

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
31. Oktober 2002 (31.10.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/086580 A2

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **G02B 21/16**

GMBH [DE/DE]; Ernst-Leitz-Strasse 17-37, 35578 Wetzlar (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP02/03974

(22) Internationales Anmeldedatum:
10. April 2002 (10.04.2002)

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **VEITH, Michael** [DE/DE]; Heidenstock 36a, 35578 Wetzlar (DE). **DANNER, Lambert** [AT/DE]; Weingartenstrasse 37, 35584 Wetzlar-Naunheim (DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
101 19 992.9 23. April 2001 (23.04.2001) DE

(81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.

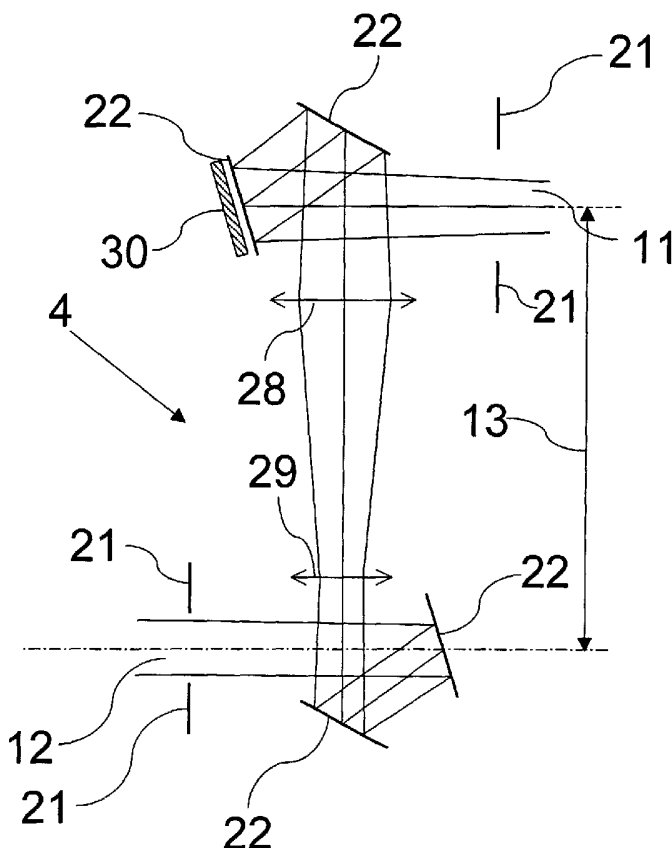
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **LEICA MICROSYSTEMS SEMICONDUCTER**

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: ILLUMINATING DEVICE

(54) Bezeichnung: BELEUCHTUNGSEINRICHTUNG



(57) Abstract: The invention relates to an illuminating device (1), preferably for a microscope, particularly for a UV microscope (2), comprising a light source (3) and a reflecting filter system (4, 14). The beam of light from the light source (3) passes through a number of reflections in the reflecting filter system (4, 14). In order to minimize the spatial dimensions of the inventive illuminating device (1), the entering beam (11) of the reflecting filter system (4, 14) has an optical beam offset (13) and/or a different direction with regard to the exit beam (12) of said filter system.

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft eine Beleuchtungseinrichtung (1), vorzugsweise für ein Mikroskop, insbesondere für ein UV-Mikroskop (2), mit einer Lichtquelle (3) und mit einem Reflexionsfiltersystem (4, 14), wobei der Strahl des Lichts der Lichtquelle (3) mehrere Reflexionen in dem Reflexionsfiltersystem (4, 14) durchläuft. Die erfindungsgemäße Beleuchtungseinrichtung (1) ist zur Minimierung der räumlichen Ausmaße dadurch gekennzeichnet, dass der Eintrittsstrahl (11) des Reflexionsfiltersystems (4, 14) zu dessen Austrittsstrahl (12) einen optischen Strahlversatz (13) und/oder eine Richtungsänderung aufweist.



WO 02/086580 A2



Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Beleuchtungseinrichtung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Beleuchtungseinrichtung, vorzugsweise für ein Mikroskop, insbesondere für ein UV-Mikroskop oder eines optischen Gerätes mit abbildender Optik, mit einer Lichtquelle und mit einem
5 Reflexionsfiltersystem, wobei der Strahl des Lichts der Lichtquelle mehrere Reflexionen in dem Reflexionsfiltersystem durchläuft.

Beleuchtungseinrichtungen der gattungsbildenden Art sind beispielsweise aus der DE 199 31 954 A1 bekannt. Diese Beleuchtungseinrichtung dient als
10 Lichtquelle und Wellenlängenselektionsvorrichtung für ein DUV-(= Deep Ultra-Violett) Mikroskop bekannt. Beleuchtungseinrichtungen für DUV-Mikroskope müssen Beleuchtungslicht eines schmalen Beleuchtungswellenlängenbereichs zur Verfügung stellen, für welches die Mikroskopoptik korrigiert ist. Der Beleuchtungswellenlängenbereich wird durch die spektrale Lage des Intensi-
15 tätsmaximums sowie dessen Halbwertsbreite charakterisiert. Zur Selektion des gewünschten Beleuchtungswellenlängenbereichs aus einem Spektrum einer geeigneten Lichtquelle – beispielsweise einer Quecksilberdampf-
lampe – sind sowohl Transmissions-Schmalbandfiltersysteme als auch Reflexions-
filtersysteme bekannt. Diese Filtersysteme sind im Beleuchtungsstrahlengang
20 angeordnet und führen Licht des selektierten Beleuchtungswellenlängenbereich dem Mikroskop als Nutzlicht zu.

Transmissions-Schmalbandfiltersysteme im DUV liefern Peaks mit einer sehr schmalen Halbwertsbreite, dafür liegt die maximale Transmission und damit
25 der Spitzenwert der Peaks bei nur etwa 20% der Eingangslichtleistung, die vor dem Transmissions-Schmalbandfiltersystem vorlag. Somit stellen Transmissions-Schmalbandfiltersysteme keine effizienten Wellenlängenselektionsvorrichtungen für DUV-Licht da.

Die bekannten Reflexionsfiltersysteme bestehen aus mehreren Reflexionsfiltern, an denen das Licht der Lichtquelle jeweils unter einem bestimmten Einfallswinkel auftrifft und reflektiert wird. Bei diesen Reflexionsfiltersystemen
5 liegt der reflektierte und somit nutzbare Anteil des Lichts des selektierten Beleuchtungswellenlängenbereichs deutlich über 90% über der Eingangslichtleistung.

Bei dem aus der DE 199 31 954 A1 bekannten Reflexionsfiltersystem ist eine
10 Anordnung der Reflexionsfilter vorgesehenen, bei der Reflexionswinkel an den einzelnen Reflexionsfiltern vorliegen, die kleiner als 30° sind. Hierdurch kann eine Halbwertsbreite des selektierten Beleuchtungswellenlängenbereichs von kleiner 20 nm erzeugt werden. Je nach Art der verwendeten Reflexionsfilter kann durch ein solches Reflexionsfiltersystem mit kleinen Einfallswinkeln die
15 aus dem Reflexionsfiltersystem austretende Lichtleistung ungefähr 98% der Eingangslichtleistung betragen.

Fig.1 aus DE 199 31 954 A1 zeigt eine solche Beleuchtungseinrichtung in Verbindung mit einem DUV-Mikroskop. Hierbei ist das Reflexionsfiltersystem zwischen Lichtquelle und DUV-Mikroskop angeordnet, was für sich gesehen einen enormen Platzbedarf beansprucht. Falls das DUV-Mikroskop als Halbleiterinspektionsmikroskop zum Einsatz kommt, muss dieses im Reinraum aufgestellt und bedient werden. Da der Aufwand zum Betreiben
20 eine Reinraums mit zunehmendem Volumen ganz erheblich zunimmt, müssen die dort aufgestellten Geräte möglichst platzsparend angeordnet sein, im Idealfall nur eine geringe Stellfläche beanspruchen.

Oftmals besteht die Notwendigkeit, in einem optischen System und insbesondere in einem Mikroskopsystem mehrere Beleuchtungslichtquellen einzusetzen, die jeweils einen Beleuchtungswellenlängenbereich aufweisen,
30 der sich vom Infraroten- über den Visuellen- bis hin zum DUV-Wellenlängenbereich erstreckt. Üblicherweise werden hierzu bis zu drei verschiedene Lichtquellen samt Lampengehäuse optomechanisch integriert, was nur mit einer Reihe von Umlenkspiegeln und/oder Strahlvereinigungen in
35 der Beleuchtungsoptik realisierbar ist und in nachteiliger Weise mit einer

Vergrößerung bzw. einer Vermehrung der optischen Strahlengänge einhergeht.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine
5 Beleuchtungseinrichtung der gattungsbildenden Art derart anzugeben und weiterzubilden, dass die räumlichen Ausmaße der Beleuchtungseinrichtung minimiert werden können.

Das erfindungsgemäße Verfahren der gattungsbildenden Art löst die voran-
10 stehende Aufgabe durch die Merkmale des Patentanspruchs 1. Danach ist eine solche Beleuchtungseinrichtung dadurch gekennzeichnet, dass der Eintrittsstrahl des Reflexionsfiltersystems zu dessen Austrittsstrahl einen optischen Strahlversatz und/oder eine Richtungsänderung aufweist.

15 Erfindungsgemäß ist zunächst erkannt worden, dass durch die Realisierung eines optischen Strahlversatzes die räumlichen Ausmasse der Beleuchtungseinrichtung reduziert werden können. Somit ist im Gegensatz zum Ausführungsbeispiel aus Fig. 1 der DE 199 31 954 A1 keine lineare Anordnung von Lichtquelle und Reflexionsfiltersystem notwendig, vielmehr
20 kann die Lichtquelle oberhalb, unterhalb oder seitlich versetzt zur optischen Achse des Mikroskops angeordnet sein. Insbesondere Halbleiterinspektionsmikroskope weisen üblicherweise einen sehr großen Objektisch auf. Dieser Objektisch muss in der Lage sein, die mittlerweile sehr großen Halbleiterprodukte – Waver – relativ zum Objektiv des Mikroskops derart zu
25 positionieren, dass sämtliche Bereiche des Halbleiterprodukts lichtoptisch inspiziert werden können. Demzufolge ist eine Anordnung einer Lichtquelle bei optimiertem optischen Strahlengang nur oberhalb oder unterhalb des Mikroskoptischs möglich. Wie bereits erwähnt, steht auf der dem Mikroskopbediener abgewandten Seite des Mikroskops ebenfalls nicht
30 beliebig viel Platz zur Verfügung.

So sind die Vorgaben an ein Gesamtsystem hinsichtlich einer Minimierung seiner räumlichen Ausmasse aufgrund der Implementierung im Reinraum vom Käufer weitgehend vorgegeben. Insoweit wird mit einer erfindungsgemäßen
35 Beleuchtungseinrichtung mit einem optischen Strahlversatz zwischen

Eintrittsstrahl und Austrittsstrahl eine Anordnung der Beleuchtungseinrichtung an dem Mikroskop ermöglicht, die diesen Vorgaben gerecht wird.

5 Eine Reduzierung der Ausmasse der Beleuchtungseinrichtung kann in vorteilhafter Weise ebenfalls durch eine Richtungsänderung zwischen Eintrittsstrahl und Austrittsstrahl des Reflexionsfiltersystems erzielt werden. Hierdurch kann beispielsweise eine Lichtquelle seitlich neben dem oberen Teil des Mikroskopstativs angeordnet werden, wobei die Lichtquelle Licht in eine Richtung emittiert, die vom Bediener des Mikroskops aus gesehen nach
10 hinten verläuft. Nach Durchlaufen des Reflexionsfiltersystems könnte – bei einer Realisierung einer Richtungsänderung zwischen Eintrittsstrahl und Austrittsstrahl – das hinsichtlich des Beleuchtungswellenlängenbereichs selektierte Beleuchtungslicht seitlich in das Mikroskop eingekoppelt werden. Von ganz besonderem Vorteil kann die Kombination eines optischen
15 Strahlversatzes und einer Richtungsänderung zwischen Eintrittsstrahl und Austrittsstrahl des Reflexionsfiltersystems sein, so dass beispielsweise eine Lichtquelle auch überhalb des Mikroskopstativs angeordnet sein kann, z.B. vom Benutzer aus gesehen im hinteren Bereich des Mikroskops.

20 In einer konkreten Ausführungsform ist vorgesehen, dass der Reflexionswinkel bei jeder Reflexion in dem Reflexionsfiltersystem zumindest nahezu gleich ist. Hierdurch können identische Reflexionsfilter zum Einsatz kommen, was in vorteilhafter Weise die Herstellung vereinfacht und die Produktionskosten reduziert.

25 In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform ist ein weiteres Reflexionsfiltersystem vorgesehen, dass zum ersten Reflexionsfiltersystem umschaltbar angeordnet ist. Hierdurch kann mit Hilfe des weiteren Reflexionsfiltersystems eine andere Wellenlänge bzw. ein anderer Wellenlängenbereich der Licht-
30 quelle selektiert werden, so dass die Anzahl der notwendigen Lichtquellen in besonders vorteilhafter Weise reduziert werden kann. Im Konkreten könnten die Reflexionsfiltersysteme derart angeordnet sein, dass mit Hilfe von Umlenkeinrichtungen bzw. umschaltbaren Spiegeln das Licht der Lichtquelle entweder durch das eine oder das andere Reflexionsfiltersystem geleitet
35 werden kann. Auch ist die Verwendung einer oder mehrerer 50:50-Strahlteiler,

dichroitischen Strahlteiler oder dergleichen, vorgesehen, die simultan Licht der Lichtquelle auf mindestens zwei Reflexionsfiltersysteme leitet. Somit wäre durch die Beleuchtungseinrichtung eine simultane Beleuchtung mit mehreren unterschiedlichen Wellenlängen bzw. Wellenlängenbereichen gewährleistet.

5

In einer konkreten Ausführungsform sind die Reflexionsfiltersysteme derart angeordnet, dass entweder das eine oder das andere Reflexionsfiltersystem in den optischen Strahlengang eingebracht wird. Dies könnte beispielsweise mit Hilfe von Filterschieberblöcken in einer entsprechenden mechanischen
10 Führung realisiert werden. Diese Umschaltung könnte mechanisch und/oder motorisch erfolgen, wobei eine Beleuchtungseinrichtung für ein Halbleiterinspektionsmikroskop eine motorische Umschaltung aufweisen sollte.

In besonders vorteilhafter Weise sind die umschaltbar angeordneten
15 Reflexionsfiltersysteme derart konfiguriert, dass bei jeweils aktiver Stellung im optischen Strahlengang die Bilder der Lichtquelle jeweils die gleiche Lage und Größe im optischen Strahlengang aufweisen. Hierdurch lässt sich das Design des Gesamtsystems in weiterer vorteilhafter Weise vereinfachen.

20 Falls die Beleuchtungseinrichtung für ein VIS oder IR-Mikroskop oder für ein UV- bzw. ein DUV-Mikroskop eingesetzt werden soll, ist die Lichtquelle in einem Gehäuse angeordnet. Dieses Gehäuse bzw. Lampengehäuse weist hierbei diverse optische Komponenten auf, beispielsweise Justiermittel, einen Reflektor und einen Kollektor. Insoweit weist das das Lampengehäuse
25 verlassende Licht der Lichtquelle üblicherweise einen nahezu kollimierten Strahlverlauf auf. Auch das Reflexionsfiltersystem bzw. die Reflexionsfiltersysteme könnten ebenfalls in einem Gehäuse angeordnet sein. Hierdurch wird insbesondere beim Einsatz der Beleuchtungseinrichtung auf dem Gebiet der Mikroskopie eine dort übliche, modulare Bauweise der
30 einzelnen Komponenten realisiert. Zur Adaption der einzelnen Komponenten am Mikroskop weisen das Lampengehäuse und das Gehäuse des Reflexionsfiltersystems bzw. der Reflexionsfiltersysteme eine mechanische Schnittstelle auf, die vorzugsweise standardisiert ist. Somit können die Gehäuse der Beleuchtungseinrichtung an unterschiedlichen Mikroskopen oder

sonstigen Vorrichtungen – beispielsweise Dia-Projektionsapparate – in einfacher Weise adaptiert werden.

- In einer bevorzugten Ausführungsform verläuft das Licht im Reflexionsfiltersystem und/oder beim Austritt aus dem Reflexionsfiltersystem zumindest weitgehend kollimiert. Auch durch diese Maßnahme ist eine einfache Adaption an den Strahlengang eines Mikroskops oder eines Dia-Projektionsapparats möglich. Hierdurch wird ebenfalls sichergestellt, dass der kollimiert verlaufende Lichtstrahl vor und nach einer Reflexion im Reflexionsfiltersystem ungefähr den gleichen Strahlquerschnitt aufweist, so dass im Fall mehrerer Reflexionen im Reflexionsfiltersystem die optischen Komponenten in ihren räumlichen Ausmaßen auf den gleichen Strahldurchmesser bzw. Strahlquerschnitt ausgerichtet sein müssen.
- In einer besonders bevorzugten Ausführungsform weist das Reflexionsfiltersystem Reflexionsfilter auf, die vorzugsweise als Reflexions-Notch-Filter ausgestaltet sind. Hierbei sind für ein Reflexionsfiltersystem baugleiche Reflexionsfilter vorgesehen, die beispielsweise aus Schwarzs Glas bestehen und auf denen Schichten aufgedampft sind, wobei ein solcher Reflexionsfilter bei der zu selektierenden Wellenlänge einen Reflexionskoeffizient von nahezu 1 aufweist. Für die Halbleiterinspektionsmikroskopie ist insbesondere Licht der „i-Linie“ d.h. UV-Licht der Wellenlänge von 365 nm, sowie „DUV“-Licht, d.h. Licht der Wellenlänge von 248 nm, von Bedeutung. Der Reflexionskoeffizient eines solchen Reflexionsfilters bei allen anderen Wellenlängen ist sehr gering, so dass bei jeder Reflexion an einem Reflexionsfilter das Licht der nicht zu selektierenden Wellenlänge unterdrückt wird. Daher sind in einer konkreten Ausführungsform mindestens vier Reflexionsfilter pro Reflexionsfiltersystem vorgesehen. Nach vier Reflexionen ist das Licht aus Wellenlängenbereichen, die nicht vom Reflexionsfiltersystem selektiert werden, weitgehend unterdrückt, so dass mit der erfindungsgemäßen Beleuchtungseinrichtung in Verbindung mit einem UV- bzw. einem DUV-Mikroskop eine Mikroskop-Abbildung erzielt werden kann, die nahezu frei von Farbfehlern ist.

- In einer alternativen Ausführungsform weist das Reflexionsfiltersystem einen transparenten Baustein auf. Dieser transparente Baustein weist zur internen Reflexion des Lichts mindestens zwei Grenzflächen auf, die mit einer Reflexionsbeschichtung versehen sind. Diese Reflexionsbeschichtungen
- 5 könnten eine Charakteristik aufweisen, die vergleichbar zu der der Reflexions-Notch-Filter ist. Im Hinblick auf eine Mehrfachreflexion im transparenten Baustein sind die Grenzflächen mit Reflexionsbeschichtung gegenüberliegend angeordnet.
- 10 Bei einer bevorzugten Ausführungsform ist die Form des transparenten Bausteins derart ausgebildet, dass die Grenzflächen zumindest nahezu parallel oder geringfügig keilförmig zueinander angeordnet sind. Hierdurch ist im Fall der Mehrfachreflexion ein kollimierter Strahlverlauf im transparenten Baustein dann möglich, wenn das in den Baustein eintretende Licht ebenfalls kollimiert
- 15 verläuft und die Grenzflächen parallel zueinander angeordnet sind. Falls die Grenzflächen geringfügig keilförmig zueinander angeordnet sind, kann durch Mehrfachreflexion im transparenten Baustein der Strahldurchmesser des aus dem Reflexionsfiltersystem austretenden Strahls gegenüber dem Strahldurchmesser des in das Reflexionsfiltersystem eintretenden Lichtstrahls
- 20 verkleinert oder vergrößert werden, so dass hierdurch in vorteilhafter Weise eine Strahlformanpassung ohne weitere optischen Bauteile möglich ist. Hierbei ist der Keilwinkel der Grenzflächen derart zu wählen, dass auch bei Mehrfachreflexionen im transparenten Baustein die Reflexionsbeschichtung der jeweiligen Grenzflächen immer noch Licht der zu selektierenden
- 25 Wellenlänge bzw. des selektierenden Wellenlängenbereichs mit einer hinreichenden Effizienz reflektiert.
- Der transparente Baustein könnte im Wesentlichen aus Glas, Quarzglas, CaF₂ oder aus Plexiglas hergestellt sein. Falls die Beleuchtungseinrichtung
- 30 Licht aus dem UV-Wellenlängenbereich zur Verfügung stellen soll, ist der transparente Baustein im Wesentlichen aus Quarzglas hergestellt.
- Der transparente Baustein weist Eintrittsflächen und Austrittsflächen für das Licht der Lichtquelle auf, die vorzugsweise mit einer Anti-Reflex-Beschichtung
- 35 versehen sind. Hierdurch kann in vorteilhafter Weise der Anteil des an der

Eintrittsfläche bzw. Austrittsfläche reflektierten Lichts weitgehend verringert werden, so dass durch die Anti-Reflex-Beschichtung die Lichtausbeute der Beleuchtungseinrichtung weiter optimiert werden kann.

- 5 Zur Anpassung der Lage des Bilds der Lichtquelle an den Strahlengang eines Mikroskops oder eines optischen Gerätes mit abbildender Optik sind im Strahlengang des Reflexionsfiltersystems oder in dessen Gehäuse Strahlformungsmittel vorgesehen. Hierbei kann es sich beispielsweise um Linsen oder um gekrümmte Reflexionsflächen handeln. Leztendlich kann
- 10 somit bereits vor dem Austritt des vom Reflexionsfilterssystem selektierten Beleuchtungslichts aus der Beleuchtungseinrichtung eine Anpassung an die Erfordernisse des optischen Strahlengangs des nachfolgenden Geräts erfolgen.
- 15 In weiter vorteilhafter Weise sind in der Beleuchtungseinrichtung und insbesondere im Reflexionsfiltersystem passive und/oder aktive Mittel zur Kühlung vorgesehen. Das vom Reflexionsfiltersystem nicht reflektierte Licht wird üblicherweise mit Hilfe von Lichtfallen absorbiert, wobei das absorbierte Licht in Wärme umgesetzt wird. Damit die in der Strahlfalle erzeugte Wärme nicht
- 20 zu einer unerwünschten Ausdehnung der übrigen optischen Komponenten bzw. zu thermischen Schäden führt, was leztendlich zu einem instabilen optischen Strahlengang bzw. zu einer instabilen Beleuchtungssituation führen könnte, führen die vorgesehenen Mittel die Wärme aktiv oder passiv an die Umgebung ab. Bei den passiven Mitteln zur Kühlung könnte es sich
- 25 beispielsweise um Kühlrippen handeln, die aus dem Gehäuse des Reflexionsfiltersystems herausragen. Die aktiven Mittel zur Kühlung könnten beispielsweise eine Peltier-Kühlung umfassen.

- 30 Da eine Mehrfachreflexion im Reflexionsfiltersystem das Licht des nicht zu selektierenden Wellenlängenbereichs mit steigender Anzahl der Reflexionen effektiver unterdrückt, sind zur Selektion eines möglichst schmalbandigen Beleuchtungswellenlängenbereichs mindestens zwei Reflexionen im Reflexionsfiltersystem vorgesehen.

In einer ganz besonders bevorzugten Ausführungsform ist ein Gesamtsystem vorgesehen, das ein Mikroskop und die erfindungsgemäße Beleuchtungseinrichtung aufweist. Dieses Mikroskop könnte ein UV-Mikroskop, ein DUV-Mikroskop, ein Raster-Mikroskop, ein konfokales, ein doppelkonfokales Raster-Mikroskop, ein Fluoreszenzmikroskop sein, insbesondere könnte es sich bei dem Gesamtsystem um ein Halbleiterinspektions- und/oder Halbleitermessmikroskop handeln.

Es gibt nun verschiedene Möglichkeiten, die Lehre der vorliegenden Erfindung in vorteilhafter Weise auszugestalten und weiterzubilden. Dazu ist einerseits auf die dem Patentanspruch 1 nachgeordneten Patentansprüche und andererseits auf die nachfolgende Erläuterung der bevorzugten Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung zu verweisen. In Verbindung mit der Erläuterung der bevorzugten Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung werden auch im Allgemeinen bevorzugte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Lehre erläutert. In der Zeichnung zeigen

- | | | |
|----|--------|--|
| 20 | Fig. 1 | eine schematische Darstellung einer aus dem Stand der Technik bekannten Beleuchtungseinrichtung, die an ein DUV-Mikroskop adaptiert ist; |
| 25 | Fig.2 | in einer dreidimensionalen Ansicht ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Beleuchtungseinrichtung, die an ein DUV-Mikroskop adaptiert ist; |
| | Fig. 3 | in einer schematischen Darstellung den optischen Strahlengang eines Reflexionsfiltersystems; |
| 30 | Fig. 4 | in einer schematischen Darstellung den optischen Strahlengang eines weiteren Reflexionsfiltersystems; |

- Fig. 5 in einer dreidimensionalen Detailansicht eine konkrete Ausführungsform eines Gehäuses, das zwei Reflexionsfiltersysteme aufnimmt;
- 5 Fig. 6 das aus Fig. 5 gezeigte Gehäuse in einem anderen Schaltzustand und
- Fig. 7 in einer schematischen Darstellung ein weiteres Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Reflexionsfilter-
- 10 systems;

Fig. 1 zeigt in einer schematischen Darstellung eine Beleuchtungseinrichtung 1 in Verbindung mit einem DUV-Mikroskop 2, wie es aus dem Stand der Technik bekannt ist. Die Beleuchtungseinrichtung 1 weist eine Lichtquelle 3 und ein

15 Reflexionsfiltersystem 4 auf. Der Strahl 5 des Lichts der Lichtquelle 3 durchläuft im Reflexionsfiltersystem 4 mehrere Reflexionen. Der Reflexionswinkel bei jeder Reflexion im Reflexionsfiltersystem ist hierbei gleich. Das DUV-Mikroskop 2 weist einen Detektor 6 auf, der als TV-Kamera ausgeführt ist. Der Beleuchtungslichtstrahl wird vom Detektionslichtstrahl durch den Strahlteiler 7

20 getrennt. Das auf dem Mikroskoptisch 8 angeordnete Objekt 9 wird vom Objektiv 10 auf den Detektor 6 abgebildet.

Fig. 2 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Beleuchtungseinrichtung 1, die an ein als DUV-Mikroskop 2 ausgeführtes Halbleiterinspektionsmikroskop adaptiert ist. Diese Beleuchtungseinrichtung 1 weist eine Lichtquelle und ein Reflexionsfiltersystem auf, wobei der Strahlengang des Reflexionsfiltersystems in Fig. 3 näher gezeigt ist.

25

Erfindungsgemäß ist das Reflexionsfiltersystem 4 der Beleuchtungseinrichtung 1 derart ausgeführt, dass der Eintrittsstrahl 11 zum Austrittsstrahl 12 einen optischen Strahlversatz 13 aufweist. Hierbei ist der Eintrittsstrahl 11 des Reflexionsfiltersystems 4 der in Fig. 3 nicht gezeigten Lichtquelle 3 zugeordnet. Nach Durchlaufen des Reflexionsfiltersystems 4 tritt das selektierte Beleuchtungslicht in Form des Austrittsstrahls 12 aus dem

30

Reflexionsfiltersystem 4 aus und in das – ebenfalls in Fig. 3 nicht gezeigte – DUV-Mikroskop 2 ein.

5 Mit dem Reflexionsfiltersystem 4 aus Fig. 3 kann Licht des Wellenlängenbereichs von $365\text{ nm} \pm 8\text{ nm}$ (i-Linie) selektiert werden. Mit dem in Fig. 4 gezeigten Reflexionsfiltersystem 14 wird DUV-Licht des Wellenlängenbereichs $248\text{ nm} \pm 7\text{ nm}$ selektiert.

10 Sowohl das Reflexionsfiltersystem 4 aus Fig. 3 als auch das Reflexionsfiltersystem 14 aus Fig. 4 sind beide in dem in Fig. 2 gezeigten DUV-Mikroskop 2 implementiert. Die beiden Reflexionsfiltersysteme sind hierbei motorisch in dem Gehäuse 15 umschaltbar angeordnet. Hierbei wird entweder das zur Selektion der i-Linie vorgesehene Reflexionsfiltersystem 4 oder das zur Selektion der 248 nm-Linie vorgesehene Reflexionsfiltersystem 14 als Ganzes
15 alternativ in den optischen Strahlengang eingebracht.

Die Fig. 5 und 6 zeigen in einer dreidimensionalen Detailansicht das Innere des in Fig. 2 gezeigten Gehäuses 15. Hierbei ist in Fig. 5 das Reflexionsfiltersystem 4 aus Fig. 3 in den Beleuchtungsstrahlengang
20 eingebracht. Die in Fig. 6 gezeigte Darstellung zeigt das Gehäuse 15 aus Fig. 5 in einer Betriebsstellung, in der das Reflexionsfiltersystem 14 aus Fig. 4 im Beleuchtungsstrahlengang eingebracht ist. Beide Reflexionsfiltersysteme 4, 14 aus Fig. 5 und 6 sind auf einer Platte 16 adaptiert. Die Platte 16 ist um eine Drehachse 17 drehbar gelagert und kann vom Motor 18 gedreht werden.
25 Hierbei sind zwei Drehstellungen der Platte 16 vorgesehen, nämlich eine Stellung bei 0° , die in Fig. 5 gezeigt ist, und die andere Stellung bei 180° , die in Fig. 6 gezeigt ist. Durch diese platzsparende, kompakte und stabile Bauweise kann mit nur einer Lichtquelle 3 entweder Licht der Wellenlänge 248 nm oder Licht der Wellenlänge 365 nm selektiert bzw. dem Mikroskop als
30 Beleuchtungslicht zur Verfügung gestellt werden. Hierbei ist besonders hervorzuheben, dass durch die in sich gefaltete Strahlführung im Reflexionsfiltersystem 4, 14 die platzsparende Bauweise weiter begünstigt ist.

Fig. 2 ist entnehmbar, dass Lichtquelle 3 im Gehäuse 19 angeordnet ist, weitere Lichtquellen – für den visuellen Hellfeld und den Weißlicht-Konfokal-Modus – sind in den beiden anderen Gehäusen 20 angeordnet.

- 5 In den Fig. 3 und 4 ist die mechanische Schnittstelle 21 des Reflexionsfiltersystemgehäuses angedeutet, die ebenfalls in den Fig. 5 und 6 gezeigt sind. Sowohl die mechanische Schnittstelle für die Adaption an das Mikroskop 2 als auch für die Adaption an das Lampengehäuse 19 ist standardisiert, entspricht den in der Mikroskopie üblichen Abmessungen und
10 Wirkungsweisen.

- Den Fig. 3 und 4 ist entnehmbar, dass sowohl das Licht im Reflexionsfiltersystem 4, 14 als auch das Licht beim Ein- und Austritt in bzw. aus dem Reflexionsfiltersystem 4, 14 zumindest weitgehend kollimiert verläuft.
15 Die Reflexionsfiltersysteme 4, 14 weisen jeweils vier Reflexionsfilter 22 auf, die als Reflexions-Notch-Filter ausgestaltet sind. Demgemäß reflektieren die Reflexionsfilter 22 aus Fig. 3 Licht der Wellenlänge 365 nm, die in Fig. 4 gezeigten Reflexionsfilter 22 reflektieren Licht der Wellenlänge 248 nm.

- 20 Fig. 7 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Reflexionsfiltersystems 4, bei dem ein transparenter Baustein 23 zum Einsatz kommt. Auch bei diesem Reflexionsfiltersystem 4 ist zwischen dem Eintrittsstrahl 11 und dem Austrittsstrahl 12 ein optischer Strahlversatz 13 realisiert. Der transparente Baustein 23 weist zwei Grenzflächen 24 auf, die mit einer Reflexionsbeschichtung 25
25 versehen sind. Die Form des transparenten Bausteins 23 ist derart gewählt, dass die beiden Grenzflächen 24 parallel zueinander angeordnet sind. Der transparente Baustein 23 ist aus Quarzglas hergestellt. Licht der in Fig. 7 nicht gezeigten Lichtquelle 3 tritt an der Eintrittsfläche 26 des transparenten Bausteins 23 in diesen ein. Nach insgesamt sechs Reflexionen in dem transparenten Baustein 23 tritt das nunmehr hinsichtlich des Beleuchtungswellenlängenbereichs selektierten Lichts bei der Austrittsfläche 27 aus dem transparenten Baustein 23 aus. Die Eintrittsfläche 26 sowie die Austrittsfläche 27 sind mit einer Anti-Reflex-Beschichtung versehen, und zwar dahingehend, dass
30 möglichst wenig des zu selektierenden Lichts an der Eintrittsfläche 26 reflektiert wird, d.h. nicht in den transparenten Baustein 23 eintritt. Auch die Anti-
35

Reflex-Beschichtung der Austrittsfläche 27 ist derart ausgeführt, dass möglichst wenig Nutzlicht intern, d.h. im transparenten Baustein 23, reflektiert wird. Hierdurch wird der Verlust des Nutzlichts aufgrund von unbeabsichtigten Reflexionen minimiert.

5

Im Strahlengang des in Fig. 3 gezeigten Reflexionsfiltersystems 4 sind Strahlformungsmittel 28 und 29 vorgesehen. Bei den Strahlformungsmitteln 28 und 29 handelt es sich einerseits um eine Sammellinse und andererseits um eine Zerstreuungslinse. Hierdurch wird die Lage des Bildes der Lichtquelle 3
10 an die Position gebracht, die das Reflexionsfiltersystem 14 in Verbindung mit der Lichtquelle 3 hat.

In den Reflexionsfiltersystemen 4, 14 aus den Fig. 3 und 4 ist jeweils ein Mittel zur Kühlung 30 vorgesehen. Dieses Mittel zur Kühlung 30 ist hinter dem
15 ersten Reflexionsfilter 22 angeordnet, der das Licht der Lichtquelle zum ersten Mal reflektiert. Das Mittel zur Kühlung 30 ist passiv ausgeführt und dient als Strahlfalle für das Licht, das nicht von diesem Reflexionsfilter 22 reflektiert wird.

20 Insgesamt sind an den vier Reflexionsfiltern 22 der Reflexionsfiltersysteme 4, 14 aus den Fig. 3 und 4 vier Reflexionen vorgesehen.

Abschließend sei ganz besonders darauf hingewiesen, dass die voranstehend erörterten Ausführungsbeispiele lediglich zur Beschreibung der beanspruchten
25 Lehre dienen, diese jedoch nicht auf die Ausführungsbeispiele einschränken.

Bezugszeichenliste

- 1 Beleuchtungseinrichtung
- 2 DUV-Mikroskop
- 3 Lichtquelle
- 4 Reflexionsfiltersystem
- 5 Strahl des Lichts von (3)
- 6 Detektor
- 7 Strahlleiter
- 8 Mikroskoptisch
- 9 Objekt
- 10 Objektiv
- 11 Eintrittsstrahl
- 12 Austrittsstrahl
- 13 optischer Strahlversatz
- 14 weiteres Reflexionssystem
- 15 Gehäuse von (4), (14)
- 16 Platte
- 17 Drehachse
- 18 Motor
- 19 Gehäuse von (3)
- 20 Gehäuse von weiteren Lichtquellen

- 21 mechanische Schnittstelle
- 22 Reflexionsfilter
- 23 transparenter Baustein
- 24 Grenzfläche
- 25 Reflexionsbeschichtung
- 26 Eintrittsfläche
- 27 Austrittsfläche
- 28 Strahlformungsmittel
- 29 Strahlformungsmittel
- 30 Mittel zur Kühlung

Patentansprüche

1. Beleuchtungseinrichtung (1), vorzugsweise für ein Mikroskop, insbesondere für ein UV-Mikroskop (2), mit einer Lichtquelle (3) und mit einem Reflexionsfiltersystem (4, 14), wobei der Strahl (5) des Lichts der
5 Lichtquelle (3) mehrere Reflexionen in dem Reflexionsfiltersystem (4, 14) durchläuft,
dadurch gekennzeichnet, dass der Eintrittsstrahl (11) des Reflexionsfiltersystems (4, 14) zu dessen Austrittsstrahl (12) einen optischen Strahlversatz (13) und/oder eine Richtungsänderung aufweist.
- 10 2. Beleuchtungseinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Reflexionswinkel bei jeder Reflexion in dem Reflexionsfiltersystem (4, 14) zumindest nahezu gleich ist.
3. Beleuchtungseinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass zur Selektion einer anderen Wellenlänge des Lichts der
15 Lichtquelle (3) ein weiteres Reflexionsfiltersystem (4, 14) vorgesehen ist, das zum ersten Reflexionsfiltersystem (4, 14) umschaltbar angeordnet ist.
4. Beleuchtungseinrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass eine mechanische und/oder eine motorische Umschaltung vorgesehen ist.
5. Beleuchtungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch
20 gekennzeichnet, dass die Lichtquelle (3) in einem Gehäuse (19) angeordnet ist.
6. Beleuchtungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Reflexionsfiltersystem (4, 14) bzw. die

Reflexionsfiltersysteme (4, 14) in einem Gehäuse (15) angeordnet ist bzw. sind.

7. Beleuchtungseinrichtung nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Gehäuse (15, 19, 20) eine mechanische Schnittstelle (21) aufweist, die vorzugsweise standardisiert ist.
8. Beleuchtungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Licht im Reflexionsfiltersystem (4, 14) und/oder beim Austritt aus dem Reflexionsfiltersystem (4, 14) zumindest weitgehend kollimiert verläuft.
9. Beleuchtungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Reflexionsfiltersystem (4, 14) Reflexionsfilter (22) aufweist, die vorzugsweise als Reflexions-Notch-Filter ausgestaltet sind.
10. Beleuchtungseinrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass ein Reflexionsfiltersystem (4, 14) mindestens zwei Reflexionsfilter (22) aufweist.
11. Beleuchtungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Reflexionsfiltersystem (4) einen transparenten Baustein (23) aufweist, bei dem zur Reflexion des Lichts im transparenten Baustein (23) mindestens zwei Grenzflächen (24) eine Reflexionsbeschichtung (25) aufweisen.
12. Beleuchtungseinrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Grenzflächen (24) gegenüberliegend angeordnet sind.
13. Beleuchtungseinrichtung nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Form des transparenten Bausteins (23) derart ausgebildet ist, dass die Grenzflächen (24) zumindest nahezu parallel oder geringfügig keilförmig zueinander angeordnet sind.

14. Beleuchtungseinrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass der transparente Baustein (23) im Wesentlichen aus Glas, Quarzglas, CaF₂, Plexiglas oder dergleichen hergestellt ist.
- 5 15. Beleuchtungseinrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass der transparente Baustein (23) Eintrittsflächen (26) und Austrittsflächen (27) für das Licht der Lichtquelle (3) aufweist, die vorzugsweise mit einer Anit-Reflex-Beschichtung versehen sind.
- 10 16. Beleuchtungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass im Strahlengang des Reflexionsfiltersystems (4, 14) oder in dessen Gehäuse (15) Strahlformungsmittel (28, 29) vorgesehen sind, beispielsweise in Form von Linsen.
17. Beleuchtungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass im Reflexionsfiltersystem (4, 14) passive und/oder aktive Mittel zur Kühlung (30) vorgesehen sind.
- 15 18. Beleuchtungseinrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens zwei Reflexionen im Reflexionsfiltersystem (4, 14) vorgesehen sind.
- 20 19. Mikroskop, insbesondere Halbleiterinspektions- oder Halbleitermessmikroskop, gekennzeichnet durch eine Beleuchtungseinrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 18.

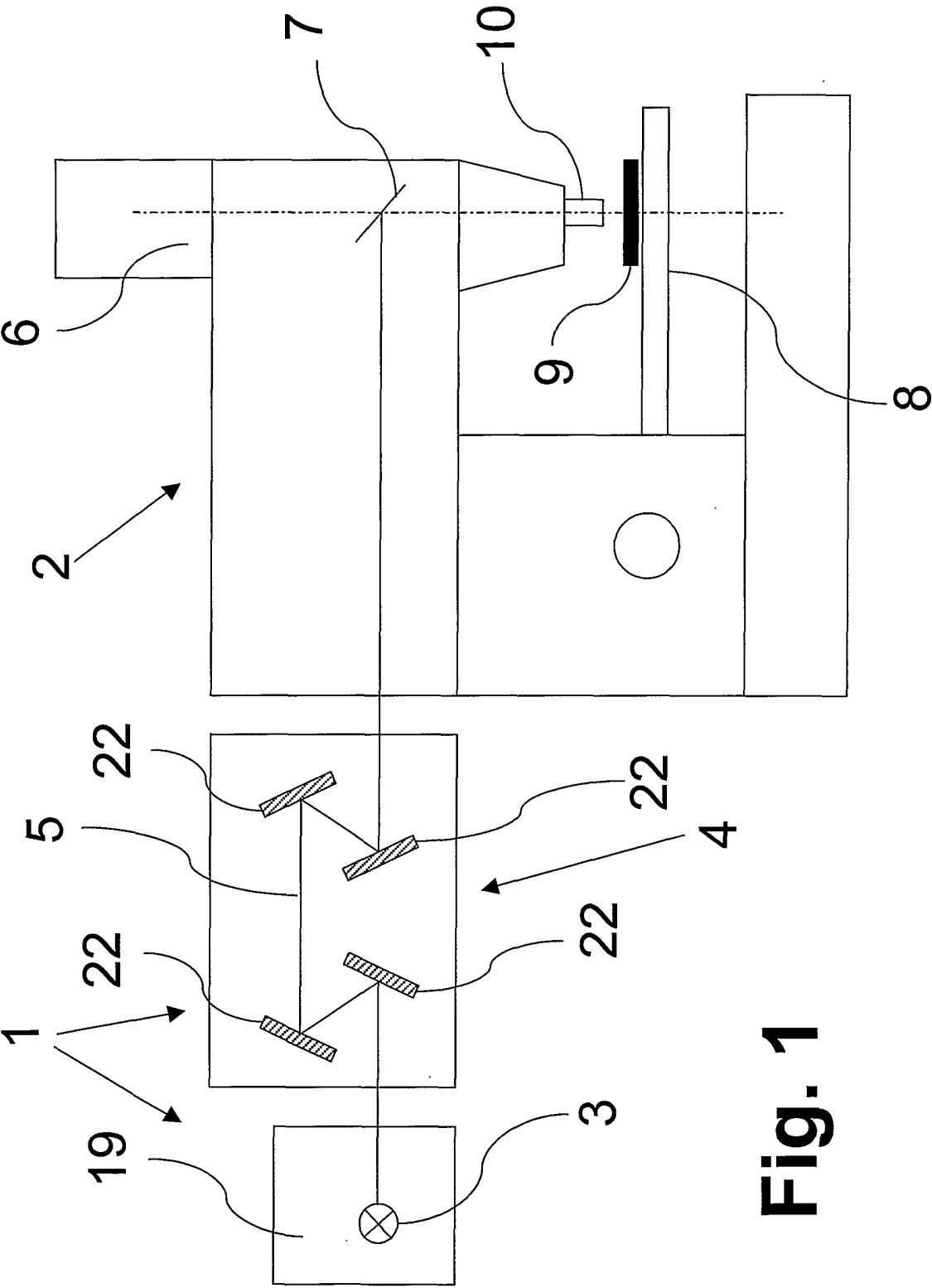
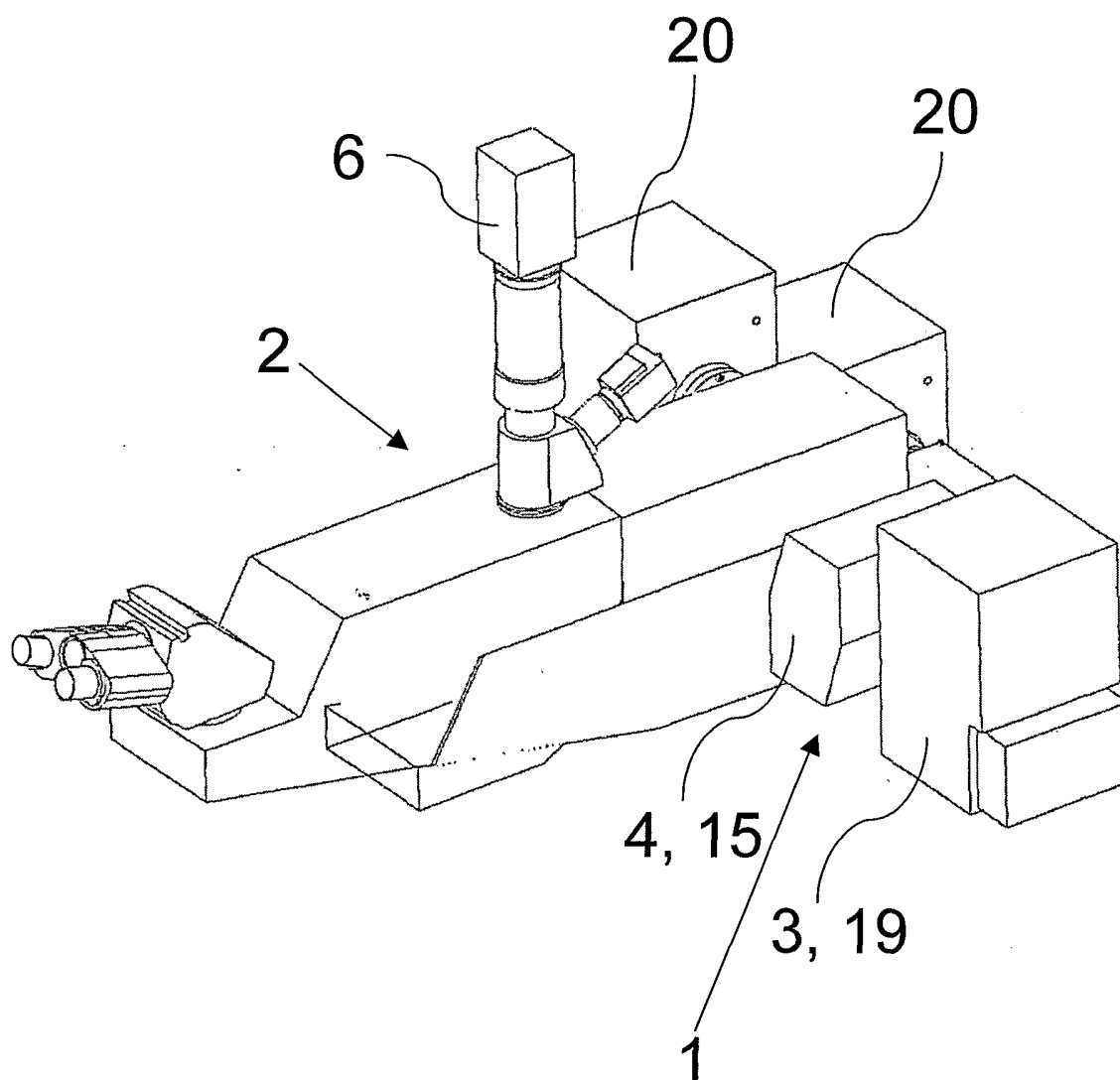


Fig. 1

**Fig. 2**

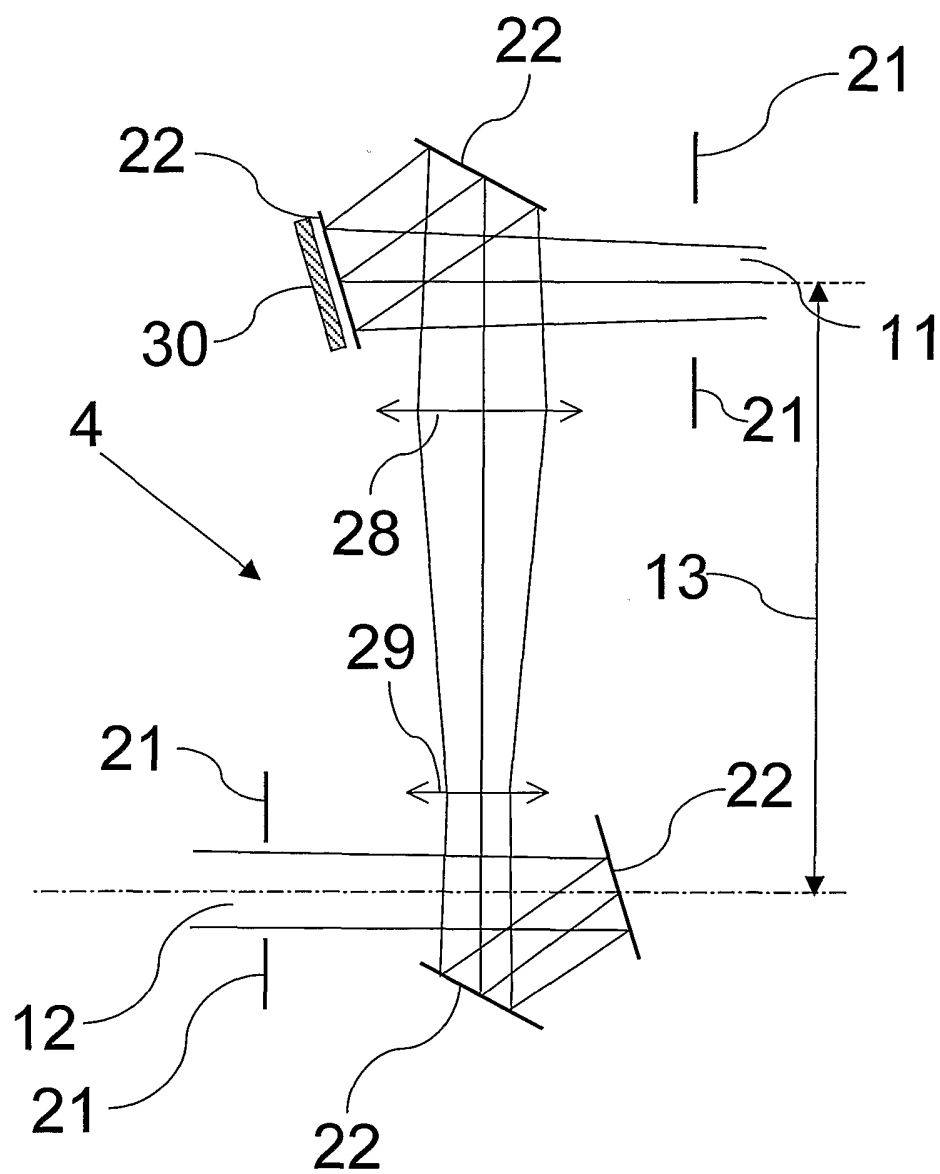


Fig. 3

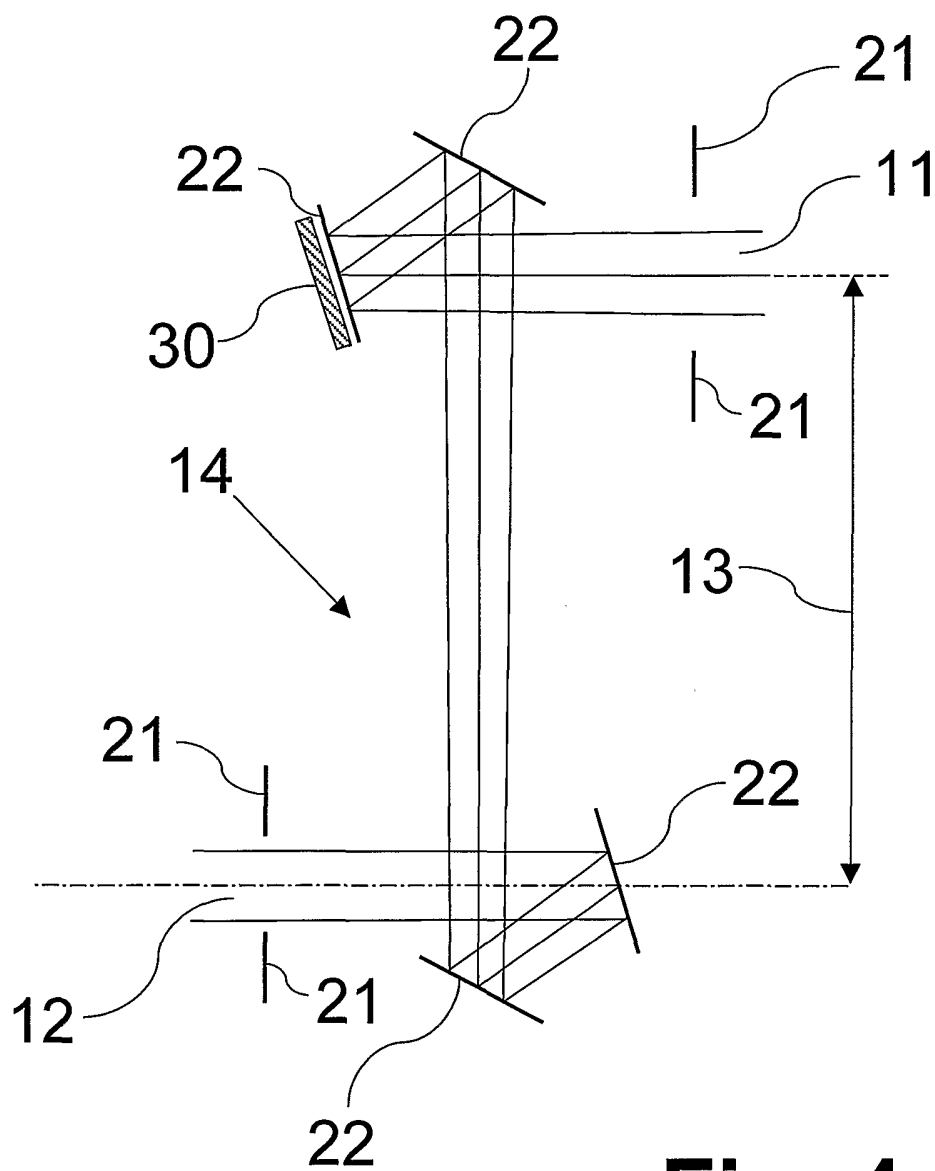
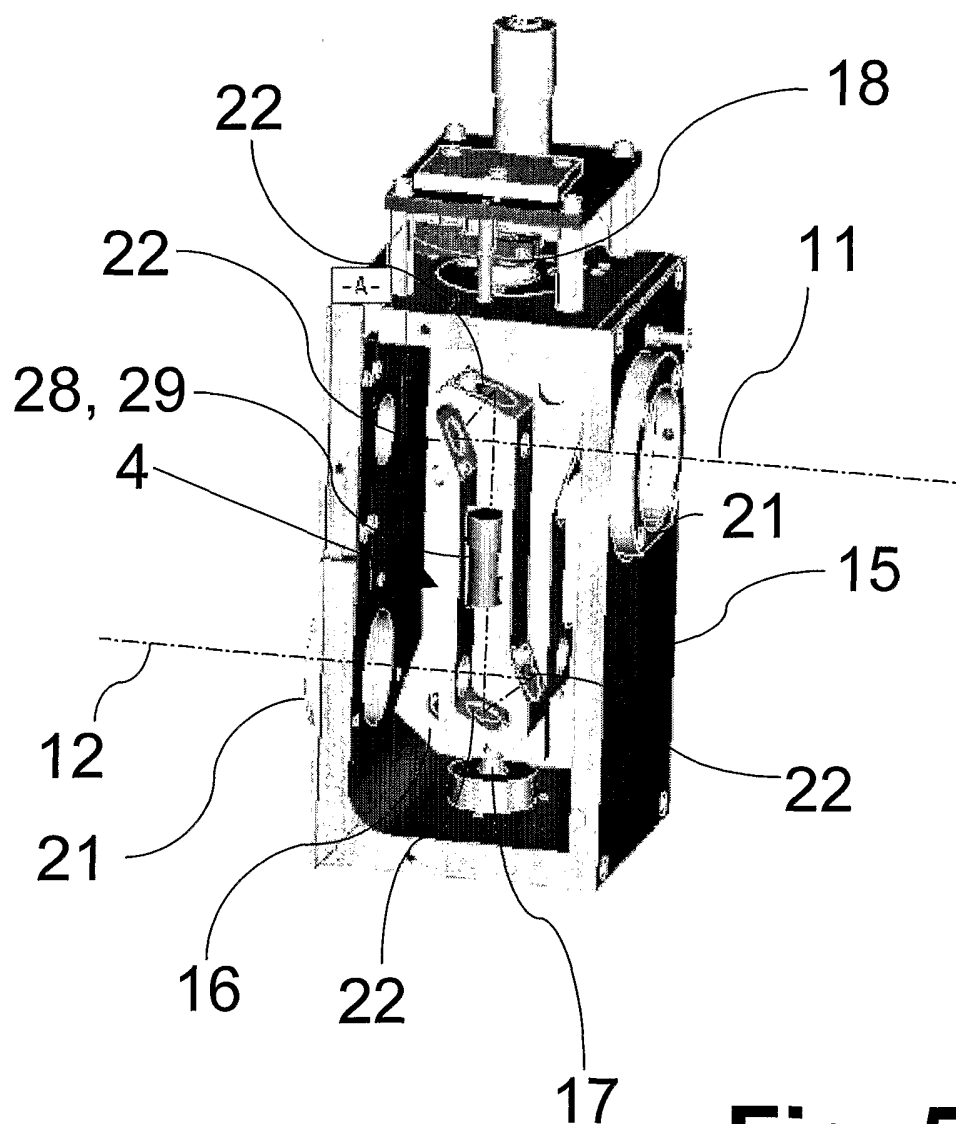


Fig. 4

**Fig. 5**

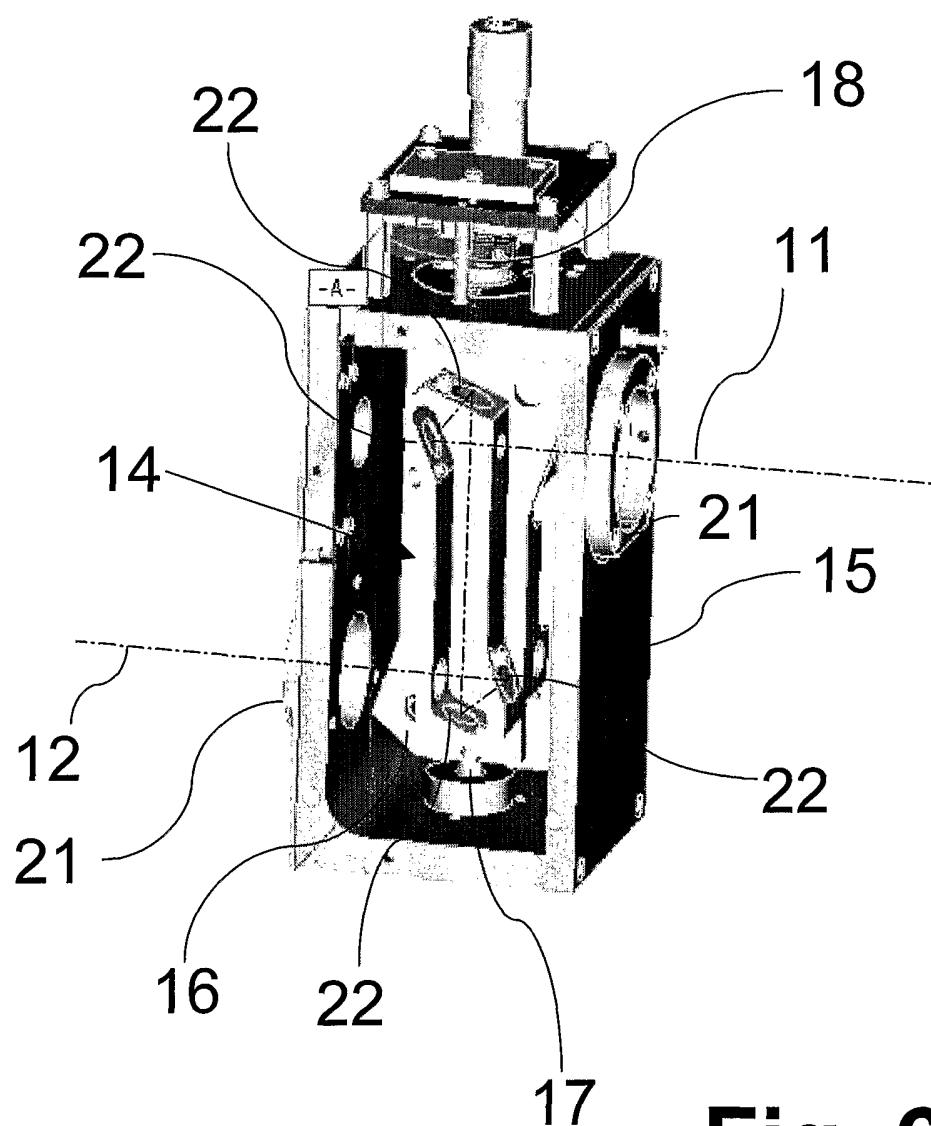
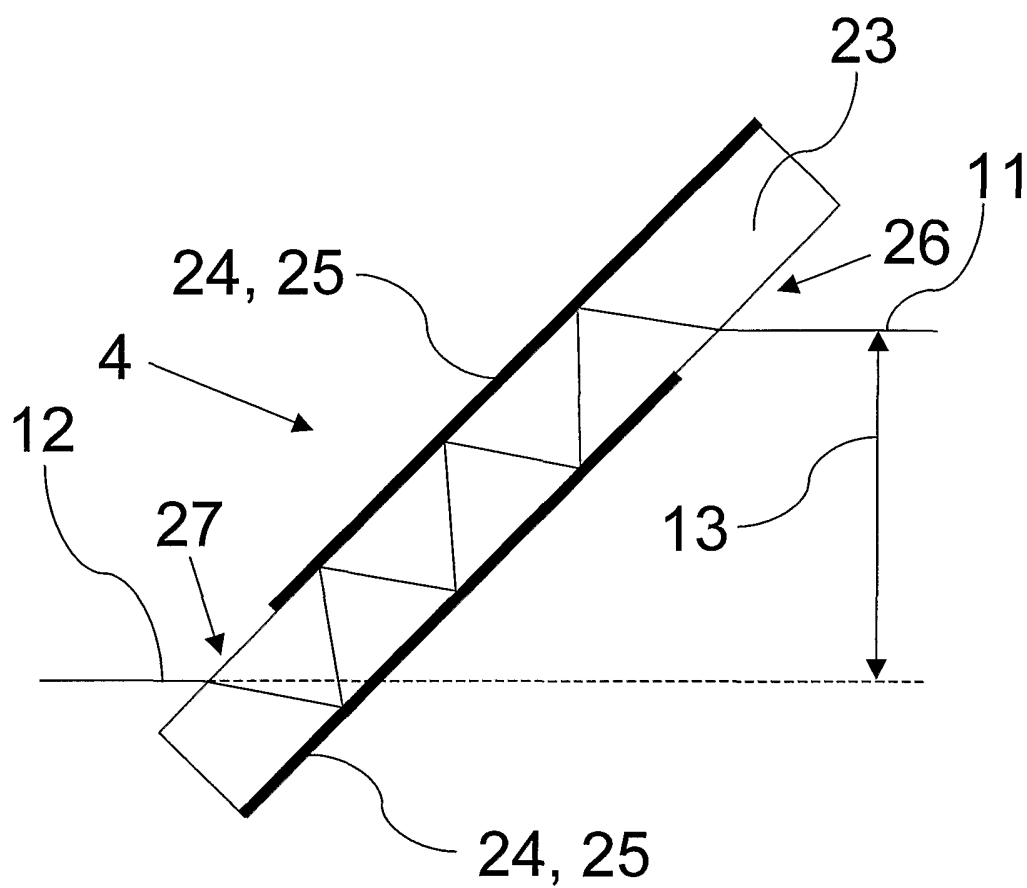


Fig. 6

**Fig. 7**