



Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

11 CH 692 254 A5

51 Int. Cl.⁷: G 02 B 007/09
G 02 B 007/28
G 02 B 021/24

12 PATENTSCHRIFT A5

21 Gesuchsnummer: 01348/97

22 Anmeldungsdatum: 05.06.1997

30 Priorität: 29.06.1996 DE 196 26 170.8

24 Patent erteilt: 15.04.2002

45 Patentschrift
veröffentlicht: 15.04.2002

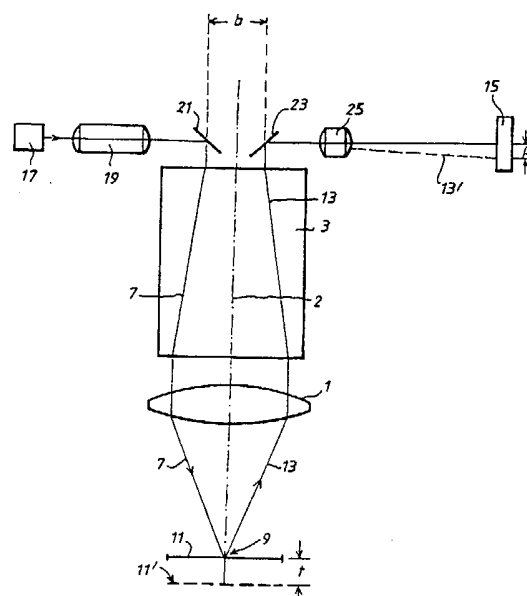
73 Inhaber:
Carl Zeiss,
89520 Heidenheim/Brenz (DE)

72 Erfinder:
Dr. Jürgen Liegel, Lenzhalde 39,
73447 Oberkochen (DE)
Hartmut Wolf, Kopernikusstrasse 102,
73447 Oberkochen (DE)
Dieter Quendt, Baidstrasse 5,
73457 Esslingen (DE)

74 Vertreter:
Dennemeyer AG, Schulhausstrasse 12,
8002 Zürich (CH)

54 Mikroskop mit einer Autofokus-Anordnung.

57 Bei einem Mikroskop mit einem Objektiv (1), einem Vergrößerungsvariationssystem (3) und einer Autofokus-Anordnung erzeugt die Autofokus-Anordnung einen das Objektiv (1) durchsetzenden Projektions-Strahlengang (7) zur Projektion einer Autofokus-Markierung (9) auf ein Beobachtungsobjekt (11) und einen das Objektiv (1) durchsetzenden Abbildungs-Strahlengang (13) zur Abbildung der auf das Beobachtungsobjekt (11) projizierten Autofokus-Markierung (9) auf einen Detektor (15). Dabei durchsetzt der Projektions-Strahlengang (7) oder/und der Abbildungs-Strahlengang (13) das Vergrößerungsvariationssystem (3) ausserhalb von dessen optischer Achse (2).



Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Mikroskop mit einer Beobachtungsoptik und mit einer Autofokus-Anordnung, wobei die Beobachtungsoptik ein von mindestens einem Beobachtungs-Strahlengang durchsetztes Objektiv und ein Vergrößerungsvariationssystem umfasst und die Autofokus-Anordnung einen das Objektiv durchsetzenden Projektions-Strahlengang zur Projektion einer Autofokus-Markierung auf ein Beobachtungsobjekt und einen das Objektiv und das Vergrößerungsvariationssystem durchsetzenden Abbildungs-Strahlengang zur Abbildung der auf das Beobachtungsobjekt projizierten Autofokus-Markierung auf einen Detektor umfasst.

Ein derartiges Mikroskop ist aus dem französischen Gebrauchsmuster 8 000 069 bekannt. Dieses bekannte Mikroskop ist derart aufgebaut, dass der das Objektiv durchsetzende Projektions-Strahlengang zwischen einer ersten und einer zweiten Linse eines Kondensors über einen zwischen diesen beiden Linsen angeordneten Spiegel oder Lummer-Würfel in den Beleuchtungs-Strahlengang des Mikroskops eingekoppelt wird. Dabei ist die vom Projektions-Strahlengang durchsetzte und die Projektion der Autofokus-Markierung beeinflussende Kondensorlinse im Beleuchtungs-Strahlengang besonders an die in diesem Fall infrarote Autofokusstrahlung angepasst.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Mikroskop mit einer Autofokus-Anordnung zur Verfügung zu stellen, welches einen möglichst einfachen Aufbau und eine verbesserte Autofokus-Funktion aufweist.

Diese Aufgabe wird bei dem gattungsgemässen Mikroskop erfindungsgemäss dadurch gelöst, dass der Abbildungs-Strahlengang oder der Projektions-Strahlengang oder beide das Vergrößerungsvariationssystem ausserhalb von dessen optischer Achse durchsetzen.

Durch das erfindungsgemässe Mikroskop können die abbildenden, d.h. verkleinernden und vergrößernden Eigenschaften des Vergrößerungsvariationssystems für die Autofokus-Funktion genutzt werden. Des Weiteren müssen im Gegensatz zum zitierten Stand der Technik im Beleuchtungs-Strahlengang keine zusätzlichen optischen Elemente angebracht werden und der Beleuchtungs-Strahlengang muss weder an zusätzliche optische Elemente noch an die Autofokus-Strahlung angepasst werden.

Das Vergrößerungsvariationssystem kann z.B. ein pankratisches System (Zoom) oder ein Vergrößerungswechsler sein, bei welchem jeweils unterschiedliche Linsensysteme in den Beobachtungsstrahlengang ein- und ausschwenkbar sind.

Ein spezielles, im Zusammenhang mit dieser Erfindung besonders vorteilhaftes Autofokus-Prinzip ist in der DE 4 131 737 A1 der Anmelderin beschrieben. Der Inhalt dieser Druckschrift soll hinsichtlich des dort beschriebenen Autofokus-Prinzips und hinsichtlich der zu dessen Realisierung erforderlichen Komponenten ausdrücklich einen Bestandteil der Offenbarung dieser Anmeldung bilden. Bei dem in dieser Druckschrift beschriebenen Autofokus-Prinzip führt eine Defokussierung des Mikroskops zu einer Verschiebung des Bilds der Autofokus-Markierung auf dem Detektor, wobei Bildverschiebung und Defokussierung proportional zueinander sind.

Durch die Erfindung erhöht sich die Proportionalitätskonstante zwischen Defokussierung und Bildverschiebung mit zunehmender Vergrößerung des Vergrößerungsvariationssystems. Gegenüber der Proportionalitätskonstante der Autofokus-Anordnung der DE 4 131 737 A1 unterscheidet sie sich um den Faktor Quadrat der Vergrößerung und gegenüber der Proportionalitätskonstante der aus dem französischen Gebrauchsmuster 8 000 069 bekannten Autofokus-Anordnung um den Faktor Vergrößerung. Der ausseraxiale Durchgang zumindest eines der beiden Autofokus-Strahlengänge durch das Vergrößerungsvariationssystem führt somit zu einer höheren Autofokus-Genauigkeit bzw. Autofokus-Empfindlichkeit.

Die Erfindung führt selbst dann zu einer gegenüber den bekannten Autofokus-Mikroskopen verbesserten Autofokus-Funktion, wenn das Vergrößerungsvariationssystem einen Vergrößerungsbereich mit «Vergrößerung» < 1 aufweist, d.h. die Bildverschiebung bei gleicher Defokussierung kleiner wird.

Zum einen liegt dies daran, dass auch die Gesamtvergrößerung des Mikroskops in diesem Vergrößerungsbereich des Vergrößerungsvariationssystems eher niedrig ist und deshalb die Schärfentiefe eher gross ist. Bei grosser Schärfentiefe aber lockern sich die Anforderungen an die Genauigkeit des Autofokussystems. Zum anderen führt eine verkleinerte Proportionalitätskonstante zwischen der Bildverschiebung auf dem Detektor und der Defokussierung dazu, dass der Detektor bezüglich der Defokussierung einen vergrösserten Mess- bzw. Ansprech- bzw. «Einfangbereich» aufweist. D.h. bei einem verkleinernd arbeitenden (Vergrößerung < 1) Vergrößerungsvariationssystem wird die Abbildung der Autofokus-Markierung selbst bei relativ grosser Defokussierung noch vom Detektor erfasst.

Bei einer vorteilhaften Ausführungsform durchsetzen der Projektions-Strahlengang, der Abbildungs-Strahlengang und der mindestens eine Beobachtungs-Strahlengang jeweils unterschiedliche Bereiche desselben Objektivs und desselben Vergrößerungsvariationssystems. Dadurch kann der mindestens eine Beobachtungs-Strahlengang von der Autofokus-Anordnung vollkommen unbeeinflusst bleiben.

Dies kann z.B. bei einem monoskopischen Mikroskop mit nur einem einzigen, zur optischen Achse coaxialen Beobachtungs-Strahlengang dadurch erreicht werden, dass die beiden Autofokus-Strahlengänge das Objektiv und das Vergrößerungsvariationssystem radial ausserhalb des mittigen Beobachtungs-Strahlengangs durchsetzen, während bei einem zwei Beobachtungs-Strahlengänge umfassenden Stereomikroskop z.B. die Ebene der Beobachtungs-Strahlengänge gegenüber der Ebene der Autofokus-Strahlengänge um 90° verdreht sein müsste.

Insbesondere bei einem Stereomikroskop kann es aber im Hinblick auf beengte Platzverhältnissen auch vorteilhaft sein, wenn der Projektions-Strahlengang und/oder der Abbildungs-Strahlengang zumindest teilweise einen von den Beobachtungs-Strahlengängen durchsetzten Bereich des Objektivs und des Vergrößerungsvariationssystems durchsetzen.

5 Bei einer Ausführungsform als Stereomikroskop mit einer so genannten einkanalen Optik, d.h. Objektiv und Vergrößerungsvariationssystem haben eine einzige gemeinsame optische Achse und die zwei Beobachtungs-Strahlengänge durchsetzen unterschiedliche Bereiche desselben Objektivs und desselben Vergrößerungsvariationssystems, kann der erfindungsgemässe ausseraxiale Autofokus-Strahlengang im Vergrößerungsvariationssystem konstruktiv besonders einfach erreicht werden.

10 Wenn eine Einkopplungseinrichtung den Projektions-Strahlengang in der Nähe einer von der Beobachtungsoptik umfassten Blende in die Beobachtungsoptik einkoppelt und/oder eine Auskopplungseinrichtung den Abbildungs-Strahlengang in der Nähe dieser Blende aus der Beobachtungsoptik auskoppelt und auf den Detektor lenkt, kann eine Vignettierung vermieden oder minimiert werden, wobei dies auch im Hinblick auf ein möglichst grosses, für die Autofokus-Funktion auswertbares Objektfeld und einen möglichst grossen Autofokus-Messbereich vorteilhaft ist.

15 Bei einer weiteren Ausführungsform durchsetzen der Projektions-Strahlengang und/oder der Abbildungs-Strahlengang ein von der Beobachtungsoptik umfasstes afokales Umkehrsystem, welches eine dem Umkehrsystem nachgeordnete Blende bzw. Pupillenebene in das Vergrößerungsvariationssystem abbildet. Dieses Umkehrsystem ermöglicht einen kompakten Aufbau des Vergrößerungsvariationssystems. Bei dieser Ausführungsform kann die Ein- bzw. die Auskopplung des Projektions- bzw. des Abbildungs-Strahlenganges in die bzw. aus der Beobachtungsoptik in der Nähe der Blendenebene und in einem Abschnitt mit parallelen Strahlen erfolgen, wodurch sich bezüglich Vignettierung und Abbildungseigenschaften besonders günstige Verhältnisse ergeben. Andernfalls wären besondere Vorkehrungen zur Sicherstellung der Scheimpflug-Bedingung erforderlich, da bei Ein- bzw. Auskopplung in einem Bereich mit nichtparallelen Strahlen schiefe optische Achsen auftreten.

20 Bei einer anderen Ausführungsform mit afokalem Umkehrsystem koppelt eine Auskopplungseinrichtung den Abbildungs-Strahlengang in einem konvergente Strahlen aufweisenden Abschnitt des Umkehrsystems aus der Beobachtungsoptik aus. Zum einen ist dieser Bereich aus Platzgründen für die Anordnung des der Auskopplungseinrichtung nachgeschalteten Detektors besonders geeignet. Zum andern ist es bei dieser Ausführungsform möglich, auf eine zusätzliche Abbildungsoptik für den Abbildungs-Strahlengang zu verzichten, da ja die Auskopplung in einem Abschnitt mit konvergenten Strahlen stattfindet.

30 Bei dieser Ausführungsform kann die Auskopplungseinrichtung einfach aufgebaut sein, wenn in dem die Auskopplungseinrichtung aufweisenden Abschnitt des afokalen Umkehrsystems vor einer Zwischenbildebene ein den mindestens einen Beobachtungs-Strahlengang umlenkendes Umlenkprisma angeordnet ist und die Auskopplungseinrichtung ein an dem Umlenkprisma im Bereich des Abbildungs-Strahlenganges derart angeordneter Prismenabschnitt ist, dass die von dem mindestens einen Beobachtungs-Strahlengang im Umlenkprisma durchlaufene Glasdicke gleich der von dem Autofokus-Abbildungs-Strahlengang in dem Umlenkprisma und dem die Auskopplungseinrichtung bildenden Prismenabschnitt durchlaufenden Glasdicke ist. Es sind dann zur Abbildung auf den Detektor keine weiteren optischen Elemente erforderlich. Wobei hierzu der Detektor lediglich so angeordnet werden muss, dass der Luftweg von dem die Auskopplungseinrichtung bildenden Prismenabschnitt zu dem Detektor gleich dem Luftwege von dem Umlenkprisma zu der Zwischenbildebene der Beobachtungsoptik ist.

35 Bei einer weiteren Ausführungsform koppelt eine Einkopplungseinrichtung den Projektions-Strahlengang zwischen dem Vergrößerungsvariationssystem und einem von der Beobachtungsoptik umfassten afokalen Umkehrsystem in die Beobachtungsoptik ein und/oder eine Auskopplungseinrichtung den Abbildungs-Strahlengang aus der Beobachtungsoptik aus. Falls das Vergrößerungsvariationssystem afokal ist, wird auch bei dieser Ausführungsform in vorteilhafter Weise im Bereich mit parallelen Strahlen ein- bzw. ausgekoppelt. Ferner kann der Ein- bzw. Auskopplungsort bei dieser Ausführungsform näher an einem Bild der im Vorhergehenden bereits erwähnten, in Beobachtungsstrahlrichtung üblicherweise nach dem Vergrößerungsvariationssystem angeordneten Blende liegen, wodurch Pupillendurchmesser und deshalb nutzbarer Feldbereich der Autofokus-Strahlengänge grösser sein können.

40 Wenn die Beobachtungsoptik den mindestens einen Beobachtungs-Strahlengang in mindestens eine elektronische Bildaufnahmeeinheit, z.B. eine Videokamera mit oder ohne vorgeschaltetem Videoadapter, abbildet und die elektronische Bildaufnahmeeinheit zugleich der Detektor ist, kann auf einen gesonderten Detektor der Autofokus-Anordnung, z.B. eine Diodenzeile mit vorgeschalteter Detektionsoptik, verzichtet werden. Bei dieser Ausführungsform kann die Einkopplung der Autofokus-Strahlengänge wahlweise an einer der im Vorhergehenden im Zusammenhang mit den anderen Ausführungsbeispielen angesprochenen Positionen erfolgen.

50 Für diese Ausführungsform ist es vorteilhaft, wenn die Autofokus-Anordnung ein Signal auswertet, welches durch Subtraktion eines Bilds des Beobachtungs-Objektes ohne Autofokus-Markierung von einem Bild des Beobachtungs-Objektes mit Autofokus-Markierung gebildet wird. Dadurch können Autofokus-Strahlen im sichtbaren Spektralbereich genutzt werden, wodurch der Benutzer des Mikroskops anhand der sichtbaren, geeigneterweise verhältnismässig kurzzeitigen Projektion der Autofokus-Markierung auf das Beobachtungsobjekt abschätzen kann, welcher Bereich des Objektfelds für die Autofokussie-

nung verwendet wird. Ferner können bei diesem Subtraktionsverfahren Videokameras verwendet werden, die nur im sichtbaren Wellenlängenbereich empfindlich sein zu brauchen.

Insbesondere dann, wenn im Falle eines Stereomikroskops zwei Videokameras verwendet werden, ergeben sich weitere Vorteile. So können die Signale der beiden Kameras zur Rauschverminderung addiert werden oder es kann auch ausschliesslich das Signal einer einzigen Kamera verwendet werden, wenn z.B. aufgrund von Kanten im Objektfeld das Bild der anderen Kamera ungeeignet ist.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen zusammen mit den beiliegenden Figuren erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines erfindungsgemässen Mikroskops im auf dessen optische Achse bezogenen Axiallängsschnitt;

Fig. 2 eine schematische Übersichtsdarstellung verschiedener weiterer erfindungsgemässer Ausführungsformen im Axiallängsschnitt;

Fig. 3 ein Detail einer der Ausführungsformen von Fig. 2 im schematischen Axiallängsschnitt;

Fig. 4 eine Schnittansicht in Richtung der Pfeile IV von Fig. 3 gesehen;

Fig. 5 eine Abwandlung der Ausführungsform von Fig. 4 im Axiallängsschnitt;

Fig. 6 eine Schnittdarstellung gesehen in Richtung der Pfeile VI von Fig. 5;

Fig. 7 ein Detail einer weiteren, in Fig. 2 dargestellten erfindungsgemässen Ausführungsform im Axiallängsschnitt; und

Fig. 8 die Strahlengängumrisse in der durch die Pfeile IIX von Fig. 7 bezeichneten Schnittebene.

In Fig. 1 sind die für die Erfindung wesentlichen Elemente eines erfindungsgemässen Mikroskops dargestellt. Dabei ist mit 1 ein Objektiv, mit 2 die optische Achse des Mikroskops und mit 3 ein Vergrösserungsvariationssystem bezeichnet. Bei dieser Ausführungsform ist die optische Achse 2 des Objektivs 1 zugleich die optische Achse des Vergrösserungsvariationssystems 3. Eine Autofokus-Anordnung erzeugt einen sowohl das Objektiv 1 als auch das Vergrösserungsvariationssystem 3 jeweils ausserhalb der optischen Achse 2 durchsetzenden Projektions-Strahlengang 7, über welchen eine Markierung 9 auf ein Beobachtungsobjekt 11 projiziert wird. Von der projizierten Markierung 9 geht ein das Objektiv 1 und das Vergrösserungsvariationssystem 3 jeweils ausserhalb der optischen Achse 2 durchsetzender Abbildungs-Strahlengang 13 aus und wird auf einen positionsempfindlichen Detektor 15, z.B. eine Diodenzeile, fokussiert.

Der Projektions-Strahlengang 7 geht von einer Laserdioden 17 aus, welche vorzugsweise im Infraroten abstrahlt. Dabei formt eine Laseroptik 19 die aus der Laserdioden 17 kommende Infrarotstrahlung derart, dass der Projektions-Strahlengang 7 nach Umlenkung durch ein Umlenkelement 21, z.B. einen Spiegel oder ein Prisma, und nach dem Durchgang durch das Vergrösserungsvariationssystem 3 und das Objektiv 1 auf dem Beobachtungsobjekt 11 als Markierung 9 eine Strichmarke erzeugt, deren Breite beugungsbegrenzt ist.

Die Autofokus-Markierung 9 wird dann mithilfe des Objektivs 1, des Vergrösserungsvariationssystems 3, eines weiteren Umlenkelements 23 und einer Detektionsoptik 25 auf den Detektor 15 abgebildet. Das Autofokus-Prinzip dieser Ausführungsform ist detaillierter in der DE 4 131 737 A1 offenbart. Die Erfindung kann jedoch nicht nur bei diesem Autofokus-Prinzip angewandt werden, sondern ist bei allen Autofokus-Prinzipien anwendbar, bei denen eine Markierung auf das Beobachtungsobjekt projiziert und danach auf einen Detektor abgebildet wird.

Bei einem im Fokus liegenden Beobachtungsobjekt 11 wird die Markierung 9 in die Mitte des Detektors 15 abgebildet. Wenn das Beobachtungsobjekt nicht im Fokus liegt, hier z.B. bei 11' liegt, wird die Markierung auf einen von der Mitte des Detektors 15 entfernten Bereich des Detektors abgebildet, wie es in Fig. 1 durch den gestrichelt dargestellten Abbildungs-Strahlengang 13' angedeutet ist. Bei ausser-axialem Durchgang der Autofokus-Strahlengänge durch das Vergrösserungsvariationssystem 3 ist der am Detektor skizzierte Abstand p des Markierungsbilds von der Mitte des Detektors 15 ein Mass für die Defokussierung t, d.h. den Abstand t des Objekts 11' von der Fokusebene:

$$p = \frac{b}{f_{HO}^2} \cdot f_D \cdot \Gamma^2 \cdot t, \quad \text{für } t \ll f_{HO}$$

mit

b: Autofokus-Basis (in Fig. 1 als Abstand von Projektions-Strahlengang 7 und Abbildungs-Strahlengang 13 im Bereich zwischen dem Vergrösserungsvariationssystem 3 und dem Umlenkelement 21 bzw. 23 skizziert),

f_{HO} : Brennweite des Objektivs 1,

f_D : Brennweite der Detektionsoptik 25,

Γ : Vergrösserung des Vergrösserungsvariationssystems 3.

Diese Formel gilt für den in Fig. 1 dargestellten Fall, dass sowohl der Projektions-Strahlengang 7 als auch der Abbildungs-Strahlengang 13 das Vergrößerungsvariationssystem ausserhalb von dessen optischer Achse durchsetzen. Falls nur der Projektions-Strahlengang 7 oder nur der Abbildungs-Strahlengang 13 das Vergrößerungsvariationssystem 3 ausserhalb von dessen optischer Achse 2 durchsetzen, muss – bei einer im Übrigen zu Fig. 1 analogen Anordnung mit gleicher Autofokus-Basis b – in der obigen Formel lediglich der Faktor Γ^2 durch den Faktor $\Gamma(\Gamma + 1)/2$ ersetzt werden.

Bei gegebener Defokussierung t wächst also der Abstand p des Bilds der Markierung von der Mitte des Detektors 15 und damit die Autofokus-Genauigkeit mit dem Quadrat der Vergrößerung Γ des Vergrößerungsvariationssystems.

In Fig. 2 sind verschiedene Ausführungsformen der Erfindung bei einem Video-Stereomikroskop mit den Buchstaben A, B, C und D bezeichnet. Dabei weisen den Elementen der Fig. 1 entsprechende Elemente die gleichen Bezugszeichen auf.

In Fig. 2 ist mit 27 jeweils eine Videokamera bezeichnet, welche jeweils einem der Stereobeobachtungs-Strahlengänge des Stereomikroskops zugeordnet ist. Diese Videokameras 27 sind z.B. CCD-Kameras, wobei den Videokameras 27 jeweils ein Video-Adapter 29 vorgeschaltet ist. Ferner ist in Fig. 2 ein afokales Umkehrsystem 33 zu erkennen, in dessen Bereich eine Zwischenbildebene 35 des Objekts 11 liegt.

Bei der in Fig. 2 durch den Buchstaben A und durch die durchgezogen gezeichneten Autofokus-Strahlengänge 7 und 13 gekennzeichneten Ausführungsform werden die Autofokus-Strahlengänge 7 und 13 in Beobachtungsstrahlen-Richtung, d.h. in Richtung vom Objekt 11 zu den Videokameras 27, nach einer Blende 31 in die Beobachtungsoptik des Mikroskops ein- bzw. ausgekoppelt.

In den Fig. 3 und 4 ist diese erste Ausführungsform als Detailausschnitt dargestellt, wobei bereits angeführten Elementen entsprechende Elemente mit den identischen Bezugszeichen bezeichnet sind.

Wie es in Fig. 3 zu sehen ist, weist die Blende 31 eine Durchtritts-Öffnung 37 für den Projektions-Strahlengang 7 der Autofokus-Anordnung und eine Durchtritts-Öffnung 39 für den Abbildungs-Strahlengang 13 auf.

In Fig. 4 ist die Blende 31 zusammen mit den Autofokus-Durchtritts-Öffnungen 37 und 39 in Draufsicht zu sehen. Wie es aus der im vorhergehenden angegebenen Formel deutlich wird, ist ein möglichst grosser Abstand der beiden Durchgangs-Öffnungen 37 und 39 (dieser Abstand bestimmt die in Fig. 1 mit b bezeichnete Autofokus-Basis) für die Autofokus-Genauigkeit vorteilhaft. In Fig. 4 sind ferner Durchgangs-Öffnungen 41 und 43 für die beiden Beobachtungs-Strahlengänge des Stereomikroskops dargestellt. Es wird deutlich, dass bei dieser Anordnung der Durchgangs-Öffnungen 37, 39, 41 und 43 eine gegenseitige Störung der Autofokus-Strahlengänge und der Beobachtungs-Strahlengänge vermieden werden kann.

Bei der in Fig. 2 mit A bezeichneten Ausführungsform tritt wegen der im Wesentlichen in der Ebene der Blende 31 erfolgenden Einkopplung des Projektions-Strahlengangs 7 und/oder Auskopplung des Abbildungs-Strahlengangs 13 keine Vignettierung auf. Dies ist im Hinblick auf ein möglichst grosses, für die Autofokussierung auswertbares Objektfeld und im Hinblick auf einen möglichst grossen Defokussierungs-Ansbereibereich von Vorteil.

Sollte die in Fig. 4 dargestellte Verteilung der Durchtritts-Öffnungen 37, 39, 41 und 43 aus Gründen eingeschränkten Bauraums nicht möglich sein, so kann auch eine Lösung gewählt werden, wie sie in den Fig. 5 und 6 skizziert ist. Den bereits angeführten Elementen entsprechende Elemente sind in den Fig. 6 und 7 wiederum mit den identischen Bezugszeichen bezeichnet.

Bei der in den Fig. 5 und 6 dargestellten Variante der Ausführungsform A (Fig. 2) werden die Autofokus-Strahlengänge 7 und 13 in die Beobachtungs-Strahlengänge 45 und 47 ein- bzw. ausgekoppelt. An Rhombusprismen 49 und 51, welche der Stereobasis-Vergrößerung für die Stereo-Beobachtungs-Strahlengänge 45 und 47 dienen, sind zur Ein- bzw. Auskopplung der vorteilhafterweise im Infraroten liegenden Autofokus-Strahlen dichroitische Strahlteiler-Schichten 53 und 55 ausgebildet. Diese dichroitischen Strahlteiler-Schichten 53 und 55 liegen in der dargestellten Ausführungsform zwischen den Rhombusprismen 49 und 51 und Hilfsprismen 57 und 59, welche an den Rhombusprismen 49 und 51 angekittet sind.

Bei einer weiteren in Fig. 2 mit B bezeichneten Ausführungsform werden die Autofokus-Strahlengänge 7' und 13' (für die Ausführungsform B in Fig. 2 gestrichelt dargestellt) in Beobachtungs-Strahlenrichtung vor der Zwischenbildebene 35 innerhalb des afokalen Umkehrsystems 33 ein- bzw. ausgekoppelt. Diese Ausführungsform ist besonders dann von Vorteil, wenn die Beobachtungs-Strahlengänge an dieser Stelle gefaltet sind, wie es in Fig. 7 dargestellt ist.

Die Fig. 7 und 8 zeigen eine Detaillösung für die Ein- bzw. Auskopplung bei dieser Ausführungsform B (Fig. 2). Auch in Fig. 7 und 8 sind bereits besprochenen Elementen entsprechende Elemente mit identischen Bezugszeichen bezeichnet. In Fig. 7 ist ein für diese Faltung vorgesehenes, dem afokalen Umkehrsystem 33 angehörendes Umlenkprisma mit 61 bezeichnet. Zur Ein- bzw. Auskopplung der Autofokus-Strahlengänge dienen Hilfsprismen 65 und 67, welche auf das Umlenkprisma 61 aufgekittet sind. Diese Hilfsprismen 65 und 67 sind derart auf das Umlenkprisma 61 aufgekittet, dass die reflektierende Fläche 69 des Umlenkprismas 61 im Bereich der in der Schnittdarstellung von Fig. 8 in Draufsicht zu sehenden Autofokus-Pupillen 71 und 73 für die Autofokus-Strahlung durchlässig ist. In Fig. 8 sind von den Beobachtungs-Strahlengängen eingenommene Bereiche mit 75 und 77 bezeichnet. In den

diesen Beobachtungs-Strahlenbereichen 75 und 77 entsprechenden Bereichen der Prismenfläche 69 ist das Umlenkprisma 61 totalreflektierend.

Da das Hilfsprisma 67 so ausgebildet ist, dass die von dem Beobachtungs-Strahlengang 45 im Umlenkprisma 61 durchlaufene Glasdicke genau so gross ist wie die vom Autofokus-Abbildungs-Strahlengang 13 im Umlenkprisma 61 und dem Hilfsprisma 67 durchlaufene Glasdicke und dass ferner der Luftabstand zwischen der Prismenfläche 79 und der Zwischenbildebene 35 genau so gross ist wie der Luftabstand zwischen der Hilfsprismen-Fläche 81 und dem Detektor 15, ist zur Autofokus-Abbildung auf den Detektor 15 kein weiteres optisches Element erforderlich. Der Detektor 15 liegt mit anderen Worten in einer zur Objekt- und zur Zwischenbildebene 35 konjugierten Zwischenbildebene 35'.

An der Fläche 69 des Umlenkprismas 61 könnte zur Ein- und Auskopplung der Autofokus-Strahlengänge 7 bzw. 13 auch ein dichroitischer Strahlenteiler vorgesehen werden. Dies wäre im Hinblick auf die Autofokus-Pupillen-Durchmesser, auf das nutzbare Autofokus-Feld und den nutzbaren Autofokus-Ansprechbereich vorteilhaft.

Bei der in Fig. 2 mit C bezeichneten weiteren Ausführungsform werden die Autofokus-Strahlengänge 7'' und 13'' in Beobachtungs-Strahlenrichtung unmittelbar nach dem hier afokalen Vergrößerungsvariationssystem 3 ein- bzw. ausgekoppelt. Ein- bzw. Auskopplung finden also in einem Bereich mit parallelen Strahlen statt. Ferner liegt bei dieser Ausführungsform C der Ein- und Auskopplungsort näher an einem in Fig. 2 dargestellten Bild 83 der Blende 31, was im Hinblick auf Pupillen-Durchmesser und nutzbaren Feldbereich der Autofokus-Strahlengänge vorteilhaft ist.

Bei der in Fig. 2 mit D gekennzeichneten Ausführungsform wird die Autofokus-Markierung 9 über den Abbildungs-Strahlengang 13''' in eine der beiden Videokameras 27 des dargestellten Stereomikroskops abgebildet. Die Einkopplung der Autofokus-Strahlung kann bei dieser Ausführungsform wahlweise an Positionen gemäss den Ausführungsformen A, B oder C oder an weiteren geeigneten Positionen erfolgen. Bei dieser Ausführungsform ist weder ein den Abbildungs-Strahlengang 13 auskoppelndes Umlenkelement 23 noch eine Detektionsoptik 25 noch ein gesonderter Detektor 15 erforderlich. Dabei muss die Wellenlänge der Autofokus-Strahlung auf die Empfindlichkeit der Videokameras 27 abgestimmt sein. Bei einer nur im Sichtbaren empfindlichen CCD-Kamera muss deshalb auch die Autofokus-Strahlung im Sichtbaren liegen, wobei ein Autofokus-Signal, z.B. das Bild der Autofokus-Markierung 9, durch Subtraktion des Bilds des Objekts 11 ohne Autofokus-Markierung 9 von dem Bild des Objekts 11 mit Autofokus-Markierung 9 gebildet werden kann.

Alternativ können bei Aufteilung des Abbildungs-Strahlengangs in zwei Teil-Abbildungs-Strahlengänge auch beide Videokameras zur Autofokus-Detektion benutzt werden. Der Projektions-Strahlengang sollte dann vorteilhafterweise derart eingekoppelt werden, dass die Autofokus-Basis, in Fig. 1 mit b bezeichnet, für beide Videokameras möglichst gross wird, z.B. in einer Ebene eingekoppelt werden, die einen Winkel von 90° mit der Ebene der Teil-Abbildungs-Strahlengänge einschliesst.

Wenn die Autofokus-Markierung 9 in beide Videokameras 27 des Stereomikroskops abgebildet wird, können zum Betrieb der Autofokus-Anordnung beide Kameras synchron oder wahlweise alternativ benutzt werden. Dadurch können die Autofokus-Signale aus beiden Videokameras zur Rauschverminderung addiert werden oder es kann nur das bessere der beiden Autofokus-Signale verwendet werden.

Obwohl dies im Vorhergehenden nur im Zusammenhang mit der Ausführungsform D angeführt worden ist, können bei weiteren Ausführungsformen der Erfindung Ein- und Auskoppelung der Autofokus-Strahlengänge an unterschiedlichen Bereichen des Mikroskops erfolgen, insbesondere können die unterschiedlichen Ein- und Auskopplungsorte nach den Ausführungsformen A, B und C miteinander kombiniert werden.

Mit Ausnahme der Ausführungsform D kann das erfindungsgemässe Mikroskop selbstverständlich auch Tuben mit Okularen für die direkte visuelle Beobachtung aufweisen.

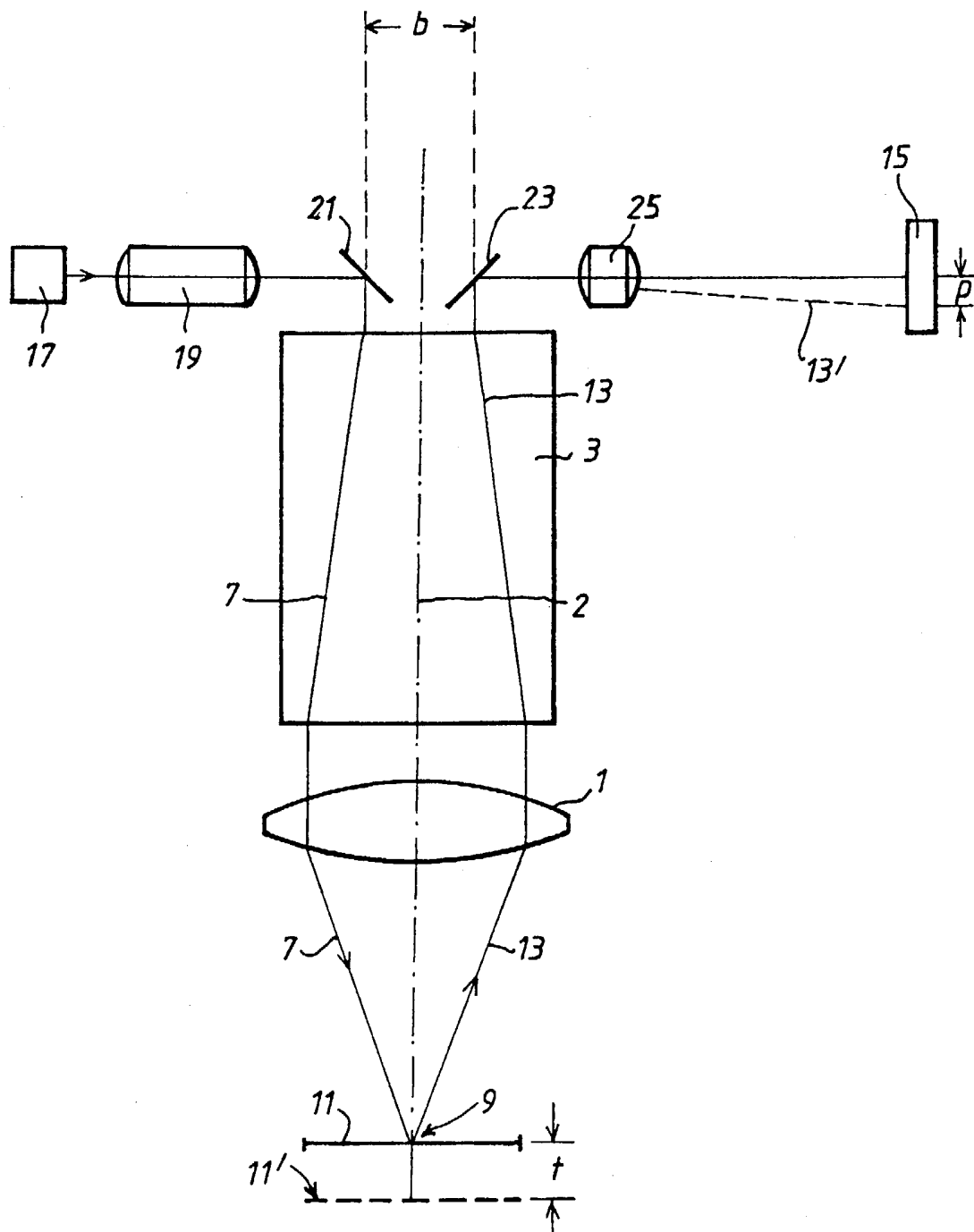
Patentansprüche

1. Mikroskop mit einer Beobachtungsoptik und mit einer Autofokus-Anordnung, wobei die Beobachtungsoptik ein von mindestens einem Beobachtungs-Strahlengang durchsetztes Objektiv (1) und ein Vergrößerungsvariationssystem (3) umfasst und die Autofokus-Anordnung einen das Objektiv (1) durchsetzenden Projektions-Strahlengang (7) zur Projektion einer Autofokus-Markierung (9) auf ein Beobachtungsobjekt (11) und einen das Objektiv (1) und das Vergrößerungsvariationssystem (3) durchsetzenden Abbildungs-Strahlengang (13) zur Abbildung der auf das Beobachtungsobjekt (11) projizierten Autofokus-Markierung (9) auf einen Detektor (15) umfasst, dadurch gekennzeichnet, dass der Projektions-Strahlengang (7) oder/und der Abbildungs-Strahlengang (13) das Vergrößerungsvariationssystem (3) ausserhalb von dessen optischer Achse (2) durchsetzt.

2. Mikroskop nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Projektions-Strahlengang (7) und der Abbildungs-Strahlengang (13) und der mindestens eine Beobachtungs-Strahlengang jeweils unterschiedliche Bereiche des Objektivs (1) und des Vergrößerungsvariationssystems (3) durchsetzen.

3. Mikroskop nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Projektions-Strahlengang (7) und/oder der Abbildungs-Strahlengang (13) einen von dem mindestens einen Beobachtungs-Strahlengang (45, 47) durchsetzten Bereich des Objektivs (1) und des Vergrößerungsvariationssystems (3) zumindest teilweise durchsetzen.

4. Mikroskop nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Mikroskop ein zwei Beobachtungs-Strahlengänge umfassendes Stereomikroskop ist, wobei die zwei Beobachtungs-Strahlengänge unterschiedliche Bereiche desselben Objektivs (1) und desselben Vergrößerungsvariationssystems (3) durchsetzen.
5. Mikroskop nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass in der Nähe einer von der Beobachtungsoptik umfassten Blende (31)
- eine Einkopplungseinrichtung (21) den Projektions-Strahlengang (7) in die Beobachtungsoptik einkoppelt
 - und/oder eine Auskopplungseinrichtung (23) den Abbildungs-Strahlengang (13) aus der Beobachtungsoptik auskoppelt und auf den Detektor (15) lenkt.
6. Mikroskop nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Projektions-Strahlengang (7) und/oder der Abbildungs-Strahlengang (13) ein von der Beobachtungsoptik umfasstes afokales Umkehrsystem (33) durchsetzen, welches eine Blende (31) in das Vergrößerungsvariationssystem (3) abbildet.
7. Mikroskop nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass in einem konvergente Strahlen aufweisenden Abschnitt eines von der Beobachtungsoptik umfassten afokalen Umkehrsystems (33) eine Auskopplungseinrichtung (23) den Abbildungs-Strahlengang (13) aus der Beobachtungsoptik (1, 3) auskoppelt und auf den Detektor (15) lenkt.
8. Mikroskop nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass in dem der Auskopplungseinrichtung (23) zugeordneten Abschnitt des afokalen Umkehrsystems (33) vor einer Zwischenbildebene (35) ein den mindestens einen Beobachtungs-Strahlengang (45) umlenkendes Umlenkprisma (61) angeordnet ist und dass die Auskopplungseinrichtung ein an dem Umlenkprisma (61) im Bereich des Abbildungs-Strahlengangs derart angeordneter Prismen-Abschnitt (67) ist, dass die von dem mindestens einen Beobachtungs-Strahlengang (45) im Umlenkprisma (61) durchlaufene Glasdicke gleich der von dem Abbildungs-Strahlengang in dem Umlenkprisma (61) und dem die Auskopplungseinrichtung bildenden Prismen-Abschnitt (67) durchlaufenen Glasdicke ist.
9. Mikroskop nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem Vergrößerungsvariationssystem (3) und einem von der Beobachtungsoptik umfassten afokalen Umkehrsystem (33)
- eine Einkopplungseinrichtung (21) den Projektions-Strahlengang (7) in die Beobachtungsoptik einkoppelt
 - und/oder eine Auskopplungseinrichtung (23) den Abbildungs-Strahlengang (13) aus der Beobachtungsoptik auskoppelt.
10. Mikroskop nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Beobachtungsoptik den mindestens einen Beobachtungs-Strahlengang in mindestens eine elektronische Bildaufnahmeeinheit (27) abbildet und dass die elektronische Bildaufnahmeeinheit (27) zugleich der Detektor (15) ist.
11. Mikroskop nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Autofokus-Anordnung ein durch Subtraktion eines Bildes des Beobachtungsobjekts (11) ohne Autofokus-Markierung (9) von einem Bild des Beobachtungsobjekts (11) mit Autofokus-Markierung (9) gebildetes Autofokus-Signal auswertet.

FIG. 1

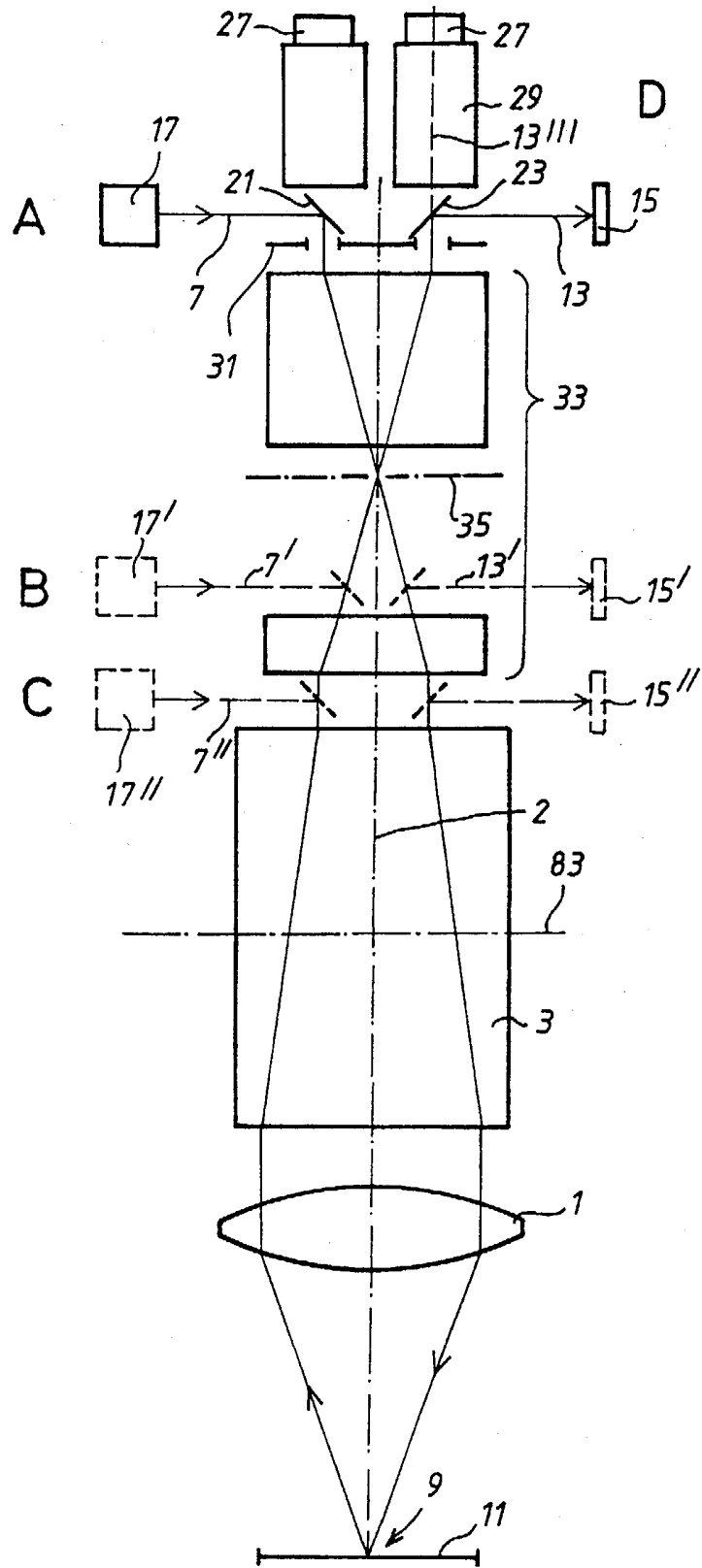


FIG. 2

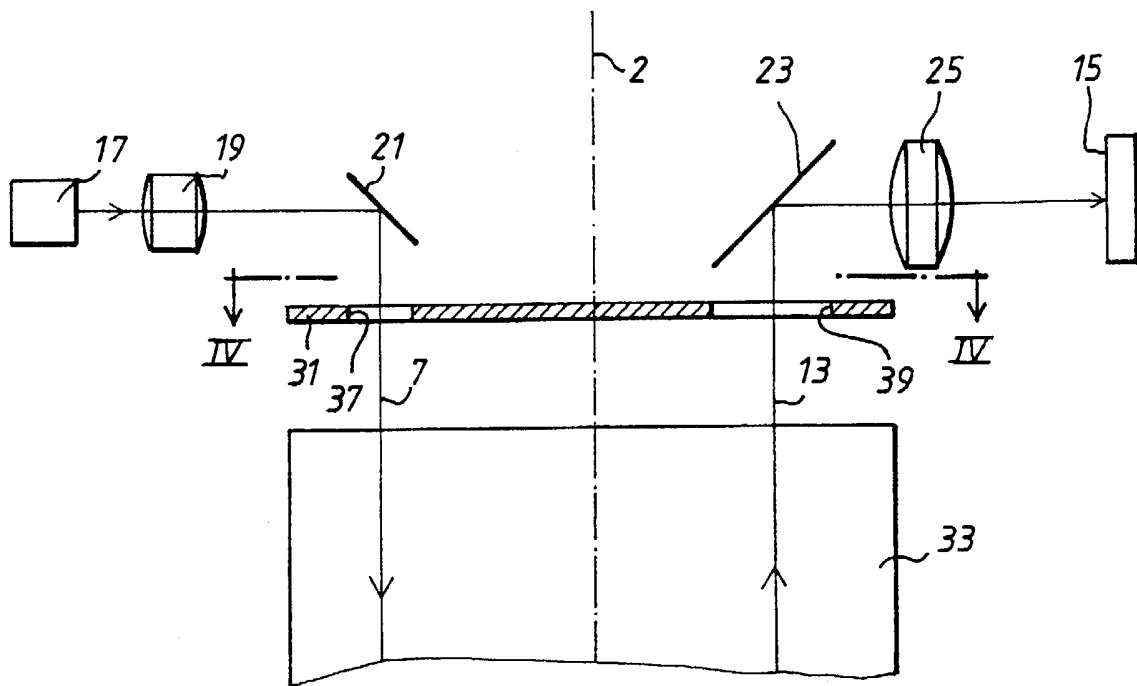
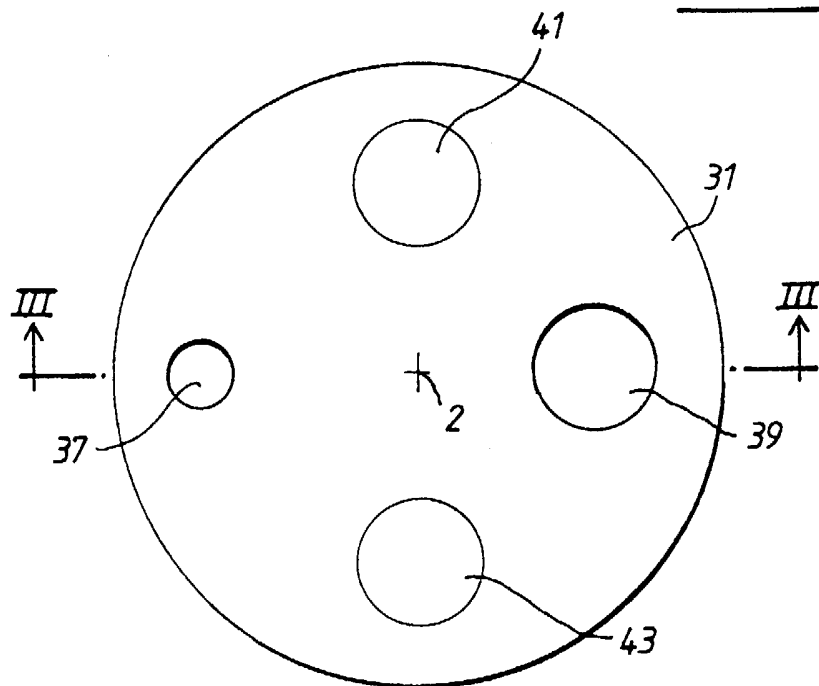
FIG. 3FIG. 4

FIG. 5

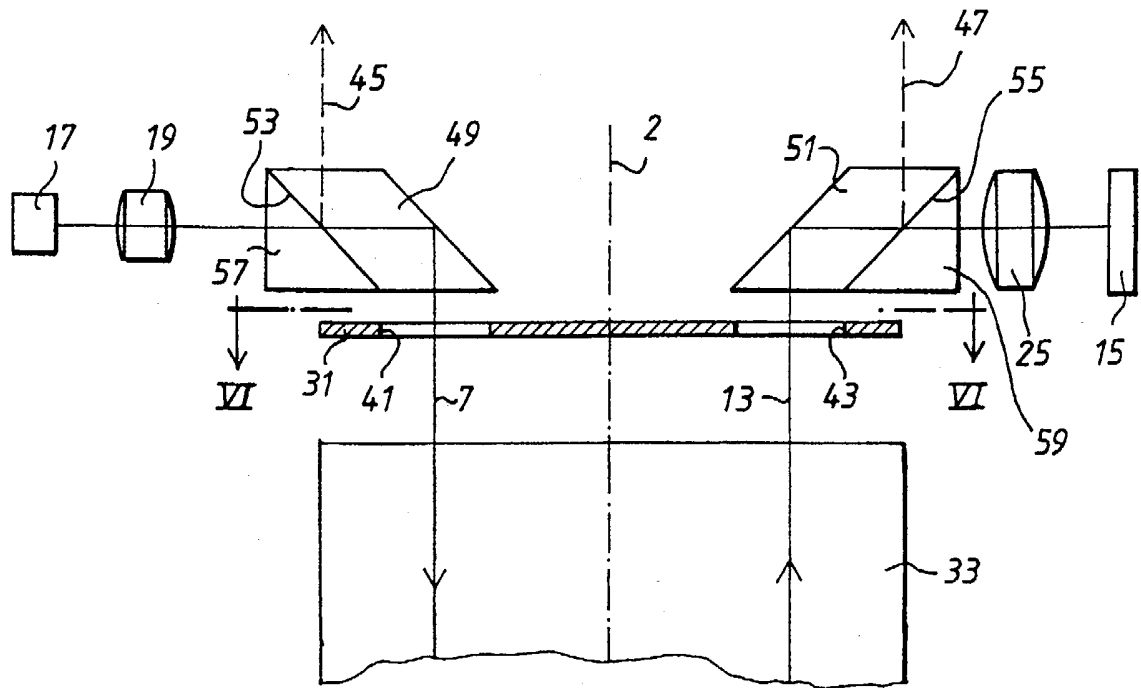
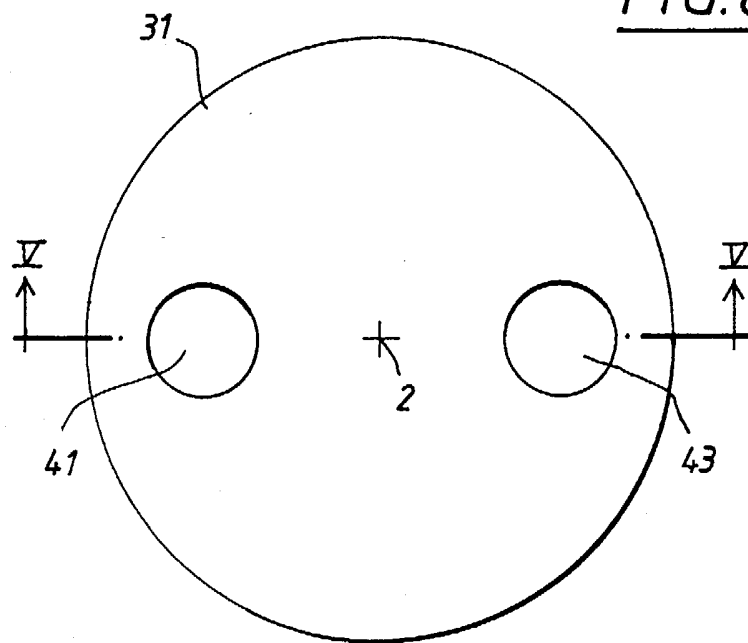


FIG. 6



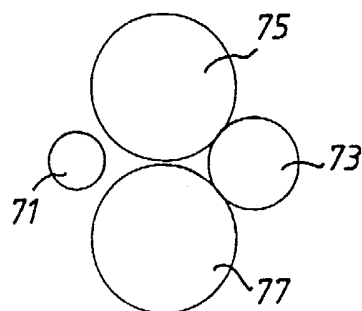
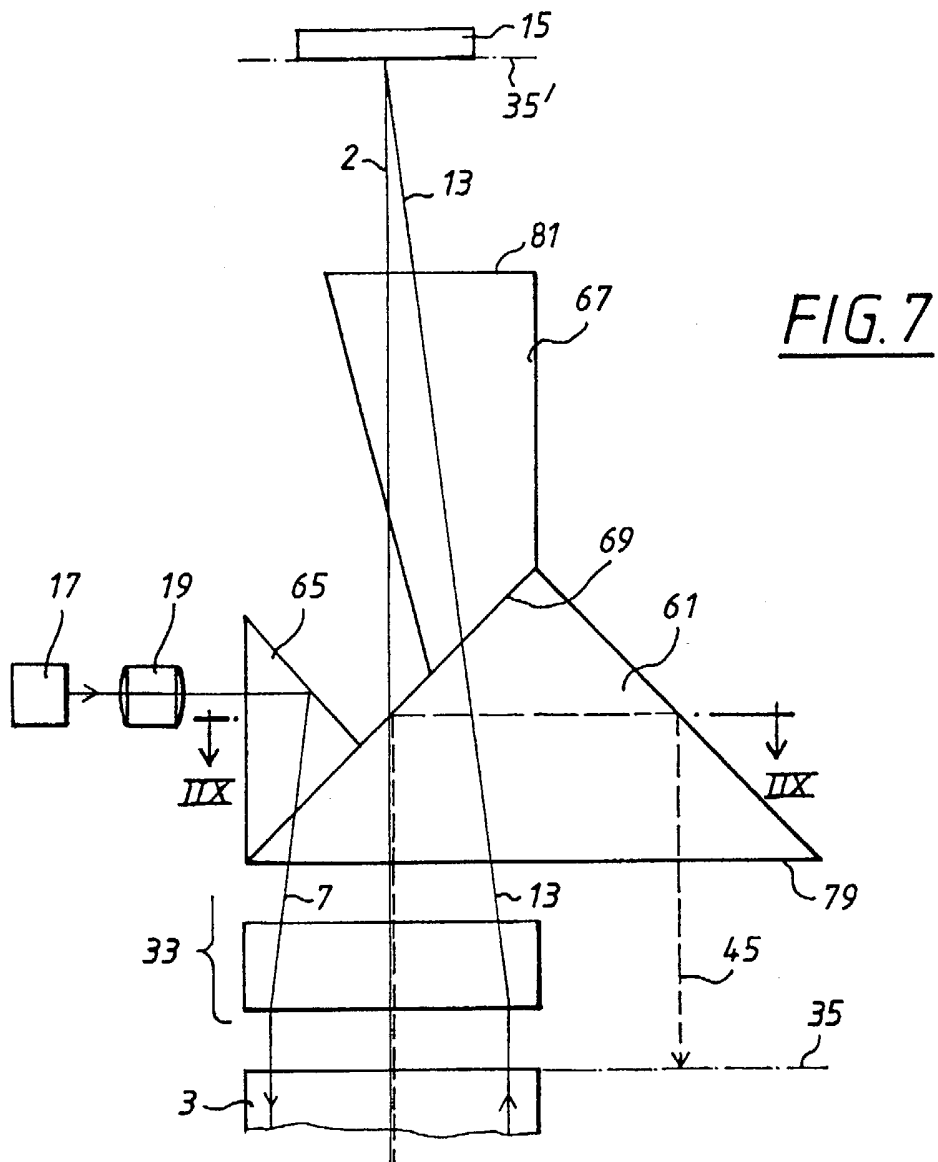


FIG. 8