

Thermische Rastersonden-Mikroskopie als Methode zur hochaufgelösten Bestimmung thermischer Materialeigenschaften und Zustände

Bernd KÖHLER *, Martin GALL *, Matthias KRAATZ *, Martin KÜTTNER *,
Yvonne STANDKE *, Pawel JANUS **, Teodor GOTSZALK ***

* Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme, Institutsteil
Materialdiagnostik (IKTS-MD), Dresden

** Institut of Electron Technology, Warschau, Polen

*** Wroclaw University of Technology, Wroclaw, Polen

Kurzfassung

Die Bestimmung von Materialeigenschaften auf der μm - bzw. nm -Skala erfordert häufig Rastersondentechniken. So ist man beispielsweise mit der Scanning Thermal Microscopy (SThM) in der Lage, die Temperatur von Strukturen zu bestimmen und die thermische Leitfähigkeit der beteiligten Materialien zu ermitteln.

Der Beitrag stellt den IZFP-Anteil in einem Europäischen Projektes zur Entwicklung einer Mehrbereichs-Plattform zur hoch aufgelösten Bestimmung von thermischen Eigenschaften dar. Wir beschreiben ein Anwendungsbeispiel aus der Mikroelektronik welches hinsichtlich seiner wesentlichen Strukturen, Materialien und der erforderlichen Mess-Präparation erläutert wird. Simulationsrechnungen zur Eigenerwärmung infolge typischer Betriebsströme und zur Wärmeausbreitung liefern ein Bild der erwarteten Messeffekte.

Die in Warschau entwickelt und hergestellten Spitzen für die SThM werden in Dresden mittels fokussierter Ionenstrahlen (Focussed Ion Beam = FIB) so nachbearbeitet, dass ihre relevante thermische Masse vermindert und folglich die thermische Empfindlichkeit verbessert wird. Der durch die Querschnittsverringern im Sonden-Spitzen Bereich um den Faktor 2 erhöhte elektrische Widerstand führt überdies zu einer Konzentration des thermisch sensitiven Bereiches auf die Messspitze und damit mit zu einer weiteren Verbesserung der thermischen Empfindlichkeit.

THERMISCHE RASTERSONDEN-MIKROSKOPIE

B. Köhler¹, M. Küttner¹, Y. Standke¹, M. Kraatz¹, M. Gall¹, P. Janus², T. Gotszalk³

¹ Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme, Institutsteil Materialdiagnostik IKTS-MD,

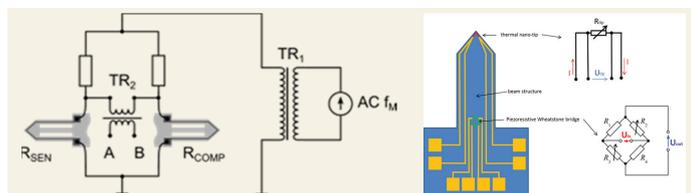
² Institut of Electron Technology, Warschau, Polen, ³ Wroclaw University of Technology, Polen

AUFGABE

- Bestimmung von lokalen Temperaturen und thermischen Eigenschaften mittels Rastersondenmikroskopie (**Scanning Thermal Microscopy = SThM**)
- Schaffung einer Plattform zur Mehrbereichscharakterisierung für verschiedene Applikationen im NANOHEAT-Konsortium
- Am IKTS-MD: Anwendung auf thermische Eigenschaften von nanoelektronischen Verbindungsstrukturen (interconnect structures) an industriellen mikroelektronischen Proben

NANOHEAT – ELEKTRISCHE MESSTECHNIK

(WRUT, T. Gotszalk)



NANOHEAT Messschaltung zur Bestimmung der Temperatur über den thermoresistiven Effekt in den Messspitzen; gemessen wird R_{SEN} im Vergleich zu R_{COMP} .

Thermoresistive Spitzen zur Vermessung der Temperatur der Spitze mit piezoresistiver Auslesung der Cantilever-Verbiegung über den piezoresistiven Effekt.

IONENSTRAHL-MODIFIKATION DER SPITZEN

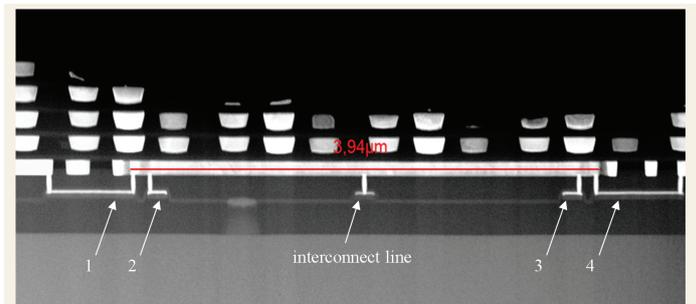


Cantilever nach Fertigung und vor der Bearbeitung mit Ionenfeinstrahlen (Focused Ion Beam = FIB).

Cantilever nach FIB-Bearbeitung

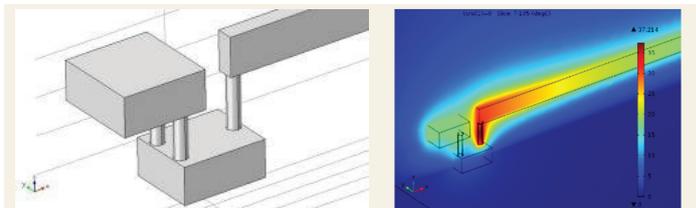
- Deutliche Verminderung der thermischen Masse
- Erhöhung des elektrischen Widerstands des gesamten Cantilevers von 50 Ohm auf 100 Ohm → Hauptteil des Widerstands befindet sich im Bereich der Spitze.

CHARAKTERISIERUNG DER NANOELEKTRONISCHEN VERBINDUNGSSTRUKTUREN



STEM-Dunkelfeldbild der interessierenden Verbindungsstruktur, die relevante Leitbahn ist durch den Messbalken (~4 μm) gekennzeichnet, die Verbindungen 1 und 4 sind zur Einspeisung des Stroms vorgesehen, 2 und 3 für (4-Punkt-) Spannungsmessungen.

MODELLIERUNG DER TEMPERATURERHÖHUNG DURCH BETRIEBSSTRÖME



Comsol-Modell in der Nähe des linken Kontakts.

Simulierte Temperaturverteilung in einem Querschnitt (Mittelebene) am linken Kontakt.

WEITERE SCHRITTE

- Kopplung der elektrothermischen Simulation der Probe mit der Simulation des Gesamtsystems (insbesondere mit der Messspitze)
- Vervollkommnung der Spitzen über Focused Ion Beam der Nachbearbeitung und Simulation der Effekte, Verminderung der thermischen Masse und Eingrenzung des empfindlichen Bereichs über lokale Erhöhung des Widerstands
- Implementierung der Plattform in ein kommerzielles REM

Danksagung

Diese Arbeiten wurden durch die EU FP7 Forschungsförderung, Projekt NANOHEAT (#3186253), unterstützt.