

Ein neues zertifiziertes Referenzmaterial für die Analyse von Oberflächenstrukturen im Nanometerbereich

Problemstellung

Mit der Entwicklung der Nanotechnologie werden Mess- und Analysemethoden für den Nanometerbereich in immer stärkerem Umfang in der Industrie benötigt. Quantitative Informationen über die Oberflächentopographie, die chemische Zusammensetzung und die physikalischen Eigenschaften von nanoskaligen Strukturen sind von zentraler Bedeutung für eine stabile Fertigung. Damit verbunden sind wachsende Anforderungen an die Genauigkeit und Reproduzierbarkeit von Messergebnissen und die Einbindung der entsprechenden Messverfahren in Qualitätssicherungssysteme. Für diese Aufgaben werden geeignete Referenzmaterialien benötigt.

Stand der Technik

Die laterale Auflösung der Messinstrumente ist ein Kernpunkt für die Analyse von nanoskaligen Strukturen und dementsprechend werden Referenzmaterialien für die Bestimmung und regelmäßige Kontrolle der lateralen Auflösung sowie als Justier- und Einstellhilfe benötigt. Aber bisher gab es keine Referenzmaterialien mit regelmäßigen Strukturen im Bereich zwischen den Abmessungen des Kristallgitters ($d < 1 \text{ nm}$) und lithographischen Strukturen ($d > 150 \text{ nm}$). Genau in dieser Lücke liegt die laterale Auflösung der meisten Geräte, die mit Elektronenstrahlen oder Ionenstrahlen die Oberfläche analysieren.

Lösungsweg

Im Rahmen des Projektes "Qualitätssicherung in der Nanoanalytik" wurde an der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) ein neuer Typ von Referenzmaterial entwickelt und zertifiziert. Das zertifizierte Referenzmaterial BAM-L002 "Streifenmuster für die Längskalibrierung und die Bestimmung der lateralen Auflösung im Nanometerbereich" ist der Querschliff eines Halbleiterschichtsystems. Die $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As} - \text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As} - \text{GaAs}$ -Schichten wurde mit Metallorganischer-Gasphasen-Epitaxie (MOCVD) am Institut für Festkörperphysik der Technischen Universität Berlin hergestellt. Der Querschliff des Schichtsystems (Abb. 1) zeigt Streifenbreiten zwischen 0,4 und 500 nm.

Ergebnisse

Das Referenzmaterial ermöglicht die Kalibrierung der Längenskala und die Bestimmung bzw. Abschätzung verschiedener Geräteparameter wie laterale Auflösung, Strahlprofil (Halbwertsbreite und 16 % - 84 % - Anstieg an einer Stufe) und kleinste nachweisbare Struktur. Dazu enthält das Streifenmuster eine Kalibrierstrecke, Gitter mit verschiedenen Streifenbreiten, sehr schmale Streifen (δ -Streifen) und breite Streifen mit Stufenübergängen (Abb. 1).

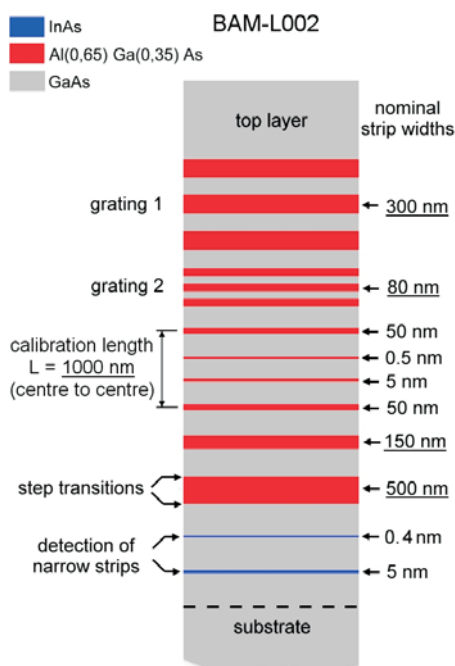


Abb. 1: Schema des Streifenmusters in der Oberfläche des Referenzmaterials BAM-L002 (Bild: Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM))

Am Projekt beteiligte Partner:

- Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)

Die Zertifizierung der Streifenbreiten und Abstände (unterstrichene Werte in Abb. 1) erfolgte durch Messungen mit dem Transmissionsrasterelektronenmikroskop (TEM). Dazu wurden an verschiedenen Stellen des Halbleiterwafers mit einem fokussierten Ionenstrahl (FIB) TEM-Lamellen herausgeschnitten und anschließend mit einem kalibrierten TEM vermessen.

Bei den durch Einbetten, Schleifen und Polieren präparierten Proben werden die zertifizierten Werte für die Kalibrierstrecke mit einem Rasterelektronenmikroskop (REM) überprüft (Abb. 2).

Das zertifizierte Referenzmaterial BAM-L002 wurde erfolgreich im Rahmen eines Ringversuchs zur Sekundärionen-Massenspektrometrie (SIMS) eingesetzt. Dabei wurde die laterale Auflösung der Geräte ermittelt und ihre Längskalibrierung überprüft. Die Abbildung des Streifenmusters mit einem Time of Flight-Sekundärionen-Massenspektrometer ist in Abb. 3 dargestellt. Das Profil durch die Aluminiumverteilung zeigt, dass ein Gitter mit 80 nm-Streifen gerade noch aufgelöst wird. Die Indiumverteilung zeigt den deutlichen Nachweis eines InAs-Streifens mit einer Breite von ca. 0,4 nm.

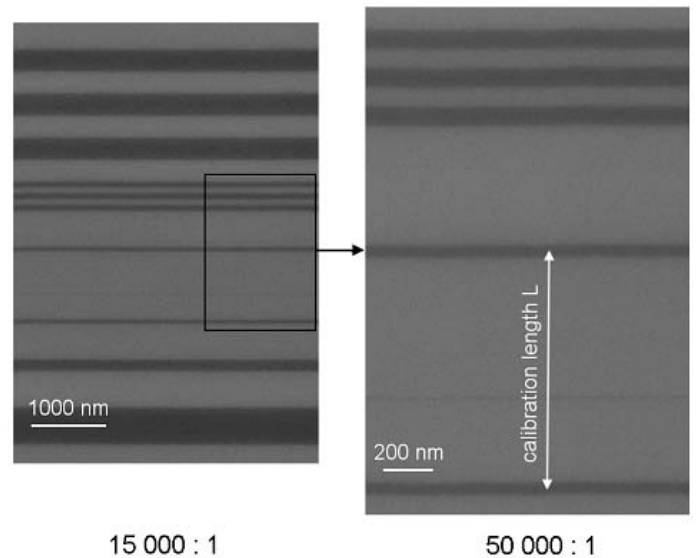


Abb. 2: Aufnahmen von BAM-L002 mit dem Rasterelektronenmikroskop bei zwei verschiedenen Vergrößerungen (Bild: Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM))

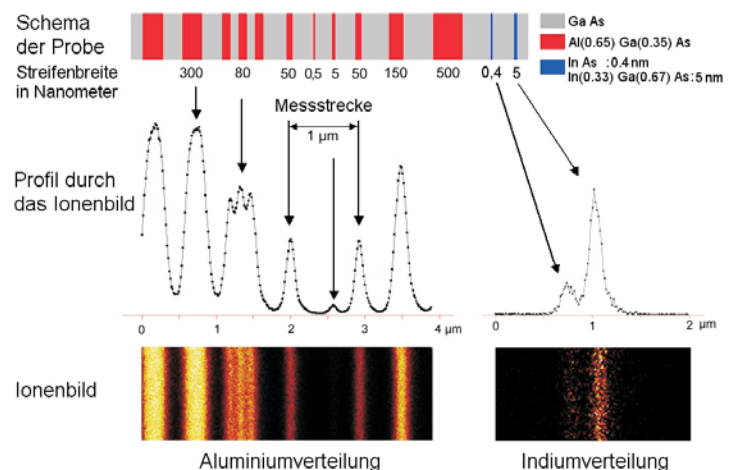


Abb. 3: ToF-SIMS-Messungen an BAM-L002 (Bild: Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM))

Ihr Ansprechpartner für weitere Informationen:

Bundesanstalt für Materialforschung
und -prüfung (BAM)
Postfach
12200 Berlin
Dr. Mathias Senoner
Labor VIII.23
Tel. 030 / 810 435 64
Fax 030 / 810 418 27
Mail mathias.senoner@bam.de