

Projekt

Integrierte Nanooptik (NanoInt)

Koordinator:

Carl Zeiss Jena GmbH
Dr. Mario Sondermann
Carl-Zeiss-Promenade 10
07745 Jena
Tel.: 03641 642942
E-Mail: mario.sondermann@zeiss.com

Projektvolumen:

1,9 Mio € (ca. 50% Förderanteil durch das BMBF)

Projektlaufzeit:

01.04.2014 bis 31.03.2017

Projektpartner:

- ➔ Carl Zeiss Jena GmbH
- ➔ Carl Zeiss AG, Oberkochen
- ➔ ORAFOL Fresnel Optics GmbH, Apolda
- ➔ Friedrich-Schiller-Universität Jena

Photonik fit für die Zukunft: integrierte Mikrophotonic

Seit der Erfindung der Elektrizität hat kaum eine Technologie so umfangreich Einzug in den menschlichen Alltag gehalten wie der integrierte elektronische Schaltkreis. Diesen Erfolg verdankt die Siliziumelektronik einer beispiellosen Miniaturisierung und Automatisierung. Der Photonik stand eine entsprechende Plattformtechnologie bislang nicht zur Verfügung. Zahlreiche unterschiedliche Materialien zur Erzeugung, Manipulation und Detektion von Licht sowie hohe Anforderungen an die Justierung erschwerten sowohl eine zur Siliziumelektronik analoge Miniaturisierung als auch eine vergleichbare Automatisierung der Herstellung. Dennoch werden seit geraumer Zeit auch in der Photonik erhebliche Anstrengungen unternommen, die systemischen Vorteile der Mikrointegration so weit wie möglich zu übernehmen. Die Anwendungen sind vielfältig: Von der Telekommunikation über die Konsumelektronik bis zur Anlagensteuerung stellt die Möglichkeit, ein optisches System zu miniaturisieren, die notwendige Bedingung für die Realisierung innovativer Produkte dar. Deutsche Unternehmen partizipieren auf vielfältige Weise und überaus erfolgreich am Weltmarkt für mikrooptische Systeme. Für den sich abzeichnenden Wandel hin zur mikrooptischen Integration befinden sie sich in einer sehr guten Ausgangsposition. Vom Design über Mikrostrukturierung und Materialintegration bis zur Aufbau- und Verbindungstechnik zielt die Fördermaßnahme „Integrierte Mikrophotonic“ darauf ab, das erforderliche Know-How für die optische Mikrointegration in Verbundprojekten zu erarbeiten und für eine breite Verwendung verfügbar zu machen. Das BMBF stellt für die Partner dieser Förderinitiative in zwölf Verbundprojekten etwa 40 Mio. Euro bereit.



Bild 1: 2D-Array aus 9100 Mikroprojektoren auf einem 4"-Wafer, Dicke 3 mm. (Quelle: Fraunhofer IOF)

Mit Nanostrukturen zu neuen optischen Eigenschaften

Je mehr die physikalischen Freiheitsgrade des Lichts von einer optischen Komponente beeinflusst werden können, desto gezielter lässt sich das Licht im Sinne der jeweiligen Anwendung beeinflussen und steuern. Verwendet man Strukturen mit Abmessungen in der Größenordnung der Wellenlänge des Lichts, lassen sich Komponenten herstellen, die nicht mehr nach dem bekannten Prinzip der Lichtbrechung funktionieren, wie man es von optischen Linsen her kennt, sondern nach dem der Lichtbeugung. Der neu hinzugewonnene Freiheitsgrad ist dann die Wellennatur des Lichts, die gegenüber der klassischen Lichtbrechung zusätzliche Einflussmöglichkeiten, wie etwa die gezielte Veränderung der Phase dieser Welle erlaubt. Holographie wäre ohne die Beherrschung der Welleneigenschaften des Lichts undenkbar.

Durch weitere Verkleinerung der Strukturen und eine gezielte Auswahl der Materialien aus denen sie aufgebaut sind, lassen sich dann zusätzlich die elektrischen und magnetischen Feldanteile der Lichtwelle kontrolliert beeinflussen. Mit solchen nanophotonischen Komponenten, zu denen beispielsweise Metamaterialien, plasmonische Elemente und photonische Kristalle zählen, lassen sich Eigenschaften verwirklichen, die bislang für unmöglich gehalten wurden, wie etwa negative Brechungsindizes oder eine optische Abbildung, die das Beugungslimit einer klassischen Linse übertrifft.

Praxistauglichkeit durch Abdeckung empfindlicher Nanostrukturen

Optisch wirksame Nanostrukturen konnten bislang nicht für alle Anwendungen zum Einsatz kommen, für die ihre besondere Funktionalität dies nahelegen würde. Zum einen ist die Herstellung solcher Nanostrukturen immer noch aufwändig und damit teuer, zum anderen sind diese Strukturen sehr empfindlich gegenüber chemischen und mechanischen Einflüssen.

Das vorliegende Verbundprojekt beabsichtigt, im Hinblick auf den zweiten Aspekt entscheidende Fortschritte zu erarbeiten, die darin bestehen, die empfindlichen Strukturen abzudecken oder ganz in ein anderes Material einzubetten, so dass die Struktur externen, schädigenden Einflüssen vollkommen entzogen ist.

Ein solches Vorhaben ist mit erheblichen Unwägbarkeiten verbunden, da die optischen Eigenschaften einer derartigen, eingebetteten Struktur noch weitgehend unbekannt sind. Es sind daher umfangreiche theoretische Studien und Simulationen verschiedener Einbettungsvarianten durchzuführen, um die gewünschte Funktion der Mikrostruktur auch im vergrabenen oder abgedeckten Zustand zu erreichen. Ebenso müssen verschiedene Verfahren zur Herstellung solcher geschützten Strukturen erforscht werden. Es ist wesentlich, dass die Struktur durch die Einbettung nicht verändert wird. Die Umhüllung muss vollständig sein und darf keine Einschlüsse anderer Materialien enthalten oder sonstige Inhomogenitäten aufweisen.

Die Schwierigkeiten der technischen Realisierung geschützter Nanostrukturen haben bis heute eine erfolgreiche Realisierung des Konzepts verhindert. Das Konsortium beabsichtigt, an dieser Stelle einen Durchbruch zu erzielen und den beteiligten Firmen diesbezüglich eine weltweite Technologieführerschaft zu verschaffen.



Bild 2: Links abgebildet die REM-Aufnahme eines ungeschützten Metallstreifenpolarisators aus Wolfram für den DUV-Spektralbereich, daneben die Prinzipskizze einer vollständig eingebetteten und rechts einer abgedeckten Struktur. (Quelle: Friedrich Schiller Universität Jena, Institut für angewandte Physik)