

## Kurzzusammenfassung

Mit dem Ziel, die Güte abbildender Beugungsgitter zu erhöhen, wurden in der vorliegenden Arbeit die zwei Verfahren Mikroumformung mittels Furchen sowie Ultrapräzisionsstoßen hinsichtlich ihrer technologischen Grenzen untersucht und optimiert. Eine weitere Verschiebung der strukturellen Grenzen von Form- und Feingestalt erfolgte durch Verwendung eines Trockenätzverfahrens mit gezielt angepasstem Ätzratenverhältnis. Die resultierend aufgestellte Prozesskette ermöglicht die Fertigung von Optiken, die die separaten diffraktiven und abbildenden Funktionen einzelner Optiken in einer monolithischen Optik vereinen.

Da die Fertigung von Beugungsgittern mit Strukturhöhen von  $h < 100$  nm für Ultrapräzisionsmaschinen einen Grenzbereich darstellt, erfolgten umfangreiche Modifikationen der Versuchsmaschine. Durch die Verwendung eines indirekten Messverfahrens konnte eine Reduktion verbleibender kinematischer Fehler erreicht werden.

Hinsichtlich der Strukturierung mittels Ultrapräzisionsstoßen wurden die Einflüsse der krümmungsabhängigen Zerspanungsparameter für die Materialien Gold, RSA Aluminium und Nickel-Phosphor untersucht und modelliert. Die ergänzende, materialunabhängige Beurteilung sowie die kausale Zuordnung der Oberflächendefekte resultieren aus PSD-Analysen. Aus den erhobenen Daten konnten neben den Parametermodellen Korrekturfaktoren abgeleitet werden, die den Stand der Technik hinsichtlich der Berechnung von Kräften der Mikrozerspanung um den Aspekt des Spanwinkels erweitern.

Eine weitere Erhöhung der Güte der mechanisch gefertigten Optiken wurde mittels Atomstrahlätzen erreicht. Dabei erfolgt eine Reduktion der begrenzten Rauheit sowie der verbleibenden Strukturhöhenstreuung.

## Abstract

With the aim of increasing the quality of imaging diffraction gratings, the two production processes micro-forming and ultra-precision shaping were investigated and optimized in this work regarding their technological limits. To push the structural limits of the shape and the microstructure, a dry atom beam etching process (ABE) with a specifically adapted etching rate ratio was employed. The resulting process chain enables the production of optics that combine the separate diffractive and imaging functionalities of individual optics in one monolithic element.

Due to the structural heights of  $h < 100$  nm of diffraction gratings, the production is limited even for ultra-precision machine tools. Therefore, the experimental machine tool was extensively modified. To reduce kinematic errors, an indirect measuring method is introduced, which enables a mathematical compensation.

With regard to the structuring by ultra-precision shaping, the influences of the curvature-dependent cutting parameters are investigated and modeled for the materials gold, RSA aluminum and nickel-phosphorus. The supplementary, material-independent assessment as well as the causal allocation of the surface defects is carried out by PSD-analyses. In addition to the determined parameter models, the collected data is used to identify correction factors, which extend the state of the art of micro-machining forces calculation considering the rake angle.

A further increase in the quality of the mechanically manufactured optics is achieved by means of ABE. This results in a reduction of roughness and the remaining structure height deviations.