

Herstellung Diffraktiv Optischer Elemente mittels Nahfeldlithografie

H.Buse, F.Ahnepohl, F.Buchmüller, R.Parkin*, H.Kreitlow

Fachhochschule Oldenburg / Ostfriesland / Wilhelmshaven Constantiaplatz 4 26723 Emden

* Mechanical and Manufacturing Engineering / Loughborough University Leicestershire LE11 3TU UK

<mailto:hauke.buse@fho-emden.de>

Um den Beugungswirkungsgrad Diffraktiv Optischer Elemente (DOEs) zu erhöhen, ist die Herstellung von Unterstrukturen notwendig, die Strukturbreiten im Submikrometerbereich erfordern. Eine Möglichkeit hierzu stellt die Nahfeldlithografie (SNOL Scanning Nearfield Optical Lithography) dar.

1 Einführung

Durch den Einsatz des Scanning Nearfield Optical Lithography (SNOL) -Systems kann die Begrenzung durch die optische Auflösung umgangen werden. Wie in Abb.1 zu erkennen ist, sind nur diejenigen Objektinformationen über das Nahfeld hinaus ausbreitungsfähig, die einer Struktur größer $\lambda/2$ entstammen.

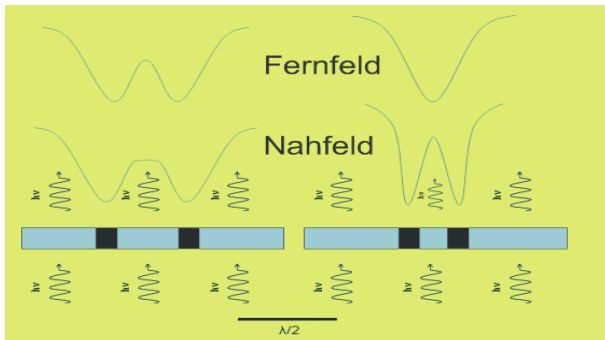


Abb. 1 Prinzip des Nahfeldes

Das SNOL wird zum Belichten der Fotolackschicht eingesetzt. Dabei wird eine ausgezogene Lichtleitfaser Spitze (Abb. 2) benutzt, die in einem Abstand von wenigen 10nm über die Oberfläche geführt wird.

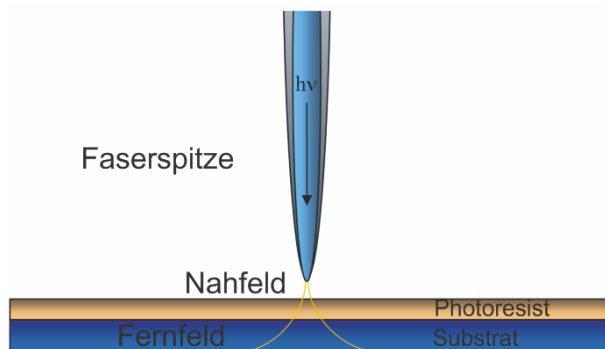


Abb. 2 Schema der SNOL / Rasterkopf mit Spitze

Durch die kleine Apertur der Faser von ca. 100nm und den geringen Abstand zur Oberfläche können Strukturen im Sub-Mikrometerbereich erzeugt werden.

2 Aufbau des SNOL-Systems

Über einen Akustooptischen Modulator (AOM), zur Steuerung der Laserintensität wird der Laserstrahl eines He-Cd Lasers über eine Lichtleitfaser mit ausgezogener Spitze auf das mit Fotolack beschichtete Substrat gelenkt. Die Abstandsregelung der Faserspitze erfolgt über Scherkraft-Wechselwirkung.

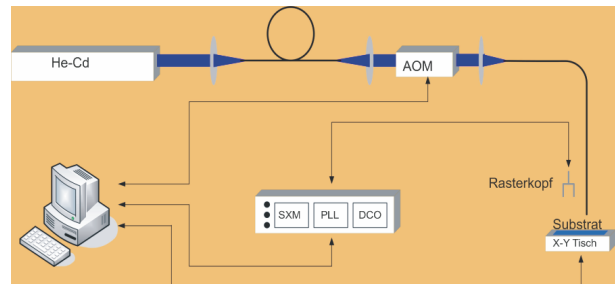


Abb. 3 Blockschaltbild des SNOL- Systems

Dabei wird die Faserspitze mittels eines Zitterpiezos in Schwingungen versetzt. Ab einem Abstand der kleiner ist als 30nm, wird die Schwingung der Spitze durch die Scherkraft-Wechselwirkung gedämpft. Diese Dämpfung wird durch einen Stimmgabel-Piezo gemessen.

Faserspitzenherstellung

Zur Spitzenherstellung wird die äußere Ummantelung (Coating) der Monomode Glasfaser vor dem Eintauchen in 40%ige Flusssäure nicht entfernt.

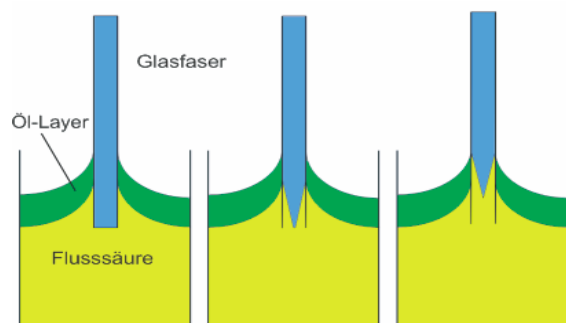


Abb. 4 Prinzipskizze zur Spitzenherstellung durch Ätzen

Aufgrund gravitiver Entfernung der Glasabbauprodukte entsteht ein Konzentrationsgefälle in der Flusssäure, die eine Konvektion hervorruft. Die Konvektion fördert die Flusssäure in den oberen Randbereich der Spitze, die sich somit kegelförmig ausbildet (Abb.5)

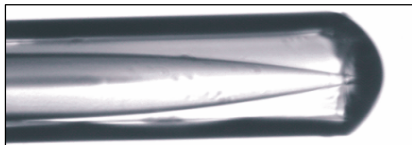


Abb. 5 Faserspitze nach dem Ätzen

Im Anschluss an das Ätzen wird das verbleibende Coating chemisch entfernt (Abb.6) und die Spitze metallisiert. Durch Anätzen bzw. Lift-Off Verfahren wird in einem weiteren Prozessschritt eine Apertur am Ende der Faserspitze geschaffen.

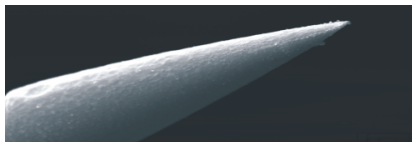


Abb. 6 Faserspitze nach dem Entfernen des Coatings

3 Lithografie auf konfokaler Basis

Eine Alternative zu dem genannten Fotolack-Belichtungs Verfahren stellt die Lithografie mittels eines konfokalen Aufbaus dar (Abb.7/8). Mit diesem ist es möglich eine Fotolackschicht ebenfalls im Submikrometerbereich zu strukturieren und das Ergebnis zu charakterisieren.

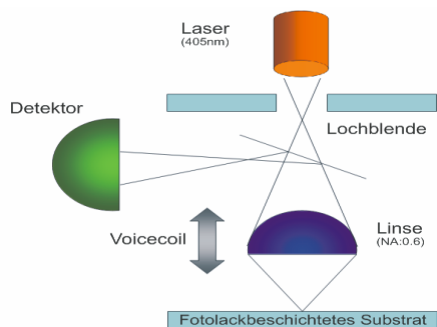


Abb. 7 Prinzip des Konfokal - Systems

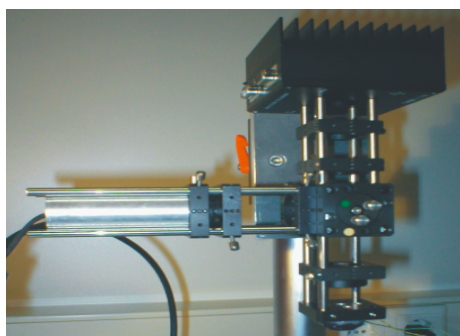
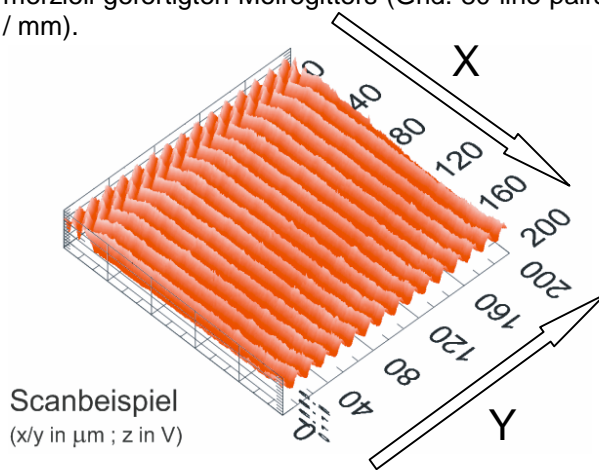


Abb. 8 Konfokal - System

Der verwendete Laser besitzt eine Wellenlänge von $\lambda=405\text{nm}$. Abb. 9 zeigt den Scan eines kommerziell gefertigten Moiregitters (Grid: 80 line pairs / mm).



Scanbeispiel
(x/y in μm ; z in V)

Abb. 9 Scan eines Moiregitters

4 Ergebnisse

Es wurde gezeigt, dass sowohl das SNOL- System als auch das Konfokal- System geeignet sind, um zunächst Strukturen kleiner 800nm zu erstellen (Abb.10+11). Mit kleineren Aperturen der Faserspitzen sollen im nächsten Schritt Strukturbreiten von 400nm realisiert werden.

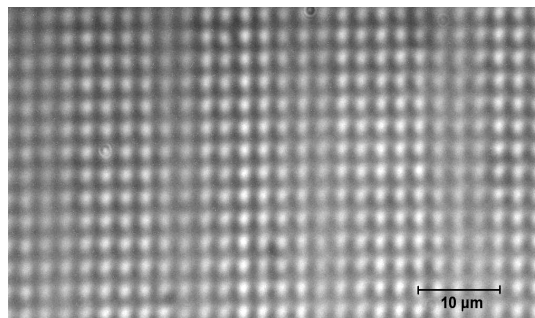


Abb. 10 Mit SNOL geschriebene DOE - Struktur

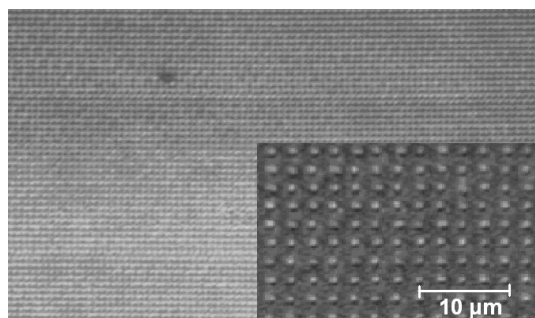


Abb. 11 Mit Konfokal- System geschriebene DOE - Struktur (Graukeil)

Literatur

- [1] Suh Y, Zenobi R, Improves Probes for Scanning Near Field Optical Microscopy, Advanced Materials, 12(15), 1139, (2000)
- [2] Physik Journal 1 (2002) Nr.3, Seite 40