



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 10 2007 051 909 A1 2009.04.30

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2007 051 909.7

(22) Anmeldetag: 29.10.2007

(43) Offenlegungstag: 30.04.2009

(51) Int Cl.⁸: G02B 21/06 (2006.01)

(71) Anmelder:

Leica Microsystems (Schweiz) AG, Heerbrugg, CH

(74) Vertreter:

Dr. Weiss & Arat, 78234 Engen

(72) Erfinder:

Sander, Ulrich, Dr., Rebstein, CH; Soon, Haw
Chong, Widnau, CH

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

DE 103 32 602 B3

DE 102 55 961 B3

DE 198 55 324 A1

DE 195 39 371 A1

DE 195 37 868 A1

DE 195 23 712 A1

DE 80 16 876 U1

AT 20 299 B

US2001/00 10 592 A1

US 44 78 482 A

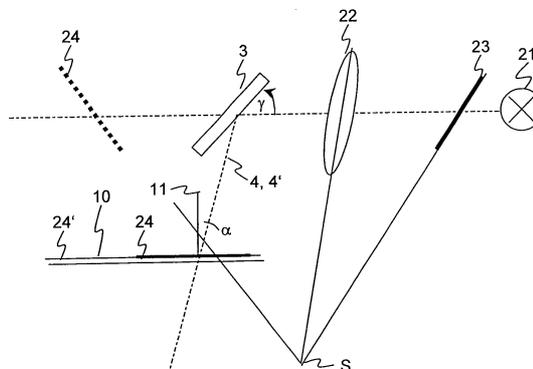
EP 07 62 215 B1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Beleuchtungseinrichtung für ein Lichtmikroskop und Lichtmikroskop mit einer solchen Beleuchtungseinrichtung**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Beleuchtungseinrichtung (9) für ein Lichtmikroskop (1) mit einem Objektiv (2), insbesondere für ein Stereomikroskop, zur Beleuchtung einer Objektebene (10) des Lichtmikroskops (1). Ein Beleuchtungsstrahlengang (4) der Beleuchtungseinrichtung (9) ist durch eine Lichtquelle (21), eine Leuchtfeldblende (23), eine Beleuchtungsoptik mit wenigstens einer Beleuchtungslinse (22) und wenigstens ein Umlenkmittel (3) definiert. Die Objektebene (10) des Mikroskops (1) wird in Auflichtbeleuchtung schräg beleuchtet, wobei eine Achse (4') des Beleuchtungsstrahlengangs (4) mit der optischen Achse (11) des Objektivs (2) einen Winkel α von größer als 0° einschließt. Erfindungsgemäß sind die Leuchtfeldblende (23), die Beleuchtungsoptik (22) und das Umlenkmittel (3) so relativ zueinander angeordnet und orientiert, dass sich die durch die Leuchtfeldblende (23) definierte Blendenebene (23'), die durch die Beleuchtungslinse (22) definierte Beleuchtungslinsebene (22') und die Bildebene (24) des von der Beleuchtungsoptik erzeugten Bildes der Leuchtfeldblende (23) ohne Umlenkung durch das Umlenkmittel (3) wenigstens annähernd entlang einer gemeinsamen Geraden (S) schneiden und dass die Bildebene (24) des von der Beleuchtungsoptik erzeugten und durch die Umlenkmittel (3) umgelenkten Bildes der Leuchtfeldblende (23) in der oder parallel zur Objektebene (10) verläuft. Hierdurch gelingt die scharfe, unverzerrte Abbildung der Leuchtfeldblende in die Objektebene oder in ...



Beschreibung

Umständen fehlerhaft abgebildet.

[0001] Die Erfindung betrifft eine Beleuchtungseinrichtung für ein Lichtmikroskop, insbesondere ein Stereomikroskop, sowie ein Lichtmikroskop mit einer solchen Beleuchtungseinrichtung nach den Oberbegriffen der Ansprüche 1 und 12.

[0002] Beleuchtungseinrichtungen für Lichtmikroskope mit Auflichtbeleuchtung umfassen eine Lichtquelle, eine Leuchtfeldblende und eine Beleuchtungsoptik, mit der die Leuchtfeldblende in den Bereich des Objekts abgebildet wird. Grundsätzlich sollte das Objektfeld gleichmässig beleuchtet sein und einen scharfen Rand aufweisen. Dies kann erreicht werden, indem die voll ausgeleuchtete Leuchtfeldblende möglichst genau in die Objektebene abgebildet wird. Die Lichtquelle ist beispielsweise eine Halogenlampe oder LED. Der Beleuchtungsstrahlengang kann durch das Objektiv des Mikroskops geführt sein oder seitlich neben dem Beobachtungsstrahlengang des Mikroskops verlaufen, ohne durch das Objektiv zu gehen.

[0003] Um den Beleuchtungsstrahlengang durch das Objektiv des Mikroskops zu führen, kann der Beleuchtungsstrahlengang beispielsweise mittels eines Strahlteilers eingekoppelt und mit dem Beobachtungsstrahlengang zum Überlapp gebracht werden. Alternativ kann eine Teilungsplatte vorgesehen sein, mit der verschiedene Kanäle zur Detektion und zur Beleuchtung festgelegt werden können. Beide Varianten ermöglichen eine Beleuchtung mit einer senkrecht zur Objektebene stehenden Beleuchtungsachse und somit prinzipiell eine scharfe Abbildung der Leuchtfeldblende in der Objektebene. Diese Mittel haben jedoch den Nachteil, dass die Lichtintensität im Beobachtungsstrahlengang reduziert wird.

[0004] Daher erfolgt die Einkopplung des Lichts häufig über ein Umlenkmittel, z. B. ein Prisma oder einen Spiegel. Dieses ist ausserhalb des Beobachtungsstrahlengangs angeordnet, insbesondere seitlich davon, um eine Abschattung des Beobachtungsstrahlengangs durch das Umlenkmittel zu verhindern. Die DE-B 103 32 602 offenbart ein Lichtmikroskop, bei dem der Beleuchtungsstrahlengang mittels eines Umlenkmittels so abgelenkt wird, dass der Beleuchtungsstrahlengang das Objektiv in dessen Randbereich durchsetzt. Das Beleuchtungslicht trifft als zur optischen Achse des Objektivs paralleles Strahlenbündel auf das Objektiv auf und wird grundsätzlich in dessen Brennebene abgebildet. Das Objektiv ist für den Beobachtungsstrahlengang auf Abbildungsfehler korrigiert. Da der Beobachtungsstrahlengang normalerweise nicht die gesamte Objektivfläche, sondern nur den zentralen Bereich des Objektivs durchsetzt, ist es für den Beleuchtungsstrahlengang, der den Randbereich durchsetzt, weniger gut korrigiert. Das Beleuchtungslicht wird daher unter

[0005] Bei anderen Beleuchtungseinrichtungen geht das Beleuchtungslicht zwar durch das Objektiv, die Achse des Beleuchtungsstrahlengangs verläuft aber aufgrund der Einkopplung von der Seite aus räumlichen Gründen in einem Winkel zur optischen Achse des Objektivs.

[0006] Mikroskope mit seitlich am Objektiv vorbeigeführtem Beleuchtungsstrahlengang sind beispielsweise in der US-A 2001/0010592, der DE-A 195 23 712 oder der DE-A 195 37 868 beschrieben. In diesem Fall verläuft die Achse des Beleuchtungsstrahlengangs ebenfalls nicht parallel, sondern in einem Winkel von etwa 1 bis 10° zur optischen Achse des Objektivs und des Beobachtungsstrahlengangs.

[0007] Eine Beleuchtung mit schräg (statt senkrecht) auf der Objektebene stehender Beleuchtungsachse hat den Nachteil, dass die Leuchtfeldblende nicht über ihre gesamte Fläche bzw. entlang des gesamten Umfangs der kreisförmigen Blendenöffnung scharf in die Objektebene abgebildet werden kann und zudem perspektivisch verzerrt ist. Ausserdem können unerwünschte chromatische Effekte an den Rändern des Beleuchtungsfeldes auftreten. Dieses wird als „unsaubere“ Optik und damit als Qualitätsmangel empfunden. Konkrete technische Nachteile sind vorhanden, wenn ein definierter, scharf umgrenzter Beleuchtungsfleck zu beispielsweise diagnostischen Zwecken notwendig ist oder optische Strukturen, wie z. B. Gitternetz, ringförmige Strukturen, Rechteck/Spalt, scharf in das Objektfeld abgebildet werden sollen.

[0008] Die US-A 2001/0010592, der DE-A 195 23 712 oder der DE-A 195 37 868 offenbaren zwar verschiedene Massnahmen, z. B. drehbare Umlenkspiegel, mit denen die Brennebene der Beleuchtungseinrichtung an die variable Brennweite eines Objektivs mit nachgeschaltetem Zoomsystem angepasst werden kann. Das oben geschilderte Problem besteht jedoch auch bei diesen Mikroskopen bzw. Beleuchtungseinrichtungen. Es kann allenfalls vermieden werden, indem ein möglichst geringer Einkopplungswinkel relativ zur optischen Achse des Objektivs gewählt wird. Dies bedingt jedoch grosse Abstände und ist aus räumlichen Gründen meistens nicht möglich.

[0009] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Beleuchtungseinrichtung und ein Lichtmikroskop mit einer solchen Beleuchtungseinrichtung anzugeben, bei dem die genannten Probleme nicht bestehen und das Objektfeld durch ein unverzerrtes und möglichst scharfes Abbild der Blendenöffnung ohne chromatische Fehler gleichmässig beleuchtet wird.

[0010] Die Aufgabe wird gelöst durch eine Beleuch-

tungseinrichtung für ein Lichtmikroskop mit den Merkmalen von Anspruch 1 sowie durch ein Lichtmikroskop mit einer solchen Beleuchtungseinrichtung mit den Merkmalen von Anspruch 12. Vorteilhaftere Weiterbildungen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen.

[0011] Bei der erfindungsgemässen Beleuchtungseinrichtung handelt es sich insbesondere um eine Einrichtung für Auflichtbeleuchtung bei einem Stereomikroskop, beispielsweise einem Operationsmikroskop für die Ophthalmologie oder Neurochirurgie.

[0012] Der Beleuchtungsstrahlengang der Beleuchtungseinrichtung wird in an sich bekannter Weise durch eine Lichtquelle, eine Leuchtfeldblende, eine Beleuchtungsoptik mit wenigstens einer Beleuchtungslinse und wenigstens ein Umlenkmittel definiert. Es handelt sich um eine Beleuchtungseinrichtung des eingangs erläuterten Typs, bei dem die Achse des Beleuchtungsstrahlengangs zumindest in der Nähe der Objektebene mit der optischen Achse des Objektivs einen Winkel α von grösser als 0° einschliesst, also die Objektebene schräg beleuchtet wird. In anderen Bereichen, insbesondere zwischen Objektiv und Beobachter bzw. Lichtquelle können die Strahlengänge in an sich bekannter Weise aufgefaltet sein und somit andere, vorliegend nicht bedeutsame Winkel einschliessen.

[0013] Der Beleuchtungsstrahlengang kann durch das Objektiv gehen oder neben dem Objektiv verlaufen. Im ersten Fall fungiert das Objektiv als Beleuchtungsoptik oder stellt einen Teil der Beleuchtungsoptik dar.

[0014] Während beim Stand der Technik die Leuchtfeldblende und die Beleuchtungsoptik stets senkrecht zur Achse des Beleuchtungsstrahlengangs stehen, sind die Orientierungen und Positionen dieser Elemente erfindungsgemäss wenigstens teilweise abgewandelt. Dabei sind zwei Bedingungen erfüllt: Zum einen schneiden sich die Ebenen der Leuchtfeldblende (Blendenebene), der Beleuchtungslinse (Beleuchtungslinsenebene) und des von der Beleuchtungsoptik erzeugten Bildes der Leuchtfeldblende (Bildebene) im gestreckten Zustand des Strahlengangs, also wenn die Umlenkung des Beleuchtungsstrahlengangs durch das Umlenkmittel nicht berücksichtigt wird, wenigstens annähernd entlang einer gemeinsamen Geraden. Die zweite Bedingung besagt, dass die Bildebene parallel zur Objektebene verläuft, wenn die Umlenkung durch das Umlenkmittel berücksichtigt wird.

[0015] Die erste Bedingung entspricht der aus der Kartografie und Fotografie bekannten Scheimpflug-Bedingung, die auf die AT-PS 20299 aus dem Jahr 1905 zurückgeht. Die Scheimpflug-Bedingung

gibt an, unter welchen Bedingungen eine relativ zu einer abbildenden Linse geneigte Objektebene scharf und ohne Verzerrung in eine Bildebene (z. B. auf einen fotografischen Film) abgebildet werden kann. Sie besagt insbesondere, dass die Ebene, in der das Objekt scharf abgebildet wird, so geneigt ist, dass deren Schnittgerade mit der bildseitigen Hauptebene im gleichen Abstand von der optischen Achse verläuft wie die Schnittgerade zwischen der der Objektebene und der objektseitigen Hauptebene. Objekt-, Linsen- und Bildebene müssen sich daher näherungsweise in einer Geraden schneiden, bzw. bei komplexeren Optiken sind die Hauptebenen zu berücksichtigen. Vorliegend sind also Beleuchtungsoptik und Leuchtfeldblende im gestreckten, d. h. nicht umgelenkten, Zustand des Beleuchtungsstrahlengangs so angeordnet, dass die Scheimpflug-Bedingung für eine scharfe Abbildung erfüllt ist. Dies bedingt insbesondere, dass die Blendenebene nicht parallel zu den Hauptebenen der Beleuchtungsoptik verläuft, also eine mit Bezug auf die Achse des Beleuchtungsstrahlengangs schräggestellte Linse und/oder eine schräggestellte Leuchtfeldblende verwendet wird.

[0016] Die zweite Bedingung besagt, dass der Beleuchtungsstrahlengang aufgefaltet ist, wobei die Umlenkung so gewählt ist, dass das Bild der Blendenebene in eine Ebene umgelenkt wird, die in der bzw. parallel zur Objektebene verläuft. Hierdurch wird es möglich, die Beleuchtungseinrichtung seitlich vom Beobachtungsstrahlengang, z. B. mit senkrecht aufeinander stehenden Achsen, anzuordnen und den Beleuchtungsstrahlengang ohne Qualitätseinbussen zur Objektebene hin umzulenken. Es ist nicht notwendig, den Winkel α zwischen den Achsen des Beleuchtungs- und Beobachtungsstrahlengangs zu minimieren, wodurch sich konstruktiv grössere Freiheiten ergeben.

[0017] Insgesamt wird durch die erfindungsgemässe Beleuchtungseinrichtung mit überraschend einfachen Mitteln trotz des schrägen Auftreffens des Beleuchtungsstrahlengangs bzw. seiner optischen Achse auf die Objektebene eine scharfe Abbildung der Leuchtfeldblende in die bzw. parallel zur Objektebene erreicht. Chromatische Fehler und eine Verzerrung des Leuchtfelds werden vermieden. Dies ermöglicht auch die unverzerrte, präzise Abbildung von Strukturen auf die Objektebene, z. B. Gitternetz, Ring, Spalt. Ausserdem kann der Winkel, den der Beleuchtungsstrahlengang mit dem Beobachtungsstrahlengang einschliesst, ohne Qualitätseinbussen vergrössert werden, wodurch sich eine grössere konstruktive Freiheit ergibt.

[0018] Die Vorteile der Erfindung liegen auf der Hand bei Mikroskopen mit neben dem Objektiv in einem Winkel zu dessen optischer Achse geführtem Beleuchtungsstrahlengang, der eine eigene, vom

Objektiv unabhängige Beleuchtungsoptik hat. Ebenso ist der Vorteil offensichtlich bei Mikroskopen, bei dem das Beleuchtungslicht schräg auf das Objektiv auftrifft. Jedoch wird durch die Erfindung auch bei Mikroskopen mit parallel zur optischen Achse durch Randbereiche des Objektivs geführtem Beleuchtungsstrahlengang, wie beispielsweise in DE-B 103 32 602 beschrieben, eine Verbesserung der Abbildungsqualität erreicht.

[0019] Bei fester Position und Orientierung der Leuchtfeldblende, der Beleuchtungsoptik und der Umlenkmittel befindet sich die Bildebene in konstanter Lage relativ zum Objektiv bzw. zur Objektebene. Die Bildebene verläuft parallel zur oder in der Objektebene. Bei einem Objektiv mit konstanter Brennweite sind die Parameter der Beleuchtungseinrichtung bevorzugt so gewählt, dass das Bild der Leuchtfeldblende genau in die Brennebene (Objektebene) umgelenkt wird.

[0020] Bei einem Objektiv mit variabler Brennweite sind die Parameter der Beleuchtungseinrichtung bevorzugt so gewählt, dass das Bild der Leuchtfeldblende in eine Ebene umgelenkt wird, die einer mittleren Brennweite des Objektivs entspricht. Selbst bei Brennweitenänderungen ist das Leuchtfeld daher innerhalb des Tiefenschärfebereichs im wesentlichen gleichmässig scharf abgebildet.

[0021] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist die Lage der Bildebene zur Anpassung an unterschiedliche Objektivbrennweiten variabel. Dies kann beispielsweise durch Verschieben der Beleuchtungslinse in axialer Richtung des Beleuchtungsstrahlengangs geschehen, wodurch sich der Abstand zwischen Blendenbild und Leuchtfeldblende ändert. Durch Nachführen der Orientierung (Winkel zur Achse des Beleuchtungsstrahlengangs) und/oder Position (Lage entlang der gestreckten Achse des Beleuchtungsstrahlengangs) der Leuchtfeldblende und/oder Orientierung der Linse und/oder der Orientierung des Spiegels können die oben genannten Bedingungen erfüllt und ein parallel zum ursprünglichen Bild orientiertes Bild in verändertem Abstand vom Objektiv erzeugt werden. Die Anpassung dieser Parameter der Beleuchtungseinrichtung wird vorzugsweise von einer Steuereinrichtung veranlasst, die Signale über die Stellung des Zoomsystems empfängt und Stellsignale für Stellelemente erzeugt, die die Orientierung und/oder Position der oben genannten Bauteile bestimmen.

[0022] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und nachfolgend beschrieben. Es zeigen rein schematisch:

[0023] [Fig. 1](#) den Aufbau eines Lichtmikroskops mit einer konventionellen Beleuchtungseinrichtung zur Auflichtbeleuchtung einer Objektebene;

[0024] [Fig. 2](#) die Beleuchtungseinrichtung mit gestrecktem Beleuchtungsstrahlengang zur Illustration der Scheimpflug-Bedingung;

[0025] [Fig. 3](#) die Beleuchtungseinrichtung mit durch ein Umlenkmittel umgelenktem Beleuchtungsstrahlengang zur Illustration der Beleuchtung in bzw. parallel zur Objektebene;

[0026] [Fig. 4](#) das Mikroskop aus [Fig. 1](#) mit einer erfindungsgemässen Beleuchtungseinrichtung.

[0027] Das in [Fig. 1](#) dargestellte Mikroskop ist grundsätzlich aus der DE-B 102 55 961 bekannt und wird hier nur so weit beschrieben, wie zum Verständnis der Erfindung notwendig; im Übrigen wird auf die DE-B 102 55 961 verwiesen. Das Stereomikroskop weist ein Hauptmikroskop **1** und ein Assistentenmikroskop **5** auf. Bei dem dargestellten Stereomikroskop handelt es sich insbesondere um ein ophthalmologisches Mikroskop oder eines für die Neurochirurgie.

[0028] Das Stereomikroskop weist als wesentliche optische Komponenten ein Hauptobjektiv **2**, ein Zoom-System **8** und wenigstens einen (nicht dargestellten) Binokulartubus mit Okularen auf. Die optische Achse **11** des Hauptobjektivs **2** verläuft vertikal und steht senkrecht auf der Objektebene **10**. Der Beobachtungsstrahlengang **16** ist durch Umlenkelemente **7** mehrfach um jeweils 90° umgelenkt, so dass die mittlere Achse **11'** des Zoom-Systems **8** horizontal verläuft. Der Beobachtungsstrahlengang **16** erreicht schliesslich über den hier nicht im einzelnen dargestellten Binokulartubus den Hauptbeobachter **17**. Im Beobachtungsstrahlengang **16** sind optische Zusatzkomponenten **15** vorgesehen, z. B. eine Dateneinspiegelungseinrichtung **20**, Inverter-Einrichtung, Laser-Shuttereinrichtung oder optische Teiler. Durch die horizontale Umlenkung des Beobachtungsstrahlengangs **16** können das Zoom-System **8** und die Zusatzkomponenten **15** eingebaut werden, ohne dass hierbei die vertikale Bauhöhe des Stereomikroskops in ergonomisch ungünstiger Weise vergrössert wird.

[0029] Optional ist zwischen dem Hauptobjektiv **2** und dem ersten Umlenkelement **7** ein weiterer Strahlteiler **6** vorgesehen, der den Haupt-Beobachtungsstrahlengang **16** entlang der Achse **11** des Hauptobjektivs **2** in zwei Teilstrahlengänge **16**, **14** aufteilt. Ein erster transmittierter Teilstrahlengang **16** entspricht dem bereits diskutierten Strahlengang, welcher nach Umlenkung entlang der Achse **11'** des Zoom-Systems **8** verläuft. Der weitere Teilstrahlengang **14** wird aus dem Hauptbeobachtungsstrahlengang als Assistenten-Beobachtungsstrahlengang ausgespiegelt und über ein weiteres Umlenkelement **13** in einen nicht dargestellten Assistenten-Binokulartubus und von dort in das Auge des Zweitbeobachters **18** geführt. Das Assistentenmikroskop **5** kann

beispielsweise an einer hier gestrichelt dargestellten mechanischen Trennstelle vom Hauptmikroskop **1** abtrennbar sein.

[0030] Die Beleuchtungseinrichtung **9** ist im vorliegenden Beispiel seitlich neben dem Hauptobjektiv **2** innerhalb des Mikroskopgehäuses angeordnet. Sie hat einen Beleuchtungsstrahlengang **4**, der neben dem Hauptobjektiv **2** ausserhalb davon verläuft. Der Beleuchtungsstrahlengang **4** wird durch eine Lichtquelle **21** in Verbindung mit einer Leuchtfeldblende **23**, einer Beleuchtungsoptik, hier schematisch in Form einer einfachen Linse **22**, und einem Umlenkmittel **3** festgelegt. Die hier nicht sichtbare kreisförmige Öffnung in der Leuchtfeldblende **23** wird somit in den Bereich der Objektebene **10** abgebildet und auf das zu beobachtende Objekt **24** gerichtet.

[0031] Die optische Achse **11** des Objektivs **2** schliesst mit der Achse **4'** des Beleuchtungsstrahlengangs **4** im objektnahen Bereich einen Winkel α von 1 bis 10° ein. Die Leuchtfeldblende **23** ist senkrecht zur Achse **4'** des Beleuchtungsstrahlengangs **4** orientiert. Das Bild **24** der Leuchtfeldblende **23** ist daher nur in einer Ebene **24'** scharf, die senkrecht auf der Achse **4'** steht. Durch die schräge Umlenkung des Beleuchtungsstrahlengangs **4** bzw. schrägem Einfall auf die Objektebene **10** ist diese Bildebene **24'** mit Bezug auf die Objektebene **10** geneigt. Damit wird die Leuchtfeldblende **23** nicht über ihren gesamten Bereich scharf, sondern verschwommen und eventuell mit chromatischen Effekten an den Rändern auf die Objektebene **10** projiziert.

[0032] [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) erläutern, wie diese unerwünschten Abbildungsfehler im Beleuchtungsstrahlengang **4** gemäss der Erfindung auf einfache Weise behoben werden. [Fig. 2](#) zeigt schematisch und ohne korrekte Grössenverhältnisse den gestreckten Zustand des Beleuchtungsstrahlengangs **4**. Die Objektebene **10**, in der ein scharfes Bild **24** der Leuchtfeldblende **23** erzeugt werden soll, ist zur Achse **4'** des Beleuchtungsstrahlengangs **4** geneigt, wobei ihre Flächennormale, also die optische Achse **11** des Objektivs **2**, mit der Achse **4'** des Beleuchtungsstrahlengangs **4** den oben erwähnten Winkel α einschliesst. Um die Bildebene **24'** mit der Objektebene **10** in Übereinstimmung zu bringen, werden die Leuchtfeldblende **23** und/oder die Beleuchtungslinse **22** mit Bezug auf die Achse **4'** schräggestellt. Die Blendenebene **23'** schliesst mit der Achse **4'** des Beleuchtungsstrahlengangs **4** einen Winkel β_1 von kleiner als 90° ein. Alternativ oder zusätzlich schliesst die Beleuchtungslinsenebene **22'** mit der Achse **4'** des Beleuchtungsstrahlengangs **4** einen Winkel β_2 ein. Dieser ist vorzugsweise kleiner oder gleich 90° und grösser als β_1 . Die Winkel β_1 , β_2 sind gemäss der Scheimpflug-Bedingung so gewählt, dass sich die Ebenen **22'**, **23'** und **10/24'** wenigstens annähernd entlang einer gemeinsamen Schnittgeraden **S**

schneiden. Bei einer komplexeren Beleuchtungsoptik sind wie eingangs erläutert statt der Linsenebene **22'** die Hauptebenen zu berücksichtigen.

[0033] [Fig. 3](#) zeigt die Umlenkung des Bildes **24** der Leuchtfeldblende aus der ursprünglichen unabgelenkten Bildebene **24'** (vgl. [Fig. 2](#), hier gestrichelt gezeichnet) mittels des Umlenkmittels **3** in eine parallel zur tatsächlichen Objektebene **10** verlaufende Bildebene **24'**. Die durch das Umlenkmittel **3** abgelenkte Achse **4'** des Beleuchtungsstrahlengangs **4** verläuft nun unter dem Winkel α zur Vertikalen bzw. zur optischen Achse **11** des Objektivs **2**. Durch einfache geometrische Überlegungen lässt sich der Winkel γ ermitteln, unter dem das Umlenkmittel **3** im Strahlengang **4** angeordnet werden muss, um die Bildebene **24'** parallel zur Objektebene **10** auszurichten.

[0034] Es ist auch möglich, dass sich das zum Auf falten des Beleuchtungsstrahlengangs **4** verwendete Umlenkmittel **3** zwischen der Linse **22** und der Leuchtfeldblende **23** befindet. Dieser Fall liegt beispielsweise vor, wenn das Objektiv **2** als Beleuchtungsoptik oder Teil davon verwendet wird.

[0035] [Fig. 4](#) zeigt das Mikroskop aus [Fig. 1](#) mit einer erfindungsgemässen Beleuchtungseinrichtung **9** und ansonsten zu [Fig. 1](#) identischem Aufbau. Die Beleuchtungseinrichtung **9** ist prinzipiell wie in [Fig. 3](#) aufgebaut.

[0036] Der Abstand der Bildebene **24'** vom Objektiv **2** ist durch die wechselseitigen Abstände und Orientierungen der Lichtquelle **21**, der Leuchtfeldblende **23**, der Beleuchtungsoptik **22** und des Umlenkmittels **3** vorgegeben.

[0037] Um diesen Abstand an die durch das Zoomsystem variierte tatsächliche Brennweite anzupassen, sind zumindest einzelne der genannten Abstände und Orientierungen in einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung variabel. Dies ist durch Pfeile an den entsprechenden Komponenten angedeutet. Beispielsweise ist der Abstand zwischen Beleuchtungsoptik **22** und Leuchtfeldblende **23** in axialer Richtung des Beleuchtungsstrahlengangs **4** variabel, um das Bild **24** in variablem Abstand von der Leuchtfeldblende **23** zu erzeugen. Die Orientierung der Blendenebene **23'** und/oder der Beleuchtungslinse **22** ist vorzugsweise ebenfalls variabel, um in einem solchen Fall die Scheimpflug-Bedingung wieder zu erfüllen. Weiterhin ist die Orientierung des Umlenkmittels **3** vorzugsweise variabel, um die Bildebene **24'** wieder parallel zur Objektebene **10** auszurichten.

[0038] Zur automatischen Anpassung an die tatsächliche Objektivbrennweite ist vorzugsweise eine Steuereinrichtung **30** vorhanden. Diese erhält vom Zoom-System **8** ein Steuersignal, aufgrund dessen die Anpassung der erwähnten Parameter der Be-

leuchtungseinrichtung bestimmt werden kann. Entsprechende Steuersignale werden dann an Stellglieder übermittelt, die mit der Leuchtfeldblende **23**, der Beleuchtungsoptik **22** und/oder dem Umlenkmittel **3** verbunden sind.

[0039] Die beschriebene Beleuchtungseinrichtung kann analog auch so eingesetzt werden, dass der Beleuchtungsstrahlengang das Objektiv des Mikroskops durchsetzt.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 10332602 B [[0004](#), [0018](#)]
- US 2001/0010592 A [[0006](#), [0008](#)]
- DE 19523712 A [[0006](#), [0008](#)]
- DE 19537868 A [[0006](#), [0008](#)]
- AT 20299 [[0015](#)]
- DE 10255961 B [[0027](#), [0027](#)]

Patentansprüche

1. Beleuchtungseinrichtung (9) für ein Lichtmikroskop (1) mit einem Objektiv (2), insbesondere für ein Stereomikroskop, zur Beleuchtung einer Objektebene (10) des Lichtmikroskops (1), wobei ein Beleuchtungsstrahlengang (4) der Beleuchtungseinrichtung (9) durch eine Lichtquelle (21), eine Leuchtfeldblende (23), eine Beleuchtungsoptik mit wenigstens einer Beleuchtungslinse (22) und wenigstens ein Umlenkmittel (3) definiert wird, und wobei eine Achse (4') des Beleuchtungsstrahlengangs (4) mit der optischen Achse (11) des Objektivs (2) einen Winkel α von grösser als 0° einschliesst, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Leuchtfeldblende (23), die Beleuchtungsoptik (22) und das Umlenkmittel (3) so relativ zueinander angeordnet und orientiert sind, dass sich die durch die Leuchtfeldblende (23) definierte Blendenebene (23'), die durch die Beleuchtungslinse (22) definierte Beleuchtungslinsenebene (22') und die Bildebene (24) des von der Beleuchtungsoptik erzeugten Bildes der Leuchtfeldblende (23) ohne Umlenkung durch das Umlenkmittel (3) wenigstens annähernd entlang einer gemeinsamen Geraden (S) schneiden und dass die Bildebene (24') des von der Beleuchtungsoptik erzeugten und durch die Umlenkmittel (3) umgelenkten Bildes (24) der Leuchtfeldblende (23) in der oder parallel zur Objektebene (10) verläuft.

2. Beleuchtungseinrichtung (9) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Beleuchtungsstrahlengang (4) das Objektiv (2) durchsetzt.

3. Beleuchtungseinrichtung (9) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Beleuchtungsstrahlengang (4) neben dem Objektiv (2) verläuft.

4. Beleuchtungseinrichtung (9) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Umlenkmittel (3) zwischen der Beleuchtungsoptik und der Bildebene (24) der Leuchtfeldblende (23) oder zwischen der Leuchtfeldblende (23) und der Beleuchtungsoptik, jeweils im gestreckten Zustand des Beleuchtungsstrahlengangs (4), angeordnet ist.

5. Beleuchtungseinrichtung (9) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Blendenebene (23') mit der Achse (4') des Beleuchtungsstrahlengangs (4) einen Winkel β_1 von kleiner als 90° einschliesst.

6. Beleuchtungseinrichtung (9) nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Winkel β_1 variabel ist.

7. Beleuchtungseinrichtung (9) nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Beleuchtungslinsenebene (22') mit der Achse (4') des Be-

leuchtungsstrahlengangs (4) einen Winkel β_2 einschliesst, für den $90^\circ \geq \beta_2 > \beta_1$ gilt.

8. Beleuchtungseinrichtung (9) nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Winkel β_2 variabel ist.

9. Beleuchtungseinrichtung (9) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Orientierungen und/oder Abstände der Leuchtfeldblende (23), der Beleuchtungsoptik und/oder des Umlenkmittels (3) derart gewählt sind, dass der Abstand der Bildebene (24) vom Objektiv (2) einer mittleren Brennweite des Objektivs (2) entspricht.

10. Beleuchtungseinrichtung (9) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Orientierungen und/oder Abstände der Leuchtfeldblende (23), der Beleuchtungsoptik und/oder des Umlenkmittels (3) derart variabel sind, dass der Abstand der Bildebene (24) vom Objektiv (2) variabel ist.

11. Beleuchtungseinrichtung (9) für ein Lichtmikroskop mit variabler Brennweite nach Anspruch 10, gekennzeichnet durch eine Steuereinrichtung (30), die die Orientierungen und/oder Abstände der Leuchtfeldblende (23), der Beleuchtungsoptik und/oder des Umlenkmittels (3) in Abhängigkeit von der Brennweite des Objektivs (2) so anpasst, dass die Bildebene (24) im wesentlichen in der Objektebene (10) liegt.

12. Lichtmikroskop, insbesondere Stereomikroskop, mit einem Objektiv, einem Tubus und wenigstens einem Okular, gekennzeichnet durch eine Beleuchtungseinrichtung (9) nach einem der vorangegangenen Ansprüche.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

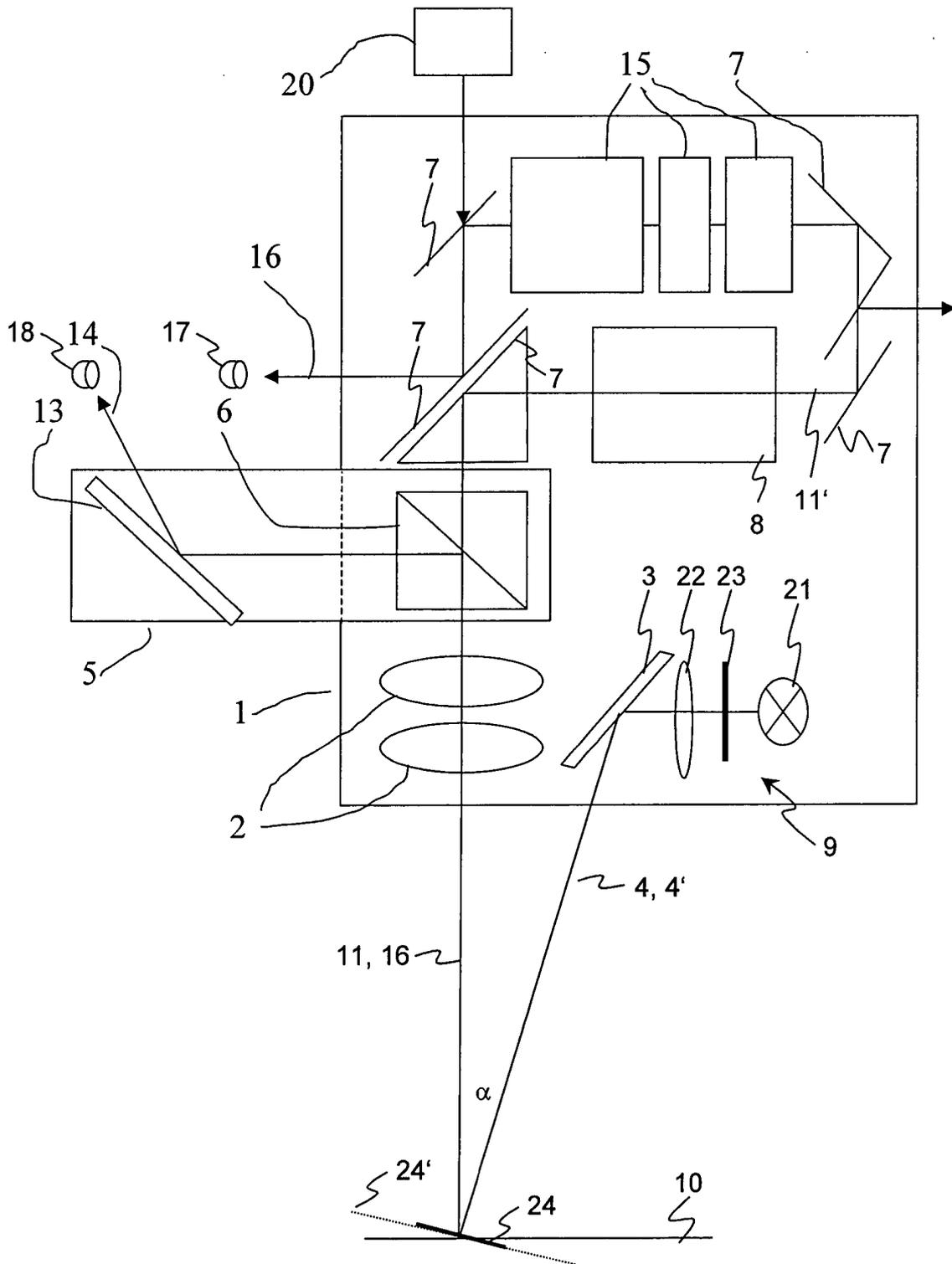
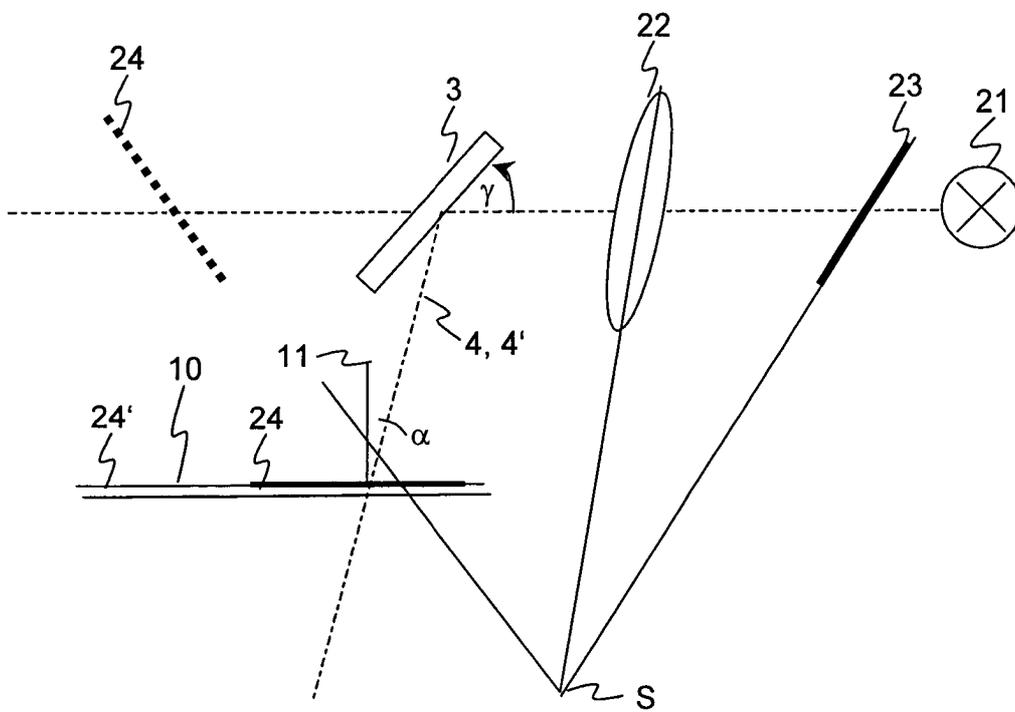
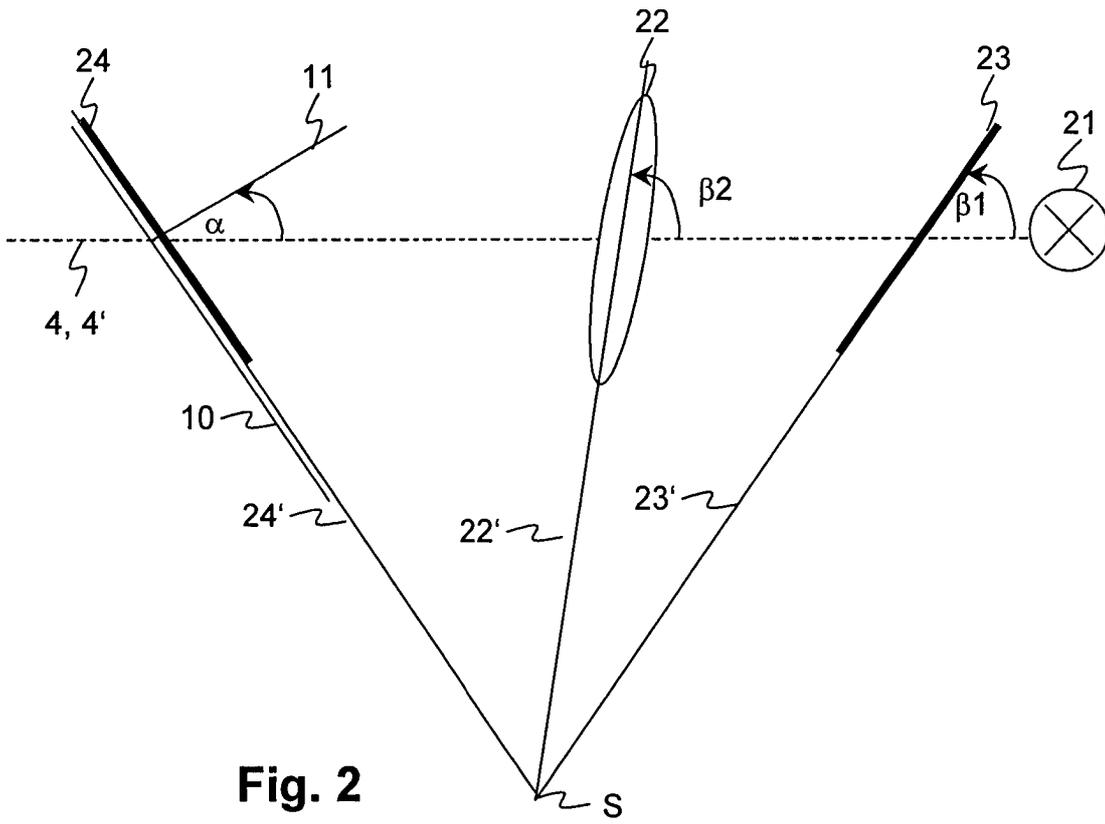


Fig. 1



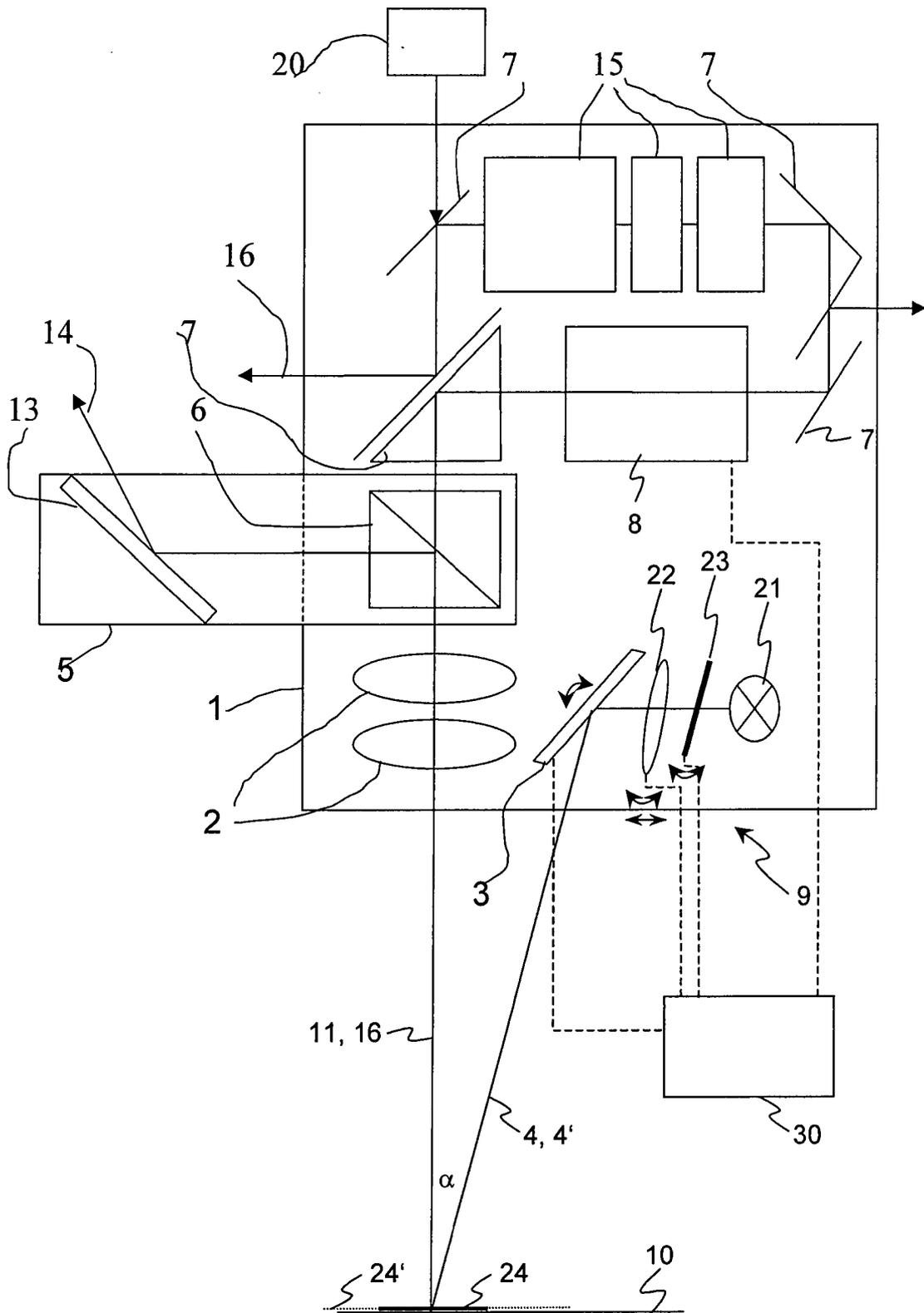


Fig. 4