(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3839195号
(P3839195)
(45)発行日　平成18年11月1日(2006.11.1)　(24)登録日　平成18年8月11日(2006.8.11)

(51)Int.Cl.　F I
G02B 26/08 (2006.01)　G02B 26/08 F
G02B 26/08 E

請求項の数 17　(全 18 頁)

(21)出願番号　特願平11-262889
(22)出願日　平成11年9月17日(1999.9.17)
(65)公開番号　特開2000-111815(P2000-111815A)
(43)公開日　平成12年4月21日(2000.4.21)
審査請求日　平成12年12月19日(2000.12.19)
審判番号　不服2003-22347(P2003-22347/J1)
審判請求日　平成15年11月18日(2003.11.18)
(31)優先権主張番号　09/154797
(32)優先日　平成10年9月17日(1998.9.17)
(33)優先権主張国　米国(US)

(73)特許権者　596092698
ルーセント　テクノロジーズ　インコーポレーテッド
アメリカ合衆国．０７９７４－０６３６　ニュージャーシィ，マレイ　ヒル，マウンテン　アヴェニュー　６００
(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
(74)代理人　100096943
弁理士　臼井　伸一

最終頁に続く

(54)【発明の名称】傾斜端部を有する微細加工光スイッチ

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
４つの光導波路を含み、それぞれは傾斜した端部を有し、前記傾斜した端部は２つの傾斜端を備え、支持体上に配置され、それにより各導波路の各傾斜端は、別の導波路の傾斜端と相対し、近接した関係にあり、前記近接により相対する傾斜端の各対間の空間が規定され；
少くとも第１の光デバイスを２つの導波路間で伝搬する光信号の光路の中へ及び光路の外へ動かすよう動作しうる第１の電子機械的駆動器が含まれ、第１の光デバイスは相対する傾斜端の第１の対間の空間内を動き；
少くとも第２の光デバイスを、光信号の光路の中へ及び光路の外へ動かすよう動作しうる第２の電子機械的駆動器が含まれ、第２の光デバイスは相対する傾斜端の第２の対間の空間内を動き；
第１の対の１つの傾斜端及び第２の対の１つの傾斜端は、光導波路の１つに共通である光スイッチ。
【請求項２】
４つの導波路の２つの傾斜端は、相対する関係で、それらの間に第１の間隙を規定し、４つの導波路の他の２つの傾斜端は、相対する関係で、それらの間に第２の間隙を規定し、更に第１の間隙及び第２の間隙は本質的に等距離である請求項１記載の光スイッチ。
【請求項３】
第１及び第２の電子機械的駆動器及び４つの導波路は、支持体の第１の表面上に配置さ

れる請求項１記載の光スイッチ。
【請求項４】
第１の駆動器には、
可動導電性平板；
固定導電性平板が含まれ、固定及び可動平板はそれらの間に静電荷を支持するよう適切に置かれ、可動導電性平板を固定導電性平板の方向に動かし；
可動平板及び第１の光デバイスと機械的に接続されたリンク装置が含まれ；
リンク装置は可動導電性平板が動くとき動き、前記リンク装置の動きは、光デバイスを第１の励起されていない位置から第２の励起位置に動かす請求項１記載の光スイッチ。
【請求項５】
光デバイスは支持体の第１の表面に本質的に平行な面内で動く請求項４記載の光スイッチ。
【請求項６】
光デバイスは支持体の第１の表面に本質的に垂直な面内で動く請求項４記載の光スイッチ。
【請求項７】
光デバイスの第１の励起されていない位置は、光信号の光路からはずれ、光デバイスの第２の励起位置は、光信号の光路内にある請求項４記載の光スイッチ。
【請求項８】
光デバイスの第１の励起されていない位置は、光信号の光路内にあり、光デバイスの第２の励起位置は、光信号の光路からはずれている請求項４記載の光スイッチ。
【請求項９】
４つの光導波路が含まれ、それぞれが傾斜した端部を有し、前記傾斜した端部は２つの傾斜端を備え、支持体上に配置され、それにより各導波路の各傾斜端は、相対して、別の光導波路の傾斜端に近接した関係にあり、前記近接により、相対する傾斜端の各対間に空間が規定され；
２つの導波路間で伝搬する第１の光信号の光路の中へ及び光路の外へ、第１の光デバイスを動かすよう動作でき、他の２つの光導波路間を伝搬する第２の光信号の光路の中へ及び光路の外へ、第２の光デバイスを動かすよう動作できる第１の電子機械駆動器が含まれ、第１及び第２の光デバイスは相対する傾斜端の第１の対間の空間で動き；
第１の光信号の光路の中へ及び光路の外へ、第３の光デバイスを動かすよう動作でき、第２の光信号の光路の中へ及び光路の外へ、第４の光デバイスを動かすよう動作できる第２の電子機械駆動器が含まれ、第３及び第４の光デバイスは相対する傾斜端の第２の対間の空間内で動き；
第１の対の１つの傾斜端と第２の対の１つの傾斜端は光導波路の１つに共通である光スイッチ。
【請求項１０】
４つの導波路の２つの傾斜端は相対する関係で、それらの間に第１の間隙を規定し、４つの導波路の他の２つの傾斜端は、相対する関係で、それらの間に第２の間隙を規定し、更に第１の間隙と第２の間隙は本質的に等距離である請求項９記載の光スイッチ。
【請求項１１】
２つの光デバイス支持体が更に含まれ、第１及び第２の光デバイスは１つの光デバイス支持体の相対する側に配置され、第３及び第４の光デバイスは他の光デバイス支持体の相対する側の上に配置される請求項９記載の光スイッチ。
【請求項１２】
第１及び第２の電子機械駆動器及び４つの導波路は、支持体の第１の表面上に配置される請求項９記載の光スイッチ。
【請求項１３】
第１の駆動器には、
可動導電性平板；

固定導電性平板が含まれ、固定及び可動平板はそれらの間に静電荷を支持するよう適切に置かれ、可動導電性平板を固定導電性平板の方向に動かし；

可動平板及び第１の光デバイスと機械的に接続されたリンク装置が含まれ；

リンク装置は可動導電性平板が動くとき動き、前記リンク装置の動きは、光デバイスを第１の励起していない位置から第２の励起位置に動かす請求項９記載の光スイッチ。

【請求項１４】

光デバイスは支持体の第１の表面に本質的に平行な面内で動く請求項１３記載の光スイッチ。

【請求項１５】

光デバイスは支持体の第１の表面に本質的に垂直な面内で動く請求項１３記載の光スイッチ。

【請求項１６】

第１の励起されていない位置にある光デバイスは、光信号の光路からはずれ、第２の励起位置にある光デバイスは、光信号の光路内にある請求項１３記載の光スイッチ。

【請求項１７】

第１の励起されていない位置にある光デバイスは、光信号の光路内にあり、第２の励起位置にある光デバイスは、光信号の光路からはずれている請求項１３記載の光スイッチ。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

本発明の分野

本発明は、一般的に光スイッチ、より具体的にはマイクロマシン／光スイッチに係る。

【０００２】

本発明の背景

電気的に制御されたマイクロマシン光スイッチは、光ファイバからの光出力を遮断したり、方向を変えることができる。そのようなスイッチは光通信システム中の各種の異なる用途で使用できる。たとえば、高いコントラスト比を有する低挿入損光スイッチは、光ファイバに接続され、各種の適合性があり、再構成可能な回路網を設計及び作製することを、可能にする。そのようなスイッチは光源ファイバからの光を、異なる着信ファイバに向けるために使用できるであろう。焦点を合わせる要素をつけ加えなければ、そのようなスイッチの挿入損は、光源及び着信ファイバの数が増すにつれ増加する。挿入損のような増加は、標準的な光ファイバ構成に付随した形状的な制約による。

【０００３】

上述の問題の一例として、４つの光ファイバの構成を考える。その場合、ファイバは端部と端部を対にし、ファイバ端のそれぞれの対の間に間隙を有するように、配置される。対になったファイバの２つの構成を、両方の対のファイバ間の間隙が重なるように、相互に垂直に（かつ同じ面内で）配置する。言いかえると、ファイバは０度、９０度、１８０度及び２７０度で配置される。典型的な場合、ファイバは平坦又はわずかに傾いた小面が生じるように、へき開されるから、ファイバの上述の構成の端部は、少くとも１つのファイバ直径だけ相互に離さなければならない。ファイバは典型的な場合、コアより本質的に大きな直径のクラッド（支持で光の好ましくない損失を防止するために必要）を有する光学的に活性なコアから成るから、ただ１つのファイバ直径の間隙でも、コアの直径を著しく越える距離を表わすことがありうる。そのような１つのファイバ直径の間隙でも、光信号の有限の広がりによる許容できない高い挿入損をしばしば生じる。従って、少くとも４つの光ファイバをもつマイクロマシン光スイッチの低挿入損構成から、利点が生じる。

【０００４】

本発明の要約

電気的に制御された駆動器を用いた傾斜した端部を有する光導波路又はファイバを含む１×３及び２×２光スイッチについて、明らかにされている。いくつかの実施例において、駆動器は静電的に駆動される。１×３光スイッチは光信号を伝送するための１つの光源ファイバと光信号を受けるための３つの着信ファイバを含む。２×２光スイッチは、２つの

光信号を伝送するための２つの光源ファイバと２つの光信号を受けるための２つの着信ファイバを含む。各種ファイバ間の光路中に置かれた光デバイスは、信号を適切な着信ファイバに向ける。

【０００５】

ファイバ端は傾斜をもたせると有利で、それによってそのような端部は相互に適切に近接して配置され、低挿入損の光スイッチが生じる。それにもかかわらずファイバ端間に十分な間隙が作られ、そのようなファイバ端間の光路中に光デバイスを動かしたり、出したりすることが可能になる。リンク装置が機械的に光デバイスを駆動するために接続する。明らかにされている駆動器は、光デバイスを垂直又は水平に動かすことにより、光路中に移動させたり、出したりすることができる。

【０００６】

詳細な記述

図１は本発明の実施例に従う光スイッチ１００を示す。光スイッチ１００は４つの導波路１３０，１４０，１５０及び１６０及びそれぞれ駆動器１０８及び１１８に結合された２つの信号方向器１０２及び１１２を含む。リンク装置１０６は信号方向器１０２及び駆動器１０８を結合し、リンク装置１１６は信号方向器１１２及び駆動器１１８を結合する。

【０００７】

駆動器１０８及び１１８は各信号方向器１０２及び１１２を、領域１１０中の各種導波路間を伝搬する光信号（図示されていない）の光路の中へ動かすか、外へ動かすように動作する。図１に描かれた実施例において、駆動器は各ベクトル１２０及び１２２で示されるように、往復運動状に“面内”光路に沿って信号方向器１０２及び１１２を動かす。他の実施例において、駆動器は信号方向器を“面外”光路に沿って動かし、それは図１において信号方向器を“ずらして”動かす。更に、必要な機能を与えるのに適した駆動器についての説明は、本明細書で後に述べる。

【０００８】

駆動器により、光信号の光路中に一度配置されると、信号方向器１０２又は１１２はその光信号の光路を変えるように動作する。信号方向器１０２及び１１２は光信号の光路に影響を与えるのに適した構造を含む。光信号は全体又は一部が反射されるか、光学的に変えられる。そのような構造のいくつかの限定されない例には、誘電体ミラー、反射（たとえば金属被覆）表面、誘電体フィルタ、変調器、偏向器、駆動器及び周波数２倍器のような非線形光応答をもつデバイスが含まれる。

【０００９】

４つの導波路１３０，１４０，１５０及び１６０は、図１中で光ファイバとして描かれている。便宜上、そのような導波路は以後詳細な記述では“光ファイバ”又は“ファイバ”と呼ぶが、他の実施例では、他の光伝送媒体が用いられると理解される。ファイバは各ファイバ１４０及び１６０のコア端面１４８及び１６８と同様、各ファイバ１３０及び１５０のコア端面１３８及び１５８が相互に“面を向ける”ように、相対する対として配置される。

【００１０】

４つの光ファイバのそれぞれは、同様に構成される。光ファイバ１３０を例として選ぶと、前記光ファイバ１３０はコア１３１、クラッド１３２及び有利であるのは傾斜した端部１３４を含む。傾斜した端部１３４は図１中で“傾めの”線で描かれるか、クラッド１３２中の傾斜した端部１３６及び１３７で、それはコア１３１のコア端面１３８の方向に傾いている。同様に、光ファイバ１４０，１５０及び１６０は各コア１４１，１５１及び１６１、クラッド１４２，１５２及び１６２、及び傾斜した端部１４４，１５４及び１６４を含む。そのような傾斜した端部を形成する１つの方法は、長さ方向の軸の周りにファイバを回転しながら、レーザで光ファイバの端部を加熱することである。もちろん、三次元的に考える時、傾斜した端部１３４はコアの切頭体としてより適切に可視化され、傾斜した端部１３６及び１３７は前記切頭体の表面の一部の単なる例であることが、認識されるであろう。

【００１１】
ファイバ１４０－１６０のような傾斜した端面をもつファイバは、垂直にへき開されたファイバより、より近接して配置できる。従って、そのようなファイバ間の自由空間光路長は、減少し、挿入損は減少する。そのような傾斜した端面の傾斜端部により、隣接したファイバ間で駆動器リンク装置（たとえば、リンク装置１０６及び１１６）を通過させることが容易になる。たとえば、光ファイバ１３０の傾斜した端部１３６及び光ファイバ１４０の傾斜した端部１４７は、近接した関係にあるが、間でリンク装置１０６を通過させられるのに十分離れた空間をもつ。
【００１２】
傾斜した端部は、相対するファイバのコアの端面間に等距離ができるように構成すると有利である。たとえば、コア端面１３８及び１５８（ファイバ１３０及び１５０）間の距離がコア端面１４８及び１６８間の距離に本質的に等しいことが望ましい。そのような本質的に等距離の間隔は、適切なファイバ形状により、実現される。図１から代表的なファイバ（ファイバ１５０）を描いた図２を参照すると、傾斜した端部１５７又は１５８とファイバの隣接した縦方向の外部端の間にできる角度βは、約１３０ないし約１４０度の範囲にすべきである。本明細書中で後に詳細に述べるように、角度βは傾斜した端部の周囲で変ってよい。
【００１３】
図１に描かれた光スイッチ１００の例において、ファイバ１３０及び１５０のような相対するファイバのコア端面は、相互に平行で、そのようなファイバの１つから、他のファイバに通過する光信号（図示されていない）に対し、垂直である。そのような構成によって、“後方反射”が起り、コア端面１５８のようなコア端面に入射した光信号の一部は、コア端面１３８に後方に反射される。後方反射は単一のファイバ内でも起る可能性があり、その場合光信号が光コア端面１３８のようなコア端面を出る時、光信号の一部は、光コア１３１のような光コア中に後方反射される。そのような後方反射は挿入損を、好ましくないほど増加させる。コア端面の形態を変えることにより、後方反射は減すか除くことができる。
【００１４】
図３は本発明に従う光スイッチ３００の例を描き、それは後方反射を減すのに物理的に適している。図３に示された光スイッチ３００の部分は、“傾斜した”コア端面３３８，３４８，３５８及び３６８を有するファイバ３３０－３６０の傾斜した端面３３４，３４４，３５４及び３６４を示す。そのような“傾斜”により、後方反射は減少する。
【００１５】
光信号（Ｓ１）は光コア３３１を出る時、屈折し、ファイバ３５０の光コア３５１に入る時、再び屈折する。屈折又は“曲がり”の大きさは、屈折のスネル則によって定義される。それは次のように定義される。
〔１〕　$n_1 \cdot \sin\theta = n_2 \cdot \sin\alpha$
ここで、n_1 は光コアの屈折率；
n_2 は信号が入る媒体の屈折率；
θは入射角；
αは屈折角；である。
媒体が空気であると仮定すると、それはほぼ１の屈折率をもち、スネル則は次のようになる。
〔２〕　$n_1 \cdot \sin\theta = \sin\alpha$
【００１６】
図４を参照すると、一実施例において、コア端面４３８は後方反射を減すため、“平坦”面（すなわち、信号（Ｓ１）に対し垂直な面）に対し、約８°傾いている。光コア４３１の屈折率を約１．４６と仮定すると、屈折角αは約１２°である。
【００１７】
ファイバ４３０の角度のある端面と信号（Ｓ１）の屈折を説明するために、着信ファイバ

４５０の光学軸（３－３）は光源ファイバ４３０の光学軸（４－４）から、距離ｄだけずれていなければならない。距離ｄは次式で与えられる。

〔３〕　ｄ＝Ｄ・ｓｉｎ（α－θ）

ここで、Ｄは光源ファイバ及び着信ファイバの光コアの中心間の距離である。

【００１８】

距離Ｄは光ファイバ間で信号方向器が接近できるようにしながら、光信号の有限の分岐による挿入損を減すため、できるだけ小さく設定する。従って、もしＤが２０ミクロンに等しく、θが８°なら、ずれｄは約１．７ミクロンに等しい。

【００１９】

他の実施例において、コア端面を“傾斜”させるのではなく、後方反射を減すために、他の形状が用いられ、丸くしたコア端面が含まれる。当業者には認識されるであろうが、そのような丸くした端面は、光ファイバのコア／クラッド構成の屈折率特性に顕著で良く規定された変化を示さない導波路として良く働く。

【００２０】

本光スイッチの動作について、図５ａ－５ｃ及び７ａ－７ｃを参照しながら述べる。それらの図において、導波路の詳細（たとえば傾斜等）及び駆動器の詳細は、説明を明確にするため、省かれている。

【００２１】

図５ａ－５ｃに示された第１の実施例において、本光スイッチは１×３スイッチとして働く。そのようなスイッチにおいて、信号（Ｓ２）のような信号は単一のファイバを光源とし、３つの着信ファイバのいずれか１つに分配される。図５ａ－５ｃに描かれた実施例において、光源ファイバはファイバ５４０である。図５ａは光源ファイバ５４０から第１の着信ファイバ５６０へ、光軸Ａ－Ａに沿って妨げられず伝搬する光信号（Ｓ２）を示す。信号方向器５０２及び５１２のいずれも、光軸Ａ－Ａにより規定される信号路内に動いていないため、光信号（Ｓ２）はスイッチをファイバ５６０の方へ交差する。

【００２２】

図５ｂにおいて、信号方向器５０２は結合された駆動器５０８の動作を通して、信号（Ｓ２）路中に導入される。信号方向器５０２は光信号（Ｓ２）をさえぎり、その信号の少くとも一部を、光軸Ｂ－Ｂに沿ってファイバ５５０に向ける。図５ｃにおいて、結合された駆動器５０８の動作により、信号方向器５０２が光路から除かれた後、信号方向器５１２は結合された駆動器５１８を通して、前記信号路中に動かされる。信号方向器５１２は光信号（Ｓ２）をさえぎり、前記信号（Ｓ２）の少くとも一部を、光軸Ｂ－Ｂに沿って、ファイバ５３０に向ける。

【００２３】

このように、信号（Ｓ２）は３つの着信ファイバ５３０，５５０又は５６０のいずれか１つに向けられる。ファイバ５６０は両方の信号方向器を信号（Ｓ２）の光路からはずしたままにすることにより、接近でき、ファイバ５５０は信号方向器５０２を信号路内に導入することにより、接近でき、ファイバ５３０は信号方向器５１２を信号（Ｓ２）の光路内に導入することにより、接近できる。

【００２４】

図１に描かれた光スイッチ１００は、１×３スイッチとして適切に機能する。２つの信号方向器を加えることにより、そのようなスイッチは２×２スイッチとして働く。２×２スイッチにおいて、それぞれ２つの光源ファイバの１つを光源とする２つの光信号は、２つの着信ファイバのいずれか１つに向けることができる。図６はそのような２×２スイッチの実施例を示す。スイッチ６００は４個の信号方向器を含み、信号方向器６０２及び６０４はリンク装置６０６の相対する側に配置され、信号方向器６１２及び６１４はリンク装置６１６の相対する側に配置される。駆動器６０８はリンク装置６０６を駆動し、駆動器６１８はリンク装置６１６を駆動する。スイッチ６００は４つのファイバ６３０，６４０，６５０及び６６０のそれぞれが各傾斜した端部６３４，６４４，６５４及び６６４をもつことを含んで、上記の点以外はスイッチ１００と構造上同一である。

【００２５】
光スイッチ６００の動作について、図７ａ－７ｃと関連づけて述べる。図７ａは光源ファイバ７３０から着信ファイバ７５０へ、光軸Ｂ－Ｂに沿って妨げられずに伝搬する信号（Ｓ３）及び光源ファイバ７４０から着信ファイバ７６０へ、光軸Ａ－Ａに沿って妨げられず伝搬する光信号（Ｓ４）を示す。信号方向が信号の光路からはずれているため、光信号（Ｓ３）及び（Ｓ４）はスイッチ６００と交差する。
【００２６】
図７ｂにおいて、信号方向器７０２及び７０４はそれぞれ信号（Ｓ４）及び（Ｓ３）の光路中に導入されている。信号方向器７０２は信号（Ｓ４）をさえぎり、少くともその一部を、ファイバ７６０に向う最初の光路から、ファイバ７５０に向う光軸Ｂ－Ｂに沿った新しい光路に向ける。信号方向器７０４は信号（Ｓ３）をさえぎり、少くともその一部を、ファイバ７５０に向う最初の光路から、ファイバ７６０に向う光軸Ａ－Ａに沿った新しい光路に向ける。
【００２７】
図７ａ及び７ｂに描かれた実施例において、信号（Ｓ３）及び（Ｓ４）はファイバ７３０及び７４０を光源とする。信号方向器７０２及び７０４はファイバの他の対を光源からの信号の方向を変えるためにも使用できる。具体的には、信号方向器７０２及び７０４は以下のファイバ対からの信号の方向を変えるために、使用できる。すなわち、ファイバ７３０及び７４０、ファイバ７４０及び７６０、ファイバ７３０及び７５０及びファイバ７５０及び７６０である。信号がファイバ７４０及び７５０を光源とする時は、両方の信号の方向を変えるためには、信号方向器７０２のみが必要である。信号がファイバ７３０及び７６０を光源とする時は、両方の信号の方向を変えるためには、信号方向器７０４のみが必要である。
【００２８】
図７ｃにおいて、信号方向器７０２及び７０４は光信号（Ｓ４）及び（Ｓ３）の光路からはずされ、信号方向器７１２及び７１４がその中に導入されている。信号（Ｓ４）はファイバ７４０を光源とし、信号（Ｓ３）はファイバ７６０を光源とする。信号方向器７１２は信号（Ｓ４）をさえぎり、少くともその一部を、ファイバ７６０に向うその最初の光路から、ファイバ７３０に向う光軸Ｂ－Ｂに沿った新しい光路に向ける。信号方向器７１４は信号（Ｓ３）をさえぎり、少くともその一部を、ファイバ７４０に向うその最初の光路から、ファイバ７５０に向う光軸Ｂ－Ｂに沿った新しい光路に向ける。
【００２９】
ファイバ７４０及び７６０を光源とする信号の方向を変えるのに加え、信号方向器７１２及び７１４は以下のファイバ対からの信号の方向を変えるために使うことができる。すなわち、ファイバ７４０及び７５０；ファイバ７３０及び７５０及びファイバ７３０及び７６０である。信号がファイバ７３０及び７４０を光源とする時、両方の信号（Ｓ３）及び（Ｓ４）の方向を変えるために、信号方向器７１２のみが必要である。同様に、信号がファイバ７５０及び７６０を光源とする時は、両方の信号の方向を変えるために、信号方向器７１４のみが必要である。
【００３０】
本発明の指針に従う光スイッチのいくつかの例の構造及び動作について、上で述べた。信号方向器を光信号の光路に入れたり出したりするよう動かすのに適した駆動器の構造、動作及び作製の詳細な説明をする。
【００３１】
図８ａは図１に描かれた駆動器１０８及び１１８として使用するのに適した駆動器８００、図５ａ－５ｃ中に描かれた駆動器５０８及び５１８、図６に描かれた駆動器６０８及び６１８及び図７ａ－７ｃに描かれた駆動器７０８及び７１８の第１の実施例を示す。上述の駆動器として用いるのに適した駆動器９００の第２の実施例が、図９に描かれている。簡単かつ明瞭にするため、２つだけの導波路、１つの駆動器及び１つのリンク装置が、図８ａ及び９に描かれている。

【００３２】
図８ａを参照すると、駆動器８００はいくつかの蝶番をつけた平板を含む。そのような蝶番をつけた平板の形成については、当業者には知られている。ピスター（Ｐｉｓｔｅｒ）ら、“微細加工蝶番”第３３巻，センサ及び駆動器Ａ，２４９－５６頁，１９９２を参照のこと。また、権利者を本件と同じくする１９９７年5月１５日に出願された審査中の特許出願、マイクロマシン加工光スイッチ、出願第０８／８５６５６９号及び１９９７年５月１５日に出願されたマイクロデバイスの作製方法及び装置、特許出願０８／０５６５６５号を参照のこと。これら両方がここに参照文献として含まれる。
【００３３】
図８ａの駆動器８００の例は、“面内”スイッチングをするために構成され、図９の駆動器９００の例は、“面外”スイッチングするために構成されている。ここで用いるように、“面内”、水平、“面外”垂直という用語は、上に光スイッチがある支持の表面に対する方向又は配置をさす。たとえば、面内又は水平の動きというのは、支持の表面に平行な方向の動きをさす。
【００３４】
図８ａの“面内”駆動器８００は固定された電極８７０及び可動電極８７１を有し、それらは相互に離れている。固定電極８７０は支持８７２に蝶番付けするのが好ましく（蝶番は図示されていない）、支持板（図示されていない）は垂直又は面外位置に固定電極８７０を支持するために用いられる。固定電極８７０は導電体（図示されていない）を通して、制御された電圧源（図示されていない）に接続されている。固定電極８７０及び可動電極８７１は、制御された電圧源を通して、電圧を印加した時、可動電極８７１が固定電極８７０の方向に揺れるように十分な静電引力が電極間に生じるように、適切に離される。
【００３５】
可動電極８７１はフレーム８７５の交差部８７４から蝶番付けされているように示されている支持手段８７３により、支持されている。支持手段８７３は可動電極８７１が固定電極８７０の方向に揺れるように、適切な形態をもつ。フレーム８７５は蝶番（図示されていない）により支持８７２に蝶番付けされ、支持（図示されていない）により、面外に固定される。
【００３６】
図８ａに示された実施例において、リンク装置８７６は蝶番付けされたそり８７７及び蝶番８７９によりそり８７７に蝶番付けされた光デバイス支持８７８から成る。光デバイス支持８７８は上に光デバイス８０４が配置された突起８８０を含む。光支持デバイス８７８は支持手段（図示されていない）及び必要に応じて固着蝶番８７９により、光導波路８３０及び８４０間に突出するように、垂直、面外に固定される。
【００３７】
形成する際、光デバイス支持８７８のような蝶番付け平板は、基板の表面上又はその近くに平坦に置かれる。従って、そのような平板で構造を組立てるには、それらの蝶番の周りに、基板面からはずして回転する必要がある。典型的な場合、蝶番付けされた平板のいくつかは、９０度回転され、他のものはそれより小さい角度だけ回転される。１９７７年１２月２２日に出願された本件と権利者を同じくする自己組立てマイクロマシンデバイス、出願番号第０８／９９７１５号を参照のこと。これはここに参照文献として含まれる。
【００３８】
そり８７７は可動電極８７１に結合又は固着された第１の部分８８１及び光デバイス支持８７８が固着された第２の部分８８２から成る。第１及び第２の部分８８１及び８８２は面外脱結合器として機能する蝶番８８３を通して、相互結合されている。言いかえると、蝶番８８３は第２の部分８８２とは独立に、第１の部分８８１を面内及び面外方向に動かす。これにより、光デバイス８０４が光路中に及び光路外に動くことは、可動電極８７１が固定電極８７０の方へ及び方から揺れるのに伴う可動電極８７１の動きの結果、第１の部分８８１に伝えられる面外要素の動きに影響されない。
【００３９】

光デバイス支持８７８の突起８８０は、光ファイバ８３０及び８４０間の空間８６９内に置かれている。図８ａに示されるように、光ファイバ８３０及び８４０は支持８７２上に配置されている。しかし、光ファイバ８３０及び８４０は支持８７２とは異なる支持上に配置してもよいことを認識すべきである。駆動器８００が励起された（すなわち、電圧が印加された）時、可動電極８７１は固定電極８７０の方向へ引かれる。その結果、そり８７７は軸Ａ－Ａ及びＢ－Ｂの交点から離れるように動く。これらの軸は光コア８３１及び８４１により規定された光路と一致する。（すなわち、そりは図８ａ中で左の方へ動く。）

【００４０】

ばね８８４のような力を回復するのに適した構造が、第２の部分８８２の端部８８５及び８８６に固着され、ばね端部８８７において、基板８７２に固着されている。励起された状態において、ばね８８４は図８ｂに示されるように、変形している。駆動電圧が除去されると、ばね８８４は図８ａに示されるように、そり８７７をその励起されていない位置に戻すために、回復力又はバイアスを与える。そのような状態において、可動電極８７１は軸Ｃ－Ｃに沿って本質的に垂直にぶら下っている。駆動器８００が励起状態から、励起されていない状態に行くにつれ、そり８７７は軸Ａ－Ａ及びＢ－Ｂの交点の方へ動くことがわかる。電極８７０及び８７１間の間隔は、励起されていない状態において、光デバイス８０４は光路と交差せず、励起状態で、光デバイス８０４が光路と交差するように、設定される。

【００４１】

光スイッチは駆動器８００が励起されていない状態の時、光デバイス８０４が第１の位置（光路内）にあり、駆動器８００が励起状態にある時、第２の位置（光路外）にあるか、その逆であるように、構成できることを認識すべきである。図８ａに示されるように、駆動器８００が励起されていない状態の時、光デバイス８０４を第２の位置に置くように、刻み目８８８を第１の位置に置くことができる。また、駆動器８００は別のリンク装置上に配置された別の光デバイスを、光デバイス８０４が光路からはずれた時、光路中に動かすため、光デバイス８０４を十分面内移動させなければならないことも、認識すべきである。

【００４２】

２×２光スイッチ６００の本発明の実施例において、駆動器の１つにより励起された光デバイスは典型的な場合、光路内にあり、一方他の駆動器の光デバイスは、典型的な場合、光路外にある。また、駆動器の１つは典型的な場合、その励起状態にあり、一方他方の駆動器は励起されていない状態にある。しかし、光スイッチは２つの駆動器が同時に励起できるよう、構成することができることを、認識すべきである。

【００４３】

図８ａの面内駆動器８００は単一の固定電極及び単一の可動電極を使用すると限定されない。複数の固定及び可動電極は、交互に固定及び可動歯部分として構成してもよい。そのような交互になった固定及び可動歯部分を有する駆動器は、しばしば“櫛”駆動と呼ばれ、当業者には良く知られている。

【００４４】

図９は面外駆動器９００、リンク装置９８９及び光デバイス９０４を示す。光ファイバ９３０及び９４０は支持９７２上に配置されている。しかし、光ファイバ９３０及び９４０は支持９７２とは異なる別の支持上に配置してもよいことを、認識すべきである。リンク装置９８９は駆動器９００を光デバイス９０４に機械的に結合又は接続する。励起されていない状態において、リンク装置９８９は本質的に表面９７２ａに平行に配置され、光導波路９３０及び９４０間の間隙８９０を貫いている。リンク装置９８９及び光デバイス９０４は導波路９３０及び９４０に対して配置され、それにより光デバイス９０４は光導波路９３０及び９４０間を伝搬する光信号の光路中の第１の位置と、光導波路９３０及び９４０間の光路からはずれた第２の位置の間で移動できる。

【００４５】

駆動器９００はリンク装置９８９に垂直又は面外の動きを与え、従って光デバイス９０４は光路中へ及び光路から外へ、本質的に“上及び下へ”あるいは垂直に往復運動をする。光スイッチは駆動器９００が励起状態にある時、（光路内の）第１の位置にあり、駆動器９００が励起されていない時、（光路外の）第２の位置にあるか、その逆であるように、構成できることを認識すべきである。また、光デバイス９０４が光路外にある時、別のリンク装置上に配置された別の光デバイスを、光路内に動かすように、駆動器９００は光デバイス９０４に十分な垂直方向の動きを与えなければならないことを、認識すべきである。

【００４６】

駆動器９００は２つの導電性表面又は電極：可動平板電極９９２及び固定電極９９１を含む。可動平板電極９９２は基板９７２の表面９７２ａ上に配置された固定電極９９１上に、柔軟な支持（図示されていない）により、ぶら下げられている。可動平板電極９９２はドープされたポリシリコン又は他の導電性材料で作製してよい。固定電極９９１はドープポリシリコン又は他の導電性材料で作製してよく、あるいは基板９７２は適切にドープし、その一領域を固定電極９９１として機能するよう導電性にしてもよい。

【００４７】

リンク装置９８９は支点９９４上に配置されたビーム９９３を含む。支点９９４は基板表面９７２ａに固定され、ビーム９９３を第１の部分９９３ａと第２の部分９９３ｂに分割する。ビーム９９３はビーム端９９３ｃにおいて、可動平板電極９９２の一部の下にある。ビーム端９９３ｃは可動平板電極９９２のそのような部分に、機械的に接続されるか（接続は図示されていない）機械的にとりつけられる。柔軟なつり下げ部分（図示されていない）を、基板表面９７２ａにビーム９９３を固定するために用いてもよい。

【００４８】

一実施例において、光デバイス支持９９５はビーム端９９６の近くでビーム９９３に固着される。光デバイス支持９９５は上に光デバイス９０４が配置される突起９９７を含む。実施例によっては、光デバイス支持９９５は蝶番９９８を通して、ビーム９９８に蝶番付けされ、導波路９３０及び９４０間に突出するのに必要なように、垂直な面外位置に、支持（図示されていない）により保持される。

【００４９】

平板駆動器９００の電極９９２及び９９１は、電圧源（図示されていない）と電気的に接触している。平板駆動器９００に電圧が印加された時、可動平板電極９９２と固定電極９９１の間に、静電引力が発生する。そのような引力は、可動電極９９２を固定電極９９１の方に下方に動かす。可動電極９９２が下方に動くとともに、ビーム９９３の第１の部分９９３ａは基板表面９７２ａの方へ下方に動かされる。支点９９４が存在するため、ビーム９９３の第２の部分９９３ｂは、第１の部分９９３ａが下方に動くにつれ、“シーソー”又は“上下に揺れて”上方に動く。支点９９４と光デバイス９０４間の距離を適切に選ぶことにより、光デバイスは平板電極９９２及び９９１の振動的な動きの関数として、コア９３１及び９４１により規定される光路の中へ、及び光路から外へ動かされる。加えて、支点９９４を固定電極９９１の近くに適切に置くことにより、かつ第２の部分９９３ｂに対する第１の部分９９３ａの相対的な長さを適切に設定することにより、光デバイスは光路から十分上方に離され、第２の光デバイスは第２の駆動器により駆動され、光路の中へ及び外へ移動する。

【００５０】

図９に描かれた実施例において、光デバイスはバイアスが印加された時、光路から出るように動く。他の実施例において、光スイッチはバイアスが印加された時、光デバイスが光路中に動くように構成できることが認識されるであろう。平板電極９９１及び９９２、蝶番及び面外光スイッチを含む各種支持平板は、“面内”光スイッチについて述べたように、作製及び組立てできる。

【００５１】

図８ａ及び９は単一の光デバイスを示すが、当業者には、２つの光デバイスを光デバイス

支持の相対する表面上に固定することができることが明らかであろう。そのようにして、先に述べた面内及び面外駆動器は、２×２光スイッチを用いることができる。

【００５２】

上で述べた実施例は、単に本発明の例を示すためであり、本発明の視野を離れることなく、当業者には多くの様々な変形が考案できることを、理解すべきである。従って、そのような変形は特許請求の範囲の視野及びそれらと等価なものの中に含まれることを意図している。

【図面の簡単な説明】

【図１】傾斜したファイバ端を有する１×３光スイッチの概略図である。

【図２】現在の光スイッチとともに用いるための傾斜したファイバ端の詳細を示す図である。

【図３】後方反射を減すのに適した傾斜したファイバ端を示す図である。

【図４】現在の光スイッチとともに用いるための傾斜したファイバ端の形状の詳細を示す図である。

【図５ａ】第１の光路に沿ったスイッチと交差する光信号を示す本発明の１×３光スイッチの概念図である。

【図５ｂ】第１の光デバイスに接し、第１の光路からそらされる光信号を示す図５ａの１×３光スイッチの概念図である。

【図５ｃ】第２の光デバイスに接し、第１の光路からそらされる光信号を示す図５ａの１×３光スイッチの概念図である。

【図６】傾斜したファイバ端を有する２×２光スイッチの概念図である。

【図７ａ】相対する導波路の第１の対間のスイッチと交差する第１の光信号と相対する導波路の第２の対間のスイッチと交差する第２の光信号を示す図６の２×２光スイッチの概念図である。

【図７ｂ】２つの光信号の光路が光デバイスの第１の対と接することを通して変えられる隣接した光源導波路を有する２×２光スイッチの概念図である。

【図７ｃ】２つの光信号の光路が光デバイスの第２の対と接することを通して変えられる相対する光源導波路を有する２×２光スイッチの概念図である。

【図８ａ】１×３及び２×２光スイッチ用の面内駆動器の概念図である。

【図８ｂ】励起状態の面内駆動器のばねの概念図である。

【図９】１×３及び２×２光スイッチ用の面外駆動器の概念図である。

【符号の説明】

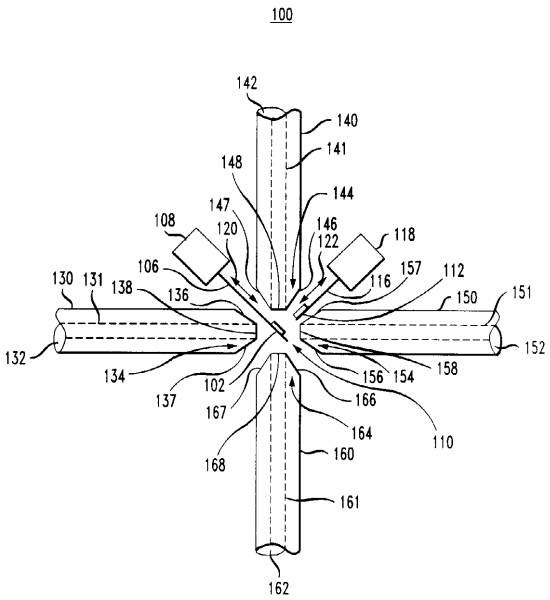
１００　光スイッチ
１０２　信号方向器
１０６　リンク装置
１０８　駆動器
１１０　領域
１１２　信号方向器
１１６　リンク装置
１１８　駆動器
１２０，１２２　ベクトル
１３０　導波路，光ファイバ
１３１　コア
１３２　クラッド
１３４，１３６，１３７　端部
１３８　コア端面
１４０　導波路，ファイバ
１４１　コア
１４２　クラッド
１４４，１４７　端部

１４８　コア端面
１５０　導波路，ファイバ
１５１　コア
１５２　クラッド
１５４，１５７　端部
１５８　コア端面，端部
１６０　導波路，ファイバ
１６１　コア
１６２　クラッド
１６４　端部
１６８　コア端面
３００　光スイッチ
３３０　ファイバ
３３１　光コア
３３４　端面
３３８　コア端面
３４０　ファイバ
３４８　コア端面
３５０　ファイバ
３５１　光コア
３５４　端面
３５８　コア端面
３６０　ファイバ
３６４　端面
３６８　コア端面
４３０　ファイバ
４３１　光コア
４５０　着信ファイバ
５０２　信号方向器
５０８　駆動器
５１２　信号方向器
５１８　駆動器
５３０　ファイバ
５４０　光源ファイバ
５５０　ファイバ
５６０　着信ファイバ，ファイバ
６００　スイッチ，光スイッチ
６０２，６０４　信号方向器
６０６　リンク装置
６０８　駆動器
６１２，６１４　信号方向器
６１６　リンク装置
６１８　駆動器
６３０　ファイバ
６３４　端部
６４０　ファイバ
６４４　端部
６５０　ファイバ
６５４　端部
６６０　ファイバ

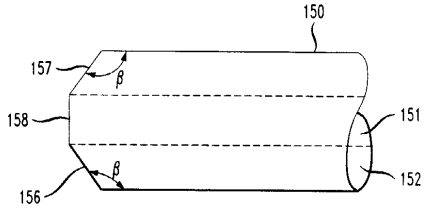
６６４　端部
７０２，７０４　信号方向器
７０８　駆動器
７１２，７１４　信号方向器
７１８　駆動器
７３０　光源ファイバ，ファイバ
７４０　光源ファイバ，ファイバ
７５０，７６０　着信ファイバ，ファイバ
８００　駆動器
８０４　光デバイス
８３０　光ファイバ
８３１　光コア
８４０　光ファイバ
８４１　光コア
８６９　空間
８７０　電極，固定電極
８７１　電極，可動電極
８７２　支持，基板
８７３　支持手段
８７４　交差部
８７５　フレーム
８７７　そり
８７８　光デバイス支持
８７９　固着蝶番
８８０　突起
８８１　第１の部分
８８２　第２の部分
８８３　蝶番
８８４　ばね
８８５，８８６　端部
８８７　ばね端部
８８８　刻み目
８９０　間隙
９００　駆動器
９０４　光デバイス
９３０　光ファイバ
９３１　コア
９４０　光ファイバ
９４１　コア
９７２　支持，基板
９７２ａ　表面
９８９　リンク装置
９９１　電極，固定電極
９９２　可動平板電極
９９３　ビーム
９９３ａ，９９３ｂ　部分
９９３ｃ　ビーム端
９９４　支点
９９５　光デバイス支持
９９７　突起

９９８　蝶番
Ｓ１，Ｓ２　信号
Ｓ３，Ｓ４　信号，光信号
Ａ－Ａ，Ｂ－Ｂ　光軸
３－３，４－４　光学軸

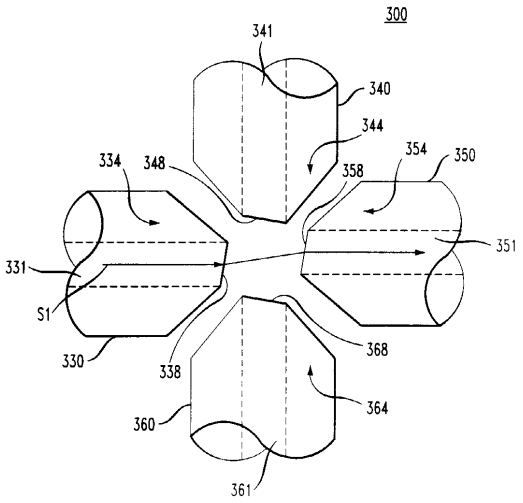
【図１】



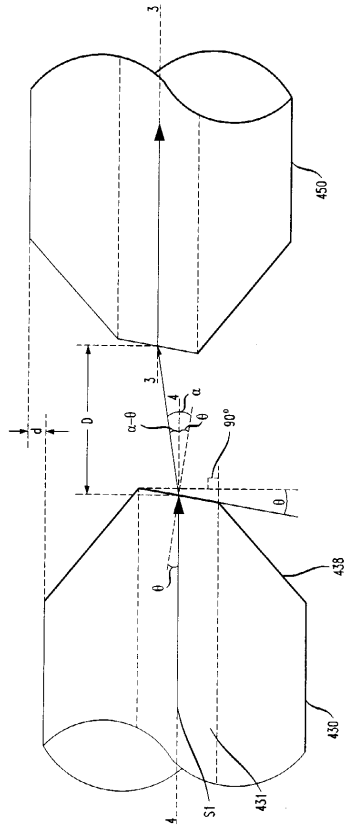
【図２】



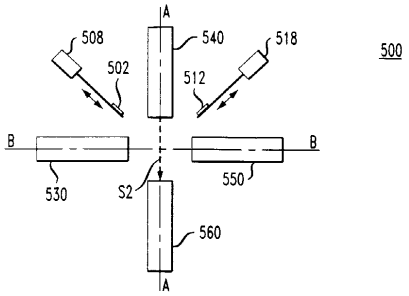
【図３】



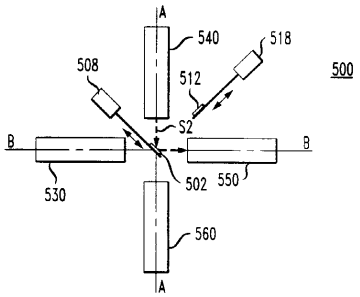
【図４】



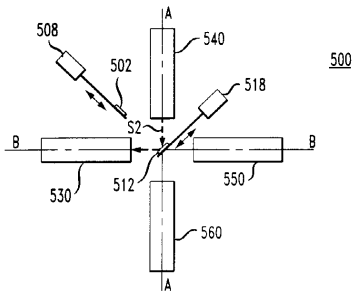
【図５ａ】



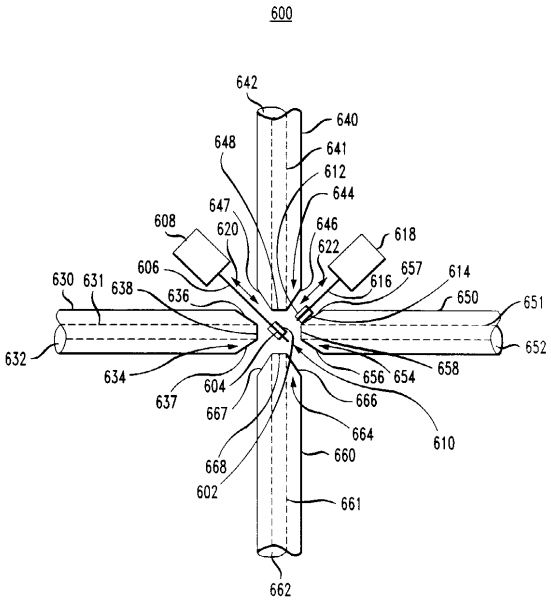
【図５ｂ】



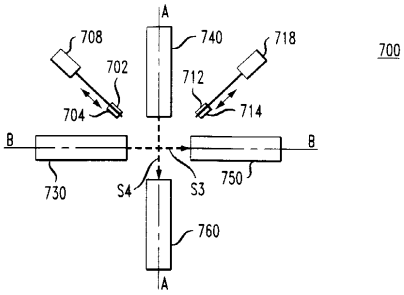
【図５ｃ】



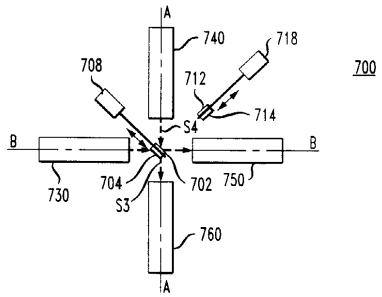
【図６】



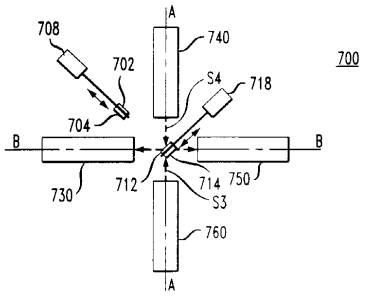
【図７ａ】



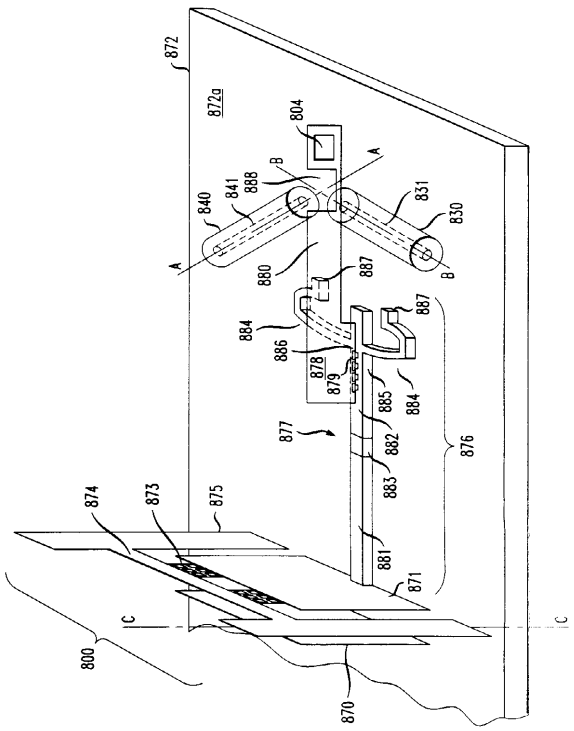
【図７ｂ】



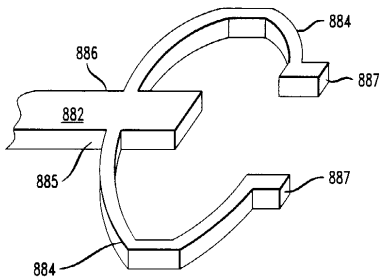
【図７ｃ】



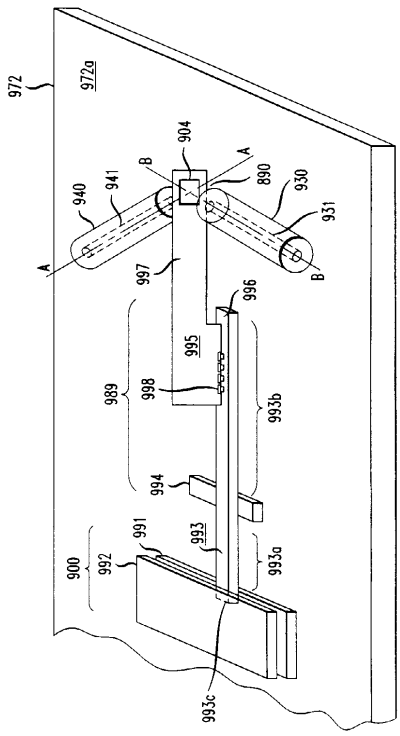
【図８ａ】



【図８ｂ】



【図９】


972
972a
904
B
A
890
930
931
940
941
A
B
997
996
995
989
998
993b
994
991
993
900
992
993a
993c

フロントページの続き

(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 100104352
弁理士 朝日 伸光
(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 ヴラディミール エー. アクシュック
アメリカ合衆国 ０８８５４ ニュージャーシィ, ピスカッタウェイ, ミンディ レーン ４０５
(72)発明者 ディヴィッド ジェー. ビショップ
アメリカ合衆国 ０７９０１ ニュージャーシィ, サミット, オーク クノール ロード ７
(72)発明者 シー. ランディ ギルズ
アメリカ合衆国 ０７９８１ ニュージャーシィ, ホイッパニー, パーシパニー ロード １１４

合議体
審判長 稲積 義登
審判官 吉田 禎治
審判官 吉野 三寛

(56)参考文献 特開平９－２４３９３８（ＪＰ, Ａ）
特開平１０－２１３７５４（ＪＰ, Ａ）
特開平１－２５５８２６（ＪＰ, Ａ）
実開昭５６－１７０４０６（ＪＰ, Ｕ）
特開昭６３－２４４０１２（ＪＰ, Ａ）
C. Marxeer et al, VERTICAL MIRRORS FABRICATED BY DEEP REACTIVE ION ETCHING FOR FIBER-OPTIC SWITCHING APPLICATIONS, Journal of Microelectromechanical systems, 1997年 9月, vol. 6, No. 3, pp. 277－285

(58)調査した分野(Int.Cl., ＤＢ名)
G02B26/00-26/08