



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 20 2010 002 552 U1** 2010.07.08

(12)

Gebrauchsmusterschrift

(21) Aktenzeichen: **20 2010 002 552.4**

(51) Int Cl.⁸: **G02B 5/28** (2006.01)

(22) Anmeldetag: **16.02.2010**

(47) Eintragungstag: **02.06.2010**

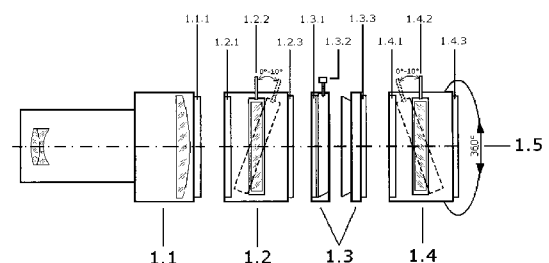
(43) Bekanntmachung im Patentblatt: **08.07.2010**

(73) Name und Wohnsitz des Inhabers:
Smie, Oliver, 12049 Berlin, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Interferenzfilter-System mit extrem kleiner Halbwertsbreite**

(57) Hauptanspruch: Optomechanische Vorrichtung, dadurch gekennzeichnet, dass die erfindungsgemäße Vorrichtung hauptsächlich als Zubehörbaugruppe an Teleskopen einsetzbar ist und aus zwei extrem schmalbandigen Interferenzfiltern mit einer Halbwertsbreite (HWB) kleiner 0,15 nm besteht, die jeder für sich in einer Kippvorrichtung eingebaut sind und mit variabel einstellbaren Neigungswinkeln von 0° bis 10° zur optischen Achse kippbar, gelagert sind und verdreh- und verschraubbar miteinander verbunden, in der optischen Achse hintereinander eingesetzt, die gesamte Halbwertsbreite beider Filter durch Überlagerung der jeweils beiden Filter-Transmissionsbereiche, auf kleiner 0,08 nm HWB reduzieren. (Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3, und Fig. 4).



Beschreibung

[0001] Die Erfindung beschreibt, dass in zwei mechanische Kippvorrichtungen, mit jeweils variabel einstellbarem Neigungswinkel eingesetzte optische Schmalband-Interferenzfilter, welche hintereinander verbunden im Strahlengang montiert ([Fig. 1](#)), die Filter-Halbwertsbreite (HWB) insgesamt durch Überlagerung der jeweils beiden Filtertransmissionsbereiche reduzieren ([Fig. 4](#)).

[0002] Die reduzierte gesamte Filter-Halbwertsbreite kann mit der erfindungsgemäßen optomechanischen Vorrichtung exakt auf eine einzelne fraunhoferische Spektrallinie justiert werden, ohne dass die beiden Interferenzfilter ihren Transmissionsbereich selbst exakt auf der beobachteten Spektrallinie haben müssen. Mit dieser Erfindung kann die astronomische Sonnenbeobachtung in einem extrem kleinem Bereich des Lichtspektrums ($< 0,1$ nm Wellenlänge) visuell und fotografisch mit hohem Kontrast durchgeführt werden.

[0003] Die erfindungsgemäße optomechanische Vorrichtung ist anhand eines vorteilhaften Ausführungsbeispiel der Sonnenbeobachtung, mittels eines Teleskops und mit einem das konvergierende Strahlenbündel parallelisierende telezentrische Barlow-Element ([Fig. 1](#) u. [Fig. 3](#)), in der H-Alpha-Spektrallinie (Wasserstoff-Emissionslinie bei λ 656,28 nm), welche eine Linienbreite von ca. 0,1 nm hat, beschrieben und dargestellt.

[0004] Aufgabe und Zweck der Erfindung ist eine einfache, günstig herstellbare und haltbare optomechanische Vorrichtung als Zubehörsbaugruppe für Teleskope, die dem Anwender die Möglichkeit bietet, zwei hintereinander eingesetzte optische Schmalband-Interferenzfilter, zur optischen Achse variabel zu neigen und zu drehen, um die gesamte Halbwertsbreite beider Filter zusammen, zu reduzieren und den dadurch gewonnenen engeren Transmissionsbereich exakt auf eine Spektrallinie einzustellen. ([Fig. 1](#), [Fig. 2](#) u. [Fig. 4](#))

[0005] Gleichzeitig werden über die Filterneigung, Luftdruckdifferenzen, Temperaturdifferenzen und elektrische Potenzialdifferenzen in der Luft, als lokale Gegebenheiten ausgeglichen.

[0006] Durch die getrennte Anordnung von zwei extrem schmalbandigen Interferenzfiltern, kipp- und drehbar hintereinander im Strahlengang des Teleskops, entfällt die Verwendung von sehr aufwändig und kostenintensiv hergestellten Luftspalt-Etalon-Filterssystemen (Patent US06181726, US06215802, US07142573), zuzüglich des notwendigen Schmalbandfilters mit Blockung, um aus dem damit erzeugten Frequenzkamm eine bestimmte Frequenz isoliert zu transmittieren.

[0007] Die in der erfindungsgemäßen optomechanischen Vorrichtung eingebauten Schmalband-Interferenzfilter, sind optische Filter mit einer Halbwertsbreite (HWB) von kleiner 0,15 nm, regelmäßig jedoch mit einer HWB von $< 0,09$ nm $\pm 0,02$ nm, mit einer Transmission von mindestens 5% und höchstens 99%.

[0008] Der überwiegende Einsatzbereich der erfindungsgemäßen optomechanischen Vorrichtung, liegt in der Verwendung zur astronomischen Beobachtung der Sonne. Die im Ausführungsbeispiel angegebene spektrale Linie: H-Alpha (Wasserstoff-Emissionslinie bei 656,28 nm Wellenlänge) hat eine Linienbreite von ca. 0,1 nm und emittiert Licht in einem Kontrast von ca. 1:1.000.000 im Verhältnis zum streuenden Intergrallicht! Die erfindungsgemäße optomechanische Vorrichtung, ermöglicht die isolierte Transmission dieser Spektrallinie mit einer Halbwertsbreite von 0,08 nm zur Beobachtung mit reduziertem, von dem neben der Spektrallinie einstreudenden Streulicht. ([Fig. 4](#))

[0009] Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine einfache und günstig für den Amateurastronomen herstellbare Zubehörsbaugruppe für Teleskope zur astronomischen Sonnenbeobachtung, bestehend aus zwei kipp- und drehbaren Schmalband-Interferenzfiltern, montiert in Verlängerungshülsen mit Standard-Adaptionen zu ermöglichen. ([Fig. 1](#) und [Fig. 2](#))

[0010] Die erfindungsgemäße Aufgabe ist dadurch gelöst, dass die erfindungsgemäße optomechanische Vorrichtung aus zwei im Handel erhältlichen Verlängerungshülsen mit Standard Gewinde- bzw. Steckanschlüssen, wie dem Foto-T2-Gewinde (M42 \times 0,75), oder 2 Zoll (50,8 mm), oder 1,25 Zoll (31,7 mm) besteht. In der ersten Hülse ([1.2](#), und [2.4](#)) der erfindungsgemäßen Vorrichtung, ist ein extrem schmalbandiger Interferenzfilter als Primärfilter ([1.2](#) und [3.2](#)) mit einer HWB $< 0,15$ nm mit integriertem Ultraviolett- und Infrarot-Blockfilter in einer Fassung ([2.2](#), und [2.4](#)) mit Stellhebel ([1.2.2](#) und [2.3](#)) eingebaut, welcher über eine Kippmechanik ([2.1](#), [2.6](#), [2.7](#) und [2.8](#)) mit der Hülse verbunden ist. In der zweiten Hülse ([1.4](#), und [2.4](#)) der erfindungsgemäßen Vorrichtung, ist ein schmalbandiger Interferenzfilter als Sekundärfilter ([1.4](#), [3.3](#)) mit einer HWB $< 0,15$ nm in einer Fassung ([2.2](#), und [2.4](#)) mit Stellhebel ([1.4.2](#), und [2.3](#)) eingebaut, welcher über eine Kippmechanik ([2.1](#), [2.6](#), [2.7](#) und [2.8](#)) mit der Hülse verbunden ist. Beide Hülsen sind über eine Drehmechanik ([1.3](#)) oder ein Schraubgewinde miteinander verbunden.

[0011] Die beiden Hebel an den Filterfassungen gewährleisten eine stufenlose Verstellung des Neigungswinkels von 0° bis 10° zur optischen Achse ([1.2.2](#) und [1.4.2](#)).

[0012] Weiterhin ist zum lösen der erfindungsgemä-

ßen Aufgabe, ein systembedingtes Öffnungsverhältnis von ca. $f30$ (Teleskopbrennweite geteilt durch den Durchmesser der Eingangspupille des Teleskops) erforderlich, um ein weitgehend paralleles Strahlenbündel (3.6) zu erreichen (Fig. 3). Dies wird erreicht (falls erforderlich), indem das erfindungsgemäße optomechanische System um eine vorgeschaltete die Strahlen parallelisierende Optik (telezentrisches Barlow-Element) (1.1 und 3.1) ergänzt wird. (Fig. 1 und Fig. 3).

[0013] Die im Ausführungsbeispiel angegebene Spektrallinie (H-Alpha) von 656,28 Nanometer Wellenlänge mit einer spektralen Breite von ca. 0,1 nm, emittiert Licht mit einem Kontrastverhältnis bis etwa 1:1.000.000. Mit der erfindungsgemäßen optomechanischen Vorrichtung wird ein weitgehend paralleles Strahlenbündel der Sonne, ausgehend vom Zwischenbild der Sonne in der Teleskop-Brennebene auf den primären ersten Interferenzfilter gelenkt. An diesem Filter wird das Licht fast vollständig reflektiert bzw. geblockt, bis auf einen schmalen spektralen Durchlass bei λ 656,28 nm + 3 nm Wellenlänge. Der erste primäre Filter (3.2) wird zwischen 0° und 10° zur optischen Achse (1.5 und 3.5) geneigt, bis sich der Filter-Transmissionbereich von $< 0,15$ nm auf das kurzwellige Ende (4.2) bei λ 656,28 nm verschoben hat. Anschließend wird der zweite sekundäre Filter (3.3) mit einem Durchlassbereich bei λ 656,28 nm + 3 nm gegensätzlich zwischen 0° und 10° zur optischen Achse (1.5 und 3.5) zum ersten Filter geneigt und gegebenenfalls gedreht in Richtung langwelliges Ende (4.3) bei 656,28 nm, solange bis die beobachteten Details auf der Sonne kontrastreich mit dem hinter der erfindungsgemäßen optomechanischen Vorrichtung montierten okularseitigen optischen Zubehör zu sehen sind. Die so erhaltene Halbwertsbreite des Systems ist $\sim 0,08$ nm (Fig. 4, 4.4).

[0014] Die korrekten Neigungswinkel beider Filter werden mit jeweils einer Klemmschraube (Fig. 2, 2.5) fixiert.

[0015] Zur Herstellung der erfindungsgemäßen optomechanischen Vorrichtung können handelsübliche OEM-Bauteile verwendet werden.

[0016] In der erfindungsgemäßen optomechanischen Vorrichtung sind schmalbandige Interferenzfilter mit jeweils gleichen Transmissionsbereichen (± 2 nm) und HWB $< 0,15$ nm in beliebigen solaren Spektrallinien zur Verwendung eingebaut. Wichtig ist, dass die beiden Filter ihren jeweiligen Transmissionsbereich um bis zu 3 nm in Richtung des langwelligen Endes des elektromagnetischen Spektrums verschoben haben, um mittels der Filterneigung den gewünschten Spektralbereich einzustellen.

[0017] Die spektralen Halbwertsbreiten der Schmal-

band-Interferenzfilter werden vom OEM-Hersteller mit Prüfprotokollen dokumentiert.

[0018] Werden die Interferenzfilter im Strahlengang zur optischen Achse (1.5 und 3.5) geneigt, verschiebt sich der Transmissionsverlauf der Filter in Richtung kurzwelliges Ende des Lichtspektrums. Mit der erfindungsgemäßen optomechanischen Vorrichtung wird der Effekt der Verschiebung des Transmissionsverlaufs in Richtung kürzere Wellenlänge des Lichtspektrums genutzt, um mittels der in der erfindungsgemäßen Vorrichtung enthaltenen Dreh- und Kippmechanik, die Spektrallinie und den Kontrast exakt einzustellen. Temperaturdifferenzen, Luftdruckdifferenzen, elektrische Potenzialdifferenzen in der Atmosphäre und unerwünschte Resonanzeffekte, werden mit der Erfindung ausgeglichen.

[0019] Die Wirkungsweise der beiden korrekt geneigten Interferenzfilter ist in (Fig. 4) dargestellt.

[0020] Die Interferenzfilter sind dielektrische optische „Hard-Coating-Filter“, aufgebaut aus dielektrischen Schichten bestimmter Schichtdicken und alternierenden Brechzahlen.

[0021] Die Verlängerungshülsen sind so bemessen, dass Filter mit einem optisch freien Durchmesser bis 30 mm eingebaut werden können, um bis zu einer gesamten System-Brennweite von 3000 mm die Sonne vollständig vignettierungsfrei abzubilden.

Bezugszeichenliste

Teilebezeichnung in Fig. 1

1.1	telezentrisches Barlow-Element
1.1.1	Gewinde M42 × 0,75 T2 aussen
1.2	Kipphülse mit primär Interferenzfilter HWB $< 0,15$ nm + UV Block + IR Block
1.2.1	Gewinde M42 × 0,75 T2 innen
1.2.2	Stellhebel 0° bis 10°
1.2.3	Gewinde M42 × 0,75 T2 aussen
1.3	Ringschwalbenadapter
1.3.1	Gewinde M42 × 0,75 T2 innen
1.3.2	Klemmschraube
1.3.3	Gewinde M42 × 0,75 T2 aussen
1.4	Kipphülse mit sekundär Interferenzfilter HWB $< 0,15$ nm
1.4.1	Gewinde M42 × 0,75 T2 innen
1.4.2	Stellhebel 0° bis 10°
1.4.3	Gewinde M42 × 0,75 T2 aussen
1.5	optische Achse

Teilebezeichnung in Fig. 2

2.1	Welle
2.2	Filterfassung mit optisch freiem Durchmesser < 30 mm
2.3	Stellhebel

- 2.4 Hülse schwarz eloxiert (Aluminium oder Edelstahl) mit Gewindeadaption T2i/a, z. B. M42 × 0,75
- 2.5 Klemmschraube
- 2.6 Welle mit Gewinde
- 2.7 Laufbuchse
- 2.8 Distanzscheibe (Teflon, Keramik...)

Teilebezeichnung in Fig. 3

- 3.1 telezentrisches Barlow-Element
- 3.1.1 Linsenelement mit negativ-Brennweite (negativ-Achromat, Zerstreulinse)
- 3.1.2 Linsenelement mit positiv-Brennweite (positiv-Achromat, Sammellinse)
- 3.2 primär Interferenzfilter, HWB < 0,15 nm, + UV Block + IR Block, gekippt 0° bis 10°
- 3.3 sekundär Interferenzfilter, HWB < 0,15 nm, gekippt 0° bis 10°
- 3.4 Bildebene
- 3.5 optische Achse
- 3.6 Strahlenbündel parallelisiert < 1°

Teilebezeichnung in Fig. 4

- 4.1 Transmission
- 4.2 Transmissionskurve primär IF-Filter
- 4.3 Transmissionskurve sekundär IF-Filter
- 4.4 Transmissionskurve HWB~0,08 nm, erhalten durch Überlagerung
- 4.5 Wellenlänge in Nanometer
- 4.6 H-Alpha Wasserstoff-Emissionslinie

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

- US 06181726 [0006]
- US 06215802 [0006]
- US 07142573 [0006]

Schutzansprüche

1. Optomechanische Vorrichtung, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erfindungsgemäße Vorrichtung hauptsächlich als Zubehörbaugruppe an Teleskopen einsetzbar ist und aus zwei extrem schmalbandigen Interferenzfiltern mit einer Halbwertsbreite (HWB) kleiner 0,15 nm besteht, die jeder für sich in einer Kippvorrichtung eingebaut sind und mit variabel einstellbaren Neigungswinkeln von 0° bis 10° zur optischen Achse kippbar, gelagert sind und verdreh- und verschraubbar miteinander verbunden, in der optischen Achse hintereinander eingesetzt, die gesamte Halbwertsbreite beider Filter durch Überlagerung der jeweils beiden Filter-Transmissionsbereiche, auf kleiner 0,08 nm HWB reduzieren. (Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3, und Fig. 4).

2. Optomechanische Vorrichtung, dadurch gekennzeichnet, dass mit der erfindungsgemäßen optomechanischen Vorrichtung, ein telezentrisches Barlow-Element verbunden ist, in Folge mit zwei extrem schmalbandigen Interferenzfiltern mit einer Halbwertsbreite (HWB) kleiner 0,15 nm, in jeweils einer Kippvorrichtung eingebaut sind und mit jeweils einem variablen Neigungswinkel von 0° bis 10° zur optischen Achse kippbar sind und die dreh- und schraubbar miteinander verbunden sind und hintereinander eingesetzt, die gesamte Halbwertsbreite beider Filter durch Überlagerung der jeweils beiden Filter-Transmissionsbereiche, auf kleiner 0,08 nm HWB reduzieren. (Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3 und Fig. 4)

3. Optomechanische Vorrichtung, nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung zur visuellen und fotografischen Beobachtung im Licht einer einzelnen Spektrallinie mittels der eingebauten optischen Schmalband-Interferenzfilter eine Durchlassbreite (HWB) von kleiner 0,15 nm mit mindestens 5% und maximal 99% Transmission der jeweiligen spektralen Hauptwellenlänge besitzt.

4. Optomechanische Vorrichtung nach Anspruch 1, 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, dass die zur visuellen und fotografischen Beobachtung im Licht einer einzelnen Spektrallinie eingebauten optischen Interferenzfilter in der Ausführung als dielektrische Filter, oder als durchstimmbares oder nicht-durchstimmbares Fabry-Pérot-Interferometer ohne Luftspalt bestehen.

5. Optomechanische Vorrichtung nach Anspruch 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die zur visuellen und fotografischen Beobachtung im Licht einer einzelnen Spektrallinie erfindungsgemäße optomechanische Vorrichtung über gängige Standardanschlüsse, z. B. M42 × 0,75 T2 Innengewinde, 50,8 mm (2 Zoll) Steckhülse und 31,7 mm (1,25 Zoll) Steckhülse, an das jeweilige Teleskop adaptierbar ist.

6. Optomechanische Vorrichtung nach Anspruch 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, das optomechanische System über gängige Standardanschlüsse, z. B. M42 × 0,75 T2 Aussengewinde, 50,8 mm (2 Zoll) Steckanschluss und 31,7 mm (1,25 Zoll) Steckanschluss, zum adaptieren von weiterem fokussseitigen Zubehör verfügt.

7. Optomechanische Vorrichtung nach Anspruch 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass beide Kipphülsen mittels eines Ringschwalbenanschlusses miteinander verbunden sind. (Fig. 1)

8. Optomechanische Vorrichtung nach Anspruch 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass beide Kipphülsen miteinander verschraubt sind.

9. Optomechanische Vorrichtung nach Anspruch 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass an der teleskopseitigen Adaption eine ringförmige Blende zur Begrenzung des Strahlenbündels und an den jeweils beiden Hebeln eine Streulichtblende zum Vermeiden von Streulicht eingebaut ist.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

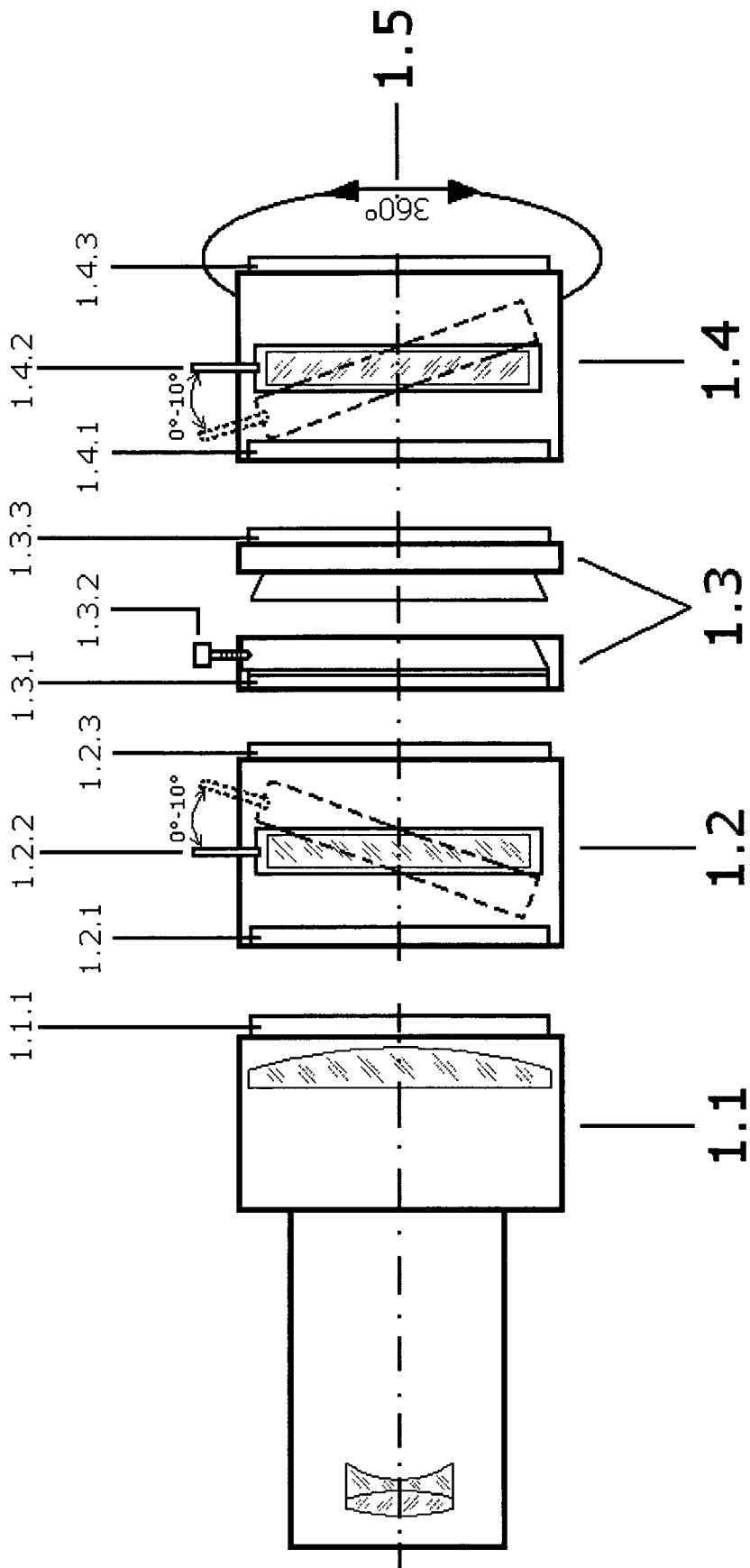


Fig. 1

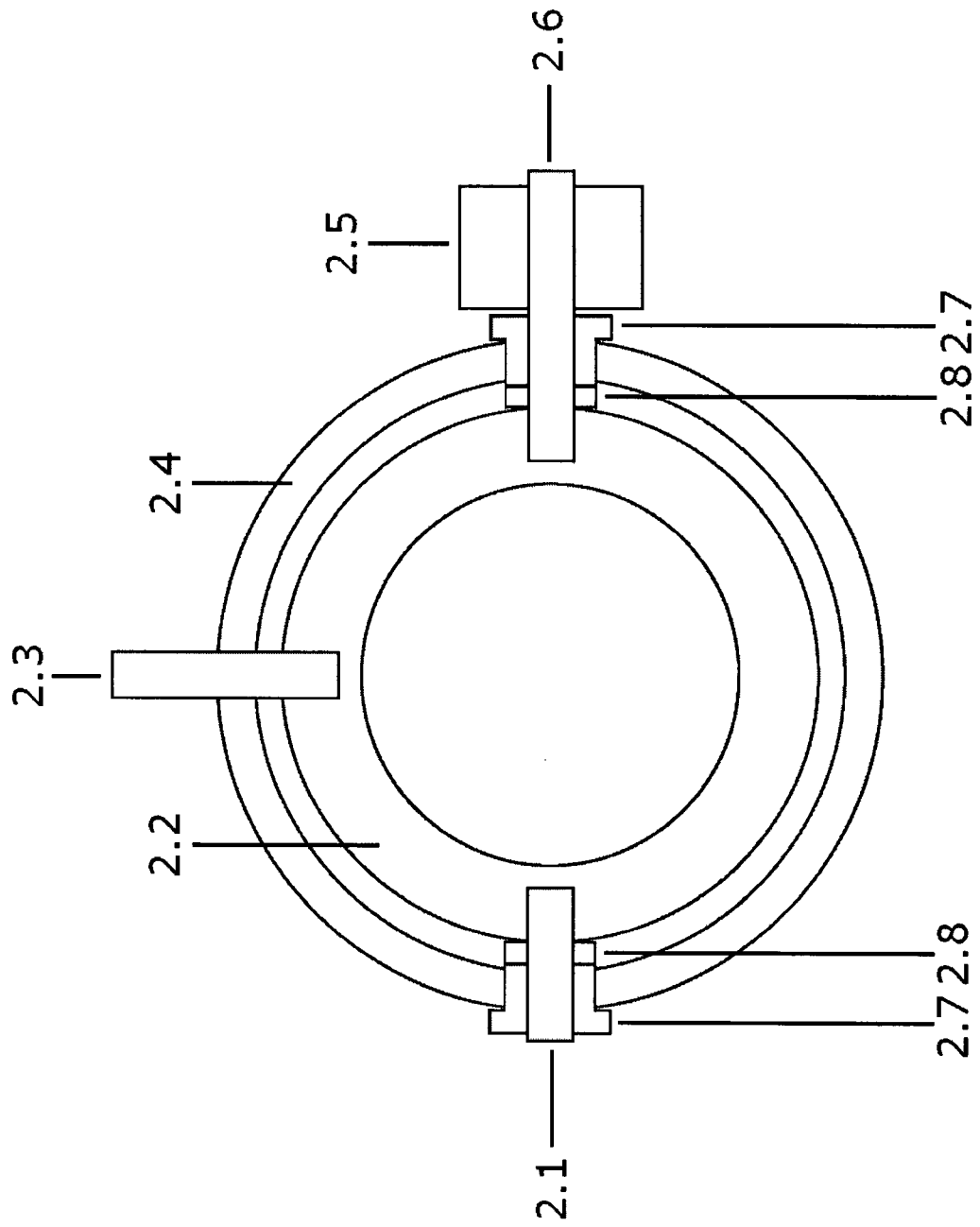


Fig. 2

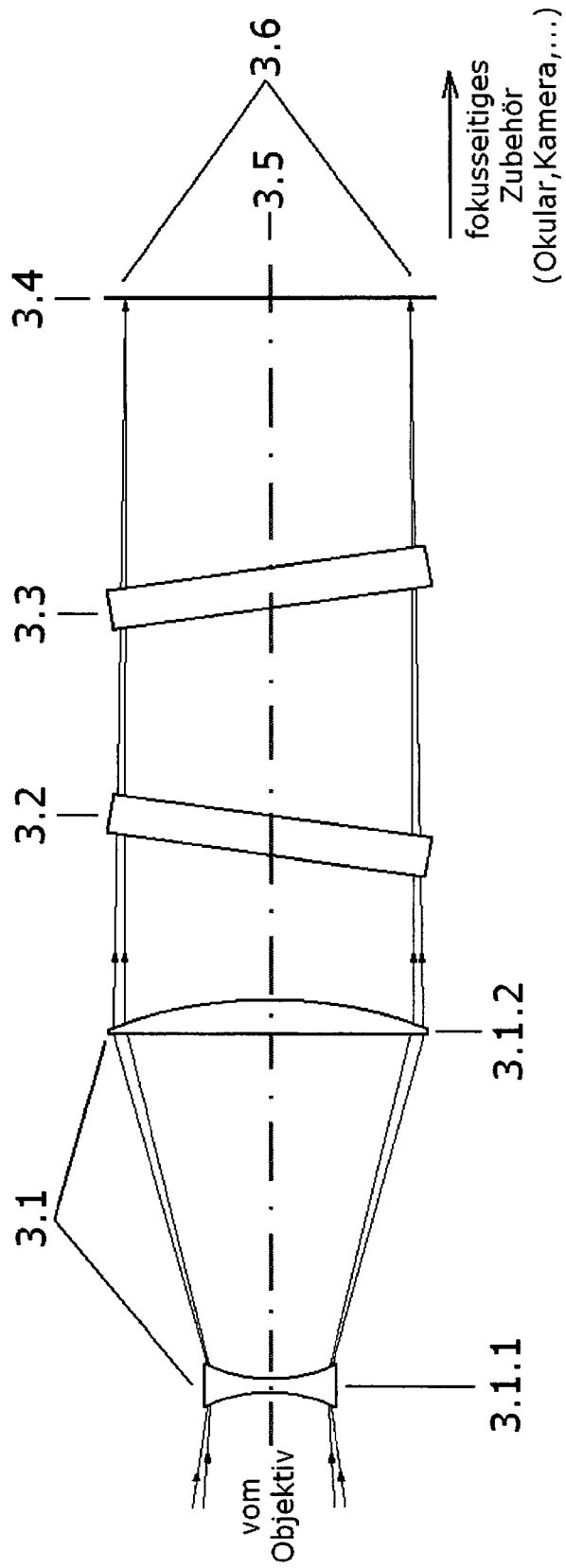


Fig. 3

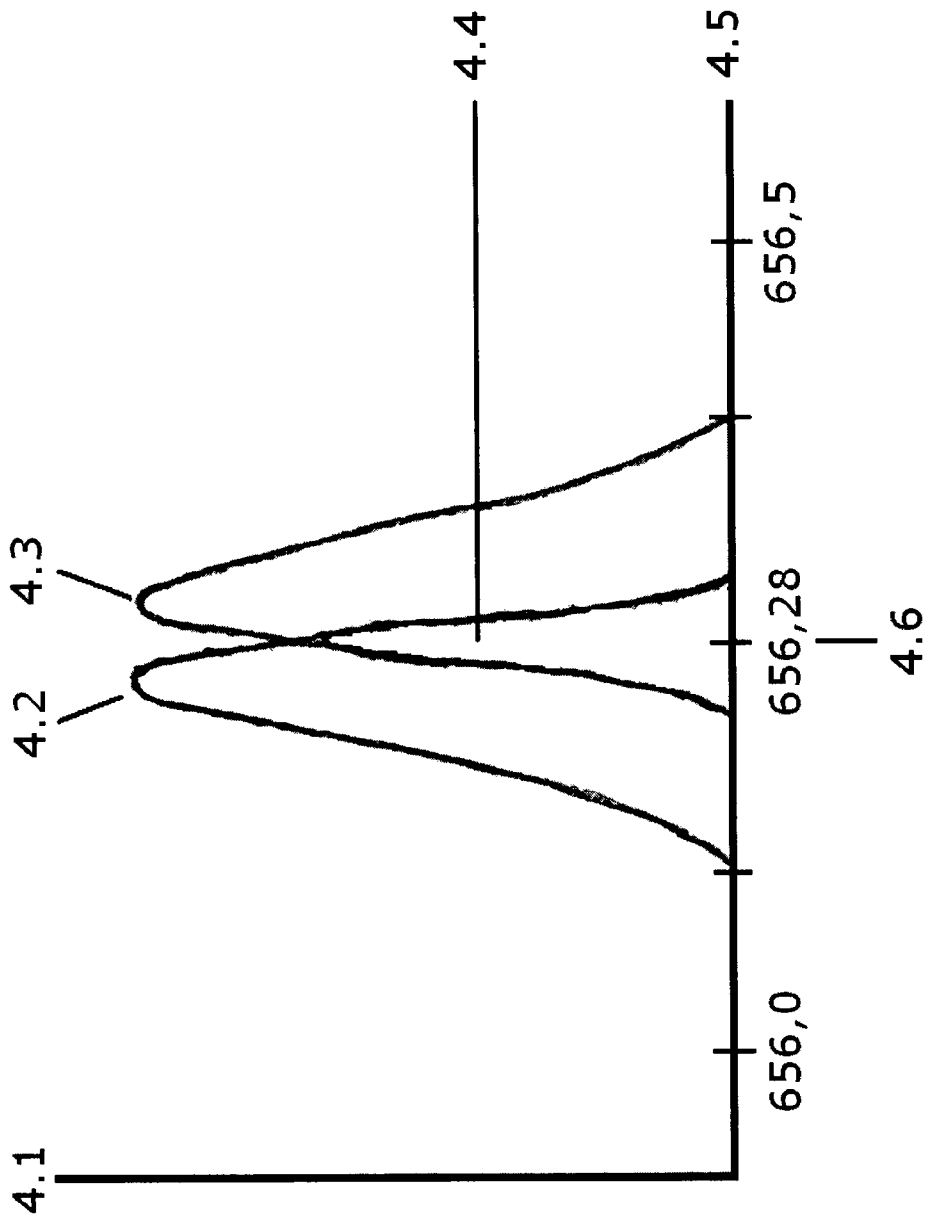


Fig. 4