

Projekt

Nano-Akusto-Mechanik mit Integriertem Laser (NAMIL)

Koordinator:

Prof. Dr. Manfred Bayer
Technische Universität Dortmund
Otto-Hahn-Straße 4a
44227 Dortmund
Tel.: 0231 – 755 3532
E-Mail: manfred.bayer@tu-dortmund.de

Projektvolumen:

500.000 € (Förderquote 100%)

Projektlaufzeit:

01.09.2016 bis 31.08.2019

Projektpartner:

- TU Dortmund
- Universität Würzburg
- nanoplus GmbH, assoziiert

Das Fundament der Photonik von Übermorgen

Die Grundlagenforschung stößt in ihrem unermüdlichen Tun 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)

Ultraschnelle Akustik als Basis für zerstörungsfreie Materialanalysen

Während des letzten Jahrzehnts wurde im Bereich der Grundlagenforschung das hohe Potential der ultraschnellen Akustik für hochpräzise Materialanalysen demonstriert. So fanden Untersuchungen an Nanomaterialien oder biologischen Zellen statt. Diese Methodik ist vergleichbar zum weithin bekannten Ultraschall, nur mit drastisch unterschiedlichen Betriebsparametern: Während beim Ultraschall die Schallwellen Frequenzen bis in den MHz-Bereich aufweisen, sind bei der ultraschnellen Akustik die Frequenzen bis in den THz-Bereich – eine Million-mal höher als konventionell und daher auch Hyperschall genannt – ausgedehnt. Schwingungsfrequenzen in diesem Bereich sind in kristallinen Festkörpern bei der Bewegung der Atome im Kristallgitter zu finden. Durch die Erhöhung der Frequenzen wird die Auflösung, die man bei Materialuntersuchungen erreichen kann, dramatisch erhöht. So ist eine Untersuchung von dynamischen Prozessen bis hinab zu Zeitskalen von Billionstel Sekunden möglich im Vergleich zu Mikrosekunden beim Ultraschall. Damit einhergehend ist die Verbesserung der räumlichen Auflösung bis in den Bereich von Milliardstel Metern. Damit ließen sich dann zerstörungsfrei Materialanalysen mit bisher unerreichter Genauigkeit durchführen.

Der Verbund NAMIL zielt darauf ab, einen kompakten Chip für die Analyse von unterschiedlichen Materialien, von Kristallen bis hin zu biologischem Gewebe, mit den Methoden der ultraschnellen Akustik zu ermöglichen. Bisher blieb diese Methodik auf Forschungslabore beschränkt, da zur Erzeugung der Schallpulse voluminöse Lasersysteme eingesetzt wurden. Ultrakurze Lichtpulse, die von diesen Lasern ausgesendet wurden, beleuchten dann dünne Metallfilme, in denen die Schallpulse, die dann in die zu untersuchende Substanz eingekoppelt werden, entstehen. Ziel von NAMIL ist es, statt der nicht nur großen, sondern auch teuren Laser kleine kompakte Halbleiterlaser zu entwickeln, so dass alle Komponenten für eine Materialanalyse in einen kompakten, vergleichsweise kostengünstigen Chip integriert werden können.

Halbleiterlaserdioden für die Erzeugung von Hyperschall

Bei den Halbleiterlasern wird es sich um so genannte modengekoppelte Kantenemitter handeln. Ziel ist es, diese vom Prinzip her bekannten Laser so weiterzuentwickeln, dass sie Lichtpulse hinreichend kurzer Zeitdauer bei gleichzeitig hoher Ausgangsleistung erzeugen. Wie in Bild 2 gezeigt, wird auf die Kante, aus der das Laserlicht austritt, der Metallfilm aufgebracht, über den die kurzen Lichtpulse in Schallpulse umgewandelt werden. Unmittelbar auf diesem Metallfilm wird das zu untersuchende Material platziert, so dass die Schallpulse durch den Kontakt in die Substanz eingekoppelt werden. Die Wirkung des Schallpulses wird dann durch einen weiteren Laserpuls, der ultimativ aus derselben Laserdiode entnommen werden soll, abgefragt. Dieser Laserpuls kann bezüglich seines Auftreffzeitpunkts bezüglich des anderen Laserpulses variiert werden. Darüber wird die gesamte Dynamik der Bewegungen, die durch den Schallpuls in dem Untersuchungsgegenstand ausgelöst werden, aufgezeichnet und damit die Substanz im Detail untersucht. So lässt sich beispielsweise die Geschwindigkeit, mit der sich die Pulse durch die Substanz ausbreiten, vermessen. Untersucht werden soll ein breites Spektrum von Nanostrukturen bis hin zu biologischen Zellen, um das breite Anwendungsspektrum der Methodik zu unterstreichen.

Bild 2: Prinzipdarstellung eines kantenemittierenden Halbleiterlasers mit den n- und p-Kontakten, über die Strom injiziert wird. Der Strom wird dann in kurze Pulse von Laserlicht umgewandelt, die aus der Seitenfacette des Lasers, angedeutet durch den roten Pfeil, austritt. Auf dieser Facette wird ein dünner Metallfilm (violett) aufgebracht, im Fachjargon, akustischer Überkoppler genannt, der durch den Laserpuls aufgeheizt wird und als Folge sich ausdehnt und dann wieder zusammenzieht. Diese mechanische Bewegung dient als Quelle für den Schallpuls, der danach die zu untersuchende Substanz, die direkt auf den Metallfilm aufgebracht wird, eingekoppelt wird. Die Wirkung dieser Schallwelle wird mit einem weiteren Laserpuls abgefragt. (Quelle: TU Dortmund)

