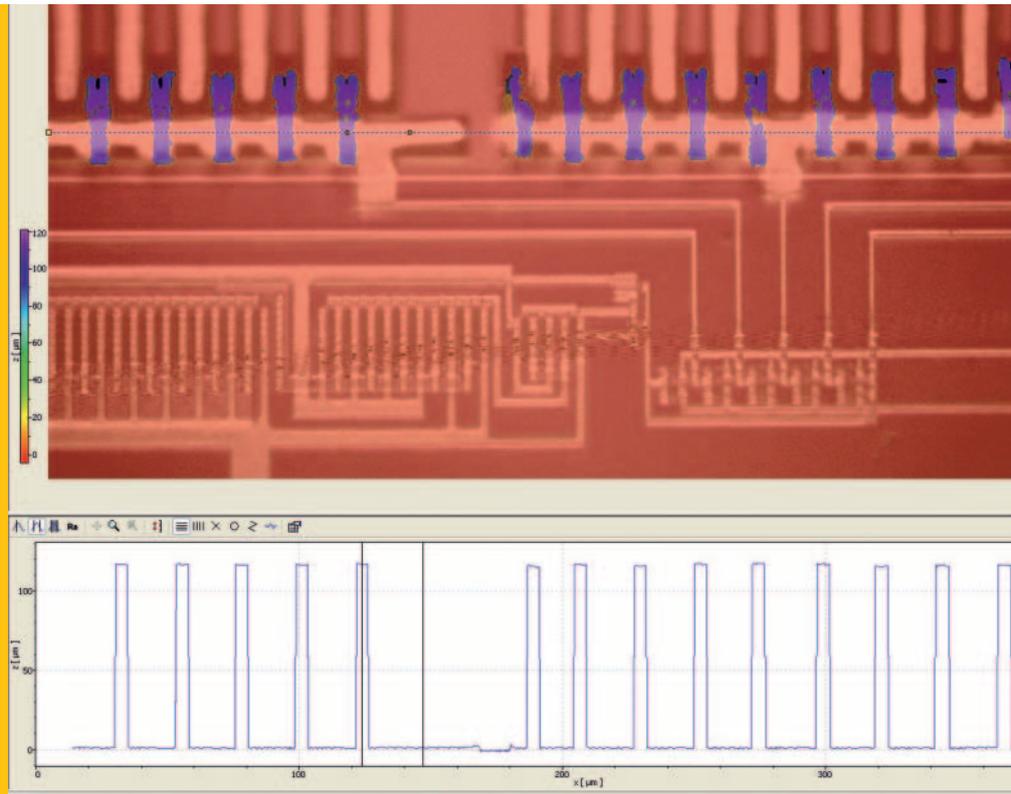


# Höhen und Tiefen

Messung der 3D-Topographie von Sensoren in Mikrosystemtechnik

Dieser Bericht stellt zwei Mikro-sensoren vor, deren Strukturelemente relativ große Bewegungen senkrecht zur Bauteilebene durchführen. Diese Auslenkungen konnten mithilfe der Weißlicht-Interferometer-einheit des MSA-500 Micro System Analyzer von Polytec charakterisiert werden. Es handelt sich um ein integriertes Magnetometer (magMEMS), das Magnetfelder über geometrische Änderungen in einem Schwingkreis detektiert, und um einen CMOS-integrierten Mikro-Strömungssensor, der auf Luftströmungen mit der Auslenkung eines Cantilevers reagiert.



## Einführung

Bei diesen Mikrosystemen wird ausgehend von einem SOI (Silicon-on-Insulator)-Wafer in mehreren CMOS-kompatiblen Verfahrensschritten eine senkrecht zur Bauteilebene bewegliche Teilstruktur erzeugt, die auf Luftströmungen oder magnetische Felder reagiert. Durch Integration mit den zugehörigen elektronischen Schaltkreisen auf demselben Chip werden solche Systeme auf eine extrem niedrige Leistungsauf-

nahme, eine hohe und einstellbare Empfindlichkeit sowie kleine Abmessungen hin optimiert.

Bei der Herstellung solcher 3D-CMOS-kompatibler MEMS durch chemische Abtragung werden die inneren Spannungen, die sich in Multilayer-Strukturen während thermischer Prozesse aufbauen, bewusst kontrolliert. Da die Multilayer aus plastischen und elastischen Schichten bestehen, bewirken Unterschiede in den thermischen Aus-

dehnungskoeffizienten, in Verbindung mit der plastischen Verformung einer Metallschicht, Auslenkungen einzelner Elemente. Die Auslenkung der Mikro-Cantilever wird beispielsweise gezielt durch die Steuerung des Prozesswärmehaushalts und der Schichtdicken eingestellt.

## Experimenteller Aufbau

Zur Charakterisierung dieser MEMS-Bauteile wurde ein Polytec MSA-500 Micro System Analyzer in Verbindung mit einer SUSS PM5 Probe Station und einem schwingungs isolierten SUSS VIT800-Proben tisch verwendet. Zum Gesamtaufbau gehören außerdem eine Druckluftzufuhr und ein Goniometer (Bild 1).

## Ergebnisse der Messungen

### 1. 3D-Half-Loop-magMEMS (integriertes Magnetometer)

Dieser CMOS-kompatible Magnetfeldsensor ist in Bild 2 wiedergegeben. In dieser Struktur erzeugt ein senkrecht zur Bauteil-



Bild 1: MSA-500 und Drucklufteinheit (rechts: Nahansicht der Druckluftdüse)

ebene orientierter magnetischer Fluss eine Lorentzkraft, die das M-förmige Federelement auslenkt. Mithilfe einer integrierten Wheatstone'schen Brückenschaltung aus vier Piezo-Widerständen wird diese Bewegung gemessen. Die Falschfarbendarstellung in Bild 2 visualisiert die Auslenkung bei ein- bzw. ausgeschaltetem Magnetfeld.

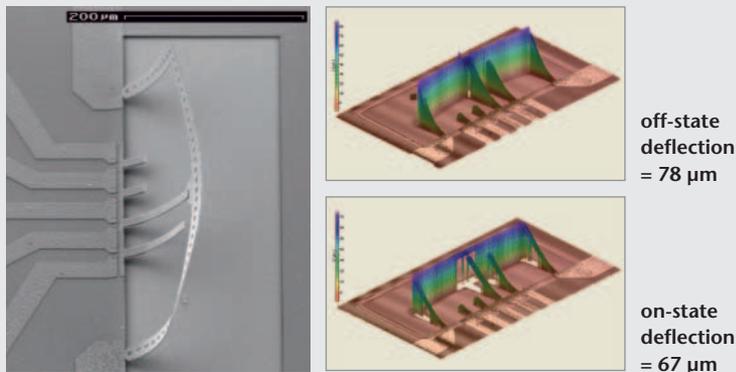
## 2. CMOS/MEMS-co-integrierter Mikro-Strömungssensor

In Bild 3 ist der Mikro-Strömungssensor zu sehen. Durch die Luftströmung biegen sich die Federbalken (Cantilever) nach unten, wodurch sich die elektrische Kapazität erhöht. Die Resonanzfrequenz des integrierten Schwingkreises erniedrigt sich dadurch und kann messtechnisch erfasst werden. Parallel dazu ist ein Echtzeit-Monitoring der Oberflächentopographie möglich, wie sie sich unter Variation der Luftströmung, die durch das Druckluftmodul

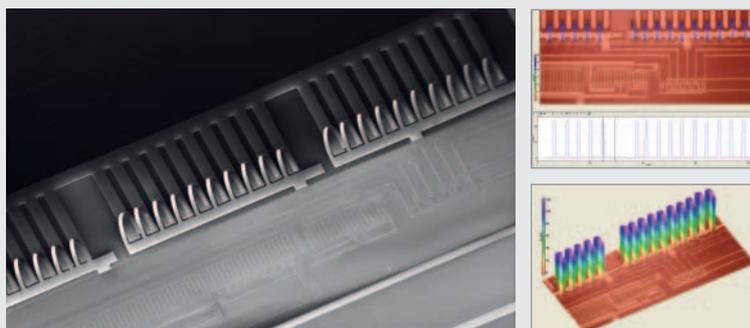
gesteuert wird, verändert. Diese Untersuchungen sind noch in Arbeit; Bild 3 rechts zeigt einen Topographie-Scan der Struktur in Ruheposition.

### Schlussfolgerungen und Ausblick

Mithilfe der Topographie-Einheit des MSA-500 Micro System Analyzer von Polytec konnten verschiedene CMOS-kompatible Mikrosysteme untersucht werden, die als dreidimensionale Strukturen mittels Silicon-on-Insulator (SOI)-Technik aufgebaut sind. Ein Druckluftmodul ermöglichte es für die topographische Charakterisierung und Vermessung von Mikro-Strömungssensoren einen konstanten Druck oder Luftstrom zu erzeugen. Für weitergehende Untersuchungen bietet das MSA-500 zusätzlich die Möglichkeit, Schwingungen in der Bauteilebene und senkrecht dazu zu messen.



**Bild 2:** REM-Aufnahme des magMEMS (links); resultierende Auslenkung mit (rechts oben) und ohne Magnetfeld (rechts unten)



**Bild 3:** MEMS-Sensor mit 3D-Kondensatorstrukturen, co-integriert mit CMOS-Schaltkreisen. Links: REM-Aufnahme; rechts: 2D- und 3D-Profil.

# MSA-500

## Micro System Analyzer



Der neue MSA-500 Micro System Analyzer kombiniert in einzigartiger Weise mehrere leistungsstarke Messtechniken zur Charakterisierung statischer und dynamischer Eigenschaften von mikro-elektromechanischen Systemen (MEMS) und anderen Mikrostrukturen. Mikroskopische Scanning-Laser-Vibrometrie und stroboskopische Videomikroskopie dienen zur schnellen und berührungsfreien Bestimmung von Bewegungen bis in den MHz-Bereich, während die Weißlicht-Interferometrie Topographiemessungen mit einer Auflösung bis unter 1 nm ermöglicht. Für die Schwingungsmessung bietet das MSA-500 auch eine direkte Erfassung von Geometriedaten mittels Geometrie-Scanner.

### Mehr Info:

[www.polytec.de/microsystems](http://www.polytec.de/microsystems)

### Autoren - Kontakt

Ing. Nicolas André, Stanislas Sobieski,  
Prof. Laurent Francis,  
Prof. Jean-Pierre Raskin

Département d'électricité,  
Université catholique de Louvain  
B-1348 Louvain-la-Neuve, Belgien

[Nicolas.Andre@uclouvain.be](mailto:Nicolas.Andre@uclouvain.be)  
[www.dice.ucl.ac.be](http://www.dice.ucl.ac.be)