



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 102 10 535 B4 2007.07.19**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **102 10 535.9**
 (22) Anmeldetag: **05.03.2002**
 (43) Offenlegungstag: **09.10.2003**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **19.07.2007**

(51) Int Cl.⁸: **H04J 14/02 (2006.01)**
G02B 6/12 (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:

Baumann, Ingo, 85604 Zorneding, DE; Gao, Zhan, 81739 München, DE

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

US 61 37 939 A
US 59 99 290 A
EP 07 21 120 A1

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zum Multiplexen und/oder Demultiplexen optischer Datenkanäle**

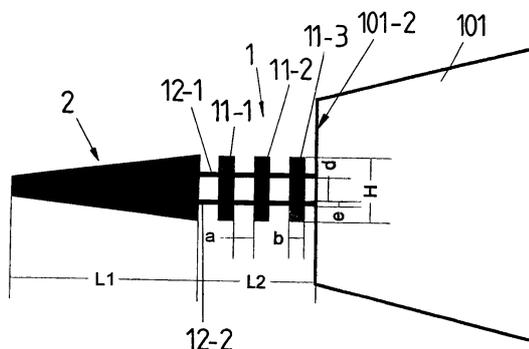
(57) Hauptanspruch: Vorrichtung zum Multiplexen und/oder Demultiplexen optischer Datenkanäle unterschiedlicher Wellenlängen mit

- einem ersten Freistrahlbereich (101), der eine Eingangsfläche (101-2) und eine Ausgangsfläche (101-1) aufweist,
- einem zweiten Freistrahlbereich (102), der eine Eingangsfläche (102-1) und eine Ausgangsfläche (102-2) aufweist,

- einer zwischen der Ausgangsfläche (101-1) des ersten Freistrahlbereichs (101) und der Eingangsfläche (102-1) des zweiten Freistrahlbereichs (102) angeordneten Phasenschieberanordnung (103),
- einem mit dem zweiten Freistrahlbereich (102) verbundenen Ausgangsbereich (105) und
- einer Koppelanordnung (1, 2) zum Ein- oder Auskoppeln von Licht in den ersten Freistrahlbereich (101)

dadurch gekennzeichnet, dass

- die Koppelanordnung (1, 2) mehrere hintereinander und in Bezug auf die Hauptausbreitungsrichtung des Lichts senkrecht angeordnete Wellenleiterabschnitte (11-1, 11-2, 11-3) aufweist,
- die senkrecht angeordneten Wellenleiterabschnitte (11-1, 11-2, 11-3) durch zwei parallel verlaufende, sich in Hauptausbreitungsrichtung des Lichts erstreckende Wellenleiter (12-1, 12-2) miteinander verbunden sind, die die senkrecht angeordneten Wellenleiterabschnitte (11-1,...



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Multiplexen und/oder Demultiplexen optischer Datenkanäle unterschiedlicher Wellenlängen gemäß dem Oberbegriff der Ansprüche 1 und 2.

[0002] Es ist bekannt, zum Multiplexen oder Demultiplexen von optischen Signalen unterschiedlicher Wellenlänge sogenannte Arrayed Waveguide Gratings (AWG) einzusetzen. Ein AWG besteht im allgemeinen aus zwei Freistrahلبereichen, die durch eine Phasenschieberanordnung miteinander verbunden sind. An die Freistrahلبereiche schließen sich Wellenleiter zum Ein- und Auskoppeln des Lichtes an. Eine entsprechende Multiplex/Demultiplex-Anordnung ist beispielsweise in der WO 96/00915 AA beschrieben.

[0003] Die Filtercharakteristik eines AWGs kann in erster Näherung durch eine Gauß-Funktion beschrieben werden. Vorteilhafter wäre jedoch ein eher rechteckförmiger Verlauf der Filterkurven, damit sich die Einfügedämpfung bei Schwankungen der Umgebungstemperatur und/oder der Wellenlänge der Laserstrahlung in einem möglichst großen Wellenlängenbereich nur unwesentlich ändert.

[0004] In der EP 0 721 120 A1 wird eine gattungsgemäße Vorrichtung mit einem integriert optischen Wellenlängen-Demultiplexer beschrieben, bei der eine Koppelanordnung zum Ein- oder Auskoppeln von Licht in einen ersten Freistrahلبereich einen bimodalen Polarisationskonverter umfasst, der in Ausbreitungsrichtung des Lichts einen rechteckförmigen Rand aufweist.

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine einfach zu realisierende Vorrichtung zum Multiplexen und/oder Demultiplexen optischer Datenkanäle unterschiedlicher Wellenlängen gemäß dem Oberbegriff der Ansprüche 1 und 2 zur Verfügung zu stellen, die einen möglichst rechteckförmigen bzw. flachen Verlauf der Filterkurven für die einzelnen Wellenlängen bereitstellt.

[0006] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 2 gelöst. Bevorzugte und vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0007] Danach zeichnet sich die erfindungsgemäße Lösung nach Anspruch 1 dadurch aus, dass die Koppelanordnung zum Ein- oder Auskoppeln von Licht in den ersten Freistrahلبereich mehrere hintereinander und in Bezug auf die Hauptausbreitungsrichtung des Lichts senkrecht angeordnete Wellenleiterabschnitte aufweist. Eine solche Struktur wird im folgenden auch

als „Zauntaper“ bezeichnet. Die senkrecht angeordneten Wellenleiterabschnitte sind durch zwei parallel verlaufende, sich in Hauptausbreitungsrichtung des Lichts erstreckende Wellenleiter miteinander verbunden, die die senkrecht angeordneten Wellenleiterabschnitte miteinander verbinden. Die Koppelanordnung weist als weitere wellenleitende Struktur ein Lineartaper auf, dessen Ausdehnung senkrecht zur Hauptausbreitungsrichtung des Lichts sich in Richtung des ersten Freistrahلبereichs vergrößert, wobei der Lineartaper an seinem breiteren Ende die gleiche vertikale Ausdehnung besitzt wie die senkrecht angeordneten Wellenleiterabschnitte.

[0008] Die senkrecht angeordneten Wellenleiterabschnitte führen zu einer Verbreiterung und einer günstigeren Feldverteilung am Eingang des ersten Freistrahلبereiches. Da die Anordnung bezüglich des ersten und des zweiten Freistrahلبereiches spiegelbildlich ist, wird eine verbreiterte Eingangsfeld-Verteilung im ersten Freistrahلبereich für jede Wellenlänge auf den Ausgang des zweiten Freistrahلبereiches abgebildet. Die Faltung dieser Feldverteilung mit der Mode des jeweiligen Ausgangswellenleiters führt bei einem geraden oder lineargetaperten Ausgangswellenleiter jeweils zu einer Transmissionsfunktion, die einen rechteckförmigeren Verlauf besitzt. Dadurch ändert sich die Einfügedämpfung bei Schwankungen der Umgebungstemperatur und/oder der Wellenlänge der Laserstrahlung in einem relativ großen Wellenlängenbereich nur unwesentlich.

[0009] Die erfindungsgemäße Lösung zeichnet sich somit dadurch aus, dass durch eine neue Art von Taper die Einstellung der Feldverteilung am Eingang des ersten Freistrahلبereiches erfolgt.

[0010] Bei der erfindungsgemäßen Ausgestaltung des Zauntapers wird eine besonders geeignete Feldverteilung am Eingang des ersten Freistrahلبereiches bereitgestellt. So stellt jeder waagrecht verlaufende Wellenleiter am Eingang des Freistrahلبereiches eine Feldverteilung entsprechend einer Gauß-Verteilung zur Verfügung. Die beiden Gauß-Verteilungen addieren sich zu einer relativ breiten Doppel-Gauß-Feldverteilung mit einer Delle in der Mitte. Das Faltungsintegral dieser Feldverteilung mit der Mode des Ausgangswellenleiters weist bei einem geraden oder lineargetaperten Ausgangswellenleiter eine besonders flache, im wesentlichen rechteckförmige Transmissionscharakteristik auf.

[0011] Der Lineartaper führt zu einer ersten Verbreiterung der Feldverteilung, die in dem sich daran anschließenden Zauntaper weitergeführt wird.

[0012] Dadurch, dass der Lineartaper an seinem an dem Zauntaper angrenzenden Ausgangsbereich die gleiche vertikale Ausdehnung wie die senkrecht angeordneten Wellenleiterabschnitte des Zauntapers

besitzt, wird das aus dem Lineartaper eingekoppelte Licht möglichst vollständig in den Zauntaper eingekoppelt.

[0013] Die erfindungsgemäße Lösung nach Anspruch 2 zeichnet sich dadurch aus, dass die Koppelanordnung aus mehreren hintereinander und in Bezug auf die Hauptausbreitungsrichtung des Lichts senkrecht angeordneten Wellenleiterabschnitten, ohne dass ein waagrecht verlaufender, die einzelnen Wellenleiterabschnitte verbindender Wellenleiter vorgesehen ist, sowie aus einem Lineartaper, dessen Ausdehnung senkrecht zur Hauptausbreitungsrichtung des Lichts sich in Richtung des ersten Freistrahلبereichs vergrößert, besteht.

[0014] Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Figuren der Zeichnung anhand mehrerer Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen:

[0015] [Fig. 1](#) ein erstes Ausführungsbeispiel eines Tapers bestehend aus einem Lineartaper und einem Zauntaper mit parallel und senkrecht verlaufenden Wellenleitern;

[0016] [Fig. 2](#) ein Beispiel eines Lineartapers entsprechend dem Ausführungsbeispiel der [Fig. 1](#), wobei nur ein waagrecht verlaufender Wellenleiter verwendet wird;

[0017] [Fig. 3](#) ein zweites Ausführungsbeispiel eines Tapers entsprechend der [Fig. 1](#), wobei ausschließlich senkrecht angeordnete Wellenleiterabschnitte im Bereich des Zauntapers verwendet werden;

[0018] [Fig. 4](#) die Transmissionskurven eines AWGs zum einen mit einem Eingangstaper, der ausschließlich aus einem Lineartaper besteht und zum anderen mit einem Eingangstaper, der aus einem Lineartaper und einem Zauntaper besteht; und

[0019] [Fig. 5](#) schematisch den Aufbau einer Vorrichtung zum Multiplexen und/oder Demultiplexen von optischen Kanälen unterschiedlicher Wellenlängen.

[0020] Zum besseren Verständnis der Erfindung werden zunächst anhand der [Fig. 5](#) der Aufbau und die Funktion eines Wellenlängenmultiplexers/Demultiplexers beschrieben.

[0021] Der in [Fig. 5](#) schematisch dargestellte Wellenlängenmultiplexer/Demultiplexer **100** weist eine als Arrayed-Waveguide-Grating (AWG) bezeichnete Gittereinrichtung auf, die aus einem ersten Freistrahلبereich **101**, einem zweiten Freistrahلبereich **102** und einer dazwischenliegenden Phasenschieberanordnung **103** besteht. Der Eingang des ersten Freistrahلبereiches **101** ist mit einer Koppelanordnung

verbunden, bei der es sich in der Darstellung der [Fig. 1](#) um einen Ein- oder Ausgangswellenleiter **104** handelt. Der Ausgang des zweiten Freistrahلبereiches **102** ist mit mehreren Aus- oder Eingangswellenleitern **105-1**, ... **105-n** verbunden, die einen Aus- oder Einkoppelbereich **105** bilden.

[0022] Bei der Phasenschieberanordnung **103** handelt es sich bevorzugt um ein sogenanntes Phased-Array aus mehreren gekrümmt verlaufenden, streifenartigen optischen Wellenleitern mit von Wellenleiter zu Wellenleiter variierender optischer Länge, wobei der Längenunterschied zwischen zwei benachbarten Wellenleitern konstant ist. Anstelle eines Gitters in Form eines Phased Array können jedoch auch andere optische Gitter, beispielsweise geätzte Gitter verwendet werden.

[0023] Es wird darauf hingewiesen, dass auch die Koppelanordnung **104** vor dem Eingang des ersten Freistrahلبereiches **101** mehr als nur einen Wellenleiter aufweisen kann. Mehrere Eingänge in den ersten Freistrahلبereich **101** dienen dabei dazu, die durch Prozessschwankungen bedingte Verschiebung der Zentralwellenlänge durch Wahl eines geeigneten Eingangs zu kompensieren. Es wird nach einer geeigneten Festlegung jedoch nur ein Eingangs- bzw. Ausgangswellenleiter **104** verwendet.

[0024] Der Multiplexer/Demultiplexer ist bevorzugt auf der Oberfläche eines Substrats ausgebildet. Insbesondere besteht die Gittereinrichtung bevorzugt aus einer vergrabenen, verzweigten Wellenleiterstruktur in einer Schicht SiO₂ aus Quarzglas, welche auf ein Siliziumsubstrat aufgebracht ist. Alternativ können auch andere Materialien wie z.B. GaAs, InGaAlAs, InP, Polymere und Quarzglas ohne Siliziumsubstrat eingesetzt werden. Die Freistrahلبereiche **101**, **102** sind als Schichtwellenleiter ausgebildet.

[0025] In alternativen Ausgestaltungen grenzt der erste Freistrahلبereich unmittelbar an die Substratkante, so dass die Koppelanordnung **104** nicht auf dem Substrat ausgebildet ist, sondern in einer gesonderten Vorrichtung, die dann an der Substratkante angeordnet wird. Beispielsweise kann vorgesehen sein, dass Licht aus einer an der Substratkante angebrachten Glasfaser in den ersten Freistrahلبereich **101** unmittelbar angekoppelt bzw. aus diesem ausgekoppelt wird.

[0026] In Abhängigkeit davon, ob es sich bei der Anordnung um einen Multiplexer oder um einen Demultiplexer handelt, liegt der erste Freistrahلبereich **101** auf der Eingangsseite und der zweite Freistrahلبereich **102** auf der Ausgangsseite bzw. umgekehrt. Nachfolgend wird lediglich der Fall eines Demultiplexers betrachtet, wobei für einen Multiplexer bei umgekehrter Ausbreitungsrichtung der Lichtsignale entsprechende Betrachtungen gelten.

[0027] Der Eingangswellenleiter **104** enthält eine Vielzahl von optischen Signalen unterschiedlicher Wellenlänge $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ (im folgenden auch als Wellenlängenkanäle bezeichnet), die durch die Gittereinrichtung räumlich getrennt werden. Dabei werden die über den Eingangswellenleiter **104** in den ersten Freistrahlsbereich **101** eingestrahlten Signale mehrerer Wellenlängen in dem Freistrahlsbereich **101** gleichförmig verteilt und an der Ausgangsfläche **101-1** des ersten Freistrahlsbereiches **101** in die einzelnen Wellenleiter der Phasenschieberanordnung **103** eingekoppelt. An einer Eingangsfläche **102-1** des zweiten Freistrahlsbereiches **102** treten die optischen Signale aus den einzelnen Lichtwellenleitern der Phasenschieberanordnung **103** wieder aus und in den zweiten Freistrahlsbereich **102** ein.

[0028] Im zweiten Freistrahlsbereich **102** erfolgt nun eine wellenlängenabhängige Fokussierung des Lichtes, wobei das Licht für jede Wellenlänge auf einen bestimmten Punkt bzw. kleinen Raumbereich **106-1, ... 106-n** an der Ausgangsfläche **102-2** des zweiten Freistrahlsbereiches fokussiert wird. Die einzelnen Punkte **106-1, ... 106-n**, in denen jeweils das Licht einer bestimmten Wellenlänge konzentriert wird, sind dabei räumlich getrennt. Jedem solchen Punkt **106-1, ... 106-n** ist ein Wellenleiter **105-1, ... 105-n** des Auskoppelbereichs **105** zugeordnet. Das Licht einer bestimmten Wellenlänge wird jeweils in einen entsprechenden Ausgangswellenleiter **105-1, ... 105-n** eingekoppelt.

[0029] Auf diese Weise erfolgt ein Demultiplexen der im Eingangswellenleiter **104** enthaltenen Signale mehrerer Wellenlängen bzw., bei umgekehrter Signalrichtung, ein Multiplexen von Signalen in den Wellenleitern **105-1, ... 105-n**.

[0030] AWG's der beschriebenen Art sind beispielsweise in der WO 96/00915 A1, der WO 99/52003 A1 und in der Veröffentlichung von J. B. D. Soole et al. in IEEE, Photonics Technology Lett., Vol. 8, Nr. 10, Okt. 1996, S. 1340-1342 beschrieben.

[0031] Jeder Ausgangswellenleiter **105-1, ... 105-n** des Auskoppelbereichs **105** weist eine wellenlängenabhängige Transmissionsfunktion auf. Diese Transmissionsfunktion ist gleich dem Faltungsintegral aus der Feldverteilung der betrachteten Wellenlänge an der Ausgangsfläche **102-2** des zweiten Freistrahlsbereichs mit der Mode des betrachteten Ausgangswellenleiters **105-1, ..., 105-n**. Da die Gittereinrichtung bezüglich des ersten und des zweiten Freistrahlsbereiches **101, 102** spiegelbildlich ist, ist die Feldverteilung an der Ausgangsfläche des zweiten Freistrahlsbereiches **102** eine 1:1-Abbildung der Feldverteilung des Eingangswellenleiters **104** an der Eingangsfläche **101-2** des ersten Freistrahlsbereiches **101**. Bei letzterer handelt es sich in erster Näherung um eine Gauß-Verteilung. Da auch die Mode des jeweiligen

Ausgangswellenleiters **105-1, ... 105-n** in erster Näherung eine Gauß-Verteilung besitzt, ähnelt die Transmissionsfunktion für jeden Ausgangswellenleiter **105-1, ... 105-n** einer Gauß-Funktion. Die Fehlercharakteristik des AWG's kann somit in erster Näherung durch eine Gauß-Funktion gut beschrieben werden.

[0032] Günstiger ist jedoch ein eher rechteckförmiger Verlauf der wellenlängenabhängigen Transmissionsfunktion, damit in einem bestimmten Wellenlängenbereich bei Schwankungen der Umgebungstemperatur und/oder der Wellenlänge sich die Einfügedämpfung des AWG nur unwesentlich ändert.

[0033] Aufgrund der 1:1-Abbildung zwischen Eingangs- und Ausgangsbereich der Gittereinrichtung besteht eine mögliche Lösung hierfür darin, die Feldverteilung im Eingangsbereich derart zu ändern, dass das Faltungsintegral dieser geänderten Feldverteilung, die aufgrund der Spiegelsymmetrie an der Ausgangsfläche **102-2** des zweiten Freistrahlsbereiches anliegt, mit der Mode des Ausgangswellenleiters eine flachere Transmissionscharakteristik ergibt. Hierzu ist insbesondere bekannt, die Feldverteilung am Eingang **101-2** des ersten Freistrahlsbereiches **101** zu modifizieren, beispielsweise mittels eines 3-dB-Strahlteilers (vgl. US 5 412 744 A), mittels eines sogenannten „Multimode-Interferenzkoppler" (vgl. IEEE, Photonics Technology Lett., Vol. 8, Nr. 10, Okt. 1996, S. 1340-1342) oder mittels einer sogenannten „Horn"-Struktur (vgl. K. Okamoto, A. Sugita in Electr. Lett. 32, 1996, S. 1661-1662).

[0034] Im folgenden wird anhand der [Fig. 1](#) bis [Fig. 4](#) eine weitere Lösung zur Änderung der Feldverteilung am Eingang des ersten Freistrahlsbereiches **102** erläutert.

[0035] Gemäß [Fig. 1](#) erfolgt eine geeignete Einstellung der Feldverteilung an der Eingangsfläche **101-2** des ersten Freistrahlsbereichs durch eine Koppelanordnung, die eine erste, als „Zauntaper" bezeichnete wellenleitende Struktur **1** und eine zweite, als „Lineartaper" bezeichnete wellenleitende Struktur **2** besitzt. Der Zauntaper **1** grenzt an und mündet in die Eingangsfläche **101-2** des ersten Freistrahlsbereiches **101** eines AWG's entsprechend der [Fig. 5](#).

[0036] Er besteht aus einer Mehrzahl hintereinander angeordneten und in Bezug auf die Ausbreitungsrichtung des Lichts bzw. Längsrichtung des Tapers senkrecht angeordneten Wellenleiterabschnitten **11-1, 11-2, 11-3**. Im dargestellten Ausführungsbeispiel sind drei solcher vertikaler Wellenleiterabschnitte vorgesehen, wobei jedoch auch eine andere Zahl vorgesehen sein kann. Die sich vertikal erstreckenden Wellenleiterabschnitte **11-1, 11-2, 11-3** werden durch zwei sich in Hauptausbreitungsrichtung des Lichts erstreckende, parallel verlaufende Wellenleiter

12-1, 12-2 miteinander verbunden, die zum einen mit dem Lineartaper **2** und zum anderen mit dem Eingangsbereich **101-2** des ersten Freistrahlbereiches **101** verbunden sind.

[0037] Der dem Zauntaper **1** in Bezug auf den ersten Freistrahlbereich **101** vorgelagerte Lineartaper **2** verbreitert sich in Richtung des Zauntapers **1** bis zu einer Höhe, die bevorzugt der Höhe H der vertikal ausgerichteten Wellenleiterabschnitte **11-1, 11-2, 11-3** entspricht. Die Länge L_1 des Lineartapers beträgt bevorzugt zwischen 200 und 600 μm , die Länge L_2 des Zauntapers bevorzugt 30 bis 150 μm .

[0038] Der Zauntaper **1** weist bevorzugt folgende Abmessungen seiner Komponenten auf. Die Höhe H der vertikalen Wellenleiterabschnitte **11-1, 11-2, 11-3** beträgt bevorzugt zwischen 16 und 30 μm , ihre Breite b zwischen 3 und 30 μm und ihr Abstand a untereinander zwischen 2 und 10 μm . Die Breite e der beiden parallel verlaufenden Wellenleiter **12-1, 12-2** beträgt bevorzugt zwischen 2 und 8 μm , ihr Abstand d zueinander bevorzugt zwischen 2 und 12 μm .

[0039] Die dargestellte Koppelanordnung führt zu einer Verbreiterung der Feldverteilung am Eingangsbereich **101-2** des ersten Freistrahlbereiches. Hierzu tragen insbesondere die auch als „Zaunlatten“ bezeichneten vertikalen Wellenleiterabschnitte **11-1, 11-2, 11-3** bei. Sie bestimmen die Breite der Feldverteilung an der Eingangsfläche **101-2**. Gleichzeitig bewirken die beiden parallelen Wellenleiter **12-1, 12-2** eine Überlagerung ihrer jeweiligen Feldverteilung am Eingang des ersten Freistrahlbereiches **101** zu einer verbreiterten Feldverteilung. Die Feldverteilung jedes parallelen Wellenleiters **12-1, 12-2** entspricht in näherungsweise einer Gauß-Verteilung, so dass am Eingang **101-2** des ersten Freistrahlbereiches **101** eine doppelte Gauß-Verteilung mit zwei benachbarten Maxima und einer dazwischenliegenden Delle bereitgestellt wird. Es liegt somit eine relativ breite Feldverteilung mit zwei Maxima und einer dazwischenliegenden Delle vor.

[0040] Wie anhand der [Fig. 5](#) erläutert, wird diese Eingangsfeldverteilung für jede Wellenlänge durch das AWG auf den entsprechenden Raumpunkt **106-1, ... 106-n** unmittelbar abgebildet, so dass dort die gleiche verbreiterte Feldverteilung vorliegt. Dies führt nun vorteilhafterweise zu einer relativ flachen, rechteckähnlichen Transmissionsfunktion für jeden Wellenleiter **105-1, ... 105-n** des Ausgangsbereiches des AWG's. So führt eine Faltung der doppelten Gauß-Funktion mit der Mode des jeweiligen Ausgangswellenleiters zu einer rechteckähnlichen Transmissionsfunktion. Die verbreiterte Eingangsfeld-Verteilung im ersten Freistrahlbereich, die auf den Ausgang des zweiten Freistrahlbereiches abgebildet wird, führt somit zu einem mehr rechteckförmigen Verlauf der Transmissionsfunktion bzw. Filterkurve

des AWG's. Hierdurch wird erreicht, dass die Einfügedämpfung des AWG sich bei Schwankungen der Umgebungstemperatur und/oder der Wellenlänge des Lasers in einem möglichst großen Wellenlängenbereich nur unwesentlich verändert.

[0041] Dieser Zusammenhang ist in der [Fig. 4](#) dargestellt, die die Einfügedämpfung bzw. Transmissionskurve für einen Wellenlängenkanal zum einen für einen Einkoppelbereich nur mit Lineartaper (Kurve **10**) und zum anderen für einen Einkoppelbereich mit Lineartaper und Zauntaper (Kurve **20**) darstellt. Es ist gut zu erkennen, dass bei der Verwendung des Zauntapers die Transmission in einem relativ großen Bereich um die Zentralwellenlänge ($df = 0$) herum konstant ist. Änderungen beispielsweise der Temperatur, die zu einer Verschiebung der Zentralwellenlänge des betrachteten Kanals führen, haben daher in einem relativ großen Bereich ($df = \text{plus } 25 \text{ GHz bis minus } 25 \text{ GHz}$) im wesentlichen keinen Einfluß auf die Transmission bzw. Einfügedämpfung.

[0042] Die [Fig. 2](#) zeigt eine modifizierte Version eines Zauntapers **1'**, bei dem nur ein in Lichtausbreitungsrichtung sich erstreckender Lichtwellenleiter **12-3** vorgesehen ist. Bei dem Ausführungsbeispiel der [Fig. 3](#) besteht der Zauntaper **1''** sogar nur noch aus senkrecht verlaufenden Wellenleiterabschnitten **11-1, 11-2, 11-3**, ohne dass ein waagrecht verlaufender Wellenleiter vorgesehen wäre. Auch bei diesen Ausgestaltungen eines Zauntapers erfolgt jedoch in vorteilhafter Weise eine Abflachung und Verbreiterung der Feldverteilung am Eingang des ersten Freistrahlbereiches **101**.

[0043] Bei dem Ausführungsbeispiel der [Fig. 3](#) liegt dabei keine direkte Lichtführung mehr vor. Das Licht koppelt jedoch in die einzelnen senkrecht verlaufenden Wellenleiterbereiche **11-1, 11-2, 11-3** ein und verbreitert sich in seiner Feldverteilung, wobei Supermoden entstehen. Dabei wird wiederum näherungsweise eine Feldverteilung mit zwei Maxima und einer dazwischenliegenden Delle bereitgestellt. Dies gilt auch für das Ausführungsbeispiel der [Fig. 2](#) mit einem waagrecht verlaufenden Lichtwellenleiter **12-3**.

[0044] Wesentlich für die Verwendung eines Zauntapers ist somit die Anordnung mehrerer, hintereinander angeordneter und nicht notwendigerweise miteinander verbundener, sich senkrecht erstreckender Wellenleiterabschnitte.

[0045] Weiter wird darauf hingewiesen, dass die Verwendung eines Lineartapers **2** nicht zwingend notwendig für die Bereitstellung der gewünschten Feldverteilung am Eingang des ersten Freistrahlbereiches **101** ist. Der Lineartaper **2** sorgt für eine erste Verbreiterung der Feldverteilung, die von dem Zauntaper **1** aufgenommen und weitergeführt wird. Grundsätzlich kann der Zauntaper **1** jedoch auch ohne ei-

nen vorgelagerten Lineartaper **2** eingesetzt werden.

[0046] Der Zauntaper **1** und/oder der Lineartaper **2** sind bevorzugt integriert optisch in dem Substrat ausgebildet, das auch das AWG enthält. Sie sind somit bevorzugt monolithisch mit dem AWG integriert und in gleicher Technik (beispielsweise Glas auf Silizium) ausgeführt. Grundsätzlich ist es jedoch auch denkbar, den Zauntaper und einen ggf. vorgelagerten Lineartaper als gesondertes Teil auszubilden, das dann bis direkt an die Substratoberflächenkante, an der in einem solchen Fall der erste Freistrahlsbereich ausgebildet wäre, herangeführt ist, wobei das Licht direkt in den ersten Freistrahlsbereich eingestrahlt würde. Der Zauntaper und/oder der Lineartaper könnten beispielsweise integriert optisch auf einem gesonderten Substrat ausgebildet sein, wobei der Zauntaper an der Substratkante ausgebildet ist. Dieses gesonderte Substrat könnte dann Kante an Kante an dem AWG-Substrat positioniert werden.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Multiplexen und/oder Demultiplexen optischer Datenkanäle unterschiedlicher Wellenlängen mit

- einem ersten Freistrahlsbereich (**101**), der eine Eingangsfläche (**101-2**) und eine Ausgangsfläche (**101-1**) aufweist,
- einem zweiten Freistrahlsbereich (**102**), der eine Eingangsfläche (**102-1**) und eine Ausgangsfläche (**102-2**) aufweist,
- einer zwischen der Ausgangsfläche (**101-1**) des ersten Freistrahlsbereichs (**101**) und der Eingangsfläche (**102-1**) des zweiten Freistrahlsbereichs (**102**) angeordneten Phasenschieberanordnung (**103**),
- einem mit dem zweiten Freistrahlsbereich (**102**) verbundenen Ausgangsbereich (**105**) und
- einer Koppelanordnung (**1**, **2**) zum Ein- oder Auskoppeln von Licht in den ersten Freistrahlsbereich (**101**)

dadurch gekennzeichnet, dass

- die Koppelanordnung (**1**, **2**) mehrere hintereinander und in Bezug auf die Hauptausbreitungsrichtung des Lichts senkrecht angeordnete Wellenleiterabschnitte (**11-1**, **11-2**, **11-3**) aufweist,
- die senkrecht angeordneten Wellenleiterabschnitte (**11-1**, **11-2**, **11-3**) durch zwei parallel verlaufende, sich in Hauptausbreitungsrichtung des Lichts erstreckende Wellenleiter (**12-1**, **12-2**) miteinander verbunden sind, die die senkrecht angeordneten Wellenleiterabschnitte (**11-1**, **11-2**, **11-3**) miteinander verbinden,
- die Koppelanordnung (**1**, **2**) als weitere wellenleitende Struktur ein Lineartaper (**2**) aufweist, dessen Ausdehnung senkrecht zur Hauptausbreitungsrichtung des Lichts sich in Richtung des ersten Freistrahlsbereichs (**101**) vergrößert und
- der Lineartaper (**2**) an seinem breiteren Ende die gleiche vertikale Ausdehnung besitzt wie die senk-

recht angeordneten Wellenleiterabschnitte (**11-1**, **11-2**, **11-3**).

2. Vorrichtung zum Multiplexen und/oder Demultiplexen optischer Datenkanäle unterschiedlicher Wellenlängen mit

- einem ersten Freistrahlsbereich (**101**), der eine Eingangsfläche (**101-2**) und eine Ausgangsfläche (**101-1**) aufweist,
- einem zweiten Freistrahlsbereich (**102**), der eine Eingangsfläche (**102-1**) und eine Ausgangsfläche (**102-2**) aufweist,
- einer zwischen der Ausgangsfläche (**101-1**) des ersten Freistrahlsbereichs (**101**) und der Eingangsfläche (**102-1**) des zweiten Freistrahlsbereichs (**102**) angeordneten Phasenschieberanordnung (**103**),
- einem mit dem zweiten Freistrahlsbereich (**102**) verbundenen Ausgangsbereich (**105**) und
- einer Koppelanordnung (**1**, **2**) zum Ein- oder Auskoppeln von Licht in den ersten Freistrahlsbereich (**101**)

dadurch gekennzeichnet, dass

- die Koppelanordnung (**1**, **2**) aus mehreren hintereinander und in Bezug auf die Hauptausbreitungsrichtung des Lichts senkrecht angeordneten Wellenleiterabschnitten (**11-1**, **11-2**, **11-3**), ohne dass ein waagrecht verlaufender, die einzelnen Wellenleiterabschnitte (**11-1**, **11-2**, **11-3**) verbindender Wellenleiter vorgesehen ist, sowie
- aus einem Lineartaper (**2**), dessen Ausdehnung senkrecht zur Hauptausbreitungsrichtung des Lichts sich in Richtung des ersten Freistrahlsbereichs (**101**) vergrößert, besteht.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass drei senkrecht angeordnete Wellenleiterabschnitte (**11-1**, **11-2**, **11-3**) vorgesehen sind.

4. Vorrichtung nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand (a) zwischen den einzelnen, senkrecht angeordneten Wellenleiterabschnitten (**11-1**, **11-2**, **11-3**) zwischen 2 und 10 µm beträgt.

5. Vorrichtung nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Breite (b) der senkrecht angeordneten Wellenleiterabschnitte (**11-1**, **11-2**, **11-3**) zwischen 3 und 30 µm beträgt.

6. Vorrichtung nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Höhe (H) der senkrecht angeordneten Wellenleiterabschnitte (**11-1**, **11-2**, **11-3**) zwischen 16 und 30 µm beträgt.

7. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Breite (e) der beiden, sich in Hauptausbreitungsrichtung des Lichts erstreckenden

Wellenleiter (**12-1**, **12-2**) zwischen 2 und 8 μm beträgt.

8. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand (d) der parallel verlaufenden Wellenleiter (**12-1**, **12-2**) zueinander zwischen 2 und 12 μm beträgt.

9. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Lineartaper (**2**) an seinem breiteren Ende die gleiche vertikale Ausdehnung besitzt wie die senkrecht angeordneten Wellenleiterabschnitte (**11-1**, **11-2**, **11-3**).

10. Vorrichtung nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Lineartaper (**2**) eine Länge (L1) von 200 bis 600 μm aufweist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Koppelanordnung (**1**, **2**) eine Länge (L1, L2) von 230 bis 750 μm aufweist.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Fig.1

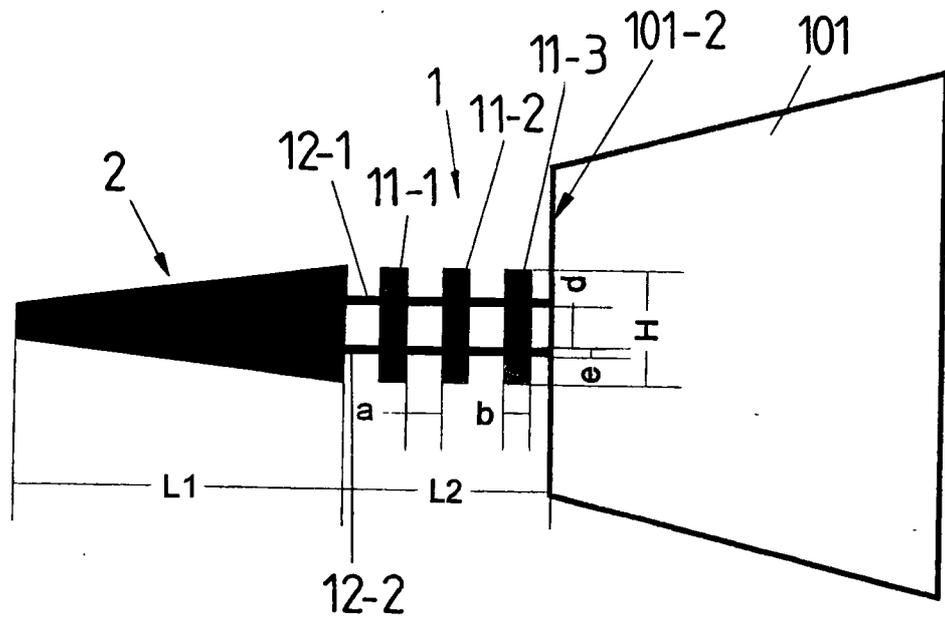


Fig.2

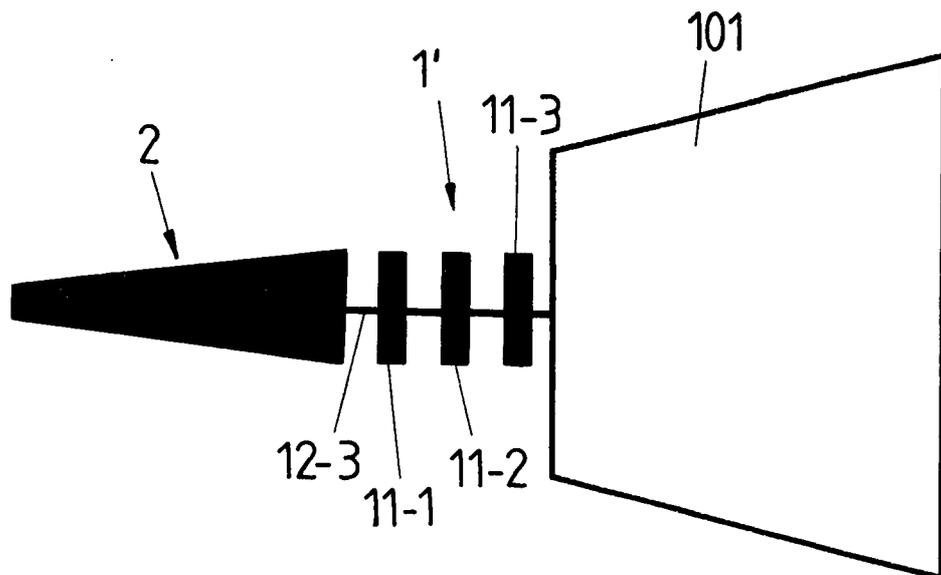


Fig. 3

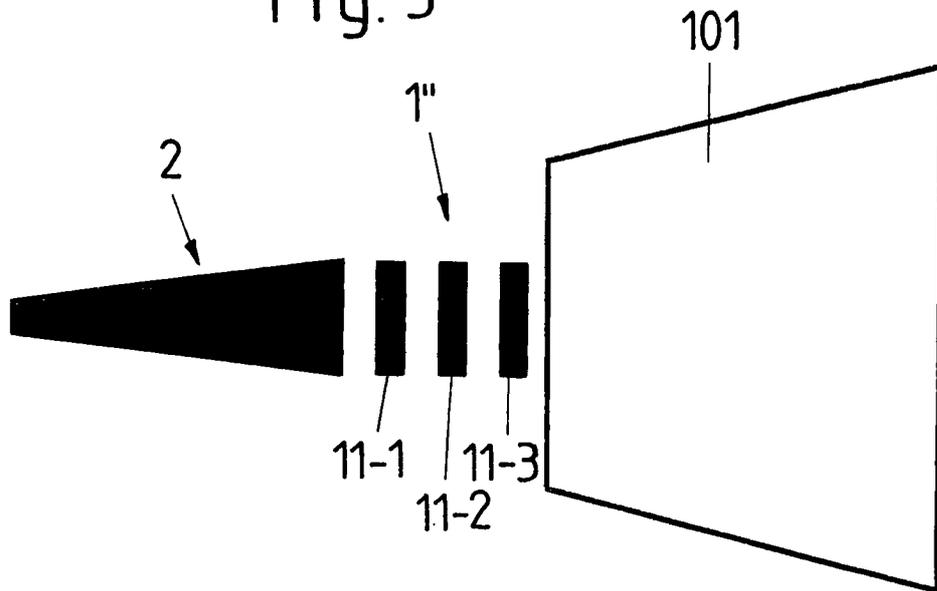


Fig. 4

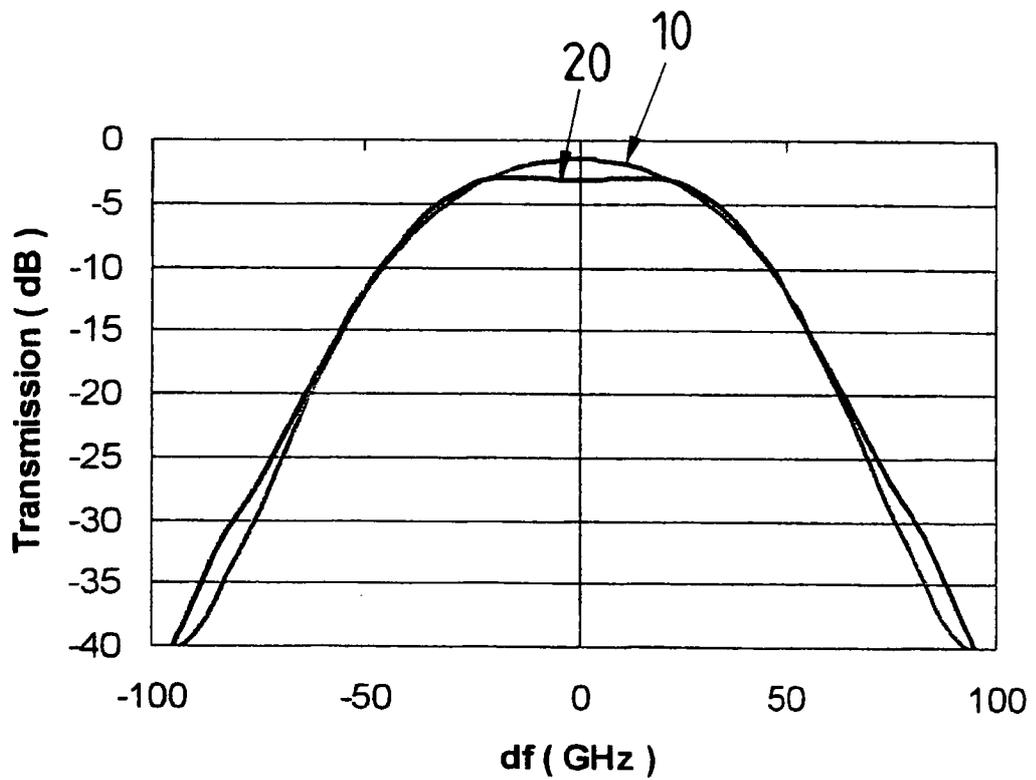


Fig.5

