(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
13. Februar 2003 (13.02.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 03/012505 A1

(51) Internationale Patentklassifikation[7]: G02B 6/293, H04J 14/02

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE01/02446

(22) Internationales Anmeldedatum:
2. Juli 2001 (02.07.2001)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(71) Anmelder: INFINEON TECHNOLOGIES AG [DE/DE]; St.-Martin-Strasse 53, 81669 München (DE).

(72) Erfinder: KROPP, Jörg-Reinhardt; Zittauer Strasse 60, 12355 Berlin (DE). ELSCHNER, Robert; Sigmaringer Strasse 9, 10713 Berlin (DE). EICHLER, Hans, Joachim; Marienhöher Weg 37a, 12105 Berlin (DE). SCHULZ, Ron; Wilseder Strasse 10, 12169 Berlin (DE).

(74) Anwalt: MÜLLER, Wolfram; Maikowski & Ninnemann, Kurfürstendamm 54-55, 10707 Berlin (DE).

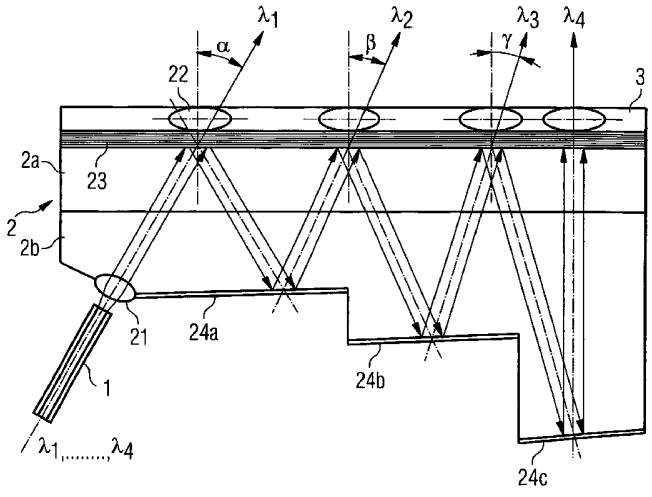
(84) Bestimmungsstaaten *(regional)*: europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

Veröffentlicht:
— *mit internationalem Recherchenbericht*

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.

(54) Title: DEVICE AND METHOD FOR MULTIPLEXING AND/OR DEMULTIPLEXING OPTICAL SIGNALS OF NUMEROUS WAVELENGTHS

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUM MULTIPLEXEN UND/ODER DEMULTIPLEXEN OPTISCHER SIGNALE EINER MEHRZAHL VON WELLENLÄNGEN



(57) Abstract: The invention relates to a device and a method for multiplexing and/or demultiplexing optical signals of numerous wavelengths, whereby the optical signals of different wavelengths are selectively combined or separated according to their wavelengths. According to the invention, to combine or separate the individual wavelengths (11, ..., 14) exactly one wavelength-selective filter (23) is used and the optical signals are guided in such a way that they repeatedly strike the filter (23), each time at different angles (a, b, g, d), whereby for each angle (a, b, g, d), optical signals of only one specific wavelength (11, ..., 14) are engaged or disengaged. In said device, the light from the numerous wavelengths (11, ..., 14) is reflected back and forth between the wavelength-selective filter (23, 43, 43) and at least one reflective surface (24a, 24b, 24c; 61; 41a, 41b, 41c), in such a way that the light strikes the filter (23, 43, 43) at a different angle after each reflection.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 03/012505 A1

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Multiplexen und/oder Demultiplexen optischer Signale einer Mehrzahl von Wellenlängen, wobei die optischen Signale der verschiedenen Wellenlängen vereinigt oder wellenlängenselektiv separiert werden. Erfindungsgemäß wird zur Vereinigung oder Separierung der einzelnen Wellenlängen (l1, ..., l4) genau ein wellenlängenselektives Filter (23) verwendet und werden die optischen Signale derart geführt, daß sie mehrfach unter jeweils verschiedenen Winkeln (a, b, g, d) auf das wellenlängenselektive Filter (23) treffen, wobei für jeden Winkel (a, b, g, d) optische Signale nur einer bestimmten Wellenlänge (l1, ..., l4) ein- oder ausgekoppelt werden. In der Vorrichtung wird das Licht der Mehrzahl von Wellenlängen (11, ..., 14) derart zwischen dem wellenlängenselektiven Filter (23, 43, 43) und mindestens einer reflektierenden Oberfläche (24a, 24b, 24c; 61; 41a, 41b, 41c) der Vorrichtung hin- und herreflektiert, dass das Licht nach jeder Reflektion unter einem anderen Winkel auf den wellenselktiven Filter (23, 43, 43) trifft.

Beschreibung

Bezeichnung der Erfindung: Vorrichtung und Verfahren zum Multiplexen und/oder Demultiplexen optischer Signale einer Mehrzahl von Wellenlängen.

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Multiplexen und/oder Demultiplexen optischer Signale einer Mehrzahl von Wellenlängen nach dem Oberbegriff der Ansprüche 1 und 20.

Es ist in der optischen Nachrichtentechnik bekannt, zur Übertragung einer möglichst großen Datenmenge über einen Lichtwellenleiter die zu übertragenden Daten zu multiplexen. Eine Möglichkeit hierzu besteht darin, mit mehreren Wellenlängen unabhängig und gleichzeitig über einen Wellenleiter Informationen zu übertragen. Dabei ist es notwendig, auf der Sendeseite die Signale der verschiedenen Lichtquellen durch einen optischen Multiplexer in einen Lichtwellenleiter zu vereinigen und auf der Empfängerseite die Signale verschiedener Wellenlängen aus dem ankommenden Wellenleiter durch einen optischen Demultiplexer in einzelne Kanäle zur getrennten Detektion aufzuteilen.

Zur Realisierung eines Multiplexing oder Demultiplexing ist es aus der EP-A-0 877 264 bekannt, die einzelnen Wellenlängen durch Interferenzfilter zu separieren. Durch eine hohe Anzahl von Interferenzschichten erzeugen die Interferenzfilter sehr steile spektrale Flanken zwischen Transmission und Reflektion verschiedener Wellenlängen. Nur eine bestimmte Wellenlänge wird dabei durch die Interferenzfilter durchgelassen, während die anderen Wellenlängen reflektiert werden. Durch eine Kaskadierung von solchen Filtern mit individuell unterschiedlichen spektralen Tansmissionslagen kann eine Selektion bzw. Vereinigung einer Vielzahl von Wellenlängenkanälen erfolgen. Die Verwendung von Interferenzfiltern ist insbesondere bei größeren Wellenlängenabständen von 10 nm und mehr zwischen

den einzelnen Kanälen äußerst effektiv.
Eine Kaskadierung mehrerer unterschiedlicher Filter kann in einem parallelen optischen Strahlengang erfolgen. Voraussetzung hierfür ist eine Strahlformung durch Linsen oder Spiegel. Für den Fall, daß das Licht in Lichtwellenleitern geführt wird, sind Anordnungen bekannt, bei denen Licht eines Wellenleiters unter einem Winkel an einer Spiegelfläche reflektiert und nach der Reflektion in einem weiteren Wellenleiter weitergeführt wird, wobei der Spiegel wellenlängenselektiv ausgelegt ist. Durch Zickzackführung der Wellenleiter zwischen mehreren wellenlängenselektiven Spiegeln erfolgt dabei eine Kaskadierung.

Nachteilig müssen die bei einer Kaskadierung von Filtern verwendeten Filter sehr genau ausgelegt und aufeinander abgestimmt sein. Dies ist aufwendig und mit hohen Kosten verbunden.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Multiplexen und/oder Demultiplexen optischer Signale zur Verfügung zu stellen, die kostengünstig herstellbar bzw. einsetzbar sind und insbesondere den Einsatz wellenlängenselektiver Filter vereinfachen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruch 20 gelöst. Bevorzugte und vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Danach ist erfindungsgemäß vorgesehen, daß zur Vereinigung oder Separierung der einzelnen Wellenlängen der optischen Signale nur ein wellenlängenselektives Filter verwendet und die optischen Signale dabei derart geführt werden, daß sie mehrfach unter jeweils verschiedenen Winkeln auf das

wellenlängenselektive Filter treffen, wobei für jeden Winkel optische Signale nur einer bestimmten Wellenlänge ein- oder ausgekoppelt werden.

Die Erfindung beruht somit auf dem Gedanken, die Separierung der Wellenlängen nicht durch mehrere unterschiedliche Filter vorzunehmen, sondern durch ein einziges Filter, welches in verschiedenen Winkeln be- bzw. durchstrahlt wird. Das wellenlängenselektive Filter weist dabei für jeden Bestrahlungswinkel eine andere Filtercharakteristik auf: ein bestimmter Winkel korrespondiert mit einer bestimmten Wellenlänge, die durch das wellenlängenselektive Filter separiert wird, so daß durch die Wahl der Winkel die Wellenlängenbereiche der einzelnen optischen Kanäle festgelegt werden können.

Die Erfindung weist den großen Vorteil auf, daß nur ein Filter für sämtliche optischen Kanäle bzw. Wellenlängen benötigt wird. Dies ist mit erheblichen Kosteneinsparungen verbunden.

In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung wird das Licht der Mehrzahl von Wellenlängen derart zwischen dem wellenlängenselektiven Filter und mindestens einer reflektierenden Oberfläche der Vorrichtung hin- und herreflektiert, daß die Lichtstrahlen nach jeder Reflektion unter einem anderen Winkel auf das Filter treffen, wobei für jeden Winkel eine bestimmte Wellenlänge ausgekoppelt wird. Dabei kann sowohl vorgesehen sein, daß nur eine Wellenlänge von dem wellenlängenslektiven Filter durchgelassen wird, als auch daß nur eine bestimmte Wellenlänge von dem wellenlängenselektiven Filter reflektiert wird.

Es wird darauf hingewiesen, daß genaugenommen nicht nur eine bestimmte Wellenlänge für einen bestimmten Winkel ausgekoppelt wird, sondern ein schmalbandiger

Wellenlängenbereich mit einer Bandbreite von beispielsweise 5 bis 10 nm.

In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung sind in der Vorrichtung mehrere reflektierende Oberflächen vorgesehen, die winkelig gegenüber dem Filter angeordnet sind. Die einzelnen Oberflächen können dabei je nach dem gewünschten Winkel, mit dem das Licht auf das wellenlängenselektive Filter auftreffen soll, unter dem gleichen oder unter einem unterschiedlichen Winkel gegenüber dem wellenlängenselektiven Filter geneigt sein. Auch kann vorgesehen sein, daß die reflektierenden Oberflächen jeweils einen anderen Abstand zu dem wellenlängenselektiven Filter aufweisen. Dies ermöglicht, den Abstand der Auftreffpunkte des Lichts auf den Filter in gewünschter Weise, insbesondere äquidistant einzustellen.

In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung ist vorgesehen, daß das in einem Wellenleiter geführte Licht mehrerer Wellenlängen aus dem Wellenleiter austritt und frei strahlend durch ein optisches Abbildungssystem, insbesondere eine Linse, zu einem im wesentlichen parallelen Lichtbündel geformt wird, das den Filter mehrmals jeweils unter einem anderen Winkel durchstrahlt. Die dabei ausgekoppelten Lichtstrahlen jeweils einer bestimmten Wellenlänge werden über weitere optische Abbildungssysteme auf einen opto-elektronischen Wandler, insbesondere einen Detektor abgebildet. Bevorzugt sind die optischen Abbildungssysteme dabei in einem mehrkanaligen Schnittstellenkörper integriert, der eine kompakte und einfach handhabbare Einheit darstellt.

Das wellenlängenselektive Filter ist bei dieser Ausführungsform beispielsweise auf der Oberfläche eines monolithischen Multiplexkörpers ausgebildet, wobei die reflektierenden Oberflächen an einer gegenüberliegenden, gegenüber dem Filter schräg verlaufenden Oberfläche des

Multiplexkörpers ausgebildet sind. Hierdurch wird eine kompakte Anordnung bereitgestellt.

Alternativ ist vorgesehen, daß das wellenlängenselektive Filter nicht unmittelbar auf der Oberfläche eines Multiplexkörpers ausgebildet ist, sondern auf einem separaten Trägerkörper, beispielsweise einem Glassubstrat, das dann mit dem Multiplexkörper verbunden wird. Dies weist den Vorteil auf, daß das wellenlängenselektive Filter gesondert gefertigt und vorgeprüft werden kann.

In einer alternativen Ausgestaltung der Erfindung wird das Licht mehrerer Wellenlängen in einem Lichtwellenleiter geführt, der unter unterschiedlichen Winkeln mehrfach an das wellenlängenselektive Filter herangeführt wird. Das Licht wird dabei an dem wellenlängenselektiven Filter wellenlängenselektiv reflektiert und in dem Lichtwellenleiter weitergeführt. Durch entsprechendes gekrümmtes Führen des Lichtwellenleiters und/oder einer Reflektion an einer Spiegelfläche wird das Licht in dem Wellenleiter erneut, diesmal unter einem anderen Winkel an das wellenlängenselektive Filter herangeführt.

Der Wellenleiter ist dabei bevorzugt integriert optisch in einem Substrat, insbesondere einem integriert optischen Chip ausgebildet. Eine oder mehrere Spiegelflächen werden dabei bevorzugt durch eine verspiegelte Oberfläche des Substrats bereitgestellt. Der Lichtwellenleiter kann in dem Substrat gekrümmt oder auch zickzackförmig verlaufen. Eine Einkoppelung von Licht in den Wellenleiter erfolgt bevorzugt direkt an der Substratkante, ohne die Verwendung einer zusätzlichen Optik. Ebenso wird das in einzelne Wellenlängen separierte Licht bevorzugt durch opto-elektronische Wandler selektiert, die unmittelbar und ohne eine zusätzliche Optik an das Substrat angekoppelt sind. Es ist jedoch ebenso möglich, die opto-elektronischen Wandler in einem Träger anzuordnen, der dann an der Substratkante montiert wird. Auch

kann zur Einkopplung von Licht ein gesonderten Schnittstellenkörper vorgesehen sein.

Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Figuren der Zeichnung anhand mehrerer Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung zum Multiplexen und/oder Demultiplexen optischer Signale, wobei die Signale in einem parallelen Lichtbündel mehrfach einen Interferenzfilter durchstrahlen;

Fig. 2 ein zweites Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung zum Multiplexen und/oder Demultiplexen optischer Signale, wobei das Licht in einem gekrümmt verlaufenden Lichtwellenleiter geführt wird;

Fig. 3 ein drittes Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung zum Multiplexen und/oder Demultiplexen optischer Signale, wobei das Licht in einem zickzackförmig verlaufenden Lichtwellenleiter geführt wird.

Gemäß Fig. 1 wird Licht einer Vielzahl von Wellenlängen $\lambda 1$, ... $\lambda 4$ in einer Glasfaser 1 geführt. Jede Wellenlänge stellt dabei einen optischen Datenkanal zur Übertragung von Daten zur Verfügung. Mittels eines Demultiplexers 2, der bei umgekehrter Strahlführung auch als Multiplexer verwendet werden kann, werden die einzelnen Wellenlängen $\lambda 1$, ... $\lambda 4$ separiert, so daß sie getrennt detektiert werden können.

Der Demultiplexer 2 weist ein erstes optisches Abbildungssystem 21, zweite optische Abbildungssysteme 22, einen Interferenzfilter 23 und mehrere gegenüber dem Interferenzfilter 23 schräg verlaufende Spiegelflächen 24a, 24b, 24c auf.

Das erste optische Abbildungssystem, bei dem es sich im dargestellen Ausführungsbeispiel um eine Sammellinse 21 handelt, formt die aus der Glasfaser 1 austretenden Lichtstrahlen der mehreren Wellenlängen zu einem nahezu parallelen Lichtbündel, das unter einem ersten Winkel α auf das Interferenzfilter 23 fällt.

Das Interferenzfilter 23 besteht aus einer Vielzahl von jeweils $\lambda/4$ und $\lambda/2$ dicken Schichten unterschiedlicher Brechzahl. Beispielsweise bestehen die Schichten abwechselnd aus SO_2 und TiO_2 oder aus ZrO_2 und MgF_2. Derartige Interferenzfilter sind an sich bekannt.

Das parallele Lichtbündel fällt unter einem Winkel α auf das Interferenzfilter 23, bei dem genau eine Wellenlänge $\lambda 1$ durch das Interferenzfilter durchgelassen wird, während die anderen Wellenlängen $\lambda 2$, $\lambda 3$, $\lambda 4$ reflektiert werden. Das Licht der Wellenlänge $\lambda 1$ tritt dabei im wesentlichen ohne Ablenkung durch das Interferenzfilter 23 hindurch.

Der Winkel α, unter dem die Wellenlänge $\lambda 1$ ausgekoppelt wird, hängt dabei von dem verwendeten Interferenzfilter, von der ausgekoppelten Wellenlänge und von der gewünschten Bandbreite des Filters bei der betrachteten Wellenlänge ab. Dabei wird die größte, vom Filter separierbare Wellenlänge bei dem kleinsten Einfallwinkel (0°) und werden kleinere Wellenlängen unter einem zunehmend größeren Winkel ausgekoppelt (vgl. auch Fig. 4).

Das von dem Interferenzfilter 23 durchgelassene Licht der Wellenlänge $\lambda 1$ wird durch das zweite optische Abbildungssystem 22, bei dem es sich wiederum um eine Linse handelt, auf einen nicht dargestellten Detektor abgebildet oder alternativ in einen Wellenleiter eingekoppelt. Dabei kann abweichend von der Darstellung in Fig. 1 auch vorgesehen sein, daß die Linse 22 das transmittierte Licht in geeigneter

Weise ablenkt und dabei auf einen Detektor abbildet bzw. in einen Wellenleiter einkoppelt.

Das von dem Interferenzfilter 23 reflektierte Licht der Wellenlängen λ2, λ3, λ4 wird an einer Spiegelfläche 24a des Multiplexers 2 erneut reflektiert, wobei die Spiegelfläche 24a winkelig gegenüber dem Interferenzfilter 23 angeordnet ist. Dies führt dazu, daß das an der Spiegelfläche 24a reflektierte Licht nun unter einem anderen Winkel β auf das Interferenzfilter 23 fällt. Für den anderen Einfallswinkel β weist das Interferenzfilter 23 eine andere Wellenlängenselektivität auf, so daß nun die Wellenlänge λ2 ausgekoppelt und über eine Linse 22 auf einen nicht dargestellten Detektor abgebildet wird.

Das reflektierte Licht der Wellenlängen λ3, λ4 wird wiederum an einer schräg angeordneten Spiegelfläche 24b reflektiert und unter einem dritten Winkel γ auf das Interferenzfilter 23 geführt. Hier wird nun die Wellenlänge λ3 ausgekoppelt. Die verbleibende Wellenlänge λ4 wird an einer erneut schräg angeordneten Spiegelfläche 24c des Multiplexers 2 reflektiert und fällt dann senkrecht auf den Interferenzfilter 23, der bei diesem Winkel für die noch verbleibende Wellenlänge λ4 durchlässig ist.

Das gleiche Prinzip ist selbstverständlich auch bei einer anderen Zahl von zu separierenden Wellenlängen einsetzbar. Auf die beschrieben Weise erfolgt mit nur einem Filter eine Separation der Wellenlängen λ1, ..., λ4, wobei jede zu separierende Wellenlänge unter einem unterschiedlichen Winkel auf den Interferenzfilter 23 trifft.

Der Demultiplexer 2 besteht bevorzugt aus einem monolitischen Multiplexkörper, an dessen einen Oberfläche der Interferenzfilter 23 ausgebildet ist und an dessen gegenüberliegender Oberfläche die winkelig und als Stufen ausgebildeten Spiegelflächen 24a, 24b, 24c ausgebildet sind.

Die zweiten optischen Abbildungssysteme bzw. Linsen 22 sind bevorzugt in einen Schnittstellenkörper 3 integriert, der auf den Interferenzfilter 23 aufgesetzt wird.

Zwecks einer einfacheren Herstellung des Multiplexkörpers kann dieser auch aus zwei Teilbereichen 2a, 2b bestehen, wobei auf dem einen Teilbereich 2a der Interferenzfilter angebracht wird und an dem anderen Teilbereich 2b die reflektierenden, schräg angeordneten Spiegelflächen 24a, 24b, 24c sowie das erste optische Abbildungssystem 21 ausgebildet werden. Der Teilbereich 2a mit dem Interferenzfilter stellt dabei einen separaten Trägerkörper für den Interferenzfilter bereit. Die beiden Teilkörper 2a, 2b werden entlang einer parallelen Grenzfläche direkt aneinandergesetzt.

Fig. 2 zeigt in Draufsicht ein alternatives Ausführungsbeispiel eines Demultiplexers 4, bei dem das Licht mehrerer Wellenlängen $\lambda 1$, $\lambda 2$, $\lambda 3$, $\lambda 4$ in einem Wellenleiter 5 geführt wird. Der Wellenleiter 5 ist dabei integriert optisch in einem Substrat 6 ausgebildet. An der oberen Kante 62 des Substrats 6 ist (senkrecht zur Zeichenebene) ein Interferenzfilter 43 angeordnet, das an einem an dem Substrat 6 befestigten Träger 8 ausgebildet ist. Die untere Substratkante 61 ist metallisiert, so daß sie als Spiegel wirkt. Alternativ kann das Interferenzfilter 43 auch an der Substratkante 61 ausgebildet sein, ohne daß ein Träger 8 verwendet wird.

Licht der verschiedenen Wellenlängen $\lambda 1$, ..., $\lambda 4$ wird an der Substratkante direkt in den Wellenleiter 5 eingekoppelt und in diesem unter einem ersten Winkel α auf den wellenlängenselektiven Filter 43 geführt. Wie in Bezug auf Fig. 1 erläutert, wird dabei eine Wellenlänge $\lambda 1$ ausgekoppelt, während die weiteren Wellenlängen reflektiert und in dem von dem Filter 43 winklig wieder weggeführten Wellenleiter 5 zur unteren, verspiegelten Substratkante 61 geführt, dort reflektiert und von dem gekrümmten Wellenleiter

5 unter einem zweiten Winkel β wieder auf das Interferenzfilter 43 geführt werden. Es erfolgt nun eine Auskoppelung der Wellenlänge λ2. Nach weiteren Reflektionen an der metallisierten Substratkante 61 wird das Licht in den Wellenleiter 5 unter einem Winkel γ und schließlich senkrecht auf den Interferenzfilter 43 gelenkt, wobei die noch verbleibenden Wellenlängen λ3, λ4 ausgekoppelt werden.

Die jeweils ausgekoppelten Wellenlängen werden wiederum durch einen opto-elektronischen Wandler, insbesondere eine Fotodiode 7 detektiert, die lediglich schematisch dargestellt ist. Die Fotodioden 7 sind direkt und ohne zusätzliche Optik an den integriert optischen Chip 6 bzw. den Träger 8 angekoppelt. Alternativ ist ein Trägerkörper für die Fotodioden 7 vorgesehen, der mit dem Träger 8 verbunden ist.

Das Ausführungsbeispiel der Fig. 3 betrifft ebenso wie die Fig. 2 einen 4-Kanal-Demultiplexer, bei dem das Licht in einem Wellenleiter 5' geführt wird. Anders als in der Fig. 2 verläuft der Wellenleiter 5' dabei zickzackförmig und auf den jeweiligen Teilstrecken geradlinig in dem Substrat 6'. Der Funktionsmechanismus bei der Auskoppelung der Wellenlängen λ1, λ2, λ3, λ4 ist der gleiche wie in Bezug auf die Fig. 1 und 2 beschrieben. Aufgrund der Zickzackführung des Lichtwellenleiters 5' in dem Substrat 6' ist jedoch nicht nur eine metallisierte Spiegelfläche wie bei der Fig. 2 vorgesehen, sondern mehrere metallisierte Spiegelflächen 41a', 41b', 41c', die jeweils winkelig, d.h. nicht parallel gegenüber dem Interferenzfilter 43' angeordnet sind. Das Substrat 6' ist dazu mit entsprechenden schräg verlaufenden Kanten versehen, an denen die Spiegelflächen 41a', 41b', 41c' realisiert sind.

Opto-elektronische Wandler zur Detektion der separierten Wellenlängen werden wiederum direkt und ohne zusätzliche Optik an das Substrat bzw. den integriert- optischen Chip angekoppelt oder alternativ in einem Trägerkörper für die

Wandler bereitgestellt. Ebenso kann das Licht jeweils in einen Lichtwellenleiter eingekoppelt werden, wobei jeder Lichtwellenleiter eine separierte Wellenlänge überträgt.

Es wird darauf hingewiesen, daß in Figur 3 ebenso wie in Figur 1 die schräg verlaufenden Kanten mit den Spiegelflächen 41a', 41b', 41c' jeweils in einem unterschiedlichen Abstand zu dem Interferenzfilter 43' angeordnet sind. Dies ermöglicht, den Abstand zwischen den Auftrittspunkten des Lichts auf das Interferenzfilter auf einen gewünschten Wert, insbesondere äquidistant einzustellen. So ist in den Figuren 1 und 3 der Abstand zwischen den ersten drei Auftrittspunkten und dementsprechend auch der Abstand der zugeordneten optischen Abbildungssysteme 22 und Wandler äquidistant. Sofern in den Figuren 1 und 3 die Kante mit der Spiegelfläche 24c, 41c' einen größeren Abstand vom Interferenzfilter 23, 43' aufweisen würde, wäre auch der letzte Auftrittspunkt äquidistant.

Dabei ist zu beachten, daß der erforderliche Auftrittswinkel durch die zu separierende Wellenlänge festgelegt ist. Über eine geeignete Einstellung des Abstands der einzelnen Kanten bzw. Spiegelflächen kann trotzdem eine äquidistante Anordnung der Abbildungssysteme und Wandler bereitgestellt werden, was den Vorteil einer einfacheren Bereitstellung dieser Systeme und Komponenten in einem Trägerkörper aufweist.

Fig. 4 zeigt schematisch die winkelabhängige Transmission eines wellenlängenselektiven Filters. Die Transmission ist dabei sowohl für eine p-Polarisation als auch für eine s-Polarisation des Lichtes dargestellt. Es ist gut erkennbar, daß für verschiedene Winkel, unter denen Licht auf ein Interferenzfilter fällt, der Interferenzfilter für unterschiedliche Wellenlängen durchlässig ist. Bei Kenntnis der winkelabhängigen Transmission wird das Licht der zu separierenden Wellenlänge unter dem jeweils erforderlichen Winkel auf das Interferenzfilter gerichtet.

Es wird darauf hingewiesen, daß die Winkelabhängigkeit der Transmission eines Interferenzfilter eine inhärente Eigenschaft eines Interferenzfilters ist und es keiner zusätzlichen Maßnahmen bedarf, um eine solche Winkelabhängigkeit bereitzustellen.

Die Erfindung beschränkt sich in ihrer Ausführung nicht auf die vorstehend dargestellten Ausführungsbeispiele. Beispielsweise ist es ebenfalls möglich, daß das Interferenzfilter derart ausgelegt ist, daß nur eine bestimmte Wellenlänge reflektiert und die übrigen Wellenlängen transmittiert werden. Bei Spiegelung der transmittierten Wellenlängen und Rückführung auf den Interferenzfilter unter einem unterschiedlichen Winkel ergibt sich dabei die gleiche Funktionsweise wie bei den Fig. 1 - 3.

Wesentlich für die Erfindung ist allein, daß die optischen Signale im dem Multiplexer/Demultiplexer derart geführt werden, daß sie mehrfach unter verschiedenen Winkeln auf einen wellenlängenselektiven Filter treffen, wobei für jeden Winkel eine bestimmte Wellenlänge ausgekoppelt wird.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Multiplexen und/oder Demultiplexen optischer Signale einer Mehrzahl von Wellenlängen, wobei die optischen Signale der verschiedenen Wellenlängen vereinigt oder wellenlängenselektiv separiert werden,

dadurch gekennzeichnet,

daß zur Vereinigung oder Separierung der einzelnen Wellenlängen ($\lambda 1$, ..., $\lambda 4$) genau ein wellenlängenselektives Filter (23, 43, 43') verwendet wird und die optischen Signale derart in der Vorrichtung (2, 4, 4') geführt werden, daß sie mehrfach unter jeweils verschiedenen Winkeln (α, β, γ, δ) auf das wellenlängenselektive Filter (23, 43, 43') treffen, wobei für jeden Winkel (α, β, γ, δ) optische Signale nur einer bestimmten Wellenlänge ($\lambda 1$, ..., $\lambda 4$) ein- oder ausgekoppelt werden.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Licht der Mehrzahl von Wellenlängen ($\lambda 1$, ..., $\lambda 4$) derart zwischen dem wellenlängenselektiven Filter (23, 43, 43') und mindestens einer reflektierenden Oberfläche (24a, 24b, 24c; 61; 41a', 41b', 41c') der Vorrichtung hin- und herreflektiert wird, daß das Licht nach jeder Reflektion unter einem anderen Winkel auf das wellenselektive Filter (23, 43, 43') trifft.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere reflektierende Oberflächen (24a, 24b, 24c; 41a', 41b', 41c')vorgesehen sind, die gegenüber dem wellenlängenselektiven Filter (23, 43, 43') winklig angeordnet sind.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die reflektierenden Oberflächen (24a, 24b, 24c; 61; 41a', 41b', 41c') jeweils unter einem anderen Winkel gegenüber dem wellenlängenselektiven Filter (23, 43, 43') geneigt sind.

5. Vorrichtung nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die reflektierenden Oberflächen (24a, 24b, 24c; 41a', 41b', 41c') jeweils einen anderen Abstand zu dem wellenlängenselektiven Filter (23, 43, 43') aufweisen.

6. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 1 - 5, dadurch gekennzeichnet, daß das aus einem Wellenleiter (1) austretende Licht mehrerer Wellenlängen durch ein optisches Abbildungssystem (21) zu einem im wesentlichen parallelen Lichtbündel geformt wird, das den wellenlängenselektiven Filter (23) mehrmals jeweils unter einem anderen Winkel durchstrahlt.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die ausgekoppelten Lichtstrahlen über weitere optische Abbildungssysteme (22) jeweils auf einen zugeordneten Detektor abgebildet werden.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die mehreren optischen Abbildungssysteme (22) in einen mehrkanaligen Schnittstellenkörper (3) integriert sind.

9. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 6 - 8, dadurch gekennzeichnet, daß das wellenlängenselektive Filter (23) auf einer Oberfläche eines Multiplexkörpers (2a, 2b) angeordnet ist und der Mulitplexkörper mindestens eine weitere, Oberfläche

aufweist, die mehrere schräg angeordnete reflektierende Oberflächen (24a, 24b, 24c) ausbildet.

10. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 1 - 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Licht der Mehrzahl von Wellenlängen ($\lambda 1$, ..., $\lambda 4$) in einem Lichtwellenleiter (5, 5') geführt wird, der unter unterschiedlichen Winkeln (α, β, γ, δ) mehrfach an das wellenlängenselektive Filter (43, 43') herangeführt wird.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Wellenleiter (5, 5') integriert optisch in einem Substrat (6, 6'), insbesondere einem integriert optischen Chip ausgebildet ist.

12. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Wellenleiter (5, 5') zwischen dem wellenlängenselektiven Filter (43, 43') und mindestens einer Spiegelfläche (61; 41a', 41b', 41c') hin- und hergeführt wird.

13. Vorrichtung nach Anspruch 11 und 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Spiegelfläche (61) durch eine metallisierte Oberfläche des Substrats (6) gebildet wird.

14. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 11 - 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Wellenleiter (5) zur Realisierung unterschiedlicher Heranführwinkel an den wellenlängenselektiven Filter (43) in dem Substrat (6) gekrümmt verläuft.

15. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 11 - 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Wellenleiter (5') zur Realisierung unterschiedliche Heranführwinkel

an den wellenlängenselektiven Filter (43') in dem Substrat (6') zickzackförmig hin- und herläuft, wobei das im Wellenleiter geführte Licht mehrfach an mindestens einer winklig zum wellenlängenselektiven Filter (43') verlaufenden Schicht (41a', 41b', 41c') reflektiert wird.

16. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die mindestens eine winkelig zum wellenlängenselektiven Filter verlaufende Schicht (41a', 41b', 41c') an einer Oberfläche des Substrats (6') ausgebildet ist.

17. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 11 - 16, dadurch gekennzeichnet, daß Licht in den Wellenleiter (5, 5') des Substrats (6, 6') unmittelbar von der Substratkante (61) eingekoppelt wird.

18. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 11 - 17, dadurch gekennzeichnet, daß das Licht der separierten, ausgekoppelten Wellenlängen jeweils durch einen opto-elektronischen Wandler (7) detektiert wird, der direkt und ohne zusätzliche Optik an das Substrat (6, 6') angekoppelt ist.

19. Vorrichtung nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das wellenlängenselektive Filter (23, 43') an einem separaten Trägerkörper (2a, 8) ausgebildet ist.

20. Verfahren zum Multiplexen und/oder Demultiplexen optischer Signale einer Mehrzahl von Wellenlängen, wobei die optischen Signale der verschiedenen Wellenlängen vereinigt oder wellenlängenselektiv separiert werden,

dadurch gekennzeichnet,

daß zur Vereinigung oder Separierung der einzelnen Wellenlängen ($\lambda 1$, ..., $\lambda 4$) die optischen Signale mehrfach unter jeweils verschiedenen Winkeln (α, β, γ, δ) auf ein wellenlängenselektive Filter (23, 43, 43') gelenkt werden, wobei für jeden Winkel (α, β, γ, δ) optische Signale nur einer bestimmten Wellenlänge ($\lambda 1$, ..., $\lambda 4$) ein- oder ausgekoppelt werden.

21. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß das Licht der Mehrzahl von Wellenlängen ($\lambda 1$, ..., $\lambda 4$) zwischen dem wellenlängenselektiven Filter (23, 43, 43') und mindestens einer reflektierenden Oberfläche (24a, 24b, 24c; 61; 41a', 41b', 41c') der Vorrichtung hin- und herreflektiert wird, wobei das Licht nach jeder Reflektion unter einem anderen Winkel auf das wellenselektive Filter (23, 43, 43') trifft.

FIG 1

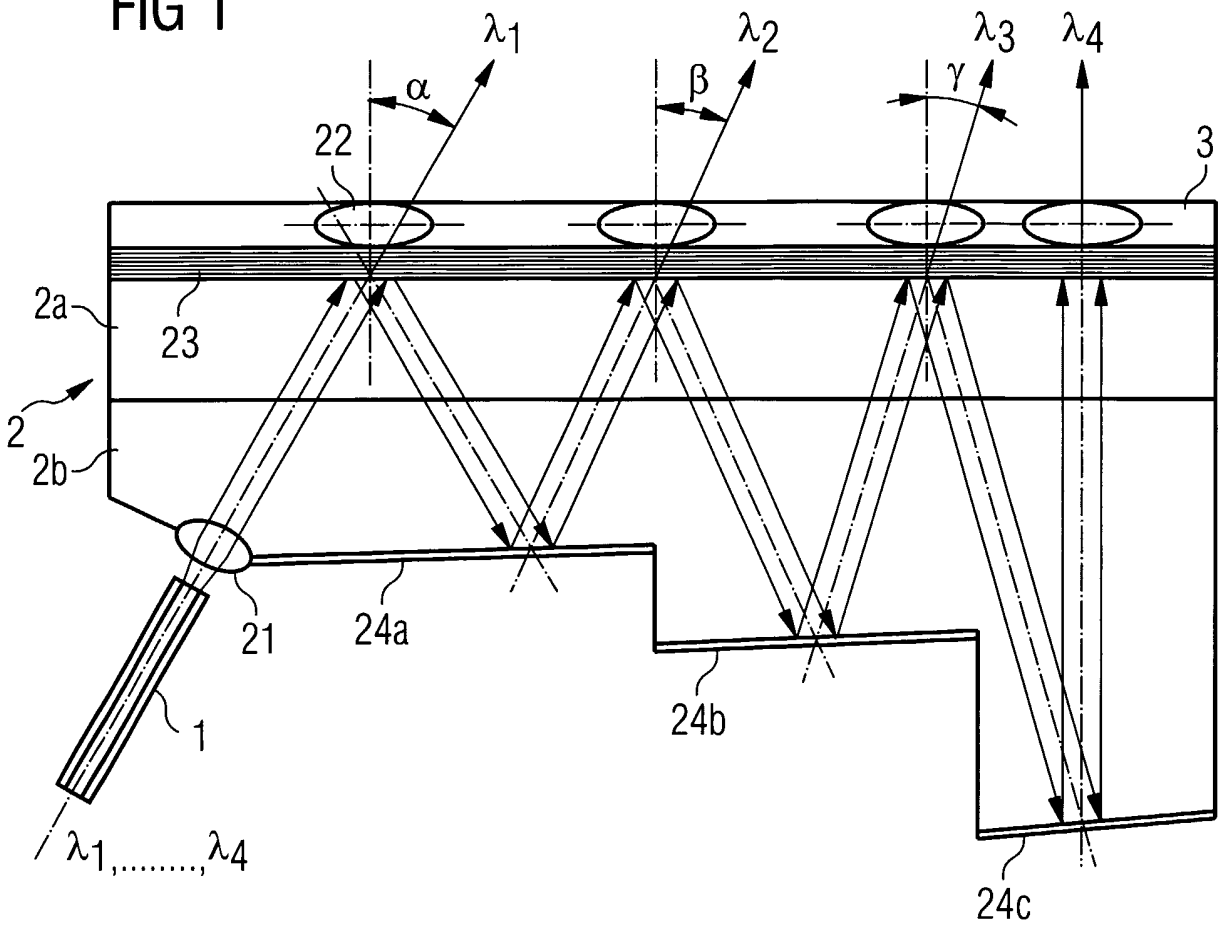


FIG 2

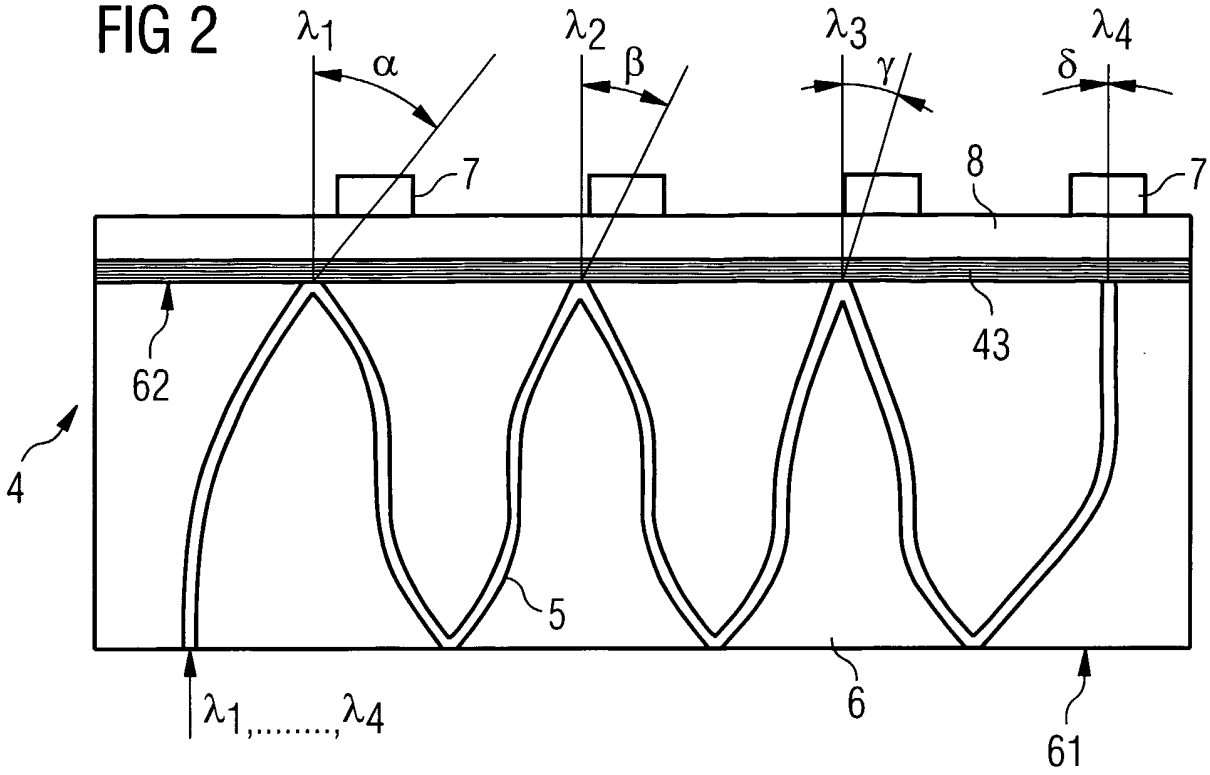
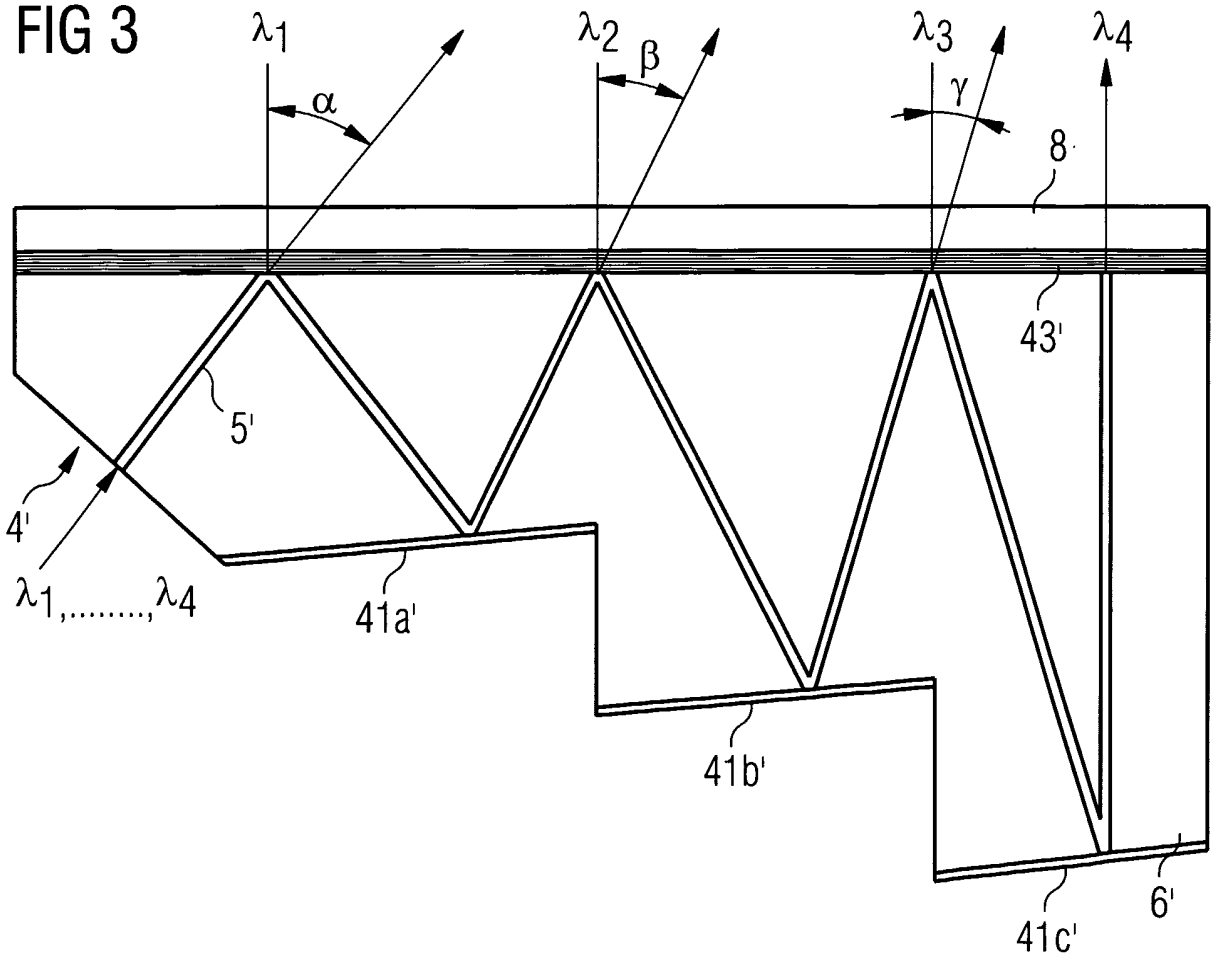

λ1
α
λ2
β
λ3
γ
λ4
δ
7
8
7
62
43
4
5
λ1,.....,λ4
6
61

FIG 3


λ1
α
λ2
β
λ3
γ
λ4
8
43'
5'
4'
λ1,.....,λ4
41a'
41b'
41c'
6'

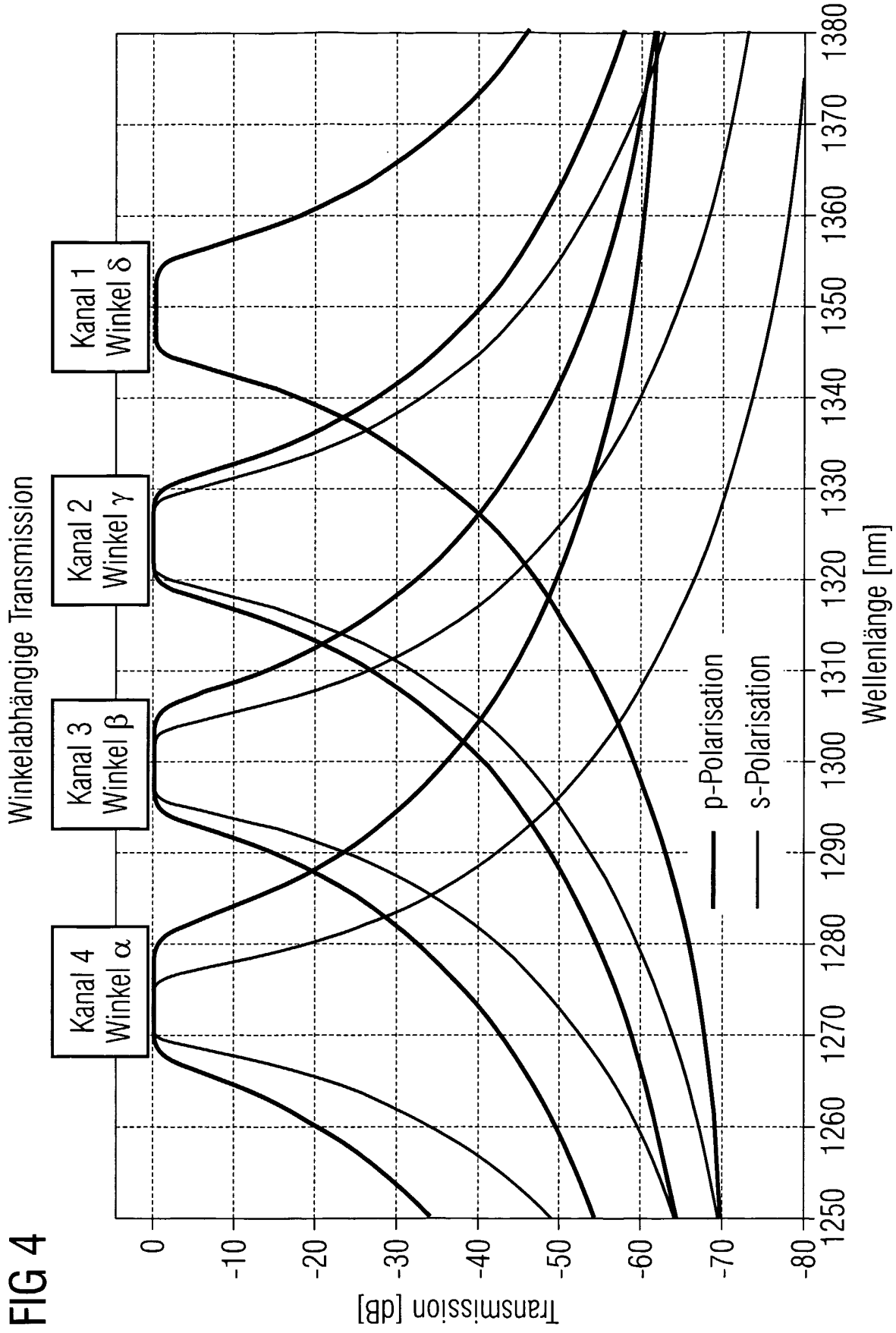

Winkelabhängige Transmission
Kanal 4
Winkel α
Kanal 3
Winkel β
Kanal 2
Winkel γ
Kanal 1
Winkel δ
p-Polarisation
s-Polarisation
Transmission [dB]
0
-10
-20
-30
-40
-50
-60
-70
-80
1250
1260
1270
1280
1290
1300
1310
1320
1330
1340
1350
1360
1370
1380
Wellenlänge [nm]

FIG 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE 01/02446

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 G02B6/293 H04J14/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 G02B H04J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)
PAJ, EPO-Internal, WPI Data, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1997, no. 08, 29 August 1997 (1997-08-29) & JP 09 090155 A (CANON INC), 4 April 1997 (1997-04-04) the whole document ---	1,10,11, 14,17-20
X	US 6 008 920 A (HENDRIX KAREN DENISE) 28 December 1999 (1999-12-28) figures 1,8,10 column 11, line 41 -column 12, line 67 column 16, line 37 -column 18, line 10 ---	1-3,5, 20,21
X	US 5 808 763 A (DUCK GARY STEPHEN ET AL) 15 September 1998 (1998-09-15) figures 3-5 column 4, line 47 -column 6, line 22 --- -/--	1-4,6,9, 20,21

[X] Further documents are listed in the continuation of box C.

[X] Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
26 February 2002	04/03/2002

Name and mailing address of the ISA	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Mathyssek, K

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE 01/02446

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication,where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 1 004 907 A (HEWLETT PACKARD CO) 31 May 2000 (2000-05-31) column 5, line 29 -column 9, line 58 figures ---	1,7,8, 20,21
A	EP 0 877 264 A (HEWLETT PACKARD CO) 11 November 1998 (1998-11-11) cited in the application figures 1,3,13 column 4, line 22 -column 5, line 46 column 8, line 33 - line 51 -----	1,10,12, 18,20,21

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No
PCT/DE 01/02446

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 09090155 A	04-04-1997	NONE	
US 6008920 A	28-12-1999	EP 1066697 A1	10-01-2001
		WO 9946879 A1	16-09-1999
US 5808763 A	15-09-1998	NONE	
EP 1004907 A	31-05-2000	US 6198864 B1	06-03-2001
		EP 1004907 A2	31-05-2000
		JP 2000162466 A	16-06-2000
EP 0877264 A	11-11-1998	US 5894535 A	13-04-1999
		EP 0877264 A2	11-11-1998
		JP 10319262 A	04-12-1998

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

In nales Aktenzeichen
PCT/DE 01/02446

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 G02B6/293 H04J14/02

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 G02B H04J

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
PAJ, EPO-Internal, WPI Data, INSPEC

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1997, no. 08, 29. August 1997 (1997-08-29) & JP 09 090155 A (CANON INC), 4. April 1997 (1997-04-04) das ganze Dokument ---	1,10,11, 14,17-20
X	US 6 008 920 A (HENDRIX KAREN DENISE) 28. Dezember 1999 (1999-12-28) Abbildungen 1,8,10 Spalte 11, Zeile 41 -Spalte 12, Zeile 67 Spalte 16, Zeile 37 -Spalte 18, Zeile 10 ---	1-3,5, 20,21
X	US 5 808 763 A (DUCK GARY STEPHEN ET AL) 15. September 1998 (1998-09-15) Abbildungen 3-5 Spalte 4, Zeile 47 -Spalte 6, Zeile 22 --- -/--	1-4,6,9, 20,21

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

[X] Siehe Anhang Patentfamilie

° Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
26. Februar 2002	04/03/2002

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31–70) 340–2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31–70) 340–3016	Mathyssek, K

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 1 004 907 A (HEWLETT PACKARD CO) 31. Mai 2000 (2000-05-31) Spalte 5, Zeile 29 -Spalte 9, Zeile 58 Abbildungen ---	1,7,8, 20,21
A	EP 0 877 264 A (HEWLETT PACKARD CO) 11. November 1998 (1998-11-11) in der Anmeldung erwähnt Abbildungen 1,3,13 Spalte 4, Zeile 22 -Spalte 5, Zeile 46 Spalte 8, Zeile 33 - Zeile 51 -----	1,10,12, 18,20,21

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internales Aktenzeichen
PCT/DE 01/02446

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
JP 09090155	A	04-04-1997	KEINE		
US 6008920	A	28-12-1999	EP	1066697 A1	10-01-2001
			WO	9946879 A1	16-09-1999
US 5808763	A	15-09-1998	KEINE		
EP 1004907	A	31-05-2000	US	6198864 B1	06-03-2001
			EP	1004907 A2	31-05-2000
			JP	2000162466 A	16-06-2000
EP 0877264	A	11-11-1998	US	5894535 A	13-04-1999
			EP	0877264 A2	11-11-1998
			JP	10319262 A	04-12-1998