



## QUANTEN-OCT

### Aufgabenstellung

Für die zerstörungsfreie 3D-Bildgebung von Schichtsystemen ist die optische Kohärenztomographie (OCT) eine leistungsfähige und verbreitete Methode. Während bisherige Systeme im sichtbaren oder nahen Infrarotbereich arbeiten, kann die Eindringtiefe in streuenden Materialien maßgeblich erhöht werden, wenn Licht mit längeren Wellenlängen im mittleren Infrarot (MIR) verwendet wird. Gleichzeitig steigen aber die Komplexität und die Kosten für entsprechende Detektoren und Lichtquellen, weshalb eine kommerzielle Umsetzung solcher MIR-OCT-Systeme bisher nicht erfolgte. Dieser Umstand kann umgangen werden, wenn die Untersuchung der Probe und die Detektion bei unterschiedlichen Wellenlängen durchgeführt werden: eine sogenannte Messung von undetektierten Photonen.

### Vorgehensweise

In einem Quanten-OCT werden verschränkte Photonenpaare verwendet, bei denen die Wellenlänge des einen Photons im sichtbaren oder nahen Infrarot- und des zweiten im MIR-Bereich liegt. Während im MIR gemessen wird, erfolgt die Detektion im sichtbaren oder nahen Infrarot-Wellenlängenbereich mit kostengünstigen und rauscharmen Siliziumdetektoren. Über die Fourier-Transformation des Interferenzsignals werden die Tiefeninformationen der Probe ausgewertet. Am Fraunhofer ILT wird dazu zum einen ein angepasstes Spektrometer entwickelt und auf der anderen Seite ein nichtlineares Interferometer. Dieses wird im Wesentlichen durch ein Michelson-Interferometer dargestellt, wobei die verschränkten Photonenpaare in einem nichtlinearen Kristall (hier periodisch gepoltes Lithium-

Niobat: PPLN) generiert werden, welcher sich im Ein- bzw. Ausgang des Interferometers befindet. Als Pumpquelle wird ein kommerziell verfügbarer Laser bei 532 nm genutzt.

### Ergebnis

In einem Laboraufbau wurde das nichtlineare Interferometer realisiert. Die prinzipielle Funktion wurde zunächst mit einer Messwellenlänge im nahen Infrarot bei 1485 nm und Detektionswellenlänge von 829 nm nachgewiesen. Des Weiteren wurde der Aufbau umgerüstet für MIR-Messwellenlängen, einstellbar im Bereich zwischen 4 und 5,7  $\mu\text{m}$ , was im Grenzbereich der Transmission des PPLN-Kristalls liegt. Die Detektion erfolgt entsprechend zwischen 586 nm und 613 nm. Die aufgenommenen Interferenzsignale zeigen auch hier die Funktionalität des Quanten-OCT. Je nach gewählter Wellenlänge lässt die spektrale Breite axiale Auflösungen im Bereich von 10  $\mu\text{m}$  zu.

### Anwendungsfelder

Ein Anwendungsbeispiel ist die 3D-Untersuchung keramischer Funktionsbauteile und Beschichtungen. Mit dem Quanten-OCT-System können zukünftig Poren, Risse und Schwankungen von Schichtdicken im Produktionstakt erfasst und zur Steigerung der Bauteilqualität sowie zur Regelung der Fertigungsprozesse eingesetzt werden.

Dieses Projekt wird finanziell durch die Fraunhofer-Gesellschaft unterstützt.

### Ansprechpartner

Dr. Stefan Hölters, DW: -436  
stefan.hoelters@ilt.fraunhofer.de

Dr. Jochen Wüppen, DW: -8020  
jochen.wueppen@ilt.fraunhofer.de

1 *Nichtlineares Interferometer (Hintergrund)  
und Spektrometer (Vordergrund).*