

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5145656号
(P5145656)

(45) 発行日 平成25年2月20日 (2013. 2. 20)

(24) 登録日 平成24年12月7日 (2012.12.7)

(51) Int. Cl. F 1
G 0 2 B 6 / 4 2 (2006. 01) G O 2 B 6 / 4 2

請求項の数 6 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2006-152713 (P2006-152713)	(73) 特許権者	000001270 コニカミノルタホールディングス株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目7番2号
(22) 出願日	平成18年5月31日 (2006. 5. 31)	(74) 代理人	100085501 弁理士 佐野 静夫
(65) 公開番号	特開2007-322739 (P2007-322739A)	(74) 代理人	100128842 弁理士 井上 温
(43) 公開日	平成19年12月13日 (2007.12.13)	(74) 代理人	100111811 弁理士 山田 茂樹
審査請求日	平成21年4月28日 (2009. 4. 28)	(72) 発明者	大森 滋人 東京都日野市さくら町1番地 コニカミノ ルタテクノロジーセンター株式会社内
		審査官	河原 正

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光通信用光学系及び光通信装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

離散的に異なる複数の波長帯域を分岐・結合する光通信用光学系であって、2種類以上の周期的な屈折率変調により複数の回折を行う体積型回折格子を有し、その屈折率変調の方向がいずれも回折格子基板面の法線に対して垂直ではなく、前記複数の波長帯域における任意の光線の波長について、短波長帯域の光が前記体積型回折格子を非回折で透過し、複数の長波長帯域の光が前記体積型回折格子で回折され、前記体積型回折格子に対する各波長帯域の入射光及び短波長帯域の透過光が回折格子基板面に対して垂直又は略垂直であり、前記屈折率変調の方向がいずれも回折格子基板面の法線に対して60°～80°であり、いずれの屈折率変調についても以下の条件式(1)を満足することを特徴とする光通信用光学系；

$$10000 < h / (n \cdot \dots) < 15000 \dots (1)$$

ただし、

h : 体積型回折格子の基板厚み、
 : 体積型回折格子の屈折率変調の周期、
 n : 体積型回折格子の屈折率変調量、
 である。

【請求項2】

さらに、長波長帯域の光を射出する光ファイバと、短波長帯域の光を射出する発光部と、複数の異なる長波長帯域の光に対応した受光部と、を有し、前記体積型回折格子が、前

記光ファイバからの射出光を複数の異なる長波長帯域の光に分岐して前記受光部に入射させ、前記発光部からの射出光を前記光ファイバに入射させることを特徴とする請求項 1 記載の光通信光学系。

【請求項 3】

さらに、前記光ファイバからの射出光をコリメートし、かつ、前記体積型回折格子を非回折で透過した射出光を前記光ファイバの端面で結像させるコリメータレンズを有することを特徴とする請求項 2 記載の光通信光学系。

【請求項 4】

前記体積型回折格子が、フィルムを積層し圧延することにより構成されていることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の光通信光学系。

10

【請求項 5】

前記体積型回折格子が、塗布により形成されるフィルムの積層により構成されていることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の光通信光学系。

【請求項 6】

請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の光通信光学系を備えたことを特徴とする光通信装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は光通信光学系とそれを備えた光通信装置に関するものであり、例えば、離散的に異なる複数のチャンネル周波数(channel wavelength)を分岐・結合する光通信光学系と、それを備えた光通信装置に関するものである。

20

【背景技術】

【0002】

離散的に異なる複数のチャンネル周波数を分岐・結合する光通信光学系として、多層膜フィルターの波長に対する透過・反射特性を利用したもの、回折格子やAWG(Arrayed-waveguide grating)の波長分散作用を利用したもの等が従来より知られている(例えば、非特許文献 1, 2 参照。)

【非特許文献 1】樋口, 「光導波路を用いた光パッシブデバイス」, 光通信技術の最新資料集 V, オプトロニクス社, p. 78 - 83

30

【非特許文献 2】高橋, 「WDM用AWG波長合分波器」, 光通信技術の最新資料集 V, オプトロニクス社, p. 84 - 88

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

しかし、従来の光通信光学系には問題がある。例えば、多層膜フィルターは作製工程が複雑であり、また、1フィルターあたり2分岐する構成であるため、多チャンネル分岐を実現しようとするフィルター枚数が増大してしまう。したがって、多層膜フィルターを用いた光学系にはコストが高くなるという問題がある。また、入射光と正反射光とを空間的に分離するために、フィルターへの入射角度を垂直にすることができない。したがって、フィルターが斜めになる分、光路長が長くなってしまふ。さらに、多分岐のために複数のフィルターが必要なこともあり、サイズが大きくなることも問題である。AWGは数十以上の多チャンネルに分岐する場合に適しているが、分岐数が少ない場合には構成が複雑なことによりコスト及び損失が大きくなるという問題がある。

40

【0004】

一方、回折格子としては、体積型回折格子の波長選択性を利用した分岐による構成が知られている(例えばONDAX社製品)、1つの体積型回折格子で2分岐する構成であるため、多チャンネル分岐を実現しようとする体積型回折格子の枚数が増大してしまう。したがって、体積型回折格子を用いた光学系にはコストが高くなるという問題がある。また、体積型回折格子への入射角度が垂直ではないため、体積型回折格子が斜めになる分、光路

50

長が長くなりサイズが大きくなるという問題もある。

【0005】

本発明はこのような状況に鑑みてなされたものであって、その目的は、体積型回折格子を用いて離散的に異なる複数の波長帯域を分岐することの可能な小型で低コストの光通信用光学系と、それを備えた光通信装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記目的を達成するために、第1の発明の光通信用光学系は、離散的に異なる複数の波長帯域を分岐・結合する光通信用光学系であって、周期的な屈折率変調により回折を行う体積型回折格子を有し、その屈折率変調の方向が回折格子基板面の法線に対して垂直ではなく、前記複数の波長帯域における任意の光線の波長について、短波長帯域の光が前記体積型回折格子を非回折で透過し、長波長帯域の光が前記体積型回折格子で回折され、前記体積型回折格子に対する各波長帯域の入射光及び短波長帯域の透過光が回折格子基板面に対して垂直又は略垂直であることを特徴とする。

10

【0007】

第2の発明の光通信用光学系は、上記第1の発明において、前記屈折率変調の方向が回折格子基板面の法線に対して $60^\circ \sim 80^\circ$ であり、以下の条件式(1)を満足することを特徴とする。

$$10000 < h / (n \cdot \lambda) < 15000 \quad \dots (1)$$

ただし、

h：体積型回折格子の基板厚み、
 λ ：体積型回折格子の屈折率変調の周期、
 n：体積型回折格子の屈折率変調量、
 である。

20

【0008】

第3の発明の光通信用光学系は、上記第1又は第2の発明において、前記体積型回折格子が、フィルムを積層し圧延することにより構成されていることを特徴とする。

【0009】

第4の発明の光通信用光学系は、上記第1又は第2の発明において、前記体積型回折格子が、塗布により形成されるフィルムの積層により構成されていることを特徴とする。

30

【0010】

第5の発明の光通信用光学系は、上記第1～第4のいずれか1つの発明において、前記体積型回折格子が、2種類以上の屈折率変調を有することを特徴とする。

【0011】

第6の発明の光通信装置は、上記第1～第5のいずれか1つの発明に係る光通信用光学系を備えたことを特徴とする。

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、体積型回折格子に対する各波長帯域の入射光及び短波長帯域の透過光が回折格子基板面に対して垂直又は略垂直な構成になっているため、体積型回折格子を用いているにもかかわらず小型・低コストであり、離散的に異なる複数の波長帯域を分岐することの可能な光通信用光学系と、それを備えた光通信装置を実現することができる。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

以下、本発明を実施した光通信用光学系、光通信装置等を、図面を参照しつつ説明する。なお、その用途は光通信に限らず、光情報の伝送を行う他の技術(例えば、光情報の記録・再生技術)にも応用可能である。

【0014】

図1に、光通信用光学系、光通信装置の一実施の形態を模式的に示す。光通信装置1は、基地局と末端機との間での光通信に用いられる末端機側の送受信装置であり、光通信

50

用光学系 2 , 発光制御部 7 , 信号検出部 8 等で構成されている。光学系 2 は、光ファイバ 3 , 体積型回折格子 4 , 発光部 5 , 受光部 6 等を備えており、光ファイバ 3 は、送信情報を有する光束 S 1 を外部に伝送し、受信情報を有する光束 L 1 , L 2 を外部から取り込む構成になっている。体積型回折格子 4 は、発光部 5 からの光束 S 1 を光ファイバ 3 に入射させ、光ファイバ 3 からの光束 L 1 , L 2 を分岐して受光部 6 に入射させる。光束 S 1 , L 1 , L 2 の波長帯域は互いに異なっており、光束 S 1 は短波長帯域の光から成っており、光束 L 1 , L 2 は長波長帯域の光から成っている。つまり、発光部 5 から体積型回折格子 4 に対し短波長帯域の光束 S 1 が射出され、光ファイバ 3 から体積型回折格子 4 に対し長波長帯域の光束 L 1 , L 2 が射出される。なお、各波長帯域の数は上記場合に限るものではなく、採用する規格に応じて設定される。

10

【 0 0 1 5 】

発光部 5 は、例えば L D (laser diode) 等により構成され、その発光の制御を発光制御部 7 が行うことにより、発光部 5 から射出する光束 S 1 に送信情報を載せる。受光部 6 は、光束 L 1 , L 2 を受ける光学要素であり、2 チャンネルの波長帯域の光に対応可能となっている。例えば、受光部 6 に光ファイバを用いる場合、2 本の光ファイバを並べて、それらの端面で受光面を構成する。受光面から光ファイバに入射した光束 L 1 , L 2 は、例えば、P D (photodiode) 等の光電変換素子で受光量を表す信号に変換され、その出力信号を信号検出部 8 が検出することにより、光束 L 1 , L 2 の受信情報を電気信号として出力する。光ファイバを用いずに、2 つの光電変換素子 (P D 等) で受光部 6 の受光面を構成してもよい。その場合、光電変換素子は受光素子面で光束 L 1 , L 2 を直接受光し、受光量を表す信号を出力する。その出力信号を信号検出部 8 が検出して、光束 L 1 , L 2 が持っている受信情報を電気信号として出力する。

20

【 0 0 1 6 】

ここで、図 1 の実施の形態で採用している、光通信分野での 3 波 B I D I 規格を説明する。図 2 に、3 波 B I D I 規格の通信において分岐・結合される波長帯域を示す。3 波 B I D I 規格は上り 1 波、下り 2 波の通信規格である。上りは末端機から基地局への送信であって、1 3 1 0 n m チャンネル、帯域幅 (bandwidth) 1 0 0 n m (1 2 6 0 ~ 1 3 6 0 n m) である。一方、下りは基地局から末端機への送信であって、1 4 9 0 n m チャンネル、帯域幅 2 0 n m ; 1 5 5 5 n m チャンネル、帯域幅 1 0 n m である。

【 0 0 1 7 】

離散的に異なる複数のチャンネル周波数を分岐・結合するのに適した体積型回折格子 4 の構成を以下に検討する。体積型回折格子において、等間隔平行の層構造による屈折率変調の周期 (層の間隔) と、格子面に入射する角度と、をブラッグ回折となるようにすれば、回折効率を大きくすることができる。そのとき、回折格子基板面の向き又は回折格子基板面の法線方向とブラッグ回折とは無関係である。したがって、回折格子基板面の向きと独立して体積型回折格子の層方向を設定することにより、入射光及び回折光の回折格子基板面に対する方向を任意に定めることが可能である。そして、この特性を利用することにより、体積型回折格子の回折格子基板面に対して垂直又は略垂直に入射する光線を波長分岐することが可能となり、これにより光路長を短縮することができるため光学系の小型化が可能となる。また、そのような体積型回折格子を複数枚重ねて配置することにより、多チャンネル分岐をコンパクトな構成で実現することが可能となる。

30

40

【 0 0 1 8 】

表 1 に、屈折率 $n = 1.5$, 屈折率変調量 $n = 0.01$ で構成された体積型回折格子 4 A の仕様と性能を示し、図 3 に、体積型回折格子 4 A と光束 S 1 , L 1 , L 2 との関係を示す。体積型回折格子 4 A の格子傾き角度 θ は、回折格子基板面 4 s の法線から左回りを正とする。回折格子基板面 4 s の法線に対して屈折率変調の方向が成す角度を ϕ とすると、 $|\theta| + |\phi| = 90$ 度である。図 3 に示すように、周期 Λ は回折格子基板面 4 s に対し平行な方向にとっており、表 1 中の Λ は $(n + n)$ の屈折率を有する媒質の幅に相当する。また、P D L (Polarization Dependent Loss) は偏光依存性を評価する数値であり、これは偏光の効率比の (10 を底とする) 対数の 10 倍 (絶対値) で表される。P D L

50

は小さいほど良く、実用的には下り信号について1～2程度以下が必要である。

【0019】

【表1】

回折格子仕様									
n	Δn	h (μm)	1490nm分岐用格子			1555nm分岐用格子			
			Λ (μm)	格子傾き α (度)	Δn 幅 /周期	Λ (μm)	格子傾き α (度)	Δn 幅 /周期	
1.5	0.01 (ステップ変調)	233	1.79	16.97	0.5	1.79	-17.84	0.5	
回折格子性能									
	1310nmチャンネル			1490nmチャンネル			1555nmチャンネル		
	1260 nm	1310 nm	1360 nm	1480 nm	1490 nm	1500 nm	1550 nm	1555 nm	1560 nm
射出角度(°)	0	0	0	55.8	56.3	56.9	-60	-60.3	-60.6
平均効率	0.99	0.99	0.99	0.55	0.95	0.6	0.78	0.92	0.8
PDL(dB)	0	0	0	0	0.32	0	0	0.28	0

10

【0020】

図3に示すように、上り信号の光束S1及び下り信号の光束L1, L2は、いずれも回折格子基板面4sに対して垂直に入射する。直進する非回折光(透過光)が1310nmチャンネルの上り信号であり、正方向に偏向する回折光が1490nmチャンネルの下り信号であり、負方向に偏向する回折光が1555nmチャンネルの下り信号である。体積型回折格子4Aの材料内には、格子傾き角度が正負の2種類の方向の屈折率変調があるため、一方の屈折率変調による回折光に対して他方の屈折率変調による回折光は異なる象限に回折されることになる。ここでは、一方の回折光が1490nmチャンネルに相当し、他方の回折光が1555nmチャンネルに相当する。なお、回折格子仕様に対応する、単一方向の屈折率変調の体積型回折格子を2枚積層しても同等の特性が得られる。

20

【0021】

図4に、体積型回折格子4Aでの各回折光の波長と効率との関係をグラフで示す。それぞれ波長依存性が大きく効率が大きくなる箇所でチャンネル中心波長程度となる。なお凡例中のp, sは偏光を示している。

30

【0022】

図5に、上述した体積型回折格子4A(第1のタイプの体積型回折格子)を有する光通信用光学系2の一例を示す。図5において、C0～C3はコリメータレンズ(例えばボールレンズ)であり、受光部6a, 6bは前記受光部6(図1)に相当するものである。

【0023】

基地局へとつながる光ファイバ3の端面からは下り信号の光束L1, L2が発散し、コリメータレンズC0(ボールレンズ等)でコリメートされた後、体積型回折格子4Aに入射する。そして、体積型回折格子4Aにより回折されて、1490nmチャンネル帯域の光束L1と1555nmチャンネル帯域の光束L2とに分光される。回折後の光束L1, L2は、コリメータレンズ(ボールレンズ等)C2, C3によりそれぞれ集光され、受光部6a, 6bに対してそれぞれ結像する。つまり、光束L1はコリメータレンズC2での集光により受光部6aへと結合され、光束L2はコリメータレンズC3での集光により受光部6bへと結合される。なお、受光部6a, 6bとしては、例えば光ファイバ又は光電変換素子が用いられる。

40

【0024】

一方、上り信号を構成する発光部(例えばLD)5aから発散される1310nmチャンネル帯域の光束S1は、コリメータレンズC1(ボールレンズ等)でコリメートされた後、体積型回折格子4Aを非回折で透過する。そして、コリメータレンズC0(ボールレンズ等)で集光された後、光ファイバ3の端面で結像する。このとき、1310nmチャンネル

50

ル帯域の光束 S 1 は非回折であるため、波長分散によるスポットの拡大が生じない。このため、シングルモードファイバ等のコア径(つまりファイバ受光部)の小さな物に対しても効率良い結合が可能となる。

【 0 0 2 5 】

次に、体積型回折格子 4 の作製方法を説明する。その作製方法は 2 種類考えられ、第 1 の作製方法は二光束干渉露光法であり、第 2 の作製方法は異なる屈折率の層を積層する方法である。二光束干渉露光法は、互いにコヒーレントな光束の干渉縞を感光性ポリマー材料中に記録することにより行われる。露光波長又は干渉角度(二光束のなす角度)、基板に対する入射角度を変えることにより、任意の周期と格子傾き角度を有する屈折率変調の体積型回折格子を作製することが可能である。二光束の入射角度を異なるように配置することにより、回折格子基板面に対して傾いた格子角度とすることが可能である。また、体積型回折格子 4 A のように 1 つの基板中に複数の屈折率変調を有するものは、それぞれの屈折率変調を二光束干渉露光で形成することにより作製可能である。

10

【 0 0 2 6 】

第 2 の作製方法は、屈折率の異なる厚み 1 ~ 2 μm の層を積層することにより行われる。積層方法としては 2 種類考えられる。第 1 の積層方法は塗布によるものであり、2 種類の屈折率材料を厚み 1 ~ 2 μm で交互に塗布することで積層が行われる。第 2 の積層方法はフィルムの積層によるものであり、2 種類の屈折率材料フィルム(厚み 2 0 μm 程度)を接着又は融着で積層し、圧延工程により所望の厚みとすることで積層が行われる。これらの積層方法により積層されたものを所望の厚みと方向で切り出すことにより、任意の周期と格子傾き角度を有する屈折率変調の体積型回折格子を作製することが可能である。また、そのような体積型回折格子を複数枚重ねて配置することにより、多チャンネル分岐をコンパクトな構成で実現することが可能となる。

20

【 0 0 2 7 】

図 6 に、1 種類の屈折率変調を有する体積型回折格子を 2 枚積層して成る体積型回折格子 4 B (第 2 のタイプの体積型回折格子)を有する光通信用光学系 2 の一例を示す。図 6 に示す光通信用光学系 2 は、体積型回折格子のタイプが異なるほかは図 5 に示すものと同じ構成を有している。体積型回折格子 4 B は、1 4 9 0 nm チャンネル帯域の光束 L 1 を分離するための体積型回折格子 B 1 と、1 5 5 5 nm チャンネル帯域の光束 L 2 を分離するための体積型回折格子 B 2 と、から成っている。表 2 に、体積型回折格子 B 1 , B 2 の仕様と性能を示す。

30

【 0 0 2 8 】

【表 2】

1490nm分離用回折格子の仕様					
n	Δn	Λ (μm)	h (μm)	格子傾き角度 α (度)	1310nmとの 分離角度(度)
1.5	0.01	1.79	233	16.97	56.4
1490nm分離用回折格子の性能					
		1310nm透過率		1490nm効率	
効率		0.984		0.945	
PDL(dB)		0.019		0.339	
1555nm分離用回折格子の仕様					
n	Δn	Λ (μm)	h (μm)	格子傾き角度 α (度)	1310nmとの 分離角度(度)
1.5	0.01	1.79	233	-17.84	-60.5
1555nm分離用回折格子の性能					
		1310nm透過率		1555nm効率	
効率		0.984		0.916	
PDL(dB)		0.019		0.287	

10

20

【0029】

以上説明した各形態の特徴は、離散的に異なる複数の波長帯域を分岐・結合する光学系、それを備えた光通信装置における適用において一般化が可能である。例えば光通信光学系は、離散的に異なる複数の波長帯域を分岐・結合する光通信光学系であって、周期的な屈折率変調により回折を行う体積型回折格子を有し、その屈折率変調の方向が回折格子基板面の法線に対して垂直ではなく、前記複数の波長帯域における任意の光線の波長について、短波長帯域の光が前記体積型回折格子を非回折で透過し、長波長帯域の光が前記体積型回折格子で回折され、前記体積型回折格子に対する各波長帯域の入射光及び短波長帯域の透過光が回折格子基板面に対して垂直又は略垂直であることが望ましい。

【0030】

この構成により、光路長を縮小することができるため、体積型回折格子を用いても小型化・低コスト化が可能であり、離散的に異なる複数の波長帯域を分岐することが可能である。また、短波長帯域の光が体積型回折格子を非回折で透過する構成では、例えば、光通信における上り短波長帯域でのスポット径を小さくして良好な光結合を達成することが可能となる。

30

【0031】

前記屈折率変調の方向が回折格子基板面の法線に対して $60^\circ \sim 80^\circ$ であり、以下の条件式(1)を満足することが望ましい。

$$10000 < h / (n \cdot \Lambda) < 15000 \quad \dots (1)$$

ただし、

h：体積型回折格子の基板厚み、
 Λ ：体積型回折格子の屈折率変調の周期、
n：体積型回折格子の屈折率変調量、
である。

40

【0032】

図3において、屈折率変調の方向が回折格子基板面4sの法線に対して成す角度 θ は、 $90^\circ - |\theta|$ に相当するので、例えば、 $\theta = 16.97^\circ$ の場合には $\theta = 73.03^\circ$ 、 $\theta = -17.84^\circ$ の場合には $\theta = 72.16^\circ$ である。この条件範囲の下限値(60°)を下回ると、回折効率を高くするために周期 Λ を小さくする必要が生じるため、体積型回折格子の作製が困難になる。逆に、条件範囲の上限値(80°)を上回ると、回折効率

50

を高くするために回折格子基板を傾けて構成する必要が生じるため、光路長が長くなることにより光学系の小型化が阻害されてしまう。

【0033】

また、条件式(1)の下限を下回ると、波長選択性が弱くなるため、透過光である1310nmチャンネルの効率低下を招くことになる。逆に、条件式(1)の上限を上回ると、波長選択性が強くなりすぎるため、帯域幅の上限・下限で回折効率の低下が発生する。なお、前述した具体的な数値： $\lambda = 1.79(\mu\text{m})$ ， $h = 233(\mu\text{m})$ ， $n = 0.01$ を用いた条件式(1)の対応値： $h / (\lambda \cdot n) = 13017$ である。

【0034】

体積型回折格子は、前述したように、フィルムを積層し圧延することにより作製可能であり、塗布により形成されるフィルムの積層により作製可能である。また、体積型回折格子が2種類以上の屈折率変調を有することにより多分岐が可能となり、光学系の小型化を効果的に達成することが可能となる。その場合、1つの材料中に2種類以上の屈折率変調を有する構成でもよく、1つの材料中に1種類の屈折率変調を有する体積型回折格子を2以上積層する構成でもよい。

【図面の簡単な説明】

【0035】

【図1】光通信用光学系及び光通信装置の一実施の形態を示すブロック図。

【図2】図1の実施の形態により分岐・結合される複数の波長帯域の一例を示す模式図。

【図3】体積型回折格子と光束との関係を示す模式図。

【図4】回折光の波長と効率との関係を体積型回折格子の一例について示すグラフ。

【図5】第1のタイプの体積型回折格子を備えた光通信用光学系を示す光学構成図。

【図6】第2のタイプの体積型回折格子を備えた光通信用光学系を示す光学構成図。

【符号の説明】

【0036】

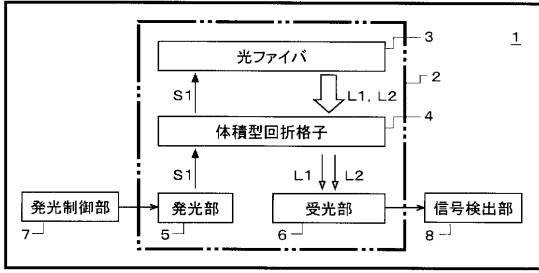
- 1 光通信装置
- 2 光通信用光学系
- 3 光ファイバ
- 4, 4A, 4B 体積型回折格子
- 4s 回折格子基板面
- 5 発光部(LD)
- 6, 6a, 6b 受光部(PD, 光ファイバ)
- 7 発光制御部
- 8 信号検出部
- C0 ~ C3 コリメータレンズ(ボールレンズ)
- S1 短波長帯域の光束
- L1, L2 長波長帯域の光束

10

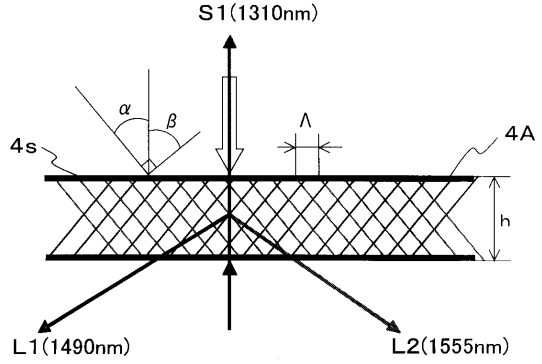
20

30

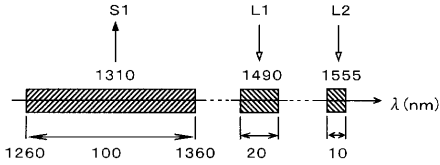
【図1】



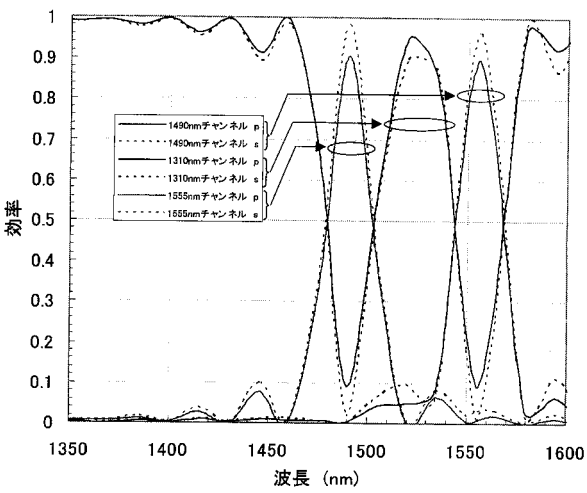
【図3】



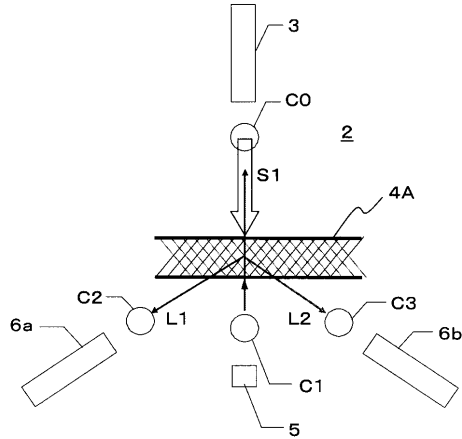
【図2】



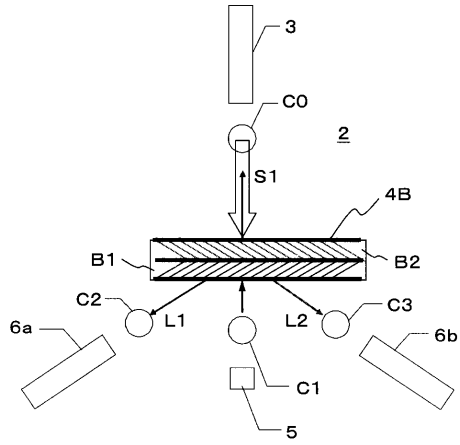
【図4】



【図5】



【図 6】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平05 - 288910 (JP, A)
特開平07 - 281015 (JP, A)
特開平07 - 104154 (JP, A)
特開平04 - 365005 (JP, A)
特開昭54 - 055456 (JP, A)
特開昭61 - 221723 (JP, A)
特開昭62 - 036628 (JP, A)
特開昭53 - 042043 (JP, A)
特開2005 - 275060 (JP, A)
特開2003 - 322764 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 6/42