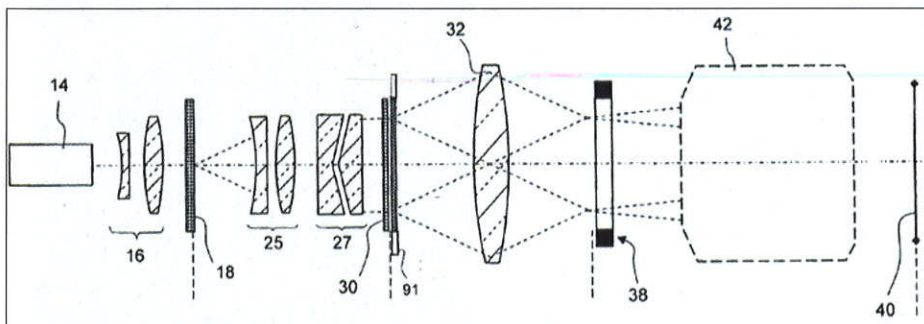


# Laser – Strahlformung als Schlüssel zum Erfolg

**In meiner Kindheit beschränkte sich das Thema »Materialbearbeitung« auf den großen Hammer in der Werkstatt meines Vaters. Ihm galt mein ganzes Interesse. Holz, Nägel, Blech – alles, inklusive der eigenen Finger – ließ sich mit diesem Ungetüm blitzschnell verformen. Später lernte ich dann, dass die Werkstatt noch eine Vielzahl von anderen interessanten Werkzeugen zu bieten hatte, mit denen eine präzisere Bearbeitung möglich war.**

In der modernen Lasertechnik ist es auch nicht viel anders. Bedingt durch das physikalische Prinzip der Lichtver-

terindustrie zum Einsatz kommen. Mit diesen Steppern werden derzeit Strukturgrößen von 45 nm photolithogra-



▲ **Aufbau des Strahlformungssystems eines Wafersteppers: 193 nm Excimer Laser (14), Beam Expansion (16), Mikrooptik (18, 30), Zoom (25), Axicon Teleskop (27), Objektive (32, 42), Maske (38)**  
Quelle: Patent US 20070206171A1, Carl Zeiss SMT AG

stärkung beschränken sich die Strahlprofile gängiger Laser auf wenige Resonatormoden. In der Frühzeit der Lasertechnik begnügte man sich mit diesen meist gaussähnlichen Strahlprofilen. Für viele heutige Laseranwendungen ist der reine Rohstrahl ungeeignet. Das eigentliche »Werkzeug« ist die dem Laser nachgeschaltete Optik, die den Strahl formt und die gewünschte Lichtverteilung in der Arbeitsebene erzeugt. Optiken zur Strahlformung bestehen typischerweise aus Linsen, Spiegeln, Fasern, Lichtmischstäben, Homogenisierern, Mikrooptik und Masken. Die einzelnen Komponenten und das optische Design müssen jeweils auf den Laser und die Anwendung exakt abgestimmt werden.

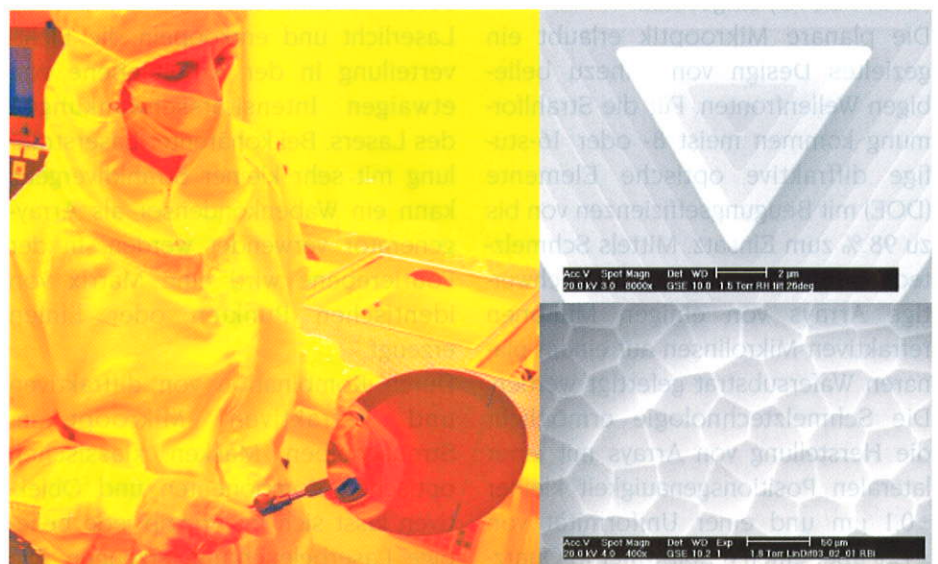
Die wohl komplexesten Strahlformungssysteme finden sich in Excimer Wafersteppern, wie sie in der Halbleit-

erzeugung phisch erzeugt. Wichtige Schlüsselkomponenten der Stepperbeleuchtung

sind hocheffiziente diffraktive und refraktive Mikrooptiken, mit denen das Winkelspektrum der Laserbeleuchtung präzise an die jeweiligen Maskenstrukturen angepasst wird.

Natürlich benötigt niemand derartige komplexe Strahlformungssysteme zum Laserschweißen oder Löcherbohren. Trotzdem ist auch für vermeintlich simple Anwendungen die strahlformende und strahlführende Optik der entscheidende Faktor für die Performance und die Ausbeute. Eine gut angepasste Strahlformung kann auch mit einem »schlechten« Laser ein perfektes Intensitätsprofil erzeugen.

Das Problem für den Anwender ist es, eine gut angepasste Strahlformungsoptik zu bekommen. Die wenigen käuflichen Systeme sind meist für spezielle Anwendungen zugeschnitten, teuer und nicht universell einsetzbar. Auch für Optikexperten sind der Entwurf und die Abstimmung einer Strahlformungsoptik auf den jeweiligen Laser nicht trivial.



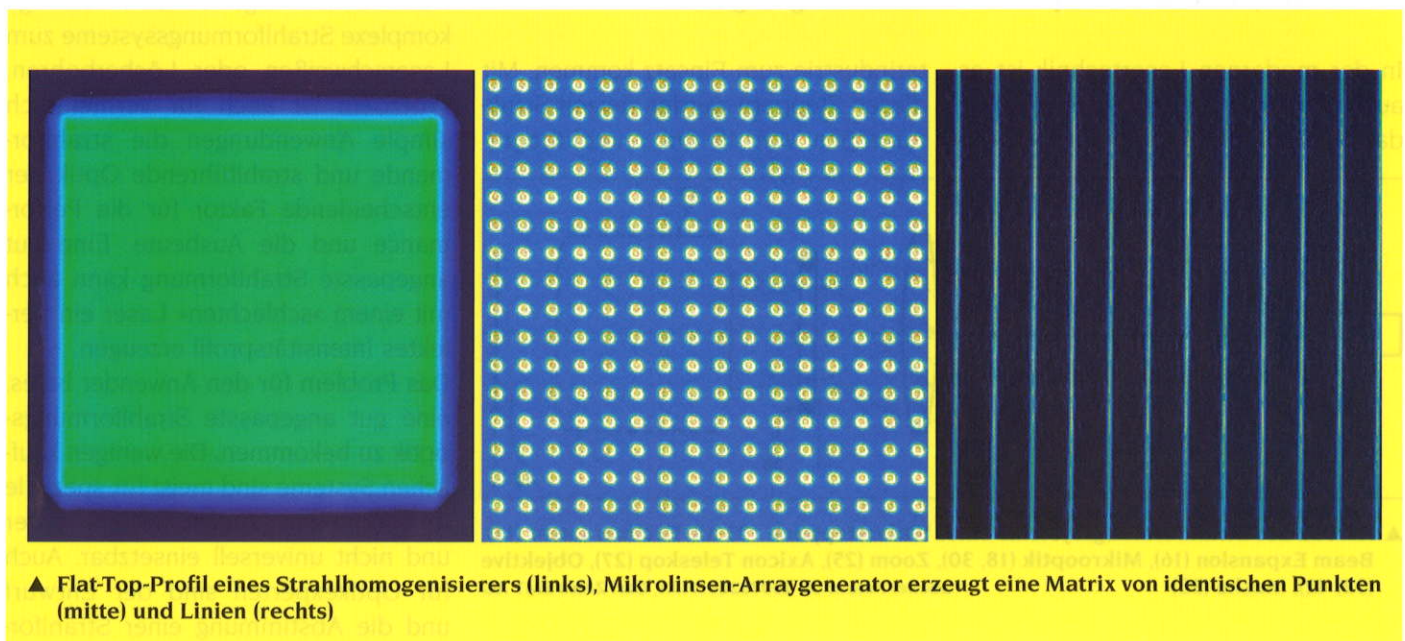
▲ **Mikrooptik-Wafer 8“ bei der Herstellung im Reinraum (links), SEM-Bild einer 8-stufigen diffraktiven Mikrolinse (oben), Random-Diffuser für High-Power Laser (unten)**

## Hochwertige Mikrooptik zur Strahlformung

Die Firma SUSS MicroOptics fertigt hochwertige Mikrooptiken zur Strahlformung für alle Arten von Lasersystemen von 193 nm bis 3 µm Wellenlänge auf Waferbasis. Bei der waferbasierten Mikrooptikfertigung werden hochentwickelte Technologien der Halbleiterindustrie wie Resistcoating, Photolithographie, reaktives Plasmaätzen

und Diffusoren eingesetzt. Für mehrstufige Systeme werden die Wafer beidseitig strukturiert oder durch Montage, Kleben oder Bonden zu einem Wafer-Stapel zusammengesetzt. Zur homogenen Beleuchtung einer quadratischen, rechteckigen oder runden Fläche werden sogenannte Wabenkondensoren eingesetzt. Zwei identische Mikrolinsenarrays im Abstand einer Brennweite und eine Fourierlinse erzeugen in der Fourierebene ein Flat-

Die hochpräzisen Mikrooptiken der SUSS MicroOptics sind weltweit bei über 100 Kunden erfolgreich im Einsatz. Typische Anwendungsfelder sind die Materialbearbeitung, Photolithographie, Solarindustrie, Bioscience, Medizin- und Messtechnik. Ein wichtiger Erfolgsfaktor ist die über 20-jährige Erfahrung in der Mikrooptik, die waferbasierte Herstellungstechnologie und die sehr enge und flexible Zusammenarbeit mit den Entwicklungsingen-



▲ Flat-Top-Profil eines Strahlhomogenisierers (links), Mikrolinsen-Arraygenerator erzeugt eine Matrix von identischen Punkten (mitte) und Linien (rechts)

(RIE) und Beschichtungstechniken (CVD, PECVD) eingesetzt.

Die planare Mikrooptik erlaubt ein gezieltes Design von nahezu beliebigen Wellenfronten. Für die Strahlformung kommen meist 8- oder 16-stufige diffraktive optische Elemente (DOE) mit Beugungseffizienzen von bis zu 98 % zum Einsatz. Mittels Schmelztechnologie und RIE können hochwertige Arrays von einigen Millionen refraktiven Mikrolinsen auf einem planaren Wafersubstrat gefertigt werden. Die Schmelztechnologie ermöglicht die Herstellung von Arrays mit einer lateralen Positionsgenauigkeit kleiner  $\pm 0,1 \mu\text{m}$  und einer Uniformität von  $\pm 1 \%$  über einen 8-Zoll-Wafer in Quarzglas, Borofloat oder Silizium. Imprint-Lithographie, Sputtering und nasschemisches Ätzen werden zur Herstellung von stochastischen Streuelementen

Top-Intensitätsprofil. Wabenkondensoren durchmischen das einfallende Laserlicht und entkoppeln die Lichtverteilung in der Arbeitsebene von etwaigen Intensitätsschwankungen des Lasers. Bei kohärenter Laserstrahlung mit sehr kleiner Strahldivergenz kann ein Wabenkondensator als Arraygenerator verwendet werden. In der Fourierebene wird eine Matrix von identischen Punkten oder Linien erzeugt.

Durch Kombination von diffraktiven und refraktiven Mikrooptiken, Streuscheiben, Masken, klassischen optischen Komponenten und Objektiven lässt sich im Prinzip jede beliebige Laserbeleuchtung erzeugen. Die erreichbare Homogenität der Laserbeleuchtung wird durch lasertypische Effekte wie Interferenz und Speckles begrenzt.

neuren und Technikern der Kunden. Die schnelle Verfügbarkeit der mikrooptischen Komponenten und eine schnelle und umfassende Beratung sind unabdingbar für eine erfolgreiche Anpassung und Optimierung eines Lasersystems.

Natürlich sollte im Idealfall das Strahlformungssystem bereits vor der endgültigen Auswahl des Lasers definiert werden.

Autor:  
Reinhard Völkel  
SUSS MicroOptics SA  
Rue Jaquet-Droz 7  
2000 Neuchâtel  
Schweiz  
Tel.: +41 32 720-5104  
Fax: +41 32 720-5713  
E-Mail: voelkel@suss.ch  
www.suss.ch