



Uwe Detlef Zeitner



Ernst-Bernhard Kley<sup>1</sup>

Computer generierte Hologramme (CGH) sind wichtige Elemente der modernen Optik zur Generierung anwendungsspezifischer optischer Felder und Funktionen. Mit Hilfe von Mikro- und Nanostrukturen werden mit diesen Elementen vorgegebene Wellenfronten erzeugt, die mit Methoden der klassischen Optik nicht realisierbar sind. Anwendung finden CGHs z. B. in der interferometrischen Prüfung hochgenauer asphärischer Linsen, für die Aufteilung eines Beleuchtungsstrahls in eine Vielzahl gleichheller Spots (Abb. 1), für die hocheffiziente Einkopplung von Laserlicht in optische Fasern und andere Aufgaben.

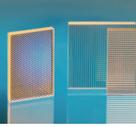
Die Herstellung von CGHs stellt höchste Anforderungen an die Technologie, mit der die erforderlichen Mikrostrukturen erzeugt werden. Am Fraunhofer IOF steht mit dem CMN-Optics eine hochmoderne Technologieplattform zur Verfügung, deren Herzstück eine Elektronenstrahlolithographieanlage SB350 OS (Vistec) ist /1/. Damit lassen sich auf Flächen bis zu 300 mm Ausdehnung Strukturen mit Auflösungen unter 50 nm realisieren /2/. Die mit dieser Anlage erreichbaren Positionier- und Überdeckungsgenauigkeiten bei der Belichtung sind ideal für die Herstellung von CGHs höchster Wellenfrontgenauigkeit geeignet. So konnte an großflächigen Pulscompressorgittern mit 100 mm x 100 mm Fläche und 500 nm Gitterperiode mittels interferometrischer Charakterisierung der Gitterstruktur in Littrow-Anordnung nachgewiesen werden, dass der strukturierungsbedingte RMS-Wellenfrontfehler unter 3 nm liegt. Um dieses Potenzial für CGHs voll nutzen zu können, wird am Fraunhofer IOF an einer Reihe von Weiterentwicklungen der gesamten Herstellungskette gearbeitet.

So werden z. B. innovative Ansätze für die Generierung der Belichtungsdaten und neuartige Substratkonzepte erforscht, bei denen die Eigenschaften der gewünschten optischen Funktion direkte Berücksichtigung finden.

Ein aktuelles Anwendungsbeispiel für den Einsatz von CGHs ist ein Astro-Objektiv, welches am Fraunhofer IOF entwickelt wird. Die für die asphärischen Spiegeloptiken notwendigen Prüf-CGHs können am IOF berechnet, hergestellt und charakterisiert werden. Abbildung 2 zeigt ein solches Prüf-CGH auf einem 150 mm Substrat. Zukünftig wird es auch möglich sein, derartige Elemente auf 230 mm bzw. 300 mm Substraten zu realisieren. Dafür erfolgt zur Zeit eine weitere technologische Aufrüstung auf dem Gebiet des Plasmaätzens, um die bei der Belichtung erreichten Genauigkeiten im Bereich von 10 nm Strukturbreitentreue auch nach der Übertragung in das Quarzsubstrat auf der gesamten Fläche sicherzustellen.

#### Literatur:

- /1/ Zeitner, U. D.; Kley, E.-B.: Lithographie der nächsten Generation für die Mikrooptik, IOF Jahresbericht 2006, S. 38.
- /2/ Zeitner, U. D.; Kley, E.-B.: Advanced Lithography for Micro-Optics, Proc. SPIE 6290, Aug. 2006.



Computer generated holograms (CGH) are important elements in modern optics used for the generation of application specific optical fields and functions. Their ability to transform incident beams into wave-fronts not known from classical optics is based upon micro- and nano-sized surface structures calculated by help of computers. Typical application examples of CGHs are the interferometric testing of high-precision aspherical lenses, the splitting of an illumination beam into a number of equal intensity spots (Fig. 1), or the highly efficient coupling of laser light into optical fibers.

The fabrication of CGHs requires an extremely demanding technology for the precise generation of the micro structures. The CMN-Optics at the Fraunhofer IOF provides a technology platform dedicated to modern high-end micro-structuring techniques for optical applications. Its core is an electron-beam lithography system SB350 OS (Vistec) /1/. This machine is capable of fabricating structures with less than 50 nm resolution on substrates with up to 300 mm extension /2/. The positioning- and overlay-accuracy achievable during pattern exposure

with the SB350 OS are ideally suited for the fabrication of CGHs showing highest wave-front precision. As an example we were able to demonstrate large area pulse-compression gratings of 100 mm x 100 mm size and 500 nm grating period with a lithography caused RMS-wave-front error of less than 3 nm. For the wave-front measurement the grating structure has been placed in front of a plane wave interferometer under Littrow-mount. In order to make this potential available for the CGH fabrication a number of further developments of the whole technology chain are currently under investigation at the Fraunhofer IOF. Hot topics are e.g. innovative approaches for the generation of exposure data or completely new substrate concepts which account for the desired optical function right from the beginning.

One application example for the use of CGHs is a lens system used for an astronomical telescope which is currently under development at the Fraunhofer IOF.

The test-CGHs required for the aspherical mirrors can be completely designed, fabricated, and characterized at the IOF. An example of such a test-CGH on a 150 mm substrate is shown in Fig. 2. In the near future it will also be possible to fabricate these elements in larger size on substrates with 230 mm or 300 mm extension. For this purpose the technological instrumentation in the field of plasma etching is being updated. This is an essential step in order to assure the high structure precision of about 10 nm obtained in the lithographic exposure step also after pattern transfer into the fused silica substrate with sufficient homogeneity.

#### References:

- /1/ Zeitner, U. D.; Kley, E.-B.: Lithographie der nächsten Generation für die Mikrooptik, IOF Jahresbericht 2006, S. 38.
- /2/ Zeitner, U. D.; Kley, E.-B.: Advanced Lithography for Micro-Optics, Proc. SPIE 6290, Aug. 2006.

Abb. 1: Mikroskopaufnahme der Struktur eines binären 1-zu-32 Strahlteilers (oben) und berechnete Intensitätsverteilung der 32 Spots (unten).

Fig. 1: Microscope image of the micro-structure of a 1-to-32 beamsplitter (top) and calculated intensity distribution of the 32 spots (bottom).

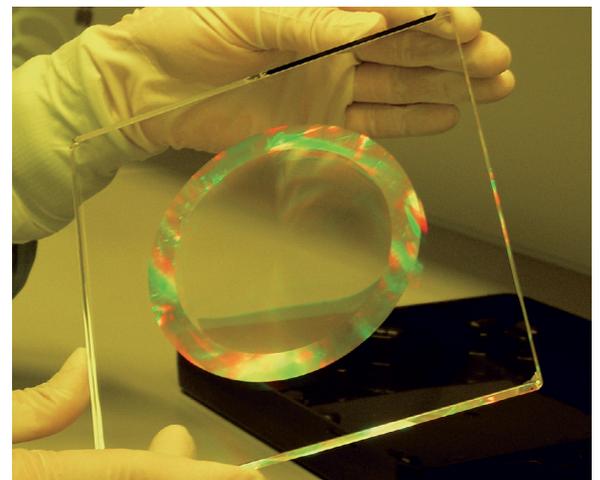
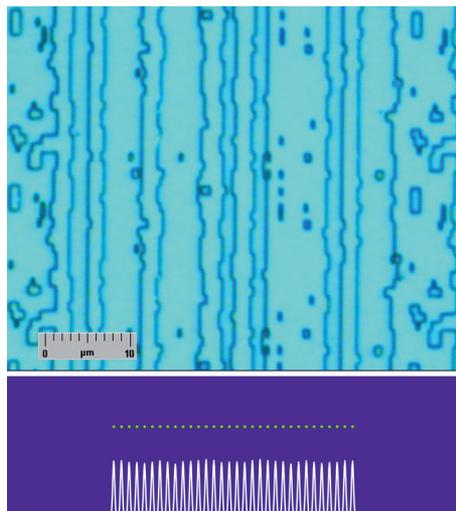


Abb. 2: Computer generiertes Hologramm für die interferometrische Prüfung von Asphären für ein Astro-Teleskop.

Fig. 2: Computer generated hologram for interferometric testing of an aspherical telescope mirror.