

(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2004-319476
(P2004-319476A)

(43) 公開日 平成16年11月11日(2004.11.11)

(51) Int.Cl.⁷H01H 29/02
B81B 5/00
H01H 1/08

F 1

H01H 29/02
B81B 5/00
H01H 1/08

E

テーマコード(参考)

5G051

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2004-112425 (P2004-112425)
 (22) 出願日 平成16年4月6日 (2004.4.6)
 (31) 優先権主張番号 10/413094
 (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

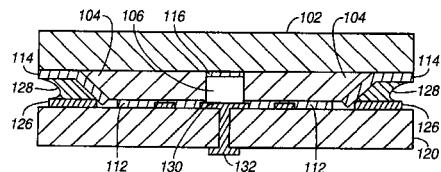
(54) 【発明の名称】ポリマー・スイッチおよびポリマー・スイッチの製造方法

(57) 【要約】

【課題】ポリマー層を導入して高精度かつエネルギー効率の高い液体金属スイッチを提供する。

【解決手段】ポリマー・スイッチは、スイッチ基板(120)と、チャネル支持板(102)と、前記チャネル支持板(102)と前記スイッチ基板(120)との間に固定されたポリマー層(104)と、前記ポリマー層(104)内に形成されたスイッチング・チャネル(106)と、第1及び第2の電気コネクタ(510、132)と、前記スイッチング・チャネル(106)内に備えられ、前記第1及び第2の電気コネクタ(510、132)間で電気回路を形成または切断する液体金属スイッチとを具備する。

【選択図】図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

スイッチ基板と、
チャネル支持板と、
前記チャネル支持板と前記スイッチ基板との間に固定されたポリマー層と、
前記ポリマー層内に形成されたスイッチング・チャネルと、
第1、第2の電気コネクタと、
前記スイッチング・チャネル内に備えられ、前記第1、第2の電気コネクタ間の電気回路を形成、或いは切断する液体金属スイッチと、
を具備したポリマー・スイッチ。

10

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は光学スイッチング用の超小型電気機械システム（MEMS）に関するものであり、より具体的にはポリマー液体金属スイッチ（以下「ポリマー・スイッチ」とも称する。）に関する。

【背景技術】**【0002】**

気体の加熱を利用して気圧変化を作ることにより、チャネル内に閉じ込めた液体金属の液滴間に（電気コンタクトを開くように）ギャップを作り、また、これらの液滴を（電気コンタクトを閉じるように）移動させてコンタクト間を濡らすことによりスイッチを作動させる液体金属スイッチはこれまでにも考案されている。チャネル構造を製造する為に用いられる現在の方法は、サンドブラスト法を使用してチャネルを形成することから、その分解能及び精度に限界があった。加えて、現在、ヒーター抵抗器はセラミック基板上に形成されている為、熱がセラミック基板へと失われ、エネルギー効率が悪いものである。

20

【特許文献1】特開2000-185389号公報**【発明の開示】****【発明が解決しようとする課題】****【0003】**

したがって、本発明の目的は、ポリマー層を導入して高精度かつエネルギー効率の高い液体金属スイッチを提供することにある。

30

【課題を解決するための手段】**【0004】**

本発明は、スイッチング・チャネルがポリマー層内に形成されたポリマー・スイッチに関する。チャネルの形成は、レーザーアブレーション或いはフォトイメージング等のマイクロマシン技術により形成することが出来る。液体金属スイッチは、スイッチング・チャネル内に含まれている。この液体金属スイッチは、液体金属塊を用いて電気コンタクトを形成したり、これを切断したりすることにより作動する。スイッチング・チャネル内のコンタクト・パッドは液体金属に対する濡れ性を持っており、スイッチのラッチング機構を提供するものである。スイッチはマイクロマシン加工により小型に製作することが可能である。

40

【発明を実施するための最良の形態】**【0005】**

新規性を持つと考えられる本発明の特徴は、具体的に請求項に記載した。しかしながら本発明自体は、添付図を参照しつつ特定の実施例を説明する以下の本発明の詳細な説明を読むことにより、その目的及び利点と共に構成及び作動方法を最も良く理解することが出来る。

【0006】

本発明は多くの異なる形態の実施例に適用することが可能であるが、本願においては図に示した1つ以上の特定の実施例に沿って説明する。しかしながら、本開示はあくまでも

50

本発明の原理の一例にしか過ぎず、本発明を図示及び説明する特定の実施例に制約する意図はない。以下の説明においては、同じ参照数字、符号が複数の図にわたり、同一、同様又は対応する部分を示す為に用いられている。

【0007】

本発明の一側面は、ポリイミド又はその他のポリマー・フィルム即ちポリマー層のレーザーアブレーションといった、液体金属スイッチにおけるチャネル構造製作におけるマイクロマシン加工技術の利用方法である。この方法は、サンドブラスト法によるものよりも良好な許容差及び分解能を提供するものである。一実施例においては、チャネル層はカプトン (Kapton; 商標) (ポリイミドのシート形態のもの) 又は他の好適なポリマー・フィルムにレーザーアブレーション法により必要なチャネル造作を形成することで作られる。その後チャネル層は、サイトップ (Cytopp; 商標) 又はカプトンKJ (KJ; 商標; 接着特性を持つ熱可塑性ポリイミド) のような好適な接着剤を用いてスイッチ基板へと接着される。カプトンは水蒸気に対する透湿性を持っている。完成した組み立て部品から水蒸気を排除しておく必要がある場合、組み立て部品を気密封止パッケージングするか、或いは不浸水性の支持板に重ねてはんだによりスイッチ基板へと封止することにより「自己パッケージング」させることが出来る。この支持板は、例えば、金属、ガラス、シリコン或いはセラミックとすることが出来る。

【0008】

更なる実施例においては、支持板に好適な液体ポリマー (スピノン・ポリイミド等) を塗布して硬化させ、その後レーザーアブレーションにより所望のチャネル構造を作ることによりポリマー・チャネル層を製作することが出来る。代わりに、材料がフォトイメージング可能なものである場合、材料を硬化させる前に必要なフィーチャを露光及び現像することによりチャネル構造を作ることが出来る。完成したチャネル層はスピノート又はスプレイコート法により形成された後に例えばフォトイメージング又はレーザーアブレーションされた接着剤の層を含むものであっても良い。サイトップは前者の方法により、KJは後者の方法により処理することが出来る。

【0009】

また、抵抗器から基板への熱の損失は出来る限り避けることが望ましい。これは、抵抗器を設ける前に、スイッチ基板の表面にポケットを設け、これらをポリイミド等の低熱伝導性ポリマーで満たすことにより可能となる。抵抗器への駆動信号は、例えばスイッチ基板を貫通するバイア又はスイッチ基板上面又は中を通るトレースにより伝えることが出来る。

【0010】

更に他の実施例においては、スイッチ基板に低熱伝導率と高温耐性を持つポリイミド等のポリマーを用いることにより抵抗器から基板への熱の損失を小さくすることが出来る。抵抗器は、所望によりポリイミド上へと直接的に、或いは中間層上に設けることが出来る。ヒーター領域の下及び近傍のポリイミドを薄くすることにより、ヒーター領域の熱伝導率及び熱容量を小さくすることが出来る。しかしながらこの手法においては、気密性が求められる場合に別個のパッケージを必要とするという欠点がある。

【0011】

図1は自己パッケージングされた本発明の一実施例に基づくポリマー液体金属スイッチの断面図である。図1に示したスイッチは最終組み立て工程前の、2つの部品として描かれている。上部部品は、ポリマー層104を覆うチャネル支持板102を含んでいる。チャネル支持板102は例えばセラミック又はシリコンから作ることが出来る。ポリマーは、例えば不活性プラスチックで高温耐性を持つポリイミドとすることが出来る。スイッチング・チャネル106はポリマー層内に形成される。接着剤の層112はポリマー層104の下側を覆っている。接着剤は、例えばサイトップ又はKJとすることが出来る。接着剤は代わりに下部部品のスイッチ基板120の上面に塗布しても良い。一実施例においては、接着剤層は約7μm厚である。上部はんだリング114はチャネル支持板102の下面外周及びポリマー層104の側面に取り付けられる。上部はんだリングは溶融はんだに

10

20

30

40

50

対する濡れ性を持っている。

【0012】

図1に示したスイッチの下部部品は、透明スイッチ基板120を含んでいる。基板は例えばセラミックから作ることが出来る。下部はんだリング126はスイッチ基板120の内面側の外周に設けられている。下部はんだリングは溶融はんだ128に対する濡れ性を持つ。符号130に示したような濡れ性コンタクト・パッドもまた、スイッチ基板120の内面上に形成されており、上下2つの部品が組み立てられた場合にスイッチの上部部品内にあるチャネル106と位置が合うことになる。濡れ性コンタクト・パッド130は水銀等の液体金属に対する濡れ性を持っているが、この液体金属はスイッチ内のラッチング機構を提供する為に用いられるものである。本実施例においては、このコンタクト・パッドは約800nm厚である。コンタクト・パッド130は、スイッチ基板120内のバイアを通じてスイッチ基板の下側にあるはんだパッド132と接続している。更に他の実施例においては、コンタクト・パッドはスイッチ基板の上面に設けられたトレースを通じて回路基板の端部へと接続している。オプションとして、符号116で示したような追加コンタクト・パッドをチャネル支持板102へと設けることが出来る。電気配線306及び322はヒーターへと結合しているが、ヒーターについては後に説明する。

【0013】

図2は、組み立てられたスイッチの断面図である。接着剤層112はポリマー層104をスイッチ基板120へと接着しており、スイッチ内に空洞106が作られている。濡れ性を持つコンタクト・パッド130は空洞106の一方の側に配置されている。はんだ128は表面張力により引っ張られて上部はんだリング114と下部はんだリング126間のギャップを埋めている。これによりスイッチ内部に高い信頼性を持つ気密封止が提供されることになる。充分なはんだが設けられている限りにおいては、濡れ性を持つはんだリングにより、封止が確実に完全なものとなるのである。

【0014】

図3は本発明のポリマー・スイッチの他の断面図である。上部部品内のポリマー層104はヒーター空洞302を含んでいる。抵抗器等のヒーター304はスイッチ基板120の内側面上に配置されており、このヒーター空洞302と整列している。2つの部品が組み立てられた場合、ヒーターはヒーター空洞の内部に配置される。電気配線306及び308はヒーターへの電気接続を提供する。動作中は、電圧がヒーターに印加され、ヒーター空洞内に於ける気体が加熱され、これにより気体の圧力及び体積が増大する。絶縁層310及び312は、電気配線306及び308とはんだリング126間の電気的絶縁性を提供している。これらの層は、例えばスピノン・ガラス、或いはSiNx又はSiO2のような薄膜バッシベーション層とすることが出来る。これらの層は、はんだリング間のはんだ接合形成を妨げないように充分薄くすることが望ましい。ポリマー層314(ポリイミド層等)はヒーター304をスイッチ基板120から分離しており、基板への熱の損失を低減している。

【0015】

図4はチャネル支持板102の下面を示す図である。上部はんだリング114はチャネル支持板102の内側表面の外周に設けられている。チャネル402はポリマー層104内にある。この図においては、接着剤112は図示していない。チャネル内にあるのは、ヒーター空洞302及び404と、スイッチング・チャネル106である。スイッチング・チャネル106内には、3つのコンタクト・パッド406、116及び408がある。コンタクト・パッドの表面は液体金属に対する濡れ性を持つ。オプションとして、スイッチ基板120上のコンタクト・パッドへと電気接続を作るかわりに、1つ以上のこれらのコンタクト・パッドへと電気接続を作ることも出来る。1-1断面は、図1における上部部品の断面である。3-3断面は、90°回転させて図3の上部部品として示した。5-5断面は、90°回転させて図5の上部部品として示した。

【0016】

図5は、組み立てられたポリマー・スイッチを、図4において5-5切断した断面図であ

る。スイッチング・チャネル 106 内には、上部コンタクト・パッド 406、116 及び 408 と対応する下部コンタクト・パッド 502、130 及び 504 がある。上部及び下部コンタクト・パッドはコンタクト・リングを形成するように結合させることが出来る。スイッチング・チャネル内に更にあるのは、2つの液体金属塊 506 及び 508 として示した液体金属塊である。液体金属塊は液体金属の表面張力によってコンタクト・パッドと接触して支持されている。濡れ性のコンタクト・パッド及び液体金属の表面張力により、スイッチのラッチング機構が提供されている。図 5 に示したように液体金属が分布している場合、コンタクト・パッド 130 及び 504 間には電気接続が作られているが、一方でコンタクト・パッド 130 及び 502 間には接続がない。ヒーター（図 3 における 304）に電圧が印加されると、ヒーター空洞（図 3 における 302）内の気圧が上昇する。ヒーター空洞はスイッチング・チャネル 106 と結合している為、図 5 におけるスイッチング・チャネルの右端における気圧もまた上昇することになる。上昇した気圧は表面張力を上回り、コンタクト・パッド 408 及び 504 間、及びコンタクト・パッド 116 及び 130 間の液体金属結合を壊す。液体金属の一部はスイッチング・チャネル 106 に沿って移動し、液体金属塊 508 と合体する。このように、コンタクト・パッド 130 及び 504 間（又は 116 及び 408 間）の電気接続は切断される一方で、コンタクト・パッド 130 及び 502 間（又は 116 及び 406 間）に接続が形成されることになる。この結果得られたスイッチ状態を図 6 に示す。電圧がヒーター空洞 404（図 4）内の対応するヒーターに印加された場合、スイッチ状態は逆転することになる。

【0017】

図 7 はスイッチの下部部分の内側表面（例えばスイッチ基板 120 の上面）を示すものである。下部はんだリング 126 はスイッチ基板 120 の外周を覆っている。はんだ自体は図示していない。ヒーター 304 は、スイッチが組み立てられるとヒーター空洞 302（図 3 及び図 4 に図示）と整列するように基板上に配置されている。ヒーター 702 は、スイッチが組み立てられるとヒーター空洞 404（図 4 に図示）と整列するように基板上に配置されている。電気接続 306 及び 308 はヒーター 304 から基板端部まで延びており、これによりヒーターへ電圧を印加することができる。かわりに、ヒーター接続はスイッチ基板内のバイアを通じたものであっても良い。絶縁層 310 及び 312 はヒーター接続をはんだリング 126 から絶縁する。ポリマー層 314 はヒーター 304 をスイッチ基板 120 から分離するものである。対応する接続（320 及び 322）及び絶縁層が、第 2 のヒーター 702 を基板端部まで接続する為に用いられる。コンタクト・パッド 502、130 及び 504 は、スイッチング・チャネル内の液体金属に濡れる表面を持っている。線 1-1 に沿う断面は、図 1 における下部部品として示した部分である。線 3-3 に沿う断面は、90° 回転させて図 3 の下部部品として示した。線 5-5 に沿う断面は、90° 回転させて図 5 の下部部品として示した。

【0018】

図 8 は、スイッチ基板 120 の外部表面を示す図である。はんだパッド又は電気コネクタ 510、132 及び 512 は、回路基板内のバイアを通じて信号をスイッチへと接続することができる。他の実施例においては、チャネル支持板の外部表面上にこの電気コネクタが 1 つ以上設けられる。更に他の実施例においては、コネクタはスイッチの端部に設けられ、回路基板内に設けられた導電路を通じてコンタクト・パッドへと結合される。

【0019】

図 9 は本発明のポリマー・スイッチの他の断面図を示す。ポリマー層 104 はヒーター空洞 302 を含んでいる。抵抗器等のヒーター 304 はスイッチ基板 120 の内側表面にあるヒーター空洞 302 内に配置される。相転移液体 600 はヒーターと濡れ接触している。電気配線 306 及び 308 はヒーターへの電気接続を提供する。作動においては、電圧がヒーターへと印加され、相転移液体 600 が液体状態から気体状態へと変化する。これに付随する体積増加により気圧が上昇し、上述したようにスイッチが起動することになる。ヒーターが冷めると、相転移液体 600 はヒーター 304 の表面上へと凝縮する。第 2 のヒーター空洞（図 4 の 304）内には対応する相転移液体が含まれている。この相転

10

20

30

40

50

移液体は、例えば不活性無機質液体、或いは液体金属とすることが出来る。

【0020】

本発明を特定の実施例に沿って説明してきたが、上述の説明に照らして多数の代替、変更、入れ替え及び改変が可能であることは、当業者であれば明らかである。従って、本発明はそのような代替、変更、入れ替え及び改変形態を全て請求項の範囲に入るものとして包含することを意図したものである。なお、本発明の実施態様の一部を下記して本発明の実施の参考に供する。なお、本発明の理解を容易にするために実施例での参照番号を付記した。

【0021】

(実施態様1)：スイッチ基板(120)と、チャネル支持板(102)と、前記チャネル支持板(102)と前記スイッチ基板(120)との間に固定されたポリマー層(104)と、前記ポリマー層(104)内に形成されたスイッチング・チャネル(106)と、第1及び第2の電気コネクタ(510、132)と、前記スイッチング・チャネル(106)内に備えられ、前記第1及び第2の電気コネクタ(510、132)間で電気回路を形成または切断する液体金属スイッチとを具備したポリマー・スイッチ。 10

【0022】

(実施態様2)：前記チャネル支持板と前記スイッチ基板との間に更に気密封止を具備し、前記気密封止(128)、前記チャネル支持板(102)及び前記スイッチ基板(120)が前記ポリマー層(104)を包囲していることを特徴とし、前記気密封止が、前記チャネル支持板(102)の内側表面外周に取り付けられ、前記ポリマー層(104)を取り囲む、溶融はんだに濡れる第1のはんだリング(114)と、前記スイッチ基板(120)の内側表面外周に取り付けられた、溶融はんだに濡れる第2のはんだリング(126)と、前記第1、第2のはんだリングを接続するはんだ接合(128)とを有することを特徴とする実施態様1に記載のポリマー・スイッチ。 20

【0023】

(実施態様3)：前記液体金属スイッチが、(1)前記スイッチング・チャネル(106)内に位置し、前記第1の電気コネクタ(510)へと電気的に接続し、液体金属に濡れる表面を持つ第1の外部コンタクト・パッド(502)と、(2)前記スイッチング・チャネル(106)内に位置し、液体金属に濡れる表面を持つ第2の外部コンタクト・パッド(504)と、(3)前記第1、第2の外部コンタクト・パッド(502、504)の間の前記スイッチング・チャネル(106)内に位置し、前記第2の電気コネクタ(132)へ電気的に接続し、液体金属に濡れる表面を持つ中間コンタクト・パッド(130)と、(4)前記スイッチング・チャネル(106)内に備えられ、前記第1の外部コンタクト・パッド(502)と濡れ接触する第1の液体金属塊(508)と、(5)前記スイッチング・チャネル(106)内に備えられ、前記第2の外部コンタクト・パッド(504)と濡れ接触する第2の液体金属塊(506)と、(6)前記スイッチング・チャネル(106)内に備えられ、前記中間コンタクト・パッド(130)と濡れ接触する第3の液体金属塊とを具備し、(7)前記第3の液体金属塊が、前記第1、第2の液体金属塊(508、506)のいずれか一方に合体するように構成されていることを特徴とする実施態様1に記載のポリマー・スイッチ。 30

【0024】

(実施態様4)：前記液体金属スイッチが、(1)前記ポリマー層(104)内に形成され、前記スイッチング・チャネル(106)に結合する第1のヒーター空洞(302)と、(2)前記ポリマー層(104)内に形成され、前記スイッチング・チャネル(106)に結合する第2のヒーター空洞(404)と、(3)前記第1のヒーター空洞(302)内に配置され、前記第1の空洞内の流体を加熱するよう適合した第1のヒーター(304)と、前記第2のヒーター空洞(404)内に配置され、前記第2の空洞内の流体を加熱するよう適合した第2のヒーター(702)とを更に具備し、前記第1のヒーター(304)の作動により、前記第3の液体金属塊が第1の液体金属塊(508)と合体し、前記第2のヒーター(702)の作動により、前記第3の液体金属塊が第2の液体金 40

属塊(506)と合体することを特徴とする実施態様3に記載のポリマー・スイッチ。

【0025】

(実施態様5)：前記第1、第2のヒーター(304、702)の少なくとも一方が、低熱伝導率を持つパッド(314)により前記スイッチ基板から分離されていることを特徴とする実施態様4に記載のポリマー・スイッチ。

【0026】

(実施態様6)：前記第1、第2の外部コンタクト・パッド(502、504)及び前記中間コンタクト・パッド(130)のうちの少なくとも1つが、一方が前記チャネル支持板(102)の内側表面に固定され、他方が前記スイッチ基板(120)の内側表面に固定された一対のコンタクト・パッド(502及び406、504及び408、或いは130及び116)、或いは前記スイッチング・チャネル(106)の壁に取り付けられたコンタクト・リングのいずれかを具備したものであることを特徴とする実施態様3に記載のポリマー・スイッチ。

【0027】

(実施態様7)：前記第2の外部コンタクト・パッド(504)に結合する第3の電気コネクタ(512)を更に具備し、前記液体金属スイッチが、更に前記第2、第3の電気コネクタ(132、512)間の電気回路を形成又は切断するように作動するものであることを特徴とする実施態様3に記載のポリマー・スイッチ。

【0028】

(実施態様8)：ポリマー・スイッチの製造方法であって、(イ)スイッチ基板(120)上に複数の電気コンタクト・パッド(502、130、504)を形成するステップと、(ロ)前記スイッチ基板(120)上にヒーター(304)を形成するステップと、(ハ)ポリマー層(104)内に、スイッチング・チャネル(106)及び前記スイッチング・チャネル(106)に結合するヒーター空洞(302)を有するチャネル構造(402)を形成するステップと、(ニ)前記コンタクト・パッド(502、130、504)の少なくとも1つの上に液体金属塊(506、508)を配置するステップと、(ホ)前記ヒーター(304)が前記ヒーター空洞(302)内に入り、前記複数のコンタクト・パッド(502、130、504)が前記スイッチング・チャネル(106)内に入るように、前記スイッチ基板(120)を前記ポリマー層(104)へと取り付けるステップとを有するポリマー・スイッチの製造方法。

【0029】

(実施態様9)：前記ポリマー層(104)内の前記チャネル構造(402)が、マイクロマシン加工により形成されることを特徴とする実施態様8に記載のポリマー・スイッチの製造方法。

【0030】

(実施態様10)：(ヘ)溶融はんだに対する濡れ性を持つ第1のはんだリング(114)を前記チャネル支持板(102)の内側表面の外周へと取り付けるステップと、(ト)溶融はんだに濡れる第2のはんだリング(126)をスイッチ基板(120)の内側表面の外周へと取り付けるステップと、(チ)前記第1のはんだリング(114)を前記第2のはんだリング(126)へはんだ付けし、前記ポリマー層(104)の周囲に封止(128)を形成するステップを更に有する実施態様8に記載のポリマー・スイッチの製造方法。

【図面の簡単な説明】

【0031】

【図1】本発明の特定の実施例に基づく、ポリマー自己パッケージ型液体金属スイッチの断面図であり、図4、図7の線1-1に対応する断面図である。

【図2】本発明の特定の実施例に基づくスイッチの組み立て後の図1に対応する断面図である。

【図3】本発明の特定の実施例に基づくポリマー液体金属スイッチの他の断面図であり、図4、図7の線1-1に対応する断面図である。

10

20

30

40

50

【図4】本発明の特定の実施例に基づくチャネル支持板の内側表面の図である。

【図5】第1のスイッチ状態にある組み立て後のポリマー・スイッチの断面図であり、図4、図7の線1-1に対応する断面図である。

【図6】第2のスイッチ状態にある組み立て後のポリマー・スイッチの断面図であり、図6と、図4、図7の線1-1に対応する断面図である。

【図7】本発明の特定の実施例に基づくスイッチ基板の内側表面の図である。

【図8】本発明の特定の実施例に基づくスイッチ基板の図7に対応する外部表面の図である。

【図9】本発明の特定の実施例に基づく、相転移液体を利用したポリマー液体金属スイッチの断面図である。

10

【符号の説明】

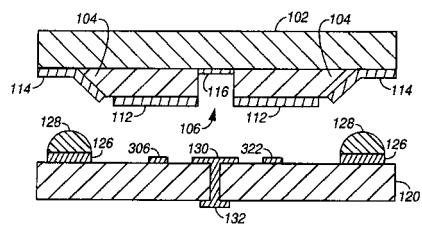
【0032】

102	チャネル支持板
104	ポリマー層
106	スイッチング・チャネル
114	第1のはんだリング
126	第2のはんだリング
128	気密封止(はんだ接合部)
130	中間コンタクト・パッド
132	第2の電気コネクタ
302	第1のヒーター空洞
304	第1のヒーター
314	低熱伝導率を持つパッド、ポリマー層
402	チャネル構造
404	第2のヒーター空洞
502	第1の外部コンタクト・パッド
504	第2の外部コンタクト・パッド
506	第2の液体金属塊
508	第1の液体金属塊
510	第1の電気コネクタ
512	第3の電気コネクタ
702	第2のヒーター

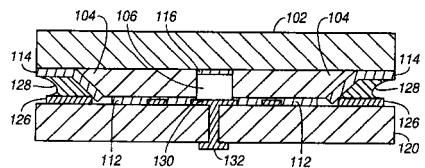
20

30

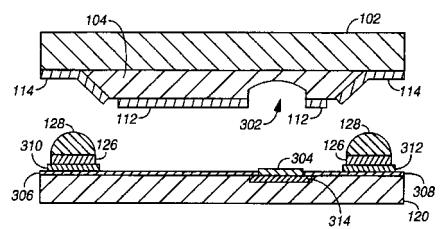
【図1】



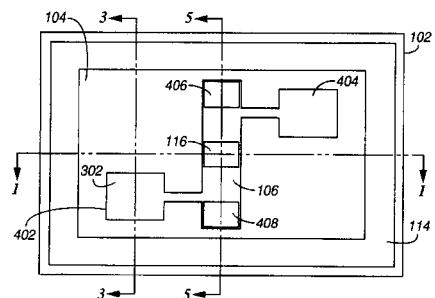
【図2】



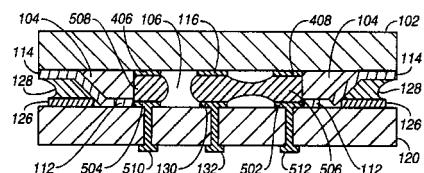
【図3】



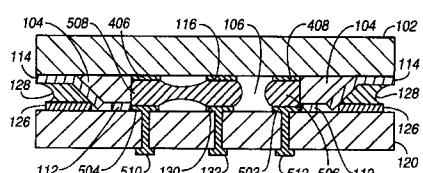
【図4】



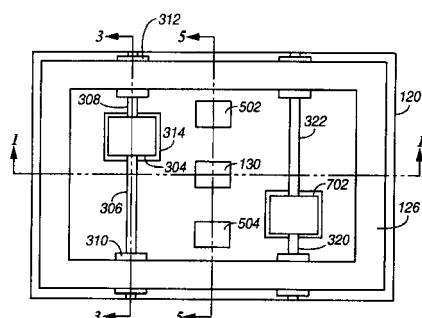
【図5】



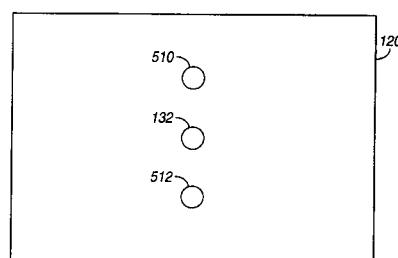
【図6】



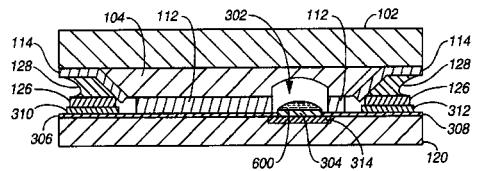
【図7】



【図8】



【図9】



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

(72)発明者 レスリー エー フィールド

アメリカ合衆国 カリフォルニア 94028 ポートラ・バレー ウェイサイド・ロード 81

1

F ターム(参考) 5G051 BA03 BA11 BA13 BA17 BA24