

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2003年5月8日 (08.05.2003)

PCT

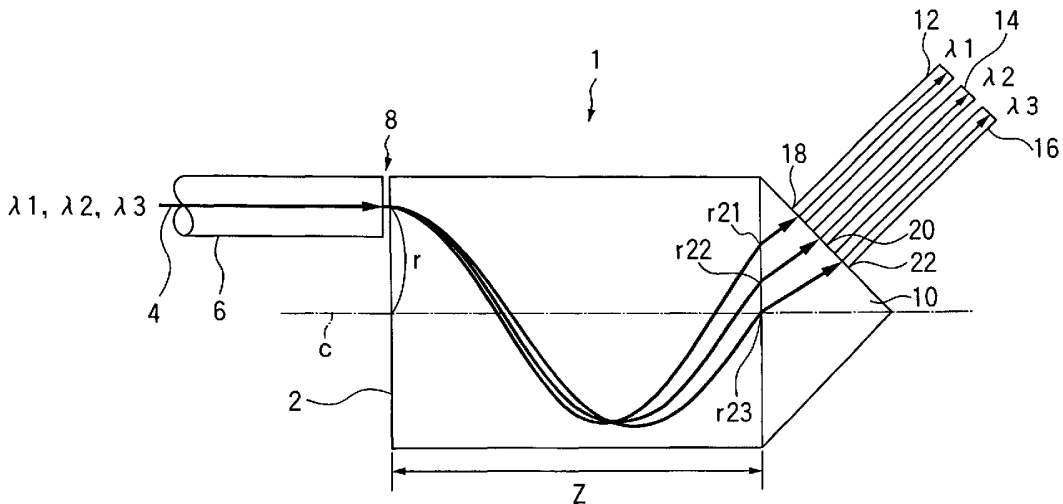
(10) 国際公開番号
WO 03/038499 A1

- (51) 国際特許分類: **G02B 6/293** [JP/JP]; 〒108-8506 東京都港区港南1丁目6番41号 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP02/11156
- (22) 国際出願日: 2002年10月28日 (28.10.2002)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2001-336599 2001年11月1日 (01.11.2001) JP
特願2002-63360 2002年3月8日 (08.03.2002) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱レイヨン株式会社 (MITSUBISHI RAYON CO.,LTD.)
- (72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてののみ): 服部 俊明 (HATTORI, Toshiaki) [JP/JP]; 〒739-0693 広島県大竹市御幸町20番1号 三菱レイヨン株式会社 中央技術研究所内 Hiroshima (JP). 廣田 憲史 (HIROTA, Norifumi) [JP/JP]; 〒739-0693 広島県大竹市御幸町20番1号 三菱レイヨン株式会社 中央技術研究所内 Hiroshima (JP). 魚津 吉弘 (UOZU, Yoshihiro) [JP/JP]; 〒739-0693 広島県大竹市御幸町20番1号 三菱レイヨン株式会社 中央技術研究所内 Hiroshima (JP).
- (74) 代理人: 中村 稔, 外 (NAKAMURA, Minoru et al.); 〒100-8355 東京都千代田区丸の内3丁目3番1号 新東京ビル Tokyo (JP).

[続葉有]

(54) Title: OPTICAL MULTIPLEXER/DEMULTIPLEXER, OPTICAL MULTIPLEXING/DEMULTIPLEXING METHOD, AND OPTICAL FILTER

(54) 発明の名称: 光合分波器、光の合分波方法、および、光フィルタ



(57) Abstract: An optical multiplexer/demultiplexer having small number of components and a small number of assembly steps, and not requiring for complicated adjustment. The optical multiplexer/ demultiplexer comprises a refractive index distribution type optical transmission unit in which the refractive index is continuously reduced from the center toward an outer circumference, a wavelength multiplexing light connection part disposed at one end of the optical transmission part in the axial direction, and at least one monochromatic light connection part disposed at the other end of the optical transmission part in the axial direction. The wavelength multiplexing light connection part and the monochromatic light connection part are disposed on the optical transmission part in a positional relationship that the monochromatic light included in the wavelength multiplexing light incident on one end of the optical transmission part from the wavelength multiplexing light connection part is emitted from the optical transmission part at the position where the monochromatic light connection part of the other end of the optical transmission part is disposed.

[続葉有]



WO 03/038499 A1



(81) 指定国 (国内): CN, KR, US.

添付公開書類:
— 国際調査報告書

(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約:

本発明は、構成部品および組立工程数が少なく、且つ、複雑な調整を要しない光合分波器等を提供することを目的としている。本発明の光合分波器は、中心から外周部に向かって屈折率が連続的に減少していく屈折率分布型の光伝送部と、光伝送部の軸線方向一端に設けられた波長多重光用接続部と、光伝送部の軸線方向他端に設けられた少なくとも1つの単色光用接続部と、を備え、波長多重光用接続部と単色光用接続部とは、波長多重光用接続部から光伝送部の一端側に入射した波長多重光に含まれる単色光が、光伝送部の他端側の単色光用接続部が設けられた位置で光伝送部から出射するような位置関係で、光伝送部に配置されていることを特徴としている。

明 細 書

光合分波器、光の合分波方法、および、光フィルタ

技術分野

本発明は、光合分波器、光の合分波方法、および、特定の波長の光を取り出すことができる光フィルタ（光スイッチ）に関連する。

背景技術

近年、インターネット、携帯電話、動画像の送受信、電子商取引等の普及によってマルチメディア社会が到来し、光ファイバを用いた通信ネットワークの伝送容量は増加の一途を辿っている。このため、低コストで大容量化が可能な情報伝達方法として、波長が異なる光にそれぞれ異なった情報を付与し、これら波長の異なる光を多重し、1本の光ファイバで伝送する波長多重伝送方式の伝送システムが採用されている。この伝送システムでは、光の合波・分波を行うフィルタ素子や、複数の波長を含む波長多重光から特定の波長の光を選択的に取り出すために、光フィルタ、光スイッチ等が使用される。

このようなフィルタ素子として、図1に示されているような、異なる波長の光を反射する複数の干渉膜フィルタ101、102、104を、光ファイバを伝送されてきた波長多重光106の光路上に配置し、各干渉膜フィルタ101、102、104で特定波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 の光を反射し、波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 の単色光108、110、112を得る構成の光分波器が知られている。

また、図2に示されているような、スターカップラ201と複数の干渉膜フィルタ202、204、206、208を組み合わせた光分波器も知られている。この光分波器では、光ファイバを伝送されてきた波長多重光210の光路上に光を分岐させるスターカップラ201が配置され、分岐された各光路に、それぞれが波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 、 λ_4 の光のみを選択的に透過する干渉膜フィルタ202、

204、206、208が配置されている。

なお、これらの構成は、上述したような分波と逆の光路で使用するにより、単色光束を多重する光合波器として機能する。

このような構成の光分波器、光合波器、または、光合分波器には、多重させた波長数と同数のフィルタが必要であるため構成部品および組立に要する工程数が多く、さらに、調整が複雑であるため高価になるという問題がある。さらに、スターカプラを用いた光分波器では、スターカプラによって多重光が分岐されるので、光強度が低下してしまうという問題もある。

また、光フィルタ、光スイッチとして、マッハツェンダー干渉計型光導波路中にグレーティングを配置した光フィルタや、このような光フィルタに、クロム、銅などの金属蒸着膜を設けこれに電流を流して熱を発生させ、光導波路を加熱する薄膜ヒータを取付けた熱光学光スイッチ等が開発されている。

しかしながら、上述した光導波路を備えた光フィルタおよび光スイッチは、製作工程が煩雑であるため量産性に欠けるという問題がある。また、グレーティングを製作する際には、コアまたはクラッドに数ミクロンあるいはそれ以上の精度で周期的に切欠きを作ることが要求されるため、コストが上昇するという問題がある。

本発明はこのような点に鑑みてなされたものであり、構成部品および組立工程数が少なく、且つ、複雑な調整を要しない光合分波器を提供することを目的とする。

本発明は、また、製作が容易であり且つ取り出すことができる単色光の波長を変更することができる光フィルタを提供することを目的とする。

発明の開示

本発明によれば、中心から外周部に向かって屈折率が連続的に減少していく屈折率分布型の光伝送部と、前記光伝送部の軸線方向一端に設けられた波長多重光

用接続部と、前記光伝送部の軸線方向他端に設けられた少なくとも1つの単色光用接続部と、を備え、前記波長多重光用接続部と前記単色光用接続部とは、前記波長多重光用接続部から前記光伝送部の一端側に入射した波長多重光に含まれる単色光が、前記光伝送部の他端側の前記単色光用接続部が設けられた位置で前記光伝送部から出射するような位置関係で、前記光伝送部に配置されていることを特徴とする光合分波器が提供される。

本発明の好ましい態様によれば前記光伝送部がプラスチックでできている。本発明の他の好ましい態様によれば、前記光伝送部分を構成する材料のアッペ数の差が20以上である。

本発明のもう一つの好ましい態様によれば、前記光伝送部が略円筒体であり、前記波長多重光用接続部が、前記光伝送部の軸線と平行に、前記光伝送部の径方向周辺部に設けられている。

本発明のもう一つの好ましい態様によれば、前記光伝送部が略円筒体であり、前記波長多重光用接続部が、前記光伝送部の軸線に対して前記光伝送部の開口角に近い角度、傾斜して、前記光伝送部の径方向中央部に設けられている。

本発明の別の好ましい態様によれば、前記単色光用接続部が、複数、設けられている。

本発明の他の態様によれば、中心から外周部に向かって屈折率が連続的に減少していく屈折率分布型の光伝送部の軸線方向一端から、複数の単色光が多重された波長多重光を入射させ、前記光伝送部内で、各単色光に分波させ、前記各単色光を、前記光伝送部の軸線方向他端の異なった位置から出射させる、ことを特徴とする光分波方法が提供される。

また、本発明のもう一つの態様によれば、中心から外周部に向かって屈折率が連続的に減少していく屈折率分布型の光伝送部の軸線方向一端の異なった位置から複数の単色光を入射させ、前記光伝送部内で、前記複数の各単色光を合波させ

て波長多重光とし、前記波長多重光を、前記光伝送部の軸線方向他端から出射させる、ことを特徴とする光合波方法が提供される。

さらに、本発明のもう一つの態様によれば、中心から外周部に向かって屈折率が連続的に減少する屈折率分布型の光伝送部と、前記光伝送部の軸線方向一端に設けられた波長多重光用接続部と、前記光伝送部の軸線方向他端に設けられた単色光用接続部と、を備えていることを特徴とする光フィルタが提供される。

本発明の好ましい態様によれば、前記光伝送部は、屈折率の分布定数が温度により変化するものであり、前記光フィルタは、さらに、前記光伝送部の温度を変化させ、前記波長多重光用接続部から前記光伝送部に入射した波長多重光に含まれる単色光の前記光伝送部からの出射位置を変化させ、該単色光の何れかを選択的に前記単色光用接続部に入射させる温度変更手段を備えている。

このような構成を有する光フィルタによれば、光伝送部の温度を変化させることにより、単色光用接続部に導かれる単色光の波長が変更されるので、簡単な構成で、選択的に取り出すことができる光の波長を変更できる。

本発明の好ましい態様によれば、前記光伝送部がプラスチックでできている。本発明の他の好ましい態様によれば、前記光伝送部分の屈折率分布の温度依存性の定数が 5×10^{-5} 以上である。本発明のもう一つの好ましい態様によれば、前記光伝送部が略円筒体であり、前記波長多重光用接続部が、前記光伝送部の軸線と平行に、前記光伝送部に接続されている。本発明のもう一つの好ましい態様によれば、前記温度変更手段がペルチェ素子を備えている。

図面の簡単な説明

図1は、従来の光分波器の構成を示す図面である。

図2は、従来の光分波器の構成を示す図面である。

図3は、本発明の第1の実施形態の光分波器の構成、作用を示す概略的な側面図である。

図4は、本発明の第1の実施形態の変型例の光分波器の構成を示す概略的な側面図である。

図5は、図4の光分波器に使用されるフォトディテクタアレイの概略的な斜視図である。

図6は、本発明の第1の実施形態の光分波器の原理を説明するための図面である。

図7は、本発明の第1の実施形態の光分波器の効果を説明する図面である。

図8は、本発明の第2の実施形態の光フィルタの構成を示す概略的な斜視図である。

図9は、本発明の光フィルタの実施例の構成、作用を示す概略的な側面図である。

図10は、本発明の光フィルタの実施例の原理を説明するための図面である。

図11は、本発明の光フィルタの実施例の伝送部の屈折率分布の温度依存性を示すグラフである。

発明を実施するための最良の形態

以下、図面を参照して本発明の好ましい実施形態を詳細に説明する。図3は、本発明の第1の実施形態の光分波器1の構成を概略的に示す図面である。図3に示されているように、光分波器1は、光分波部2を備えている。この光分波部2は、略円筒状であり中心軸線cから周辺部に向かって屈折率が連続的に減少する屈折率分布型の光伝送部である。本実施形態では、光分波部2の屈折率nは、下記の式(1)で近似される分布状態にある。

$$n(r) = n_0 \times (1 - g^2 \times r^2 / 2) \dots\dots \text{式(1)}$$

n_0 : 中心軸c上の屈折率、

g : 屈折率分布定数

r : 中心軸cからの半径方向の距離

光分波部 2 は、例えば、イオン交換法等を用いて無機ガラスから製造された光伝送部、または、プラスチックで製造された光伝送部等である。なお、光分波部 2 は、その外周がクラッド層（図示せず）で覆われ、軸線方向一端側（図 3 の左側）から入射した光が、光分波部 2 内を伝播されて軸線方向他端側（図 3 の右側）から出射するように構成されている。

また、後述するように、本実施形態においては、光の波長によって光分波部 2 の屈折率分布状態が異なることを利用して、光の合分波を行う。このため光の波長による屈折率分布状態の差が大きくなるように、光分波部 2 を構成する材料としては、アッペ数の差が大きな材料を用いることが好ましい。アッペ数の差は 20 以上であることが好ましく、50 以上であることがより好ましい。アッペ数の差は大きい程好ましいが、通常は 80 以下である。

光分波器 1 は、波長多重光用接続部として、波長多重光 4 を伝送する光ファイバ 6 が接続される入射側接続部 8 を、光分波部 2 の軸線方向一端側に備えている。入射側接続部 8 は、光線が光分波部 2 の中心軸線と略平行に光分波部 2 の外周部（径方向周辺部）に入射するように、光分波部 2 の中心軸線と略平行に光分波部 2 の外周部に配置されているのが好ましい。

光分波器 1 に接続される光ファイバ 6 としては、石英ガラス製のガラス光ファイバ、または、ポリメタクリル酸メチル、ポリスチレン、ポリカーボネートなどのプラスチックからなるプラスチック光ファイバ等が使用される。

接続される光ファイバ 6 の屈折率分布は、特に限定されるものではなく、ステップインデックス（S I）型ファイバ、グレーデッドインデックス（G I）型ファイバ等の公知の光ファイバが光ファイバ 6 として使用可能である。

さらに、光分波器 1 は、光分波部 2 の軸線方向他端側に、単色光用接続部として、単色光が出射される出射側接続部を備えている。本実施形態では、この出射側接続部は、透明樹脂で形成されたプリズム 10 に形成されている。プリズム 1

0は、光分波部2の他端面の異なった出射位置(r_{21} 、 r_{22} 、 r_{23})から出射される3種類の波長の単色光(λ_1 、 λ_2 、 λ_3)が入射するように、光分波部2の他端面に連結されている。光分波部2から入射した単色光が出射するプリズム10の面には、出射した単色光が入射する3本の光ファイバ12、14、16が接続される出射側接続部18、20、22が配置されている。従って、接続される光ファイバが出射側接続部を構成するものであってもよい。

入射側接続部8および出射側接続部18、20、22における接続構造は、特に限定されるものではなく、公知の種々の構造が適用される。例えば、光分波部2と、波長多重光を出射する光源、単色光を受光する受光素子、または、光ファイバ等との間に透明樹脂を充填した接続構造がある。

また、プリズム10に代えて、出射側接続部を形成する樹脂またはその成形品等を配置してもよい。さらに、図4に示されているように、出射した単色光が入射する光ファイバ12、14、16に代えて、複数の受光素子(フォトディテクタ)24が配列されたフォトディテクタアレイ26(図5)を配置した構成でもよい。このとき、受光素子24が各波長の光の出射位置に対応した位置に配置され、これら受光素子24の位置が出射側接続部となる。

本実施形態の光分波器1は、3種類の波長の単色光(λ_1 、 λ_2 、 λ_3)が多重された波長多重光4を各波長の単色光に分波するための装置である。光分波器1では、入射側接続部8から光分波部2に入射した光は、光分波部2内を一定の周期を持って蛇行しながら伝播される。光分波部2では、中心軸線cから周辺部に向かって屈折率nが連続的に減少しているため、入射した光が、波長多重光であるときには、波長の相違による屈折率の差によって、径方向の屈折率が異なり、各波長の光がずれて異なる経路で伝播されることになる。この結果、図3、図4に示されているように、入射した光が波長多重光であるときには、各単色光(λ_1 、 λ_2 、 λ_3)は、波長によって異なる蛇行周期を持って伝播され、波長毎

に異なった出射位置（ r_{21} 、 r_{22} 、 r_{23} ）で光分波部2から出射する。

上記の式（1）で略近似される屈折率分布状態を有する光分波部2での光線マトリクスは、次式（2）で与えられる。

$$\begin{pmatrix} r_2 \\ \theta_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(gZ) & \sin(gZ)/ng \\ -ng \cdot \sin(gZ) & \cos(gZ) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} r_1 \\ \theta_1 \end{pmatrix} \quad \dots \text{式(2)}$$

ここで、 n_1 は中心軸c上の屈折率、 g_1 は屈折率分布定数を示し、 Z は光分波部2の長さ、 r_1 は光分波部2の軸線方向一端面への光線28の入射位置、 θ_1 は光分波部2の軸線方向一端面への光線28の入射角度（rad）、 r_2 は光分波部2の軸線方向他端面からの光線28の出射位置、 θ_2 は光分波部2の軸線方向他端面からの光線28の出射角度（rad）を表す。（図6）

上記式（2）から、出射端面（他端面）での光線の出射位置は、屈折率分布定数 g と屈折率 n に応じて変化することがわかる。この結果、図3に示されているように、光分波部2の一端面の同一入射位置（半径方向位置） r から複数の異なった波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 の光線が入射したときには、各光線に対する屈折率分布定数 g と屈折率 n とが異なるため、光分波部2の他端面での各光線の出射位置 r_{21} 、 r_{22} 、 r_{23} が異なる。

光分波器1は、この現象を利用して波長多重光4の分波を行うものである。従って、本実施形態の光分波器1では、入射側接続部8の位置（中心軸cからの距離） r と、出射側接続部18、20、22の位置は、入射側接続部8から光分波部2に入射された3波長（ λ_1 、 λ_2 、 λ_3 ）が多重された波長多重光4が、光分波部2内で波長毎の屈折率の差によって分波され、各波長（ λ_1 、 λ_2 、 λ_3 ）の単色光が、出射側接続部18、20、22から3本の光ファイバ12、14、16のそれぞれに入射するような位置関係に設定されている。

入射側接続部 8 を、光線が光分波部 2 の外周部で光分波部 2 に入射するように配置することにより、各波長毎の光路を大きくずらすことができるので、光分波部 2 から単色光の出射位置 r_{21} 、 r_{22} 、 r_{23} 、および、出射側接続部 18、20、22 を互いに離すことができる。この結果、光分波部 2 から出射された単色光毎の検出が容易になる。このため、光分波部 2 の中心軸と平行に波長多重光を入射させるときには、光分波部 2 に対する入射側接続部 8 の取付け位置 r を、できるだけ外周側に設けることが好ましい。一方、入射側接続部 8 の取付け位置を光分波部 2 の中心軸（径方向中心部）またはその近傍に設けるときには、入射側接続部 8 を光分波部 2 の軸線に対して開口角に近い角度傾け、光分波部 2 の開口角に近い角度で光分波部 2 に光を入射させることが好ましい。

例えば、上記実施形態の光分波器 1 において、光分波部 2 を直径 1 mm、長さ (Z) 5.37 mm とする。そして、その一端面上の中心 c から 0.45 mm 離れた位置（即ち $r = 0.45$ mm）に、3 波長 ($\lambda_1 = 470$ nm、 $\lambda_2 = 525$ nm、 $\lambda_3 = 630$ nm) が多重された波長多重光を入射させる。ここで、光分波部 2 の各波長 λ_1 ないし λ_3 に対する屈折率分布定数 g_1 ないし g_3 が、それぞれ、 $g_1 = 0.902$ 、 $g_2 = 0.891$ 、 $g_3 = 0.878$ 、各波長 λ_1 ないし λ_3 に対する中心軸 c 上での屈折率 n_1 ないし n_3 が、それぞれ、 $n_1 = 1.518$ 、 $n_2 = 1.513$ 、 $n_3 = 1.510$ であるとする。光分波部 2 の他端面で、各波長 ($\lambda_1 = 470$ nm、 $\lambda_2 = 525$ nm、 $\lambda_3 = 630$ nm) の単色光は、それぞれ、異なった位置で光分波部 2 を出射する（図 3 参照）。具体的には、波長 λ_1 の光は中心軸線 c から 0.06 mm 離れた位置 r_{21} で、 λ_2 の光は中心軸線 c から 0.03 mm 離れた位置 r_{22} で、 λ_3 の光は中心軸線 c 上の位置 r_{23} で、それぞれ、光分波部 2 から出射し、光分波部 2 の出射端面上で図 5 に示されるような強度 I のスペクトル分布を示す。従って、出射側接続部 18、20、22 でも、分波された単色光を得ることができる。

また、本実施形態の光分波器1において、上記実施形態の単色光用（出射側）接続部18、20、22に、それぞれ、波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 の単色光源を配置して、これらの出射側接続部を入射側接続部として利用し、波長多重光接続部である入射側接続部8にフォトディテクタ等を配置して、上記実施形態の入射側接続部を出射側接続部として利用することで、光分波器1を波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 の単色光からこれらが多重された波長多重光を得る光合波器として機能させることができる。

このような構成を有する本実施形態の光分波器によれば、複雑な構成および光部品を用いることなく、簡単な構成で、波長多重光からの特定の波長の光を分離、または、複数の異なる波長の光の合波を容易に行うことができる。また、この構成によれば、スターカプラ等の光を分岐させる素子を用いる必要がないので、光強度の減衰を抑制できる。

上記第1の実施形態の光分波器1は、波長多重光に含まれる全ての単色光を取り出すものであったが、本発明は、波長多重光に含まれる少なくとも1つの単色光を取り出すものであってもよい。

次に、本発明の第2の実施形態の説明をする。図8は、本発明の好ましい実施形態の光フィルタ（光スイッチ）1の構成を概略的に示す斜視図である。

図8に示されているように、光フィルタ51は、基板52上に取付けられた光伝送部54を備えている。光フィルタ51は、更に、光伝送部54の一端（入射）側に配置され波長多重光を入射させる入射側光ファイバ56と、光伝送部54の他端（出射）側に配置されたプリズム58と、プリズム58に接続された出射側光ファイバ60と、光伝送部54の温度を調節する温度調整器12を備えている。入射側光ファイバ56は、光伝送部54の中心軸と平行に光伝送部54に接続されている。

本実施形態では、温度調整器62として、ペルチェ素子を使用している。ペル

チェ素子は、加熱および冷却を効果的に行うことができるの好ましい。しかしながら、ヒータ等の他の加熱手段又は冷却手段を用いても良い。

光伝送部 5 4 を均一に加熱または冷却するため、光フィルタ 5 1、特に光伝送部 5 4 を、他の樹脂で封止するか、温度調節器 6 2 を筒状に形成し、その中に光伝送部 5 4 を配置するのが好ましい。

光伝送部 5 4 は、略円筒状であり中心軸線 c から周辺部に向かって屈折率が連続的に減少する屈折率分布型の光伝送部である。本実施形態では、光伝送部 5 4 の屈折率 n は、式 (1) で近似される分布状態にある。

$$n(r) = n_0 \times (1 - g^2 \times r^2 / 2) \dots\dots \text{式 (1)}$$

n_0 : 中心軸 c 上の屈折率、

g : 屈折率分布定数

r : 中心軸 c からの半径方向の距離

光伝送部 5 4 は、イオン交換法等を用いて無機ガラスから製造された光伝送部、または、プラスチックで製造され、その外周がクラッド層 (図示せず) で覆われた光学部品である。光伝送部 5 4 は、入射側光ファイバ 5 6 を経て軸線方向一端側 (図 8 の右側) から入射した光を、図 8 に矢印 A で示すように、光伝送部 5 4 内を蛇行させながら伝播して軸線方向他端側 (図 8 の左側) から出射させる。

入射する光が波長多重光 6 4 であるときには、中心軸上の屈折率 n_0 と屈折率分布定数 g の波長分散に起因する色収差により、各単色光には、波長によって少しずつ異なる屈折率分布が与えられる。この結果、光伝送部 5 4 に入射した波長多重光 6 4 に含まれる各波長 ($\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ 、 $\lambda 3$) の単色光 6 6、6 8、7 0 は、光伝送部 5 4 内で異なる蛇行周期 (経路) を有する。このため、光伝送部 5 4 の一端側の入射した波長多重光 6 4 は、これに含まれる各波長 ($\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ 、 $\lambda 3$) の単色光は、波長毎に、単色光 6 6、6 8、7 0 に分波され、各単色光は、光伝送部 5 4 の他端側の異なった位置から異なった角度で出射する。

屈折率は、温度により変化する。円筒体である光伝送部 5 4 においては、半径方向に沿って屈折率の温度依存性（温度変化に対する変化量）が変化しているため、屈折率分布定数 g も温度に依存して変化することになる。従って、光伝送部 5 4 の温度を変化させることにより、光伝送部 5 4 から光の出射位置を変化させることができる。

屈折率の変化の程度は、材料の熱膨張係数に依存する傾向があり、小さい温度変化で大きく屈折率を変化させようとする場合には、プラスチック製の光伝送部を用いることが好ましい。また、屈折率分布定数を大きく変化させようとする場合は、中心部と外周部とで構成材料の熱膨張係数の差を大きくとることが好ましい。光伝送部 5 4 としては後述する屈折率分布の温度依存性の定数が、 5×10^{-5} 以上であるものを用いることが好ましい。

本実施形態の光フィルタ 5 1 は、温度調節器 6 2 によって光伝送部 5 4 の温度を第 1 の温度としたときに、光伝送部 5 4 に入射した波長多重光 6 4 に含まれる第 1 の波長 ($\lambda 1$) の単色光 6 6 が、出射側光ファイバ 6 0 に入射するように構成されている。また、温度調節器 6 2 によって光伝送部 5 4 の温度を第 2 の温度としたときに、図 8 に示されているように、光伝送部 5 4 に入射した波長多重光 6 4 に含まれる第 2 の波長 ($\lambda 2$) の単色光 6 8 が、出射側光ファイバ 6 0 に入射するように構成されている。さらに、温度調節器 6 2 によって光伝送部 5 4 の温度を第 3 の温度としたときに、光伝送部 5 4 に入射した波長多重光 1 4 に含まれる第 3 の波長 ($\lambda 3$) の単色光 7 0 が、出射側光ファイバ 6 0 に入射するように構成されている。従って、本実施形態では、光伝送部 5 4 の温度を温度調節器 6 2 で、第 1、第 2 又は第 3 の温度にすることによって、出射側光ファイバ 6 0 に入射させる光の波長を選択的に変更することができる。

光伝送部 5 4 に接続される光ファイバ 5 6、6 0 としては、石英ガラス製のガラス光ファイバ、または、ポリメタクリル酸メチル、ポリスチレン、ポリカーボ

ネットなどのプラスチックからなるプラスチック光ファイバ等が使用される。

接続される光ファイバ56、60の屈折率分布は、特に限定されるものではなく、ステップインデックス(SI)型ファイバ、グレーデッドインデックス(GI)型ファイバ等の公知の光ファイバが光ファイバ56、60として使用可能である。

このような構成を有する本実施形態の光分波器によれば、複雑な構成および光部品を用いることなく、簡単な構成で、波長多重光からの特定の波長の光を分離することができ、且つ、分離することができる波長を容易に変更できる。

本発明は、上記実施形態に限定されず特許請求の範囲に記載した範囲内で種々の変更、変形が可能である。

次に、図9ないし図11に沿って、本発明の光スイッチの一実施例を説明する。図9は、本発明の一実施例の光フィルタ151の概略的な構成を示す平面図である。光スイッチ151は、出射側にプリズムが設けられていない点を除いて、基本的な構成は上記第2の実施形態の光フィルタ51と同一である。したがって、光フィルタ51の構成要素と対応する構成要素には、光フィルタ51の構成要素と同一の100番台の参照番号を付す。

光フィルタ151では、直径1mm、長さ8.73mmの屈折率分布型のプラスチック製の光伝送部154の中心軸cから距離r(0.45mm)の位置に、入射側光ファイバ156である石英ガラス製のシングルモード光ファイバが、中心軸cと平行になるように端面接続されている。又、温度調節器162としては、ペルチェ素子を使用されている。入射側光ファイバ156から入射させる波長多重光164は、 $\lambda_1 = 1285.4 \text{ nm}$ 、 $\lambda_2 = 1523.6 \text{ nm}$ の単色光が多重されたものである。光伝送部154の温度を20°Cとしたときの、波長 λ_1 に対する光伝送部154の屈折率分布定数g1は、0.543であり、波長 λ_2 に対する光伝送部154の屈折率分布定数g2は、0.540である。さらに、

波長 λ_1 に対する中心軸 c 上の屈折率 n_1 は1.497、波長 λ_2 に対する中心軸 c 上の屈折率 n_2 は1.493である。

上記の式(1)で略近似される屈折率分布状態を有する光伝送部154での光線マトリクスは、次の式(2)で与えられる。

$$\begin{pmatrix} r_2 \\ \theta_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(gZ) & \sin(gZ)/ng \\ -ng \cdot \sin(gZ) & \cos(gZ) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} r_1 \\ \theta_1 \end{pmatrix} \quad \dots \text{式(2)}$$

ここで、 n は中心軸 c 上の屈折率、 g は屈折率分布定数を示し、 Z は光伝送部154の長さ、 r_1 は光伝送部154の軸線方向一端面への光線 P の入射位置と中心軸 c との距離、 θ_1 は光伝送部154の軸線方向一端面への光線 P の入射角度(rad)、 r_2 は光伝送部154の軸線方向他端面からの光線 P の出射位置と中心軸 c との距離、 θ_2 は光伝送部154の軸線方向他端面からの光線 P の出射角度(rad)を表す(図10参照)。

上記式(2)から、出射端面(他端面)での光線の出射位置は、屈折率分布定数 g と屈折率 n に応じて変化することがわかる。この結果、図9に示されているように、光伝送部154の一端面の同一入射位置(半径方向位置) r から複数の異なる波長 λ_1 、 λ_2 を含む波長多重光164が入射したときには、各波長に対する屈折率分布定数 g と屈折率 n とが異なるため、光伝送部154の他端面での各光線166、168の出射位置と中心軸 c との距離 r_{21} 、 r_{22} が異なる。

本実施例では、上記温度条件では、 $\lambda_1 = 1285.4 \text{ nm}$ の単色光は $r_{21} = 0.01 \text{ mm}$ 、 $\lambda_2 = 152.6 \text{ nm}$ の単色光は $r_{22} = 0.00 \text{ mm}$ の位置から出射し、 λ_2 の単色光168が出射側光ファイバ160に入射する。

図11は、屈折率分布側の光伝送部154の屈折率分布の温度依存性を示すグ

ラフである。図 11 に示されているように、本実施例の光伝送部 154 の屈折率分布定数の温度依存性の係数は、 $6.0 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$ である。従って、光伝送部 154 の温度を 70°C に設定すると、波長 λ_1 、 λ_2 の光線に対する屈折率分布定数は、それぞれ、 $g_1 = 0.540$ 、 $g_2 = 0.537$ となり、波長 λ_1 、 λ_2 の光線の出射位置と中心軸 c との距離は、 $r_{21} = 0.00\text{ mm}$ 、 $r_{22} = -0.01\text{ mm}$ に変化する。この結果、出射側光ファイバ 160 に入射する光は、光伝送部 154 の温度が 20°C の場合の波長 λ_2 の単色光から、 λ_1 の単色光に切り替わることになる。このように、温度調節器 162 によって、光伝送部 154 の温度を変化させることで、取り出すことができる光の波長を変更することができる。

以上のように、本発明によれば、構成部品および組立工程数が少なく、且つ、複雑な調整を要しない光合分波器等が提供される。

以上のように、本発明によれば、製作が容易であり且つ取り出すことができる単色光の波長を変更することができる光フィルタが提供される。

請求の範囲

1. 中心から外周部に向かって屈折率が連続的に減少していく屈折率分布型の光伝送部と、
前記光伝送部の軸線方向一端に設けられた波長多重光用接続部と、
前記光伝送部の軸線方向他端に設けられた少なくとも1つの単色光用接続部と、
を備え、
前記波長多重光用接続部と前記単色光用接続部とは、前記波長多重光用接続部から前記光伝送部の一端側に入射した波長多重光に含まれる単色光が、前記光伝送部の他端側の前記単色光用接続部が設けられた位置で前記光伝送部から出射するような位置関係で、前記光伝送部に配置されている、
ことを特徴とする光合分波器。
2. 前記光伝送部がプラスチックでできている、
請求項1に記載の光合分波器。
3. 前記光伝送部分を構成する材料のアッベ数の差が20以上である、
請求項2に記載の光合分波器。
4. 前記光伝送部が略円筒体であり、
前記波長多重光用接続部が、前記光伝送部の軸線と平行に、前記光伝送部の径方向周辺部に設けられている、
請求項1ないし3の何れか1項に記載の光合分波器。
5. 前記光伝送部が略円筒体であり、
前記波長多重光用接続部が、前記光伝送部の軸線に対して前記光伝送部の開口角に近い角度、傾斜して、前記光伝送部の径方向中央部に設けられている、
請求項1ないし3のいずれか1項に記載の光合分波器。
6. 前記単色光用接続部が、複数、設けられている、

請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載の光合分波器。

7. 中心から外周部に向かって屈折率が連続的に減少していく屈折率分布型の光伝送部の軸線方向一端から、複数の単色光が多重された波長多重光を入射させ、

前記光伝送部内で、各単色光に分波させ、

前記各単色光を、前記光伝送部の軸線方向他端の異なった位置から出射させる

ことを特徴とする光分波方法。

8. 中心から外周部に向かって屈折率が連続的に減少していく屈折率分布型の光伝送部の軸線方向一端の異なった位置から複数の単色光を入射させ、

前記光伝送部内で、前記複数の各単色光を合波させて波長多重光とし、

前記波長多重光を、前記光伝送部の軸線方向他端から出射させる、

ことを特徴とする光合波方法。

9. 中心から外周部に向かって屈折率が連続的に減少する屈折率分布型の光伝送部と、

前記光伝送部の軸線方向一端に設けられた波長多重光用接続部と、

前記光伝送部の軸線方向他端に設けられた単色光用接続部と、を備えている、

ことを特徴とする光フィルタ。

10. 前記光伝送部は、屈折率の分布定数が温度により変化するものであり、

前記光フィルタは、さらに、前記光伝送部の温度を変化させ、前記波長多重光用接続部から前記光伝送部に入射した波長多重光に含まれる単色光の前記光伝送部からの出射位置を変化させ、該単色光の何れかを選択的に前記単色光用接続部に入射させる温度変更手段を備えている、

請求項 9 に記載の光フィルタ。

11. 前記光伝送部がプラスチックでできている、

請求項 10 に記載の光フィルタ。

12. 前記光伝送部分の屈折率分布の温度依存性の定数が 5×10^{-5} 以上である、

請求項10に記載の光フィルタ。

13. 前記光伝送部が略円筒体であり、

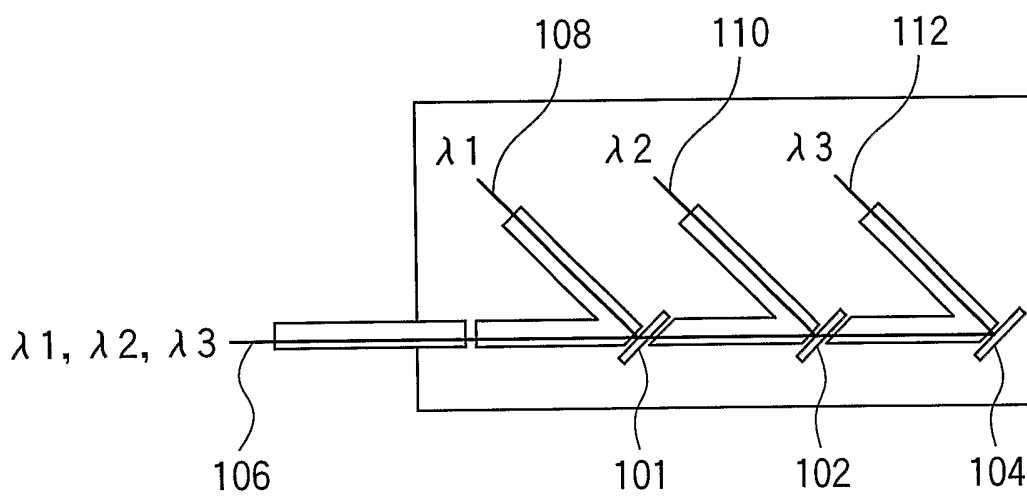
前記波長多重光用接続部が、前記光伝送部の軸線と平行に、前記光伝送部に接続されている、

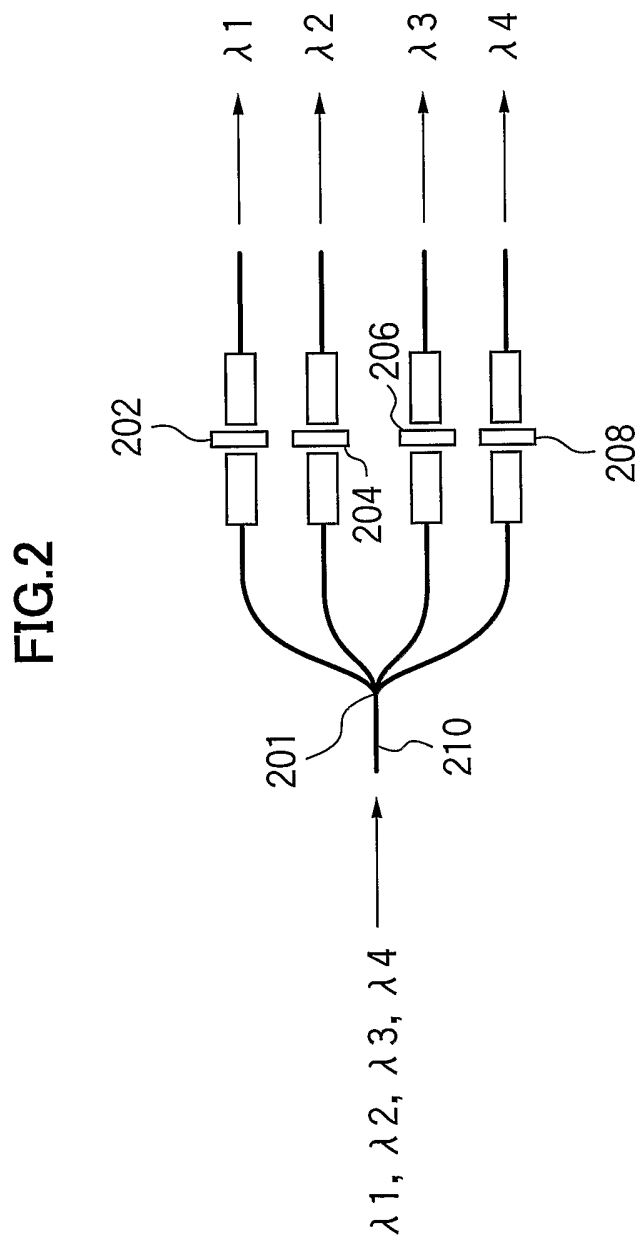
請求項8ないし11の何れか1項に記載の光フィルタ。

14. 前記温度変更手段がペルチェ素子を備えている、

請求項9に記載の光フィルタ。

FIG. 1





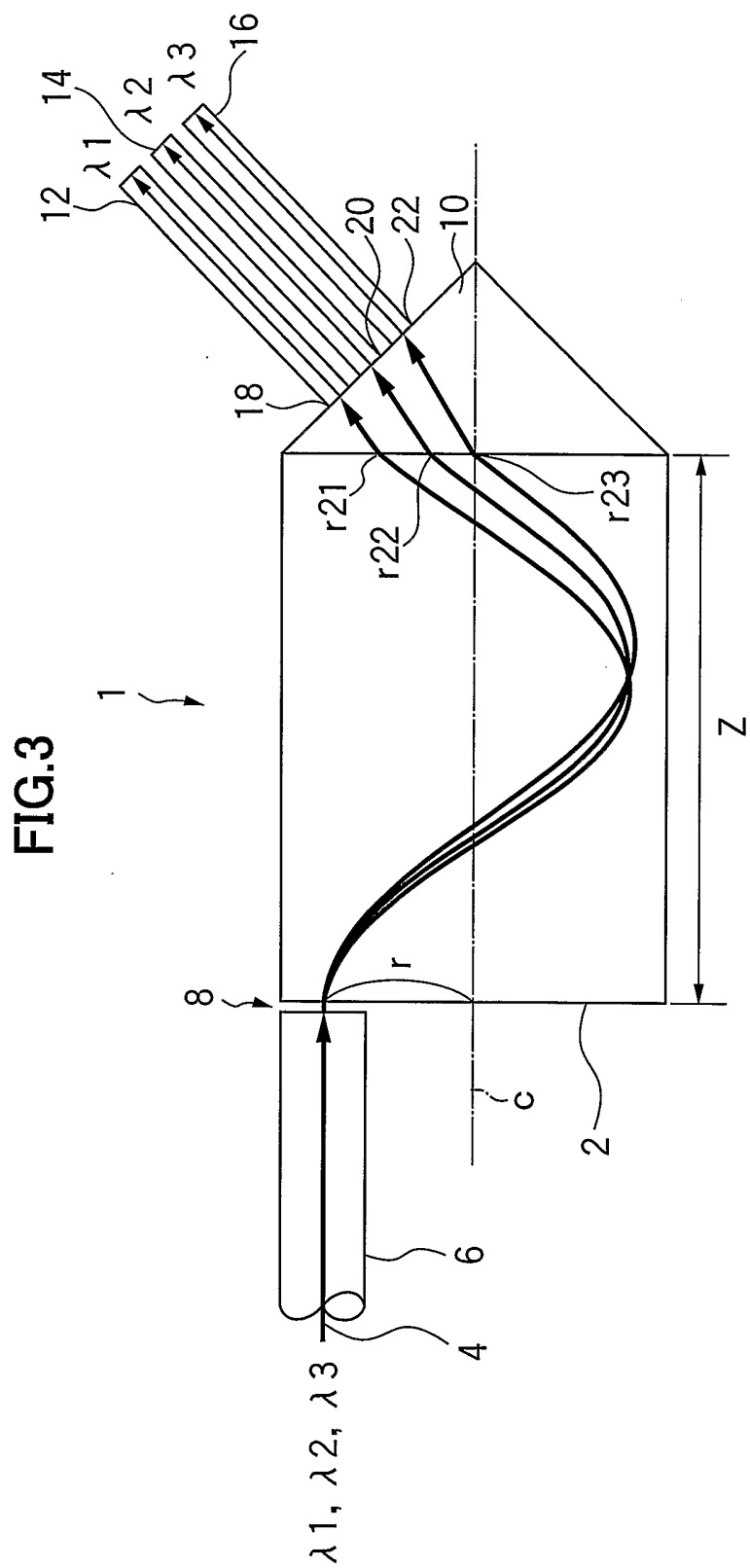


FIG.4

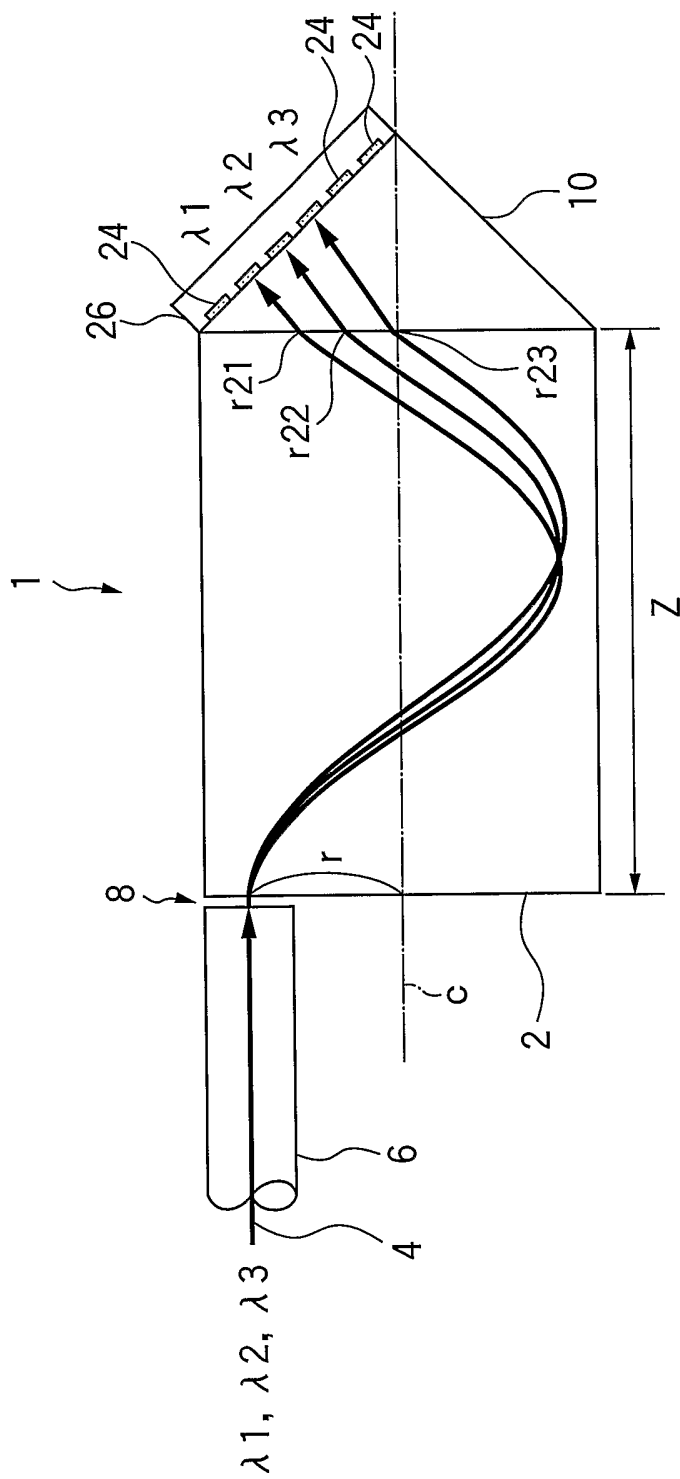


FIG.5

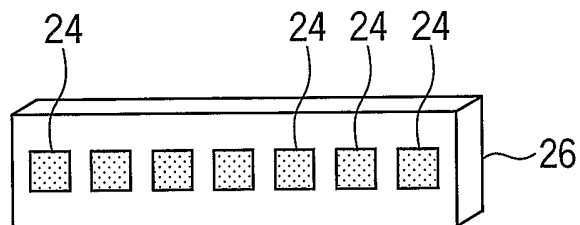


FIG.6

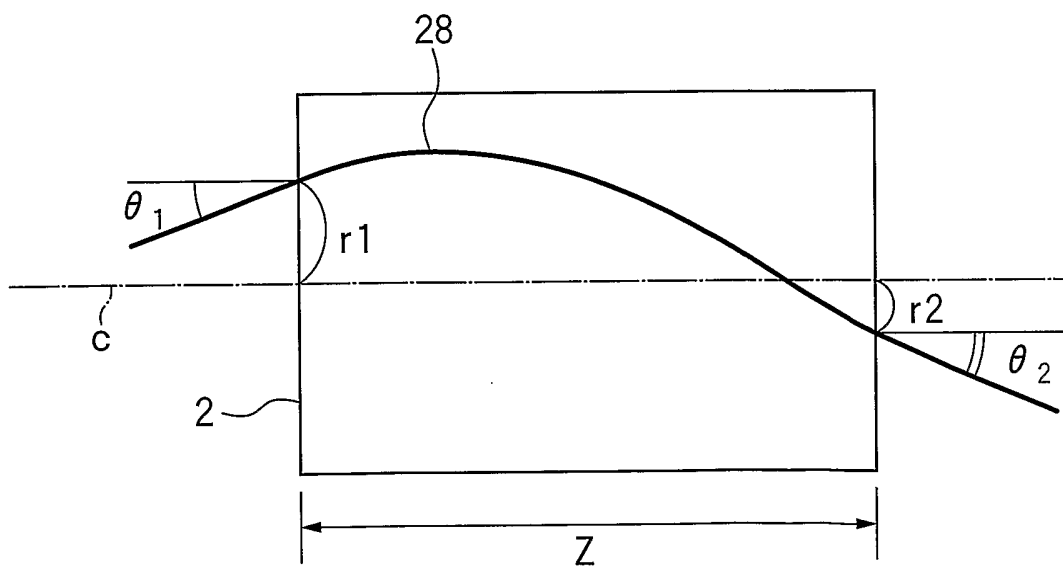
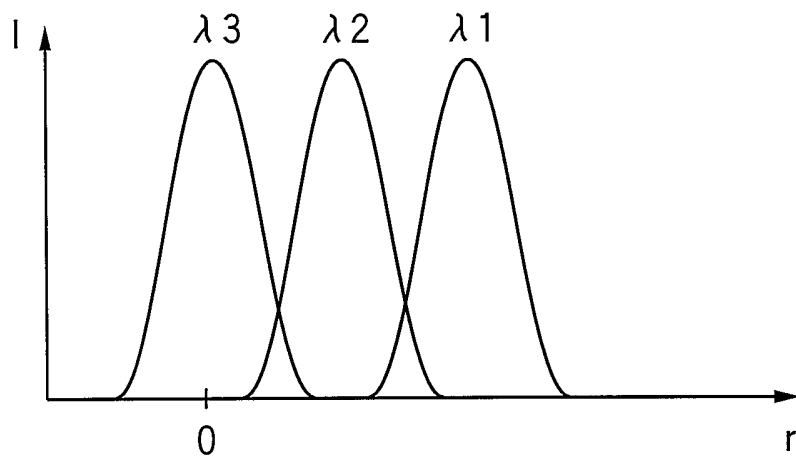


FIG.7



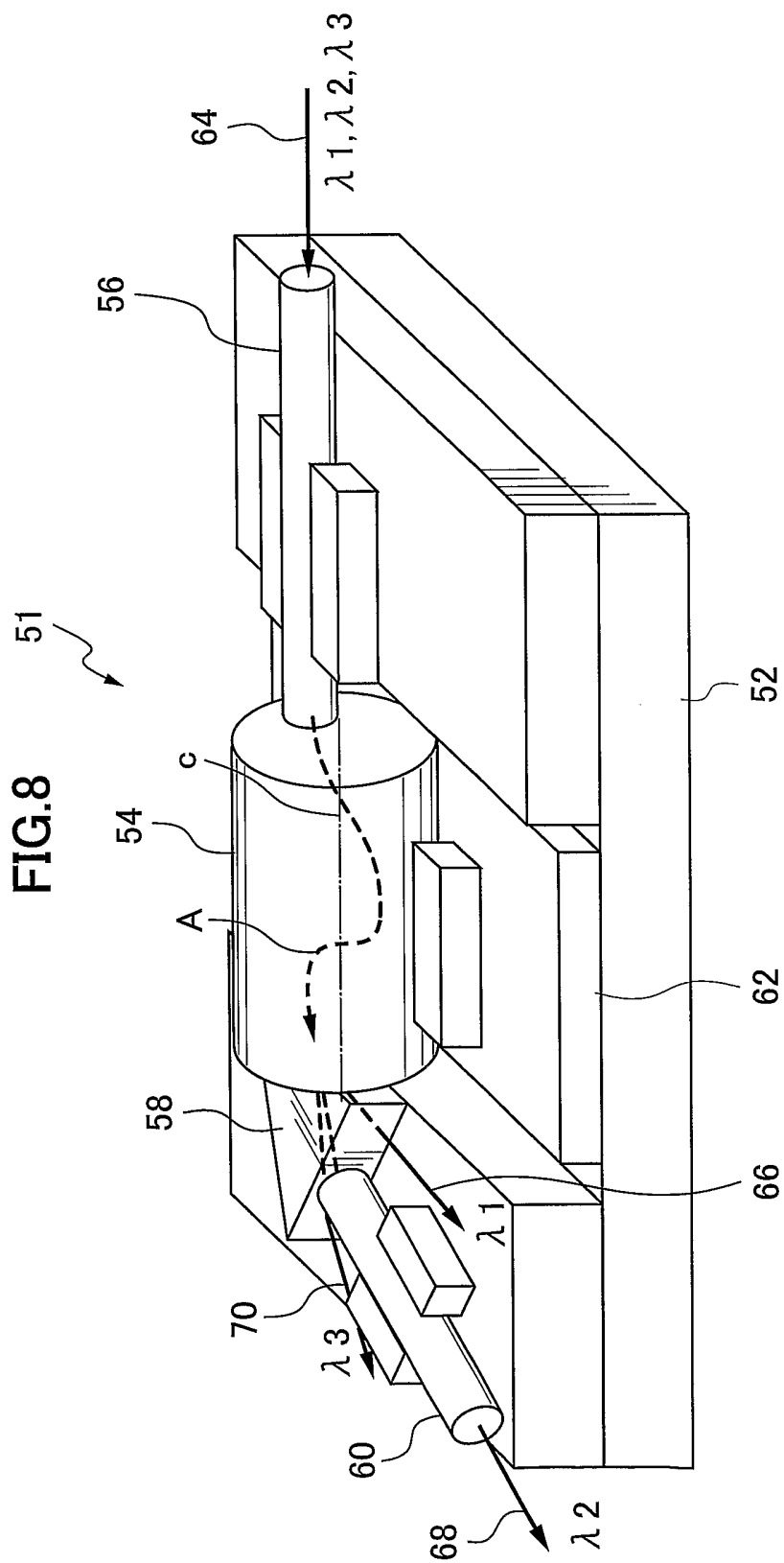
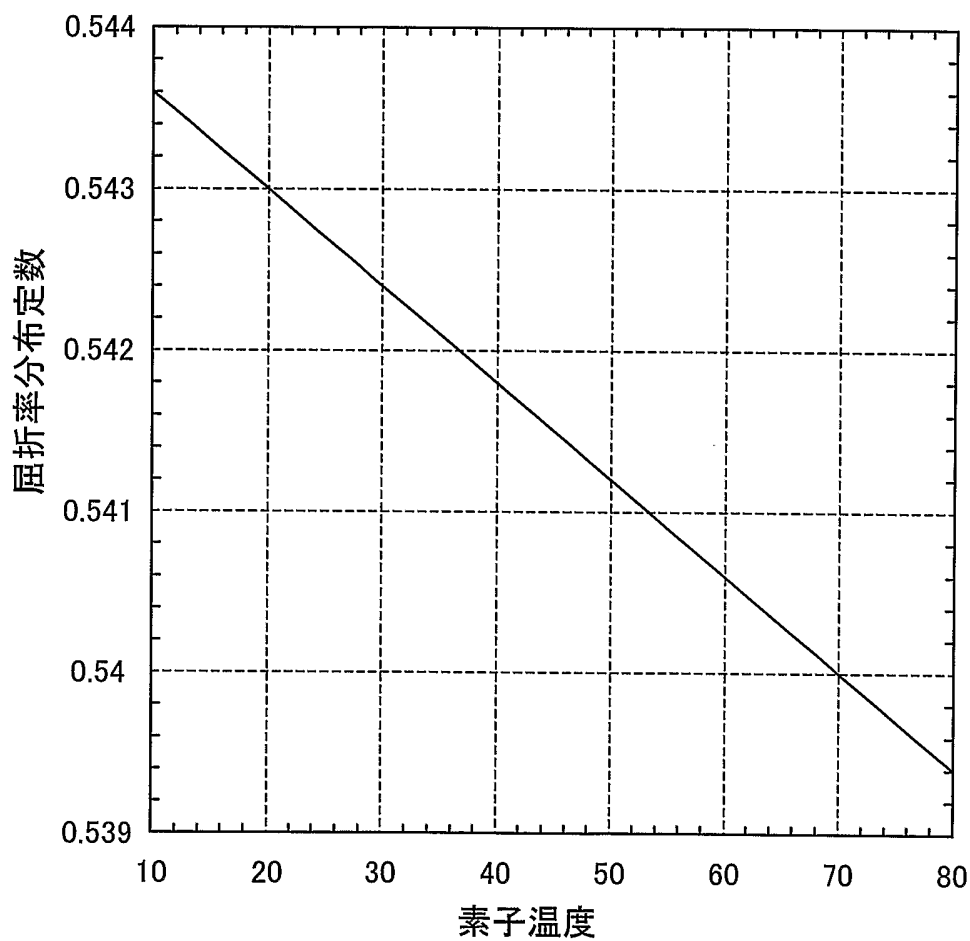


FIG.11



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/11156

<p>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int.Cl⁷ G02B6/293</p> <p>According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC</p>																																			
<p>B. FIELDS SEARCHED</p> <p>Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) Int.Cl⁷ G02B6/26-6/34, G02F1/00-1/313</p> <p>Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2002 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2002 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2002</p> <p>Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)</p>																																			
<p>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Category*</th> <th>Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th>Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X A</td> <td>JP 49-102204 A (NEC Corp.), 27 September, 1974 (27.09.74), (Family: none)</td> <td>1-9, 13 10-12, 14</td> </tr> <tr> <td>X A</td> <td>JP 54-138453 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 26 October, 1979 (26.10.79), (Family: none)</td> <td>1-9, 13 10-12, 14</td> </tr> <tr> <td>X A</td> <td>JP 54-51551 U (Mitsubishi Electric Corp.), 10 April, 1979 (10.04.79), (Family: none)</td> <td>1-9, 13 10-12, 14</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 59-193429 A (Canon Inc.), 02 November, 1984 (02.11.84), (Family: none)</td> <td>1-14</td> </tr> </tbody> </table> <p><input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.</p> <table border="1"> <tr> <td>* Special categories of cited documents:</td> <td>"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</td> </tr> <tr> <td>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</td> <td>"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</td> </tr> <tr> <td>"E" earlier document but published on or after the international filing date</td> <td>"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</td> </tr> <tr> <td>"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)</td> <td>"&" document member of the same patent family</td> </tr> <tr> <td>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</td> <td></td> </tr> </table> <table border="1"> <tr> <td>Date of the actual completion of the international search 14 November, 2002 (14.11.02)</td> <td>Date of mailing of the international search report 26 November, 2002 (26.11.02)</td> </tr> <tr> <td>Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office</td> <td>Authorized officer</td> </tr> <tr> <td>Facsimile No.</td> <td>Telephone No.</td> </tr> </table>			Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	X A	JP 49-102204 A (NEC Corp.), 27 September, 1974 (27.09.74), (Family: none)	1-9, 13 10-12, 14	X A	JP 54-138453 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 26 October, 1979 (26.10.79), (Family: none)	1-9, 13 10-12, 14	X A	JP 54-51551 U (Mitsubishi Electric Corp.), 10 April, 1979 (10.04.79), (Family: none)	1-9, 13 10-12, 14	A	JP 59-193429 A (Canon Inc.), 02 November, 1984 (02.11.84), (Family: none)	1-14	* Special categories of cited documents:	"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	"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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	"E" earlier document but published on or after the international filing date	"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	"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)	"&" document member of the same patent family	"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		Date of the actual completion of the international search 14 November, 2002 (14.11.02)	Date of mailing of the international search report 26 November, 2002 (26.11.02)	Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer	Facsimile No.	Telephone No.
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.																																	
X A	JP 49-102204 A (NEC Corp.), 27 September, 1974 (27.09.74), (Family: none)	1-9, 13 10-12, 14																																	
X A	JP 54-138453 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 26 October, 1979 (26.10.79), (Family: none)	1-9, 13 10-12, 14																																	
X A	JP 54-51551 U (Mitsubishi Electric Corp.), 10 April, 1979 (10.04.79), (Family: none)	1-9, 13 10-12, 14																																	
A	JP 59-193429 A (Canon Inc.), 02 November, 1984 (02.11.84), (Family: none)	1-14																																	
* Special categories of cited documents:	"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																																		
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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																																		
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"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																																		
"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)	"&" document member of the same patent family																																		
"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																																			
Date of the actual completion of the international search 14 November, 2002 (14.11.02)	Date of mailing of the international search report 26 November, 2002 (26.11.02)																																		
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer																																		
Facsimile No.	Telephone No.																																		


INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/11156

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 59-191002 A (Omron Tateisi Electronics Co.), 30 October, 1984 (30.10.84), (Family: none)	1-14

<p>A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))</p> <p style="margin-left: 40px;">Int. Cl⁷ G02B6/293</p>		
<p>B. 調査を行った分野</p> <p>調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))</p> <p style="margin-left: 40px;">Int. Cl⁷ G02B6/26-6/34 G02F1/00-1/313</p>		
<p>最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの</p> <p style="margin-left: 40px;">日本国実用新案公報 1922-1996 日本国公開実用新案公報 1971-2002 日本国登録実用新案公報 1994-2002 日本国実用新案登録公報 1996-2002</p>		
<p>国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)</p>		
<p>C. 関連すると認められる文献</p>		
<p>引用文献の カテゴリー*</p>	<p>引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示</p>	<p>関連する 請求の範囲の番号</p>
<p>X A</p>	<p>JP 49-102204 A (日本電気株式会社), 1974.09.27 (ファミリーなし)</p>	<p>1-9,13 10-12,14</p>
<p>X A</p>	<p>JP 54-138453 A (松下電器産業株式会社), 1979.10.26 (ファミリーなし)</p>	<p>1-9,13 10-12,14</p>
<p>X A</p>	<p>JP 54-51551 U (三菱電機株式会社), 1979.04.10 (ファミリーなし)</p>	<p>1-9,13 10-12,14</p>
<p><input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。</p>		
<p>* 引用文献のカテゴリー</p> <p>「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの</p> <p>「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの</p> <p>「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)</p> <p>「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</p> <p>「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願</p> <p style="margin-left: 400px;">の日の後に公表された文献</p> <p>「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</p> <p>「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの</p> <p>「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの</p> <p>「&」 同一パテントファミリー文献</p>		
<p>国際調査を完了した日</p> <p style="margin-left: 150px;">14. 11. 02</p>	<p>国際調査報告の発送日</p> <p style="text-align: right; font-size: 1.2em;">26.11.02</p>	
<p>国際調査機関の名称及びあて先</p> <p style="margin-left: 40px;">日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号</p>	<p>特許庁審査官 (権限のある職員)</p> <p style="margin-left: 40px;">日夏 貴史</p>	<p>2K 9411</p> <p style="text-align: center;"></p> <p>電話番号 03-3581-1101 内線 3253</p>

C (続き). 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 59-193429 A (キャノン株式会社), 1984.11.02 (ファミリーなし)	1-14
A	JP 59-191002 A (立石電機株式会社), 1984.10.30 (ファミリーなし)	1-14