGeSn Heterostructure and Multi Quantum Well Lasers**
D. Stange, N. von den Driesch, T. Zabel, F. Armand-Pilon, D. Rainko, B. Marzban, P. Zaumseil, J.-M. Hartmann, Z. Ikonic, G. Capellini, S. Mantl, H. Sigg, J. Witzens, D. Grützmacher, D. Buca
ACS Photonics **5**(11), 4628 (2018)
- (238) **Quadratic Electro-Optic Effect in Silicon-Organic Hybrid Slot-Waveguides**
P. Steglich, Ch. Mai, C. Villringer, S. Pulwer, M. Casalboni, S. Schrader, A. Mai
Optics Letters (OSA) **43**(15), 3598 (2018)
- (239) **Quadratic Electro-Optical Silicon-Organic Hybrid RF Modulator in a Photonic Integrated Circuit Technology**
P. Steglich, Ch. Mai, A. Peczek, F. Korndörfer, C. Villringer, B. Dietzel, A. Mai
Proc. 64th IEEE International Electron Devices Meeting (IEDM 2018), 23.3.1 (2018)
- (240) **Evaluation of Heterogeneous Tool Chains for Building Complex FPGA-Based MPSoCs**
R.T. Syed, M. Ulbricht, M. Schölzel
Proc. CDNLive Cadence User Conference 2018, (2018)
- (241) **Exploring the Performance-Energy Optimization Space of a Bridge between 3D-Stacked Electronic and Optical Networks-on-Chip**
M. Tala, O. Schrape, M. Krstic, D. Bertozzi
Proc. 33rd Conference on Design of Circuits and Integrated Systems (DCIS 2018), (2018)
- (242) **Interfacing 3D-Stacked Electronic and Optical NoCs with Mixed CMOS-ECL Bridges: A Realistic Preliminary Assessment**
M. Tala, O. Schrape, M. Krstic, D. Bertozzi
Proc. 28th ACM Great Lakes Symposium on VLSI (GLSVLSI 2018), 81 (2018)
- (243) **Noise Performance of Orthogonal RF Beamforming for Millimetre Wave Massive MIMO Communication Systems**
K.K. Tiwari, J.S. Thompson, E. Grass
Proc. 10th International Conference on Wireless Communications and Signal Processing (WCSP 2018), (2018)
- (244) **BiCMOS Embedded RF-MEMS Technologies**
S. Tolunay Wipf, A. Göritz, M. Wietstruck, Ch. Wipf, M. Kaynak
Microsystems Technology in Germany **34** (2018)
- (245) **A SiGe HBT D-Band LNA with Butterworth Response and Noise Reduction Technique**
E. Turkmen, A. Burak, A. Guner, I. Kalyoncu, M. Kaynak, Y. Gurbuz
IEEE Microwave and Wireless Components Letters **28**(6), 524 (2018)
- (246) **Radiation Hard X-Band Phase Locked Loop and Transceiver in 0.25 µm SiGe Technology**
N. Uddin, S. Glisic, U. Yodprasit, W. Debski, W. Winkler, C.B. Sanchez, J.A.D. Sanchez, M. Krstic
Proc. 7th International Workshop on Analogue and Mixed-Signal Integrated Circuits for Space Applications (AMICSA 2018), (2018)
- (247) **Ein Ansatz für fehlertolerante Radarmessungen durch den Austausch von Messwerten für hochautomatisiertes Fahren**
M. Ulbricht, M. Schölzel, R.T. Syed, M. Krstic
Proc. 30. GI/GMM/ITG-Workshop Testmethoden und Zuverlässigkeit von Schaltungen und Systemen (TuZ 2018), 42 (2018)
- (248) **Fehlertolerante Radarmessungen durch Austausch von Messwerten für hochautomatisiertes Fahren**
M. Ulbricht, M. Schölzel, R.T. Syed, H.J. Ng, M. Krstic
Anwendungen und Konzepte der Wirtschaftsinformatik (AKWI) **7**, 89 (2018)
- (249) **High Responsivity Power Detectors for W/D-Bands Passive Imaging Systems in 0.13 µm SiGe BiCMOS Technology**
B. Ustundag, E. Turkmen, B. Cetindogan, M. Kaynak, Y. Gurbuz
Proc. 30th Asia-Pacific Microwave Conference (APMC 2018), (2018)
- (250) **Low-Noise Amplifiers for W-Band and D-Band Passive Imaging Systems in SiGe BiCMOS Technology**
B. Ustundag, E. Turkmen, B. Cetindogan, A. Guner, M. Kaynak, Y. Gurbuz
Proc. 30th Asia-Pacific Microwave Conference (APMC 2018), (2018)
- (251) **Variable Gain Distributed Amplifier with Capacitive Division**
C. von Vangerow, D. Stracke, D. Kissinger, T. Zwick
48th European Microwave Week (EuMW 2018), 1249 (2018)
- (252) **Cost-Effective Sensors and Sensor Nodes for Monitoring Environmental Parameters**
D. Vasiljevic, C. Zlebic, G. Stojanovic, M. Simic, L. Manjakkal, Z. Stamenkovic
Facta Universitatis, Series: Electronics and Energetics **31**(1), 11 (2018)
- (253) **Secure Programming and Debug Interface**
F. Vater
Proc. 27th Crypto-Day 2017, (2018)
- (254) **The Effects of Voltage Scaling on Reliability and Power Consumption in Multiprocessor Systems**
M. Veleski, R. Kraemer, M. Krstic
Proc. 30. GI/GMM/ITG-Workshop Testmethoden und Zuverlässigkeit von Schaltungen und Systemen (TuZ 2018), 38 (2018)
- (255) **Localized EMA as a Mean to Find Spatial and Time SCA Leakage Sources**
E. Vogel, I. Kabin, Z. Dyka, P. Langendörfer
Proc. 27th Crypto-Day 2017, (2018)

- (256) **A Newly Developed mm-Wave Sensor for Detecting Plaques of Arterial Vessels**
S. Vogt, M. Detert, D. Wagner, J. Wessel, R. Ramzan, W. Nimphius, A. Ramaswamy, S. Guha, Ch. Wenger, F.I. Jamal, M.H. Eissa, U. Schumann, B. Schmidt, G. Rose, Ch. Dahl, I. Rolfes, G. Notzon, Ch. Baer, Th. Musch
The Thoracic and Cardiovascular Surgeon **66**(1), 91 (2018)
- (257) **Advanced GeSn/SiGeSn Group IV Heterostructure Lasers**
N. von den Driesch, D. Stange, D. Rainko, I. Povstugar, P. Zaumseil, G. Capellini, T. Schroeder, T. Denneulin, Z. Ikonik, J.-M. Hartmann, H. Sigg, S. Mantl, D. Grützmacher, D. Buca
Advanced Science **5**(6), 1700955 (2018)
- (258) **Broadband Variable Gain Amplifier with Low Group Delay Variation**
C. von Vangerow, B. Goettel, A. Awny, D. Kissinger, T. Zwick
Proc. 19th IEEE Topical Meeting on Silicon Monolithic Integrated Circuits in RF Systems (SiRF 2018), 23 (2018)
- (259) **Homodyne and Heterodyne Terahertz Dielectric Sensors: Prototyping and Comparison in BiCMOS Technology for Lab-on-Chip Applications**
D. Wang, K. Schmalz, M.H. Eissa, J. Borngräber, M. Kucharski, M. Elkhoully, M. Ko, Y. Wang, H.J. Ng, J. Yun, B. Tillack, D. Kissinger
Proc. IEEE MTT-S International Microwave Bio Conference (IMBioC 2018), 4 (2018)
- (260) **Integrated 240 GHz Dielectric Sensor with DC Readout Circuit in a 130 nm SiGe BiCMOS Technology**
D. Wang, K. Schmalz, M.H. Eissa, J. Borngräber, M. Kucharski, M. Elkhoully, M. Ko, H.J. Ng, D. Kissinger
IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques **66**(9), 4232 (2018)
- (261) **On-Chip Scalable Resonator-Based Transducers for Terahertz Dielectric Sensing in SiGe BiCMOS Technology**
D. Wang, K. Schmalz, J. Borngräber, D. Kissinger
Proc. 30th IEEE Asia-Pacific Microwave Conference (APMC 2018), 240 (2018)
- (262) **Technologies for Rad-Hard Resistive Memories**
Ch. Wenger
Rad-Hard Semiconductor Memories, 1st Edition, Editors: C. Calligaro, U. Gatti, Chapter 8. Technologies for Rad-Hard Resistive Memories, Rivers Publ., 309 (2018)
- (263) **Contactless Investigation of Dielectric Samples with a High-Q Millimeter-Wave Sensor**
J. Wessel, K. Schmalz, F.I. Jamal, D. Kissinger
Proc. 40th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC 2018), 5926 (2018)
- (264) **Sensitive Permittivity Detector for Dielectric Samples at 120 GHz**
J. Wessel, K. Schmalz, J.C. Scheytt, D. Kissinger
Proc. IEEE Radio and Wireless Symposium (RWS 2018), 136 (2018)
- (265) **Design Optimization of Through-Silicon Vias for Substrate-Integrated Waveguides Embedded in High-Resistive Silicon Interposer**
M. Wietstruck, St. Marschmeyer, S. Tolunay Wipf, Ch. Wipf, T. Voß, M. Bertrand, E. Pistono, G. Acri, F. PODEVIN, P. Ferrari, M. Kaynak
Proc. 20th IEEE Electronics Packaging Technology (EPTC 2018), (2018)
- (266) **Development of a Through-Silicon Via (TSV) Process Module for Multi-Project Wafer SiGe BiCMOS and Silicon Interposer**
M. Wietstruck, St. Marschmeyer, P. Kulse, T. Voß, M. Lisker, A. Krüger, D. Wolansky, M. Fraschke, M. Kaynak
Proc. 68th IEEE Electronic Components and Technology Conference (ECTC 2018), 2261 (2018)
- (267) **High Voltage LDMOS Inverter for On-Chip RF-MEMS Actuation**
Ch. Wipf, R. Sorge, A. Göritz, S. Tolunay Wipf, A. Scheit, D. Kissinger, M. Kaynak
Proc. 19th IEEE Topical Meeting on Silicon Monolithic Integrated Circuits in RF Systems (SiRF 2018), 48 (2018)
- (268) **Placement of Gates in ECC Designs**
Ch. Wittke, Z. Dyka, P. Langendörfer
Proc. 29th Crypto-Day 2018, (2018)
- (269) **A Reusable Triple Core 12-bit Current Steering Digital-to-Analog Converter for High Performance Transceivers in Industry 4.0 Applications**
R. Wittmann, J. Steinkamp, F. Henkel, K. Tittelbach-Helmrich, A. Wolf
Proc. 16. GMM/ITG-Fachtagung - Entwicklung von Analogschaltungen mit CAE-Methoden (ANALOG 2018), 51 (2018)
- (270) **Impact of Nickel Silicide Formations on SiGe BiCMOS Devices**
D. Wolansky, T. Grabolla, T. Lenke, S. Schulze
Proc. 1st Joint Conference International SiGe Technology and Device Meeting and International Conference on Silicon Epitaxy and Heterostructures (ISTDM/ICSI 2018), 239 (2018)
- (271) **Impact of Nickel Silicide on SiGe BiCMOS Devices**
D. Wolansky, T. Grabolla, T. Lenke, S. Schulze, P. Zaumseil
Semiconductor Science and Technology **33**(12), 124003 (2018)
- (272) **Large-Scale Fabrication of RF MOSFETs on Liquid-Exfoliated MoS₂**
K. Xiong, L. Li, A. Madjar, J.C.M. Hwang, Z. Lin, Y. Huang, X. Duan, A. Göritz, M. Wietstruck, M. Kaynak
Proc. 48th European Microwave Conference (EuMC 2018), 1105 (2018)
- (273) **Wafer-Scale Material-Device Correlation of Tellurene MOSFETs**
K. Xiong, L. Li, R.J. Marstell, A. Madjar, N.C. Strandwitz, J.C.M. Hwang, G. Qiu, Y. Wang, W. Wu, P.D. Ye, A. Göritz, M. Wietstruck, M. Kaynak
Proc. IEEE MTT-S International Microwave Workshop Series on Advanced Materials and Processes (IMWS-AMP 2018), 81 (2018)
- (274) **Improvement by Channel Recess of Contact Resistance and Gate Control of Large-Scale Spin-Coated MoS₂ MOSFETs**
K. Xiong, L. Li, R.J. Marstell, A. Madjar, N.C. Strandwitz, J.C.M. Hwang, Z. Lin, Y. Huang, X. Duan, A. Göritz, M. Wietstruck, M. Kaynak
IEEE Electron Device Letters **39**(9), 1453 (2018)
- (275) **CMOS-Compatible Batch Processing of Monolayer MoS₂ MOSFETs**
K. Xiong, H. Kim, R.J. Marstell, A. Göritz, Ch. Wipf, L. Li, J.-H. Park, X. Luo, M. Wietstruck, A. Madjar, N.C. Strandwitz, M. Kaynak, Y.H. Lee, J.H.C. Hwang
Journal of Physics D: Applied Physics **51**(15), 15LT02 (2018)
- (276) **A 30 GHz Power Detector based Reflectometer in 130 nm SiGe BiCMOS for Dielectric Spectroscopy**
R.K. Yadav, J. Wessel, M.H. Eissa, F.I. Jamal, M. Kucharski, D. Kissinger
Proc. IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS 2018), (2018)
- (277) **A 60 GHz Mixer-Based Reflectometer in 130nm SiGe BiCMOS Technology toward Dielectric Spectroscopy in Medical Applications**
R.K. Yadav, M.H. Eissa, J. Wessel, D. Kissinger
Proc. IEEE MTT-S International Microwave Bio Conference (IMBioC 2018), 88 (2018)

- (278) **Self-Ordered Ge Nanodot Fabrication by Reduced Pressure Chemical Vapor Deposition**
Y. Yamamoto, Y. Itoh, P. Zaumseil, M.A. Schubert, G. Capellini, K. Washio, B. Tillack
Proc. Americas International Meeting on Electrochemistry and Solid State Science (AiMES 2018), (2018)
- (279) **Alignment Control of Self-Ordered Three Dimensional SiGe Nanodots**
Y. Yamamoto, Y. Itoh, P. Zaumseil, M.A. Schubert, G. Capellini, K. Washio, B. Tillack
Proc. 1st Joint Conference International SiGe Technology and Device Meeting and International Conference on Silicon Epitaxy and Heterostructures (ISTDM/ICSI 2018), 25 (2018)
- (280) **Alignment Control of Self-Ordered Three Dimensional SiGe Nanodots**
Y. Yamamoto, Y. Itoh, P. Zaumseil, M.A. Schubert, G. Capellini, F. Montalenti, K. Washio, B. Tillack
Semiconductor Science and Technology **33**(11), 114014 (2018)
- (281) **Alignment Control of Vertical / Body-Centered-Tetragonal SiGe Nanodot**
Y. Yamamoto, Y. Itoh, P. Zaumseil, M.A. Schubert, G. Capellini, K. Washio, B. Tillack
Proc. 12th International WorkShop on New Group IV Semiconductor Nanoelectronics (2018), abstr. (2018)
- (282) **Influence of Annealing Conditions on Threading Dislocation Density in Ge Deposited on Si by Reduced Pressure Chemical Vapor Deposition**
Y. Yamamoto, P. Zaumseil, M.A. Schubert, B. Tillack
Semiconductor Science and Technology **33**(12), 124007 (2018)
- (283) **Self-Ordered Ge Nanodot Fabrication by Reduced Pressure Chemical Vapor Deposition**
Y. Yamamoto, Y. Itoh, P. Zaumseil, M.A. Schubert, G. Capellini, K. Washio, B. Tillack
ECS Transactions **86**(7), 259 (2018)
- (284) **A Fully-Integrated 60 GHz Voltage-Controlled Oscillator Synchronized by Optoelectronic Signal**
U. Yodprasit, M. Kroh, S. Simon, T. Mausolf, W. Winkler
Proc. 25th IEEE International Conference on Electronics Circuits and Systems (ICECS 2018), 173 (2018)
- (285) **12 GHz to 40 GHz 0.13 μm SiGe BiCMOS Circuits for UWB 3D Real-Time OFDM MIMO Imaging Radar Applications**
U. Yodprasit, W. Winkler, T. Multerer, A.R. Ganis, V. Ziegler, Ch. Wipf, M. Wietstruck
Proc. 11th German Microwave Conference (GeMiC 2018), 339 (2018)
- (286) **Solid-State THz Integrated Circuit Technology Trend and Imaging Applications**
J. Yun, J. Kim, D. Kissinger, J.-S. Rieh
Electromagnetic Technology: The Proceedings of Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science (PKIEES) **29**(5), 12 (2018)
- (287) **Single-Chip Si Optical Single-Sideband Modulator**
B.-M. Yu, J.-M. Lee, Ch. Mai, St. Lischke, L. Zimmermann, W.-Y. Choi
Photonics Research **6**(1), 6 (2018)
- (288) **Design and Fabrication of a BiCMOS Dielectric Sensor for Viscosity Measurements: A Possible Solution for Early Detection of COPD**
P.S. Zarrin, F.I. Jamal, S. Guha, J. Wessel, D. Kissinger, Ch. Wenger
Biosensors (MDPI) **8**(3), 78 (2018)
- (289) **High-Temperature High-Resolution XRD to Analyze the Modification of Heteroepitaxial GeSn/Ge/Si(001) Structures**
P. Zaumseil, Y. Hou, N. von den Driesch, D. Stange, D. Rainko, D. Buca, G. Capellini
Proc. 14th Biennial Conference on High-Resolution X-Ray Diffraction and Imaging (XTOP 2018), abstr. (2018)
- (290) **In-Situ X-Ray Characterization of the Thermal Stability of Epitaxial GeSn/Ge/Si Heterostructures**
P. Zaumseil, N. von den Driesch, D. Stange, D. Rainko, D. Buca, G. Capellini
Proc. 1st Joint Conference International SiGe Technology and Device Meeting and International Conference on Silicon Epitaxy and Heterostructures (ISTDM/ICSI 2018), 15 (2018)
- (291) **The Thermal Stability of Epitaxial GeSn Layers**
P. Zaumseil, Y. Hou, M.A. Schubert, N. von den Driesch, D. Stange, D. Rainko, M. Virgilio, D. Buca, G. Capellini
APL Materials **6**(7), 076108 (2018)
- (292) **Concepts for Closely Mimicking Biological Learning with Memristive Devices: Principles to Emulate Cellular Forms of Learning**
M. Ziegler, Ch. Wenger, E. Chicca, H. Kohlstedt
Journal of Applied Physics **124**(15), 152003 (2018)

Eingeladene Vorträge

Invited Presentations

- (1) **Si_(1-x)Ge_x/Si MQW Based Uncooled Microbolometer Development and Integration into 130 nm BiCMOS Technology**
C. Baristiran Kaynak, Y. Yamamoto, A. Göritz, M. Wietstruck, Y. Gurbuz, M. Kaynak
Americas International Meeting on Electrochemistry and Solid State Science (AiMES 2018), Cancun, September 30 - October 04, 2018, Mexico
- (2) **Gate Stack and Ni(SiGeSn) Metal Contacts Formation on Low Bandgap Strained (Si)Ge(Sn) Semiconductors**
D. Buca, C. Schulte-Braucks, N. von den Driesch, A.T. Tiedemann, U. Breuer, J.M. Hartmann, P. Zaumseil, S. Mantl, Q.T. Zhao
18th International Workshop on Junction Technology (IWJT 2018), Shanghai, March 08 - 09, 2018, China
- (3) **SiGe BiCMOS Current Status and Future Trends in Europe**
P. Chevalier, W. Liebl, H. Rücker, A. Gauthier, D. Manger, B. Heinemann, G. Avenier, J. Böck
IEEE BiCMOS and Compound Semiconductor Integrated Circuits and Technology Symposium (BCICTS 2018), San Diego, October 15 - 17, 2018, USA
- (4) **Hot Carrier Degradation in SiGe HBTs: Measurement, Modeling, and Physical Explanation**
G.G. Fischer
PHD School of the Societa Italiana di Elettronica (SIE 2018), Napoli, June 17 - 19, 2018, Italy
- (5) **Fundamentals of Asynchronous Circuit Design and Recent Results on EMI-Reduction**
E. Grass, M. Krstic
Invited Seminar at Yonsei University (2018), Seoul, October 12, 2018, South Korea
- (6) **mmWave Communications for 5G Transport and Access Networks**
E. Grass, J. Gutierrez Teran, N. Maletic, V. Sark, D. Cvetkovski
9th FOKUS FUSECO Forum 2018, Berlin, November 15 - 16, 2018, Germany
- (7) **5G Communication Systems for Reliable Autonomous Driving**
E. Grass
International Summer School on Automated Driving Vehicles – Reliability, Safety and Security Challenges in Electronic Systems (2018), Frankfurt (Oder), September 02 - 08, 2018, Germany
- (8) **5G Mobile Networks: Concepts, Technologies and Implications**
E. Grass, J. Gutierrez Teran
Invited Seminar at Yonsei University (2018), Seoul, October 02, 2018, South Korea
- (9) **5G New Radio Propagation Characteristics**
E. Grass, J. Gutierrez Teran
Arbeitstreffen des Länderarbeitskreises Telekommunikation, Informationswirtschaft, Post (LAK-TIP 2018), Berlin, November 13 - 14, 2018, Germany
- (10) **Oxygen in Silicon: End of the Story?**
G. Kissinger, D. Kot, M.A. Schubert, J. Dabrowski, A. Sattler, T. Müller
ECS Fall Meeting Symposium: High Purity and High Mobility Semiconductors, Cancun, October 01 - 05, 2018, Mexico
- (11) **Sensitive Millimeter-Wave/Terahertz Gas Spectroscopy Based on SiGe BiCMOS Technology**
D. Kissinger, N. Rothbart, K. Schmalz, J. Borngreber, H.-W. Hübers
43rd International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves (IRMMW-THz 2018), Nagoya, September 09 - 14, 2018, Japan
- (12) **Internal Gettering of Copper for Microelectronic Applications**
G. Kissinger, D. Kot, M.A. Schubert, A. Sattler, T. Müller
Seminar Aalto University, School of Electrical Engineering, Espoo, April 19, 2018, Finland
- (13) **On the Impact of Deposited Nitride Layers on Oxide Precipitation in Czochralski Silicon**
G. Kissinger, D. Kot, T. Grabolla, T. Müller, A. Sattler
8th Forum on the Science and Technology of Silicon Materials 2018, Okayama, November 18 - 21, 2018, Japan
- (14) **THz Communication Physical Layer in BiCMOS Technologies**
D. Kissinger, E. Grass
Towards TeraHertz Communications Workshop (2018), Brussels, March 07, 2018, Belgium
- (15) **Integrated Millimeter-Wave and THz Analyzer Platforms for Miniature Biosensors**
D. Kissinger
IEEE MTT-S International Microwave Bio Conference (IMBioC 2018), Philadelphia, June 14 - 15, 2018, USA
- (16) **Wafer-Level Characterization and Testing for Electronic Photonic Integrated Circuits at IHP**
F. Korndörfer
European Conference on Optical Communication (ECOC 2018)/ Workshop WS09 - Integrated Photonics - 2, Rome, September 23 - 26, 2018, Italy
- (17) **Koordiniertes Landen und Fliegen und Messen - Ein Weg zu einer virtuellen UAV-basierten Sensorplattform**
R. Kraemer
Unbemannte Flugsysteme bei der Feuerwehr - Abschluss-Workshop, Cottbus, June 20, 2018, Germany
- (18) **Simultaneous Localization and Key Generation for Secure Communication using UWB Sensor Nodes**
D. Kreiser, P. Langendörfer
23rd Leibniz Conference of Advanced Science - Localization Techniques for IoT, Telematics and Industry 4.0, Lichtenwalde, November 22 - 23, 2018, Germany
- (19) **EMPHASE Projekt**
M. Krstic
BMBF-Fachtagung Elektromobilität, Berlin, April 23 - 24, 2018, Germany
- (20) **I-Line Stepper Based Overlay Evaluation Method for Wafer Bonding Applications**
P. Kulse, K. Sasai, K. Schulz, M. Wietstruck
Nikon LithoVision Technical Symposium 2018, San Jose, California, February 25, 2018, USA
- (21) **Synthese und Technologieentwicklung für graphenbasierte Bauelemente**
M. Lisker, M. Lukosius, G. Lupina, J. Kitzmann, A. Wolff, A. Mai
EFDS-Workshop: Graphen und andere 2D Materialien, Dresden, February 20, 2018

- (22) **Growth of High-Quality Graphene for Photonics**
M. Lukosius, M. Lisker, G. Dziallas, J. Dabrowski, M. Fraschke, G. Lippert, A. Wolff, A. Mai, Ch. Wenger
8th Graphene 2018, Dresden, June 26 - 29, 2018, Germany
- (23) **Towards the Integration of Graphene into Microelectronics**
M. Lukosius, M. Lisker, J. Dabrowski, G. Dziallas, F. Akhtar, J. Kitzmann, G. Lippert, A. Mai, Ch. Wenger
29. Chemnitzer Seminar "Nanomaterial Integration For Electronics And Sensors – Ready For Industrial Applications", Chemnitz, October 24, 2018, Germany
- (24) **High Performance SiGe-BiCMOS Technologies towards THz-Applications**
A. Mai, B. Heinemann, R. Scholz, L. Zimmermann, H. Rücker, V. Blaschke
DARPA Workshop on Ultra Broadband RFSoc, February 16 - 19, 2018
- (25) **Measurement of Graphene/Metal Contact Resistance using Kelvin Probe Force Microscopy**
W. Mertin, C.A. Chavarin, G. Bacher
8th Forum on New Materials and 6th International Conference Novel Functional Carbon Nanomaterials (CIMTEC 2018), Perugia, June 11 - 14, 2018, Italy
- (26) **Resilient Millimeter-Wave Radar Sensor Concepts for Secure Autonomous Transportation**
H.J. Ng, D. Kissinger
Automotive Radar and Vehicular Network Security Workshop, Philadelphia, June 10 - 15, 2018, USA
- (27) **Resilient Millimeter-Wave Radar Sensor Concepts for Secure Autonomous Transportation**
H.J. Ng, D. Kissinger
48th European Microwave Week (EuMW 2018), Madrid, September 23 - 28, 2018, Spain
- (28) **Scalable Radar Sensor Platform with Multi-Band Transceivers in SiGe BiCMOS Technology**
H.J. Ng, D. Kissinger
IET International Radar Conference (IRC 2018), Nanjing, October 17 - 19, 2018, China
- (29) **Tragbare Sensoren als telemedizinische 24/7-Ergänzung für POCT**
St. Ortmann
Symposium: Point-of-Care-Technologien – Verlässliche Diagnosen in kürzester Zeit, Berlin, November 08, 2018, Germany
- (30) **Sono-Teleconsulting**
St. Ortmann, A.H. Esfahani, Ch. Wenger, V. Frauendorf, D. Nürnberg
Vernetzungstreffen der MHB auf Schloss Ziethen, Kremmen, December 12, 2018, Germany
- (31) **Optimized Switching Performance of HfO₂-Based Resistive Memory Arrays**
E. Perez, M.K. Mahadevaiah, Ch. Wenger
Conference "High-k oxides with ALD", Wroclaw, March 07 - 10, 2018, Poland
- (32) **HfO₂ based RRAM for Emerging Applications**
E. Perez, M.K. Mahadevaiah, Ch. Wenger
14. Treffen des Arbeitskreises „Materialien für nichtflüchtige Speicher“, Halle (Saale), July 03, 2018, Germany
- (33) **5G: Evolution or Revolution?**
M. Petri, J. Gutiérrez Teran, E. Grass
26th Telecommunications Forum (TELFOR 2018), Belgrade, November 20 - 21, 2018, Serbia
- (34) **New Problems and New Solutions for the Energy Grid of the Future**
K. Piotrowski
Asia-Pacific Week (APW) Berlin on „Connecting Asia and Europe – Visions for a Digitalized Energy & Climate Sector“, Berlin, April 24, 2018, Germany
- (35) **Terahertz InP HBT Oscillators**
J.-S. Rieh, J. Yun, D. Yoon, J. Kim, H. Son
IEEE International Symposium on Radio-Frequency Integration Technology (RFIT 2018), Melbourne, August 15 - 17, 2018, Australia
- (36) **Theoretical Interpretation of Tilting-Angle Maps in Heteroepitaxial Films**
F. Rovaris, M.H. Zöllner, P. Zaumseil, G. Capellini, T. Schröder, P. Storck, M. Haebleren, G. Schwalb, A. Marzegalli, F. Montalenti
1st Joint Conference International SiGe Technology and Device Meeting and International Conference on Silicon Epitaxy and Heterostructures (ISTDM/ICSI 2018), Potsdam, May 27 - 31, 2018, Germany
- (37) **High-Performance SiGe BiCMOS Technology**
H. Rücker, B. Heinemann
11th German Microwave Conference (GeMiC 2018), Freiburg, March 12 - 14, 2018, Germany
- (38) **SiGe HBTs for High-Performance BiCMOS Technology**
H. Rücker, B. Heinemann
1st Joint Conference International SiGe Technology and Device Meeting and International Conference on Silicon Epitaxy and Heterostructures (ISTDM/ICSI 2018), Potsdam, May 27 - 31, 2018, Germany
- (39) **Unexpected Photoluminescence from GeSn Hetero-Nanostructures**
V. Schlykow, P. Zaumseil, M.A. Schubert, O. Skibitzki, Y. Yamamoto, W.M. Klesse, Y. Hou, M. Virigilio, M. De Seta, L. Di Gaspare, T. Schroeder, G. Capellini
Unit Process and Modules Department and Group for Epitaxial Growth Group, Leuven, July 03 - 04, 2018, Belgium
- (40) **SiGe BiCMOS Technology and MMICs for Space**
R. Scholz, M. Krstic, P. Ostrovskyy, D. Kissinger
8th ESA Workshop on Millimetre-Wave Technology and Applications, Noordwijk, December 10 - 12, 2018, The Netherlands
- (41) **Fault Handling in Embedded Processors: Limits, Benefits, and Challenges**
M. Schölzel
Treffen des Arbeitskreises „Test, Analysis & Reliability“, Dresden, June 21, 2018, Germany
- (42) **Reliable Electronic Devices, Circuits, and Systems for Communications**
Z. Stamenkovic
62nd National Conference of the Society for Electronics, Telecommunications, Computers, Automatic Control and Nuclear Engineering (ETPAH 2018), Palic, June 11 - 14, 2018, Serbia
- (43) **A Novel MAC Protocol for Industrial WLAN: Hardware Aspects**
Z. Stamenkovic
13th IEEE International Conference on Design & Technology of Integrated Systems in Nanoscale Era (DTIS 2018), Taormina, April 10 - 12, 2018, Italy
- (44) **Integrated Circuits and Systems for Reliable Communications**
Z. Stamenkovic
16th IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS 2018), Kazan, September 14 - 17, 2018, Russia

- (45) **On-Chip Scalable Resonator-based Transducers for Terahertz Dielectric Sensing in SiGe BiCMOS Technology**
D. Wang, K. Schmalz, J. Borngreber, D. Kissinger
30th IEEE Asia-Pacific Microwave Conference (APMC 2018), Kyoto, November 06 - 09, 2018, Japan
- (46) **Technologies and Programming Algorithms for Emerging Applications of RRAM based Memories**
Ch. Wenger
Fakultätskolloquium der TU Ilmenau, Ilmenau, November 26, 2018, Germany
- (47) **Towards CMOS Integration of SAW Devices: Progress and Challenges**
Ch. Wenger
Institutsseminar des Institutes für komplexe Materialien (IFW Dresden), Dresden, September 04, 2018, Germany
- (48) **How to Handle the Variability of Tunnel Currents in Resistive Random Access Memory Cells by Programming Algorithms**
Ch. Wenger, M.K. Mahadevaiah, E. Perez, C. Zambelli, P. Olivo, M. Ziegler, H. Kohlstedt
International Conference Tunneling Through Nanoscience (TTN 2018), Ravello, October 17 - 20, 2018, Italy
- (49) **Modern Trends in "More than Moore" Technologies: Bioelectronics**
Ch. Wenger
Vernetzungstreffen der MHB auf Schloss Ziethen, Kremen, December 12, 2018, Germany
- (50) **Programming Algorithms for Emerging Applications of RRAM Based Memories**
Ch. Wenger, M.K. Mahadevaiah, E. Perez
IEEE MTT-S International Microwave Workshop Series on Advanced Materials Processes (IMWS-AMP 2018), Ann Arbor, July 16 - 18, 2018, USA
- (51) **Body-Centered Tetragonal SiGe Nanodot Fabrication by RPCVD**
Y. Yamamoto
IMEC Seminar, Leuven, January 31 - March 31, 2018, Belgium
- (52) **Alignment Control of Vertical / Body-Centered-Tetragonal SiGe Nanodot**
Y. Yamamoto, Y. Itoh, P. Zaumseil, M.A. Schubert, G. Capellini, K. Washio, B. Tillack
12th International WorkShop on New Group IV Semiconductor Nanoelectronics (2018), Sendai, December 06 - 07, 2018, Japan
- (53) **Body-Centered Tetragonal SiGe Nanodot Fabrication by RPCVD**
Y. Yamamoto, P. Zaumseil, G. Capellini, A. Hesse, M. Albani, F. Montalenti, T. Schroeder, B. Tillack
11th International Workshop on New Group IV Semiconductor Nanoelectronics, Sendai, February 23 - March 24, 2018, Japan
- (54) **Terahertz Integrated Circuits for Communication and Imaging Applications**
J. Yun, M.H. Eissa, K. Schmalz, D. Yoon, J. Kim, J.-S. Rieh, D. Kissinger
48th European Microwave Week (EuMW), Madrid, September 23 - 28, 2018, Spain

Habilitationen/Dissertationen

Habilitations/Dissertations

- (1) **Epitaktische Ablöseverfahren für InGaAlP Dünnschicht-LEDs zur Wiedergewinnung von GaAs-Substraten**
M. Enghard
Dissertation, BTU Cottbus-Senftenberg, Germany, (2018)
- (2) **Defect Engineering in HfO₂/TiN-based Resistive Random Access Memory (RRAM) Devices by Reactive Molecular Beam Epitaxy**
S. Sankaramangalam Ulhas
Dissertation, TU Darmstadt, Germany, (2018)
- (3) **Highly Efficient Microwave Rectifiers for RF Energy Recycling Technique and their Applications**
D. Wang
Dissertation, RWTH Aachen University, Germany, (2018)
- (4) **Microwave and Millimeter-Wave Interferometers for Contactless Characterization of Dielectric Biomedical Samples**
J. Wessel
Dissertation, Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn, Germany, (2018)

Diplomarbeiten/Masterarbeiten/Bachelorarbeiten

Diploma Theses/Master Theses/Bachelor Theses

- (1) **Design of Low Pass Digital Impulse Response Filter for a Frequency-Modulated Continuous-Wave (FMCW) Radar Sensor**
S.G. Gabbalagodu Puttaswamy
Master Thesis, Hochschule Bremen, Bremen, Germany, (2018)
- (2) **Analiza Możliwości i Test Modułów Komunikacyjnych Dalekiego Zasięgu Dla Sensorów Bezprzewodowych Przy Użyciu Technologii Lora**
D. Grzywacz
Bachelor Thesis, University of Zielona Góra, Zielona Góra, Poland, (2018)
- (3) **Realtime Data and Video Acquisition of Portable Ultrasound Devices in Ambulant Point-of-Care Scenarios**
A. Haddadi Esafahani
Master Thesis, TU Chemnitz, Chemnitz, Germany, (2018)
- (4) **Process Development of Planar Local Bulk Si Fabrication on SOI Wafers by Selective Si Epitaxy for Photonics-BiCMOS Integration**
A. Hesse
Master Thesis, Technische Universität Kaiserslautern, Kaiserslautern, Germany, (2018)
- (5) **Analiza, Definicja Oraz Implementacja Protokołów Komunikacyjnych Dla Sieci Sensorów Bezprzewodowych Przy Użyciu Systemu Operacyjnego IHPOS I Platformy IHPNODE**
I. Koropiecki
Bachelor Thesis, University of Zielona Góra, Zielona Góra, Poland, (2018)
- (6) **Untersuchung einer kapazitiven Messmethode zur Bestimmung der Glukosekonzentration in Flüssigkeiten mittels Affinitätsassay**
D. Mika
Master Thesis, TU Berlin, Berlin, Germany, (2018)
- (7) **Elektrische Charakterisierung und Optimierung von Graphen-Nickel Kontakten**
P. Steinborn
Master Thesis, TH Wildau, Wildau, Germany, (2018)
- (8) **Definicja Oraz Implementacja Rozproszonej Aplikacji dla Sensorów Bezprzewodowych z Wykorzystaniem Warstwy Posredniej Tinydsm Oraz Identyfikacja Koniecznych Rozszerzen Funkcjonalności Kompilatora Tinydsm**
D. Stolarczyk
Bachelor Thesis, University of Zielona Góra, Zielona Góra, Poland, (2018)
- (9) **Opracowanie Oraz Implementacja Sterowników Dla Systemu Operacyjnego IHPOS Do Obsługi Sensorów**
D. Szczepaniak
Bachelor Thesis, University of Zielona Góra, Zielona Góra, Poland, (2018)
- (10) **Definicja I Implementacja Warstwy Adaptacyjnej Dla Systemu Operacyjnego IHPOS Tłumaczaca Wywołania Serwisów IHPOS Na Funkcje Biblioteki MSPWare**
K. Turchan
Bachelor Thesis, University of Zielona Góra, Zielona Góra, Poland, (2018)
- (11) **Analyse von EM-Kartographie als Mittel zur Bestimmung von Leakage-Quellen sowie des Effektes geeigneter Gegenmaßnahmen**
E. Vogel
Master Thesis, BTU Cottbus-Senftenberg, Cottbus, Germany, (2018)
- (12) **Definicja I Implementacja Sterowników Programowych Do Obsługi Modułów WIFI Oraz Bluetooth Dla Systemu Operacyjnego IHPOS**
P. Zielony
Bachelor Thesis, University of Zielona Góra, Zielona Góra, Poland, (2018)

Patente Patents

- (1) **Identifying and Counting Particles Using Dielectrophoresis**
M. Birkholz, J. Klatt, V. Abt
IHP.479 EP-Erst-Patentanmeldung am 28.12.2018, AZ: EP 18 248 257.0
- (2) **Sensoreinrichtung**
G. Dziallas, L. Zimmermann, T. Tekin, H.D. Ngo
IHP.472 EP-Erst-Patentanmeldung am 10.12.2018, AZ: EP 18 211 442.1
- (3) **Biochemical Fluid Analysis Device and Method**
J. Klatt, D. Kissinger, J. Wessel, M. Dannemann
IHP.487 EP-Erst-Patentanmeldung am 28.12.2018, AZ: EP 18 248 251.3
- (4) **Parallel Fractional-N Phase Locked Loop Circuit**
H.J. Ng, D. Kissinger
IHP.481 EP-Erst-Patentanmeldung am 04.09.2018, AZ: EP 18 192 255.0
- (5) **Inhaler and Inhaler Control Arrangement**
St. Ortmann, B. Zinke
IHP.483 EP-Erst-Patentanmeldung am 21.12.2018, AZ: EP 18 215 509.3
- (6) **Gain-Control Stage for a Variable Gain Amplifier**
P. Rito, I. Garcia Lopez, M. Ko, D. Kissinger
IHP.480 EP-Erst-Patentanmeldung am 21.12.2018, AZ: EP 18 215 598.6
- (7) **Electrooptical Device**
P. Steglich, A. Mai, Ch. Mai, S. Schrader
IHP.475. EP-Erst-Patentanmeldung am 16.03.2018, AZ: EP 18 162 310.9
- (8) **Photonic Sensor Chip, Packaged Photonic Sensor Device and Arrangement**
P. Steglich, Ch. Mai, A. Mai
IHP.482 EP-Erst-Patentanmeldung am 21.12.2018, AZ: EP 18 215 524.2
- (9) **PSSS Radio Communication Technology for High Data Rates**
L. Wimmer, K. KrishneGowda, M. Methfessel, R. Kraemer
IHP.484 EP-Erst-Patentanmeldung am 28.12.2018, AZ: EP 18 248 260.4



Angebote und Leistungen
Deliverables and Services

Angebote und Leistungen Deliverables and Services

Multi-Projekt-Wafer (MPW)- und Prototyping-Service

Das IHP bietet seinen Forschungspartnern und Kunden Zugriff auf seine leistungsfähigen SiGe-BiCMOS-Technologien und spezielle integrierte Hochfrequenzmodule.

Die Technologien sind insbesondere für Anwendungen im oberen GHz-Bereich geeignet, so z. B. für die drahtlose und Breitbandkommunikation, Radar, glasfasergestützte Kommunikation und integrierte Photonik. Sie bieten integrierte HBTs mit Grenzfrequenzen bis zu 500 GHz.

Verfügbar sind folgende SiGe-BiCMOS-Technologien:

| | |
|--------------|--|
| SG25H3: | Eine 0,25- μm -BiCMOS-Technologie mit mehreren npn-HBTs, deren Parameter von einer hohen HF-Performance ($f_T/f_{\text{max}} = 110/180$ GHz) zu größeren Durchbruchspannungen bis zu 7 V reichen. |
| SGB25V: | Eine kostengünstige 0,25- μm -BiCMOS- Technologie mit mehreren npn-Transistoren mit Durchbruchspannungen bis zu 7 V. |
| SG13S: | Eine 0,13- μm -BiCMOS-Hochleistungs- Technologie mit npn-HBTs bis zu $f_T/f_{\text{max}} = 250/340$ GHz mit 3,3 V I/O-CMOS und 1,2 V Logik-CMOS. |
| SG13G2: | Eine 0,13- μm -BiCMOS-Hochleistungs- Technologie mit einer wesentlich höheren Bi- polar-Performance von $f_T/f_{\text{max}} = 300/500$ GHz. |
| SG25H5_EPIC: | Eine monolithische photonische BiCMOS-Technologie, die 0,25- μm -CMOS, Hochleistungs-npn-HBTs ($f_T/f_{\text{max}} = 220/290$ GHz) und alle erforderlichen photonischen Bauelemente für das C/O-Band kombiniert. |

Das Backend enthält 3 (SG13: 5) dünne und 2 dicke Metallebenen (TM1: 2 μm , TM2: 3 μm).

Es finden technologische Durchläufe nach einem festen, unter www.ihp-microelectronics.com verfügbaren, Zeitplan statt.

Ein Cadence-basiertes Design-Kit für Mischsignale ist verfügbar. Wiederverwendbare Schaltungsblöcke und IPs des IHP für die drahtlose und Breitbandkommunikation werden zur Unterstützung von Designs Dritter angeboten.

Multi Project Wafer (MPW) and Prototyping Service

IHP offers research partners and customers access to its powerful SiGe BiCMOS technologies and special integrated RF modules.

The technologies are especially suited for applications in the higher GHz range (e. g. for wireless, broadband, radar, fiberoptic communication and integrated photonics). They provide integrated HBTs with cut-off frequencies of up to 500 GHz.

The following SiGe BiCMOS technologies are available:

| | |
|--------------|---|
| SG25H3: | A 0.25 μm BiCMOS with a set of npn-HBTs ranging from a higher RF performance ($f_T/f_{\text{max}} = 110/180$ GHz) to higher breakdown voltages up to 7 V. |
| SGB25V: | A cost-effective 0.25 μm BiCMOS with a set of npn-HBTs up to a breakdown voltage of 7 V. |
| SG13S: | A high-performance 0.13 μm BiCMOS with npn-HBTs up to $f_T/f_{\text{max}} = 250/340$ GHz, with 3.3 V I/O CMOS and 1.2 V logic CMOS. |
| SG13G2: | A 0.13 μm BiCMOS technology with much higher bipolar performance of $f_T/f_{\text{max}} = 300/500$ GHz. |
| SG25H5_EPIC: | A monolithic photonic BiCMOS technology combining 0.25 μm CMOS, high-performance npn HBT's ($f_T/f_{\text{max}} = 220/290$ GHz), and full photonic device set for C/O-band. |

The backend offers 3 (SG13: 5) thin and 2 thick metal layers (TM1: 2 μm , TM2: 3 μm).

The schedule for MPW & Prototyping runs is published at www.ihp-microelectronics.com.

A cadence-based mixed signal design kit is available. For high frequency designs an analogue Design Kit in ADS can be used. IHP's reusable blocks and IPs are offered to support third party designs.

Zusätzliche Module sind für bestimmte SiGe-BiCMOS-Technologien verfügbar:

| | |
|------|--|
| LBE: | Das Modul für lokales Rückseitenätzen (LBE) wird angeboten zur Verbesserung der passiven Performance durch lokales Entfernen von Silizium. (verfügbar in allen Technologien) |
| PIC: | Zusätzliche photonische Designebenen zusammen mit BiCMOS-BEOL-Ebenen auf SOI-Wafern. |
| TSV: | Das Modul ist eine zusätzliche Option in der SG13S- und SG13G2-Technologie, die eine HF-Erdung mittels Durchkontaktierungen durch Silizium bietet, um die HF-Leistung zu verbessern. |

The following Technology Modules are available:

| | |
|------|--|
| LBE: | The Localized Backside Etching (LBE) module is offered to remove silicon locally to improve passive performance. (available in all technologies) |
| PIC: | Additional photonic design layers together with BiCMOS BEOL layers on SOI wafers. |
| TSV: | Module is an additional option in SG13S and SG13G2 technology which offers RF grounding by vias through silicon to improve RF performance. |

Die wesentlichen Parameter der Technologien

Technical key-parameters of the technologies

Key Specification

| Feature | SG13S | SG13G2 | SG25H3 | SGB25V |
|------------------------------------|----------|----------|---------|---------|
| Technology node (nm) | 130 | 130 | 250 | 250 |
| f_{\max} NPN (GHz) | 340 | 500 | 180 | 95 |
| CMOS core supply (V) | 1.2, 3.3 | 1.2, 3.3 | 2.5 | 2.5 |
| CMIM (fF/ μm^2) | 1.5 | 1.5 | 1.0 | 1.0 |
| Poly Res (Ω/\square) | 250 | 275 | 210-280 | 210-310 |
| High Poly Res (Ω/\square) | 1300 | 1360 | 1600 | 2000 |
| BEOL | 7x AL | 7xAL | 5xAL | 5xAL |
| Varactor (C_{\max}/C_{\min}) | 1.7 | 1.7 | 3 | 3 |
| Q inductor | 37* | 37* | 37* | 37* |

*1 nH (with LBE)

Bipolar Transistors

| Feature | SG13S | SG13G2 | SG25H3 | SGB25V |
|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|---------|
| NPN1 f_T / f_{\max} (GHz) | 250 / 340 | 300 / 500 | 110 / 180 | 75 / 95 |
| NPN2 f_T / f_{\max} (GHz) | 45 / 165 | 120 / 330 | 45 / 140 | 45 / 90 |
| NPN3 f_T / f_{\max} (GHz) | | | 25 / 80 | 25 / 70 |
| NPN1 BV_{CE0} (V) | 1.7 | 1.7 | 2.3 | 2.4 |
| NPN2 BV_{CE0} (V) | 3.7 | 2.5 | 5 | 4 |
| NPN3 BV_{CE0} (V) | | | 7 | 7 |
| NPN1 BV_{CBO} (V) | 5 | 4.8 | 6 | 7 |
| NPN2 BV_{CBO} (V) | 15 | 8.5 | 10.5 | 15 |
| NPN3 BV_{CBO} (V) | | | 21 | 20 |

CMOS Section

| Feature | | SG25H3* | SG13S** | |
|-------------------------|---|---------|---------|-------|
| Core Supply Voltage (V) | | 2.5 | 3.3 | 1.2 |
| nMOS | V_{TH} (V) | 0.6 | 0.71 | 0.5 |
| | I_{OUT}^{***} ($\mu\text{A}/\mu\text{m}$) | 540 | 280 | 480 |
| | I_{OFF} (pA/ μm) | 3 | 10 | 500 |
| pMOS | V_{TH} (V) | -0.6 | -0.61 | -0.47 |
| | I_{OUT} ($\mu\text{A}/\mu\text{m}$) | -230 | -220 | -200 |
| | I_{OFF} (pA/ μm) | -3 | -10 | -500 |

* Parameters for SGB25V are similar

** Parameters for SG13G2 are similar

*** @ $V_G = 2.5$ V

Passive Section

| Feature | SG25H3 | SGB25V | SG13S | SG13G2 |
|---|------------|------------|------------|------------|
| MIM Capacitor (fF/ μm^2) | 1 | 1 | 1.5 | 1.5 |
| N+ Poly Resistor (Ω/\square) | 210 | 205 | - | - |
| P+ Poly Resistor (Ω/\square) | 280 | 310 | 250 | 260 |
| High Poly Resistor (Ω/\square) | 1600 | 2000 | 1300 | 1360 |
| Varactor C_{\max}/C_{\min} | 3 | 3 | 1.7 | 1.7 |
| Inductor Q@5 GHz | 18 (1 nH) | 18 (1 nH) | 18 (1 nH) | 18 (1 nH) |
| Inductor Q@10 GHz | 20 (1 nH) | 20 (1 nH) | 20 (1 nH) | 20 (1 nH) |
| Inductor Q@5 GHz | 37 (1 nH)* | 37 (1 nH)* | 37 (1 nH)* | 37 (1 nH)* |

* with LBE

Verfügbare Module

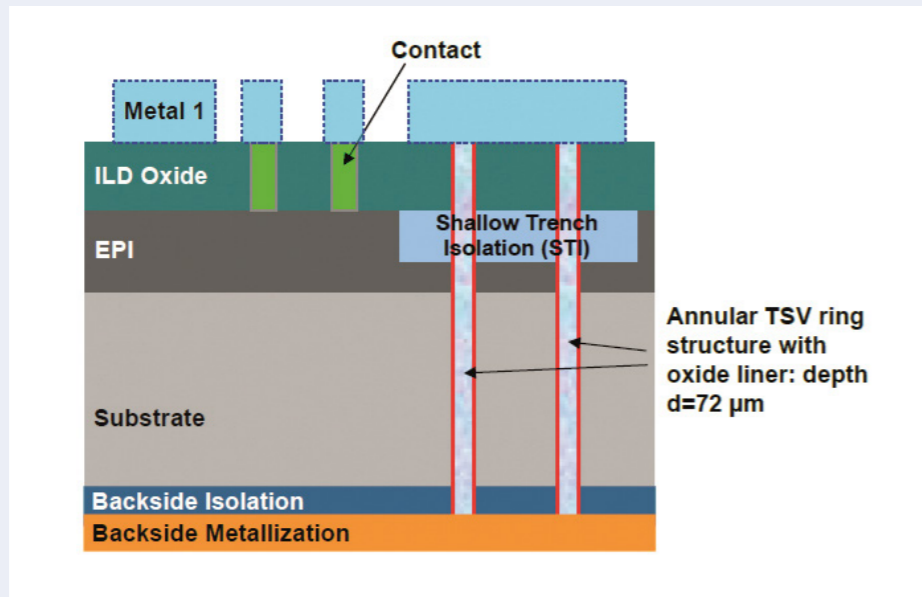
TSV-Modul

- Through-Silicon Via-Modul ist für HF-Erdung in SG13-Technologien verfügbar.
- Einzelne TSVs bieten eine niedrige GND-Induktivität (pH 30), um die Leistung der HF-Schaltung zu verbessern.
- Eine rückseitige Metallisierung wird als Chip-zu-Package-Schnittstelle für die Chipverbindung bereitgestellt

Available Modules

TSV-Module

- Through-Silicon Via Module for RF Grounding available in SG13 technologies.
- Single TSVs can provide low GND inductance ≈ 30 pH to improve RF circuit performance.
- A backside metallization is provided as chip-to-package interface for the attach.

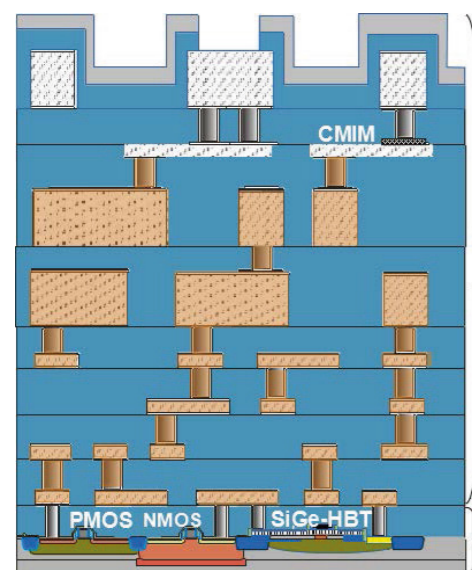


Cu BEOL Modul

- Kombination eines qualifizierten BiCMOS FEOL mit einer qualifizierten Cu BEOL-Technologie
- MPW Zugang Q2 2019

Cu BEOL Module

- Combination of a qualified BiCMOS FEOL with a qualified Cu BEOL technology
- MPW access Q2 2019



SG13S FEOL



XR013 Cu BEOL



Joint foundry offer via IHP Solutions

Photonisches integriertes Schaltungsmodul

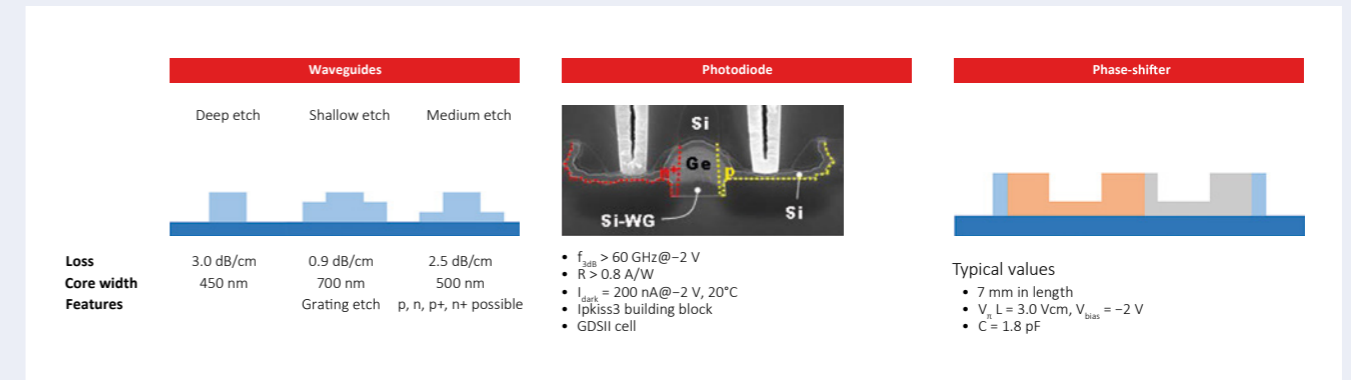
Haupteigenschaften

- 220 nm Si auf 2 μm SiO₂
- 3 Ätztiefen
- 4 Dotierungsstufen (p, n, p+, n+)
- 3 + 2 dicke AlCu-Backend-Metallschichten
- Germanium-Fotodioden ($f_{3dB} > 60$ GHz)
- HBTs ($f_T/f_{max} = 220/290$ GHz)
- Optionale lokale Rückseitenätzung

Photonic Integrated Circuit Module

Main features

- 220 nm Si on 2 μm SiO₂
- 3 etch depths
- 4 doping levels (p, n, p+, n+)
- 3 + 2 thick AlCu backend metal layers
- Germanium photo diodes ($f_{3dB} > 60$ GHz)
- HBTs ($f_T/f_{max} = 220/290$ GHz)
- Optional localized backside etching



Design Kit

Die Design Kits unterstützen den Cadence Mixed-Signal Design Flow.

Analog/Mixed-Signal Flow:

- Design Framework II (Cadence 6.1)
- Schaltplanentwicklung (Virtuoso Schematic Editor)
- Simulation
 - Analog Design Umgebung- ADE (Cadence)
 - RF: SpectreRF (Cadence)
 - Analog: Spectre/APS (Cadence)
 - Mixed-Signal: AMS Designer/XPS (Cadence)
- Layoutentwurf (Cadence Virtuoso Layout Editor)
- Verifikation:
 - Cadence Assura DRC/LVS/QRC
 - Calibre DRC/LVS
 - POLYTEDA PowerDRC/LVS
- Ausgewählte PDKs bieten Cadence VPS für EMIR Analyse
- Support für Analog Office und TexEDA über Partner verfügbar
- Sonnet Support für alle Design Kits
- ADS Support via Golden Gate/RFIC dynamic link zu Cadence verfügbar
- Eigenständiges ADS Kit einschließlich Momentum substrate layer file

Design Kit

The design kits support a Cadence mixed signal platform.

Analog/Mixed-Signal Flow:

- Design Framework II (Cadence 6.1)
- Schematic Design Entry (Virtuoso Schematic Editor)
- Simulation
 - Analog Design Environment - ADE (Cadence)
 - RF: SpectreRF (Cadence)
 - Analog: Spectre/APS (Cadence)
 - Mixed-Signal: AMS Designer/XPS (Cadence)
- Full Custom Layout (Cadence Virtuoso Layout Editor)
- selected PDKs support Substrate Noise Analysis)
- Physical verification:
 - Cadence Assura DRC/LVS/QRC
 - Calibre DRC/LVS
 - POLYTEDA PowerDRC/LVS
- Selected PDKs support Cadence VPS for EMIR analysis
- Support of Analog Office and TexEDA via partners is available
- Sonnet support for all design kits
- ADS-support via Golden Gate/RFIC dynamic link to Cadence is available
- Standalone ADS Kit including Momentum substrate layer file

Digital Design Flow:

- Verhaltenssimulation und Synthese (VHDL, Verilog HDL)
- Verifikation
 - Simulation: ModelSim (Mentor Graphics), Incisive Enterprise Simulator – IES (Cadence)
- VHDL/Verilog Logic Synthese & Optimierung (Design Compiler/Synopsys, PrimeTime/Synopsys, Genus/ Cadence)
- Design für Test, Testpattern Generierung (Synopsys DFT Compiler,
- Design for Test, Test Pattern Generation (Synopsys DFT Compiler, Cadence RTL Compiler and Innovus Test)
- Digital CMOS libraries and IO cells for 0,25 µm CMOS and 0,13 µm CMOS

IP**Analoge IP**

- Drahtlose Kommunikation
 - 60, 240 GHz
- Radarsensoren
 - 60, 80, 120, 160 GHz
- THz Sensoren
 - 245, 500 GHz
- Frequenzsynthesizer
 - 6 - 60 GHz
- Faseroptische Kommunikation
 - VCSEL, MZM, TIA
- Mixed-Signal Komponenten
 - ADC, DAC
- Impulse Radio UWB

Digitale IP

- Schnittstellen
 - I²C Slave, SPI Slave, MDIO Slave, 10BASE-T und 100BASE-TX Digital Controller
- Kommunikationskerne
 - PTMP MAC, OFDM, LDPC, RS, Viterbi, Peaktop, Waterbear

Transfer von Technologien und Technologiemodulen

IHP bietet seine BiCMOS-Technologien und Technologiemodule (z. B. HBT-Module) für den Transfer an. Die technologischen Parameter stimmen weitgehend mit den oben für MPW & Prototyping beschriebenen Parametern überein.

Digital Design Flow:

- Behavioral Modeling (VHDL, Verilog HDL)
- Verification
 - Simulation: ModelSim (Mentor Graphics), Incisive Enterprise Simulator – IES (Cadence)
- VHDL/Verilog Logic Synthesis & Optimization (Design Compiler/Synopsys, PrimeTime/Synopsys, Genus/ Cadence)
- Design for Test, Test Pattern Generation (Synopsys DFT Compiler, Cadence RTL Compiler and Innovus Test)
- Digital CMOS libraries and IO cells for 0.25 µm CMOS and 0.13 µm CMOS

IP**Analog IP**

- Wireless Communication
 - 60, 240 GHz
- Radar Sensors
 - 60, 80, 120, 160 GHz
- THz Sensors
 - 245, 500 GHz
- Frequency Synthesizers
 - 6 - 60 GHz
- Fiberoptical Communication
 - VCSEL, MZM, TIA
- Mixed-Signal Components
 - ADC, DAC
- Impulse Radio UWB

Digital IP

- Interfaces
 - I²C Slave, SPI Slave, MDIO Slave, 10BASE-T and 100BASE-TX Digital Controller
- Communication Cores
 - PTMP MAC, OFDM, LDPC, RS, Viterbi, Peaktop, Waterbear

Transfer of Technologies and Technology Modules

IHP offers its BiCMOS technologies and technology modules (e.g. HBT Modules) for transfer. The technological parameters comply to a large extent with the parameters described above for MPW & Prototyping.

Prozessmodul-Unterstützung

IHP bietet Unterstützung für hochentwickelte Prozessmodule für Forschungs- und Entwicklungszwecke sowie für Prototyping in geringen Mengen.

Zu den verfügbaren Prozessmodulen gehören:

- Standardprozesse (Implantation, Ätzen, CMP & Abscheidung von Schichtstapeln wie thermisches SiO₂, PSG, Si₃N₄, Al, TiN, W)
- Epitaxie (Si, Si:C, SiGe, SiGe:C)
- Optische Lithographie (i-line und 248 nm bis 100 nm Strukturgröße)
- Short-flow Verarbeitung

Fehleranalyse und Diagnostik

IHP bietet Unterstützung für Ausbeuteerhöhung durch Fehleranalyse mit modernster Ausrüstung, einschließlich AES, AFM, FIB, LST, SEM, SIMS, STM und TEM.

IHP Solutions GmbH

Die IHP Solutions GmbH, eine 100%ige Tochtergesellschaft des IHP, ist eine kommerzielle, marktorientierte Schnittstelle für Kunden zum IHP und seinen Forschungsergebnissen. Zu den Aktivitäten gehören der Transfer von Ergebnissen aus Forschung, Technologieentwicklung und Dienstleistungen für das IHP, einschließlich Patentmanagement und Startup-Unterstützung. Im Bereich Industrieservice ist das Unternehmen Auftragnehmer für Industriekunden und ermöglicht ihnen die Nutzung der Fertigungsdienstleistungen der IHP-Pilotlinie. Weitere Informationen: www.ihp-solutions.com

Process Module Support

IHP offers support for advanced process modules for research and development purposes and small volume prototyping.

Process modules available include:

- Standard processes (implantation, etching, CMP & deposition of layer stacks such as thermal SiO₂, PSG, Si₃N₄, Al, TiN, W)
- Epitaxy (Si, Si:C, SiGe, SiGe:C)
- Optical lithography (i-line and 248 nm down to 100 nm structure size)
- Short-flow processing

Failure Mode Analysis and Diagnostics

IHP offers support for yield enhancement through failure mode analysis with state-of-the-art equipment, including AES, AFM, FIB, LST, SEM, SIMS, STM and TEM.

IHP Solutions GmbH

IHP Solutions GmbH, a 100% subsidiary of IHP, is a commercial, market-oriented interface for customers to IHP and its research results. Among the activities are the transfer of results from research, technology development and services for the IHP, including patent management and start-up support. In the field of “Industry Service“, the company is a contractor for industrial customers and allows them to use the manufacturing services of the IHP pilot line. More information: www.ihp-solutions.com

For more information please contact:

Dr. René Scholz (MPW & Prototyping contact)
IHP
Im Technologiepark 25
15236 Frankfurt (Oder), Germany
Email : scholz@ihp-microelectronics.com
Tel : +49 335 56 25 647
Fax: +49 335 56 25 327

Wegbeschreibung zum IHP

Directions to IHP

Per Flugzeug

Vom Flughafen Berlin-Tegel mit der Buslinie X9 bis Bahnhof Berlin-Zoologischer Garten (19 Minuten) oder mit der Buslinie TXL bis zum Berliner Hauptbahnhof (20 Minuten), dann mit dem Regional-Express RE 1 bis Frankfurt (Oder) (ca. 1 Stunde 20 Minuten). Vom Flughafen Berlin-Schönefeld mit dem Airport-Express oder der S-Bahnlinie S 9 bis Bahnhof Berlin-Ostbahnhof (19 bzw. 32 Minuten); dann mit dem RegionalExpress RE 1 bis Frankfurt (Oder) (ca. 1 Stunde).

Per Bahn

Von den Berliner Bahnhöfen Zoologischer Garten, Hauptbahnhof, Friedrichstraße, Alexanderplatz oder Ostbahnhof mit dem Regional Express RE 1 bis Frankfurt (Oder).

Per Auto

Über den Berliner Ring auf die Autobahn A 12 in Richtung Frankfurt (Oder)/Warschau; Abfahrt Frankfurt (Oder)-West, an der Ampel links in Richtung Beeskow und dem Wegweiser „Technologiepark“ folgen.

Per Straßenbahn in Frankfurt (Oder)

Ab Frankfurt (Oder) Bahnhof mit der Linie 4 in Richtung Markendorf Ort bis Haltestelle Technologiepark (13 Minuten).

By plane

From Berlin-Tegel Airport take the bus X9 to the railway station Berlin-Zoologischer Garten (19 minutes) or the bus TXL to Berlin Hauptbahnhof (20 minutes), then take the RegionalExpress RE 1 to Frankfurt (Oder) (appr. 1 hour 20 minutes). From Berlin-Schönefeld Airport take the Airport-Express or the S-Bahn line S 9 to the railway station Berlin Ostbahnhof (19 resp. 32 minutes); then take the Regional-Express RE 1 to Frankfurt (Oder) (appr. 1 hour).

By train

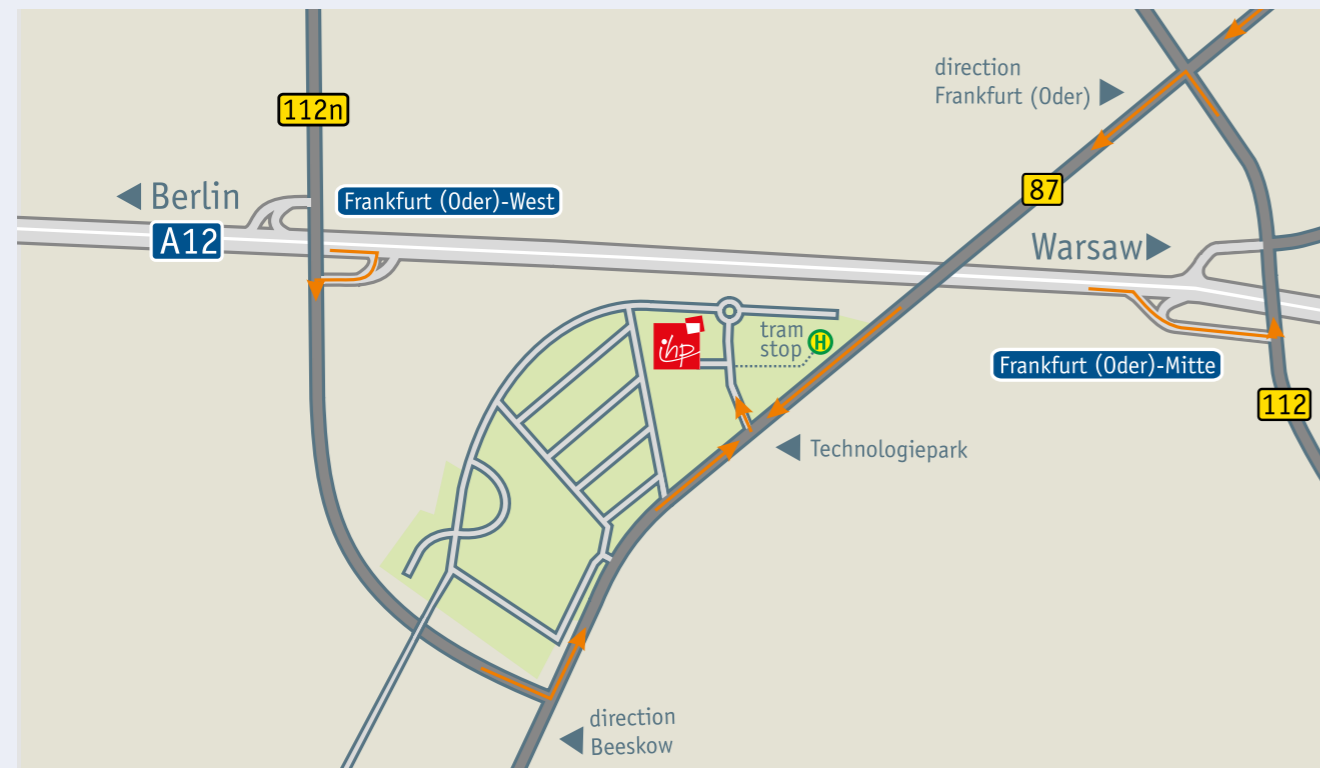
Take the train RegionalExpress RE 1 from the Berlin railway stations Zoologischer Garten, Hauptbahnhof, Friedrichstraße, Alexanderplatz or Ostbahnhof to Frankfurt (Oder).

By car

Take the highway A 12 from Berlin in the direction Frankfurt (Oder)/Warschau (Warsaw); take exit Frankfurt (Oder)-West, at the traffic lights turn left in the direction Beeskow and follow the signs to “Technologiepark”.

By tram in Frankfurt (Oder)

Take the Tram 4 from railway station Frankfurt (Oder) Bahnhof in the direction Markendorf Ort to Technologiepark (13 minutes).



Impressum

Imprint

Herausgeber Publisher

IHP GmbH – Leibniz-Institut für innovative Mikroelektronik |
Innovations for High Performance Microelectronics

Postadresse Postbox

Postfach 1466 | Postbox 1466, 15204 Frankfurt (Oder),
Deutschland | Germany

Besucheradresse Address for Visitors

Im Technologiepark 25, 15236 Frankfurt (Oder),
Deutschland | Germany
Telefon | Fon: +49 335 56250, Telefax | Fax: +49 335 5625300
E-Mail: ihp@ihp-microelectronics.com,
Internet: www.ihp-microelectronics.com

Redaktion Editors

Dr. Anna Sojka-Piotrowska, Anne-Kristin Jentzsch

Gestaltung und Satz Design and layout

Pitch Black Graphic Design, Köpenicker Straße 147, 10997 Berlin
Telefon | Fon: +49 030 498 544 36
E-Mail: info@gpitchblackgraphicdesign.com
Internet: www.pitchblackgraphicdesign.com

Druck Printing

Chromik Offsetdruck, Marie-Curie-Straße 8, 15236 Frankfurt (Oder)
Telefon | Fon: +49 335 5212773, Telefax | Fax: +49 335 5212776
E-Mail: kai.chromik@online.de
Internet: www.chromikoffsetdruck.de

Bildnachweise Photo credits

IHP, Patrick Pleul, Winfried Mausolf, Frederic Schweizer,
Uwe Steinert

Bilderklärungen Photodescriptions

S. 1: Umschlag Cover

Leiterkarte Mars Node Lite
PCB Board Mars Node Lite

S. 2: Umschlaginnenseite Inside Cover

IHP-Gebäude
IHP building

S. 2: Manfred Stöcker (l.), Prof. Dr. Bernd Tillack (r.)

S. 5: Update 2018

Prof. Dr. Bernd Tillack, Prof. Dr. Gunter Henn, René Wilke,
Prof. Dr. Albert Sickmann und Dr. Ulrike Gutheil (v.l.n.r.) bei der
Grundsteinlegung

Prof. Bernd Tillack, Prof. Gunter Henn, René Wilke, Prof. Albert
Sickmann und Dr. Ulrike Gutheil (f.l.t.r.) at the groundbreaking
ceremony

S. 13: IHP's Research

Probenhalter in einem Flugzeitmassenspektrometer
Sample holder in a time-of-flight mass spectrometer

S. 33: Entwurf einer neuen Sensorknoten Plattform
Prototype of a new Sensor Node Platform

S. 101: Deliverables and Services

Das Bild zeigt einen Blick in den Reinraum. Die gelbe Beleuchtung
verhindert die ungewollte Belichtung von Fotolacken für die
Fotolithografie.

The picture shows a view into the cleanroom. The yellow (red-green)
lighting is necessary for photolithography, to prevent unwanted
exposure of photoresist to light of shorter wavelengths.



innovations
for high
performance

microelectronics

**IHP GmbH – Innovations
for High Performance Microelectronics**
Leibniz-Institut
für innovative Mikroelektronik

Im Technologiepark 25
15236 Frankfurt (Oder)
Germany
Telefon +49 335 5625 0
Fax +49 335 5625 300

ihp@ihp-microelectronics.com
www.ihp-microelectronics.com