

DIN 32567-5



ICS 39.020

**Fertigungsmittel für Mikrosysteme –
Ermittlung von Materialeinflüssen auf die optische und taktile
dimensionelle Messtechnik –
Teil 5: Ableitung von Korrekturwerten für optische Messgeräte**

Production equipment for microsystems –

Determination of the influence of materials on the optical and tactile dimensional metrology –

Part 5: Derivation of correction values for optical measuring devices

Équipements de production pour systèmes microtechniques –

Détermination de l'influence des matériaux sur la métrologie dimensionnelle optique et tactile –

Partie 5: Dérivation des valeurs de correction pour les appareils de mesure d'optique

Gesamtumfang 18 Seiten

DIN-Normenausschuss Feinmechanik und Optik (NAFuO)

Inhalt

Seite

Vorwort	3
Einleitung.....	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
4 Messbedingungen	5
5 Einflussfaktoren bei optischen Oberflächenmessverfahren	5
5.1 Allgemeines	5
5.2 Materialspezifische Einflussfaktoren bei optischen Oberflächenmessverfahren	6
5.2.1 Allgemeines	6
5.2.2 Brechungsindex.....	6
5.2.3 Änderung der Phasenlage	6
5.2.4 Änderung der spektralen Verteilung	7
5.3 Gerätespezifische Einflussfaktoren bei optischen Verfahren	8
5.3.1 Allgemeines	8
5.3.2 Laterale Auflösung	8
5.3.3 Spektrale Verteilung der Beleuchtung	8
5.3.4 Beleuchtungsintensität	8
5.3.5 Kohärenz.....	9
5.3.6 Numerische Apertur	10
5.3.7 Empfindlichkeit des Bildsensors	10
6 Bestimmung der systematischen Abweichung topographisch gemessener Schichtdicken	10
6.1 Bestimmung der effektiven numerischen Apertur	10
6.2 Bestimmung der Veränderung der Phasenlage	11
7 Korrekturverfahren für optische Messverfahren.....	12
7.1 Weißlichtinterferometrie	12
7.1.1 Allgemeines	12
7.1.2 Materialpaarung: Schicht reflektierenden Materials auf transparentem Material.....	12
7.1.3 Materialpaarung: Schicht transparenten Materials auf reflektierendem Material.....	12
7.2 Fokussierende Verfahren.....	13
7.2.1 Allgemeines	13
7.2.2 Materialpaarung: Schicht reflektierenden Materials auf transparentem Material.....	13
7.2.3 Materialpaarung: Schicht transparenten Materials auf reflektierendem Material.....	13
Anhang A (informativ) Bestimmung des Brechungsindex transparenter Schichten	15
Anhang B (informativ) Beispiele für Korrekturverfahren	17
B.1 Transparente Schicht auf reflektierendem Substrat, fokussierendes Messverfahren, topographische Schichtdickenmessung	17
Literaturhinweise	18

Vorwort

Dieses Dokument wurde vom DIN-Arbeitsausschuss NA 027-03-03 AA „Fertigungsmittel für Mikrosysteme“ im DIN-Normenausschuss Feinmechanik und Optik (NAFuO) erarbeitet.

DIN 32567 besteht aus den folgenden Teilen unter dem allgemeinen Titel *Fertigungsmittel für Mikrosysteme — Ermittlung von Materialeinflüssen auf die optische und taktile dimensionelle Messtechnik*.

- *Teil 1: Qualitative Abschätzung der material- und verfahrensspezifischen Einflüsse*
- *Teil 2: Prüfkörper für taktile Verfahren*
- *Teil 3: Ableitung von Korrekturwerten für taktile Messgeräte*
- *Teil 4: Prüfkörper für optische Verfahren*
- *Teil 5: Ableitung von Korrekturwerten für optische Messgeräte*

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. Das DIN [und/oder die DKE] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Einleitung

Die dimensionelle Messung von Mikrobauteilen ist eine wesentliche Aufgabe der Qualitätssicherung in der Mikroproduktionstechnik. Die Bereitstellung von Prüfkörpern und zugehörigen Kalibrierverfahren ist eine wesentliche Voraussetzung dafür. Mit den heute verfügbaren Prüfkörpern ist hier ein großer Schritt in Richtung der Messbarkeit unterschiedlicher Mikrostrukturen gelungen. Bisher liegen den Kalibrierungsverfahren jedoch idealisierte Annahmen zugrunde. So sind z. B. die Prüfkörper aus gut reflektierendem, homogenem Material, so dass bei optischer Messung Einflüsse durch die optischen Eigenschaften des Materials vernachlässigt werden können. Gerade in der Mikrotechnik gewinnen jedoch die materialspezifischen Eigenschaften an Bedeutung, da häufig Materialien mit stark unterschiedlichen optischen Eigenschaften kombiniert werden. Bei topographischen Schichtdickenmessungen mit optischen Verfahren, bei denen eine Schicht als Höhenstufe zum darunterliegenden Substrat gemessen wird, kann es daher zu relativ großen systematischen Abweichungen der gemessenen Schichtdicke kommen.

Mit der vorliegenden Norm sollen Verfahren identifiziert werden zur Bestimmung und Korrektur systematischer Abweichungen topographischer Schichtdickenmessungen mit optischen Verfahren für Schichten, die vom Substrat abweichende optische Eigenschaften aufweisen. Dabei werden sowohl fokussierende Verfahren (Autofokussensor, Konfokalsensor) als auch Interferenzverfahren berücksichtigt. Das Ziel dieser Norm ist, durch Anwendung der beschriebenen Korrekturen ein genaueres Messergebnis zu erreichen.

Die Norm behandelt in erster Linie Materialpaarungen transparenter und reflektierender Materialien, beispielsweise eine transparente Schicht auf reflektierendem Substrat. Wichtigste Voraussetzung für die Anwendung der Norm ist die grundsätzliche Möglichkeit der topographischen Schichtdickenmessung, d. h. die Schicht muss als Profilstufe messbar sein.

Bezüglich geeigneter Kalibrierverfahren wird auf die Technischen Regeln VDI/VDE 2655 und VDI/VDE 2656 verwiesen.

1 Anwendungsbereich

DIN 32567 beschreibt systematische Einflüsse und Abweichungen bei der Messung von Schichtdicken und Stufenhöhen von Mikrostrukturen aus inhomogenen Materialien mit ausgewählten taktilen und optischen Messgeräten. DIN 32567 legt Verfahren fest, mit denen durch Materialeigenschaften und Messverfahren verursachte systematische Messabweichungen ermittelt und korrigiert werden.

Dieser Teil der DIN 32567 beschreibt systematische Einflussfaktoren für die optische Messung von Schichtdicken und Stufenhöhen von Mikrostrukturen aus inhomogenen Materialien. Außerdem legt dieser Teil der DIN 32567 Verfahren fest, mit denen diese Einflussfaktoren ermittelt und korrigiert werden können. Dadurch wird es möglich, genauere Messergebnisse zu erzielen.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

DIN 32564-1, *Fertigungsmittel für Mikrosysteme — Begriffe — Teil 1: Allgemeine Begriffe der Mikrosystemtechnik*

DIN 32567-1, *Fertigungsmittel für Mikrosysteme — Ermittlung von Materialeinflüssen auf die optische und taktile dimensionelle Messtechnik — Teil 1: Qualitative Abschätzung der material- und verfahrensspezifischen Einflüsse*

VDI/VDE 2655 Blatt 1.2 *Optische Messtechnik an Mikrotopografien: Kalibrieren von konfokalen Mikroskopen und Tiefeneinstellnormalen für die Rauheitsmessung*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach DIN 32564-1 und nach DIN 32567-1.

4 Messbedingungen

Die Messungen müssen unter definierten Bedingungen hinsichtlich Reinheit, Temperatur, Luftfeuchte, Streulicht und Schwingungen durchgeführt werden. Es gelten die Festlegungen in VDI/VDE 2655 Blatt 1.2.

5 Einflussfaktoren bei optischen Oberflächenmessverfahren

5.1 Allgemeines

Allgemein lassen sich die Einflussfaktoren für das Messergebnis bei topographischer Messung von Schichtdicken unterteilen in gerätespezifische, materialspezifische und umgebungsspezifische Faktoren (siehe folgende Auflistung).

Materialspezifischer Einfluss	Gerätespezifischer Einfluss	Umgebungsspezifischer Einfluss
Komplexer Brechungsindex ($n+ik$)	Lichtfleckdurchmesser (d_{LF})	Temperatur (T)
Doppelbrechung	Pixelgröße	Rel. Luftfeuchte (rF)
Phasensprünge/Phasenverschiebung	Spektralverteilung der Beleuchtung, Bandbreite	
Polarisation	Räumliche Kohärenz	
Elektromagnetische Oberfläche	Effektive Numerische Apertur $A_{N,eff}$	
	Empfindlichkeit des Bildsensors (z. B. Photo-diode, CCD-Sensor)	

Als wesentliche materialspezifische Einflussfaktoren müssen der komplexe Brechungsindex (ggf. anisotrop, Doppelbrechung), Phasensprünge bei der Reflexion am Material sowie Verschiebungen der Phase im Material berücksichtigt werden. Durch Absorption kann die Intensität des reflektierten Lichts beeinflusst werden. Ist diese wellenlängenabhängig, kann es zu systematischen Abweichungen kommen. Allgemein ist zu berücksichtigen, dass die Reflexion des Lichts an der elektromagnetischen Oberfläche geschieht. Insbesondere bei volumenstreuenden Materialien (Keramiken, Kunststoffen) ist diese nicht unbedingt identisch mit der wirklichen Oberfläche des Materials.

Wesentliche umgebungsspezifische Einflussfaktoren sind die Temperatur und die Luftfeuchte. Viele Polymere quellen in feuchter Umgebung auf und ändern ihre Eigenschaften. Dies muss bei der Untersuchung der materialabhängigen Eigenschaften berücksichtigt werden.

5.2 Materialspezifische Einflussfaktoren bei optischen Oberflächenmessverfahren

5.2.1 Allgemeines

Hinsichtlich der Messung von Schichtdicken sind hier insbesondere transparente und/oder volumenstreuende Materialien von Interesse. Im weiteren werden geometrische Einflüsse vernachlässigt, d. h. die Grenzflächen werden als ideal glatt betrachtet.

Bei transparenten Materialien sind für die Messung von Schichtdicken sowohl die Reflexion des für die Untersuchung verwendeten Lichts, als auch die Transmission durch das Material sowie ggf. die Absorption des Lichts im Material von Bedeutung. Bei optischen Verfahren zur Messung von Oberflächen muss berücksichtigt werden, dass sie in der Regel abhängig von der spektralen Verteilung des Lichts und dem Einfallswinkel des verwendeten Lichts sind.

5.2.2 Brechungsindex

Bei Messungen an transparenten Materialien wird eine von der geometrischen Dicke d abweichende Schichtdicke $d_m = n d$ gemessen, da der optische Weg im transparenten Material durch den Brechungsindex des Materials n verlängert wird. Dies muss bei der Schichtdickenmessung berücksichtigt werden.

Ist der Brechungsindex bekannt, kann dies entsprechend korrigiert werden. Es ist allerdings zu berücksichtigen, dass sich insbesondere der Brechungsindex dünner Schichten deutlich vom Brechungsindex dicker Schichten unterscheiden kann. Die Ursache hierfür liegt in den unterschiedlichen physikalischen Eigenschaften von Festkörpern und Oberflächen. Im Anhang A werden Beispiele beschrieben, wie ein unbekannter Brechungsindex bestimmt werden kann.

5.2.3 Änderung der Phasenlage

Bei Reflexion an einem dichteren Medium tritt stets ein Phasensprung auf. Bei Stufen, bei denen die obere und untere Fläche aus dem gleichen Material bestehen, treten an diesen Flächen gleiche Phasensprünge auf. Die Berücksichtigung der Phasensprünge entfällt daher bei der Berechnung der Stufenhöhe. Bei unterschiedlichen Materialien können unterschiedliche Phasensprünge auf den beiden Flächen auftreten und bei der Berechnung der Stufenhöhe zu Abweichungen führen.

Bei transparenten Schichten kommt eine Phasenverschiebung aufgrund des zweimaligen Durchlaufens der Schicht (siehe Bild 1) hinzu, die berücksichtigt werden muss.