

Molybdän/Silizium-Multischichten mit Pikometer-Präzision für die EUV-Lithographie

Aufgabenstellung

Die in der Halbleiterindustrie zur Belichtung von Schaltkreisstrukturen eingesetzte optische Lithographie erfordert den regelmäßigen Übergang zu immer kürzeren Wellenlängen. Nur so kann das sogenannte MOOREsche Gesetz eingehalten werden, nach dem sich die Strukturdichte auf den Chips aller 18 Monate verdoppelt.

Ein aussichtsreiches Verfahren der nächsten Generation zur Abbildung von integrierten Schaltkreisen ist die Extrem-Ultraviolett-Lithographie (EUVL). Bei der EUVL wird Licht mit einer Wellenlänge von 13,5 nm genutzt. Dies erfordert den Einsatz von Optiken, die in Reflexion betrieben werden.

Die Reflexionsschichten, Nanometer-Multischichten der Kombination Molybdän/Silizium (Mo/Si), müssen mit hohem Reflexionsgrad und geringsten Eigenspannungen äußerst präzise auf hochpolierten Substraten abgeschieden werden. Insbesondere geht es darum, die vorgegebenen Absolutschichtdicken und Schichtdickengradienten mit höchstmöglicher Genauigkeit einzuhalten.

Lösungsweg

Zur Herstellung von Mo/Si-Multischichten werden im IWS die Technologien der Magnetron- und Ionenstrahl-Sputter-Deposition (MSD und IBSD) eingesetzt. Die höchsten Reflexionsgrade und Genauigkeiten wurden bisher mit der MSD erreicht. Die Evaluierung der aktuellen Grenzen der Sputtertechnologie erfolgte daher mit diesem Verfahren.

Bei der MSD werden die Absolutdicken und die Dickenverteilungen der auf dem Substrat abzuschneidenden Multischichten ausschließlich über die Zeit gesteuert. Während der Beschichtung erfolgt keine Kontrolle der Schichteigenschaften. Folglich müssen alle Prozessbedingungen äußerst konstant gehalten werden.

Durch Verbesserungen der mechanischen, elektrischen und Steuerungskomponenten der Beschichtungsanlage war so eine deutliche Steigerung von Genauigkeit und Reproduzierbarkeit möglich.

Ergebnisse

Zum Nachweis der verbesserten Reproduzierbarkeit der Absolutschichtdicken von einem Durchlauf zum nächsten wurde eine Serie von 10 Spiegeln mit nominell identischen Beschichtungsparametern hergestellt. Die Bestimmung der Periodendicken d_p der einzelnen Multischichten erfolgte durch zwei unabhängige Verfahren mittels Cu-K α - und EUV-Reflektometrie. Beide Verfahren liefern eine relative Standardabweichung σ_r der Messwerte von weniger als 0,06 % (Abb. 1). Dies entspricht einer Streuung der Periodendicken um lediglich 4,2 Pikometer!

Ein weiteres wichtiges Kriterium der Reflexionsbeschichtungen ist die Genauigkeit des erzielten Schichtdickengradienten. Fehler des Gradienten wirken sich direkt als Abbildungsfehler der gesamten Optik aus. Mit den ausgeführten Optimierungsschritten konnte der nichtkorrigierbare Restfehler auf unter 0,02 % gesenkt werden (Abb. 2). Dies ist äquivalent zu einem Absolutwert von rund 1,4 Pikometern!

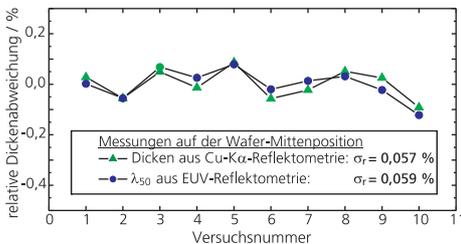


Abb. 1: Reproduzierbarkeit der Schichtdicken von 10 identisch hergestellten Mo/Si-Multischichten

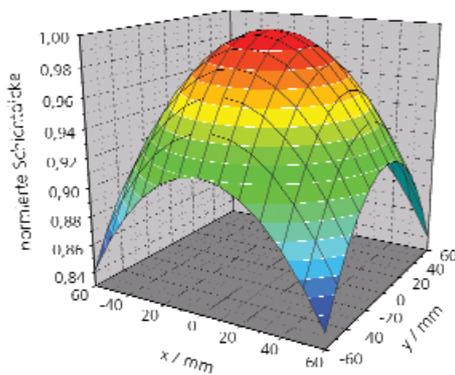


Abb. 2: Darstellung eines typischen Schichtdickengradienten

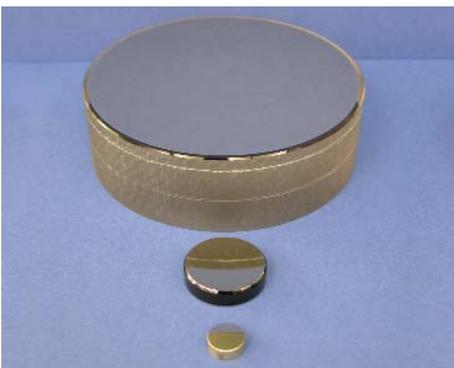


Abb. 3: EUV-Spiegel, beschichtet mit Mo/Si-Multischichten



Ansprechpartner

Dr. Stefan Braun
Tel.: 0351 / 2583 432

stefan.braun@iws.fraunhofer.de