

Berichte aus der Mikromechanik

Lothar Berger

**Mechanische Charakterisierung nanostrukturierter
Funktionsschichten durch
Indentations- und Scratching-Verfahren**

Shaker Verlag
Aachen 2002

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

Berger, Lothar:

Mechanische Charakterisierung nanostrukturierter Funktionsschichten durch
Indentations- und Scratching-Verfahren/Lothar Berger.

Aachen : Shaker, 2002

(Berichte aus der Mikromechanik)

Zugl.: Ulm, Univ., Diss., 2002

ISBN 3-8322-0118-1

Copyright Shaker Verlag 2002

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen
oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungs-
anlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 3-8322-0118-1

ISSN 0947-2398

Shaker Verlag GmbH • Postfach 1290 • 52013 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • eMail: info@shaker.de

Mechanische Charakterisierung nanostrukturierter Funktionsschichten durch Indentations- und Scratching-Verfahren

Lothar Berger

Mikroelektronik und Mikrosystemtechnik stellen aufgrund ihrer beständigen Weiterentwicklung immer höhere Ansprüche an funktionelle Schichten wie Metallisierungen, Passivierungen und tribologische Schichten. Die steigende Integrationsdichte elektronischer Schaltungen (ULSI) erfordert zuverlässige Leiterbahnmaterialien, die auch bei hohen Stromdichten nicht degenerieren. Der Einsatz mikro-elektromechanischer Systeme (MEMS) in der Sensorik auch bei hoher Umgebungstemperatur, sowie in chemisch aggressiven Medien, bedingt die Forderung nach temperaturstabilen und korrosionsbeständigen Metallisierungen. Der Wunsch nach Integration von Aktoren in mikro-elektromechanische Systeme erfordert schließlich tribologische Schichten mit niedriger Reibung und großer mechanischer Stabilität. Diese Anforderungen können nur durch die Entwicklung neuartiger Materialien für dünne Schichten erfüllt werden. Einen vielversprechenden Ansatz stellen nanostrukturierte dünne Schichten dar.

Amorphe und nanokristalline Funktionsschichten verfügen über herausragende mechanische Eigenschaften, die für den Einsatz in mikro-elektromechanischen Systemen (MEMS) sehr vielversprechend sind. Insbesondere amorphe Metallisierungen auf Aluminium-Basis haben für Anwendungen mit großer mechanischer Belastung, wie beispielsweise in Oberflächenwellenfiltern (SAW filters) enormes Potential. Für Hochtemperatur-Anwendungen, beispielsweise in SAW-Temperatur Sensoren, zeigen amorphe Diffusionsbarrieren auf Tantal-Silizium-Basis hervorragende Eigenschaften, insbesondere in Kombination mit Platin-Metallisierungen. Für Anwendungen in der Aktorik gut geeignet erscheinen nanokristalline tribologische Schichten auf Nickel-Wolfram-Basis.

Entscheidend für den Einsatz im Bauelement sind jedoch die mechanischen Eigenschaften dieser dünnen Schichten. Nanoindentation- und Nanoscratching-Verfahren sind vielversprechende neuartige experimentelle Techniken für die Messung von mechanischen Eigenschaften im nanoskaligen Bereich, insbesondere aufgrund der Fortschritte in der mikromechanischen Meßtechnik, der Piezoaktorik im Zusammenhang mit der Weiterentwicklung der Rasterkraft- und Rastersondenmikroskopie, sowie der Verbesserung der mechanischen Modellierung des Schicht-Substrat-Systems.

Erst die Modellierung des Schicht-Substrat-Systems erlaubt die zuverlässige Bestimmung von mechanischen Materialkenngrößen wie der Schichthärte und des Schichtmoduls. Zwei wesentliche Effekte nehmen dabei Einfluß auf die Zuverlässigkeit der Messung. Bei der Indentation in dünnen Schichten wirken sich die mechanischen Eigenschaften des Substrats aus. Dieser Einfluß kann mittels geeigneter analytischer Schicht-Substrat-Modelle eliminiert werden. Bei duktilen Schichten auf spröden Substraten kommt es bei der Indentation zur Wallbildung um den Eindruck. Dieser Einfluß kann durch rastersondenmikroskopische Vermessung des Eindrucks aus der Berechnung eliminiert werden. Die Berücksichtigung beider Effekte bei der Bestimmung der mechanischen Materialkenngrößen duktiler dünner Schichten ist allerdings nur durch Simulation der Indentation mittels der Finite-Elemente-Methode möglich.

Nanoindentations- und Nanoscratchingverfahren sind sowohl zur Bestimmung der mechanischen Eigenschaften von neuartigen dünnen Schichten geeignet, als auch zur Prüfung von Stichproben von Wafern und Bauelementen aus der laufenden Produktion, anhand derer eine Abweichung des Fertigungsprozesses von der geforderten Qualität schnell festzustellen ist.