

NEUE EUV-SPIEGEL MIT MINIMIRTER IR-REFLEXION

DIE AUFGABE

In zukünftigen Lithographiesystemen zur Belichtung kleinster Halbleiterstrukturen wird äußerst kurzwellige EUV-Strahlung (Extremes Ultraviolett, $\lambda = 13,5 \text{ nm}$) zum Einsatz kommen (Abb. 1). Neueste Entwicklungen lassen vermuten, dass sich das Verfahren der Laser-Puls-Plasmaerzeugung (LPP) zur Generierung dieser Strahlung durchsetzt. Dabei wird das durch Beschuss von Zinn-Schmelztröpfchen mit einem hochintensiven, gepulsten CO_2 -Laser erzeugte Plasma als Strahlungsquelle benutzt.

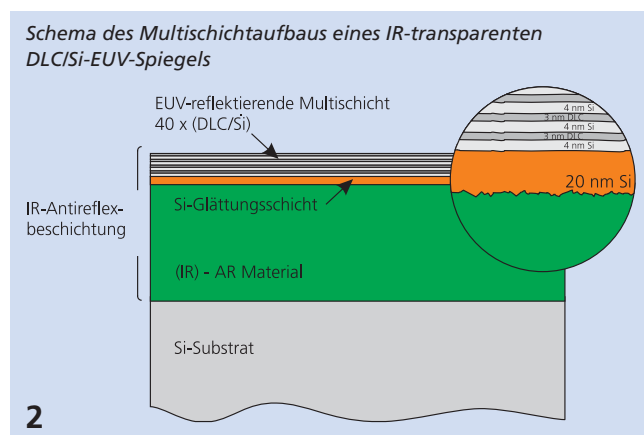
Ein Problem dieser Art von Strahlungserzeugung ist es, dass nur ein relativ geringer Teil der Laserausgangsleistung in nutzbare EUV-Strahlung umgewandelt werden kann. Der weitaus größere Teil der Primärleistung wird als UV- und IR-Strahlung (Wärme), speziell auch durch gestreute CO_2 -Strahlung ($\lambda = 10,6 \text{ }\mu\text{m}$), aus dem Prozess emittiert. Der Schutz sowohl des wärmeempfindlichen Fotolacks als auch der Masken und Optiken vor dieser Strahlung ist für den Erfolg der EUV-Lithographie zwingend erforderlich.

Da herkömmliche EUV-Spiegel (bestehend aus Molybdän-Silizium-Multischichten) ebenso hervorragende Reflektoren im Infrarotbereich sind ($R > 80 \%$ für $\lambda = 10,6 \text{ }\mu\text{m}$), erfolgt die spektrale Trennung in allen bisherigen Systemen unabhängig von diesen Spiegeln durch separate optische Komponenten (z. B. dünne Metallfolien, Beugungsgitter usw.). Diese Komponenten sind hinsichtlich Transparenz und thermischer Belastbarkeit jedoch limitiert oder nur mit hohem Aufwand herstellbar.

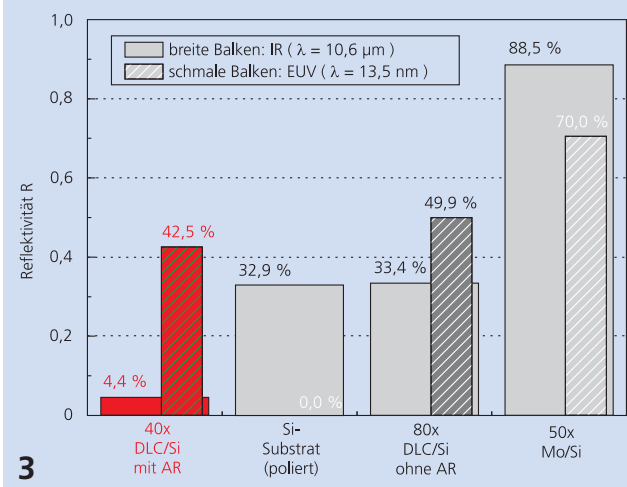
UNSERE LÖSUNG

Als neuartiger Ansatz der spektralen Filterung der LPP-Quellenstrahlung kommen in dieser Arbeit DLC/Si-Multischichten in Kombination mit einer IR-Antireflexschicht zur Anwendung (Abb. 2). Dieses System fungiert **gleichzeitig** als hoch reflektierender EUV-Spiegel und transmittierender IR-Filter.

Hintergrund hierbei ist die sehr gute IR-Transparenz der Schichtmaterialien Silizium und diamantartiger Kohlenstoff (DLC) bei gleichzeitig relativ gutem optischen Kontrast für EUV-Strahlung. In Kombination mit einer kommerziell standardisierten IR-Antireflexbeschichtung können die IR-Reflexionsgrade der DLC/Si-Spiegel auf nahe Null gebracht werden.



Experimentell erzielte IR- und EUV-Reflexionsgrade verschiedener Schichtsysteme im Vergleich



1 Prinzipskizze eines EUV-Lithographiesystems mit IR-transparentem Filterspiegel

ERGEBNISSE

Für die Realisierung des in Abb. 2 dargestellten Schichtsystems eines IR-transparenten EUV-Spiegels waren zwei wesentliche Aspekte zu lösen. Zum einen benötigen Multischichtspiegel für EUV-Strahlung Oberflächen- und Grenzflächenrauheiten im Bereich weniger Ångström (0,1 nm), welche für herkömmliche IR-Antireflexbeschichtungen nicht verfügbar sind. Zweitens ist die Abscheidung des Kohlenstoffs in diamantähnlicher Konfiguration in dieser hochpräzisen Multischichtkonfiguration bisher noch nie gezeigt worden.

Mit Hilfe des Ionenstrahlbearbeitens der optischen Oberflächen und der Ionenstrahl-Sputterdeposition (IBSD) konnten beide Aspekte in einer Bearbeitungsanlage gelöst werden. Durch Einfügen einer Silizium-Glättungsschicht, die in alternierenden Schritten durch Beschichtung und Politur aufgebracht wird, kann die für die nachfolgende DLC/Si-Multi-

schicht notwendige Oberflächenrauheit von ca. 0,2 nm gewährleistet werden. In Abb. 3 sind die experimentell erzielten EUV- und IR-Reflexionsgrade verschiedener Schichtkonfigurationen gegenübergestellt. Der Prototyp eines IR-transparenten EUV-Spiegels (mit 40 x DLC/Si auf Si-Substrat mit (IR)-AR-Beschichtung) weist einen verbliebenen IR-Reflexionsgrad von 4,4 % bei EUV-Werten von ca. 42,5 % auf. Dies ist nahe den theoretisch modellierten Werten und unterstreicht die Funktionalität des Schichtsystems und die hervorragende Eignung des eingesetzten Verfahrens der Ionenstrahlpolitur und -beschichtung.

KONTAKT

Dipl.-Phys. Peter Gawlitza
 Telefon: +49 351 83391-3431
 peter.gawlitza@iws.fraunhofer.de

