

3D Druck ermöglicht kleinste komplexe Mikro-Objektive

3D Druck hat in den letzten Jahren die Herstellung von komplizierten Formen revolutioniert. Mithilfe von serieller Auftragung, bei der Punkt für Punkt oder Linie für Linie geschrieben wird, könnten auch die komplexesten Bauteile schnell und einfach realisiert werden. Diese Methode steht jetzt auch für optische Bauteile zur Verfügung. Forscher der Universität Stuttgart haben einen Kurzpulslaser in Kombination mit optischem Fotolack benutzt, um optische Linsen herzustellen, die kaum größer als ein menschliches Haar sind.

Dabei wird der Femtosekundenlaser, der eine Pulsdauer von weniger als 100 Femtosekunden besitzt, mithilfe eines Mikroskops in einen flüssigen Fotolack fokussiert, der vorher zum Beispiel auf einem Glasplättchen oder auf einer Glasfaser aufgebracht wurde. Zwei Photonen des roten Laserstrahls mit der Wellenlänge 785 nm werden im Brennpunkt gleichzeitig absorbiert und belichten ihn. Dadurch härtet der Fotolack. Der Laserstrahl kann mit einem Scanner oder durch Verfahren des Substrates in alle drei Raumrichtungen die gewünschte Form abfahren, die hergestellt werden soll. Nach der Belichtung wird der unbelichtete Fotolack mithilfe eines Lösungsmittels gewaschen, und nur das gehärtete, durchsichtige Polymer bleibt zurück und bildet das optische Element.

Dadurch lassen sich mit einer Submikrometer-Genauigkeit optische Freiformflächen herstellen. Die große Präzision erlaubt, nicht nur die üblichen kugelförmigen Linsen herzustellen, sondern auch die idealeren Flächen wie Paraboloide oder sogar Asphären höherer Ordnung. Gerade auch mehrlinsige Objektive, die geeignet sind, um Abbildungen mit höchster Qualität zu erhalten, werden durch dieses Verfahren erstmals möglich.

Doktorand Timo Gissibl aus der Arbeitsgruppe von Prof. Harald Giessen am 4. Physikalischen Institut druckte solche Mikroobjektive, die nur 125 µm Durchmesser hatten und etwa 125 µm hoch waren, auch auf Glasfasern. Damit lassen sich ganz neuartige und kleinste flexible Endoskope verwirklichen, die dazu geeignet sind, auch in kleinste Öffnungen des Körpers oder in Maschinen Untersuchungen vorzunehmen. Das Optikdesign, also der Bauplan dazu, stammte im Rahmen einer Zusammenarbeit im Stuttgarter Zentrum für Photonic Engineering (SCoPE) vom Doktoranden Simon Thiele aus der Arbeitsgruppe von Prof. Alois Herkommer am Institut für Technische Optik.

Timo Gissibl druckte seine optischen Freiformflächen und seine Miniatur-Mikroskop-Objektive auch direkt auf CMOS-Chips, die somit einen extrem kompakten Sensor darstellten. Mit einer solchen Optik könnten kleinste Kameras für Drohnen realisiert werden, die nicht mehr viel größer als eine Biene wären, oder auch kleinste Sensoren für selbstfahrende Autos, autonome Roboter oder für Maschinen der Industrie 4.0. Auch kleinste Körpersensoren und Rundum-Kameras für Handys sind vorstellbar.

Die Forscher konnten ihre Optiken auch mit Beleuchtungssystemen kombinieren. Dadurch kann die Optik einer LED, die das Licht in eine bestimmte Richtung konzentriert, extrem verkleinert werden. Auch Lichtstrahlen, die die Form eines offenen Rings, eines Dreiecks oder eines flachen Rechtecks besitzen, wurden mit solchen Miniatur-Freiform-Optiken realisiert.

Die Stuttgarter Forscher glauben, daß mithilfe des 3D Drucks eine ganz neue Ära in der Fertigung von Miniaturoptiken anbricht. „Der Zeitraum von der Idee über das Optikdesign zum CAD-Modell und zum fertigen, gedruckten 3D Mikro-Objektiv verkürzt sich auf unter einen Tag“ sagt Professor Harald

Giessen. „Damit eröffnen wir ähnliche Möglichkeiten, wie sie seit einigen Jahren beim Computer-Integrated Manufacturing im Maschinenbau und in der Metallverarbeitung bestehen.“

Das Projekt, das im Rahmen der „Spitzenforschungs-Initiative“ der Baden-Württemberg-Stiftung gefördert wurde, arbeitet eng mit der Industrie zusammen. Das Startup-Unternehmen Nanoscribe, eine Ausgründung des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) in Karlsruhe, baut die hochpräzisen 3D Drucker mit integriertem Femtosekunden-Laser. Die Firma Carl Zeiss aus Oberkochen berät die Forscher in allen Fragen der Optik. Und die Weltmarktführer im Bereich Endoskopie sitzen ebenfalls in Baden-Württemberg.

Ansprechpartner:

Prof. Dr. Harald Giessen, 4. Physikalisches Institut, Universität Stuttgart,
Email: giessen@physik.uni-stuttgart.de, Tel: 0711-6856-5111

Referenzen:

Two-photon direct laser writing of ultracompact multi-lens objectives

T. Gissibl, S. Thiele, A. Herkommer, and H. Giessen

Nature Photonics **10** (2016).

DOI: 10.1038/NPHOTON.2016.121

Sub-micrometre accurate free-form optics by three-dimensional printing on single-mode fibres

T. Gissibl, S. Thiele, A. Herkommer, and H. Giessen

Nature Communications **7**, 11763 (2016).

Ultra-compact on-chip LED collimation optics by 3D-printing

S. Thiele, T. Gissibl, H. Giessen, and A. Herkommer

Opt. Lett. **41**, 3029 (2016).