

Bilder: Helmut Fischer

Die Terahertz-Technik

Neues System zur Messung von Mehrschichten

Ein Autolack muss viel aushalten – Deswegen sind aus den ehemals einfachen Harzen längst Hightech-Mehrschicht-Systeme geworden. Genau diese Mehrschicht-Systeme bringen die Messtechnik an ihre Grenzen. Mit einer neuen Technologie können bald Mehrschichten auf Metall und Kunststoff zerstörungsfrei gemessen werden.

Die Wahl der richtigen Beschichtungsdicke ist immer ein Kompromiss. Um einwandfrei zu funktionieren, müssen die Beläge eine Mindestdicke haben. Nur so können zum Beispiel Automobilhersteller sicher gehen, dass Lacke ein Autoleben lang allen Widrigkeiten standhalten. Gleichzeitig sollte aber nur so viel Farbe verwendet werden, wie wirklich notwendig ist. Um hier das richtige Gleichgewicht zu finden und die Sicherheitsmargen niedrig zu halten, ist eine zuverlässige Messtechnik entscheidend.

Probleme in der Qualitätssicherung

Die meisten zerstörungsfreien Messverfahren, wie die Magnetinduktion, beruhen auf der elektrischen Leitfähigkeit und den magnetischen Eigenschaften der Metalle. Deswegen werden bei einer Messung alle übereinander liegenden Lacke als eine Schicht behandelt. Aus diesem Grund müssen zurzeit komplexe Mehrschichtsysteme häufig noch mithilfe eines zerstörenden Keilschliffes geprüft werden. Neben Metall werden aber auch Keramik und Plastik immer häufiger als Substrat verwendet: Vom Toaster bis zu den Geräten im OP-Raum

sind heute viele Kunststoffe lackiert. Auch solche Beschichtungen müssen in der Regel für die Qualitätsprüfung beschädigt werden. Um diese Lücke zu schließen, entwickelt die Helmut Fischer GmbH zurzeit eine neue Technologie. Mithilfe der Terahertz-Strahlung ist es möglich, zerstörungsfrei Mehrschichtsysteme zu kontrollieren und sogar Lacke auf Kunststoffen zu messen.

Was ist Terahertz?

Die Terahertz-Strahlung (THz) besteht aus elektromagnetischen Wellen mit Frequenzen zwischen 100 GHz (0,1 THz) und 10 THz. Somit ist Terahertz kurzwelliger als Mikrowellen aber langwelliger als Infrarot oder sichtbares Licht. Erst seit etwa zehn Jahren existieren leistungsfähige Strahler und Detektoren für diesen Frequenzbereich, die Terahertz wissenschaftlich und technisch überhaupt erst nutzbar machen. Verschiedene Materialien interagieren unterschiedlich mit der THz-Strahlung: Polare Stoffe wie Wasser absorbieren die Strahlung sehr gut, während Metalle THz-Spiegel sind und die Strahlung vollständig reflektieren. Das Besondere ist aber, dass Dielektrika, darunter auch Gummi und Lacke, für THz-Strahlen transparent sind.

Besonders in der Automobilindustrie wird die Terahertz-Technologie die Qualitätssicherung spürbar effizienter machen.

Wie funktioniert eine Terahertz-Messung?

Diese Transparenz macht sich Fischer bei der Messung der Schichtdicke zunutze. Es gibt optisch dichte Medien, in denen die Terahertz-Strahlung langsam wandert und optisch dünnere Medien, in denen sich das Signal schneller ausbreitet. An den Übergängen zwischen den verschiedenen Schichten werden die THz-Strahlen zum Teil reflektiert. Diesen Effekt kennt man auch vom sichtbaren Licht beim Übergang von Luft zu Wasser oder von der Dickenmessung mit Ultraschall.

Bei der Schichtdickenmessung erfasst das Terahertz-System die Zeitverzögerung, mit der die Echos aus den tieferen Schichten am Detektor ankommen. Auch die optische Dichte des Mediums wird im selben Schritt gemessen. Aus diesen Kennzahlen errechnet die Software schließlich die Schichtdicke. Damit beim Stoffübergang Echos entstehen, die ausgewertet werden können, müssen sich die optischen Dichten von zwei Materialien unterscheiden (Richtwert: 0,2). Die meisten in der Automobilbranche verwendeten Lacke erfüllen diese Bedingung.

Terahertz im Vergleich

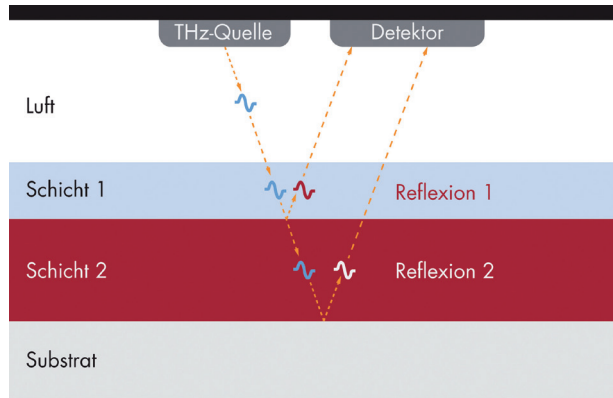
Terahertz ist nicht nur die erste Technologie, mit der Mehrschicht-Lacksysteme zerstörungsfrei vermessen werden können, sondern sie bietet gegenüber herkömmlichen Methoden auch weitere Vorteile. Bereits jetzt, im Prototyp-Stadium, ist der THz-Puls sehr gut reproduzierbar. Dadurch zeigt diese Methode eine erstaunliche Genauigkeit: Auf einem Messfleck von weniger als 2 mm lassen sich Schichtdicken von 5 bis 10 µm messen. Im Vergleich zum magnet-induktiven Verfahren, das eine ähnlich gute Auflösung hat, bietet Terahertz aber mit 1 % eine 10-mal bessere Wiederholgenauigkeit.

Da die Lacke für THz transparent sind, werden sie durch die Strahlung nicht beeinflusst. Das heißt, die Messung ist völlig zerstörungsfrei. THz- und Röntgenstrahlen teilen sich viele Eigenschaften. So können zum Beispiel beide Arten von Strahlung Materie durchdringen. Aber der Vorteil von THz-Strahlung ist, dass man damit auch Beschichtungen aus leichten Elementen wie Kohlenstoffen analysieren kann – die meisten Lacke sind mit Röntgenstrahlung nicht messbar. Zudem ist THz durch die re-

lativ große Wellenlänge wesentlich energieärmer als Röntgenstrahlung und daher nicht ionisierend. Das macht THz gesundheitlich unbedenklich und THz-Geräte können offen verwendet werden und benötigen keinen Strahlenschutz.

Anders als Magnetinduktion und Ultraschall funktioniert Terahertz kontaktfrei. Es können also auch problemlos feuchte Lacke früh in der laufenden Produktion vermessen werden. Während die Dickenmessung mit Ultraschall auf einem ähnlichen Prinzip beruht wie Terahertz, erfordert sie immer eine sehr genaue und aufwendige Kalibrierung. Das Terahertz-System von Fischer kommt dagegen bei einfachen Schichten gänzlich ohne eine Kalibrierung aus. Alle notwendigen optischen Konstanten werden in einem Schritt gemessen.

Bei der Analyse von mehrschichtigen Lackierungen muss jeder Belag einzeln als ein Einschicht-System zur Kalibrierung eingemessen werden. Dabei speichert das Gerät alle notwendigen Größen, wie die optische Dichte. Aus diesen Daten kann bei der eigentlichen Messung des Mehrschichtsystems die Dicke von bis zu vier einzelnen Schichten errechnet werden – die Messung selbst dauert nur eine Sekunde.




Der Terahertz-Puls durchdringt die Kunststoffbeschichtung und wird an den Stoffgrenzen zum Teil reflektiert. Aus der Laufzeit der Reflexionen errechnet die Software die Schichtdicke.



Ein Blick in die Zukunft

Das erste Terahertz-System von Fischer wird speziell für die Messung von Mehrschichtsystemen ausgelegt sein. Zusammen mit Automobilisten und Lackherstellern entwickelt man Lösungen, um diese Technik in die Produktionsprozesse zu integrieren. Das Potenzial der Methode ist damit aber noch nicht ausgeschöpft.

Der verwendete Terahertz-Puls ist kohärent und beinhaltet viele verschiedene Frequenzen. Das erlaubt eine spektroskopische Analyse. Viele Stoffe zeigen im THz-Bereich charakteristische Absorptionsspek-

tren, so dass aus dem Echo auf das Material geschlossen werden kann. Diese Methode heißt Time Domain Spectroscopy (TDS).

Heute wird TDS hauptsächlich in der Sicherheitstechnik eingesetzt, beispielsweise um Sprengstoffe am Flughafen zu detektieren. Aber auch Kunststoffe können mithilfe von Terahertz unterschieden werden, zum Beispiel Polyethylen und Polypropylen. Für die Zukunft eröffnet das viele weitere Anwendungsmöglichkeiten. 

 Helmut Fischer GmbH
 Institut für Elektronik und Messtechnik
www.helmut-fischer.de