



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 100 54 372 B4 2007.10.31**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **100 54 372.3**
 (22) Anmeldetag: **30.10.2000**
 (43) Offenlegungstag: **29.05.2002**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **31.10.2007**

(51) Int Cl.⁸: **H04J 14/02 (2006.01)**
G02B 6/32 (2006.01)
G02B 6/293 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:

Infineon Technologies AG, 81669 München, DE

(74) Vertreter:

Maikowski & Ninnemann, Pat.-Anw., 10707 Berlin

(72) Erfinder:

Auracher, Franz, 82065 Baierbrunn, DE; Baumann, Ingo, 85604 Zorneding, DE

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

DD 2 43 123 A1

US 60 78 710 A

US 60 08 920 A

US 59 33 260 A

US 58 12 291 A

US 55 83 683 A

US 53 61 155 A

US 52 87 214 A

US 48 13 756

**NAUMANN; H., SCHRÖDER, G.: Bauelemente der
 Optik:**

Taschenbuch der technischen Optik. München

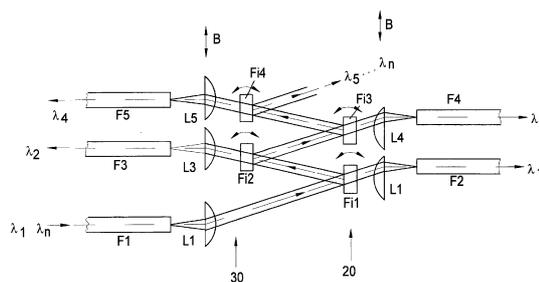
(u.a.):

**Carl Hanser Verlag, 1992, S. 312-315. ISBN: 3-446
 -17036-7.;**

(54) Bezeichnung: **Baugruppe zum Multiplexen und/oder Demultiplexen optischer Signale**

(57) Hauptanspruch: Baugruppe zum Multiplexen und/oder Demultiplexen optischer Signale mit:

- einem ersten optischen Abbildungssystem, das eine Mehrzahl von Lichtstrahlen jeweils eines optischen Kanals in die Baugruppe ein- oder auskoppelt,
- einem zweiten optischen Abbildungssystem, das einen Lichtstrahl einer Mehrzahl optischer Kanäle in die Baugruppe ein- oder auskoppelt,
- mindestens einem wellenlängenselektiven Filter (Fi) zum Multiplexen oder Demultiplexen in die Baugruppe ein- oder ausgekoppelter optischer Signale, wobei Lichtstrahlen unter einem bestimmten Einfallswinkel auf mindestens einen bezüglich dieses Einfallswinkels einstellbaren, wellenlängenselektiven Filter (Fi) treffen und dabei Lichtstrahlen mindestens eines optischen Kanals von den Lichtstrahlen anderer optischer Kanäle getrennt oder mit diesen zusammengeführt werden,
- mindestens einem bezüglich des Einfallswinkels der einfallenden Lichtstrahlen individuell kippbarem optischen Element (S, Fi), mit dem vom wellenlängenselektiven Filter (Fi) reflektierte Lichtstrahlen in Richtung einer Linse (L) eines der optischen Abbildungssysteme oder in Richtung eines weiteren wellenlängenselektiven Filters...



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Baugruppe zum Multiplexen und/oder Demultiplexen optischer Signale nach dem Anspruch 1.

[0002] Zur effektiveren Ausnutzung der Übertragungskapazität von Lichtwellenleitern werden in zunehmenden Maße Wellenlängen-Multiplex/Demultiplex-Techniken eingesetzt. Dabei werden mehrere, voneinander unabhängige optische Signale mit verschiedenen Wellenlängen über einen gemeinsamen Lichtwellenleiter übertragen. Zur Zusammenführung und Trennung dieser Signale beim Empfänger bzw. Sender werden dann Multiplex/Demultiplex-Techniken eingesetzt. Eine Möglichkeit der Trennung bzw. der Zusammenführung optischer Signale verschiedener Wellenlängen liegt in der Verwendung schmalbandiger optischer Bandpassfilter.

[0003] Solche Filter bestehen meist aus dielektrischen Schichtsystemen, die auf geeigneten Träger substraten, in der Regel Glassubstraten, aufgebracht sind. Ihre Transmissions- bzw. Reflexionseigenschaften für einen bestimmten Wellenlängenbereich werden gezielt durch die Wahl der Dicken und Brechzahlen der einzelnen Schichten und ihre Anordnung eingestellt.

[0004] Die Reflektivität bzw. Transmissivität optischer Bandpassfilter mit verschiedenen Mittenwellenlängen in Abhängigkeit von der Wellenlänge des Lichtes ist in [Fig. 9](#) schematisch und idealisiert dargestellt. Dabei stehen λ_1 bis λ_n für die Zentral- bzw. Mittenwellenlängen der Filter F_{i1} bis F_{in} , λ für die Wellenlänge des Lichts und R und T für den Reflexions- bzw. Transmissionsgrad. Der Transmissionsgrad ist mit durchgezogenen Linien dargestellt, der Reflexionsgrad mit gestrichelten Linien. Es gilt, daß $R \approx 1 - T$. In einem bestimmten Bereich um ihre Mittenwellenlänge weisen diese Filter eine besonders hohe Transmission auf, reflektieren aber Licht mit Wellenlängen außerhalb dieses Bereichs. Sie wirken dadurch als wellenlängenselektive Spiegel. Die Mittenwellenlänge ist dabei vom Einfallswinkel der Lichtstrahlen abhängig.

[0005] Eine im Stand der Technik bekannte Multiplex-/Demultiplex-Anordnung mit optischen Filtern ist in der [Fig. 10](#) dargestellt. Das aus einem Lichtwellenleiter F_1 , in der Regel eine Glasfaser, austretende optische Signal der Wellenlängen λ_1 - λ_n wird durch ein Abbildungssystem L_1 kollimiert, parallelisiert und in ein Filtersystem eingekoppelt. Das Abbildungssystem besteht dabei in der Regel aus einer Linse, meist einer Gradientenindexlinse. Das Filtersystem besteht aus optischen Filtern F_{i1} , F_{i2} , F_{i3} , die in einem festen Abstand zueinander auf den einander gegenüberliegenden Seiten einer planparallelen Glasplatte **10** und zueinander versetzt angebracht sind. Das in die Glas-

platte **10** von Abbildungssystem L_1 unter einem bestimmten Winkel eingekoppelte Licht läuft dann innerhalb der Glasplatte zick-zackförmig zwischen den einander gegenüberliegenden Filtern F_i hin und her. An jedem Filter F_i wird Licht einer bestimmten Wellenlänge aus dem Strahlengang ausgekoppelt und von dem dazugehörigen Abbildungssystem L_2 , L_3 , L_4 in einen Lichtwellenleiter F_2 , F_3 , F_4 eingekoppelt.

[0006] Nachteilig an solchen Anordnungen ist, dass für jede Wellenlänge jeweils ein spezieller Filter mit einer bestimmten Zentral- bzw. Mittelwellenlänge verwendet werden muß. Je nach Wellenlängenabstand und Bandbreite der zu trennenden bzw. zusammennzuführenden Einzelsignale sind mehrere unterschiedliche Filter notwendig und dabei nur sehr geringe Fehlertoleranzen bei der Fertigung der Filter zulässig. Das führt einerseits zu einem erhöhten Ausschuss an Filtern für bestimmte Wellenlängen und damit zu erhöhten Herstellungskosten und erfordert andererseits hohe Kosten für die Vorratslagerung einzelner spezieller Filter.

[0007] Aus der US 5,812,291 A ist ein optischer Multiplexer bekannt, der einen ersten wellenlängenselektiven Filter aufweist, der zusammen mit einem zweiten wellenselektiven Filter an einer transparenten Platte befestigt ist, wobei beide wellenlängenselektiven Filter gemeinsam mittels einer Kippereinrichtung um eine Achse kippbar sind.

[0008] Aus der US 5,933,260 A ist eine Baugruppe zum Multiplexen und/oder Demultiplexen auf der Basis zweier individuell kippbarer optischer Elemente bekannt, wobei das vom ersten Filter transmittierte Licht auf den zweiten Filter fällt.

[0009] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Baugruppe zum Multiplexen und/oder Demultiplexen optischer Signale zur Verfügung zu stellen, bei der die Anzahl der für eine Multiplex/Demultiplex-Anordnung benötigten Filter unterschiedlicher Charakteristik verringert ist und Filter mit höheren Fertigungstoleranzen einsetzbar sind.

[0010] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Baugruppe mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte und bevorzugte Anordnungsgealtungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0011] Bei der erfindungsbemäßen Baugruppe kann über den Einfallswinkel die gewünschte Mittenwellenlänge des jeweiligen Filters exakt eingestellt werden. Dies weist zwei Vorteile auf. Zum einen können einzelne spezielle Filter als Multiplexelemente für mehrere Wellenlängen eingesetzt werden, wobei die selektierte Wellenlänge über den Einfallswinkel der Lichtstrahlen eingestellt wird. Durch Verwendung gleicher Filter für verschiedene Wellenlängenkanäle

kann die Gesamtzahl anzufertigender unterschiedlicher Filter reduziert und damit Herstellungs- und Lagerkosten gesenkt werden.

[0012] Zum anderen können Filter mit höheren Toleranzen bezüglich der Mittenwellenlänge verwendet werden, da die gewünschte Mittenwellenlänge durch entsprechendes Kippen des Filters auch bei hohen Toleranzwerten genau eingestellt werden kann. Damit können der Ausschuß bei der Filterfertigung erheblich reduziert und dementsprechend Kosten eingespart werden.

[0013] In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung erfolgt die Lichtein- und/oder Auskopplung in die bzw. aus der Baugruppe mittels Lichtwellenleitern, wobei jedem Lichtwellenleiter mindestens eine Linse zugeordnet ist, die zwischen dem Lichtwellenleiter und einem Filter angeordnet ist. Dabei sind die optischen Achsen der Lichtwellenleiter und die optischen Achsen der den Lichtwellenleitern zugeordneten Linsen bevorzugt parallel zueinander angeordnet. So wird durch eine parallele Anordnung sowohl die Justage als auch die Fixierung der einzelnen Komponenten erleichtert.

[0014] Die für die Funktion der Multiplex/Demultiplex-Anordnung notwendige Strahlablenkung wird bei einer Linse, die außeraxial vom Licht des zugeordneten Lichtwellenleiters durchstrahlt wird, mittels eines Parallelversatzes der optischen Achse von Lichtwellenleiter und zugeordneter Linse erreicht. Eine solche Anordnung besitzt einen besonders einfachen Aufbau und ist deswegen auch fertigungstechnisch einfach und mit geringem Justageaufwand auszuführen. Dabei finden unter Umständen auch aufwendigere, mehrstufige Linsensysteme Verwendung, zum Beispiel zur Reduktion von Abbildungsfehlern, die sich aus der außeraxialen Durchstrahlung der Linse ergeben.

[0015] Bei einer Linse, die axial vom Licht des zugeordneten Lichtwellenleiters durchstrahlt wird, werden Abbildungsfehler durch eine außeraxiale Durchstrahlung der Linse vermieden. Es ist dann jedoch zur Beibehaltung der Parallelität der optischen Achsen der Lichtwellenleiter zusätzlich mindestens ein bezüglich des Einfallswinkels des Lichtstrahls kippbares optisches Element erforderlich, das vom Filter reflektiertes Licht in Richtung der Linse und dem zugeordneten Lichtwellenleiter ablenkt. Das kippbare optische Element ist ein im Strahlengang zwischen Filter und Linse angeordneter Spiegel. Die Verwendung eines Spiegels weist dabei gegenüber der Verwendung eines Prismas den Vorteil auf, dass eine aufgrund der Dispersion des Glases zusätzliche Wellenlängenabhängigkeit vermieden wird. Spiegel, Prismen und auch die wellenlängenselektiven Filter sollten eine geringe Polarisationsabhängigkeit aufweisen.

[0016] Die beschriebenen Anordnungen zur Erzeugung einer Strahlablenkung weisen den Vorteil auf, dass in einer Mehrkanal-Multiplex/Demultiplex-Anordnung mit Kaskaden von Lichtwellenleitern, Linsen und kippbaren Filtern die fertigungstechnisch sehr aufwendige direkte Anpassung der Winkeleinstellungen der optischen Achsen der Abbildungssysteme und Lichtwellenleiter auf den/die gekippten Filter vermieden werden kann.

[0017] Besonders kompakte Ausführungen sind durch Anordnungen gegeben, in denen entweder mehrere Filterkaskaden oder Filter- und Spiegel/Prismakaskaden kombiniert werden. Die einzelnen Filter einer Kaskade sind dabei entweder individuell oder gemeinsam kippbar. Bevorzugt sind in den kaskadierten Anordnungen die jeweiligen Lichtwellenleiter entsprechend den oben beschriebenen Strahlablenkungsanordnungen parallel zueinander angeordnet und dadurch leicht justierbar und fixierbar.

[0018] Eine erste solche vorteilhafte Anordnung ist durch zwei, sich gegenüberliegende Filterkaskaden gegeben. Die um die Strahlachse kippbaren Filter beider Kaskaden sind dabei gegeneinander versetzt, so dass der Strahlengang zwischen den Filterkaskaden eine Zick-Zacklinie beschreibt. An jedem Filterelement wird eine bestimmte Wellenlängen wellenlängenselektiv ausgekoppelt und durch das Abbildungssystem in den entsprechenden Lichtwellenleiter eingekoppelt. Die optische Achse des Abbildungssystems und die Achse des Lichtwellenleiters sind dabei zueinander parallel. Eine Strahlablenkung und der Ausgleich der Kippbarkeit der Filter wird bevorzugt durch einen einstellbaren Parallelversatz zwischen optischer Achse eines jeden Abbildungssystems und der jeweiligen Lichtwellenleiterachse erreicht.

[0019] Eine zweite solche vorteilhafte Anordnung ist durch die Kombination von einer Filterkaskade mit einer Spiegelkaskade gegeben. Die um die Strahlachse kippbaren Elemente beider Kaskaden sind dabei bevorzugt so gegeneinander versetzt angeordnet, dass der Strahlengang zwischen den Kaskaden eine Zick-Zacklinie beschreibt. An jedem Filterelement wird dabei eine bestimmte Wellenlänge ausgekoppelt und durch das Abbildungssystem in den entsprechenden Lichtwellenleiter eingekoppelt. Die optische Achse des Abbildungssystems und die optische Achse des Lichtwellenleiters fallen in dieser Anordnung bevorzugt zusammen, um zusätzliche Abbildungsfehler zu vermeiden. Die notwendige Strahlablenkung und der Ausgleich der Kippbarkeit der Filterelemente wird durch die kippbaren Spiegelemente erreicht.

[0020] Eine dritte vorteilhafte Anordnung ist durch die Kombination einer Filterkaskade und einer Spiegelkaskade gegeben, bei der die einzelnen Filter einer Kaskade hintereinander angeordnet sind. Ein

einzelnes Filterelement einer Kaskade reflektiert in dieser Anordnung bevorzugt Licht nur einer Wellenlänge, alle anderen werden transmittiert. Das von einem Filter reflektierte Licht wird über einen kippbaren Spiegel der Spiegelkaskade auf eine Linse umgelenkt. Die optischen Achsen des Abbildungssystems und der Lichtwellenleiterachse fallen dabei bevorzugt zusammen. Auch ist bevorzugt vorgesehen, dass das jeweils von einem kippbaren Spiegel umgelenkte Licht im wesentlichen senkrecht zur Strahlrichtung in der Filterkaskade ausgekoppelt wird, so dass die einzelnen Lichtwellenleiter wiederum parallel zueinander angeordnet sind.

[0021] In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung sind alle optischen Kanäle auf einer Seite der Filter angeordnet. Die Anordnung der optischen Kanäle auf nur einer Seite der Filter weist fertigungstechnische Vorteile auf.

[0022] In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung sind die Filter auf einer ebenen Plattform angeordnet und ist diese Plattform in ein Gehäuse eingesetzt, das mindestens eine Lichtein-/Austrittsöffnung aufweist, wobei die Linsen und Lichtwellenleiter des ersten und/oder zweiten Abbildungssystems fest mit der Außenseite des Gehäuses verbunden sind. Dabei erfolgt die Befestigung und Justage der Abbildungssysteme bzw. Linsen- und Lichtwellenleiter bevorzugt mittels Laserschweißtechnik an dem festen Gehäuse. Hierdurch wird eine mechanisch besonders langzeitstabile Befestigung erreicht.

[0023] Insbesondere erfolgt die Befestigung der Linsen/Faser-Elemente bevorzugt mittels einer freien aktiven Justierung der Elemente in einem Halterungsflansch oder einer Halterungshülse und einem anschließenden Anschweißen dieser Flansche oder Hülsen an das Gehäuse.

[0024] Die Erfindung wird im folgenden anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Figuren der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

[0025] [Fig. 1a](#) eine erste Anordnung der optischen Komponenten einer erfindungsgemäßen Zweikanal-Multiplex-/Demultiplex-Baugruppe;

[0026] [Fig. 1b](#) eine zweite Anordnung der optischen Komponenten einer erfindungsgemäßen Zweikanal-Multiplex-/Demultiplex-Baugruppe mit um ihre Achsen kippbaren Linsen und Fasern;

[0027] [Fig. 2](#) eine dritte Anordnung der optischen Komponenten einer erfindungsgemäßen Zweikanal-Multiplex-/Demultiplex-Baugruppe unter Verwendung eines Umlenkprismas;

[0028] [Fig. 3](#) eine vierte Anordnung der optischen Komponenten einer erfindungsgemäßen Zweika-

nal-Multiplex-/Demultiplex-Baugruppe unter Verwendung eines Umlenkspiegels;

[0029] [Fig. 4](#) ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Mehrkanal-Multiplex-/Demultiplex-Baugruppe mit einer Strahlablenkung entsprechend [Fig. 1a](#);

[0030] [Fig. 5](#) ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Mehrkanal-Multiplex-/Demultiplex-Baugruppe mit einer Strahlablenkung entsprechend [Fig. 3](#);

[0031] [Fig. 6a](#) ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Mehrkanal-Multiplex-/Demultiplex-Baugruppe, bei der eine Filterkaskade und eine Spiegelkaskade vorgesehen sind;

[0032] [Fig. 6b](#) ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Mehrkanal-Multiplex-/Demultiplex-Baugruppe mit einseitiger Anordnung aller Faser- und Linsen-elemente;

[0033] [Fig. 7](#) eine schematische Darstellung der Halterung, Justage und Befestigung einer Linse und einer Glasfaser in einer erfindungsgemäßen Multiplex-/Demultiplex-Baugruppe;

[0034] [Fig. 8a](#) ein Ausführungsbeispiel für die Anordnung der Lichtein- und -austrittsöffnungen an einem Gehäuse einer erfindungsgemäßen Multiplex-/Demultiplex-Baugruppe;

[0035] [Fig. 8b](#) ein Ausführungsbeispiel für die Anordnung von Faser- und Linsenhalterungsflanschen an einem Gehäuse einer erfindungsgemäßen Multiplex-/Demultiplex-Baugruppe;

[0036] [Fig. 9](#) schematisch die Transmissivität bzw. Reflektivität optischer Filter mit unterschiedlichen Mittenwellenlängen in Abhängigkeit von der Wellenlänge und

[0037] [Fig. 10](#) eine Anordnung der optischen Komponenten eines Wellenlängen-Multiplexers/Demultiplexers mit optischen Filtern gemäß dem Stand der Technik.

[0038] In [Fig. 1a](#) ist eine erste Anordnung der optischen Komponenten einer erfindungsgemäßen Zweikanal-Wellenlängen-Multiplex-/Demultiplex-Baugruppe dargestellt. Die Baugruppe weist einen ersten Lichtleiter F1 mit einer zugeordneten Linse L1 auf, die ein optisches Abbildungssystem zum Einkoppeln von Lichtstrahlen des Lichtleiters F1 in die Baugruppe darstellt. Der Lichtleiter F1 führt Licht mehrerer Wellenlängen λ_1 bis λ_n , die unterschiedliche optische Kanäle darstellen.

[0039] Das eingekoppelte Licht wird von der Linse

L1 kollimiert und Idealerweise als paralleles Licht auf einen wellenlängenselektiven Filter F_i abgebildet, der eine Wellenlänge λ_1 transmittiert und die übrigen Wellenlängen λ_2 bis λ_n reflektiert und damit Licht der Wellenlänge λ_1 von den anderen Wellenlängen trennt. Der Filter F_i ist kippbar angeordnet, wie durch einen Pfeil angedeutet ist. Hierzu sind beispielsweise drehbare Halterungen für den Filter F_i vorgesehen. Die Justage kann per Hand erfolgen, aber auch automatisiert, etwa indem eine computerüberwachte aktive Justage durchgeführt wird.

[0040] Durch Kippen des Filters F_i um die Strahlachse wird eine gewünschte zu transmittierende Mittelwellenlänge genau eingestellt.

[0041] Über Linsen L2, L3 wird das transmittierte bzw. reflektierte Licht auf die Eintrittsöffnung der Lichtwellenleiter F2, F3 abgebildet und von diesen weitergeleitet.

[0042] Die optischen Achsen der Linsen L1, L2, L3 sind in **Fig. 1** parallel zueinander und zu den Achsen der Fasern F1, F2, F3 ausgerichtet, wobei jede Linse jeweils den Strahl aus einer bestimmten Faser ein- bzw. auskoppelt. Das Licht der Faser F1 trifft dabei außeraxial auf die Linse L1 und wird deswegen um einem Winkel, der vom Versatz der Achsen von Faser F1 und Linse L1 gegenüber der optischen Achse der Linse abhängt, abgelenkt. Es trifft unter einem Winkel auf den Filter F_i , der von der Kippstellung des Filters F_i abhängt.

[0043] Der Filter F_i transmittiert wie beschrieben nur den Teil des Lichts mit der Wellenlänge λ_1 . Das transmittierte Licht fällt wiederum außeraxial auf die Linse L2, wird von dieser fokussiert, in die Faser F2 eingekoppelt und seitlich weggeführt. Das vom Filter F_i reflektierte Licht der Wellenlängen λ_2 bis λ_n fällt außeraxial auf die Linse L3, wird von dieser in die Faser F3 eingekoppelt und ebenfalls seitlich weggeführt.

[0044] Bei einer Kippung des Filters F_i ist ein Ausgleich der Strahlablenkung erforderlich. Dieser erfolgt durch einen weiteren Parallelversatz der Faserrachsen gegenüber den Hauptachsen der Linsen L1, L2 und L3.

[0045] Ein Vorteil der parallelen Anordnung aller optischen Achsen von Fasern und Linsen liegt in der besonders leicht und einfach durchzuführenden Justage und Montage der Elemente und in der Möglichkeit, die Baugruppe damit kompakter auszuführen.

[0046] In **Fig. 1b** ist der Strahlengang des Lichtes der Wellenlängen λ_1 - λ_n ähnlich wie in **Fig. 1a**. Bei dieser Anordnung fallen aber die optischen Achsen der Linsen L1, L2, L3 und die Faserrachsen zusammen. Die notwendige Strahlablenkung und deren durch Kippbarkeit des Filters notwendig gewordene

Korrektur werden durch eine Kippung der Linsenhaupt- und Faserrachsen erzeugt (durch einen Pfeil angedeutet).

[0047] Der Vorteil einer solchen Anordnung liegt in der Vermeidung von Abbildungsfehler aufgrund einer außeraxialen Durchstrahlung der Linsen, wie sie bei einer Anordnung gemäß **Fig. 1a** auftreten können, sofern keine aufwendige Abbildungssysteme zur Vermeidung solcher Abbildungsfehler verwendet werden.

[0048] Eine weitere Möglichkeit, die optischen Achsen der Abbildungssysteme und Lichtwellenleiter parallel anzuordnen, zusätzliche Abbildungsfehler aber zu vermeiden und den durch die Kippung eines Filters F_i notwendig gewordenen Ausgleich der Strahlablenkung durchzuführen liegt in der Benutzung von weiteren Umlenkelementen im Strahlengang.

[0049] In **Fig. 2** ist das Prinzip für die Benutzung eines Umlenkprismas im optischen Strahlengang am Beispiel eines Zweikanal-Demultiplexers gezeigt. Der Strahlengang verläuft axial von der Faser F1 durch die Linse L1 zum Filter F_i . Licht der Wellenlänge λ_1 wird durch den Filter F_i transmittiert und durch die Linse L2 in die Faser F2 eingekoppelt. Die Strahlachse für Licht dieser Wellenlänge fällt mit den Faserrachsen und den Linsenhauptachsen der Fasern F1 und F2 und den Linsen L1 und L2 vor bzw. nach dem Durchgang durch den Filter F_i zusammen. Ein Parallelversatz des Strahls, der durch den Durchgang durch den kippbaren Filter F_i auftritt, wird durch einen Versatz von Linse L2 und Faser F2 ausgeglichen.

[0050] Die Strahlablenkung für die vom Filter F_i reflektierten Strahlenbündel der Wellenlängen λ_2 - λ_n wird durch ein um die Strahlachse kippbares Umlenkprisma P ausgeglichen. Nach dem Durchgang durch das Prisma P wird der Strahl durch die Linse L3 in die Faser F3 eingekoppelt.

[0051] Die Verwendung eines Spiegels S zur Strahlablenkung im optischen Strahlengang ist am Beispiel eines Zweikanal-Demultiplexers in **Fig. 3** gezeigt. Der Strahlengang verläuft axial von der Faser F1 durch die Linse L1 zum Filter F_i . Licht der Wellenlänge λ_1 wird durch den Filter F_i transmittiert und durch die Linse L2 in die Faser F2 eingekoppelt. Die Strahlachse für Licht dieser Wellenlänge fällt mit den Faserrachsen und den Linsenhauptachsen der Fasern F1 und F2 und den Linsen L1 und L2 vor bzw. nach dem Durchgang durch den Filter zusammen. Ein Parallelversatz des Strahls, der durch den Durchgang durch den kippbaren Filter F_i auftritt, wird durch einen Versatz von Linse L2 und Faser F2 ausgeglichen.

[0052] Eine Strahlablenkung für die vom Filter F_i reflektierten Strahlenbündel der Wellenlängen λ_2 - λ_n wird durch einen um die Strahlachse kippbaren Um-

lenkspiegel S ausgeglichen. Nach der Reflexion am Spiegel S wird der Strahl durch die Linse L3 in die Faser F3 eingekoppelt. Die Richtung der Lichtauskoppelung ist dabei senkrecht zur Richtung der Lichteinkoppelung. Die Verwendung eines Spiegels als strahlableitendes Element weist den Vorteil auf, dass kein weiteres dispersives Element im Strahlengang auftritt.

[0053] Um mehr als zwei Wellenlängen trennen bzw. bei Umkehr des Strahlenganges zusammenführen zu können, werden mehrere der in den [Fig. 1a](#), [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) gezeigten Anordnungen kaskadiert ausgeführt.

[0054] Ein Ausführungsbeispiel für einen Mehrkanal-Multiplexer bzw. Demultiplexer mit dem in [Fig. 1a](#) dargestellten Strahlableitungsprinzip zeigt [Fig. 4](#). In der gezeigten Anordnung werden die Fasern F1, F2, F3, F4, F5 von zwei Seiten zugeführt. Ihre Achsen sind jeweils parallel und gegenüber den optischen Achsen der Ein- und Auskoppellinsen L1, L2, L3, L4, L5 derart parallel versetzt, dass sich eine Strahlableitung ergibt, die für jeden der einzelnen kippbaren Filter Fi1, Fi2, Fi3, Fi4 individuell eingestellt werden kann. Die Filter Fi1, Fi3 und Fi2, Fi4 stehen sich in zwei Kaskaden **20**, **30** versetzt gegenüber. Jeder der Filter Fi transmittiert genau Licht einer Wellenlänge, Licht aller anderen Wellenlängen wird reflektiert. Damit ergibt sich nach Einkoppeln des Lichtes der Wellenlänge λ_1 - λ_n aus der Faser F1 ein Zick-Zack-Strahlengang zwischen den Filterkaskaden **20**, **30**. An jedem Filter Fi wird Licht einer Wellenlänge aus diesem Strahlengang ausgekoppelt.

[0055] Es wird darauf hingewiesen, dass jeder Filter Fi der beiden Kaskaden **20**, **30** individuell einstellbar ist, um exakt die gewünschte Mittenwellenlänge einstellen zu können. Dabei werden bevorzugt gleiche Filter für mehrere benachbarte Wellenlängen eingesetzt, was durch entsprechendes Verdrehen der Filter in Bezug auf den Einfallswinkel des kollimierten Strahls möglich ist. Zum Ausgleich des bei einer Drehung bzw. Kippung eines Filters auftretenden Versatzes sind die Linsen Li und zugeordneten Lichtwellenleiter wie durch die Doppelpfeile B angedeutet senkrecht zu ihrer optischen Achse verschiebbar angeordnet.

[0056] Ausführungsbeispiele mit bezüglich der kollimierten Strahlenbündel zentrierten Linsen nach den in den [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) dargestellten Strahlableitungsprinzipien sind in den [Fig. 5](#), [Fig. 6a](#) und [Fig. 6b](#) dargestellt.

[0057] Bei dem in [Fig. 5](#) dargestellten Ausführungsbeispiel werden zur Strahlableitung und zum Ausgleich der Filterkippung einzeln kippbare Spiegel S1, S2 verwendet. Der Strahlengang ist in diesem Fall kreuzartig aufgebaut: die Zuführung des Lichtes mit

den Wellenlängen λ_1 bis λ_n erfolgt von einer Seite über die Faser F1, die Einkoppelung des Lichtes der Wellenlängen λ_3 - λ_n in die wegführende Faser F4 erfolgt an der gegenüberliegenden Seite über die Linse L4. Die Filter Fi1 und Fi2 koppeln jeweils Licht der Wellenlängen λ_1 bzw. λ_2 durch Reflexion aus dem Strahlengang aus, das dann über die Spiegel S1, S2 und die Linsen L2, L3 in die Fasern F2, F3 eingekoppelt und senkrecht zur Zuführrichtung des Lichts weggeführt wird.

[0058] Das in [Fig. 6a](#) dargestellte Ausführungsbeispiel zeigt ebenfalls einen Aufbau mit einzeln kippbaren Spiegeln zur Strahlableitung und Ausgleich der Filterverkipfung. Der Strahlengang ist in diesem Fall so aufgebaut, dass die wegführenden Fasern F2, F3 alle auf einer Seite liegen. Die Filter Fi1, Fi2 und die Spiegel S1, S2 sind jeweils in einer Kaskade **20**, **40** angeordnet. Die einzelnen Elemente stehen sich dabei versetzt gegenüber. Damit ergibt sich nach Einkoppeln des Lichtes der Wellenlänge λ_1 - λ_n aus der Faser F1 ein Zick-Zack-Strahlengang zwischen den zwei Kaskaden **20**, **40**. An jedem Filter wird Licht einer Wellenlänge aus diesem Strahlengang ausgekoppelt, durch die jeweilige Linse in eine Faser eingekoppelt und seitlich weggeführt.

[0059] Eine Modifikation des in [Fig. 6a](#) gezeigten Aufbaus ist in [Fig. 6b](#) dargestellt. In diesem Fall liegt auch die zuführende Faser F1 auf der Seite der wegführenden Fasern F2, F3. Die dazu notwendige Strahlumlenkung erfolgt durch ein 90°-Prisma UP. Möglich sind aber ebenso Pentaprismen oder Spiegel.

[0060] Alle gezeigten Ausführungsbeispiele für den optischen Aufbau sind natürlich nicht auf die Verwendung einer bestimmten Anzahl von zu- bzw. wegführenden Fasern und der entsprechenden Anzahl von Filtern, Linsen und Strahl-Umlenkelementen beschränkt, sondern für eine beliebige Anzahl von Fasern ausführbar. Auch liegt es im Rahmen der Erfindung, dass das Licht der einzelnen Wellenlängen nicht über Lichtwellenleiter weg- bzw. zugeführt wird, sondern der Multiplexer/Demultiplexer unmittelbar mit einer optoelektronischen Baugruppe gekoppelt ist, die etwa über ein Sende- oder Empfangsarray optoelektronischer Elemente Licht der einzelnen Wellenlängen ein- oder auskoppelt.

[0061] Des Weiteren kann vorgesehen sein, daß an der Baugruppe statt der Lichtwellenleiter Stecker angeordnet sind, in die die Lichtwellenleiter dann eingesteckt werden.

[0062] Bei Verwendung der Baugruppe als Multiplex-Baugruppe ist in den vorgenannten Ausführungsbeispielen einfach der Strahlengang umzukehren.

[0063] Die Filter Fi sowie eventuelle Prismen- und Spiegelemente sind auf einer ebenen Plattform

(nicht dargestellt) angeordnet, die von einem Gehäuse umgeben ist. Die Auslegung und Befestigung der einzelnen Filter- und Spiegel/Prismen-Elemente auf der Plattform erfolgt etwa mittels Klebungen, Lötungen oder Einglasens bzw. Einschweißens. Dabei finden beispielsweise die Materialien Glas, Keramik, Silizium oder auch Metalle als Basismaterial für die Plattform Verwendung. Die Filter, Spiegel oder Prismen haben entweder selbst eine ausreichend große, plane Auflagefläche oder sie werden mittels entsprechender Träger auf der Plattform aufgebracht.

[0064] Da die Verbindung der optischen Komponenten mit der Plattform besonders stabil sein muss, sind die thermischen Ausdehnungskoeffizienten der zu verbindenden Teile einander möglichst angepasst. Zusätzlich ist bei besonders hohen Ansprüchen an die Wellenlängenstabilität eine Temperaturregulierung einzelner Filter oder auch des gesamten Aufbaus mittels einer Peltierkühlung oder einer Heizung vorgesehen. Die gesamte Plattform wird dann mit Gehäuse auf einen Peltierkühler oder eine Heizung gesetzt. Zur Temperaturregulierung wird dabei ein Temperaturfühler, etwa ein NTC-Widerstand an der Plattform angebracht. Eine Regelung erfolgt beispielsweise mittels eines P/I-Reglers.

[0065] In [Fig. 7](#) ist schematisch ein Ausführungsbeispiel für die Halterung, Justierung und Befestigung eines optischen Strahlengangs an einem Gehäuse **2** dargestellt, das eine Plattform (nicht dargestellt) mit Filtern sowie eventuellen Prismen- und Spiegelementen umgibt. Das Gehäuse **2** weist dabei Lichteintritts-/austrittsöffnungen **7** auf, über die Licht in das Gehäuse **2** ein- oder auskoppelt wird.

[0066] An der Außenwand des Gehäuses sind über der Lichteintritts-/austrittsöffnung **7** eine Kugellinse **1** und eine Glasfaser **F** befestigt. Die Kugellinse **1** ist in einem Linsenflansch (Halterung) **5** angeordnet, der an dem Gehäuse **2** befestigt ist. Der Flansch **5** weist für die Aufnahme der Kugellinse **1** eine zylindrische Bohrung auf. Die Kugellinse **1** wird beispielsweise gegen eine Tiefenanschlag so in den Flansch **5** eingebracht, dass ihr Fokus gegenüber dem Gehäuse **2** eingestellt ist. Anstelle einer Kugellinse können auch Gradientenindexlinsen oder andere Optiken in den Linsenflansch **5** eingebracht werden.

[0067] Die Glasfaser **F** ist in einer Kapillare **3** angeordnet, insbesondere in eine solche eingeklebt. Die Faserstirnfläche ist dabei leicht schräg angeschliffen, um Rückreflexionen zu vermeiden. Zur Befestigung der Glasfaser **F** am Linsenflansch **5** ist ein weiterer Flansch (Halterung) **6** mit Befestigungsrand **61** vorgesehen, der die Kapillare **3** mit der Glasfaser **F** aufnimmt. Alternativ zu einem Linsenflansch kann eine präzise ausgeführte starre Führungshülse (Ferrule) vorgesehen sein, in die die Faser mit der Kapillare eingesteckt ist. Die Führungshülse (Ferrule) ist an ih-

rer Außenseite sehr genau bearbeitet und wird in den Linsenflansch **5** eingesteckt (Faserstecker).

[0068] Der Linsenflansch **5** wird nach erfolgter aktiver Justierung (einschließlich: Einstellen des zugehörigen wellenselektiven Filters und des sich daraus ergebenden Strahlversatzes) an einem verbreiterten Rand **51** mittels Laserschweißens in Richtung des Pfeils **A** an dem Gehäuse **2** befestigt. Dabei wird der Flansch **5** parallel zur Gehäuseoberfläche aktiv justiert.

[0069] Nach erfolgter aktiven Justage gegenüber der Kugellinse **1** wird anschließend der Faserflansch **6** ebenfalls über Laserschweißens am Linsenflansch **5** befestigt.

[0070] Das Gehäuse **2** sowie Teile der Flansche **5**, **6** bestehen in der Umgebung der Schweißpunkte oder Nähte bevorzugt aus einem schweißbaren Material wie z. Bsp. Baustahl, Eisen oder Kovar. Die Flansche werden bevorzugt in zylindrischer Form ausgelegt und die Kontaktflächen zwischen Plattform bzw. Gehäuse und Halterungsflansch bzw. -Hülse plan geschliffen, um eine optimale Justage und einen geringen Schweißverzug zu ermöglichen.

[0071] Die Anchrägung der Faserstirnfläche der Faser **F** wird im Design des Strahlengangs bzw. durch einen kleinen lateralen Versatz der Faserachse bezüglich der Linsenachse bei der Justierung dieser Teile berücksichtigt.

[0072] Falls eine luftdicht und hermetisch abschließbare Montage der Filterplattformen notwendig ist, werden die Lichteintritts-/austrittsöffnungen **7** des Gehäuses **2** mit optischen Fenstern versehen, die bevorzugt schräg gestellt und entspiegelt sind und die die Öffnungen **7** luftdicht abschließen. Alternativ wird der Linsenflansch **5** luftdicht ausgeführt und mit dem Gehäuse **2** dicht geschweißt.

[0073] [Fig. 8a](#) zeigt in Draufsicht ein Ausführungsbeispiel für die Anordnung der Lichtein- und -Austrittsöffnungen **7** an einem Gehäuse **2**, an denen die Linsen- und Faserflansche **5**, **6** befestigt werden. Die Lichtein- und -Austrittsöffnungen **7** sind dabei in der Höhe zueinander versetzt angeordnet, was eine einfache und kompakte Anbringung der Linsen- und Faserflansche **5**, **6** am Gehäuse **2** ermöglicht und besonders einfach auszuführen ist. Die Spiegel oder Prismen im Gehäuseinneren weisen bei diesem Ausführungsbeispiel entsprechend dem Versatz der Lichtein-/Austrittsöffnungen **7** orientierte Flächen auf.

[0074] [Fig. 8b](#) zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel für die Anordnung der Lichtein- und Austrittsöffnungen **7** an einem Gehäuse **2**. Dargestellt sind hier auch die Linsen- und Faserflansche **5**, **6**. In diesem Fall sind die Lichtein- bzw. Austrittsöffnung **7** bzw. die

einzelnen Flächen des Gehäuses **2**, in denen sich diese befinden, auf jeweils der gleichen Höhe, aber gegeneinander gekippt angebracht.

[0075] Sämtliche optische Flächen im Strahlengang der Baugruppe sind möglichst entspiegelt, um Einfü-
geverluste gering zu halten. Zur Unterdrückung einer unerwünschten Reflexion von der Filterrückseite ist in einer Alternative vorgesehen, dass zusätzlich zu einer Entspiegelung dieser Fläche das Filtersubstrat etwas keilförmig ausgeführt ist.

Bezugszeichenliste

Fi	Filter
L	Linse
F	Lichtwellenleiter/Faser/Lichtfaser
S	Spiegel
P	Prisma
UP	90°-Prisma
1	Kugellinse
2	Gehäuse
3	Kapillare
5	Linsenflansch
51	Rand des Linsenflansches
6	Faserflansch
61	Rand des Faserflansches
7	Lichteintritts-/austrittsöffnungen
10	Glasplatte
20	erste Kaskade von Filtern
30	zweite Kaskade von Filtern
40	Kaskade von Spiegelementen

Patentansprüche

1. Baugruppe zum Multiplexen und/oder Demultiplexen optischer Signale mit:

- einem ersten optischen Abbildungssystem, das eine Mehrzahl von Lichtstrahlen jeweils eines optischen Kanals in die Baugruppe ein- oder auskoppelt,
- einem zweiten optischen Abbildungssystem, das einen Lichtstrahl einer Mehrzahl optischer Kanäle in die Baugruppe ein- oder auskoppelt,
- mindestens einem wellenlängenselektiven Filter (Fi) zum Multiplexen oder Demultiplexen in die Baugruppe ein- oder ausgekoppelter optischer Signale, wobei Lichtstrahlen unter einem bestimmten Einfallswinkel auf mindestens einen bezüglich dieses Einfallswinkels einstellbaren, wellenlängenselektiven Filter (Fi) treffen und dabei Lichtstrahlen mindestens eines optischen Kanals von den Lichtstrahlen anderer optischer Kanäle getrennt oder mit diesen zusammengeführt werden,
- mindestens einem bezüglich des Einfallswinkels der einfallenden Lichtstrahlen individuell kippbarem optischen Element (S, Fi), mit dem vom wellenlängenselektiven Filter (Fi) reflektierte Lichtstrahlen in Richtung einer Linse (L) eines der optischen Abbildungssysteme oder in Richtung eines weiteren wellenlängenselektiven Filters (Fi) abgelenkt werden,

und wobei

– das individuell kippbare optische Element (S, Fi) ein wellenlängenselektiver Filter (Fi) oder ein Spiegel (S) ist.

2. Baugruppe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtein- und/oder Auskoppplung in die oder aus der Baugruppe mittels Lichtwellenleitern (F) erfolgt und jedem Lichtwellenleiter (F) mindestens eine Linse (L) zugeordnet ist, die zwischen dem Lichtwellenleiter (F) und einem Filter (Fi) angeordnet ist.

3. Baugruppe nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die optischen Achsen der Lichtwellenleiter (F) und die optischen Achsen der den Lichtwellenleitern (F) zugeordneten Linsen (L) parallel zueinander angeordnet sind.

4. Baugruppe nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere kippbare Filter (Fi) in mindestens einer Kaskade angeordnet sind, wobei die Filter (Fi) einer Kaskade einzeln kippbar sind.

5. Baugruppe nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die kippbaren optischen Elemente eine Filterkaskade bilden, so dass eine erste und eine zweite Filterkaskade (**20**, **30**) vorgesehen sind, wobei der Strahlengang zwischen den Filtern (Fi) der ersten Kaskade (**20**) und den Filtern (Fi) der zweiten Kaskade (**30**) derart verläuft, dass der optische Pfad der Lichtstrahlen zwischen den beiden Filterkaskaden (**20**, **30**) eine Zick-Zacklinie beschreibt und an jedem Filterelement (Fi) mindestens ein Strahl einer bestimmten Wellenlänge aus dem Strahlengang zwischen den Filterkaskaden (**20**, **30**) ausgekoppelt wird.

6. Baugruppe nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Filterkaskade (**20**) als kippbare optische Elemente kippbare Spiegelemente (S) zugeordnet sind, die ebenfalls in einer Kaskade (**40**) angeordnet sind.

7. Baugruppe nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der optische Pfad der Lichtstrahlen zwischen der Spiegelkaskade (**40**) und der Filterkaskade (**20**) eine Zick-Zack-Linie beschreibt, wobei an jedem Filterelement (Fi) der Kaskade (**20**) mindestens ein Lichtstrahl einer bestimmten Wellenlänge aus dem Strahlengang zwischen Filterkaskade (**20**) und Spiegelkaskade (**40**) ausgekoppelt wird.

8. Baugruppe nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Filter (Fi) der Kaskade jeweils Licht einer bestimmten Wellenlänge reflektieren, wobei die Filter (Fi) in einer Reihe hintereinander angeordnet sind.

9. Baugruppe nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass das an einem Filter (Fi) reflektierte Licht jeweils über einen kippbaren Spiegel (S) umgelenkt und senkrecht zur Strahlrichtung in der Kaskade ausgekoppelt wird.

10. Baugruppe nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass alle optischen Kanäle auf einer Seite der Filter (Fi) angeordnet sind.

11. Baugruppe nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Filter (Fi) auf einer ebenen Plattform angeordnet sind und diese Plattform in ein Gehäuse (2) eingesetzt ist, das mindestens eine Lichtein-/Austrittsöffnung (7) aufweist, wobei die Linsen (L) und Lichtwellenleiter (F) des ersten und/oder zweiten Abbildungssystems fest mit dem Gehäuse (2) verbunden sind.

12. Baugruppe nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine Linse (L) des ersten und/oder zweiten Abbildungssystems in einer Linsenhalterung (5) sitzt, die fest mit dem Gehäuse (2) im Bereich der Lichtein-/Austrittsöffnungen (7) verbunden ist.

13. Baugruppe nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Lichtwellenleiter eine Lichtfaser (F) aufweist, die von einer Kapillare (3) umschlossen ist und in einer Lichtfaserhalterung (6) sitzt, wobei die Lichtfaserhalterung (6) fest mit der Linsenhalterung (5) verbunden ist.

14. Baugruppe nach mindestens einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass das Gehäuse (2) im Bereich der Lichtein-/Austrittsöffnungen (7) und/oder die Linsenhalterung (5) im Bereich der Kontaktfläche mit dem Gehäuse (2) und/oder die Faserhalterung (6) im Bereich der Kontaktfläche mit der Linsenhalterung (5) aus einem laserschweißbaren Material besteht.

15. Baugruppe nach mindestens einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass im Bereich der Lichtein-/Austrittsöffnungen (7) die Gehäuseflächen und die Kontaktflächen der Linsenhalterungen (5) plan geschliffen sind.

16. Baugruppe nach mindestens einem der Ansprüche 11 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Filter (Fi) eine plane Fläche besitzen, mit der sie direkt auf die Plattform aufgesetzt sind, oder mittels eines mindestens einseitig planen Trägers mit der Plattform verbunden sind.

Es folgen 9 Blatt Zeichnungen

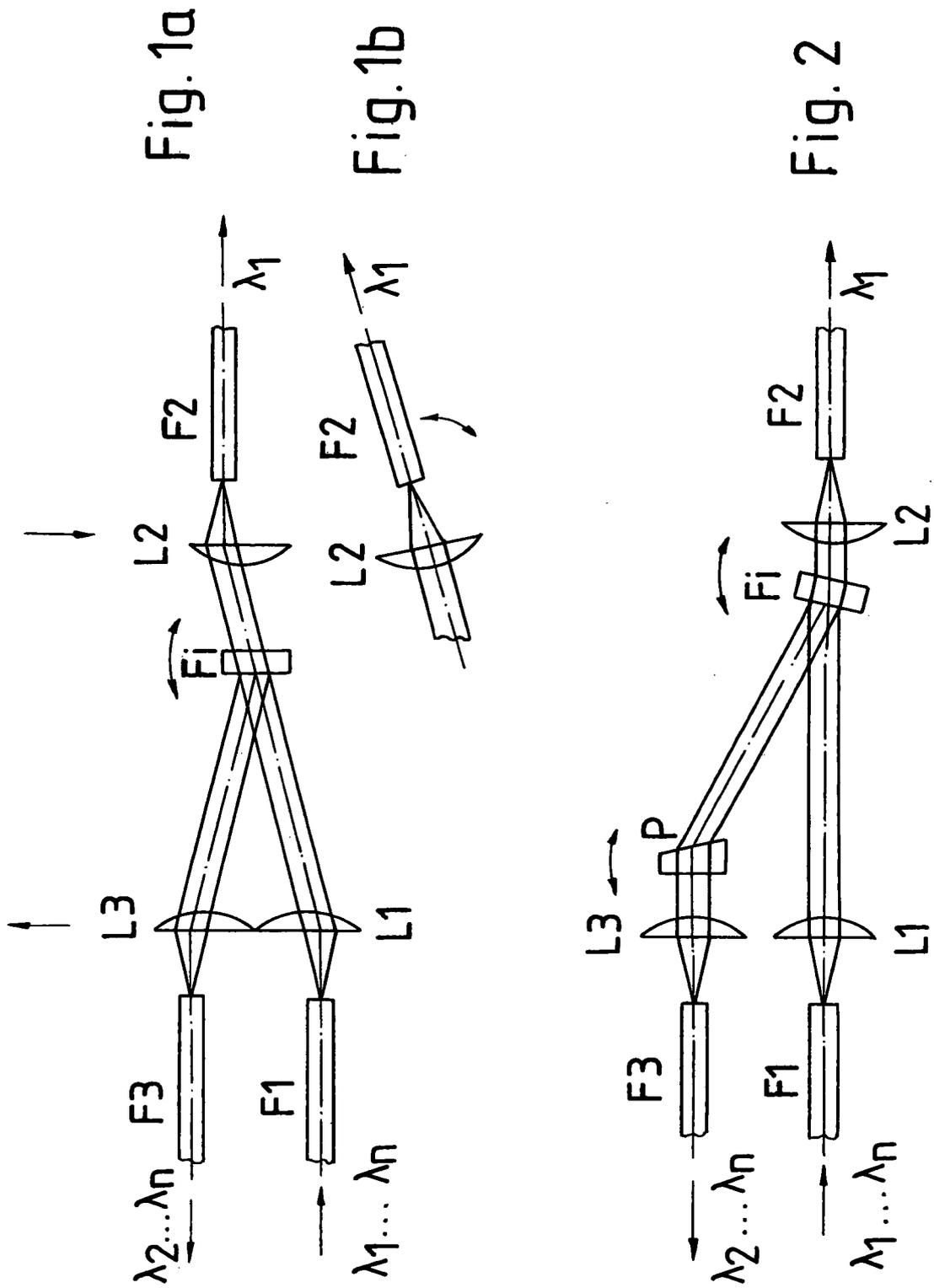


Fig. 3

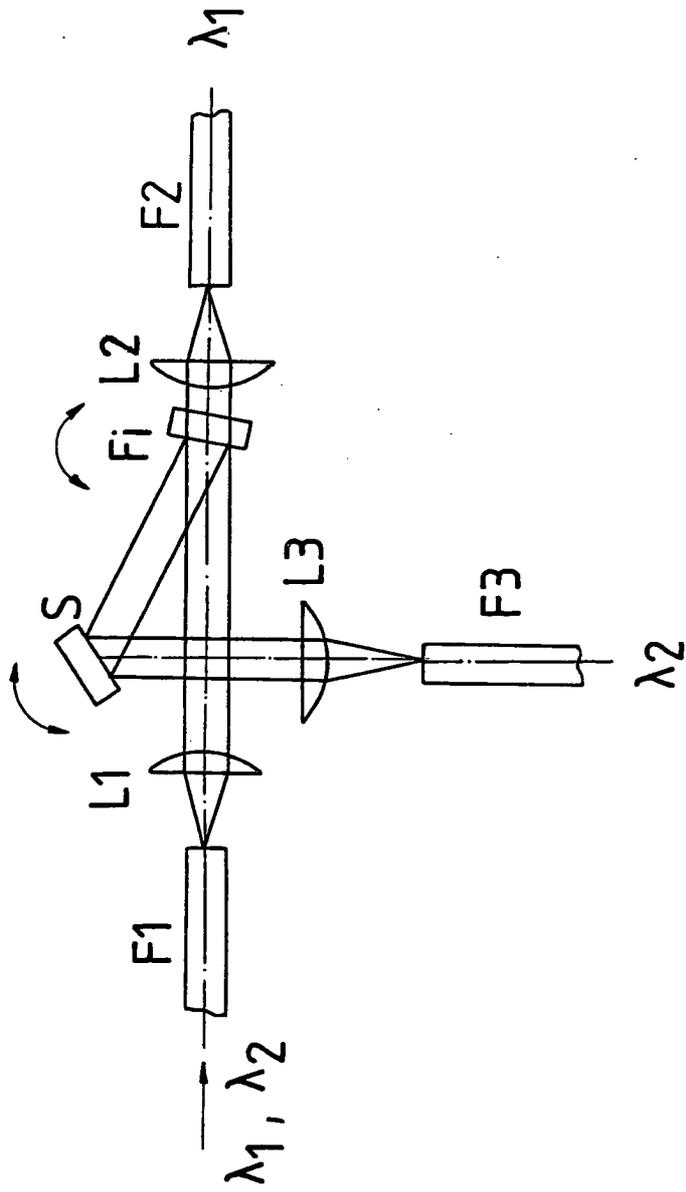
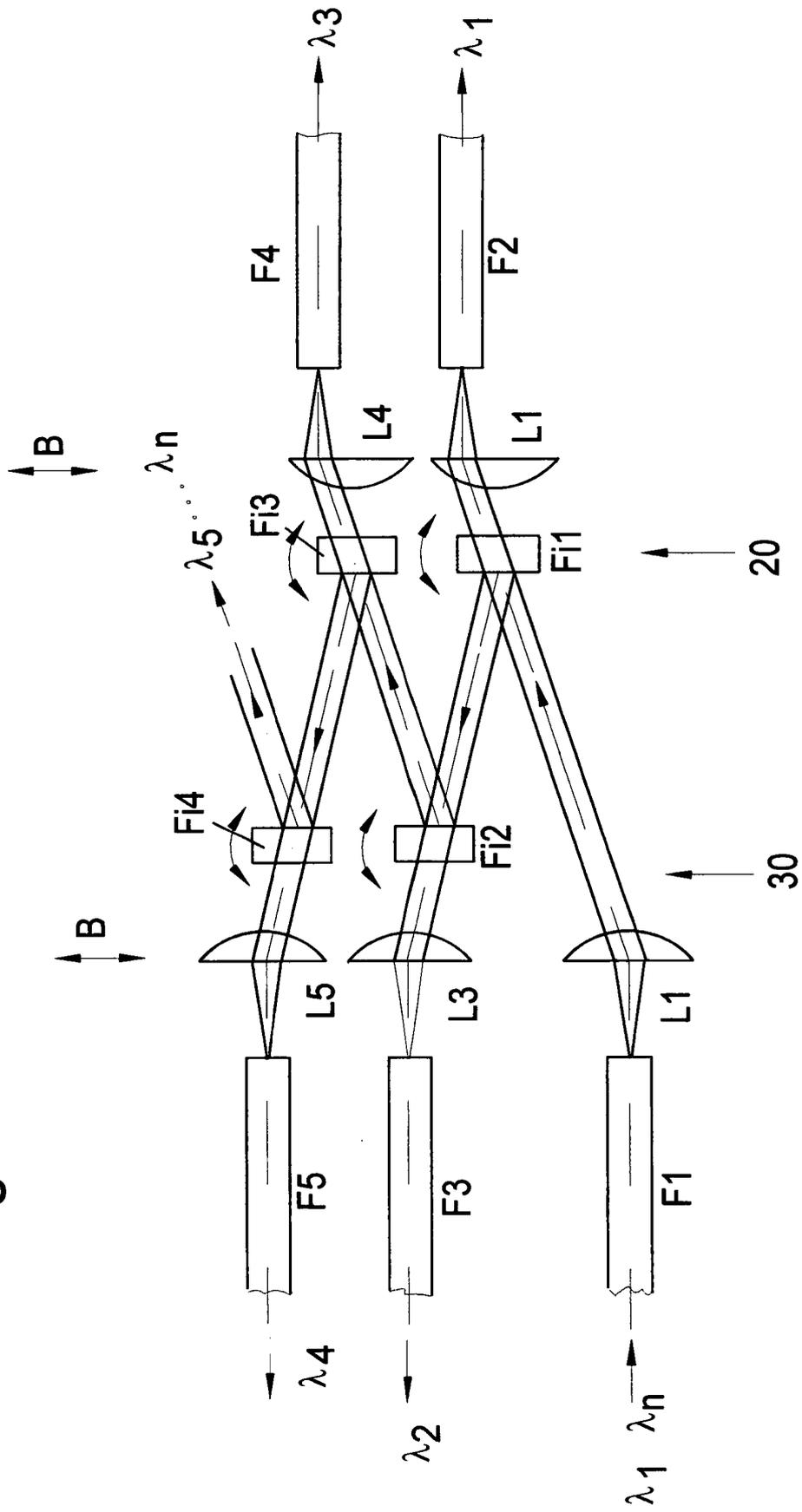


Fig. 4



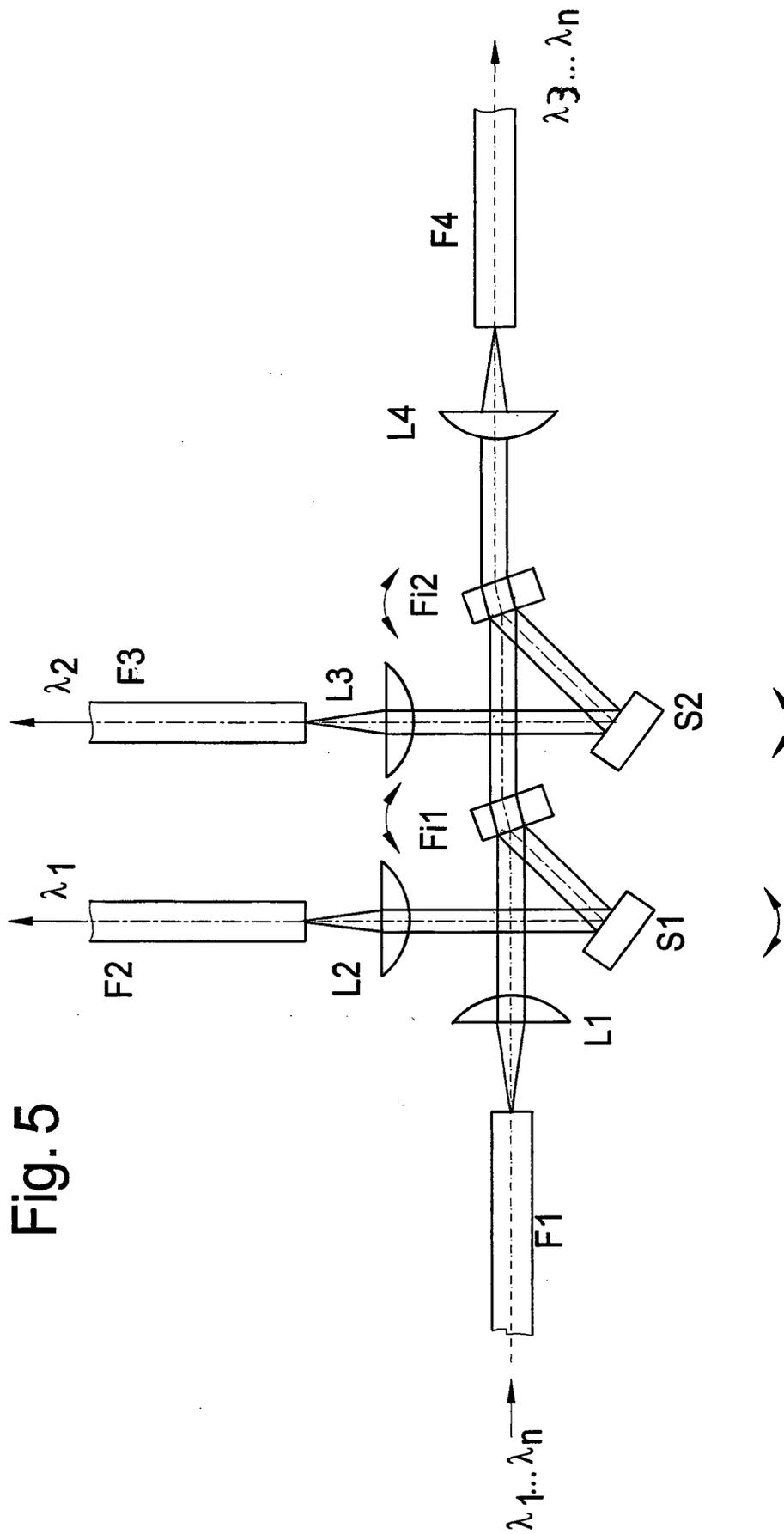


Fig. 5

Fig. 7

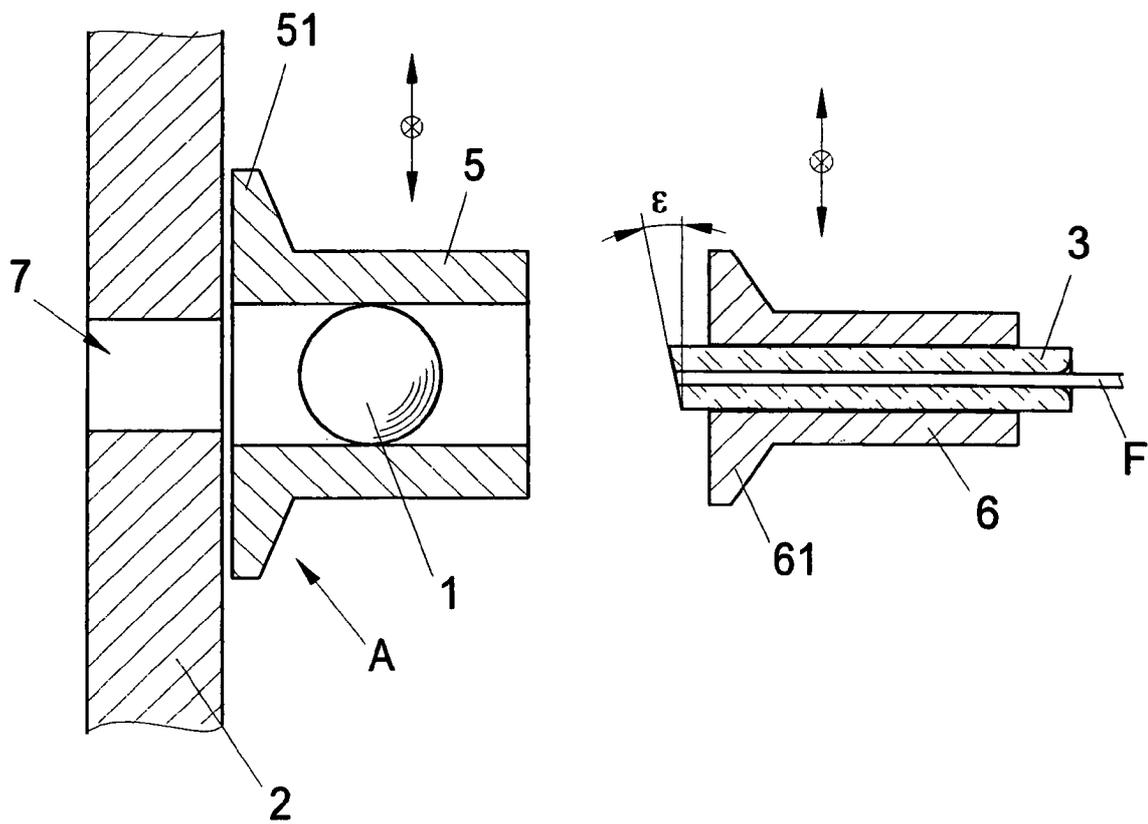


Fig. 8a

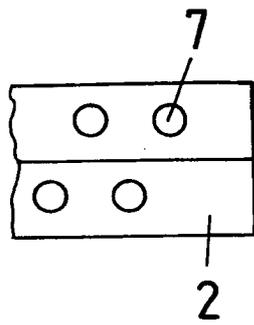


Fig. 8b

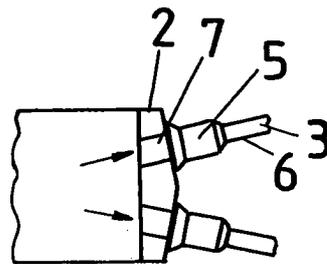


Fig. 9

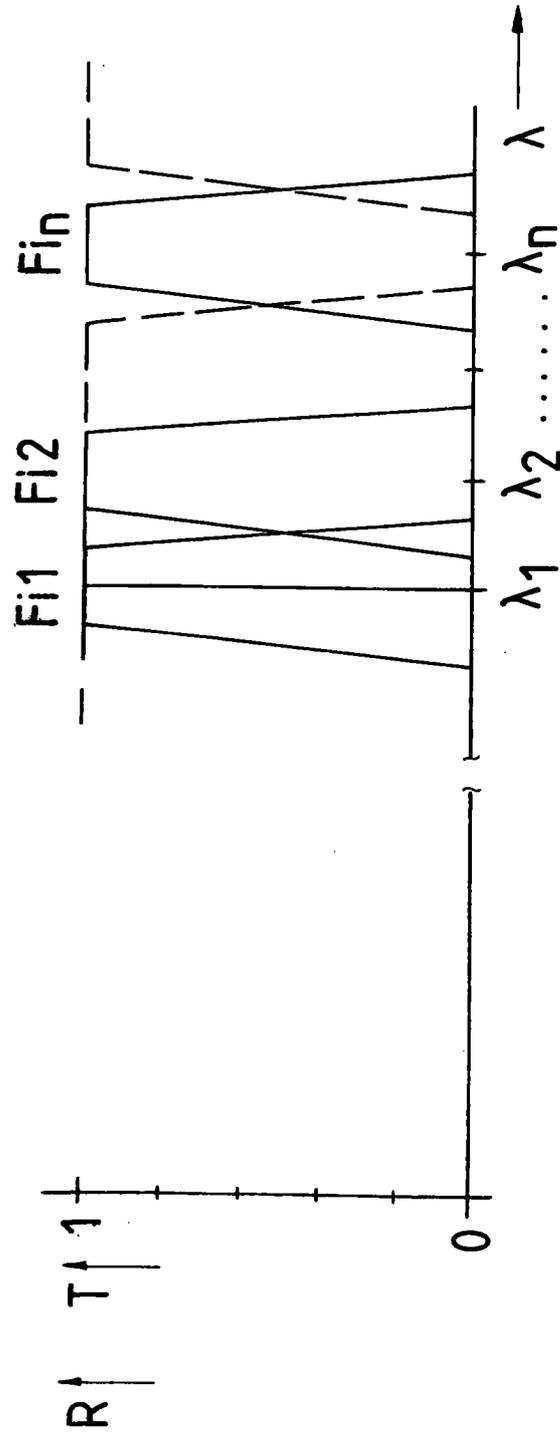
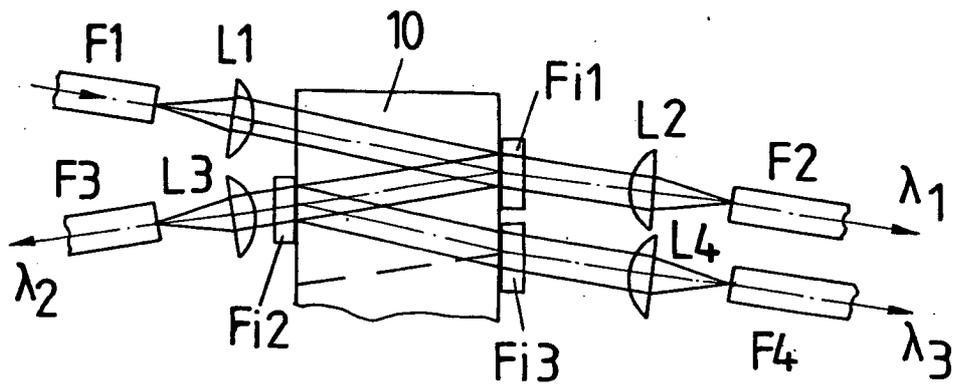


Fig.10



Stand der Technik