

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4631089号
(P4631089)

(45) 発行日 平成23年2月16日(2011.2.16)

(24) 登録日 平成22年11月26日(2010.11.26)

(51) Int.Cl.

G02F 1/01 (2006.01)

F 1

G02F 1/01
G02F 1/01F
B

請求項の数 17 外国語出願 (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2001-147680 (P2001-147680)
 (22) 出願日 平成13年5月17日 (2001.5.17)
 (65) 公開番号 特開2002-14307 (P2002-14307A)
 (43) 公開日 平成14年1月18日 (2002.1.18)
 審査請求日 平成20年5月9日 (2008.5.9)
 (31) 優先権主張番号 09/573988
 (32) 優先日 平成12年5月17日 (2000.5.17)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 500587067
 アギア システムズ インコーポレーテッド
 アメリカ合衆国, 18109 ペンシルヴァニア, アレンタウン, アメリカン・パークウェイ エヌイー 11110
 (74) 代理人 100094112
 弁理士 岡部 譲
 (74) 代理人 100064447
 弁理士 岡部 正夫
 (74) 代理人 100085176
 弁理士 加藤 伸晃
 (74) 代理人 100106703
 弁理士 産形 和央

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 WDM光通信システム用のチューナブルエッティング回折格子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

チューナブル光回折格子であって、
コア領域、および周囲を取り巻く、屈折率を持つ第一の材料から作られた第一のクラッドを含む光導波路と、

前記コアの長さ方向に沿って隣接して配置された周期的空間変動を提供するように構成された、前記第一のクラッドの前記コア領域に隣接する部分と、

前記第一の材料の屈折率に関して調節可能な屈折率を持ち、前記空間変動を覆って前記空間変動間に配置された、前記第一の材料と異なる第二の材料から作られた第二のクラッドと、

前記光導波路に沿って伝送する光に光回折格子として作用する屈折率不等の状態と光回折格子として作用しない屈折率同等の状態との間で、前記第二のクラッドと第一のクラッドとの間の屈折率の差を両状態に調節するよう構成された制御要素とを備えることを特徴とするチューナブル回折格子。

【請求項 2】

前記第一のクラッド層がシリカを含み、前記第二のクラッド層が温度によって変化する屈折率を持つポリマーを含み、前記制御要素が前記第二のクラッドに熱的に結合される加熱器を含むことを特徴とする請求項1記載のチューナブル回折格子。

【請求項 3】

結合領域に沿って光学的に結合されたペアの導波路、および結合領域を覆う請求項1記

載のチューナブル回折格子を含むチューナブル光結合器。

【請求項 4】

前記チューナブル回折格子がプラッグ回折格子を含むことを特徴とする請求項 3 記載のチューナブル光結合器。

【請求項 5】

前記チューナブル回折格子が長周期回折格子を含むことを特徴とする請求項 3 記載のチューナブル光結合器。

【請求項 6】

結合領域に沿って導波路リング共振器に結合されたある長さの光導波路、および結合領域を覆う請求項 1 記載のチューナブル回折格子を含むチューナブルオールパスフィルタ。 10

【請求項 7】

さらに、前記リング共振器に結合された位相シフタを含むことを特徴とする請求項 6 記載のチューナブルオールパスフィルタ。

【請求項 8】

前記チューナブル回折格子がプラッグ回折格子を含むことを特徴とする請求項 6 記載のチューナブルオールパスフィルタ。

【請求項 9】

前記チューナブル回折格子が長周期回折格子を含むことを特徴とする請求項 6 記載のチューナブルオールパスフィルタ。

【請求項 10】

チューナブルドロップフィルタであって、

導波路リング共振器と、

第一の結合領域に沿って前記共振器の近傍を通る第一の導波路と、

第二の結合領域に沿って前記共振器の近傍を通る第二の導波路と、

それぞれ、前記第一と第二の結合領域を覆うように配置された請求項 1 記載の第一および第二のチューナブル回折格子とを備えることを特徴とするチューナブルドロップフィルタ。 20

【請求項 11】

さらに、前記リング共振器に結合された位相シフタを含むことを特徴とする請求項 10 記載のチューナブルドロップフィルタ。 30

【請求項 12】

前記第一と第二のチューナブル回折格子がプラッグ回折格子を含むことを特徴とする請求項 10 記載のチューナブルドロップフィルタ。

【請求項 13】

前記第一と第二のチューナブル回折格子が長周期回折格子を含むことを特徴とする請求項 10 記載のチューナブルドロップフィルタ。

【請求項 14】

チューナブルドロップフィルタであって、

複数の光結合領域を持つ第一と第二の概ね平行な導波路；および

請求項 1 記載の複数のチューナブル回折格子を含み、各回折格子がプラッグ回折格子から成り、各々の光結合領域を覆うように配置されることを特徴とするチューナブルドロップフィルタ。 40

【請求項 15】

さらに、一連のチューナブル回折格子の間に、前記導波路の一つに結合するように設けられた複数の位相シフタを含むことを特徴とする請求項 14 記載のドロップフィルタ。

【請求項 16】

前記第一と第二の導波路が異なる有効屈折率を持つことを特徴とする請求項 14 記載のドロップフィルタ。

【請求項 17】

前記制御要素が前記回折格子の長さ方向に沿って前記第二のクラッドに結合された複数

50

の加熱器から成ることを特徴とする請求項 1 記載のチューナブル回折格子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は光導波路回折格子、より詳細には、とりわけ、光通信システムに対する追加ノドロップフィルタ、回折格子支援結合器および可変遅延ラインに用いるのに適するエッティングにて形成される導波路回折格子に関する。

【0002】

【従来の技術】

光回折格子は、光通信システム内で特定の波長の光を選択的に制御するために重要な要素である。光回折格子には、プラッグ回折格子と長周期回折格子がある。回折格子は、典型的には、材料の本体と、複数の実質的に等間隔に配置された光回折格子要素、例えば、屈折率摂動、スリット、あるいは溝（グループ）から構成される。

10

【0003】

典型的なプラッグ回折格子はある長さの光導波路を含み、この導波路の長さ方向に沿って複数の実質的に等間隔の屈折率の摂動が設けられる。これら摂動は一連の摂動間の間隔に有効屈折率を掛けた値の二倍に等しい波長 λ 、つまり、 $\lambda = 2 n_{eff}$ の光を選択的に反射する。ここで、 n は真空中の波長を表し、 n_{eff} は基本モードの有効屈折率を表す。残りの波長（の光）は実質的に妨害されることなく通過する。このようなプラッグ回折格子は、フィルタリング、光信号チャネルの追加およびドロップ、半導体レーザの安定化、ファイバ増幅器ポンプエネルギーの反射、分散の補償などを含む多様な用途に用いられている。

20

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

従来のプラッグ回折格子と関連する一つの問題は、これらがある固定の波長しかフィルタリングできないことである。各回折格子は、 $\lambda = 2 n_{eff}$ を中心とする狭い帯域幅内の光のみを選択的に反射する。ただし、多くの用途、例えば、波長分割多元（WDM）においては、波長応答を制御下で変更することができる再構成可能な（リコンフィガラブル）回折格子が要望されている。

30

【0005】

長周期回折格子デバイスは波長に依存する損失を提供し、スペクトルの成形に用いられる。長周期回折格子は、光電力を、2つの同時に伝搬するモード間で、後方反射を殆ど伴うことなく結合する。長周期回折格子は、典型的には、ある長さの光導波路から成り、この導波路に沿って複数の屈折率摂動が伝送される光の波長 λ と比べて大きな周期距離 Λ だけ離して配置される。従来のプラッグ回折格子とは対照的に、長距離回折格子は、典型的には、少なくとも伝送される波長の10倍より大きな周期間隔、つまり、 $\Lambda \geq 10\lambda$ なる周期間隔を用いる。典型的には、 Λ は15~1500マイクロメータのレンジとされ、摂動の幅は $1/5\lambda \sim 4/5\lambda$ のレンジとされる。幾つかの用途、例えば、チャーブド回折格子においては、間隔 Λ は回折格子の長さ方向に沿って変えられる。

40

【0006】

長周期回折格子デバイスは、特定の波長の光をモード変換によって除去する。

光が反射され、導波路内にとどまる従来のプラッグ回折格子とは対照的に、長距離回折格子は、特定の波長の光を、反射によってではなく、ガイドモードから非ガイドモードに変換することで除去する。（非ガイドモードとはコア内に拘束されるのではなく、導波路構造全体によって制限されるモードを意味する。しばしば、非ガイドモードはクラッドモードである）。摂動の間隔 Λ は、選択されたピーク波長 λ_p の領域内の伝送される光が非ガイドモードに変換され、これによって λ_p を中心とするバンドの光の強度が低減されるように選択される。代替として、間隔 Λ は、あるガイドモードからの光を除去される第二のガイドモード（典型的にはより高次のモード）にシフトするように選択されることもある。

50

【 0 0 0 7 】

ただし、従来の長周期回折格子の一つの短所として、これら回折格子は利得を動的に等化する能力に欠ける。これら回折格子は、固定された波長しかフィルタリングすることができない。ある与えられた周期(λ')を持つ各長周期回折格子は、 $n_p = (n_g - n_{ng}) \cdot \lambda'$ を中心とする狭い帯域幅内の光しかフィルタリングすることができない。ここで、 n_g と n_{ng} は、それぞれ、コアモードとクラッドモードの有効屈折率を表す。 n_g の値はコアとクラッドの屈折率に依存し、 n_{ng} は、コア、クラッド、および空気の屈折率に依存する。

【 0 0 0 8 】

回折格子をチューニングするための様々な技法が開発されており、チューナブル回折格子の重要な用途には、光通信システム用のチューナブル追加／ドロップフィルタの製造が含まれる。チューナブルフィルタは、WDMシステムにおいて、システムの端末もしくは中間点においてチャネルを追加あるいはドロップするために広く用いられている。これらチューナブルフィルタは、平坦な通過帯域および良好な阻止帯域特性を要求される。典型的には、光ファイバあるいはブレーナ導波路内に書き込まれたUV光誘導プラグ回折格子が、優れたスペクトル特性を持つという理由から採用される。ファイバ内にチューナブルプラグ回折格子を形成するための多くの技法、例えば、温度やストレッチングを応用する技法が導入されている。チューナブルフィルタがシステム内で再構成される際、動作はシステム内の他のチャネルに対して透過的(トランスパレント)であるべきである。つまり、ヒットレス再構成が要望される。これは、現在のチューナブル回折格子では、再構成の際に回折格子をバイパスするためにスイッチを用いない限り、不可能である。代替においては、回折格子はチャネル間にフィットするために十分に狭い帯域幅を持つことを要求される。このことは、回折格子が隣接チャネルに対して透過的となるように、回折格子が極端に良好な特性を持つことを要求する。

【 0 0 0 9 】**【課題を解決するための手段】**

本発明によると、導波路回折格子は、コアと、コアに隣接する第一のクラッド材を含む。第一のクラッド材は、例えば、エッキングによって、周期回折格子を持つように構成される。第一のクラッド材を覆うように制御可能な屈折率を持つ第二のクラッド材が配置される。第二のクラッドの屈折率が第一のクラッドの屈折率と異なるときは、第一のクラッドの構成は光回折格子(作用)を提供する。ただし、第二のクラッドの制御可能な屈折率が第一のクラッドの屈折率と等しくなるように調節されたときは、回折格子は実質的に透過的となる。この回折格子は、とりわけ、WDM光通信システム内の再構成可能な(リコンフィガラブル)追加／ドロップフィルタとして有効である。この回折格子は、加えて、回折格子支援結合器および可変光遅延ライン内に用いることもできる。

【 0 0 1 0 】

本発明の長所、性質および様々な追加の特徴が、以下に詳細に説明する実施例から一層明らかになるものである。図面は単に本発明の概念を説明するためのもので、グラフを除いては、正確な縮尺には描かれてないことに注意する。

【 0 0 1 1 】**【発明の実施の形態】**

図1は、チューナブル導波路回折格子10の略断面図を示す。チューナブル導波路回折格子10は屈折率 n_1 を持つコア11を含み、コア11の周囲には、屈折率 n_1 より小さな屈折率、例えば、それぞれ、屈折率 n_2 、 n_3 を持つクラッド層12A、12Bが配置される。クラッド層12Bの一部分は、例えば、エッキングによって、周期回折格子13を形成する空間変動が達成されるように構成される。 n_1 より小さな屈折率 n_3 を持つ第二のクラッド層14が第一のクラッド層12Bを覆い、回折格子13を満たすように設けられる。このデバイスはブレーナ導波路回折格子あるいはファイバ回折格子のいずれとすることもできる。図1に示すブレーナ導波路形態とされる場合は、このデバイスは、好みくは、支持基板15上に形成される。回折格子13は伝送される光の波長と回折格子間隔

10

20

30

40

50

との関係によってプラッグ (Bragg) 回折格子あるいは長周期回折格子のいずれとするこ
ともできる。

【 0 0 1 2 】

本発明によると、クラッド 1 2 A、1 2 B、1 4 は、 n_2 あるいは n_3 が独立に制御できる
ような材料から作られる。より具体的には、このデバイスは、少なくとも 2 つの状態、
つまり、1) $n_2 = n_3$ 、および 2) $n_2 \neq n_3$ の間でチューニングすることができる。
第一の状態、つまり、 $n_2 = n_3$ においては、この周期構造は光回折格子として機能する
。第二の状態、つまり、 $n_2 \neq n_3$ においては、回折格子は光学的に透過的となり、伝送
される光には殆ど影響を与えない。

【 0 0 1 3 】

回折格子を 2 つの状態の間でチューニングするための好ましい機構においては、クラッド
の一方は、他方のクラッドと比較して屈折率が温度とともににより大きく変動する材料から
作られる。例えば、クラッド 1 2 B はシリカから形成され、第二のクラッド 1 4 はより
温度に敏感な屈折率を持つポリマーから形成される。第二のクラッド 1 4 に熱的に結合さ
れた抵抗加熱要素 1 6 によって所望のチューニングが達成される。

10

【 0 0 1 4 】

代替として、回折格子をこれら 2 つの状態の間でチューニングするために、クラッドの一方をエレクトロオプティックあるいは液晶材料から作り、電場を加えて制御することもでき
る。クラッドの一方を半導体材料から作り、電荷の注入あるいは涸渇によって屈折率をチ
ューニングすることもできる。さらに、クラッドの一方を磁気光学材料から作り、磁場に
よってチューニングすることも、あるいはガラスから作り、屈折率を応力によってチ
ューニングすることも考えられる。

20

【 0 0 1 5 】

以下では本発明の理解を含めるために、本発明の具体例について説明する。

例

一つの実施例においては、基板 1 6 はシリコンから成る。クラッド 1 2 A、1 2 B は、Ge
をドープされたシリカから成り、コア 1 1 はより屈折率の高いドープされたシリカから形
成される。回折格子 1 3 は、クラッド 1 2 B 内のエッティングされ、はざまを設けられた、
領域として形成される。第二のクラッド 1 4 は、ポリマー、例えば、ハロゲン化アクリル
酸樹脂から成る。

30

【 0 0 1 6 】

シリカベースの層が用いられた場合の 1.55マイクロメータなる波長における屈折率は：クラッド 1 2 A、1.445；コア 1 1、1.46234；クラッド 1 2 B、1.44512 とされる。プラッ
グ回折格子の場合、クラッド層の厚さは、1.1マイクロメータとされ、エッティングの深さ
は 1.0 マイクロメータとされ、周期 λ は、 $\lambda / 2e = 530$ ナノメートルとされる。ここで、
 $n_e = 1.4511$ は、有効屈折率を表す。ポリマーから成る上側クラッドは $-4 \times 10^{-4} / \lambda$ なる
屈折率温度依存性を持つ。

【 0 0 1 7 】

図 2 は、一例としてのデバイスの動作の理解を助けるために、クラッド層の屈折率を温度
の関数として示す。ポリマー（クラッド層）1 4 の屈折率が回折格子層のクラッド 1 2 B
の屈折率と一致するように（図 2 において円によって示されるように）温度が設定された
場合は、回折格子は透過的となる。温度が増加すると、ポリマーの屈折率は低下し、回折
格子（作用）の強さは増加する。温度が 73 $^{\circ}\text{C}$ 変化すると屈折率も変化するが、このとき、
回折格子の強度は $n_e / n_{e0} = 1 \times 10^{-3}$ に比例して変化する。反射帯域幅は回折格
子強度と n_e / n_{e0} なる係数にて比例し、これらパラメータにて、最高約 1 nm まで
の帯域幅を達成することができる。この回折格子強度は、従って、WDM 通信システムに
おけるフィルタとして十分である。

40

【 0 0 1 8 】

図 1 のチューナブル回折格子はたった一つのコア制限導波路 (core-defined waveguide)
との関連で用いられるが、図 1 の回折格子をより複雑な導波路構造と共に用いることでも

50

きる。例えば、図3Aおよび図3Bは、それぞれ、チューナブル回折格子10A、10Bを用いる回折格子支援結合器を示す略正面図を示す。図3Aは、光学的に結合されたペアの導波路コア31Aおよび31Bと、結合領域を覆うように設けられたチューナブルプラグ回折格子10Aから構成されるプラグ回折格子支援結合器30を示す。回折格子共振に対応する波長_cの出力は図示されるように反射する。結合強度は、回折格子の屈折率定数をチューニングすることで変えることができる。

【0019】

図3Bは、ペアの光学的に結合された導波路コア31Aおよび31Bと、結合領域を覆うように設けられたチューナブル長周期回折格子10Bから構成される長周期回折格子支援結合器33を示す。順方向シフトモードに対応する波長_cの出力は図示するように伝送される。ここでも、結合強度はクラッドの屈折率定数をチューニングすることで、変えることができる。

10

【0020】

図4は、図1との関連で説明したチューナブル導波路回折格子10を用いるチューナブルオールパスフィルタ40を簡略的に示す。フィルタ40は、導波リング共振器42の近傍を通過するある長さの導波路41を含む。導波路41とリング共振器42は、互いに、結合領域43において、これらが運ぶ光のテールが指数関数的に重複するほど十分に接近される。チューナブル導波路回折格子10は、結合領域43を覆うように設けられる。回折格子10はプラグ回折格子あるいは長周期回折格子のいずれとすることもできる。好ましくは、位相シフタ44、例えば、抵抗加熱器がリング共振器42に結合される。

20

【0021】

このデバイスは、動作においては、チューナブルオールパスフィルタとして機能する。回折格子10がプラグ回折格子とされる場合は、入力からの光は、反射によって、回折格子10から時計方向にリング42を回りを回折格子10へと結合され、ここから出力に向けて反射される。回折格子10が長周期回折格子とされる場合は、入力は、順方向にリング42へと結合される。その後、この入力は、リングの回りを反時計方向に進み、導波路41内に結合され、出力に向って順方向に進む。

【0022】

導波路とリングとの間の結合強度のチューニングは、回折格子10を関連する加熱器16を介して制御することで達成される。リング42の共振波長のチューニングは、位相シフタ44を制御することで達成される。

30

【0023】

図5は、図1のペアのチューナブル導波路回折格子10A、10Bを用いるチューナブルドロップフィルタ50を簡略的に示す。ドロップフィルタ50は、ペアの導波路41A、41Bを含み、これら導波路は各々の結合領域43A、43Bの所で、導波リング共振器42の近傍を通過する。チューナブル導波路回折格子10A、10Bが、各々の結合領域43A、43Bを覆うように配置される。回折格子10A、10Bは、両方ともプラグ回折格子とすることも、あるいは両方とも長周期回折格子とすることもできる。好ましくは、位相シフタ44、例えば、抵抗加熱器がリング共振器42に結合される。

40

【0024】

このデバイスは、動作においては、チューナブルドロップフィルタとして機能する。回折格子10Aと10Bが両方ともドロップされるべき波長_cにチューナブルされたプラグ回折格子である場合は、入力導波路41Aから回折格子10Aに到着する波長_cは、反射によって、時計方向にリング42に結合される。回折格子10Bに到着すると、これは反射によって、出力導波路41Bに結合される。これら回折格子が両方とも長周期回折格子である場合は、順方向結合によって類似の結果が達成される。

【0025】

図6は、図1に示す複数のチューナブル導波路回折格子10A、10B、10Cを用いる代替のドロップフィルタ60を示す。ドロップフィルタ60は、ペアの概ね平行な導波路61、62を含み、複数の結合領域43A、43B、43Cを持つ。これら各結合領域を

50

覆うように回折格子 10 A、10 B、10 C が配置される。好ましくは、位相シフタ 44 A、44 B、44 C が各ペアの回折格子の間に導波路 62（図面では 61）に結合される。回折格子 10 A、10 B、10 C はプラグ回折格子から成り、導波路 61、62 は、好ましくは、大きく異なる屈折率（例えば、2.0 と 1.4）を持つ。

【0026】

動作においては、広帯域信号が入力導波路 61 に入る。回折格子 10 A、10 B、10 C がドロップ波長 にチューナブルされている場合は、信号が回折格子に到着すると、ドロップ波長は、反射的にドロップ導波路 62 に結合される。位相シフタ 44 A と 44 B によって、一連の反射の間の位相関係がチューニングされ、導波路の異なる有効屈折率のために後方反射が最小限に押さえられる。導波路 61 上の非ドロップ成分は出力に寄与する。

10

【0027】

図 7 は、図 1 の回折格子の変形を用いるチューナブル光遅延ラインの略断面図である。図 7 のデバイスは図 1 のデバイスと類似するが、回折格子 13 を覆うように单一の屈折率制御要素を配置される代わりに、回折格子 13 の長さに方向に沿ってこれを覆うように一連の制御要素 16 A ~ 16 P が配置される点が異なる。

【0028】

図 7 のデバイスは、公称温度においては、回折格子は透過的であり、導波路として機能する。クラッド 14 のセクションを局所的に加熱すると、回折格子が現れ、回折格子共振の所の入力信号は反射される。回折格子は、上流の加熱器をチューニングオフし、下流の加熱器をチューニングオンすることで、下方に移動させることができる。すると、信号によって反射の前に経験される遅延は増加する。

20

【0029】

上述の実施例は単に本発明の原理の適用を表す多くの可能な実施例の僅かな例に過ぎず、当業者においては、本発明の精神および範囲から逸脱することなく、様々な他の修正された構成を容易に考案できるものである。

【図面の簡単な説明】

【図 1】チューナブル導波路回折格子の略断面図である。

【図 2】デバイスの動作を理解するために有効な図 1 のデバイスの要素の屈折率を示すグラフである。

【図 3】A および B は図 1 のチューナブル回折格子を用いる回折格子支援結合器を簡略的に示す図である。

30

【図 4】図 1 の回折格子を用いるチューナブルオールパスフィルタを簡略的に示す図である。

【図 5】図 1 の回折格子を用いるチューナブルドロップフィルタを簡略的に示す図である。

【図 6】図 1 の回折格子を用いる代替のドロップフィルタを示す図である。

【図 7】図 1 の回折格子を用いる可変光遅延ラインを示す図である。

【符号の説明】

10 チューナブル（チューナブル）導波路回折格子

11 コア

40

12 A、12 B クラッド層

14 第二のクラッド層

13 周期回折格子

15 支持基板

16 抵抗加熱要素

30 プラグ回折格子支援結合器

33 長周期回折格子支援結合器

40 チューナブルオールパスフィルタ

41 導波路

42 導波路リング共振器

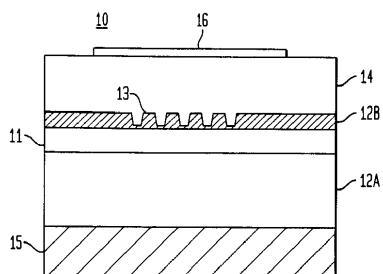
50

4 3 結合領域

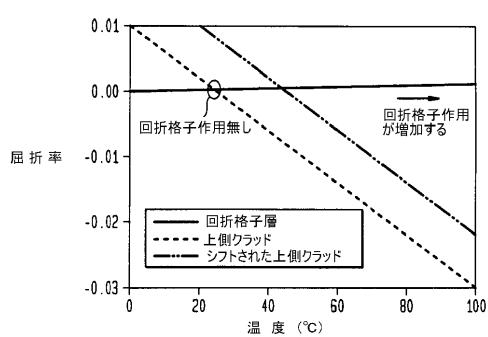
4 4 位相シフタ

5 0 チューナブル(チューナブル)ドロップフィルタ

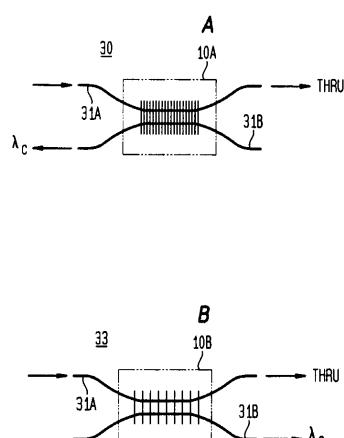
【図1】



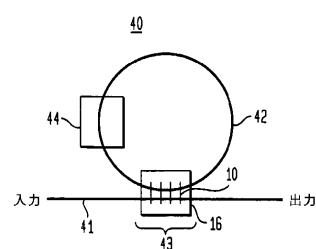
【図2】



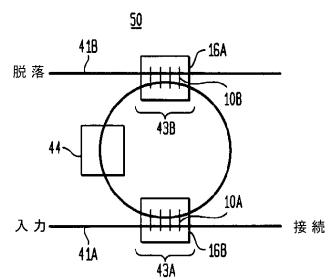
【図3】



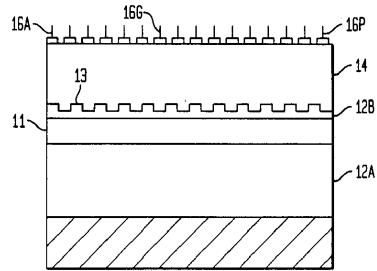
【図4】



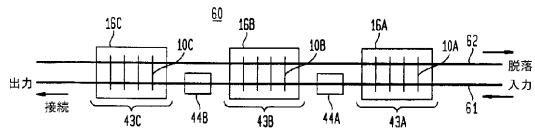
【図5】



【図7】



【図6】



フロントページの続き

(74)代理人 100104352
弁理士 朝日 伸光
(74)代理人 100096943
弁理士 白井 伸一
(74)代理人 100091889
弁理士 藤野 育男
(74)代理人 100101498
弁理士 越智 隆夫
(74)代理人 100096688
弁理士 本宮 照久
(74)代理人 100102808
弁理士 高梨 憲通
(74)代理人 100107401
弁理士 高橋 誠一郎
(74)代理人 100106183
弁理士 吉澤 弘司
(72)発明者 レベッカ ヨルダン
アメリカ合衆国 07946 ニュージャーシィ , ミリントン , クーパー レーン 52
(72)発明者 クリストイ ケイ マドセン
アメリカ合衆国 07080 ニュージャーシィ , サウス ブレインフィールド , ジョーン スト
リート 436

審査官 日夏 貴史

(56)参考文献 特開平08-129196 (JP, A)
特開平09-218316 (JP, A)
特開2000-137196 (JP, A)
特開昭61-169818 (JP, A)
国際公開第97/44686 (WO, A2)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02F 1/00 - 1/313