

# MEMS-Technologie für die Mini-Schnüffelnase

**Unterstützt durch die KTI, die Förderagentur für Innovation, realisierten Physiker der Universität Neuchâtel zusammen mit der HTI Biel und der Medizintechnikfirma Carag AG ein Mini-Spektrometer, das dank Verknüpfung von mikro-optischen und elektromechanischen Funktionalitäten flexibel und preisgünstig unterschiedlichste Substanzen in einem weiten Spektrum und mit guter Auflösung analysieren kann.**

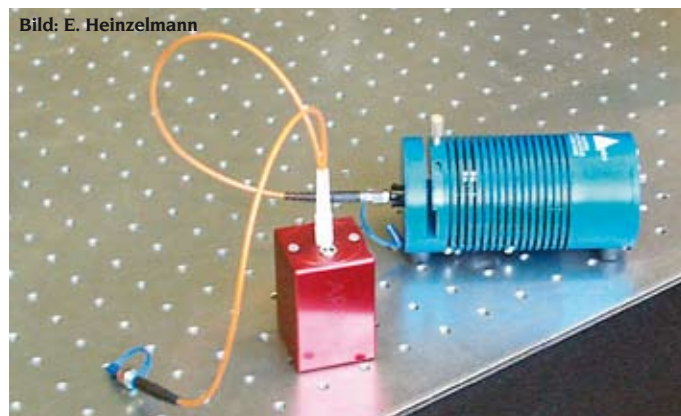
Rauchende Fabriksschloten verkörperten wohl Zukunftsvisionen im anbrechenden Industriezeitalter. Heute sind sie bestenfalls Symbole einstiger Umweltsünden. Doch Gifte kommen oft heimtückisch in perfekter Tarnung daher, weder für das Auge noch für die Nase wahrnehmbar. Entsprechend wächst der Bedarf an Systemen, die Schadstoffe beispielsweise in Luft, Wasser, Lebensmitteln und Kosmetika rasch und zuverlässig feststellen.

## Small and cheap is beautiful

Besonders geeignet für solche Analyse- und Detektionsaufgaben sind Spektrometer, vor allem jene basierend auf der leistungsstarken Fourier-Transformationsspektroskopie (FTS). Im Gegensatz zu dispersiven Systemen, wo ein Prisma oder Beugungsgitter das Licht in seine Spektralannteile zerlegt, arbeiten FTS-Systeme interferometrisch, messen simultan den ganzen Spektralbereich. Da sie ein breiteres Spektrum messen können als Gitter- und Fabry-Perot-Geräte, erschließen sie neue Anwendungsmöglichkeiten. Sie stehen überall dort im Einsatz, wo eine hohe Auflösung und ein großer Spektralbereich gefragt sind. Die meisten verfügen über einen hoch präzisen Mechanismus von Abtastspiegeln, was das Gerät aber vergrößert und seine Herstellkosten erhöht. Zwar führten der anfangs der 90er Jahre sich abzeichnende Trend zur Miniaturisierung von

Spektrometern, die Massenherstellung optischer Fasern sowie effizientere und erschwinglichere Detektoren zu portablen Anwendungen außerhalb des Labors. Doch noch verhindern die Größe der Geräte und der hohe Fertigungspreis den Einsatz auf breiter Basis.

Um ein markttaugliches System zu schaffen heißt es, mit neuester Mikrotechnologie die Abmessungen drastisch reduzieren, jedoch gleichzeitig hohe Auflösung und einen großen Spektralbereich bieten, sagte sich Omar Manzardo, Physiker am Institut de Microtechnique IMT der Universität Neuchâtel. Seine Idee war, ein kompaktes, mikrometer-



**▲ Das neuartige, auf MEMS Technologie basierende Fourier-Spektrometer verfügt über eine Eingangs- und eine Ausgangsfaser. In der Abbildung ist die Eingangsfaser gekoppelt mit einer kompakten Halogenlampe.**

großes FTS-System mit einem Michelson-Interferometer und beweglichen Spiegeln zu entwickeln, das ein breites Spektrum mit guter Auflösung inspizieren kann. Hand zur Realisierung bot die MOEMS-Technologie. Diese Kombination von Mikrooptik, Mikromechanik und

Mikroelektronik ermöglicht die Fertigung einer ganzen Reihe von integrierten Systemen. Sie spielt eine stets wichtigere Rolle in Telekommunikation, optischen Netzwerken, drahtlosen Technologien, Informationsspeicherung und Fernmessung. Kompatibel mit IC-Technologie sind MOEMS im Batchverfahren in hohen Stückzahlen kostengünstig herstellbar und somit attraktiv für kommerzielle Anwendungen.

## Schützenhilfe KTI

Damit Omar Manzardo die Machbarkeit seines Geistesblitzes testen konnte, untersuchte er in einem von der KTI, der Förderagentur für Innovation, unterstützten EUREKA-Projekt verfügbare, mit Siliziummikrotechnik realisierte Michelson-Interferometer, sammelte Erfahrung in Simulation und Signalverarbeitung. Der Zufall wollte es, dass gerade die Carag AG in Baar auf der Suche nach einem preiswerten kleinen Spektrometer war. Das Unternehmen ist in der Medizintechnik aktiv, entwickelte Herzimplantate für minimal-invasive Eingriffe an Kindern und Erwachsenen mit angeborenen und strukturellen Herzfehlern, realisierte portable Pumpen mit Antriebselektronik. Mit Carag-Chef Michael Larsson als industriellem Partner stellte Professor Hans Peter Herzig, Chef der Gruppe für angewandte Optik am IMT, ein Projekt auf die Beine, das die KTI erneut unterstützte, um

den Sprung von »Science to Market« zu ermöglichen. Seine Crew ist vertraut mit Mikrofabrikations-Technologien wie Photolithographie, Resist-Verarbeitung und reaktives Ionenätzen für die Fertigung refraktiver und diffraktiver mikrooptischer Elemente. Mit von der Partie



▲ Die Erfassung und Verarbeitung der Spektren geschieht mit der spezifischen Software. Sie erlaubt eine komplette Evaluation und Charakterisierung des Spektrometers.



▲ Die erfolgreiche IMT-Projektcrew: (v.l.n.r.) Dr. Omar Manzardo, IMT/ARCOptix, Professor Hans Peter Herzig, Labor angewandter Optik IMT, und Dr. Toralf Scharf, IMT/ARCOptix

war das SAMLAB (Sensor, Actuators and Microsystems Laboratory) der Universität Neuchâtel unter der Leitung von Professor Nico de Rooij. Es stellte die Reinraumeinrichtungen für die Herstellung und Charakterisierung der Silizium-devices zur Verfügung sowie das Wissen um Design und Simulation von Mikrosystemen.

Für das Packaging zog die Carag AG außerhalb des KTI-Projektes das Labor für optische Messtechnik und Photonik OMP der BFH-TI Biel hinzu. Das Team von Professor Christoph Meier sorgte für die Elektronik und die Beleuchtung der bloß 7 x 4 mm messenden MEMS-Komponente und des Detektors, integrierte die Bauteile, eine bezüglich Ausrichtgenauigkeit und Zuverlässigkeit besonders heikle Aufgabe. Zudem musste die Equipe beachten, dass die Produktion günstig zu stehen kam. Carag selbst kümmerte sich um das up-scaling vom Prototypen zum Serienprodukt, entwickelte dafür die Elektronik sowie die Steuerungs- und Auswertungssoftware.

## Spektrometer mit Spiegel-Innenleben

Das entstandene Mini-Spektrometer mit integriertem Lamellargitter übertrifft bezüglich Wellenlängenbereich und Auflösung sämtliche Erwartungen. Kern der Innovation sind zwei Reihen von Spiegeln, von denen die eine fest verankert, die andere mobil ist. Die beweglichen, im Interferometer untergebrachten Spie-

gel sind 75 Mikrometer hoch. Die Anzahl Gitterperioden beträgt 32, die Gitterperiode 100 Mikrometer. Die Steuerung der Spiegel erfolgt durch einen elektrostatischen Kammantriebs-Aktuator, von den SAMLAB-Wissenschaftlern durch tiefes Ionenätzen auf einem SOI-Wafer gefertigt, eine Technik, die heute Standard in der Herstellung mikrotechnologischer Komponenten ist.

Der Trick mit den Spiegeln ist ausschlaggebend für den Erfolg. »Anders als die dispersiven Gittergeräte, nutzt unser FTS die Amplitudenmodulation der nullten Beugungsordnung in Funktion der Spiegelposition«, erklärt Projektleiter Omar Manzardo. »Das bedeutet, dass unser Mini-Spektrometer keine Strahlteiler benötigt.« Positiv ins Gewicht fällt auch sein gutes Signal/Rauschen-Verhältnis und die Tatsache, dass das Gerät mehr Licht aufnimmt als Gitterinterferometer ähnlicher Auflösung.

Positive Bilanz zieht ebenso Professor Christoph Meier des Bieler OMP. »Das MEMS-basierte Fourier-Spektrometer ist im nahen Infrarot eine konkurrenzfähige Alternative, sowohl in der spektralen Auflösung als auch bezüglich Herstellungskosten.« Der Detektor misst Wellenlängen von 800 bis 2.600 nm mit guter Auflösung und schafft bis zu 400 Messungen pro Sekunde.

Auch für Industriepartner Carag AG bedeutet das FTS einen Technologiesprung, der dem Unternehmen neue Marktperspektiven erschließt. »Dank der

Flexibilität in der Wahl der zu analysierenden Stoffe sehen wir verschiedenste Einsatzmöglichkeiten«, meint Jérôme Bernhard, Head of Corporate Services. »Mögliche Anwendungen reichen von der Prozessüberwachung, Forschung, Labor/Analytik über Lebensmitteltechnologie und Medizintechnik bis zur Farberkennung und der Detektion von gefährlichen Stoffen.«

In der Zwischenzeit sind die im Projekt involvierten IMT-Forscher ebenfalls auf den Geschmack gekommen und wollen ihr Know-how im Markt anbieten. Unterstützt von der Universität Neuchâtel und der BFH-TI Biel gründeten Omar Manzardo und drei Forscherkollegen im Jahr 2005 die Firma ARCOptix SA als Spin-off beider Institute. Angesichts der regen Nachfrage nach preisgünstigen Mini-Spektrometern als pfiffige Sensoren dürfte der Markt ohne weiteres mehr als einen Anbieter vertragen.

Autorin:  
Elsbeth Heinzelmann  
Journalistin Technik und Wissenschaft  
E-Mail: minou@magnet.ch

### Infobox:

[www-optics.unine.ch](http://www-optics.unine.ch)  
[www-samlab.unine.ch](http://www-samlab.unine.ch)  
[www.carag.com](http://www.carag.com)  
[www.arcoptix.com](http://www.arcoptix.com)  
<http://labs.ti.bfh.ch/>Optik>

Das Projekt wurde unterstützt durch die KTI, die Förderagentur für Innovation:  
[www.kti-cti.ch](http://www.kti-cti.ch)