

# Herstellung von Strahlteilern mittels LPG

F.Buchmüller, F.Ahnepohl, H.Buse, H.Kreitlow

Fachhochschule Oldenburg / Ostfriesland / Wilhelmshaven, Standort Emden

<mailto:frank.buchmueller@fho-emden.de>

Eine Möglichkeit geringe, aber konstante Intensitätsanteile von Laserstrahlung auszukoppeln besteht in der Verwendung von Offaxis-Zonenplatten als Strahlteiler. Die Masken zur Erzeugung der Zonenplatten-Strukturen können mit einem Laser-Pattern-Generator (LPG) mit Strukturgrößen im Bereich von 1  $\mu\text{m}$  geschrieben werden.

## 1 Einführung

Zur Online Leistungsmessung von Hochleistungslasern, während des Bearbeitungsprozesses, ist es notwendig, kleinste Anteile der Leistung zur Messung auszukoppeln. Hierbei ist es von Vorteil, wenn der Intensitätsanteil unabhängig von Änderungen und möglichen Verschmutzungen der Optiken während des Einsatzes konstant bleibt.

Dies kann zum Beispiel durch den Einsatz von Offaxis-Zonenplatten erreicht werden. Diese können über verschiedene Diffusions- und Ätzverfahren in Trägermaterialien erzeugt werden, die für die verwendete Wellenlänge durchlässig sind: Die Offaxis-Zonenplatte koppelt einen über den Querschnitt konstanten Intensitätsanteil aus und ist daher vom Strahlprofil unabhängig. Wird die Struktur der Offaxis-Zonenplatte durch Diffusion unterhalb der Oberfläche des Trägermaterials erzeugt, ist diese weitestgehend vor Verschmutzung und Beschädigungen sowie dem Abtrag durch Hochleistungslaser geschützt.

## 2 Design der Offaxis-Zonenplatten

Zonenplatten bestehen aus konzentrischen Ringen, welche so angeordnet sind, dass sie durch Beugung einer ebenen Wellenfront einen Brennpunkt erzeugen (Abb. 1).

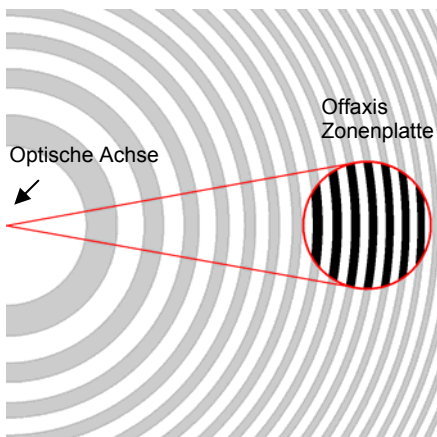


Abb. 1 Offaxis-Zonenplatte

Wird nur ein Offaxis-Ausschnitt der Zonenplatte (roter Kreis) zur Beugung verwendet, so wird die Wellenfront so gebeugt, dass neben der Erzeugung des Brennflecks auf der optischen Achse der Zonenplatte auch eine Strahlablenkung erzielt wird. Durch die Änderung der Ringstruktur kann die Zonenplatte für verschiedene Wellenlängen auf unterschiedliche Brennweiten und Ablenkungswinkel ausgelegt werden.

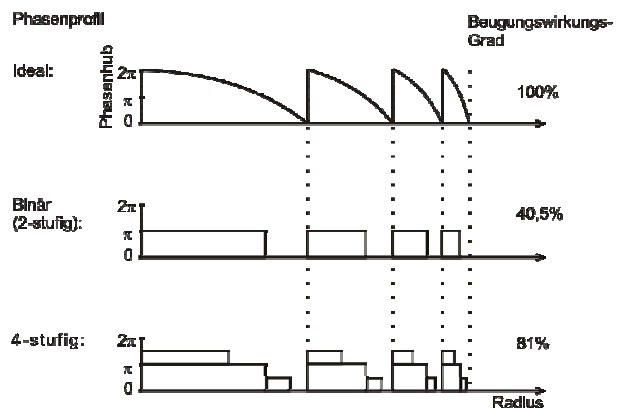


Abb. 2 Beugungseffizienz diverser Strukturen

Durch Variation der Zonenplattenstruktur wird die Beugungseffizienz festgelegt und damit der ausgekoppelte Intensitätsanteil des Laserstrahls beeinflusst (Abb. 2). Für messtechnische Aufgaben empfiehlt sich ein Auskoppelanteil im Promillebereich, für spezielle Strahlführungsvorgänge sind jedoch auch hochprozentigere Auskoppelgrade vorstellbar.

Wie aus Abb. 2 zu entnehmen ist, wird die Beugungseffizienz durch das Profil und den Phasenhöhe in der beugenden Struktur bestimmt.

## 3 Herstellung der Offaxis-Zonenplatten mit LPG

Der Laser Pattern Generator (LPG) ist ein direkt schreibendes System und erzeugt die Struktur der Zonenplatte auf lithografischer Basis. Ein mit Fotoresist beschichtetes Substrat wird auf einem Verschiebetisch, dessen Positioniergenauigkeit 25nm beträgt, unter dem fokussierten Strahl eines Helium-Cadmium-Lasers bewegt. Eine Software steuert

ert das Zusammenspiel zwischen dem Verschiebetisch, dem Bild-Daten-System (BDS) und dem Akusto Optischen Modulator (AOM) (Abb. 3). Die Fokussteuerung arbeitet autark. Die Fokussierung erfolgt mit einem Mikroskopobjektiv hoher Numerischer Apertur. Die verwendete Wellenlänge des He-Cd-Lasers beträgt 442nm.

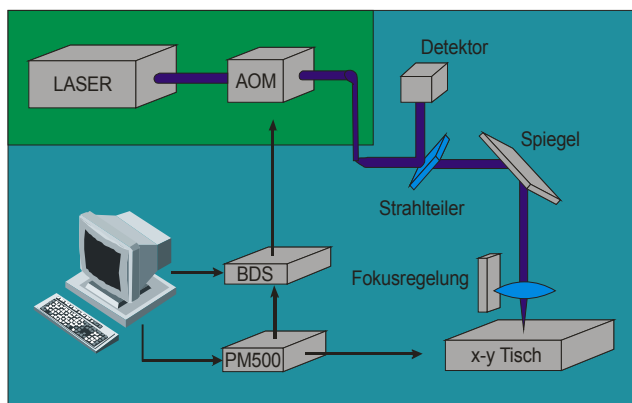


Abb. 3 Blockschaltbild des LPG Belichtungssystems

#### 4 Optimierungen des LPG zur Erzeugung mehrstufiger Strukturen

Mit binären Strukturen lassen sich theoretische Beugungseffizienzen von 40,5% erreichen, werden höhere Effizienzen benötigt, müssen die Strukturen ein mehrstufiges Profil aufweisen. Auch für niedrigere Beugungseffizienzen kann es notwendig sein, andere als binäre Strukturen zu verwenden. Bei idealen kontinuierlichen Profilen kann eine Beugungseffizienz von 100% erreicht werden. Durch die Modulation der Laserintensität oder der Verfahrensgeschwindigkeit während der Fotolackbelichtung kann mit dem LPG eine mehrstufige Struktur erzeugt werden. Zusätzlich kann durch den Einsatz von Immersion der Fokussierdurchmesser verkleinert, die Tiefenschärfe erhöht (Abb. 4 und 5) und damit die Strukturbreite verkleinert werden. Für vorgegebene Strukturbreiten hängt die schreibbare Stufenzahl von dem mit der Fokussieroptik erzielbaren Brennfleckdurchmesser ab.

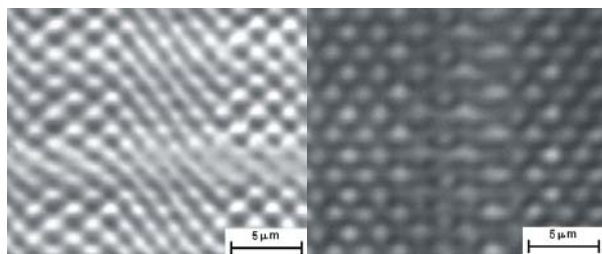


Abb. 4+5 Zweidimensionale Struktur durch gepulste Belichtung während des linearen Vorschubs ohne (links) und mit (rechts) Immersion

Mit diesen Modifikationen des LPGs lassen sich nahezu beliebige Profile mit einer Auflösung von weniger als 1µm schreiben.

#### 5 Raster-Kraft-Aufnahmen mehrstufiger, mit dem LPG geschriebener Strukturen

Durch die in 4 beschriebenen Parametervariationen können mit dem LPG unterschiedliche Profilstrukturen hergestellt werden. Wenn alle Parameter optimal dem Prozess angepasst sind, können nahezu kontinuierliche Profilverläufe realisiert werden. (Abb. 6 und 7).

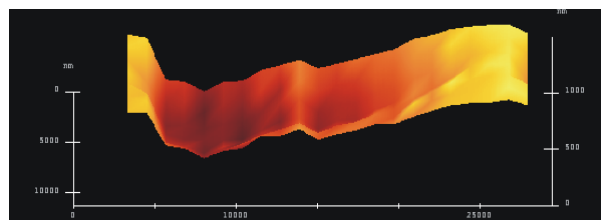


Abb. 6 Struktur durch Modulation der Intensität

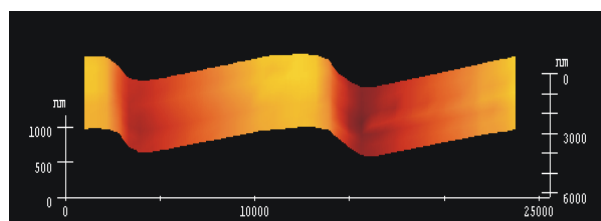


Abb. 7 Struktur mit optimierten Parametern

Mit dem Einsatz von Immersion erhöht sich die Fokussierung. Dadurch lassen sich Profile mit Unterstrukturen erzeugen (Abb. 8).

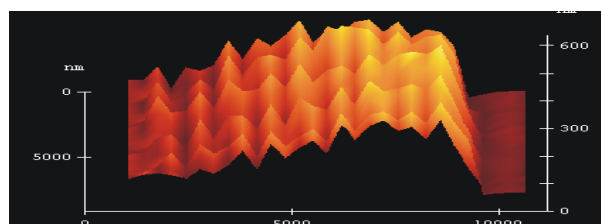


Abb. 8 Profil mit Unterstrukturen

#### 6 Zusammenfassung

Es wurde ein direkt schreibendes Belichtungssystem (Laser Pattern Generator, LPG) zur strukturierter Fotolackbelichtung entwickelt. Die kleinsten erzielten Strukturbreiten betragen 800nm ohne Immersion bei Verwendung einer Belichtungswellenlänge von 442nm.

Es wurden Strukturen mit unterschiedlichen Profilverläufen und Unterstrukturen hergestellt.