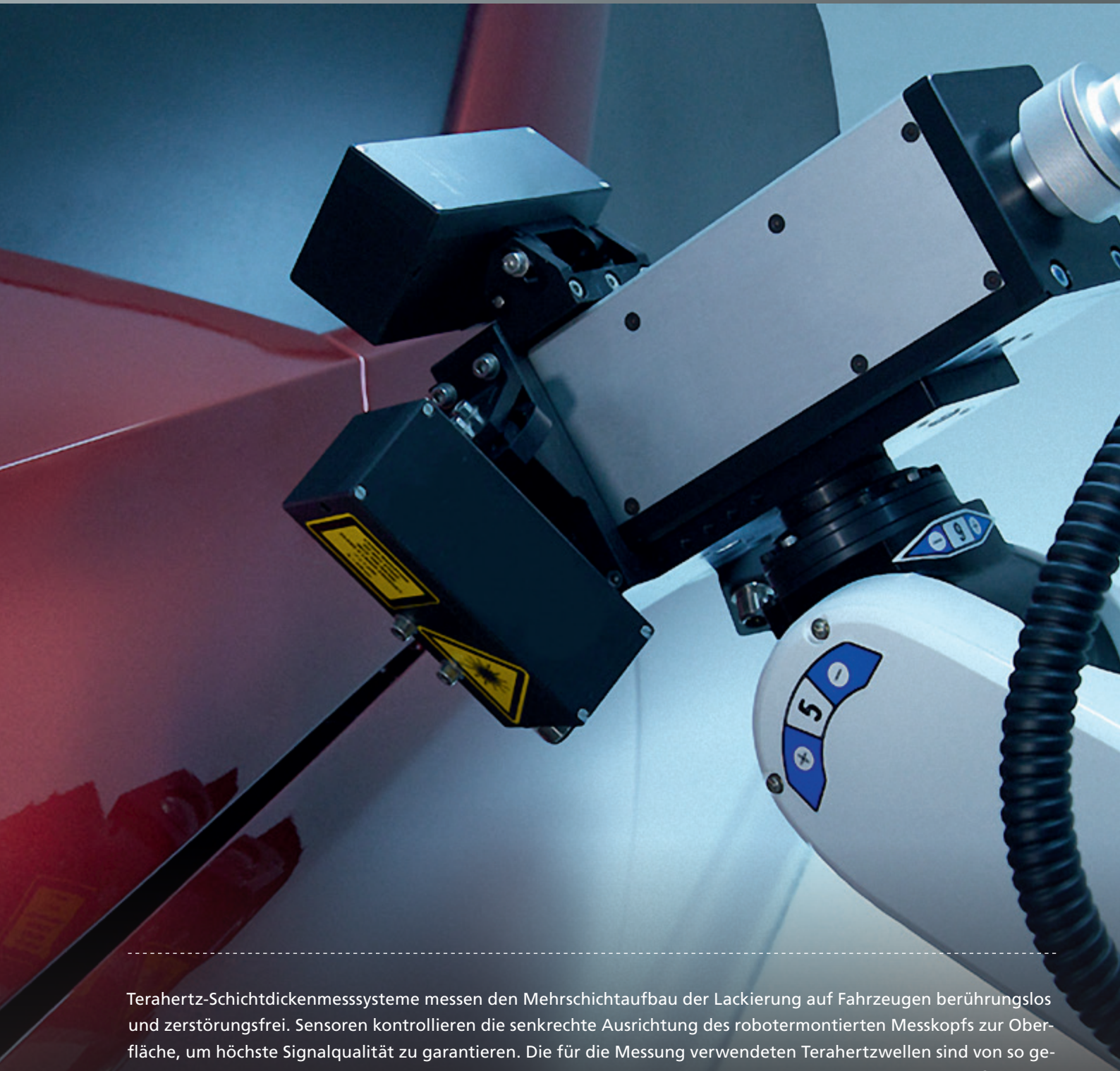




ZENTRUM FÜR MATERIALCHARAK- TERISIERUNG UND -PRÜFUNG



Terahertz-Schichtdickenmesssysteme messen den Mehrschichtaufbau der Lackierung auf Fahrzeugen berührungslos und zerstörungsfrei. Sensoren kontrollieren die senkrechte Ausrichtung des robotermontierten Messkopfs zur Oberfläche, um höchste Signalqualität zu garantieren. Die für die Messung verwendeten Terahertzwellen sind von so geringer Energie, dass sie gesundheitlich unbedenklich sind und der Einsatz der Geräte ohne Strahlenschutzmaßnahmen erfolgen kann. Die Mess- und Auswertedauer pro Messpunkt liegt bei etwa einer Sekunde.



Das Zentrum für Materialcharakterisierung und -prüfung ist seit Januar 2017 die neunte Abteilung des Fraunhofer ITWM am Fraunhofer-Zentrum in Kaiserslautern, aber bereits seit einigen Jahren präsent unter der Flagge des Fraunhofer IPM. Im Zentrum der Arbeiten steht die zerstörungsfreie und berührungslose Prüfung von Materialien mittels elektromagnetischer Wellen. International führend ist die Abteilung auf dem Gebiet der Charakterisierung von Mehrschichtsystemen, wie sie z. B. in der Automobilindustrie und der Luftfahrtindustrie eingesetzt werden. Hierfür wird der Terahertz-Spektralbereich des elektromagnetischen Spektrums genutzt, da die meisten zu prüfenden Materialien für diesem Spektralbereich transparent sind. Weitere Anwendungsfelder sind die Prüfung von Glas- und Naturfaserverbundwerkstoffen auf interne Defekte und die Überwachung der Rohrwanddicken in der Produktion von Kunststoffrohren. Das Angebot des Zentrums deckt dabei das komplette Spektrum von der Beratung für die beste messtechnische Lösung bis zum Spezialanlagenbau für den Einsatz an der Produktionslinie aus einer Hand ab. Ausgefeilte Algorithmen bewerten dabei die aufgenommenen Messdaten und gibt klare Entscheidungskriterien an die Hand, ob ein zu prüfendes Bauteil den Qualitätsstandards entspricht oder als Fehlteil zu klassifizieren ist. Die enge Zusammenarbeit mit der Abteilung Bildverarbeitung und dem Competence Center for High Performance Computing erlaubt die rasche Umsetzung anspruchsvollster Lösungsansätze.

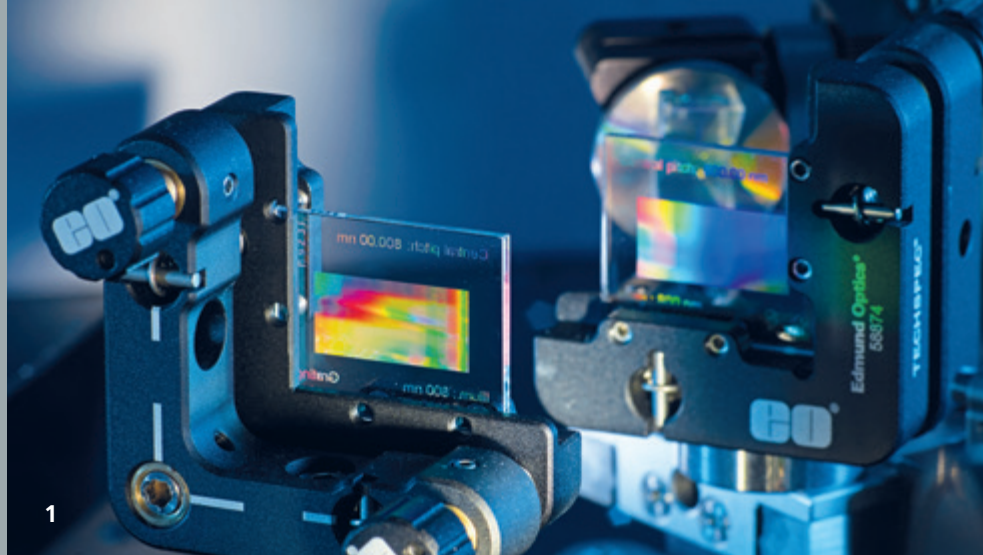
SCHWERPUNKTE

- Zerstörungsfreie und berührungslose Schichtdickenmessung von Mikrometer bis Zentimeter
- Defekterkennung in Verbundwerkstoffen
- Wanddickenmessung bei der Kunststoffrohrfertigung
- Terahertz-Spektroskopie für die Materialidentifikation
- Spezialgeräteentwicklung und -bau

Kontakt

georg.von.frey mann@itwm.fraunhofer.de
www.itwm.fraunhofer.de/mc





OPTISCHE TERAHERTZ-MESSTECHNIK

1 *Aufbau zur Kompensation der Dispersion optischer Fasern, die zur Übertragung kurzer Laserimpulse genutzt werden.*

Die Gruppe entwirft und baut hauptsächlich schlüsselfertige Terahertz-Zeitbereichssysteme zur Erzeugung, Detektion sowie Analyse breitbandiger Terahertz-Strahlung. Das Einsatzspektrum reicht von robotermontierten Schichtdicken-Messsystemen über hochauflösende Spektroskopie bis zur Messtechnik für die ultraschnelle Elektronik, bei der extrem schnelle elektro-optische Wandler und ultraschnelle Optik kombiniert werden. Als relativ neuer Ast der Gruppe hat sich die optische Kohärenztomographie (OCT) zur Erweiterung des Schichtdickenspektrums auch unterhalb von 10 μm Schichtdicke entwickelt.

Die Terahertz-Technologie etabliert sich derzeit als berührungslose Methode zur Schichtdickenmessung, beispielsweise von Autolack-Schichtsystemen. Denn im Gegensatz zu anderen zerstörungsfreien Analysemethoden kann man mittels Terahertz-Wellen, die im Spektrum zwischen Infrarotlicht und Mikrowellen liegen, selbst komplexe Mehrschichtsysteme exakt analysieren. Dies gelingt, da Terahertz-Wellen an jeder einzelnen Grenzfläche reflektiert werden, an der sich der Brechungsindex ändert. Anhand der Laufzeitunterschiede der reflektierten Teilwellen lassen sich die Schichtdicken von Mehrschichtsystemen exakt bestimmen – berührungslos und zerstörungsfrei – und dies nahezu unabhängig vom vorliegenden Substrat. Dies kann aktuell als einziges Messverfahren nur die Terahertz-Messtechnik.

Die auf der Zeitbereichsspektroskopie basierenden Messsysteme decken dabei den industrie-relevanten Dickenbereich von Einzel- und Mehrschichtsystemen von 10–500 μm ab. Dies hat das Fraunhofer ITWM in Zusammenarbeit mit verschiedenen industriellen Partnern, u. a. aus dem Automotive-Bereich, bereits eindrucksvoll gezeigt. Sehr vielversprechend ist auch die Verwendbarkeit der Technologie zur Vermessung weicher, strukturierter Schichten wie zum Beispiel Häute aus PVC-Kunststoff, die im Innenraum von Fahrzeugen eingesetzt werden. Die Schichtdickenauswertung der detektierten Terahertz-Signale basiert auf einem komplexen Auswertalgorithmus, der implementiert auf handelsüblichen Grafikkarten in der Lage ist, etwa die Dickenverteilung eines 4-Schichtsystems unterhalb von einer Sekunde zuverlässig zu bestimmen. Und dies mit Genauigkeiten von bis zu $\pm 1 \mu\text{m}$.

In Kooperation mit der Abteilung High Performance Computing am Fraunhofer ITWM wird der Schichtdickenauswertalgorithmus zurzeit weiterentwickelt. Ziel ist es, die Robustheit sowie die Effizienz weiter zu steigern, um entweder eine beschleunigte Auswertung zu erhalten oder eine Reduktion der Hardware zu ermöglichen. Damit kommt man Anfragen aus der Industrie weiter entgegen.



ELEKTRONISCHE TERAHERTZ-MESSTECHNIK

Ein weiterer Themenschwerpunkt des Zentrums für Materialcharakterisierung und -prüfung stellt die elektronische Terahertz-Messtechnik dar. Hier wird insbesondere der untere Terahertz-Spektralbereich zwischen 0,1 THz und 1 THz adressiert. In diesem Teilbereich des Spektrums ermöglicht die gute Eindringtiefe der Messsignale in dielektrische Materialien, wie zum Beispiel Keramik, Textilien, Kunststoffe oder Glasfaserverbundwerkstoffe, nicht nur akkurate Dickenmessungen an Mehrschichtsystemen mit Gesamtdicken bis zu einigen Dezimetern – angrenzend an unsere Schichtdickenmesssysteme auf Basis der optischen Terahertz-Technologie, sondern eignet sich auch zur bildgebenden Terahertz-Prüfung.

Komplementär zur Ultraschall- oder Röntgenprüfung ermöglicht die Terahertz-Technologie die bildgebende Inspektion dielektrischer Materialien auf innere Fehlstellen oder charakteristische Merkmale. Die berührungslose Terahertz-Prüfung liefert typischerweise auch bei weichen Materialien und Kunststoffverbänden bereits sehr kontrastreiche Aufnahmen. Ähnlich wie bei Ultraschallverfahren lassen sich tomographieähnliche Tiefenschnittbilder erzeugen. Dabei sind Terahertz-Wellen im Gegensatz zur Röntgenstrahlung nicht ionisierend und erfordern keine Strahlenschutzmaßnahmen.

Bildgebende Terahertz-Systeme, die ein Messobjekt Pixel für Pixel mittels einer einzelnen Sensoreinheit abrastern, haben sich für Voruntersuchungen und Stichprobenmessungen bereits bestens bewährt. Das Zentrum für Materialcharakterisierung und -prüfung hat darüber hinaus auch das Portfolio für schnelle, industrietaugliche Terahertz-Prüfsysteme inzwischen deutlich erweitert: Es reicht von handgeführten Einzelpunktsensoren über schnelle Scanner-Systeme bis hin zu Inline-fähigen Sensornetzwerken für großflächige Prüfungen in der Qualitätskontrolle.

Ein besonders relevantes Anwendungsbeispiel ist die Inspektion von Radarkuppeln von Flugzeugen, sowohl im Feld als auch in der Produktion. Derartige Radarkuppeln befinden sich üblicherweise an der vorderen Spitze des Flugzeugs und bestehen aus komplexen Glasfaserverbundstrukturen mit eingebrachten funktionalen Materialien, wie zum Beispiel Schaumstoffen oder Kevlar. Neben der strukturellen Integrität der Kuppel gilt es auch einen möglichst störungsfreien Betrieb der Radartechnik zu gewährleisten. Die bildgebende Terahertz-Prüfung ermöglicht es, diese Aspekte bereits in der Produktion zu adressieren und Defekte rechtzeitig in der Fertigung zu detektieren sowie Optimierungspotenziale aufzuzeigen. Im Feldeinsatz hingegen ermöglicht die Terahertz-Bildgebung von außen nicht sichtbare Schäden, beispielsweise durch Einschläge, zu erkennen und kann somit zur Überprüfung der Funktionstüchtigkeit herangezogen werden.

1 *Neue Konzepte wie das MIMO-Verfahren (multiple input – multiple output) werden zur schnelleren und preisgünstigeren Bildgebung erprobt; hier ein MIMO-Radar-System mit 12 Sendern und 12 Empfängern bei 75–110 GHz.*