

Sensorik für die Fertigungsmesstechnik

Das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT entwickelt laserbasierte Messverfahren für Aufgaben in der modernen Fertigung und für eine inlinefähige Prozesskontrolle. Gemeinsam mit Kunden und Partnern setzen wir diese z. B. in Prototypen und Kleinserien um. Einen FuE-Schwerpunkt bilden absolut messende interferometrische Abstandssensoren, mit denen sich u. a. geometrische Eigenschaften von Bauteilen mit sehr hoher Genauigkeit und hohem Durchsatz messen lassen. Ein weiterer Fokus liegt auf der Verwendung neuartiger Quantenlichtquellen zur Erzeugung verschränkter Photonenpaare, mit denen bislang schwer zugängliche Spektralbereiche in der Fertigungsmesstechnik genutzt werden können.

Absolut messende interferometrische Abstandssensoren

Abstandssensoren, die auf dem interferometrischen Messprinzip basieren, liefern äußerst präzise Messwerte bei gleichzeitig hohen Messfrequenzen. Die Messstrahlung kann über Lichtwellenleiter oder im Freistrahl geführt werden, weshalb auch baulich schwer zugängliche Messpositionen erreicht werden. Während relativ messende Laser-Interferometer eine einzelne Wellenlänge nutzen und einen eindeutigen Messbereich von rund einem Mikrometer haben, werten absolut messende Interferometer des Fraunhofer ILT bis zu 4000 einzelne Wellenlängen aus und erreichen so eindeutige Messbereiche von 20 Millimetern.

*Messkopf der am
Fraunhofer ILT entwickelten
»bd-1«-Sensorik.*

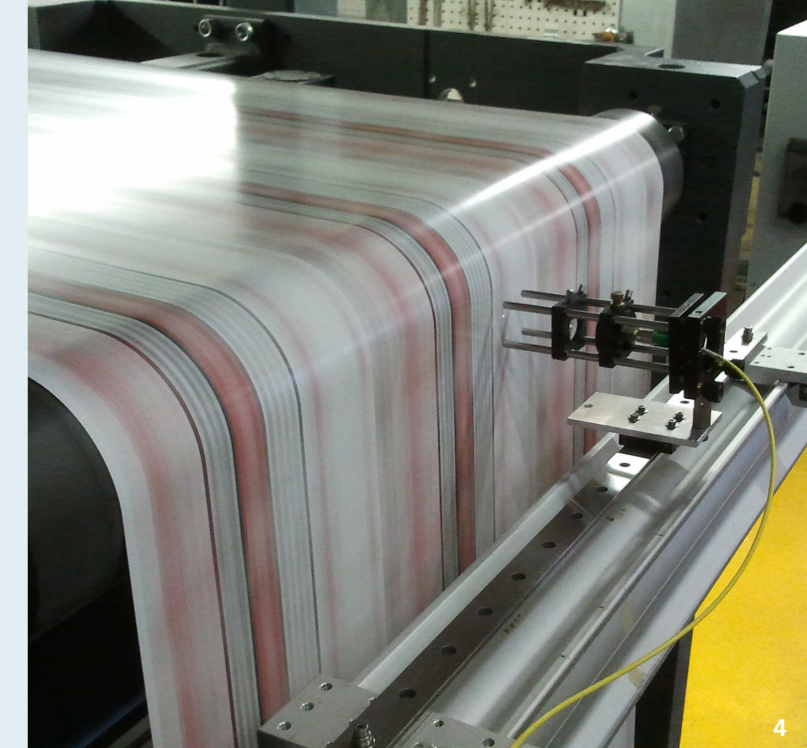




1



3



4

Sensorik für die Fertigungsmesstechnik

Die absolut messenden interferometrischen Sensoren des Fraunhofer ILT sind aus eigenen Entwicklungen im Bereich der optischen Kohärenztomographie (OCT) für medizinische Anwendungen hervorgegangen. Schwerpunkte der Weiterentwicklung waren die Realisierung großer Messbereiche bei gleichzeitig sehr geringen Linearitätsabweichungen sowie die kontinuierliche Datenauswertung in Echtzeit bei Messfrequenzen bis 80 kHz. Die Ergebnisse aus Klimakammer-Langzeittests belegen die stabile Funktionalität der entwickelten Sensoren – so sind diese beispielsweise robust gegenüber Temperaturschwankungen im Bereich von 5°C bis 50°C.

In der Fertigungsmesstechnik wurden absolut messende interferometrische Sensoren des Fraunhofer ILT bereits für den 24/7-Einsatz validiert, u. a. bei Einzelschichtdickenmessungen von Multilayer-Kunststofffolien, bei Metallband-Dickenmessungen in Kaltwalzstraßen und bei Einschweißtiefenmessungen in Laserschweißanlagen.

»bd-x«-Sensorfamilie

Die opto-mechanische Integration erfolgt über kompakte, robuste Messköpfe, die über Lichtwellenleiter mit bis zu 50 m Länge mit der interferometrischen Auswerteeinheit verbunden

sind. Die Messstrahlung wird vom Messkopf in Richtung Objektfläche gestrahlt und von dort in Richtung des Messkopfs zurückgestreut. Diese bidirektionale (kurz: bd) Strahlführung erfordert nur wenig Platz für die Integration der Sensoren in Anlagen und Fertigungslinien. In Laserbearbeitungsanlagen sind entsprechende Sensoren vorteilhaft, da ihre Messstrahlung der Bearbeitungsstrahlung koaxial überlagert und über eine prozesseitig bereits vorhandene Fokussieroptik geführt werden kann, sodass unmittelbar am Bearbeitungsort Abstandsmessungen möglich sind.

Durch Bewegungen des Messobjekts oder eine Messstrahlablenkung z. B. mittels Scannerspiegel können aus 1D-Abstandsmessungen Geometriemerkmale wie Stufenhöhen, Lochtiefen, Einschweißtiefen, Oberflächentopographien aber auch orts aufgelöste Schichtdicken- und 3D-Tomographieaufnahmen erzeugt werden. Dabei wird die Messsignalqualität weder bei Messungen an glühenden Objekten (z. B. Glas, Metall) noch durch Laserbearbeitungsstrahlung oder -plasmen (etwa beim Laserschweißen) noch durch eingebrachtes Metallpulver (z. B. beim Laserauftragschweißen) signifikant gestört.

Die absolut messenden interferometrischen Sensoren des Fraunhofer ILT können je Gerät mit voneinander unabhängigen Messköpfen für bis zu vier Messstellen ausgestattet werden.

In einem Zeitmultiplexverfahren wird die nutzbare Messfrequenz von beispielsweise 80 kHz (»bd-1«) z. B. auf zwei Messstellen mit je 40 kHz (»bd-2«) oder auf vier Messstellen mit jeweils 20 kHz (»bd-4«) aufgeteilt. Neben gleichmäßigen Aufteilungen der Messfrequenz sind auch asymmetrische Aufteilungen realisierbar wie 90 Prozent der Messungen an Messstelle 1 und 10 Prozent an Messstelle 2. Das reduziert die Gesamtkosten für Sensoranordnungen, die mehrere Messstellen erfordern, signifikant um etwa zwei Drittel.

Verfügbare Strahlungsquellen und Wellenlängen

Die vom Fraunhofer ILT meistgenutzte Messwellenlänge der absolut messenden interferometrischen Sensoren liegt bei 850 nm, da sich die entsprechende Strahlung mit kostengünstigen CCD- oder CMOS-Sensoren detektieren lässt. Neben Abstandsmessungen zu Oberflächen sind auch Schichtdicken- und Tomographiemessungen an transparenten Objekten wie Gläsern und Kunststoffen möglich.

Darüber hinaus wurden Sensoren mit Messwellenlängen von 1064 nm und 1550 nm realisiert, um anwendungsspezifische Anforderungen zu erfüllen. Allerdings sind hier zur Detektion der Messstrahlung vergleichsweise teure InGaAs-Sensoren erforderlich.

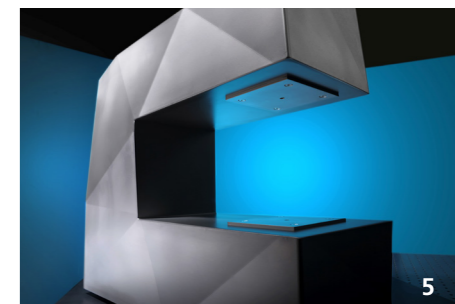
Gegenstand von Forschung und Entwicklung sind zudem Quantenlichtquellen zur Erzeugung verschränkter Photonenpaare. Hier werden

Photonen im mittleren Infrarot (MIR) zur Abtastung von Messobjekten erzeugt, die ihre Messinformation auf verschränkte Photonen im gut detektierbaren sichtbaren (VIS) oder nahinfraroten (NIR) Wellenlängenbereich übertragen. Dadurch wird der MIR-Wellenlängenbereich von 2 µm bis 10 µm erstmals für die Fertigungsmesstechnik zugänglich. Langwellige Messstrahlung ist z. B. bei Schichtdicken- und Tomographiemessungen an Objekten wie Keramiken, gefärbten Kunststoffen oder Schäumen vorteilhaft. Diese streuen im VIS- und NIR-Bereich stark, zeigen im MIR-Bereich aber nahezu keine Streuung, sodass größere optische Eindringtiefen erreicht werden.

Echtzeit-Datenverarbeitung

Die Entwicklungen des Fraunhofer ILT sind auf anspruchsvolle Aufgaben in der Fertigungsmesstechnik ausgerichtet, die neben lichtstarken, robusten opto-mechanischen Anordnungen vor allem eine zuverlässige und unterbrechungsfreie Datenverarbeitung umfassen. Diese weist bei Messfrequenzen von 80 kHz und einer PC-basierten blockweisen Verarbeitung Latenzzeiten von 20 ms auf und wird vorrangig zur Qualitätssicherung eingesetzt. Zur Regelung schneller Bearbeitungs- und Fertigungsprozesse im 24/7-Einsatz wurden FPGA-basierte Elektronik entwickelt, die eine Messdatenverarbeitung bei 80 kHz und Ausgabe eines Regelungssignals mit einer Latenzzeit von lediglich 150 µs ermöglichen.

- 3. Prüfung von Form und Lagetoleranzen an Nockenwellen.
- 4. Interferometrische Prägetiefenmessungen an Kartonbahnen.



5



6

- 5. C-Rahmen für zweiseitige Abstandsmessungen zur Bestimmung von Metallbanddicken.
- 6. »bd-2«-Sensorik und Datenverarbeitungselektronik mit faseroptischem Messarm.



2

- 1. Messstrahlung (rot) zur Geometriemessung beim Laserauftragschweißen.
- 2. Inline-Messung von aufgetragenen Spurhöhen beim Laserauftragschweißen.



QS zertifiziert nach
DIN EN ISO 9001:2015
Reg.-Nr. 069572 QM15

Fraunhofer-Institut
für Lasertechnik ILT
Institutsleitung
Prof. Constantin Häfner

Steinbachstraße 15
52074 Aachen
Telefon +49 241 8906-0
Fax +49 241 8906-121
info@ilt.fraunhofer.de
www.ilt.fraunhofer.de

Kontakt

Dr. Stefan Hölters
Telefon +49 241 8906-436
stefan.hoelters@ilt.fraunhofer.de

Dr. Achim Lenenbach
Telefon +49 241 8906-124
achim.lenenbach@ilt.fraunhofer.de

Angebot

Im Bereich der absolut messenden interferometrischen Sensoren bietet das Fraunhofer ILT Studien, Projekte zur Prototypentwicklung, zur Kleinserienfertigung und die anschließende Übergabe von Fertigungsunterlagen an Lizenznehmer an. Im Rahmen öffentlich geförderter FuE-Projekte werden neue Anwendungsgebiete für die Sensoren erschlossen.

Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT

Das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT zählt weltweit zu den bedeutendsten Auftragsforschungs- und Entwicklungsinstituten im Bereich Laserentwicklung und Laseranwendung. Unsere Kernkompetenzen umfassen die Entwicklung neuer Laserstrahlquellen und -komponenten, Lasermess- und Prüftechnik, sowie Laserfertigungstechnik. Hierzu zählen beispielsweise das Schneiden, Abtragen, Bohren, Schweißen und Löten sowie das Oberflächenvergüten, die Mikrofertigung und das Additive Manufacturing. Weiterhin entwickelt das Fraunhofer ILT photonische Komponenten und Strahlquellen für die Quantentechnologie.

Übergreifend befasst sich das Fraunhofer ILT mit Laseranlagen-technik, Digitalisierung, Prozessüberwachung und -regelung, Simulation und Modellierung, KI in der Lasertechnik sowie der gesamten Systemtechnik. Unser Leistungsspektrum reicht von Machbarkeitsstudien über Verfahrensqualifizierungen bis hin zur kundenspezifischen Integration von Laserprozessen in die jeweilige Fertigungslinie. Im Vordergrund stehen Forschung und Entwicklung für industrielle und gesellschaftliche Herausforderungen in den Bereichen Gesundheit, Sicherheit, Kommunikation, Produktion, Mobilität, Energie und Umwelt. Das Fraunhofer ILT ist eingebunden in die Fraunhofer-Gesellschaft.