

Untersuchung und Anwendung von Schmelzackstrukturen in der Mikrooptik

T. Paul, K.-H. Brenner



UNIVERSITÄT
HEIDELBERG
ZUKUNFT
SEIT 1386

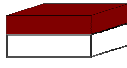
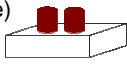
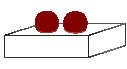
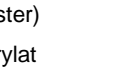
Motivation:

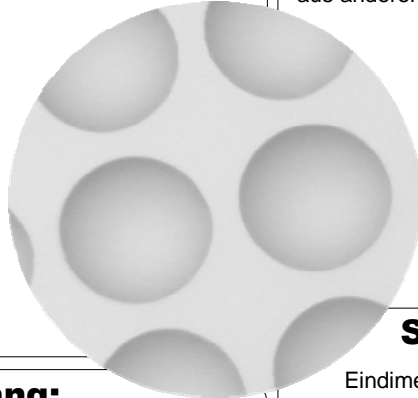
Ein wichtiges Verfahren zur Herstellung von Mikrolinsen ist die Schmelzacktechnik [1]. Die Form der Linsenoberfläche ergibt sich dabei aus dem Wechselspiel von Adhäsionskraft und Oberflächenspannung. Wählt man als Basisfläche die Kreisfläche, so ergeben sich nach dem Schmelzprozess sphärische Strukturen. Weitere Gestaltungsmöglichkeiten ergeben sich durch eine allgemeinere Strukturierung der Basisfläche. Durch die Wahl eines Rechtecks als Basisfläche können z. B. auch Zylinderlinsen hergestellt werden.

Design und Herstellung:

Grundmaterial ist der Photolack AZ9260. Dieser liefert die benötigten Schichtdicken, günstige Entwicklungszeiten und thermische Eigenschaften.

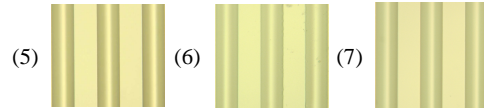
Herstellungsschritte:

- Belackung (Glassubstrat) 
- Chrommaske (Lithographie) 
- Belichtung (Maskaligner) 
- Entwicklung 
- „Thermal Reflow“
- Abformung mit PDMS (Master)
- Vervielfältigung mit UV-Acrylat

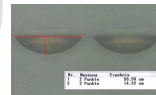


Replikation:

Durch die hohe Blauabsorption eignet sich der Photolack AZ9260 nicht sehr gut als Linsenmaterial. Mit einem Master lassen sich die Strukturen leicht aus anderen Materialien vervielfältigen.



Genauere Abformung von Lackzylinderlinsen (5) in PDMS (6) und anschließend in UV-Acrylat (7). Die Geometrie der Struktur kann eins zu eins vervielfältigt werden.



Resultat des Schmelzvorgangs für entwickelte Lackzylinder sind Kugelkappen. Diese Form entspricht der Theorie (4).

Theorie Schmelzvorgang:

Idee: Betrachtung des Prinzips der Oberflächenminimierung (1) unter Volumenerhaltung (2)

$$(1) \quad dA = \sqrt{1 + (\partial_x h)^2 + (\partial_y h)^2}$$

$$A = \iint \sqrt{1 + (\partial_x h)^2 + (\partial_y h)^2} dx dy = \int_0^{2\pi} d\phi \int_0^R r \sqrt{1 + (\partial_r h)^2} dr$$

$$(2) \quad V = \iint h(x, y) dx dy = \int_0^{2\pi} d\phi \int_0^R h r dr = const$$

Die Minimierung lässt sich über eine Euler-Lagrange-Gleichung (3) realisieren:

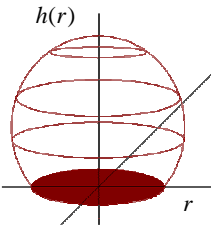
$$(3) \quad \frac{d}{dr} \frac{\partial}{\partial (\partial_r h)} L - \frac{\partial}{\partial h} L = 0$$

$$L = \lambda r \sqrt{1 + (\partial_r h)^2} - hr$$

λ ist der Minimierungsparameter.

Die Lösung ist die Kugelgleichung (4).

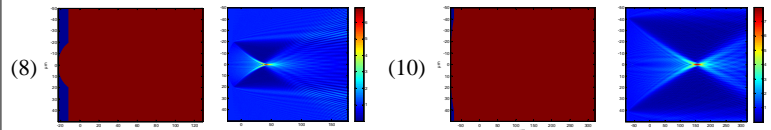
$$(4) \quad h(r) = \sqrt{4\lambda^2 r^2 - r^2} + c$$



Simulation und Fokalverlauf:

Eindimensionale Berechnung (WPM) [2] des Fokalverlaufs für unterschiedliche Linsentypen:

• Variation von ROC und Scheitelhöhe



Simulation verschiedener Linsenstrukturen, Berechnung der Fokussintensität von einer ebenen Welle ausgehend:

- ROC 23 μm , Scheitelhöhe 11,5 μm (8)
- ROC 23 μm , Scheitelhöhe 30 μm (9)
- ROC 60 μm , Scheitelhöhe 11,5 μm (10)

Da die unterschiedlichsten Foki herstellbar sind, können die Strukturen für verschiedene Aufgaben konstruiert werden

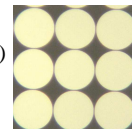
Anwendungsgebiete:

Sphärische Mikrolinsenarrays:

- Entwicklung einer Lichtfeldkamera [3] zur wellenoptischen Rekonstruktion von plenoptischen Kamerabildern

(11) Array mit ROC 860 μm ,
Scheitelhöhe 1,9 μm

(11)



(12)

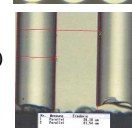


(12) Lichtfeld, Kameraaufnahme

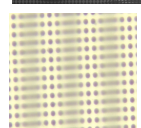
Zylinderlinsen für Linienrasterbilder:

- in der Sicherheitstechnik
- Anwendung in Hologrammbildern

(13)

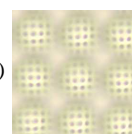


(14)

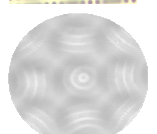


Vermessung Zylinderlinsen (13),
Acrylzylinderlinsen auf 50 μm
Substrat über Testmuster (14),
Kugellinsen auf 50 μm Substrat über
Testmuster (15) und über
konzentrischen Kreisen (16)

(15)



(16)



[1] D. Daly, R. F. Stevens, M. C. Hutley, N. Davies, "The manufacture of microlenses by melting photoresist", Measurement Science and Technology. Bd. 1. BRISTOL: IOP PUBLISHING LTD, S. 759-766, (1990)

[2] K.-H. Brenner, W. Singer, "Light propagation through microlenses: a new simulation method", Appl. Opt. 32, No. 26, 4984-4988, (1993)

[3] A. Junker, Tim Stenau, K.-H. Brenner, "Wave optical reconstruction of plenoptic camera images", 7th International Workshop on Advanced Optical Imaging & Metrology (Fringe 2013), pp 117-122, DOI: 10.1007/978-3-642-36359-7_14, ed. W. Osten, 08.-11.09.2013, Nürtingen, (2013)