

明 細 書

発明の名称：貫通電極基板、実装基板及び貫通電極基板の製造方法

技術分野

[0001] 本開示の実施形態は、貫通電極基板及び貫通電極基板の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 貫通電極基板が、様々な用途で利用されている。貫通電極基板は、第1面及び第2面を含む基板と、基板に形成された貫通孔と、貫通孔に位置する貫通電極と、を備える部材である。貫通電極基板は、例えばインターポーザとして利用される。インターポーザは、2つの電気部品の間介在される部材である。例えば、貫通電極基板は、厚み方向において2つのLSIチップの間に介在される。貫通電極基板は、LSIチップなどの素子とマザーボードなどの実装基板との間に介在されることもある。貫通電極基板は、インダクタ、キャパシタなどの受動部品を構成する部材としても利用される。

[0003] 例えば特許文献1に開示されているように、貫通電極基板の貫通電極は、様々な構造を有する。貫通電極の第1の例は、貫通孔の全体が、銅などの導電性材料によって充填される例である。第2の例は、貫通孔の壁面に、銅などの導電性材料の層が形成される例である。第3の例は、貫通孔の壁面に、銅などの導電性材料の層が形成され、且つ、基板の第1面又は第2面に沿って、貫通孔を閉鎖する導電性材料の層が形成される例である。第2の例及び第3の例においては、導電性材料が存在しない貫通孔の空間に樹脂材料が充填される。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：国際公開第2022/173057号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 貫通電極に流すことができる電流の最大値（以下、許容電流とも称する）を高めることが求められている。第1の例の貫通電極においては、面方向における貫通孔の寸法が大きいほど、貫通電極の許容電流が高くなる。しかしながら、貫通孔の寸法が大きいほど、貫通孔に充填される導電性材料に、ボイドなどの欠陥が生じやすくなる。第2の例及び第3の例の貫通電極においても、面方向における貫通孔の寸法が大きくなるほど、貫通電極の許容電流が高くなる。貫通孔の寸法が大きくなるほど、貫通孔に充填される樹脂性材料に、ボイドなどの欠陥が生じやすくなる。

[0006] 本開示の実施形態は、このような課題を効果的に解決し得る貫通電極基板及び貫通電極基板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

[0007] 本開示の実施形態は、以下の〔1〕～〔20〕に関する。

〔1〕 貫通電極基板であって、

第1面と、前記第1面の反対側に位置する第2面と、前記第1面から前記第2面へ貫通する貫通孔と、を含む基板と、

前記貫通孔に部分的に位置する貫通電極と、

前記貫通孔に部分的に位置する樹脂層と、を備え、

前記貫通孔は、前記第1面に接続される第1端と、前記第2面に接続される第2端と、前記第1端と前記第2端との間に位置する最小部と、を含む壁面を備え、

前記貫通孔は、前記最小部において、前記第1面の面方向における前記貫通孔の寸法の最小値である最小寸法を有し、

前記貫通電極は、少なくとも前記最小部において前記貫通孔を閉鎖する閉鎖部分と、前記第1面と前記閉鎖部分との間で前記壁面上に位置する第3部分と、前記第2面と前記閉鎖部分との間で前記壁面上に位置する第4部分と、を含み、

前記樹脂層は、前記第3部分の内側に位置する第1樹脂層と、前記第4部分の内側に位置する第2樹脂層と、を含み、

前記貫通電極は、前記基板の厚み方向における、前記第1面から前記閉鎖部分までの距離の最大値である第1距離と、前記基板の厚み方向における、前記第2面から前記閉鎖部分までの距離の最大値である第2距離と、を有し、
前記基板の厚みに対する前記第1距離の比率が、0.10以上であり、
前記基板の厚みに対する前記第2距離の比率が、0.10以上である、貫通電極基板。

- [0008] [2] [1]に記載の貫通電極基板において、前記貫通電極は、前記第1面上に位置し、前記第3部分に接続されている第1部分を含んでもよい。
- [0009] [3] [2]に記載の貫通電極基板において、前記貫通電極は、前記第2面上に位置し、前記第4部分に接続されている第2部分を含んでもよい。
- [0010] [4] [1]に記載の貫通電極基板において、前記貫通電極基板は、前記第1面上に位置する第1面樹脂層を備えてもよく、前記第1面樹脂層は、平面視において、前記壁面と前記第3部分との間の境界に重なっていてもよい。
- [0011] [5] [4]に記載の貫通電極基板において、前記貫通電極基板は、前記第2面上に位置する第2面樹脂層を備えてもよく、前記第2面樹脂層は、平面視において、前記壁面と前記第4部分との間の境界に重なっていてもよい。
- [0012] [6] [1]～[5]のいずれか1つに記載の貫通電極基板において、前記基板の厚みに対する前記閉鎖部分の厚みの比率が、0.20以上0.40以下であってもよい。
- [0013] [7] [1]～[6]のいずれか1つに記載の貫通電極基板において、前記貫通孔は、前記第1面の面方向において、前記第1端において第1寸法を有し、前記第2端において第2寸法を有し、前記最小寸法に対する前記第1寸法の比率が、2.0以上であってもよく、前記最小寸法に対する前記第2寸法の比率が、2.0以上であってもよい。
- [0014] [8] [7]に記載の貫通電極基板において、前記最小寸法に対する前記第1寸法の比率が、3.0以下であってもよく、前記最小寸法に対する前記第2寸法の比率が、3.0以下であってもよい。

- [0015] [9] [7] 又は [8] に記載の貫通電極基板において、前記第 1 寸法に対する前記第 2 寸法の比率が、0. 8 0 以上 1. 2 0 以下であってもよい。
- [0016] [1 0] [1] ～ [9] のいずれか 1 つに記載の貫通電極基板において、前記基板の厚みに対する、前記基板の厚み方向における、前記第 1 面から前記最小部までの距離の比率が、0. 4 0 以上 0. 6 0 以下であってもよい。
- [0017] [1 1] [1] ～ [1 0] のいずれか 1 つに記載の貫通電極基板において、前記最小寸法が、6 0 μ m 以上であってもよい。
- [0018] [1 2] [1] ～ [1 1] のいずれか 1 つに記載の貫通電極基板において、前記第 3 部分の厚みに対する前記最小寸法の比率が、1. 2 以上であってもよく、前記第 4 部分の厚みに対する前記最小寸法の比率が、1. 2 以上であってもよい。
- [0019] [1 3] [1] ～ [1 2] のいずれか 1 つに記載の貫通電極基板において、前記第 3 部分の厚みに対する前記最小寸法の比率が、3. 0 以下であってもよく、前記第 4 部分の厚みに対する前記最小寸法の比率が、3. 0 以下であってもよい。
- [0020] [1 4] [1] ～ [1 3] のいずれか 1 つに記載の貫通電極基板において、前記第 3 部分の厚み及び前記第 4 部分の厚みが、2 0 μ m 以上であってもよい。
- [0021] [1 5] [1 4] に記載の貫通電極基板において、前記第 3 部分の厚みのばらつきが、0. 1 0 μ m 以下であってもよい。
- [0022] [1 6] [1] ～ [1 5] のいずれか 1 つに記載の貫通電極基板において、前記貫通電極は、シード層と、前記シード層上に位置するめっき層と、を含んでいてもよい。
- [0023] [1 7] [1 6] に記載の貫通電極基板において、前記めっき層は、銅を含んでいてもよい。
- [0024] [1 8] 実装基板であって、
[1] ～ [1 7] のいずれか 1 つに記載の貫通電極基板と、

前記貫通電極基板の前記貫通電極に電氣的に接続された素子と、を備える、実装基板。

[0025] [19] 貫通電極基板の製造方法であって、

第1面と、前記第1面の反対側に位置する第2面と、前記第1面から前記第2面へ貫通する貫通孔と、を含む基板を準備する工程と、

前記貫通孔に部分的に貫通電極を形成する貫通電極形成工程と、

前記貫通孔に部分的に樹脂層を形成する樹脂層形成工程と、を備え、

前記貫通孔は、前記第1面に接続される第1端と、前記第2面に接続される第2端と、前記第1端と前記第2端との間に位置する最小部と、を含む壁面を備え、

前記貫通孔は、前記最小部において、前記第1面の面方向における前記貫通孔の寸法の最小値である最小寸法を有し、

前記貫通電極形成工程は、前記貫通孔の壁面にシード層を形成する工程と、前記シード層上にめっき層を形成するめっき工程と、を含み、

前記めっき工程は、少なくとも前記最小部において前記貫通孔を閉鎖する閉鎖部分を形成する第1めっき工程と、前記閉鎖部分を前記基板の厚み方向において成長させる第2めっき工程と、を含み、

前記貫通電極は、前記基板の厚み方向における、前記第1面から前記閉鎖部分までの距離の最大値である第1距離と、前記基板の厚み方向における、前記第2面から前記閉鎖部分までの距離の最大値である第2距離と、を有し、

前記第2めっき工程は、基板の厚みに対する前記第1距離の比率が0.10以上であり、且つ、基板の厚みに対する前記第2距離の比率が0.10以上である状態で終了する、貫通電極基板の製造方法。

[0026] [20] [19]に記載の貫通電極基板の製造方法において、前記第2めっき工程は、前記基板の厚みに対する前記閉鎖部分の厚みの比率が0.20以上0.40以下になるよう実施されてもよい。

発明の効果

[0027] 本開示の実施形態によれば、ボイドなどの欠陥を抑制しながら、貫通電極の許容電流を高めることができる。

図面の簡単な説明

- [0028] [図1]一実施形態に係る貫通電極基板を示す断面図である。
- [図2]基板の貫通孔の一例を示す断面図である。
- [図3]貫通電極の一例を示す断面図である。
- [図4]貫通電極の寸法の一例を示す断面図である。
- [図5]基板を準備する工程の一例を示す断面図である。
- [図6]シード層形成工程の一例を示す断面図である。
- [図7]めっき層形成工程の一例を示す断面図である。
- [図8]めっき層形成工程の一例を示す断面図である。
- [図9]めっき層形成工程の一例を示す断面図である。
- [図10]シード層の一部を除去する工程の一例を示す断面図である。
- [図11]樹脂層形成工程の一例を示す断面図である。
- [図12]第1の比較の形態に係る貫通電極基板を示す断面図である。
- [図13]第2の比較の形態に係る貫通電極基板を示す断面図である。
- [図14]第3の比較の形態に係る貫通電極基板を示す断面図である。
- [図15]第4の比較の形態に係る貫通電極基板を示す断面図である。
- [図16]第5の比較の形態に係る貫通電極基板を示す断面図である。
- [図17]第6の比較の形態に係る貫通電極基板を示す断面図である。
- [図18]貫通電極基板の一変形例を示す断面図である。
- [図19]貫通電極基板が搭載される製品の例を示す図である。
- [図20]実施例1～12の評価結果を示す表である。
- [図21]比較例1～9の評価結果を示す表である。
- [図22]実施例13～17の評価結果を示す表である。
- [図23]比較例10～12の評価結果を示す表である。
- [図24]貫通電極の一変形例を示す断面図である。
- [図25]シード層形成工程の一例を示す断面図である。

[図26]めっき層形成工程の一例を示す断面図である。

[図27]樹脂層形成工程の一例を示す断面図である。

[図28]研磨工程の一例を示す断面図である。

[図29]貫通電極の一変形例を示す断面図である。

[図30]研磨工程の一例を示す断面図である。

[図31]樹脂層形成工程の一例を示す断面図である。

[図32]貫通電極基板の一変形例を示す断面図である。

[図33]貫通電極基板の一変形例を示す断面図である。

[図34]貫通電極基板の一変形例を示す平面図である。

[図35]貫通電極基板の一変形例を示す断面図である。

[図36]第1面樹脂層及び第2面樹脂層を形成する工程の一例を示す断面図である。

[図37]導電層を形成する工程の一例を示す断面図である。

[図38]導電層を形成する工程の一例を示す断面図である。

[図39]導電層を形成する工程の一例を示す断面図である。

発明を実施するための形態

- [0029] 貫通電極基板の構成及びその製造方法について、図面を参照しながら詳細に説明する。以下に示す実施形態は本開示の実施形態の一例であって、本開示はこれらの実施形態に限定して解釈されるも省略はない。本明細書において、「基板」、「基材」、「シート」、「フィルム」などの用語は、呼称の違いのみに基づいて、互いから区別されるものではない。例えば、「基板」はシートやフィルムと呼ばれ得るような部材も含む概念である。「面」とは、対象となる板状の部材を全体的かつ大局的に見た場合において対象となる板状の部材の平面方向と一致する面のことを指す。板状の部材に対して用いる法線方向とは、部材の面に対する法線方向のことを指す。本明細書において用いる、形状や幾何学的条件並びにそれらの程度を特定する、例えば、「平行」や「直交」等の用語や長さや角度の値等については、厳密な意味に縛られることなく、同様の機能を期待し得る程度の範囲を含めて解釈する。

- [0030] 本明細書において、あるパラメータに関して複数の上限値の候補及び複数の下限値の候補が挙げられている場合、そのパラメータの数値範囲は、任意の1つの上限値の候補と任意の1つの下限値の候補とを組み合わせることによって構成されてもよい。例えば、「パラメータBは、例えばA1以上であり、A2以上であってもよく、A3以上であってもよい。パラメータBは、例えばA4以下であり、A5以下であってもよく、A6以下であってもよい。」と記載されている場合を考える。この場合、パラメータBの数値範囲は、A1以上A4以下であってもよく、A1以上A5以下であってもよく、A1以上A6以下であってもよく、A2以上A4以下であってもよく、A2以上A5以下であってもよく、A2以上A6以下であってもよく、A3以上A4以下であってもよく、A3以上A5以下であってもよく、A3以上A6以下であってもよい。
- [0031] 本実施形態で参照する図面において、同一部分又は同様な機能を有する部分には同一の符号又は類似の符号を付し、その繰り返しの説明は省略する場合がある。また、図面の寸法比率は説明の都合上実際の比率とは異なる場合や、構成の一部が図面から省略される場合がある。
- [0032] 本開示の実施の形態について説明する。図1は、貫通電極基板10の一例を示す断面図である。貫通電極基板10は、基板12、貫通電極20及び樹脂層30を備える。基板12は、第1面13、及び、第1面13の反対側に位置する第2面14を含む。基板12は、第1面13から第2面14へ貫通する複数の貫通孔15を更に含む。貫通電極20及び樹脂層30は、貫通孔15に位置している。貫通電極基板10は、第1面13上に位置する第1導電層35を備えていてもよい。貫通電極基板10は、第2面14上に位置する第2導電層36を備えていてもよい。
- [0033] (基板)
- 基板12は、絶縁性を有する無機材料を含む。例えば、基板12は、ガラス基板、石英基板、サファイア基板、樹脂基板、シリコン基板、炭化シリコン基板、アルミナ(Al_2O_3)基板、窒化アルミ(AlN)基板、酸化ジルコニア(ZrO_2)基板など、又は、これらの基板が積層されたものである。基板12は、アルミニ

ウム基板、ステンレス基板など、導電性を有する材料から構成された基板を部分的に含んでもよい。

[0034] 基板 12 で用いるガラスの例は、無アルカリガラスなどである。無アルカリガラスとは、ナトリウムやカリウムなどのアルカリ成分を含まないガラスである。無アルカリガラスは、例えば、アルカリ成分の代わりにホウ酸を含む。また、無アルカリガラスは、例えば、酸化カルシウムや酸化バリウムなどのアルカリ土類金属酸化物を含む。

[0035] 基板 12 の厚み T_0 は、例えば $100\ \mu\text{m}$ 以上であり、 $200\ \mu\text{m}$ 以上であってよく、 $300\ \mu\text{m}$ 以上であってよい。基板 12 の厚み T_0 は、例えば $800\ \mu\text{m}$ 以下であり、 $600\ \mu\text{m}$ 以下であってよく、 $400\ \mu\text{m}$ 以下であってよい。

[0036] 基板 12 の構造を説明する。図 2 は、基板 12 を示す断面図である。図 2 においては、貫通電極 20 及び樹脂層 30 が省略されている。貫通孔 15 は、第 1 面 13 から第 2 面 14 へ至る壁面 16 を含む。壁面 16 は、第 1 端 161、第 2 端 162、及び、第 1 端 161 と第 2 端 162 との間に位置する最小部 163 を含む。

[0037] 第 1 端 161 は、第 1 面 13 に接続される壁面 16 の部分である。貫通孔 15 は、第 1 面 13 の面方向において、第 1 端 161 において第 1 寸法 R_1 を有する。第 2 端 162 は、第 2 面 14 に接続される壁面 16 の部分である。貫通孔 15 は、第 1 面 13 の面方向において、第 2 端 162 において第 2 寸法 R_2 を有する。貫通孔 15 は、第 1 面 13 の面方向において、最小部 163 において最小寸法 R_3 を有する。すなわち、最小部 163 は、第 1 面 13 の面方向における貫通孔 15 の寸法が最小値になる壁面 16 の部分として定義される。

[0038] 第 1 端 161、第 2 端 162 及び最小部 163 は、平面視において円形の輪郭を有していてもよい。この場合、第 1 寸法 R_1 、第 2 寸法 R_2 及び最小寸法 R_3 は、第 1 端 161、第 2 端 162 及び最小部 163 の直径を意味する。「平面視」とは、第 1 面 13 の法線方向に沿って対象を視ることを意味する。

- [0039] 最小寸法 R 3 は、第 1 寸法 R 1 よりも小さい。貫通孔 1 5 の寸法は、第 1 端 1 6 1 から最小部 1 6 3 まで単調に減少してもよい。最小寸法 R 3 は、第 2 寸法 R 2 よりも小さい。貫通孔 1 5 の寸法は、第 2 端 1 6 2 から最小部 1 6 3 まで単調に減少してもよい。
- [0040] 最小寸法 R 3 は、例えば $58\ \mu\text{m}$ 以上であり、 $60\ \mu\text{m}$ 以上であってもよい。最小寸法 R 3 が $58\ \mu\text{m}$ 以上であるので、貫通孔 1 5 に形成される貫通電極 2 0 の許容電流が十分に高められる。最小寸法 R 3 は、例えば $67\ \mu\text{m}$ 以下であり、 $65\ \mu\text{m}$ 以下であってもよい。最小寸法 R 3 が $67\ \mu\text{m}$ 以下であるので、最小部 1 6 3 に後述する閉鎖部分 2 5 が形成され易くなる。
- [0041] 最小寸法 R 3 に対する第 1 寸法 R 1 の比率である $R 1 / R 3$ は、例えば 2.0 以上であり、2.2 以上であってもよく、2.5 以上であってもよい。比率 $R 1 / R 3$ が 2.0 以上であるので、貫通孔 1 5 に形成される貫通電極 2 0 の許容電流が十分に高められる。比率 $R 1 / R 3$ は、例えば 3.2 以下であり、3.0 以下であってもよく、2.8 以下であってもよい。
- [0042] 最小寸法 R 3 に対する第 2 寸法 R 2 の比率である $R 2 / R 3$ は、例えば 2.0 以上であり、2.2 以上であってもよく、2.5 以上であってもよい。比率 $R 2 / R 3$ が 2.0 以上であるので、貫通孔 1 5 に形成される貫通電極 2 0 の許容電流が十分に高められる。比率 $R 2 / R 3$ は、例えば 3.2 以下であり、3.0 以下であってもよく、2.8 以下であってもよい。比率 $R 2 / R 3$ は、比率 $R 1 / R 3$ と同一であってもよく、異なってもよい。
- [0043] 第 1 寸法 R 1 と第 2 寸法 R 2 の差が小さいことが好ましい。第 1 寸法 R 1 に対する第 2 寸法 R 2 の比率である $R 2 / R 1$ は、例えば 0.8 以上であり、0.9 以上であってもよい。比率 $R 2 / R 1$ は、例えば 1.2 以下であり、1.1 以下であってもよい。第 1 寸法 R 1 と第 2 寸法 R 2 の差を小さくすることにより、ボイドなどの欠陥を抑制しながら、貫通電極 2 0 の許容電流を効率的に高めることができる。
- [0044] 図 2 に示すように、最小部 1 6 3 は、基板 1 2 の厚み方向において第 1 面 1 3 と第 2 面 1 4 の中間に位置していてもよい。図 2 において、符号 K 3 は、基

板 1 2 の厚み方向における、第 1 面 1 3 から最小部 1 6 3 までの距離を表す。最小部 1 6 3 が第 1 面 1 3 と第 2 面 1 4 の中間に位置する場合、基板の厚み T_0 に対する距離 K_3 の比率である K_3 / T_0 は、0.50 である。

[0045] 図示はしないが、基板 1 2 の厚み方向における最小部 1 6 3 の位置は、第 1 面 1 3 と第 2 面 1 4 の中間からずれていてもよい。すなわち、比率 K_3 / T_0 は、0.50 からずれていてもよい。比率 K_3 / T_0 は、例えば 0.40 以上であり、0.45 以上であってもよい。比率 K_3 / T_0 は、例えば 0.60 以下であり、0.55 以下であってもよい。

[0046] (貫通電極)

図 3 は、貫通電極 2 0 の一例を示す断面図である。貫通電極 2 0 は、貫通孔 1 5 に部分的に位置する。「部分的に」とは、貫通孔 1 5 の空間の全体が貫通電極 2 0 によっては占められていないことを意味する。貫通電極 2 0 は、第 1 面 1 3 から第 2 面 1 4 まで貫通孔 1 5 に沿って延びている。

[0047] 貫通電極 2 0 は、導電性材料を含む。貫通電極 2 0 は、少なくともめっき層 2 0 1 を含む。めっき層 2 0 1 は、電解めっきなどのめっき法によって形成される、導電性を有する層である。貫通電極 2 0 は、シード層 2 0 2 を含んでもよい。シード層 2 0 2 は、第 1 面 1 3、第 2 面 1 4、壁面 1 6 などの基板 1 2 の表面と、めっき層 2 0 1 との間に位置する。シード層 2 0 2 は、スパッタリングなどの物理成膜によって形成される、導電性を有する層である。

[0048] 貫通電極 2 0 の大部分は、めっき層 2 0 1 によって構成されている。壁面 1 6 上に位置する貫通電極 2 0 の厚みに対するめっき層 2 0 1 の厚みの比率は、例えば 0.80 以上であり、0.90 以上であってもよい。

[0049] めっき層 2 0 1 は、銅、金、銀、白金、ロジウム、スズ、アルミニウム、ニッケル、チタン、クロム、亜鉛などの金属又はこれらを用いた合金を含んでもよい。シード層 2 0 2 は、銅、ニッケル、チタン、クロム、亜鉛などの金属材料を含んでもよい。シード層 2 0 2 は、これらの金属材料の化合物を含んでもよい。

[0050] 貫通電極 20 は、第 1 部分 21、第 2 部分 22、第 3 部分 23、第 4 部分 24 及び閉鎖部分 25 を含んでもよい。第 1 部分 21 は、第 1 面 13 上に位置する。第 2 部分 22 は、第 2 面 14 上に位置する。閉鎖部分 25 は、貫通孔 15 の壁面 16 の最小部 163 上に位置する。閉鎖部分 25 は、最小部 163 において貫通孔 15 を閉鎖している。第 3 部分 23 は、第 1 部分 21 と閉鎖部分 25 との間で壁面 16 上に位置する。第 3 部分 23 は、第 1 部分 21 及び閉鎖部分 25 に接続されている。第 4 部分 24 は、第 2 部分 22 と閉鎖部分 25 との間で壁面 16 上に位置する。第 4 部分 24 は、第 2 部分 22 及び閉鎖部分 25 に接続されている。第 1 部分 21、第 2 部分 22、第 3 部分 23、第 4 部分 24 及び閉鎖部分 25 はいずれも、上述のめっき層 201 及びシード層 202 を含んでもよい。

[0051] 第 3 部分 23 及び第 4 部分 24 は、平面視において、貫通孔 15 の中心を囲むように貫通孔 15 の壁面 16 に沿って広がっている。

[0052] (樹脂層)

樹脂層 30 は、貫通孔 15 に部分的に位置する。樹脂層 30 は、貫通電極 20 が存在しない貫通孔 15 の空間に充填された樹脂材料からなる。樹脂層 30 は、貫通電極 20 の第 3 部分 23 の内側に位置する第 1 樹脂層 31 と、貫通電極 20 の第 4 部分 24 の内側に位置する第 2 樹脂層 32 と、を含む。「内側」とは、平面視において貫通孔 15 の中心に近づく向きを意味する。

[0053] 樹脂層 30 は、絶縁性を有する樹脂材料を含む。樹脂材料は、例えばポリイミド、エポキシ、アクリル、ポリフェニルエーテルなどの有機材料である。

[0054] 貫通電極 20 の構成要素の寸法を、図 4 を参照して説明する。図 4 は、貫通電極 20 の寸法の一例を示す断面図である。図 4 においては、樹脂層 30 が省略されている。

[0055] 図 4 において、符号 K1 は、基板 12 の厚み方向における、第 1 面 13 から閉鎖部分 25 までの距離の最大値を表す。距離 K1 は、第 1 距離とも称される。符号 K2 は、基板 12 の厚み方向における、第 2 面 14 から閉鎖部分 25 までの距離の最大値を表す。距離 K2 は、第 2 距離とも称される。符号 T5

は、閉鎖部分 25 の厚みを表す。厚み T_5 は、基板 12 の厚み T_0 から、第 1 距離 K_1 及び第 2 距離 K_2 を減算することにより算出される。すなわち、 $T_5 = T_0 - (K_1 + K_2)$ である。

[0056] 閉鎖部分 25 の厚み T_5 が大きいほど、貫通電極 20 の許容電流が高くなる。しかしながら、閉鎖部分 25 の厚み T_5 が大きいほど、ボイドなどの欠陥がめっき層 201 に生じやすくなる。これらの点を考慮し、第 1 距離 K_1 及び第 2 距離 K_2 がある程度大きいことが好ましい。

[0057] 基板 12 の厚み T_0 に対する第 1 距離 K_1 の比率である K_1 / T_0 は、例えば 0.10 以上であり、0.15 以上であってもよく、0.20 以上であってもよい。比率 K_1 / T_0 は、例えば 0.40 以下であり、0.35 以下であってもよく、0.30 以下であってもよい。

[0058] 基板 12 の厚み T_0 に対する第 2 距離 K_2 の比率である K_2 / T_0 は、例えば 0.10 以上であり、0.15 以上であってもよく、0.20 以上であってもよい。比率 K_2 / T_0 は、例えば 0.40 以下であり、0.35 以下であってもよく、0.30 以下であってもよい。比率 K_2 / T_0 は、比率 K_1 / T_0 と同一であってもよく、異なってもよい。

[0059] 基板 12 の厚み T_0 に対する閉鎖部分 25 の厚み T_5 の比率である T_5 / T_0 は、例えば 0.20 以上であり、0.25 以上であってもよい。比率 T_5 / T_0 は、例えば 0.40 以下であり、0.35 以下であってもよい。

[0060] 後述する実施例で説明されるように、貫通電極基板 10 の信頼性の評価においては、貫通電極基板 10 の熱サイクル試験が実施される。熱サイクル試験においては、貫通電極基板 10 の温度が繰り返し上昇又は下降する。1 回の熱サイクルは、昇温工程、高温保持工程、降温工程及び低温保持工程を含む。熱サイクル試験は、例えば、1000 回の熱サイクルを含む。

[0061] 貫通電極 20 の熱膨張係数と基板 12 の熱膨張係数が異なる場合、貫通電極 20 の温度が変化すると、基板 12 に対する貫通電極 20 の膨張又は収縮が生じる。膨張又は収縮は、基板 12 と貫通電極 20 との間に応力を生じさせる。温度の変化に起因する応力は、熱応力とも称される。貫通電極 20 に膨張又は

収縮が生じると、貫通孔 15 の第 1 端 161 及び第 2 端 162 に大きな熱応力が生じると考えられる。

[0062] 本実施の形態において、貫通孔 15 を閉鎖する閉鎖部分 25 の厚み T_5 は、基板 12 の厚み T_0 よりも小さい。すなわち、第 1 端 161 の位置において貫通孔 15 は貫通電極 20 によって閉鎖されていない。また、第 2 端 162 の位置において貫通孔 15 は貫通電極 20 によって閉鎖されていない。本実施の形態によれば、貫通孔 15 の全域に貫通電極 20 が充填されている場合に比べて、第 1 端 161 及び第 2 端 162 における熱応力が低減される。従って、クラックなどの欠陥が基板 12 に生じることが抑制される。

[0063] 図 4 において、符号 θ_1 は、第 1 端 161 における第 1 面 13 と壁面 16 との間の角度を表す。角度 θ_1 は、 90° よりも大きくてもよい。貫通孔 15 が最小部 163 を含むので、角度 θ_1 が 90° よりも大きくなることができる。角度 θ_1 は、例えば 95° 以上であり、 100° 以上であってもよく、 105° 以上であってもよい。角度 θ_1 は、例えば 150° 以下であり、 135° 以下であってもよく、 120° 以下であってもよい。

[0064] 図 4 において、符号 θ_2 は、第 2 端 162 における第 2 面 14 と壁面 16 との間の角度を表す。角度 θ_1 と同様に、角度 θ_2 は、 90° よりも大きくてもよい。角度 θ_2 の数値範囲としては、上述の角度 θ_1 に関する数値範囲が採用されてもよい。

[0065] 本実施の形態においては、貫通孔 15 が最小部 163 を含むので、角度 θ_1 及び角度 θ_2 が 90° よりも大きくなることができる。角度 θ_1 及び角度 θ_2 が 90° よりも大きいことは、第 1 端 161 及び第 2 端 162 における熱応力を低減できる。

[0066] 本実施の形態においては、第 1 端 161 及び第 2 端 162 における熱応力が低減されるので、従来の貫通電極基板に比べて、隣り合う 2 つの貫通孔 15 の間の間隔を小さくできる。従って、例えば、従来の貫通電極基板の場合と同一の配列ピッチを維持しながら、貫通孔 15 の第 1 寸法 R_1 及び第 2 寸法 R_2 を拡大できる。第 1 寸法 R_1 及び第 2 寸法 R_2 を拡大することにより、貫通電極

20の許容電流を高めることができる。このように、本実施の形態によれば、熱力学的な信頼性、及び電気特性の両方を高めることができる。

[0067] 配列ピッチPは、図1に示すように、隣り合う2つの貫通孔15の中心の間の距離である。配列ピッチPに対する第1寸法R1の比率である $R1/P$ は、例えば0.1以上であり、0.2以上であってもよい。 $R1/P$ は、例えば0.5以下であり、0.4以下であってもよい。

[0068] 図4において、符号T3は、貫通電極20の第3部分23の厚みを表す。第3部分23の厚みT3は、基板12の厚み方向において第1面13から距離S3離れた位置で特定される。距離S3は、 $50\mu\text{m}$ である。符号T4は、貫通電極20の第4部分24の厚みを表す。第4部分24の厚みT4は、基板12の厚み方向において第2面14から距離S4離れた位置で特定される。距離S4は、 $50\mu\text{m}$ である。厚みT3及び厚みT4はいずれも、第1面13の面方向における貫通電極20の寸法である。

[0069] 厚みT3及び厚みT4が大きいほど、貫通電極20の許容電流が高くなる。しかしながら、厚みT3及び厚みT4が大きいほど、第3部分23の厚み及び第4部分24の厚みの均一性が低下する。

[0070] 厚みT3及び厚みT4は、例えば $20\mu\text{m}$ 以上であり、 $25\mu\text{m}$ 以上であってもよく、 $30\mu\text{m}$ 以上であってもよい。厚みT3及び厚みT4は、例えば $50\mu\text{m}$ 以下であり、 $40\mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $35\mu\text{m}$ 以下であってもよい。

[0071] 厚みT3及び厚みT4の上限を適切に定めることにより、第3部分23の厚み及び第4部分24の厚みの均一性を確保できる。

[0072] 第3部分23の厚みの均一性は、基板12の厚み方向における複数の位置で第3部分23の厚みを測定することによって評価される。例えば、第3部分23の厚みT3、厚みT31及び厚みT32の最大値と最小値の差が、 $0.10\mu\text{m}$ 以下である場合、第3部分23の厚みのばらつきが $0.10\mu\text{m}$ 以下であると判定される。厚みT3は、基板12の厚み方向において第1面13から距離S3離れた位置で測定される、第3部分23の厚みである。厚みT31は、

基板 1 2 の厚み方向において第 1 面 1 3 から ($S 3 + 20 \mu m$) 離れた位置で測定される、第 3 部分 2 3 の厚みである。厚み $T 3 2$ は、基板 1 2 の厚み方向において第 1 面 1 3 から ($S 3 - 20 \mu m$) 離れた位置で測定される、第 3 部分 2 3 の厚みである。

[0073] 第 3 部分 2 3 の場合と同様に、第 4 部分 2 4 の厚みの均一性も、基板 1 2 の厚み方向における複数の位置で第 4 部分 2 4 の厚みを測定することによって評価される。例えば、第 4 部分 2 4 の厚み $T 4$ 、厚み $T 4 1$ 及び厚み $T 4 2$ の最大値と最小値の差が、 $0.10 \mu m$ 以下である場合、第 4 部分 2 4 の厚みのばらつきが $0.10 \mu m$ 以下であると判定される。厚み $T 4$ は、基板 1 2 の厚み方向において第 2 面 1 4 から距離 $S 4$ 離れた位置で測定される、第 4 部分 2 4 の厚みである。厚み $T 4 1$ は、基板 1 2 の厚み方向において第 2 面 1 4 から ($S 4 + 20 \mu m$) 離れた位置で測定される、第 4 部分 2 4 の厚みである。厚み $T 4 2$ は、基板 1 2 の厚み方向において第 2 面 1 4 から ($S 4 - 20 \mu m$) 離れた位置で測定される、第 4 部分 2 4 の厚みである。

[0074] 第 3 部分 2 3 の厚み $T 3$ に対する最小寸法 $R 3$ の比率である $R 3 / T 3$ は、例えば 1.2 以上であり、1.5 以上であってもよく、1.8 以上であってもよい。比率 $R 3 / T 3$ が 1.2 以上であるので、貫通電極 20 の信頼性を高めることができる。比率 $R 3 / T 3$ は、例えば 3.0 以下であり、2.4 以下であってもよく、2.2 以下であってもよい。比率 $R 3 / T 3$ が 3.0 以下であるので、貫通電極 20 の許容電流が十分に高められる。

[0075] 第 4 部分 2 4 の厚み $T 4$ に対する最小寸法 $R 3$ の比率である $R 3 / T 4$ は、比率 $R 3 / T 3$ と同様に、例えば 1.2 以上であり、1.5 以上であってもよく、1.8 以上であってもよい。比率 $R 3 / T 4$ は、比率 $R 3 / T 3$ と同様に、例えば 3.0 以下であり、2.4 以下であってもよく、2.2 以下であってもよい。

[0076] 第 1 面 1 3 上に位置する第 1 部分 2 1 は、厚み $T 1$ を有する。第 1 部分 2 1 の厚み $T 1$ は、第 3 部分 2 3 の厚み $T 3$ と同一であってもよい。第 1 部分 2 1

の厚み T_1 は、第3部分23の厚み T_3 よりも大きくてもよく、小さくてもよい。

[0077] 第2面14上に位置する第2部分22は、厚み T_2 を有する。第2部分22の厚み T_2 は、第4部分24の厚み T_4 と同一であってもよい。第2部分22の厚み T_2 は、第4部分24の厚み T_4 よりも大きくてもよく、小さくてもよい。

[0078] 基板12及び貫通電極20の上述の距離及び寸法は、電子顕微鏡によって取得された貫通電極基板10の断面の画像に基づいて算出される。断面は、平面視における貫通孔15の中心点を通る切断面に沿って貫通電極基板10を切断することにより得られる。

[0079] (第1導電層及び第2導電層)

第1導電層35は、第1面13上に位置する、導電性を有する層である。

第1導電層35は、パッドであってもよく、配線であってもよい。第1導電層35は、貫通電極20の第1部分21と同様に、めっき層201及びシード層202を含んでいてもよい。

[0080] 第2導電層36は、第2面14上に位置する、導電性を有する層である。第2導電層36は、パッドであってもよく、配線であってもよい。第2導電層36は、貫通電極20の第2部分22と同様に、めっき層201及びシード層202を含んでいてもよい。

[0081] (貫通電極基板の製造方法)

次に、貫通電極基板10の製造方法の一例を説明する。

[0082] (貫通孔形成工程)

基板12を準備する。次に、第1面13又は第2面14の少なくともいずれかにレジスト層を設ける。その後、レジスト層のうち貫通孔15に対応する位置に開口を設ける。次に、レジスト層の開口において基板12を加工する。これにより、図5に示すように、基板12に貫通孔15が形成される。貫通孔15は、第1面13から第2面14に至る壁面16を含む。基板12を加工する方法としては、ドライエッチング法、ウェットエッチング法などを用いるこ

とができる。ドライエッチング法は、反応性イオンエッチング法、深掘り反応性イオンエッチング法などである。

[0083] 基板 1 2 にレーザを照射することによって基板 1 2 に貫通孔 1 5 を形成してもよい。この場合、レジスト層は設けられていなくてもよい。レーザとしては、エキシマレーザ、Nd:YAGレーザ、フェムト秒レーザ等を用いることができる。Nd:YAGレーザを採用する場合、波長が1064nmの基本波、波長が532nmの第2高調波、波長が355nmの第3高調波等を用いることができる。

[0084] 基板 1 2 に貫通孔 1 5 を形成する工程は、基板 1 2 の第1面 1 3 及び第2面 1 4 にレーザを照射する工程と、ウェットエッチング工程と、を含んでもよい。この場合、レーザは、基板 1 2 の加工のためではなく、基板 1 2 の第1面 1 3 及び第2面 1 4 に部分的に改質層を形成するために用いられる。ウェットエッチング工程において、改質層は、他の部分に比べて優先的にエッチングされる。ウェットエッチングにより、第1面 1 3 の改質層に凹部が形成され、第2面 1 4 の改質層に凹部が形成される。第1面 1 3 の凹部と第2面 1 4 の凹部とが接続されることにより、第1面 1 3 から第2面 1 4 に至る壁面を有する貫通孔 1 5 が形成される。

[0085] (貫通電極形成工程)

続いて、貫通孔 1 5 に貫通電極 2 0 を形成する貫通電極形成工程が実施される。貫通電極形成工程は、シード層形成工程及びめっき層形成工程を含む。

[0086] シード層形成工程においては、図6に示すように、基板 1 2 の第1面 1 3、第2面 1 4 及び壁面 1 6 にシード層 2 0 2 が形成される。例えば、スパッタリングによってシード層 2 0 2 が形成される。

[0087] めっき層形成工程は、レジスト層形成工程、めっき工程及びレジスト層除去工程を含む。図7は、レジスト層形成工程の一例を示す断面図である。レジスト層形成工程においては、第1面 1 3 に位置するシード層 2 0 2 上に部分的に第1レジスト層 4 1 が形成され、第2面 1 4 に位置するシード層 2 0 2 上に部

分的に第2レジスト層42が形成される。第1レジスト層41及び第2レジスト層42は、めっき層201が形成されないシード層202の領域を覆うように設けられる。

[0088] 図8は、めっき工程の一例を示す断面図である。めっき工程においては、電解めっきによってシード層202上にめっき層201が形成される。例えば、シード層202及びレジスト層41、42が形成された基板12が、電解めっき液の中に浸漬されてもよい。シード層202に電流を流すことにより、シード層202上にめっき層201が析出する。

[0089] 基板12の貫通孔15は、最小部163を含む。めっき層201の成長が進行すると、最小部163において貫通孔15の周方向に沿って形成されるめっき層201が、互いに接続される。すなわち、図8に示すように、最小部163において貫通孔15がめっき層201によって閉鎖される。すなわち、閉鎖部分25が形成される。その後のめっき工程において、電解めっき液は、第1空間SP1及び第2空間SP2において循環する。第1空間SP1は、基板12の厚み方向において最小部163と第1面13との間に位置する空間である。第2空間SP2は、基板12の厚み方向において最小部163と第2面14との間に位置する空間である。

[0090] 最小部163において貫通孔15がめっき層201によって閉鎖される前のめっき工程を、第1めっき工程とも称する。最小部163において貫通孔15がめっき層201によって閉鎖された後のめっき工程を、第2めっき工程とも称する。

[0091] 第2めっき工程においては、第1空間SP1及び第2空間SP2においてめっき層201の成長が進行する。例えば図9に示すように、閉鎖部分25が、基板12の厚み方向において成長する。第2めっき工程の時間は、上述の第1距離K1、第2距離K2、閉鎖部分25の厚みT5などに関する数値範囲が実現されるように調整される。たとえば、第2めっき工程は、基板12の厚みT0に対する閉鎖部分25の厚みT5の比率が0.20以上0.40以下になるよう、実施される。

[0092] 続いて、図10に示すように、第1レジスト層41及び第2レジスト層42を除去するレジスト層除去工程が実施される。続いて、シード層202の一部を除去するシード層除去工程が実施される。シード層除去工程においては、図10に示すように、平面視において第1レジスト層41及び第2レジスト層42に重なっていたシード層202が除去される。このようにして、貫通電極20が得られる。

[0093] (樹脂層形成工程)

続いて、樹脂層30を形成する樹脂層形成工程が実施される。例えば、樹脂材料を含む層を、第1面13上及び第2面14上に形成する。例えば、樹脂材料を含む層を備える樹脂フィルムを、第1面13上及び第2面14上に貼り付ける。続いて、第1面13上に位置する樹脂材料を含む層を、第3部分23の内側の空間へ押し込む。また、第2面14上に位置する樹脂材料を含む層を、第4部分24の内側の空間へ押し込む。続いて、樹脂材料を硬化させる。例えば、樹脂材料を含む層に紫外線を照射する。樹脂材料を硬化させることにより、図11に示すように、第1樹脂層31及び第2樹脂層32が形成される。このようにして、基板12、貫通電極20及び樹脂層30を備える貫通電極基板10が得られる。

[0094] 本実施の形態の貫通電極基板10は、貫通電極20が第1部分21、第2部分22、第3部分23、第4部分24及び閉鎖部分25を含み、樹脂層30が第1樹脂層31及び第2樹脂層32を含む。この構成により、ボイドなどの欠陥を抑制しながら、貫通電極20の許容電流を高めることができる。

[0095] 本実施の形態の貫通電極基板10の利点を、比較の形態との差に基づいて説明する。

[0096] 図12は、第1の比較の形態に係る貫通電極基板を示す断面図である。第1の比較の形態において、貫通電極20は、貫通孔15の全体に充填された導電性材料からなる。この場合、第1面13の面方向における貫通孔15の寸法を大きくするほど、貫通電極20の許容電流が高められる。第1の比較の形態においては、貫通孔15の第1寸法R1及び第2寸法R2の両方が大きく設定さ

れている。この場合、許容電流は十分に高められる。しかしながら、第1面13の面方向におけるめっき層の寸法が大きくなりすぎることに起因して、ボイドなどの欠陥がめっき層に生じやすい。

[0097] 貫通孔15の第1寸法R1及び第2寸法R2が制限されると、ボイドなどの欠陥が抑制される。しかしながら、第1寸法R1及び第2寸法R2が制限されると、貫通電極20の許容電流が十分には高められない。

[0098] 図13は、第2の比較の形態に係る貫通電極基板を示す断面図である。第2の比較の形態において、貫通電極20は、第1の比較の形態と同様に、貫通孔15の全体に充填された導電性材料からなる。第2の比較の形態においては、貫通孔15の第1寸法R1のみが大きく設定されている。

[0099] 第2の比較の形態においても、第1の比較の形態と同様に、第1寸法R1が大きくなりすぎると、ボイドなどの欠陥がめっき層に生じることが懸念される。ボイドなどの欠陥がめっき層に生じない程度に第1寸法R1が制限されると、ボイドなどの欠陥が抑制される。しかしながら、第1寸法R1が制限されると、貫通電極20の許容電流が十分には高められない。

[0100] 本実施の形態においては、第1の比較の形態及び第2の比較の形態に比べて、第1面13の面方向におけるめっき層の寸法が制限されている。このため、本実施の形態は、ボイドなどの欠陥を抑制しながら、貫通孔15の第1寸法R1及び第2寸法R2を大きくできる。本実施の形態は、ボイドなどの欠陥を抑制しながら、貫通電極20の許容電流を高めることができる。

[0101] 図14は、第3の比較の形態に係る貫通電極基板を示す断面図である。第3の比較の形態において、貫通電極20は、貫通孔15の壁面16に形成されためっき層を含む。めっき層が存在しない貫通孔の空間には、樹脂材料が充填されている。

[0102] 第3の比較の形態においては、第1面13の面方向における貫通孔15の寸法を大きく設定するか、若しくは、めっき層の厚みを大きく設定することにより、貫通電極20の許容電流が高められる。第3の比較の形態においては、貫通孔15の第1寸法R1及び第2寸法R2の両方が大きく設定され、更に、

めっき層の厚みが大きく設定されている。この場合、許容電流は十分に高められる。しかしながら、第1寸法R1及び第2寸法R2の両方が大きく設定されると、めっき層が存在しない貫通孔の空間が大きくなる。この結果、ボイドなどの欠陥が樹脂材料に生じることが懸念される。

[0103] 図15は、第4の比較の形態に係る貫通電極基板を示す断面図である。第4の比較の形態において、貫通電極20は、第3の比較の形態と同様に、貫通孔15の壁面16に形成されためっき層を含む。めっき層が存在しない貫通孔の空間には、樹脂材料が充填されている。第4の比較の形態においては、貫通孔15の第1寸法R1のみが大きく設定されている。

[0104] 第4の比較の形態においては、貫通孔15の第2寸法R2が小さいので、めっき工程において貫通孔15の第2端162がめっき層によって閉鎖されやすい。第2端162がめっき層によって閉鎖されると、貫通孔15の内部における電解めっき液の循環が阻害される。めっき液の循環が阻害されると、貫通孔15の壁面16に形成されるめっき層の厚みが、位置によってばらつきやすい。

[0105] 本実施の形態においては、貫通孔15を閉鎖する閉鎖部分25が、第1端161と第2端162との間に位置する最小部163に形成される。本実施の形態においては、めっき層が存在しない貫通孔の空間の大きさが、第3の比較の形態に比べて小さい。従って、本実施の形態は、ボイドなどの欠陥が樹脂層30に生じることが抑制できる。また、閉鎖部分25が第2端162ではなく最小部163に形成されるので、電解めっき液の循環が生じる空間SP1、SP2の、基板12の厚み方向における寸法が、第4の比較の形態に比べて小さい。従って、本実施の形態は、第4の比較の形態に比べて、閉鎖部分25が形成された後も、電解めっき液が適切に循環できる。従って、本実施の形態は、めっき層の厚みが位置によってばらつくことを抑制できる。

[0106] 図16は、第5の比較の形態に係る貫通電極基板を示す断面図である。第5の比較の形態において、貫通電極20は、貫通孔15の壁面16に形成され

ためっき層と、第2端162において貫通孔15を閉鎖するめっき層と、を含む。めっき層が存在しない貫通孔の空間には、樹脂材料が充填されている。

[0107] 第5の比較の形態においては、第1面13の面方向における貫通孔15の寸法を大きく設定するか、若しくは、めっき層の厚みを大きく設定することにより、貫通電極20の許容電流が高められる。第5の比較の形態においては、貫通孔15の第1寸法R1及び第2寸法R2の両方が大きく設定され、更に、めっき層の厚みが大きく設定されている。この場合、許容電流は十分に高められる。しかしながら、第1寸法R1及び第2寸法R2の両方が大きく設定されると、めっき層が存在しない貫通孔の空間が大きくなる。この結果、ボイドなどの欠陥が樹脂材料に生じることが懸念される。

[0108] 図17は、第6の比較の形態に係る貫通電極基板を示す断面図である。第6の比較の形態において、貫通電極20は、第5の比較の形態と同様に、貫通孔15の壁面16に形成されためっき層と、第2端162において貫通孔15を閉鎖するめっき層と、を含む。めっき層が存在しない貫通孔の空間には、樹脂材料が充填されている。第6の比較の形態においては、貫通孔15の第1寸法R1のみが大きく設定されている。

[0109] 第6の比較の形態においては、めっき工程において貫通孔15の第2端162がめっき層によって閉鎖される。第2端162がめっき層によって閉鎖されると、貫通孔15の内部における電解めっき液の循環が阻害される。電解めっき液の循環が阻害されると、貫通孔15の壁面16に形成されるめっき層の厚みが、位置によってばらつきやすい。

[0110] 本実施の形態においては、貫通孔15を閉鎖する閉鎖部分25が、第1端161と第2端162との間に位置する最小部163に形成される。本実施の形態においては、めっき層が存在しない貫通孔の空間の大きさが、第5の比較の形態に比べて小さい。従って、本実施の形態は、ボイドなどの欠陥が樹脂層30に生じることが抑制できる。また、閉鎖部分25が第2端162ではなく最小部163に形成されるので、電解めっき液の循環が生じる空間SP1、SP2の、基板12の厚み方向における寸法が、第6の比較の形態に比べて小さ

い。従って、本実施の形態は、第6の比較の形態に比べて、閉鎖部分25が形成された後も、電解めっき液が適切に循環できる。従って、本実施の形態は、めっき層の厚みが位置によってばらつくことを抑制できる。

[0111] 上述した一実施形態を様々に変更できる。以下、必要に応じて図面を参照しながら、変形例について説明する。以下の説明および以下の説明で用いる図面では、上述した一実施形態と同様に構成され得る部分について、上述の一実施形態における対応する部分に対して用いた符号と同一の符号を用いる。重複する説明は省略する。また、上述した一実施形態において得られる作用効果が変形例においても得られることが明らかである場合、その説明を省略する場合もある。

[0112] (第1変形例)

図18は、第1変形例における貫通電極基板10を示す断面図である。貫通電極基板10は、第1面13上に位置する第1面樹脂層33を備えていてもよい。第1面樹脂層33は、第1樹脂層31と一体であってもよい。例えば、第1面樹脂層33及び第1樹脂層31は、樹脂層形成工程において、同一の樹脂フィルムから形成されてもよい。図18に示すように、第1面樹脂層33に形成された開口に、第1導電層35に接続される導電層37が形成されていてもよい。

[0113] 貫通電極基板10は、第2面14上に位置する第2面樹脂層34を備えていてもよい。第2面樹脂層34は、第2樹脂層32と一体であってもよい。例えば、第2面樹脂層34及び第2樹脂層32は、樹脂層形成工程において、同一の樹脂フィルムから形成されてもよい。図18に示すように、第2面樹脂層34に形成された開口に、第2導電層36に接続される導電層38が形成されていてもよい。

[0114] (第2変形例)

貫通電極基板10は、半導体素子を備えてもよい。半導体素子は、導電層37に電氣的に接続される端子を備えてもよい。半導体素子が搭載された貫通電極基板10は、実装基板とも称される。

[0115] (第3変形例)

図24は、第3変形例における貫通電極20を示す断面図である。貫通電極20は、閉鎖部分25、第3部分23及び第4部分24を少なくとも含む。閉鎖部分25は、最小部163において貫通孔15を閉鎖する。第3部分23は、第1面13と閉鎖部分25との間で壁面16上に位置する。第4部分24は、第2面14と閉鎖部分25との間で壁面16上に位置する。

[0116] 貫通電極20は、第1部分21を含まなくてもよい。すなわち、貫通電極20は、第1面13上に位置する部分を含まなくてもよい。この場合、図24に示すように、貫通電極20の第3部分23は、第1面13に平行な端面を含んでもよい。第1面13に平行な第3部分23の端面は、第3面231とも称される。第3面231は、第1面13と同一平面上に位置してもよい。「同一平面上に位置する」は、2つの面の間の、基板12の厚み方向における距離が、 $1.0\mu\text{m}$ 以下であることを意味する。

[0117] 貫通電極20は、第2部分22を含まなくてもよい。すなわち、貫通電極20は、第2面14上に位置する部分を含まなくてもよい。この場合、図24に示すように、貫通電極20の第4部分24は、第2面14に平行な端面を含んでもよい。第2面14に平行な第4部分24の端面は、第4面241とも称される。第4面241は、第2面14と同一平面上に位置してもよい。

[0118] 貫通電極20の形成方法を説明する。

[0119] 上述の図5に示すように、基板12に貫通孔15が形成される。続いて、上述の図6に示すように、基板12の第1面13、第2面14及び壁面16にシード層202が形成される。

[0120] 続いて、めっき工程が実施される。めっき工程においては、電解めっきによってシード層202上にめっき層201が形成される。めっき層201は、シード層202の全域の上に形成されてもよい。めっき工程は、図25に示す第1めっき工程と、図26に示す第2めっき工程と、を含む。第2めっき工程は、上述の第1距離K1、第2距離K2、閉鎖部分25の厚みT5などに関する数値範囲が実現されるように調整される。

[0121] 続いて、図 2 7 に示すように、樹脂層形成工程が実施されてもよい。樹脂層形成工程においては、第 1 空間 S P 1 に第 1 樹脂層 3 1 が形成され、第 2 空間 S P 2 に第 2 樹脂層 3 2 が形成される。図示はしないが、第 1 面 1 3 上のめっき層 2 0 1 上にも第 1 樹脂層 3 1 が形成されてもよい。図示はしないが、第 2 面 1 4 上のめっき層 2 0 1 上にも第 2 樹脂層 3 2 が形成されてもよい。

[0122] 続いて、図 2 8 に示すように、研磨工程が実施されてもよい。研磨工程は、第 1 研磨工程及び第 2 研磨工程のうちの少なくとも 1 つを含んでもよい。図 2 8 に示す例において、研磨工程は、第 1 研磨工程及び第 2 研磨工程を含む。第 1 研磨工程においては、第 1 面 1 3 上に位置するシード層 2 0 2 及びめっき層 2 0 1 が研磨によって除去される。第 2 研磨工程においては、第 2 面 1 4 上に位置するシード層 2 0 2 及びめっき層 2 0 1 が研磨によって除去される。研磨は、例えば化学機械研磨である。

[0123] 第 1 研磨工程によって、第 3 部分 2 3 に上述の第 3 面 2 3 1 が形成される。第 2 研磨工程によって、第 4 部分 2 4 に上述の第 4 面 2 4 1 が形成される。

[0124] 本変形例においても、上述の実施の形態と同様に、貫通電極 2 0 が、第 3 部分 2 3、第 4 部分 2 4 及び閉鎖部分 2 5 を含み、樹脂層 3 0 が第 1 樹脂層 3 1 及び第 2 樹脂層 3 2 を含む。本変形例においても、上述の実施の形態と同様に、第 1 面 1 3 の面方向におけるめっき層の寸法が制限されている。従って、本変形例も、ボイドなどの欠陥が樹脂層 3 0 に生じることを抑制しながら、貫通孔 1 5 の第 1 寸法 R 1 及び第 2 寸法 R 2 を大きくできる。

[0125] (第 4 変形例)

図 2 9 は、第 4 変形例における貫通電極 2 0 を示す断面図である。第 3 部分 2 3 は、断面図において、湾曲面 2 3 2 を含んでもよい。湾曲面 2 3 2 は、第 1 樹脂層 3 1 に接している。湾曲面 2 3 2 は、第 1 面 1 3 に平行な第 3 部分 2 3 の面に接続されている。図 2 9 に示す例において、湾曲面 2 3 2 は、第 3 面 2 3 1 に接続されている。湾曲面 2 3 2 は、湾曲面 2 3 2 と第 3 面 2 3 1 とが接続される位置において、基板 1 2 の厚み方向に平行な法線方向を有してもよい。

- [0126] 湾曲面 2 3 2 の利点を説明する。
- [0127] 貫通電極 2 0 は、壁面 1 6 に沿って広がる面と、第 1 面 1 3 に平行な面と、を含む。これらの 2 つの面の間の境界部分で、面が延びる方向が急激に変化すると、貫通電極 2 0 の熱力学的信頼性又は高周波電気特性が低下することが考えられる。
- [0128] 本変形例においては、第 3 部分 2 3 のうち壁面 1 6 に沿って広がる面と、第 3 面 2 3 1 との間の境界部分が、湾曲面 2 3 2 である。湾曲面 2 3 2 においては、第 3 部分 2 3 の面が延びる方向が緩やかに連続的に変化する。従って、本変形例は、貫通電極 2 0 の熱力学的信頼性又は高周波電気特性を高めることができる。
- [0129] 符号 T_{31} は、第 3 面 2 3 1 の幅を表す。幅 T_{31} は、第 1 面 1 3 の面内方向における第 3 面 2 3 1 の寸法である。第 3 部分 2 3 が湾曲面 2 3 2 を含むので、幅 T_{31} が第 3 部分 2 3 の厚み T_3 よりも小さくなる。厚み T_3 に対する幅 T_{31} の比率である T_{31}/T_3 は、例えば 0.90 以下であり、0.80 以下であってもよく、0.70 以下であってもよい。 T_{31}/T_3 は、例えば 0.10 以上であり、0.30 以上であってもよく、0.50 以上であってもよい。
- [0130] 図 29 に示すように、第 4 部分 2 4 は、断面図において、湾曲面 2 4 2 を含んでもよい。湾曲面 2 4 2 は、第 2 樹脂層 3 2 に接している。湾曲面 2 4 2 は、第 2 面 1 4 に平行な第 4 部分 2 4 の面に接続されている。図 29 に示す例において、湾曲面 2 4 2 は、第 4 面 2 4 1 に接続されている。湾曲面 2 4 2 も、貫通電極 2 0 の熱力学的信頼性又は高周波電気特性を高めることができる。
- [0131] 符号 T_{41} は、第 4 面 2 4 1 の幅を表す。幅 T_{41} は、第 2 面 1 4 の面内方向における第 4 面 2 4 1 の寸法である。第 4 部分 2 4 が湾曲面 2 4 2 を含むので、幅 T_{41} が第 4 部分 2 4 の厚み T_4 よりも小さくなる。厚み T_4 に対する幅 T_{41} の比率である T_{41}/T_4 の数値範囲としては、 T_{31}/T_3 に関する上述の数値範囲が採用されてもよい。

- [0132] 貫通電極 20 の形成方法を説明する。
- [0133] 上述の図 5 に示すように、基板 12 に貫通孔 15 が形成される。続いて、上述の図 6 に示すように、基板 12 の第 1 面 13、第 2 面 14 及び壁面 16 にシード層 202 が形成される。続いて、上述の図 25 及び図 26 に示すように、めっき工程が実施される。
- [0134] 続いて、図 30 に示すように、研磨工程が実施されてもよい。研磨工程は、第 1 研磨工程及び第 2 研磨工程のうちの少なくとも 1 つを含んでもよい。図 30 に示す例において、研磨工程は、第 1 研磨工程及び第 2 研磨工程を含む。研磨は、例えば化学機械研磨である。
- [0135] 本変形例においては、第 1 空間 S P 1 に第 1 樹脂層 31 が形成される前に、第 1 研磨工程が実施されてもよい。第 1 空間 S P 1 に第 1 樹脂層 31 が形成されていないので、壁面 16 に沿って広がる第 3 部分 23 の面と、第 3 面 231 と、の間の境界部分が研磨されて湾曲面 232 が生じる。
- [0136] 本変形例においては、第 2 空間 S P 2 に第 2 樹脂層 32 が形成される前に、第 2 研磨工程が実施されてもよい。第 2 空間 S P 2 に第 2 樹脂層 32 が形成されていないので、壁面 16 に沿って広がる第 4 部分 24 の面と、第 4 面 241 と、の間の境界部分が研磨されて湾曲面 242 が生じる。
- [0137] 研磨工程の後、図 31 に示すように、樹脂層形成工程が実施されてもよい。樹脂層形成工程においては、第 1 空間 S P 1 に第 1 樹脂層 31 が形成され、第 2 空間 S P 2 に第 2 樹脂層 32 が形成される。
- [0138] 本変形例においても、上述の実施の形態と同様に、貫通電極 20 が、第 3 部分 23、第 4 部分 24 及び閉鎖部分 25 を含み、樹脂層 30 が第 1 樹脂層 31 及び第 2 樹脂層 32 を含む。本変形例においても、上述の実施の形態と同様に、第 1 面 13 の面方向におけるめっき層の寸法が制限されている。従って、本変形例も、ボイドなどの欠陥が樹脂層 30 に生じることを抑制しながら、貫通孔 15 の第 1 寸法 R1 及び第 2 寸法 R2 を大きくできる。
- [0139] (第 5 変形例)

図32は、第5変形例における貫通電極基板10を示す断面図である。貫通孔15の壁面16の一部は、断面図において、湾曲面164を含んでもよい。湾曲面164は、第1端161に接続されている。湾曲面164は、第1端161において、基板12の厚み方向に平行な法線方向を有してもよい。

[0140] 湾曲面164の利点を説明する。

[0141] 基板12は、壁面16と、第1面13と、を含む。これらの2つの面の間の境界部分で、面が延びる角度が急激に変化すると、貫通電極基板10の熱力学的信頼性又は高周波電気特性が低下することが考えられる。

[0142] 本変形例においては、壁面16のうち第1面13に接続される部分が、湾曲面164である。第1面13と壁面16との間の境界部分において、基板12の表面が延びる角度が緩やかに連続的に変化する。従って、本変形例は、貫通電極基板10の熱力学的信頼性又は高周波電気特性を高めることができる。

[0143] 第3部分23の面は、壁面16に沿った形状を有する。壁面16が湾曲面164を含むので、第3部分23も湾曲面232を含むことができる。本変形例において、湾曲面232は、第1面13に平行な第1部分21の面に接続されている。湾曲面232においては、第3部分23の面が延びる方向が緩やかに連続的に変化する。従って、本変形例は、貫通電極20の熱力学的信頼性又は高周波電気特性を高めることができる。

[0144] 図32に示すように、貫通孔15の壁面16の一部は、断面図において、第2端162に接続されている湾曲面165を含んでもよい。湾曲面165は、第2端162において、基板12の厚み方向に平行な法線方向を有してもよい。

[0145] 壁面16が湾曲面165を含むので、第4部分24も湾曲面242を含むことができる。本変形例において、湾曲面242は、第2面14に平行な第2部分22の面に接続されている。湾曲面242においては、第4部分24の面が延びる方向が緩やかに連続的に変化する。従って、本変形例は、貫通電極20の熱力学的信頼性又は高周波電気特性を高めることができる。

[0146] (第6変形例)

図 3 3 は、第 6 変形例における貫通電極基板 1 0 を示す断面図である。図 3 4 は、第 6 変形例における貫通電極基板 1 0 を示す平面図である。貫通電極 2 0 の第 3 部分 2 3 は、第 3 変形例及び第 4 変形例の場合と同様に、第 3 面 2 3 1 を含む。

- [0147] 貫通電極基板 1 0 は、第 1 面 1 3 上に位置する第 1 面樹脂層 3 3 を備えてもよい。第 1 面樹脂層 3 3 は、第 1 面 1 3 に接していてもよい。
- [0148] 第 1 面樹脂層 3 3 は、第 1 面樹脂層 3 3 を貫通する開口 3 3 1 と、開口端 3 3 2 と、を含む。開口端 3 3 2 は、平面視において、開口 3 3 1 の輪郭を定める。
- [0149] 壁面 1 6 の第 1 端 1 6 1 は、平面視において、壁面 1 6 と第 3 部分 2 3 との間の境界を定める。開口端 3 3 2 は、少なくとも部分的に、第 1 端 1 6 1 の内側に位置してもよい。この場合、第 1 面樹脂層 3 3 は、平面視において、壁面 1 6 と第 3 部分 2 3 との間の境界に少なくとも部分的に重なる。
- [0150] 図 3 4 に示すように、開口端 3 3 2 の全域が、第 1 端 1 6 1 の内側に位置してもよい。この場合、第 1 面樹脂層 3 3 は、平面視において、壁面 1 6 と第 3 部分 2 3 との間の境界の全域に重なる。
- [0151] 第 1 面樹脂層 3 3 は、第 3 面 2 3 1 の全域には重なっていない。例えば、開口端 3 3 2 は、図 3 4 に示すように、平面視において、第 3 面 2 3 1 の一部を囲んでいてもよい。この場合、開口端 3 3 2 の内側に位置する第 3 面 2 3 1 の部分が、開口 3 3 1 に露出する。後述するように、開口 3 3 1 に露出している第 3 面 2 3 1 の部分に導電層が接続されてもよい。
- [0152] 第 1 面樹脂層 3 3 は、絶縁性を有する樹脂材料を含む。樹脂材料は、例えばポリイミド、エポキシ、アクリル、ポリフェニルエーテルなどの有機材料である。
- [0153] 第 1 面樹脂層 3 3 は、厚み T 7 を有する。厚み T 7 は、例えば 1.0 μm 以上であり、2.0 μm 以上であってもよく、3.0 μm 以上であってもよい。厚み T 7 は、例えば 20.0 μm 以下であり、15.0 μm 以下であってもよく、8.0 μm 以下であってもよい。

- [0154] 貫通電極 20 の第 4 部分 24 は、第 3 変形例及び第 4 変形例の場合と同様に、第 4 面 241 を含んでもよい。この場合、貫通電極基板 10 は、第 2 面 14 上に位置する第 2 面樹脂層 34 を備えてもよい。第 2 面樹脂層 34 は、第 2 面 14 に接していてもよい。
- [0155] 第 2 面樹脂層 34 は、第 2 面樹脂層 34 を貫通する開口 341 と、開口端 342 と、を含む。開口端 342 は、平面視において、開口 341 の輪郭を定める。
- [0156] 開口端 342 は、少なくとも部分的に、第 2 端 162 の内側に位置してもよい。この場合、第 2 面樹脂層 34 は、平面視において、壁面 16 と第 4 部分 24 との間の境界に少なくとも部分的に重なる。
- [0157] 開口端 342 の全域が、第 2 端 162 の内側に位置してもよい。この場合、第 2 面樹脂層 34 は、平面視において、壁面 16 と第 4 部分 24 との間の境界の全域に重なる。
- [0158] 第 2 面樹脂層 34 は、第 4 面 241 の全域には重なっていない。例えば、開口端 342 は、平面視において、第 4 面 241 の一部を囲んでいてもよい。この場合、開口端 342 の内側に位置する第 4 面 241 の部分が、開口 341 に露出する。後述するように、開口 341 に露出している第 4 面 241 の部分に導電層が接続されてもよい。
- [0159] 第 2 面樹脂層 34 は、第 1 面樹脂層 33 と同様に、絶縁性を有する樹脂材料を含む。第 2 面樹脂層 34 は、厚み T8 を有する。厚み T8 の数値範囲としては、厚み T7 に関する上述の数値範囲が採用されてもよい。
- [0160] 図 35 は、貫通電極基板 10 の一変形例を示す断面図である。貫通電極基板 10 は、第 1 面樹脂層 33 の開口 331 に位置する導電層 37 を備えてもよい。導電層 37 は、第 3 部分 23 の第 3 面 231 に接していてもよい。
- [0161] 導電層 37 は、平面視において、第 1 樹脂層 31 に重なっていてもよい。図示はしないが、導電層 37 は、平面視において、第 1 樹脂層 31 の全域に重なっていなくてもよい。

- [0162] 貫通電極基板 10 は、第 2 面樹脂層 34 の開口 341 に位置する導電層 38 を備えてもよい。導電層 38 は、第 4 部分 24 の第 4 面 241 に接していてもよい。
- [0163] 導電層 38 は、平面視において、第 2 樹脂層 32 に重なっていてもよい。図示はしないが、導電層 38 は、平面視において、第 2 樹脂層 32 の全域に重なっていてもよい。
- [0164] 貫通電極基板 10 の製造方法を説明する。
- [0165] 第 3 変形例及び第 4 変形例の場合と同様に、第 3 面 231 を含む第 3 部分 23 を備える貫通電極 20 を形成する工程が実施される。貫通電極 20 は、第 4 面 241 を含む第 4 部分 24 を備えてもよい。
- [0166] 続いて、図 36 に示すように、第 1 面 13 上に第 1 面樹脂層 33 を形成する工程を実施する。例えば、ポリイミドなどの樹脂材料と、溶剤とを含む溶液が、第 1 面 13 上に塗布される。続いて、溶剤を蒸発させる乾燥工程が実施される。続いて、第 1 面樹脂層 33 に開口 331 を形成する工程が実施される。例えば、樹脂材料が感光性を有する場合、フォトリソグラフィーによって第 1 面樹脂層 33 に開口 331 が形成される。
- [0167] 図 36 に示すように、開口 341 を含む第 2 面樹脂層 34 が第 2 面 14 上に形成されてもよい。
- [0168] 続いて、図 37 に示すように、第 1 面樹脂層 33 の開口 331 にシード層 371 が形成される。例えば、スパッタリングによってシード層 371 が形成される。シード層 371 は、第 3 部分 23 の第 3 面 231 に接する。シード層 371 は、第 1 面樹脂層 33 上にも形成されてもよい。
- [0169] 図 37 に示すように、第 2 面樹脂層 34 の開口 341 及び第 2 面樹脂層 34 上にもシード層 381 が形成されてもよい。
- [0170] 続いて、図 37 に示すように、シード層 371 上にレジスト層 43 が形成される。レジスト層 43 は、導電層 37 に対応する領域以外のシード層 371 の領域を覆うように設けられる。

- [0171] 図37に示すように、シード層381上にレジスト層44が形成されてもよい。レジスト層44は、導電層38に対応する領域以外のシード層381の領域を覆うように設けられる。
- [0172] 続いて、図38に示すように、電解めっきによってシード層371上にめっき層372が形成される。
- [0173] 図38に示すように、電解めっきによってシード層381上にめっき層382が形成されてもよい。
- [0174] 続いて、図39に示すように、レジスト層43が除去される。続いて、平面視においてレジスト層43に重なっていたシード層371が除去される。シード層371及びめっき層372を含み、第3部分23に接続された導電層37が得られる。
- [0175] 図39に示すように、レジスト層44が除去されてもよい。続いて、平面視においてレジスト層44に重なっていたシード層381が除去されてもよい。シード層381及びめっき層382を含み、第4部分24に接続された導電層38が得られる。
- [0176] 貫通電極基板10の製造工程においては、ガスが発生することがある。例えば、貫通電極20からガスが発生する。例えば、樹脂層30などの樹脂材料からガスが発生する。ガスは、例えば水蒸気である。ガスは、例えば、貫通電極基板10の構成要素を加熱する工程において発生する。
- [0177] ガスは、貫通電極基板10の内部の隙間に滞留する。例えば、ガスは、壁面16と貫通電極20との間の隙間に滞留する。ガスが貫通電極基板10の内部の隙間に滞留し続けると、ガスの圧力に起因して貫通電極基板10の内部に変形、破損などが生じることが懸念される。
- [0178] 本変形例においては、貫通電極基板10が、壁面16と第3部分23との間の境界に重なる第1面樹脂層33を含む。第1面樹脂層33を構成する樹脂材料の分子構造は、水蒸気などのガスの分子構造よりも大きい。壁面16と第3部分23との間の隙間のガスは、第1面樹脂層33を通して貫通電極基板10

の外部へ放出される。従って、貫通電極基板 10 の内部に変形、破損などが生じることが抑制される。

[0179] 第 1 面樹脂層 33 の場合と同様に、第 2 面樹脂層 34 を構成する樹脂材料の分子構造は、水蒸気などのガスの分子構造よりも大きい。壁面 16 と第 4 部分 24 との間の隙間のガスは、第 2 面樹脂層 34 を通って貫通電極基板 10 の外部へ放出される。従って、貫通電極基板 10 の内部に変形、破損などが生じることが抑制される。

[0180] 図 19 は、貫通電極基板 10 が搭載される製品の例を示す図である。貫通電極基板 10 は、様々な製品において利用され得る。例えば、ノート型パーソナルコンピュータ 110、タブレット端末 120、携帯電話 130、スマートフォン 140、デジタルビデオカメラ 150、デジタルカメラ 160、デジタル時計 170、サーバ 180 等に搭載される。

[0181] 上述した実施の形態に対するいくつかの変形例を説明してきたが、当然に、複数の変形例を適宜組み合わせることで上述した実施の形態に適用することも可能である。

実施例

[0182] 次に、本開示の実施形態を実施例により更に具体的に説明するが、本開示の実施形態はその要旨を超えない限り、以下の実施例の記載に限定されるものではない。

[0183] (実施例 1)

基板 12 として、 $400\mu\text{m}$ の厚み T0 を有するガラス基板を準備した。続いて、貫通孔 15 を基板 12 に形成した。貫通孔 15 は、第 1 寸法 R1 を有する第 1 端 161 と、第 2 寸法 R2 を有する第 2 端 162 と、最小寸法 R3 を有する最小部 163 と、を含む。第 1 端 161、第 2 端 162 及び最小部 163 は、平面視において円形の輪郭を有する。第 1 寸法 R1、第 2 寸法 R2 及び最小寸法 R3 はそれぞれ、 $150\mu\text{m}$ 、 $150\mu\text{m}$ 及び $60\mu\text{m}$ であった。

[0184] 続いて、銅からなるめっき層 201 及びシード層 202 を含む貫通電極 20 を貫通孔 15 に形成した。貫通電極 20 は、第 1 部分 21、第 2 部分 22、第

3部分23、第4部分24及び閉鎖部分25を含む。第3部分23の厚み T_3 及び第4部分24の厚み T_4 はいずれも $30\mu m$ であった。基板12の厚み方向における、第1面13から閉鎖部分25までの距離、すなわち第1距離 K_1 は、 $150\mu m$ であった。基板12の厚み方向における、第2面14から閉鎖部分25までの距離、すなわち第2距離 K_2 は、 $150\mu m$ であった。基板12の厚み方向における閉鎖部分25の厚み T_5 は、 $100\mu m$ であった。

[0185] 基板12の厚み T_0 に対する第1距離 K_1 の比率である K_1/T_0 は、 0.375 である。基板12の厚み T_0 に対する第2距離 K_2 の比率である K_2/T_0 は、 0.375 である。基板12の厚み T_0 に対する閉鎖部分25の厚み T_5 の比率である T_5/T_0 は、 0.25 である。

[0186] 実施例1の貫通電極基板10の貫通電極20に流され得る電流の最大値を測定した。電流の最大値は、許容電流とも称される。許容電流は、 $0.90A$ であった。

[0187] 許容電流は、貫通電極20に $10^\circ C$ の温度上昇を生じさせる電流値である。温度上昇は、電流が流れていないときの貫通電極20の温度と、許容電流が流れているときの貫通電極20の温度との差である。実施例1及び後述する実施例2～17、比較例1～12において、許容電流は、貫通電極20に流す電流値を変更しながら、貫通電極20の温度を測定することによって算出された。貫通電極20の温度は、電流値を変更してから10分間経過した後測定された。貫通電極20に電流を流すための装置としては、戸上電機製のI-Vメータ SPST-A1Aが用いられた。貫通電極20の温度を測定するための装置としては、サーモグラフィが用いられた。赤外線カメラ オプトリスPI 450が、サーモグラフィとして用いられた。

[0188] 実施例1の貫通電極基板10の信頼性を評価した。信頼性の評価においては、貫通電極基板10に1000回の熱サイクルを加えた後、貫通電極基板10の外観を観察した。貫通電極基板10の貫通電極20の外観に、クラックなどの欠陥は見られなかった。1回の熱サイクルは、昇温工程、高温保持工程、降温工程及び低温保持工程を含む。昇温工程は、貫通電極基板10の周囲環

境を -55°C から $+125^{\circ}\text{C}$ へ30分間で変化させる工程である。高温保持工程は、貫通電極基板10の周囲環境を $+125^{\circ}\text{C}$ に30分間保持する工程である。昇温工程は、貫通電極基板10の周囲環境を $+125^{\circ}\text{C}$ から -55°C へ30分間で変化させる工程である。低温保持工程は、貫通電極基板10の周囲環境を -55°C に30分間保持する工程である。

[0189] (実施例2～12)

貫通孔15の第1寸法R1、第2寸法R2、最小寸法R3、貫通電極20の第1距離K1、第2距離K2又は厚みT5のいずれかの値を、実施例1における値から変更して、貫通電極基板10を作製した。続いて、実施例1の場合と同様に、貫通電極基板10の許容電流の測定及び貫通電極基板10の信頼性の評価を実施した。結果を図20に示す。

[0190] (比較例1～9)

貫通孔15の第1寸法R1、第2寸法R2、最小寸法R3、貫通電極20の第1距離K1、第2距離K2又は厚みT5のいずれかの値を、実施例1における値から変更して、貫通電極基板10を作製した。続いて、実施例1の場合と同様に、貫通電極基板10の許容電流の測定及び貫通電極基板10の信頼性の評価を実施した。結果を図21に示す。

[0191] 図20及び図21において、「信頼性」の列の「good」は、熱サイクルを加えた後、貫通電極基板10の外観に、クラックなどの欠陥が見られなかったことを意味する。「信頼性」の列の「NG」は、熱サイクルを加えた後、貫通電極基板10の外観に、クラックなどの欠陥が見られたことを意味する。

[0192] 図20及び図21において、「判定」の列の「good」は、許容電流が0.80A以上であり、且つ、信頼性の評価結果が「good」であったことを意味する。「判定」の列の「NG」は、許容電流が0.80A未満であるか、又は、信頼性の評価結果が「NG」であったことを意味する。

[0193] 比較例1から分かるように、最小部163の最小寸法が $55\mu\text{m}$ 以下である場合、貫通電極20の体積が十分に得られず、許容電流が0.80A未満であった。比較例2から分かるように、最小部163の最小寸法が $70\mu\text{m}$ 以上

である場合、最小部 163 に閉鎖部分 25 が形成されず、許容電流が 0.80 A 未満であった。実施例 1～12 においては、最小部 163 の最小寸法が 55 μm 超 70 μm 未満であるので、0.80 A 以上の許容電流が実現された。

[0194] 比較例 3～5 から分かるように、貫通孔 15 の第 1 寸法 R1 及び第 2 寸法 R2 が 100 μm 以下である場合、貫通電極 20 の体積が十分に得られず、許容電流が 0.80 A 未満であった。実施例 1～12 においては、貫通孔 15 の第 1 寸法 R1 及び第 2 寸法 R2 が 100 μm 超であるので、0.80 A 以上の許容電流が実現された。

[0195] 比較例 6～7 から分かるように、閉鎖部分 25 の厚み T5 が 70 μm 以下である場合、貫通電極 20 の体積が十分に得られず、許容電流が 0.80 A 未満であった。実施例 1～12 においては、閉鎖部分 25 の厚み T5 が 70 μm 超であるので、0.80 A 以上の許容電流が実現された。

[0196] 比較例 8～9 から分かるように、閉鎖部分 25 の厚み T5 が 170 μm 以上である場合、貫通電極 20 の体積が大きくなりすぎ、貫通電極基板 10 の外観に、クラックなどの欠陥が見られた。実施例 1～12 においては、閉鎖部分 25 の厚み T5 が 170 μm 未満であるので、クラックなどの欠陥が抑制された。

[0197] (実施例 13～17)

貫通孔 15 の最小寸法 R3、貫通電極 20 の厚み T3 又は厚み T5 のいずれかの値を、実施例 1 における値から変更して、貫通電極基板 10 を作製した。続いて、実施例 1 の場合と同様に、貫通電極基板 10 の許容電流の測定及び貫通電極基板 10 の信頼性の評価を実施した。結果を図 22 に示す。

[0198] (比較例 10～12)

貫通孔 15 の最小寸法 R3、貫通電極 20 の厚み T3 又は厚み T5 のいずれかの値を、実施例 1 における値から変更して、貫通電極基板 10 を作製した。続いて、実施例 1 の場合と同様に、貫通電極基板 10 の許容電流の測定及び貫通電極基板 10 の信頼性の評価を実施した。結果を図 23 に示す。

[0199] 比較例 10、11 から分かるように、貫通電極 20 の第 3 部分 23 の厚み T_3 に対する貫通孔 15 の最小寸法 R_3 の比率である R_3 / T_3 が 4.00 の場合、許容電流が 0.80 A 未満であった。実施例 13～17 においては、 R_3 / T_3 が 1.2 以上であるので、0.80 A 以上の許容電流が実現された。

[0200] 比較例 12 から分かるように、 R_3 / T_3 が 1.00 の場合、貫通電極基板 10 の外観に、クラックなどの欠陥が見られた。実施例 13～17 においては、 R_3 / T_3 が 3.0 以下であるので、クラックなどの欠陥が抑制された。

[0201] (比較例 13)

図 12 に示す貫通電極基板を作製した。第 1 寸法 R_1 及び第 2 寸法 R_2 は $108 \mu\text{m}$ であった。基板 12 は、実施例 1 と同様に、 $400 \mu\text{m}$ の厚み T_0 を有するガラス基板であった。続いて、実施例 1 の場合と同様に、貫通電極基板 10 の許容電流の測定及び貫通電極基板 10 の信頼性の評価を実施した。許容電流は 1.1 A であった。信頼性の評価の結果は NG であった。

[0202] 比較例 13 及び後述する比較例 14～18 において、許容電流は、貫通電極基板 10 の放熱を模擬するシミュレーションの結果に基づいて算出される。シミュレーションの条件は下記の通りである。シミュレーションにおいては、貫通電極 20 で生じた熱が、貫通電極 20 の第 1 部分 21 から大気へ対流伝熱によって放出される、という放熱経路が想定されている。

- ・ 基板 12 の熱伝導率：1.4 [$\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$]
- ・ 貫通電極 20 の熱伝導率：400 [$\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$]
- ・ 貫通電極 20 の抵抗率： 1.68×10^{-8} [$\Omega \cdot \text{m}$]
- ・ 樹脂層 30 の熱伝導率：0.25 [$\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$]
- ・ 貫通電極 20 の第 1 部分 21 の面積： $500 \mu\text{m} \times 500 \mu\text{m}$
- ・ 貫通電極 20 の第 1 部分 21 の厚み：18 [μm]
- ・ 貫通電極 20 と大気との間の熱伝達係数：373 [$\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$]

[0203] 373 [$\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$] という熱伝達係数は、JIS C 5012:1993 に記載されている配線基板の放熱特性に基づいて算出された。配線基板は、FR4 からなる

基板と、基板上に位置する導電層と、を含む。配線基板の構成は下記の通りである。

- ・ 基板の熱伝導率：0.3 [W/m・K]
- ・ 基板の厚み：400 μm
- ・ 導電層の熱伝導率：400 [W/m・K]
- ・ 導電層の抵抗率： 1.68×10^{-8} [$\Omega \cdot \text{m}$]
- ・ 導電層の面積：500 $\mu\text{m} \times 500 \mu\text{m}$
- ・ 導電層の厚み：18 [μm]

[0204] シミュレーションにおける、配線基板の目標特性は下記の通りである。下記の目標特性を達成できる熱伝達係数は、373 [W/m²・K] であった。この結果に基づき、本実施例においても、373 [W/m²・K] という熱伝達係数を採用した。

- ・ 導電層の許容電流：1 [A]
- ・ 導電層の温度上昇：10 [°C]

[0205] (比較例14)

図13に示す貫通電極基板を作製した。第1寸法R1及び第2寸法R2はそれぞれ、85 μm 及び50 μm であった。基板12は、実施例1と同様に、400 μm の厚みT0を有するガラス基板であった。続いて、実施例1の場合と同様に、貫通電極基板10の許容電流の測定及び貫通電極基板10の信頼性の評価を実施した。許容電流は0.65 Aであった。信頼性の評価の結果はgoodであった。

[0206] (比較例15)

図14に示す貫通電極基板を作製した。第1寸法R1及び第2寸法R2は108 μm であった。めっき層の厚みは30 μm であった。基板12は、実施例1と同様に、400 μm の厚みT0を有するガラス基板であった。続いて、実施例1の場合と同様に、貫通電極基板10の許容電流の測定及び貫通電極基板10の信頼性の評価を実施した。許容電流は1.1 Aであった。信頼性の評価の結果はNGであった。

[0207] (比較例 1 6)

図 1 5 に示す貫通電極基板を作製した。第 1 寸法 R 1 及び第 2 寸法 R 2 はそれぞれ、 $85\ \mu\text{m}$ 及び $50\ \mu\text{m}$ であった。めっき層の厚みは $18\ \mu\text{m}$ であった。基板 1 2 は、実施例 1 と同様に、 $400\ \mu\text{m}$ の厚み T 0 を有するガラス基板であった。続いて、実施例 1 の場合と同様に、貫通電極基板 1 0 の許容電流の測定及び貫通電極基板 1 0 の信頼性の評価を実施した。許容電流は $0.60\ \text{A}$ であった。信頼性の評価の結果は good であった。

[0208] (比較例 1 7)

図 1 6 に示す貫通電極基板を作製した。第 1 寸法 R 1 及び第 2 寸法 R 2 は $108\ \mu\text{m}$ であった。めっき層の厚みは $30\ \mu\text{m}$ であった。基板 1 2 は、実施例 1 と同様に、 $400\ \mu\text{m}$ の厚み T 0 を有するガラス基板であった。続いて、実施例 1 の場合と同様に、貫通電極基板 1 0 の許容電流の測定及び貫通電極基板 1 0 の信頼性の評価を実施した。許容電流は $1.1\ \text{A}$ であった。信頼性の評価の結果は NG であった。

[0209] (比較例 1 8)

図 1 7 に示す貫通電極基板を作製した。第 1 寸法 R 1 及び第 2 寸法 R 2 はそれぞれ、 $85\ \mu\text{m}$ 及び $50\ \mu\text{m}$ であった。めっき層の厚みは $18\ \mu\text{m}$ であった。基板 1 2 は、実施例 1 と同様に、 $400\ \mu\text{m}$ の厚み T 0 を有するガラス基板であった。続いて、実施例 1 の場合と同様に、貫通電極基板 1 0 の許容電流の測定及び貫通電極基板 1 0 の信頼性の評価を実施した。許容電流は $0.60\ \text{A}$ であった。信頼性の評価の結果は good であった。

[0210] (比較例 A 1)

最小部 1 6 3 を含まない貫通孔 1 5 に形成されている、図 1 2 に示す貫通電極 2 0 と、基板 1 2 の表面に位置する銅板と、を備える貫通電極基板 1 0 を設計した。図 1 2 に示す貫通電極 2 0 は、フィルドビアとも称される。基板 1 2 は、FR 4 からなり、 $400\ \mu\text{m}$ の厚み T 0 を有する。銅板は、 $0.5\ \text{mm}$ の幅及び $18\ \mu\text{m}$ の厚みを有する。続いて、貫通電極基板 1 0 の放熱を模擬するシミュレーションを実施した。シミュレーションにおいては、有限要素法が

用いられた。シミュレーションにおいては、銅板の表面での対流によって熱が放出されることを想定した。熱流束の式は下記のとおりである。

[0211] $q = h (T_{Cu} - T_{air})$

[0212] q は、熱流束である。熱流束 q の単位は、 W/m^2 である。 h は、対流における熱伝導率である。熱伝導率 h の単位は、 $W/m^2 \cdot K$ である。 T_{Cu} は、銅板の温度である。 T_{air} は、空気の温度である。熱伝導率 h の値は、比較例 1 3 ~ 1 8 の場合と同様に、3 7 3 [$W/m^2 \cdot K$] である。この値は、JIS C 5012:1993 に記載されている配線基板の放熱特性に基づいて算出された。具体的には、JIS C 5012:1993 に記載されている試験においては、基板上に、0.6 mm の幅及び 1 8 μm の厚みを有する銅板を配置し、1 A の直流電流を銅板に流すと、1 0 °C の温度上昇が生じている。この試験結果を、上記の熱流束の式に当てはめると、3 7 3 [$W/m^2 \cdot K$] という熱伝導率 h の値が算出される。シミュレーションにおけるその他の条件は下記のとおりである。

- ・銅の熱伝導率：4 0 0 [$W/m \cdot K$]
- ・銅の抵抗率：1. 6 8 $\times 10^{-8}$ [$\Omega \cdot m$]
- ・FR4 の熱伝導率：0. 3 [$W/m \cdot K$]

[0213] シミュレーションに基づいて、比較例 A 1 の貫通電極基板 1 0 が耐電流性の条件を満たすときの、第 1 寸法 R 1 及び第 2 寸法 R 2 を算出した。耐電流性の条件は、「貫通電極 2 0 に 1 A の直流電流が流れる場合に、貫通電極 2 0 に生じる温度の上昇が 1 0 °C 以下」という条件である。この耐電流性の条件は、上述の図 2 0 及び図 2 1 における許容電流の判定条件よりも厳しい。貫通電極 2 0 に電流を流して温度を測定する試験は、JIS C 5012:1993 に基づいて実施される。温度が安定するまで、貫通電極 2 0 に電流が流される。

[0214] 第 1 寸法 R 1 及び第 2 寸法 R 2 が 9 4 μm である場合に、温度上昇が 1 0 °C であり、銅板及びフィルドビアに流れる電流の値が 0. 9 6 A であった。従って、第 1 寸法 R 1 及び第 2 寸法 R 2 が 9 4 μm 以上である場合、上述の耐電流性の条件が満たされると推測される。

[0215] 第1寸法R1及び第2寸法R2が $94\mu\text{m}$ であり、銅板及びフィルドビアに流れる電流の値が 0.96A であり、貫通電極基板10の温度が 260°C である場合に、基板12とフィルドビアとの間に生じる熱応力を、シミュレーションに基づいて算出した。貫通孔15の第1端161において、熱応力が最大値 187MPa を示した。

[0216] (比較例A2)

最小部163を含まない貫通孔15に形成されている、図14に示す貫通電極20と、基板12の表面に位置する銅板と、を備える貫通電極基板10を設計した。図14に示す貫通電極20は、コンフォーマルビアとも称される。

[0217] 比較例A1の場合と同様に、シミュレーションに基づいて、比較例A2の貫通電極基板10が上述の耐電流性の条件を満たすときの、第1寸法R1及び第2寸法R2並びに壁面16上の貫通電極20の厚みを算出した。第1寸法R1及び第2寸法R2が $104\mu\text{m}$ であり、壁面16上の貫通電極20の厚みが $30\mu\text{m}$ である場合に、温度上昇が 10°C であり、銅板及びコンフォーマルビアに流れる電流の値が 0.97A であった。従って、第1寸法R1及び第2寸法R2が $104\mu\text{m}$ 以上であり、壁面16上の貫通電極20の厚みが $30\mu\text{m}$ 以上である場合、上述の耐電流性の条件が満たされると推測される。

[0218] 第1寸法R1及び第2寸法R2が $104\mu\text{m}$ であり、壁面16上の貫通電極20の厚みが $30\mu\text{m}$ であり、銅板及びフィルドビアに流れる電流の値が 0.97A であり、貫通電極基板10の温度が 260°C である場合に、基板12とコンフォーマルビアとの間に生じる熱応力を、シミュレーションに基づいて算出した。貫通孔15の第1端161において、熱応力が最大値 171MPa を示した。

[0219] (実施例A1)

最小部163を含む貫通孔15に形成されている、図4に示す貫通電極20と、基板12の表面に位置する銅板と、を備える貫通電極基板10を設計した。

[0220] 比較例 A 1 の場合と同様に、シミュレーションに基づいて、実施例 A 1 の貫通電極基板 1 0 が上述の耐電流性の条件を満たすときの、第 1 寸法 R 1、第 2 寸法 R 2 及び最小寸法 R 3 並びに第 3 部分 2 3 及び第 4 部分 2 4 の厚みを算出した。第 1 寸法 R 1 及び第 2 寸法 R 2 が $180\text{ }\mu\text{m}$ であり、最小寸法 R 3 が $60\text{ }\mu\text{m}$ であり、第 3 部分 2 3 の厚み T 3 及び第 4 部分 2 4 の厚み T 4 が $30\text{ }\mu\text{m}$ である場合に、温度上昇が 10°C であり、銅板及び貫通電極 2 0 に流れる電流の値が 0.96 A であった。従って、第 1 寸法 R 1 及び第 2 寸法 R 2 が $180\text{ }\mu\text{m}$ 以上であり、最小寸法 R 3 が $60\text{ }\mu\text{m}$ 以上であり、第 3 部分 2 3 の厚み T 3 及び第 4 部分 2 4 の厚み T 4 が $30\text{ }\mu\text{m}$ 以上である場合、上述の耐電流性の条件が満たされると推測される。

[0221] 第 1 寸法 R 1 及び第 2 寸法 R 2 が $180\text{ }\mu\text{m}$ であり、最小寸法 R 3 が $60\text{ }\mu\text{m}$ であり、第 3 部分 2 3 の厚み T 3 及び第 4 部分 2 4 の厚み T 4 が $30\text{ }\mu\text{m}$ であり、銅板及び貫通電極 2 0 に流れる電流の値が 0.96 A であり、貫通電極基板 1 0 の温度が 260°C である場合に、基板 1 2 と貫通電極 2 0 との間に生じる熱応力を、シミュレーションに基づいて算出した。貫通孔 1 5 の第 1 端 1 6 1 において、熱応力が最大値 93 MPa を示した。

[0222] 実施例 A 1 における熱応力の最大値は、比較例 A 1 及び比較例 A 2 における熱応力の最大値の約半分であった。実施例 A 1 に示す例においては、貫通孔 1 5 が最小部 1 6 3 を含むので、角度 $\theta 1$ 及び角度 $\theta 2$ が 90° よりも大きくなり、熱応力が低減されたと考えられる。

符号の説明

- [0223] 1 0 貫通電極基板
1 2 基板
1 3 第 1 面
1 4 第 2 面
1 5 貫通孔
1 6 壁面
1 6 1 第 1 端

- 1 6 2 第 2 端
- 1 6 3 最小部
- 2 0 貫通電極
- 2 0 1 めっき層
- 2 0 2 シード層
- 2 1 第 1 部分
- 2 2 第 2 部分
- 2 3 第 3 部分
- 2 4 第 4 部分
- 2 5 閉鎖部分
- 3 0 樹脂層
- 3 1 第 1 樹脂層
- 3 2 第 2 樹脂層
- 3 5 第 1 導電層
- 3 6 第 2 導電層
- 4 1 第 1 レジスト層
- 4 2 第 2 レジスト層

請求の範囲

[請求項1]

貫通電極基板であって、

第1面と、前記第1面の反対側に位置する第2面と、前記第1面から前記第2面へ貫通する貫通孔と、を含む基板と、

前記貫通孔に部分的に位置する貫通電極と、

前記貫通孔に部分的に位置する樹脂層と、を備え、

前記貫通孔は、前記第1面に接続される第1端と、前記第2面に接続される第2端と、前記第1端と前記第2端との間に位置する最小部と、を含む壁面を備え、

前記貫通孔は、前記最小部において、前記第1面の面方向における前記貫通孔の寸法の最小値である最小寸法を有し、

前記貫通電極は、少なくとも前記最小部において前記貫通孔を閉鎖する閉鎖部分と、前記第1面と前記閉鎖部分との間で前記壁面上に位置する第3部分と、前記第2面と前記閉鎖部分との間で前記壁面上に位置する第4部分と、を含み、

前記樹脂層は、前記第3部分の内側に位置する第1樹脂層と、前記第4部分の内側に位置する第2樹脂層と、を含み、

前記貫通電極は、前記基板の厚み方向における、前記第1面から前記閉鎖部分までの距離の最大値である第1距離と、前記基板の厚み方向における、前記第2面から前記閉鎖部分までの距離の最大値である第2距離と、を有し、

前記基板の厚みに対する前記第1距離の比率が、0.10以上であり、

前記基板の厚みに対する前記第2距離の比率が、0.10以上である、貫通電極基板。

[請求項2]

前記貫通電極は、前記第1面上に位置し、前記第3部分に接続されている第1部分を含む、請求項1に記載の貫通電極基板。

- [請求項3] 前記貫通電極は、前記第2面上に位置し、前記第4部分に接続されている第2部分を含む、請求項2に記載の貫通電極基板。
- [請求項4] 前記第1面上に位置する第1面樹脂層を備え、
前記第1面樹脂層は、平面視において、前記壁面と前記第3部分との間の境界に重なっている、請求項1に記載の貫通電極基板。
- [請求項5] 前記第2面上に位置する第2面樹脂層を備え、
前記第2面樹脂層は、平面視において、前記壁面と前記第4部分との間の境界に重なっている、請求項4に記載の貫通電極基板。
- [請求項6] 前記基板の厚みに対する前記閉鎖部分の厚みの比率が、0.20以上0.40以下である、請求項1に記載の貫通電極基板。
- [請求項7] 前記貫通孔は、前記第1面の面方向において、前記第1端において第1寸法を有し、前記第2端において第2寸法を有し、
前記最小寸法に対する前記第1寸法の比率が、2.0以上であり、
前記最小寸法に対する前記第2寸法の比率が、2.0以上である、請求項1に記載の貫通電極基板。
- [請求項8] 前記最小寸法に対する前記第1寸法の比率が、3.0以下であり、
前記最小寸法に対する前記第2寸法の比率が、3.0以下である、請求項7に記載の貫通電極基板。
- [請求項9] 前記第1寸法に対する前記第2寸法の比率が、0.80以上1.20以下である、請求項7又は8に記載の貫通電極基板。
- [請求項10] 前記基板の厚みに対する、前記基板の厚み方向における、前記第1面から前記最小部までの距離の比率が、0.40以上0.60以下である、請求項1～8のいずれか一項に記載の貫通電極基板。

- [請求項11] 前記最小寸法が、 $60\mu\text{m}$ 以上である、請求項1～8のいずれか一項に記載の貫通電極基板。
- [請求項12] 前記第3部分の厚みに対する前記最小寸法の比率が、 1.2 以上であり、
前記第4部分の厚みに対する前記最小寸法の比率が、 1.2 以上である、請求項1～8のいずれか一項に記載の貫通電極基板。
- [請求項13] 前記第3部分の厚みに対する前記最小寸法の比率が、 3.0 以下であり、
前記第4部分の厚みに対する前記最小寸法の比率が、 3.0 以下である、請求項1～8のいずれか一項に記載の貫通電極基板。
- [請求項14] 前記第3部分の厚み及び前記第4部分の厚みが、 $20\mu\text{m}$ 以上である、請求項1～8のいずれか一項に記載の貫通電極基板。
- [請求項15] 前記第3部分の厚みのばらつきが、 $0.10\mu\text{m}$ 以下である、請求項14に記載の貫通電極基板。
- [請求項16] 前記貫通電極は、シード層と、前記シード層上に位置するめっき層と、を含む、請求項1～8のいずれか一項に記載の貫通電極基板。
- [請求項17] 前記めっき層は、銅を含む、請求項16に記載の貫通電極基板。
- [請求項18] 請求項1～8のいずれか一項に記載の貫通電極基板と、
前記貫通電極基板の前記貫通電極に電氣的に接続された素子と、を備える、実装基板。
- [請求項19] 貫通電極基板の製造方法であって、
第1面と、前記第1面の反対側に位置する第2面と、前記第1面から前記第2面へ貫通する貫通孔と、を含む基板を準備する工程と、
前記貫通孔に部分的に貫通電極を形成する貫通電極形成工程と、

前記貫通孔に部分的に樹脂層を形成する樹脂層形成工程と、を備え、

前記貫通孔は、前記第1面に接続される第1端と、前記第2面に接続される第2端と、前記第1端と前記第2端との間に位置する最小部と、を含む壁面を備え、

前記貫通孔は、前記最小部において、前記第1面の面方向における前記貫通孔の寸法の最小値である最小寸法を有し、

前記貫通電極形成工程は、前記貫通孔の壁面にシード層を形成する工程と、前記シード層上にめっき層を形成するめっき工程と、を含み、

前記めっき工程は、少なくとも前記最小部において前記貫通孔を閉鎖する閉鎖部分を形成する第1めっき工程と、前記閉鎖部分を前記基板の厚み方向において成長させる第2めっき工程と、を含み、

前記貫通電極は、前記基板の厚み方向における、前記第1面から前記閉鎖部分までの距離の最大値である第1距離と、前記基板の厚み方向における、前記第2面から前記閉鎖部分までの距離の最大値である第2距離と、を有し、

前記第2めっき工程は、基板の厚みに対する前記第1距離の比率が0.10以上であり、且つ、基板の厚みに対する前記第2距離の比率が0.10以上である状態で終了する、貫通電極基板の製造方法。

[請求項20]

前記第2めっき工程は、前記基板の厚みに対する前記閉鎖部分の厚みの比率が0.20以上0.40以下になるよう実施される、請求項19に記載の貫通電極基板の製造方法。