

Projekt

Polarisationsempfindlicher Wellenfrontsensor auf Basis von Nano-Gittern zur Charakterisierung thermischer Aberrationen in Hochleistungs-Laseroptiken (NANOPOL)

Koordinator:	Dr. Otto Märten Primes GmbH Max-Planck-Str. 2 64319 Pfungstadt Tel.: 06157/9878-113 E-Mail: o.maerten@primes.de
Projektvolumen:	1,67 Mio € (Förderquote 73%)
Projektlaufzeit:	01.02.2017 bis 30.09.2020
Projektpartner:	➔ Primes GmbH, Pfungstadt ➔ SillOptics GmbH & Co KG, Wendelstein ➔ Laser-Laboratorium Göttingen e.V., Göttingen ➔ Amo GmbH, Aachen

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.

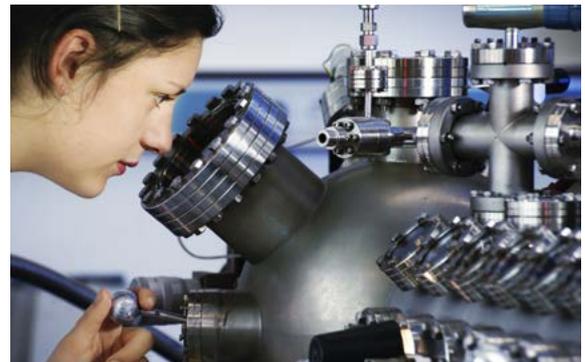


Bild 1: Neue optische Effekte erfordern zu ihrer erstmaligen Beobachtung regelmäßig einen weit höheren Aufwand, als er für eine praktische Anwendung vertretbar wäre.
(Quelle: iStock/ Maartje van Caspel)

Laserstrahlung als Werkzeug

Eine genaue Kenntnis von Strahlprofil, Wellenfront und Polarisationszustand bildet in vielen Fällen die Grundlage für den erfolgreichen und langzeitstabilen industriellen Einsatz von Laserstrahlung. Von besonderer Bedeutung ist die Kontrolle über den Strahl beim Betrieb von Hochleistungslasern z.B. in der Materialbearbeitung, wo die thermische Linse von Strahlführungs- und Fokussierungs-Optiken eine erhebliche Abweichung der Strahlparameter von angepeilten Prozesswerten zur Folge haben kann. Aufgrund der komplexen und transienten Natur thermisch induzierter Effekte decken etablierte Messverfahren nur Teilaspekte der Problematik ab, was z.B. für die zeitaufgelöste Analyse der Spannungs-Doppelbrechung und damit verbundener Wellenfront-Deformationen in thermisch belasteten Optiken relevant ist. Das im Verbundprojekt NANOPOL angestrebte echtzeitfähige Messverfahren zur umfassenden, quantitativen Lichtfeldanalyse könnte Hemmnisse beim industriellen Einsatz von Hochleistungslasern deutlich reduzieren. Aufgrund technologischer und ökonomischer Alleinstellungsmerkmale des Messsystems kann das Verbundprojekt zur Festigung und zum Ausbau der optischen und messtechnischen Industrie in Deutschland beitragen.

Sensorkonzept mit verbesserter Leistungsfähigkeit

Im NANOPOL-Verbund soll auf der Basis innovativer Subwellenlängen-Strukturen ein polarisationssensitiver Wellenfrontsensor entwickelt werden, der eine hochauflösende Lichtfeldanalyse und daraus die Bestimmung und Überwachung prozessrelevanter Strahlparameter in Echtzeit gestattet. Auf Grundlage dieser Daten soll eine Reduzierung thermisch induzierter Aberrationen erfolgen, und zwar sowohl in laseroptischen Systemen als auch für konkrete Laser-Bearbeitungsprozesse in industriellen Produktionsanlagen. Für die hochauflösende Echtzeit-Erfassung aller relevanter Strahlkenngrößen soll ein auf dem Wellenfront-Krümmungssensor beruhendes Messprinzip weiterentwickelt und um die ortsauflösende Bestimmung des Polarisationszustandes erweitert werden. Dazu ist als polarisierendes Element ein Array von Sub-Wellenlängen-Gitterstrukturen aus Aluminium auf einem Quarzglassubstrat vorgesehen, das auf lithographischem Wege hergestellt werden soll. Die Elementarzelle dieses Nanogitter-Arrays besteht aus 4 Gittern mit unterschiedlicher Orientierung, die genau 4 Pixel des verwendeten CCD-Detektors abdecken. Mit dem neuen Sensor kann die Wellenfrontrekonstruktion wahlweise für jede Polarisationsrichtung separat oder unter Mittelung über die 4 Teilgitter erfolgen. Zudem besteht die Möglichkeit, den Polarisationszustand lokal über die Bestimmung der Stokes-Parameter zu charakterisieren.

Da Systeme zur kombinierten Echtzeitmessung von Strahlprofil, Wellenfront und Polarisationszustand von Laserstrahlung bisher kommerziell nicht angeboten werden, bestehen hier aussichtreiche Marktchancen. Mögliche Interessenten sind sowohl im Industriefeld (z.B. Hersteller und Anwender von Hochleistungs-Festkörperlaser, Diodenlasern und entsprechender Optiken) wie auch im Forschungssegment bei der Untersuchung innovativer Strahlquellen (Diodenlaser, Laser mit radialer oder tangentialer Polarisation etc.) angesiedelt. Darüber hinaus sind zusätzliche Informationen über die Polarisation als Input für das numerische Design komplexer Optiken relevant.

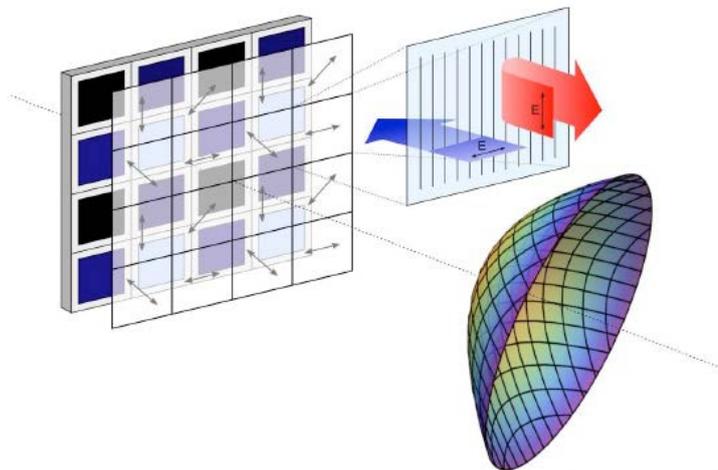


Bild 2: Prinzipskizze des Wellenfrontkrümmungssensors für eine hochauflösende, quantitative Lichtfeldanalyse unter Einbeziehung des Polarisationszustandes. (Quelle: Laser Laboratorium Göttingen e.V.)