

Projekt

Hocheffiziente Generation der Dritten Harmonischen in optischen Schichtstrukturen (THG-Schicht)

Koordinator:

Prof. Dr. Detlev Ristau
Laser Zentrum Hannover e.V.
Hollerithallee 8
30419 Hannover
Tel.: 0511 / 2788 - 240
E-Mail: d.ristau@lzh.de

Projektvolumen:

1,1 Mio € (Förderquote 100%)

Projektlaufzeit:

01.12.2016 bis 30.11.2019

Projektpartner:

- Laser Zentrum Hannover e.V., Hannover
- Universität Hannover, Hannover

Das Fundament der Photonik von Übermorgen

Die Grundlagenforschung stößt auf immer neue Phänomene und Effekte, die auf der Wechselwirkung des Lichts mit Materie beruhen. Für die jeweilige Grenze experimentell gewonnenen Wissens gilt dabei im Allgemeinen, dass sie auch den aktuellen Stand des technischen Vermögens definiert, solche Effekte und Phänomene überhaupt beobachtbar zu machen. Entsprechend sind die jeweiligen Experimente regelmäßig mit einem hohen Aufwand an Personal und Material verbunden.

Werden nun unter den vielen von der Forschung hervorgebrachten Erkenntnissen solche identifiziert, die ein hohes Potenzial für konkrete technische Anwendungen versprechen, so sind fast immer erhebliche Entwicklungsarbeiten erforderlich, um das im Labor beobachtete Phänomen in einer effizienten, d.h. insbesondere in einer bezahlbaren Weise für eine möglichst große Anzahl technischer Anwendungen nutzbar zu machen.

Die Projekte der Bekanntmachung „Photonik Plus – Neue optische Basistechnologien“ haben zum Ziel, Arbeiten zu solchen Erkenntnissen der optischen Grundlagenforschung zu unterstützen, die bisher nicht oder nur unterkritisch für eine praktische Anwendung erschlossen werden konnten.

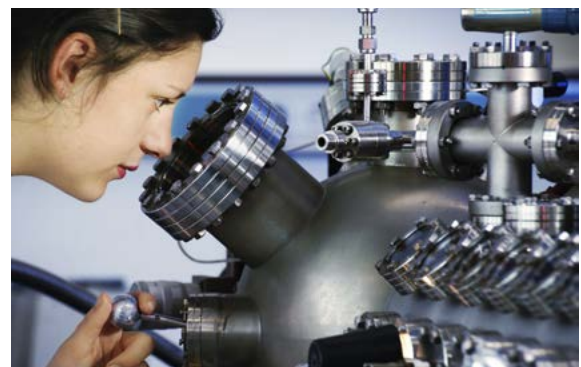


Bild 1: Neue optische Effekte erfordern zu ihrer erstmaligen Beobachtung regelmäßig einen weit höheren Aufwand, als er für eine praktische Anwendung vertretbar wäre.
(Quelle: iStock/ Maartje van Caspel)

Frequenzkonversion von Laserstrahlung als Werkzeug

Anwendungen der Erzeugung von höheren harmonischen Laserfrequenzen haben sich sowohl im technischen als auch im wissenschaftlichen Alltag fest etabliert. Insbesondere die Konversion des Lichtes in die Frequenzverdoppelte ist ein alltäglicher Prozess, der selbst in Niedrigpreisanwendungen, wie bei grünen Laserpointern Verwendung findet. Die Erzeugung der Dritten Harmonischen der Laserstrahlung ist mit einem deutlich größeren technologischen Aufwand verbunden, und die Konversionseffizienz ist bei begrenzten Lebensdauern der Konversionsstufen erheblich geringer. Mit Blick auf die damit verbundenen höheren Kosten solcher Systeme existieren gegen die Anwendung der entsprechenden Wellenlängen insbesondere im technischen Bereich erhebliche Vorbehalte.

Die Frequenzkonversion in dielektrischen, optischen Schichtsystemen bietet im Vergleich zu den konventionellen Frequenzvervielfachern eine ganze Reihe von Vorzügen. Der kompakte und justagefreie Aufbau verleiht dem Konzept einen deutlichen Vorteil gegenüber den kristall-basierenden Konvertern, bei denen die Strahlführung, die Polarisation, die Strahlwege bis hin zur Pulsüberlappung exakt gewährleistet sein müssen. Diese Anpassungen sind bei den Dünnschichtkonversionskomponenten nicht oder nur in geringerem Maße erforderlich. Zudem ist die Wahl der Kristallarten und der Kristallorientierungen für jeden Konversionsprozess anzupassen. Dieses erfordert einen hohen Aufwand, der sich sowohl in der reduzierten Betriebssicherheit der komplexen Aufbauten als auch in einem hohen finanziellen Aufwand widerspiegelt. Ein großer Vorteil von Dünnschichtkonversionskomponenten ist hier zusätzlich in der geringen Konversionslänge in amorphen Schichten zu sehen, die gegenüber den kristall-basierten Systemen eine erheblich verbesserte Strahlqualität und mithin eine höhere räumliche Auflösung bedeutet. Auch wenn höhere Harmonische in dünnen dielektrischen Schichten generiert werden können, stellt die geringe Schichtdicke eine Herausforderung für die Realisierung hoher Konversionseffizienzen dar. Genau hier setzen die Arbeiten des Forscherverbundes an. Durch eine geschickte Wahl der Schichtfolge und der Beschichtungsmaterialien wird in einem Schichtsystem eine periodische Struktur erzeugt, die eine phasenangepasste Verstärkung der dritten Harmonischen der Laserstrahlung erzeugt. Im Gegensatz zu konventionellen Summenfrequenzmischungen wird dabei die Phasenanpassung durch die Wahl der Schichtenfolge realisiert. Dies reduziert insbesondere bei der Generation der dritten Harmonischen (THG) den technologischen Aufwand im Vergleich zu den heute etablierten, zweistufigen Konversionsprozessen.

Dünnschichtoptiken mit verbesserter Leistungsfähigkeit

In dem Forscherverbund THG-Schicht soll ein völlig neues Funktionsprinzip zur direkten Generation der Dritten Harmonischen im ultravioletten Spektralbereich auf der Grundlage von dielektrischen Schichtsystemen verfolgt werden. Zielsetzung des Forscherverbundes mit der Leibniz Universität Hannover sowie des Laser Zentrums Hannover ist es, eine belastbare Verständnisbasis zu diesem neuartigen THG-Konzept speziell für den UV-Bereich zu erlangen. Das technologische sowie wirtschaftliche Potenzial des Ansatzes soll anhand eines Schichtsystems mit einer THG-Konversionseffizienz von mindestens 15% demonstriert und abschließend fundierte Abschätzungen zur weiteren Skalierbarkeit sowie zu den Umsetzungsmöglichkeiten des Verfahrens in konkrete Produkte durchgeführt werden.

Dieses sind essentielle Faktoren für viele Anwendungen der Strahlquellen beispielsweise in Lasermaterialbearbeitungsprozessen, der Messtechnik oder der Medizin. Nicht zuletzt basiert die Herstellung der Dünnschichtkomponenten auf etablierten Beschichtungsmethoden, die sowohl eine präzise und reproduzierbare Herstellung der Schichtsysteme gestatten als auch eine weitreichende Skalierbarkeit der Komponenten ermöglichen.



Bild 2: Generation der dritten Harmonischen in einem Schichtsystem unter Bestrahlung mit einem fs-Laser. (Quelle: University of New Mexico)