

(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2004-318137

(P2004-318137A)

(43) 公開日 平成16年11月11日(2004.11.11)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

G02B 26/02

H01L 41/09

F 1

G02B 26/02

H01L 41/08

H01L 41/08

テーマコード(参考)

2 H 04 1

H

U

J

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2004-112471 (P2004-112471)  
 (22) 出願日 平成16年4月6日 (2004.4.6)  
 (31) 優先権主張番号 10/413314  
 (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 100075513  
 弁理士 後藤 政喜  
 (74) 代理人 100084537  
 弁理士 松田 嘉夫

最終頁に続く

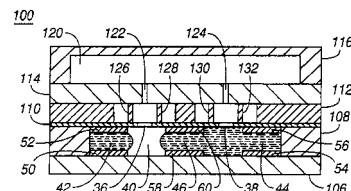
(54) 【発明の名称】圧電光学リレーおよび圧電光学リレーの光路スイッチング方法

## (57) 【要約】

【課題】液体金属を有し、ラッチ機能を備える圧電形の光学リレーを提供する。

【解決手段】圧電光学リレーはリレー筐体(100)に備えたスイッチング・チャネル(40)内には液体金属に濡れる表面を備えた第1、第2、第3の接触パッド(50、54、58)と、第1、第2、第3の接触パッドとそれぞれ濡れ接触した第1、第2、第3の液体金属小滴(42、44、46)と、第1、第3の液体金属小滴間に通る第1の光路と、第1、第3の液体金属小滴間に駆動流体を送り第1、第3の液体金属小滴を分離させ、第2、第3の液体金属小滴を合体させる第1の圧電ポンプ(126、128)と、第2、第3の液体金属小滴間に駆動流体を送り込み第2、第3の液体金属小滴を分離させ、第1、第3の液体金属小滴を合体させる第2の圧電ポンプ(130、132)を備える。第1の光路は、第1、第3の液体金属小滴の分離、合体に応じて開閉する。

【選択図】図3



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

スイッチング・チャネルを備えるリレー筐体と、  
前記スイッチング・チャネル内に配置され、液体金属に濡れる表面を備えた第1の接触パッドと、

前記スイッチング・チャネル内に配置され、液体金属に濡れる表面を備えた第2の接触パッドと、

前記第1の接触パッドと前記第2の接触パッドの間に配置され、液体金属に濡れる表面を備えた第3の接触パッドと、

前記第1の接触パッドと濡れ接触した第1の液体金属小滴と、

10

前記第2の接触パッドと濡れ接触した第2の液体金属小滴と、

前記第3の接触パッドと濡れ接触し、前記スイッチング・チャネル内を移動して、前記第1の液体金属小滴及び前記第2の液体金属小滴の一方と合体するようになっている第3の液体小滴と、

前記スイッチング・チャネルの前記第1の液体金属小滴と前記第3の液体金属小滴との間を通る第1の光路と、

前記スイッチング・チャネルの前記第1の液体金属小滴と前記第3の液体金属小滴との間に駆動流体を送り込むことにより、前記第1と第3の液体金属小滴を分離させ、前記第2の液体金属小滴と前記第3の液体金属小滴を合体させる働きをする第1の圧電ポンプと、

20

前記スイッチング・チャネルの前記第2の液体金属小滴と前記第3の液体金属小滴との間に駆動流体を送り込むことにより、前記第2と第3の液体金属小滴を分離させ、前記第1の液体金属小滴と前記第3の液体金属小滴を合体させる働きをする第2の圧電ポンプが含まれておる、

前記第1の光路は、前記第1及び第3の液体金属小滴が合体すると閉鎖され、前記第1及び第3の液体金属が分離すると開通することを特徴とする、

圧電光学リレー。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

30

本発明は、リレーに関するものであり、とりわけ、液体の表面張力によってラッチする圧電駆動リレーに関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

光信号を利用した通信システムには、光スイッチ及びルータの利用が必要になる。暑気の光スイッチングは、光信号を電気信号に変換し、電気スイッチまたはルータを利用し、さらに、変換して、光信号に戻すことであった。最近では、電気制御信号を利用して、光信号のスイッチングまたはルーティングを制御する、光学リレーが利用されるようになってきた。光学リレーは、一般に、可動固体ミラーを利用するか、または、気泡の生成を利用して、空洞内の屈折率を変更することによって、光信号をスイッチングする。可動ミラーは、静電ラッチ機構を利用することができるが、気泡スイッチは、ラッチしない。圧電ラッチ・リレーは、圧電材料の残留電荷を利用して、ラッチするか、または、ラッチ機構を含むスイッチ接触子を起動する。

40

## 【0003】

電気リレーには、液体金属も利用される。液体金属は、静電力、熱膨張／収縮による可変形状寸法、及び、圧力勾配を含む、さまざまな技術によって移動させることができある。問題となる寸法が収縮すると、液体金属の表面張力が、体積力（慣性）のような他の力よりも優勢な力になる。従って、超小型電子機械（MEM）システムの中には、液体金属スイッチングを利用するものもある。

【特許文献 2】米国特許第 6 5 1 5 4 0 4 号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

本発明の目的は液体金属を有し、ラッチ機能を備える圧電形の光学リレーを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明は、液体金属小滴をチャネル内で移動させて、チャネルを通る信号経路を閉鎖あるいは開通させるのに利用する、スイッチに関するものである。液体金属小滴は、せん断姿態で動作して、駆動流体を変位させる圧電素子によって移動させられる。液体金属小滴は、チャネル内の該液体金属小滴に濡れる金属接触パッドに付着して、ラッチ機構が形成されるようとする。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0006】

付属の請求項には、新規であると確信する本発明の特徴について詳述されている。しかし、本発明自体は、その目的及び利点に加えて、編成及び動作方法の両方についても、添付の図面と併せて検討すれば、本発明のいくつかの典型的な実施例について述べた、下記の本発明の詳細な説明を参照することによって、最もよく理解することが可能になる。本発明は、多種多様な形の実施例が可能であるが、本開示が本発明の原理の例証とみなされるべきものであり、本発明を図示及び解説の特定の実施例に制限することを意図したものではないという了解の下に、1つ以上の特定の実施例が、図面に示され、以下において詳述されることになる。下記説明において、図面のいくつかの図における同じか、同様の、または、対応する部分の説明には、同様の参照番号が利用される。

20

【0007】

本発明は、スイッチング・チャネル（チャネル）内を移動する液体金属小滴によってスイッチングし、ラッチする圧電駆動リレーに関するものである。

【0008】

典型的な実施例の1つにおいて、圧電駆動リレーは、せん断姿態で動作する圧電素子を利用して、駆動流体である駆動液体を変位させ、次に、駆動液体が液体金属を変位させる。液体金属は、光路を封鎖即ち閉鎖するか、または、封鎖解除即ち開通して、光信号のスイッチングを可能にする。水銀とすることが可能な液体金属が、リレー筐体の少なくとも1つの固定接触パッドを濡らし、表面張力によってしかるべき位置に保持される。1つ以上の電気信号のスイッチングも可能であるが、1つ以上の電気信号のスイッチングは、1つ以上の電気信号を1つ以上の接触パッドに結合することによって実現可能になるという点に留意されたい。1つ以上の電気信号のスイッチング及び光信号のスイッチングは、液体金属に結合したスラグ（液体金属に濡れる固形片）を用いることによって容易化することが可能である。1つ以上の電気信号をスイッチングする典型的な実施例の1つでは、スラグと液体金属は、1つの電気信号をスイッチングする働きをする電気信号経路が開通するように、2つの接触パッドに結合される。1つ以上の光信号をスイッチングする典型的な実施例の場合、スラグ及び液体金属は、1つ以上の光信号を阻止または阻止解除する働きをする。磁界が存在すると変形するTerfenol-Dのような磁歪素子が、圧電素子の代替物として利用可能である。以下では、圧電素子及び磁歪素子は、「圧電素子」と総称することにする。

30

【0009】

実施例の1つでは、超小型機械加工（マイクロマシニング）技術を用いて、リレーが製造される。図1には、光学リレー100の端面図が示されている。動作時、光信号は、光ファイバすなわち導波路102を介して、リレーに入射し、リレー内で阻止されなければ、光ファイバすなわち導波路104を介して出射する。この実施例の場合、リレー本体は、6つの層から作られており、超小型機械加工による製造になじみやすい。最下層は、図

40

50

5 に関連してさらに詳細に後述することになる回路基板 106 である。次の層は、スイッチング層 108 である。光信号のスイッチングは、この層に含まれるスイッチング・チャネルで生じる。次の層は、駆動液体がスイッチング・チャネルに入るか、または、そこから出ることを可能にする貫通孔（バイア）を含むチャネル・キャップ層 110 である。圧電層 112 には、駆動液体をスイッチング・チャネルに送り込むか、または、そこから送り出す働きをする圧電素子が含まれている。通路層 114 は、圧電層 112 と槽層 116 の間に流体通路をもたらす。他の実施例では、通路は、圧電層 112 または槽層 116 に組み込まれる。図 3 には、断面 3-3 が示されている。

#### 【0010】

第 1 の動作姿態において、光信号は、光ファイバまたは導波路を介してリレーに入射し、リレー内で阻止されなければ、光ファイバまたは導波路を介して出射する。第 2 の動作姿態において、電気信号は、接触パッドのうちの 2 つに結合されるが、この 2 つの接触パッドは、液体金属によって結合される。第 3 の動作姿態では、スラグが 2 つの接触パッドに結合され、さらに、液体金属に結合される。第 2 及び第 3 の動作姿態の場合、スイッチングは液体金属と接触パッドの結合を利用して実施可能であるため、光導波路は存在する必要がない。第 4 の動作姿態において、スラグは、光信号を阻止するか、または、阻止解除する働きをする。

#### 【0011】

図 2 は、光学リレー 100 の側面図である。光導波路またはファイバ 104 及び 152 によって、光信号はリレーの光スイッチング層 108 に入射することが可能になる。図 4 には、断面 4-4 が示されている。

#### 【0012】

図 3 は、図 1 のリレーの断面 3-3 に沿った断面図である。スイッチング・チャネル 40 は、スイッチング層 108 に形成される。液体金属の中央小滴 46 は、スイッチング・チャネル内において、可動位置決めされる。典型的な実施例の 1 つでは、液体金属は水銀である。中央液体金属小滴 46 は、移動させて、別の液体小滴 42 及び 44 と合体させることができある。液体金属小滴は、接触パッド 50、52、54、56、58、及び、60 と濡れ接触している。これら接触パッドは、例えば、シール・ベルト金属から製作することが可能であり、スイッチング・チャネルの側面の接触パッドと結合して、チャネル内にリングまたはベルトを形成することが可能である。液体金属小滴の表面張力は液体の移動に抵抗する。液体金属小滴 44 及び 46 が、図 3 に示すように合体すると、光の通過が可能なギャップが小滴間に存在しなくなる。しかし、光は、液体金属小滴 42 と 46 の間のギャップを通過することが可能である。ギャップ両端で導波路を結合することによって、液体金属小滴を利用して、光導波路間における光の伝送を阻止または阻止解除することが可能になる。本発明の実施例によっては、スラグを液体金属小滴に結合し、液体金属小滴とスラグを利用して、光導波路間における光の伝送を阻止または阻止解除できるようにすることが可能なものもあるという点に留意されたい。さらに、接触パッドを利用して、電気信号をスイッチングすることが可能であり、その場合、電気信号は、液体金属小滴の位置に基づいて切り替えられるという点にも留意されたい。液体金属小滴の移動は、リレー内部を充填して、液体金属を包囲する、透明で、不活性の、非導電性駆動流体によって制御される。

#### 【0013】

次の層は、チャネル・キャップ層 110 である。この層は任意選択的なものである。というのは、その機能を圧電層 108 または通路層 114 に組み込むことができるためである。チャネル・キャップ層 110 には、接触パッド間に配置された 2 つのオリフィス 36 及び 38 が含まれている。液体金属は、オリフィス 38 を介してスイッチング・チャネルに駆動流体送り込むことによって、また、任意選択により、オリフィス 36 を介してスイッチング・チャネルから駆動流体を送り出すことによって移動させることができる。

#### 【0014】

次の層は、ポンプ作用をもたらす圧電素子 126、128、130、132 を含む圧電

10

20

30

40

50

層 112 である。この層については、図 11、図 12、及び、図 13 に関連してさらに詳細に解説することにする。

【 0015 】

次の層は、駆動流体が圧電層 112 に流入し、圧電層 112 から流出するのを可能にする通路層 114 である。駆動流体は、流体通路 122 及び 124 を通って流れる。これらの通路は、急速な流体流を制限し、圧力を均等化させるようなサイズになっている。典型的な実施例の 1 つでは、通路 122 及び 124 の直径及び長さは、圧電ポンプの作用によって、通路 122 及び 124 よりも多くの流体がオリフィス 36 及び 38 を流れるように選択される。

【 0016 】

最後の層は、駆動流体を槽即ち空洞 120 に収容した槽層 116 である。駆動流体は、流体通路 122 及び 124 によって槽と圧電ポンプの間を通過する。

【 0017 】

図 4 には、リレーの光路の断面図が示されている。光ファイバとすることが可能な光導波路 102 が、スイッチング層 108 のノッチ 138 に埋め込まれ、封入剤または接着剤によって所定位置に保持されている。導波路 102 に沿って伝搬する光は、スイッチング・チャネル 40 に入射し、スイッチング層 108 のもう 1 つのノッチ 140 に埋め込まれた第 2 の光導波路 104 に結合する。液体金属がスイッチング・チャネル 40 に浸入すると、光路は閉鎖される。本発明の望ましい実施例の中には、液体金属に結合したスラグの存在によって、光路の閉鎖が可能なものもある。同時に、変位した駆動流体が、ポンプ室 134 及び流体通路 122 を通過して、駆動流体槽 120 に流入する。任意選択的に、ポンプ室 134 を膨張させて、変位した駆動流体を排除することも可能である。

【 0018 】

次に、光リレーの層についてさらに詳細に述べることにする。図 5 は、回路基板層 106 の平面図である。接触パッド 50、54、及び、58 が、回路基板層 106 の表面に配置されている。接触パッドは、例えば、シール・ベルト金属から形成することが可能であり、スイッチング・チャネル内に液体金属に濡れる。さらに、回路基板層には、圧電ポンプに制御信号を供給する電気回路要素（不図示）を配置することも可能である。

【 0019 】

図 6 は、リレーのスイッチング層 108 の平面図である。この層には、スイッチング・チャネル 40 が形成されている。接触パッド 70、72、74、76、78、及び、80 がスイッチング・チャネルの側面のさまざまな位置に固定されている。これらの接触パッドは、図 3 に示す接触パッドと整列され、スイッチング・チャネルの 4 つの側面全てに接触パッドが形成されることになる。本発明の実施例の中には、接触パッドを 1 つ以上の電気信号のスイッチングに用いることが可能なものもある。光導波路 102、104、150、152 は、それぞれ、ノッチ 154、156、158、160 に埋め込まれている。光導波路 102 及び 104 は、第 1 の光路を形成するように整列され、一方、任意選択の光導波路 150 及び 152 は、第 2 の光路を形成するように整列される。光導波路の端部は、光学的透明度を保つため、液体金属に濡らせない。図 7 は、図 6 に示すライン 7-7 に沿ったスイッチング層 108 の断面図である。シール・ベルト 74 及び 76 が、スイッチング・チャネル 40 の側面に固定されている。図 8 は、リレーのスイッチング層 108 の側面図である。光導波路 104 及び 152 は、それぞれ、ノッチ 156 及び 160 に埋め込まれている。

【 0020 】

図 9 は、リレーのチャネル・キャップ層 110 の平面図である。オリフィス 36 及び 38 によって、圧電ポンプとスイッチング・チャネルとの間に駆動流体を流すことが可能になる。接触パッド 52、56、及び、60 は、層 110 の下面に取り付けられて、スイッチング・チャネルの上部に対する接触パッドをなしている。図 10 は、図 9 に示すチャネル・キャップ層 110 の断面 10-10 に沿った断面図である。オリフィス 38 が、この層を通過しており、接触パッド 56 が、この層の下面に取り付けられている。

10

20

30

40

50

## 【0021】

図11は、リレーの圧電層112の平面図である。この層のチャネル内に配置された圧電アクチュエータ126及び128は、第1のポンプ室164を形成している。別の圧電アクチュエータ130及び132は、第2のポンプ室166を形成している。各アクチュエータは、電気制御信号を加えることによって、せん断姿態で変形させることができ1対の圧電素子を含んでいる。アクチュエータ130及び132は、第1の極性の制御信号が加えられると、図12に示すように、せん断姿態で変形する。ポンプ室の容積が増大する。容積が急速に増大すると、流体通路における流体抵抗のため、駆動流体は、主としてスイッチング・チャネルから取り出される。容積がゆっくりと増大すると、表面張力によって液体金属小滴の移動が停止されるので、駆動流体は、主として槽から取り出される。逆極性の制御信号が加えられると、圧電アクチュエータは、図13に示すように変形する。ポンプ室の容積は減少する。ポンプの動作が急速であれば、駆動流体がスイッチング・チャネルに送り込まれて、液体金属小滴(図3の44及び46)間における表面張力による結合を断ち切る。中央液体金属小滴46は、スイッチング・チャネルに沿って変位し、液体金属小滴42と合体する。こうして、光導波路150と152の間の光路が開通し、一方、光導波路102と104の間の光路は、導波路間のギャップが液体金属に塞がれることによって閉鎖される。実施例の中には、スラグを液体金属小滴46に結合して、液体金属小滴46が移動すると、スラグも移動し、スラグが、液体金属小滴46による光導波路150と152との間の光路の閉鎖を助けるようにするものもあるという点に留意されたい。さらに、接触パッドが1つ以上の電気信号をスイッチングする働きをする場合には、スラグと液体金属小滴46を用いて、1つ以上の電気信号のうちのある電気信号を伝送する電気経路を開通することが可能であるという点にも留意されたい。

10

20

30

## 【0022】

2つの圧電ポンプを一緒に利用し、一方のポンプが収縮して、スイッチング・チャネルに駆動液体を送り込み、もう一方のポンプが膨張して、チャネルのもう一方の端部から液体を抜き取るようにすることも可能である。これによって、液体金属にかかる力が増すことになる。

## 【0023】

液体金属の体積は、一度に、2つの体積だけ合体するように選択される。

## 【0024】

図14には、通路層114の平面図が示されている。この図には、流体通路122及び124が示されている。これらの通路のサイズ及び形状は、通路層の厚さと相俟って、流体流に対する抵抗を決定し、リレーのサイクル時間及びリレーの他の寸法と整合するのが望ましい。図15は、図14に示す断面15-15に沿って断面図である。流体通路124は、この層を通っている。流体通路は、円筒形以外の形状を備えることも可能である。

40

## 【0025】

図16は、リレーの槽層116を下方から見た図である。駆動流体を収容するため、槽層116には空洞120が形成されている。リレーの組み立て後、槽に駆動流体を充填できるように、穴170が設けられている。槽の充填後、穴を密封することができる。強度を増すため、穴は隆起プラットフォーム172に配置することができる。図17は、図16に示す断面17-17に沿った断面図である。穴170は、槽120の充填を可能にするため、隆起プラットフォーム170を貫通している。槽の壁面は、圧電ポンプにおける圧力パルスのクロストークを軽減するため、弾性的である。

## 【0026】

本発明の光学リレーは、小サイズのための超小型機械加工技術を利用して製作することが可能である。

## 【0027】

圧電素子の利点は、エネルギーを散逸するのではなく、エネルギーを蓄積する容量素子であるという点にある。結果として、電力消費及び発熱が最小限に保たれる。

## 【0028】

50

本発明の説明は、特定の実施例に関連して行われたが、通常の当該技術者であれば、以上の説明に鑑みて、多くの代替、修正、置換、及び、変更実施例が明らかになるのは間違いない。従って、本発明は、付属の請求の範囲内に含まれる、こうした代替、修正、及び、変更実施例の全てを包含することを意図したものである。なお、本発明の広汎な実施の可能性に鑑み、本発明の実施態様の一部を下記して本発明の実施者の参考に供する。なお、上記実施例における参照番号を付記して本発明の理解の資とする。

## 【0029】

(実施態様1)：スイッチング・チャネル(40)を備えるリレー筐体(100)と、前記スイッチング・チャネル(40)内に配置され、液体金属に濡れる表面を備えた第1の接触パッド(50)と、前記スイッチング・チャネル(40)内に配置され、液体金属に濡れる表面を備えた第2の接触パッド(54)と、前記第1の接触パッド(50)と前記第2の接触パッド(54)の間に配置され、液体金属に濡れる表面を備えた第3の接触パッド(58)と、前記第1の接触パッド(50)と濡れ接触した第1の液体金属小滴(42)と、前記第2の接触パッド(54)と濡れ接触した第2の液体金属小滴(44)と、前記第3の接触パッド(58)と濡れ接触し、前記スイッチング・チャネル(40)内を移動して、前記第1の液体金属小滴(42)及び前記第2の液体金属小滴(44)の一方と合体するようになっている第3の液体小滴(46)と、前記スイッチング・チャネル(40)の前記第1の液体金属小滴(42)と前記第3の液体金属小滴(46)との間を通る第1の光路と、前記スイッチング・チャネルの前記第1の液体金属小滴(42)と前記第3の液体金属小滴(46)との間に駆動流体を送り込むことにより、前記第1と第3の液体金属小滴を分離させ、前記第2の液体金属小滴(44)と前記第3の液体金属小滴(46)を合体させる働きをする第1の圧電ポンプ(126、128)と、前記スイッチング・チャネルの前記第2の液体金属小滴(44)と前記第3の液体金属小滴(46)との間に駆動流体を送り込むことにより、前記第2と第3の液体金属小滴を分離させ、前記第1の液体金属小滴(42)と前記第3の液体金属小滴(46)を合体させる働きをする第2の圧電ポンプ(130、132)が含まれており、前記第1の光路は、前記第1及び第3の液体金属小滴が合体すると閉鎖され、前記第1及び第3の液体金属が分離すると開通することを特徴とする、圧電光学リレー。

## 【0030】

(実施態様2)：さらに、前記リレー筐体(100)内に形成されて、駆動流体を収容する槽(120)と、前記槽(120)を前記第1の圧電ポンプ(126、128)に結合する第1の流体通路(122)と、前記槽(120)を前記第2の圧電ポンプ(130、132)に結合する第2の流体通路(124)とが含まれ、前記第1及び第2の流体通路が、前記槽と、前記第1及び第2の圧電ポンプとの間ににおける急速な流体流を制限するサイズになっていることを特徴とする、実施態様1に記載の圧電光学リレー。

## 【0031】

(実施態様3)：前記第1の圧電ポンプが、前記リレー筐体(100)内に形成されたポンプ室(164)と、端部間結合され、それぞれ、前記ポンプ室(164)の側面を形成している、少なくとも1対の圧電素子(126、128)とを具備し、前記少なくとも1対の圧電素子(126)のせん断動作によって、前記ポンプ室(164)の容積が変化することを特徴とする、実施態様1に記載の圧電光学リレー。

## 【0032】

(実施態様4)：前記第1の光路が、前記スイッチング・チャネル(40)に光を送り込むように構成された第1の光導波路(102)と、前記第1の光導波路(102)と光学的に整列され、前記第1の液体金属小滴(42)と第3の液体金属小滴(46)の分離時に前記第1の光導波路からの光を受光するように構成された第2の光導波路(104)とを具備することを特徴とする、実施態様1に記載の圧電光学リレー。

## 【0033】

(実施態様5)：前記リレー筐体(100)が、前記第1の圧電ポンプ(126、128)及び前記第2の圧電ポンプ(130、132)に対する電気接続を支持する回路基板

10

20

30

40

50

層(106)と、前記第1及び第2の圧電ポンプを備える圧電層(112)と、前記回路基板層(106)と前記圧電層(112)の間に配置され、前記スイッチング・チャネルが形成されているスイッチング層(108)と、駆動流体を収容するための槽(120)が形成されている槽層(116)と、前記圧電層(112)と前記スイッチング層(108)の間に配置され、前記第1及び第2の圧電ポンプと前記スイッチング・チャネル(40)との間に駆動流体を通せるようにする第1のオリフィス(36)及び第2のオリフィス(38)を備えたチャネル・キャップ層(110)とを具備することを特徴とする、実施態様1に記載の圧電光学リレー。

## 【0034】

(実施態様6)：前記リレー筐体(100)が、さらに、前記槽層(116)と前記圧電層(112)の間に配置された通路層(114)を具備し、前記槽を前記第1の圧電ポンプ(126、128)に結合する第1の流体通路(122)と前記槽を前記第2の圧電ポンプ(130、132)に結合する第2の流体通路(124)とを前記通路層(114)に設けたことを特徴とする、実施態様5に記載の圧電光学リレー。10

## 【0035】

(実施態様7)：前記第1の光路が、前記スイッチング層(108)の第1のノッチ(154)に埋め込まれて、前記スイッチング・チャネル(40)に光を送り込むように構成された第1の光導波路(102)と、前記スイッチング層(108)の第2のノッチ(156)に埋め込まれて、前記第1の光導波路(102)と光学的に整列され、前記第1の液体金属小滴(42)と前記第3の液体金属小滴(46)が分離された時、前記第1の光導波路(102)から光を受光するように構成されている第2の光導波路(104)とを具備することを特徴とする、実施態様5に記載の圧電光学リレー。20

## 【0036】

(実施態様8)：スイッチング・チャネル(40)内において移動可能な第1の液体金属小滴(46)を備える圧電光学リレーの光路をスイッチングするための方法であって、前記光路を形成するように、出力光導波路(104)と光学的に整列した、前記圧電光学リレーの入力光導波路(102)に入力光信号を結合するステップと、前記光路を開通すべき場合には、第1の圧電ポンプ(126、128)を付勢して、駆動流体を前記スイッチング・チャネル(40)に送り込むことにより、前記第1の液体金属小滴(46)が前記光路から押し出され、前記入力光導波路(102)が前記出力光導波路(104)と光学的に結合されるようにするステップと、前記光路を閉鎖すべき場合には、第2の圧電ポンプ(130、132)に付勢して、駆動流体を前記スイッチング・チャネル(40)に送り込むことにより、前記第1の液体金属小滴(46)が前記光路に侵入し、前記入力光導波路(102)が前記出力光導波路(104)から光学的に切り離されるようにするステップとを有し、前記第1の圧電ポンプを付勢すると、少なくとも1つの圧電素子(126、128)がせん断姿態で変形し、第1のポンプ室(164)の容積を縮小させることを特徴とする、圧電光学リレーの光路スイッチング方法。30

## 【0037】

(実施態様9)：前記第1の液体金属小滴(46)が、前記スイッチング・チャネル(40)内において第2の接触パッド(50)と第3の接触パッド(54)の間に配置された第1の接触パッド(58)と濡れ接触し、前記第2の圧電ポンプを付勢すると、前記第1の液体金属小滴(46)が、前記第2の接触パッド(50)と濡れ接触した第2の液体金属小滴(42)と合体し、前記第1の圧電ポンプを付勢すると、前記第1の液体金属小滴(46)が、前記第3の接触パッド(54)と濡れ接触した第3の液体金属小滴(44)と合体することを特徴とする、実施態様8に記載の圧電光学リレーの光路スイッチング方法。40

## 【0038】

(実施態様10)：さらに、前記光路を開通すべき場合には、前記第2の圧電ポンプ(130、132)を付勢して、前記スイッチング・チャネル(40)から駆動流体を抜き取ることによって、前記第1の液体金属小滴(46)が前記光路から送り出されるように50

するステップと、前記光路を閉鎖すべき場合には、前記第1の圧電ポンプ(126、128)を付勢して、前記スイッチング・チャネル(40)から駆動流体を抜き取ることによって、前記第1の液体金属小滴(46)が前記光路に送り込まれるようにするステップとを有することを特徴とする、実施態様8に記載の圧電光学リレーの光路スイッチング方法。

【図面の簡単な説明】

【0039】

【図1】本発明の特定の実施例による光学リレーの端面図である。

【図2】本発明の特定の実施例による光学リレーの側面図である。

【図3】本発明の特定の実施例による光学リレーの断面図である。

10

【図4】本発明の特定の実施例による光学リレーのもう1つの断面図である。

【図5】本発明の特定の実施例による光学リレーの回路基板層に関する平面図である。

【図6】本発明の特定の実施例による光学リレーのスイッチング層に関する平面図である。

。 【図7】本発明の特定の実施例による光学リレーのスイッチング層の断面図である。

【図8】本発明の特定の実施例による光学リレーのスイッチング層に関する側面図である。

。 【図9】本発明の特定の実施例による光学リレーのチャネル・キャップ層に関する平面図である。

【図10】本発明の特定の実施例による光学リレーのチャネル・キャップ層の断面図である。

20

【図11】本発明の特定の実施例による光学リレーの圧電層に関する平面図である。

【図12】本発明の特定の実施例による、ポンプ室が膨張した、光学リレーの圧電層に関する平面図である。

【図13】本発明の特定の実施例による、ポンプ室が収縮した、光学リレーの圧電層に関する平面図である。

【図14】本発明の特定の実施例による光学リレーの通路層に関する平面図である。

【図15】本発明の特定の実施例による光学リレーの通路層の断面図である。

【図16】本発明の特定の実施例による光学リレーの槽層に関する底面図である。

【図17】本発明の特定の実施例による光学リレーの槽層の断面図である。

30

【符号の説明】

【0040】

36 第1のオリフィス

38 第2のオリフィス

40 スイッチング・チャネル

42 第1の液体金属小滴

44 第2の液体金属小滴

46 第3の液体金属小滴

50 第1の接触パッド

54 第2の接触パッド

58 第3の接触パッド

40

100 リレー筐体

102 第1の光導波路

104 第2の光導波路

106 回路基板層

108 スイッチング層

112 圧電層

116 槽層

120 槽

122 第1の流体通路

50

1 2 4 第 2 の流体通路

1 2 6、1 2 8 第 1 の圧電ポンプ

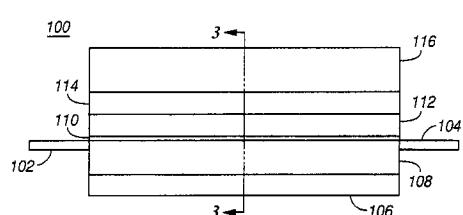
1 3 0、1 3 2 第 2 の圧電ポンプ

1 5 4 第 1 のノッチ

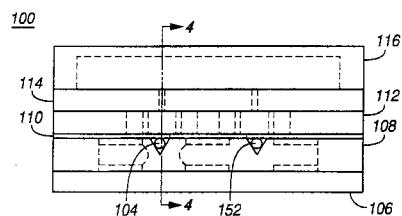
1 5 6 第 2 のノッチ

1 6 4 ポンプ室

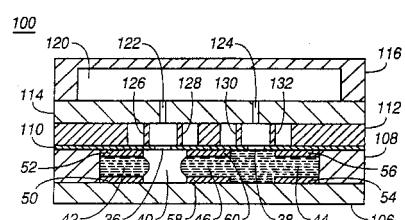
【図 1】



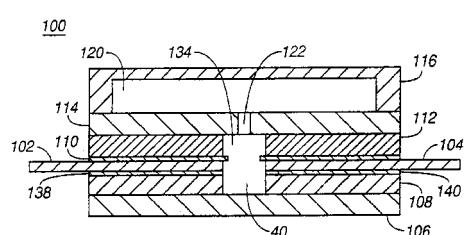
【図 2】



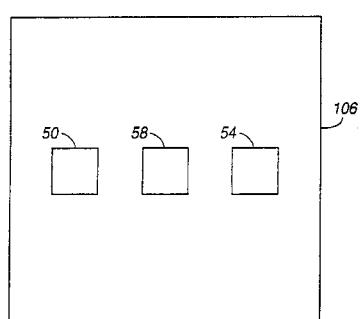
【図 3】



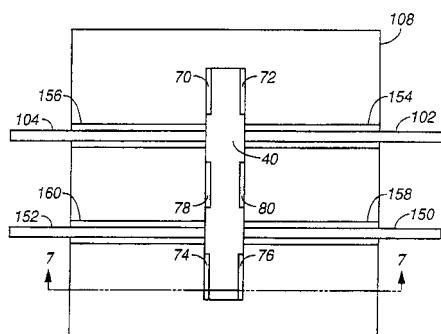
【図 4】



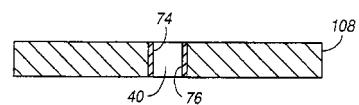
【図5】



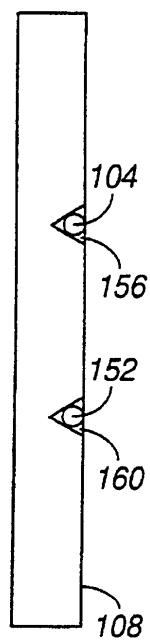
【図6】



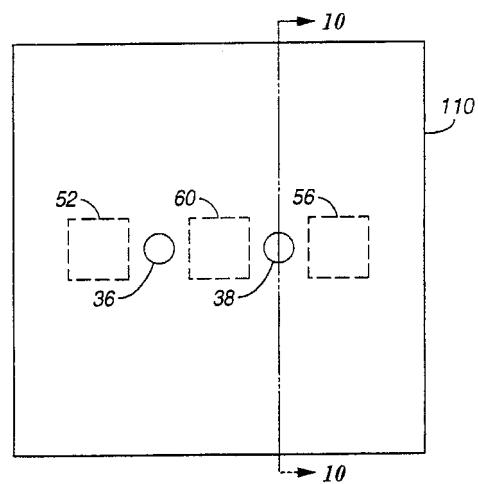
【図7】



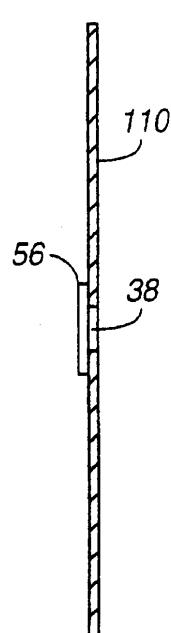
【図8】



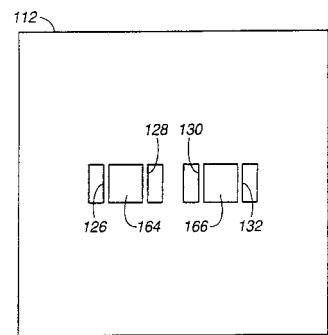
【図9】



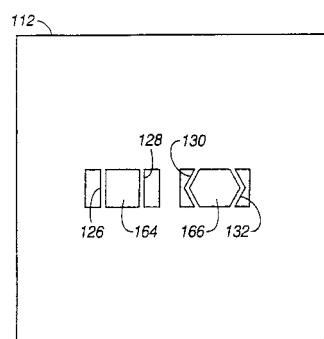
【図 1 0】



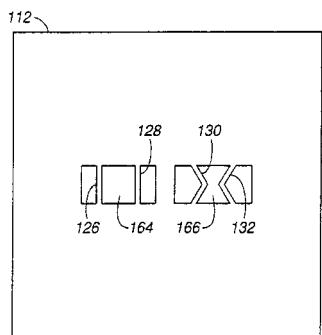
【図 1 1】



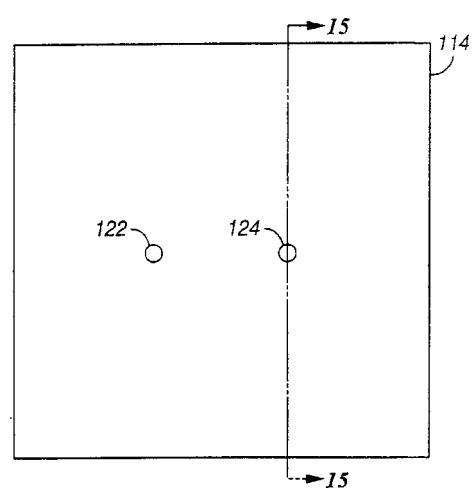
【図 1 2】



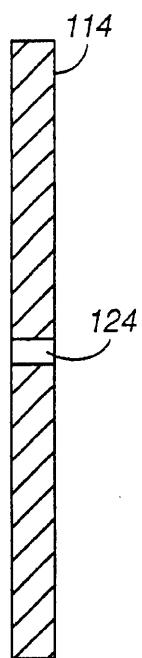
【図 1 3】



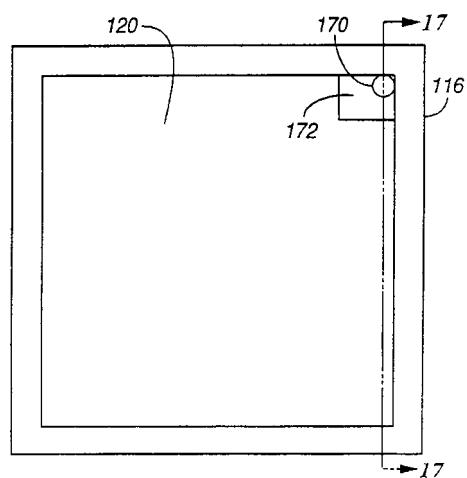
【図 1 4】



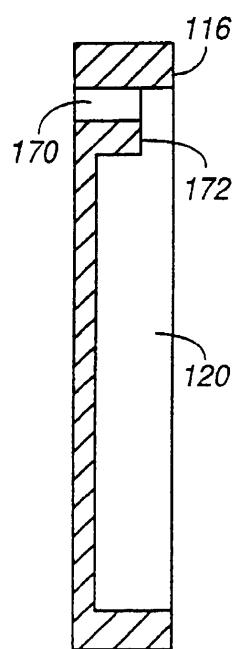
【図15】



【図16】



【図17】



---

フロントページの続き

(72)発明者 マービン グレン ウォン

アメリカ合衆国 コロラド 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 AB32 AC07 AC08