

## Quasioptische Terahertz Bauelemente

Stefan Busch

Die Entwicklung von quasioptischen Bauelementen ging einher mit der Entwicklung von Mikrowellen- und THz-Systemen. Während erstere bereits vielfältigste Verwendung in den Bereichen Kommunikation und zerstörungsfreies Messen finden, beschränkt sich die Anwendungen von THz-Systemen bis auf wenige Ausnahmen noch auf wissenschaftliche Anwendungsfelder. Für den Einsatz von THz-Zeitbereichsspektroskopie-Systemen als zerstörungsfreie Messmethode werden häufig spezielle quasioptische Systemkomponenten benötigt.

Ein Beispiel für eine auf eine Messaufgabe individuell angepasste Optik wird Anhand eines Inline-Messsystems zur 100% Kontrolle von Bahnprodukten demonstriert. Durch die Unterteilung des THz-Pulses in zeitlich und räumlich getrennte Sub-Pulse kann eine parallele Messung erreicht werden, die bei gleichbleibender Messgeschwindigkeit und identischer Komponentenanzahl wie bei einem Ein-Zonen-Messsystem und somit bei gleichen Kosten bis zu 20 Messstellen gleichzeitig erfasst.

Dieses Beispiel zeigt deutlich den Bedarf an schnellen und einfachen Entwicklungsmöglichkeiten von THz-Optiken. Die Messaufgaben sind häufig noch sehr speziell, die Stückzahlen sehr gering und selbst bei seriengefertigten Systemen lohnt sich die Herstellung von Komponenten im Spritzgussverfahren oft nicht. Für Einzelstücke und Kleinserien wurde in vielen Bereichen der 3D-Druck als kostengünstiges und effektives Fertigungsverfahren etabliert. In der vorliegenden Arbeit werden die Möglichkeiten dieser Technik für die Herstellung von quasioptischen THz-Bauelementen untersucht. Es werden verschiedene Verfahren evaluiert und die Eignung unterschiedlichster Materialien aus den Aspekten der THz-Transparenz, der Druckbarkeit, sowie der Verfügbarkeit bewertet.

Die Vorstellung von quasioptischen Bauelementen vor dem Hintergrund der Anwendbarkeit in zukünftigen Messsystemen nimmt den zweiten Teil der Arbeit ein. Zunächst wird auf die Eignung von mittels Axicons erzeugter Gauß-Bessel-Strahlen mit einem sehr langen Fokus für die Untersuchung von Proben im Rahmen der zerstörungsfreien Prüfung eingegangen. Im Anschluss hieran wird das Konzept der Alvarez-Linse erläutert und basierend auf der Theorie weitere Alvarez-Optiken präsentiert und charakterisiert. Die teils komplexen Oberflächen-Geometrien konnten mittels des 3D-Druckers hergestellt werden. Dieses Konzept erlaubt es, verschiedenste optische Eigenschaften durch eine transversale Verschiebung von Bauelementen zu verändern, was bei der Entwicklung von kompakten und variablen Messsystemen von Vorteil sein kann.

Das Konzept, optische Eigenschaften durch die transversale Verschiebung von Bauteilen zu verändern wird im weiteren Verlauf der Arbeit nochmals aufgegriffen. Es werden zwei Beugungsgittertypen vorgestellt, bei denen durch die Verschiebung von Teilgittern gegeneinander die Strahlung in unterschiedliche Beugungsordnungen gelenkt werden kann. Gleichzeitig wird demonstriert, dass sich auch Beugungsgitter mittels 3D-Druck herstellen lassen. Anhand der Beispiele zweier unterschiedlich komplexer diffraktiver optischer Elemente (DOEs) wird aufgezeigt, wo die Grenze der Herstellbarkeit mittels 3D-Druck verläuft.

Dielektrische Schichten, deren Dicke im Bereich der Wellenlänge der verwendeten Strahlung liegt, zeigen eine große Doppelbrechung und hohe Dispersion. Diese Eigenschaften wurden ausgenutzt, um Wellenplatten, Prismen und Gradient-Index-Optiken herzustellen. In die Bauteile können Federstrukturen integriert werden, die es erlauben, die physikalischen Eigenschaften der Bauteile variabel zu gestalten und somit einstellbare Bauteile zu realisieren.

Den Abschluss der Arbeit stellt die Erprobung von 3D-gedruckten Wellenleitern für 120 GHz dar. Neben einfachen Zweifachsplittern wurde auch ein Multimodeninterferenzsplitter erprobt. Bei dem vorgestellten variablen Koppler handelt es sich um ein komplexeres Bauteil, das mit Hilfe des 3D-Druckers in einem Arbeitsschritt hergestellt werden konnte.