# Abstand und Dicke von Schichten gleichzeitig messen

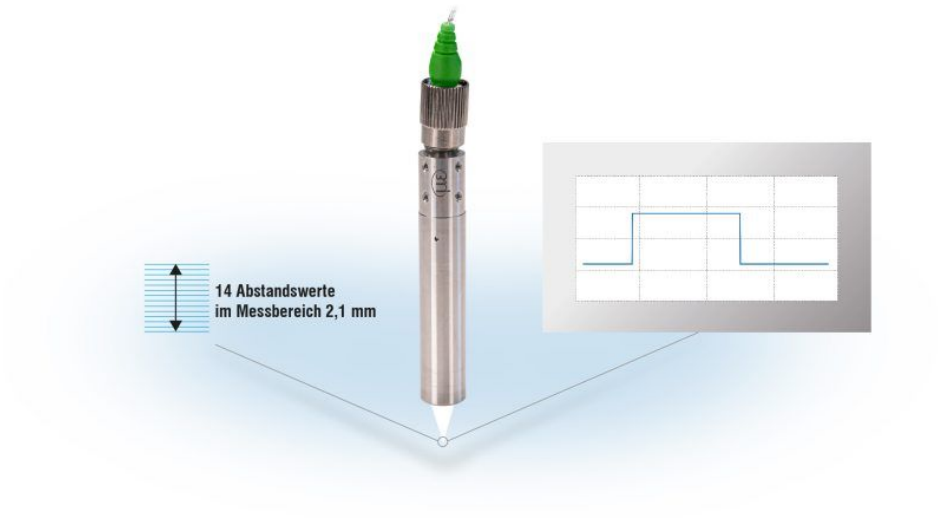
Artikel vom **7. Februar 2024**
Allgemeine Mess- und Prüfsysteme und Sensoren

Die Dicke von sehr dünnen Schichten zu vermessen, ist in vielen industriellen Anwendungen eine große Herausforderung. Für optisch transparente Schichten wie Folien ist die Interferometrie eine geeignete Methode, die berührungslos mit Genauigkeiten bis in den Nanometerbereich arbeiten kann. Micro-Epsilon stellt neue Systeme vor, die mehrere Schichten erfassen können und dabei gleichzeitig noch den Abstand messen.




Weißlichtinterferometer sind sehr präzise optische Messsysteme. Sie bieten eine sehr hohe Genauigkeit und eine Auflösung bis in den Sub-Nanometerbereich (Bild: Micro-Epsilon).

Die Messmethode der Interferometrie basiert auf der Wellennatur des Lichts. Werden zwei Wellen überlagert, kann konstruktive Interferenz entstehen (Wellenberg trifft auf Wellenberg bzw. Wellental auf Wellental) oder destruktive Interferenz (Wellenberg trifft auf Wellental). Um die Interferometrie als messtechnisches Verfahren einzusetzen, wird ein Lichtstrahl aufgeteilt, sodass die beiden Teilstrahlen unterschiedliche Wege zurücklegen. Anschließend werden die Teilstrahlen überlagert und die entstehende Interferenz wird beobachtet. Wenn sich nun die Länge einer der beiden Teilstrahlen ändert, ist dies im Interferenzmuster sichtbar. Ändert sich diese Länge um eine halbe Wellenlänge des verwendeten Lichts, so führt das zu einem kompletten Wechsel von konstruktiver Interferenz zu destruktiver Interferenz. Damit ist die Messmethode sehr empfindlich, die Genauigkeit liegt im Nanometer- oder sogar im Sub-Nanometerbereich.

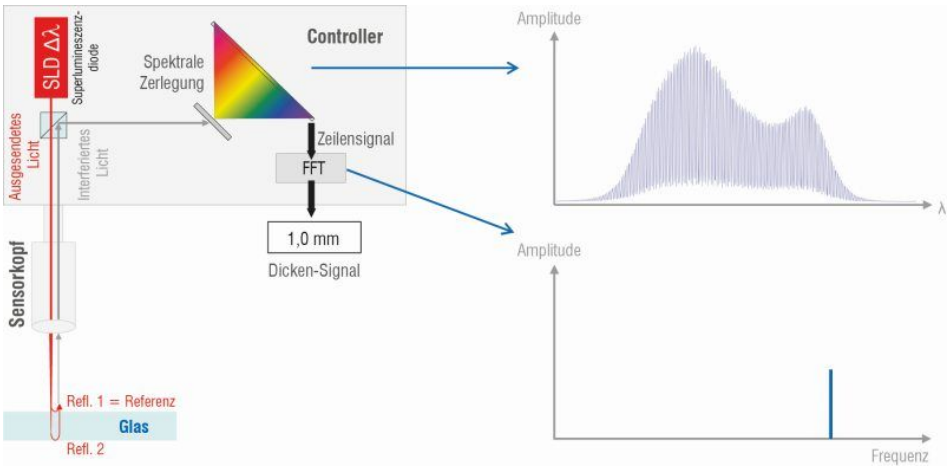



Bei der Abstandsmessung lassen sich Abstände von bis zu 13 Schichten messen. Über die Abstände der einzelnen Schichten sind auch die jeweiligen Schichtdicken bestimmbar, wodurch eine gleichzeitige Messung von Abstand und Schichtdicke möglich wird (Bild: Micro-Epsilon).

Für eine Abstandsmessung wird der erste Teilstrahl am Messobjekt reflektiert und mit einem Referenzstrahl interferiert. Soll das Verfahren zur Dickenmessung eingesetzt werden, kann der Referenzstrahl entfallen. Die beiden Strahlen, die miteinander interferieren, sind die beiden Teilstrahlen, die von der Vorder- und der Rückseite der Schicht reflektiert werden. Da die beiden interferierenden Teilstrahlen von der Ober- und Unterfläche stammen, ist das Messergebnis unabhängig vom Abstand zum Messobjekt.

## Messen mit weißem Licht

Die Interferenz funktioniert mit monochromatischem Licht, beispielsweise aus einem Laser. Bei Änderung der gemessenen Länge wechselt das Interferenzmuster abwechselnd von Hell zu Dunkel. Interferometrie funktioniert aber auch mit weißem Licht.




Prinzipieller Aufbau eines Weißlichtinterferometers. Die Analyse des Spektrums des Interferenzsignals ermöglicht eine sehr hohe Präzision (Bild: Micro-Epsilon).

Wichtig ist in allen Fällen, dass eine kohärente Lichtquelle verwendet wird. Für die Weißlicht-Interferometrie eignen sich etwa Superlumineszenzdioden (SLD), die die Vorteile von Laserdioden und herkömmlichen LED kombinieren. SLD haben eine hohe Ausgangsleistung und gleichzeitig ein breites Spektrum, sie emittieren also quasi ein weißes Licht.

Der Lichtstrahl der SLD wird mit einem halbdurchlässigen Spiegel geteilt, die Teilstrahlen durchlaufen die beiden Wege und interferieren danach. Für die Messung wird das interferierende Licht zunächst in seine spektralen Bestandteile aufgespalten und anschließend auf eine Sensorzeile abgebildet, die das gesamte Spektrum aufnimmt. Zur Auswertung dieses Signals wird dann eine Fouriertransformation durchgeführt. Die einzelnen Peaks im Frequenzspektrum stehen dann für eine konstruktive Interferenz, woraus sich die Differenz der beiden Wege ergibt. Die Methode ermöglicht es, eine Wegmessung mit sehr hoher Genauigkeit durchzuführen.

## Mehrere Schichten messen

Die Weißlicht-Interferometer von Micro-Epsilon Messtechnik arbeiten nach dem zuvor beschriebenen Verfahren. Die eingesetzten SLD haben ein Spektrum mit einem Schwerpunkt im nahen Infrarotbereich bei etwa 840 Nanometern. Weißlichtinterferometer sind die präzisesten optischen Messsysteme, die das Unternehmen aktuell anbietet. Sie bieten eine sehr hohe Genauigkeit und eine Auflösung bis in den Sub-Nanometerbereich.

Das System besteht aus einem kompakten Sensor und einem Controller, der in einem robusten industrietauglichen Gehäuse untergebracht ist. Eine im Controller enthaltene aktive Temperaturregelung sorgt für eine hohe Stabilität der Messung. Die Geräte sind in zwei verschiedenen Versionen erhältlich, mit denen entweder Abstände zu einer reflektierenden Oberfläche oder eine Schichtdicke gemessen werden können. Bei der ersten Version wird der Strahl im Sensor aufgeteilt und durchläuft intern einen Referenzweg. Dieser Teilstrahl wird dann mit dem am Messobjekt reflektierten Strahl überlagert. Bei der zweiten Version, die Schichtdicken messen kann, entfällt die interne Referenz, da die an Vorder- und Rückseite der Schicht reflektierten Strahlen überlagert werden. Ein großer Vorteil der Dickenmessung liegt darin, dass die Messung unabhängig vom Abstand zwischen Sensor und Messobjekt ist.

Diese bereits seit einigen Jahren in zahlreichen Anwendungen bewährten Messgeräte

hat Micro-Epsilon technisch überarbeitet, sodass die Geräte jetzt auch die Dicke und Abstände mehrerer Schichten gleichzeitig vermessen können. Lieferbar sind die Modelle »IMS5x00MP-THxx« für die Dickenmessung und »IMS5x00MP-DSxx« für die Abstandsmessung. Besteht das Messobjekt im Fall der Dickenmessung etwa aus zwei Schichten, wird das Licht an der Vorderseite, der Grenze zwischen beiden Schichten und an der Rückseite reflektiert. Da nun alle reflektierten Strahlen miteinander interferieren, ergibt dies nach der Fouriertransformation drei Peaks im Spektrum, bei drei Schichten werden daraus sechs Peaks. Insgesamt lassen sich die Dicken von bis zu fünf Schichten stabil messen, theoretisch sind bis zu 13 Schichten möglich.

Die minimale Dicke, die das Gerät noch messen kann, beträgt 30 Mikrometer. Auch ein Luftspalt zwischen zwei Materialien lässt sich mit dem Gerät sehr präzise vermessen. Um aus den Peaks, die das Gerät aufnimmt, einen Absolutwert für die Dicke zu bestimmen, muss der jeweilige Brechungsindex des Materials in den verschiedenen Schichten bekannt sein. Für alle üblichen Materialien ist dieser bereits im Gerät hinterlegt und kann vor Beginn der Messung ausgewählt werden. Da die Dickenmessung unabhängig vom Abstand ist, stören Unregelmäßigkeiten bei der Positionierung das Messergebnis nicht.

Das Gerät für die Abstandsmessung, das einen internen Referenzstrahl verwendet, funktioniert analog und kann die Abstände von ebenfalls bis zu 13 Schichten messen. Über die Abstände der einzelnen Schichten lassen sich auch die jeweiligen Schichtdicken bestimmen, wodurch eine gleichzeitige Messung von Abstand und Schichtdicke möglich wird. Die minimale Schichtdicke beträgt 10 Mikrometer.

## Einsatz in vielen Branchen

Die Weißlichtinterferometer von Micro-Epsilon eignen sich für alle Anwendungen, in denen Abstände und Dicken in hoher Präzision und gegebenenfalls auch gleichzeitig gemessen werden müssen. Die Geräte bestehen jeweils aus einem kompakten Sensor – bei der Abstandsmessung mit einer internen Referenz – und einem Controller. Anwender können komfortabel über einen Standardbrowser auf den integrierten Webserver des Controllers zugreifen, um etwa Einstellungen vorzunehmen. Über die integrierten Schnittstellen, zum Beispiel Ethernet, Ethercat oder digitale Ein- und Ausgänge, lassen sich die Messgeräte sehr einfach in Produktionsumgebungen integrieren.

Mögliche Einsatzgebiete finden sich in Anwendungen mit Gläsern oder Folien. Bei beschichtetem Glas lassen sich sowohl die Glasdicke als auch die Dicke der Beschichtung überprüfen. Bei der Folienherstellung mit Blasformanlagen kann die Weißlichtinterferometrie eingesetzt werden, um die korrekte Folienstärke zu überprüfen, wenn die Blasfolien zusammengelegt werden. In allen Anwendungen lassen sich die Geräte in Inline-Inspektionsanlagen zur Qualitätssicherung integrieren. Sie sind sowohl für das industrielle Umfeld als auch in Reinräumen oder im Vakuum einsetzbar und führen präzise Messungen bis in den Nanometer- oder Sub-Nanometerbereich durch.

---

**Hersteller aus dieser Kategorie**

---

**Dr. Jessberger GmbH**
Jägerweg 5-7
D-85521 Ottobrunn
089 666633-400
info@jesspumpen.de
www.jesspumpen.de

Firmenprofil ansehen

---

**Jumo GmbH & Co. KG**
Moritz-Juchheim-Str. 1
D-36039 Fulda
0661 6003-0
mail@jumo.net
www.jumo.net
Firmenprofil ansehen

---

© 2025 Kuhn Fachverlag