



a new test lab for MEMS-based micro systems

44

Micro-electrical mechanical systems (MEMS) are no more than a few micrometres in size. They unite sensors, actuators and control electronics onto a single silicon chip in a compact arrangement and are formed direct on the wafer: a method developed for MEMS production which originates in semiconductor manufacture. One use of these tiny systems is to control inkjet printer heads, another is as the microphone in a smartphone, another is as a sensor for the orientation of a gyroscope. MEMS are thus a driving force for product development. New applications are being opened up already which use established MEMS. And with new integration methods, the production volume and the turnover in this lucrative market are constantly increasing. There are also new approaches which are enabling innovative products to be developed, such as energy harvesting based on MEMS.

Having already progressed the development of MEMS in various aspects and in a number of research projects, IMMS intends to continue and build on its research in the field. The Institute was a moving force in the SMARTHIES project which finished in 2011 and was concerned with putting into practice a scalable

Commissioning the new system in the MEMS-based micro-systems testing laboratory. Photograph: IMMS.

parallel measuring system to permit the simultaneous testing of 25 MEMS structures on wafer. For many years, the Institute has been researching solutions involving ASICs and MEMS for sensor and actuator systems which will make new complex products possible. One focus is on non-destructive contactless identification of parameters to establish material properties using vibrometry. The hope is that the development of ultrasensitive integrated MEMS and/or nano-systems which go beyond silicon technologies into the realms of high-performance materials like group-III nitrides, nano-laminates or graphene. At the same time, IMMS is involved in the GreenSense research project on self-sufficient sensor systems, finding technologies for manufacture of tiny energy-harvesting modules which are based on micromechanical vibration converters. One of the aims being pursued in the current research projects MEMS2015 and MUSIK is the combination and harmonisation of the design process for the mechanical and the electronic components. The methodology is likely to re-



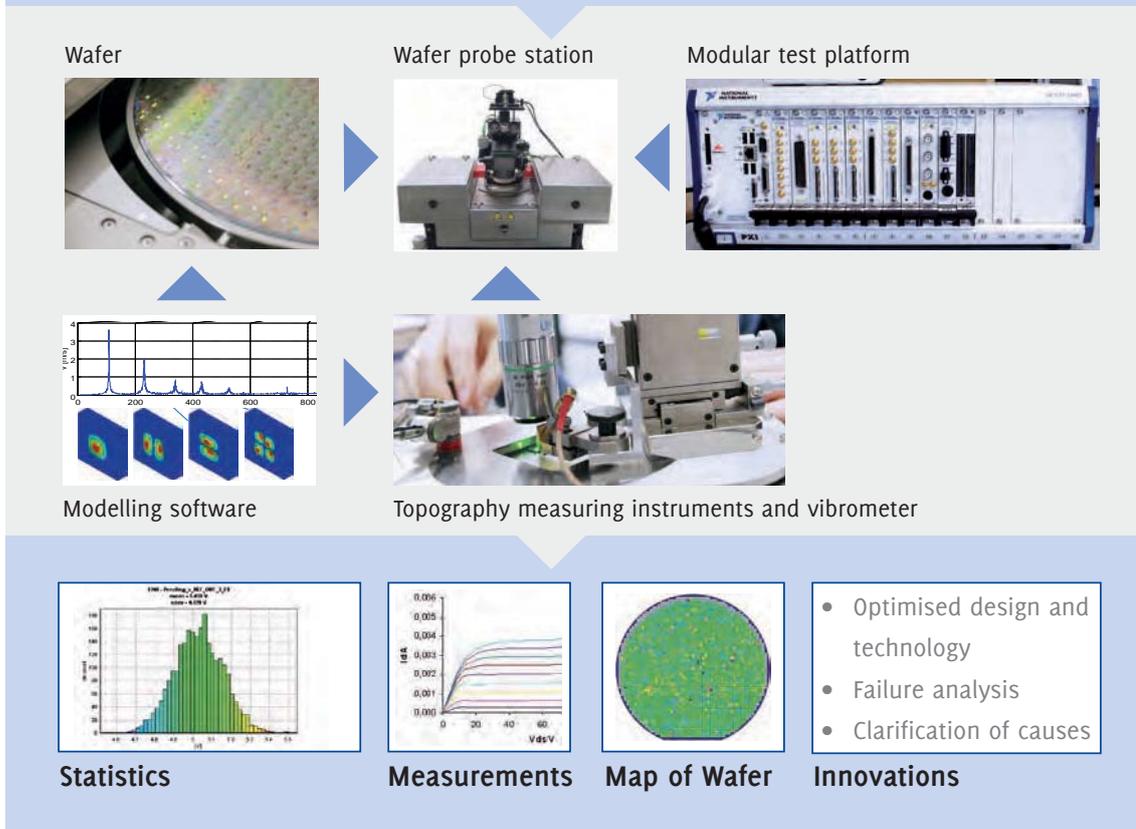
IMMS

WE CONNECT IT TO THE REAL WORLD.

© IMMS GmbH. All rights reserved. Reproduction and publication only with express permission of IMMS GmbH.

The IMMS Competencies:

- Testing standards
- Testing methods
- Testing architectures
- Hardware, software for tests
- Signal integrity
- Adaptability
- **MEMS:**
Modelling
Characterisation



Infrastructure of the MEMS test lab, comprising technology, instruments and software. Photographs, screenshots and diagram: IMMS.

duce design time by 30 % and raise the marketability of MEMS by 50 %, and, overall, is likely to enable SMEs to compose their own individual, tailor-made solutions using a flexible MEMS and electronic toolkit system so that they can take a full part in the MEMS boom. 2014 will see IMMS proving the methodology with a prototype cantilever where the mechanical and the electronic aspects have been designed in conjunction with each other. It is also intended to design new acceleration detectors and slope sensors of extreme precision and high thermal stability which are conceived as mechanical-electronic systems. To support the concept, the Institute is developing a new MEMS design flow which will be susceptible of measurement throughout.

This has long been the background to IMMS' systematic and continuing work on MEMS measurement instrumentation. Thanks to the MEMS-T-Lab infrastruc-

ture project which received funding from the "Land" of Thüringen (project code FKZ 12031-715) and from the EU in the EFRE (regional development) context, the innovative capacities of IMMS and of its partners in research were greatly enhanced. This "T-Lab" has created the conditions for parametric modelling of MEMS and their mechanical characterisation from measurements of deformation and frequency, for without exact system-relevant parameters, the best of models is barely usable for design purposes. With the new installations, the Institute's infrastructure of modelling tools, measurement technology and laboratory equipment so that measurements can now be made to a degree of complexity not reached hitherto. The measurements are now achievable at a new level of automation and for complete wafers, which was not previously the case. The individual systems united in the new MEMS test laboratory are

- instrumentation to measure the topography of MEMS components at wafer level with an interface to a semi-automatic wafer probe station;
 - a software system for the modelling of mechanical properties of MEMS systems, such as stress induced deformation and vibration, as a basis for recognition of the shape and materials parameters that are of relevance to functioning;
 - a semi-automatic wafer probe station to enable the formation of rapid and accurate contact to the ICs on wafer level so that the properties can be determined in an environment shielded from light and EMI at temperatures between -50 °C and 200 °C.
 - a modular test platform for electrically stimulating ICs, modules and systems and measuring their parameters; also for the exploration of flexible, high-performance test-system architectures that have efficient hardware components.
- The wafer probe station and the test platform function together as a unit in three situations: during experiments on optimised technology and design, in evaluation of the quality and reliability of micro-systems; and in research into fast, new testing methods.

Since the autumn of 2013, IMMS has been combining its well-established measurement methods with the newly acquired MEMS test lab systems, starting to operate the technology and incorporate it into the Institute's IT environment. This means that from April 2014, IMMS will be testing the first wafers made in house in the context of the MEMS2015 project which is funded under reference 16M3093 by the BMBF (Federal German Ministry of Education and Research) as part of the IKT2020 scheme. Furthermore, the new infrastructure will underpin and intensify interdisciplinary research in future projects on micro- and nano-technology right through from the drawing board to the application. It will also support increased knowledge transfer to our partners and contribute to a continuously developing research into MEMS-based microsystems for IMMS and its partners.

Person to Contact:

Roman Paris
 roman.paris@imms.de





Testlabor für MEMS-basierte Mikrosysteme

Mikroelektromechanische Systeme (MEMS) sind nur wenige Mikrometer groß und vereinen in kompakter Bauweise Sensoren, Aktoren und Steuerungselektronik auf einem Siliziumchip. Sie werden direkt auf dem Wafer mit aus der Halbleiterfertigung stammenden und für die MEMS-Produktion weiterentwickelten Verfahren hergestellt. Diese winzigen Systeme steuern beispielsweise Inkjet-Druckköpfe und werden in Smartphones als Mikrofon sowie als Gyroskop-Sensor zur Lageerkennung verwendet. Sie sind eine entscheidende Triebkraft für Produktentwicklungen. Bereits mit etablierten MEMS werden in rasantem Tempo Anwendungen erschlossen und auch mit neuen Integrationslösungen das enorme Stückzahl- und Umsatzwachstum dieses milliardenstarken Marktes befördert. Hinzu kommen neue Ansätze, wie z.B. Energy-Harvesting-Lösungen auf MEMS-Basis, die die Entwicklung innovativer Produkte ermöglichen werden.

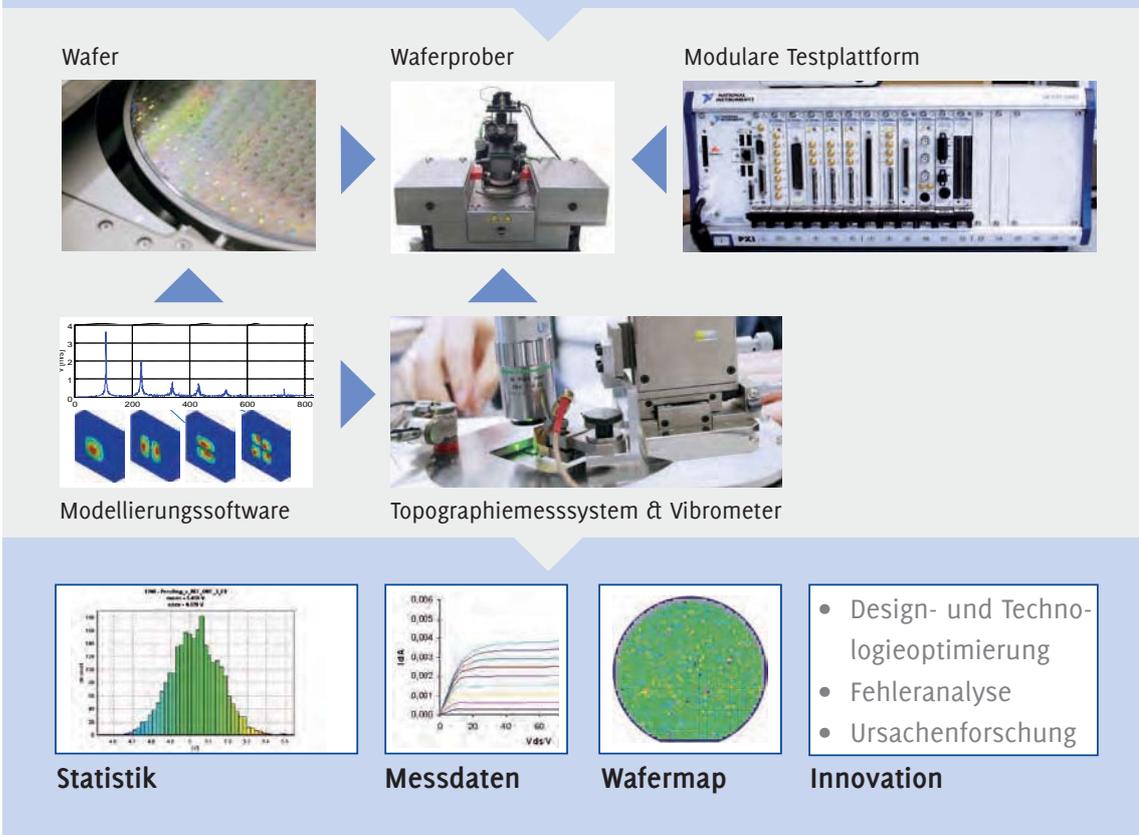
Das IMMS hat bereits in mehreren Forschungsprojekten verschiedene Aspekte der MEMS-Entwicklung vorgebracht und wird auch in Zukunft die Forschung auf diesem Gebiet ausbauen. So war das Institut im

Inbetriebnahme der neuen Technik im Testlabor für MEMS-basierte Mikrosysteme. Foto: IMMS.

2011 abgeschlossenen Projekt SMARTHIES federführend bei der Realisierung eines skalierbaren, parallelen Messsystems, mit dem 25 MEMS-Strukturen im Waferverbund gleichzeitig geprüft werden können. Im Bereich mikroelektronischer und mikromechanischer Sensor- und Aktorsysteme erforscht das Institut seit Jahren Lösungen für ASICs und MEMS, die neue komplexe Produkte ermöglichen. So arbeitet das IMMS z.B. an der zerstörungsfreien indirekten Parameteridentifikation für Materialeigenschaften mittels Vibrometrie. Damit soll die Entwicklung künftiger ultrasensitiver integrierter MEMS bzw. Nanosysteme erleichtert werden, die jenseits der Siliziumtechnologie auf modernen Hochleistungswerkstoffen basieren, wie z.B. Gruppe-III-Nitride, Nanolamine oder Graphen. Daneben erforscht das IMMS im Projekt „GreenSense“ für selbstversorgende Sensorsysteme Technologien zur Fertigung miniaturisierter Energy-Harvesting-Module auf der Grundlage mikromechanischer Vibrationswandler. Eines in den laufenden Forschungsprojekten „MEMS2015“ und „MUSIK“ verfolgten Ziele ist es, den

IMMS Kompetenzen:

- Teststandards
- Testmethoden
- Testarchitekturen
- Testhard- und software
- Signalintegrität
- Adaptierung
- **MEMS:**
Modellierung
Charakterisierung



Infrastruktur des MEMS-Testlabors bestehend aus Technik und Software. Fotos & Grafik: IMMS.

Entwurfsprozess der mechanischen und elektronischen Bauteile zu verbinden und zu harmonisieren. Dadurch soll die Entwurfszeit um 30% verkürzt und das MEMS-Marktpotenzial um bis zu 50% gesteigert werden. Die Gesamtentwurfsmethodik soll auch kleine und mittlere Unternehmen in die Lage versetzen, sich ihre Lösungen individuell und maßgeschneidert in einem flexiblen MEMS- und Elektronik-Baukastensystem zusammensetzen und somit Teil des MEMS-Booms zu werden. 2014 wird das IMMS erste Muster von gemeinsam entwickelter Mechanik und Elektronik am Beispiel eines Cantilevers vorweisen. Zudem ist geplant, Lösungen für Beschleunigungssensoren sowie hochpräzise und besonders temperaturstabile Neigungssensoren auf diese Weise zu erarbeiten und als mechanisch-elektronisches System zu entwerfen. Für letztere entwickelt das Institut einen neuen technologischen Flow für das MEMS-Design, den es messtechnisch zu untermauern gilt.

Vor diesem Hintergrund baut das IMMS seine Messtechnik für MEMS seit Jahren systematisch aus. Dank des vom Freistaat Thüringen unter dem Kennzeichen FKZ 12031-715 geförderten und durch Mittel der Europäischen Union im Rahmen des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) kofinanzierten Infrastrukturprojektes „MEMS-T-Lab“ wurde die Innovationsfähigkeit für das IMMS und dessen Forschungspartner wesentlich gestärkt. Mit diesem „Labor“ wurden die Voraussetzungen geschaffen, MEMS parametrisch zu modellieren und bezüglich ihrer systemrelevanten mechanischen Parameter messtechnisch auf Basis von Deformations- und Frequenzmessungen zu charakterisieren, denn ohne die richtigen Parameter ist selbst das beste Modell für den Entwurf nahezu unbrauchbar. Die neue Technik erweitert die Infrastruktur des Instituts in den Bereichen Modellierungstools, Messtechnik und Laborausstattung und eröffnet eine bislang noch nicht erreichte Komplexität von Messungen. Diese sind

dann in einem neuen Automatisierungsgrad und im Gegensatz zu vorher für komplette Wafer möglich. Das neue MEMS-Testlabor vereint im Einzelnen die folgenden Systeme:

- Messsystem zur Erfassung der Topographie von MEMS-Bauelementen auf Waferlevel mit einem Interface zu einem halbautomatischen Waferprober;
- Softwaresystem zur Modellierung der mechanischen Eigenschaften von MEMS-Systemen, wie z.B. die stressbedingte Deformation und das Schwingungsverhalten, als Basis für eine Identifikation funktionsrelevanter Geometrie- und Materialparameter der MEMS;
- halbautomatischer Waferprober für die schnelle und exakte Kontaktierung integrierter Schaltungen bereits im Waferverbund zur Untersuchung der Eigenschaften in licht- und EMV-geschützter Umgebung im Temperaturbereich von -50°C bis 200°C;
- Modulare Testplattform für die elektrische Stimulierung und Messung der Parameter von integrierten Schaltungen, Modulen und Systemen und für die Erforschung flexibler und leistungsfähiger Testsystemarchitekturen mit effizienten Hardwarebaugruppen. Waferprober und Testplattform bilden eine funktionelle Einheit bei Untersuchungen zur Technologie- und Designoptimierung, zur Bewertung von Qualität und Zuverlässigkeit von Mikrosystemen sowie zur Erforschung neuer und schneller Testmethoden.

Seit Herbst 2013 führt das IMMS seine etablierte Messtechnik mit den neu erworbenen Systemen im MEMS-Testlabor zusammen, nimmt die Technik in Betrieb und bindet sie in die IT-Umgebung des Instituts ein. Das IMMS wird hiermit ab April 2014 die ersten Wafer testen, die das Institut im vom BMBF unter dem Kennzeichen 16M3093 im Förderprogramm IKT 2020 geförderten Projekt „MEMS 2015“ realisiert. Auf Basis der neuen Infrastruktur wird auch bei künftigen Projekten die interdisziplinäre Forschung auf dem Gebiet der Mikro- und Nanotechnologien von den Grundlagen bis zur Anwendung intensiviert, der Wissenstransfer zu Partnern erhöht und die Forschungskompetenz für MEMS-basierte Mikrosysteme am IMMS und bei dessen Partnern kontinuierlich weiterentwickelt.

Kontakt:

Roman Paris
roman.paris@imms.de

