



LEIBNIZ-INSTITUT  
für interdisziplinäre Studien e.V.  
(LIFIS)

---

10<sup>th</sup> LEIBNIZ-CONFERENCE  
OF ADVANCED SCIENCE

## SENSORSYSTEME 2010

Abstracts

07. - 08. Oktober 2010

Lichtenwalde

## VORTRÄGE

### **Ambient Intelligence in next Generation Rooms and Buildings**

*Gerd vom Bögel, Klaus Scherer*

*Fraunhofer-Institut f. Mikroelektron. Schaltungen u. Systeme, Fraunhofer-inHaus-Zentrum, Duisburg*

The aim of **Ambient Intelligence** (short **AmI**) is the intensive networking of sensors/actuators, wireless nodes and mobile devices in order to improve processes in daily life. First area of application is the Smart Home where all appliances (HVAC, white goods, shutter, etc.) can be controlled by mobile devices from anywhere. Operation will be context sensitive and adapted to the needs of users. A further application is the efficiency of infrastructures and resources. In this area especially wireless sensor networks are an interesting technology for monitoring tasks, e.g. fire protection, earthquake prediction, energy management and traffic control.

The inHaus innovation center of the Fraunhofer-Gesellschaft offers a comprehensive and sustainable concept for technology innovations in the area of **AmI** solutions. Due to this novel concept, new integrated process and systems solutions are developed and tested in close cooperation with partners from industry and research. As a result, there are benefits for, on the one hand, constructors, operating authorities and residents in the area of residential properties and, on the other hand, for constructors, investors, operating authorities and users of commercial properties.

The vision is that the enhancement of nearly all devices by communication ability and some intelligence leads to a significant support by the intelligent environment on demand. This means that the use of distributed intelligence does not need more knowledge than usual actions like walking, eating or reading.

### **Trends in der Drucksensorik**

*Peter Krause*

*First Sensor Technology, Berlin*

Drucksensoren besitzen neben den Temperatursensoren weltweit den größten Marktanteil innerhalb der Sensorik. Tatsächlich sind Drucksensoren allgegenwärtig in unserem Leben, sei es im Auto, in der industriellen Steuerung und Automation, in der Medizintechnik oder in unserem Haushalt. Bei den allermeisten Drucksensoren wird eine Membranauslenkung detektiert. Zu den am weitesten verbreiteten Sensorprinzipien zählen die piezoresistiven Drucksensoren. Die starke Verbreitung begründet sich vor allem dadurch, dass sowohl das Packaging der piezoresistiven Sensorelemente als auch die Kompensation/Kalibrierung mittels standardisierten Verfahren bzw. Komponenten kostengünstig in hohen Stückzahlen umgesetzt werden können.

Innerhalb der Wertschöpfungskette für piezoresistive Drucksensoren finden damit verbunden aber Veränderungen statt. So steigt der Wertschöpfungsanteil bei der Kalibrierung an. Dagegen wird das Sensorelement zum "Standard", spielt für die Qualität des Sensors aber trotzdem eine entscheidende Rolle. Weitere Trends sind, dass neue Funktionalitäten im Sensor integriert werden, die Stabilitätsanforderungen steigen, eine weitere Miniaturisierung stattfindet, die Energiebilanz des Sensors wichtiger wird. Diese und andere Trends der Drucksensorik und deren Folgen für die Kunden und Hersteller werden in dem Vortrag erörtert.

### **Stand und Tendenzen thermischer Infrarot-Sensoren für die Thermographie**

*Helmut Budzier, Gerald Gerlach*

*Technische Universität Dresden, Dresden*

Bedingt durch die stürmische Entwicklung der Mikro- und Nanotechnologie werden Infrarotsensoren immer preiswerter und dringen oftmals unbemerkt in viele Bereiche des täglichen Lebens vor. Zum Einsatz kommen dabei vorwiegend thermische Sensoren, da mit ihnen energieeffiziente, kleine Lösungen in großen Stückzahlen realisiert werden können. Gerade in der Thermografie zeigt es sich, welches rasante Wachstum durch die Einführung moderner Sensortechnologie möglich ist. So haben z.B. Mikrobolometerarrays die Thermografie revolutioniert. Waren vor einigen Jahren noch Bildgrößen unter 320x240 Pixel das Maximum, sind jetzt Sensorarrays mit 1024x768 Pixel verfügbar. Bereits angekündigt werden IR-Bildsensoren mit voller HDTV-Auflösung. Der Entwicklungstrend geht dabei zu immer kleinere Pixelrastern ( $< 17 \mu\text{m}$ ) und zu kompakten Keramikgehäusen. Der Betrieb von Mikrobolometern ohne eine bisher erforderliche Temperaturstabilisierung erlaubt kleine energieeffiziente Kamerasysteme.

Kleinarrays aus Thermoelemente (32x31 Pixel) ermöglichen eingebettete Thermografiesysteme und intelligente Bewegungsmelder. Aber auch neue Sensorarten, wie z.B. bimorphe Sensoren, drängen auf den Markt. Inwieweit sich diese durchsetzen werden, lässt sich allerdings nicht vorhersehen.

### **Micromachined ultrasonic transducer: challenges and opportunities**

*Chenping Jia, Maik Wiener, Thomas Gessner  
Technische Universität Chemnitz, Chemnitz*

Micromachined capacitive ultrasonic transducer based on thin Si or other semiconductor membrane has potential advantages over current prevailing ceramic transducer in airborne and immersion applications. However, despite large amount of publications presented in this area, no commercial measurement system based on such transducer is available on the market. Successful application of MEMS transducer in industry depends on the solution of several technology difficulties, including sensitivity improvement, higher yield-rate, suitable packaging plan for transducer die and sufficient reliability in field environment. In this presentation, the development progress of micromachined ultrasonic transducers in the Center for Micro-Technology at TU Chemnitz will be introduced. We will outline the major steps of two independent fabrication processes, indicate their respective advantages and drawbacks, demonstrate the prototypes that have been fabricated hitherto, and show the results of initial characterization experiments. We will focus especially on problems that exist in current fabrication process, and elucidate possible solutions therefor. Besides, we will also illustrate the expected application scenario of such transducer and make a brief introduction on their limitations.

### **Matrixsensoren zur Prüfung von Kohlefaserverbundwerkstoffen mit Ultraschall- und Wirbelstromverfahren**

*Henning Heuer, Thomas Herzog, Martin Schulze, Klaus-Jürgen Wolter, Norbert Meyendorf  
Fraunhofer-Institut für zerstörungsfreie Werkstoffprüfung, Dresden*

Neue Technologien und Werkstoffe setzen neue Anforderungen an die zerstörungsfreien Prüfverfahren (ZfP). Zurzeit treibt der vermehrte Einsatz von Kohlefaserverbundwerkstoffen (CFK) oder die sich etablierende Photovoltaikindustrie (PV) die Entwicklung neuer Methoden, Sensoren und Systemlösungen im Bereich der ZfP voran.

Im Bereich der CFK Prüfung ist die Position einzelner Faserbündel in einer Verbundmatrix festzustellen, um beispielsweise bei der Fertigung 3-dimensionaler Strukturen die exakte Position und Verteilung einzelner Faserbündel im Biegebereich zu prüfen. Auch werden zukünftig bereits die rohen Ausgangsmaterialien einer Eingangsprüfung unterzogen. In der Photovoltaik gilt es große Flächen mit hoher Ortsauflösung in Produktionsgeschwindigkeit zu prüfen. Weiterhin werden neue Lösungen zur offline Fehleranalyse und Stichprobenprüfung an großen ( $> 1\text{m}^2$ ) Substraten benötigt. Die Forderung nach einer hohen Volumenauflösung im Bereich von  $100 \mu\text{m}$  und darunter geht einher mit Forderungen nach großen Substratgrößen, Prozessintegrierbarkeit und automatisierter Auswertbarkeit.

Der Beitrag gibt einen Überblick über neue Ansätze zur höchstauflösenden, kontaktfreien Prüfung elektrischer Eigenschaften mittels abbildender Wirbelstromverfahren und beschreibt den Weg zu einer neuen Generation von Hochfrequenz Ultraschall Phased Array und Matrix Sensoren für die hochauflösende Ultraschallprüfung. So werden z.B. CF-Werkstoffe und Solarzellen schon heute mit Wirbelstromsensorarrays abgescannt, um durch die Auswertung einer lokalen Änderung der elektrischen Eigenschaften Rückschlüsse über die Tragfähigkeit bzw. Effizienz und Lebensdauer von Solarzellen zu bestimmen.

## **Nano-Laser und Random Laser: Potential für neue Sensoren**

*Bernd Wilhelmi*

*Leibniz-Institut für interdisziplinäre Studien e.V. (LIFIS), Jena*

Bereits seit dem Vorschlag für Halbleiterlaser 1959 und ersten Realisierungen ab 1962 gibt es das Konzept, Laser zu miniaturisieren. Heute setzt man solche Laser im Mikrometerbereich breit ein, und Versionen mit Dimensionen im Submikrometerbereich werden weltweit entwickelt. Der Market Pull für immer kleinere Varianten kommt in erster Linie aus dem IT Bereich, wo optoelektronische Transceiver in Nano CMOS Schaltungen benötigt werden. In jüngster Zeit tritt ein schnell wachsender Sog aus dem Bereich der Sensorik hinzu, wo es darum geht, extrem kleine und kostengünstige Bauelemente in die zu überwachenden Komponenten und Systeme aus den Bereichen Produktion, Konsumption und Service, Medizintechnik eingeschlossen, zu integrieren, um die Betriebssicherheit über lange Zeiträume zu gewährleisten und Energie- und Rohstoffbedarf sowie Investitions- und Betriebskosten zu reduzieren. Miniaturisierte optoelektronische Lösungen haben sich hier bewährt. Aber auch dabei ist weitere Verkleinerung ohne Reduktion der Qualität gefordert. Im Vortrag wird über den Einsatz von Nano Lasern aus dem Labor und aus Kleinserienproduktion in neuartigen Sensoren für Messtechnik, Diagnose, zerstörungsfreie Prüfung, Structural Health Monitoring und Identifikation berichtet. Einige neue Konzepte werden vorgeschlagen. Außer um einzelne Lichtquellen geht es dabei auch um in Mustern oder zufällig angeordnete Gruppen von Nano Lasern. Ihr Einsatz reicht von der frühzeitigen Erkennung von Korrosion und Lecks über die Erkennung und Identifizierung von kanzerogenem Gewebe bis zu Rettungsoperationen in unwegsamem Gelände.

## **Low Energy Nanolayer Sensors**

*Werner Moritz*

*Humboldt-Universität, Berlin*

Im Rahmen der Detektion von Wasserstoff existieren zwei weit entfernte Meßbereiche, die potentiell einen Massenmarkt ergeben können. Dies betrifft zum einen Messungen im Bereich der Explosionsgrenze (40.000 ppm), die mit einem Einsatz von Brennstoffzellen und wasserstoffbetrieben PKW im Konsumerbereich massenhaft benötigt werden. Zum zweiten ist Wasserstoff ein Signalgas bei der Brandwarnung. Hier sind Konzentrationen von lediglich 20 ppm zu detektieren. Es wird ein Wasserstoffsensoren präsentiert, der den gesamten großen Meßbereich (6 Größenordnungen der Konzentration) umfasst.

Für die weitere Entwicklung von Sensorsystemen wird eine Funkvernetzung (Batteriebetrieb) bzw. sogar eine energieautarke Betriebsweise prognostiziert. Es wird dargestellt, wie bei dem Wasserstoffsensoren der Humboldt-Universität ein extrem geringer Energieverbrauch gesichert wird.

## **Neue Sensoren für die industrielle Messtechnik**

*Felix Kerstan*

*Carl Zeiss MicroImaging GmbH, Jena*

Die Anwendung der Spektrosensoren (Spektrometer oft auch mit anderen Sensoren gekoppelt) von Carl Zeiss ist sehr weit gefächert. Sie reicht von der Prozesskontrolle bei der Herstellung von Futter- und Lebensmitteln bis zu Charakterisierung von Schichten in der Glasindustrie oder Solarzellenherstellung. Dabei werden für die Problemlösung beim Kunden meist mehrere gleichartige Spektrosensoren benötigt. Sie müssen trotz unvermeidlicher Fertigungstoleranzen und daraus ergebender gegenseitiger Abweichungen der Parameter der einzelnen Spektrometer gleichartige Ergebnisse liefern.

Gegenseitige Abweichungen zwischen den Exemplaren müssen erfasst und falls erforderlich kompensiert werden. Das wird anhand von Beispielen der Auswirkung von Wellenlängenabweichungen und unterschiedlichen Auflösungen auf Messung von Schichtdicken, Konzentrationsmessungen von Inhaltsstoffen und Farbmessungen näher erklärt. Dabei stellt sich heraus, dass die Gefahr von Wellenlängenungenauigkeiten meist unterschätzt wird, der Einfluss der spektralen Auflösung jedoch überschätzt. Die Fertigungstoleranzen lassen keine ausreichend übereinstimmende Wellenlängenskala für alle Spektrometer-Exemplare zu. Zur Kompensation der unterschiedlichen Wellenlängenskalen ist deshalb die Wellenlängenkalibration jedes Spektrometers unbedingt erforderlich. Auf die Genauigkeit der Wellenlängenkalibration ist dabei besondere Sorgfalt zu legen. Die Kompensation der unterschiedlichen Auflösungen der Spektrometer ist dagegen i.A. nicht erforderlich.

### **Laser photoacoustic sensors for high-sensitivity gas analysis**

*V. S. Starovoitov, A. V. Gorelik, A. L. Ulasevich, A. A. Kouzmouk*

*B. I. Stepanov Institute of Physics, National Academy of Science of Belarus, Minsk/Belarus*

The laser-spectroscopy photoacoustic (PA) technique is a promising approach, which can be applied in the commercial equipment for authentic sensing of trace amounts of chemicals in gas media. The cell (a gas-filled acoustic cell-resonator) is a key part of PA gas sensor. In the report we discuss an approach to miniaturizing the PA cell equipped with a commercial condenser microphone. The approach implies an optimization of design for the internal cell cavity in order to reduce the negative effect of parasite signals (they are, first of all, the background due to absorption of the laser beam in the cell windows and the noise initiated by external acoustic disturbances), which can play a great role for the small-sized PA cells. The optimization is performed with the help of numerical simulation of the acoustic signals generated inside the cell. Actually, such an approach can be applied to the cells with the internal volume down to a few cubic millimeters. In the report we analyze also our practical experience in the field and present optimized PA cells with the internal volume under  $1 \text{ cm}^3$ . Our tests (including experiments with a DFB laser diode and a quantum cascade laser) demonstrate that the threshold detectable absorption for the cells is smaller than  $10^{-8} \text{ cm}^{-1} \text{ W Hz}^{-1/2}$ .

### **MEMS Sensoren in der Consumer Elektronik**

*Wolfgang Schmitt*

*Bosch Sensortec GmbH, Reutlingen*

MEMS Beschleunigungssensoren haben sich in den letzten Jahren zunehmend in tragbaren elektronischen Konsumgütern etabliert, insbesondere der Einsatz in Mobiltelefonen ist kaum noch wegzudenken. Dort werden MEMS Beschleunigungssensoren derzeit in erster Linie zur Umschaltung des Anzeigeformates, für einfache Spiele und für Schrittzählerfunktionen genutzt. In den nächsten Generationen von Mobiltelefonen werden aber auch komplexere Funktionen auf der Basis dieser Sensoren realisiert, wie beispielsweise eine intuitive, bewegungsabhängige Benutzerführung. Solche fortgeschrittenen Anwendungen benötigen nicht nur Beschleunigungssensoren mit höherer Präzision sondern zusätzlich auch ausgefeilte Software-Algorithmen für die Auswertung der Sensormessdaten. Neben MEMS Beschleunigungssensoren ermöglichen bereits heute digitale MEMS Drucksensoren

mit sehr niedrigem Stromverbrauch Funktionen wie Höhenmessung und Wettervorhersage in Mobiltelefonen und Armbanduhren.

Diese Präsentation zeigt darüber hinaus, wie digitale MEMS Drucksensoren eingesetzt werden können, um GPS/GNSS Navigation dort zu unterstützen, wo die Satellitensignale entweder gar nicht oder nur unzureichend empfangen werden können.

## **Nichtflüchtige SRAM-Speicher – eine innovative Lösung für verlustleistungsarme autonome Sensorsysteme**

*Andreas Scade*

*Anvo-Systems Dresden GmbH, Dresden*

Dank des schnellen medizinischen und technologischen Fortschritts werden medizinische Implantate immer langlebiger, was erheblich zur Kostenreduktion im Gesundheitswesen und zur Akzeptanz bei den Patienten beiträgt. Dabei spielt die Sensortechnik eine zunehmend wichtige Rolle. Ein interessantes Beispiel für bisher kaum vorstellbare Neuerungen auf diesem Gebiet ist ein von der Fraunhofer-Gesellschaft entwickelter Sensorchip, der den Sitz einer Endoprothese im Gelenk prüft und damit rechtzeitige Korrekturen und Eingriffe zum Wohle des Patienten ermöglicht.

Einmal programmiert verbleibt der Sensorchip allerdings lebenslang im Körper und wird dabei durch medizinische Diagnosen wie etwa Röntgenanalysen und Gebrauch gealtert, möglicherweise bis zum Funktionsausfall. Könnte man diesen Sensor wieder auffrischen oder gar mit neuen Funktionen aufwerten, ohne ihn aus dem Körper herausnehmen zu müssen, würde die Qualität und Nutzbarkeit erheblich gesteigert.

Um solche Programmierungen durchzuführen, braucht es eine nahezu leistungslose Möglichkeit der Programmierung nichtflüchtiger Speicher im Sensorchip. Seit über zwanzig Jahren wird die praktisch leistungslose Fowler-Nordheim Programmierung zur Speicherung von Informationen in der Mikroelektronik genutzt. Die bisherige Lösung hat sich insbesondere bei sicherheitsrelevanten Anwendungen bewährt. Sie ist aber nicht ohne weiteres skalierbar. Ein neuer Lösungsansatz vereinfacht die Skalierung und erleichtert die Programmierung von nicht-flüchtigen SRAMs und die Portierung in den Submikrometerbereich. Damit ist gleichzeitig eine wesentliche Integration umfangreicher analoger und digitaler Komponenten, wie Analog Digital Wandler, Mikrocontroller und RFID Baugruppen möglich.

Mit solch einem Lösungsansatz wurde ein Demonstrator geschaffen, der die non-volatile SRAM Schaltung von Anvo-Systems mit einem Mikrocontroller des Fraunhofer Instituts IPMS vereint. Diese Speicher-Prozessor Lösung ist ein Grundbestandteil eines Transpondersystems. Dieses System hat keine eigene Energieversorgung, sondern wird aus dem Sendefeld zur Datenübertragung gespeist. Die benötigte Programmierenergie ist so gering, dass die Energie des Übertragungsfeldes ausreicht. Damit könnte ein Implantat im Körper verbleiben und die Firmware eines Systems trotzdem aufgefrischt bzw. aktualisiert werden. Damit erschließen sich völlig neue Möglichkeiten für die Langlebigkeit von Implantaten bei gleichzeitiger Anpassung an neuer Befunde und Erkenntnisse aus der Medizin.

Dieses Prinzip ist darüber hinaus auch für die Wartung und Optimierung von Sensorsystemen in verschlossener oder unzugänglicher Umgebung anwendbar, ohne dass diese aus ihrer Arbeitsumgebung entfernt werden müssen.

## **Sensorcom – ein System zur Kommunikation in verteilten Sensornetzen**

*Daniel Kriesten, Paul Friedrich, Peter Wolf, Ulrich Heinkel*

*Technische Universität Chemnitz, Chemnitz*

Eine Herausforderung in heterogenen Netzen, die sich aus Knoten und Systemen verschiedenster Granularität zusammensetzen, ist die Verteilung und Zuordnung der resultierenden Daten zu den beteiligten Quellen und Senken. Aus diesem Grund hat man oft den Wunsch nach einem System, das diese Aufgabe aus Sicht des Anwendungsprogrammierers vereinfacht, verallgemeinert und nach

Möglichkeit automatisiert. Auch wenn für die Lösung dieses Problems verschiedene Ansätze existieren, konnte sich bisher kein einheitlicher Standard herauskristallisieren.

Im InnoProfile-Projekt „Generalisierte Plattform zur Sensordatenverarbeitung“, welches im Rahmen der Innovationsinitiative „Unternehmen Region“ durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert wird (FKz.: 03IP505), wurde daher ein System entwickelt, das eine entsprechende Kommunikationsinfrastruktur und die zugehörigen Programmierschnittstellen bereitstellt. Aus Anwendungssicht können Sensordaten unabhängig von den verwendeten Kommunikationsschnittstellen und -protokollen über eine einheitliche, wohl definierte Schnittstelle erfasst werden. Darüber hinaus bietet das System die notwendigen Strukturen zur Verwaltung der beteiligten Kommunikationspartner sowie der Verbindungen zwischen den Partnern. Die entworfene, modulare Abstraktionsschicht erfüllt somit drei Kernaufgaben:

- Die Vermittlung der Kommunikation zur richtigen Zielschnittstelle.
- Die Anpassung der Kommunikationsdaten an diese Zielschnittstelle.
- Die Konfiguration der Zielschnittstelle für das jeweilige Endgerät.

Das derzeitige System setzt als Grundlage das Linux-Betriebssystem voraus, wurde aber im Hinblick auf den Einsatz in anderen Umgebungen so entworfen, dass die vorhandenen Abhängigkeiten mit geringem Aufwand gelöst werden können. Weiterhin wurde darauf geachtet, dass der Anwendungsprogrammierer eine ihm geläufige Schnittstelle zum Abstraktionssystem vorfindet. Daher kommt eine den *Berkeley Sockets* nachempfundene API zum Einsatz. Für die Kommunikation zwischen mehreren Instanzen der Abstraktionsschicht wird das bekannte AX25- Protokoll verwendet.

## **Erfahrungen beim Einsatz von IEEE 802.15.4 konformen Funkmodulen**

*Thomas Will*

*dresden elektronik GmbH, Dresden*

Ausgehend von einer Vorstellung des Produktportfolios Datenfunk der Firma dresden elektronik GmbH wird ein Konzept zur Einführung des Nahbereichsdatenfunkes in die Sensorik vorgestellt. Gerade in der Phase der Einführung einer neuen Technologie benötigen die potentiellen Nutzer breite Experimentiermöglichkeiten bei der Auswahl geeigneter Hardware-Varianten, Support bei der Anpassung der notwendigen Software und eine intensive Beratung zu möglichen Realisierungskonzepten. Durch austauschbare Funkmodule, die über ein einheitliches Anschlussschema verfügen, ist es möglich, die Funktechnik an die Erfordernisse der Sensor-Applikationen anzupassen. Dabei können Frequenzbereiche, Antennenformen und -arten sowie MCU-Klassen einfach variiert werden.

Neben der Auswahl einer geeigneten Hardware muss die Software – hier im Wesentlichen die eingesetzten Funkprotokolle – ausgewählt werden. Auf den unterschiedlichen Hardware-Plattformen sind prinzipiell alle Protokolle von proprietären Lösungen bis zu Protokollen wie 6lowpan oder ZigBee lauffähig. Die Protokoll-Auswahl wird ganz wesentlich von den Erfordernissen wie

- Energieverfügbarkeit
- Datenaufkommen
- Reaktionszeiten
- Reichweite
- Interoperabilität mit Komponenten anderer Hersteller

beeinflusst.

Der Vortrag endet mit einer Zusammenfassung der bisher auf diesem sehr dynamischen Gebiet gemachten Erfahrungen bei der Integration der Datenfunktechnik in Sensorik und einem Ausblick auf die anstehenden Arbeiten.

## **CoolSensornet: Wireless Sensing using Energy Harvesting Technologies**

*Lars Göpfert*

*ZMDI, Dresden*

If a wireless sensor is powered by batteries then it is not a true autarkic node as the batteries have to be replaced in certain intervals. Applying energy harvesting technologies enables true autarkic sensor nodes which are maintenance-free.

The presentation will give a short overview about the Cluster of Excellence “Cool Silicon”, and specifically about the Project “CoolSensornet”. Its goal is to develop a demonstrator for an energy autarkic wireless sensor node. Such a node consists of a sensor interface, a wireless interface and a circuitry which converts ambient energy (e.g. from mechanical vibration) into electrical energy.

So - how to get an energy harvesting system to work? Similar to battery powered systems low power integrated circuits are required. Furthermore, the sensor application needs to work in a low-duty cycle mode, which is the case for many applications where data is acquired in intervals of minutes or hours and for the rest of the time the node can be in a low-power sleep mode. The main addition with respect to a battery powered node is the energy harvesting power management block. As the average harvested power is lower than the active power of the sensor node, energy has to be stored on a capacitor. This energy can be used to power the node during the relatively short active periods. Challenges of the energy harvesting circuitry are, for instance, power consumption under light load (in sleep mode), efficiency and a wide range of input voltage.

### **Sensors with Lower Power WiFi**

*Hans van Leeuwen*

*Roving Networks, Los Gatos/ USA*

Indoor Wireless sensor networks can use technologies as Spread spectrum - 802.15.4 (868/900/2400MHz) + ZigBee or mesh networks, GMSK/ FSK + Z-wave or Easy-radio, BT, etc. each with its own merits (and disadvantages). WiFi is often not considered a low power technology, however if similar design philosophies are being used a 802.11 based battery powered product, can last for many years. The big advantage is of course that a standard WiFi infra structure (or ad hoc topology) can be used; something which is easy installed, or, and what is more important, is familiar to the user, is widely available and has been on the market for many years. Many consumers will select a WiFi branded solution in the shop when given the choice between any of the mentioned technologies, due to the marketing power of the WiFi name.

In this presentation I will discuss an overview of the usage of WiFi for sensor networks.

### **Sensorsysteme für die Charakterisierung und das Monitoring von biologischen Zellen und Geweben in der medizinischen Biotechnologie und klinischen Diagnostik**

*Hagen Thielecke*

*Fraunhofer-IBMT, St. Ingbert*

Aus ökonomischen, wissenschaftlichen, gesellschaftlichen und regulativen Gründen besteht immer mehr die Notwendigkeit und der Wunsch, Zell-basierte In-vitro-Testverfahren als Alternative zu Tierversuchen einzusetzen. Bei In-vitro-Verfahren werden die biologischen Tests in kontrollierter Umgebung außerhalb lebender Organismen durchgeführt. Die Kombination von biologischen Zellen und Gewebemodellen mit technischen Mikrosystemen zu Zell-basierten Biosensoren schafft den Zugang zu neuen „Assay“-Technologien und Strategien. Beispielsweise ermöglichen diese neuen Technologien Zell-basierte Tests mit einer höheren Empfindlichkeit und Reproduzierbarkeit, Tests auf Einzelzellebene sowie Langzeituntersuchungen des Zellverhaltens bei praxisrelevanten Wirkstoffkonzentrationen. Der Vortrag gibt einen kurzen Überblick über existierende zerstörungsfreie Messverfahren, die für Zell-basierte Biosensoren und Testsysteme zum Einsatz kommen und stellt Ansätze für optische und elektrochemische Biosensoren mit Einzelzellen, Zell-Layern und Gewebemodellen vor. Anwendungen für Zell-basierte Biosensoren und Testsysteme werden vor allem für die biologische Evaluierung von Nanopartikeln, von Stammzelltherapien und für die Arzneimittelentwicklung erläutert.



## Ultra Low Power Sensor Systems for Medical Applications

*Thomas Basmer, Mario Birkholz, Oliver Stecklina, Peter Langendörfer  
IHP GmbH, Frankfurt (Oder)*

The cost of our health care system is constantly increasing. A major part of the cost stems from taking care of patients suffering of chronic diseases, such as diabetes. Wireless Sensor Networks (WSN) can be seen as the key enabler for constantly monitoring those patients at low cost. WSNs provide low cost networked devices which have some sensing capabilities included. Even if the form factor of state of the art sensor nodes is still not unobtrusive to be implantable, it is feasible to use WSNs to monitor vital data in Body Area Networks (BAN). To become widely accepted, sensor networks need to provide:

- Long up times, i.e. need to be energy efficient,
- Proper security/privacy features,
- Ease of use.

These features are still attracting serious research effort, in other words, satisfying solutions are not yet developed. In this talk we present our work towards implantable sensor nodes using the example of our glucose sensor.

## Single nanoparticle biosensorics

*Thomas Schneider, Norbert Jahr, Andrea Csaki, Wolfgang Fritzsche  
IPHT e.V., Jena*

Bioanalytics represents a field with a growing variety of applications. Thereby approaches combining parallel, label-free and miniaturized abilities are of special interest.

Here we report about the use of gold nanoparticles for bioanalytical applications. These particles show an interesting spectroscopic behavior based on localized surface plasmon resonance, generated by the light-induced coherent oscillation of conduction electrons in the metal nanostructure. The resulting color is observable even on a single particle level when a dark-field mode is utilized.

This resonance is influenced by the dielectric properties of the environment of the particles. When capture molecules (such as single-stranded DNA complementary to a certain target DNA) are attached to the particles, the binding (“capture”) of target molecules will lead to a change in the spectroscopic properties (shift in resonance band). This change can be observed easily using microspectroscopy.

We show how this effect can be used for detection of DNA hybridization events. The influence of parameters such as distance to the particle surface, target concentration, and hybridization time can be investigated.

The demonstrated method represents a promising system for optical read-out technology on nanoscale binding spots with the potential for high parallelization and label-free bioassays.

## Die DNA als moderner Biosensor in den Lebenswissenschaften

*Dirk Laßner<sup>1</sup>, Nino Farra<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Institut Kardiale Diagnostik und Therapie GmbH und <sup>2</sup>DNA24.net, Berlin*

Biosensoren stellen ein Grenzprodukt zwischen Bio- und Informationstechnologie dar. Die technische Interpretation dieser Sensoren basiert dabei auf der Vorstellung von miniaturisierten Messsystemen, bei denen biologische Erkennungsstrukturen räumlich eng mit einem geeigneten Signalwandler gekoppelt werden. Durch die Wechselwirkung zwischen einem Analyten mit einer selektiven Erkennungsstruktur wird ein Signal erzeugt, welches anschließend auswertbare Messwerte liefert.

Kein anderes Biomolekül hat das Bild der modernen Lebenswissenschaften in den letzten Jahren mehr beeinflusst, als die Desoxyribonukleinsäure (DNA). Auf Grund ihrer Ambivalenz kann die DNA in verschiedenen Messsystemen jede Komponente eines Biosensors darstellen, als Analyt insbesondere

in der medizinischen Diagnostik. Die Architektur der DNA-Doppelhelix erlaubt die exakte Nanoskalierbarkeit dieses Biomoleküls von wenigen Nanometern bis hin zu mehreren Millimetern mit einer Genauigkeit bis zu 0,4 nm. Somit ist sie selbst nicht nur als molekulare Erkennungsstruktur in DNA-Chips verwendbar, sondern auch zur maßgeschneiderten Produktion von Eiweißen und Antikörpern für Protein-Biochips geeignet.

Die Chemie der DNA, zusammengesetzt aus den vier Nukleobasen Adenin, Cytosin, Guanin und Thymin, erlaubt durch vielfältige Modifikationen der natürlichen Komponenten die Nutzung als chemisches Substrat für enzymatische Reaktionen, als Grundgerüst für nanomechanische Systeme, als elektromagnetischer oder optischer Leiter, welcher alle aus der Technik bekannten und zusätzliche Variationen der Signalwandlung zulässt. Die bekannteste Methode zur Untersuchung von DNA ist die *Polymerase-Kettenreaktion* (engl. *PCR*). Sie ermöglicht die zielgerichtete Vermehrung von mehreren Milliarden Kopien jedes gewünschten Abschnitts unseres Erbmaterials in kürzester Zeit mit höchster Genauigkeit.

Als integraler Bestandteil lebender Zellen, Gewebe oder Organismen unterliegt die genomische DNA ständiger Einflüsse der Umwelt. Fasst man den Biosensorbegriff weiter, stellt die DNA gleichzeitig das Messsignal im Testsystem dar und spiegelt in ihrer evolutionären Entwicklung die Ontogenese der belebten Natur wieder. Sie steuert und kodiert das Alter von Organismen und zeigt mögliche Infektionsereignisse an. Sie ist ein entscheidender Schlüssel zur Klärung einer der wichtigsten Menschheitsfragen: Was ist Leben?

## **Neue Sensoren für ophthalmologische Geräte**

*Tobias Damm*

*Carl Zeiss Meditec AG, Jena*

Nichtinvasive Sensorik am Auge bietet die Möglichkeit, *in vivo* die wichtigsten Augenkrankheiten durch Früherkennung, Verlaufsüberwachung und Therapiebegleitung wirksam zu behandeln. Da die Menschheit zunehmend älter wird, hat dies einen großen Einfluss auf die Lebensqualität und Produktivität weiter Bevölkerungsteile.

Zur nichtinvasiven kontaktfreien Sensorik am Auge bietet sich neben Schall insbesondere auch Licht als Informationsträger an. In den letzten Jahren hat es bedeutende Entwicklungen gegeben, die neben klassischen Anwendungsmöglichkeiten wie Spaltlampenabbildungen oder Ultraschallbildgebung, auch weitere Eigenschaften von Schall und Licht zur fortgeschrittenen Diagnostik nutzbar machten. Beispiele sind die Sensorik mittels Wellenfront-, OCT-, Polarisations- und Spektralanalyse, sowie die schallbasierte Temperaturmessung.

Der Vortrag gibt eine Übersicht über die zugrundeliegenden Prinzipien und wichtigsten Anwendungsbeispiele in der Augenheilkunde.

## **Neue Fluoreszenz- und OCT-Methoden für Augendiagnostik**

*Dietrich Schweitzer*

*Universität Jena, Jena*

Mit Systemen der optischen Kohärenztomographie in der Frequenzdomäne stehen in der Ophthalmologie Messanordnungen zu Verfügung, die 3-dimensional Informationen über die geschichtete Struktur des Augenhintergrundes des Auges liefern. Dabei ist die Auflösung in Richtung der optischen Achse so gut, dass die vom lebenden Auge gewonnenen Schnittbilder mit histologischen Schnitten vergleichbar sind. Obwohl mit dieser Technik die Struktur des Augenhintergrundes hervorragend darstellbar ist, besteht die Forderung, funktionelle Informationen, besonders über den zellulären Stoffwechsel, zu gewinnen.

Ein viel versprechender Ansatz nutzt dazu die Autofluoreszenz endogener Fluorophore. Von besonderem Interesse sind die Redoxpaare  $\text{NAD-NADH}^+$  und  $\text{FAD-FADH}_2$ , die in der Atmungskette als Elektronentransporter wirken. Darüber hinaus sind eine Vielzahl weiterer Fluorophore am Auge zur

Fluoreszenz anregbar. Veränderungen dieser Fluorophore geben Auskunft über die Stoffwechselsituation und über die Akkumulation von Stoffwechselendprodukten. An der Jenaer Universitäts Augenklinik wurde ein Fluoreszenz Lifetime Laser Scanner Ophthalmoskop entwickelt, mit dem die Autofluoreszenz des lebenden Auges wahlweise mit 2 Pulslasern (448 nm, 468 nm, 80ps FWHM, 80 MHz) angeregt und mittels zeitkorreliertem Einzelphotonenzählens in einem kurzwelligen (490 nm – 560 nm) und einem langwelligem (560 nm – 700 nm) Spektralkanal zeitaufgelöst detektiert wird. Der Einfluss von unwillkürlichen Augenbewegungen wird durch eine online Bildüberlagerung auf der Basis von kontrastreichen IR Bildern (817 nm) kompensiert, die parallel zur Fluoreszenz detektiert werden. An Hand verschiedener Krankheitsbilder wird diese neue Technik demonstriert. Eine detaillierte Analyse des zeitabhängigen Verlaufs der Fluoreszenzintensität zeigt, dass der Anstieg der Intensität stufenförmig erfolgt. Die Ursache dafür liegt darin, dass anatomische Strukturen des Auges nacheinander zur Fluoreszenz angeregt werden. Es wird ein Algorithmus angegeben, der sowohl die Unterschiede in der Erscheinungszeit der Fluoreszenz, als auch das Abklingverhalten in einzelnen Schichten berücksichtigt. Aus den zeitlichen Unterschieden können die Abstände zwischen den fluoreszierenden Schichten und aus dem Abklingverhalten der Einfluss der Fluorophore bestimmt werden. Damit ist ein Ansatz für eine funktionelle Tomographie gegeben. Um Diesen Ansatz erfolgreich in der Ophthalmologie anwenden zu können, müssen für extrem schwache Signale Zeitunterschiede im fs-Bereich gemessen werden, was eine Herausforderung darstellt.

### **Gamma-PET-Sonde der dritten Generation**

*Thomas Göbel  
Silicon Sensor International AG, Berlin*

Die Silicon Sensor International AG betreibt seit 1998 die Entwicklung und Herstellung von Gamma und PET-Sonden für die nuklearmedizinische Diagnostik und Behandlung bestimmter Tumorarten. Dies betrifft sowohl die Suche der radioaktiv markierten Lymphknoten in der Wächterlymphknoten Diagnostik (Sentinel Lymph Node Biopsy) als auch der mit PET-Nukliden (Positronen-Emissions-Tomographie) direkt markierten Tumoren und deren Metastasen während der Operation. Das neu entwickelte SiS-Gamma-PET-Sondensystem ist für den ortsselektiven Nachweis von PET-Nukliden wie z.B. F18 und Ga68 mit einem neuartigen Halbleiterstrahlungssensor ausgestattet, der erstmals die simultane Messung sowohl der  $\beta^+$ -Positronenstrahlung und 511 keV- $\gamma$ -Vernichtungsstrahlung gestattet. Der  $\beta^+$ -Sensorteil ist als Si-pin-Sensor sowohl lateral als auch vertikal für den  $\beta^+$ -Nachweis ausgelegt und der  $\gamma$ -Sensorbereich ist als CsI-Photodiodenzintillator für die 511 keV- $\gamma$ -Messung optimiert. Die Energieauflösung des  $\gamma$ -Sensors mit  $E_{fwhm} < 10\%$  bei 511 keV ermöglicht durch die Photopeakdiskrimination eine elektronische Streustrahlunterdrückung mit hoher Ortsselektivität. Dies dient dem groben Auffinden der Tumorzellstruktur. Durch die physikalische Begrenzung der  $\beta^+$ -Ausdehnung im Gewebe auf  $< 4\text{mm}$  erfolgt die genaue örtliche Zuordnung simultan durch die  $\beta^+$ -Messung. Dieser PET-Sensor wird in der Sonde mit einer analogen front-end-Elektronik bestehend aus Ladungsverstärker, Filterverstärker und Impulsdiskriminator sowie einer digitalen Steuer, Auswerte und Übertragungselektronik bestehend aus Microcontroller und Bluetoothmodul zu einer medizinischen Funksonde konfiguriert. Das kabellose Pencil-Design der Sonde berücksichtigt die ergonomischen Forderungen der chirurgischen Anwendung in besonderer Weise. Die Parametervorwahl der Messung, sowie die akustische und visuelle Messwertausgabe werden von einem Panel-PC mit Touchscreenbedienung und Bluetoothfunkverbindung zur Sonde erledigt. Beispielgebend für die Komplexität der Entwicklung wird die EMV-Problematik bei der Verbindung von empfindlichen Analogbaugruppen mit dem Bluetoothmodul und das mikrophoniearme Elektronikdesign diskutiert.

### **Piezoresistive biochemische Sensorarrays für medizinische Anwendungen**

*Margarita Günther, Gerald Gerlach  
Technische Universität Dresden, Dresden*

Um die Therapie bei Stoffwechselkrankheiten, z. B. bei Diabetes mellitus, besser steuern zu können, werden geeignete, preiswerte und zuverlässige Messsysteme benötigt, die mehrere metabolismusrelevante Parameter gleichzeitig und kontinuierlich rund um die Uhr erfassen können. Bei der diabetisch induzierten Ketoazidose findet sich in aller Regel ein deutlich erhöhter Blutzuckerspiegel, ein zu niedriger pH-Wert ( $\text{pH} < 7,25$ ) und ein zu niedriger  $\text{pCO}_2$ . Ein implantierbares drahtloses Sensorarray-Mikrosystem bestehend aus mehreren hydrogel-basierten piezoresistiven Sensoren ermöglicht eine Inline-Überwachung physiologischer Parameter.

Die vier Drucksensoren mit Glucose-, pH-,  $\text{pCO}_2$ - und Ionenstärke-sensitiven Hydrogelschichten als chemomechanischem Wandler und mit einer deformierbaren dünnen Siliziumbiegeplatte als mechanoelektrischem Wandler werden auf einem Si-Chip integriert. In diesem Beitrag werden die Sensivität, Selektivität, Antwortzeit und Langzeitstabilität der Sensoren diskutiert, die den zu beobachtenden Prozessen angepasst sein sollen, um patientenrelevante Information liefern zu können.

## **Konvergenz von Navigation, Identifikation und Sensorik**

*Wolfgang Sinn*

*IMMS GmbH, Ilmenau*

Die Satellitennavigation ist eine Querschnittstechnologie, die aus zahlreichen Anwendungen in vielen Wirtschaftszweigen bis in den Privatbereich nicht mehr weg zu denken ist. Sie gilt als eine Zukunftstechnologie, die enorme Marktzuwächse ermöglichen wird. SatNav- Anwendungen machen heute schon Logistik effizienter, Landwirtschaft nachhaltiger und Verkehr sicherer.

Neue Entwicklungen fokussieren sich darauf, dass Objekte in Zukunft automatisch bzw. von sich aus ihre Umwelt erkennen und darauf reagieren sollen. Durch drahtlose Netzstrukturen

und eingebettete Sensorik ist die Voraussetzung geschaffen, damit die einzelnen Gerätekomponenten einer Umgebung als Ensemble zusammenhängend und situationsbezogen agieren können. Darüber hinaus sind neue Strategien für die Selbstorganisation von Geräte-Ensembles erforderlich, die eine Adaption an die jeweiligen Bedürfnisse oder Wünsche der Benutzer ermöglichen.

Der Referent wird den Bogen zwischen einzelnen technologischen Trends wie Navigation, Identifikation und Sensorik schlagen, um ein Gesamtbild für neue Anwendungsbereiche aufzuzeigen. Integrierte Informationsprodukte eröffnen ein gewaltiges Marktpotential für das „Leben und Arbeiten in vernetzten Welten“.

## **Echtzeitortungssysteme – Identifizierung und Lokalisierung zur effizienten Prozessgestaltung**

*Ron Kokkot*

*BTU Cottbus/Fraunhofer-ALI, Cottbus*

Die Optimierung innerbetrieblicher Prozesse und die Beschleunigung des Warenflusses entlang der Wertschöpfungskette werden ein wesentlicher Schlüssel zum Erfolg eines Unternehmens und zur Etablierung an zunehmend globalisierten Märkten mit dezentralen Produktionsstrukturen sein.

Die Möglichkeiten zur Identifizierung und Lokalisierung von Waren, Personen oder Transportmitteln sollen in diesem Vortrag diskutiert werden. Der Fokus liegt dabei auf Ortungssystemen basierend auf elektro-magnetischen Wellen. Neben der Klassifizierung nach qualitativen Parametern, wie Reichweite, Genauigkeit und Robustheit des Verfahrens, werden auch mathematische Bestimmungsverfahren vorgestellt.

Die markttaugliche Anwendung erfordert neben der Ortung auch eine möglichst bidirektionale Kommunikation und Möglichkeiten zur Integration weiterer Sensoren sowie der Mensch-Maschine-Interaktion. Die Realisierbarkeit der theoretischen Erkenntnisse wird anhand praktischer Beispiele besprochen.

## **Sensorgestützte Personenprofilierung – Identifizieren, Analysieren und Simulieren von Personenströmen**

*Claudia Lorenz  
BTU Cottbus/Fraunhofer-ALI, Cottbus*

Die Anforderungen an die Sicherheit von verschiedenen Infrastrukturen (z.B. Flughäfen, Einkaufszentren oder Stadien) durch zunehmende Personenanzahlen (z.B. Großveranstaltungen) und terroristischen Bedrohungen sind international stark gestiegen. Die Frage ist, wie können Sicherheitssysteme, -technologien und -prozesse für den Schutz von Infrastrukturen und der beteiligten Personen optimiert werden.

Das Fraunhofer-Anwendungszentrum entwickelt für diese Herausforderungen ein agentenbasiertes Simulationsmodell, für eine möglichst realitätsnahe Darstellung des Verhaltens der Personen. Die Eingangsvariablen für das Agentenmodell werden u.a. durch ein technisches System, welches Personenströme erfasst, identifiziert und analysiert.

Der Vortrag gibt einen Einblick in die Forschungsarbeiten und das entwickelte Modell zur Simulation von Personenströmen

## **Neue Verfahren der Signaturanalyse zur Zustandsbewertung von Anlagen und Maschinen**

*Jürgen Schreiber, Constanze Tschöpe  
Fraunhofer-Institut für zerstörungsfreie Werkstoffprüfung, Dresden*

Für die Inspektion von industriellen Komponenten – wie solche aus dem Fahrzeug- und Flugzeugbau, Rohrleitungen oder Kesselanlagen – oder zur Überwachung deren Funktionalität und Zuverlässigkeit, z.B. von Windkraftanlagen, stehen eine Vielzahl von zerstörungsfreien Verfahren zur Verfügung. Allerdings liefern die Prüfaussagen oftmals nicht die gewünschten Informationen, z.B. zum Stand der Materialschädigung im Vorrisstadium, oder die Auswertungen sind langwierig bzw. für eine automatische Prüfung nicht geeignet. In diesem Beitrag werden zwei Verfahrensansätze vorgestellt, die helfen können, die genannten Aufgaben zu lösen. Im Rahmen einer Zustandsüberwachung oder Qualitätssicherung können Prüfobjekte automatisch beurteilt werden, indem aktive oder passive akustische Signale mit Hilfe selbst lernender, statistischer Klassifikationsverfahren analysiert werden, die ihren Ursprung in der Spracherkennung haben und dort bereits seit Jahren erfolgreich eingesetzt werden. Die Leistungsfähigkeit dieser Methode wird an industriell relevanten Beispielen demonstriert. Basierend auf der neuen Sampling-Phased-Array-Ultraschalltechnik, die in Echtzeit 3D-Abbildungen der Streuzentren liefert, ist es möglich geworden, die bei zyklischen Verformungen oder starker Plastifizierung entstehenden Verformungsstrukturen in duktilen Materialien volumenaufgelöst zu erfassen. Dadurch wird es möglich, diese Strukturen einer fraktalen Analyse zu unterziehen. Die dabei ermittelte Kenngröße der fraktalen Dimension erlaubt es, die Materialermüdung im Vorrisstadium zu charakterisieren. Erste Ergebnisse dieser Untersuchungen werden behandelt und mit denen verglichen, die sich aus dem fraktalen Verhalten des magnetischen Barkhausenrauschens ergeben.

## **Innovative Kalibrier- und Auswerteverfahren für Gassensorsysteme**

*Hubert B. Keller<sup>1</sup>, Jörg Matthes<sup>1</sup>, Rolf Seifert<sup>1</sup>, Kevin Frank<sup>2</sup>, Heinz Kohler<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Karlsruhe Institute of Technology, Eggenstein-Leopoldshafen und <sup>2</sup>Karlsruhe University of Applied Sciences, Karlsruhe*

Für zahlreiche Anwendungen wie z.B. Leckage-Überwachung von gefährlichen Gasen oder kontinuierliches Monitoring von flüchtigen Komponenten in chemischen bzw. biochemischen Prozessen besteht Bedarf an ökonomischen online und in situ Monitoring-Systemen. Metalloxid Gassensoren im herkömmlichen isothermischen Betrieb sind zwar kostengünstige und sensitive

Analyse-Systeme, besitzen aber eine geringe Selektivität. Durch die zyklische Variation der Arbeitstemperatur und Erfassen der Leitwertänderungen über die Zeit (Leitwertzeitprofilen – LZP) wird dieser Nachteil behoben. Für diese LZP wird ein ökonomisches und leistungsfähiges mathematisches Kalibrier- und Auswerteverfahren (ProSens) vorgestellt, das sowohl eine Stoffidentifikation als auch eine Bestimmung der Einzelkonzentrationen bei variablen Umgebungsbedingungen (Feuchtigkeit ermöglicht). Für reale Feldanwendungen wurden dazu zwei Monitoringsysteme entwickelt. Eine flächendeckende Überwachung von Gebäuden und Anlagen kann mittels dieser Gassensoren über die Vernetzung zu einem Sensornetzwerk realisiert werden. Auf Basis der räumlich verteilten Detektion und Konzentrationsbestimmung der relevanten Gaskomponenten lässt sich auf der Basis eines modellbasierten, echtzeitfähigen Verfahrens der Ort einer Gasquelle (z.B. Leckage) online lokalisieren sowie Ausbreitungsprofile berechnet und Prognosen erstellt werden. Weitere Verfahren erlauben eine kostengünstige Kalibrierung in der Produktion und die Nachkalibrierung im Feld (ProCal).

## **Smarte Sensorik RFID**

*Stefan Schubert*

*PE-Design, Kesselsdorf*

In vielen Bereichen ist es notwendig, den Transport- oder Produktionsweg lückenlos darzustellen und Abweichungen von normalen Umgebungsbedingungen zu dokumentieren.

Die Standardfamilie von RFID ICs der Firma PE GmbH gestattet neben einer eindeutigen Identifikation auch eine Systemkonfiguration für verschiedene Sensoren und unterschiedlichste Datenerfassungen. Die Sensoren erfassen Umweltbedingungen wie Temperatur, Luftfeuchte oder Luftdruck lückenlos oder nur bei Wertebereichsüberschreitung. Sie können auch Schock- oder Kipp-Ereignisse erfassen. Dabei ist der Aufwand dank des hochintegrierten System-on-Chip auf ein Minimum gesunken. Ein System zur beschriebenen Umweltdatenerfassung benötigt lediglich eine Trägerplatine/Label mit einer Antenne darauf, zwei Sensoren, eine Batterie und den PE3011 Schaltkreis. Das Auslesen erfolgt drahtlos über einen Standard-RFID Reader und die ebenfalls von PE entwickelte Software. Auch andere Einsatzmöglichkeiten sind über die SPI Schnittstelle möglich, wie z.B. Speichererweiterungen oder die Anbindung von Displays. Die Schaltkreisfamilie ist durch den modularen Aufbau in der Lage umfangreiche Kundenwünsche umzusetzen. Es kann stromsparend und kosteneffizient ein für den Nutzer typischer Anwendungsbereich abgedeckt werden. Systeme in der Größe einer Kreditkarte sind mit diesen ICs in der Lage, ein komplettes und autarkes HF oder UHF RFID Sensor-System aufzunehmen.

## **POSTER**

### **Online-Monitor für Vitalparameter auf Basis optischer Mikrosysteme, Low-Power-Elektronik und drahtlose Datenübertragung**

*Olaf Brodersen, Thomas Henning, Andreas Albrecht*

*CiS GmbH, Erfurt*

Pulsoxymetrische Messungen gehören heute zu den Standarduntersuchungen im klinischen Alltag. Üblicherweise werden sie an den Fingerkuppen, Zehen oder Ohrläppchendurchgeführt. Im CiS wurde ein neuartiges Im-Ohr-Sensorsystem entwickelt, das den äußeren Gehörgang als vorteilhaften Messort erschließt. Dieser ist gekennzeichnet durch:

1. eine gute Gewebepfusion infolge der hohen Gefäßdichte,
2. geringe Temperaturschwankungen am Meßort,
3. Selbstfixierung des Sensors im äußeren Gehörgang,

4. geringe orthostatische Druckmodulationen.

Das Konzept des Im-Ohr-Sensorsystems ermöglicht es, pulsoxymetrische Messungen auch im Alltagsleben ohne Beeinträchtigung des Patienten im Sinne eines 24/7-Parametermonitoring durchzuführen. In klinischen Studien konnte die Funktionalität des Systems bereits an Hand von kabelgebundenen Prototypen erfolgreich nachgewiesen werden.

Die Entwicklung einer kompakten Elektronik zur Ansteuerung des Im-Ohr-Sensors, zur Datenspeicherung, Komprimierung und Vorauswertung der Messdaten sowie zur Kommunikation mit einer Zentraleinheit zur drahtlosen Datenübertragung ist eine der nächsten Aufgaben. Um die Vorzüge des Im-Ohr-Konzeptes im Sinne einer kostenschonenden, ambulanten Gesundheitsversorgung, der Gewährleistung eines hohen Patientenkomforts und der Erschließung neuer Anwendungsszenarien weiterzuentwickeln, ist der Fokus hier auf ein intelligentes und störungsempfindliches Energiemanagement gerichtet. Sensorik und Integrationstechnologien werden dahingehend optimiert. Anwendungsziel ist es, ein miniaturisiertes Sensorsystem für das Monitoring der Vitalparameter

- Pulsrate,
- Pulsratenvariabilität,
- Arterielle Sauerstoffsättigung,
- Schwankungen des Cardiac Outputs und
- Atemfrequenz

von Herz-Kreislauf-Risikopatienten zu entwickeln.

Das Projekt wird durch das BMBF gefördert im Rahmen des applikationszentrum mikrooptische systeme (amos) unter dem Förderkennzeichen 16SV3596.

## **Aspects of Bonding Processed CMOS Wafers**

*Sophia Dempwolf, Roy Knechtel*  
*X-FAB Semiconductor Foundries AG, Erfurt*

Wafer bonding at the end of the wafer processing is a common method in MEMS fabrication, where a kind of wafer level assembly is performed by mounting protective caps over the mechanically sensitive MEMS structures. Very often at least one of the wafers to be bonded has been processed by CMOS technology, either fully as an ASIC wafer, partially as a discrete MEMS sensor wafer, or additionally as an integrated MEMS sensor wafer. In addition, by wafer bonding at the end of wafer processing, wafer level integration is possible if functional elements are mounted by the bonding process. Such functional elements might be signal condition ASIC's for MEMS structures which simultaneously are used as protective and sealing caps, caps with a rewiring layer for flip chip bonding, or counter electrodes for capacitive sensors or EMV shielded caps. The special effects of bonding CMOS processed wafers are the topic of this presentation. Special attention will be paid to:

Requirements and limitations of the bonding process like maximum temperature, thermal-time budget, chemical treatment, electrical discharge during bonding, avoidance of mechanical stress and parasitic effects.

Different methods of bonding like semiconductor direct bonding, anodic bonding, glass frit bonding and adhesive bonding.

Bonding of fully-processed CMOS wafers is a challenge because many requirements must be fulfilled in order to avoid influencing the electrical structures and circuitry. However, it has been shown for different bonding processes that it is possible to protect the integrity of the bonded circuits and sensors if the process physics and chemistry are well understood.

## **Ladungsbasierter Bildsensor mit integrierter analoger Signalverarbeitung**

*Jens Döge*  
*Fraunhofer IIS/EAS, Dresden*

Die Entwicklung von Sensorintelligenz auf der Grundlage flexibler und extrem effizienter Bildsensoren mit integrierter Bildfolgeverarbeitung eröffnet in der industriellen Bildverarbeitung vor allem da neue Möglichkeiten, wo Lösungen auf der Basis verfügbarer Kamerasysteme mit Sensor-externer Verarbeitung nicht oder nur bedingt möglich sind. So stellt bei kontinuierlichen, sehr schnell ablaufenden Messvorgängen die Übertragung der Bildinformationen in ein separates Verarbeitungs- und Speichersystem einen erheblichen Flaschenhals dar. Beispiele dafür sind u.a. Verfahren zur 3D Oberflächeninspektion wie Weißlicht-Interferometrie und Laserschnitt.

Am Fraunhofer IIS/EAS werden schnelle und hochdynamische Bildsensoren auf der Basis einer effizienten, kompakten und universellen Systemarchitektur zur Verarbeitung und Übertragung von Bildinformationen unter Verwendung von Ladungspaketen entwickelt. Diese Architektur eignet sich nicht nur für das schnelle und effiziente Auslesen der Sensormatrix sondern auch für eine gemischt analog-digitale Datenvorverarbeitung wie z.B. der zeitlichen Ableitung oder Faltung der Bilddaten mit geeigneten Kernen bereits vor der Analog-Digital-Wandlung. Diese kann dann mit einer wesentlich geringeren Auflösung (z.B. 4 statt 12 Bit) erfolgen, wodurch sie leistungseffizienter und schneller wird. Je nach Aufgabenstellung lassen sich Kompressionsraten von 100:1 und mehr erzielen. In vielen Fällen kann auf eine aufwändige digitale Bildverarbeitung verzichtet werden, wodurch sich eine einfachere Hardware und eine geringere Leistungsaufnahme sowie reduzierte Kosten für das Kamerasystem ergeben.

## **Entwurfsunterstützung für Zustandsüberwachungssysteme**

*Olaf Enge-Rosenblatt, Peter Schneider  
Fraunhofer IIS/EAS, Dresden*

Für heutige technische Systeme ist die turnusmäßige Wartung innerhalb festgesetzter Zeitintervalle in vielen Fällen nicht mehr adäquat. Hier stellt die kontinuierliche Zustandsüberwachung mittels so genannter Condition-Monitoring-Systeme (CMS) einen Ausweg dar. Dadurch können Alterungs- und Verschleißerscheinungen überwacht und – bei Kenntnis der physikalischen Zusammenhänge – durch die Anwendung statistischer Methoden auch Schadensprognosen aufgestellt werden. Der Entwurf solcher CMS ist eine äußerst komplexe und zudem applikationsspezifische Herausforderung. Das betrifft sowohl die Auswahl der Messgrößen als auch die Wahl der verschiedenen Schritte der Signalverarbeitung und der Klassifikationsalgorithmen.

Mit einer speziell am Institut entwickelten Entwicklungsumgebung ist es möglich, für beliebige Sensorsignale mit verschiedenen Arten der Signalverarbeitung und Merkmalsextraktion zu experimentieren und deren Eignung für die Ermittlung der gewünschten Aussage zu bewerten. Dazu wurde eine Vielzahl von mathematischen Algorithmen innerhalb einer zugeschnittenen Nutzeroberfläche bereitgestellt und mit einer geeigneten Datenhaltung kombiniert. Das ermöglicht die bequeme Realisierung nahezu beliebiger Signalverarbeitungssequenzen, die sich baumförmig auffächern können (Experimentcharakter). Leistungsfähige Klassifikationsalgorithmen stehen dann für die Verknüpfung der extrahierten Einzelmerkmale zu einer Aussage bzgl. des aktuellen Zustands und zur Prognose von Veränderungen im System zur Verfügung. Routinen zur automatisierten Codegenerierung ermöglichen die schnelle Übertragung der Algorithmen auf eine Zielhardware.

Der modulare Aufbau der Entwicklungsumgebung eröffnet ein breites Spektrum von Anwendungen. Dieses reicht von der Überwachung von einzelnen Komponenten, z.B. Pumpen oder Elektromotoren, bis hin zu komplexen Anlagen, z.B. Rohrleitungssysteme, Brücken, Windkraftanlagen. In einem aktuellen Forschungsprojekt werden für hydraulische Axialkolbenpumpen, ausgehend von realen und modellgestützt gewonnenen Schwingungsdaten am Pumpengehäuse, Algorithmen zur Zustandsüberwachung und Schadensprognose entwickelt.

## **Spektroskopische Sensorik im Umweltmonitoring**

*Torsten Frosch, Robert Keiner, Jürgen Popp  
Universität Jena und IPHT e.V., Jena*



We are developing spectroscopic sensor techniques for application in environmental monitoring. Optical sensors are highly miniaturized, sensitive, flexible, lightweight and applicable in harsh environment. Sensors based on vibrational spectroscopy (infrared and Raman) deliver fingerprint-like signals of analytes and multiple sample components can be measured simultaneously. Highly miniaturized and robust sensors allow for fast and permanent in-situ monitoring of biogenic gasses and dissolved components in soil and aquifers.

Gases play an important role in every biosphere. Measuring the gas composition is one way to reveal the processes in the liquid or solid phase without disturbing the system. Complex ecosystems can be simplified by looking at the gas exchanges. Here we show first the characterization of a pure monoculture of bacteria and then the monitoring of a more complex soil experiment. Raman Spectroscopy is a useful technique for gas analysis. Unlike IR spectroscopy, Raman is not yet commonly used for analyzing gases, although it has many capabilities. Our Raman sensor for simultaneous measurement of various gases, including the homo-atomic ones, is robust and miniaturized for field applications. Further advantages of Raman gas sensors are: no cross-sensitivities, high selectivity, the possibility for analysis of beforehand unknown gases and easy calibration procedure for quantification.

The gas composition of oxic bacteria in a liquid medium was investigated by means of Raman sensors. These measurements are usually performed by means of gas chromatography (GC). Raman sensors are superior compared to GC, such that the samples have not to be taken and the composition can be monitored continuously. The conversion of oxygen, nitrogen and carbon dioxide of a bacteria culture was monitored. As the bacteria multiply, the amount of oxygen consumed and carbon dioxide produced increases. The increase of nitrogen during this experiment indicates the uptake and metabolism of nitrogen-containing nutrition by the bacteria. The next step after measuring pure cultures was a hydrogeological column experiment with A-horizon from a beech forest. The gas atmosphere in and above soil is mainly determined by microbiological activities. The gas measurements reveal the activity of oxic bacteria and also the activities of methanogens.

In summary - Raman gas analysis is a very promising tool for the characterization of complex ecosystems. The gas composition allows us to draw conclusions about the activity and the kind of microorganisms present. Furthermore it gives valuable information about the redox state of the liquid. This study will be followed by the application of Raman gas sensors for the investigation of soil gas compositions in the Hainich National Park.

## **Dynamisch rekonfigurierbare eingebettete Systeme**

*Daniel Kriesten, Sebastian Kratzert, Ulrich Heinkel  
Technische Universität Chemnitz, Chemnitz*

Die Idee rekonfigurierbare Schaltkreise, die sich auf spezielle Anwendungsfälle anpassen lassen, und Standardprozessoren in einem System zu verbinden existiert schon seit den 1990er Jahren. Besonderer Beliebtheit erfreuen sich auf diesem Gebiet neben Complex Programmable Logic Device (CPLD) die Field Programmable Gate Arrays (FPGA). Deren Hersteller, allen voran der Marktführer Xilinx, haben neben dem High Performance Computing (HPC) den Markt der eingebetteten Systeme (ES) als geeignete Zielplattform erkannt. Galten FPGA noch vor einiger Zeit als energiehungrige Abwärmeproduzenten, hat sich dies dank des Fortschritts bei den Fertigungstechniken sowie verbesserter Technologien geändert. Die Bandbreite verfügbarer FPGA reicht nun von energiesparenden Schaltkreisen mit Verlustleistungen im  $\mu\text{W}$  Bereich bis zu Systemen mit integriertem Prozessorkern oder integrierten High-Speed Transceivern für mehrere GBit/s. Für die Kombination von Central Processing Unit (CPU) und rekonfigurierbarer Einheit hat sich der Begriff heterogene rekonfigurierbare Systeme (hrS) etabliert. Ausführliche Untersuchungen zu hrS, wie sie beispielsweise von Prof. Andreas Koch im Rahmen seiner Habilitation durchgeführt wurden, haben in ihren Grundzügen noch heute Bestand. Durch den rasanten technischen Fortschritt auf dem Gebiet der rekonfigurierbaren Schaltkreise und durch die vielen wissenschaftlichen Beiträge, besonders auf dem Gebiet der run-time Reconfiguration (RTR, Rekonfiguration zur Laufzeit) ist jedoch die stetige Weiterführung dieser Betrachtungen notwendig. Verschiedene Aspekte moderner hrS, unter

Beachtung der speziellen Anforderungen im embedded Bereich, werden dabei durch uns adressiert. Zum Einen mögliche Systemarchitekturen sowie die Integration der Möglichkeiten von hrS in moderne Betriebssysteme wie Linux. Zum Anderen Aspekte der RTR und der daraus erwachsenden Möglichkeiten für Anpassungen der Hardware beim Kunden.

## **Partikelkonzentrationsmessung auf Basis von MOEMS**

*Ralf Müller<sup>1</sup>, Hans-Georg Ortlepp<sup>1</sup>, Olaf Brodersen<sup>1</sup>, Erik Förster<sup>2</sup>*  
*<sup>1</sup>CiS GmbH, Erfurt und <sup>2</sup>Fraunhofer-IOF, Jena*

In Prozessen mit zeitlichen Änderungen der dispersen Phase (harte Partikel, Tropfen, Blasen, Mikroorganismen u. a.) sind zuverlässige Messtechniken zur Online-Kontrolle des dispersen Zustandes notwendig. In einigen Bereichen ist man auch an kostengünstigen Messsystemen interessiert, wobei gewisse Abstriche in der Leistungsfähigkeit dann in Kauf genommen werden. In der Skala der unterschiedlichen Messtechniken nehmen die optischen Verfahren einen wichtigen Platz ein. Optische Transmissionsmessungen werden unter Verwendung von Durchlichtanordnungen realisiert. In diesem Fall müssen Sender und Detektor zueinander justiert werden. Durchlichtanordnungen benötigen für den Fall, dass Druckfestigkeit gefordert ist und kompakte einschraubbare Einsätze verwendet werden, zwei druckfeste Aufnahmen für optoelektronische Bauelemente. Für den Fall, dass ein optisch reflektives Verfahren angewendet wird, können planare mikrooptoelektronische Strahler-Empfänger-Baugruppen als druckfeste Sensorelemente zum Einsatz kommen. Derartige Baugruppen sind zwangsläufig durch den Herstellungsprozess justiert. Es können preiswerte Sensoren entwickelt werden.

Die neuen, hier vorgestellten reflektiven optischen Partikelsensoren basieren auf einem Siliziumsubstrat von ca. 50 mm<sup>2</sup>. An entsprechenden Stellen ist das Substrat zu Fotodioden modifiziert. In dieser Ebene sind ein oder mehrere Laser (Vertical Cavity Surface Emitting Laser, VCSEL) mit ca. 1,8 mW optischer Ausgangsleistung angebracht. Bei einer speziellen Variante wird das vom Laser emittierte Licht mittels einer Mikrooptik zu einem Lichtring geformt. Auf diese Weise können parasitäre Reflexionen, die an einem Absorber, der der Baugruppe gegenüber liegt, entstehen, an den Fotodioden vorbei geführt werden.

In dieser Arbeit werden Messergebnisse von Sensoren *mit* und *ohne* integrierter Mikrooptik verglichen. Zusätzlich werden unterschiedliche Messzellenkonfigurationen betrachtet. Dabei wird z.B. das Messvolumen unterschiedlich groß gestaltet. Die Ergebnisse werden mit bereits abgeschlossenen Simulationen verglichen.

## **RFID – Schnittstelle für Mensch, Technik und Gesellschaft**

*Jana-Cordelia Petzold*  
*AtalanteMedien, Cottbus*

Die Radio Frequency Identification, im Allgemeinen auch als Funkfrequenztechnologie bezeichnet, nimmt neben ihrem Einsatz in der Produktions- und Handelslogistik auch im Dienstleistungssektor einen herausragenden Stellenwert ein. Sie ermöglicht die berührungslose Identifizierung von Produkten und Bauteilen in allen Produktionsstufen des Wertschöpfungsprozesses, aber auch zunehmend die Lenkung und Leitung von Personenströmen – bspw. im Flug- und Seeverkehr – beim Einkauf oder in touristischen Informationssystemen. Produktions- und Dienstleistungsfluss und begleitender Informationsfluss werden einzig durch ein technisches System nahtlos miteinander verzahnt und synchronisiert. Funkchips werden heute schon auf Eintrittskarten in Fußballstadien ebenso selbstverständlich verwendet, wie im Supermarkt beim Einkauf.

Das Poster soll die verschiedenen Anwendungsbereiche der interessanten und innovativen Technologie vor dem Hintergrund ihrer Einbettung in die Bezugssysteme Mensch, Technik und Gesellschaft auf künstlerisch-philosophische Weise veranschaulichen und zur Diskussion anregen.

## **Novel Contactless Current Sensor for HEV/EV and Renewable Energy Application**

*Robert Racz*

*Melexis AG, Zug/ Switzerland*

We describe a new type of contact-less current sensor for automotive and renewable energy applications. The current sensor consists of a CMOS integrated circuit with a thin ferromagnetic layer structured on its surface. The CMOS circuit contains Hall elements and electronics for amplification and offset compensation. The integrated ferromagnetic layer is used as a magnetic flux concentrator providing a high magnetic gain of about 6. Therefore, the CMOS circuit features magnetic sensitivity comparable to magneto-resistive sensors with very low offset, low noise and low drift. The sensor is particularly appropriate for DC and/or AC current measurements with ohmic isolation, very low insertion loss, fast response, small package size and low assembly cost requirements. Typical applications are found in Battery Current Monitoring, in Solar Power Converters and Inverters driving the electronic motor in Hybrid Vehicles HEV/EV. There is no upper limit to the level of current that can be measured because the output level is dependant on the conductor size and distance from the sensor.

## **Kapazitative Berührungssensorik am Beispiel eines Spielzeug-Keyboards**

*Stefan Schubert*

*PE-Design, Kesselsdorf*

Berührungssensorik findet in den letzten Jahren zunehmend neue Anwendungen. Bei Mobiltelefon oder dem Touchscreen nutzen Menschen berührungssensitive Flächen, um mit der Maschine zu interagieren. Die Empfindung bei dieser Art Mensch-Maschine Interface ist sehr ähnlich der bei der Nutzung althergebrachter Tasten, Tastaturen oder Computermäuse. Menschen scheinen sich daran sehr schnell zu gewöhnen und es gibt scheinbar keine Akzeptanzprobleme. Die Vorteile sind dabei saubere Oberflächen ohne verschmutzte Tastenränder, einfache maschinelle Integrierbarkeit in Geräte, geringe Montagekosten, Design-Flexibilität, Platzersparnis und geringere Kosten pro Taste im Vergleich zu größeren mechanischen Anordnungen. Wie kommt man aber da hin, dass sich ein Sensorsignalcontroller und seine Sensoren an die Bedürfnisse der Applikation anpassen? Der PE5004 als kapazitiver Sensorsignalkonditionierer IC eignet sich sehr gut, genau diese Herausforderung am konkreten Beispiel näher zu betrachten.

## **HallinOne® – Räumliche Magnetische Positionssensorsysteme**

*Andrea Wilde*

*Fraunhofer IIS/EAS, Dresden*

Zur Positions- und Lagemessung im Zentimeterbereich werden neben optischen oder kapazitiven auch magnetische Verfahren eingesetzt, bei denen die Flussdichte eines Gebermagneten gemessen und daraus die Entfernung oder Verdrehung des Sensors zum Magneten bestimmt wird. Die meisten Magnetsensoren nutzen den Hall-Effekt, die preiswert in CMOS-Technik herstellbar sind. Am Fraunhofer IIS in Erlangen gelang es nun, auch sogenannte vertikale Hall-Elemente zur Messung der chipparallelen Magnetfeldanteile im CMOS-Verfahren herzustellen. Diese als HallinOne® markenrechtlich geschützte Fraunhofer-Technologie wird bereits millionenfach in modernen Waschmaschinen zur Unwuchterkennung der Waschtrommel eingesetzt. Die Micronas AG bietet seit 2009 einen in Lizenz gefertigten 2D-Hallsensor für Drehgeberanwendungen an, und Anwendungen für Joysticks, Kardangelenke, robuste Linearantriebe etc. werden zur Zeit am Fraunhofer IIS entwickelt. In diesem Jahr kommt der weltweit erste 3D-Hall-Gradientensensor als Standardprodukt auf den Markt. Der Entwurf mehrdimensionaler Positionssensorsysteme ist eine komplexe Aufgabe. Am Fraunhofer IIS/EAS in Dresden wurde daher eine Entwurfsumgebung entwickelt, mit der Positionssensorsysteme aus 3D-Hall-Sensor und Gebermagneten intuitiv am Computer simuliert, auf

Machbarkeit untersucht und der jeweiligen Messaufgabe angepasst werden können. Mit dieser Entwurfsunterstützung bietet Fraunhofer IIS/EAS seinen Industriepartnern Mehrwert durch breite Evaluierungsmöglichkeiten und schnelle Entwicklungszyklen.

### **FiZ-E: Strukturüberwachung in Echtzeit**

*Peter Wolf, Marcel Putsche, Ulrich Heinkel  
Technische Universität Chemnitz, Chemnitz*

Im Rahmen des BMBF-Projekts FiZ-E wird ein Echtzeit-Zustandsüberwachungssystem für Bauteile aus Faserkunststoffverbunden (FKV) entwickelt. Das System detektiert mittels acoustic emission und gestickter Sensoren die im Moment der Schädigung erzeugten akustischen Wellen bzw. Schwingungen und leitet daraus eine Bewertung des Bauteilzustands ab. Zur Reduzierung des Montage- und Wartungsaufwandes erfolgt die Datenübertragung drahtlos zu einer externen Datenerfassungs- und Verarbeitungseinheit. Diese führt eine digitalisierte Weiterverarbeitung und eine Bewertung des Bauteilzustands durch.

Das Projekt wird im Rahmen der Initiative "Unternehmen Region" vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert und ist eine Zusammenarbeit mehrerer Professuren der TU Chemnitz.

\* \* \*