

Gradientindex Linsenherstellung

Anwendung eines Multimaterial-Roboter-Dispensers

Mike Dohmen*, Andreas Heinrich*

*Zentrum für Optische Technologien, Hochschule Aalen

<mailto:mike.dohmen@hs-aalen.de>

Ein neuartiger Ansatz für die additive Fertigung, der sich auf die robotergestützte Mikrodosierung von Multimaterialien konzentriert, wird anhand einer gedruckten Gradientenindexlinse vorgestellt. Das verwendete Material ist ein acryliertes Polymer, das mit Nanopartikeln durchsetzt ist.

1 Einführung

Optische Systeme werden immer komplexer und kleiner. Gradientenindex (GRIN) Linsen können dabei ein hilfreiches Mittel sein, um optische Bauteile zu miniaturisieren. Im Gegensatz zu konventionellen Linsen bei denen die Lichtbrechung durch die geometrische Form der Linse bestimmt wird, wird bei einer GRIN Linse die Lichtbrechung durch die Variation des Brechungsindex innerhalb der Linse erreicht. Die Lichtbrechung in einer planparallelen GRIN Linse ist in Abb. 1 dargestellt.

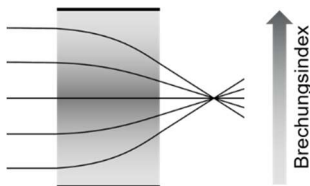


Abb. 1 Verlauf der Lichtstrahlen innerhalb der Linse

Um möglichst flexibel in der Herstellung von GRIN Optiken zu sein, wäre ein additives Herstellungsverfahren von Vorteil. Der Ansatz der hier verfolgt wird besteht im Wesentlichen aus zwei Schritten, die schichtweise wiederholt werden. Zuerst wird ein Grundmaterial mittels drop-on-demand auf das Substrat aufgetragen. Um einen Gradienten zu erzeugen wird im Anschluss ein zweites Material mit einer anderen Brechzahl aufgetragen, wobei Muster und Anzahl der Tropfen die Brechungsindexverteilung bestimmt. Aus dem Ansatz ergeben sich drei Anforderungen. Zum einen wird ein Aufbau benötigt, der beliebig Tropfen auftragen kann. Um diesen zu steuern wird ein Slicer benötigt und als drittes werden Materialien mit verschiedenen Brechzahlen benötigt, die schnell polymerisiert werden können. Hier werden dafür Ultra Violett (UV) sensitive Acrylharze verwendet. Dieser Ansatz für ein solches wird im Folgenden genauer vorgestellt.

2 Aufbau und Materialien

Der Aufbau besteht aus drei wesentlichen Bestandteilen. Zum Tropfenauftrag werden sogenannte Mikrodispenser (Vermet MDS 3280+) verwendet, für jedes Material ein Dispenser. Mit diesen können Nano- und Milliliter Volumina wiederholgenau aufgetragen werden. Zur X-Y-Z-Zustellung wird ein Roboter (Universal Robot 3) verwendet. Als Bauplattform wird eine additive gefertigte Plattform verwendet, auf die verschiedene Substrate platziert werden können. Diese ist auf einer Linearachse befestigt. Zur Aushärtung befindet sich am Ende der Linearachse eine UV-Box mit einer 385 nm UV-LED. Dieser Aufbau ist in Abb. 2 zu dargestellt.

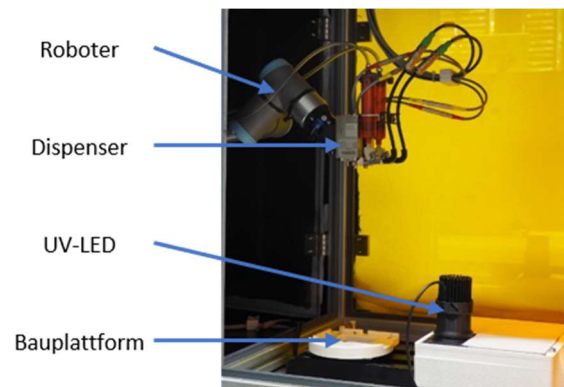


Abb. 2 Versuchsaufbau

Als Grundmaterial wird „Detax Luxaprint mould“ verwendet mit einem Brechungsindex von 1,479. Als Dotierungsmaterial wird das Grundmaterial mit Titandioxid Nanopartikeln vermischt. Dazu werden 0,05 Gew% mit Hilfe eines Lösungsmittels eingebracht. Der Brechungsindex verändert sich nach der Vermischung auf 1,477.

3 Berechnung

Zur Herstellung einer Probe müssen der Roboter und die Dispenser angesteuert werden. Dabei muss dem Roboter ein Array von Koordinaten übermittelt werden und den Dispensern analog dazu ein Array

mit der Anzahl an Tropfen bei jeder Koordinate. Um einen punktförmigen Tropfenauftrag zu realisieren kann das Substrat als Raster aus Pixeln angesehen werden. Auf dieses Raster können über den Bresenham-Algorithmus verschiedene Formen diskretisiert werden [1]. Die Proben die hier untersucht werden sind immer kreisförmig. Das bedeutet für die Form des Grundmaterials muss zuerst ein Kreis inklusive der Innenfläche rasterisiert werden. Ist dies geschehen werden die einzelnen Tropfen mäanderförmig in einem Array aneinandergehängt, um dem Roboter einen entsprechenden Bewegungspfad vorzugeben. An jedem der berechneten Punkte wird dann die vorher festgelegte Anzahl an Tropfen aufgetragen. In Abb. 3 ist ein solcher rasterisierter Kreis inklusive des Roboter Pfads schematisch dargestellt.

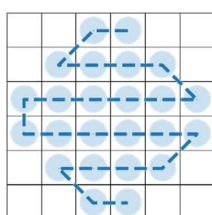


Abb. 3 Rasterisierung eines Kreises mit Roboterpfad

Auf dieses Grundmaterial-Raster wird nun ein zweiter Kreis mit dem dotierten Material aufgetragen. Dafür muss zuerst die gewünschte Dotierungskonzentration definiert werden. In Abb. 4 ist ein Beispiel einer Dotierungskonzentration zu sehen, welche über die folgende Funktion für die Konzentration im Querschnitt definiert ist:

$$f_{dopant}(x) = a * x^2 - b * x^4$$

Mit x als Position im Querschnitt und a und b als Faktoren. Diese Konzentration wird nun auf den Dotierungskreis projiziert. Dafür wird für jeden Punkt auf dem rasterisierten Konzentrationskreis der Abstand zum Mittelpunkt berechnet. In Abb. 4 ist dieser Abstand mit einem grünen und gelben Pfeil dargestellt. Mit dem jeweiligen Abstand wird die Konzentrationskurve geschnitten und so die Dotierungskonzentration für den jeweiligen Punkt ermittelt. Da es aufgrund der Tropfencharakteristik immer eine ganze Zahl an Tropfen sein muss, wird die Konzentration noch in eine Tropfenanzahl umgerechnet, abhängig von der vorher definierten Maximalkonzentration. Das Ergebnis einer einfachen Konzentration ist in Abb. 4 dargestellt.

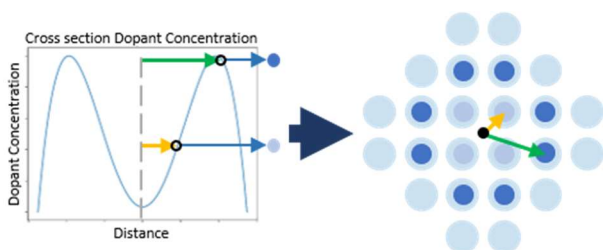


Abb. 4 Dotierungskonzentration und dotierte Tropfenmatrix

Dieses Verfahren kann auch dreidimensional angewendet werden, indem ein dreidimensionales Objekt in Schichten unterteilt wird und jede Schicht rasterisiert wird. Ein Beispiel hiervon ist in Abb. 5 dargestellt.

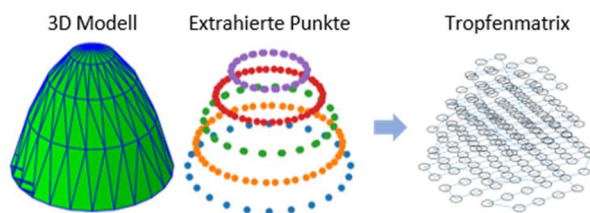


Abb. 5 Von einem 3D-Modell zur Tropfenmatrix

4 Ergebnisse

Mit diesem Verfahren wurden einige Proben hergestellt. Ein Beispiel ist in Abb. 6 zu sehen. Das Schaubild zeigt die Tropfenmatrix mit Grundmaterial und Dotierungsmaterial. Dabei ist das Dotierungsmaterial in blau dargestellt, wobei ein dunklerer Blauton eine höhere Anzahl an Tropfen bedeutet. In dem Bild der hergestellten Probe ist ein farblicher Verlauf sichtbar, welcher analog zum Schaubild ist und die Dotierung mit TiO_2 widerspiegelt. Ein leichter optische Effekt in Form einer Verzerrung der Linien ist ebenfalls sichtbar.

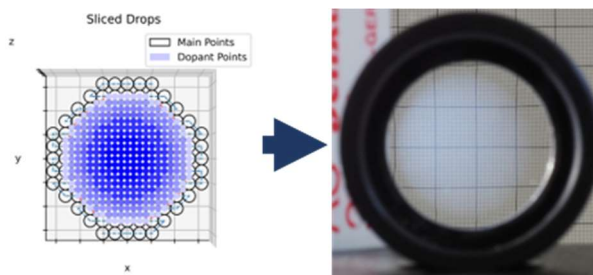


Abb. 6 Tropfenmatrix und gedruckte Probe

5 Ausblick

Die Ergebnisse zeigen, dass an drei Stellen nachgebessert werden muss. Zum einen muss eine präzisere X-Y-Zustellung integriert werden, um die Tropfen präziser zu platzieren. Desweiteren haben sich Luftblasen nach dem Auftrag der Tropfen als eine Herausforderung herausgestellt, die mittels Wärme entfernt werden könnten. Das größte Potential für eine Verbesserung der Proben würden allerdings besser auf einander abgestimmte Materialien ergeben.

Literaturverzeichnis

- [1] Pitteway, M. L. (1967). Algorithm for drawing ellipses or hyperbolae with a digital plotter. In *The Computer Journal*, Volume 10, Issue 3 (S. 282-289).