

(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.

F I

G 0 2 F 1/01 (2006.01)

G 0 2 F 1/01

F

G 0 2 F 1/01

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、アレントウン、アメリカン パークウェイ エヌイー 1110
 (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チング回折格子

(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ブ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ブ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】

20

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。

【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ブ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、各回折格子がブ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/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チ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、ブ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。

【0003】

典型的なブ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、つまり、 $\lambda = 2 n_{eff} \Lambda$ の光を選択的に反射する。ここで、 λ 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。このようなブラッグ回折格子は、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。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

従来のブ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、 $\lambda = 2 n_{eff} \Lambda$ 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。

【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。従来のブ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、 $\Lambda \gg \lambda$ なる周期間隔を用いる。典型的には、 Λ は15~1500マイクロメートルのレンジとされ、摂動の幅は $\lambda/5 \sim 4\lambda/5$ のレンジとされる。幾つかの用途、例えば、チャープ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。

【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ブ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。

10

20

30

40

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、 $\Delta n_p = (n_g - n_{ng}) \cdot \Lambda$ 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プレーナ導波路内に書き込まれたUV光誘導ブラッグ回折格子が、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ブラッ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内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、エッチングによって、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 12 A、12 B が配置される。クラッド層 12 B の一部分は、例えば、エッチングによって、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 12 B を覆い、回折格子 13 を満たすように設けられる。このデバイスはプ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 に示すプレーナ導波路形態とされる場合は、このデバイスは、好ましくは、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

との関係によってブラッグ (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。

【0012】

本発明によると、クラッド12A、12B、14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。

【0013】

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より大きく変動する材料から作られる。例えば、クラッド12Bはシリカから形成され、第二のクラッド14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14に熱的に結合された抵抗加熱要素16によって所望のチューニングが達成される。

【0014】

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。

【0015】

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16はシリコンから成る。クラッド12A、12Bは、Geをドーブされたシリカから成り、コア11はより屈折率の高いドーブされたシリカから形成される。回折格子13は、クラッド12B内のエッチングされ、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14は、ポリマー、例えば、ハロゲン化アクリル酸樹脂から成る。

【0016】

シリカベースの層が用いられた場合の1.55マイクロメートルなる波長における屈折率は：クラッド12A、1.445；コア11、1.46234；クラッド12B、1.44512とされる。ブラッグ回折格子の場合、クラッド層の厚さは、1.1マイクロメートルとされ、エッチングの深さは1.0マイクロメートルとされ、周期 Λ は、 $\Lambda / 2 = 530$ 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 $-4 \times 10^{-4} / ^\circ\text{C}$ なる屈折率温度依存性を持つ。

【0017】

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）14の屈折率が回折格子層のクラッド12B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℃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 $n_e / n_o = 1 \times 10^{-3}$ 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_o なる係数にて比例し、これらパラメータにて、最高約1nm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。

【0018】

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もで

10

20

30

40

50

きる。例えば、図 3 A および図 3 B は、それぞれ、チューナブル回折格子 1 0 A、1 0 B を用いる回折格子支援結合器を示す略正面図を示す。図 3 A は、光学的に結合されたペアの導波路コア 3 1 A および 3 1 B と、結合領域を覆うように設けられたチューナブルブラッグ回折格子 1 0 A から構成されるブラッグ回折格子支援結合器 3 0 を示す。回折格子共振に対応する波長 λ_B 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。

【 0 0 1 9 】

図 3 B は、ペアの光学的に結合された導波路コア 3 1 A および 3 1 B 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 1 0 B から構成される長周期回折格子支援結合器 3 3 を示す。順方向シフトモードに対応する波長 λ_B 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

【 0 0 2 0 】

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 1 0 を用いるチューナブルオールパスフィルタ 4 0 を簡略的に示す。フィルタ 4 0 は、導波リング共振器 4 2 の近傍を通過するある長さの導波路 4 1 を含む。導波路 4 1 とリング共振器 4 2 は、互いに、結合領域 4 3 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 1 0 は、結合領域 4 3 を覆うように設けられる。回折格子 1 0 はブラッ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 4 4、例えば、抵抗加熱器がリング共振器 4 2 に結合される。

20

【 0 0 2 1 】

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 1 0 がブラッ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 1 0 から時計方向にリング 4 2 を回りを回折格子 1 0 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 1 0 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 4 2 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 4 1 内に結合され、出力に向けて順方向に進む。

【 0 0 2 2 】

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 1 0 を関連する加熱器 1 6 を介して制御することで達成される。リング 4 2 の共振波長のチューニングは、位相シフタ 4 4 を制御することで達成される。

30

【 0 0 2 3 】

図 5 は、図 1 のペアのチューナブル導波路回折格子 1 0 A、1 0 B を用いるチューナブルドロップフィルタ 5 0 を簡略的に示す。ドロップフィルタ 5 0 は、ペアの導波路 4 1 A、4 1 B を含み、これら導波路は各々の結合領域 4 3 A、4 3 B の所で、導波リング共振器 4 2 の近傍を通過する。チューナブル導波路回折格子 1 0 A、1 0 B が、各々の結合領域 4 3 A、4 3 B を覆うように配置される。回折格子 1 0 A、1 0 B は、両方ともブラッ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 4 4、例えば、抵抗加熱器がリング共振器 4 2 に結合される。

【 0 0 2 4 】

40

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 1 0 A と 1 0 B が両方ともドロップされるべき波長 λ_B にチューナブルされたブラッグ回折格子である場合は、入力導波路 4 1 A から回折格子 1 0 A に到着する波長 λ_B は、反射によって、時計方向にリング 4 2 に結合される。回折格子 1 0 B に到着すると、これは反射によって、出力導波路 4 1 B 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。

【 0 0 2 5 】

図 6 は、図 1 に示す複数のチューナブル導波路回折格子 1 0 A、1 0 B、1 0 C を用いる代替のドロップフィルタ 6 0 を示す。ドロップフィルタ 6 0 は、ペアの概ね平行な導波路 6 1、6 2 を含み、複数の結合領域 4 3 A、4 3 B、4 3 C 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 はブラッ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 を覆うように単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 ブラッ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

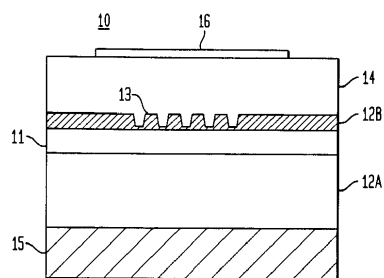
41 導波路

42 導波路リング共振器

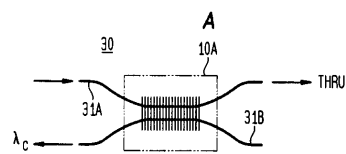
50

- 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

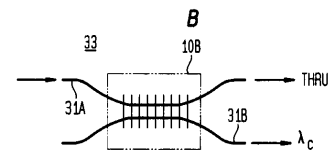
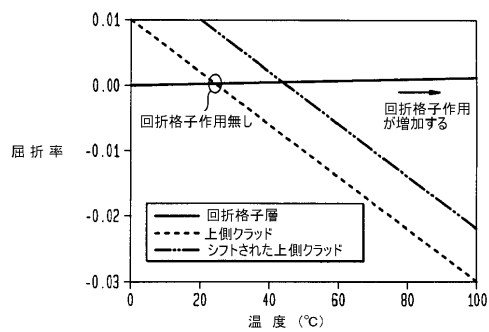
【図 1】



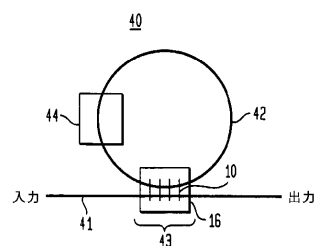
【図 3】



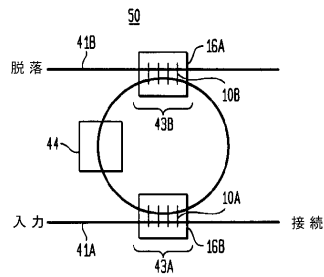
【図 2】



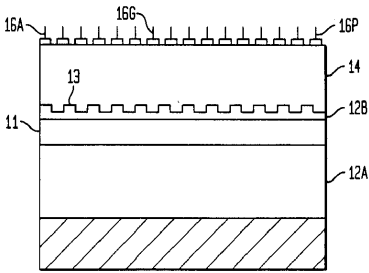
【図 4】



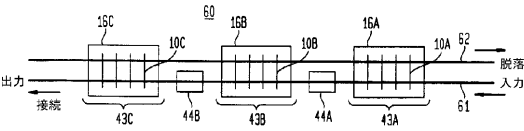
【図 5】



【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 臼井 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 クリスティ 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 プレインフィールド, 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