DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK

PATENTSCHRIFT

(12) Wirtschaftspatent

(19) DD (11) 270 963 A1

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

4(51) G 01 B 11/30

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

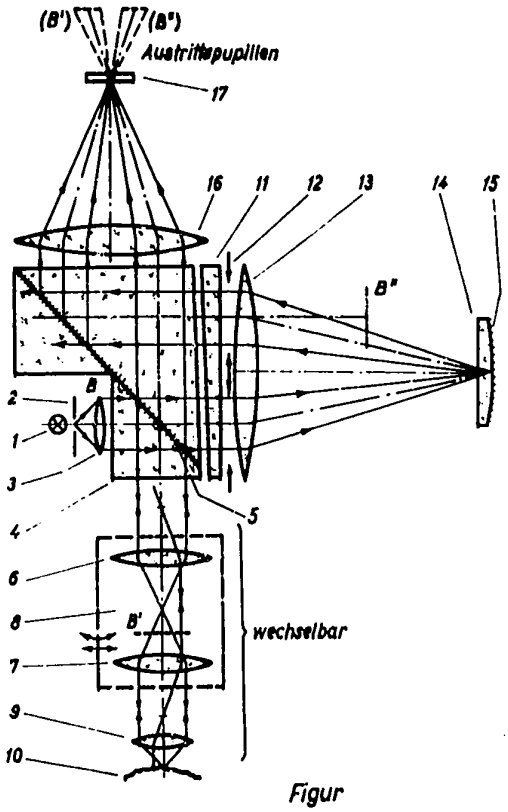
(21) WP G 01 B / 312 819 4 (22) 10.02.88 (44) 16.08.89

(71) Akademie der Wissenschaften der DDR, Otto-Nuschke-Straße 22/23, Berlin, 1080, DD
(72) Körner, Klaus, Dr.-Ing., DD

(54) Anordnung zur zeitaufgelösten Messung der Oberflächenfeingestalt

(55)Interferometrie, Mikroskop, Meßtechnik, Bildempfänger, Rauheit, zeitaufgelöst

(57) Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur zeitaufgelösten Messung der Oberflächenfeingestalt nach dem interferometrischen Meßprinzip. Erfindungsgemäß wird für die Messung der Rauheit einer Objektoberfläche so durchgeführt, daß sich im Objektstrahlengang eines Interferenzmikroskops zwischen einem Abbildungsobjektiv und einer teilverspiegelten Schicht ein Teleskop befindet, das mit dem Abbildungsobjektiv eine konstruktive Einheit bildet, die auswechselbar ist, wobei bei Einsatz verschiedener Abbildungsobjektive mit jeweils zugehörigem Teleskop die Lage der virtuellen Spiegelebene erhalten bleibt und so die Austrittspupillen im Interferenzmikroskop stets parallel versetzt in eine gemeinsame Ebene fallen, so daß ein Interferenzbild hoher Streifendichte entsteht und außerdem dabei der optische Gangunterschied unverändert bleibt. Hierdurch wird es möglich, eine zeitaufgelöste Messung der Rauheit im Anströmbereich durchzuführen und dabei ein verwendetes Abbildungsobjektiv für eine Veränderung des Abbildungsmaßstabes auswechseln zu können, ohne daß die Kompensation im Interferometer beeinträchtigt wird.
Figur



Figur

ISSN 0433-6461

5 Seiten

Patentansprüche:

1. Anordnung zur zeitaufgelösten Messung der Oberflächenfeingestalt mit einer Lichtquelle, einer Feldblende, einem Beleuchtungsobjektiv, einer teilverspiegelten Schicht, einem Objektstrahlraum mit einem Abbildungsobjektiv und einer Objektoberfläche und einem Referenzstrahlraum mit einem Referenzobjektiv und einer Spiegelfläche oder Spiegellinse sowie einem gemeinsamen Strahlraum mit einem Tubusobjektiv und einem Bildempfänger, der mit einem Rechner verbunden ist, **dadurch gekennzeichnet,** daß auf der teilverspiegelten Schicht (5) ein Feld für die Strahlteilung und ein Feld für die Referenzstrahlreflexion angeordnet sind und der teilverspiegelten Schicht im Objektstrahlraum ein erstes Objektiv (6) und ein zweites Objektiv (7) mit vorzugsweise gleicher Brennweite wie das erste folgen und dem zweiten Objektiv (7) des Abbildungsobjektivs (9) nachgeordnet ist, so daß eine virtuelle Spiegelebene im Objektstrahlraum zwischen der teilverspiegelten Schicht (5) und dem ersten Objektiv (6) entsteht.
2. Anordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** daß das erste (6) und das zweite Objektiv (7) im Objektstrahlraum als ein konfokales System (8) mit einer gemeinsamen Brennebene des ersten (6) und des zweiten Objektives (7) angeordnet sind.
3. Anordnung nach Anspruch 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet,** daß die virtuelle Spiegelebene des Objekt- und die des Referenzstrahlraumes optisch konjugiert sind.
4. Anordnung nach Anspruch 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet,** daß die dem Abbildungsobjektiv (9) zugekehrte Brennebene des zweiten Objektivs (7) des konfokalen Systems (8) mit der dem konfokalen System (8) zugekehrten Brennebene des Abbildungsobjektivs (9) ineinanderfällt und die der teilverspiegelten Schicht (5) zugekehrte Brennebene des ersten Objektivs (6) mit der Brenn- oder der Hauptebene des Referenzobjektivs (13) optisch konjugiert ist.
5. Anordnung nach Anspruch 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet,** daß in der gemeinsamen Brennebene des konfokalen Systems (8) ein Feldobjektiv angeordnet ist und die Brennweiten des ersten (6) und des zweiten Objektivs (7) gleich sind und das Feldobjektiv vorzugsweise die halbe Brennweite dieser Objektive besitzt.
6. Anordnung nach Anspruch 1 bis 3 und 5, **dadurch gekennzeichnet,** daß die dem Abbildungsobjektiv (9) zugekehrte Hauptebene des zweiten Objektivs (7) des konfokalen Systems (8) mit der dem konfokalen System (8) zugeordneten Brennebene des Abbildungsobjektivs (7) ineinanderfällt und die der teilverspiegelten Schicht (5) zugekehrte Hauptebene des ersten Objektivs (6) des konfokalen Systems (8) mit der Brenn- oder Hauptebene des Referenzobjektivs (12) optisch konjugiert ist.
7. Anordnung nach Anspruch 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet,** daß das konfokale System (8) in sich starr und zur optischen Achse quer verschiebbar oder um eine zur optischen Achse senkrechten Achse kippbar angeordnet ist.
8. Anordnung nach Anspruch 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet,** daß das Abbildungsobjektiv (9) mit dem konfokalen System (8) eine konstruktive Einheit bildet und auswechselbar ist.
9. Anordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** daß die Spiegelfläche bzw. Spiegellinse (14) auswechselbar ist.
10. Anordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** daß der Bildempfänger (17) aus einem CCD-Sensor besteht.

Hierzu 1 Seite Zeichnung

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur zeitaufgelösten Messung der Oberflächenfeingestalt, insbesondere zur Messung der Rauheit nach dem Interferenzprinzip.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Es wurde bereits vorgeschlagen, den optischen Gangunterschied zwischen Objekt- und Referenzstrahlbündel in einem Interferometer mit einem schwächer fokussierten Referenzstrahlenbündel im Referenzstrahlraum dadurch auszugleichen, daß vor der Strahlvereinigung von Objekt und Referenzstrahlenbündel das Objektstrahlenbündel durch eine Auskopplung eine Anpassung an die optische Weglänge des Referenzstrahlbündels erhält. Außerdem entsteht neben der Kompensation des optischen Gangunterschiedes auch ein Interferenzbild hoher Streifendichte mit äquidistanten Streifen, wobei die Fokussierung des Objekt- und des Referenzstrahlenbündels unterschiedlich ist und Weißlichtinterferenzen beobachtet werden können.

Jedoch kann ein Interferenzbild hoher Streifendichte mit äquidistanten Streifen nicht entstehen und ist die Beobachtung von Weißlichtinterferenzen nicht mehr möglich, wenn das Abbildungsobjektiv aus Gründen der Anpassung an die Objektoberfläche gewechselt werden muß. Hierzu mußte bisher der gesamte Interferometerkopf ausgewechselt werden.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, eine zeitaufgelöste Messung der Rauheit nach dem Interferenzprinzip auch bei unterschiedlichen Abbildungsmaßstäben der Objektoberfläche mit geringerem technischen Aufwand zu ermöglichen.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Aufgabe der Erfindung ist, eine zeitaufgelöste Messung der Rauheit im Angströmbereich durchzuführen und dabei das Abbildungsobjektiv für eine Veränderung des Abbildungsmaßstabes auswechseln zu können, ohne daß die Kompensation im Interferometer beeinträchtigt wird.
Diese Aufgabe wird durch eine Anordnung gelöst, die aus einer Lichtquelle, die eine komplette Interferenzmikroskop-Beleuchtung darstellt, einem Beleuchtungsobjektiv, einer teilverspiegelten Schicht, einem Objektstrahlraum mit einem Abbildungsobjektiv und einer Objektoberfläche, einem Referenzstrahlraum mit einem Referenzobjektiv und einer Spiegelfläche oder Spiegellinse sowie einem gemeinsamen Strahlraum mit einem Tubusobjektiv und einem Bildempfänger besteht, der mit einem Rechner verbunden ist, wobei erfindungsgemäß auf der teilverspiegelten Schicht ein Feld für die Strahlteilung und ein Feld für die Referenzstrahlreflexion angeordnet sind und der teilverspiegelten Schicht im Objektstrahlraum ein erstes Objektiv und ein zweites Objektiv, mit vorzugsweise gleicher Brennweite wie das erste, folgen und dem zweiten Objektiv das Abbildungsobjektiv nachgeordnet ist. Hierbei können das erste und das zweite Objektiv im Objektstrahlraum als ein konfokales System mit einer gemeinsamen Brennebene des ersten und des zweiten Objektives angeordnet sein. Dadurch entsteht die virtuelle Spiegelebene im Objektstrahlraum zwischen der teilverspiegelten Schicht und dem ersten Objektiv, wobei hier zweckmäßigerweise einerseits die dem Abbildungsobjektiv zugekehrte Brennebene des zweiten Objektivs des konfokalen Systems mit der dem konfokalen System zugekehrten Brennebene des Abbildungsobjektivs ineinanderfällt, andererseits die der teilverspiegelten Schicht zugekehrte Brennebene des ersten Objektivs mit der Brenn- oder der Hauptebene des Referenzobjektivs. Dadurch ist gewährleistet, daß die virtuelle Spiegelebene des Objektstrahlraumes näher an die teilverspiegelte Schicht rückt, und es wird erreicht, daß die virtuelle Spiegelebene des Objektivstrahlraumes mit der des Referenzstrahlraumes optisch konjugiert ist.
In der gemeinsamen Brennebene des konfokalen Systems können ein Feldobjektiv angeordnet und die Brennweiten des ersten und des zweiten Objektivs gleich sein und das Feldobjektiv vorzugsweise die halbe Brennweite dieser Objektive besitzen. Mit dem Feldobjektiv kann ein wesentlich helleres Bild der Objektoberfläche erzeugt werden.
Weiterhin kann die dem Abbildungsobjektiv zugekehrte Hauptebene des zweiten Objektivs des konfokalen Systems mit der dem konfokalen System zugeordneten Brennebene des Abbildungsobjektivs ineinanderfallen, wie auch die der teilverspiegelten Schicht zugekehrte Hauptebene des ersten Objektivs des konfokalen Systems mit der Brenn- oder Hauptebene des Referenzobjektivs ineinanderfällt. So sind auch die virtuellen Spiegelebenen konjugiert und die Austrittspupillen liegen in einer gemeinsamen Ebene.
Das konfokale System kann vorteilhafterweise in sich starr und zur optischen Achse quer verschiebbar oder um eine zur optischen Achse senkrechten Achse kippbar angeordnet und das Abbildungsobjektiv mit dem konfokalem System eine konstruktive Einheit bilden und auswechselbar sein. Die Verschiebbarkeit des konfokalen Systems quer zur optischen Achse ermöglicht die Veränderung der Interferenzstreifenanzahl im detektierten Bild der Objektoberfläche, ohne dabei die Kompensation zu beeinflussen. Durch die konstruktive Einheit von Abbildungssystem und konfokalen System ist ein leichtes Auswechseln zur Änderung des Abbildungsmaßstabes gegeben.
Dabei folgen im Referenzstrahlraum erfindungsgemäß der teilverspiegelten Schicht eine Keilplatte, eine Doppelblende, das Referenzobjektiv und eine Spiegellinse oder Spiegelfläche. Hierbei gelangt das Referenzstrahlenbündel nach dem Passieren der teilverspiegelten Schicht durch die Keilplatte und die erste Öffnung der Doppelblende in das Referenzobjektiv, wird fokussiert, durch eine Spiegellinse oder Spiegelfläche reflektiert, durch das Referenzobjektiv wieder kollimiert, passiert die zweite Öffnung der Doppelblende, wird an der teilverspiegelten Schicht reflektiert und es entstehen im gemeinsamen Strahlraum zwei zueinander sich parallel versetzt ausbreitende Objekt- und Referenzstrahlenbündel, welche durch das Tubusobjektiv auf einen Bildempfänger fokussiert werden, wobei ein Interferenzbild hoher Streifendichte entsteht und der Bildempfänger mit einem Rechner gekoppelt ist.
Zur optischen Anpassung des Referenzstrahlenbündels kann die Spiegelfläche oder Spiegellinse auswechselbar sein. Als Bildempfänger wird mit Vorteil ein CCD-Sensor verwendet.

Ausführungsbeispiele

Die Erfindung soll nachstehend an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert werden. Die zugehörige Zeichnung zeigt:

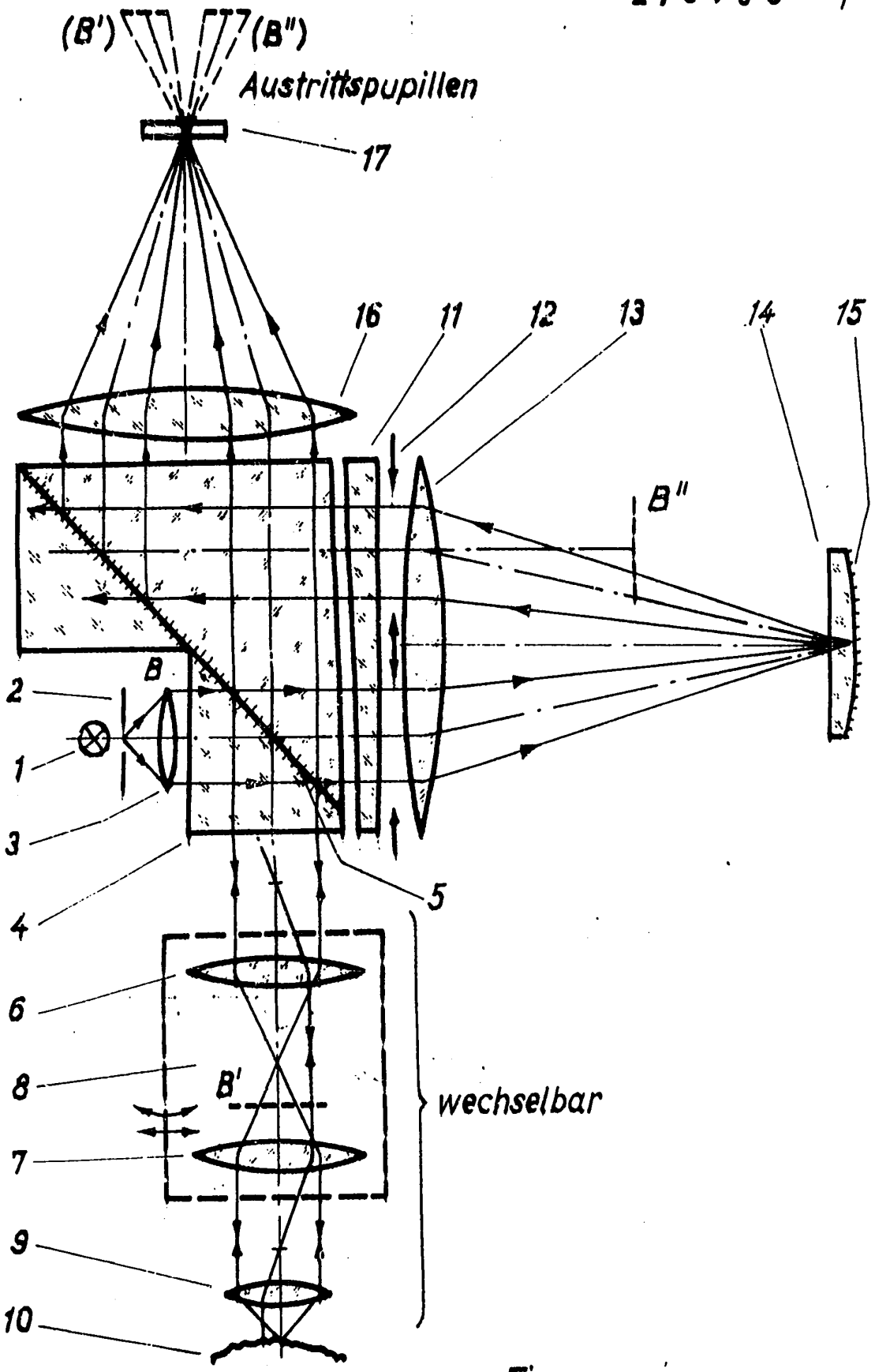
eine schematische Darstellung der erfindungsgemäßen Anordnung.

Das von einer Lichtquelle 1 ausgehende Strahlenbündel, von einer Feldblende 2 begrenzt, gelangt auf ein Beleuchtungsobjektiv 3, wird kollimiert und tritt in einen Glasbock 4 mit einer teilverspiegelten Schicht 5 ein. Das hierbei reflektierte Objektstrahlenbündel wird durch ein Objektiv 6 fokussiert und durch ein Objektiv 7 gleicher Brennweite wieder kollimiert, wobei die beiden Objektive 6 und 7 ein konfokales System 8 (Teleskop) bilden. Das kollimierte Strahlenbündel wird durch ein Abbildungsobjektiv 9 auf eine Objektoberfläche 10 fokussiert, an dieser reflektiert, durch das Abbildungsobjektiv 9

wieder kollimiert und gelangt über das konfokale System 8 in den Glasblock 4. Das an der teilverspiegelten Schicht 5 hindurchgelassene Referenzstrahlenbündel passiert eine querverschiebbar angeordnete Keilplatte 11, eine erste Öffnung einer Doppelblende 12 und wird durch ein Referenzobjektiv 13 schräg auf eine Spiegellinse 14 mit einer Spiegelschicht 15 fokussiert und schräg reflektiert, wobei das Referenzobjektiv 13 durch die fokussierende Wirkung der Spiegellinse 14 wieder in sich abgebildet wird. Das schräg reflektierte Referenzstrahlenbündel wird durch die Wirkung des Referenzobjektivs 13 wieder kollimiert durch die zweite Öffnung der Doppelblende 12 räumlich begrenzt, durchsetzt die Keilplatte 11 und gelangt wieder in den Glasblock 4.

Das in den Glasblock 4 eingetretene Objekt- und das Referenzstrahlenbündel werden an der teilverspiegelten Schicht 5 hindurchgelassen bzw. reflektiert und verlassen den Glasblock 4 gemeinsam, jedoch parallel versetzt, und werden durch ein Tubusobjektiv 16 auf einem Bildempfänger 17 abgebildet, der mit einem hier nicht näher dargestellten Rechner verbunden ist. Zur visuellen Beobachtung des Interferenzbildes kann nach dem Glasblock 4 ein zweites Strahlenbündel ausgekoppelt werden. Die dem Glasblock 4 zugekehrten Brennebenen des Objektivs 6 und die Hauptebene des Referenzobjektivs 13 sind optisch konjugiert, außerdem fallen die einander zugekehrten Brennebenen des Objektivs 7 und die des Abbildungsobjektivs 9 ineinander, so daß die virtuelle Spiegelebene des Objekt- und die des Referenzstrahlraumes ebenfalls optisch konjugiert sind. Damit werden durch das Tubusobjektiv 16 die Pupillen B' und B'' in eine gemeinsame Ebene als Austrittspupillen (B') und (B'') parallel versetzt abgebildet. Dies führt bekanntlicherweise zu einem Interferenzbild hoher Streifendichte.

Bei dieser erfindungsgemäßen Anordnung ist es möglich, eine beliebige Kombination eines auf das Abbildungsobjektiv abgestimmten konfokalen Systems gemeinsam mit einem Abbildungsobjektiv auszutauschen, wenn die dem Glasblock 4 zugeordnete Brennebene im Strahlengang bei allen Kombinationen jeweils an der gleichen Stelle liegt und die Objektoberfläche 10 auch bei einem Wechsel der Kombination weiterhin scharf abgebildet wird, d. h. der Brennpunkt des Abbildungsobjektivs 9 auf der Objektoberfläche 10 liegt und alle Kombinationen äquivalente Glas- und Luftwege aufweisen. Die Veränderung des Interferenzstreifenabstandes im Interferenzbild ist durch ein Querverschieben oder ein Kippen des konfokalen Systems möglich, ohne daß die Kompensation des Interferometers beeinträchtigt wird.


(B')
(B")
Austrittspupillen
17
16
11
12
13
14
15
B"
B
2
1
3
4
5
6
8
B'
7
9
10
wechselbar

Figur