

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2005-519323

(P2005-519323A)

(43) 公表日 平成17年6月30日(2005.6.30)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
GO2B 26/08	GO2B 26/08	Z 2H041
B81B 3/00	B81B 3/00	2H049
GO2B 5/18	GO2B 5/18	5K069
HO4Q 3/52	HO4Q 3/52	B

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2003-573467 (P2003-573467)
 (86) (22) 出願日 平成15年3月3日(2003.3.3)
 (85) 翻訳文提出日 平成16年10月29日(2004.10.29)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2003/006658
 (87) 国際公開番号 W02003/075062
 (87) 国際公開日 平成15年9月12日(2003.9.12)
 (31) 優先権主張番号 60/360,946
 (32) 優先日 平成14年3月1日(2002.3.1)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 597115727
 ローズマウント インコーポレイテッド
 アメリカ合衆国 55344 ミネソタ州
 、エデン プレイリー、テクノロジー ド
 ライブ 12001
 (74) 代理人 100065868
 弁理士 角田 嘉宏
 (74) 代理人 100106242
 弁理士 古川 安航
 (74) 代理人 100110951
 弁理士 西谷 俊男
 (74) 代理人 100114834
 弁理士 幅 慶司
 (74) 代理人 100122264
 弁理士 内山 泉

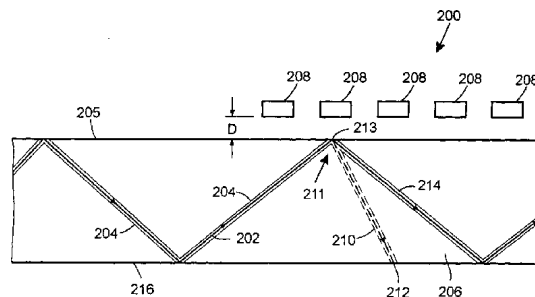
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 三次元導光板を有する光学スイッチ

(57) 【要約】

【課題】 光ファイバー間の光信号の経路決定用の光学スイッチを開示する。

【解決手段】 信号は、光ファイバーと直接的に接続された埋没導光板を通じて、透光性基材内を案内される。これら導光板は基材内に三次元光ルーティング構造を形成する。信号は、基材の表面にて全反射によって近接する導光板に接続される。可動回折格子は、束の間の接続によって全反射する箇所にてこれらの光信号を接続する。この接続によって、光信号の方向が変換され、望ましい導光板へこの信号を導く。パルスレーザを用いることにより、導光板の形成には公知の技術を用いることができる。部分的に加熱することによって永続的に屈折率を増加させることができ、シングル・モード・導光板の構造を形成することができる。その結果、低損失のデバイスが達成され、且つ、低コストのMEMSプロセスによって形成することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基材、

第 1 の方向に沿って光信号が内部を伝搬する第 1 の埋没導光板、

前記第 1 の方向とは異なる第 2 の方向へ延びる第 2 の埋没導光板、及び

前記基材の全反射領域上に配置され、前記第 1 の埋没導光板から前記第 2 の埋没導光板へ前記光信号が切り替えられるスイッチング・ポジションと、全反射によって前記全反射領域にて光信号が反射する非スイッチング・ポジションとの間で可動である光学回折素子を備えることを特徴とする光学スイッチ。

【請求項 2】

前記第 1 の埋没導光板及び前記第 2 の埋没導光板は共に、前記基材中において全反射により光信号を伝搬すべく前記基材中に配置されていることを特徴とする請求項 1 に記載の光学スイッチ。

【請求項 3】

前記第 1 の埋没導光板及び前記第 2 の埋没導光板のいずれか 1 つに接続された光ファイバーを更に備えることを特徴とする請求項 1 に記載の光学スイッチ。

【請求項 4】

前記光ファイバーはシングル・モード・光ファイバーであることを特徴とする請求項 3 に記載の光学スイッチ。

【請求項 5】

前記全反射領域に近接して配置された第 3 の埋没導光板を更に備え、前記非スイッチング・ポジションにある前記光学回折素子は、全反射によって、第 1 の埋没導光板からの光信号を前記第 3 の導光板へ接続することを特徴とする請求項 1 に記載の光学スイッチ。

【請求項 6】

前記光学回折素子は、前記基材中の光信号の波長に略等しい格子周期を有することを特徴とする請求項 1 に記載の光学スイッチ。

【請求項 7】

前記光学回折格子は、回折格子を形成する複数のストリップによって形成されており、各ストリップは略等しい幅を有し、且つ、略等しい間隔を空けて設けられていることを特徴とする請求項 1 に記載の光学スイッチ。

【請求項 8】

前記回折格子は、前記基材に固定して取り付けられたアンカーに吊設してあることを特徴とする請求項 7 に記載の光学スイッチ。

【請求項 9】

前記回折格子は、前記基材に固定して取り付けられた第 1 のアンカー及び第 2 のアンカーから可撓性部材によって吊設されており、該可撓性部材によって前記回折格子は第 1 ポジションと第 2 ポジションとの間を移動可能になっていることを特徴とする請求項 7 に記載の光学スイッチ。

【請求項 10】

前記回折格子に近接して配置された静電アクチュエータを更に備えることを特徴とする請求項 7 に記載の光学スイッチ。

【請求項 11】

前記ストリップは、アモルファスシリコン、結晶シリコン、及びポリシリコンから成る群から選択された材料によって形成されていることを特徴とする請求項 7 に記載の光学スイッチ。

【請求項 12】

前記回折格子は、前記第 1 の埋没導光板及び前記第 2 の埋没導光板の屈折率と略等しい屈折率を有することを特徴とする請求項 1 に記載の光学スイッチ。

【請求項 13】

前記第 1 の埋没導光板及び第 1 の方向は第 1 の平面内に存在し、前記第 2 の埋没導光板及

10

20

30

40

50

び第 2 の方向は、前記第 1 の平面と角度を形成する第 2 の平面内に存在することを特徴とする請求項 1 に記載の光学スイッチ。

【請求項 14】

複数の交差部を有する基材、

全反射によって光信号を伝搬する前記基材内に設けられた入力用埋没導光板、

光信号を伝搬する前記基材内に設けられ、複数の前記交差部の 1 つにおいて前記入力用埋没導光板に近接して配置された複数の出力用埋没導光板、及び

複数の前記交差部のうちの 1 つの上に配置され、前記入力用埋没導光板内を伝搬する光信号が複数の前記出力用埋没導光板のうちの 1 つに接続するスイッチング・ポジションと、非スイッチングポジションとの間で、前記基材に対して独立して可動である複数の光学回折素子

10

を備えることを特徴とする光学スイッチ。

【請求項 15】

複数の前記光学回折素子の夫々は一組のストリップによって形成され、一組のストリップにおける各ストリップは、略等しい幅寸法を有し、且つ、近接するストリップとの間に略等しい間隔を空けられていることを特徴とする請求項 14 に記載の光学スイッチ。

【請求項 16】

前記入力用導光板は、前記基材内にて全反射伝搬が生じるよう、前記基材の上面近傍から底面近傍まで延設されていることを特徴とする請求項 14 に記載の光学スイッチ。

【請求項 17】

20

複数の前記出力用導光板は、全反射によって光信号を伝搬すべく、前記基材の上面近傍から底面近傍まで延設されていることを特徴とする請求項 16 に記載の光学スイッチ。

【請求項 18】

前記入力用導光板は、前記基材の上面に平行な第 1 の範囲と、前記基材の上面に垂直な第 2 の範囲とを有することを特徴とする請求項 14 に記載の光学スイッチ。

【請求項 19】

複数の前記出力用導光板のうち少なくとも 1 つは、前記基材の上面に平行な第 1 の範囲と、前記基材の上面に垂直な第 2 の範囲とを有することを特徴とする請求項 14 に記載の光学スイッチ。

【請求項 20】

30

基材内に第 1 の方向へ延びる入力用埋没導光板を形成するステップ、

前記基材内に前記第 1 の方向とは異なる第 2 の方向へ延びる出力用埋没導光板を形成するステップ、及び

前記入力用埋没導光板内を伝搬する光信号が前記出力用埋没導光板に接続するスイッチング・ポジションと、前記入力用埋没導光板内を伝搬する光信号が前記出力用埋没導光板に接続しない非スイッチングポジションとの間で移動する光学回折素子を、前記基材に近接して配置するステップ

を備えることを特徴とする光信号の切り替え方法。

【請求項 21】

前記入力用埋没導光板を形成するステップは、該入力用埋没導光板を前記基材の上面から底面まで延設するステップを含むことを特徴とする請求項 20 に記載の光信号の切り替え方法。

40

【請求項 22】

前記入力用埋没導光板を形成するステップは、該入力用埋没導光板を上面と下面との間に延設するステップを含むことを特徴とする請求項 21 に記載の光信号切り替え方法。

【請求項 23】

前記基材内の光信号の波長に略等しい格子周期を有する回折格子としての光学回折素子を備えるステップを更に備えることを特徴とする光信号切り替え方法。

【請求項 24】

前記光学回折素子は複数のストリップを有し、各ストリップは略等しい幅寸法を有すると

50

共に近接するストリップとの間に略等しい間隔を空けていることを特徴とする請求項 2 3 に記載の光信号切り替え方法。

【請求項 2 5】

スイッチング・ポジションと非スイッチング・ポジションとの間で前記光学回折素子を動作させる静電アクチュエータを、該光学回折素子の近傍に配置するステップを更に備えることを特徴とする請求項 2 0 に記載の光信号切り替え方法。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は一般に光学素子に関するものであり、更に詳しくは、光学スイッチ機能として作用する光学回折格子及び光学回折素子に関する。

【0002】

この出願では、米国での仮出願 (No. 60/360,946, 2002年3月1日出願) の利益を主張する。

【背景技術】

【0003】

光ファイバー通信システムにおいては、信号の経路決定のために光学スイッチが必要とされる。2つの基本的な操作原理が公知のデバイスには使用されている。これらの原理とは、フリー・スペース・オプティクス (Free Space Optics) 及び二次元導光板である。

20

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

フリー・スペース・スイッチは、自由空間内を伝わる光学ビームを生成するためにコリメータを用いる。このビームは、可動式のミラーや同様のデバイスにより、希望する出力用ファイバーに配置された受け入れコリメータへ送られる。小さな光学ビームは、移動するに従って回折に起因して分散することが知られている。この分散は、現実的なサイズの装置においては大きな損失となる。加えて、可動式のミラーの平坦さに課せられる現実的な制限は、更なる分散と損失の原因になる。更にまた、コリメータは大きく、高価で、配設が困難であり、全ての要因はフリー・スペース・スイッチの製造コストを高くしている。

30

【0005】

二次元光学導光板は、上述したフリー・スペース・デバイスに内在するビームの分散を排除するために用いられている。二次元光学導光板はまた入出力コリメータの必要性を排除でき、その結果、製造コストの削減と共に構造の小型化をもたらす。公知の構造の様々な導光板は基材の表面に形成されているものである。様々なスイッチング機構は、これら表面の導光板における交差箇所において信号の経路を決定するために用いられている。一般にこれらのデバイスの二次元的性質は、スイッチング機構を挿入すべく前記交差箇所においてエアギャップを要求する。光学指数整合結合流体内の可動式のミラー及び気泡が、このスイッチング機構の作成に用いられている。

40

【0006】

本発明者によって既にされた特許出願 (U. S. Application Serial Nos. 09/905, 736 entitled "Optical Switch with Moveable Holographic Optical Element" and 09/905, 769 entitled "Integrated Transparent Substrate AND DIFFRACTIVE OPTICAL ELEMENT, "EACH EXPRESSLY INCORPORATED HEREIN BY reference) では、フリー・スペース・デバイスと導光板デバイスとの有利な点を組み合わせたスイッチを開示している。この取り組みについては一般に図 1 及び図 2 によって説明される。これらの出願には、透明基材中での全反射 (TIR) によって光信号の経路決定をすることを基礎とするスイッチが開示されている

50

。この構成によれば、フリー・スペースに比べて基材中での屈折率が高いため、ビームの分散を低減することができる。また、これらの構成によれば、各要素の全てが基材によって頑強に且つ精密に配置されるため、配設及び位置決めに関する問題を最小限に抑えることができる。このデバイスでは全反射が信号の経路決定に用いられるため、スイッチの基礎であって公知の二次元導光板に要求されるエア・ギャップは排除される。全反射は損失が非常に少ないことが知られており、そして、この機構は上述したような導光板スイッチに固有に損失問題を排除する。

【 0 0 0 7 】

作動中、回折格子100は光学基材102に近接して配置され、該光学基材102内には全反射 (TIR) の条件下で入射光ビーム104が移動しており、この入射光ビーム104は重要な入射角を生じている。回折格子100は基材102に対して可動であり、基材102の上面106に生成されて全反射が生じる束の間の領域に回折格子100は選択的に案内される。図1及び図2に示された回折格子100は何れも平行なストリップ (strips) 108によって形成されている。図1では、回折格子100の第1のスイッチング・ポジションが示されており、ここでは入力信号104が出力ビーム110に切り替わる。図2では、第2の非スイッチング・ポジションが示されており、ここでは回折格子100が入力波104に作用を及ぼさず、該入力波104は全反射によって出力ビーム112として伝搬し続ける。ビーム104から光ビーム110への偏差はビーム切り替えを意味する一方、光ビーム112への反射は作用無しの伝搬を意味する。

10

【 0 0 0 8 】

回折格子100は典型的には単独の回折モード、即ち1つの回折モードを有するように設計される。その結果、最大のパワーは希望する方向、即ち光ビーム110又は光ビーム112に導かれる。これは、実質的に損失の無い非スイッチング・ポジションと比較して、スイッチング・ポジションでの損失を最小限に抑える。格子ストリップ108の厚みは、回折格子100からの反射光と表面106での反射光とが所望する方向において同位相になるように適合させてあってもよい。これにより強め合う干渉が生じ、回折格子100は全体として約90パーセントの能力を有することができる。

20

【 0 0 0 9 】

このような優越性にもかかわらず、一般に、図1及び図2に示すようなデバイスでは依然としてコリメータによるビームの分散を小さくするようにとの要望がある。加えて、回折格子と出力ファイバーとの間の比較的長い経路は、波長依存損失 (WDL: wavelength dependent loss) を生じさせる場合がある。これは電気通信において望ましいことではなく、最小限に抑える必要がある。この波長依存損失 (WDL) は回折格子のばらつきに起因するものであり、そこでは異なる波長がわずかに異なる方向へ伝搬する。この効果によって、このようなアプローチを用いるN×Nスイッチの実用上のNの値が制限されていたであろう。

30

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 0 】

1つの例に基づき、基材と、第1の方向に沿って光信号が内部を伝搬する第1の埋没導光板と、前記第1の方向とは異なる第2の方向へ延びる第2の埋没導光板とを備える光学スイッチを提供する。該光学スイッチは更に、前記基材の全反射領域上に配置され、前記第1の埋没導光板から前記第2の埋没導光板へ前記光信号が切り替えられるスイッチング・ポジション、及び、全反射によって前記全反射領域にて光信号が反射する非スイッチング・ポジションの間で可動である光学回折素子を備える。

40

【 0 0 1 1 】

他の例に基づき、光学スイッチは、複数の交差点を有する基材と、全反射によって光信号を伝搬する前記基材内に設けられた入力用埋没導光板と、光信号を伝搬する前記基材内に設けられ、複数の前記交差点の1つにおいて前記入力用埋没導光板に近接して配置された複数の出力用埋没導光板とを備える。前記スイッチは更に、複数の前記交差点のうちの1つの上に配置され、前記入力用埋没導光板内を伝搬する光信号が複数の前記出力用埋没導光板のうちの1つに接続するスイッチング・ポジションと、非スイッチングポジション

50

との間で、前記基材に対して独立して可動である複数の光学回折素子を備える。

【0012】

更に他の例に基づき、光信号切り替え方法は、基材内に第1の方向へ延びる入力用埋没導光板を形成するステップ、前記基材内に前記第1の方向とは異なる第2の方向へ延びる出力用埋没導光板を形成するステップ、及び前記入力用埋没導光板内を伝搬する光信号が前記出力用埋没導光板に接続するスイッチング・ポジションと、前記入力用埋没導光板内を伝搬する光信号が前記出力用埋没導光板に接続しない非スイッチングポジションとの間で移動する光学回折素子を、前記基材に近接して配置するステップを備える。

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

本願は、図1及び図2に示されたデバイスの改良されたものを開示する。改良されたデバイスの作用については図3に示す。一般に、光学基材に埋め込まれた導光板はビームの分散と関連する損失とを排除するために用いられる。このような埋没導光板が基材内の大部分に延びており、従って基材の上面に平行な範囲と垂直な他の範囲とを有する。これらの導光板は、全反射が生じ得る全反射領域のすぐ近傍位置に終端がある。このような終端は、上面に近ければ幅広い角度範囲で導光板が光を捕捉するため、波長依存損失(WDL)は最小限に抑えられる。上記終端はまた、光ビームに案内が無い状態の距離が最小限に維持されるため、入力用導光板と出力用導光板とが交わる交差箇所において、損失を非常に低く維持する。その結果、改良されたデバイス中の案内されたビームは、図1及び図2において示すような案内の無い波に比べて非常に小径になり得る。図1及び図2に示すような従来のデバイスにおける典型的なビーム径は約200マイクロメートルである。ここで説明する典型的なビーム径は非常に小さく、例えば、約10ミクロンである。これにより、デバイスの全体的なサイズとコストとが削減される。また、デバイスのWDL損失を実質的に削減し、且つ、スイッチ(N)の“サイズ”に対して無関心にさせる。

10

20

30

40

【0014】

図3に光学スイッチ200のスイッチング・ポジションを示す。光ビーム202は導光板204に案内されて基材206の表面205へ導かれる。この光ビーム202は、表面205の法線から測った全反射の臨界角を超えるある角度で入射する。この角度は、基材206及び導光板204が望ましくは臨界角43度の石英ガラスから構成されているため、典型的には45度である。示したようなスイッチング・ポジションにおいては、回折格子208及び基材206の間隔が縮められて、回折格子208としての光学回折素子が束の間の全反射領域内に収められる。図3に示すスイッチング・ポジションでの両者の間隔は、典型的には約0.1マイクロメートルである。実施の形態において、回折格子208は、基材206及び導光板204と同様の屈折率を有している。下記例にて説明する格子と同様に、この格子208は光学回折素子である。

【0015】

回折格子208は、基材206内においてもまた、出力用導光板210によって捕捉されるように光ビーム202を回折する。出力用導光板210は紙面外に延びる平面であって、仮想線によって示している。屈折した光ビームは光ビーム212である。図示した例では、2つの導光板204,210は基材206の交差部211において交差している。導光板204,210の交差箇所と上面205との距離は、典型的には10マイクロメートル未満である。導光板204から導光板210への光信号のスイッチングは、交差部211において生じる。

【0016】

回折格子208は好ましくは石英ガラスによって構成され、格子周期(grating period)は、所望する回折方向における1つの回折モードを提供するように適合されている。この周期は、多くの実施例において約2マイクロメートルである。格子厚さは、最大効率及び他の性能パラメータに一致する最小厚さであり、典型的には約0.6マイクロメートルである。より厚みのある格子は高効率を有するが、光路に共鳴を生じさせる傾向にあるため、寸法及び特性の変動に対して非常に敏感であるという傾向にある。格子208は、導光板204内を伝搬する光信号の波長と略等しい周期であることが好ましい。

【0017】

50

図4には非スイッチング・ポジション(又はオフ・ポジション)が示されており、上面205から距離Dだけ格子208は引き上げられている。この距離Dは、典型的には10~20マイクロメートルである。図示するポジションでは、光ビーム202は全反射領域(TIR)213にてTIRにより反射し、第2の出力用導光板214によって捕捉されて光ビーム216として伝搬する。出力用導光板210,214は入力用導光板204に直接に接続されているが、これに換えて入力用導光板204に直接接触させずに近接配置してもよい。更に、出力用導光板214は入力用導光板204から分離されていても、又は入力用導光板204の延長であってもよい。

【0018】

1つの実施例において、導光板204,210,214は埋没導光板であって、それぞれは上面205及び底面216から離れてTIR条件下で信号を伝搬する。

10

【0019】

図5は、スイッチング構成の一例として、 $N \times N$ 光学スイッチにおける 2×2 区域300の平面図を示している。2つの入力用導光板302,304は2つの出力用導光板306,308に接続され、全ては基材309内に形成されている。回折格子310,312は、交差部上方における基材309上に配置され、スイッチング・ポジション(又はオン・ポジション)に位置している。回折格子314,316は交差部上方の基材309上に配置され、非スイッチング・ポジション(又はオフ・ポジション)に位置している。入力用導光板302に沿って伝搬する光信号は、光路318を経由して出力用導光板308に接続される。光路318は、非スイッチング・ポジションにおいて回折格子314の影響を受けない。光路318は、基材309の上面及び下面から離れてTIR条件下で格子312へ延びている。格子312は光路318を角度320で回折し、TIRによって、非

20

【0020】

入力用導光板304へ伝搬する信号は、光路322を経由して出力用導光板306へ接続される。光路322はオン・ポジションにある格子310に達して角度320で回折し、光信号は出力用導光板306に接続される。前記角度320は好ましくは約68度である。図示したスイッチング構造において、導光板324,326内には光は伝搬されない。

【0021】

図6は、ある特定のスイッチ構成における 2×2 スイッチ400を三次元表示している。導光板403(入力用導光板403a及び出力用導光板403b)は基材402に形成された埋没導光板である。一般に、ここに記載した他の導光板と同様にこれらの導光板403は、公知の技術(

30

【0022】

簡潔に説明すると、赤外線パルス・レーザは基材402内で1点に集約され、そこでの屈折率が恒久的に増大するような点まで加熱する。基材402は、望ましい導光板のパターンを生成するために、三次元位置決めシステムによって移動させられる。数々のパラメータは、典型的には1550nmであって好ましい作用を生じる波長のためのシングル・モード・導光板を製造するように合わせられている。形成された導光板は、約3.5%の屈折率の増大を有する直径8マイクロメートルであることが好ましい。これは、典型的な光ファイバーに適合した直径約10nmの案内されたビームを生成する。望むのであれば、より大きな直径を有するビームを生成するようにパラメータを調整することができる。明らかになるように、最大で4つの導光板を基材402中の1つの箇所を集約することも可能である。導光板は基材402の表面までずっと延設してもよく、又は、表面の下、数ミクロンのところで終端させてもよい。導光板の位置と終端箇所とは、最高性能に併せて調整する。

40

【0023】

移動可能な回折格子404,406,408,410はそれぞれ、ビーム径よりも若干だけ大きい必要があり、典型的には、円形の場合には直径20マイクロメートルであり、矩形の場合には交差する各辺が20マイクロメートルである。この構造は基材402において交差部の近傍に配置されている。基材402は好ましくは約200マイクロメートルの厚みであり、回折格子404~410は

50

基材402の上面412上において互いに約400マイクロメートルの間隔を空けて設けられている。1つの実施例において、格子404~410は、図8及び図9に示す実施例と同様に基材402に取り付けられた石英ガラス・カンチレバー上に備えられている。格子404~410は他の構成であってもよく、図10~図12は他の例について示している。格子404~410のそれぞれは、カンチレバーの表面上に蒸着された金属膜と表面412の上方に間隔を空けて設けられた電極とにより、個々に静電的に動作される。

【0024】

全反射(TIR)が生じる部分であって且つ格子404~410が位置している複数の全反射領域の間における上面412の未使用部分には、光吸収被覆を施すことが好ましい。このような吸収被覆はこれらの全反射領域から逸脱した迷光を吸収し、望ましくない混信を防止する。加えて、このデバイス400は、いずれの格子によっても回折しなかった光を集め且つ分散するよう修正される。この光はゼロ次モード光として知られている。それぞれの導光板403は、基材402の側面又は底面へ延びる埋没導光板であって且つ基材402の外部のエネルギーに接続されることが好ましい。説明したように、入力用導光板403は第1の平面内に存在し、出力用導光板403bは前記第1の平面との間に角度を形成する第2の平面内に存在している。

10

【0025】

図7は、基材500とシングル・モード・光ファイバー502との典型的な接続を示している。ファイバー502はコア504を有し、該コア504は基材500内を延びる埋没導光板506と一直線状になっている。導光板506は上述した導光板のいずれかと同様であって、従って、基材500の上面505及び底面507から離れてTIR条件下で信号を伝搬することができる。説明した例においては、ファイバー502は45度の角度に研磨され、且つ、フレネル反射損失を削減すると共に後方反射エネルギーがファイバー502内へ侵入するのを防止するための反射防止膜508で覆われている。基材500も同様の膜510を有している。ファイバー502は、例えば取付治具又は陶製材料によって適切な位置に保持されている。

20

【0026】

他の材料及び構造を用いることも可能であり、そして、回折格子用の様々の作動手段及び懸架手段を採用することも可能である。更に、格子又は動作構造において基材に対向する面上にはコブが設けられていてもよく、これにより、基材とスイッチング・ポジションにある格子との親密な接触が防止され、追突が最小限に抑制される。回折格子以外のデバイスを用いてビームの方向を切り替えてもよい。小型プリズム又はフレネル・タイプのミラーは、埋没導光板を有する基材の上方に延びるTIRフィールドに対し、束の間だけ接触することができる。更にまた、望むのであれば、底面でのTIR反射が生じないようにするために、導光板を曲げることも可能である。基材の厚みは、相対的に低損失の導光板において曲率半径と一致していなければならない。他の代替手段については当該技術分野における当業者が知るところである。

30

【0027】

一般的な回折格子アクチュエータを説明するため、図8に、上述したのと同様の入力用導光板及び出力用導光板を有する基材602(一部のみ図示)に備えられた典型的な回折格子600を示す。基材602は、第1の方向および平面内に延びる少なくとも1つの入力用埋没導光板601と、第2の方向及び前記第1の平面とは異なる第2の平面内に延びる少なくとも1つの出力用埋没導光板603とを有している。これらの導光板601,603を図9に示す。出力用導光板603は紙面外の平面内を延びており、従って、仮想線によって示している。2つの導光板601,603は互いに近接する部分を有し、例えば、そこでは一方から他方への光信号の切り替えが可能ないように互いに直接接続されている。導光板601,603のそれぞれは、基材602内において全反射条件下で光信号を伝搬する。

40

【0028】

ここで、ストリップ(strips)604(一部を図示)は、上面608に付加的に備えられた剛性のあるアンカー部606としてのサスペンション部材から吊られている。これは片持ち支持された構成であって、ストリップ604はアンカー部606から外方へ延び、基材602の上方

50

において自立的に存在している。ストリップ604は基材602に十分に近接し、回折格子600はスイッチング・ポジションにバイアスしている。即ち、ストリップ604は、全反射条件下で基材602内を移動する1550nm～1310nmの光波の束の間の領域内にある。

【0029】

構造的な剛性を付加するため、TIR領域610の上方（又は上面領域の上方）で延びるストリップ604間には交差接続部612が形成されている。全反射領域610の下方では、入力用導光板601と出力用導光板603とが交差している。交差接続部612があることにより、このような小寸法の構造に影響し得るねじり力を避けてストリップ604は一斉に動くことができる。より長いストリップに対しては、数多くの交差接続部を2つのストリップ間に備えてもよい。しかしながら、交差接続部612は、ストリップ604で形成された格子に対して直交して配置された回折格子として集約的に機能するため、設計配置構成においては、密接した周期態様により交差接続部612を配置するのを避けることが大切である。

10

【0030】

ストリップ604は石英（silicon dioxide）で形成されていてもよく、この場合は、赤外線領域において透光性を有し、標準の5：m～1：mのライン幅のフォトリソグラフィであるMEMS製造プロセスにより、短時間で加工することができる。一例として、ストリップ604は基材602上に石英膜の蒸着によって形成することができる。基材602は、導光板を内部に形成できる他の公知の基材用材料はもとより、水晶（quartz）によって形成してもよい。標準のフォトリソグラフィ技術を用いればフォトレジスト・レイヤーに必要なパターンを形成することが可能であり、市販のマルチユーザMEMSプロセス（MUMPSW）に類似する標準のMEMSエッチング技術を用いて石英内にこのパターンをエッチングすることが可能である。製造時において、サクリフィシャル・レイヤー（sacrificial layer）又はスペーサ・レイヤーは石英と石英ガラスとの間における基材上面に蒸着される。このレイヤーは窒化ケイ素であってもよく、エッチング又は溶解されて基材602からシリコン構造が解放される。水晶のような材料で形成された基材602はエッチングに対する耐性が高く、基材がエッチングされることなくサクリフィシャル・レイヤーを溶解することができる。基材602のいかなるエッチングもわずかの回折格子パターンしか形成できず、この回折格子パターンは完全に曲げられるスイッチを実現できない。回折格子がスイッチング・ポジションに位置するようにサクリフィシャル・レイヤーを寸法決めでき、又は、ポリシリコン・スプリングを用いてスイッチング・ポジションにバイアスされるようにデバイスを構成

20

30

【0031】

更に、ポリシリコン・レイヤーを蒸着する前にサクリフィシャル・レイヤーに小さな窪みをパターンングすることにより、回折格子600の下側に小さなコブが形成されている。上述のように、これらのコブは、解放動作の間、及びその後のスイッチ動作の間における追突を最小限に抑制する。例えば図9では、ストリップ604に取り付けられたコブ613が示されている。

40

【0032】

スイッチング・ポジションから非スイッチング・ポジションへ回折格子600を移動させるために、ストリップ604の上方に配置された電極を通じて電界が加えられる。ストリップ604には付加的な絶縁性レイヤー及び部分的な導電性レイヤーが形成されていてもよく、従って、電界が加えられた状態で基材602の上面から曲げられる。全反射領域610上方の束の間の領域は指数関数的に傾斜しており、ストリップ604は非スイッチング・ポジションへ回折格子600を位置させるために少しの距離の屈折しが必要としない。

【0033】

図9は、少なくともストリップ604の先端部の上方に位置すると共に全てのストリップ604に交差して説明図の内外へ延びる電極614を用い、ストリップ604を屈曲させる技術につ

50

いて示している。電極614は、支持部材618の上に形成された絶縁取付板616の底面に設けられている。支持部材618はアンカー部材606と同じ材料により形成されていてもよく、また、説明図においては反対側も同様である。第2の電極(図示せず)は、例えば、最も外側のストリップ上に又はこれに近接して配置することによって、格子600の周囲を囲むことが可能である。電極614は駆動回路からの命令を受信し、これに対して第2の電極間でストリップ604へ電界を加える。実現の簡単のため、ストリップ604を設置電圧に接続することができる。更に、図示するように電極614はストリップ604の長さ寸法に沿って縦方向に延びている。

【0034】

図10及び図11は、スイッチングさせるために回折格子を動作させる代替手段を示している。これらの実施例において、スイッチングに用いるフレックス(flex)は図9に示したように回折格子を形成するストリップ内にはなく、むしろストリップを基材の上面に接続する構造と共に存在している。例えば、回折格子構造700は、ストリップ702、交差接続部704、及びサイド部706を有し、これらは同じ材料を用いて形成され、且つ、図9にて説明した回折格子構造600と同様の方法により形成されている。格子700は図11に示すように動作する。

【0035】

図11は、基材714上に形成された2つの取付ベース710,712を有する取付構造又はサスペンション部材を示している。取付板716は、高剛性の取付部材であるベース710,712上に形成されている。基材714は、第1の方向及び第1の平面内を延びる少なくとも1つの入力用埋没導光板713と、第2の方向及び前記第1の平面とは異なる第2の平面内を延びる少なくとも1つの出力用埋没導光板715を有する。出力用導光板715は説明図の外へ延びており、従って、仮想線により示している。2つの導光板713,715は互いに近接した端部を有し、例えば、一方から他方への光信号のスイッチングが可能ないように互いに接続されていてもよい。導光板713,715のそれぞれは、全反射の条件下で光信号を伝搬する。

【0036】

回折格子700は、可撓性部材718を介して取付ベース710,712に接続されている。この可撓性部材718は、多数のMEMS処理されたスプリング、薄膜、又は屈折可能な構造物であり得る。第1の電極720は取付板716に取り付けられており、この実施例においては、横方向及びストリップ702の交差する縦方向へ延び、接地されている。第2の電極721は、格子700の周囲に、例えば可撓性部材718上に取り付けられている。このような構成の場合、回折格子700はスイッチング・ポジション(オン・ポジション)にバイアスされており、電極720,721間の電界により非スイッチング・ポジションへ動作可能である。また、回折格子700は、電極720,721の制御により上昇又は下降の双方にバイアスすることも可能である。回折格子700は底面に形成されたコブ722を有し、回折格子700と基材714との動作中の追突を防止することができる。

【0037】

図12は、光学回折素子800の他の駆動構造を示している。光学回折格子800は上述したのと同じ材料で同様の手法により形成されている。光学回折素子800の典型的な横方向寸法は20~1000マイクロメートルである。ストリップ802は回折格子800の長さ方向に沿って延び、構造的剛性を付与するために接続部804に交差している。図示する例においてスプリング・アームという形の複数の可撓性部材806が、光学回折素子800に接続されている。可撓性部材806は基材808の上面にも接続されている。この基材808は、既に述べたように、全反射の条件下で光信号を伝搬する入力用導光板及び出力用導光板を有している。具体的に言うと、複数のフット(feet)810は、アーム806のための支柱としての役目を果たすと共に高さを有し、好ましい実施例においては、光学回折素子800をオン・ポジションにバイアスするよう十分に小さい。

【0038】

スプリング・アーム806の構成と寸法とは、電界の適用下で光学回折素子800をオフ・ポジションに屈折できるように選択される。当該技術分野における当業者にもわかるように

10

20

30

40

50

、他の多くの構成が、スイッチング動作の望ましいフレックス及びスプリング・バイアスを実現するために用いることができる。作動するために、例えば図 1 1 にて示したのと同様の構成を有する適切な取付構造を用い、第 1 の電極が光学回折素子 800 の上方に取り付けられている。第 2 の電極は、光学回折素子 800 上に配設され、又は、同じ動作をするように素子 800 の側方に又は近接して配置されてもよい。

【 0 0 3 9 】

光学回折素子 800 の動作に係る好ましい実施例においては静電気作動が用いられるが、これに代えて熱性作動、圧電性作動、電気光学作動を用いてもよい。

【 0 0 4 0 】

図 1 2 から分かるように、ここでは回折格子のミクロンレベルの寸法に起因して、回折格子は多くのストリップを有し、且つ、そこでは多くの交差接続部が用いられている。従って、光学回折素子 800 のような多くのストリップが実際に使用されているということを理解しつつ、上記図面は一般的なストリップの数を典型的に示しているものと考えられる。

【 0 0 4 1 】

本発明が教示するところに基づいて構成された確かな装置をここで説明したが、この特許の範囲はそれに限定されるものではない。これに対してこの特許は、文字通りに又は均等の原則に従って、添付した各請求項の適正な範囲内の発明が教示するところにより全ての実施形態を対象としている。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 4 2 】

【 図 1 】 スwitching・ポジションでの回折格子を示す断面図である。

【 図 2 】 図 1 に示す回折格子の非switching・ポジションでの断面図である。

【 図 3 】 導光板を有する光学基材に近接して配置された実施の形態に係る回折格子を示す断面図である。

【 図 4 】 光学基材に関する第 2 のポジションに配置された、図 3 に示す実施の形態に係る回折格子を示す断面図である。

【 図 5 】 $N \times N$ 光学スイッチにおける 2×2 部分の例を示す平面図である。

【 図 6 】 実施の形態に係る 2×2 スwitchの斜視図である。

【 図 7 】 シングル・モード・ファイバーと基材内の導光板との接続例を示す断面図である

【 図 8 】 アンカー部を用いる片持ち支持された典型的なマウントを示す回折格子の斜視図である。

【 図 9 】 基材の上面に対して回折格子を移動させるべく該回折格子の上方に配設された実施例に係る電極を示す図 8 に示す回折格子の平面図である。

【 図 1 0 】 実施の形態に係る他の典型的な回折格子の部分平面図である。

【 図 1 1 】 図 1 0 に示す回折格子の側面図であり、取付構造と回折格子の上方に配置された電極とを示す。

【 図 1 2 】 可撓性のアーム及び取付用のフートから形成された作動部を有する実施の形態に係る回折格子を示す斜視図である。

【 符号の説明 】

【 0 0 4 3 】

200 光学スイッチ

202,212,216 光ビーム

204 入力用導光板

206 基材

208 回折格子

210 出力用導光板

211 交差部

214 出力用導光板

302,304	入力用導光板	
306,308	出力用導光板	
309	基材	
310,312,314,316	回折格子	
324,326	導光板	
402	基材	
403	導光板	
403a	入力用導光板	
403b	出力用導光板	
404,406,408,410	回折格子	10
500	基材	
502	シングル・モード・光ファイバー	
506	埋没導光板	
508	反射防止膜	
600	回折格子	
601	入力用埋没導光板	
602	基材	
603	出力用埋没導光板	
604	ストリップ	
606	アンカー部	20
610	全反射領域	
612	交差接続部	
613	コブ	
614	電極	
700	回折格子構造	
702	ストリップ	
704	交差接続部	
714	基材	
713	入力用埋没導光板	
715	出力用埋没導光板	30
720	第1の電極	
721	第2の電極	
800	光学回折素子	
802	ストリップ	
804	接続部	
808	基材	

【 図 1 】

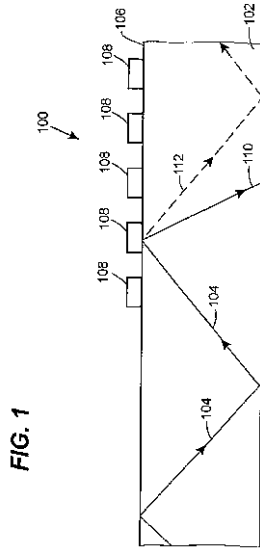


FIG. 1

【 図 2 】

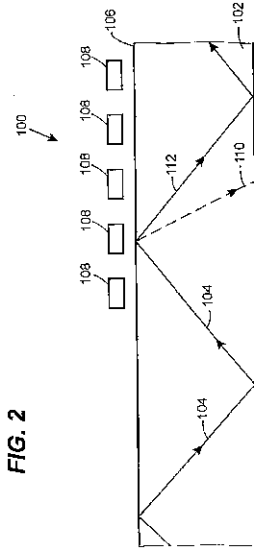


FIG. 2

【 図 3 】

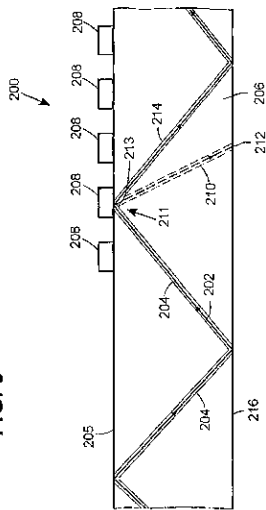


FIG. 3

【 図 4 】

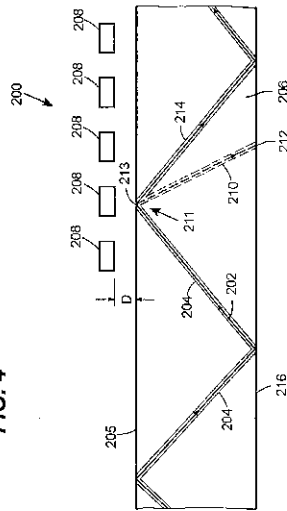
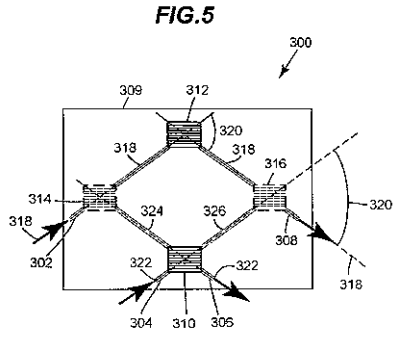
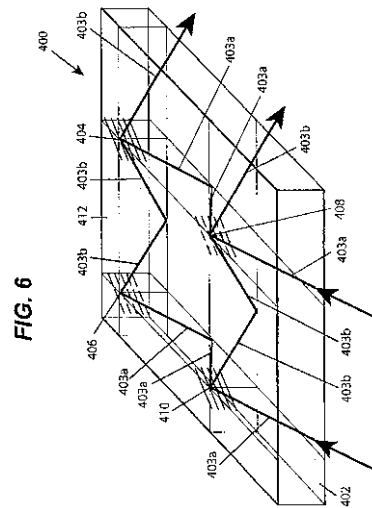


FIG. 4

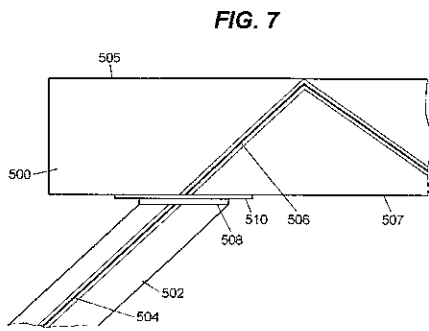
【 図 5 】



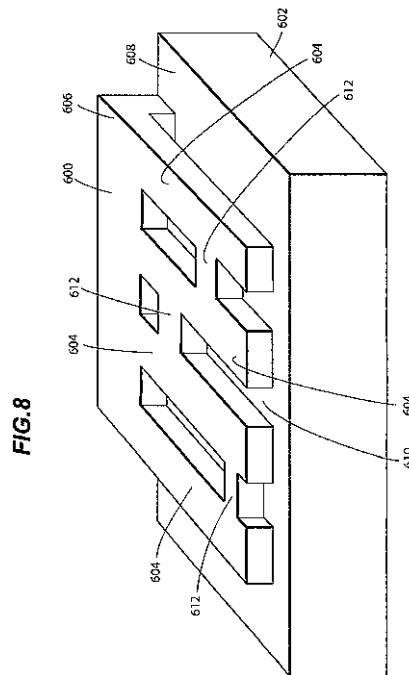
【 図 6 】



【 図 7 】

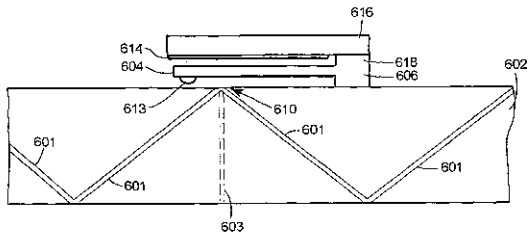


【 図 8 】



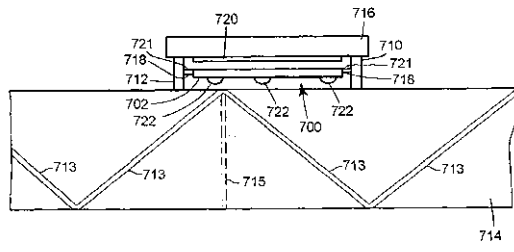
【 図 9 】

FIG. 9



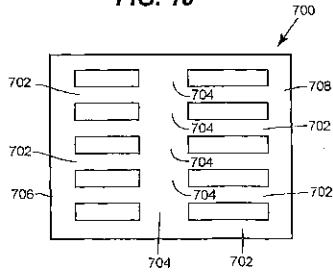
【 図 1 1 】

FIG. 11



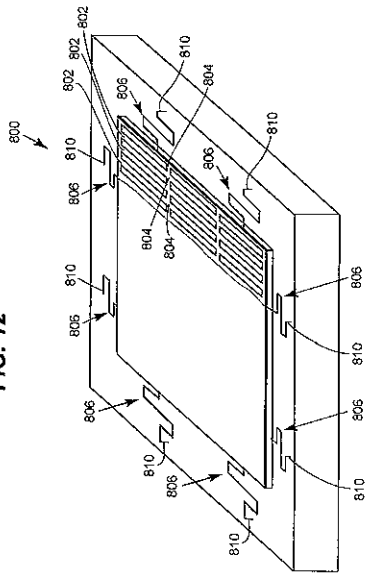
【 図 1 0 】

FIG. 10



【 図 1 2 】

FIG. 12



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International Application No. PCT/US 03/06658
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 G02B6/35 G02B6/36 G02B6/12 B81B1/00		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 G02B B81B		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, PAJ, WPI Data, INSPEC, COMPENDEX		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 36 02 653 A (SIEMENS AG) 30 July 1987 (1987-07-30)	1-7, 12, 14-17, 20-24
Y	the whole document	8-11, 25
X	US 6 072 925 A (SAKATA HAJIME) 6 June 2000 (2000-06-06) column 3, line 23 - line 25; figures 2-4	1-7, 12, 14-24
Y	US 2001/048265 A1 (MILLER SAMUEL LEE ET AL) 6 December 2001 (2001-12-06) abstract; figures 1,2	8-11, 25
	-/--	
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
* Special categories of cited documents:		
A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance *E* earlier document but published on or after the international filing date *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) *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		*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 *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 *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. *&* document member of the same patent family
Date of the actual completion of the international search 23 September 2003		Date of mailing of the international search report 01/10/2003
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel: (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo.nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Verbandt, Y.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No PCT/US 03/06658

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>QIUDAN X ET AL: "Contra-directional coupling between stacked waveguides using grating couplers" OPTICS COMMUNICATIONS, NORTH-HOLLAND PUBLISHING CO. AMSTERDAM, NL, vol. 144, no. 4-6, 15 December 1997 (1997-12-15), pages 180-182, XP004098863 ISSN: 0030-4018</p> <p>-----</p>	
A	<p>WO 00 79311 A (ABUSHAGUR MUSTAFA A G) 28 December 2000 (2000-12-28)</p> <p>-----</p>	
A	<p>EP 0 969 306 A (SEIKO EPSON CORP) 5 January 2000 (2000-01-05)</p> <p>-----</p>	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/US 03/06658

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 3602653	A	30-07-1987	DE 3602653 A1	30-07-1987
US 6072925	A	06-06-2000	JP 3138036 B2	26-02-2001
			JP 5160790 A	25-06-1993
			DE 69229101 D1	10-06-1999
			DE 69229101 T2	23-12-1999
			EP 0545401 A2	09-06-1993
US 2001048265	A1	06-12-2001	US 2002171327 A1	21-11-2002
			AU 7289801 A	23-10-2001
			WO 0177001 A2	18-10-2001
WO 0079311	A	28-12-2000	AU 7982100 A	09-01-2001
			WO 0079311 A2	28-12-2000
			US 6385364 B1	07-05-2002
EP 0969306	A	05-01-2000	JP 11202222 A	30-07-1999
			JP 11326791 A	26-11-1999
			JP 2000075225 A	14-03-2000
			EP 0969306 A1	05-01-2000
			US 6381381 B1	30-04-2002
			WO 9936824 A1	22-07-1999
			US 2002031294 A1	14-03-2002

フロントページの続き

(81)指定国 AP(GH,GM,KE,LS,MW,MZ,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT, BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HU,IE,IT,LU,MC,NL,PT,RO,SE,SI,SK,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA, GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BR,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ, EC,EE,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KP,KR,KZ,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LV,MA,MD,MG,MK,MN,M W,MX,MZ,NO,NZ,OM,PH,PL,PT,RO,RU,SD,SE,SG,SK,SL,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,UZ,VN,YU,ZA,ZM,ZW

(74)代理人 100125645

弁理士 是枝 洋介

(72)発明者 フリック, ロジャー エル.

アメリカ合衆国 5 6 5 4 2 ミネアポリス ハッケンサック エヌダブリュ ノース ウィドウ
レイク ロード 9 9 3

Fターム(参考) 2H041 AA14 AA16 AA18 AB00 AB40 AC06 AZ08

2H049 AA07 AA13 AA44 AA59 AA62 AA64 AA68

5K069 DB33 DB36 EA27 EA29 EA30