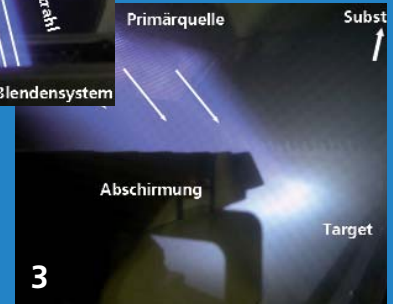




1



RÖNTGENOPTIKEN FÜR SYNCHROTRON-ANWENDUNGEN

DIE AUFGABE

Synchrotronstrahlungsringe wie z. B. BESSY oder DESY zeichnen sich dadurch aus, dass sie äußerst brillante Röntgenstrahlung zur Verfügung stellen. Dies eröffnet völlig neue Möglichkeiten bei der Untersuchung physikalischer, biologischer oder materialwissenschaftlicher Fragestellungen. Ohne Synchrotronstrahlung sind viele Grundlagenuntersuchungen heutzutage undenkbar.

Um gezielt einen spektralen Bereich der von den Speicherringen bereitgestellten Strahlung zu selektieren und für die Experimente bereitzustellen, werden Röntgenoptiken in den Strahlengang eingebracht. Insbesondere für Anwendungen, die einen hohen Photonenfluss bei moderater spektraler Reinheit erfordern, ist der Einsatz von Multischicht-Röntgenspiegeln (Abb. 1) sehr vorteilhaft. Die Herausforderungen bei der Entwicklung und Herstellung dieser Optiken bestehen darin, höchste Reflexionsgrade, exzellente Schichthomogenitäten sowie bestmögliche Langzeit- und Strahlungsstabilität gleichzeitig zu erreichen.

UNSERE LÖSUNG

Röntgenspiegel für Synchrotronstrahlung bestehen aus einem Grundkörper, dem Substrat, und darauf aufgetragenen Reflexionsschichten, die das spektrale Reflexionsverhalten festlegen. Dabei ist es zwingend erforderlich, dass bereits die Substrate atomar glatte sowie saubere und defektfreie Oberflächen aufweisen. Zur weiteren Verbesserung der mit konventionellen Techniken erreichbaren Oberflächenqualität wurden im IWS Ionenstrahlreinigungs- und -politurverfahren

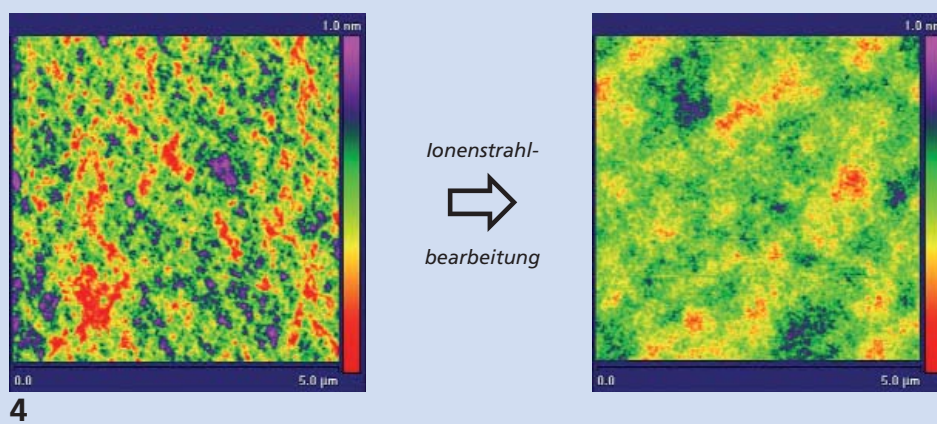
entwickelt (Abb. 2). Je nach Wahl der Ionenstrahlparameter können so Oberflächenadsorbate entfernt oder Rauheiten reduziert werden. Gleichzeitig wird damit auch die Haftung der nach der Oberflächenbearbeitung aufzubringenden Schicht verbessert.

Röntgenspiegel sind typischerweise aus 100 - 1000 Nanometer-Einzelschichten aufgebaut, die jeweils Dicken im Bereich von 0,5 - 5 nm aufweisen. Um diese Schichten atomar glatt, dicht und geschlossen aufbringen zu können, werden im Fraunhofer IWS Sputterverfahren eingesetzt. Sowohl die Ionenstrahl-Sputter-Deposition (Abb. 3) als auch die Magnetron-Sputter-Deposition ermöglichen bei geeigneter Prozessführung eine hochreproduzierbare und präzise Schichtherstellung mit einer breiten Materialvielfalt.

ERGEBNISSE

Die von verschiedenen Lieferanten bereitgestellten Substrate weisen typischerweise Rauheiten von rund 0,2 nm rms auf. Diese bereits sehr gute Oberflächenqualität muss für bestimmte Anwendungen, bei denen Multischichten mit extrem geringen Periodendicken von $d_p \leq 2$ nm benötigt werden, jedoch weiter verbessert werden. Das im Fraunhofer IWS entwickelte Ionenstrahlpoliturverfahren ermöglicht es, auch für einkristalline Siliziumkristalloberflächen mit einer (100)-Orientierung eine Glättung zu erreichen. In Abb. 4 sind rasterkraftmikroskopische Aufnahmen von Oberflächen vor und nach der Ionenstrahlbearbeitung dargestellt. Die Auswertung der Höhenprofile ergibt, dass die Rauheiten von 0,18 nm rms auf 0,12 nm rms reduziert werden konnten.

Rasterkraftmikroskopische Aufnahme einer Scanfläche von $5\ \mu\text{m} \times 5\ \mu\text{m}$ einer Siliziumsubstratoberfläche vor (links) und nach (rechts) der Ionenstrahlbearbeitung



- 1 Synchrotronspiegel mit zwei verschiedenen Reflexionsschichten: Gold-Einzelschicht für Totalreflexion, Nanometer-Multischicht für Braggreflexion bei größeren Glanzwinkeln.
- 2 Prozessfoto der Ionenstrahltechnik zur Bearbeitung (Reinigung, Glättung) von röntgenoptischen Oberflächen.
- 3 Prozessfoto der Ionenstrahltechnik zur Beschichtung von Optiken mit Nanometer-Einzel- oder Multischichten.

Mit der verbesserten Oberflächenqualität konnten unter Anwendung der für die Beschichtung von superpolierten Siliziumwafern optimierten Prozesse Nanometer-Multischichten mit optimalen Eigenschaften abgeschieden werden. Typischerweise werden derzeit Grenzflächenweiten (Rauheit + Interdiffusion) von $< 0,3\ \text{nm rms}$ erreicht. Dies ermöglicht z. B. für das Materialsystem $\text{Ni/B}_4\text{C}$ Reflexionsgrade von $> 90\ \%$ für $\text{Cu-K}\alpha$ -Strahlung (Wellenlänge $\lambda = 0,154\ \text{nm}$). Darüber hinaus wurden auch sogenannte low-d-spacing Multischichten mit Einzelschichtdicken $< 1\ \text{nm}$ hergestellt, die trotz dieser extrem geringen Schichtdicken Reflexionsgrade von $> 70\ \%$ aufweisen ($\text{Mo/B}_4\text{C}$ mit $d_p = 1,5\ \text{nm}$ bei $\lambda = 0,0775\ \text{nm}$).

KONTAKT

Dr. Stefan Braun
 Telefon: +49 351 83391-3432
stefan.braun@iws.fraunhofer.de

