

Laser-Lithographie für Mikrooptik auf gekrümmten Oberflächen

Uwe-Detlef Zeitner, Corina Gräßler



Uwe-Detlef Zeitner



Corina Gräßler

Laser-Lithographie ist eine leistungsfähige Technologie für die Herstellung mikrooptischer Elemente, wie z. B. binärer oder geblazter Gitter, Mikrolinsenarrays oder computergenerierter Hologramme. In der Vergangenheit war die Laser-Lithographie, wie die meisten anderen lithographischen Mikrostrukturierungstechnologien, auf die Herstellung von Strukturen auf ebenen Substraten beschränkt. Daneben existieren jedoch zahlreiche Anwendungen, die von hochqualitativen optischen Mikrostrukturen auf sphärischen oder beliebig gekrümmten Substraten profitieren. Beispiele sind hybride farb-korrigierte refraktiv-diffraktive Linsen, geblazte Gitter auf Sphären für Spektrometer oder Kombinationen von Mikrolinsenarrays und konventionellen Linsen für Homogenisierungsanwendungen. Zusammen mit der Firma Heidelberg Instruments wurde ein DWL400 Laser-Lithographiesystem für hochauflösende Belichtungen auf gekrümmten Oberflächen entwickelt.

In einem Laser-Lithographiesystem wird das vom Laser kommende Licht von einem Mikroskopobjektiv auf das mit Resist belackte Substrat fokussiert,

welches sich auf einem beweglichen x-y-Tisch befindet. Die Kontrolle der Laserintensität zusammen mit der Tischbewegung ermöglicht so die Belichtung eines vorgegebenen Musters. Das neu entwickelte Laser-Lithographiesystem enthält darüber hinaus substantielle Erweiterungen (siehe Abb. 1). Im x-y-Tisch sind zwei Rahmen für die Kippung des Substrats in orthogonalen Achsen integriert. Die gesamte Platte, die den Laser, die Strahlformungs- und Modulationsoptik sowie das Mikroskopobjektiv trägt, kann gekippt werden, um einen hinreichenden Verfahrensweg in z-Richtung zur Belichtung auf stark gekrümmten Substraten zu realisieren. Die Substrate können so an jedem Punkt mit der lokalen Oberfläche senkrecht zur optischen Achse der Fokussierungsoptik positioniert werden, wodurch eine hochauflösende Belichtung auch auf stark geneigten Flächen möglich wird. Alle Bewegungen sind zum Erreichen einer maximalen Positioniergenauigkeit interferometrisch kontrolliert. Die Software für Datenerzeugung und Belichtungskontrolle wurde entsprechend angepasst.

Beispiele strukturierter Konkavlinen sind in Abb. 2 dargestellt. Die linke Seite von Abb. 2 zeigt ein binäres zirkuläres Gitter auf einem Substrat mit 12,5 mm Durchmesser und einem Krümmungsradius von 50 mm. Die rechte Seite der Abb. 2 zeigt ein konkaves Substrat mit goldbeschichtetem linearem geblaztem Gitter. Beide Gitter haben 10 µm Gitterperiode.

Anwendungen von Mikrostrukturen auf gekrümmten Oberflächen umfassen neben mikrooptischen Elementen auch Strukturen für Mikrofluidik, Mikroelektronik oder Mikromechanik. Die höchsten Anforderungen an die absolute Positioniergenauigkeit der Strukturen resultieren jedoch typischerweise aus der Optik.

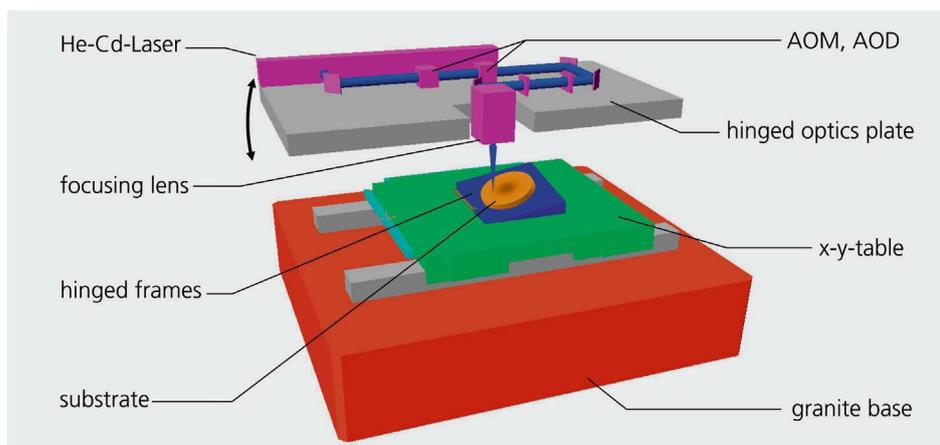


Abb. 1: Skizze des Laser-Lithographiesystems für Belichtung auf gekrümmten Substraten.

Fig. 1: Sketch of the laser lithography system for exposure on curved substrates.

Laser-lithography for micro-optics on curved surfaces

Uwe-Detlef Zeitner, Corina Gräßler

Laser-lithography is a powerful technology for the fabrication of micro-optical elements such as binary or blazed gratings, microlens arrays, computer generated holograms etc. In the past, as with most other lithographic micro-structuring techniques, laser-lithography was restricted to structure generation on plane substrates. However, there are innumerable applications which would benefit from high quality optical microstructures on spherical or arbitrarily curved surfaces. Examples include hybrid refractive-diffractive lenses for color correction, blazed gratings on spheres for spectrometers, combinations of microlens arrays and conventional lenses for homogenization. Together with the company Heidelberg Instruments a DWL400 laser lithography system has been extensively modified for the purpose of high resolution exposure on curved surfaces.

In most laser lithography systems the light coming from the laser is focused by a fixed microscope lens onto the resist coated substrate which is mounted on a moving x-y-table. By controlling the laser intensity in correlation with the table movement a predefined pattern is exposed. In addition the newly developed laser lithography system contains some substantial extensions (see sketch in Fig. 1). In the x-y-table two frames for tilting the substrate in orthogonal directions are included. The whole plate carrying the laser, the beam forming and modulating optics, and the focussing lens can be tilted to obtain a sufficiently large z-movement for exposure of curved substrates which have a large surface sag. As a result the substrates can be positioned at each coordinate with the surface normal to the axis of the focussing optics. Thus, a high resolution exposure is possible even on strongly tilted surface areas. All movements are interferometrically controlled for maximum positioning accuracy. The software for data preparation and exposure control was modified accordingly.

Examples of patterned concave lenses are shown in Fig. 2. In the left part of Fig. 2 a binary circular grating (axicon) written on a 12.5 mm diameter substrate of about 50 mm radius of curvature is displayed. The right picture of Fig. 2 shows a concave substrate with a linear blazed grating covered with a reflecting gold layer. Both gratings have a period of 10 μm . The last example is designated for application as a focusing grating in a fiber spectrometer.

Applications of micro structures on curved surfaces are not limited to micro-optical elements but can also include structures for micro-fluidics, microelectronics, or micro-mechanics. However, the highest requirements for absolute positioning accuracy of the structures are typically found in optics.

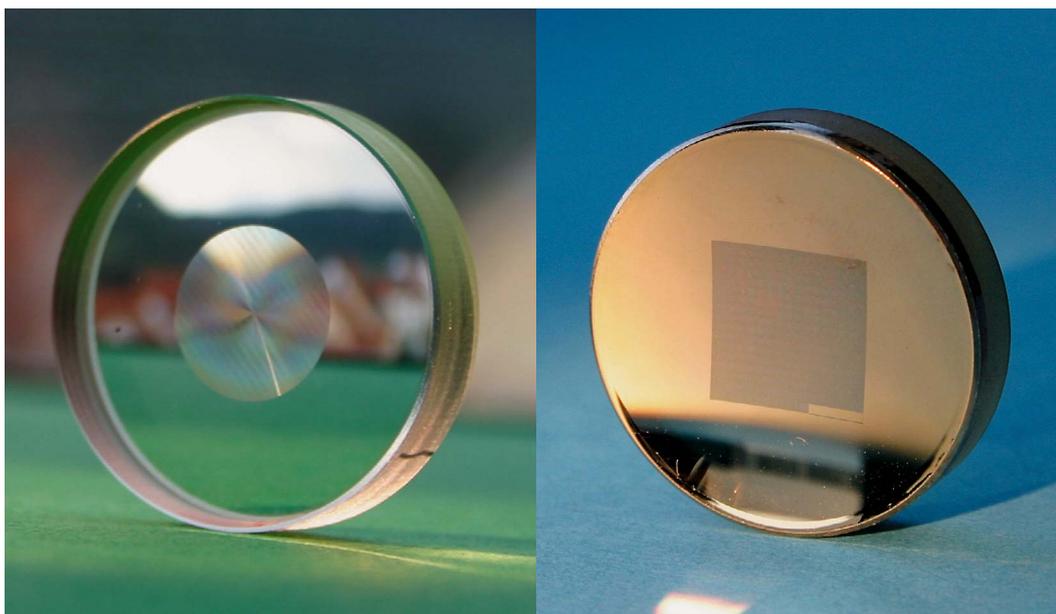


Abb. 2:
Diffraktive Strukturen auf konkaven Substraten.
Links: zirkulares binäres Gitter, Rechts: lineares geblaztes Gitter.

Fig. 2:
Diffractive structures on concave substrates.
left: circular binary grating, right: linear blazed grating.