



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 31 471 T2** 2006.09.28

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 059 545 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 31 471.2**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP99/06634**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 973 331.4**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2000/034811**

(86) PCT-Anmeldetag: **29.11.1999**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **15.06.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **13.12.2000**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **24.05.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **28.09.2006**

(51) Int Cl.⁸: **G02B 6/12 (2006.01)**
G02B 6/293 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
35044298 09.12.1998 JP

(73) Patentinhaber:
Furukawa Electric Co., Ltd., Tokio/Tokyo, JP

(74) Vertreter:
**Patent- und Rechtsanwälte Böck - Tappe -
Kirschner, 97074 Würzburg**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB

(72) Erfinder:
**Nakajima, Takeshi, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8322,
JP; Tanaka, Kanji, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8322,
JP; Ohta, Toshihiko, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8322,
JP; Nakamura, Shiro, Chiyoda-ku, Tokyo
100-8322, JP**

(54) Bezeichnung: **MULTIPLEXER UND DEMULTIPLEXER BASIEREND AUF EINEM WELLENLEITERGITTER (AWG)**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen optischen Multiplexer/Demultiplexer für die Verwendung in der optischen Wellenlängen-(optischen Frequenz-)Multiplexkommunikation und insbesondere einen optischen Multiplexer/Demultiplexer vom Typ eines Arrayed Waveguide Gratings mit einer ausreichend flachen, wellenlängenabhängigen spektralen Antwort in Durchgangskanalabständen oder Wellenlängenbändern.

Stand der Technik

[0002] In den letzten Jahren wurde im Bereich der optischen Kommunikation eifrig Forschung zum optischen Wellenlängenmultiplex-Kommunikationssystem betrieben, welches eine große Erhöhung der Übertragungskapazität mit sich bringt. In dem Multiplex-Kommunikationssystem wird der verfügbare Übertragungs-Wellenlängenbereich in eine Vielzahl von Durchgangskanalabständen aufgeteilt, und Informationen, die von einer Vielzahl von Lichtwellensignalen verschiedener Wellenlängen getragen werden, werden durch eine einzelne optische Faser übertragen. Zu diesem Zweck wird in der optischen Wellenlängen-Multiplexkommunikation ein optischer Multiplexer/Demultiplexer zum Multiplexen von Lichtwellen verschiedener Wellenlängen (Frequenzen) und zum Demultiplexen der wellenlängen-gemultiplexten Lichtwelle in die Lichtwellen der ursprünglichen Wellenlängen verwendet.

[0003] Um die Übertragungskapazität zu erhöhen, ist es effizient, den Übertragungswellenlängenbereich in viele Durchgangskanalabstände zu teilen, oder mit anderen Worten, zahlreiche Lichtwellen zu verwenden, die schmale Kanalabstände haben. Vom optischen Multiplexer/Demultiplexer wird verlangt, dass er imstande ist, Lichtwellen mit einem Frequenzintervall von z.B. 100 GHz, was einem Wellenlängenintervall von etwa 0,8 nm im 1,55 μm -Bereich entspricht, zu multiplexen und demultiplexen.

[0004] In der optischen Wellenlängen-Multiplexkommunikation wird manchmal eine relativ kostengünstige LD-Lichtquelle verwendet, um die Kosten für die Konstruktion des Kommunikationssystems zu reduzieren. Die oszillierende Wellenlänge in der LD-Lichtquelle kann jedoch aufgrund von Schwankungen der Umgebungsbedingungen, wie z.B. Temperatur und Feuchtigkeit, von der vorgesehenen Wellenlänge abweichen und zeitlich variieren. Deshalb kann, wenn die LD-Lichtquelle verwendet wird, die Wellenlänge der zu multiplexenden oder demultiplexenden Lichtwelle variieren. Andererseits ist die spektrale Antwort des optischen Multiplexers/Demultiplexers in einem Übertragungswellenlängenband

(Kanalabstand) wellenlängenabhängig (die spektrale Antwort wird unten auch als wellenlängenabhängige spektrale Antwort bezeichnet).

[0005] Deshalb variiert, wenn die oszillierende Wellenlänge der Lichtquelle wie oben erwähnt variiert, der Verlust von Licht, welches den optischen Multiplexer/Demultiplexer durchläuft, abhängig von der spektralen Antwort des optischen Multiplexers/Demultiplexers um den Betrag, welcher der Schwankung der oszillierenden Wellenlänge der Lichtquelle entspricht. Solche Verlustschwankungen bedingen einen ungleichmäßigen Verlust von multiplextem/demultiplextem Licht zwischen Lichtwellen mit verschiedenen Wellenlängen. Diese Ungleichmäßigkeit verursacht eine Verschlechterung des Signal-Rausch-Verhältnisses in der Übertragung von Informationen, die von Lichtwellensignalen getragen werden. Je flacher die wellenlängenabhängige spektrale Antwort des optischen Multiplexers/Demultiplexers ist, desto gleichmäßiger wird der Verlust.

[0006] Wie oben beschrieben, wird vom optischen Multiplexer/Demultiplexer für die Verwendung in dem optischen Wellenlängenmultiplex-Kommunikationssystem nicht nur verlangt, dass er in der Lage ist, viele Lichtwellen mit schmalen Kanalabständen zu multiplexen und demultiplexen, sondern dass er auch eine ausreichend flache, wellenlängenabhängige spektrale Antwort in Durchgangskanalabständen in dem für die Multiplexkommunikation verwendeten Wellenlängenbereich aufweist.

[0007] Um die erste Anforderung der Fähigkeit zum Multiplexen und Demultiplexen von Lichtwellen mit schmalen Kanalabständen zu erfüllen, wurde ein optischer Multiplexer/Demultiplexer vorgeschlagen, welcher ein Arrayed Waveguide Grating verwendet.

[0008] Ein optischer Multiplexer/Demultiplexer vom Typ eines Arrayed Waveguide Gratings, welcher beispielhaft in [Fig. 8](#) gezeigt wird, weist eine Mehrzahl von auf einem Substrat **1** ausgebildeten Eingangswellenleitern **2** auf. Die Eingangswellenleiter **2** sind mit einer Endfläche **3a** eines eingangsseitigen Plattenwellenleiters **3** verbunden, dessen andere Endfläche **3b** mit Enden einer Seite einer Mehrzahl von Kanalwellenleitern **4a** verbunden ist, die ein Arrayed Waveguide Grating bilden. Die anderen Enden der Kanalwellenleiter **4a** sind mit einer Endfläche **5a** eines ausgangsseitigen Plattenwellenleiters **5** verbunden, dessen andere Endfläche **5b** mit einer Mehrzahl von Ausgangswellenleitern **6** verbunden ist.

[0009] Der eingangsseitige Plattenwellenleiter **3** hat einander gegenüberliegende Endflächen **3a**, **3b**. Die Endfläche **3b** ist als konkave Fläche ausgebildet, die ein Krümmungszentrum aufweist, das im Zentrum der anderen Endfläche **3a** angeordnet ist. Die Endfläche **3a** ist als konkave Fläche ausgebildet, welche ein

Krümmungszentrum aufweist, das am Mittelpunkt einer die Zentren der Endflächen **3a**, **3b** verbindenden Linie angeordnet ist. In ähnlicher Weise ist die Endfläche **5a** des ausgangsseitigen Plattenwellenleiters **5** als konkave Fläche ausgebildet, deren Krümmungszentrum im Zentrum der anderen Endfläche **5b** angeordnet ist, und die Endfläche **5b** ist als konkave Fläche ausgebildet, die ein Krümmungszentrum aufweist, das im Mittelpunkt einer die Zentren der Endflächen **5a**, **5b** verbindenden Linie angeordnet ist.

[0010] Was die Demultiplexer-Funktion des optischen Multiplexers/Demultiplexers betrifft, so wird typischerweise wellenlängen-gemultiplextes Licht durch einen Eingangswellenleiter **2** eingebracht, der mit einem zentralen Abschnitt von vorzugsweise dem Zentrum der Endfläche **3a** des eingangsseitigen Plattenwellenleiters **3** verbunden ist. Von dem Eingangswellenleiter **2** fällt das wellenlängen-gemultiplexte Licht auf die Endfläche **3a** des eingangsseitigen Plattenwellenleiters **3** und wird in dem Plattenwellenleiter **3** gebeugt. Dann fällt das Licht durch die Kanalwellenleiter **4a**, welche mit der anderen Endfläche **3b** des eingangsseitigen Plattenwellenleiters **3** verbunden sind und verschiedene Wellenleiterlängen haben, auf die Endfläche **5a** des ausgangsseitigen Plattenwellenleiters **5**, wird einer Interferenz in dem Plattenwellenleiter **5** unterzogen und auf der anderen Endfläche **5b** des Plattenwellenleiters **5** fokussiert. Die Fokussierungspositionen unterscheiden sich entsprechend den Wellenlängen. Zum Beispiel werden Lichtwellen, die jeweils eine zentrale Wellenlänge in einem entsprechenden Durchgangskanalabstand für den optischen Multiplexer/Demultiplexer aufweisen, auf den jeweiligen Fokussierungspositionen auf der Plattenwellenleiterendfläche **5b** fokussiert beziehungsweise durch die Ausgangswellenleiter **6**, welche mit diesen Fokussierungspositionen verbunden sind, herausgenommen. Was die Multiplexerfunktion betrifft, so werden Signallichtstrahlen, welche in die Eingangswellenleiter **2** oder die Ausgangswellenleiter **6** eintreten und verschiedene Wellenlängen aufweisen, gemultiplext, und das gemultiplexte Signallicht wird von dem Eingangswellenleiter **2** oder dem Ausgangswellenleiter **6**, welcher mit dem Zentrum der eingangs- oder ausgangsseitigen Plattenwellenleiterendfläche **3a** oder **5b** verbunden ist, herausgenommen.

[0011] In dem oben beschriebenen optischen Multiplexer/Demultiplexer wird die Winkeldispersion auf der Endfläche **5b** des ausgangsseitigen Plattenwellenleiters **5** wie folgt ausgedrückt:

$$d\theta/d\lambda = m/(ns \cdot d) \quad (1)$$

[0012] In der Gleichung (1) bezeichnet θ den Beugungswinkel, m die Beugungsordnung, λ die Wellenlänge einer Eingangslichtwelle, ns den Brechungsindex

der Plattenwellenleiter **3** und **5**, und d den Abstand zwischen den Kanalwellenleitern **4a**.

[0013] Wenn die Brennweite des ausgangsseitigen Plattenwellenleiters **5** mit $F1$ bezeichnet wird und die Position der Plattenwellenleiterendfläche **5b** in einer Richtung der Breite des Plattenwellenleiters **5** (typischerweise die Distanz von dem Zentrum der Plattenwellenleiterendfläche **5b** bis zur Fokussierungsposition) betrachtet mit $x1$ bezeichnet wird, wird die lineare Dispersion auf der Endfläche **5b** wie folgt ausgedrückt:

$$dx1/d\lambda = (m \cdot F1)/(ns \cdot d) \quad (2)$$

[0014] Wie oben erwähnt, ist, weil der eingangsseitige Plattenwellenleiter **3** und der ausgangsseitige Plattenwellenleiter **5** dieselbe Brennweite $F1$ aufweisen, die lineare Dispersion auf der Endfläche **3a** des eingangsseitigen Plattenwellenleiters **3** die Gleiche wie die lineare Dispersion auf der Endfläche **5b** des ausgangsseitigen Plattenwellenleiters **5**, ausgedrückt durch Gleichung (2).

[0015] Deshalb entspricht die elektrische Feldverteilung des Lichts, welches auf der Fokussierungsposition auf der Endfläche **5b** des ausgangsseitigen Plattenwellenleiters **5** (Stellen, an denen die Plattenwellenleiterendfläche **5b** und die Ausgangswellenleiter **6** miteinander verbunden sind) fokussiert wird, der elektrischen Feldverteilung des Eingangslichts, das auf den eingangsseitigen Plattenwellenleiter **3** vom Eingangswellenleiter **2** fällt.

[0016] Im Allgemeinen ist die Verbreiterung der elektrischen Feldverteilung des Eingangslichts relativ gering. Deshalb ist bei herkömmlichen optischen Multiplexern/Demultiplexern vom Typ eines Arrayed Waveguide Gratings die Verbreiterung der elektrischen Feldverteilung des Lichts, welches auf der Fokussierungsposition auf der Endfläche **5b** des ausgangsseitigen Plattenwellenleiters **5** fokussiert wird und durch die diesen Fokussierungspositionen entsprechenden Ausgangswellenleiter **6** herausgenommen wird, relativ gering. Andererseits hängt die Verbreiterung der elektrischen Feldverteilung des an der Fokussierungsposition beobachteten Lichts eng mit der Flachheit der wellenlängenabhängigen spektralen Antwort in dem Übertragungswellenlängenband oder dem Kanalabstand zusammen.

[0017] Wie oben erwähnt, wird der Durchgangsverlust des den optischen Multiplexer/Demultiplexer durchlaufenden Lichts, abhängig von der Wellenlänge, umso ungleichmäßiger, je flacher die wellenlängenabhängige spektrale Antwort des optischen Multiplexers/Demultiplexers ist. Deshalb wird in dem Kommunikationssystem, das den herkömmlichen, eine unzureichende Flachheit in der wellenlängenabhängigen spektralen Antwort aufweisenden opti-

schen Multiplexer/Demultiplexer vom Typ eines Arrayed Waveguide Gratings verwendet, wenn Licht mit einer durch die Schwankung der oszillierenden Wellenlängen der Lichtquelle oder dergleichen verursachten abweichenden Zentralwellenlänge den Multiplexer/Demultiplexer durchläuft, der Lichtverlust ungleichmäßig, was eine Verschlechterung im Signal-Rausch-Verhältnis bewirken kann.

Offenbarung der Erfindung

[0018] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, einen optischen Multiplexer/Demultiplexer vom Typ eines Arrayed Waveguide Gratings bereitzustellen, der eine gewünschte wellenlängenabhängige spektrale Antwort in den Durchgangskanalabständen aufweist.

[0019] Um die oben genannte Aufgabe zu lösen, stellt die vorliegende Erfindung einen optischen Multiplexer/Demultiplexer vom Typ eines Arrayed Waveguide Gratings bereit, bei welchem eine Beugungsgitterseitenendfläche eines eingangsseitigen Plattenwellenleiters und eine Beugungsgitterseitenendfläche eines ausgangsseitigen Plattenwellenleiters durch ein aus einer Mehrzahl von Kanalwellenleitern gebildetes Arrayed Waveguide Grating miteinander verbunden sind, ein einzelner oder eine Mehrzahl von Eingangswellenleitern mit einer Wellenleiterseitenendfläche des eingangsseitigen Plattenwellenleiters verbunden ist, und bei dem ein einzelner oder eine Mehrzahl von Ausgangswellenleitern mit einer Wellenleiterseitenendfläche des ausgangsseitigen Plattenwellenleiters verbunden ist. Der optische Multiplexer/Demultiplexer ist dadurch gekennzeichnet, dass eine Brennweite der Beugungsgitterseitenendfläche des ausgangsseitigen Plattenwellenleiters länger als eine Brennweite der Wellenleiterseitenendfläche des eingangsseitigen Plattenwellenleiters ist.

[0020] Der optische Multiplexer/Demultiplexer der vorliegenden Erfindung, der ein Arrayed Waveguide Grating umfasst, das in der Lage ist, Lichtwellen mit schmalen Kanalabständen zu multiplexen und eine aus solchen Lichtwellen gebildete wellenlängen-gemultiplexte Lichtwelle zu demultiplexen, ist geeignet, um Lichtwellensignale in einem optischen Wellenlängen-(optischen Frequenz)-Multiplexkommunikationssystem, das zur Signalübertragung den in eine Mehrzahl von Durchgangskanalabständen unterteilten Übertragungswellenlängenbereich verwendet, zu multiplexen und demultiplexen.

[0021] Insbesondere ist, weil die Brennweite der ausgangsseitigen Plattenwellenleiterendfläche länger als die Brennweite der eingangsseitigen Plattenwellenleiterendfläche ist, die Verbreiterung der elektrischen Feldverteilung des an der ausgangsseitigen Plattenwellenleiterendfläche beobachteten Lichtes breiter als die Verbreiterung der elektrischen Feldver-

teilung des Lichts auf der eingangsseitigen Plattenwellenleiterendfläche. Dies verbessert die Flachheit der wellenlängenabhängigen spektralen Antwort in jedem Durchgangskanalabstand für die optische Multiplexkommunikation. In dem optischen Übertragungssystem kann, wenn das Licht, dessen zentrale Wellenlänge aufgrund von Schwankungen der oszillierenden Wellenlänge einer Lichtquelle oder dergleichen verschoben ist, einen optischen Multiplexer/Demultiplexer durchläuft, der Lichtverlust durch die Verschiebung der Wellenlänge variiert werden. Die Schwankung des Lichtverlusts kann eine Verschlechterung des Signal-Rausch-Verhältnisses in dem Kommunikationssystem verursachen. Andererseits wird gemäß dem optischen Multiplexer/Demultiplexer der vorliegenden Erfindung, der eine ausreichend flache wellenlängenabhängige spektrale Antwort aufweist, die Wellenlängenabhängigkeit des den Multiplexer/Demultiplexer durchlaufenden Lichts reduziert, solange die verschobene zentrale Wellenlänge in einen Bereich fällt, wo die wellenlängenabhängige spektrale Antwort flach ist. Somit wird die Schwankung des Lichtverlustes reduziert und die Verschlechterung des Signal-Rausch-Verhältnisses vermindert.

[0022] Insbesondere in der optischen Wellenlängenmultiplexkommunikation ist es wünschenswert, dass der Verlust von einem optischen Multiplexer/Demultiplexer durchlaufendem Licht, welcher bei einer innerhalb eines Kanalabstands fallenden Wellenlänge beobachtet wird, nicht größer ist als jener, der bei der zentralen Wellenlänge des Kanalabstands, z.B. von 1 dB oder mehr, beobachtet wird. Mit anderen Worten ist es wünschenswert, dass der optische Multiplexer/Demultiplexer eine breite 1 dB-Durchgangsbandbreite (1 dB-Kanalabstandsbreite) aufweist. Die vorliegende Erfindung kann einen optischen Multiplexer/Demultiplexer bereitstellen, welcher eine solche Anforderung erfüllt und daher bei der Konstruktion eines optischen Wellenlängen-Multiplexkommunikationssystems von großer Hilfe sein kann.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0023] [Fig. 1](#) ist eine Draufsicht eines optischen Multiplexers/ Demultiplexers gemäß einer gewünschten Ausführungsart der vorliegenden Erfindung;

[0024] [Fig. 2](#) ist ein Graph, welcher das Ergebnis einer Simulation zeigt, die die elektrische Feldverteilung des auf einer Brennebene eines ausgangsseitigen Plattenwellenleiters in dem optischen Multiplexer/Demultiplexer von [Fig. 1](#) fokussierten Lichts betrifft;

[0025] [Fig. 3](#) ist ein Graph, der die spektrale Antwort des optischen Multiplexers/Demultiplexers von [Fig. 1](#) zeigt;

[0026] [Fig. 4](#) ist eine Draufsicht einer Verbindungsstruktur zum Verbinden eines Eingangswellenleiters und eines eingangsseitigen Plattenwellenleiters in dem optischen Multiplexer/Demultiplexer von [Fig. 1](#);

[0027] [Fig. 5](#) ist eine Draufsicht einer Verbindungsstruktur zum Verbinden eines Ausgangswellenleiters und eines ausgangsseitigen Plattenwellenleiters in dem optischen Multiplexer/Demultiplexer von [Fig. 1](#);

[0028] [Fig. 6](#) ist ein Graph, der die spektrale Antwort der Ausführungsform 1 zeigt;

[0029] [Fig. 7](#) ist ein Graph, der die spektrale Antwort der Ausführungsform 2 zeigt; und

[0030] [Fig. 8](#) ist eine Draufsicht eines herkömmlichen optischen Multiplexers/Demultiplexers vom Typ eines Arrayed Waveguide Gratings.

Beste Ausführungsart der Erfindung

[0031] Unter Bezugnahme auf [Fig. 1](#) wird nachfolgend ein optischer Multiplexer/Demultiplexer A vom Typ eines Arrayed Waveguide Gratings gemäss einer gewünschten Ausführungsart der vorliegenden Erfindung beschrieben.

[0032] Der optische Multiplexer/Demultiplexer A hat im Wesentlichen dieselbe Struktur wie der in [Fig. 8](#) gezeigte herkömmliche optische Multiplexer/Demultiplexer. Er umfasst Eingangswellenleiter **2**, einen eingangsseitigen Plattenwellenleiter **3**, ein Arrayed Waveguide Grating **4**, einen ausgangsseitigen Plattenwellenleiter **5** und Ausgangswellenleiter **6**, die auf einem Substrat **1** ausgebildet sind. Das Beugungsgitter **4** wird aus einer Mehrzahl von Kanalwellenleitern **4** verschiedener Wellenleiterlängen gebildet. Die Bauteile **2** bis **6** des optischen Multiplexers/Demultiplexers A sind in derselben Weise wie bei dem optischen Multiplexer/Demultiplexer von [Fig. 8](#) verbunden. Bei dem Substrat **1** handelt es sich z.B. um ein Si-Substrat oder ein Glassubstrat. Die Eingangswellenleiter **2**, Ausgangswellenleiter **6**, der eingangsseitige Plattenwellenleiter **3**, der ausgangsseitige Plattenwellenleiter **5** und das Arrayed Waveguide Grating **4** sind z.B. aus Silicatglas in ihren vorgegebenen Formen ausgestaltet und in ein Verkleidungsmaterial eingebettet, das einen kleineren Brechungsindex als Silicatglas aufweist.

[0033] In dem optischen Multiplexer/Demultiplexer A ist eine Endfläche **3b** des eingangsseitigen Plattenwellenleiters **3** als konkave Fläche ausgebildet, deren Krümmungszentrum im Zentrum der anderen Endfläche **3a** positioniert ist. Die Endfläche **3a** ist als konkave Fläche ausgebildet, die ein Krümmungszentrum aufweist, das in dem Mittelpunkt einer die Zentren der Endflächen **3a**, **3b** verbindenden Linie positioniert ist. In der in [Fig. 1](#) gezeigten gewünschten

Ausführungsart ist die Brennweite der eingangsseitigen Plattenwellenleiterendfläche **3b** so bestimmt, dass sie z.B. einen Wert F1 aufweist, der gleich der Brennweite der Endflächen der eingangsseitigen und ausgangsseitigen Plattenwellenleiter des in [Fig. 8](#) gezeigten herkömmlichen optischen Multiplexers/Demultiplexers ist. Eine Endfläche **5a** des ausgangsseitigen Plattenwellenleiters **5** ist als konkave Fläche ausgebildet, die ein Krümmungszentrum aufweist, das im Zentrum der anderen Endfläche **5b** angeordnet ist, und die Endfläche **5b** ist als konkave Fläche ausgebildet, die ein Krümmungszentrum im Mittelpunkt einer die Zentren der Endflächen **5a**, **5b** verbindenden Linie aufweist. Im Gegensatz zum optischen Multiplexer/Demultiplexer von [Fig. 8](#) ist die Brennweite der Endfläche **5a** des ausgangsseitigen Plattenwellenleiters **5** so bestimmt, dass sie einen Wert F2 aufweist, der größer ist als der Wert F1 der Brennweite der Endfläche **3b** des eingangsseitigen Plattenwellenleiters **3**.

[0034] Wie aus der Reziprozität des vorliegenden optischen Schaltkreises klar hervorgeht, hat der optische Multiplexer/Demultiplexer A eine Multiplexerfunktion zum Multiplexen einer Mehrzahl von Signallichtwellen verschiedener Wellenlängen, die durch eine Mehrzahl von Eingangswellenleitern **2** eingebracht werden, und zum Herausnehmen einer wellenlängen-gemultiplexten Lichtwelle durch einen einzelnen Ausgangswellenleiter **6**, der mit einem zentralen Abschnitt, vorzugsweise dem Zentrum der Endfläche **5b** des ausgangsseitigen Plattenwellenleiters **5**, verbunden ist, sowie ferner eine Demultiplexerfunktion zum Demultiplexen einer wellenlängen-gemultiplexten Lichtwelle, die durch einen einzelnen Ausgangswellenleiter **6** eingebracht wird und zum Herausnehmen einer Mehrzahl von Signallichtwellen durch eine Mehrzahl von Eingangswellenleitern **2**. Im Folgenden wird hauptsächlich die Multiplexerfunktion des optischen Multiplexers/Demultiplexers A erklärt.

[0035] In dem optischen Multiplexer/Demultiplexer A wird, vorausgesetzt, dass die Position auf der Plattenwellenleiterendfläche **5b** in der Richtung der Breite des ausgangsseitigen Plattenwellenleiters **5** betrachtet mit x2 bezeichnet wird, die lineare Dispersion auf der Plattenwellenleiterendfläche **5b** wie folgt ausgedrückt:

$$dx_2/d\lambda = (m \cdot F_2)/(n_s \cdot d) \quad (3)$$

[0036] In der Gleichung (3) bezeichnet m die Beugungsordnung, λ die Wellenlänge einer Eingangslichtwelle, n_s den Brechungsindex der Plattenwellenleiter **3** und **5**, und d den Abstand zwischen den Kanalwellenleitern **4a**.

[0037] Bei dem in [Fig. 8](#) gezeigten herkömmlichen optischen Multiplexer/Demultiplexer sind die Brennweiten der Endflächen der eingangsseitigen und aus-

gangsseitigen Plattenwellenleiter auf den Wert $F1$ vorbestimmt. Vorausgesetzt, dass die Position auf der Plattenwellenleiterendfläche **5b** in Richtung der Breite des ausgangsseitigen Plattenwellenleiters **5** mit $x1$ bezeichnet wird, wird die lineare Dispersion auf der Plattenwellenleiterendfläche **5b** durch die folgende Gleichung (2) ausgedrückt, wie bereits erwähnt wurde.

$$dx1/d\lambda = (m \cdot F1)/(ns \cdot d) \quad (2)$$

[0038] Daher wird die folgende Beziehung zwischen der linearen Dispersion der ausgangsseitigen Plattenwellenleiterendfläche **5b** des optischen Multiplexers/Demultiplexers A dieser Erfindung und derjenigen eines herkömmlichen optischen Multiplexers/Demultiplexers von [Fig. 8](#) gefunden.

$$(dx1/d\lambda):(dx2/d\lambda) = F1:F2 \quad (4)$$

[0039] Weil $F1 < F2$, ist die lineare Dispersion $dx2/d\lambda$ im optischen Multiplexer/Demultiplexer A der vorliegenden Erfindung größer als die lineare Dispersion $dx1/d\lambda$ im konventionellen optischen Multiplexer/Demultiplexer von [Fig. 8](#).

[0040] Die durch die Gleichungen (2) und (3) gegebene lineare Dispersion $dx1/d\lambda$, $dx2/d\lambda$ stellt die Fokussierungswellenlängendichte der Endfläche (Brennebene) **5b** des ausgangsseitigen Plattenwellenleiters **5** dar. Dies bedeutet daher, wenn die lineare Dispersion groß ist, dass die Fokussierungswellenlängendichte auf der Plattenwellenleiterendfläche **5b** in Richtung der Breite des ausgangsseitigen Plattenwellenleiters **5** betrachtet gering ist, was bedeutet, dass die elektrische Feldverteilung des auf der Plattenwellenleiterendfläche **5b** fokussierten Lichts breit ist.

[0041] Daher ist bei dem optischen Multiplexer/Demultiplexer A die Verbreiterung der elektrischen Feldverteilung des auf den Fokussierungspositionen auf der Endfläche **5b** des ausgangsseitigen Plattenwellenleiters **5** fokussierten Lichts größer als die Verbreiterung der elektrischen Feldverteilung des Lichts, die beobachtet wird, gerade bevor das Licht von den Eingangswellenleitern **2** in den eingangsseitigen Plattenwellenleiter **3** eintritt. Dies verbessert die Flachheit der wellenlängenabhängigen spektralen Antwort des optischen Multiplexers/Demultiplexers A in jedem Durchgangskanalabstand.

[0042] Um das oben genannte Konzept zu verifizieren, wurde unter Verwendung der Strahlausbreitungsmethode eine Simulation mit dem in [Fig. 1](#) gezeigten optischen Multiplexer/Demultiplexer A der vorliegenden Erfindung sowie dem in [Fig. 8](#) gezeigten herkömmlichen optischen Multiplexer/Demultiplexer durchgeführt,

[0043] [Fig. 2](#) zeigt die elektrische Feldverteilung

des auf der Endfläche **5b** des ausgangsseitigen Plattenwellenleiters fokussierten Lichts in dem optischen Multiplexer/Demultiplexer A und diejenige in dem herkömmlichen Multiplexer/Demultiplexer, die jeweils durch die Simulation erhalten wurden. In [Fig. 2](#) ist die elektrische Feldverteilung im optischen Multiplexer/Demultiplexer A der vorliegenden Erfindung mit einer durchgehenden Linie dargestellt, und jene des herkömmlichen optischen Multiplexers/Demultiplexers ist mit einer gestrichelten Linie dargestellt.

[0044] Wie aus [Fig. 2](#) ersichtlich, ist die elektrische Feldverteilung des Lichts auf der Plattenwellenleiterendfläche **5b** im optischen Multiplexer/Demultiplexer A der vorliegenden Erfindung in der Richtung der Breite des Plattenwellenleiters (der $x2$ -Richtung) ausgedehnter oder breiter als diejenige im herkömmlichen optischen Multiplexer/Demultiplexer.

[0045] [Fig. 3](#) zeigt die wellenlängenabhängige spektrale Antwort des optischen Multiplexers/Demultiplexers A der vorliegenden Erfindung und diejenige eines herkömmlichen optischen Multiplexers/Demultiplexers, die jeweils durch die Simulation erhalten wurden. In [Fig. 3](#) ist die wellenlängenabhängige spektrale Antwort des optischen Multiplexers/Demultiplexers A der vorliegenden Erfindung mit einer durchgehenden Linie dargestellt, und diejenige des herkömmlichen Multiplexers/Demultiplexers ist mit einer gestrichelten Linie dargestellt.

[0046] Wie aus [Fig. 3](#) ersichtlich, ist die Wellenlängenabhängigkeit des Durchgangsverlustes des optischen Multiplexers/Demultiplexers A der vorliegenden Erfindung im Vergleich mit demjenigen eines herkömmlichen optischen Multiplexers/Demultiplexers reduziert. Mit anderen Worten verbessert sich in dem optischen Multiplexer/Demultiplexer A der vorliegenden Erfindung die Flachheit der wellenlängenabhängigen spektralen Antwort.

[0047] Als Nächstes wird unter Bezugnahme auf die [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) eine wünschenswerte Ausführungsform der Verbindungsstruktur zum Verbinden des Eingangswellenleiters **2** und der Endfläche **3a** des eingangsseitigen Plattenwellenleiters **3** sowie eine wünschenswerte Ausführungsform einer Verbindungsstruktur zum Verbinden der Endfläche **5b** des ausgangsseitigen Plattenwellenleiters **5** und des Ausgangswellenleiters **6** im optischen Multiplexer/Demultiplexer A der vorliegenden Erfindung beschrieben. Mit solchen Verbindungsstrukturen kann die Flachheit der spektralen Antwort des optischen Multiplexers/Demultiplexers weiter verbessert werden.

[0048] In [Fig. 4](#) ist ein Eingangswellenleiter **2** mit einem eingangsseitigen Plattenwellenleiter **3** mittels linker und rechter Wellenleiter **7** geringer Breite und eines Wellenleiterabschnitts **8** großer Breite verbun-

den. Die linken und rechten Flächen eines Plattenwellenleiterseitenendabschnitts des Eingangswellenleiters **2** erstrecken sich jeweils in der Richtung der Weite des Eingangswellenleiters **2** betrachtet schräg nach außen unter einem Winkel θ relativ zur optischen Achse (Längsachse) des Eingangswellenleiters **2**. Somit weist der Plattenwellenleiterseitenendabschnitt des Eingangswellenleiters **2** eine Breite auf, die sich allmählich zu ihrem Ende hin vergrößert, d.h. sie ist in einer sich umgekehrt verjüngenden Form ausgestaltet. In [Fig. 4](#) bezeichnet das Zeichen **W 1** die Breite des restlichen Abschnitts des Eingangswellenleiters **2**, und das Zeichen **2B** bezeichnet die Endfläche des Eingangswellenleiters **2**, der sich senkrecht zur optischen Achse des Eingangswellenleiters **2** erstreckt.

[0049] Der linke und der rechte Wellenleiter **7** geringer Breite sind von dem Eingangswellenleiter **2** in der Richtung der optischen Achse des Eingangswellenleiters **2** im Abstand g_1 entfernt und in der Richtung der Breite des eingangsseitigen Plattenwellenleiters **3** voneinander entfernt angeordnet. Die Wellenleiter **7** geringer Breite erstrecken sich jeweils schräg relativ zur optischen Achse des Eingangswellenleiters **2** unter einem Winkel, der dem Verjüngungswinkel θ des sich umgekehrt verjüngenden Endabschnitts des Eingangswellenleiters **2** entspricht. Die einander gegenüberliegenden Endflächen **7A**, **7B** jedes Wellenleiters **7** geringer Breite sind parallel zu der Endfläche **2B** des Eingangswellenleiters **2** angeordnet. In [Fig. 4](#) bezeichnen die Zeichen CW und SW die Abstände zwischen den zwei Wellenleitern geringer Breite **7** auf der Seite der Endfläche **7A** bzw. der Seite der Endfläche **7B**.

[0050] Der eingangsseitige Plattenwellenleiter **3** ist so angeordnet, dass seine optische Achse (Längsachse) in einer Linie mit der optischen Achse des Eingangswellenleiters **2** angeordnet ist, und ein Wellenleiterabschnitt **8** großer Breite ist mit dem eingangsseitigen Plattenwellenleiter **3** auf dessen Seite des Eingangswellenleiters **2** verbunden. Der Wellenleiterabschnitt **8** großer Breite ist so angeordnet, dass er den Wellenleitern **7** geringer Breite in einem Abstand g_2 gegenüberliegt. In einer Draufsicht betrachtet ist der Wellenleiter **8** großer Breite von trapezoider Form, deren Länge und Breite H bzw. W_2 sind. Die linken und rechten Flächen **8B** des Wellenleiterabschnitts **8** großer Breite erstrecken sich jeweils schräg relativ zur optischen Achse des Eingangswellenleiters **2** und des Plattenwellenleiters **3** unter einem Winkel, der dem Verjüngungswinkel θ des sich umgekehrt verjüngenden Endabschnitts des Eingangswellenleiters **2** entspricht. Somit sind die linke Fläche des Eingangswellenleiters **2**, die außenseitige Fläche des linken Wellenleiters **7** geringer Breite und die linke Fläche des Wellenleiterabschnitts **8** großer Breite in der selben Ebene angeordnet, und die rechte Fläche des Eingangswellenleiters **2**, die außensei-

tige Fläche des rechten Wellenleiters **7** geringer Breite und die rechte Fläche des Wellenleiterabschnitts **8** großer Breite sind in der selben Ebene angeordnet.

[0051] Im optischen Multiplexer/Demultiplexer A, bei dem der Eingangswellenleiter **2** und der eingangsseitige Plattenwellenleiter **3** wie in [Fig. 4](#) gezeigt verbunden sind, breitet sich das Licht durch den Eingangswellenleiter **2** aus und tritt dann in einen Spalt g_1 von der Endfläche **2B** des Eingangswellenleiters **2** ein.

[0052] Im Spalt g_1 wird, weil das Licht von der Beschränkung in Richtung senkrecht zur optischen Achse des Eingangswellenleiters **2** befreit ist, das Licht gebeugt. Das gebeugte Licht tritt vom Spalt g_1 her in die linken und rechten Wellenleiter **7** geringer Breite ein und breitet sich durch die Wellenleiter **7** geringer Breite aus. Die elektrische Feldverteilung des Lichts, die beobachtet wird, gerade nachdem das Licht den linken und rechten Wellenleiter **7** geringer Breite durchlaufen hat, weist eine bimodale Form auf, welche im zentralen Bereich der Verteilung in Richtung senkrecht zur optischen Achse des Eingangswellenleiters **2** betrachtet eine tiefe Vertiefung aufweist. Das Licht mit einer elektrischen Feldverteilung von einer solchen bimodalen Form tritt von den Wellenleitern **7** geringer Breite her in einen Spalt g_2 ein. Im Spalt g_2 wird, weil das Licht von der Beschränkung in Richtung senkrecht zur optischen Achse des Eingangswellenleiters **2** und des Plattenwellenleiters **3** befreit ist, das Licht gebeugt. Die elektrische Feldverteilung des Lichts, die beobachtet wird, gerade bevor das Licht in den Wellenleiterabschnitt **8** großer Breite des eingangsseitigen Plattenwellenleiters **3** eintritt, ist von bimodaler Form, aber die Vertiefung ist an ihrem zentralen Abschnitt etwas geringer als diejenige der elektrischen Feldverteilung, die beobachtet wird, gerade nachdem das Licht den linken und rechten Wellenleiter **7** geringer Breite durchlaufen hat.

[0053] Das Licht mit einer solchen elektrischen Feldverteilung tritt dann in den Wellenleiterabschnitt **8** großer Breite des eingangsseitigen Plattenwellenleiters **3** ein. Der Wellenleiterabschnitt **8** großer Breite ist aus einer Schicht mit hohem Brechungsindex hergestellt. Deshalb verringert sich, wenn sich das Licht durch den Wellenleiterabschnitt **8** großer Breite ausbreitet, die im zentralen Bereich der bimodalen elektrischen Feldverteilung des Lichts beobachtete Vertiefung weiter. Mit anderen Worten verringert sich in der elektrischen Feldverteilung des Lichts, die beobachtet wird, gerade bevor das Licht in den eingangsseitigen Plattenwellenleiter **3** vom Wellenleiterabschnitt **8** großer Breite her eintritt, die Differenz zwischen den Minimal- und Maximalwerten. Deshalb kann mit der in [Fig. 4](#) gezeigten Verbindungsstruktur die Verbreiterung der elektrischen Feldverteilung des Lichts, welche beobachtet wird, gerade bevor das Licht in den eingangsseitigen Plattenwellenleiter **3**

eintritt, vergrößert werden.

[0054] Das Licht mit einer solchen elektrischen Feldverteilung breitet sich dann durch den eingangsseitigen Plattenwellenleiter **3**, das Arrayed Waveguide Grating **4** und den ausgangsseitigen Plattenwellenleiter **5** aus und wird auf der Plattenwellenleiterendfläche **5b** fokussiert. Wie bereits erwähnt, wird in dem optischen Multiplexer/Demultiplexer A, in dem die Brennweite F2 der Endfläche **5a** des ausgangsseitigen Plattenwellenleiters **5** länger als die Brennweite F1 der Endfläche **3a** des eingangsseitigen Plattenwellenleiters **3** ist, die Verbreiterung der elektrischen Feldverteilung des Lichts, welches auf der Plattenwellenleiterendfläche **5b** fokussiert wird, größer als diejenige der Verteilung, die beobachtet wird, gerade bevor das Licht in den eingangsseitigen Plattenwellenleiter **3** eintritt.

[0055] Insbesondere wird die Verbreiterung der elektrischen Feldverteilung des Lichts aufgrund der in [Fig. 4](#) gezeigten Verbindungsstruktur ausgedehnt, bevor das Licht in den eingangsseitigen Plattenwellenleiter **3** eintritt, und wird weiter durch den ausgangsseitigen Plattenwellenleiter **5** ausgedehnt. Im Ergebnis wird die Verbreiterung der elektrischen Feldverteilung des Lichts, welches auf der ausgangsseitigen Plattenwellenleiterendfläche **5b** fokussiert wird, größer. Mit anderen Worten wird in dem optischen Multiplexer/Demultiplexer A mit der in [Fig. 4](#) gezeigten Verbindungsstruktur die Flachheit der wellenlängenabhängigen spektralen Antwort in einem Durchgangskanalabstand verbessert. Daher kann durch das Verbinden einer Mehrzahl von Eingangswellenleitern **2** mit dem eingangsseitigen Plattenwellenleiter **3**, wie in [Fig. 4](#) gezeigt, die Flachheit der spektralen Antwort in Durchgangskanalabständen verbessert werden.

[0056] Bei einer in [Fig. 5](#) gezeigten Verbindungsstruktur hat ein Ausgangswellenleiter **6** eine relativ große Breite WO an seinem mit einer Plattenwellenleiterendfläche **5b** verbundenen Abschnitt. Der Plattenwellenleiterseitenendabschnitt des Ausgangswellenleiters **6** ist in einer sich verjüngenden Form ausgestaltet, deren linke und rechte Flächen sich jeweils bezüglich der optischen Achse schräg in Richtung der Pfadbreite betrachtet unter einem Winkel θ nach Innen erstrecken. Mit dieser Struktur kann das Licht mit einer breiten elektrischen Feldverteilung gut von der Plattenwellenleiterendfläche **5b** her in den Ausgangswellenleiter **6** eingebracht werden. Dies hilft, die Flachheit der wellenlängenabhängigen spektralen Antwort des optischen Multiplexers/Demultiplexers A zu verbessern.

Ausführungsform 1

[0057] Unter Verwendung von Methoden, welche eine Kombination aus Flammenabscheidung, Photo-

lithographie und Ätzung darstellen, wurde ein optischer Multiplexer/Demultiplexer hergestellt, welcher die in [Fig. 1](#) gezeigte Struktur aufweist und ausgelegt ist, um eine Mehrzahl von Signallichtwellen mit einem Frequenzintervall von 100 GHz, d.h. einem Wellenlängenintervall von etwa 0,8 nm im 1,55 μm -Wellenlängenbereich, zu multiplexen und um eine wellenlängen-gemultiplexte, aus solchen Signallichtwellen gebildete Lichtwelle zu demultiplexen.

[0058] Insbesondere wurden mittels Flammenhydrosisabscheidung eine untere Verkleidungsschicht (welche SiO_2 als Hauptbestandteil umfasste) sowie eine Kernschicht (welche SiO_2 als einen Hauptbestandteil und Ti als eine Dotiersubstanz umfasste) auf einen Si-Substrat in dieser Reihenfolge ausgebildet, und dann wurde das Ganze mittels Erhitzung in transparentes Glas konvertiert. Dann wurde unter Verwendung von Photomasken die Kernschicht trocken geätzt, und dann wurde eine obere Verkleidungsschicht (welche SiO_2 als Hauptbestandteil umfasste) mittels Flammenhydrosisabscheidung ausgebildet, derart, dass die trocken geätzte Kernschicht unter ihr verdeckt wurde. Dann wurde die obere Verkleidungsschicht mittels Erhitzung in transparentes Glas konvertiert. Somit wurde der optische Demultiplexer mit den unten genannten Spezifikationen hergestellt.

- 1) Eingangswellenleiter, Ausgangswellenleiter: Die Breite des Kerns betrug 6,5 μm , und die Höhe des Kerns betrug 6,5 μm . Die Anzahl der Multiplexkanäle betrug 16.
- 2) Arrayed Waveguide Grating: Der Abstand zwischen den Kanalwellenleitern betrug 15 μm , und die Anzahl der Kanalwellenleiter betrug 100. Die Differenz in der optischen Pfadlänge (ΔL) betrug 66,3 μm . Die Beugungsordnung (m) betrug 61. Der FSR (Free Spectral Range) betrug 25 nm.
- 3) Die Brennweite (F1) des eingangsseitigen Plattenwellenleiters betrug 8932 μm und die Brennweite (F2) des ausgangsseitigen Plattenwellenleiters betrug 17864 μm . Daher gilt $F1:F2 = 1:2$. Licht in dem 1,55 μm -Band wurde von einem bestimmten Eingangswellenleiter des optischen Multiplexers/Demultiplexers A eingebracht, und die Wellenlängencharakteristik von Licht, das von den Ausgangswellenleitern emittiert wurde, wurde geprüft. Das Ergebnis ist als durchgehende Linie in [Fig. 6](#) dargestellt.

[0059] Zum Vergleich wurde ein herkömmlicher optischer Multiplexer/Demultiplexer mit denselben Spezifikationen wie denjenigen des optischen Multiplexers/Demultiplexers A hergestellt, mit der Ausnahme, dass die Brennweiten der eingangsseitigen und ausgangsseitigen Plattenwellenleiter jeweils 8932 μm betragen. In diesem herkömmlichen optischen Multiplexer/Demultiplexer wurde die Wellenlängencharak-

teristik des von den Ausgangswellenleitern emittierten Lichts in derselben Art und Weise wie in der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung geprüft. Das Ergebnis ist als gestrichelte Linie in [Fig. 6](#) dargestellt.

[0060] Wie aus [Fig. 6](#) ersichtlich, beträgt die 1dB-Durchgangswellenlängenbandbreite (1 dB-Kanalabstandsbreite) im Multiplexer/Demultiplexer des Ausführungsbeispiels 0,44 nm, während diejenige im herkömmlichen Multiplexer/Demultiplexer 0,24 nm beträgt. Daher ist Erstere viel größer als Letztere.

Ausführungsform 2

[0061] Ein optischer Multiplexer/Demultiplexer gemäß Ausführungsform 1 wurde mit den unten genannten Spezifikationen hergestellt unter Verwendung der Verbindungsstruktur zum Verbinden des Eingangswellenleiters **2** und des eingangsseitigen Plattenwellenleiters **3**, wie in [Fig. 4](#) gezeigt, und der Verbindungsstruktur zum Verbinden des ausgangsseitigen Plattenwellenleiters **5** und des Ausgangswellenleiters **6** wie in [Fig. 5](#) gezeigt.

[0062] Spezifikationen der Eingangsseite: $W1 = 6,5 \mu\text{m}$, $W2 = 15,0 \mu\text{m}$, $H = 30 \mu\text{m}$, $\theta = 0,4^\circ$, $CW = 3,0 \mu\text{m}$, $SW = 4,0 \mu\text{m}$, $g1 = g2 = 5,0 \mu\text{m}$
Spezifikationen der Ausgangsseite: $WO = 13,5 \mu\text{m}$, $\theta = 0,4^\circ$

[0063] Die Wellenlängencharakteristik des emittierten Lichts im optischen Multiplexer/Demultiplexer wurde in derselben Art und Weise wie in Ausführungsform 1 geprüft. Das Ergebnis ist in [Fig. 7](#) dargestellt.

[0064] Die Breite des 1 dB-Durchgangswellenlängenbandes beträgt 0,65 nm, und ist somit viel größer als die im herkömmlichen oben genannten optischen Multiplexer/Demultiplexer.

[0065] Die vorliegende Erfindung ist nicht auf die oben beschriebenen wünschenswerten Durchführungsarten und Ausführungsformen **1** und **2** beschränkt. Sie kann in verschiedener Art und Weise modifiziert werden.

[0066] Zum Beispiel hat der optische Multiplexer/Demultiplexer A in der oben beschriebenen gewünschten Ausführungsart eine Mehrzahl von Eingangswellenleitern **2** und eine Mehrzahl von Ausgangswellenleitern **6**. Er kann jedoch auch einen einzelnen Eingangswellenleiter **2** und eine Mehrzahl von Ausgangswellenleitern **6** aufweisen. In diesem Fall wird eine wellenlängen-gemultiplizierte Lichtwelle durch den einzelnen Eingangswellenleiter **2** eingebracht und in eine Mehrzahl von Signallichtwellen separiert, und diese Signallichtwellen werden von den

entsprechenden Ausgangswellenleitern **6** herausgenommen, wobei die Multiplexerfunktion des optischen Multiplexers/Demultiplexers A erlangt wird. Ferner werden eine Mehrzahl von Signallichtwellen durch die entsprechenden Ausgangswellenleiter **6** eingebracht und gemultipliziert und die wellenlängen-gemultiplizierte Lichtwelle wird von dem einzelnen Eingangswellenleiter **2** herausgenommen, wobei die Demultiplexerfunktion erlangt wird.

[0067] Alternativ kann der optische Multiplexer/Demultiplexer eine Mehrzahl von Eingangswellenleitern **2** und einen einzelnen Ausgangswellenleiter **6** aufweisen, um die Multiplexer- und Demultiplexerfunktionen zu erlangen.

Patentansprüche

1. Optischer Multiplexer/Demultiplexer vom Typ eines Arrayed-Waveguide-Gratings, bei welchem eine Beugungsgitterseitenendfläche eines eingangsseitigen Plattenwellenleiters und eine Beugungsgitterseitenendfläche eines ausgangsseitigen Plattenwellenleiters durch ein Arrayed Waveguide Grating miteinander verbunden sind, welches eine Mehrzahl von Kanalwellenleitern umfasst, wobei ein einzelner oder eine Mehrzahl von Eingangswellenleitern an einer Wellenleiterseitenendfläche des eingangsseitigen Plattenwellenleiters befestigt ist und wobei ein einzelner oder eine Mehrzahl von Ausgangswellenleitern an einer Wellenleiterseitenendfläche des ausgangsseitigen Plattenwellenleiters befestigt ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Brennweite der Beugungsgitterseitenendfläche des ausgangsseitigen Plattenwellenleiters länger als eine Brennweite der Wellenleiterseitenendfläche des eingangsseitigen Plattenwellenleiters ist.

2. Optischer Multiplexer/Demultiplexer vom Typ eines Arrayed-Waveguide-Gratings nach Anspruch 1, welcher weiter umfasst:
zwei Wellenleiter geringer Breite, welche zwischen jedem der Eingangswellenleiter und der eingangsseitigen Plattenwellenleiter entfernt von dem Eingangswellenleiter und dem eingangsseitigen Plattenwellenleiter angeordnet sind,
wobei die zwei Wellenleiter von geringer Breite in der zur optischen Achse des Eingangswellenleiters senkrechten Richtung entfernt voneinander angeordnet sind.

3. Optischer Multiplexer/Demultiplexer vom Typ eines Arrayed Waveguide Gratings nach Anspruch 2, wobei ein Plattenwellenleiterseitenendabschnitt von jedem der Eingangswellenleiter in einer sich umgekehrt verjüngenden Form ausgestaltet ist, deren Breite sich zu ihrem Ende hin allmählich vergrößert und wobei jede Seitenfläche des Plattenwellenleiterseitenendabschnitts sich relativ zur optischen Achse des Eingangswellenleiters unter einem Verjüngungswin-

kel in Richtung der Breite des Eingangswellenleiters schräg nach außen erstreckt.

4. Optischer Multiplexer/Demultiplexer vom Typ eines Arrayed Waveguide Gratings nach Anspruch 3, wobei sich jeder der Wellenleiter geringer Breite relativ zur optischen Achse des Eingangswellenleiters schräg unter einem Winkel erstreckt, der dem Verjüngungswinkel entspricht.

5. Optischer Multiplexer/Demultiplexer vom Typ eines Arrayed Waveguide Gratings nach Anspruch 4, wobei der eingangsseitige Plattenwellenleiter einen Wellenleiterabschnitt großer Breite umfasst, der so angeordnet ist, dass er den Wellenleitern geringer Breite zugewandt ist, wobei der Wellenleiterabschnitt großer Breite in einer Draufsicht betrachtet in einer trapezoiden Form ausgestaltet ist, und wobei jede Seitenfläche des Wellenleiterabschnitts großer Breite sich bezüglich der optischen Achse des Eingangswellenleiters schräg unter einem Winkel erstreckt, der dem Verjüngungswinkel entspricht.

6. Optischer Multiplexer/Demultiplexer vom Typ eines Arrayed Waveguide Gratings nach Anspruch 1, wobei jeder der Ausgangswellenleiter einen Plattenwellenleiterseitenendabschnitt aufweist, der in einer sich verjüngenden Form ausgestaltet ist, die eine Breite aufweist, welche sich in Richtung weg von dem ausgangsseitigen Plattenwellenleiter allmählich verkleinert.

7. Optischer Multiplexer/Demultiplexer vom Typ eines Arrayed-Waveguide-Gratings nach Anspruch 1, wobei der eingangsseitige Plattenwellenleiter eine Beugungsgitterseitenendfläche aufweist, die als konkave Fläche ausgebildet ist, welche ein Krümmungszentrum aufweist, das in einem zentralen Abschnitt der Eingangswellenleiterseitenendfläche des eingangsseitigen Plattenwellenleiters positioniert ist, und wobei der ausgangsseitige Plattenwellenleiter eine Beugungsgitterseitenendfläche aufweist, die als konkave Fläche ausgebildet ist, die ein Krümmungszentrum aufweist, welches in einem zentralen Abschnitt der Ausgangswellenleiterseitenendfläche des ausgangsseitigen Plattenwellenleiters positioniert ist.

8. Optischer Multiplexer/Demultiplexer vom Typ eines Arrayed Waveguide Gratings nach Anspruch 7, wobei die Eingangswellenleiterseitenendfläche des eingangsseitigen Plattenwellenleiters als konkave Fläche ausgebildet ist, die ein Krümmungszentrum aufweist, welches in einem Mittelpunkt einer Linie positioniert ist, welche das Zentrum der Eingangswellenleiterseitenendfläche und das Zentrum der Beugungsgitterseitenendfläche verbindet, und wobei die Ausgangswellenleiterseitenendfläche des ausgangsseitigen Plattenwellenleiters als konkave Fläche ausgebildet ist, welche ein Krümmungszentrum aufweist, welches in einem Mittelpunkt einer Linie positioniert

ist, welche das Zentrum der Ausgangswellenleiterseitenendfläche und das Zentrum der Beugungsgitterseitenendfläche verbindet.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

FIG. 1

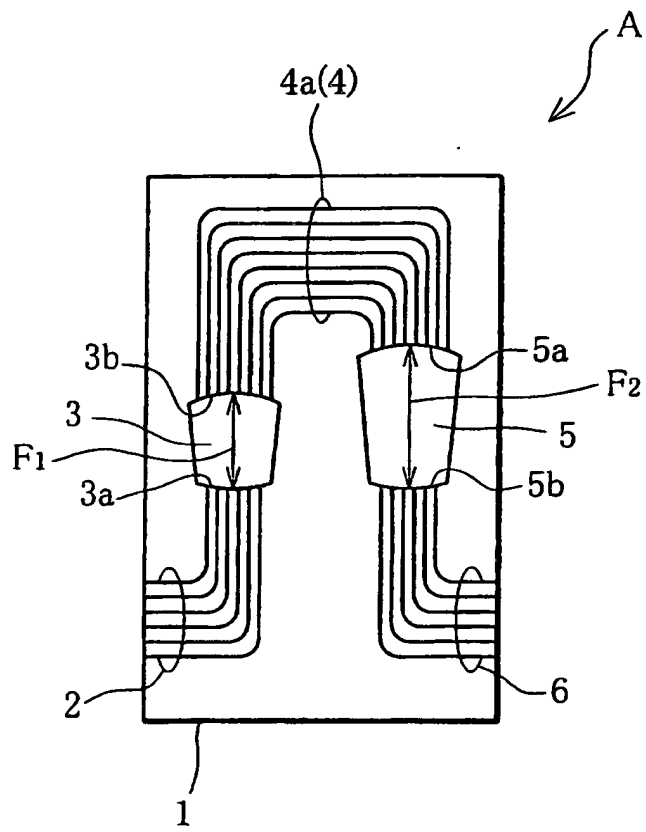


FIG. 2

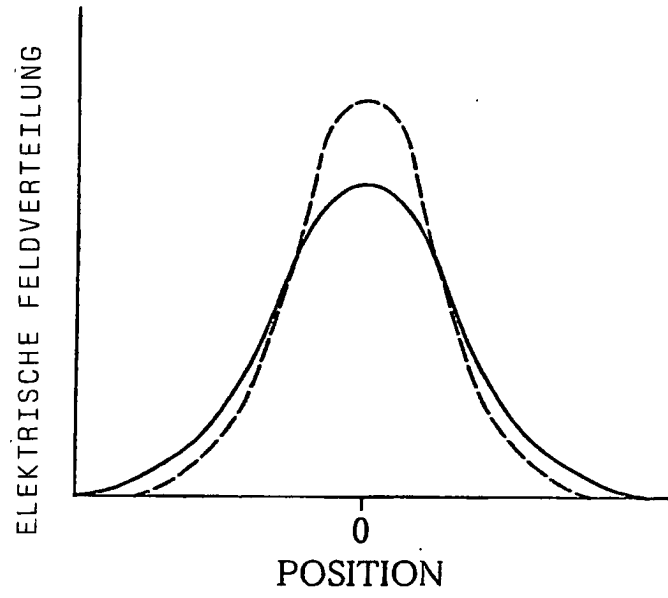


FIG. 3

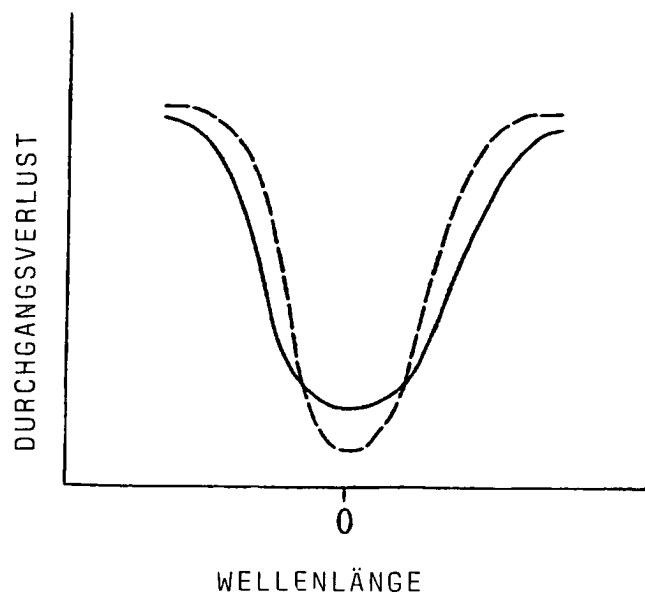


FIG. 4

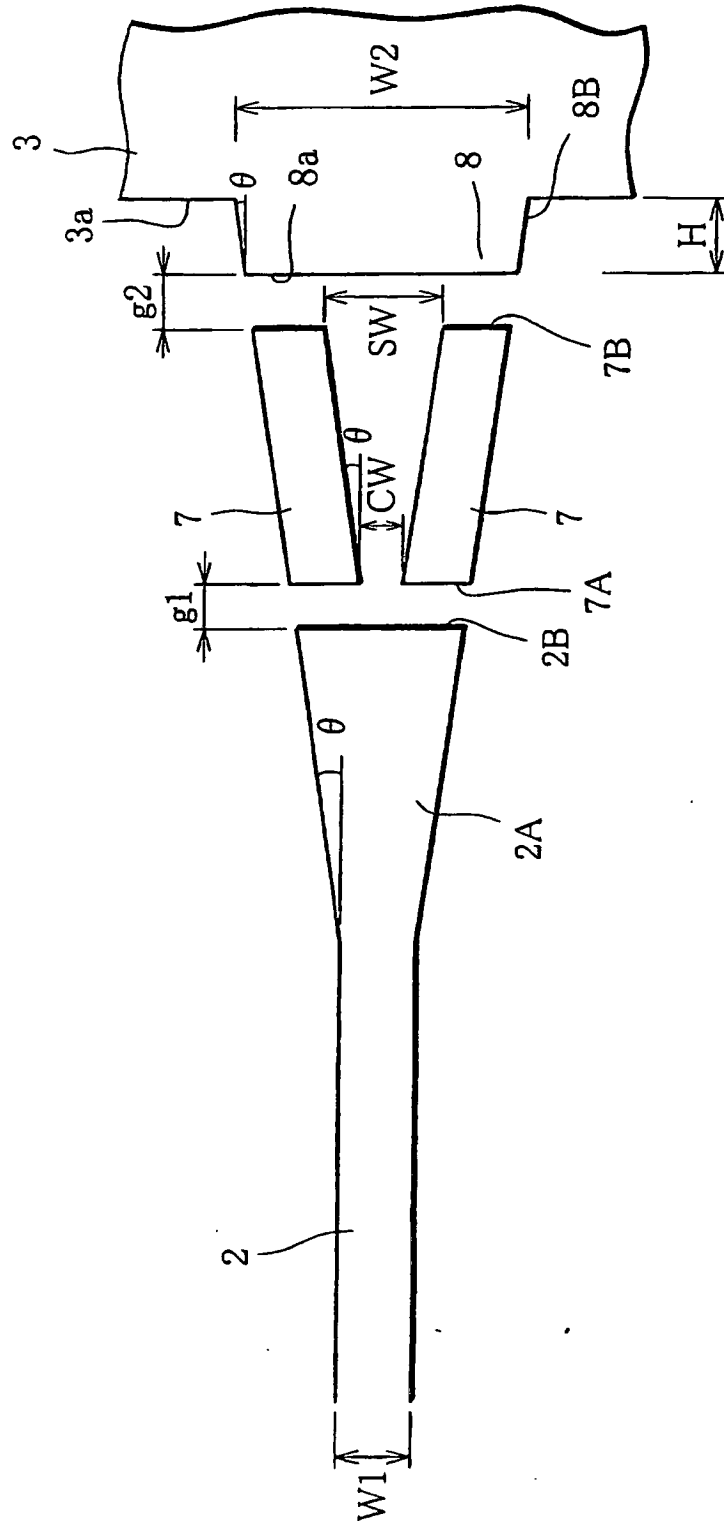


FIG. 5

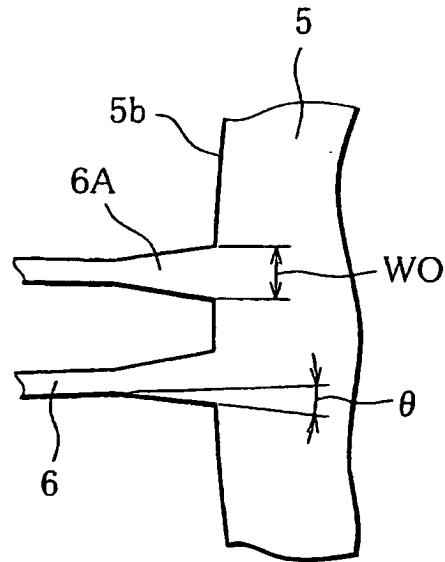


FIG. 6

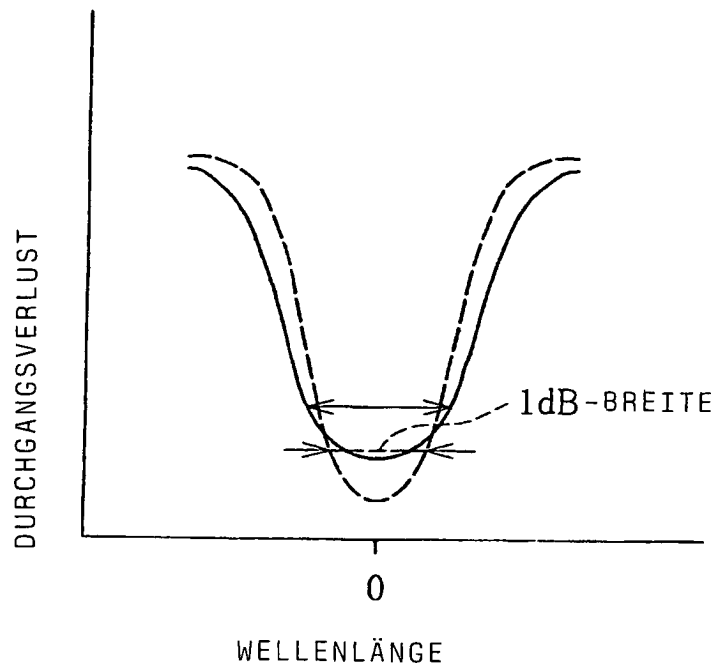


FIG. 7

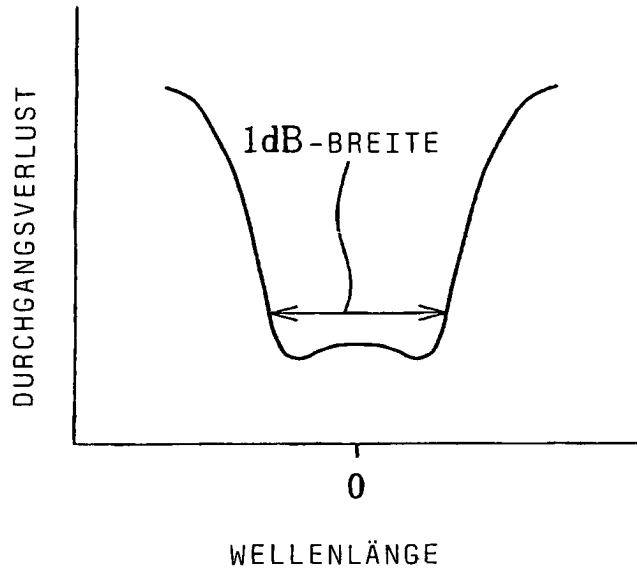


FIG. 8

