

## Reflexionsschichten für den extrem ultravioletten (EUV) Spektralbereich

### Aufgabenstellung

Entsprechend der Roadmap der internationalen Halbleiterbranche wird in wenigen Jahren der Einsatz von extrem ultraviolettem Licht (EUV) mit einer Photonenwellenlänge von 13,5 nm notwendig, um Schaltkreisstrukturen mit Abmessungen deutlich unterhalb von 50 nm auf Siliziumwafern abbilden zu können. Dies erfordert den Einsatz reflektierender Röntgenoptiken, die durch die Abscheidung von hochpräzisen Nanometer-Multischichten erzeugt werden. In den vergangenen Jahren wurden im IWS erfolgreich hochreflektierende Mo/Si-Multischichten entwickelt.

Für ein zuverlässiges Multischicht-System mit hohem Durchsatz, hoher Präzision und langer Lebensdauer sind folgende Kriterien entscheidend:

- hohe Reflexion der einzelnen Spiegel,
- präzise Schichtdickengradienten,
- geringe Eigenspannung der Schichten.

Besonderes Augenmerk galt im IWS der Spannungskompensation der einzelnen Schichten, da Eigenspannungen zu Deformationen bei Lithographieoptiken sowie Mikrosiegeln führen können.

### Lösungsweg

Die Herstellung von EUV-Spiegeln mit hohen Reflexionsgraden erfordert Beschichtungsbedingungen, die eine Erzeugung von Multischichten mit glatten Oberflächen ermöglichen. Als Verfahren kommt hier die Magnetron-Sputter-Deposition (MSD) zum Einsatz, wobei mit geringstmöglichen Sputtergasdrücken gearbeitet wird. Durch das Einbringen von Barrierschichten können eine Verringerung von Diffusion sowie chemischen Reaktionen zwischen einzelnen Teilschichten erreicht werden. Unter diesen Bedingungen kann im IWS ein Reflexionsgrad von 70 % erreicht werden.

Zur Erzeugung präziser Schichtdickengradienten kommen zwei Methoden zum Einsatz. Zum einen kann die Beschichtungszeit in Abhängigkeit von der Spiegelposition variiert werden, zum anderen ermöglicht der Einsatz von Transmissionsmasken mit lateral unterschiedlicher Durchlässigkeit die Abscheidung definierter zweidimensionaler Schichtdickengradienten.

Neben einem möglichst hohen Reflexionsgrad und präzisen Schichtdickengradienten muss weiterhin gesichert sein, dass die hochpräzise Oberflächenkontur des Spiegelsubstrates auch nach der Beschichtung erhalten bleibt. Aus diesem Grunde müssen die inneren Spannungen der Reflexionsschichten minimiert werden, ohne dass eine Verringerung des Reflexionsgrades erfolgt.

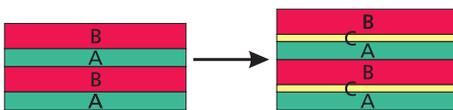
Die in Nanometer-Multischichten im Allgemeinen auftretenden inneren Spannungen können durch folgende Maßnahmen kompensiert oder reduziert werden (Abb. 1):

1. Designänderung durch den Einbau von weiteren Schichten zur Spannungsrelaxation,
2. Einbringung von Schichten oder Schichtstapeln mit entgegengesetztem Spannungszustand zur Spannungskompensation,
3. Temperaturbehandlung der Schichten zur Spannungsrelaxation.

### Ergebnisse

Durch die Verknüpfung der drei Varianten zur Verringerung der Eigenspannungen erhält man Multischichten, die dicker sind als reine optische Schichten, aber dennoch die gleiche Reflektivität aufweisen. Durch die deutlich verringerte Gesamtspannung können Deformationen der Spiegel vermieden werden. Dies bedeutet einen deutlichen Fortschritt bei der Beschichtung von Lithographie-Optiken (Abb. 2) und bei der Mikrosiegel-Beschichtung.

#### 1. Einbau von zusätzlichen Schichten



#### 2. Kompensationsschichten



#### 3. Temperung

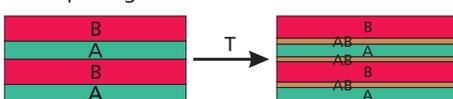


Abb. 1: Möglichkeiten zur Reduzierung und Kompensation von inneren Spannungen in nm-Multischichten

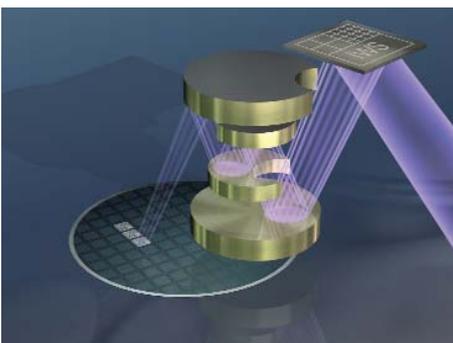


Abb. 2: Modell eines EUV-Wafer-Steppers, bei dem ultrapräzise Nanometerschichtsysteme zur Reflexion der Strahlung zum Einsatz kommen

### Ansprechpartner

Dr. Stefan Braun  
Tel.: 0351 / 2583 432  
stefan.braun@iws.fraunhofer.de