

Berichte aus der Lasertechnik

Sebastian Heidrich

**Abtragprozesse und Prozesskette zur laserbasierten
Fertigung optischer Elemente aus Quarzglas**

Shaker Verlag
Aachen 2014

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Zugl.: D 82 (Diss. RWTH Aachen University, 2014)

Copyright Shaker Verlag 2014

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-2926-0

ISSN 0945-084X

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Berichte aus der Lasertechnik

Sebastian Heidrich

**Abtragprozesse und Prozesskette zur laserbasierten
Fertigung optischer Elemente aus Quarzglas**

Shaker Verlag
Aachen 2014

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Zugl.: D 82 (Diss. RWTH Aachen University, 2014)

Copyright Shaker Verlag 2014

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-2926-0

ISSN 0945-084X

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Abtragprozesse und Prozesskette zur laserbasierten Fertigung optischer Elemente aus Quarzglas

ISBN 978-3-8440-2926-0

Die Fertigung optischer Elemente aus Glas wird derzeit entweder über iteratives Schleifen und Polieren oder über das Blankpressverfahren realisiert. Dabei werden große Anforderungen hinsichtlich resultierender Rauheit und Formgenauigkeit bis in den Nanometerbereich gestellt. Für Optiken mit sphärischer Oberflächenform können diese Anforderungen in nahezu beliebiger Stückzahl und vielfältigen Durchmessern verhältnismäßig schnell und damit kostengünstig erfüllt werden. Asphären und Freiformflächen können jedoch aufgrund der komplexeren Oberflächenform lediglich mit längerer Bearbeitungsdauer und damit zu bedeutend höheren Preisen gefertigt werden.

In der Dissertation „Abtragprozesse und Prozesskette zur laserbasierten Fertigung optischer Elemente aus Quarzglas“ werden daher Grundlagen für eine laserbasierte Optikfertigung erarbeitet, welche die kostengünstige Fertigung von Optiken mit komplexer Oberflächenform ermöglichen soll. Dazu werden in der Dissertation zwei Abtragprozesse entwickelt, welche mit einem Laserpolierprozess zu einer Prozesskette verbunden werden. Vorteil dieser Prozesskette im Vergleich zu etablierten Fertigungsverfahren ist die Entkopplung von Werkzeug und Werkstück und eine sich dadurch ergebende große Flexibilität bei der zu bearbeitenden Oberflächenform. Dadurch ist die Prozesskette besonders zur Fertigung von asphärischen bzw. freigeformten Optiken geeignet.

Der erste Abtragprozess wird zur Formgebung verwendet. Dabei soll ein großes Materialvolumen in kurzer Zeit von der Ausgangsoberfläche entfernt und somit die gewünschte Oberflächenform hergestellt werden. Bei diesem Prozess werden Abtragraten von $20 \text{ mm}^3/\text{s}$ unabhängig von der Komplexität der herzustellenden Oberflächenform erzielt, was im Vergleich zum aktuellen Stand der Technik eine Vergrößerung um den Faktor 240 entspricht. Der zweite Abtragprozess wird dazu verwendet, die nach dem Laserpolieren verbleibende Rauheit zu verkleinern. Dazu muss Material selektiv mit Auflösungen $\leq 100 \mu\text{m}$ in lateraler und $\leq 30 \text{ nm}$ in vertikaler Richtung abgetragen werden. Für beide Prozesse werden sowohl CO_2 - als auch Ultrakurzpuls-Laserstrahlung hinsichtlich ihrer Eignung und ihrer jeweiligen Vor- und Nachteile für die betrachteten Prozesse untersucht.

Zur Demonstration der Einsatzfähigkeit der Prozesskette werden die Einzelschritte exemplarisch kombiniert und sowohl auf flachen Oberflächen als auch zur Erstellung eines Demonstratorbauteils mit asphärischer Oberfläche verwendet. Dabei wird beim Demonstratorbauteil die gleiche Abtragrate und damit kurze Bearbeitungszeit erzielt wie bei der Herstellung nicht gekrümmter Oberflächen. Abschließend wird auf weitere zur wirtschaftlichen Umsetzung des Verfahrens benötigte Untersuchungen eingegangen sowie ein Ausblick auf zu erwartende Verbesserungen gegeben.