

(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2004-235638
(P2004-235638A)

(43) 公開日 平成16年8月19日(2004.8.19)

(51) Int. Cl.⁷

H01L 23/00
B81B 1/00

F I

H01L 23/00
B81B 1/00

テーマコード (参考)

C

審査請求 有 請求項の数 20 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2004-18550 (P2004-18550)
(22) 出願日 平成16年1月27日 (2004.1.27)
(31) 優先権主張番号 10/353332
(32) 優先日 平成15年1月29日 (2003.1.29)
(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 503003854
ヒューレット・パカード デベロップメント カンパニー エル. ピー.
アメリカ合衆国 テキサス州 77070
ヒューストン 20555 ステイト
ハイウェイ 249
(74) 代理人 100087642
弁理士 古谷 聡
(74) 代理人 100076680
弁理士 溝部 孝彦
(74) 代理人 100121061
弁理士 西山 清春

最終頁に続く

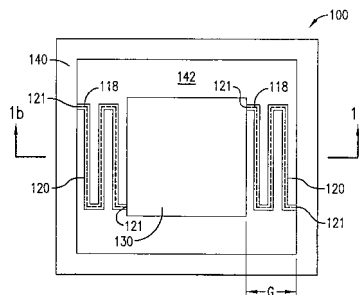
(54) 【発明の名称】 微細加工素子およびその製造方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 素子基板と外部に面した支持構造との間の熱伝導性を増大または減少させるための熱分離構造を備えた微細加工素子を提供する。

【解決手段】 支持構造140と、該支持構造から距離Gに配置された素子基板130とを含む微細加工素子100。この微細加工素子は特性長118を持つ1以上の熱分離構造120をさらに有し、該1以上の熱分離構造が素子基板および支持構造に熱結合される。特性長118は前記距離Gよりも長い。

【選択図】 図1 a



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

支持構造(140,140',240,340,440,540,640,740)と、
前記支持構造から距離 G に配置された素子基板(130,130',230,330,430,530,630,730)と

、
前記素子基板および前記支持構造に熱結合された、前記距離 G よりも長い特性長(118,218,318,318',418a,418b,418c,518,618)を有する、少なくとも 1 つの熱分離構造(120,120',220,220',320,320'420a,420b,420c,520,620,720)と、
からなる微細加工素子(100,200,300,500,600,700)。

【請求項 2】

前記少なくとも 1 つの熱分離構造が、少なくとも 1 つの折り曲げ部を備えた折り曲げ構造を更に含む、請求項 1 の微細加工素子。

【請求項 3】

前記素子基板が前記素子基板上に設けられた少なくとも 1 つのマイクロチャネルを更に含む、請求項 1 の微細加工素子。

【請求項 4】

前記素子基板上に設けられた少なくとも 1 つの能動素子(234)を更に含む、請求項 1 の微細加工素子。

【請求項 5】

前記素子基板を収容するパッケージ(111)を更に含み、該パッケージが真空部分(197)と流体フロー部分(198)とを有し、該真空部分が大気圧未満の圧力で密閉される、請求項 1 の微細加工素子。

【請求項 6】

前記素子基板上に設けられた真空素子(702)を更に含み、該真空素子が電子放出器を有する、請求項 1 の微細加工素子。

【請求項 7】

少なくとも 1 つの請求項 6 に記載の微細加工素子と、
前記少なくとも 1 つの電気素子に近接配置された記憶媒体(750)であって、前記記憶媒体が複数の状態のうちの一つをとる記憶領域を有し、前記複数の状態が前記記憶領域に記憶される情報を表す、記憶媒体(750)と、
からなる記憶素子。

【請求項 8】

マイクロプロセッサ(866)と、
前記マイクロプロセッサに接続された、少なくとも 1 つの請求項 1 に記載の微細加工素子を含む電気素子と、
前記マイクロプロセッサに接続されたメモリ(868)と、
からなり、前記マイクロプロセッサが前記メモリから得た命令を実行することにより、前記メモリと前記電気素子との間でデータを転送する、コンピュータシステム。

【請求項 9】

前記マイクロプロセッサは、
支持構造(140,140',240,340,440,540,640,740)と、
前記支持構造から距離 G に配置された素子基板(130,130',230,330,430,530,630,730)と、
と、

前記素子基板および前記支持構造に熱結合された、前記距離 G よりも長い特性長(118,218,318,318',418a,418b,418c,518,618)を有する、少なくとも 1 つの熱分離構造(120,120',220,220',320,320'420a,420b,420c,520,620,720)と、
を有する微細加工素子を更に含む、請求項 8 のコンピュータシステム。

【請求項 10】

素子基板(130,130',230,330,430,530,630,730)と、
前記素子基板を支持する手段と、

10

20

30

40

50

前記素子基板と前記支持構造との間の熱移動を低減する手段と、
からなる微細加工素子。

【請求項 11】

微細加工素子を製造する方法であって、
支持構造を形成するステップと、

前記支持構造から距離 G に配置される素子基板 (784) を画定するステップと、

前記素子基板および前記支持構造に熱結合された、前記距離 G よりも長い特性長を有する、少なくとも 1 つの熱分離構造 (788) を形成するステップと、
からなる方法。

【請求項 12】

前記少なくとも 1 つの熱分離構造を形成するステップは、少なくとも 1 つの折り曲げ部を備えた折り曲げ構造を形成するステップを更に含む、請求項 11 の方法。

【請求項 13】

請求項 12 に記載の方法により製造された微細加工素子。

【請求項 14】

前記少なくとも 1 つの熱分離構造を形成するステップは、前記少なくとも 1 つの熱分離構造の断面積が異なるように成形するステップを更に含む、請求項 11 の方法。

【請求項 15】

前記素子基板を画定するステップは、前記素子基板上に少なくとも 1 つのマイクロチャネルを形成するステップを更に含む、請求項 11 の方法。

【請求項 16】

前記支持構造を形成するステップは、前記支持構造に開口部を形成し、前記素子基板を前記の中に配置して、実質的に平面構造を形成するステップ、を更に含む、請求項 11 の方法。

【請求項 17】

前記素子基板および前記少なくとも 1 つの熱分離構造の周りに真空部分および流体フロ一部分を有するパッケージ (790) を形成し、前記真空部分を大気圧未満の圧力で密閉するステップを更に含む、請求項 11 の方法。

【請求項 18】

請求項 17 に記載の方法により製造された微細加工素子。

【請求項 19】

前記パッケージを形成するステップが、

カバーと前記素子基板との間に反射面を配置するステップと、

前記反射面を収容する外部真空パッケージを形成するステップと、

を更に含む、請求項 11 の方法。

【請求項 20】

請求項 11 の方法により製造された微細加工素子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、概して微細加工素子に関し、詳しくは微細加工素子においてその素子基板と支持構造との間の熱伝導性を調節するための熱分離構造を備えた微細加工素子、およびその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

過去 10 年にわたり、より安価でより高性能な電気素子を求める需要は、電力消費が少なく熱効率に優れた電気素子を製造することの必要性を増大させてきた。マイクロプロセッサは、絶えず増加し続ける電力消費の需要や、熱移動をうまく扱うことの必要性に関する良い例である。現在の高性能な計算装置において、仮に何も変更が施されないままであったなら、その最大温度はマイクロプロセッサを形成する土台となるシリコンベースの素

10

20

30

40

50

子を破壊したり、損傷させたりすることになるであろう。また、携帯型パーソナルコンピュータや携帯型情報端末(PDA)のユーザは、電池寿命に著しい影響をほとんど又はまったく与えることなく、さらに高い機能および性能を得ることを望んでいる。

【0003】

熱効率を向上させるという需要は、新たな出現分野であるMEMS(微細加工技術: Micro Electro Mechanical System)の分野でも増大している。MEMSは、リレー、アクチュエータ、センサー、バルブおよびその他トランスデューサなどの従来の電気機械素子に対する小型の代替システムとして開発が進められている。MEMS素子に組み込まれたそれらの電気機械素子は、集積回路と一体化させることができ、従来のシステムに比べて高い性能を得ることができる。真空センサ、ガス・フローセンサ、赤外線検出器およびAC電源コンバータなど、MEMS素子に組み込まれるのトランスデューサの多くは、集積回路(IC)の他の部分から隔離され、温度差の検出に用いられる。すなわち、温度差を利用して動作する。このように回路が複雑化することにより、ある場合には熱移動を最大にし、ある場合には熱移動を最小にするというように、熱移動を改善する需要がさらに増大している。

10

【0004】

現在、集積度が高くなった結果、複雑な素子は妥協せざるを得ない場合が多くなった。その理由は、素子のある部分では熱をできる限り迅速に放散させなければならない一方、素子の別の部分では熱または低温状態をできる限り効率的に閉じ込める必要があるからである。この問題の解決に用いられる一つの解決方法は、2つの素子を分離し、各素子をそれぞれ最適化することである。しかしながら、そのような解決方法では、集積によって得られる重要な利点、すなわちサイズの小型化と性能の向上という利点が損なわれる。MEMS素子のような集積度の高いシステムでは、同一素子の種々の部分が、周囲条件よりも著しく高い温度または低い温度で比較的効率的に動作する場合がある。例えば、真空センサは100以上の温度において最大効率で動作する一方、真空センサの出力を処理したり、何らかの他の機能を制御したりするCMOS回路は、室温や、-25等の周囲温度よりも低い温度であっても、効率的に動作する場合がある。一般的に、そのような問題解決方法では、真空センサを加熱するため真空センサに加える電力を増大させなければならない一方、同時にCMOS回路を低温に、通常は室温以下に維持するためCMOS回路に加える冷却電力も増大させなければならない、といったトレードオフが生じる。その結果、電気素子の性能は妥協せざるを得ないものとなる。熱移動を制御できない結果、消費電力が著しく増加するだけでなく、最適性能に達しないということにもなりうる。

20

30

【0005】

これらの問題が存続すれば、過去数十年間にわたって続いた種々の電気製品における電気素子、特にMEMS素子の利用の拡大およびその利点は、縮小することになるであろう。消費者向け電子機器等の分野では、より安価で、より小型で、より信頼性が高く、より高性能な機器を求める需要が、複雑化し集積度の向上した素子の性能を改善し、最適化することに、常に拍車をかけている。熱性能を最適化する能力は、現時点では実際的でなかったり、費用対効果が悪かったりする様々な応用分野を開拓するであろう。

【発明の開示】

40

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

従って、本発明の目的の1つは、素子基板と外部に面した支持構造との間の熱伝導性を増大または減少させるための熱分離構造を備えた微細加工素子を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明は、一実施形態において熱分離構造を備えた微細加工素子を提供する。この微細加工素子は、支持構造と、支持構造から距離Gに配置された素子基板と、前記支持構造および素子基板に熱結合された熱分離構造とを含む。熱分離構造は距離Gよりも長い熱伝導経路すなわち特性長を有する。また、本発明は、一実施形態において微細加工素子を製造

50

する方法も提供する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0008】

図1aは、本発明の一実施形態による微細加工素子100を平面図で示す。この実施形態において、熱分離構造120は、素子基板130と支持構造140との間の熱伝導を低減するとともに、機械的支持を与える働きを持つ。素子基板130は、支持構造140に形成された開口部142の中に、支持構造140から距離Gの位置に配置される。熱分離構造120は、結合点121において素子基板130および支持構造140と熱結合される。さらに、熱分離構造120は、結合点121間で測定したときに、距離Gよりも長い特性長さすなわち熱伝導経路118を有する。この実施形態では、熱伝導経路118が距離Gの少なくとも2倍の長さになっている。しかしながら、代替実施形態において、この熱伝導経路118は、微細加工素子100が使用される特定の応用形態に応じて、2倍よりも短くすることも長くすることもできる。熱伝導経路118のような蛇行経路すなわち折り曲げ構造を用いることにより、同じ断面積を有する直線のすなわち短い伝導経路を用いた場合よりも、素子基板130を支持構造140の温度とは異なる温度へ効率的に加熱または冷却することが可能になる。素子基板130を加熱するか冷却するかは、例えば微細加工素子100が使用される特定の応用形態に応じて異なる場合がある。

10

【0009】

図面は縮尺が実際の寸法通りでないことに注意して欲しい。また、種々の構成要素も実際の寸法通りに描かれてはいない。本発明を分かりやすく例示し、理解を容易にするため、一部の寸法は他の寸法に対して強調して描かれている場合がある。

20

【0010】

さらに、本明細書に例示する実施形態の中には、2次元で図示され、種々の部位が幅と深さを持つように描かれているものもあるが、それらの部位は素子の一部だけを図示したものであり、実際には3次元構造であるものとして間違いなく理解しなければならない。したがって、それらの部位が実際の素子上に形成された場合、その部位は長さ、幅および深さを含む3つの次元を有することになる。さらに、本発明は種々の実施形態を用いて例示されているが、それらの例示に本発明の範囲または適用範囲を限定する意図はない。また、本発明の実施形態は、図示した物理的構造に限定されることを意図していない。それらの構造は、本発明の有用性および応用形態を例示するために記載している。

30

【0011】

図1bの断面図に示すように、素子基板130、熱分離構造120および支持構造140は、実質的に平坦な構造を形成する。この実施形態では、微細加工素子100が同一の材料から形成される。たとえば、シリコンウェーハを用いて、素子基板130、熱分離構造120および支持構造140を形成することができる。代替実施形態において、微細加工素子100は、数例を挙げると、ガラス、セラミック、シリコン、ガリウムヒ素、ゲルマニウム、インジウムリン、金属および種々のポリマーなどの材料から作成されたウェーハすなわち基板を用いて形成することができる。微細加工素子100に用いられる具体的な材料は、その素子が使用される特定の応用形態、処理温度および動作温度、能動電気素子があるか否か、並びに、その素子の熱特性および機械特性など、様々な要因に応じて異なる場合がある。また、熱分離構造120の厚さを変更することによってその断面積115を変更し、熱分離構造120の熱伝導性をさらに調節することもできる。例えば微細加工素子100がシリコンウェーハ上に形成される場合、等方性エッチングを用いることにより、図1bに示すように断面積115を素子基板130や支持構造140と同じ厚さにすることができる。また、図1cの断面図に示すように、異方性エッチングを用いて熱分離構造120'の厚さを減少させ、断面積115'を小さくすることにより、熱分離構造120'の熱伝導性を低下させることもできる。

40

【0012】

次に図1dを参照する。図1dは本発明の代替実施形態による微細加工素子100を断面図で示す。この実施形態では、微細加工素子100が密封パッケージ110に収容され

50

る。密封パッケージ 110 は真空パッケージであり、素子基板 130 と周囲環境との間の対流による熱移動を低減させることにより、さらなる熱制御を行なう。しかしながら、他の代替実施形態において、例えばマイクロタービン、燃料電池、化学反応器および接触燃料分解器などの他の応用形態の場合、密封パッケージ 110 に流体フロー部を備えたエンクロージャを用いる場合もある。

【0013】

支持構造 140 に対し、誘電体パッシベーション層 174 および第 2 の誘電体層 176 の上に素子結合構造 180 を形成する。誘電体層には電氣的絶縁の働きがある。カバーすなわち蓋 182 上にカバー結合構造すなわち蓋結合構造 184 を形成し、ベースすなわちパッケージ底板 186 上にベース結合構造すなわちパッケージ底板結合構造 188 を形成する。この実施形態では、シリコンダイをセラミックパッケージまたは金属パッケージに結合させるため、素子結合構造 180 に金とシリコンの共融混合物、または比較的軟らかい低融点はんだを用いることができる。しかしながら、それらの材料は使用可能な様々な材料のうち 2 つを例として挙げたものにすぎない。代替実施形態では、微細加工素子 100 がガラスフリット封止を用いてカバー 184 およびベース 186 に取り付けられる場合がある。結合構造 180、184 および 188 に用いられる材料は、支持構造 140、蓋 182 およびベース 186 に用いられる材料に応じて異なる場合がある。蓋 182 およびベース 186 には、様々なセラミック、ガラスまたは金属、あるいはそれらの材料の組み合わせを用いることができる。具体的な材料は、例えば、維持すべき所望の圧力、微細加工素子がさらされる温度、湿度およびその他の環境要因、パッケージング処理によって微細加工素子に加わる応力の大きさ、並びに使用される封止技術などに応じて、異なる場合がある。結合構造に用いる材料を決定する際にも、それらと同じ要因が考慮される。この実施形態において、シール 181 は様々な方法で作成することができ、例えば熱圧着やブレージングによって形成することができ、他の方法で形成することもできる。

10

20

【0014】

例えば、結合構造 180、184 および 188 に酸化鉛や酸化ホウ素などの低融点の無機酸化物を用いることにより、シール 181 を形成することができる。さらに他の実施形態では、シリコンから作成された微細加工素子 100 を、ガラスから作成されたカバーおよびベースに、あるいは、シリコンと接合するためのガラス面を備えたカバーおよびベースに、陽極接合を用いて取り付けすることができる。微細加工素子のシリコン面と、カバーまたはベースのガラス面とを 2 つの電極の間に配置し、2 つの材料の境界面に適当な極性の電圧が印加されるようにする。最初の一对の接合が終わった後、残りのベースまたはカバーも同じようにして接合する。具体的な接合処理は、印加する電圧の大きさおよび時間、接合処理の際の 2 つの面の温度、および接合すべき面積など、種々の要因に応じて異なる場合がある。カバー 182 およびベース 186 の様々な部分に不揮発性のゲッター材 190 を付着すなわち堆積させることにより、微細加工素子 100 の動作中に、密封パッケージ 110 内の残留ガスを取り除くこともできる。

30

【0015】

図 1 e は、本発明の代替実施形態による微細加工素子 100 を断面図で示す。この実施形態では、微細加工素子 100 がパッケージ 111 に収容される。パッケージ 111 は、素子基板 130 とカバー 182 の間および素子基板 130 とベース 186 との間にそれぞれ配置された反射層 193、195 を有する。この実施形態の場合、パッケージ 111 は、素子基板 130 と周囲環境との間の熱の対流を低減させることによりさらなる熱制御を行なう真空部分を有するとともに、素子基板 130 への放射作用または素子基板 130 からの放射作用に起因した熱損失を低減させることによりさらなる熱制御を行なう放射部分を有する。

40

【0016】

支持構造 140 に対し、誘電体パッシベーション層 174 および第 2 の誘電体層 176 の上に素子結合構造 180 を形成する。誘電体層には電氣的絶縁の働きがある。第 1 の反射基板 192 および第 2 の反射基板 194 上に、反射体結合構造を形成する。さらに、カ

50

カバーすなわち蓋 182 上にカバー結合構造すなわち蓋結合構造 184 を形成し、ベースすなわちパッケージ底板 186 上にベース結合構造すなわちパッケージ底板結合構造 188 を形成する。この実施形態において、パッケージ 111 の形成には、図 1 d に示した実施形態について上で説明したものと同一材料および処理を用いることができる。第 1 の反射基板 192 および第 2 の反射基板 194 上に、第 1 の反射層 193 および第 2 の反射層 195 をそれぞれ堆積させる。この実施形態において、第 1 の反射層 193 および第 2 の反射層 195 は、数例挙げると、金、アルミニウム、タングステン、銀およびプラチナ等の金属から形成することができる。代替実施形態では、所望の波長領域で適当な反射率を有する任意の材料が用いられる。具体的な材料は、動作温度、酸素その他の腐食性材料の存在の有無、および微細加工素子 100 が使用される特定の応用形態など、様々な要因に応じて異なる場合がある。この実施形態では、第 1 の反射層 193 および第 2 の反射層 195 が、素子基板 130 から放射される熱放射を反射する。

10

【0017】

この実施形態では、カバーと上側の反射基板との間の反射基板空間領域 197 は、大気圧未満の圧力に維持される。真空センサのような真空を用いる応用形態の場合、素子空間領域 198 は大気圧未満の圧力に維持される場合がある。しかしながら、触媒反応器や燃料電池などの他の応用形態の場合、素子空間領域 198 は大気圧以上の圧力に維持される場合もある。さらに他の実施形態、例えば、マイクロタービン、燃料電池、熱機関、化学反応器および触媒燃料分解器などの応用形態の場合、素子空間領域 198 は、気体または液体の流体フロー部を備えたエンクロージャにする場合もある。また、カバー 182 およびベース 186 の様々な部分に不揮発性のゲッター材 190 を付着すなわち堆積させることにより、微細加工素子 100 の動作中に、反射基板空間領域 197 内の残留ガスを取り除くこともできる。

20

【0018】

図 2 a は、本発明の代替実施形態による微細加工素子 200 を平面図で示す。この実施形態では、素子基板 230 上に能動素子 234 および基板電気トレース 235 が配置される。図を分かりやすくするため、図 2 a および図 2 b では、能動素子 234 が単なる単一の層として描いてある。能動素子 234 には、例えばトランジスタ（薄膜トランジスタ（TFET））やアモルファスシリコントランジスタを含む）、ダイオード、ロジックセル、並びに、センサ、トランスデューサ、電子放出器、ボロメータ、超伝導高 Q R F フィルタなどが含まれる。しかしながら、それらは本発明で使用可能な多数の能動素子のうちの数例を挙げたものにすぎず、それらは個別に使用される場合も、組み合わせで使用される場合もある。代替実施形態において、能動素子 234 はマイクロチャネル（微小流路）、反応器チャンバ、マイクロムバおよびアクチュエータ等の種々の MEMS 素子と一体化される場合がある。ただし、それらの使用可能な多数の MEMS 素子のうちの数例を挙げたものにすぎない。例えば、微細加工素子 200 は、上記素子基板 230 上にマイクロミラーが配置され、該ミラー上に反射面が設けられる場合がある。他の例としては、前記素子基板 230 上に光吸収面が設けられたボロメータその他の放射検出器がある。

30

【0019】

素子基板 230 は、支持構造 240 に形成された開口部 242 の中に、支持構造 240 から距離 G の位置に配置される。図 2 a に示すように、熱分離構造 220 は、結合点 221 において素子基板 230 および支持構造 240 と結合される。さらに、熱分離構造 220 は、結合点 221 間で測定したときに、素子基板 230 と支持構造 240 との間の距離 G として図示されている間隙よりも長い特性長すなわち熱伝導経路 218 を有する。この実施形態において、熱分離構造 220 は、アコーディオンまたはシェブロンのような構造を形成することにより、素子基板 230 と支持構造 240 との間の熱伝導を低減するとともに、素子基板 230 を機械的に支持する働きをもつ。熱分離構造 220 は、熱分離構造 220 内の張力を最小限に抑え、素子基板 230 に加わる応力が低減されるように形成される。図 2 a および図 2 b に示すように、熱分離構造 220 上には電気配線トレース 224 が形成され、該電気配線トレース 224 が基板電気トレース 235 と電気接続される。

40

50

素子基板 230 を加熱するか冷却するかは、例えば微細加工素子 200 が使用される応用形態に応じて異なる場合がある。

【0020】

図 3 a は、本発明の代替実施形態による微細加工素子 300 を平面図で示す。この実施形態では、素子基板 330 を支持構造 340 の上方に配置し、縦形構造を形成する。図 3 b の断面図に示すように、素子基板 330 は支持構造 340 から距離 G だけ離してある。この実施形態では、熱分離構造 320 は、素子基板 330 の下面 336 に形成された基板取付け面 332 に取り付けられる。代替実施形態において、熱分離構造 320 は、例えば素子基板 330 の側面 337 など、他の場所に取り付けられる場合がある。さらに、熱分離構造 320 は、結合点 321 間で測定したときに、距離 G よりも長い特性長さすなわち熱伝導経路 318 を有する。熱伝導経路 318 を長くすることにより、直線のすなわち短い熱伝導経路を用いた場合よりも効率的に、素子基板 330 を支持構造 340 の温度とは異なる温度へ加熱または冷却することが可能になる。素子基板 330 を加熱するか冷却するかは、例えば微細加工素子 300 が使用される応用形態に応じて異なる場合がある。図 3 c は、熱分離構造 320 の代替実施形態を示す断面図である。この実施形態の場合、熱分離構造 320' は、素子基板 330 と支持構造 340 の両方に複数の結合点 321' を有する。特性長さ 318' は間隙幅 G よりも長い。

10

【0021】

図 4 a ~ 図 4 c は、本発明の代替実施形態による熱分離構造 420 a、420 b および 420 c を平面図で示す。この実施形態において、熱分離構造 420 a、420 b および 420 c は、第 1 の部分 426 と、第 2 の部分 427 と、少なくとも 1 つの折り曲げ部を備えた折り曲げ構造を形成する折り曲げ部分 428 とを含む。第 1 の部分 426 と第 2 の部分 427 は互いに実質的に平行であり、3 つの部分 426 ~ 428 によって U 字構造が形成される。熱分離構造 420 a、420 b および 420 c は、結合点 421 間で測定したときの直線距離よりも長い熱伝導経路 418 a、418 b および 418 c をそれぞれ有する。この実施形態において、熱分離構造 420 a、420 b および 420 c は、実質的に一様な膨張率を有し実質的に均一な組成を持つ単一の層から形成される。代替実施形態では、微細加工素子が使用される特定の応用形態に応じて、熱分離構造 420 a、420 b および 420 c は 2 以上の層から形成される場合がある。さらに他の実施形態では、熱分離構造の断面積が変更される場合がある。例えば、支持構造 440 側の結合点 421 における熱分離構造の断面積は、素子基板 430 側の結合点 421 における断面積よりも大きくする場合がある。さらに他の実施形態では、熱分離構造の様々な位置でその断面積が異なるようにし、例えば折り曲げ部分 428 が第 1 の部分 426 や第 2 の部分 427 よりも細くなるようにする場合がある。

20

30

【0022】

図 5 a は、本発明の代替実施形態による微細加工素子 500 を平面図で示す。図 5 b に示すように、この実施形態の場合、素子基板 530 と支持構造 540 が実質的に平面構造を形成するが、熱分離構造 520 はその平面構造よりも上に、すなわち外れて形成される。さらに、この実施形態の場合、熱分離構造 520 は素子基板 530 や支持構造 540 の材料とは異なる材料から形成される。例えば、素子基板 530 と支持構造 540 はシリコンウェーハから形成され、熱分離構造はシリコンウェーハ上に堆積されたシリコン酸化物または窒化物層から形成される場合がある。他の実施形態について説明したように、熱分離構造 520 は、機械的支持を与えるとともに、素子基板 530 と支持構造 540 との間の熱伝導を低減する働きをもつ。

40

【0023】

素子基板 530 は、支持構造 540 に形成された開口部 542 の中に、支持構造 540 から距離 G の位置に配置される。さらに、熱分離構造 520 は、結合点 521 間で測定したときに、距離 G よりも長い熱伝導経路 518 を有する。この実施形態の場合、熱分離構造 520 の断面積 515 は一様であり、熱分離構造 520 は一様な膨張率と均一な組成とを有する。代替実施形態では、熱分離構造 520 の厚さを変更し、その断面積 515 を変

50

化させることにより、熱分離構造520の熱伝導をさらに調節する場合がある。さらに他の実施形態では断面の組成も変更する場合があり、例えば熱伝導経路518に沿って、または断面積515にわたって、または断面515を通る方向に、あるいはそれらの組み合わせで、二酸化シリコンまたは窒化シリコンの化学量論を、酸素や窒素をほとんど含まない組成から酸素や窒素の含有量が多い組成へ変化させることなどにより、断面の組成を変化させる場合がある。そのような層から形成された熱分離構造は、一様でない熱膨張率と不均一な組成との両方を有することになる。この実施形態の場合、熱分離構造520は、金属、半導体、無機物または高分子材料あるいはそれらの材料の組み合わせなど、任意の適当な材料から形成することができる。例えば、使用できる材料を2つだけ挙げると、電気メッキまたはスパッタリング堆積による金属薄膜や、スピンコーティングまたはスクリーン印刷によるポリイミド・ベンゾシクロブテン(BCB)層がある。用いられる具体的な材料は、微細加工素子500が使用される特定の応用形態に応じて異なる場合がある。

10

【0024】

図6aは、本発明の代替実施形態による微細加工素子600を平面図で示す。この実施形態では、熱分離構造620が素子基板630の周囲に環状構造を形成する。熱分離構造620は、機械的な支持を与えるとともに、素子基板630と支持構造640との間の熱伝導を低減する働きを持つ。素子基板630は、支持構造640に形成された開口部642の中に、支持構造640から距離Gの場所に配置される。さらに、熱分離構造620は、角部結合点621と素子基板630上の結合点621'との間で測定したときに、距離Gよりも長い熱伝導経路618を有する。断面図6bは、この実施形態の実質的に平坦な構造を示す。しかしながら、熱分離構造620は、図5aおよび図5bの実施形態に示したように、素子基板と支持構造によって形成される実質的に平坦な構造から外れて形成される場合もある。

20

【0025】

図7は、集積真空素子702を有する微細加工素子700の例示的实施形態を示す。微細加工素子700は、電子762が集束ビーム764に形成されるときにその作用を受けるディスプレイ画面または大容量記憶素子のような陽極表面750を含む。熱分離構造720は、機械的な支持を与えるとともに、素子基板730と支持構造740との間の熱伝導を低減させる働きを持つ。素子基板730は、支持構造740に形成された開口部742の中に配置される。陽極表面750は、第2の電子レンズ素子752から所定の距離に固定される。微細加工素子700は真空パッケージ(図示せず)内に収容される。

30

【0026】

この実施形態では集積真空素子702が簡略化されたブロック形態で図示されているが、集積真空素子702は当該技術分野でよく知られている電子放出器構造であれば任意の電子放出器構造でよく、スピント(Spindt)型先端部の放出器構造や、フラット型放出器構造にすることもできる。第2のレンズ素子752はグランドシールドとしての働きを持つ。真空素子702は素子基板730の少なくとも一部の上に配置される。第1の絶縁体層すなわち誘電体層754により、第2のレンズ素子752を第1のレンズ素子756から電氣的に絶縁する。第2の絶縁層758により、第1のレンズ素子756を真空素子702から電氣的に絶縁する。他の実施形態では、例えば、放出電子の強度を強めたり、電子ビーム764の集束能力を向上させたりするため、3以上のレンズ素子が用られる場合もある。レンズ素子および誘電体層は、いずれも従来の半導体処理装置を用いて形成される。

40

【0027】

ディスプレイ画面として陽極表面上750上に形成される画素アレイ(図示せず)は、赤色、青色、緑色の順で配置されるのが一般的だが、この画素アレイは単色にしてもよい。素子基板730上に放出器アレイ(図示せず)を形成し、放出器アレイの各素子が電子放出器として機能する1以上の集積真空素子を有するようにする。第1および第2の電子レンズ752,756を含む電子レンズ構造に適当な信号を加えることにより、真空素子702から放出された電子762を集束させるのに必要な電界の勾配が形成され、陽極表

50

面 750 上に集束ビーム 764 が生成される。

【0028】

陽極表面 750 は一般に大容量記憶素子として相変化材料または記憶媒体を含み、それらは集束ビーム 764 のエネルギーの作用を受ける。相変化材料を結晶状態から非結晶状態（図示せず）へ変化させるためには、通常、高電力レベルの集束ビーム 764 を使用して、該集束ビーム 764 の電力レベルを急激に減少させる。相変化材料を非結晶状態（図示せず）から結晶状態へ変化させるためには、通常、高電力レベルの集束ビーム 764 を使用して、該電力レベルを媒体表面が結晶状態にアニールされるだけの時間をかけて徐々に減少させてゆく。この相変化を用いて陽極表面 750 上に記憶領域が形成され、該記憶領域は、使用される集束ビーム 764 の電力レベルに応じて、複数の状態のうちの 1 つをとる。それらの種々の状態は、その記憶領域に記憶された情報を表す。

10

【0029】

相変化媒体の材料の例としては、テルル化ゲルマニウム（GeTe）および GeTe を基にした三元合金がある。また、大容量記憶素子は陽極表面 750 を集束ビーム 764 に対して第 1 の方向および好ましくは第 2 の方向に移動させるための電子回路（図示せず）をさらに含み、陽極表面 750 上の複数の場所に対する単一の集積真空素子 702 による読み出しおよび書き込みが可能になっている。陽極表面すなわち媒体表面 750 上に記憶されたデータを読み出すためには、低エネルギーの集束ビーム 764 を媒体表面 750 に照射し、媒体基板 760 から電子を放出させ、それらの電子を読み出し回路（図示せず）で検出する。検出される電子の量は、集束ビーム 764 が照射された媒体表面の状態に応じて、すなわち非晶質状態であるか結晶状態によって異なる。

20

【0030】

図 8 は、コンピュータシステム、ビデオゲーム、インターネット機器、端末、MP3 プレーヤ、携帯電話、または携帯情報端末等（例として幾つか挙げているだけである）の電子装置 808 の例示的なブロック図を示す。電子装置 808 は、「ペンティアム（R）プロセッサ」という名前で販売されているインテル（R）製プロセッサやその互換プロセッサなどのマイクロプロセッサ 866 を含む。他にも多数のプロセッサが存在し、それらを用いられる場合もある。マイクロプロセッサ 866 は、プロセッサで読み出し可能なメモリを含むメモリ装置 868 に電氣的に接続される。メモリ装置 868 は、マイクロプロセッサ 866 でデータまたは入出力機能を、あるいはそれら両方を処理するのに使用されるコンピュータ実行可能コマンドすなわち命令を格納する。また、メモリ装置 868 は、マイクロプロセッサ 866 で処理されるデータをさらに格納することができる。さらに、マイクロプロセッサ 866 は、記憶装置 804 または表示装置 806 に、あるいはそれら両方に電氣的に接続される。マイクロプロセッサ 866、メモリ装置 868、記憶装置 804 および表示装置 806 はそれぞれ、熱分離構造を有する素子基板を示す先に説明した図面や文章に例示されたような本発明の一実施形態を含む場合がある。

30

【0031】

図 9 は本発明の一実施形態による微細加工素子の製造方法を示すフロー図である。図 10 a ~ 図 10 h は微細加工素子の作成に用いられる各工程を示す図である。それらの図は、本発明を分かりやすく例示し、理解を容易にする目的で図示したものに過ぎない。実際の寸法通りではなく、その工程を分かりやすく示すために一部の特徴が強調してある。

40

【0032】

基板形成工程 990 を用いて、素子基板および支持構造を形成するための土台となる基板を形成する。図 10 a の断面図に示すように、この実施形態では、ウェーハ 1070 に約 200 ~ 800 μm の厚さの単結晶シリコン基板を用いている。しかしながら、他の実施形態では他の材料および厚さを用いることもできる。例えば、本発明で使用可能な代替の材料を数例挙げると、ガリウムヒ素、ガラスおよびポリマー基板などがある。したがって、ウェーハ 1070 が通常のウェーハサイズに限定されることはなく、ウェーハ 1070 は、ポリマー薄板または薄膜、あるいはガラス薄板を用いて形成することができ、従来のシリコンウェーハとは異なる形状およびサイズに処理された単結晶の薄板すなわち基板

50

を用いて形成することもできる。

【0033】

図10bの断面図に示すように、素子構造形成工程992を用いて、微細加工素子上にMEMS構造または能動素子、あるいはそれら両方1072を形成する。MEMS構造は、微細加工素子が使用される特定の応用形態に応じて任意の構造に形成することができる。MEMS構造としては、例えば数例を挙げると、トランスデューサ、アクチュエータ、センサおよびバルブなどが含まれる。さらに、素子構造形成工程992は、例えばトランジスタ、論理回路、メモリセル等の種々の電子回路、およびキャパシタ、抵抗、インダクタ等の受動素子を形成する処理も含む。分かりやすくするため、図10bでは、それらの素子を単一の層1072で表している。作成される具体的な素子および回路は、微細加工素子が使用される特定の応用形態に応じて異なる場合がある。通常、それらの電子回路は従来のIC処理装置および処理工程を用いて製造される。MEMS構造はバルク・マイクロマシニングまたはサーフェイス・マイクロマシニング、あるいはそれら両方を用いて形成される。例えば、集積圧力センサは通常、IC処理を用いて駆動回路および分析回路を形成した後、微細加工によってウェーハの背面から振動板を形成することによって製造される。他の例としては、IC処理を用いてサーモパイルその他の回路を形成した後、微細加工によってセンシングアレイを形成することによって製造される赤外線センシングアレイや、CMOS技術を用いてIC増幅器を作成し、微細加工によって適当な共振周波数を持つインダクタを作成することによって製造される、無線周波数領域で動作する増幅器などが挙げられる。また、素子構造形成工程992は、微細加工素子の種々の部分に信号および電力を供給するための電気トレースや配線パッドに関する堆積およびパターン生成の処理も含む。

【0034】

熱分離構造画定工程994を用いて、所望の熱伝導経路および結合点など、熱分離構造の形状すなわち構造を画定する。さらに、微細加工素子が使用される特定の応用形態によっては、熱分離構造画定工程994を用いて、素子基板および支持構造をさらに画定する場合もある。図10cの断面図に示すように、シリコン基板1070およびMEMS素子または電気素子あるいはそれら両方1072の上に、誘電体パッシベーション層1074およびエッチング画定層1076を堆積させる。代替実施形態において、製造する特定の素子、および微細加工素子が使用される特定の応用形態によっては、素子構造形成工程で誘電体パッシベーション層1074およびエッチング画定層1076を堆積させる場合もある。プラズマ化学気相成長(PECVD)、スパッタ堆積、化学気相成長などの堆積技術を用いて、数例を挙げると、シリコン酸化物、シリコン窒化物またはシリコン炭化物などの耐火性誘電体を堆積させることができる。代替実施形態では、スピンコーティング、カーテンコーティングまたはスクリーン印刷を用いて、わずか2例ではあるが、ポリイミドやベンゾシクロブテンなどのポリマー誘電体パッシベーション層を形成する場合もある。平坦化された誘電体層が望ましい応用形態の場合、堆積後に化学機械処理(CMP)などの種々の平坦化工程を用いることができる。図10cの断面図に示すように、エッチング画定層1076はシリコン基板1070の背面すなわち反対側に堆積される。この実施形態ではエッチング画定層1076がシリコン窒化物層になっているが、代替実施形態では、使用される基板材料や熱分離構造を形成するのに用いられる特定のエッチャント等の要因に応じて、シリコン酸化物やシリコン炭化物等の他の耐火性材料、あるいはフォトレジストやポリイミドなどの高分子材料を用いる場合もある。その後、従来のフォトリソグラフィ技術および処理工程を用いてエッチング画定層1076をパターンニングし、図10dの断面図に示すように開口部1078を形成する。開口部1078のサイズおよび形状も、ウェーハ1070をエッチングするのに用いられる特定のエッチャントや、ウェーハすなわち基板の材料等、種々のパラメータに応じて異なる場合がある。代替実施形態において、開口部1078は、誘電体パッシベーション層1074に形成される場合もあるし、エッチング画定層1076と誘電体パッシベーション層1074の両方に形成される場合もある。

10

20

30

40

50

【0035】

熱分離構造形成工程996を用いて、ウェーハ1070を成形、すなわち一般的にはエッチングし、熱分離構造1020、素子基板1030および支持構造1040を形成する。例えば、垂直の側壁が望ましい場合、ドライエッチングを用いることができる。あるいは、水酸化カリウム(KOH)等による異方性ウエットエッチングを用いて(110)方位のシリコンウェーハをエッチングすることにより、垂直側壁を形成することもできる。さらに、KOHまたは水酸化テトラメチルアンモニウム(TMAH)等による異方性ウエットエッチングを用いて(100)方位のシリコンウェーハをエッチングした場合、(111)結晶面のエッチング速度が遅いことによって生じる傾斜付き側壁を有する種々の構造が形成される。さらに他の実施形態において、もっと複雑な構造が望ましい場合は、ウエットエッチングとドライエッチングを組み合わせることもできる。さらに、レーザアブレーション、反応性イオンエッチング、集束イオンビームによるパターニングを含むイオンミリングなど、他の処理を用いて図10eに示すような熱分離構造1020、素子基板1030および支持構造1040を形成することもできる。熱分離構造1020を形成した後、図10fに示すように、誘電体パッシベーション層1074およびエッチング画定層1076の一部は除去することができる。この実施形態では、さらに別のパッケージング工程を例示するため、誘電体パッシベーション層1074とエッチング画定層1076を支持構造1040上に残したままにしている。しかしながら、代替実施形態において、それらの層は、微細加工素子の種々の部分における所望の熱分離特性および電気絶縁特性などの種々の要因に応じて、完全に除去される場合もあれば、選択領域に残しておく場合もある。

【0036】

微細加工素子が使用される応用形態によっては、パッケージ形成工程998を用いて、対流による加熱または冷却を低減するための真空パッケージを形成する場合がある。図10gの断面図に示すように、支持構造1040に対し、誘電体パッシベーション層1074およびエッチング画定層1076の上に素子結合構造1080を形成する。誘電体パッシベーション層1074およびエッチング画定層1076は、パッケージと支持構造1040との間の電氣的絶縁を行なうとともに、熱伝導を低減する働きを持つ。素子結合構造1080の材料として使用可能な種々の材料の中から2つだけ例を挙げるとすれば、シリコンダイをセラミックパッケージまたは金属缶に接合するための金とシリコンの共融混合物と、比較的軟質で低融点のはんだが挙げられる。カバーすなわち蓋1082上にカバー結合構造すなわち蓋結合構造1084を形成し、ベースすなわちパッケージ底板1086上にベース底板結合構造すなわちパッケージ底板結合構造1088を形成する。

【0037】

素子結合構造1080、カバー結合構造1084およびベース結合構造1088に用いられる材料は、ウェーハ1070、カバー1082およびベース1086に用いられる材料に応じて異なる場合がある。カバー1082およびベース1086には、種々のセラミック、ガラスまたは金属材料を用いることができる。具体的な材料は、例えば、維持すべき所望の圧力、微細加工素子がさらされる温度や湿度ならびにその他の環境要因、パッケージング処理によって微細加工素子に加わる場合がある応力の大きさ、用いられる封止技術などによって異なるものとなる。結合構造に用いる材料を決定する際にも、それらの同じ要因が考慮される。シール1081は、熱圧着、プレージング、陽極結合およびその他の技術を含む種々の技術によって形成することができる。

【図面の簡単な説明】

【0038】

【図1a】本発明の一実施形態による微細加工素子の平面図である。

【図1b】本発明の一実施形態による図1aに示した微細加工素子の断面図である。

【図1c】本発明の他の実施形態による図1aに示した微細加工素子の断面図である。

【図1d】本発明の他の実施形態による図1aに示した微細加工素子の断面図である。

【図1e】本発明の他の実施形態による図1aに示した微細加工素子の断面図である。

10

20

30

40

50

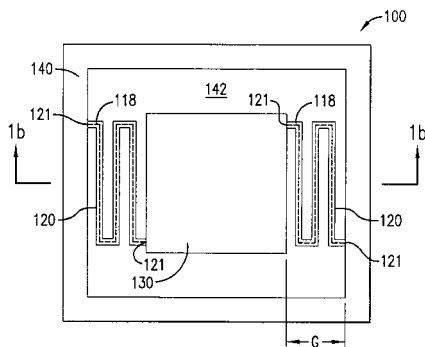
- 【図 2 a】本発明の他の実施形態による微細加工素子の平面図である。
- 【図 2 b】本発明の一実施形態による図 2 a に示した微細加工素子の断面図である。
- 【図 3 a】本発明の他の実施形態による微細加工素子の平面図である。
- 【図 3 b】本発明の一実施形態による図 3 a に示した微細加工素子の断面図である。
- 【図 3 c】本発明の他の実施形態による図 3 a に示した微細加工素子の断面図である。
- 【図 4 a】本発明の他の実施形態による熱分離構造の平面図である。
- 【図 4 b】本発明の他の実施形態による熱分離構造の平面図である。
- 【図 4 c】本発明の他の実施形態による熱分離構造の平面図である。
- 【図 5 a】本発明の他の実施形態による微細加工素子の平面図である。
- 【図 5 b】図 5 a に示した微細加工素子の断面図である。
- 【図 6 a】本発明の他の実施形態による微細加工素子の平面図である。
- 【図 6 b】図 6 a に示した微細加工素子の断面図である。
- 【図 7】本発明の他の実施形態による集積真空素子を有する微細加工素子の断面図である。

10

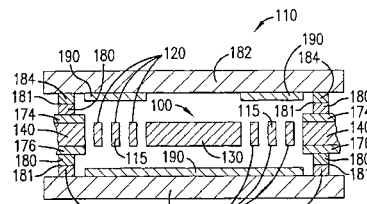
- 【図 8】本発明の一実施形態による電気素子のブロック図である。
- 【図 9】本発明の一実施形態による微細加工素子を形成する方法の流れ図である。
- 【図 10 a】本発明の実施形態を形成するのに用いられる一工程の断面図である。
- 【図 10 b】本発明の実施形態を形成するのに用いられる一工程の断面図である。
- 【図 10 c】本発明の実施形態を形成するのに用いられる一工程の断面図である。
- 【図 10 d】本発明の実施形態を形成するのに用いられる一工程の断面図である。
- 【図 10 e】本発明の実施形態を形成するのに用いられる一工程の断面図である。
- 【図 10 f】本発明の実施形態を形成するのに用いられる一工程の断面図である。
- 【図 10 g】本発明の実施形態を形成するのに用いられる一工程の断面図である。
- 【図 10 h】本発明の実施形態を形成するのに用いられる一工程の断面図である。

20

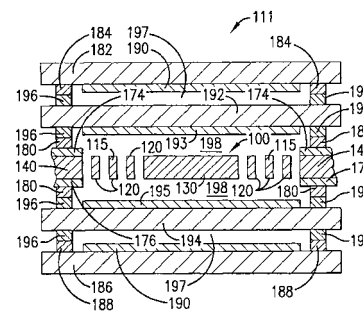
【図 1 a】



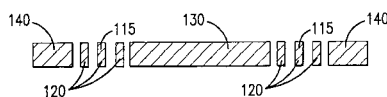
【図 1 d】



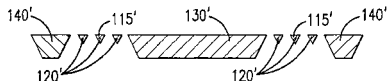
【図 1 e】



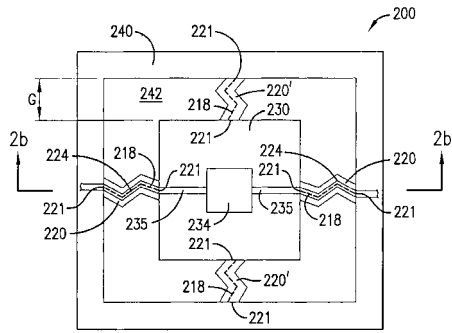
【図 1 b】



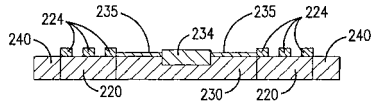
【図 1 c】



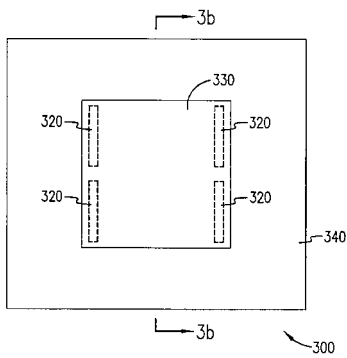
【 図 2 a 】



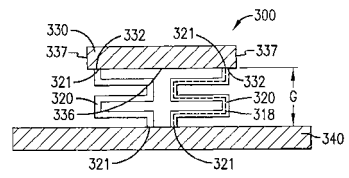
【 図 2 b 】



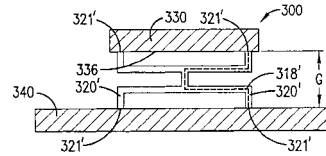
【 図 3 a 】



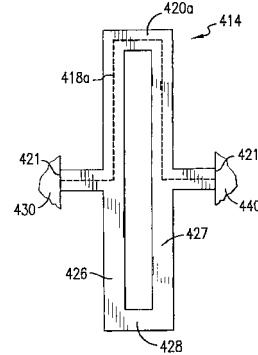
【 図 3 b 】



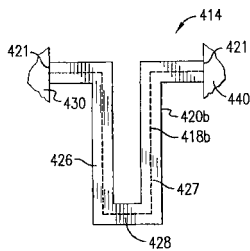
【 図 3 c 】



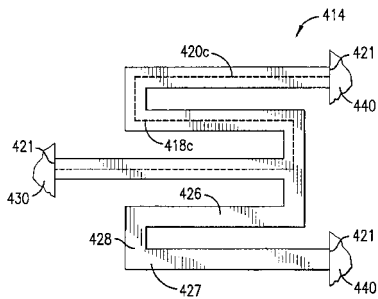
【 図 4 a 】



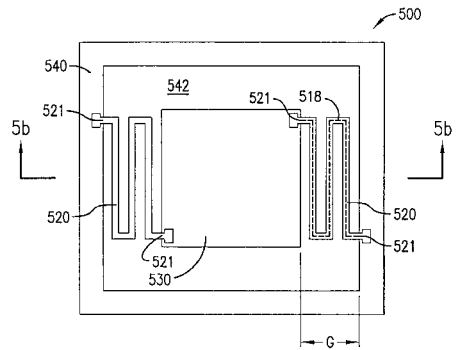
【 図 4 b 】



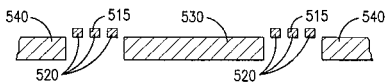
【 図 4 c 】



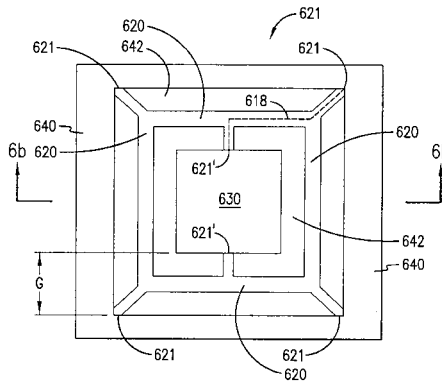
【 図 5 a 】



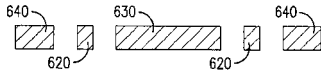
【 図 5 b 】



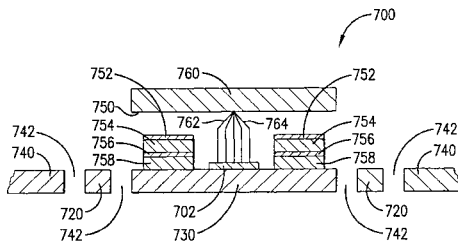
【図6a】



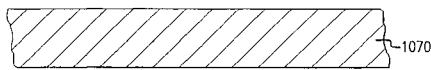
【図6b】



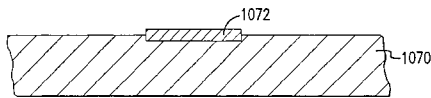
【図7】



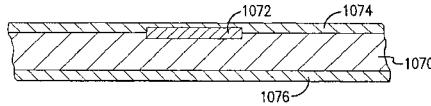
【図10a】



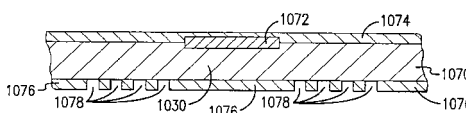
【図10b】



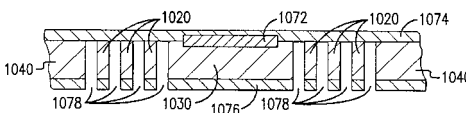
【図10c】



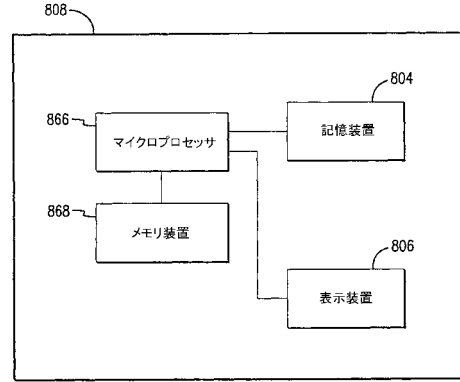
【図10d】



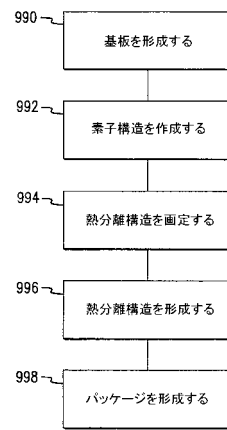
【図10e】



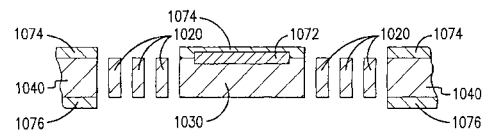
【図8】



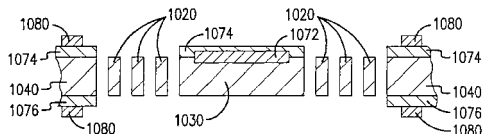
【図9】



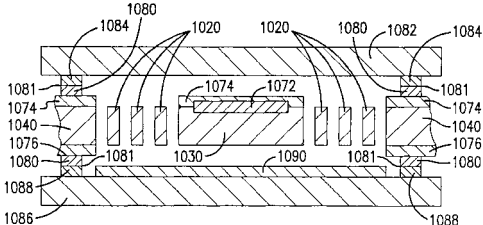
【図10f】



【図10g】



【図10h】



フロントページの続き

- (72)発明者 ジェイムス・シー・マッキンネル
アメリカ合衆国オレゴン州97304, セーラム, デイジー・レーン・ノースウエスト・2512
- (72)発明者 ジョン・リーベスキンド
アメリカ合衆国オレゴン州97330, コーバリス, ノースウエスト・エルムウッド・ドライブ・
4775
- (72)発明者 チエン・ヒュア・チェン
アメリカ合衆国オレゴン州97330, コーバリス, ノースウエスト・ディクソン・ストリート・
2214