



(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

(19) DD (11) 267 310 A1

4(51) G 01 B 11/30

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP G 01 B / 311 399 1

(22) 28.12.87

(44) 28.04.89

(71) Akademie der Wissenschaften der DDR, Otto-Nuschke-Straße 22/23, Berlin, 1080, DD

(72) Körner, Klaus, Dr.-Ing.; Fritz, Holger, Dipl.-Phys., DD

(54) Anordnung zur Messung der Oberflächengestalt

(55) Interferometrie, zeitaufgelöst, Meßtechnik, Bildempfänger, Rauheit, Streifendichte, Glasblock
 (57) Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur Messung der Oberflächengestalt nach dem interferometrischen Meßprinzip. Aufgabe der Erfindung ist es, die Auswirkungen der Rauheit der Referenzfläche auf die Messung zu reduzieren und ein Interferenzbild hoher Streifendichte zu erzielen, um eine Interferenzbildauswertung mit einem gerasterten Bildempfänger vornehmen zu können. Erfindungsgemäß wird dies erreicht, indem die spiegelnde Referenzfläche eine Krümmung aufweist und durch ein Referenzobjektiv, das eine größere Brennweite als ein Abbildungsobjektiv im Objektstrahlengang besitzt, der Einfluß der Rauheit der Referenzfläche auf dem Bildempfänger vernachlässigt werden kann. Durch die sich in einem gemeinsamen Strahlraum parallel versetzt ausbreitenden Strahlenbündel entsteht bei deren Fokussierung ein Interferenzbild hoher Streifendichte, das durch einen Bildempfänger zeitaufgelöst ausgewertet werden kann. Fig. 1

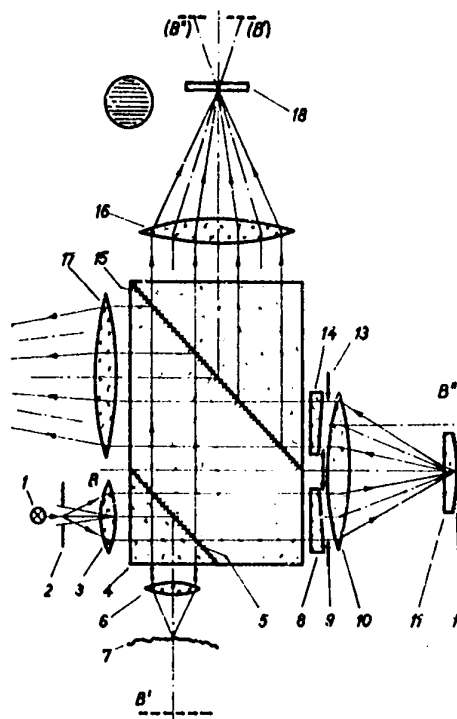


Fig. 1

Patentansprüche:

1. Anordnung zur Messung der Oberflächengestalt mit einer Lichtquelle, einer Feldblende, einem Beleuchtungsobjektiv, einer teilverspiegelten Schicht, einem Abbildungsobjektiv, einer Objektoberfläche, einem Referenzobjektiv, einer Referenzfläche, einem Tubusobjektiv und einem Bildempfänger, dadurch gekennzeichnet, daß der Lichtquelle (1; 19) in Lichtrichtung die Feldblende (2; 20), das Beleuchtungsobjektiv (3; 21), und die in einem zusammengefügt Glasblock (4; 26) befindliche teilverspiegelte Schicht (5; 15; 27; 37) folgen, wobei dieser zum ersten das Abbildungsobjektiv (6; 28) und die Objektoberfläche (7; 29), zum zweiten eine drehbar angeordnete Keilplatte (8; 30), eine Blende (9; 31), das Referenzobjektiv (10; 32), dessen Brennweite jedoch wesentlich größer als die des Abbildungsobjektives (6; 28) ist, eine konkav gekrümmte Spiegelfläche (33) oder eine konvexe Spiegellinse (11), und zum dritten im Glasblock (4; 26) eine zweite teilverspiegelte Schicht (27; 37) folgen, die zur ersten parallel oder rechtwinklig liegt, wobei im letzten Fall sich zwischen der ersten (27) und der zweiten (37) teilverspiegelten Schicht eine Reflexionsschicht (36) befindet, die parallel zur ersten teilverspiegelten Schicht (27) angeordnet ist, wobei der zweiten teilverspiegelten Schicht (37) oder, wenn vorhanden, der Reflexionsschicht (36) in Richtung zum Referenzobjektiv (10; 32) eine zweite, drehbar angeordnete, Keilplatte (14; 35) und die Blende (13; 34) gegenüberliegen und den beiden Ausgängen des Glasblocks (4; 26) je ein Tubusobjektiv (16; 17/39; 40) folgt, wobei jeweils ersterem in der Fokusebene ein Bildempfänger (18; 41), der mit einem Rechner verbunden ist, und jeweils dem zweiten ein Okular nachgeordnet sind und die Brennweite der Spiegelfläche (33) bzw. der Spiegellinse (11) so gewählt ist, daß die durch den Objekt- und Referenzstrahlengang abgebildeten Pupillen im gemeinsamen Strahlraum als zwei getrennte Austrittspupillen in einer gemeinsamen Ebene liegen.
2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen Beleuchtungsobjektiv (3; 21) und der teilverspiegelten Schicht (5; 27) ein Teilerwürfel (22) eingefügt ist, dem ein Beleuchtungsobjektiv (25), eine Feldblende (24) und eine polychromatische Lichtquelle (23) vorgeordnet sind, und der aus der Reflexionsschicht (36) und der zweiten teilverspiegelten Schicht (37) gebildeten Dachkante ein Dachkantreflektor (38) gegenübersteht.
3. Anordnung nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Spiegelfläche (33) bzw. die Spiegellinse (11) auswechselbar ist.
4. Anordnung nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Bildempfänger (18; 41) aus einer CCD-Matrix bestehen.
5. Anordnung nach Anspruch 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtquelle (1; 19) ein Halbleiterlaser ist.

Hierzu 2 Seiten Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

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

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Es sind technische Lösungen bekannt, bei denen das von einer Lichtquelle ausgehende Licht durch eine Strahlteilung in einen Objekt- und einen Referenzstrahlengang aufgespalten wird, wobei sich im Objektstrahlengang ein Objektiv und die anzumessende Objektoberfläche befinden.

Im Referenzstrahlengang sind ein Objektiv gleichen Typs und eine Referenzfläche angeordnet, wie z. B. von Krug, Rienitz und Schulz in „Beiträge zur Interferenzmikroskopie“, Akademie-Verlag, Berlin 1961, S. 55/56, beschrieben.

Die von der Objektoberfläche und der Referenzoberfläche reflektierte Strahlung wird an der Teilerfläche wieder vereinigt, gelangt zur Interferenz und wird in einem mikroskopischen Strahlengang abgebildet.

Der Nachteil dieser Anordnungen besteht darin, daß die Rauheit der Referenzfläche sich als Fehler in der Messung bemerkbar macht. Dieser Effekt ist störend, wenn die technologische Bearbeitungsgrenze beim Feinpolieren erreicht wird (RMS-Wert bzw. $R_q \leq 10 \text{ nm}$).

Es ist bekannt, daß bei Interferenzmikroskopen die Phase-Sampling-Methode zur Auswertung von Interferenzstrukturen benutzt wird. Hierbei wird zeitlich nacheinander die Phase im Interferenzbild definiert verändert.

Derartige Lösungen haben den Nachteil, daß durch Störeinflüsse, z. B. bei Schwingungen des Objektes, nicht zu vernachlässigende Phasenfehler auftreten können. Außerdem ist es nicht möglich, Interferenzbilder an bewegten Objekten auszuwerten.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, den technologischen Aufwand beim Feinpolieren der Referenzoberfläche zu senken, bzw. den Meßfehler einfluß stark zu reduzieren und hierbei die Durchführung der zeitaufgelösten Interferenzmikroskopie zu gewährleisten.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Aufgabe der Erfindung ist es, die Auswirkungen der Rauheit der Referenzfläche auf die Messung zu reduzieren und ein Interferenzbild hoher Streifendichte zu erzeugen, um die Interferenzbilddauswertung in einem gerasterten Bildempfänger an bewegten Oberflächen vornehmen zu können.

Die erfindungsgemäße Anordnung zur Lösung dieser Aufgabe besteht aus einer Lichtquelle, der in Lichtrichtung eine Feldblende, ein Beleuchtungsobjektiv und in einem Glasblock eine teilverspiegelte Schicht folgen, wobei dieser zum einen ein Abbildungsobjektiv und eine Objektoberfläche, zum anderen eine drehbar angeordnete Keilplatte, eine Blende und ein Referenzobjektiv nachgeordnet sind, wobei erfindungsgemäß dessen Brennweite jedoch wesentlich größer als die des Abbildungsobjektives ist und eine konkav gekrümmte Spiegelfläche oder eine konvexe Spiegellinse folgen. Zum dritten steht der teilverspiegelten Schicht im Glasblock eine weitere solche der ersteren parallel oder rechtwinklig gegenüber, wobei im letzteren Falle sich zwischen beiden eine Reflexionsschicht befindet, die parallel zur ersten teilverspiegelten Schicht angeordnet ist. Der zweiten teilverspiegelten Schicht oder, wenn vorhanden, der Reflexionsschicht liegen in Richtung zum Referenzobjektiv eine zweite, drehbar angeordnete, Keilplatte und eine zweite Blende gegenüber, wobei den beiden Ausgängen des Glasblockes je ein Tubusobjektiv folgt und dem einen in der Fokusebene ein Bildempfänger, der mit einem Rechner verbunden ist, dem anderen ein Okular nachgeordnet ist. Die Brennweiten der Spiegelfläche bzw. der Spiegellinse sind hierbei so gewählt, daß die durch den Objekt- und Referenzstrahlengang abgebildeten Pupillen im gemeinsamen Strahlraum als getrennte Austrittspupillen in einer Ebene liegen.

Zwischen Beleuchtungsobjektiv und der ersten teilverspiegelten Schicht kann zweckmäßigerweise ein Teilerwürfel eingefügt sein, dem ein Beleuchtungsobjektiv, eine Feldblende und eine polychromatische Lichtquelle vorgeordnet sind. Der aus Reflexionsschicht und zweiter teilverspiegelter Schicht im Glasblock gebildeten Dachkante steht ein Dachkantreflektor gegenüber.

Das von der Lichtquelle ausgehende Strahlenbündel wird durch die Feldblende begrenzt und gelangt auf das Beleuchtungsobjektiv, wird kollimiert und tritt in den Glasblock ein. Das an dessen erster teilverspiegelter Schicht reflektierte Objektstrahlenbündel wird durch das Abbildungsobjektiv auf die Objektoberfläche fokussiert, an dieser reflektiert und durch das Abbildungsobjektiv wieder kollimiert. Das Referenzstrahlenbündel wird nach dem Passieren der ersten Keilplatte und der ersten Blende durch das Referenzobjektiv auf die konkav gekrümmte Spiegelfläche fokussiert, danach ein zweites Mal fokussiert und anschließend durch das Referenzobjektiv kollimiert und passiert die zweite Blende und die zweite Keilplatte.

Das Objektstrahlenbündel gelangt durch die erste teilverspiegelte Schicht auf die zweite teilverspiegelte Schicht, wo zwei Teilobjektstrahlenbündel entstehen. Das kollimierte Referenzstrahlenbündel tritt in den Glasblock ein, wo es an der zweiten teilverspiegelten Schicht ebenfalls in zwei Teilreferenzstrahlenbündel aufgespalten wird, so daß sich in je einem gemeinsamen Strahlraum je ein Teilobjekt- bzw. ein Teilreferenzstrahlenbündel ausbreiten, wobei das Teilobjekt- bzw. das Teilreferenzstrahlenbündel eines Paares zueinander parallel versetzt ist und durch die Fokussierung mit einem Tubusobjektiv ein Interferenzbild hoher Streifendichte auf einem Bildempfänger entsteht, der mit einem Rechner verbunden ist, bzw. das zweite Interferenzbündelpaar über ein Tubusobjektiv mit einem Okular beobachtet werden kann.

Dadurch ist es möglich, eine Rauheit einer Objektoberfläche im Angströmbereich zu messen, ohne daß die Referenzfläche eine Rauheit gleicher Größenordnung, die technologisch nur sehr schwer beherrschbar ist, aufweisen muß. Durch die hohe Streifendichte im Interferenzbild ist keine zusätzliche Phasenstellung nötig, so daß zeitlich veränderliche Interferenzbilder ausgewertet werden können.

Durch das Auswechseln der Spiegelfläche bzw. der Spiegellinse ist eine optische Anpassung der Anordnung an die Objektoberfläche bezüglich des Reflexionsgrades und der gegebenenfalls vorhandenen Krümmung dieser möglich. Von besonderem Vorteil ist es, durch die Auskopplung des Objektstrahlenganges eine Kompensation der optischen Wege im Interferometer zu erreichen, so daß quasimonochromatisches Licht oder Licht mehrerer Wellenlängen bzw. Weißlicht auch gleichzeitig verwendet werden kann.

Ausführungsbeispiele

Die Erfindung soll nachstehend an Ausführungsbeispielen näher erläutert werden. Die zugehörigen Zeichnungen zeigen:

Fig. 1: eine schematische Darstellung der erfindungsgemäßen Anordnung

Fig. 2: eine erfindungsgemäße Anordnung mit Kompensation der optischen Gangunterschiede von Objekt- und Referenzstrahlengang

1. Zur Messung der Oberflächengestalt entsprechend Anordnung Fig. 1 wird das von einer monochromatischen Lichtquelle 1 ausgehende Strahlenbündel durch eine Feldblende 2 begrenzt und gelangt auf ein Beleuchtungsobjektiv 3, wird kollimiert und tritt in einen Glasblock 4 mit einer teilverspiegelten Schicht 5 ein. Das hierbei reflektierte Objektstrahlenbündel wird durch ein Abbildungsobjektiv 6 auf eine Objektoberfläche 7 fokussiert, an dieser reflektiert, durch das Abbildungsobjektiv 6 wieder kollimiert und gelangt wieder in den Glasblock 4.

Das an der teilverspiegelten Schicht 5 hindurchgelassene Referenzstrahlenbündel passiert eine drehbar angeordnete Keilplatte 8, eine Blende 9 und wird durch ein Referenzobjektiv 10 auf eine Spiegellinse 11 fokussiert und an ihrer Spiegelschicht 12 reflektiert, wobei durch die Spiegellinse 11 ebenfalls eine fokussierende Wirkung auftritt. Die Brennweite der Spiegellinse 11 ist hierbei so gewählt, daß die Pupillen von Objekt- und Referenzstrahlengang im gemeinsamen Strahlraum als getrennte Austrittspupillen in eine gemeinsame Ebene fallen.

Das an der Spiegelschicht 12 reflektierte Referenzstrahlenbündel wird durch die Wirkung des Referenzobjektives 10 kollimiert, passiert eine Blende 13, durchsetzt die Keilplatte 14 und gelangt wieder in den Glasblock 4.

Das in den Glasblock 4 eingetretene Objektstrahlenbündel passiert die teilverspiegelte Schicht 5 und tritt auf eine teilverspiegelte Schicht 15, so daß zwei Teilobjektstrahlenbündel entstehen, die durch je ein Tubusobjektiv 16; 17 fokussiert werden, wobei sich in der Brennebene des Tubusobjektives 16 ein Bildempfänger 18, der mit einem hier nicht dargestellten Rechner verbunden ist, befindet und dem Tubusobjektiv 17 ein hier nicht näher dargestelltes Okular folgt.

Das in den Glasblock 4 wieder eingetretene Referenzstrahlenbündel wird durch die teilverspiegelte Schicht 15 in zwei Teilreferenzstrahlenbündel aufgespalten, die nach dem Verlassen des Glasblocks 4 parallel und quer versetzt zu den Teilobjektstrahlenbündeln verlaufen und ebenfalls durch die Tubusobjektive 16 und 17 zum einen in den Bildempfänger 18 und zum anderen in Richtung des hier nicht näher dargestellten Okulares abgebildet werden. Hierbei wird die zueinander parallele Ausbreitungsrichtung des Teilobjekt- und des Teilreferenzstrahlenbündels durch die drehbaren Keilplatten 8 und 14 eingestellt.

Durch die Verwendung eines Referenzobjektives 10 mit größerer Brennweite und kleinerer numerischer Apertur als die des Abbildungsobjektives 6 wird die Rauheit der Spiegelschicht 12 mit entsprechend verringerter lateraler Auflösung in den Bildempfänger 18 abgebildet, so daß die Rauheit der Spiegelschicht 12 praktisch vernachlässigt werden kann.

2. Zur Messung der Feingestalt von Oberflächen entsprechend Anordnung Fig. 2 wird das von einer quasimonochromatischen Lichtquelle 19 ausgehende Strahlenbündel durch eine Feldblende 20 begrenzt, durch ein Beleuchtungsobjektiv 21 kollimiert und gelangt in einen Teilerwürfel 22.

Das von einer Weißlichtquelle 23 emittierte Licht wird ebenfalls durch eine Feldblende 24 begrenzt, durch ein Beleuchtungsobjektiv 25 kollimiert und gelangt in den Teilerwürfel 22. Die den Teilerwürfel 22 verlassenden Strahlenbündel gelangen in einen Glasblock 26 mit einer teilverspiegelten Schicht 27. Das an dieser reflektierte Objektbündel wird von einem Abbildungsobjektiv 28 auf eine Objektoberfläche 29 fokussiert, an dieser reflektiert, durch das Abbildungsobjektiv 28 kollimiert und gelangt wieder in den Glasblock 24.

Das die teilverspiegelte Schicht 27 passierende Referenzstrahlenbündel gelangt über eine drehbar angeordnete Keilplatte 30 durch eine Blende 31 und ein Referenzobjektiv 32 auf eine konkav gekrümmte Spiegelfläche 33, wird von dieser reflektiert, vom Referenzobjektiv 32 kollimiert, passiert eine Blende 34 und eine drehbare Keilplatte 35 und tritt wieder in den Glasblock 26 ein, wird dort an einer Reflexionsschicht 36 um 90 Grad umgelenkt und gelangt auf eine teilverspiegelte Schicht 37.

Das in den Glasblock 26 wieder eingetretene Objektstrahlenbündel passiert die teilverspiegelte Schicht 27 und wird an der Reflexionsschicht 36 um 90 Grad abgelenkt, verläßt den Glasblock 26, wird durch einen Dachkantreflektor 38 in seiner Strahlrichtung umgekehrt und tritt wieder in den Glasblock 26 ein, wo es auf die teilverspiegelte Schicht 37 gelangt. An dieser werden Objekt- und Referenzstrahlenbündel wieder vereinigt, so daß zwei Interferenzbündelpaare entstehen, die den Glasblock 28 an seinen beiden Ausgängen verlassen, und je in ein Tubusobjektiv 39 und 40 gelangen und auf einem Bildempfänger 41, der mit einem hier nicht dargestellten Rechner verbunden ist, bzw. in einer Bildebene 42 abgebildet werden, wobei das Bild mittels eines hier nicht dargestellten Okulars mit dem Auge beobachtet werden kann.

Um Weißlichtinterferenzen für die Fokussierung des Objektes benutzen zu können, ist der optische Gangunterschied zwischen Objekt- und Referenzstrahlenbündel in bekannter Weise für mindestens zwei verschiedene Lichtwellenlängen durch die Dimensionierung aller optischen Bauelemente und der Luftwege sowie der Wahl des Brechungsindex und der Dispersion des Glases zu Null kompensiert.

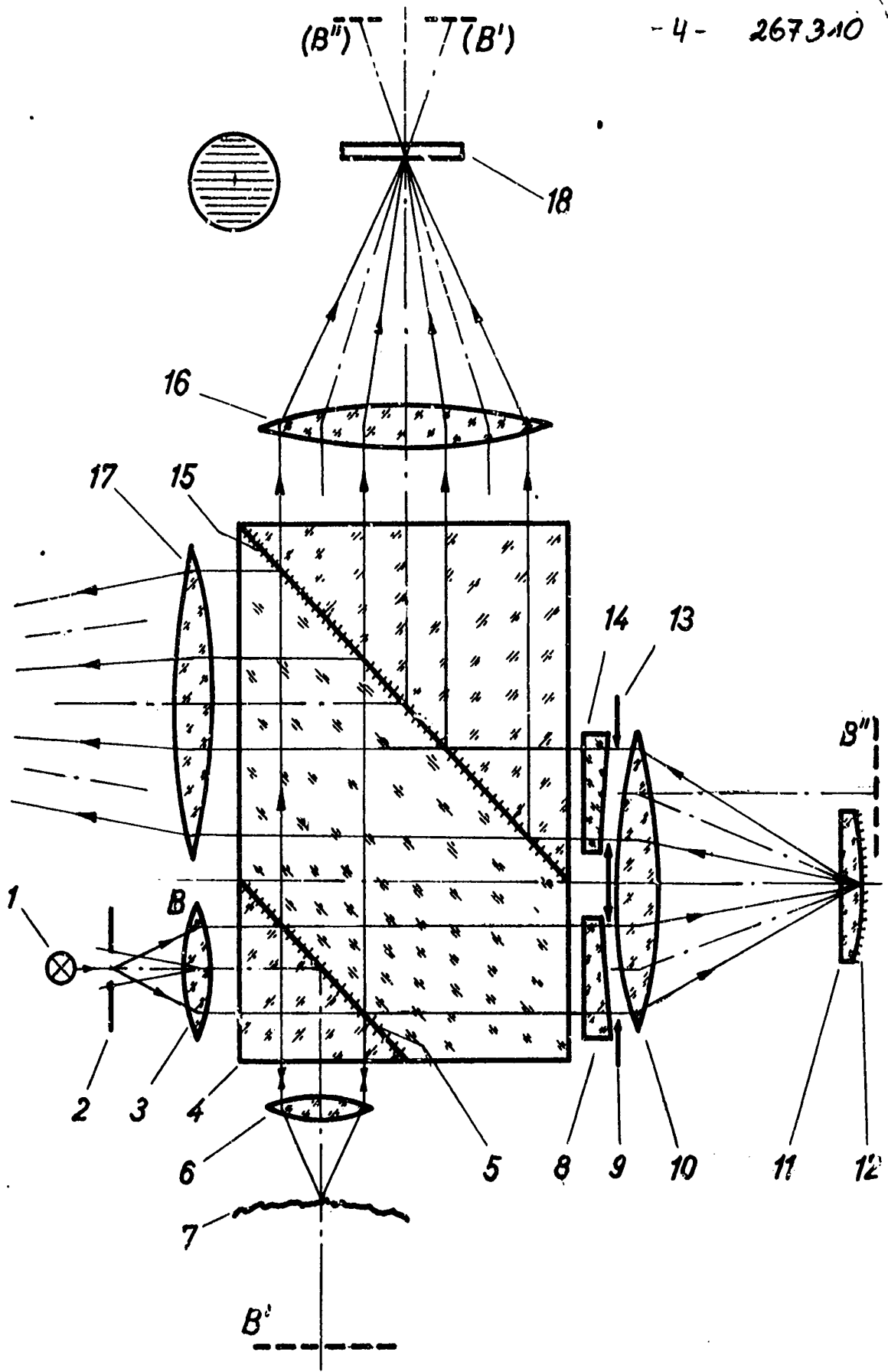


Fig. 1

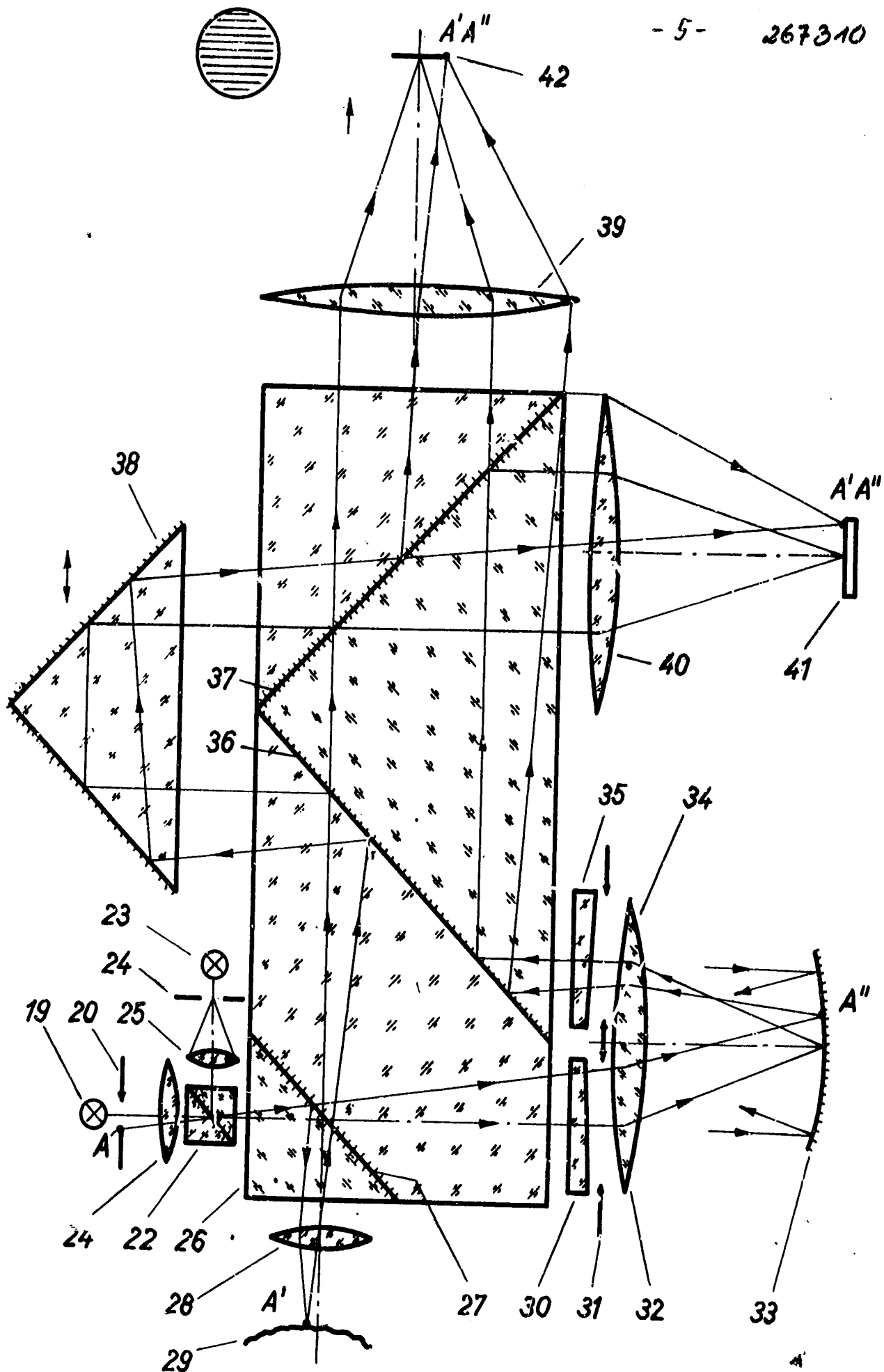


Fig. 2