



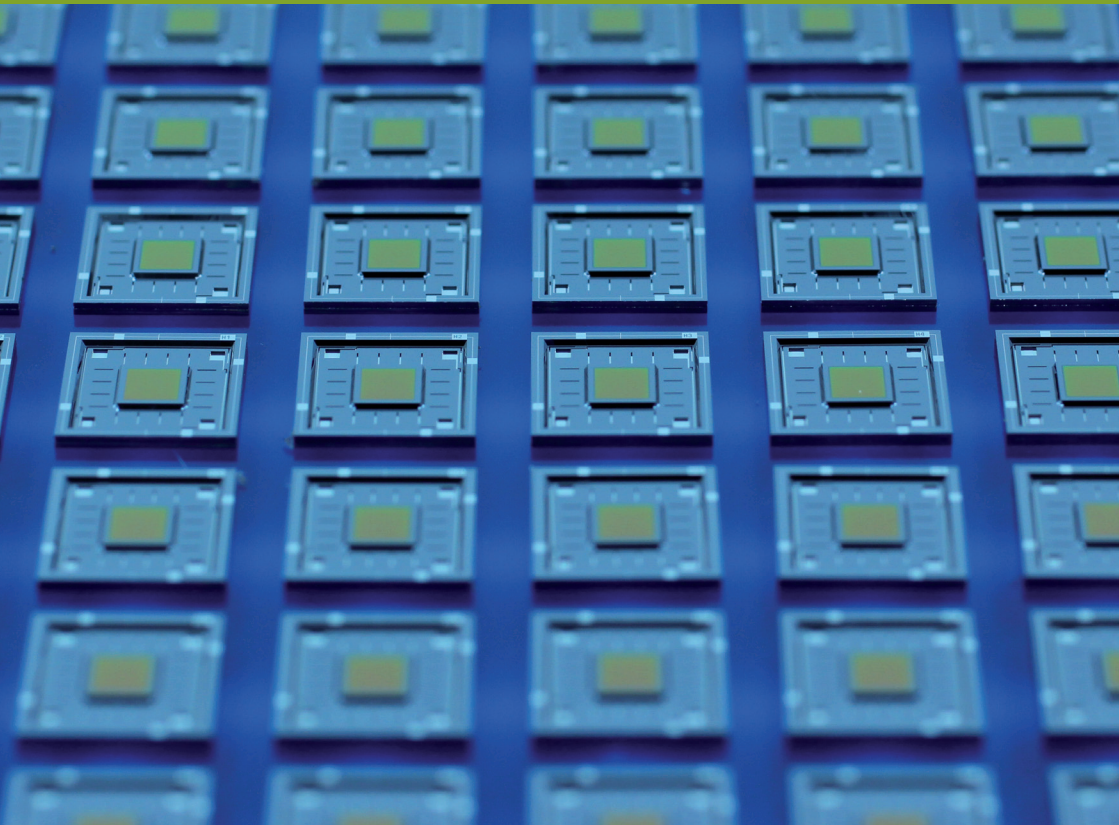
Fraunhofer
ENAS

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR ELEKTRONISCHE NANOSYSTEME ENAS

17. OKTOBER 2017 | HILTON HOTEL DRESDEN

WORKSHOP

MIKRO- UND NANOTECHNOLOGIEN FÜR DIE ANGEWANDTE SPEKTROSKOPIE



WORKSHOP MIKRO-UND NANOTECHNOLOGIEN FÜR DIE ANGEWANDTE SPEKTROSKOPIE

EINLADUNG ZUM IDEENAUSTAUSCH

Das Fraunhofer-Institut für Elektronische Nanosysteme lädt zu einem Workshop über Mikro- und Nanotechnologien für die angewandte Spektroskopie ein, um den Austausch zwischen Anwendern, Herstellern, Systemintegratoren und Forschungsinstituten anzuregen und die Entwicklung der nächsten Generation von miniaturisierten Spektrometern voranzutreiben.

ANWENDUNG SPEKTROSKOPISCHER TECHNOLOGIEN

Für viele Anwendungsgebiete ist eine unkomplizierte und rasche Identifizierung von Stoffen und Stoffgemischen sowie die Bestimmung von Konzentrationen von großer Bedeutung. Beispiele sind die Klassifizierung von Kunststoffen, die Überwachung von Wirkstoffen in Arzneimitteln, die Dosierung von Anästhesiegasen, die Erkennung von Stoffwechselprodukten von Pflanzenschädlingen oder die Identifizierung von gefährlichen Substanzen im Bereich der

Zivilen Sicherheit und Sicherheitstechnik. Optische und spektroskopische Technologien haben sich als einfache und zuverlässige Analysetechniken bewährt und wurden zu einem Standard in vielen Bereichen von Industrie und Forschung. Die nächste Generation von Spektrometern verspricht, durch den Einsatz von Mikro- und Nanotechnologien deutlich kleiner und preiswerter zu werden und ein umfangreiches neues Feld von Anwendungen zu erschließen.

ANWENDUNGSGEBIETE

Im Workshop sollen vielfältige Anwendungen spektroskopischer Technologien diskutiert werden:

- Medizintechnik
- Prozessmesstechnik
- Precision Farming
- Life Science
- Umweltmesstechnik und Luftqualität
- Zivile Sicherheit und Sicherheitstechnik
- Industrie 4.0
- IoT-Anwendungen

PROGRAMM

DIENSTAG, 17. OKTOBER 2017

PROGRAMM

ab 8:00 Uhr	Registrierung
9:00 Uhr	Begrüßung Prof. Dr. Thomas Otto, Fraunhofer ENAS
9:10 Uhr	Eröffnung Dr. Steffen Kurth, Fraunhofer ENAS
Session 1:	Anwender und Anwendungen Chair: Dr. Steffen Kurth
9:20 Uhr	Nährstoffmanagement in der Landwirtschaft mit dem Harvest-Lab™ Sensor Dr. Peter Schade, John Deere GmbH & Co. KG
9:35 Uhr	Sensing Plant Traits – Hyperspectral Imaging and other Optical Sensors PD Dr. Anne-Katrin Mahlein, Institut für Zuckerrübenforschung IfZ an der Universität Göttingen
9:50 Uhr	Beispiele aktueller Anwendungen von drohnengetragenen optischen Sensoren in der Land- und Forstwirtschaft Dr. Jörg Ruppe, RUCON GmbH
10:05 Uhr	Anforderungen an die IR-Gasspektroskopie aus Sicht eines Medizintechnikherstellers Dr. Robert Jahns, Drägerwerk AG & Co. KGaA
10:20 Uhr	Spektroskopische Methoden in der Öl- und Gas-Prozessanalytik Dr. Joachim Kastner, Bartec Benke GmbH
10:35 Uhr	Spurengas-Sensorik von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) Dr. Andrea Burdack-Freitag, Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP

10:50 Uhr	Multi-Spectral Fiber Spectroscopy – from R&D to IoT-Sensors Dr. Viacheslav Artyushenko, art photonics GmbH
11:05 Uhr	Pause
Session 2:	Komponenten und Technologien Chair: Dr. Alexander Weiß
11:30 Uhr	Mikro- und Nanotechnologien zur Herstellung steuerbarer optischer Komponenten Prof. Dr. Karla Hiller, Zentrum für Mikrotechnologien der TU Chemnitz
11:45 Uhr	MEMS mit Subwellenlängenstrukturen für Infrarotbauelemente Dr. Steffen Kurth, Fraunhofer-Institut für Elektronische Nanosysteme ENAS
12:00 Uhr	Miniaturisierte Infrarotstrahler Dr. Marco Schossig, Infrasolid GmbH
12:15 Uhr	Novel Materials for Trace Gas Enrichment Max Rieger, Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT
12:30 Uhr	Miniaturized NIR Spectrometers – State of the Art and Recent Developments Dr. Peter Reinig, Fraunhofer-Institut für Photonische Mikrosysteme IPMS
12:45 Uhr	Fördermöglichkeiten durch das BMBF im Kontext des Rahmenprogramms Mikroelektronik Dr. Jochen Kerbusch, VDI/VDE Innovation + Technik GmbH
13:00 Uhr	Mittagsbuffet

PROGRAMM

DIENSTAG, 17. OKTOBER 2017

Session 3:	Module und Systeme Chair: Prof. Dr. Karla Hiller
14:30 Uhr	Miniaturisierte IR-Spektrometer auf der Basis von MOEMS Fabry-Pérot Filtern Dr. Martin Ebermann, InfraTec GmbH
14:45 Uhr	Miniaturized Photoacoustic Gas Sensor Dr. Christoph Glacer, Infineon Technologie AG
15:00 Uhr	Laserbasierte Infrarotsensorik in Echtzeit Dr. Ralf Ostendorf, Fraunhofer-Institut für Angewandte Festkörperphysik IAF
15:15 Uhr	CO₂-Festkörpersensor mit eliminiertem Feuchteinfluss Matthias Schreiter, Siemens AG
15:30 Uhr	Novel MidIR-Analyzer for Rapid Point of Care Blood Diagnostics Dr. John Phair, Pyreos Ltd
15:45 Uhr	NDIR-Sensormodule für den Einsatz in CEMS-Anwendungen Christian Stein, smartGAS Mikrosensorik GmbH
16:00 Uhr	Online Prozesskontrolle anhand von Spektroskopie im mittleren Infrarot (MIR) Dr. Daniel Sellin, IRPC Infrared – Process Control GmbH
16:15 Uhr	Pause

Session 4:	Technologien für die multispektrale Bilderfassung Chair: Marco Meinig
16:40 Uhr	Portable LWIR Hyperspectral Imager based on MEMS Fabry-Pérot Interferometer and Broadband Microbolometric Detector Array Dr. Patrice Topart, Institut national d'optique INO
16:55 Uhr	InGaAs-Bildsensorhybride für das nahe Infrarot Christian Lochmann, ANDANTA GmbH
17:10 Uhr	Integrierte Multispektralsensoren in CMOS-Technologie Dr. Stephan Junger, Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS
17:25 Uhr	Programmierbares Vision-System-on-Chip für die eingebettete Bilderfassung und -verarbeitung Dr. Jens Döge, Fraunhofer IIS, Institutsteil Entwicklung Adaptiver Systeme EAS
17:40 Uhr	Classification and Quantification in Process Analytics using Hyperspectral Imaging Dr. Inga Niedermaier, inno-spec GmbH
17:55 Uhr	Schlusswort Dr. Steffen Kurth, Fraunhofer ENAS

NÄHRSTOFFMANAGEMENT IN DER LANDWIRTSCHAFT MIT DEM HARVESTLAB™ SENSOR

DR. PETER SCHADE, JOHN DEERE GMBH & CO. KG

Viele Arbeitsprozesse in der Landwirtschaft werden heute mit Unterstützung moderner Sensor- und Robotertechnologien ausgeführt. Ein Ziel dieser »Präzisionslandwirtschaft« ist die Optimierung der Nährstoffkreisläufe im Wachstums- und Verwertungsprozess von Nutzpflanzen. Dafür ist es erforderlich, einerseits die Nährstoffentnahme von einer Anbaufläche während der Ernte orts aufgelöst zu bestimmen und andererseits die Nährstoffrückführung während der Düngung dementsprechend orts aufgelöst zu steuern. John Deere setzt zur Messung des Nährstoffflusses Nah-Infrarot-Sensorik (NIRS) auf Erntemaschinen und Gülleausbringern in Kombination mit satellitengestützter Ortsbestimmung der Nutzfahrzeuge ein. Der HarvestLab™ NIR-Sensor von John Deere ist speziell dafür ausgelegt, in verschiedenen Anwendungen des Nährstoffkreislaufs eingesetzt werden zu können. Gleichzeitig ist der Sensor äußerst robust, um zuverlässig in mechanisch anspruchsvollen Anwendungen, z.B. unter starken Vibrationen auf einer Erntemaschine, zu messen. Dieser Vortrag gibt einen Überblick über die Anwendungsbereiche sowie die Messtechnik des HarvestLab™ Sensors.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

SENSING PLANT TRAITS – HYPERSPECTRAL IMAGING AND OTHER OPTICAL SENSORS

PD DR. ANNE-KATRIN MAHLEIN,
INSTITUT FÜR ZUCKERRÜBENFORSCHUNG IFZ AN DER UNIVERSITÄT GÖTTINGEN

The detection of plant functional traits is relevant in plant science. Recently, intensive research has been investigated in the field of precision farming and plant phenotyping to develop and implement new and innovative digital technologies. In contrast to common visual rating and detection methods, optical sensors are able to measure changes in the plant physiology, during growth or exhibition to plant stress such as drought or plant diseases non-invasively and objectively. Several studies showed, that especially hyperspectral sensors are valuable tools for characterizing plants on different scales from the tissue to the canopy level. This presentation provides an overview on the basic principles of hyperspectral measurements and different types of available hyperspectral sensor types in plant science. Possible applications of hyperspectral sensors for plant monitoring on different scales are discussed and evaluated. The advantages and disadvantages on each particular scale, as well as the impact of external factors (e.g. light, wind, and viewing angle) for measurements in laboratories, greenhouses and fields, are critically assessed in order to support researchers and agriculture technicians. Especially the potential of hyperspectral sensors as a tool for plant disease identification, based on disease characteristic changes in the plants spectral signature, will be shown. For effective analysis of complex hyperspectral imaging data, different sophisticated data analysis are recently implemented therefore an overview on different data analysis methods, which are required to extract key information from gathered hyperspectral datasets will also be critically discussed.

.....

.....

.....

**BEISPIELE AKTUELLER ANWENDUNGEN VON
DROHNENGETRAGENEN OPTISCHEN SENSOREN
IN DER LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT**

DR. JÖRG RUPPE, RUCON GMBH

Die Nutzbarkeit optischer Sensoren in Verbindung mit Drohnen bzw. UAV (unmanned aerial vehicles) in der Land- und Forstwirtschaft wird neben der Qualität der Sensoren wesentlich geprägt von der Gesetzgebung zur UAV-Nutzung. Das wesentlichste Kriterium ist dabei die für operative Einsätze zulässige Abflugmasse des UAV-Systems, die bisher auf 5 kg je System begrenzt war. Die damit mögliche Nutzlast betrug bisher etwa maximal 2 kg, wobei Flugzeit und Nutzlast in einem engen Verhältnis stehen. Das heißt, je höher die Ausschöpfung der möglichen Nutzlast, desto geringer ist die Einsatzzeit je Akkuladung des Systems.

Im Vortrag werden Anwendungsbeispiele von UAV-getragenen Sensorsystemen (Spektren: RGB, NIR, TIR), wie sie aktuell unter diesen Rahmenbedingungen in der Land- und Forstwirtschaft genutzt werden, gezeigt. Mit dem Inkrafttreten der neuen Luft-Verkehrs-Ordnung (LuftVO) 2017 ergeben sich neue Einsatzmöglichkeiten für UAV-getragene Sensorik. Aus Sicht eines Anwenders werden einige potentielle Einsatzfelder beschrieben.

**ANFORDERUNGEN AN DIE IR-GASSPEKTROSKOPIE
AUS SICHT EINES MEDIZINTECHNIKERHERSTELLERS**

DR. ROBERT JAHNS, DRÄGERWERK AG & CO. KGaA

Dieser Vortrag soll einen kurzen Überblick über die Anforderungen an die IR-Gasspektroskopie im Bereich Medizintechnik wiedergeben. Dabei wird neben den Spektren der interessierenden Gase auch auf regulatorische Anforderungen, Auflösung, Anstiegszeit, Lebensdauer und weitere technische Kenngrößen eingegangen.

SPEKTROSKOPISCHE METHODEN IN DER ÖL- UND GAS-PROZESSANALYTIK

DR. JOACHIM KASTNER, BARTEC BENKE GMBH

Die Produkte der Öl- und Gasindustrie dienen als Energieträger oder Grundstoffe in weiten Bereichen unserer Wirtschaft. Sie unterliegen zahlreichen physikalischen und stofflichen Spezifikationen, die in Normen definiert sind (ASTM, IP, ISO, EN, DIN, DVGW) und mit aufwändiger Labor- und Prozessanalytik überwacht werden.

Im Zuge des Trends zur Prozessoptimierung wird die Messtechnik weiter ausgebaut, um schneller mehr Informationen über die Prozesse und Stoffströme zu gewinnen; gleichzeitig sollen die Investitions- und Unterhaltskosten der Prozessmesstechnik reduziert werden.

Es kommen daher zunehmend korrelative Verfahren zum Einsatz, die schnell und effizient die gewünschten Messgrößen in ausreichender Korrelation mit den Referenzverfahren liefern. Häufig werden dabei optische und vor allem spektroskopische Methoden eingesetzt. Sie benötigen in der Regel keine Betriebsstoffe, sind gut integrierbar und liefern eine große Menge an stoffspezifischen Informationen.

Als Beispiele für angewandte spektroskopische Verfahren wird die Prozess-FT-NIR-Spektroskopie zur Validierung von Zwischen- und Endprodukten der Öl- und Gasindustrie sowie ein interferometrisches Verfahren zur Messung der Spurenfeuchte in Gasen und Flüssigkeiten vorgestellt.

SPURENGAS-SENSORIK VON FLÜCHTIGEN ORGANISCHEN VERBINDUNGEN (VOC)

DR. ANDREA BURDACK-FREITAG, FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR BAUPHYSIK IBP

Flüchtige organischen Verbindungen stellen eine Herausforderung an die Spurengas-Sensorik. Derzeitig marktverfügbare Systeme sind auf Messprinzipien und bestenfalls auf hochkonzentrierte gasförmige Stoffe qualifiziert. Tatsächliche Spurenstoff-Detektion ist nur für besondere Stoffe (z.B. Sprengstoffe) marktverfügbar. Im Rahmen von Forschungsprojekten beschäftigten sich die Chemiker des IBP mit der Analyse Luftqualitäts- und Umwelt-relevanter, gasförmiger Spurenstoffe, deren Anforderungen an die Mess-Sensorik, der Auswahl geeigneter Mess-Sensorik und ggf. deren Modifikation. Die ausgewählte Sensorik wurde an einem Gasprüfstand qualifiziert und in der Realität getestet. Hier wurden Fragestellungen wie Querkorrelationen, Selektivität und Sensitivität, sowie ereignisbezogene Signalinterpretationen bearbeitet.

MULTI-SPECTRAL FIBER SPECTROSCOPY – FROM R&D TO IOT-SENSORS

DR. VIACHESLAV ARTYUSHENKO, ART PHOTONICS GMBH

The best way to monitor reaction monitoring can be chosen from the variety of key spectroscopy methods: media absorption, reflection, fluorescence or Raman scattering – but their specific advantages and drawbacks must be compared. Multi-Spectral Fibers MSF-System was made and tested to enable comparison of spectral data obtained by all these methods and selection of the best one for sensitivity, specificity and accuracy. The case when no single outstanding method can be selected – then 2 or 3 methods may be united in one combi-fiber probe for the synergy fusion of multi-spectral data. Experimental test of MSF-system for any process enables to design spectral fiber sensors for its control – reducing their cost and size substantially due to the use of information rich spectral features only instead of broad spectra & high resolution. Design of customized SF-sensors will match IoT concept - with friendly software, data transfer to iCloud and compatibility with automated production in plants.

MIKRO- UND NANOTECHNOLOGIEN ZUR HERSTELLUNG STEUERBARER OPTISCHER KOMPONENTEN

PROF. DR. KARLA HILLER,
ZENTRUM FÜR MIKROTECHNOLOGIEN DER TU CHEMNITZ

Der Beitrag vermittelt einen Überblick über Herstellungstechnologien für steuerbare mikrooptische Komponenten wie z.B. Fabry-Perot-Filter und optische Shutter, welche an der TU Chemnitz gemeinsam mit dem Fraunhofer ENAS und Industriepartnern entwickelt werden. Wellenlänge bzw. Intensität des transmittierenden Lichtes werden dabei durch Steuerpannungen unter Nutzung des elektrostatischen Wandlerprinzips beeinflusst. Dazu werden unter Nutzung von Volumentechologien in Kombination mit Waferbondprozessen bzw. durch oberflächennahe Strukturierungsschritte flexibel (mittels Federn bzw. Membranen) gelagerte Reflektorträger erzeugt. Die optisch aktiven Resonatoren entstehen aus Mehrfachstapeln von Bragg-Reflektoren z.B. durch selektive Schichtabscheidung bzw. alternativ durch Herstellung von Nanostrukturen (z.B. Subwellenlängenstrukturen) auf oder in Nano-Membranen. Durch geeignete Wahl der Materialien und definierte Einstellung der optischen Dicke der Bragg-Reflektoren bzw. geeignete Formen und Abmessungen der Nanostrukturen lassen sich Wellenlängenbereiche vom MIR bis in den Bereich des sichtbaren Lichtes erzeugen und einstellen. Erste Ergebnisse einer erfolgreichen Integration von Technologien zur Erzeugung der Nanostrukturen (Nanoimprint-Lithografie bzw. Elektronenstrahl-Lithografie) sowie deren Strukturübertragung durch Plasmaätzen werden präsentiert.

MEMS MIT SUBWELLENLÄNGENSTRUKTUREN FÜR INFRAROTBAUELEMENTE

DR. STEFFEN KURTH,
FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR ELEKTRONISCHE NANOSYSTEME ENAS

Elektrisch steuerbare Filter und Chopper sind neben Detektoren Schlüsselkomponenten für die Entwicklung miniaturisierter Spektrumanalysatoren und Hyperspektralkameras. Die Nano-Imprint-Lithographie offeriert die Herstellung von Strukturen mit Abmessungen im Subwellenlängenbereich, wodurch nanooptische Effekte nutzbar gemacht werden. Dadurch sind konventionell eingesetzte Funktionsschichten und Schichtstapel aus hoch- und niedrigbrechendem Material, wie hochreflektierende Bragg-Reflektoren, Antireflexionsbeschichtung oder Absorber in bestimmten Anwendungsfällen durch strukturierte Einzelschichten substituierbar und mit technologiekompatiblen Materialien, z.B. mit Aluminium oder mit Poly-Silizium realisierbar. Dieser Beitrag gibt einen kurzen Überblick über Wirkprinzipien nanostrukturierter optischer Schichten und deren Herstellungstechnologie. Anhand von Anwendungsbeispielen in einem steuerbaren wellenlängenselektiven Infrarot-Filter und in einem Chopper für den mittleren Infrarotbereich wird die Integration der Subwellenlängenstrukturen in MEMS-Bauelementen für die Infrarot-Spektroskopie gezeigt.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

MINIATURISIERTE INFRAROTSTRAHLER

DR. MARCO SCHOSSIG, INFRASOLID GMBH

Für die Entwicklung von leistungsfähigen miniaturisierten Spektrometern sind kleine, leistungsstarke und hoch effiziente Strahlungsquellen notwendig. Die miniaturisierten Infrarot-Strahlungsquellen von Infrasolid zeichnen sich durch eine sehr hohe Strahlungsleistung, einen sehr hohen Wirkungsgrad, eine Ausstrahlung ähnlich einem idealen Schwarzkörperstrahler sowie ihre Robustheit und sehr hohe Zuverlässigkeit aus. Die hervorragenden Eigenschaften und das hohe Miniaturisierungspotenzial werden durch den patentierten, freitragenden monolithischen Aufbau und die nanostrukturierte Oberfläche erreicht. Die Herstellung erfolgt mit Standardverfahren der Mikroelektronik. Dadurch ist die Technologie gut skalierbar und die Strahlungsquellen sind kostengünstig in großen Stückzahlen herstellbar.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

NOVEL MATERIALS FOR TRACE GAS ENRICHMENT

MAX RIEGER, FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR CHEMISCHE TECHNOLOGIE ICT

Any detector or sensor systems performance is mainly characterized by its limit of detection (LOD) and selectivity. Aiming at lower detection limits (for substances bearing very low vapor pressures, e.g. explosives), the amount of interfering substances (being existent in this area of high dilution) is strongly increased. Active or passive sampling combined with thermal desorption represents a commonly used enrichment method. Exhibiting high surface area, micropore volume, crystallinity and chemical diversity, metal-organic frameworks (MOFs), a novel class of microporous coordination polymers, are promising candidates to be used for enrichment of airborne trace analytes. Being tailorable at the microscopic scale using template synthesis, molecularly imprinted polymers (MIPs) are a substance class that can be used for larger molecules in both phases, liquid or gaseous. Both material classes are outlined and explained. Afterwards a review of completed and ongoing research with respect to this substance classes and adjacent topics is given.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**MINIATURIZED NIR SPECTROMETERS –
STATE OF THE ART AND RECENT DEVELOPMENTS**

DR. PETER REINIG,
FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR PHOTONISCHE MIKROSYSTEME IPMS

For non-destructive quality testing near infrared (NIR) spectroscopy in the wavelength range from 1000 – 2300 nm has become a well established method in various sectors. For example NIR spectroscopy is being applied in food inspection, agriculture, recycling industry, process control and environmental monitoring. Classical, rather bulky bench-top NIR spectrometers are the workhorses in many laboratories. For a more widespread application several approaches using diode detector arrays, filter techniques and digital light processing have been proposed and realized in first products. However, with an increasing demand for on the spot, mobile sensing new development tasks arise. A promising approach for further size and cost reduction for NIR spectrometers is MEMS-technology using silicon based miniaturized components for system realization. We will present state of the art and recent developments in this field.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

FÖRDERMÖGLICHKEITEN DURCH DAS BMBF IM KONTEXT DES RAHMENPROGRAMMS MIKROELEKTRONIK

DR. JOCHEN KERBUSCH, VDI/VDE INNOVATION + TECHNIK GMBH

Der Vortrag wird kurz das Rahmenprogramm »Mikroelektronik aus Deutschland – Innovationstreiber der Digitalisierung« und die darauf aufsetzenden Fördermaßnahmen vorstellen. Dies sind insbesondere KMU-innovativ, PENTA und ECSEL als kontinuierlich wiederkehrende Maßnahmen. Das grundsätzliche Vorgehen von der Projektidee bis zur Bewilligung wird skizziert. Abschließend werden zur Veranschaulichung einige Beispiele für laufende Förderprojekte gegeben.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

MINIATURISIERTE IR-SPEKTROMETER AUF DER BASIS VON MOEMS FABRY-PÉROT FILTERN

DR. MARTIN EBERMANN, INFRATEC GMBH

Durchstimmbare MOEMS Fabry-Pérot Filter (FP-Filter) sind der Schlüssel zu einer neuen Klasse hochminiaturisierter spektraler IR-Sensorik für die Stoffanalyse. Der Vortrag gibt einen Überblick zur Technologie der FP-Filter, angefangen bei Aufbau, Funktionsweise und Herstellung bis hin zu Integration und Betriebsweise in Sensormodulen. Die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten für die Analyse von Gas- und Flüssigkeitsgemischen werden anhand von konkreten Beispielen aus der Literatur aufgezeigt. Schließlich wird ein Ausblick zur laufenden Weiterentwicklung der Technologie gegeben.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

MINIATURIZED PHOTOACOUSTIC GAS SENSOR

DR. CHRISTOPH GLACER, INFINEON TECHNOLOGIE AG

Bei diesem Workshop wollen wir einen neuartigen miniaturisierten Gassensor vorstellen. Der Sensor arbeitet nach dem Prinzip der Fotoakustik und kann mit dem gegenwärtigen Filter Kohlendioxid detektieren. Aufgebaut ist der Sensor komplett aus eigenen Halbleiterbauteilen und MEMS. Die kleine zylindrische Sensorzelle mit einer Größe von nur 6x6 mm³ beinhaltet einen MEMS Infrarotemitter, einen Bragg-Filter, ein Siliziummikrofon und einen ASIC. Mit ersten Prototypen konnten wir CO₂-Änderungen von bis zu 35 ppm auflösen mit sehr hoher Linearität und einem großen Dynamikbereich.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

LASERBASIERTE INFRAROTSENSORIK IN ECHTZEIT

DR. RALF OSTENDORF,
FRAUNHOFER INSTITUT FÜR ANGEWANDTE FESTKÖRPERPHYSIK IAF

Quantenkaskadenlaser in externen Resonatoren (EC-QCL) vereinen eine hohe spektrale Brillanz mit einem breiten Durchstimmbereich über mehrere hundert Wellenzahlen im mittleren Infrarot (MIR). Durch die Verwendung eines optischen Microscanners (MOEMS-Scanner) mit integriertem Beugungsgitter als wellenlängenselektives Element im externen Resonator, haben wir eine sehr kompakte und spektral schnell abstimmbare Laserquelle realisiert, die Wiederholraten bis in den kHz-Bereich ermöglicht. Diese hohe Geschwindigkeit der Wellenlängenabstimmung ebnet damit den Weg für laserbasierte, echtzeitfähige optische Spektroskopie Systeme im Fingerprintbereich von 3 µm bis zu 11 µm und erlaubt somit die nahezu instantane Identifizierung chemischer Substanzen z.B. für die Prozessüberwachung in der chemischen oder pharmazeutischen Industrie. Darüber hinaus erlaubt die kompakte Bauform die Realisierung handgehaltener Sensorgeräte.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

CO₂-FESTKÖRPERSENSOR MIT ELIMINIERTEM FEUCHTEINFLUSS

MATTHIAS SCHREITER, SIEMENS AG

Digitalisierung erfordert die Erfassung zuverlässiger Daten über das betrachtete Umfeld. Dabei nimmt die Sensorik eine entscheidende Rolle ein, weshalb ein ungebrochenes Interesse an zuverlässigen, kostengünstigen und wartungsarmen Sensorlösungen besteht.

Im Rahmen eines Förderprojektes (FKZ 16ES0048) wurde ein Demonstrator für einen Festkörpergassensor zur Kontrolle der CO₂-Konzentration in Raumluft als kostengünstige Alternative zu etablierten optischen Lösungen entwickelt. Der Sensor basiert auf einem CMOS-Chip mit integrierten Dünnschichtresonatoren, die mit unterschiedlich dünnen Schichten verschiedener Zusammensetzungen von Aminopolysiloxanen funktionalisiert sind.

Detektiert wird die Verstimmung der Resonanzfrequenz durch die Änderung akustischer Eigenschaften der Funktionalisierungsschicht infolge der Aufnahme bzw. Abgabe von Gasen in Wechselwirkung mit der Sensorumgebung. Dabei ist die Sensorempfindlichkeit typischerweise gasartenspezifisch von der Funktionalisierungsdicke abhängig. Dies ermöglicht die Unterscheidung verschiedener Gase selbst unter Verwendung nur eines Funktionalisierungsmaterials.

Dieses Prinzip der akustischen Differenzierung konnte erstmalig erfolgreich zur Eliminierung des Feuchteinflusses bei der Messung der CO₂-Konzentration im Bereich von 400 ppm – 1000 ppm gezeigt werden.

NOVEL MIDIR-ANALYZER FOR RAPID POINT OF CARE BLOOD DIAGNOSTICS

DR. JOHN PHAIR, PYREOS LTD

Pyreos Ltd as part of an EU Biophotonics+ project (MIR-lyser) lead by Siemens in partnership with the TUM, have developed Point of Care Testing (POCT) based on novel Mid-infrared analysis technology, to accurately detect critical markers in blood samples of low volume in real time. The main benefits of this technology is that it removes the need for complex laboratory testing, alleviating the need for time-consuming sample transport and bring sampling closer to the patient. Most existing POCT assays include consumables and focus only on one parameter, which is limiting the application of the assays. Although there have been approaches for utilizing optical technologies for detection purposes, the full spectroscopic information has never been used in such diagnostic tools until now. This presentation will describe the use of mid-infrared spectroscopy in its miniaturized form to measure several marker substances in blood sera and whole blood in parallel, to demonstrate its benefits for POCT.

**NDIR-SENSORMODULE FÜR DEN EINSATZ IN
CEMS-ANWENDUNGEN**

CHRISTIAN STEIN, SMARTGAS MIKROSENSORIK GMBH

Strengere Anforderungen an den Umweltschutz, steigende Brennstoffkosten und damit einhergehende, wachsende Anforderungen an den effizienten Betrieb von Verbrennungsanlagen erfordern eine intelligente und zuverlässige Mess- und Überwachungstechnik im Abgasstrom. Mit den NDIR-Sensormodulen für den Einsatz in CEMS-Anwendungen (Continuous emissions monitoring system) zur Emissionsmessung von SO₂, CO, CO₂ und Kohlenwasserstoffen bietet smartGAS kompakte und relativ preiswerte Lösungen für die Überwachung und Steuerung der Verbrennungsprozesse in Kraftwerken, Industrieanlagen (wie z.B. Stahlindustrie, Glasherstellung, Zementwerk, Kalkbrennerei) oder auf Schiffen an. Durch die Verwendung des nicht-dispersiven Infrarotmessprinzips mit einer geschickten Interferenzfilterselektion und einem innovativen Korrelationsverfahren ist eine langzeitstabile, selektive und präzise Messung der Zielgase im einstelligen ppm-Bereich möglich. Ein Erfolgsfaktor hierbei ist eine speziell entwickelte Vorkonditionierung der IR-Strahlungsquelle und der Einsatz eines neuartigen Ansteuerungs- und Intensitätsauswertungskonzeptes, was zu einer starken Verbesserung der Messperformance gegenüber herkömmlichen Sensorlösungen führt.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

**ONLINE PROZESSKONTROLLE ANHAND VON
SPEKTROSKOPIE IM MITTLEREN INFRAROT (MIR)**

DR. DANIEL SELLIN, IRPC INFRARED – PROCESS CONTROL GMBH

Infrarotspektroskopie ist eine nützliche Methode zur qualitativen und quantitativen Bestimmung einer Fülle von Substanzen. Aus Absorptionsspektren lassen sich Informationen zur Molekülstruktur und die Konzentration einer Substanz gewinnen. Trotz des großen Potentials von Mittelinfrarot (MIR) für die Echtzeitüberwachung von Schlüsselkomponenten in Prozessen, fristet diese Methode noch ein Nischendasein. Eine breitere Anwendung war bisher durch den hohen Preis und die Empfindlichkeit der für das Labor hervorragend geeigneten FTIR (Fourier transform infrared) Instrumente nicht denkbar. Während die Nahinfrarotspektroskopie jedoch bereits seit vielen Jahren in industriellen Anwendungen weit verbreitet ist, war der MIR Technologie dieser Zugang gerade aufgrund seiner hohen Sensitivität verwehrt. Denn dadurch sind entweder extrem dünne Küvetten oder teure, in der Länge und Lebensdauer stark begrenzte Lichtleiter notwendig. Die IRPC Infrared-Process Control GmbH hat mit neuen MIR-Sensoren in den letzten Jahren zahlreiche neue Anwendungen in der Nahrungs- und Futtermittelindustrie, in der Schwerindustrie sowie im Agrarsektor etabliert.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

PORTABLE LWIR HYPERSPECTRAL IMAGER BASED ON MEMS FABRY-PÉROT INTERFEROMETER AND BROAD-BAND MICROBOLOMETRIC DETECTOR ARRAY

DR. PATRICE TOPART, INSTITUT NATIONAL D’OPTIQUE INO

This presentation reports on the development of a compact, portable LWIR hyperspectral imager based on Fraunhofer ENAS’ MEMS Fabry-Perot interferometer and INO’s microXCAM-384 equipped with a broadband 384 x 288 pixel, 35 µm pitch uncooled bolometric detector. The broadband responsivity of the latter allows for the recording of spectra in the 3 to 14 µm wavelength region with uniform detectivity. Spectra of various polymers and substances were recorded in transmittance, reflectance or ATR modes. A good agreement was found with those simulated by applying the FPI sampling function to spectra recorded with a commercial FTIR. The LWIR imaging spectrometer will be described and potential applications presented.

InGaAs-BILDESENSORHYBRIDE FÜR DAS NAHE INFRAROT

CHRISTIAN LOCHMANN, ANDANTA GMBH

ANDANTA’s Indium-Gallium-Arsenid (InGaAs)-Matrixsensoren in Hybridtechnik dienen zum Nachweis nahinfraroter Strahlung im Spektralbereich von 900 nm bis 1,7 µm (1,2 µm bis 2,2 µm). Die Detektoren bestehen aus einer InGaAs-Fotodioden-Matrix und einem integrierten Si-CMOS-Ausleseschaltkreis sowie optional einem thermoelektrischen Kühler. Die Spektroskopie stellt ein wichtiges Anwendungsfeld für unsere InGaAs-Matrixsensoren dar. Eine jahrelange Fertigungshistorie, standardisierte Warenausgangstests und optionale Sondertests führen zu höchster Sensor-Qualität für ausgeprägte, reproduzierbare Spektren. Verschiedene Gehäusevarianten und Integrationsstufen erlauben eine optimale Anpassung des Bildsensors an die konkrete Spektroskopie-Anwendung. Dabei ermöglichen die im Weltmaßstab erreichten Fertigungs-Stückzahlen ein höchstes Preis-Leistungs-Verhältnis. Der neueste InGaAs-Bildsensor FPA640x512_P15-C mit 640x512-Pixeln Auflösung und 15 µm Pixelgröße entspricht dem generellen Trend zu höherer Auflösung und kleineren Pixeln bei kompakten Abmessungen und reduzierter Leistungsaufnahme.

**INTEGRIERTE MULTISPEKTRALSENSOREN IN
CMOS-TECHNOLOGIE**

DR. STEPHAN JUNGER, FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR INTEGRIERTE SCHALTUNGEN IIS

Hochwertige Beleuchtungssysteme erfordern eine genaue Einhaltung des gewünschten Farbortes, was aufgrund von Alterungs- und Temperatureffekten insbesondere bei Verwendung mehrkanaliger LED-Systeme eine Herausforderung darstellt. Im Vergleich zur Modellierung von Alterungs- und Temperatureffekten bietet eine farbsensorbasierte Nachregelung des Beleuchtungssystems eine höhere Zuverlässigkeit. Wir zeigen multispektrale Sensoren mit mehr als 8 Kanälen, die weniger anfällig bzgl. Metamerie sind als Dreibereichssensoren und eine Nachregelung von Systemen mit mehr als drei LED-Wellenlängen ohne Annahme von Nebenbedingungen ermöglichen. Anstatt konventioneller Filtertechnik werden plasmonische Nanostrukturen in dünnen Metallschichten zur spektralen Filterung verwendet, die zusammen mit Photodioden und Signalverarbeitung als „On-Chip“-Filter in einem CMOS-Halbleiterprozess kostengünstig hergestellt werden. Diese hochintegrierten Farbsensoren sind alterungs- und temperaturresistent und ermöglichen in Verbindung mit einem Mikrocontroller eine Nachregelung von Spektrum bzw. Farbort komplexer und hochwertiger Beleuchtungssysteme, beispielsweise für „tunable white“ oder „tunable spectrum“ Anwendungen.

**PROGRAMMIERBARES VISION-SYSTEM-ON-CHIP
FÜR DIE EINGEBETTETE BILDERFASSUNG UND-
VERARBEITUNG**

DR. JENS DÖGE,
FRAUNHOFER IIS, INSTITUTSTEIL ENTWICKLUNG ADAPTIVER SYSTEME EAS

Bilderfassungs- und -verarbeitungssysteme müssen in der industriellen Anwendung immer höhere Anforderungen bezüglich Geschwindigkeit und Dynamik erfüllen. Um eine Vielzahl von Einsatzmöglichkeiten zu erreichen, wurde ein universeller und Software-programmierbarer Bildsensor-Chip entwickelt. Dieses sogenannte »Vision-System-on-Chip« und das darauf aufbauende Kamerasystem sind insbesondere für automatisierungstechnische Aufgaben geeignet, bei denen minimale Latenzen, Bildwiederholraten bis in den mehrstelligen kHz-Bereich sowie ein großer Dynamikumfang gefordert sind. Hier spielt es seine deutlichen Vorteile gegenüber klassischen Bildverarbeitungssystemen aus. Die Lösung basiert auf hochparalleler Bildverarbeitung mit integrierter Merkmalsextraktion. Rechenintensive Verarbeitungsschritte werden in direkt im Sensor ausgeführt und ermöglichen, die Menge der vom Sensor auszugebenden Daten auf ein Minimum zu reduzieren. Bei der integrierten Software lassen sich neben den eigentlichen Bildverarbeitungsalgorithmen auch Filter-Parameter sowie Genauigkeit, Auflösung und Abtastrate individuell für die jeweiligen Anforderungen einer Anwendung oder dynamisch in Abhängigkeit von Zwischenergebnissen einstellen und die Bildverarbeitungsblöcke mittels digitaler Ein- und Ausgänge direkt mit externen Hardwareblöcken synchronisieren.

CLASSIFICATION AND QUANTIFICATION IN PROCESS ANALYTICS USING HYPERSPECTRAL IMAGING

DR. INGA NIEDERMAIER, INNO-SPEC GMBH

Hyperspectral imaging systems evolved from laboratory and space or airborne applications to an industrial technique that is - amongst others - used for optical characterization of materials. The continuously increasing computing performance allows the execution of data processing and chemometric analysis in milliseconds and enables the use of hyperspectral imaging in real time applications. Potential applications and the corresponding requirements are manifold. Classification in separating processes and quantification in quality management are two examples of major areas of operation. Depending on the application, parameters like spectral and spatial resolution, wavelengths ranges, readout speed or data interface have to be considered. Also mechanical requirements like size and weight can be important.

A short overview of different spectral imaging techniques is given and a closer look is taken on optical configurations of push broom spectrographs. For these, some application examples are shown.

Ruled area for notes on page 32.

Ruled area for notes on page 33.

KONTAKT

VERANSTALTER

Fraunhofer ENAS

Technologie-Campus 3, 09126 Chemnitz

E-Mail: spektroskopieworkshop@enas.fraunhofer.de

Internet: www.enas.fraunhofer.de/spektroskopieworkshop

ANSPRECHPARTNER

Anmeldung

Michaela Fohl, Sekretariat Abteilung Multi Device Integration

Tel.: +49 371 45001-250

Julia Wecker, Workshopkoordination

Tel.: +49 371 45001-613

Programm

Marco Meinig, Workshopkoordination

Tel.: +49 371 45001-257

Dr. Steffen Kurth, Abteilungsleiter Multi Device Integration (komm.)

Tel.: +49 371 45001-255