

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-318150

(P2004-318150A)

(43) 公開日 平成16年11月11日(2004.11.11)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>G 02 B 26/08  
B 81 B 5/00

F 1

G 02 B 26/08  
B 81 B 5/00

H

テーマコード(参考)

2 H 04 I

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2004-118570 (P2004-118570)  
 (22) 出願日 平成16年4月14日 (2004.4.14)  
 (31) 優先権主張番号 10/413328  
 (32) 優先日 平成15年4月14日 (2003.4.14)  
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(71) 出願人 399117121  
 アジレント・テクノロジーズ・インク  
 A G I L E N T T E C H N O L O G I E  
 S, I N C.  
 アメリカ合衆国カリフォルニア州パロアル  
 ト ページ・ミル・ロード 395  
 395 Page Mill Road  
 Palo Alto, California  
 U. S. A.  
 (74) 代理人 100099623  
 弁理士 奥山 尚一  
 (74) 代理人 100096769  
 弁理士 有原 幸一  
 (74) 代理人 100107319  
 弁理士 松島 鉄男

最終頁に続く

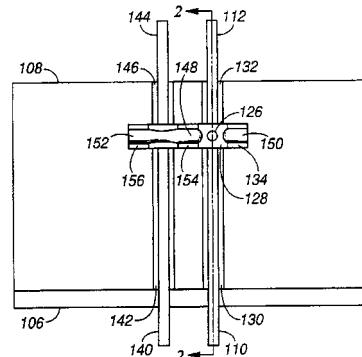
(54) 【発明の名称】屈曲モード液体金属スイッチ

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】液体表面張力の手段によりラッチする圧電駆動光リレーおよび光リレーで光路を切り替える方法。

【解決手段】第1の接点パッド156と湿潤接触する第1の液体金属液滴152と、第2の接点パッド134と湿潤接触する第2の液体金属液滴150と、第3の接点パッド154と湿潤接触し、切り替えチャンネル128内を移動して第1の液体金属液滴152と第2の液体金属液滴150のうちの一方に合体するように設けた第3の液体金属液滴148とを設け、第1の液体金属液滴152と第3の液体金属液滴148との間の前記切り替えチャンネル128を挿通する第1の光路が、第1の液体金属液滴152と前記第3の液体金属液滴148が合体したときに遮断され、第1の液体金属液滴152と第3の液体金属液滴148が分離したときに開通する。

【選択図】図3



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

切り替えチャンネルを備えるリレーハウジングと、  
前記切り替えチャンネル内に配置され、それぞれ液体金属により湿潤可能な面を有する  
第1の接点パッド及び第2の接点パッドと、

前記切り替えチャンネル内に前記第1と第2の接点パッド間に配置され、液体金属によ  
り湿潤可能な面を有する第3の接点パッドと、

前記第1の接点パッドと湿潤接触する第1の液体金属液滴と、

前記第2の接点パッドと湿潤接触する第2の液体金属液滴と、

前記第3の接点パッドと湿潤接触し、前記切り替えチャンネル内を移動して前記第1の  
液体金属液滴と前記第2の液体金属液滴のうちの一方に合体するように設けた第3の液体  
金属液滴と、  
10

前記第1の液体金属液滴と前記第3の液体金属液滴の間の前記切り替えチャンネルを挿  
通する第1の光路と、

第1ポンプ室が、可撓性ダイヤフラムにより一部区画され、前記ポンプ室と前記切り替  
えチャンネルの間で差動流体をポンプ送りし、それによって前記第3の液体金属液滴を前  
記第1の液体金属液滴と前記第2の液体金属液滴の一方と合体させるように動作可能な第  
1の圧電ポンプとを備え、

前記第1の光路は、前記第1の液体金属液滴と前記第3の液体金属液滴が合体したとき  
に遮断され、前記前記第1の液体金属液滴と前記第3の液体金属液滴が分離したときに開  
通する、  
20

ことを特徴とする圧電光リレー。

**【請求項 2】**

前記第1の圧電ポンプは、第1の貫通孔を介して切り替えチャンネル内へ作動流体をポン  
プ送りするよう動作可能であり、該第1の貫通孔は前記第2の液体金属液滴と前記第3  
の液体金属液滴の間に配置してあり、それによって前記第2と第3の液体金属液滴を分離  
させるとともに前記第1と第3の液体金属液滴を合体させることを特徴とする請求項1に記載  
の圧電光リレー。

**【請求項 3】**

前記第1の圧電ポンプはさらに、作動流体を第1の貫通孔を介して前記切り替えチャン  
ネル外へポンプ送りするよう動作可能であり、前記第1の貫通孔は前記第2の液体金属液滴  
と前記第3の液体金属液滴の間に位置し、それによって該第2と第3の液体金属液滴を合  
体させ、前記第1と第3の液体金属液滴を分離することを特徴とする請求項1に記載の圧電  
光リレー。  
30

**【請求項 4】**

前記第1の圧電ポンプはさらに、前記第1の可撓性ダイヤフラムに取り付けた少なくとも  
一つの圧電素子を備え、該少なくとも一つの圧電素子が屈曲モードで変形し、それによ  
って前記第1のポンプ室の容積を可変するよう設けてあることを特徴とする請求項1に記載  
の圧電光リレー。

**【請求項 5】**

前記第1の光路が、

切り替えチャンネルへ光を伝送する構成の第1の導光路と、

前記第1の導光路に光学的に整列配置され、前記第1の液体金属液滴と前記第3の液体  
金属液滴が分離したときに前記第1の導光路から光を受光する構成の第2の導光路とを備  
える、

ことを特徴とする請求項1に記載の圧電光リレー。  
40

**【請求項 6】**

前記第2の液体金属液滴と前記第3の液体金属液滴の間を挿通する第2の光路をさらに  
備えることを特徴とする請求項1に記載の圧電光リレー。

**【請求項 7】**

50

第2の可撓性ダイヤフラムにより一部区画され、貫通孔を介して前記第2のポンプ室と前記切り替えチャンネルの間で作動流体をポンプ送りするよう動作可能な第2のポンプ室を備える第2の圧電ポンプをさらに備え、前記貫通孔が前記第1の液体金属液滴と前記第3の液体金属液滴の間に位置することを特徴とする請求項1に記載の圧電光リレー。

#### 【請求項8】

切り替えチャンネル内を可動の第1の液体金属液滴を有する圧電光リレー内で光路を切り替える方法であって、

入力光信号を前記圧電光リレーの入力導光路へ結合するステップで、該入力導光路を出力導光路に光学的に整列配置して光路を形成する前記ステップと、

前記光路を開通させる場合、第1の液体金属液滴を前記光路外へ移動させ、それによって前記入力導光路を前記出力導光路へ光学的に結合するステップと、10

前記光路を遮断する場合、前記第1の液体金属液滴を前記光路内へ移動させ、それによって前記入力導光路を前記出力導光路から光学的に分離させるステップとを有し、

前記第1の液体金属液滴の移動ステップが、少なくとも一つの圧電素子を付勢して屈曲モードで変形させ、それによって第1の可撓性ダイヤフラムを偏向させ、第1のポンプ室の容積を可変して前記切り替えチャンネル内の作動流体の圧力を可変するステップを有する、

ことを特徴とする方法。

#### 【請求項9】

前記第1の液体金属液滴は第2の接点パッドと第3の接点パッドの間の前記切り替えチャンネルに配置した第1の接点パッドと湿潤接触しており、20

前記第1の液体金属液滴を光路内へ移動させることにより、前記第1の液体金属液滴を前記第2の接点パッドに湿潤接触させて前記第2の液体金属液滴に合体させ、

前記第1の液体金属液滴を光路外へ移動させることにより、前記第1の液体金属液滴を前記第3の接点パッドに湿潤接触させて前記第3の液体金属液滴に合体させる、

ことを特徴とする請求項8に記載の圧電光リレー内で光路を切り替える方法。

#### 【請求項10】

前記第1の液体金属液滴の移動ステップはさらに、少なくとも一つの圧電素子を付勢して屈曲モードで変形させ、それによって第2の可撓性ダイヤフラムを屈曲させ、第2のポンプ室の容積を可変し、前記切り替えチャンネル内の作動流体の圧力を可変するステップを有することを特徴とする請求項8に記載の圧電光リレー内で光路を切り替える方法。30

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【技術分野】

##### 【0001】

本発明は切り替えリレーの分野に係り、特に液体表面張力の手段によりラッチする圧電駆動光リレーおよび光リレーで光路を切り替える方法に関する。

##### 【背景技術】

##### 【0002】

光信号を用いる通信システムには、光スイッチとルータの使用が必要である。光学的スイッチングへのこれまでのアプローチは、光信号を電気信号へ変換し、電気スイッチ或いはルータを用い、続いて光信号へ変換し戻すものであった。より近年になって、電気的制御信号を光信号の切り替えや振り分けの制御に用いる光リレーが用いられてきた。光リレーは通常、可動の固体ミラーを使用するか或いはキャビティ内で屈折率を変更する気泡の使用により光信号を切り替えている。可動ミラーが静電ラッチ機構を用いることができるのに対し、気泡スイッチがラッチすることはない。圧電ラッチリレーは、ラッチ用に圧電材料中の残留電荷を用いるか、或いはラッチ機構を含むスイッチ接点を駆動するかのいずれかである。

##### 【0003】

液体金属は、電気リレーにも用いられている。液体金属液滴は、静電力や熱膨張／収縮に起因する可変構造や圧力勾配を含む様々な技術により移動させることができる。対象と50

なる外形寸法を縮減すると、液体金属の表面張力は体積力（慣性）等の他の力を上回る支配的な力となる。従って、一部の超微細電機（MEM；micro-electromechanical）システムは液体金属のスイッチングを利用する。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

本発明は、上記課題を解決し、液体表面張力の手段によりラッチする圧電駆動光リレーおよび光リレーで光路を切り替える方法を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明は、液体金属液滴をチャネル内で移動させ、チャネルを挿通する信号路を遮断或いは遮断解除するのに用いるスイッチに関する。ダイヤフラムに作用する圧電素子により液体金属液滴を移動させ、チャネル内で圧力変化を生成する。液体金属液滴はチャネル内で湿潤可能な金属接点パッドに付着し、ラッチ機構を提供する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0006】

新規性が在ると考える本発明の特徴は、添付の特許請求の範囲に記載してある。しかしながら、本発明自体は、その目的及び利点と併せ構成と動作方法の両方について本発明の以下の詳細な説明を参照することで最も良く理解でき、この説明には添付図面と併せ本発明の幾つかの例示的実施形態が記載してある。

【0007】

本発明は多くの異なる形態による実施余地があるが、本開示を本発明原理の例示として考えるべきで、図示し説明する特定の実施形態に本発明を限定する意図のないことを理解した上で、1以上の具体的な実施形態を図面に図示しあつこに詳細に説明するものとする。以下の説明では、図面の幾つかの図において同一部分や類似部分或いは対応部分が同様の参照符号を用いて記述してある。

【0008】

本発明は、切り替えチャネル内を移動する液体金属液滴により切り替えられてラッチする圧電駆動リレーに関する。例示実施形態では、リレーは屈曲モードで動作する圧電素子を用い、ダイヤフラムを変形させて作動流体を変位させ、翻ってこのことが液体金属を変位させる。磁界の存在下で変形するターフェノルD（Terfenol-D）等の磁気抵抗素子を、圧電素子の代替品として用いることもできる。結局、圧電素子と磁気抵抗素子は集合的に「圧電素子」と呼ぶこととする。

【0009】

液体金属は光路を遮断或いは遮断解除し、光信号の切り替えを可能にする。液体金属、これは水銀でもよいが、リレーハウジング上の少なくとも一つの固定接点パッドを湿潤し、表面張力により所定場所に保持される。1以上の電気信号の切り替えもまた可能であり、そこでは1以上の電気信号の切り替えが1以上の電気信号の1以上の接点パッドへの結合により達成できることに留意されたい。1以上の接点パッドのうちの二つに結合する液体金属を用い、1以上の電気信号の中から効果的に一つの電気信号を選択することもできる。1以上の電気信号の切り替えと光信号の切り替えは、液体金属に結合した可動金属片の使用により簡単化することができる。1以上の電気信号を切り替える例示的実施形態では、可動金属片と液体金属を1以上の接点パッドのうちの二つに結合させ、これにより1以上の電気信号のうちの一つの電気信号を切り替えるよう動作可能な電気信号路が閉路する。1以上の光信号を切り替える例示的実施形態では、1以上の光信号を遮断或いは遮断解除するよう可動金属片（金属の小塊）と液体金属を動作可能としてある。

【0010】

一実施形態では、超微細加工技法を用いてリレーを製造する。光リレー100の端面図を、図1に示す。本実施形態では、リレー本体は6層で出来ており、超微細加工による製造に適している。最下層は、作動流体の貯槽を収容した底部キャップ層102である。次

10

20

30

40

50

の層は、圧電ポンプのダイヤフラムとポンプ室を組み込んだポンプ室層104である。次の層は、ポンプ室を切り替えチャンネルに結合する通気孔（貫通孔）を含む貫通孔層106である。光信号の切り替えは、切り替え層108に収容された切り替えチャンネル内で生起する。第1の動作モードでは、光信号は光ファイバ或いは導波路（導波管）110を介してリレー内に入射し、リレーにより遮断されない場合、光ファイバ或いは導波路（導波管）112を介して出射する。最終層は、頂部キャップ層114である。

#### 【0011】

図2は、図1のリレーの断面図である。この断面は、図3に2-2線として表示してある。最下層は、作動流体の貯槽116を収容した底部キャップ層102である。各ポンプごとに、貯槽116が一つ在ることになる。次の層は、圧電ポンプの可撓性ダイヤフラム118とポンプ室120を組み込んだポンプ室層104である。動作時に、ダイヤフラム118は、このダイヤフラム118に取り付けられて屈曲モードで動作する少なくとも一つの圧電素子122により変形させられる。圧電素子は、ダイヤフラム118の片側或いは両側に取り付けることができる。電気接点パッド124により、制御信号を圧電素子122に結合することができる。次の層は、ポンプ室120を切り替えチャンネル128（切り替え層108内に収容）に結合する管路126を収容した貫通孔層106である。

#### 【0012】

第1の動作モードでは、光信号は光ファイバすなわち導波路110を介してリレー100内へ入射し、リレー100内で遮断されない場合、光ファイバ或いは導波路112を介して出射する。導光路110は、切り替え層108のノッチ130内に埋め込んである。導光路112は、切り替え層108のノッチ132内に埋め込んである。湿潤可能な接点パッド134が、切り替えチャンネル128の内部に固定してある。この接点パッド134は、シールベルト金属で作製することができる。各製作パッドは、4部材で製作される。すなわち、貫通孔層106の頂部に取り付けた下層と、切り替え層108内の切り替えチャンネル128の側面に取り付けた二つの側面パッドと、頂部キャップ層114の下面に取り付けた頂部パッドである。切り替えに用いる液体金属は、表面張力によってこれらのパッドに接触保持される。本発明の幾つかの実施形態では、液体金属に結合された可動金属片の存在により光路を遮断することができる。

#### 【0013】

第2の動作モードでは、電気信号が接点パッドのうちの二つへ結合され、その場合に二つの接点パッドは液体金属により結合される。第3の動作モードでは、可動金属片は二つの接点パッドに結合され、さらに液体金属に結合される。第2及び第3の動作モードでは、導光路は存在する必要はなく、何故なら接点パッドに結合する液体金属を用いて切り替えが達成されるからである。第4の動作モードでは、可動金属片は光信号を遮断或いは遮断解除するよう動作可能である。最終層は頂部キャップ層114であり、それが切り替えチャンネル用のキャップを備える。

#### 【0014】

頂部層を取り除いた状態の光リレーの図が、図3に示してある。切り替え層108は、貫通孔層106の上方に配置してある。切り替え層108のノッチ130内に埋設した導光路110は、導光路112（ノッチ132内に埋設）と光学的に整列配置してある。導波路110、112間を結合する光は、切り替えチャンネル128内の透明作動流体を通過しなければならない。切り替え層108のノッチ142内に埋設した導光路140は、導光路144（ノッチ146内に埋設）に光学的に整列配置してある。液体金属148の中央液滴は切り替えチャンネル128内に位置しており、接点パッド154と湿潤接触させて保持されている。

#### 【0015】

例示実施形態では、液体金属は水銀である。中央液体金属液滴148は、さらなる液体金属液滴150、152のうちの一つと合体するよう移動させることができる。液体金属液滴150、152は、それぞれ接点パッド134、156と湿潤接触している。液体金属の全体積は、二つの体積だけが一度に合体するよう選択してある。例えば、接点パッド

10

20

30

40

50

はシールベルト金属で製作することができる。各ベルトは 4 要素から出来ており、二つが切り替え層 108 に取り付けてあり、一つが貫通孔層 106 の頂部に取り付けてあり、一つが頂部キャップ層 114 の下側に取り付けてある。液体金属液滴の表面張力は、液体の動きに抗する。図 3 に示す如く液体金属液滴 148、152 が合体すると、液滴間に光が通過できる間隙が存在しなくなり、かくして導波路 140、144 間の光路は遮断される。

#### 【 0 0 1 6 】

しかしながら、光は液体金属液滴 148、150 間の間隙を通過し、かくして導波路 110、112 間の光路は開放される。この 2 - 2 線断面は図 2 に示してあり、前述した通りである。本発明の幾つかの実施形態において、可動金属片を液体金属液滴に結合し、これにより液体金属液滴と可動金属片を用いて導光路間の光伝送を遮断或いは遮断解除できることに留意されたい。さらに、接点パッドを用いて電気信号を切り替え、そこで液体金属液滴の位置に基づいて電気信号が切り替わることに留意されたい。

#### 【 0 0 1 7 】

液体液滴の動きは透明不活性非導電作動流体により制御され、これが液体金属液滴を囲繞するリレーの内部を満たしている。作動流体は、接点パッド間に配置した貫通孔すなわち通気孔を介して切り替えチャンネル 128 の内外へポンプ送りされる。液体金属 148 の中央液滴は、図 4 に示した通気孔 158 を介して作動流体を切り替えチャンネル内にポンプ送りすることで液滴 152 から分離することができる。随意選択的ではあるが、流体は貫通孔 126 (図 3) を介して切り替えチャンネル外へ同時にポンプ送りすることができる。生成した圧力が図 4 に示す如く中央液体金属液滴 148 を右方へ移動させ、そこでは液滴 150 と合体する。作動流体の圧力が等化されると、液体金属の表面張力が故に中央液滴 148 は液滴 150 と合体したままとなる。表面張力が、合体した液滴を接点パッド 134、154 に保持もする。導波路 140、144 間の光路はここで開放されるが、導波路 110、112 間の光路は液体金属により遮断される。

#### 【 0 0 1 8 】

幾つかの実施形態では、可動金属片を液体金属液滴 148 に結合し、これにより液体金属液滴 148 の動きが可動金属片も移動させ、かくして可動金属片が液体金属を加勢して導光路 140、144 間の光路を遮断することに留意されたい。さらに、接点パッドが 1 以上の電気信号を切り替えるよう動作可能であれば、1 以上の電気信号のうちの一つの電気信号を搬送する電路を閉成するのに可動金属片と液体金属液滴 148 を用い得ることに留意されたい。底部キャップ層 102 が、図 5 に示してある。図 5 を参照するに、作動流体は貯槽 116、160 内に溜めてある。貯槽 116、160 は、リレーの組み立て後に孔 162、164 を介して満たすことができる。貯槽 116、160 を満たした後、これらの孔 162、164 は栓で塞がれる。図 6 は、図 5 に示した 6 - 6 線断面を通る底部キャップ槽 102 の断面図である。貯槽 116 は、層 102 内に形成してある。貯槽 116 の壁は、液体を切り替えチャンネル内にポンプ送りするのに必要な力を低減するよう対応させることができる。

#### 【 0 0 1 9 】

図 7 は、リレーのポンプ室層 104 の上面図である。ポンプ室 120、165 は層 104 内に形成しており、可撓性ダイヤフラムにより一部区画してある。ダイヤフラムと室は、選択領域内で層 104 を瘦身化することで形成することができる。さもなくば、ダイヤフラムを別個の材料で形成し、層に取り付けることもできる。より厚肉の領域 168、170 は、圧力解放通気孔 172、174 向けに備えたものである。圧力解放通気孔 172、174 により、ダイヤフラムにかかる圧力の緩速等化が可能となる。通気孔は急速な流体流に抵抗し、これによりダイヤフラムのポンプ送り動作が損なわれることはなくなる。

#### 【 0 0 2 0 】

図 8 は、リレーのポンプ室層 104 の底面図である。圧電素子 122 は、可撓性ダイヤフラム 118、166 に取り付けてある。圧電素子 122 は、それらの両端に電圧を印加したときに屈曲モードで変形する。得られたダイヤフラムの変形が、ポンプ室と切り替え

10

20

30

40

50

チャンネルとの間で作動流体を移動させる。電気制御信号は、電気接点 124、176、178、180を介して圧電素子に印加される。電気接点 124、176がダイヤフラム 118上の圧電素子 122を制御し、その一方で接点 178、180がダイヤフラム 166上の圧電素子 122を制御する。関連する電気回路網は、図示していない。圧力解放通気孔 172、174は、層を挿通している。

#### 【0021】

図 9 は、図 8 に示した圧電層 104 の 9 - 9 線断面を通る断面図である。ダイヤフラム 118 は、ポンプ室 120 を被覆している。圧電素子 122 は、ダイヤフラム 118 に取り付けてある。ダイヤフラム 118 の変形がポンプ室の容積を増大或いは減少させ、流体をポンプ室 120 と切り替えチャンネル 128 の間で移動させる。これら二つの圧電ポンプと一緒に用い、一方のポンプがポンプ室 120 を緊縮して作動流体を切り替えチャンネル 128 内に圧送し、その一方で他方のポンプがポンプ室 120 を拡張しチャンネルの他端から流体を引き出す。この二重の動作が、液体金属にかかる力を増大させる。

#### 【0022】

図 10 は、リレーの貫通孔層 106 の上面図である。貫通孔すなわち通気孔 126、158 により、作動流体の流路はポンプ室 120 から貫通孔層 106 を挿通して切り替えチャンネル 128 へ至る。湿潤可能な接点パッド 134、154、156 の最下部が層の上面に形成又は取り付けてあり、切り替えチャンネル 128 内にあって頂部キャップ層上にあるパッドの他の部分に結合している。

#### 【0023】

図 11 は、図 10 に示した貫通孔層 106 の 11 - 11 線に沿う断面図である。貫通孔 126 は、層 106 を挿通している。湿潤可能な接点パッド 134 が、層 106 の頂面に取り付けてある。

#### 【0024】

図 12 は、リレーの切り替え層 108 の上面図である。切り替え層 108 のノッチ 130 内に埋設した導光路 110 は、導光路 112（ノッチ 132 内に埋設）と光学的に整列配置してある。ノッチ 142 内に埋設した導光路 140 は、導光路 144（ノッチ 146 内に埋設）と光学的に整列配置してある。湿潤可能な接点パッド 134、154、156 の一部が、切り替えチャンネル 128 の内部に固定してある。本発明の幾つかの実施形態では、湿潤可能な接点パッド 134、154、156 は 1 以上の電気信号を切り替えるのに用いるべく動作可能である。

#### 【0025】

切り替え層 108 の側面図が、図 13 に示してある。導光路 110、140 は、この層の頂面の三角ノッチ 130、142 内に埋め込んである。ノッチの使用により、リレーの組立期間中に導波路の正確な光学的整列配置が可能となる。

#### 【0026】

図 14 は、リレーの頂部キャップ層 114 の底面図である。湿潤可能な接点パッド 134、154、156 の最頂部は、その層の下面に形成又は取り付けてあり、切り替えチャンネル 128 と貫通孔層 106 内の他の部分に結合してある。

#### 【0027】

本発明の光リレーは、小寸法用の超微細加工技術を用いて製作することができる。

#### 【0028】

圧電素子を用いることの一つの利点は、それらが容量性装置であって、エネルギーを消散するのではなく蓄積することにある。その結果、電力消費と熱蓄積は最小に保たれる。

#### 【0029】

さらなる実施形態では、単一の圧電ポンプが用いられる。ポンプは作動流体を切り替えチャンネル内にポンプ送りして中央の液体金属液滴を一方向に押圧するとともに、作動流体を切り替えチャンネルの外にポンプ送りして中央液体金属液滴を他方向へ吸引するよう動作可能としてある。

#### 【0030】

10

20

30

40

50

二つの圧電ポンプを用いた場合、それらは交互に押圧或いは交互に吸引し、或いは一方が押圧してその間に他方が吸引するか又はその逆を行なうことができる。

### 【0031】

本発明を特定の実施形態と併せ説明してきたが、前述の説明に照らし当業者には多くの代替例や修正例や置換例や変形例が明らかとなるであろうことは明白である。従って、添付の特許請求の範囲に含まれるこの種の全ての代替例と修正例と変形例を包含することを本発明は意図するものである。

### 【0032】

以上本発明の各実施例について説明したが、実施例の理解を容易にするために、実施例ごとの要約を以下に列挙する。

(1) 切り替えチャンネル(128)を備えるリレーハウジング(100)と、

前記切り替えチャンネル(128)内に配置され、それぞれ液体金属により湿润可能な面を有する第1の接点パッド(156)及び第2の接点パッド(134)と、

前記切り替えチャンネル(128)内に前記第1と第2の接点パッド(156, 134)間に配置され、液体金属により湿润可能な面を有する第3の接点パッド(154)と、

前記第1の接点パッド(156)と湿润接触する第1の液体金属液滴(152)と、

前記第2の接点パッド(134)と湿润接触する第2の液体金属液滴(150)と、

前記第3の接点パッド(154)と湿润接触し、前記切り替えチャンネル(128)内を移動して前記第1の液体金属液滴(152)と前記第2の液体金属液滴(150)のうちの一方に合体するように設けた第3の液体金属液滴(148)と、

前記第1の液体金属液滴(152)と前記第3の液体金属液滴(148)の間の前記切り替えチャンネル(128)を挿通する第1の光路と、

第1ポンプ室(120)が、可撓性ダイヤフラム(118)により一部区画され、前記ポンプ室(120)と前記切り替えチャンネル(128)の間で差動流体をポンプ送りし、それによって前記第3の液体金属液滴(148)を前記第1の液体金属液滴(152)と前記第2の液体金属液滴(150)の一方と合体させるよう動作可能な第1の圧電ポンプとを備え、

前記第1の光路は、前記第1の液体金属液滴(152)と前記第3の液体金属液滴(148)が合体したときに遮断され、前記前記第1の液体金属液滴(152)と前記第3の液体金属液滴(148)が分離したときに開通する、

ことを特徴とする圧電光リレー。

(2) 前記第1の圧電ポンプは、第1の貫通孔(126)を介して切り替えチャンネル(128)内へ作動流体をポンプ送りするよう動作可能であり、該第1の貫通孔は前記第2の液体金属液滴(150)と前記第3の液体金属液滴(148)の間に配置しており、それによって前記第2と第3の液体金属液滴を分離させるとともに前記第1と第3の液体金属液滴を合体させることを特徴とする〔1〕に記載の圧電光リレー。

(3) 前記第1の圧電ポンプはさらに、作動流体を第1の貫通孔(126)を介して前記切り替えチャンネル外へポンプ送りするよう動作可能であり、前記第1の貫通孔(126)は前記第2の液体金属液滴(150)と前記第3の液体金属液滴(148)の間に位置し、それによって該第2と第3の液体金属液滴を合体させ、前記第1と第3の液体金属液滴を分離することを特徴とする〔1〕に記載の圧電光リレー。

(4) 前記第1の圧電ポンプはさらに、前記第1の可撓性ダイヤフラム(118)に取り付けた少なくとも一つの圧電素子(122)を備え、該少なくとも一つの圧電素子(122)が屈曲モードで変形し、それによって前記第1のポンプ室(120)の容積を可変するよう設けてあることを特徴とする〔1〕に記載の圧電光リレー。

(5) 前記第1の光路が、

切り替えチャンネルへ光を伝送する構成の第1の導光路(110)と、

前記第1の導光路(110)に光学的に整列配置され、前記第1の液体金属液滴(152)と前記第3の液体金属液滴(148)が分離したときに前記第1の導光路から光を受光する構成の第2の導光路(112)とを備える、

10

20

30

30

40

50

ことを特徴とする〔1〕に記載の圧電光リレー。

〔6〕 前記第2の液体金属液滴(150)と前記第3の液体金属液滴(148)の間を挿通する第2の光路をさらに備えることを特徴とする〔1〕に記載の圧電光リレー。

〔7〕 第2の可撓性ダイヤフラム(166)により一部区画され、貫通孔(158)を介して前記第2のポンプ室と前記切り替えチャンネル(128)の間で作動流体をポンプ送りするよう動作可能な第2のポンプ室(165)を備える第2の圧電ポンプをさらに備え、前記貫通孔(158)が前記第1の液体金属液滴(152)と前記第3の液体金属液滴(148)の間に位置することを特徴とする〔1〕に記載の圧電光リレー。

〔8〕 切り替えチャンネル(128)内を可動の第1の液体金属液滴(148)を有する圧電光リレー内で光路を切り替える方法であって、

入力光信号を前記圧電光リレーの入力導光路(110)へ結合するステップで、該入力導光路(110)を出力導光路(112)に光学的に整列配置して光路を形成する前記ステップと、

前記光路を開通させる場合、第1の液体金属液滴(148)を前記光路外へ移動させ、それによって前記入力導光路(110)を前記出力導光路(112)へ光学的に結合するステップと、

前記光路を遮断する場合、前記第1の液体金属液滴(148)を前記光路内へ移動させ、それによって前記入力導光路(110)を前記出力導光路(112)から光学的に分離させるステップとを有し、

前記第1の液体金属液滴(148)の移動ステップが、少なくとも一つの圧電素子(122)を付勢して屈曲モードで変形させ、それによって第1の可撓性ダイヤフラム(118)を偏向させ、第1のポンプ室(120)の容積を可変して前記切り替えチャンネル(128)内の作動流体の圧力を可変するステップを有する、

ことを特徴とする方法。

〔9〕 前記第1の液体金属液滴(148)は第2の接点パッド(156)と第3の接点パッド(134)の間の前記切り替えチャンネル(128)に配置した第1の接点パッド(154)と湿潤接触しており、

前記第1の液体金属液滴(148)を光路内へ移動させることにより、前記第1の液体金属液滴(148)を前記第2の接点パッド(156)に湿潤接触させて前記第2の液体金属液滴(152)に合体させ、

前記第1の液体金属液滴(148)を光路外へ移動させることにより、前記第1の液体金属液滴(148)を前記第3の接点パッド(134)に湿潤接触させて前記第3の液体金属液滴(150)に合体させる、

ことを特徴とする〔8〕に記載の圧電光リレー内で光路を切り替える方法。

〔10〕 前記第1の液体金属液滴(148)の移動ステップはさらに、少なくとも一つの圧電素子(122)を付勢して屈曲モードで変形させ、それによって第2の可撓性ダイヤフラム(166)を屈曲させ、第2のポンプ室(165)の容積を可変し、前記切り替えチャンネル(128)内の作動流体の圧力を可変するステップを有することを特徴とする〔8〕に記載の圧電光リレー内で光路を切り替える方法。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0033】

【図1】本発明の幾つかの実施形態に合致する光リレーの端面図である。

【図2】本発明の幾つかの実施形態に合致する光リレーの断面図である。

【図3】頂部キャップ層を取り除いた状態の本発明の幾つかの実施形態に合致する光リレーの上面図である。

【図4】頂部キャップ層を取り除いた状態の本発明の幾つかの実施形態に合致する光リレーのさらなる上面図である。

【図5】本発明の幾つかの実施形態に合致する光リレーの底部キャップ層の上面図である。

【図6】本発明の幾つかの実施形態に合致する光リレーの底部キャップ層を通る断面図で

10

20

30

40

50

ある。

【図7】本発明の幾つかの実施形態に合致する光リレーのポンプ室層の上面図である。

【図8】本発明の幾つかの実施形態に合致する光リレーのポンプ室層の底面図である。

【図9】本発明の幾つかの実施形態に合致する光リレーのポンプ室層を通る断面図である。

【図10】本発明の幾つかの実施形態に合致する光リレーの貫通孔層の上面図である。

【図11】本発明の幾つかの実施形態に合致する光リレーの貫通孔層を通る断面図である。

【図12】本発明の幾つかの実施形態に合致する光リレーの切り替え層の上面図である。

【図13】本発明の幾つかの実施形態に合致する光リレーの切り替え層の側面図である。

【図14】本発明の幾つかの実施形態に合致する光リレーの頂部キャップ層の底面図である。

10

20

30

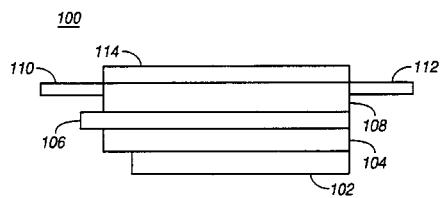
40

【符号の説明】

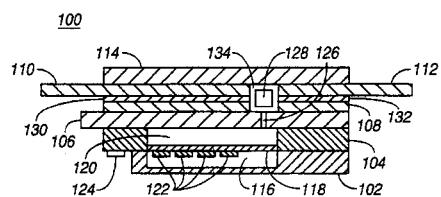
【0034】

- |             |                               |  |
|-------------|-------------------------------|--|
| 100         | 光リレー(リレーハウジング)                |  |
| 102         | 底部キャップ層                       |  |
| 104         | ポンプ室層                         |  |
| 106         | 貫通孔層                          |  |
| 108         | 切り替え層                         |  |
| 110         | 導波路(第1の導光路/入力導光路)             |  |
| 112         | 導波路(第2の導光路/出力導光路)             |  |
| 114         | 頂部キャップ層                       |  |
| 116         | 作動流体槽                         |  |
| 118         | 可撓性ダイヤフラム(第1の可撓性ダイヤフラム)       |  |
| 120         | ポンプ室(第1のポンプ室)                 |  |
| 122         | 圧電素子                          |  |
| 124         | 電気接点パッド                       |  |
| 126         | 管路(第1の貫通孔)                    |  |
| 128         | 切り替えチャンネル                     |  |
| 130、132     | ノッチ                           |  |
| 134         | 湿潤可能な接点パッド(第2の接点パッド/第3の接点パッド) |  |
| 140、144     | 導光路                           |  |
| 146         | ノッチ                           |  |
| 148         | 液体金属液滴(第3の液体金属液滴/第1の液体金属液滴)   |  |
| 150         | 液体金属液滴(第2の液体金属液滴/第3の液体金属液滴)   |  |
| 152         | 液体金属液滴(第1の液体金属液滴/第2の液体金属液滴)   |  |
| 154         | 湿潤可能な接点パッド(第3の接点パッド/第1の接点パッド) |  |
| 156         | 湿潤可能な接点パッド(第1の接点パッド/第2の接点パッド) |  |
| 158         | 通気孔                           |  |
| 160         | 貯槽                            |  |
| 162、164     | 孔                             |  |
| 165         | ポンプ室(第2のポンプ室)                 |  |
| 166         | 可撓性ダイヤフラム(第2の可撓性ダイヤフラム)       |  |
| 168、170     | より厚肉の領域                       |  |
| 172、174     | 圧力解放通気孔                       |  |
| 176、178、180 | 電気接点                          |  |

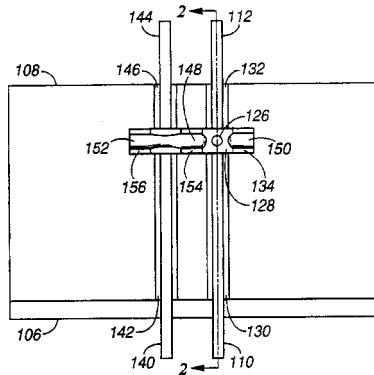
【図1】



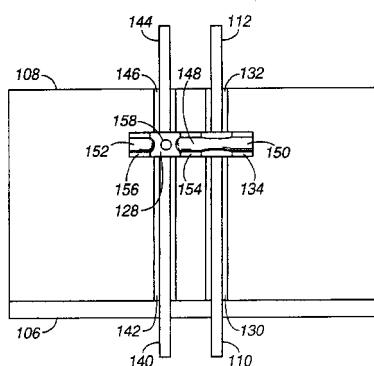
【図2】



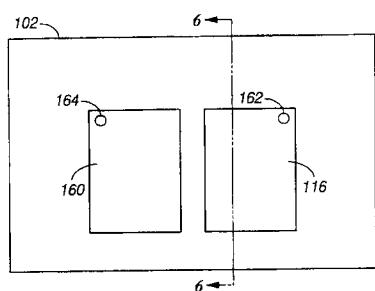
【図3】



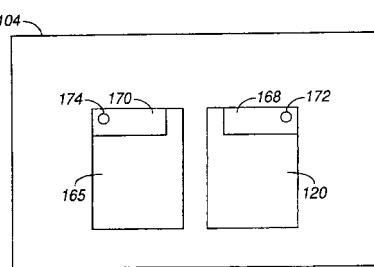
【図4】



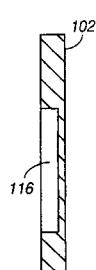
【図5】



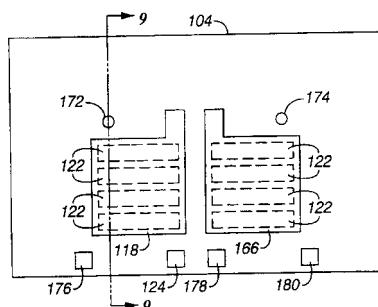
【図7】



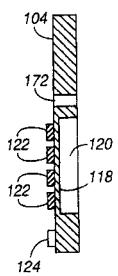
【図6】



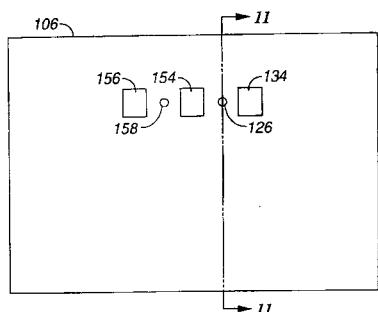
【図8】



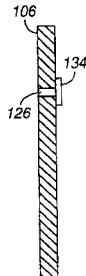
【図 9】



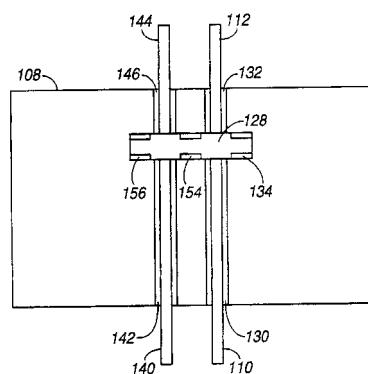
【図 10】



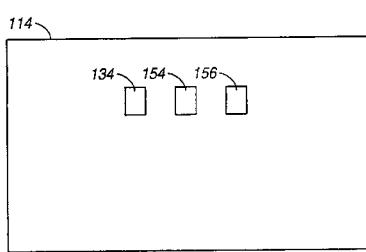
【図 11】



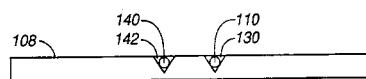
【図 12】



【図 14】



【図 13】



---

フロントページの続き

(72)発明者 マーヴィン・グレン・ウォン

アメリカ合衆国コロラド州80863, ウッドランド・パーク, ハニー ヒル レーン 93

F ターム(参考) 2H041 AA04 AB02 AB32 AC08 AZ03 AZ05 AZ08