



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 56 829 B3** 2005.08.18

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **103 56 829.8**

(22) Anmeldetag: **05.12.2003**

(43) Offenlegungstag: –

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **18.08.2005**

(51) Int Cl.⁷: **G01B 9/02**
G01B 21/30, G01B 11/30

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

(71) Patentinhaber:

Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:

Frank, Andre, 74232 Abstatt, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 196 51 029 C2

DE 101 55 020 A1

DE 201 21 476 U1

FR 27 03 448 A1

US 64 90 033 B1

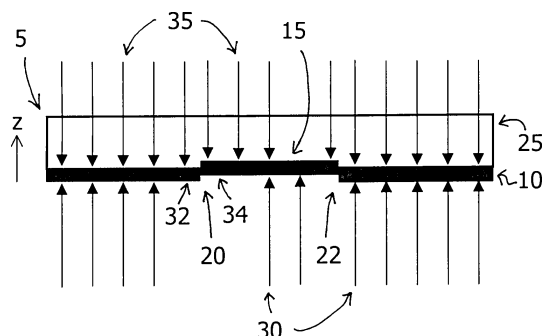
EP 06 23 805 A1

EP 06 76 614 B1

WO 99/46 558 A1

(54) Bezeichnung: **Messnormal für interferometrische Systeme**

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Messnormal (5) zur Kalibrierung von interferometrischen Systemen vorgeschlagen, mit dem einfach und schnell eine gleichzeitige Kalibrierung von zwei interferometrischen Systemen in jeweils bis zu drei Raumrichtungen ermöglicht wird. Dabei wird eine Genauigkeit der Kalibrierung im mindestens Nanometer-Bereich erreicht. Das erfindungsgemäße Messnormal (5) besteht aus einer lichtundurchlässigen, strukturierten Schicht (10) und einem lichtdurchlässigen Substrat (25).



Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung betrifft ein Messnormal zur Kalibrierung von interferometrischen Systemen nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Interferometrische Systeme eignen sich unter anderem für berührungslose Untersuchungen von Oberflächen verschiedener Objekte. Zur Erfassung der Oberflächenkontur eines zu untersuchenden Objektes trifft ein Messstrahl eines Interferometers die Oberfläche an dem zu messenden Bereich. Der von der Oberfläche reflektierte Messstrahl wird wieder dem Interferometer zugeführt und bildet zusammen mit einem Referenzstrahl ein Interferenzmuster, aus dem sich die Weglängendifferenz der beiden Strahlen ableiten lässt. Diese gemessene Weglängendifferenz der beiden Strahlen entspricht der Topographieänderung der Oberfläche.

[0003] Zur Kalibrierung von interferometrischen Systemen für dreidimensionale Vermessungen werden Messnormale mit einer strukturierten Schicht eingesetzt, deren geometrische Abmessungen genau bekannt sind. Die bei einer Vermessung eines solchen Messnormals erhaltenen Messergebnisse bezüglich der Struktur können aufgrund der bekannten Abmessungen einem genauen Abstandswert zugeordnet werden.

Stand der Technik

[0004] Aus der FR 2 703 448 A1 ist ein Messnormal aus einem Substrat und einer darauf aufgebracht, strukturierten Polymerschicht bekannt, wobei die Struktur eine treppenartige Form mit mehreren Stufen aufweist. Die einzelnen Stufen haben dabei eine bekannte Höhe und Breite. Dabei liegt die Rauigkeit der Struktur oberfläche in der Größenordnung von 10 Angström. Mit diesem Messnormal können Geräte zur Untersuchung von Oberflächentopographien wie beispielsweise ein Interferometer kalibriert werden.

Aufgabenstellung

[0005] Ein gleichzeitiges Kalibrieren von mehreren Interferometern ist mit einem bisher bekannten Messnormal nicht möglich, da die zur Kalibrierung notwendige, strukturierte Schicht nur von einer Seite her zugänglich ist.

Vorteile der Erfindung

[0006] Das erfindungsgemäße Messnormal mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 hat den Vorteil, dass das Messnormal einfach und schnell für eine gleichzeitige Kalibrierung von zwei interferometrischen Systemen in jeweils bis zu drei

Raumrichtungen eingesetzt werden kann.

[0007] Dabei ermöglicht das erfindungsgemäße Messnormal eine extrem hohe Genauigkeit der Kalibrierung im mindestens Nanometer-Bereich, abhängig je nach der Wellenlänge des verwendeten Lichts.

[0008] Vorteilhafte Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Messnormals sind in den Unteransprüchen angegeben.

Ausführungsbeispiel

Zeichnung

[0009] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden anhand der Zeichnung und der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

[0010] [Fig. 1](#) einen Querschnitt eines ersten erfindungsgemäßen Messnormals und

[0011] [Fig. 2](#) ein zweites Messnormal in Draufsicht.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

[0012] Das in [Fig. 1](#) dargestellte Messnormal **5** besteht aus einer lichtundurchlässigen Schicht **10** mit einer Oberflächenrauigkeit im atomaren Bereich auf mindestens einer Seite der Schicht **10**, wobei die Schicht **10** mindestens eine hinsichtlich ihrer Geometrie definierte Struktur **15** mit mindestens einer Kante **20**, **21** aufweist. Weiter ist diese Schicht **10** mit einem lichtdurchlässigen Substrat **25** verbunden.

[0013] Zur Kalibrierung eines ersten Interferometers fallen die Lichtstrahlen **30** des Messstrahls des Interferometers senkrecht auf die Oberfläche der strukturierten Schicht **10**. Dabei werden die Lichtstrahlen **30** an der Stelle **32** vor der ersten Kante **20** früher reflektiert als an der Stelle **34** nach der ersten Kante **20**. Daraus resultieren unterschiedliche Interferenzmuster nach der Überlagerung der Lichtstrahlen **30** mit einem nicht dargestellten Referenzstrahl. Da die Struktur **15** hinsichtlich ihrer Geometrie genau definiert ist, ist auch die Kantenhöhe der ersten Kante **20** in vertikaler z-Richtung bekannt, d.h. das Interferometer ist in z-Richtung kalibriert. Die Genauigkeit der Kalibrierung hängt neben der Oberflächenrauigkeit der Schicht **10** auch von der Wellenlänge des verwendeten Lichts ab. Je kurzwelliger das verwendete Licht, desto genauer wird die Kalibrierung. Bei einer verwendeten Wellenlänge von 500 nm beispielsweise erfolgt die Kalibrierung mit einer Genauigkeit im Bereich von einigen wenigen nm.

[0014] In einer besonderen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Messnormals hat die Struktur auf der Schicht **10** in Draufsicht eine rechteckige Form **40** wie in [Fig. 2](#) dargestellt. Die Struktur mit der

rechteckigen Form **40** kann durch eine Erhöhung oder eine Vertiefung der Schicht **10** gebildet werden. Die daraus resultierenden Kanten **45**, **50** können zur Kalibrierung der lateralen x-Richtung des Interferometers herangezogen werden, da beim Verfahren des Messstrahls in lateraler x-Richtung an den Stellen der Kanten **45**, **50** jeweils Änderungen des Interferenzmusters auftreten und der Abstand der beiden Kanten **45**, **50** genau bekannt ist. Allgemein kann die Struktur **15** in Draufsicht eine rotationsinvariante Form wie ein Vieleck aufweisen.

[0015] Analog ist eine Kalibrierung in lateraler y-Richtung mithilfe der entsprechenden Kanten **55**, **60** möglich. Alle drei Raumrichtungen des Interferometers sind somit kalibrierbar.

[0016] Ein zweites Interferometer kann anschließend bzw. gleichzeitig mit dem erfindungsgemäßen Messnormal **5** ebenso in allen drei Raumrichtungen kalibriert werden, ohne dass das erste Interferometer entfernt oder in seiner Position verändert werden muss.

[0017] Dabei ist das zweite Interferometer derart positioniert, dass die Lichtstrahlen **35** des Messstrahls des zweiten Interferometers nach einem Durchgang durch das lichtdurchlässige Substrat **25** auf die dem Substrat **25** zugewandten Seite der strukturierten Schicht **10** auftreffen. Die Kanten **20**, **22**, die für die Lichtstrahlen **30** des ersten Interferometers eine Vertiefung darstellen, stellen für die Lichtstrahlen **35** des zweiten Interferometers eine Erhöhung dar und umgekehrt.

[0018] Eine Kalibrierung des zweiten Interferometers in allen drei Raumrichtungen ist wie mit dem oben beschriebenen Verfahren für das erste Interferometer genauso möglich. Da zur Kalibrierung der beiden Interferometer dieselbe strukturierte Schicht **10** mit genau bekannten geometrischen Abmessungen, insbesondere bezüglich der Dicke der Schicht **10**, benutzt wird, kann die relative Position der beiden interferometrischen Systeme zueinander festgestellt werden.

[0019] Wird nach einer Kalibrierung der beiden interferometrischen Systeme das Messnormal **5** durch ein Untersuchungsobjekt ersetzt, kann die Oberflächentopographie des Objektes von zwei Seiten gleichzeitig bestimmt werden.

[0020] Die Lichtdurchlässigkeit des Substrats **25** bzw. die Lichtundurchlässigkeit der Schicht **10** bezieht sich hier auf den Wellenlängenbereich der eingesetzten Strahlen **30**, **35**. Geeignete Materialien für das Substrat **25** können Glas, Magnesiumoxid (MgO) oder Saphir sein. Die lichtundurchlässige Schicht **10** kann aus Kupferoxid (CuO), Gold (Au), Eisen (Fe), Chrom (Cr), Aluminium (Al) oder Kupfer (Cu) beste-

hen.

[0021] Bei einer möglichen Herstellungsmethode des erfindungsgemäßen Messnormals **5** wird das Substrat **25** durch eine Abtragung mit einer gewünschten Struktur **15** versehen. Die Abtragung kann durch ein chemisches Ätzen, ein Plasmaätzen oder durch einen Laser erfolgen. Eine Aufbringung der Schicht **10** mithilfe eines Molekularstrahls, eines CVD-Verfahrens (Chemical Vapor Deposition) oder eines epitaktischen Verfahrens sorgt für eine sehr gut kontrollierbare Schichtdicke mit einer Oberflächenrauigkeit in atomarer Größenordnung. Typischerweise beträgt die Dicke der Schicht **10** etwa 1 bis 100 nm. Sie kann innerhalb des Messnormals **5** konstant sein, oder innerhalb des genannten Bereichs variieren. In beiden Fällen ist der Verlauf der Dicke der Schicht **10** in lateralen Richtungen bekannt.

[0022] Die lichtundurchlässige Schicht **10** kann auf der dem Substrat **25** abgewandten Seite mit einer in [Fig. 1](#) nicht dargestellten lichtdurchlässigen Schicht verbunden sein, um beispielsweise die mechanische Stabilität des Messnormals **5** zu verbessern.

Patentansprüche

1. Messnormal zur Kalibrierung von interferometrischen Systemen, bestehend aus einer lichtundurchlässigen Schicht (**10**) mit einer Oberflächenrauigkeit im atomaren Bereich auf mindestens einer Seite der Schicht (**10**), wobei die Schicht (**10**) mindestens eine hinsichtlich ihrer Geometrie definierte Struktur (**15**) mit mindestens einer Kante (**20**, **22**; **45**, **50**, **55**, **60**) aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schicht (**10**) mit einem lichtdurchlässigen Substrat (**25**) verbunden ist.

2. Messnormal nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Struktur (**15**) eine Erhöhung oder eine Vertiefung aufweist und in Draufsicht die Form eines Vieleckes, bevorzugterweise die eines Rechteckes (**40**), hat.

3. Messnormal nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Verlauf der Dicke der Schicht (**10**) in lateralen Richtungen bekannt ist.

4. Messnormal nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Dicke der Schicht (**10**) größer als 1 nm, bevorzugterweise 1 nm bis 100 nm, beträgt.

5. Messnormal nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das lichtdurchlässige Substrat (**25**) aus Glas, MgO oder Saphir besteht.

6. Messnormal nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die

lichtundurchlässige Schicht (**10**) aus CuO, Au, Fe, Cr,
Al oder Cu besteht.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

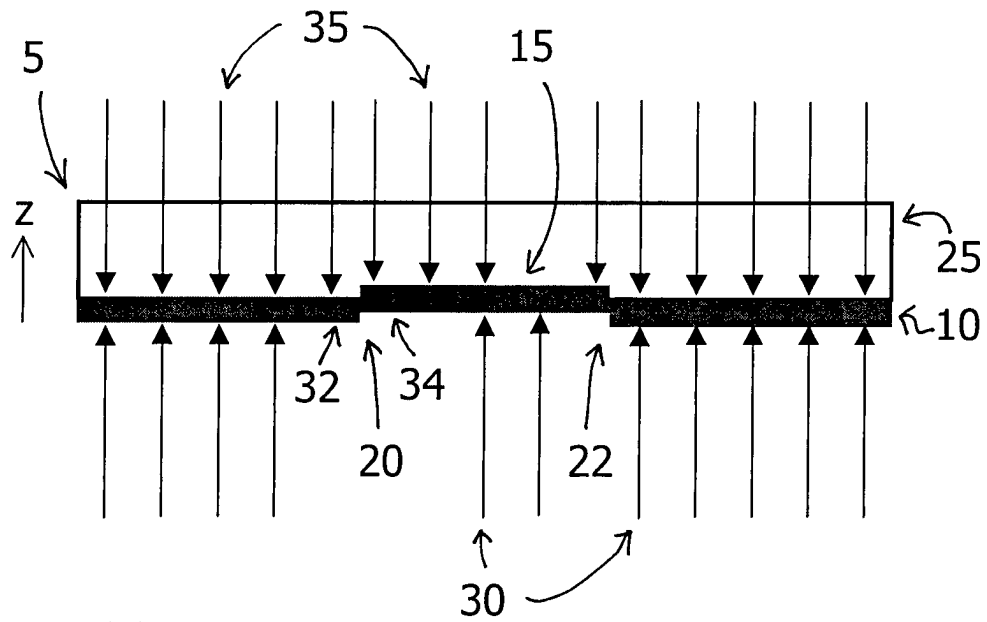


Fig. 1

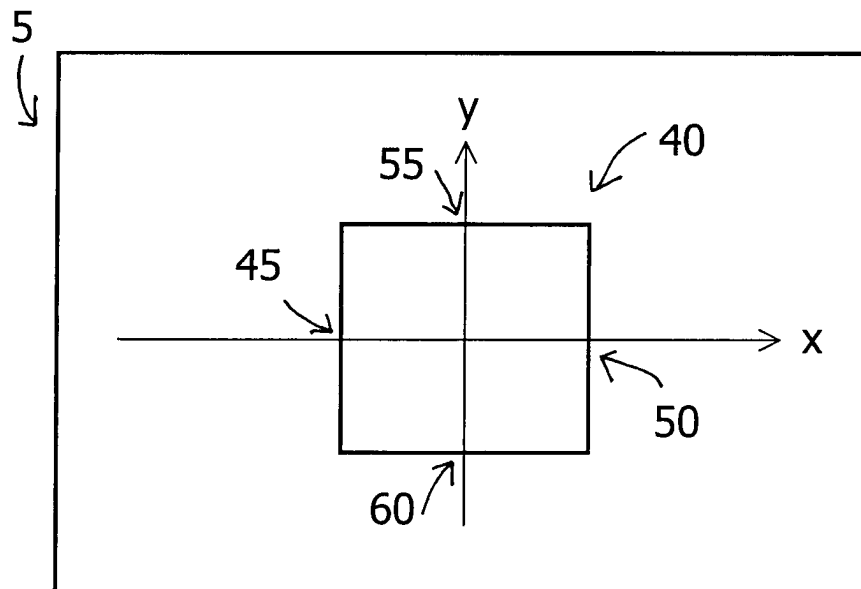


Fig. 2