



## FLEXIBLES VIER-PUNKT-BIEGESYSTEM FÜR ZUG- UND DRUCKBEANSPRUCHUNG

Dipl.-Ing. Christoph Sander, Dr. André Clausner, Dipl.-Ing. Frank Macher, Matthias Lehmann, Prof. Dr. Ehrenfried Zschech

Mikrochips und elektronische Bauteile sind hochkomplexe Strukturen. Sie bestehen aus einer Vielzahl von Materialien mit jeweils spezifischen thermischen und mechanischen Eigenschaften. Unterschiedliche thermische Ausdehnungen während Fertigung und Betrieb können zur Rissbildung infolge mechanischer Spannungen und damit zum Ausfall des Bauteils führen. Daher ist es notwendig, die Materialien selbst und auch den Einfluss mechanischer Spannungen auf die Strukturen zu charakterisieren. Durch gezieltes Belasten von Teststrukturen oder Bauelementen, z. B. mittels Vier-Punkt-Biegung (4PB), kann ein mechanischer Spannungszustand erzeugt werden.

### In-situ-Vier-Punkt-Biegesystem

Die Vier-Punkt-Biegung ist ein häufig verwendeter Belastungsmodus zum Verbiegen balkenartiger Proben. Der Vorteil der Methode ist das homogene Biegemoment zwischen den inneren Auflagepunkten. Am Fraunhofer IKTS wurde ein neuartiges 4PB-System für In-situ-Experimente in Rasterelektronenmikroskopen (REM) entwickelt (Bild 1). Eine Besonderheit des neuen Systems liegt in der geringen Bauhöhe, die einen Einsatz in geschlossenen und beengten Systemen, z. B. der Vakuumkammer eines REM, ermöglicht. Zudem kann die Probe in dem neuen System ohne Umbau der Probenaufnahme mit wechselnder Biegerichtung belastet werden. Dadurch wird auf der Probenoberseite alternierend eine Zug- oder Druckspannung aufgebracht. Im Gegensatz zu üblichen 4PB-Systemen wird dies durch drehbare Probenaufnahmen erreicht, die den notwendigen relativen Linearvorschub der Auflagepunktpaare durch Rotation erzielen (Bild 1a und b). Indem die anliegenden Drehmomente im neuen 4PB-System gemessen werden, kann mit Kenntnis

der Probengeometrie die wirkende mechanische Spannung quantitativ in jedem Punkt bestimmt werden.

### Flexibilität durch Tooltransfer

Durch das hohe, stromlose Haltemoment von 2 Nm können verspannte Proben den mechanischen Spannungszustand beibehalten und, aufgrund der geringen Bauhöhe des Systems, flexibel in verschiedene Analyse- oder Bildgebungsgeräte überführt werden. So ist es zum Beispiel möglich, auf verspannten Proben Eindringprüfungen durchzuführen, die entstandenen Abdrücke im REM zu untersuchen und anschließend die mechanischen Spannungen mittels Ramanspektroskopie zu validieren.

### Leistungsangebot

- Messungen an verspannten Proben in Verbindung mit REM, Nanoindentation oder Ramanspektroskopie
- Korrelierte Auswertung der Spannungszustände auf der Probe mit begleitenden Experimentiertechniken
- Gerätespezifische Anpassungen der 4PB-Einrichtung nach Kundenwunsch

- 1 *Neuartige, extrem flache 4PB-Einrichtung mit Ausgangsstellung der Probenhalter für Druckspannung (a) und Zugspannung (b) auf der Probenoberseite.*
- 2 *Verspannte Siliciumprobe (Dicke 300 µm) in Zugspannungskonfiguration.*