

Fertigung eines mikrostrukturierten Werkzeugeinsatzes zur kostengünstigen Herstellung von Hybridoptiken

K. Treptow*, S. Wagner**, C. Pruß*, A. Zimmermann***, A. Herkommer*, S. Reichelt*

*Institut für technische Optik, Universität Stuttgart

**Hahn-Schickard, Stuttgart

***Institut für Mikrointegration, Universität Stuttgart

mailto:kevin.treptow@ito.uni-stuttgart.de

Die kostengünstige Herstellung von Hybridoptiken kann durch Replikation eines mikrostrukturierten Werkzeugeinsatzes mittels Spritzprägen realisiert werden. Das Werkzeug wird mittels Laserlithografie und anschließender galvanischer Abformung hergestellt. Im Vordergrund dieses Herstellungsverfahrens liegt die Verbesserung der Lagetoleranz zwischen der diffraktiven und refraktiven Fläche.

1 Einleitung

Hybride optische Elemente bieten durch ihre refraktiven und diffraktiven Eigenschaften neue Möglichkeiten im Optikdesign. Durch die kombinierten Funktionen kann dabei auf zusätzliche Grenzflächen verzichtet werden, was die Herstellungstoleranzen verbessert und zudem den Bau- und Montageaufwand verringert. Um die Herstellungskosten zu reduzieren wird mittels Spritzprägen ein mikrostrukturierter Werkzeugeinsatz repliziert. Durch zuvor erarbeitete Prozessketten konnten erste Werkzeuge gefertigt werden. Jedoch lag die Dezentrierung zwischen refraktiver Fläche und diffraktiver Struktur bei etwa $600\text{ }\mu\text{m}$. Im Rahmen des IGF-Projektes "REDOLIS 3D" wird eine weitere Prozesskette erarbeitet, bei der das primäre Ziel die Verbesserung der Fertigungstoleranz der diffraktiven Struktur auf einer gekrümmten refraktiven Oberfläche ist.

2 Design des Messingrohlings

Um die Fertigungstoleranz zu optimieren, wird aus Messing ein Rohling mittels UPM-Fertigung hergestellt. Im Zentrum wird eine Funktionsfläche mit einem Krümmungsradius von 51 mm gedreht, auf die später die diffraktive Struktur aufgebracht wird. Außerhalb der Funktionsfläche wird zusätzlich eine Justagefläche eingearbeitet, mit deren Hilfe beim späteren Replizieren durch Spritzprägen die Zentrierunsicherheiten verringert werden soll.

3 Mikrostrukturierung

Die Strukturierung des Werkzeugeinsatzes erfolgt mit einem "Circular laser writing system" (CLWS). Der Messingrohling wird aufgrund der stark reflektierenden Oberfläche mit einer Antireflexbeschichtung und anschließend mit einem UV-sensitiven Fotolack beschichtet. Mittels Laserdirektbelichtung wird der Fotolack punktuell belichtet. Das Beleuchtungssystem folgt der Topografie des Messing-

rohlings, damit der Laserspot während des Belichtungsprozesses beugungsbegrenzt abgebildet wird. In einem nasschemischen Entwicklerbad werden die belichteten Areale herausgelöst und es entsteht die gewünschte diffraktive Struktur.

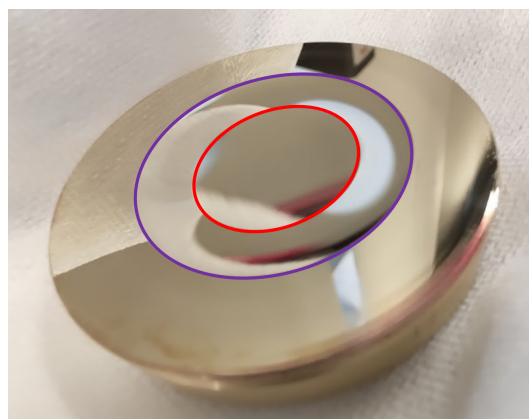


Fig. 1 UPM gedrehter Messingrohling. Rot: Funktionsfläche, Lila: Justagefläche.

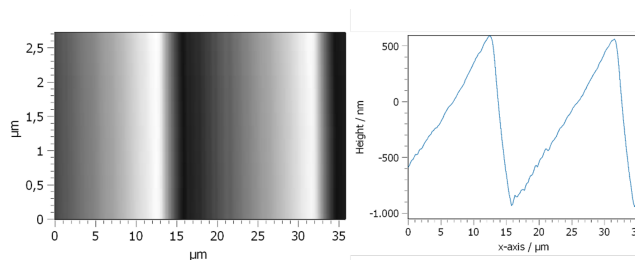


Fig. 2 Konfokalmikroskopische Messung des strukturierten Messingrohlings.

4 Ergebnisse

In Abbildung 2 ist eine konfokalmikroskopische Querschnittsmessung der diffraktiven Struktur auf dem Messingrohling dargestellt. Die Blazed-Struktur konnte mit der Sollhöhe von $1,6\text{ }\mu\text{m}$ auf

dem Messingrohling hergestellt werden. Im nächsten Prozessschritt wurde der Werkzeugeinsatz durch galvanische Nickelabformung hergestellt und mit Drahterodierung nachbearbeitet (Abb. 3). Die Mikrostrukturen konnten erfolgreich auf die Funktionsfläche übertragen werden (siehe Abb. 4).

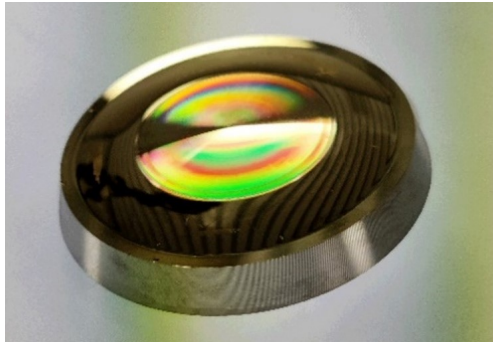


Fig. 3 Der Werkzeugeinsatz wurde durch galvanische Nickelabformung des strukturierten Messingrohlings hergestellt. Deutlich zu sehen ist die diffraktive Funktionsfläche in der Mitte des Bauteils.

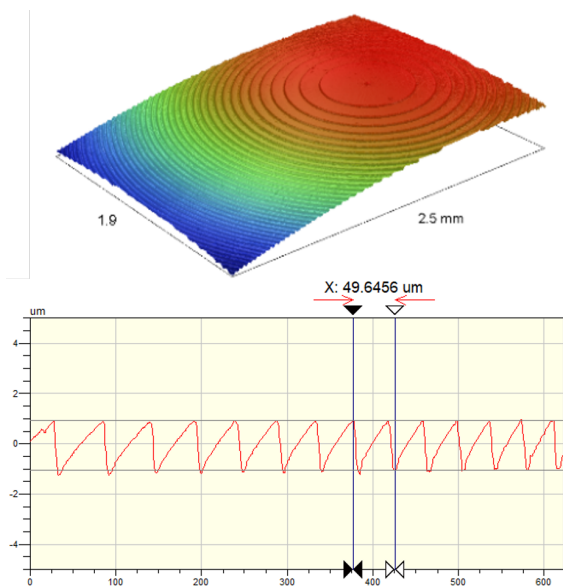


Fig. 4 Flächenhafte Messung um das Zentrum des in Abb. 3 dargestellten Bauteils.

Im letzten Prozessschritt wurde der Werkzeugeinsatz in eine Spritzprägemaschine eingebaut und einige Hybridoptiken wurden repliziert. Als Material zur Abformung wurde aufgrund der optischen Eigen-

schaften Trogamid gewählt. Die erfolgreiche Übertragung der Mikrostruktur ist in Abbildung 5 zu sehen. Durch eine flächenhafte Messung im zentralen Bereich der Optik konnte die Dezentrierung auf $44,6\mu\text{m}$ bestimmt werden. Damit konnte der Fehler um mehr als eine Größenordnung verringert werden.

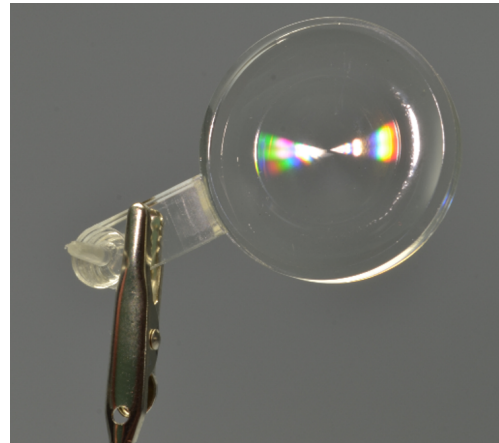


Fig. 5 Replizierte Hybridoptik mit zentraler diffraktiver Fläche.

5 Zusammenfassung

Die Verwendung eines UPM bearbeiteten Messingrohlings mit eingearbeiteter Justagefläche ermöglicht die Herstellung eines Werkzeugeinsatzes für das Spritzprägen, welches eine deutlich bessere Fertigungstoleranz der hybriden optischen Eigenschaften der replizierten Optiken aufweist.

References

- [1] Wagner S, Treptow K, Weser S, Drexler M, Sahakalkan S, Eberhardt W, Guenther T, Pruss C, Herkommer A, Zimmermann A. Injection Molding of Encapsulated Diffractive Optical Elements. *Micromachines* (Basel). 2023 Jun 9;14(6):1223. doi: 10.3390/mi14061223. PMID: 37374806; PMCID: PMC10301352..
- [2] Roeder M., Thiele S., Hera D., Pruss C., Guenther T., Osten W., Zimmermann A. (2019). Fabrication of curved diffractive optical elements by means of laser direct writing, electroplating, and injection compression molding. *Journal of Manufacturing Processes*. 47. 402-409. 10.1016/j.jmapro.2019.10.012.