

Nanoschichtdickennormale

zus. mit BAM, Berlin; IOM, Leipzig; IWS, Dresden; PTB 2.404 und 7.12

Im Rahmen eines BMBF Projektes wurden Maßverkörperungen für den Nanometerbereich hergestellt und metrologisch charakterisiert [1]. Kalibrierverfahren wurden entwickelt, erprobt und unter praxisrelevanten Bedingungen getestet. Dabei wurden zwei unterschiedliche Typen von Maßverkörperungen für die Schichtdicke hergestellt:

- für den Bereich der Röntgenreflektometrie, Röntgenfluoreszenzanalytik und der Elektronenstrahl-Mikroanalyse
- für die Ellipsometrie zugeschnitten.

Für die Erstgenannten werden dünnste Metallschichten aus Platin und Nickel auf einem Quarzglassubstrat verwendet (Bild 1). Die Substrate werden vor der Schichtabscheidung mit einem Ionenstrahlverfahren (IOM, Leipzig) geglättet. Die Nickelschichten sind zwischen zwei dünnere Kohlenstoffschutzschichten eingebettet. Durch diese Maßnahme wird die Oxidation und eine Diffusion in das Substrat verhindert. Die Beschichtung erfolgte beim IWS. Die nominellen Dicken der Metallschichten betragen 10 nm und 50 nm. Kalibriert wurden diese Normale mittels Röntgenreflektometrie am BESSY II in Berlin (PTB FB 7.12). Die Stabilität und Alterungsbeständigkeit wurde in der Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung (BAM) nachgewiesen. Nachfolgende Untersuchungen bei Herstellern und Anwendern zeigten eine sehr gute Übereinstimmung mit den kalibrierten Werten.



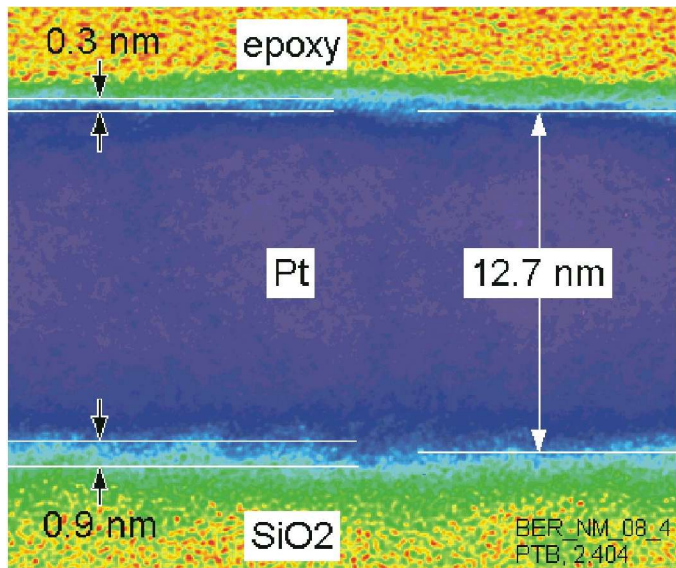


Abb. 1: a) Quarzglas mit 10 nm Platinbeschichtung (60 mm x 20 mm x 10mm).
 b) Transmissionelektronenmikroskopische (TEM, PTB 2.404) Aufnahme des Grenzflächenbereiches des Platin Schichtdickennormal mit einer nominellen Dicke von 10 nm.

Für die Kalibrierung von Ellipsometern wurden auf Siliciumwafern thermische SiO_2 Schichten aufgebracht (Bild 2). Hergestellt wurden beim Institut für Mikroelektronik, Stuttgart, Normale mit nominellen Schichtdicken von 6, 70, 160, 380 und 1000 nm. Die Kalibrierung erfolgte ebenfalls am BESSY II mittels Röntgenreflektometrie (x-ray Reflectometry (XRR)) bei einer optimalen Strahlenergie von 1841 eV [2]. Die Grenzflächen der Schichten wurden mittels TEM (PTB 2.404) untersucht. Auf den SiO_2 Normalen befindet sich ferner eine lithographisch erzeugte Mikrostruktur, um die Schichtdicke für rastersondenmikroskopische Messungen zugänglich zu machen. Vergleiche der metrologischen SPM-Ergebnisse an diesen Strukturen mit Ergebnissen aus XRR Untersuchungen im jeweiligen Zentrum der Probe ergaben im Rahmen der Unsicherheit eine ausgezeichnete Übereinstimmung der Verfahren. Ellipsometrische Ergebnisse auf der Basis eines einfachen Berechnungsmodells waren systematisch zu dick. Es hat sich ein konstanter Offset von 1 nm und eine lineare Abweichung von 1% ergeben. Über eine Kalibrierung der Ellipsometer mit den SiO_2 Schichtdickennormalen kann die systematische Differenz korrigiert werden. Dies konnte eindrucksvoll in Untersuchungen an zwei kalibrierten Sätzen und einem weiteren SiO_2 -Normal gezeigt werden [3].

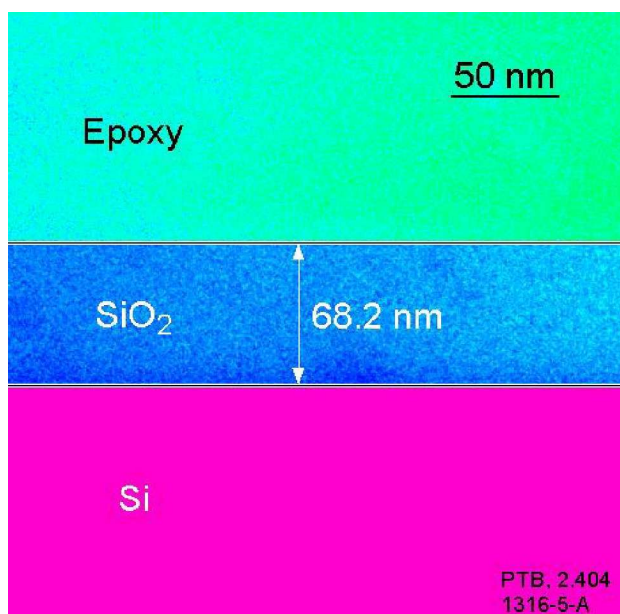
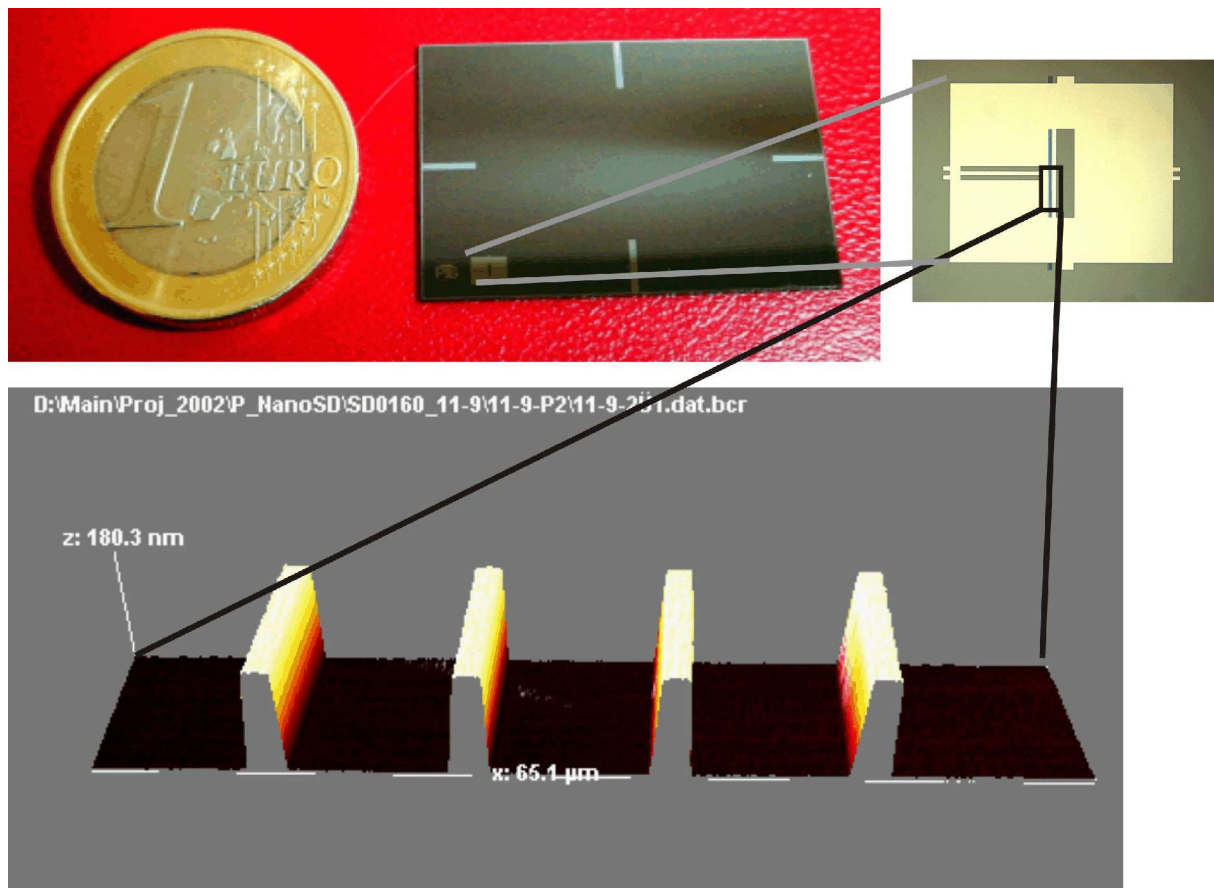


Abb. 2: a) SiO₂/Si Schichtdicken-Maßverkörperung für das Anwendungsgebiet Ellipsometrie. Oben links die Gesamtübersicht (Draufsicht). Oben rechts die Struktur für topographische Messungen mit SFM. Die untere Abbildung zeigt eine SPM Aufnahme der vier Linien dieses Bereiches.
b) Transmissionselektronenmikroskopische (TEM) Aufnahme des SiO₂/Si Grenzflächenbereiches. Zur Präparation der Proben für die TEM-Messungen (PTB 2.404) wurde ein Epoxyd aufgebracht. Die Schichten wurden zur besseren Unterscheidung eingefärbt.

- [1] *P. Thomsen-Schmidt, K. Hasche, G. Ulm, K. Herrmann, M. Krumrey, G. Ade, J. Stümpel, I. Busch, S. Schädlich, A. Schindler, W. Frank, D. Hirsch, M. Procop, U. Beck*: Realization and metrological characterization of thickness standards below 100 nm, *Appl. Phys. A*, DOI:10.1007/s00339-003-2273-7
- [2] *M. Krumrey, M. Hoffmann, G. Ulm, K. Hasche, P. Thomsen-Schmidt*: Thickness determination for SiO₂ films on Si with X-ray reflectometry at the Si K edge, *Thin Solid Films*, in press
- [3] *P. Thomsen-Schmidt*, Consistent standards for nanometrology or step height versus film thickness measurement, Proc. XI. Oberflächenkolloquium Chemnitz, 2.-3. Feb 2004, Chemnitz, to be published