

(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2013-162295
(P2013-162295A)

(43) 公開日 平成25年8月19日(2013.8.19)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H03H 9/02 (2006.01)	H03H 9/02	A 5J108
H03H 3/02 (2006.01)	H03H 3/02	B
H01L 23/12 (2006.01)	H01L 23/12	K
H01L 23/04 (2006.01)	H01L 23/04	E

審査請求 未請求 請求項の数 8 O.L. (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願2012-22061 (P2012-22061)
(22) 出願日 平成24年2月3日 (2012.2.3)

(71) 出願人 000002369
セイコーエプソン株式会社
東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

(74) 代理人 100091306
弁理士 村上 友一

(74) 代理人 100152261
弁理士 出口 隆弘

(72) 発明者 中川 尚広
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ
エプソン株式会社内

F ターム (参考) 5J108 BB02 CC04 CC08 DD02 EE03
EE07 EE18 FF11 GG03 GG15
GG16 KK02

(54) 【発明の名称】 ベース基板、電子デバイス、ベース基板の製造方法、及び電子デバイスの製造方法

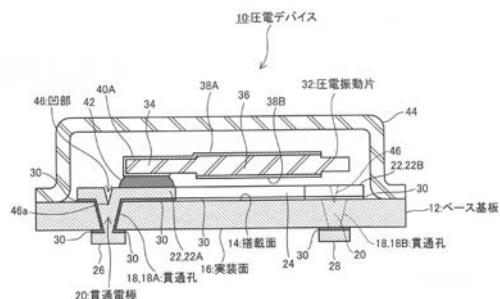
(57) 【要約】

【課題】電子部品に対する熱歪を低減し、また、電子部品の貫通電極に対するアライメント誤差を抑制して、実装に伴って生じる電子部品の特性のバラつきを抑制可能なベース基板、これを用いた電子デバイス、ベース基板の製造方法、及び電子デバイスの製造方法を提供する。

【解決手段】電子部品（圧電振動片32）が搭載される搭載面14と、前記搭載面14の裏面となる実装面16と、前記搭載面14と前記実装面16との間で貫通する貫通孔18とを有して絶縁材料からなるベース基板12である。

前記ベース基板 12 は、前記貫通孔 18 に埋め込まれていて、かつ、搭載面側 14 に凹部 46 を有する貫通電極 20 を備えていることを特徴とする。

【選択図】図 1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

電子部品が搭載される搭載面と、前記搭載面の裏面となる実装面と、前記搭載面と前記実装面との間で貫通する貫通孔とを有して絶縁材料からなる基板と、

前記貫通孔に埋め込まれていて、かつ、前記搭載面側に凹部を有する貫通電極と、を備えていることを特徴とするベース基板。

【請求項 2】

前記貫通孔は、

前記貫通孔の前記基板の厚み方向の少なくとも一部において、その内径が前記搭載面側よりも前記実装面側の方が小さいテーパー形状の内壁を有し、

前記凹部の内径が前記搭載面側から前記実装面側に向かって縮径していることを特徴とする請求項 1 に記載のベース基板。

【請求項 3】

前記貫通電極の前記実装面側には、第 2 の凹部を有することを特徴とする請求項 2 に記載のベース基板。

【請求項 4】

前記実装面には、前記貫通電極と一体の外部電極を備えていることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載のベース基板。

【請求項 5】

前記搭載面には、前記貫通電極と一体の接続電極を備えていることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載のベース基板。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の接続電極に電子部品を接続し、前記ベース基板と共に前記電子部品を収容するキャップを前記ベース基板に接合して、前記電子部品を封止してなることを特徴とする電子デバイス。

【請求項 7】

絶縁基板に、内径が縮径するように貫通孔を形成する工程と、

メッキにより前記貫通孔の内壁に電極材料を成長させて、前記絶縁基板の前記貫通孔の内径が大きい方の面側に凹部を有する貫通電極を形成する工程と、

を含むことを特徴とするベース基板の製造方法。

【請求項 8】

請求項 7 に記載のベース基板の製造方法により形成した前記ベース基板の、前記貫通電極と接続している接続電極に電子部品を接続する工程と、

前記ベース基板と共に前記電子部品を収容するキャップを前記ベース基板に接合して、前記電子部品を封止する工程と、

を含むことを特徴とする電子デバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0 0 0 1】**

本発明はベース基板、電子デバイス、ベース基板の製造方法、及び電子デバイスの製造方法に関するものである。

【背景技術】**【0 0 0 2】**

電子部品を搭載した電子デバイスのうちのひとつとして、図 1 3 に示すように、特許文献 1 には、ベース基板 102 の搭載面 104 に圧電振動片 114 (電子部品) を配置し、キャップ 116 をベース基板 102 に接合して圧電振動片 114 を気密封止した圧電デバイス 100 (電子デバイス) が開示されている。圧電振動片 114 は、ベース基板 102 の搭載面 104 に配置された接続電極 112 に接続されている。またベース基板 102 の接続電極 112 が設けられた位置には、ベース基板 102 の搭載面 104 と実装面 106 との間を貫通する貫通孔 107 が設けられ、この貫通孔 107 には貫通電極 108 が埋め

10

20

30

40

50

込まれている。そして、貫通電極 108 の搭載面 104 側の部分は接続電極 112 に接続され、実装面 106 に露出した部分はベース基板 102 の実装面 106 に設けられた外部電極 110 に接続されている。

【0003】

ところで、ベース基板 102 と貫通電極 108 は、熱膨張係数が互いに異なるため、貫通電極 108 がベース基板 102 に対して熱歪を印加し、この熱歪みがベース基板 102 に搭載された圧電振動片 114 の周波数特性等に悪影響を及ぼす虞がある。

【0004】

そこで、貫通電極 108 には、ベース基板 102 の実装面 106 側に凹陷部 118 が設けられている。ここで、凹陷部 118 は、実装面 106 側が開口しているため、凹陷部 118 が貫通電極 108 の実装面 106 側の部分の熱膨張を吸収する。よって、貫通孔 107 の実装面 106 側の内壁が、貫通電極 108 から受ける熱歪を緩和することができる。10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開 2010 - 81127 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかし、特許文献 1 の構成の場合、ベース基板 102 とキャップ 116 により形成された内部空間の気密性を維持するため、貫通孔 107 の搭載面 104 側が貫通電極 108 により埋められている。よって、貫通電極 108 の埋め込み部分と接合する貫通孔 107 の搭載面 104 側の内壁部分が貫通電極 108 から熱歪を受ける。したがって、この熱歪が圧電振動片 114 に伝播することにより圧電振動片 114 の周波数特性に悪影響を及ぼす虞がある。20

【0007】

また凹陷部 118 が図 13 に示す形状である場合、貫通電極 108 の中心位置が不明確となる。よって、圧電デバイス 100 を組み立てる場合に、圧電振動片 114 とベース基板 102 との間の相対位置を一定に保っても、圧電振動片 114 と貫通電極 108 との間でアライメント誤差が生じる可能性がある。よって、このアライメント誤差に起因して圧電デバイス 100 の周波数特性等にバラつきが生じるという問題があった。30

【0008】

そこで、本発明は、上記問題点に着目し、電子部品に対する熱歪を低減し、また、電子部品の貫通電極に対するアライメント誤差を抑制して、実装に伴って生じる電子部品の特性のバラつきを抑制可能なベース基板、これを用いた電子デバイス、ベース基板の製造方法、及び電子デバイスの製造方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明は、上述の課題の少なくとも一部を解決するためになされたものであり、以下の適用例として実現することが可能である。

[適用例 1] 電子部品が搭載される搭載面と、前記搭載面の裏面となる実装面と、前記搭載面と前記実装面との間で貫通する貫通孔とを有して絶縁材料からなる基板と、前記貫通孔に埋め込まれていて、かつ、前記搭載面側に凹部を有する貫通電極と、を備えていることを特徴とするベース基板。40

【0010】

上記構成により、凹部が貫通電極の搭載面に露出した部分の熱膨張を吸収するので、貫通孔の搭載面側の内壁部分、すなわちベース基板の搭載面側であって貫通孔の周囲となる部分に対する熱歪を緩和することができる。よって、搭載面に搭載される電子部品に対する熱歪を緩和することができる。

【0011】

10

20

30

40

50

[適用例2] 前記貫通孔は、前記貫通孔の前記基板の厚み方向の少なくとも一部において、その内径が前記搭載面側よりも前記実装面側の方が小さいテーパー形状の内壁を有し、前記凹部の内径が前記搭載面側から前記実装面側に向かって縮径していることを特徴とする適用例1に記載のベース基板。

【0012】

上記構成により、貫通電極の凹部の最も深い部分が貫通電極の中心となるため、貫通電極を基準とした位置決めを容易に行うことができる。したがって、電子部品に対する熱歪を低減し、かつ電子部品の貫通電極に対するアライメント誤差を抑制して、実装に伴って生じる電子部品の特性のバラつきを抑制可能なベース基板となる。

【0013】

また、メッキ用の電解液に添加する添加剤の濃度が一定の濃度以下となると、貫通電極の成長速度が低下することが本願発明者により見出された。よって、同一条件下で貫通電極の成長を繰り返した場合、凹部の深さが一定の深さ以上となったときに添加剤の添加時であると判断することができ、メッキ時の電解液の管理が容易となる。

【0014】

[適用例3] 前記貫通電極の前記実装面側には、第2の凹部を有することを特徴とする適用例2に記載のベース基板。

上記構成により、貫通孔の中心軸がベース基板の法線と平行となる場合には、凹部の中心と第2の凹部の中心とを結ぶ線が、ベース基板の法線と平行になる。よって、凹部と第2の凹部の中心点の相対位置を確認することにより、貫通孔の工作精度を確認することができる。

【0015】

[適用例4] 前記実装面には、前記貫通電極と一体の外部電極を備えていることを特徴とする適用例1乃至3のいずれか1例に記載のベース基板。

上記構成により、外部電極が貫通電極を支持することになる。よって、ベース基板の搭載面が真空封止される構成であっても、外部電極が貫通電極を支持するので、貫通孔における気密性を維持することができる。また、メッキで貫通電極及び外部電極を一体で形成する場合、凹部の深さと外部電極の厚みには相関関係を有する。よって、凹部の深さをモニターすることにより、外部電極の厚みを非接触で検査することができ、外部電極の厚みをユーザーに対応して任意に設計することを容易に行うことができる。

【0016】

特に貫通孔のテーパー角が垂直に近づくほど、凹部の深さの変化量は、外部電極の厚みの変化量に比べて大きくなる。よって、凹部の深さが一定の範囲に収まるように貫通電極を形成することにより、外部電極の厚みのバラつきを抑制することができる。

したがって、外部電極を任意の厚みに設計可能とし、外部電極の厚みを非接触で検査可能としたベース基板となる。

【0017】

[適用例5] 前記搭載面には、前記貫通電極と一体の接続電極を備えていることを特徴とする適用例1乃至4のいずれか1例に記載のベース基板。

上記構成により、接続電極が貫通電極、または貫通電極及び外部電極と一体的に形成することができる。よって、製造工程を増やすことなくベース基板の電極を形成して、コストを抑制することができる。

【0018】

[適用例6] 適用例5に記載の接続電極に電子部品を接続し、前記ベース基板と共に前記電子部品を収容するキャップを前記ベース基板に接合して、前記電子部品を封止してなることを特徴とする電子デバイス。

【0019】

上記構成により、電子部品に対する熱歪を低減し、かつ電子部品の貫通電極に対するアライメント誤差を抑制して、実装に伴って生じる電子部品の特性のバラつきを抑制可能な圧電デバイスとなる。

【0020】

[適用例7] 絶縁基板に、内径が縮径するように貫通孔を形成する工程と、メッキにより前記貫通孔の内壁に電極材料を成長させて、前記絶縁基板の前記貫通孔の内径が大きい方の面側に凹部を有する貫通電極を形成する工程と、を含むことを特徴とするベース基板の製造方法。

上記方法により、適用例2のベース基板を容易に製造することができる。

【0021】

[適用例8] 適用例7に記載のベース基板の製造方法により形成した前記ベース基板の、前記貫通電極と接続している接続電極に電子部品を接続する工程と、前記ベース基板と共に前記電子部品を収容するキャップを前記ベース基板に接合して、前記電子部品を封止する工程と、を含むことを特徴とする電子デバイスの製造方法。

10

【0022】

適用例1、2と同様の理由により、電子部品に対する熱歪を低減し、かつ電子部品の貫通電極に対するアライメント誤差を抑制して、実装に伴って生じる電子部品の特性のバラつきを抑制可能な電子デバイスを製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】第1実施形態の圧電デバイスの断面図である。

【図2】第1実施形態の圧電デバイスの平面図である。

20

【図3】第1実施形態のベース基板の底面図である。

【図4】第1実施形態のベース基板の製造工程（その1）を示す図である。

【図5】第1実施形態のベース基板の製造工程（その2）を示す図である。

【図6】第2実施形態の圧電デバイスの断面図である。

【図7】第2実施形態の圧電デバイスの平面図である。

【図8】第2実施形態のベース基板の底面図である。

【図9】第3実施形態の圧電デバイスの断面図である。

【図10】第4実施形態の圧電デバイスの断面図である。

【図11】本実施形態の貫通孔の変形例の断面図である。

【図12】本実施形態の貫通電極等の変形例の断面図である。

【図13】特許文献1に記載の圧電デバイスの断面図である。

30

【発明を実施するための形態】

【0024】

以下、本発明を図に示した実施形態を用いて詳細に説明する。但し、この実施形態に記載される構成要素、種類、組み合わせ、形状、その相対配置などは特定的な記載がない限り、この発明の範囲をそれのみに限定する主旨ではなく単なる説明例に過ぎない。

【0025】

図1に、本実施形態の圧電デバイスの断面図を示す。また、図2に、本実施形態の圧電デバイスの平面図（キャップを省略）を示し、図3に、本実施形態のベース基板の底面図を示す。

40

【0026】

本実施形態の電子デバイスである圧電デバイス10は、ベース基板12と、ベース基板12に搭載される電子部品である圧電振動片32と、ベース基板12に接合されるとともに圧電振動片32を気密封止するキャップ44と、により構成されている。

【0027】

圧電振動片32は、水晶等の圧電材料により形成されている。本実施形態では、例えば水晶のATカット基板を用いた厚みすべり振動片としている。圧電振動片32は、厚みすべり振動をする振動部36と、ベース基板12に接合されるマウント部34と、を有する。振動部36の両面には励振電極38A, 38Bが配置され、励振電極38Aからは引出電極40Aが引き出され、励振電極38Bからは引出電極40B（図2）が引き出されている。引出電極40B（図2）は、マウント部34のベース基板12側の面にまで引き出

50

されている。引出電極 40A は、マウント部 34 の上面及び側面を経由してマウント部 34 のベース基板 12 側の面に引き出されている。

【0028】

この引出電極 40A, 40B に導電性接着剤 42 を塗布する様でマウント部 34 をベース基板 12 に接合する。これにより圧電振動片 32 は、ベース基板 12 に片持ち支持状態で支持されるとともに、ベース基板 12 側と電気的に接続される。なお、圧電振動片 32 としては、これ以外に音叉型振動片、双音叉型振動片、SAW共振片、ジャイロ振動片を適用できる。

【0029】

ベース基板 12 は、セラミック等の絶縁基板により形成され、圧電振動片 32 を搭載する搭載面 14 と、搭載面 14 の裏面であって実装先の基板（不図示）に接合する実装面 16 と、を有する。

【0030】

ベース基板 12 には、貫通孔 18（図 4（b）参照）が設けられている。貫通孔 18（18A, 18B）は、ベース基板 12 の厚み方向の断面形状が円形となる内壁を有し、搭載面 14 から実装面 16 までの間で、内径が縮径する（単調に径が小さくなる）テーパー形状の内壁（壁面）を有している。

【0031】

この貫通孔 18 は、搭載面 14 側から加工用のレーザー光を照射する、あるいはサンドブラストにより形成される。レーザー光の照射及びサンドブラストは、ベース基板 12 の深さ方向のみならずベース基板 12 の面に平行な方向にもベース基板 12 の研削を進行させる。よって、レーザー光の照射及びサンドブラストを搭載面 14 側から行なうと、搭載面 14 側のほうが実装面 16 側よりもベース基板 12 の面に平行な方向の加工が進行するので、結果的に実装面 16 側の内径が搭載面 14 側の内径よりも小さくなるテーパー形状の貫通孔 18 が形成される。

【0032】

また、ベース基板 12 をセラミックで形成する場合、ベース基板 12 のもととなる焼結前のセラミックに貫通孔 18 の外形に倣った型を押し当てて貫通孔 18 を形成して焼結し、貫通孔 18 を有するベース基板 12 としてもよい。

【0033】

本実施形態では、貫通孔 18 は、ベース基板 12 の対角線上の 2 箇所に設けられている。このうち、貫通孔 18A は、平面視でマウント部 34 から離れた位置に設けられ、貫通孔 18B は、平面視での振動部 36 の脇となる位置に設けられている。

【0034】

貫通孔 18 内には貫通電極 20 が埋め込まれている。貫通電極 20 は、貫通孔 18 の内壁に倣って外形が形成され、搭載面 14 側及び実装面 16 側に露出している。よって、貫通電極 20 の実装面 16 に露出した部分の直径は、貫通電極 20 の搭載面 14 に露出した部分の直径よりも小さくなっている（図 2、図 3 参照）。

【0035】

また、貫通電極 20 は、搭載面 14 側に凹部 46 を有している。凹部 46 は、貫通孔 18 のテーパー形状の内壁に倣った内壁を有している。すなわち、凹部 46 は、貫通電極 20 の搭載面 14 に露出した部分で開口し、開口した部分から実装面 16 に向かって一定の深さ位置で最下点 46a（底部）を有する略円錐型の内壁を有している。よって、貫通電極 20 は、貫通孔 18 の内壁を外壁とし、凹部 46 の内壁を内壁として一定の厚みを有したものとなっている。

【0036】

ベース基板 12 の搭載面 14 には、接続電極 22（22A, 22B）が設けられている。接続電極 22 は、貫通電極 20 の搭載面 14 に露出した部分に接続するように設けられている。このうち、接続電極 22A は、貫通孔 18A に形成された貫通電極 20 に接続されるとともに、マウント部 34 の引出電極 40A に対向する位置にまで延出している。そ

10

20

30

40

50

して接続電極 22A 上には、導電性接着剤 42 が塗布され、この導電性接着剤 42 が圧電振動片 32 の引出電極 40A に接合することで、接続電極 22A と引出電極 40A とが電気的に接続される。

【0037】

接続電極 22B は、貫通孔 18B に形成された貫通電極 20 の搭載面 14 に露出した部分に接続され、平面視で搭載面 14 の振動部 36 の脇となる位置に設けられている。搭載面 14 において、接続電極 22B から接続電極 24 が延出し、接続電極 24 は、マウント部 34 の引出電極 40B に対向する位置にまで延出している。接続電極 24 上には導電性接着剤 42 が塗布され、この導電性接着剤 42 が引出電極 40B と接合することで、接続電極 24 と引出電極 40B とが電気的に接続される。

10

【0038】

ベース基板 12 の実装面 16 には外部電極 26 (26A、26B) が設けられている。外部電極 26 は、貫通電極 20 の実装面 16 に露出した部分の周囲を囲んだ状態で貫通電極 20 と接続している。ところで、貫通電極 20 の実装面 16 に露出した部分の直径は搭載面 14 に露出した部分より小さいので、外部電極 26 の寸法を小さく設計することができる。よって、ベース基板 12 の面積を小さくしても外部電極 26 の配置パターンの自由度を損なうことはない。

【0039】

外部電極 26 のうち、外部電極 26A は、貫通電極 20、接続電極 22A、及び導電性接着剤 42 を介して引出電極 40A と電気的に接続する。一方、外部電極 26B (図 3) は、貫通電極 20、接続電極 22B、接続電極 24、及び導電性接着剤 42 を介して引出電極 40B と電気的に接続する。したがって、外部電極 26 に交流電圧を印加することにより、圧電振動片 32 の振動部 36 は、固有の共振周波数で厚みすべり振動をする。

20

【0040】

外部電極 26 は、実装先の基板 (不図示) に設けられた実装電極 (不図示) に接合される。本実施形態では、外部電極 26 は 2 つあれば十分であるが、実装先に安定的に接合させるため外部電極 26 と同一形状のダミー電極 28 が設けられ、このダミー電極 28 を実装先の基板 (不図示) の電極 (不図示) に接合している。

【0041】

貫通孔 18 の内壁、接続電極 22 の形成位置、外部電極 26 の形成位置にはシード電極 30 が設けられている。シード電極 30 は、後述のようにスパッタ等により形成され、メッキ用の電極として用いられる。そして、シード電極 30 上に貫通電極 20、接続電極 22、24 及び外部電極 26 が成長している。なお、シード電極 30、貫通電極 20、接続電極 22、24、及び外部電極 26 は、Cu (銅) 等の伝導率の高い金属により形成されている。

30

【0042】

キャップ 44 は、金属により形成され、下面が開口した収容空間を有し、この収容空間に圧電振動片 32 が収容可能となっている。キャップ 44 の下面を搭載面 14 に接合することにより、圧電振動片 32 を収容し、かつ圧電振動片 32 を気密封止 (真空封止) する。

40

【0043】

なお、詳細は図示しないが、ベース基板 12 のダミー電極 28 に対応する位置に貫通電極を設け、貫通電極の搭載面 14 に露出した位置に接続電極を設け、この接続電極をキャップ 44 に接続するようにしてもよい。これにより、ダミー電極 28 を接地してキャップ 44 を接地させ、圧電振動片 32 に対する外部からの電気的な干渉を回避することができる。

【0044】

図 4、図 5 に、本実施形態のベース基板の製造工程を示す。次に本実施形態のベース基板 12 の製造工程について説明する。図 4 (a) に示すように、ベース基板 12 と同一寸法の基板母材 48 を用意し、図 4 (b) に示すように、基板母材 48 の搭載面 14 となる

50

側からレーザー光またはサンドブラストによりテーパー形状の貫通孔 18 を形成する。

【0045】

図4(c)に示すように、スパッタ等の方法を用いて基板母材48の表面にCu(銅)等の金属のシード電極30を形成する。このとき、貫通孔18はテーパー状に形成されているため、スパッタを用いても貫通孔18の内壁に容易にシード電極30を形成することができる。なお、図4(c)において、シード電極30は全て繋がっているものとする。

【0046】

図4(d)に示すように、シード電極30上の貫通電極20、接続電極22(接続電極24)、外部電極26、ダミー電極28に対応する位置を除いてレジスト膜50を形成する。

10

【0047】

図4(e)に示すように、シード電極30及びレジスト膜50を形成した基板母材48を、Cu(銅)等の金属メッキ材料の電解液に投入してシード電極30に電界を印加する。このときシード電極30は、電極形成部分以外の部分で露出させておき、その部分に電界印加用のケーブル(不図示)を接続しておく。すると、シード電極30が露出した部分で、電極材料が成長してゆく。図4(e)においては、貫通電極20を形成する電極材料は未だ厚みが薄いので、貫通孔18は塞がってはいない。

【0048】

図5(a)に示すように、電極材料の成長が進行すると、貫通孔18は電極材料により塞がる。しかし、貫通電極20の搭載面14側には凹部46が残り、外部電極26の中央部(貫通電極20の実装面16側)には第2の凹部52が残ることなる。

20

【0049】

図5(b)に示すように、電極材料の成長が図5(a)の場合よりも進行すると、貫通孔18が貫通電極20を形成する電極材料により埋まり始め、凹部46及び第2の凹部52の直径及び深さが小さくなっていく。

【0050】

図5(c)に示すように、電極材料の成長が図5(b)の場合よりも進行すると、第2の凹部52が外部電極26(貫通電極20)を形成する電極材料により完全に埋まり、第2の凹部52は消滅する。しかし、凹部46は一定の深さ位置において最下点46aを有する円錐型の内壁を有した状態を維持する。

30

【0051】

図5(d)に示すように、レジスト膜50を除去し、図5(e)に示すように、シード電極30の電極材料が成長した部分以外の部分を、エッチング等を用いて除去することによりベース基板12が得られる。

【0052】

こののち、ベース基板12の接続電極22、24に導電性接着剤42を塗布し、引出電極40A、40Bに導電性接着剤42を塗布する形で、圧電振動片32を接続電極22、24に接続させ、マウント部34をベース基板12に固定することで圧電振動片32をベース基板12に片持ち支持させる。最後に、真空環境下でキャップ44を搭載面14に接合することにより圧電デバイス10が得られる。

40

【0053】

本実施形態のベース基板12の製造方法は、一回のメッキ工程で、貫通電極20、接続電極22、24、外部電極26、ダミー電極28を同時に形成することができる点が大きなメリットである。したがって、製造工程を増やすことなくこれらの電極を形成することができるのでコストを抑制することができる。さらに貫通電極20、接続電極22、24、及び外部電極26は、一体で形成されるので、電極間での接触抵抗の発生を回避できる。また、貫通孔18が上述のようにテーパー形状を有するため、貫通孔18の実装面16側が搭載面14側よりも早く埋まり、少ないメッキ量で外部電極26の平坦性を確保して、高品質化を図ることができる。

【0054】

50

本実施形態では、貫通電極 20 が実装面 16 から搭載面 14 に向かって断面の直径が大きくなる形状を有するため、搭載面 14 とキャップ 44 により形成された内部空間が真空となっている場合は、貫通電極 20 が内部空間側に引き寄せられるとも思われる。しかし、本実施形態では、貫通電極 20 と外部電極 26 が一体に形成され、外部電極 26 が貫通電極 20 を支持する形となるので、貫通電極 20 が内部空間側に引き寄せられることはなく、内部空間の気密性が低下することはない。

【0055】

本実施形態のメッキ工程において、凹部 46 の最下点 46a が形成されたのち、凹部 46 が消失するまでの範囲では、外部電極 26 の厚みと、貫通電極 20 の搭載面 14 側の露出面を基準とした凹部 46 の最下点 46a の深さ位置と、の間で相関関係を有する。

10

【0056】

そこで、外部電極 26 の成長速度と、貫通電極 20 の成長速度とが一致すると考える。外部電極 26 の単位時間当たりの成長速度を t とし、貫通孔 18 のテーパー角度を θ (図 4 (b)) とすると、凹部 46 の最下点 46a の深さ位置の単位時間当たりの変化量は $t / \cos \theta$ となる。よって、凹部 46 の最下点 46a の深さが分かれれば、外部電極 26 の厚みを知ることができる。したがって、凹部 46 の最下点 46a の深さをモニターすることにより、外部電極 26 の厚みを被接触で検査することができる。最下点 46a の深さは、例えば、ベース基板 12 の搭載面 14 に向けてレーザー光を照射し、貫通電極 20 の搭載面 14 側の表面でのレーザー光の反射成分と最下点 46a におけるレーザー光の反射成分の戻り時間の相違等を用いて計測することができる。

20

【0057】

特に貫通孔 18 のテーパー角が垂直に近づくほど、凹部 46 の深さの変化量は、外部電極 26 の厚みの変化量に比べて大きくなる。すなわち、貫通孔 18 のテーパー角度が大きくなるほど、凹部 46 が埋まっていく速度が速くなる。よって、凹部 46 の深さが一定の範囲に収まるように貫通電極 20 を形成することにより、外部電極 26 の厚みのバラつきを抑制することができる。

【0058】

また、メッキ工程においては、レジスト膜 50 により囲まれたメッキ対象の部分の面積を小さくするほどその部分の電極材料の成長速度が遅くなることが知られている。よって、本実施形態では、外部電極 26 を成長させる部分のレジスト膜 50 の開口面積を、貫通電極 20 の搭載面 14 側及び接続電極 22 を成長させる部分のレジスト膜 50 の開口面積よりも小さくする。これにより、凹部 46 の最下点 46a の深さ位置の単位時間当たりの変化量を $t / \cos \theta$ よりも大きくすることができ、外部電極 26 の厚み制御をより高精度に行なうことができる。

30

【0059】

また、メッキ用の電解液に添加する添加剤の濃度が一定の濃度以下となると、貫通電極 20 の成長速度が低下することが本願発明者により見出された。よって、同一条件下で貫通電極 20 の成長を繰り返した場合、凹部 46 の深さが一定の深さ以上となったときに添加剤の添加時であると判断することができ、メッキ時の電解液の管理が容易となる。

【0060】

したがって、貫通電極 20 の気密を維持するとともに外部電極 26 の厚みを非接触で検査可能とし、外部電極 26 を任意の厚みに設計可能とし、そして外部電極 26 の厚みのバラつきを抑制し、さらにメッキ用の電解液の管理が容易なベース基板 12 となる。

40

【0061】

また本実施形態のベース基板 12 では、凹部 46 が貫通電極 20 の搭載面 14 に露出した部分の熱膨脹を吸収するので、貫通孔 18 の搭載面 14 側の内壁部分、すなわちベース基板 12 の搭載面 14 側であって貫通孔 18 の周囲となる部分に対する熱歪を緩和することができる。よって、搭載面 14 に搭載される圧電振動片 32 に対する熱歪を緩和することができる。

【0062】

50

本実施形態では、凹部46の最下点46aより実装面16側となる貫通孔18の内壁が、貫通電極20から熱歪を受け、これが圧電振動片32に伝播し得る。しかし、圧電振動片32から見て貫通孔18の搭載面14側の内壁よりも遠い位置において熱歪を受けることになるので、熱歪の圧電振動片32に伝播する距離が長くなり、その分、熱歪が緩和される。したがって、本実施形態の圧電振動片32が受ける貫通電極20に起因した熱歪は、図10に示す、特許文献1の圧電振動片114が受ける貫通電極108に起因した熱歪よりも小さなものとなる。

【0063】

また貫通電極20の凹部46の最も深い部分（最下点46a）は貫通電極20の中心となるため、貫通電極20を基準とした位置決めを容易に行うことができる。したがって、圧電振動片32に対する熱歪を低減し、かつ圧電振動片32の貫通電極20に対するアライメント誤差を抑制して、圧電振動片32のベース基板12への実装に伴って発生する圧電振動片32の周波数特性等のバラつきを抑制可能なベース基板12となる。

10

【0064】

なお、凹部46は、ベース基板12に対する熱歪みを緩和する効果を有するが、導電性接着剤42が凹部46を埋めてしまうと、その効果が著しく低下する。よって、ベース基板12においては、搭載面14における導電性接着剤42の塗布位置（接続電極22の位置）と、凹部46と、が互いに離間するような配置が好ましい。

20

【0065】

図6に、第2実施形態の圧電デバイスの断面図を示し、図7に、第2実施形態の圧電デバイスの平面図（リッドを省略）を示し、図8に、第2実施形態のベース基板の底面図を示す。

20

【0066】

第2実施形態の圧電デバイス10Aの基本構成は、第1実施形態と共通するが、外部電極26の中央部（貫通電極20の実装面16側）に第2の凹部52が形成されている。第2の凹部52は、凹部46と同様に円錐型の内壁を有している。第2の凹部52は、外部電極26の実装面16側の面から搭載面14に向かった一定の高さ（深さ）位置で頂点52aを有している。第2の凹部52は、図5（b）の段階でメッキ工程を終了させることにより容易に形成することができる。

30

【0067】

凹部46の最下点46aと第2の凹部52の頂点52aとを用いて貫通孔18の中心軸がベース基板12の法線方向と一致するか否か判断することができる。まず、ベース基板12を図示しないXYステージに載置し、XYステージの上方及び下方にベース基板12を撮影する図示しないカメラを配置する。そして、上方のカメラが撮影したベース基板12の画像情報から画像認識により最下点46aの位置情報を算出し、下方のカメラが撮影したベース基板12の画像情報から画像認識により頂点52aの位置情報を算出し、両者の位置情報が一致するか否かで判断する。ここで、両者の位置情報が一致すれば、平面視で凹部46の最下点46aと第2の凹部52の頂点52aとが互いに重なることになる。そして、メッキでは、原則として等方的に電極材料が成長するため、両者の位置情報が一致すれば、貫通孔18の中心軸の方向とベース基板12の法線方向とが一致することがわかる。

40

【0068】

このように、貫通孔18の中心軸がベース基板12の法線と平行となる場合には、凹部46の中心と第2の凹部52の中心とを結ぶ線が、ベース基板12の法線と平行になる。よって、凹部46と第2の凹部52の中心の相対位置を確認することにより、貫通孔18の工作精度を確認することができる。

【0069】

また、第2実施形態では、キャップ44の代わりに側壁部54とリッド56を用いている。側壁部54は、ベース基板12と同一の材料で形成され、矩形のリング形状を有している。そして、側壁部54の下面が搭載面14の周縁となる位置に接合されている。よっ

50

て側壁部 54 の上面は搭載面 14 よりも高くなっている、側壁部 54 及び搭載面 14 により圧電振動片 32 を収容する収容空間 58 が形成される。

【0070】

リッド 56 は、金属により形成され、側壁部 54 の上面に接合して圧電振動片 32 を気密封止している。なお、側壁部 54 の上面に露出するとともに側壁部 54 及びベース基板 12 を連通し、ダミー電極 28 に接続する貫通電極（不図示）を形成し、リッド 56 を、ダミー電極 28 を介して接地できるようにしてもよい。

【0071】

第2実施形態の圧電デバイス 10A の組立は、搭載面 14 に側壁部 54 を接合し、圧電振動片 32 を接続電極 22A、24 に接続したのちにリッド 56 を側壁部 54 に接合する工程となる。よって、圧電振動片 32 を側壁部 54 の内側（収容空間 58）に配置して、圧電振動片 32 の気密封止時に接触等により圧電振動片 32 を破損させる虞を回避することができる。

10

【0072】

図 9 に、第3実施形態の圧電デバイスの断面図を示す。第3実施形態の圧電デバイス 10B の基本構成は、第1実施形態と共通するが、貫通孔 60 は、その内径が搭載面 14 及び実装面 16 からベース基板 12 の厚み方向の中間に向かって小さくなる鼓型の内壁を有している。

20

【0073】

貫通電極 62 は、ベース基板 12 の厚み方向の中間領域で貫通孔 60 を封止しているが、第1実施形態等と同様に、貫通電極 62 の搭載面 14 に露出した部分に凹部 64 を有し、実装面 16 に露出した部分に凹部 66 を有している。貫通電極 62 の実装面 16 に露出した部分は外部電極 26 に囲まれた状態で接続され、貫通電極 62 の搭載面 14 に露出した部分は接続電極 22 に接続されている。第3実施形態のベース基板 12 をセラミックで形成する場合は、焼結前のセラミックに型を用いて貫通孔 60 を形成した上でセラミックを焼結させればよい。

20

【0074】

図 10 に、第4実施形態の圧電デバイスの断面図を示す。図 10 に示すように、第4実施形態の圧電デバイス 10C の基本構成は第1実施形態と共通している。しかし、キャップ 44A は、圧電振動片 32（電子部品）及びベース基板 12 を収容する収容空間を有し、ベース基板 12 の搭載面 14 のみならず、ベース基板 12 の端面 12a にも接合する形状を有している。これにより、キャップ 44A とベース基板 12 との接合強度を高めることができる。なお、キャップ 44A をベース基板 12 の搭載面 14 から浮かせた状態で、キャップ 44A をベース基板 12 の端面 12a に接合させてもよい。

30

【0075】

図 11 に、本実施形態の貫通孔の変形例の断面図を示し、図 12 に、本実施形態の貫通電極等の変形例の断面図を示す。前述の貫通孔 18 は、ベース基板 12 の厚み方向の全域にわたって内壁が傾斜したテーパー形状の内壁を有している。しかし、本発明における貫通孔は、ベース基板 12 の厚み方向の少なくとも一部において、その内径が搭載面 14 側よりも実装面 16 側の方が小さいテーパー形状の内壁を有していればよい。そして、実装面 16 側の開口部の内径が搭載面 14 側の開口部の内径よりも小さくなていればよい。

40

【0076】

すなわち、図 11 に示す変形例の貫通孔 68 のように、ベース基板 12 の搭載面 14 側に円筒形の内壁 68a を有し、実装面 16 側においても円筒形の内壁 68c を有し、内壁 68a、68c との間にテーパー形状の内壁 68b を有するものしてもよい。

【0077】

ベース基板 12 をセラミックで形成する場合、焼結前のベース基板 12 の焼結材料に型を用いて内壁 68a、68c を側壁として有する 2 つの凹部を形成する。焼結材料を焼結させたのち、内壁 68a からレーザー照射、またはサンドブラストにより内壁 68a を有する凹部の底面から、内壁 68c を有する凹部の底面までを貫通させ、内壁 68a と内壁

50

68cとの間に内壁68bを形成することにより貫通孔68を形成することができる。または、焼結前のベース基板12の焼結材料に型を用いて内壁68a、68b、68cを形成する型を押し付け、焼結材料を焼結させることにより貫通孔68を形成することもできる。

【0078】

図12に示すように、貫通孔68の内壁68a、68b、68cと貫通孔68を包含するベース基板12の両面の領域にシード電極30を配置し、シード電極30を用いたメッキにより貫通電極70、接続電極22(凹部46)、外部電極26(第2の凹部52)を一体的に形成することができる。なお、シード電極30をスパッタで形成する場合、スパッタのターゲットに対するベース基板12の向きをシード電極30の形成途中で変更させる等の制御を行なうことにより、内壁68a、68cへのシード電極30の形成が可能となる。また、スパッタのベース基板12に対するメッキの成長過程は図4、図5に示す成長過程と同様である。そして、一体的に形成された貫通電極70、接続電極22、外部電極26の作用効果は、上述のように一体的に形成された貫通電極20、接続電極22、外部電極26の作用効果と同様である。

10

【0079】

本実施形態において、貫通電極20(貫通電極62、貫通電極70)、接続電極22、外部電極26を一体で形成する旨説明したが、電極間の接合強度を維持できる限り、または電極間の接触抵抗が無視できるほど小さい場合は、これらの電極を一体ではなく、別々の工程で形成してもよい。

20

【0080】

また、本実施形態において凹部46をベース基板12に圧電振動片32を取り付ける際のアライメントの目印として用いない場合、または外部電極26の厚みを被接触で検査するための目印として用いない場合は、貫通孔18を上述のようなテーパー形状とする必要はなく、凹部46も最下点(底部)を有する略円錐型の内壁にする必要はない。

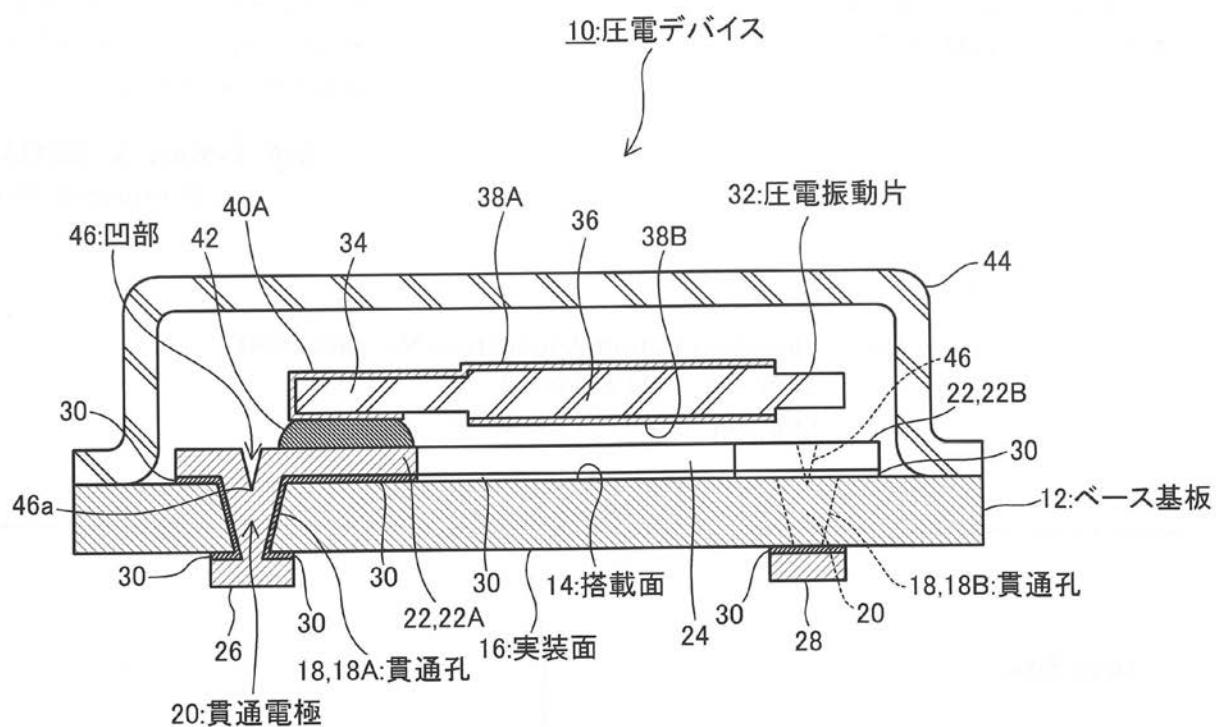
【符号の説明】

【0081】

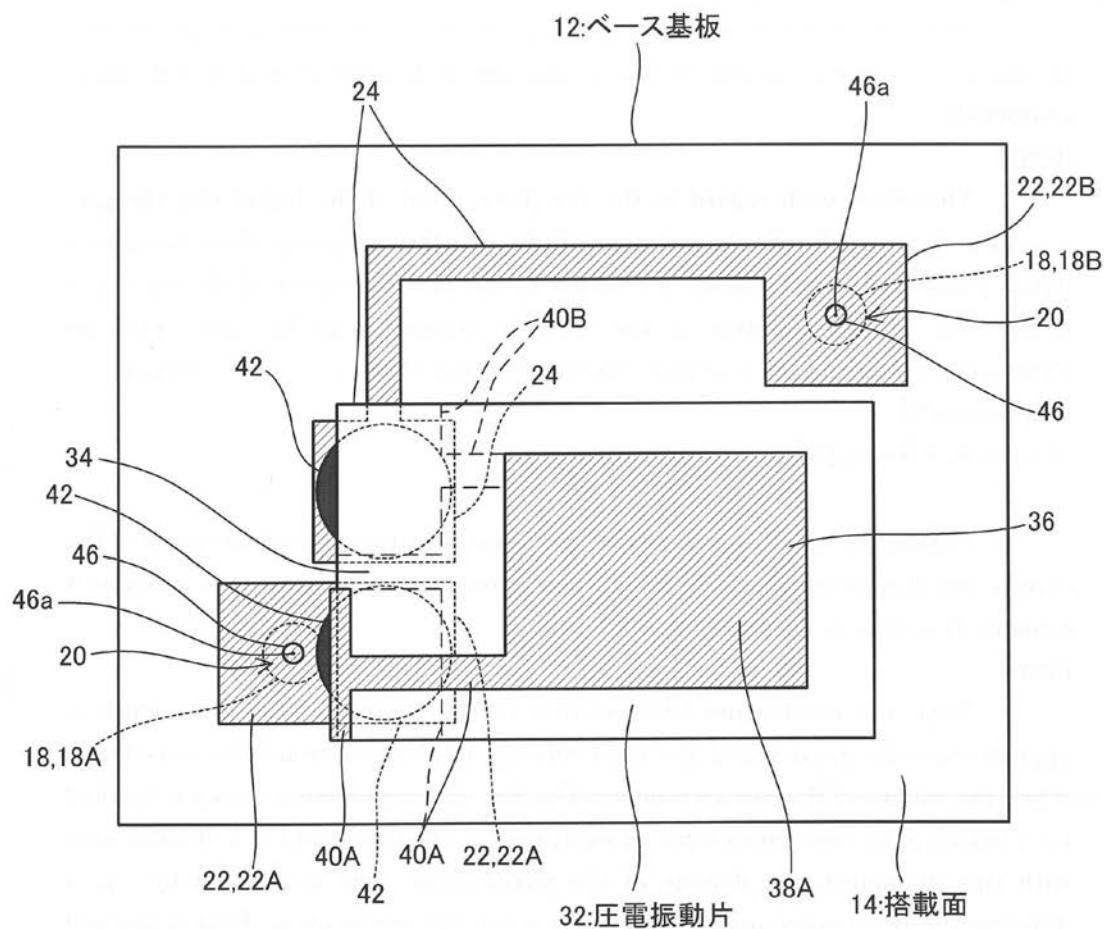
10 圧電デバイス、12 ベース基板、14 搭載面、16 実装面、18, 18A, 18B 貫通孔、20 貫通電極、22 接続電極、24 接続電極、26 外部電極、28 ダミー電極、30 シード電極、32 圧電振動片、34 マウント部、36 振動部、38A, 38B 励振電極、40A, 40B 引出電極、42 導電性接着剤、44 キャップ、46 凹部、46a 最下点、48 基板母材、50 レジスト膜、52 第2の凹部、52a 頂点、54 側壁部、56 リッド、58 収容空間、60 貫通孔、62 貫通電極、64 凹部、66 凹部、68 貫通孔、70 貫通電極、100 圧電デバイス、102 ベース基板、104 搭載面、106 実装面、107 貫通孔、108 貫通電極、110 外部電極、112 接続電極、114 圧電振動片、116 キャップ、118 凹陥部。

30

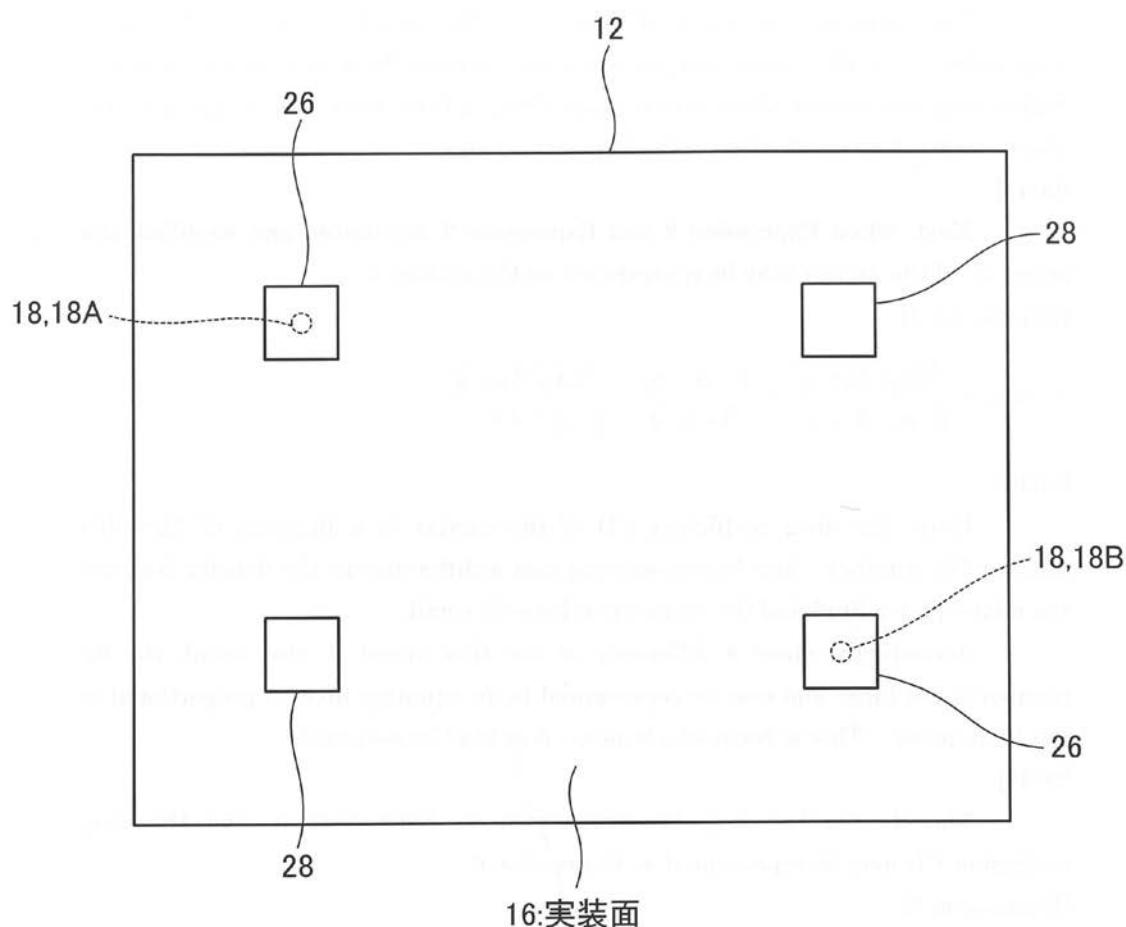
【図1】



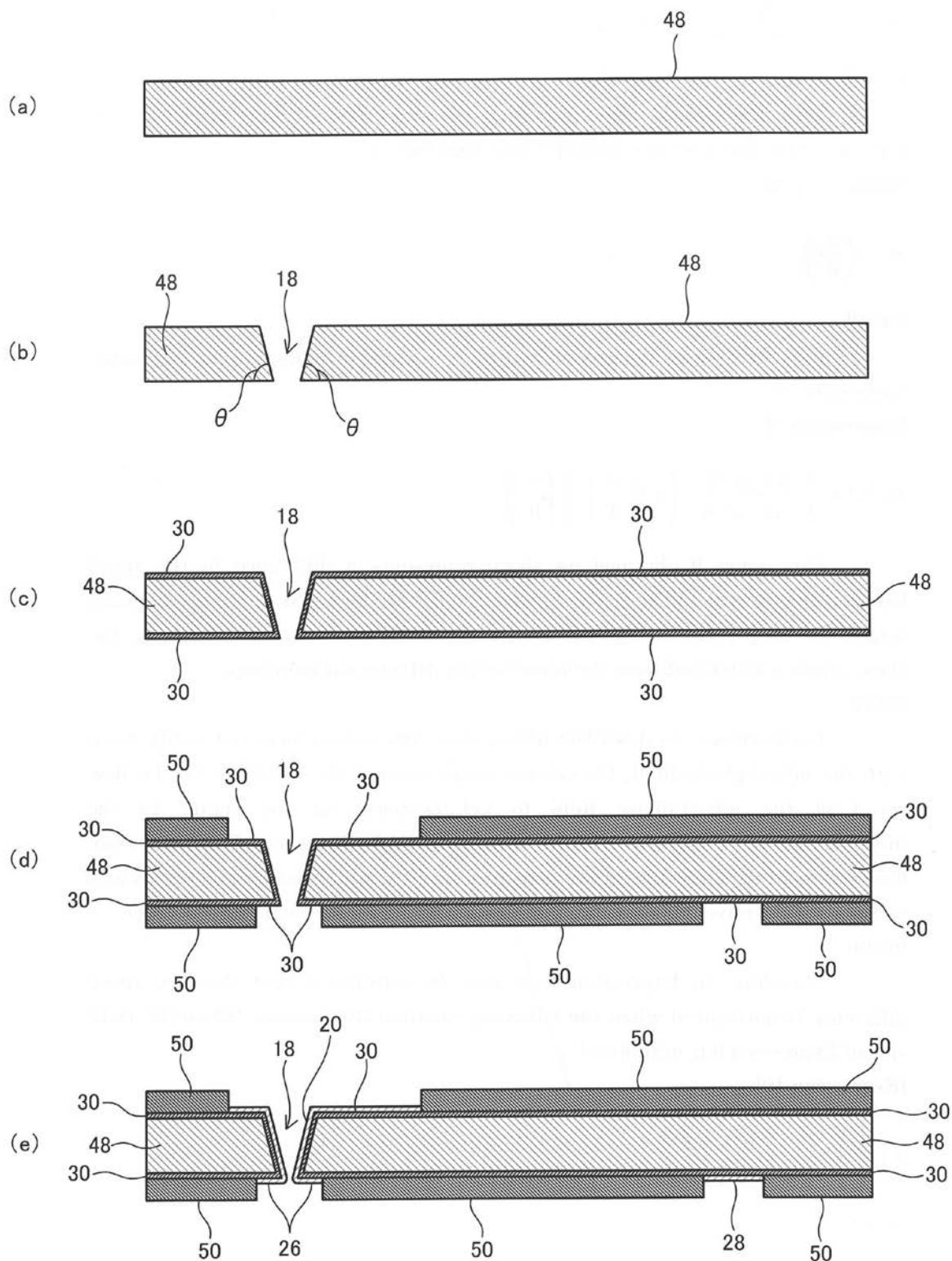
【図2】



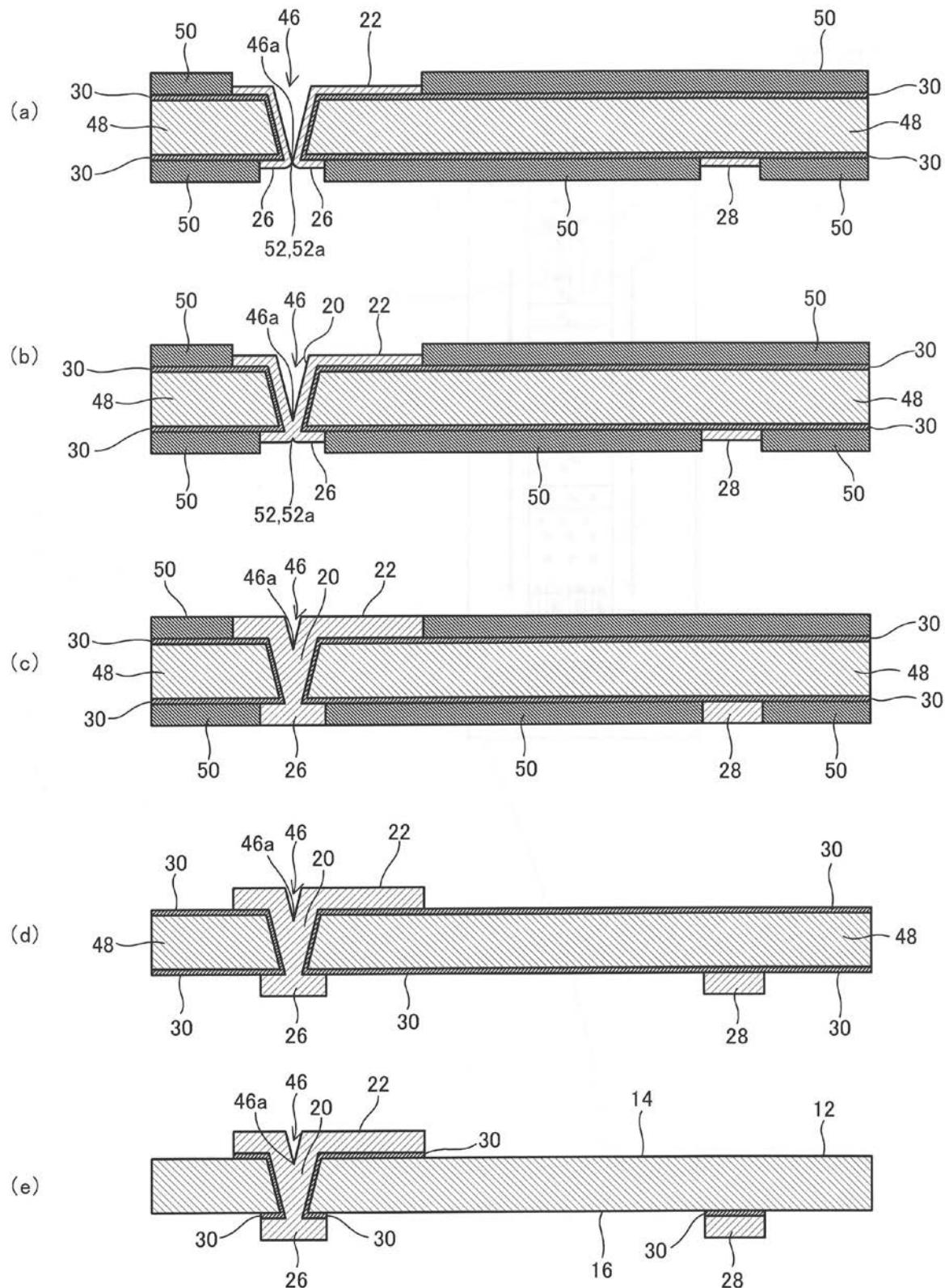
【図3】



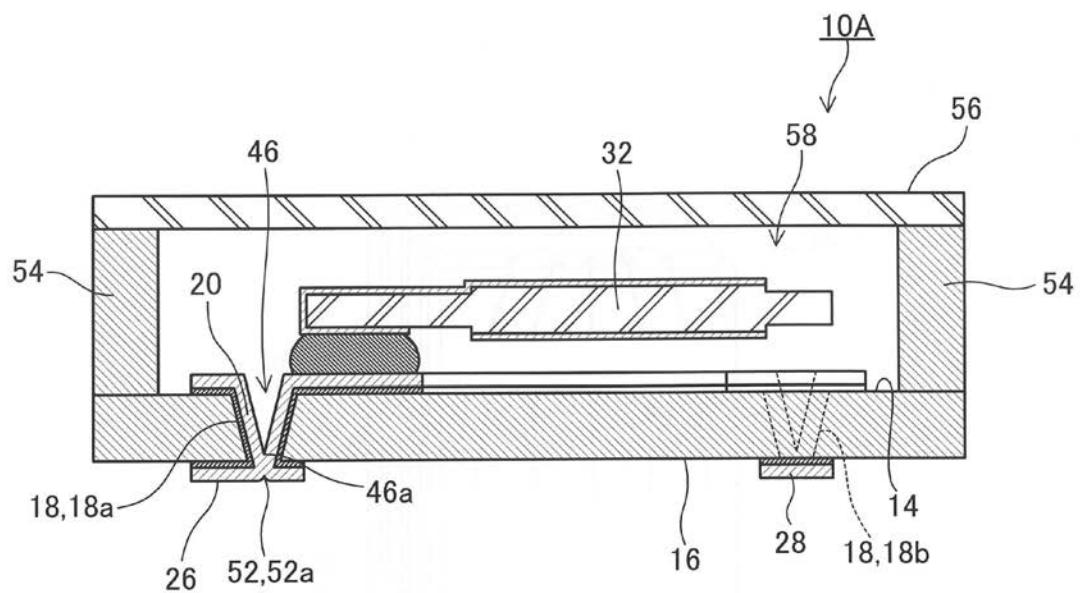
【図4】



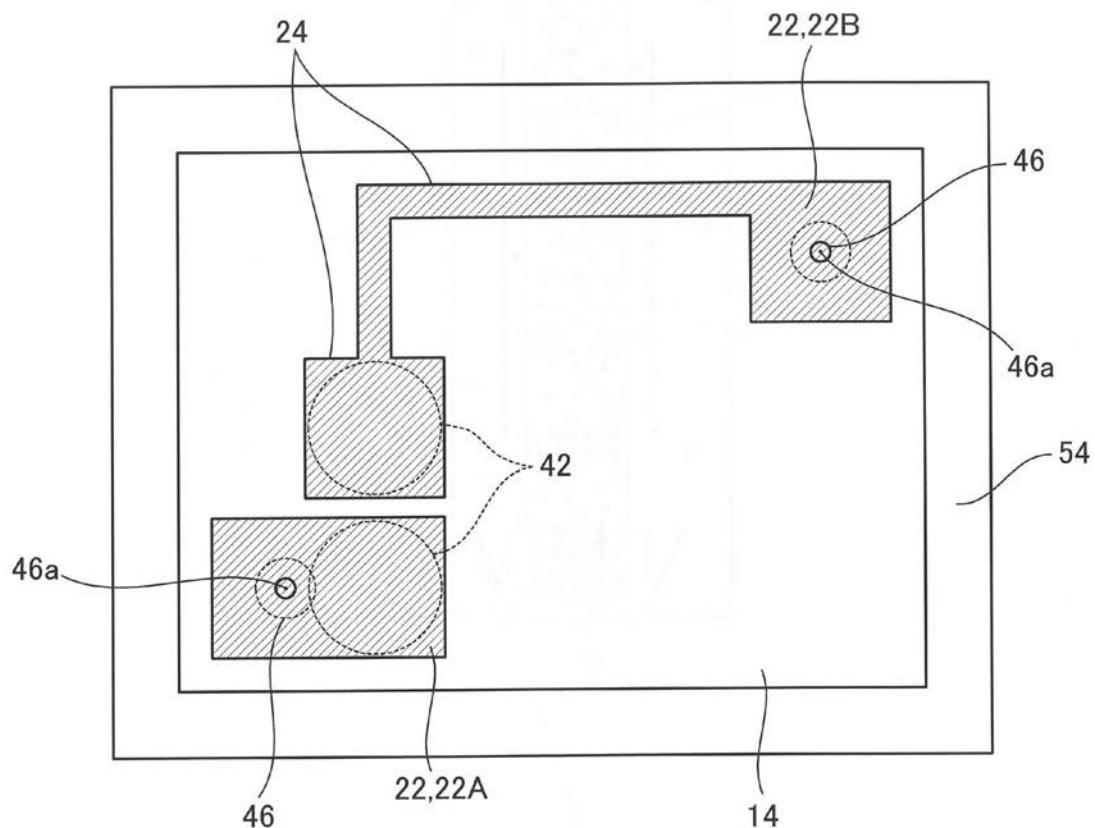
【図5】



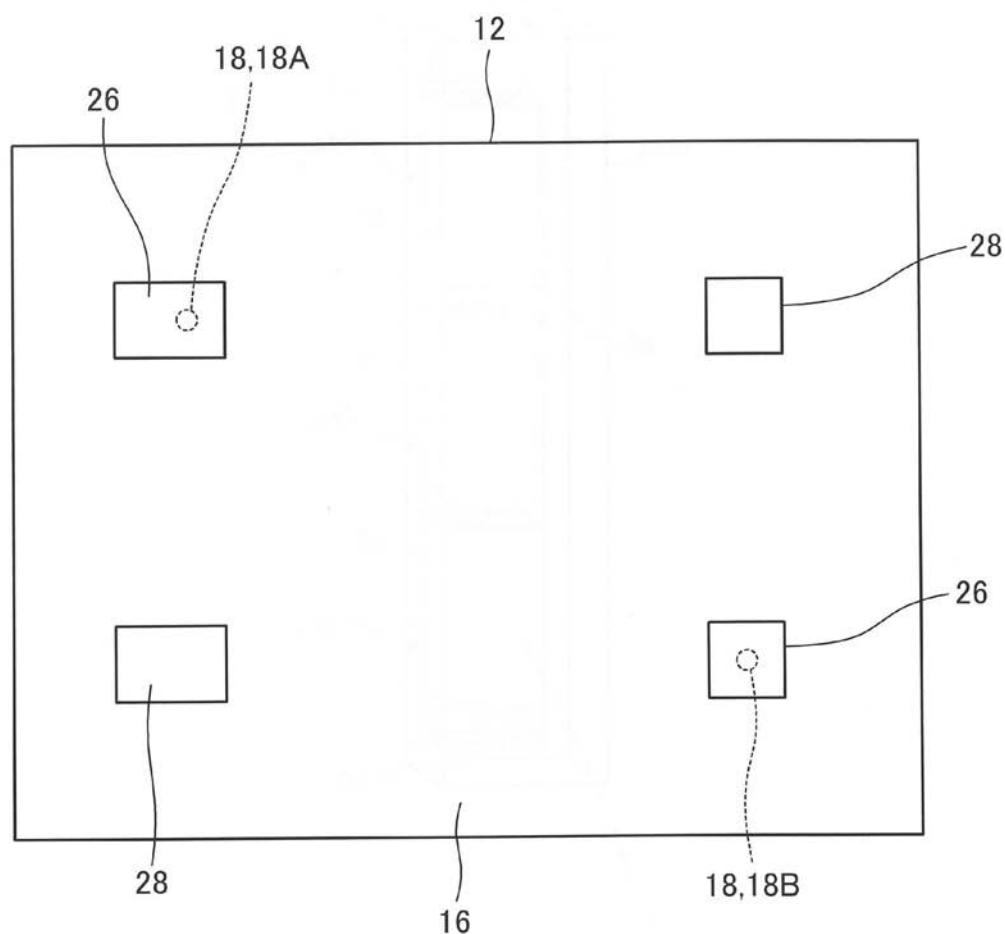
【図6】



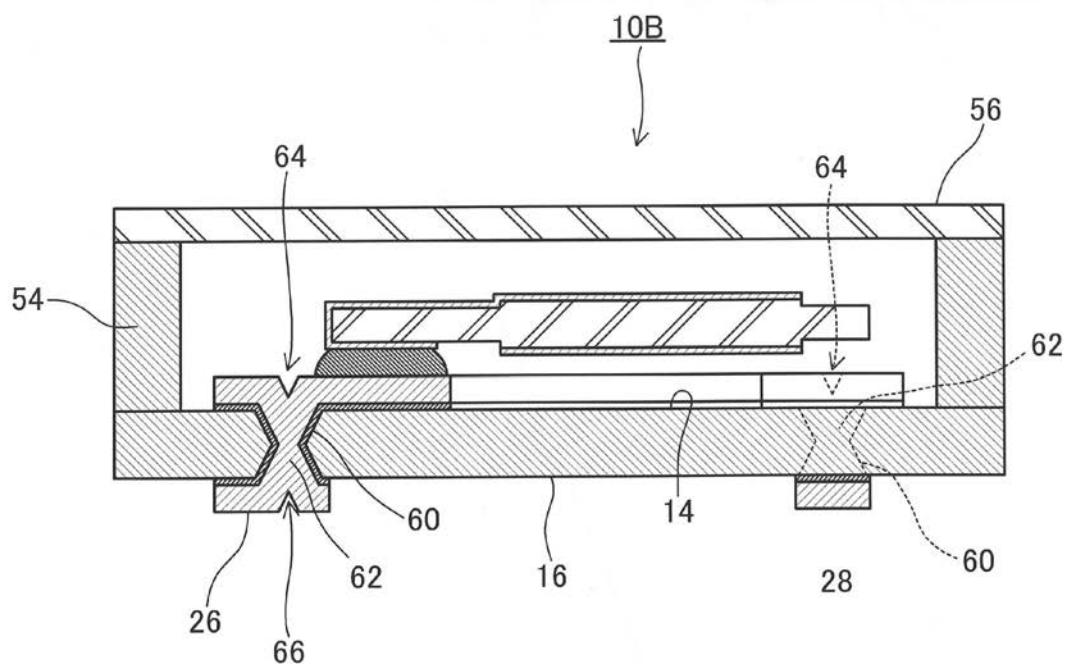
【図7】



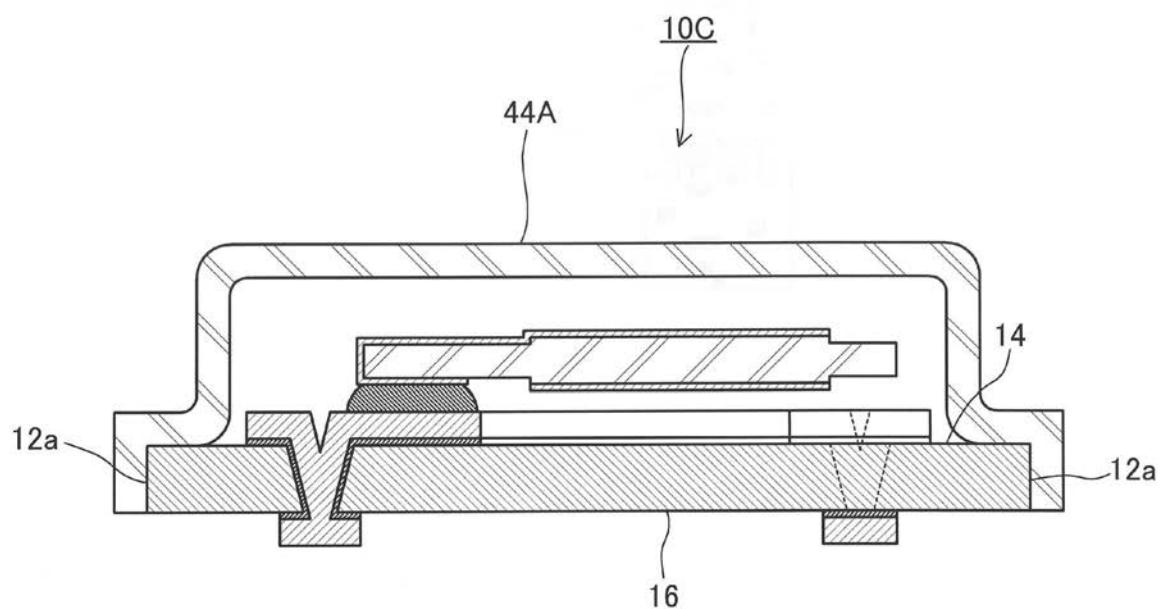
【図8】



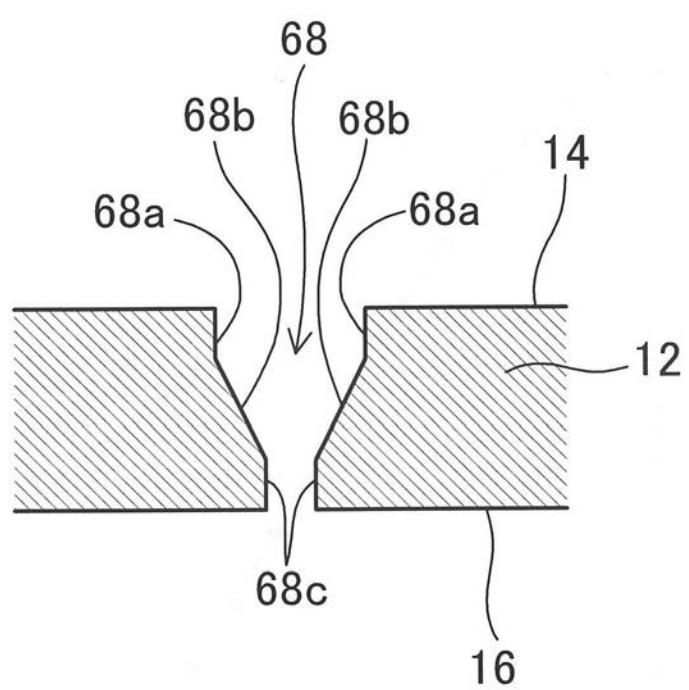
【図9】



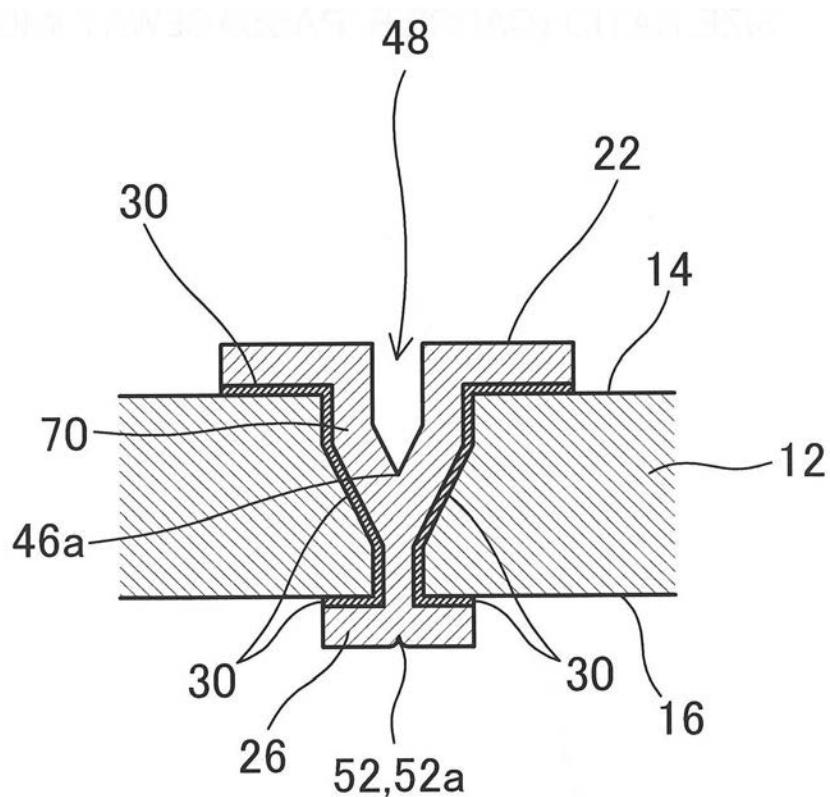
【図 10】



【図 11】



【図 12】



【図13】

