

明 細 書

発明の名称：貫通電極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]～[23]に関する。

[0008] [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面へ貫通する複数の貫通孔と、を含む基板と、

前記第1面から前記貫通孔を通して前記第2面へ達する複数の貫通電極と、を備え、

複数の前記貫通電極はそれぞれ、複数の前記貫通孔の内部に位置する複数の内部部分と、前記第1面に位置し、複数の前記内部部分に接続されている第1部分と、前記第2面に位置し、複数の前記内部部分に接続されている第2部分と、を含み、

複数の前記貫通電極の前記第1部分はそれぞれ、平面視において複数の前記貫通孔を囲む輪郭を有する、貫通電極基板。

[0009] [2] [1]に記載の貫通電極基板において、複数の前記貫通孔はそれぞれ、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、を含む壁面を備えていてもよく、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ていてもよく、複数の前

記内部部分はそれぞれ、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部分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部分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、を含んでいてもよい。

[0010] [3] [2] に記載の貫通電極基板において、前記閉鎖部分は、第1閉鎖面及び第2閉鎖面を含んでもよく、前記第1閉鎖面は、前記第1面に向いている前記閉鎖部分の表面であってもよく、前記第2閉鎖面は、前記第2面に向いている前記閉鎖部分の表面であってもよく、前記貫通電極は、前記基板の厚み方向における、前記第1面から前記第1閉鎖面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面から前記第2閉鎖面までの距離の最大値である第2距離と、を有していてもよく、前記基板の厚みに対する前記第1距離の比率が、0.10以上であってもよく、前記基板の厚みに対する前記第2距離の比率が、0.10以上であってもよい。

[0011] [4] [2] 又は [3] に記載の貫通電極基板は、複数の前記貫通孔のそれぞれの内部に位置する複数の内部樹脂を備えていてもよく、複数の前記内部樹脂はそれぞれ、前記第3部分の内側に位置する第1内部樹脂と、前記第4部分の内側に位置する第2内部樹脂と、を含んでいてもよい。

[0012] [5] [1] に記載の貫通電極基板において、複数の前記貫通孔はそれぞれ、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、を含む壁面を備えていてもよく、複数の前記内部部分はそれぞれ、前記第1端から前記第2端へ達するよう前記壁面上に位置していてもよく、前記貫通電極基板は、複数の前記貫通孔のそれぞれの内部において前記貫通電極の前記内部部分の内側に位置する複数の内部樹脂を備えていてもよい。

[0013] [6] [5] に記載の貫通電極基板において、複数の前記貫通孔はそれぞれ、前記第1端と前記第2端との間に位置する最小部を含んでいてもよく、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ていてもよい。

[0014] [7] [4] ～ [6] のいずれか1つに記載の貫通電極基板において、複

数の前記貫通電極の前記第1部分はそれぞれ、前記内部樹脂が位置する複数の開口を含んでいてもよい。

[0015] [8] [1]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内部部分の厚みの比率が、0.80以上1.20以下であってもよい。

[0016] [9] [1]～[8]のいずれか1つに記載の貫通電極基板は、複数の前記貫通電極の前記第1部分のそれぞれに接続されている複数の第1導電層と、前記基板の厚み方向において複数の前記貫通電極の前記第1部分と複数の前記第1導電層との間に位置する第1樹脂層と、を備えていてもよい。

[0017] [10] [9]に記載の貫通電極基板において、複数の前記第1導電層はそれぞれ、平面視において複数の前記貫通孔を囲む輪郭を有していてもよい。

[0018] [11] [10]に記載の貫通電極基板は、1つの前記第1導電層に接続されている複数の第3導電層と、前記基板の厚み方向において1つの前記第1導電層と複数の前記第3導電層との間に位置する第3樹脂層と、を備えていてもよい。

[0019] [12] [10]又は[11]に記載の貫通電極基板において、複数の前記貫通電極は、第1の貫通電極と、平面視において前記第1の貫通電極に隣接する第2の貫通電極と、を含んでいてもよく、前記第1の貫通電極に接続されている前記第1導電層は、前記第1の貫通電極の前記第1部分の前記輪郭よりも外側へ広がっていてもよく、前記第2の貫通電極の前記第1部分は、前記第2の貫通電極に接続されている前記第1導電層の前記輪郭よりも外側へ広がっていてもよく、前記基板の厚み方向において、前記第1の貫通電極に接続されている前記第1導電層の一部と、前記第2の貫通電極の前記第1部分の一部とが向かい合ってもよい。

[0020] [13] [9]～[12]のいずれか1つに記載の貫通電極基板において、前記第1樹脂層は、前記第1導電層の一部が位置し、平面視において第4寸法を有する開口を含んでいてもよく、前記貫通孔は、前記第1面において第1寸法を有していてもよく、前記第4寸法は、前記第1寸法よりも大きく

てもよい。

[0021] [14] 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面へ貫通する複数の貫通孔と、を含む基板と、

前記第1面から前記貫通孔を通して前記第2面へ達する複数の貫通電極と、

前記第1面に位置し、少なくとも1つの絶縁層及び少なくとも1つの導電層を含む第1配線層と、を備え、

前記複数の前記貫通電極はそれぞれ、複数の前記貫通孔の内部に位置する複数の内部部分を含み、

前記基板の厚みに対する前記内部部分の厚みの比率が、0.80以上1.20以下であり、

前記少なくとも1つの絶縁層は、前記第1面上に位置する第1樹脂層を含み、

前記第1樹脂層は、複数の開口を含み、複数の前記開口はそれぞれ、平面視において前記内部部分に重なっており、

前記第1樹脂層は、平面視において、前記貫通孔の壁面と前記内部部分との間の境界に重なっており、

前記少なくとも1つの導電層は、複数の前記内部部分に電氣的に接続されている導電層を含む、貫通電極基板。

[0022] [15] [14]に記載の貫通電極基板において、前記少なくとも1つの導電層は、前記第1樹脂層の複数の前記開口において複数の前記内部部分に接続されている第1導電層を含んでもよく、前記第1導電層が、複数の前記内部部分に電氣的に接続されている前記導電層であってもよい。

[0023] [16] [14]に記載の貫通電極基板において、前記少なくとも1つの導電層は、各々が前記第1樹脂層の複数の前記開口において前記内部部分に接続されている複数の第1導電層と、複数の前記第1導電層に電氣的に接続されている前記導電層と、を含んでもよい。

- [0024] [17] [1] ~ [16] のいずれか1つに記載の貫通電極基板において、複数の前記貫通電極は、前記第1面の面方向において第1ピッチで並んでいてもよく、1つの前記貫通電極に含まれる複数の前記内部部分が位置する複数の前記貫通孔は、前記第1面の面方向において第2ピッチで並んでいてもよく、前記第2ピッチに対する前記第1ピッチの比率が、2.0以上であってもよい。
- [0025] [18] [17] に記載の貫通電極基板において、前記第2ピッチに対する前記第1ピッチの比率が、5.0以下であってもよい。
- [0026] [19] [17] 又は [18] に記載の貫通電極基板において、前記貫通孔は、前記第1面において第1寸法を有していてもよく、前記第1寸法に対する前記第2ピッチの比率が、1.5以上であってもよい。
- [0027] [20] [19] に記載の貫通電極基板において、前記第1寸法は、50 μm 以上100 μm 以下であってもよい。
- [0028] [21] 実装基板であって、
[1] ~ [20] 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複数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。
- [0029] [22] 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、
前記第1面から前記貫通孔を通して前記第2面へ達する複数の貫通電極を
形成する貫通電極形成工程と、を備え、
複数の前記貫通電極はそれぞれ、複数の前記貫通孔の内部に位置する複数の
内部部分と、前記第1面に位置し、複数の前記内部部分に接続されている
第1部分と、前記第2面に位置し、複数の前記内部部分に接続されている第
2部分と、を含み、
複数の前記貫通電極の前記第1部分はそれぞれ、平面視において複数の前
記貫通孔を囲む輪郭を有する、貫通電極基板の製造方法。

[0030] [23] 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、

前記第1面から前記貫通孔を通して前記第2面へ達する複数の貫通電極を形成する貫通電極形成工程と、

前記第1面に位置し、少なくとも1つの絶縁層及び少なくとも1つの導電層を含む第1配線層を形成する工程と、を備え、

複数の前記貫通電極はそれぞれ、複数の前記貫通孔の内部に位置する複数の内部部分を含み、

複数の前記内部部分はそれぞれ、フィルドビアであり、

前記少なくとも1つの絶縁層は、前記第1面上に位置する第1樹脂層を含み、

前記第1樹脂層は、複数の開口を含み、複数の前記開口はそれぞれ、平面視において前記内部部分に重なっており、

前記第1樹脂層は、平面視において、前記貫通孔の壁面と前記内部部分との間の境界に重なっており、

前記少なくとも1つの導電層は、複数の前記内部部分に電氣的に接続されている導電層を含む、貫通電極基板の製造方法。

発明の効果

[0031] 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

[0032] [図1]一実施形態に係る貫通電極基板を示す平面図である。

[図2]図1の貫通電極基板の一部分を示す平面図である。

[図3]図2の貫通電極基板のIII-III線断面図である。

[図4]貫通電極基板の貫通電極の一例を示す断面図である。

[図5]基板の貫通孔の一例を示す断面図である。

[図6]貫通電極の一例を示す断面図である。

- [図7]貫通電極の寸法の一例を示す断面図である。
- [図8]基板を準備する工程の一例を示す断面図である。
- [図9]シード層形成工程の一例を示す断面図である。
- [図10]めっき層形成工程の一例を示す断面図である。
- [図11]めっき層形成工程の一例を示す断面図である。
- [図12]めっき層形成工程の一例を示す断面図である。
- [図13]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14]樹脂層形成工程の一例を示す断面図である。
- [図15]貫通電極基板の貫通電極の一変形例を示す断面図である。
- [図16]貫通電極基板の貫通電極の一変形例を示す断面図である。
- [図17]貫通電極基板の貫通電極の一変形例を示す断面図である。
- [図18]貫通電極基板の貫通電極の一変形例を示す断面図である。
- [図19]貫通電極基板の一変形例を示す平面図である。
- [図20]図19の貫通電極基板のXX-XX線断面図である。
- [図21]図19の貫通電極基板のXXI-XXI線断面図である。
- [図22]貫通電極基板の一変形例を示す断面図である。
- [図23]貫通電極基板の一変形例を示す断面図である。
- [図24]貫通電極基板の一変形例を示す断面図である。
- [図25]貫通電極基板の一変形例を示す断面図である。
- [図26]貫通電極基板の一変形例を示す断面図である。
- [図27]貫通電極基板の一変形例を示す平面図である。
- [図28]貫通電極基板が搭載される製品の例を示す図である。
- [図29]例1～5の評価結果を示す表である。
- [図30]貫通電極基板の一変形例を示す断面図である。
- [図31]貫通電極基板の一変形例を示す平面図である。
- [図32]図31の貫通電極基板のXXXII-XXXII線断面図である。
- [図33]貫通電極基板の一変形例を示す平面図である。
- [図34]図33の貫通電極基板のXXXIV-XXXIV線断面図である。

[図35]貫通電極基板の一変形例を示す断面図である。

[図36]貫通電極基板の一変形例を示す断面図である。

[図37]貫通電極基板の一変形例を示す断面図である。

[図38]貫通電極基板の一変形例を示す断面図である。

発明を実施するための形態

[0033] 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。

[0034] 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

下であってもよい。

- [0035] 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。
- [0036] 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の一例を示す平面図である。図2は、図1の貫通電極基板10の一部分を示す平面図である。図3は、図2の貫通電極基板10のIII-III線断面図である。
- [0037] 貫通電極基板10は、基板12及び複数の貫通電極20を備える。基板12は、第1面13、及び、基板12の厚み方向において第1面13の反対側に位置する第2面14を含む。厚み方向は、第3方向D3とも称される。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。複数の貫通電極20はそれぞれ、第1面13から貫通孔15を通して第2面14へ達している。
- [0038] 図1に示すように、複数の貫通電極20は、第1面13の面方向に並んでいてもよい。例えば、複数の貫通電極20は、第1方向D1において並んでいてもよい。第1方向D1は、第1面13の面方向の1つである。例えば、複数の貫通電極20は、第1方向D1とは異なる第2方向D2においても並んでいてもよい。第2方向D2も、第1面13の面方向の1つである。第2方向D2は、第1方向D1に直交していてもよい。
- [0039] 複数の貫通電極20は、第1面13の面方向において第1ピッチP1で並んでいてもよい。例えば、複数の貫通電極20は、第1方向D1及び第2方向D2において、第1ピッチP1で並んでいてもよい。第1ピッチP1は、平面視において隣り合う2つの貫通電極20の中心点C1の間の距離である。「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。
- [0040] 第1ピッチP1は、例えば200 μ m以上であり、400 μ m以上であってもよく、600 μ m以上であってもよい。第1ピッチP1は、例えば30

00 μm 以下であり、2000 μm 以下であってもよく、1000 μm 以下であってもよい。

[0041] 第1ピッチP1は、第1方向D1における位置に応じて、又は第2方向D2における位置に応じて、異なってもよい。複数の第1ピッチP1の数値が測定される場合、複数の第1ピッチP1のうちの最小値に基づいて、第1ピッチP1が本明細書に記載の数値範囲を満たすか否かが判定される。

[0042] 基板12及び貫通電極20について詳細に説明する。

[0043] (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。

[0044] 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。

[0045] 基板12の厚みT0は、例えば100 μm 以上であり、200 μm 以上であってもよく、300 μm 以上であってもよい。基板12の厚みT0は、例えば800 μm 以下であり、600 μm 以下であってもよく、400 μm 以下であってもよい。

[0046] 図2及び図3に示すように、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及び第2端162を含む。第1端161は、第1面13に接続される壁面16の部分である。第2端162は、第2面14に接続される壁面16の部分である。第1端161及び第2端162は、平面視において円形の輪郭を有していてもよい。

[0047] (貫通電極)

図4は、貫通電極20の一例を示す断面図である。図2～図4に示すように、複数の貫通電極20はそれぞれ、1つの第1部分21、1つの第2部分22及び複数の内部部分26を含む。内部部分26は、貫通電極20を構成する導電性材料のうち、貫通孔15の内部に位置する導電性材料である。複数の内部部分26はそれぞれ、対応する貫通孔15の内部に位置する。言い換えると、1つの内部部分26は、対応する1つの貫通孔15の内部に位置する。従って、複数の貫通電極20はそれぞれ、1つの第1部分21、1つの第2部分22、及び、複数の貫通孔15の内部に位置する複数の内部部分26を含む。本実施の形態において、複数の貫通電極20はそれぞれ、1つの第1部分21、1つの第2部分22、及び、4つの貫通孔15の内部に位置する4つの内部部分26を含む。

[0048] 1つの貫通電極20が、複数の貫通孔15の内部に位置する複数の内部部分26を含む、という構造は、マルチビア構造とも称される。

[0049] 平面視において1つの第1部分21に重なる貫通孔15の数は、例えば2以上であり、4以上であってもよい。平面視において1つの第1部分21に重なる貫通孔15の数は、例えば16以下であり、12以下であってもよく、9以下であってもよく、8以下であってもよく、6以下であってもよい。

[0050] 各貫通電極20の複数の内部部分26は、第1面13において1つの第1部分21に接続され、第2面14において1つの第2部分22に接続されている。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。

[0051] 第1部分21は、輪郭211を有する。輪郭211は、平面視における第1部分21の外縁である。図2に示すように、複数の貫通電極20の第1部分21の輪郭211はそれぞれ、平面視において複数の貫通孔15の壁面16の第1端161を囲んでいてもよい。輪郭211の全域において、平面視における中心点C1から輪郭211までの距離が、平面視における中心点C1から第1端161までの距離よりも大きくてもよい。

- [0052] 1つの貫通電極20に含まれる複数の内部部分26が位置する複数の貫通孔15は、第1面13の面方向において第2ピッチP2で並んでいてもよい。例えば、複数の貫通孔15は、第1方向D1及び第2方向D2において、第2ピッチP2で並んでいてもよい。第2ピッチP2は、平面視において隣り合う2つの貫通孔15の中心点C2の間の距離である。本実施の形態において、1つの貫通電極20に含まれる複数の内部部分26が位置する複数の貫通孔15は、平面視において1つの第1部分21の輪郭によって囲まれている。
- [0053] 第2ピッチP2は、例えば80 μ m以上であり、100 μ m以上であってもよく、125 μ m以上であってもよく、150 μ m以上であってもよく、175 μ m以上であってもよく、200 μ m以上であってもよく、300 μ m以上であってもよく、350 μ m以上であってもよい。第2ピッチP2は、例えば1000 μ m以下であり、700 μ m以下であってもよく、500 μ m以下であってもよい。第2ピッチP2が小さいほど、貫通孔15の分布密度が高くなるので、貫通電極20の許容電流が高くなる。第2ピッチP2が大きいほど、内部部分26に生じる応力が緩和され易くなるので、貫通電極基板10の信頼性が高くなる。
- [0054] 第2ピッチP2は、第1ピッチP1よりも小さい。第2ピッチP2に対する第1ピッチP1の比率である $P1/P2$ は、例えば2.0以上であり、2.5以上であってもよく、3.0以上であってもよい。 $P1/P2$ は、例えば5.0以下であり、4.5以下であってもよく、4.0以下であってもよい。
- [0055] 図2において、符号P3は、隣り合う2つの貫通電極20の貫通孔15の間の最短距離を表す。隣り合う2つの貫通電極20は、第1の貫通電極20A及び第2の貫通電極20Bとも称される。最短距離P3は、第1の貫通電極20Aの貫通孔15の中心点C2と、第2の貫通電極20Bの貫通孔15の中心点C2との間で測定される。
- [0056] 第2ピッチP2と最短距離P3との間の差が小さいほど、基板12におけ

る貫通孔 1 5 の分布密度が均一化される。貫通孔 1 5 の分布密度の均一性が高いほど、基板 1 2 に生じる応力が位置によってばらつくことが抑制される。第 2 ピッチ $P 2$ に対する最短距離 $P 3$ の比率である $P 3 / P 2$ は、例えば 0.90 以上であり、0.95 以上であってもよく、1.00 以上であってもよい。 $P 3 / P 2$ は、例えば 2.00 以下であり、1.50 以下であってもよく、1.20 以下であってもよい。

[0057] 第 2 部分 2 2 は、輪郭 2 2 1 を有する。輪郭 2 2 1 は、平面視における第 2 部分 2 2 の外縁である。図示はしないが、複数の貫通電極 2 0 の第 2 部分 2 2 の輪郭 2 2 1 はそれぞれ、平面視において複数の貫通孔 1 5 の壁面 1 6 の第 2 端 1 6 2 を囲んでいてもよい。輪郭 2 2 1 の全域において、平面視における中心点 $C 1$ から輪郭 2 2 1 までの距離が、平面視における中心点 $C 1$ から第 2 端 1 6 2 までの距離よりも大きくてもよい。

[0058] 貫通電極基板 1 0 は、複数の内部樹脂 3 0 を備えていてもよい。内部樹脂 3 0 は、貫通孔 1 5 の内部に位置する樹脂材料である。図 3 に示すように、貫通孔 1 5 の内部の空間のうち内部部分 2 6 が配置されていない部分に、内部樹脂 3 0 が配置されていてもよい。

[0059] 図 2 ～図 4 に示すように、複数の貫通電極 2 0 の第 1 部分 2 1 はそれぞれ、平面視において貫通孔 1 5 に重なる複数の開口 2 1 2 を含んでいてもよい。1 つの開口 2 1 2 が 1 つの貫通孔 1 5 に重なっていてもよい。複数の開口 2 1 2 のそれぞれには、内部樹脂 3 0 が位置していてもよい。第 1 部分 2 1 に複数の開口 2 1 2 が形成されることにより、貫通電極 2 0 に生じる応力が緩和され易くなる。

[0060] 複数の貫通電極 2 0 の第 2 部分 2 2 もそれぞれ、平面視において貫通孔 1 5 に重なる複数の開口 2 2 2 を含んでいてもよい。1 つの開口 2 2 2 が 1 つの貫通孔 1 5 に重なっていてもよい。複数の開口 2 2 2 のそれぞれには、内部樹脂 3 0 が位置していてもよい。

[0061] 貫通孔 1 5 及び貫通電極 2 0 の構成について詳細に説明する。図 5 は、基板 1 2 の貫通孔 1 5 の一例を示す断面図である。

- [0062] 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R1を有する。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R2を有する。貫通孔15は、第1端161と第2端162との間に位置する最小部163を含んでいてもよい。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R3を有する。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。
- [0063] 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R1、第2寸法R2及び最小寸法R3は、第1端161、第2端162及び最小部163の直径を意味する。
- [0064] 第1端161、第2端162及び最小部163は、平面視において円形以外の輪郭を有していてもよい。円形以外の輪郭が採用されている場合、第1寸法R1、第2寸法R2及び最小寸法R3は、円相当径であってもよい。例えば、第1寸法R1は、第1端161の輪郭に囲まれた面積に等しい面積を有する円の直径であってもよい。例えば、第2寸法R2は、第2端162の輪郭に囲まれた面積に等しい面積を有する円の直径であってもよい。例えば、最小寸法R3は、最小部163における貫通孔15の断面積に等しい面積を有する円の直径であってもよい。
- [0065] 最小寸法R3は、第1寸法R1よりも小さい。貫通孔15の寸法は、第1端161から最小部163まで単調に減少してもよい。最小寸法R3は、第2寸法R2よりも小さい。貫通孔15の寸法は、第2端162から最小部163まで単調に減少してもよい。
- [0066] 最小寸法R3は、例えば40 μm 以上であり、50 μm 以上であってもよく、60 μm 以上であってもよい。最小寸法R3が大きいほど、貫通電極20の内部部分26の許容電流が高くなる。最小寸法R3は、例えば90 μm 以下であり、80 μm 以下であってもよく、70 μm 以下であってもよい。最小寸法R3が小さいほど、最小部163に後述する閉鎖部分25が形成さ

れ易くなる。

[0067] 第1寸法R1は、例えば50 μ m以上であり、60 μ m以上であってもよく、70 μ m以上であってもよい。第1寸法R1は、例えば100 μ m以下であり、90 μ m以下であってもよく、80 μ m以下であってもよい。

[0068] 最小寸法R3に対する第1寸法R1の比率であるR1/R3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R1/R3が2.0以上であるので、貫通電極20の内部部分26の許容電流が十分に高められる。比率R1/R3は、例えば3.0以下であり、2.8以下であってもよい。

[0069] 最小寸法R3に対する第2寸法R2の比率であるR2/R3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R2/R3が2.0以上であるので、貫通電極20の内部部分26の許容電流が十分に高められる。比率R2/R3は、例えば3.0以下であり、2.8以下であってもよい。比率R2/R3は、比率R1/R3と同一であってもよく、異なってもよい。

[0070] 第1寸法R1と第2寸法R2の差が小さいことが好ましい。第1寸法R1に対する第2寸法R2の比率であるR2/R1は、例えば0.8以上であり、0.9以上であってもよい。比率R2/R1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R1と第2寸法R2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20の許容電流を効率的に高めることができる。

[0071] 第1寸法R1は、貫通孔15の第2ピッチP2に対して十分に小さいことが好ましい。第1寸法R1に対する第2ピッチP2の比率であるP2/R1は、例えば1.5以上であり、1.6以上であってもよく、1.8以上であってもよく、2.0以上であってもよい。P2/R1は、例えば3.0以下であり、2.5以下であってもよく、2.3以下であってもよい。

[0072] 実施例において説明するように、貫通孔15の寸法は、「貫通電極20に1Aの直流電流が流れる場合に、貫通電極20に生じる温度の上昇が10℃

以下」という条件を満たすよう定められてもよい。貫通電極 20 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 20 に電流が流される。以下の説明において、上記の条件は、耐電流性の条件とも称される。耐電流性の条件を満たす貫通電極 20 は、「耐電流性を有する貫通電極 20」とも称される。

[0073] 耐電流性の条件を満たす貫通電極 20 は、好ましくは、4 つ以上の内部部分 26 を含み、70 μm 以上の第 1 寸法 R1 及び第 2 寸法 R2 を有し、35 μm 以上の最小寸法 R3 を有する。

[0074] 図 5 に示すように、最小部 163 は、基板 12 の厚み方向において第 1 面 13 と第 2 面 14 の中間に位置していてもよい。図 5 において、符号 K3 は、基板 12 の厚み方向における、第 1 面 13 から最小部 163 までの距離を表す。最小部 163 が第 1 面 13 と第 2 面 14 の中間に位置する場合、基板の厚み T0 に対する距離 K3 の比率である $K3/T0$ は、0.50 である。

[0075] 図示はしないが、基板 12 の厚み方向における最小部 163 の位置は、第 1 面 13 と第 2 面 14 の中間からずれていてもよい。すなわち、比率 $K3/T0$ は、0.50 からずれていてもよい。比率 $K3/T0$ は、例えば 0.40 以上であり、0.45 以上であってもよい。比率 $K3/T0$ は、例えば 0.60 以下であり、0.55 以下であってもよい。

[0076] 図 6 は、貫通電極 20 の一例を示す断面図である。貫通電極 20 の内部部分 26 は、貫通孔 15 に部分的に位置する。「部分的に」とは、貫通孔 15 の空間の全体が内部部分 26 によっては占められていないことを意味する。内部部分 26 は、第 1 面 13 から第 2 面 14 まで貫通孔 15 の壁面 16 に沿って延びている。

[0077] 貫通電極 20 は、導電性材料を含む。貫通電極 20 は、少なくともめっき層 201 を含む。めっき層 201 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 20 は、シード層 202 を含んでいてもよい。シード層 202 は、第 1 面 13、第 2 面 14、壁面 16 などの基板 12 の表面と、めっき層 201 との間に位置する。シード層 202

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。

[0078] 貫通電極 20 の大部分は、めっき層 201 によって構成されている。壁面 16 上に位置する貫通電極 20 の厚みに対するめっき層 201 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。

[0079] めっき層 201 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いてもよい。シード層 202 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いてもよい。シード層 202 は、これらの金属材料の化合物を含んでいてもよい。

[0080] 貫通電極 20 の内部部分 26 は、第 3 部分 23、第 4 部分 24 及び閉鎖部分 25 を含んでいてもよい。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。

[0081] 閉鎖部分 25 は、第 1 閉鎖面 251 及び第 2 閉鎖面 252 を含む。第 1 閉鎖面 251 は、第 1 面 13 に向いている閉鎖部分 25 の表面である。第 2 閉鎖面 252 は、第 2 面 14 に向いている閉鎖部分 25 の表面である。

[0082] 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。

[0083] 貫通電極 20 の第 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 を含んでいてもよい。

[0084] (内部樹脂)

内部樹脂 30 は、貫通孔 15 に部分的に位置する。内部樹脂 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。内部樹脂 30 は、貫通電極 20 の第 3 部分 23 の内側に位置する第 1 内部樹脂 31 と、貫通電極 20 の第 4 部分 24 の内側に位置する第 2 内部樹脂 32 と、を含む。「内側」とは、平面視において貫通孔 15 の中心点 C2 に近づく向きを意味する。後述する「外側」とは、平面視において貫通孔 15 の中心点 C2 から遠ざかる向きを意味する。

[0085] 内部樹脂 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。

[0086] 貫通電極 20 の構成要素の寸法を、図 7 を参照して説明する。図 7 は、貫通電極 20 の寸法の一例を示す断面図である。図 7 においては、内部樹脂 30 が省略されている。

[0087] 図 7 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 の第 1 閉鎖面 251 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 の第 2 閉鎖面 252 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 T5 は、基板 12 の厚み T0 から、第 1 距離 K1 及び第 2 距離 K2 を減算することにより算出される。すなわち、 $T5 = T0 - (K1 + K2)$ である。

[0088] 閉鎖部分 25 の厚み T5 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 T5 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 K1 及び第 2 距離 K2 がある程度大きいことが好ましい。

[0089] 基板 12 の厚み T0 に対する第 1 距離 K1 の比率である $K1 / T0$ 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 $K1 / T0$ 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。

- [0090] 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。
- [0091] 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。
- [0092] 図7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° よりも大きいてもよい。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。
- [0093] 図7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° よりも大きいてもよい。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。
- [0094] 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の内部部分26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。
- [0095] 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。

- [0096] 図7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。
- [0097] 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。
- [0098] 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。
- [0099] 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。
- [0100] 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12の厚み方向において第1面13から $(S3 + 20\mu\text{m})$ 離れた位置で測定される、第3部分23の厚みである。厚みT32は、基板12の厚み方向において第1面13から $(S3 - 20\mu\text{m})$ 離れた位置で測定される、第3部分23の厚みである。
- [0101] 第3部分23の場合と同様に、第4部分24の厚みの均一性も、基板12の厚み方向における複数の位置で第4部分24の厚みを測定することによ

て評価される。例えば、第4部分24の厚み T_4 、厚み T_{41} 及び厚み T_{42} の最大値と最小値の差が、 $0.10\mu\text{m}$ 以下である場合、第4部分24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 T_4 は、基板12の厚み方向において第2面14から距離 S_4 離れた位置で測定される、第4部分24の厚みである。厚み T_{41} は、基板12の厚み方向において第2面14から $(S_4 + 20\mu\text{m})$ 離れた位置で測定される、第4部分24の厚みである。厚み T_{42} は、基板12の厚み方向において第2面14から $(S_4 - 20\mu\text{m})$ 離れた位置で測定される、第4部分24の厚みである。

[0102] 第3部分23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。

[0103] 第4部分24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。

[0104] 第1面13上に位置する第1部分21は、厚み T_1 を有する。第1部分21の厚み T_1 は、第3部分23の厚み T_3 と同一であってもよい。第1部分21の厚み T_1 は、第3部分23の厚み T_3 よりも大きいてもよく、小さくてもよい。

[0105] 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 よりも大きいてもよく、小さくてもよい。

[0106] 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 の平面又は断面の画像に基づいて算出される。

[0107] (貫通電極基板の製造方法)

貫通電極基板 10 の製造方法の一例を説明する。

[0108] (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。この結果、図 8 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。

[0109] 基板 12 にレーザを照射することによって基板 12 に貫通孔 15 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。

[0110] 基板 12 に貫通孔 15 を形成する工程は、基板 12 の第 1 面 13 及び第 2 面 14 にレーザを照射する工程と、ウェットエッチング工程と、を含んでいてもよい。この場合、レーザは、基板 12 の加工のためではなく、基板 12 の第 1 面 13 及び第 2 面 14 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 13 の改質層に凹部が形成され、第 2 面 14 の改質層に凹部が形成される。第 1 面 13 の凹部と第 2 面 14 の凹部とが接続されることにより、第 1 面 13 から第 2 面 14 に至る壁面を有する貫通孔 15 が形成される。

[0111] (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。

[0112] シード層形成工程においては、図 9 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。

[0113] 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 1 0 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 8 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 8 2 が形成される。第 1 レジスト層 8 1 及び第 2 レジスト層 8 2 は、めっき層 2 0 1 が形成されないシード層 2 0 2 の領域を覆うように設けられる。

[0114] 図 1 1 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 2 0 2 上にめっき層 2 0 1 が形成される。例えば、シード層 2 0 2 及びレジスト層 8 1、8 2 が形成された基板 1 2 が、電解めっき液の中に浸漬されてもよい。シード層 2 0 2 に電流を流すことにより、シード層 2 0 2 上にめっき層 2 0 1 が析出する。

[0115] 基板 1 2 の貫通孔 1 5 は、最小部 1 6 3 を含む。めっき層 2 0 1 の成長が進行すると、最小部 1 6 3 において貫通孔 1 5 の周方向に沿って形成されるめっき層 2 0 1 が、互いに接続される。すなわち、図 1 1 に示すように、最小部 1 6 3 において貫通孔 1 5 がめっき層 2 0 1 によって閉鎖される。すなわち、閉鎖部分 2 5 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 S P 1 及び第 2 空間 S P 2 において循環する。第 1 空間 S P 1 は、基板 1 2 の厚み方向において最小部 1 6 3 と第 1 面 1 3 との間に位置する空間である。第 2 空間 S P 2 は、基板 1 2 の厚み方向において最小部 1 6 3 と第 2 面 1 4 との間に位置する空間である。

[0116] 最小部 1 6 3 において貫通孔 1 5 がめっき層 2 0 1 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。

[0117] 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12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。

[0118] 続いて、図13に示すように、第1レジスト層81及び第2レジスト層82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13に示すように、平面視において第1レジスト層81及び第2レジスト層82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。

[0119] (樹脂層形成工程)

続いて、内部樹脂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。この結果、図14に示すように、第1内部樹脂31及び第2内部樹脂32が形成される。このようにして、基板12、貫通電極20及び内部樹脂30を備える貫通電極基板10が得られる。

[0120] 本実施の形態の貫通電極基板10の複数の貫通電極20はそれぞれ、複数

の貫通孔 15 の内部に位置する複数の内部部分 26 を含む。すなわち、本実施の形態においては、マルチビア構造が採用されている。本実施の形態の貫通電極 20 は、従来の貫通電極に比べて、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。

[0121] 従来の貫通電極は、1つの貫通孔 15 の内部に位置する1つの内部部分 26 のみを含む。1つの貫通電極 20 が、1つの貫通孔 15 の内部に位置する1つ内部部分 26 のみを含む、という構造は、シングルビア構造とも称される。シングルビア構造の貫通電極 20 の許容電流を高める手段としては、2つの手段が考えられる。第1の手段は、貫通孔 15 の第1寸法 R1 及び第2寸法 R2 を大きくすることである。第2の手段は、めっき層 201 の厚みを大きくすることである。

[0122] 第1の手段において、上述の耐電流性の条件を満たすためには、例えば、第1寸法 R1 及び第2寸法 R2 が $180\ \mu\text{m}$ 以上であり、最小寸法 R3 が $60\ \mu\text{m}$ 以上であることが好ましい。第1寸法 R1 及び第2寸法 R2 が大きくなると、めっき層が存在しない貫通孔 15 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。第2の手段において、めっき層の厚みが大きくなると、ボイドなどの欠陥がめっき層に生じやすくなる。また、めっき層の厚みの、位置に応じたばらつきも生じやすくなる。

[0123] 本実施の形態においては、マルチビア構造が採用されている。マルチビア構造においては、平面視において1つの第1部分 21 に重なる貫通孔 15 の数を増やすことにより、貫通電極 20 の許容電流を高めることができる。従って、本実施の形態によれば、貫通孔 15 の寸法が小さく、めっき層 201 の厚みが小さい場合であっても、貫通電極 20 の十分な許容電流を実現できる。例えば、第1寸法 R1 及び第2寸法 R2 が $180\ \mu\text{m}$ 未満であり、最小寸法 R3 が $60\ \mu\text{m}$ 未満であっても、上述の耐電流性の条件を満たすことができる。従って、本実施の形態の貫通電極 20 は、従来の貫通電極に比べて、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。

[0124] 好ましくは、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、内部樹脂 30 が第 1 内部樹脂 31 及び第 2 内部樹脂 32 を含む。言い換えると、第 3 方向 D3 において内部樹脂 30 が閉鎖部分 25 によって第 1 内部樹脂 31 と第 2 内部樹脂 32 とに分断されている。この構成により、第 1 内部樹脂 31 及び第 2 内部樹脂 32 の体積が制限されるので、ボイドなどの欠陥が樹脂材料に生じることを抑制できる。

[0125] 上述した一実施形態を様々に変更できる。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。

[0126] (第 1 変形例)

図 15 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 の貫通電極 20 の内部部分 26 は、閉鎖部分 25 を含んでいなくてもよい。例えば、内部部分 26 は、第 1 端 161 から第 2 端 162 へ達するように壁面 16 上に位置していてもよい。このような内部部分 26 を含む貫通電極 20 は、コンフォーマルピアとも称される。内部部分 26 の厚みの数値範囲としては、上述の厚み T3 及び厚み T4 に関する数値範囲が採用されてもよい。

[0127] 図 15 に示すように、貫通電極基板 10 は、複数の貫通孔 15 のそれぞれの内部において内部部分 26 の内側に位置する複数の内部樹脂 30 を備えていてもよい。複数の内部樹脂 30 はそれぞれ、第 1 面 13 から第 2 面 14 まで貫通孔 15 の内部で連続的に広がっていてもよい。

[0128] 図 15 に示すように、貫通電極基板 10 の貫通孔 15 は、第 1 端 161 と

第2端162との間に位置する最小部163を含んでいてもよい。貫通孔15が最小部163を含むことにより、内部樹脂30の体積を低減できる。内部樹脂30の体積を低減することにより、ボイドなどの欠陥が樹脂材料に生じることを抑制できる。貫通孔15の寸法の数値範囲としては、上述の第1寸法R1、第2寸法R2及び最小寸法R3に関する数値範囲が採用されてもよい。

[0129] 第1変形例においても、複数の貫通電極20はそれぞれ、複数の貫通孔15の内部に位置する複数の内部部分26を含む。すなわち、第1変形例においても、マルチビア構造が採用されている。第1変形例も、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。

[0130] (第2変形例)

図16は、第2変形例における貫通電極基板10を示す断面図である。図16の貫通電極基板10の貫通孔15は、最小部163を含まない点で、図15の貫通電極基板10の貫通孔15と異なる。例えば、図16の貫通電極基板10の貫通孔15は、第3方向D3における位置によらず一定の寸法を有していてもよい。

[0131] 最小部163を含まない貫通孔15によって構成されるシングルビア構造のコンフォーマルビアが上述の耐電流性の条件を満たすためには、例えば、第1寸法R1及び第2寸法R2が $104\mu\text{m}$ 以上であり、内部部分26の厚みが $30\mu\text{m}$ 以上であることが好ましい。

[0132] 第2変形例においても、複数の貫通電極20はそれぞれ、複数の貫通孔15の内部に位置する複数の内部部分26を含む。すなわち、第2変形例においても、マルチビア構造が採用されている。第2変形例によれば、貫通孔15の寸法が小さい場合であっても、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。例えば、第1寸法R1及び第2寸法R2が $104\mu\text{m}$ 未満であっても、上述の耐電流性の条件を満たすことができる。

[0133] (第3変形例)

図17は、第3変形例における貫通電極基板10を示す断面図である。図17に示すように、貫通孔15の空間の全体が、内部部分26によって占められていてもよい。このような内部部分26を含む貫通電極20は、フィルドビアとも称される。

[0134] 符号T6は、内部部分26の厚みを表す。図17に示すように、貫通孔15の空間の全体が内部部分26によって占められている場合、内部部分26の厚みT6は、基板12の厚みT0に等しい。

[0135] 図17に示すように、貫通電極基板10の貫通孔15は、第1端161と第2端162との間に位置する最小部163を含んでいてもよい。貫通孔15が最小部163を含むことにより、内部部分26の体積を低減できる。内部部分26の体積を低減することにより、ボイドなどの欠陥が導電性材料に生じることを抑制できる。貫通孔15の寸法の数値範囲としては、上述の第1寸法R1、第2寸法R2及び最小寸法R3に関する数値範囲が採用されてもよい。

[0136] 第3変形例においても、複数の貫通電極20はそれぞれ、複数の貫通孔15の内部に位置する複数の内部部分26を含む。すなわち、第1変形例においても、マルチビア構造が採用されている。第3変形例も、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。

[0137] (第4変形例)

図18は、第4変形例における貫通電極基板10を示す断面図である。図18の貫通電極基板10の貫通孔15は、最小部163を含まない点で、図17の貫通電極基板10の貫通孔15と異なる。例えば、図18の貫通電極基板10の貫通孔15は、第3方向D3における位置によらず一定の寸法を有していてもよい。

[0138] 最小部163を含まない貫通孔15によって構成されるシングルビア構造のフィルドビアが上述の耐電流性の条件を満たすためには、例えば、第1寸法R1及び第2寸法R2が $94\mu\text{m}$ 以上であることが好ましい。

[0139] 第4変形例においても、複数の貫通電極20はそれぞれ、複数の貫通孔1

5の内部に位置する複数の内部部分26を含む。すなわち、第4変形例においても、マルチビア構造が採用されている。第4変形例によれば、貫通孔15の寸法が小さい場合であっても、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。例えば、第1寸法R1及び第2寸法R2が94 μm 未満であっても、上述の耐電流性の条件を満たすことができる。

[0140] (第5変形例)

図19は、第5変形例における貫通電極基板10を示す平面図である。図20は、図19の貫通電極基板10のXX-XX線断面図である。図21は、図19の貫通電極基板10のXXI-XXI線断面図である。

[0141] 貫通電極基板10は、第1配線層50A及び第2配線層50Bを備えてもよい。第1配線層50Aは、基板12の第1面13に位置する。第2配線層50Bは、基板12の第2面14に位置する。第1配線層50Aは、少なくとも1つの絶縁層及び少なくとも1つの導電層を含む。第2配線層50Bは、少なくとも1つの絶縁層及び少なくとも1つの導電層を含む。

[0142] 貫通電極基板10の第1配線層50Aは、複数の第1導電層35と、第1樹脂層33と、を備えていてもよい。複数の第1導電層35はそれぞれ、対応する貫通電極20の第1部分21に接続されている。言い換えると、複数の貫通電極20の第1部分21のそれぞれに、対応する第1導電層35が接続されている。第1樹脂層33は、第3方向D3において複数の第1部分21と複数の第1導電層35との間に位置している。

[0143] 第1導電層35は、導電性材料を含む。導電性材料は、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いてもよい。

[0144] 図19に示すように、複数の第1導電層35はそれぞれ、平面視において複数の貫通孔15を囲む輪郭351を有していてもよい。第1導電層35の輪郭351は、平面視において、第1部分21の輪郭211に沿って延びていてもよい。

- [0145] 第1樹脂層33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。
- [0146] 図19及び図21に示すように、第1樹脂層33は、複数の開口331を含んでいてもよい。第1樹脂層33の複数の開口331はそれぞれ、平面視において第1部分21に重なっている。平面視において1つの第1部分21に重なる第1樹脂層33の部分に、1つの開口331が形成されていてもよい。開口331には第1導電層35の一部が位置していてもよい。例えば、第1導電層35は、第1樹脂層33の開口331において貫通電極20の第1部分21に接続されていてもよい。
- [0147] 第1樹脂層33の開口331は、平面視において第4寸法R4を有する。開口331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4寸法R4は、開口331の直径を意味する。開口331は、平面視において円形以外の輪郭を有していてもよい。円形以外の輪郭が採用されている場合、第4寸法R4は、円相当径であってもよい。例えば、第4寸法R4は、平面視における開口331の面積に等しい面積を有する円の直径であってもよい。
- [0148] 開口331の第4寸法R4は、貫通孔15の第1寸法R1よりも大きくてもよい。第1寸法R1に対する第4寸法R4の比率である $R4/R1$ は、例えば1.2以上であり、1.5以上であってもよく、2.0以上であってもよい。 $R4/R1$ が大きいほど、貫通電極20の第1部分21と第1導電層35との間の接触抵抗を低減できる。 $R4/R1$ は、例えば5.0以下であり、4.0以下であってもよく、3.0以下であってもよい。
- [0149] 図19において、符号P4は、平面視における開口331の中心点C4と、貫通孔15の中心点C2との間の最短距離を表す。最短距離P4は、第2ピッチP2よりも小さくてもよい。第2ピッチP2に対する最短距離P4の比率である $P4/P2$ は、例えば0.9以下であり、0.8以下であってもよく、0.7以下であってもよい。

- [0150] 図20及び図21に示すように、第1樹脂層33は、第1面13に接する部分を含んでいてもよい。第1樹脂層33は、第1部分21に接する部分を含んでいてもよい。
- [0151] 図21に示すように、第1樹脂層33は、内部樹脂30の第1内部樹脂31と一体であってもよい。例えば、第1樹脂層33及び第1内部樹脂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。
- [0152] 図19～図21に示すように、貫通電極基板10の第2配線層50Bは、複数の第2導電層36と、第2樹脂層34と、を備えていてもよい。複数の第2導電層36はそれぞれ、対応する貫通電極20の第2部分22に接続されている。言い換えると、複数の貫通電極20の第2部分22のそれぞれに、対応する第2導電層36が接続されている。第2樹脂層34は、第3方向D3において複数の第2部分22と複数の第2導電層36との間に位置している。
- [0153] 第2導電層36は、導電性材料を含む。導電性材料は、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いてもよい。
- [0154] 複数の第2導電層36はそれぞれ、平面視において複数の貫通孔15を含む輪郭361を有していてもよい。第2導電層36の輪郭361は、平面視において、第2部分22の輪郭221に沿って延びていてもよい。
- [0155] 第2樹脂層34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。
- [0156] 第2樹脂層34は、複数の開口341を含んでいてもよい。第2樹脂層34の複数の開口341はそれぞれ、平面視において第2部分22に重なっている。開口341には第2導電層36の一部が位置していてもよい。例えば、第2導電層36は、第2樹脂層34の開口341において貫通電極20の第2部分22に接続されていてもよい。
- [0157] 図20及び図21に示すように、第2樹脂層34は、第2面14に接する

部分を含んでいてもよい。第2樹脂層34は、第2部分22に接する部分を含んでいてもよい。

[0158] 図21に示すように、第2樹脂層34は、内部樹脂30の第2内部樹脂32と一体であってもよい。例えば、第2樹脂層34及び第2内部樹脂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。

[0159] (第6変形例)

図22は、第6変形例における貫通電極基板10を示す断面図である。図22の貫通電極基板10は、複数の第1バンプ51を備える点で、図21の貫通電極基板10と異なる。貫通電極基板10は、複数の第2バンプ52を備えていてもよい。

[0160] 複数の第1バンプ51はそれぞれ、第1配線層50Aの導電層上に位置していてもよい。例えば、複数の第1バンプ51はそれぞれ、貫通電極20の第1部分21に接続されている第1導電層35上に位置していてもよい。第1バンプ51は、半田を含んでいてもよい。

[0161] 複数の第2バンプ52はそれぞれ、第2配線層50Bの導電層上に位置していてもよい。例えば、複数の第2バンプ52はそれぞれ、貫通電極20の第2部分22に接続されている第2導電層36上に位置していてもよい。第2バンプ52は、半田を含んでいてもよい。

[0162] (第7変形例)

図23は、第7変形例における貫通電極基板10を示す断面図である。図23の貫通電極基板10は、素子60を備える点で、図22の貫通電極基板10と異なる。素子60が搭載された貫通電極基板10は、実装基板とも称される。

[0163] 素子60は、半導体素子であってもよい。半導体素子は、シリコン等の半導体によって形成されたトランジスタを含む。半導体素子は、例えばCPU、GPU、FPGA、センサ、メモリ等である。半導体素子は、CPU、GPU、FPGA、センサ、メモリ等の半導体素子が機能ごとに分割されたチップレットであってもよい。

- [0164] 素子60は、複数の端子61を含んでいてもよい。複数の端子61はそれぞれ、対応する第1バンプ51に接続されていてもよい。
- [0165] 素子60が搭載された貫通電極基板10は、図示はしないが、マザーボードなどの配線基板に搭載されてもよい。例えば、複数の第2バンプ52がそれぞれ、配線基板の対応するパッドに接続されてもよい。
- [0166] (第8変形例)
- 図24は、第8変形例における貫通電極基板10を示す断面図である。図24の貫通電極基板10の第1配線層50Aは、複数の第3導電層39と、第3樹脂層37と、を備える点で、図21の貫通電極基板10と異なる。
- [0167] 図24に示すように、複数の第1導電層35のそれぞれに、複数の第3導電層39が接続されていてもよい。言い換えると、1つの第1導電層35に、複数の第3導電層39が接続されていてもよい。第3樹脂層37は、第3方向D3において第1導電層35と複数の第3導電層39との間に位置している。
- [0168] 第3導電層39は、導電性材料を含む。導電性材料は、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いてもよい。
- [0169] 第3樹脂層37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。
- [0170] 図24に示すように、貫通電極基板10は、複数の第3導電層39上に位置する複数の第1バンプ51を備えていてもよい。
- [0171] 図25に示すように、貫通電極基板10は、素子60を備えていてもよい。素子60は、複数の端子61を含んでいてもよい。複数の端子61はそれぞれ、対応する第1バンプ51に接続されていてもよい。
- [0172] 1つの第1導電層35に接続されている第3導電層39の数及び配置は、素子60の端子61の数及び配置に応じて定められる。第8変形例によれば、1つの第1導電層35に複数の第3導電層39を接続することにより、貫

通電極基板 10 が、複数の端子 61 の様々な配置に適合できる。

[0173] (第9変形例)

図26は、第9変形例における貫通電極基板10を示す断面図である。隣り合う2つの貫通電極20は、第1の貫通電極20A及び第2の貫通電極20Bとも称される。第1の貫通電極20Aは、電源電位に接続され、第2の貫通電極20Bは、グランド電位に接続されていてもよい。

[0174] 第1の貫通電極20Aに接続されている第1導電層35は、第1の貫通電極20Aの第1部分21の輪郭211よりも外側へ広がっていてもよい。第2の貫通電極20Bの第1部分21は、第2の貫通電極20Bの第1部分21に接続されている第1導電層35の輪郭351よりも外側へ広がっていてもよい。第3方向D3において、第1の貫通電極20Aに接続されている第1導電層35の一部と、第2の貫通電極20Bの第1部分21の一部とが、向かい合っている。向かい合っている第1導電層35の一部と第1部分21の一部との間には、第1樹脂層33の一部が位置している。第1導電層35の一部、第1部分21の一部及び第1樹脂層33の一部により、コンデンサ70が構成される。

[0175] コンデンサ70の静電容量は、例えば1pF以上であり、10pF以上であってもよい。コンデンサ70の静電容量は、例えば1nF以下であり、100pF以下であってもよい。コンデンサ70は、素子60の電源電圧の安定性を高めることができる。

[0176] (第10変形例)

図27は、第10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、マルチビア構造を有する複数の貫通電極20に加えて、シングルビア構造を有する複数の貫通電極80を備えていてもよい。複数の貫通電極20は、電源電位又はグランド電位に電氣的に接続されてもよい。複数の貫通電極80は、データが伝送される配線又は端子に電氣的に接続されてもよい。

[0177] 図28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。

[0178] (第 11 変形例)

図 30 は、第 10 変形例における貫通電極基板 10 を示す断面図である。図 30 に示す例は、素子 60 の複数の端子 61 が第 2 バンプ 52 に接続されている点で、図 23 に示す例と異なる。

[0179] 素子 60 が搭載された貫通電極基板 10 は、図示はしないが、マザーボードなどの配線基板に搭載されてもよい。例えば、複数の第 1 バンプ 51 がそれぞれ、配線基板の対応するパッドに接続されてもよい。

[0180] (第 12 変形例)

図 31 は、第 12 変形例における貫通電極基板 10 の一部分を示す平面図である。図 32 は、図 31 の貫通電極基板 10 のXXXII-XXXII線断面図である。

[0181] 第 1 配線層 50A は、複数の第 1 部分 21 のそれぞれに接続された複数の第 1 導電層 35 を含んでもよい。すなわち、1つの第 1 部分 21 に複数の第 1 導電層 35 が接続されていてもよい。1つの第 1 部分 21 に接続された複数の第 1 導電層 35 は、第 1 面 13 の面内方向において互いに離れていてもよい。

[0182] 第 1 配線層 50A の第 1 樹脂層 33 は、複数の開口 331 を含んでもよい。第 1 樹脂層 33 の複数の開口 331 はそれぞれ、平面視において第 1 部分 21 に重なっている。第 1 樹脂層 33 の複数の開口 331 はそれぞれ、平面視において貫通孔 15 及び内部部分 26 に重なってもよい。1つの第 1 部分 21 に接続された複数の第 1 導電層 35 はそれぞれ、開口 331 において第 1 部分 21 に接続されていてもよい。

[0183] 第 2 配線層 50B は、複数の第 2 部分 22 のそれぞれに接続された複数の第 2 導電層 36 を含んでもよい。すなわち、1つの第 2 部分 22 に複数

の第2導電層36が接続されていてもよい。1つの第2部分22に接続された複数の第2導電層36は、第2面14の面内方向において互いに離れていてもよい。

[0184] 第2配線層50Bの第2樹脂層34は、複数の開口341を含んでもよい。第2樹脂層34の複数の開口341はそれぞれ、平面視において第2部分22に重なっている。第2樹脂層34の複数の開口341はそれぞれ、平面視において貫通孔15及び内部部分26に重なっていてもよい。1つの第2部分22に接続された複数の第2導電層36はそれぞれ、開口341において第2部分22に接続されていてもよい。

[0185] 1つの第1部分21に接続されている複数の内部部分26はそれぞれ、フィルドビアであってもよい。

[0186] 図示はしないが、複数の内部部分26はそれぞれ、フィルドビア以外のタイプのビアであってもよい。複数の内部部分26がそれぞれ、フィルドビア以外のタイプのビアである場合、第1樹脂層33の複数の開口331はそれぞれ、平面視において貫通孔15及び内部部分26に重なっていなくてもよい。

[0187] (第13変形例)

図33は、第13変形例における貫通電極基板10の一部分を示す平面図である。図34は、図33の貫通電極基板10のXXXIV-XXXIV線断面図である。貫通電極基板10は、基板12、複数の貫通電極20、第1配線層50A及び第2配線層50Bを備える。

[0188] 第13変形例における貫通電極基板10は、貫通電極20が第1部分21及び第2部分22を含まない点で、上述の実施の形態及び変形例と異なる。

[0189] 第13変形例における貫通電極基板10において、複数の貫通孔15に位置する内部部分26はそれぞれ、フィルドビアである。複数の内部部分26はそれぞれ、第1端面261及び第2端面262を含む。第1端面261及び第2端面262は、基板12の厚み方向における内部部分26の端面である。第1端面261は、第1面13に近接する。第2端面262は、第2面

14に近接する。

[0190] 内部部分26は、基板12の厚み方向において厚みT6を有する。内部部分26の厚みT6は、基板12の厚みT0にほぼ等しくてもよい。基板12の厚みT0に対する内部部分26の厚みT6の比率である $T6/T0$ は、例えば0.80以上であり、0.85以上であってもよく、0.90以上であってもよい。比率 $T6/T0$ は、例えば1.20以下であり、1.15以下であってもよく、1.10以下であってもよい。厚みT6は、平面視における貫通孔15の中心点を通り厚み方向に延びる仮想的な直線に沿って測定される。 $T6/T0$ に関する上記の数値範囲を満たす内部部分26が、フィルドビアと称される。

[0191] 本変形例においても、上述の実施形態及び変形例の場合と同様に、複数の内部部分26が互いに電氣的に接続されることにより、1つの貫通電極20が構成される。すなわち、本変形例においても、マルチビア構造が採用されている。従って、貫通孔15の寸法が小さい場合であっても、貫通電極20の十分な許容電流を実現できる。貫通孔15の寸法が小さいので、ボイドなどの欠陥が内部部分26に生じることが抑制される。

[0192] 本変形例において、複数の内部部分26は、第1配線層50Aに含まれる少なくとも1つの導電層によって互いに電氣的に接続される。第1配線層50Aについて説明する。

[0193] 図33に示すように、第1配線層50Aは、第1樹脂層33及び複数の第1導電層35を含んでいてもよい。図34に示すように、第1樹脂層33は、第1面13上に位置する。第1樹脂層33は、第1面13に接していてもよい。

[0194] 第1樹脂層33は、第1樹脂層33を貫通する複数の開口331を含む。図33及び図34に示すように、第1樹脂層33の複数の開口331はそれぞれ、平面視において1つの貫通孔15及び1つの内部部分26に重なっていてもよい。図33及び図34に示す例においては、4つの開口331がそれぞれ、4つの内部部分26のうちの対応する1つの内部部分26に重なっ

ている。

- [0195] 第1樹脂層33は、平面視において、貫通孔15の壁面16と内部部分26との間の境界に重なっていてもよい。例えば、第1樹脂層33は、平面視において、壁面16の第1端161に重なっていてもよい。第1端161は、第1面13における壁面16と内部部分26との間の境界を定める。
- [0196] 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、内部部分26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。
- [0197] 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と内部部分26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。
- [0198] 本変形例においては、第1樹脂層33が、平面視において、貫通孔15の壁面16と内部部分26との間の境界に重なっている。第1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と内部部分26との間の隙間のガスは、第1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。
- [0199] 複数の第1導電層35はそれぞれ、第1樹脂層33上に位置する。複数の第1導電層35はそれぞれ、輪郭351を有する。輪郭351は、平面視における第1導電層35の外縁である。図33に示すように、複数の第1導電層35の輪郭351はそれぞれ、平面視において複数の貫通孔15の壁面16の第1端161を囲んでいてもよい。すなわち、1つの第1導電層35の輪郭351の内側に、複数の貫通孔15の壁面16の第1端161が位置してもよい。
- [0200] 各第1導電層35は、複数の開口331において複数の内部部分26に接続されていてもよい。この結果、複数の内部部分26が、1つの第1導電層

35によって互いに電氣的に接続される。1つの第1導電層35によって電氣的に接続された複数の内部部分26が、1つの貫通電極20を構成する。

[0201] 複数の内部部分26は、第2配線層50Bに含まれる少なくとも1つの導電層によっても互いに電氣的に接続されてもよい。第2配線層50Bについて説明する。

[0202] 第2配線層50Bは、第2樹脂層34及び複数の第2導電層36を含んでもよい。第2樹脂層34は、第2面14上に位置する。第2樹脂層34は、第2面14に接していてもよい。

[0203] 第2樹脂層34は、第2樹脂層34を貫通する複数の開口341を含む。第2樹脂層34の複数の開口341はそれぞれ、平面視において貫通孔15及び内部部分26に重なっていてもよい。

[0204] 第2樹脂層34は、平面視において、貫通孔15の壁面16と内部部分26との間の境界に重なっていてもよい。例えば第2樹脂層34は、平面視において、壁面16の第2端162に重なっていてもよい。第2端162は、第2面14における壁面16と内部部分26との間の境界を定める。

[0205] 第1樹脂層33の場合と同様に、第2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と内部部分26との間の隙間のガスは、第2樹脂層34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。

[0206] 複数の第2導電層36はそれぞれ、第2樹脂層34上に位置する。複数の第2導電層36の輪郭361はそれぞれ、平面視において複数の貫通孔15の壁面16の第2端162を囲んでいてもよい。すなわち、1つの第2導電層36の輪郭361の内側に、複数の貫通孔15の壁面16の第2端162が位置してもよい。

[0207] 各第2導電層36は、複数の開口341において複数の内部部分26に接続されていてもよい。この結果、複数の内部部分26が、1つの第2導電層36によって互いに電氣的に接続される。

- [0208] フィルドビアからなる内部部分 26 の具体的な構成、及び貫通孔 15 の具体的な構成は、特には限られない。例えば、図 34 に示すように、内部部分 26 及び貫通孔 15 は、第 3 方向 D3 における位置によらず一定の寸法を有していてもよい。
- [0209] 図 35 は、貫通電極基板 10 の一例を示す断面図である。貫通孔 15 は、最小部 163 を含んでもよい。この場合、基板 12 の面方向における内部部分 26 の寸法は、最小部 163 において最小になる。
- [0210] 図 36 は、貫通電極基板 10 の一例を示す断面図である。フィルドビアからなる内部部分 26 は、めっき層 201 及びシード層 202 を含んでもよい。めっき層 201 は、平面視において、貫通孔 15 の中心点に重なるように位置する。シード層 202 は、めっき層 201 と壁面 16 との間に位置する。
- [0211] (第 14 変形例)
- 図 37 は、第 14 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、基板 12、複数の貫通電極 20、第 1 配線層 50A 及び第 2 配線層 50B を備える。
- [0212] 第 14 変形例における貫通電極基板 10 は、第 1 配線層 50A が、基板 12 の厚み方向に積層された複数の絶縁層及び複数の導電層を含む点で、第 13 変形例における貫通電極基板 10 と異なる。
- [0213] 図 37 に示すように、第 1 配線層 50A は、第 1 樹脂層 33、第 3 樹脂層 37、第 5 樹脂層 41、第 1 導電層 35 及び第 3 導電層 39 を含んでもよい。
- [0214] 第 13 変形例の場合と同様に、複数の内部部分 26 が、1 つの第 1 導電層 35 によって互いに電氣的に接続されていてもよい。
- [0215] 第 3 樹脂層 37 は、第 1 樹脂層 33 上及び第 1 導電層 35 上に位置する。第 3 樹脂層 37 は、複数の開口 371 を含む。第 3 導電層 39 は、第 3 樹脂層 37 上に位置する。第 3 導電層 39 は、第 3 樹脂層 37 の複数の開口 371 において第 1 導電層 35 に接続されていてもよい。

- [0216] 第5樹脂層41は、第3樹脂層37上及び第3導電層39上に位置する。第5樹脂層41は、少なくとも1つの開口411を含む。第5樹脂層41の開口411は、平面視において第3導電層39に重なっていてもよい。言い換えると、第3導電層39の一部が、第5樹脂層41の開口411に露出しているてもよい。
- [0217] 貫通電極基板10は、第1配線層50Aの導電層上に位置する第1バンプ51を備えてもよい。例えば、図37に示すように、第1バンプ51は、第5樹脂層41の開口411において第3導電層39上に位置していてもよい。
- [0218] 1つの第1バンプ51は、複数の内部部分26に電氣的に接続されていてもよい。図37に示す例において、1つの第1バンプ51は、第3導電層39及び第1導電層35を介して複数の内部部分26に電氣的に接続されている。貫通電極基板10は、各々が複数の内部部分26に電氣的に接続された複数の第1バンプ51を備えていてもよい。
- [0219] 図示はしないが、複数の第1バンプ51を備える貫通電極基板10は、マザーボードなどの配線基板に搭載されてもよい。例えば、複数の第1バンプ51がそれぞれ、配線基板の対応するパッドに接続されてもよい。
- [0220] 内部部分26と第1バンプ51との間の電氣的な経路に関係する第1配線層50Aの樹脂層の開口の、第1面13の面内方向における寸法は、 $50\mu\text{m}$ 以上であることが好ましい。例えば、第1樹脂層33の開口331の寸法、及び第3樹脂層37の開口371の寸法がそれぞれ、 $50\mu\text{m}$ 以上であることが好ましい。この結果、内部部分26と第1バンプ51との間の経路における電気抵抗が低減される。従って、第1バンプ51の十分な許容電流を実現できる。
- [0221] 図37に示すように、第2配線層50Bは、第2樹脂層34、第4樹脂層38、第2導電層36及び複数の第4導電層40を含んでいてもよい。
- [0222] 第13変形例の場合と同様に、複数の内部部分26が、1つの第2導電層36によって互いに電氣的に接続されていてもよい。

- [0223] 第4樹脂層38は、第2樹脂層34上及び第2導電層36上に位置する。第4樹脂層38は、複数の開口381を含む。複数の第4導電層40はそれぞれ、第4樹脂層38上に位置する。複数の第4導電層40はそれぞれ、第4樹脂層38の複数の開口381において1つの第2導電層36に接続されていてもよい。1つの第2導電層36に接続された複数の第4導電層40は、第2面14の面内方向において互いに離れていてもよい。
- [0224] 図示はしないが、貫通電極基板10は、複数の第4導電層40上にそれぞれ位置する複数の第2バンプを備えていてもよい。図示はしないが、素子の複数の端子が、対応する第2バンプに接続されていてもよい。
- [0225] (第15変形例)
- 図38は、第15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、基板12、複数の貫通電極20、第1配線層50A及び第2配線層50Bを備える。
- [0226] 図38に示すように、第1配線層50Aは、第1樹脂層33、第3樹脂層37、第5樹脂層41、複数の第1導電層35及び第3導電層39を含んでいてもよい。
- [0227] 第15変形例における貫通電極基板10は、複数の内部部分26が、第1導電層35ではなく第3導電層39によって互いに電氣的に接続される点で、第14変形例における貫通電極基板10と異なる。
- [0228] 本変形例において、複数の第1導電層35はそれぞれ、第1樹脂層33の1つの開口331において1つの内部部分26に接続されている。例えば、4つの第1導電層35がそれぞれ、4つの開口331のうちの対応する1つの開口331において、1つの内部部分26に接続されている。複数の第1導電層35は、第1面13の面内方向において互いに離れている。従って、複数の内部部分26は、第1導電層35によっては電氣的に接続されない。
- [0229] 第3樹脂層37は、第1樹脂層33上及び複数の第1導電層35上に位置する。第3樹脂層37は、複数の開口371を含む。複数の開口371はそれぞれ、第1導電層35に重なっている。1つの第3導電層39は、複数の

開口 3 7 1 において複数の第 1 導電層 3 5 に接続されている。この結果、複数の内部部分 2 6 が第 3 導電層 3 9 によって互いに電氣的に接続される。本変形例においても、互いに電氣的に接続された複数の内部部分 2 6 が、1 つの貫通電極 2 0 を構成する。すなわち、本変形例においても、マルチビア構造が採用されている。

[0230] 貫通電極基板 1 0 は、上述の実施の形態及び変形例と同様に、複数の貫通電極 2 0 を備えていてもよい。複数の貫通電極 2 0 がそれぞれ、第 3 導電層 3 9 によって互いに電氣的に接続された複数の内部部分 2 6 を含んでいてもよい。

[0231] 複数の内部部分 2 6 を電氣的に接続する第 1 配線層 5 0 A の導電層は、第 3 導電層 3 9 以外の導電層であってもよい。例えば、図示はしないが、第 5 樹脂層 4 1 上に位置する第 5 導電層が、複数の内部部分 2 6 を電氣的に接続してもよい。

[0232] 内部部分 2 6 と第 1 バンプ 5 1 との間の電氣的な経路に係る第 1 配線層 5 0 A の樹脂層の開口の、第 1 面 1 3 の面内方向における寸法は、 $50\ \mu\text{m}$ 以上であることが好ましい。例えば、第 1 樹脂層 3 3 の開口 3 3 1 の寸法、及び第 3 樹脂層 3 7 の開口 3 7 1 の寸法がそれぞれ、 $50\ \mu\text{m}$ 以上であることが好ましい。この結果、内部部分 2 6 と第 1 バンプ 5 1 との間の経路における電気抵抗が低減される。従って、第 1 バンプ 5 1 の十分な許容電流を実現できる。

[0233] 図 3 8 に示すように、第 2 配線層 5 0 B は、第 2 樹脂層 3 4、第 4 樹脂層 3 8、複数の第 2 導電層 3 6 及び複数の第 4 導電層 4 0 を含んでいてもよい。

[0234] 複数の第 2 導電層 3 6 はそれぞれ、第 2 樹脂層 3 4 の開口 3 4 1 において内部部分 2 6 に接続されていてもよい。複数の第 2 導電層 3 6 は、第 2 面 1 4 の面内方向において互いに離れていてもよい。この場合、複数の内部部分 2 6 は、第 2 導電層 3 6 によっては電氣的に接続されない。

[0235] 複数の第 4 導電層 4 0 はそれぞれ、第 4 樹脂層 3 8 の開口 3 8 1 において

第2導電層36に接続されていてもよい。複数の第4導電層40は、第2面14の面内方向において互いに離れていてもよい。この場合、複数の内部部分26は、第4導電層40によっても電氣的に接続されない。

[0236] 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て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

[0237] 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。

[0238] (例1-1)

基板12として、800 μ mの厚みT0を有するガラス基板を準備した。続いて、図4に示される複数の貫通孔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、85 μ m、85 μ m及び50 μ mであった。

[0239] 続いて、図4に示される複数の貫通電極20及び複数の内部樹脂30を基板12に形成した。複数の貫通電極20はそれぞれ、銅からなるめっき層201及びシード層202を含む。複数の貫通電極20はそれぞれ、1つの第1部分21、1つの第2部分22及び4つの内部部分26を含む。各内部部分26は、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T3及び第4部分24の厚みT4はいずれも20 μ 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の第1閉鎖面251までの距離、すなわち第1距離K1は、150 μ 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の第2閉鎖面252までの距離、すなわち第2距離K2は、150 μ 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 T5 は、500 μm であった。1 つの貫通電極 20 の第 1 部分 21 に重なる複数の貫通孔 15 の第 2 ピッチ P2 は、100 μm であった。

[0240] 例 1-1 の貫通電極基板 10 の信頼性を評価した。

[0241] 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 の外観を観察する。具体的には、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が生じているかどうかを確認する。クラックなどの欠陥が生じている場合、評価対象の貫通電極基板 10 が「NG」と判定される。クラックなどの欠陥が生じていない場合、貫通電極基板 10 に更に 1000 回の熱サイクルを加えた後、貫通電極基板 10 の外観を観察する。合計 2000 回の熱サイクルの後、クラックなどの欠陥が生じている場合、評価対象の貫通電極基板 10 が「Good」と判定される。合計 2000 回の熱サイクルの後、クラックなどの欠陥が生じていない場合、評価対象の貫通電極基板 10 が「Excellent」と判定される。

[0242] 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℃ から +125℃ 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℃ 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℃ から -55℃ 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℃ に 30 分間保持する工程である。

[0243] 例 1-1 の貫通電極基板 10 においては、1000 回の熱サイクルの後、クラックなどの欠陥が生じていた。例 1-1 の貫通電極基板 10 は、「NG」と判定される。

[0244] (実施例 1-2 ~ 1-9)

複数の貫通孔 15 の第 2 ピッチ P2 を、例 1-1 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、例 1-1 の場合と同様に、貫通電

極基板 10 の信頼性の評価を実施した。結果を図 29 に示す。

[0245] (例 2-1)

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、図 15 に示される複数の貫通孔 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、 $85\ \mu\text{m}$ 、 $85\ \mu\text{m}$ 及び $70\ \mu\text{m}$ であった。

[0246] 続いて、図 15 に示される複数の貫通電極 20 及び複数の内部樹脂 30 を基板 12 に形成した。複数の貫通電極 20 はそれぞれ、銅からなるめっき層 201 及びシード層 202 を含む。複数の貫通電極 20 はそれぞれ、1 つの第 1 部分 21、1 つの第 2 部分 22 及び 4 つの内部部分 26 を含む。各内部部分 26 は、第 1 端 161 から第 2 端 162 へ達するように壁面 16 上に位置する。内部部分 26 の厚みは、 $20\ \mu\text{m}$ であった。1 つの貫通電極 20 の第 1 部分 21 に重なる複数の貫通孔 15 の第 2 ピッチ P2 は、 $100\ \mu\text{m}$ であった。

[0247] 例 1-1 の場合と同様に、貫通電極基板 10 の信頼性の評価を実施した。結果を図 29 に示す。

[0248] (例 2-2~2-9)

複数の貫通孔 15 の第 2 ピッチ P2 を、例 2-1 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、例 1-1 の場合と同様に、貫通電極基板 10 の信頼性の評価を実施した。結果を図 29 に示す。

[0249] (例 3-1)

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、図 16 に示される複数の貫通孔 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、を含む。第 1 端 161 及び第 2 端 162 は、平面視において円

形の輪郭を有する。第1寸法R1及び第2寸法R2はそれぞれ、 $85\mu\text{m}$ 及び $85\mu\text{m}$ であった。

[0250] 続いて、図16に示される複数の貫通電極20及び複数の内部樹脂30を基板12に形成した。複数の貫通電極20はそれぞれ、銅からなるめっき層201及びシード層202を含む。複数の貫通電極20はそれぞれ、1つの第1部分21、1つの第2部分22及び4つの内部部分26を含む。各内部部分26は、第1端161から第2端162へ達するように壁面16上に位置する。内部部分26の厚みは、 $20\mu\text{m}$ であった。1つの貫通電極20の第1部分21に重なる複数の貫通孔15の第2ピッチP2は、 $100\mu\text{m}$ であった。

[0251] 例1-1の場合と同様に、貫通電極基板10の信頼性の評価を実施した。結果を図29に示す。

[0252] (例3-2～3-9)

複数の貫通孔15の第2ピッチP2を、例3-1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、例1-1の場合と同様に、貫通電極基板10の信頼性の評価を実施した。結果を図29に示す。

[0253] (例4-1)

基板12として、 $500\mu\text{m}$ の厚みT0を有するガラス基板を準備した。続いて、図17に示される複数の貫通孔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、 $85\mu\text{m}$ 、 $85\mu\text{m}$ 及び $50\mu\text{m}$ であった。

[0254] 続いて、図17に示される複数の貫通電極20を基板12に形成した。複数の貫通電極20はそれぞれ、銅からなるめっき層201及びシード層202を含む。複数の貫通電極20はそれぞれ、1つの第1部分21、1つの第2部分22及び4つの内部部分26を含む。各内部部分26は、貫通孔15

の空間の全体を占めている。1つの貫通電極20の第1部分21に重なる複数の貫通孔15の第2ピッチP2は、 $100\mu\text{m}$ であった。

[0255] 例1-1の場合と同様に、貫通電極基板10の信頼性の評価を実施した。結果を図29に示す。

[0256] (例4-2~4-9)

複数の貫通孔15の第2ピッチP2を、例4-1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、例1-1の場合と同様に、貫通電極基板10の信頼性の評価を実施した。結果を図29に示す。

[0257] (例5-1)

基板12として、 $600\mu\text{m}$ の厚みT0を有するガラス基板を準備した。続いて、図18に示される複数の貫通孔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、を含む。第1端161及び第2端162は、平面視において円形の輪郭を有する。第1寸法R1及び第2寸法R2はそれぞれ、 $50\mu\text{m}$ 及び $50\mu\text{m}$ であった。

[0258] 続いて、図18に示される複数の貫通電極20を基板12に形成した。複数の貫通電極20はそれぞれ、銅からなるめっき層201及びシード層202を含む。複数の貫通電極20はそれぞれ、1つの第1部分21、1つの第2部分22及び4つの内部部分26を含む。各内部部分26は、貫通孔15の空間の全体を占めている。1つの貫通電極20の第1部分21に重なる複数の貫通孔15の第2ピッチP2は、 $100\mu\text{m}$ であった。

[0259] 例1-1の場合と同様に、貫通電極基板10の信頼性の評価を実施した。結果を図29に示す。

[0260] (例5-2~5-9)

複数の貫通孔15の第2ピッチP2を、例5-1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、例1-1の場合と同様に、貫通電極基板10の信頼性の評価を実施した。結果を図29に示す。

[0261] 図4又は図15に示される貫通電極20においては、第2ピッチP2が1

25 μm 以上であることが好ましく、第2ピッチP2が300 μm 以上であることがより好ましい。図16に示される貫通電極20においては、第2ピッチP2が150 μm 以上であることが好ましく、第2ピッチP2が350 μm 以上であることがより好ましい。図17に示される貫通電極20においては、第2ピッチP2が175 μm 以上であることが好ましく、第2ピッチP2が350 μm 以上であることがより好ましい。図18に示される貫通電極20においては、第2ピッチP2が200 μm 以上であることが好ましい。

[0262] (例6)

最小部163を含まない貫通孔15によって構成されるシングルビア構造のフィールドビアと、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。基板12は、FR4からなり、400 μm の厚みT0を有する。銅板は、0.5 mmの幅及び18 μm の厚みを有する。続いて、貫通電極基板10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。

$$q = h (T_{\text{Cu}} - T_{\text{air}})$$

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、 $\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ 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の値としては、373 [$\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$]を用いた。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18 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、10℃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、373 [$\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$]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：400 [W/m・K]
- ・銅の抵抗率： 1.68×10^{-8} [$\Omega \cdot m$]
- ・FR4の熱伝導率：0.3 [W/m・K]

[0263] シミュレーションに基づいて、例6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を算出した。第1寸法R1及び第2寸法R2が $94 \mu m$ である場合に、温度上昇が $10^\circ C$ であり、銅板及びフィルドビアに流れる電流の値が0.96 Aであった。従って、第1寸法R1及び第2寸法R2が $94 \mu m$ 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。

[0264] マルチビア構造が採用される場合、第1寸法R1及び第2寸法R2が $94 \mu m$ 未満であっても、上述の耐電流性の条件が満たされると推測される。

[0265] 第1寸法R1及び第2寸法R2が $94 \mu m$ であり、銅板及びフィルドビアに流れる電流の値が0.96 Aであり、貫通電極基板10の温度が $260^\circ C$ 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187 MPaを示した。

[0266] (例7)

最小部163を含まない貫通孔15によって構成されるシングルビア構造のコンフォーマルビアと、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。

[0267] 例6の場合と同様に、シミュレーションに基づいて、例7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並びに内部部分26の厚みを算出した。第1寸法R1及び第2寸法R2が $104 \mu m$ であり、内部部分26の厚みが $30 \mu m$ である場合に、温度上昇が $10^\circ C$ 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0.97 Aであった。従って、第1寸法R1及び第2寸法R2が $104 \mu m$ 以上であり、内部部分26の厚みが $30 \mu m$ 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。

- [0268] マルチビア構造が採用される場合、第1寸法R1及び第2寸法R2が104 μ m未満であり、内部部分26の厚みが30 μ m未満であっても、上述の耐電流性の条件が満たされると推測される。
- [0269] 第1寸法R1及び第2寸法R2が104 μ mであり、内部部分26の厚みが30 μ 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℃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。
- [0270] (例8)
- 最小部163を含む貫通孔15によって構成されるシングルビア構造の貫通電極と、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。貫通電極は、図4に示す内部部分26を含む。
- [0271] 例6の場合と同様に、シミュレーションに基づいて、例8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、第2寸法R2及び最小寸法R3並びに内部部分26の厚みを算出した。第1寸法R1及び第2寸法R2が180 μ mであり、最小寸法R3が60 μ mであり、内部部分26の厚みT3及び厚みT4が30 μ mである場合に、温度上昇が10℃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0.96Aであった。従って、第1寸法R1及び第2寸法R2が180 μ m以上であり、最小寸法R3が60 μ m以上であり、内部部分26の厚みT3及び厚みT4が30 μ 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。
- [0272] マルチビア構造が採用される場合、第1寸法R1及び第2寸法R2が180 μ m未満であり、最小寸法R3が60 μ m未満であり、厚みT3及び厚みT4が30 μ m未満であっても、上述の耐電流性の条件が満たされると推測される。
- [0273] 第1寸法R1及び第2寸法R2が180 μ m以上であり、最小寸法R3が60 μ m以上であり、内部部分26の厚みT3及び厚みT4が30 μ m以上

であり、銅板及びフィルドビアに流れる電流の値が0.96 Aであり、貫通電極基板10の温度が260℃である場合に、基板12と貫通電極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93 MPaを示した。

[0274] 例8における熱応力の最大値は、例6及び例7における熱応力の最大値の約半分であった。例8に示す例においては、貫通孔15が最小部163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。

[0275] (例9)

最小部163を含む貫通孔15によって構成されるマルチビア構造の貫通電極と、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。1つの貫通電極20は、図4に示す4つの内部部分26を含む。4つの貫通孔15の第2ピッチP2は、250 μm であった。

[0276] 例6の場合と同様に、シミュレーションに基づいて、例9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、第2寸法R2及び最小寸法R3並びに内部部分26の厚みを算出した。第1寸法R1及び第2寸法R2が70 μm であり、最小寸法R3が35 μm であり、内部部分26の厚みT3及び厚みT4が30 μm である場合に、上述の耐電流性の条件が満たされた。従って、貫通電極20が4つ以上の内部部分26を含み、第1寸法R1及び第2寸法R2が70 μm 以上であり、最小寸法R3が35 μm 以上であり、内部部分26の厚みT3及び厚みT4が30 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。

符号の説明

[0277] 10 貫通電極基板
12 基板
13 第1面
14 第2面
15 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 1 1 輪郭
- 2 1 2 開口
- 2 2 第 2 部分
- 2 3 第 3 部分
- 2 4 第 4 部分
- 2 5 閉鎖部分
- 2 6 内部部分
- 3 0 内部樹脂
- 3 1 第 1 内部樹脂
- 3 2 第 2 内部樹脂
- 3 3 第 1 樹脂層
- 3 3 1 開口
- 3 4 第 2 樹脂層
- 3 5 第 1 導電層
- 3 5 1 輪郭
- 3 6 第 2 導電層
- 3 7 第 3 樹脂層
- 3 8 第 4 樹脂層
- 3 9 第 3 導電層
- 4 0 第 4 導電層

4 1 第 5 樹脂層
5 0 A 第 1 配線層
5 0 B 第 2 配線層
5 1 第 1 バンプ
5 2 第 2 バンプ
6 0 素子
6 1 端子
7 0 コンデンサ
8 1 第 1 レジスト層
8 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面へ貫通する複数の貫通孔と、を含む基板と、

前記第1面から前記貫通孔を通して前記第2面へ達する複数の貫通電極と、を備え、

複数の前記貫通電極はそれぞれ、複数の前記貫通孔の内部に位置する複数の内部部分と、前記第1面に位置し、複数の前記内部部分に接続されている第1部分と、前記第2面に位置し、複数の前記内部部分に接続されている第2部分と、を含み、

複数の前記貫通電極の前記第1部分はそれぞれ、平面視において複数の前記貫通孔を囲む輪郭を有する、貫通電極基板。

[請求項2]

複数の前記貫通孔はそれぞれ、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、

複数の前記内部部分はそれぞれ、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部分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部分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、を含む、請求項1に記載の貫通電極基板。

[請求項3]

前記閉鎖部分は、第1閉鎖面及び第2閉鎖面を含み、

前記第1閉鎖面は、前記第1面に向いている前記閉鎖部分の表面であり、

前記第2閉鎖面は、前記第2面に向いている前記閉鎖部分の表面であり、

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

記第 1 閉鎖面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 面から前記第 2 閉鎖面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、請求項 2 に記載の貫通電極基板。

[請求項 4] 複数の前記貫通孔のそれぞれの内部に位置する複数の内部樹脂を備え、

複数の前記内部樹脂はそれぞれ、前記第 3 部分の内側に位置する第 1 内部樹脂と、前記第 4 部分の内側に位置する第 2 内部樹脂と、を含む、請求項 2 に記載の貫通電極基板。

[請求項 5] 複数の前記貫通孔はそれぞれ、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、を含む壁面を備え、

複数の前記内部部分はそれぞれ、前記第 1 端から前記第 2 端へ達するように前記壁面上に位置し、

前記貫通電極基板は、複数の前記貫通孔のそれぞれの内部において前記貫通電極の前記内部部分の内側に位置する複数の内部樹脂を備える、請求項 1 に記載の貫通電極基板。

[請求項 6] 複数の前記貫通孔はそれぞれ、前記第 1 端と前記第 2 端との間に位置する最小部を含み、

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する、請求項 5 に記載の貫通電極基板。

[請求項 7] 複数の前記貫通電極の前記第 1 部分はそれぞれ、前記内部樹脂が位置する複数の開口を含む、請求項 4～6 のいずれか一項に記載の貫通電極基板。

[請求項 8] 前記基板の厚みに対する前記内部部分の厚みの比率が、0.80 以

上 1. 20 以下である、請求項 1 に記載の貫通電極基板。

[請求項9] 複数の前記貫通電極の前記第 1 部分のそれぞれに接続されている複数の第 1 導電層と、

前記基板の厚み方向において複数の前記貫通電極の前記第 1 部分と複数の前記第 1 導電層との間に位置する第 1 樹脂層と、を備える、請求項 1 ～ 6 及び 8 のいずれか一項に記載の貫通電極基板。

[請求項10] 複数の前記第 1 導電層はそれぞれ、平面視において複数の前記貫通孔を囲む輪郭を有する、請求項 9 に記載の貫通電極基板。

[請求項11] 1 つの前記第 1 導電層に接続されている複数の第 3 導電層と、
前記基板の厚み方向において 1 つの前記第 1 導電層と複数の前記第 3 導電層との間に位置する第 3 樹脂層と、を備える、請求項 10 に記載の貫通電極基板。

[請求項12] 複数の前記貫通電極は、第 1 の貫通電極と、平面視において前記第 1 の貫通電極に隣接する第 2 の貫通電極と、を含み、
前記第 1 の貫通電極に接続されている前記第 1 導電層は、前記第 1 の貫通電極の前記第 1 部分の前記輪郭よりも外側へ広がり、
前記第 2 の貫通電極の前記第 1 部分は、前記第 2 の貫通電極に接続されている前記第 1 導電層の輪郭よりも外側へ広がり、
前記基板の厚み方向において、前記第 1 の貫通電極に接続されている前記第 1 導電層の一部と、前記第 2 の貫通電極の前記第 1 部分の一部とが向かい合っている、請求項 10 に記載の貫通電極基板。

[請求項13] 前記第 1 樹脂層は、前記第 1 導電層の一部が位置し、平面視において第 4 寸法を有する開口を含み、
前記貫通孔は、前記第 1 面において第 1 寸法を有し、
前記第 4 寸法は、前記第 1 寸法よりも大きい、請求項 9 に記載の貫通電極基板。

[請求項14] 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面へ貫通する複数の貫通孔と、を含む基板と、

前記第1面から前記貫通孔を通して前記第2面へ達する複数の貫通電極と、

前記第1面に位置し、少なくとも1つの絶縁層及び少なくとも1つの導電層を含む第1配線層と、を備え、

前記複数の前記貫通電極はそれぞれ、複数の前記貫通孔の内部に位置する複数の内部部分を含み、

前記基板の厚みに対する前記内部部分の厚みの比率が、0.80以上1.20以下であり、

前記少なくとも1つの絶縁層は、前記第1面上に位置する第1樹脂層を含み、

前記第1樹脂層は、複数の開口を含み、複数の前記開口はそれぞれ、平面視において前記内部部分に重なっており、

前記第1樹脂層は、平面視において、前記貫通孔の壁面と前記内部部分との間の境界に重なっており、

前記少なくとも1つの導電層は、複数の前記内部部分に電氣的に接続されている導電層を含む、貫通電極基板。

[請求項15] 前記少なくとも1つの導電層は、前記第1樹脂層の複数の前記開口において複数の前記内部部分に接続されている第1導電層を含み、

前記第1導電層が、複数の前記内部部分に電氣的に接続されている前記導電層である、請求項14に記載の貫通電極基板。

[請求項16] 前記少なくとも1つの導電層は、各々が前記第1樹脂層の複数の前記開口において前記内部部分に接続されている複数の第1導電層と、複数の前記第1導電層に電氣的に接続されている前記導電層と、を含む、請求項14に記載の貫通電極基板。

[請求項17] 複数の前記貫通電極は、前記第1面の面方向において第1ピッチで並んでおり、

1つの前記貫通電極に含まれる複数の前記内部部分が位置する複数

の前記貫通孔は、前記第1面の面方向において第2ピッチで並んでおり、

前記第2ピッチに対する前記第1ピッチの比率が、2.0以上である、請求項1～6、8及び14～16のいずれか一項に記載の貫通電極基板。

[請求項18] 前記第2ピッチに対する前記第1ピッチの比率が、5.0以下である、請求項17に記載の貫通電極基板。

[請求項19] 前記貫通孔は、前記第1面において第1寸法を有し、
前記第1寸法に対する前記第2ピッチの比率が、1.5以上である、請求項17に記載の貫通電極基板。

[請求項20] 前記第1寸法は、50 μm 以上100 μm 以下である、請求項19に記載の貫通電極基板。

[請求項21] 請求項1～6、8及び14～16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複数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22] 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、
前記第1面から前記貫通孔を通して前記第2面へ達する複数の貫通電極を形成する貫通電極形成工程と、を備え、

複数の前記貫通電極はそれぞれ、複数の前記貫通孔の内部に位置する複数の内部部分と、前記第1面に位置し、複数の前記内部部分に接続されている第1部分と、前記第2面に位置し、複数の前記内部部分に接続されている第2部分と、を含み、

複数の前記貫通電極の前記第1部分はそれぞれ、平面視において複数の前記貫通孔を囲む輪郭を有する、貫通電極基板の製造方法。

[請求項23] 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、

前記第1面から前記貫通孔を通して前記第2面へ達する複数の貫通電極を形成する貫通電極形成工程と、

前記第1面に位置し、少なくとも1つの絶縁層及び少なくとも1つの導電層を含む第1配線層を形成する工程と、を備え、

複数の前記貫通電極はそれぞれ、複数の前記貫通孔の内部に位置する複数の内部部分を含み、

複数の前記内部部分はそれぞれ、フィルドビアであり、

前記少なくとも1つの絶縁層は、前記第1面上に位置する第1樹脂層を含み、

前記第1樹脂層は、複数の開口を含み、複数の前記開口はそれぞれ、平面視において前記内部部分に重なっており、

前記第1樹脂層は、平面視において、前記貫通孔の壁面と前記内部部分との間の境界に重なっており、

前記少なくとも1つの導電層は、複数の前記内部部分に電氣的に接続されている導電層を含む、貫通電極基板の製造方法。