

明 細 書

発明の名称：

貫通電極基板中間体、貫通電極基板、素子付き貫通電極基板、および半導体装置

技術分野

[0001] 本開示は、貫通電極基板中間体、貫通電極基板、素子付き貫通電極基板、および半導体装置に関する。

背景技術

[0002] 従来、端子ピッチが異なるマザーボードとチップとを中継するインターポザに関する種々の技術が提案されている（特許文献1 参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2021-73684号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] インターポザとしては、貫通電極を有する貫通電極基板を用いることが知られている。また、インターポザの種類としては、例えば、シリコンインターポザ、有機インターポザ、ガラスインターポザが知られている。中でも、コスト削減のため、有機インターポザおよびガラスインターポザが注目されている。

[0005] しかし、有機インターポザに用いられるガラスエポキシ等の有機材料の熱膨張係数と、素子に用いられるシリコン等の半導体材料の熱膨張係数とは大きく異なる。そのため、半導体装置の製造工程において加熱を行ったり、半導体装置を高温環境で使用したりすると、有機材料の熱膨張係数と半導体材料の熱膨張係数との差により、有機インターポザと素子とを電氣的に接続する、接合部、パッド部、配線に応力が発生し、クラックや断線が生じや

すくなるという問題がある。

[0006] 一方、ガラスインターポーザでは、ガラスインターポーザに用いられるガラス基板の熱膨張係数と半導体材料の熱膨張係数との差を小さくすることができる。

[0007] しかし、ガラス基板の熱膨張係数は、マザーボードに汎用されているガラスエポキシ基板の熱膨張係数と大きく異なる。そのため、半導体装置の製造工程において加熱を行ったり、半導体装置を高温環境で使用したりすると、ガラスインターポーザのガラス基板の熱膨張係数とマザーボードのガラスエポキシ基板の熱膨張係数との差により、ガラスインターポーザとマザーボードとを電氣的に接続する、接合部、パッド部、配線に応力が発生し、クラックや断線が生じやすくなる。

[0008] 本開示は、上記実情に鑑みてなされた発明であり、断線を抑制できる貫通電極基板中間体、貫通電極基板、素子付き貫通電極基板、および半導体装置を提供することを主目的とする。

課題を解決するための手段

[0009] 本開示の一実施形態は、第1面および上記第1面に対向する第2面を有し、貫通孔を有するガラス基板と、上記ガラス基板の上記貫通孔内に配置された貫通電極と、上記ガラス基板の上記第1面側に配置された弾性絶縁層と、上記弾性絶縁層を貫通し、上記貫通電極に電氣的に接続されたビアと、上記弾性絶縁層の上記ガラス基板とは反対の面側に配置され、上記ビアに電氣的に接続されたビア用パッド部と、上記弾性絶縁層の上記ガラス基板とは反対の面側に配置され、配線基板に電氣的に接続される配線基板接続用パッド部と、を有し、上記弾性絶縁層が、上記ビア用パッド部および上記配線基板接続用パッド部側の面に、複数の凸部および複数の凹部を含む凹凸形状を有する、貫通電極基板中間体を提供する。

[0010] 本開示の他の実施形態は、上述の貫通電極基板中間体と、上記貫通電極基板中間体の上記弾性絶縁層側の面に配置され、複数の山部および複数の谷部を有する蛇腹形状部を有し、上記ビア用パッド部および上記配線基板接続用

パッド部を電氣的に接続する蛇腹配線層と、を有する、貫通電極基板を提供する。

[0011] 本開示の他の実施形態は、上述の貫通電極基板と、上記貫通電極基板に実装された素子と、を有する、素子付き貫通電極基板を提供する。

[0012] 本開示の他の実施形態は、上述の素子付き貫通電極基板と、上記貫通電極基板の配線基板接続用パッドに電氣的に接続された配線基板と、を有する半導体装置を提供する。

[0013] 本開示の他の実施形態は、第1面および上記第1面に対向する第2面を有し、第1貫通孔を有するガラス基板と、上記ガラス基板の上記第1貫通孔内に配置された貫通電極と、上記ガラス基板の上記第1面側に、少なくとも上記貫通電極と上記ガラス基板との境界を被覆するように配置され、かつ、上記第1貫通孔と接続する第2貫通孔を有する被覆絶縁層と、上記被覆絶縁層の上記第2貫通孔内に配置され、上記貫通電極に電氣的に接続された第1ビアと、上記被覆絶縁層の上記ガラス基板とは反対の面側に配置され、第3貫通孔を有する弾性絶縁層と、上記弾性絶縁層の上記第3貫通孔内に配置され、上記第1ビアに電氣的に接続された第2ビアと、上記弾性絶縁層の上記被覆絶縁層とは反対の面側に配置され、上記第2ビアに電氣的に接続され、配線基板に電氣的に接続される配線基板接続用パッド部と、を有する、貫通電極基板を提供する。

[0014] 本開示の他の実施形態は、上述の貫通電極基板と、上記貫通電極基板に実装された素子と、を有する、素子付き貫通電極基板を提供する。

[0015] 本開示の他の実施形態は、上述の素子付き貫通電極基板と、上記貫通電極基板の配線基板接続用パッドに電氣的に接続された配線基板と、を有する半導体装置を提供する。

発明の効果

[0016] 本開示においては、断線を抑制できるという効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]本開示の第1実施態様における貫通電極基板中間体を例示する概略平面

図および断面図である。

[図2]本開示の第1実施態様における貫通電極基板を例示する概略平面図および断面図である。

[図3]本開示の第1実施態様における素子付き貫通電極基板を例示する概略断面図である。

[図4]本開示の第1実施態様における半導体装置を例示する概略断面図である。

[図5]本開示の第1実施態様における貫通電極基板中間体を例示する概略平面図および断面図である。

[図6]本開示の第1実施態様における貫通電極基板を例示する概略平面図および断面図である。

[図7]本開示の第1実施態様における素子付き貫通電極基板を例示する概略断面図である。

[図8]本開示の第1実施態様における半導体装置を例示する概略断面図である。

[図9]本開示における貫通電極基板中間体の弾性絶縁層を例示する概略断面図である。

[図10]本開示の第1実施態様における貫通電極基板中間体を例示する概略断面図である。

[図11]本開示の第1実施態様における貫通電極基板中間体を例示する概略平面図である。

[図12]本開示における貫通電極基板中間体のガラス基板の貫通孔の断面視形状を例示する概略断面図である。

[図13]貫通電極基板に生じる隙間および膨らみを説明する概略断面図である。

[図14]本開示の第1実施態様における貫通電極基板中間体を例示する概略断面図である。

[図15]本開示の第1実施態様における貫通電極基板中間体のガラス基板およ

び被覆絶縁層を例示する概略断面図である。

[図16]本開示の第1実施態様における貫通電極基板中間体を例示する概略断面図である。

[図17]本開示の第1実施態様における貫通電極基板中間体を例示する概略断面図である。

[図18]本開示の第1実施態様における貫通電極基板中間体を例示する概略断面図である。

[図19]本開示の第1実施態様における貫通電極基板の弾性絶縁層および蛇腹配線層を例示する概略断面図である。

[図20]本開示の第1実施態様における貫通電極基板中間体を例示する概略断面図である。

[図21]本開示の第1実施態様における貫通電極基板を例示する概略断面図である。

[図22]本開示の第1実施態様における貫通電極基板を例示する概略断面図および断面図である。

[図23]本開示の第2実施態様における貫通電極基板を例示する概略断面図である。

[図24]本開示の第2実施態様における素子付き貫通電極基板を例示する概略断面図である。

[図25]本開示の第2実施態様における半導体装置を例示する概略断面図である。

[図26]本開示の第2実施態様における貫通電極基板を例示する概略断面図である。

[図27]本開示の第2実施態様における貫通電極基板を例示する概略断面図である。

[図28]本開示の第2実施態様における貫通電極基板を例示する概略断面図である。

[図29]本開示における貫通電極基板の弾性絶縁層を例示する概略断面図であ

る。

[図30]本開示の第2実施態様における貫通電極基板を例示する概略断面図である。

[図31]本開示の第2実施態様における貫通電極基板を例示する概略断面図である。

[図32]本開示の第2実施態様における貫通電極基板の被覆絶縁層を例示する概略断面図である。

[図33]本開示の第2実施態様における貫通電極基板を例示する概略断面図である。

[図34]本開示の第2実施態様における貫通電極基板を例示する概略断面図である。

[図35]本開示の第2実施態様における貫通電極基板を例示する概略断面図である。

発明を実施するための形態

[0018] 下記に、図面等を参照しながら本開示の実施の形態を説明する。ただし、本開示は多くの異なる態様で実施することが可能であり、下記に例示する実施の形態の記載内容に限定して解釈されるものではない。また、図面は説明をより明確にするため、実際の形態に比べ、各部の幅、厚さ、形状等について模式的に表わされる場合があるが、あくまで一例であって、本開示の解釈を限定するものではない。また、本明細書と各図において、既出の図に関して前述したものと同様の要素には、同一の符号を付して、詳細な説明を適宜省略することがある。

[0019] 本明細書において、ある部材の上に他の部材を配置する態様を表現するにあたり、単に「上に」、あるいは「下に」と表記する場合、特に断りの無い限りは、ある部材に接するように、直上、あるいは直下に他の部材を配置する場合と、ある部材の上方、あるいは下方に、さらに別の部材を介して他の部材を配置する場合との両方を含む。また、本明細書において、ある部材の面に他の部材を配置する態様を表現するにあたり、単に「面側に」または「

面に」と表記する場合、特に断りの無い限りは、ある部材に接するように、直上、あるいは直下に他の部材を配置する場合と、ある部材の上方、あるいは下方に、さらに別の部材を介して他の部材を配置する場合との両方を含む。

[0020] 本開示は、二つの実施態様を含むものである。以下、それぞれについて、説明する。

[0021] Ⅰ. 第1実施態様

まず、本開示の第1実施態様における貫通電極基板中間体、貫通電極基板、素子付き貫通電極基板、および半導体装置について詳細に説明する。

[0022] A. 貫通電極基板中間体

本実施態様における貫通電極基板中間体は、第1面および上記第1面に対向する第2面を有し、貫通孔を有するガラス基板と、上記ガラス基板の上記貫通孔内に配置された貫通電極と、上記ガラス基板の上記第1面側に配置された弾性絶縁層と、上記弾性絶縁層を貫通し、上記貫通電極に電氣的に接続されたビアと、上記弾性絶縁層の上記ガラス基板とは反対の面側に配置され、上記ビアに電氣的に接続されたビア用パッド部と、上記弾性絶縁層の上記ガラス基板とは反対の面側に配置され、配線基板に電氣的に接続される配線基板接続用パッド部と、を有し、上記弾性絶縁層が、上記ビア用パッド部および上記配線基板接続用パッド部側の面に、複数の凸部および複数の凹部を含む凹凸形状を有する。

[0023] 図1(a)および図1(b)は、本実施態様における貫通電極基板中間体の一例を示す概略平面図および断面図であり、図1(b)は図1(a)のA-A線断面図である。図1(a)および図1(b)に示すように、貫通電極基板中間体1は、第1面2aおよび第1面2aに対向する第2面2bを有し、貫通孔2cを有するガラス基板2と、ガラス基板2の貫通孔2c内に配置された貫通電極3と、ガラス基板2の第1面2a側に配置され、貫通電極3に電氣的に接続され、導電層4aを含む第1配線層4と、第1配線層4のガラス基板2とは反対の面側に配置された弾性絶縁層5と、弾性絶縁層5を貫

通し、第1配線層4に電氣的に接続されたビア6と、弾性絶縁層5の第1配線層4とは反対の面側に配置され、ビア6に電氣的に接続されたビア用パッド部7と、弾性絶縁層5の第1配線層4とは反対の面側に配置され、配線基板に電氣的に接続される配線基板接続用パッド部8と、を有する。弾性絶縁層5は、ビア用パッド部7および配線基板接続用パッド部8側の面に、複数の凸部9aおよび複数の凹部9bを含む凹凸形状9を有する。

[0024] 図2(a)および図2(b)は、本実施態様における貫通電極基板中間体を有する貫通電極基板の一例を示す概略平面図および断面図であり、図2(b)は図2(a)のA-A線断面図である。図2(a)および図2(b)は、貫通電極基板が、図1(a)および図1(b)に示す貫通電極基板中間体を有する例である。図2(a)および図2(b)に示すように、貫通電極基板20は、貫通電極基板中間体1と、貫通電極基板中間体1の弾性絶縁層5側の面に配置され、複数の山部21aおよび複数の谷部21bを有する蛇腹形状部21を有し、ビア用パッド部7および配線基板接続用パッド部8を電氣的に接続する蛇腹配線層22と、を有する。

[0025] 図3は、本実施態様における貫通電極基板中間体を有する素子付き貫通電極基板の一例を示す概略断面図である。図3は、素子付き貫通電極基板が、図1(a)および図1(b)に示す貫通電極基板中間体を有する例である。図3に示すように、素子付き貫通電極基板30は、貫通電極基板20と、貫通電極基板20の素子接続用パッド部11に電氣的に接続された第1接合部31と、第1接合部31に電氣的に接続された素子32と、を有する。

[0026] 図4は、本実施態様における貫通電極基板中間体を有する半導体装置の一例を示す概略断面図である。図4は、半導体装置が、図1(a)および図1(b)に示す貫通電極基板中間体を有する例である。図4に示すように、半導体装置40は、貫通電極基板20と、貫通電極基板20と、貫通電極基板20の素子接続用パッド部11に電氣的に接続された第1接合部31と、第1接合部31に電氣的に接続された素子32と、貫通電極基板20の配線基板接続用パッド8に電氣的に接続された第2接合部41と、第2接合部41

に電氣的に接続された配線基板42と、を有する。

[0027] 例えば、第1接合部がはんだ接合部であり、半導体装置の製造工程におけるリフロー工程において、はんだ接合部を介して貫通電極基板と素子とを接合する際、貫通電極基板と素子とは、熱により膨張し、その後、冷却により収縮する。この際、貫通電極基板と素子との熱膨張係数の差が大きいと、第1接合部および素子接続用パッド部に応力が発生し、クラックおよび断線が生じやすくなる。また、例えば、半導体装置を高温環境で使用する場合も、貫通電極基板と素子との熱膨張係数の差が大きいと、第1接合部および素子接続用パッド部に応力が発生し、クラックおよび断線が生じやすくなる。

[0028] これに対し、本実施態様においては、貫通電極基板がガラス基板を有しており、貫通電極基板をいわゆるガラスインターポーザとして用いる。そのため、ガラス基板と半導体材料との熱膨張係数の差を小さくすることができ、第1接合部および素子接続用パッド部に応力が発生するのを抑制できる。よって、第1接合部および素子接続用パッド部のクラックおよび断線を抑制できる。

[0029] また、例えば、第2接合部がはんだ接合部であり、半導体装置の製造工程におけるリフロー工程において、はんだ接合部を介して貫通電極基板と配線基板とを接合する際、貫通電極基板と配線基板とは、熱により膨張し、その後、冷却により収縮する。この際、貫通電極基板と配線基板との熱膨張係数の差が大きいと、貫通電極基板と配線基板との間で断線が生じやすくなる。また、例えば、半導体装置を高温環境で使用する場合も、貫通電極基板と配線基板との熱膨張係数の差が大きいと、第2接合部および配線基板接続用パッド部に応力が発生し、クラックおよび断線が生じやすくなる。

[0030] これに対し、本実施態様においては、弾性絶縁層が、弾性を有するとともに、ビア用パッド部および配線基板接続用パッド部側の面に凹凸形状を有することにより、弾性絶縁層のビア用パッド部および配線基板接続用パッド部側の面は、伸縮性を有する。また、弾性絶縁層のビア用パッド部および配線基板接続用パッド部側の面が伸縮するに伴い、ビアは斜めに変形する。この

ように、弾性絶縁層のビア用パッド部および配線基板接続用パッド部側の面が伸縮し、ビアが斜めに変形することにより、貫通電極基板と配線基板との熱膨張係数の差による応力を緩和できる。よって、第2接合部および配線基板接続用パッド部のクラックおよび断線を抑制できる。

[0031] さらに、本実施態様においては、弾性絶縁層が表面に凹凸形状を有することにより、弾性絶縁層の表面に配置される蛇腹配線層は、弾性絶縁層の凹凸形状に追従して蛇腹形状部を有するようになる。また、蛇腹配線層は、蛇腹形状部を有することにより、伸縮性を有する。蛇腹配線層が伸縮することにより、貫通電極基板と配線基板との熱膨張係数の差による応力をさらに緩和できる。よって、第2接合部および配線基板接続用パッド部のクラックおよび断線を効果的に抑制できる。

[0032] 図5(a)および図5(b)は、本実施態様における貫通電極基板中間体の他の例を示す概略平面図および断面図であり、図5(b)は図5(a)のA-A線断面図である。図5(a)および図5(b)に示すように、貫通電極基板中間体1は、第1面2aおよび第1面2aに対向する第2面2bを有し、貫通孔2cを有するガラス基板2と、ガラス基板2の貫通孔2c内に配置された貫通電極3と、ガラス基板2の第1面2a側に配置された弾性絶縁層5と、弾性絶縁層5を貫通し、貫通電極3に電氣的に接続されたビア6と、弾性絶縁層5のガラス基板2とは反対の面側に配置され、ビア6に電氣的に接続されたビア用パッド部7と、弾性絶縁層5のガラス基板2とは反対の面側に配置され、配線基板に電氣的に接続される配線基板接続用パッド部8と、を有する。弾性絶縁層5は、ビア用パッド部7および配線基板接続用パッド部8側の面に、複数の凸部9aおよび複数の凹部9bを含む凹凸形状9を有する。また、弾性絶縁層5におけるビア6のガラス基板2側の面の平面視の大きさは、貫通電極3のガラス基板2の第1面2a側の面の平面視の大きさよりも小さくなっており、弾性絶縁層5は、貫通電極3とガラス基板2との境界 α を被覆するように配置されている。図5(a)および図5(b)に示す貫通電極基板中間体1は、上記の図1(a)および図1(b)に示す

貫通電極基板中間体 1 に対して、ガラス基板 2 の第 1 面 2 a 側に配置され、貫通電極 3 およびビア用パッド部 7 に電氣的に接続され、導電層 4 a を含む第 1 配線層 4 を有さない点で異なる。

[0033] 図 6 (a) および図 6 (b) は、本実施態様における貫通電極基板中間体を有する貫通電極基板の他の例を示す概略平面図および断面図であり、図 6 (b) は図 6 (a) の A-A 線断面図である。図 6 (a) および図 6 (b) は、貫通電極基板が、図 5 (a) および図 5 (b) に示す貫通電極基板中間体を有する例である。図 6 (a) および図 6 (b) において、貫通電極基板中間体以外は、図 2 (a) および図 2 (b) に示す例と同様である。

[0034] 図 7 は、本実施態様における貫通電極基板中間体を有する素子付き貫通電極基板の他の例を示す概略断面図である。図 7 は、素子付き貫通電極基板が、図 5 (a) および図 5 (b) に示す貫通電極基板中間体を有する例である。図 7 において、貫通電極基板中間体以外は、図 3 に示す例と同様である。

[0035] 図 8 は、本実施態様における貫通電極基板中間体を有する半導体装置の他の例を示す概略断面図である。図 8 は、半導体装置が、図 5 (a) および図 5 (b) に示す貫通電極基板中間体を有する例である。図 8 において、貫通電極基板中間体以外は、図 4 に示す例と同様である。

[0036] 本実施態様においては、図 5 (a) および図 5 (b) に示す貫通電極基板中間体においても、図 1 (a) および図 1 (b) に示す貫通電極基板中間体と同様の効果を奏する。

[0037] したがって、本実施態様においては、接続信頼性を高めることができる。

[0038] 以下、本実施態様における貫通電極基板中間体について構成毎に説明する。

[0039] 1. 弾性絶縁層

本実施態様における弾性絶縁層は、ガラス基板の第 1 面側に配置され、ビア用パッド部および配線基板接続用パッド部側の面に、複数の凸部および複数の凹部を含む凹凸形状を有する。

[0040] (1) 凹凸形状

弾性絶縁層は、ビア用パッド部および配線基板接続用パッド部側の面に、複数の凸部および複数の凹部を含む凹凸形状を有する。

[0041] 凹凸形状において、隣り合う凸部および凹部の高低差は、本実施態様における貫通電極基板中間体を有する半導体装置において、弾性絶縁層の厚さより小さいことが好ましい。上記高低差は、例えば $50\text{ }\mu\text{m}$ 以下であり、 $15\text{ }\mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以下であってもよい。上記高低差が大きすぎると、弾性絶縁層のビア用パッド部および配線基板接続用パッド部側の面に配置される蛇腹配線層が、配線基板に接してしまう可能性がある。

一方、上記高低差は、例えば、 $1\text{ }\mu\text{m}$ 以上であり、 $3\text{ }\mu\text{m}$ 以上であってもよく、 $5\text{ }\mu\text{m}$ 以上であってもよい。上記高低差が小さすぎると、弾性絶縁層のビア用パッド部および配線基板接続用パッド部側の面が伸縮しにくくなる可能性がある。具体的には、上記高低差は、 $1\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $50\text{ }\mu\text{m}$ 以下であり、 $3\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $15\text{ }\mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $5\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以下であってもよい。隣り合う凸部および凹部の高低差は、例えば図9に示すように、符号H1で示され、隣り合う凸部および凹部の間の、ガラス基板の第1面の法線方向の距離である。

[0042] 隣り合う凸部および凹部の高低差は、走査型電子顕微鏡（SEM）を用いて撮影した貫通電極基板中間体の断面の画像に基いて測定する。隣り合う凸部および凹部の高低差は、任意の10箇所の高低差の算術平均値とする。

[0043] 凹凸形状において、隣り合う凸部の間隔は、例えば $2\text{ }\mu\text{m}$ 以上であり、 $5\text{ }\mu\text{m}$ 以上であってもよく、 $6\text{ }\mu\text{m}$ 以上であってもよい。一方、隣り合う凸部の間隔は、例えば $20\text{ }\mu\text{m}$ 以下であり、 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $9\text{ }\mu\text{m}$ 以下であってもよい。上記間隔は、上記範囲内の中でも大きいことが好ましい。上記間隔が大きいことにより、弾性絶縁層のビア用パッド部および配線基板接続用パッド部側の面に配置される蛇腹配線層における応力振幅を小さくすることができる。よって、蛇腹配線層が繰り返し熱応力を受けた際、断線が抑制され、接続信頼性が向上する。具体的には、上記間隔は、 $2\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $20\text{ }\mu\text{m}$ 以下であり、 $5\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $6\text{ }\mu\text{m}$

以上 $9\ \mu\text{m}$ 以下であってもよい。隣り合う凸部の間隔は、例えば図 9 に示すように、符号 P 1 で示される。

[0044] 隣り合う凸部の間隔は、走査型電子顕微鏡 (SEM) を用いて撮影した貫通電極基板中間体の断面の画像に基いて測定する。隣り合う凸部の間隔は、任意の 10 箇所の間隔の算術平均値とする。

[0045] 凹凸形状において、凸部および凹部は、規則的に配置されていてもよく、不規則に配置されていてもよい。

[0046] 凸部の断面形状において、凸部の頂部が丸みを有することが好ましく、凸部の断面形状としては、例えば半円形状または半楕円形状が挙げられる。また、凹部の断面形状において、凹部の底部が丸みを有することが好ましく、凹部の断面形状としては、例えば半円形状または半楕円形状が挙げられる。このような形状であれば、弾性絶縁層のビア用パッド部および配線基板接続用パッド部側の面に配置される蛇腹配線層の断線を抑制できる。

[0047] 弾性絶縁層のビア用パッド部および配線基板接続用パッド部側の面において、凹凸形状は、蛇腹配線層が配置される領域に少なくとも配置されていればよい。例えば、弾性絶縁層のビア用パッド部および配線基板接続用パッド部側の面において、全面に凹凸形状が配置されていてもよく、部分的に凹凸形状が配置されていてもよい。例えば図 1 (b) においては、蛇腹配線層が配置される領域に、凹凸形状 9 が配置されている。例えば図 10 においては、蛇腹配線層が配置される領域だけでなく、隣接する貫通電極 3 のうち、一方の貫通電極 3 に電氣的に接続されたビア用パッド 7 に対応する配線基板接続用パッド 8 と、他方の貫通電極 3 に電氣的に接続されたビア用パッド 7 b との間の領域にも、凹凸形状 9 が配置されている。また、図 10 においては、ビア用パッド部 7 および配線基板接続用パッド部 8 以外の領域に、凹凸形状 9 が配置されている。また、図示しないが、弾性絶縁層のビア用パッド部および配線基板接続用パッド部側の面において、全面に凹凸形状が配置されている場合、後述するように、蛇腹配線層が、ビア用パッド部および配線基板接続用パッド部を兼ねていてもよい。この場合、弾性絶縁層のビア用パッ

ド部および配線基板接続用パッド部側の面において、ビア用パッド部および配線基板接続用パッド部の領域にも、凹凸形状が配置されることになる。

[0048] (2) 弾性絶縁層の物性

弾性絶縁層において、ナノインデンテーション法により測定される弾性率は、例えば、5 GPa以下が好ましく、1 GPa以下がより好ましい。上記弾性率が上記範囲であれば、貫通電極基板と配線基板との熱膨張係数の差による応力を緩和できる。一方、上記弾性率は、例えば、0.01 GPa以上であり、0.05 GPa以上であってもよい。具体的には、上記弾性率は、0.01 GPa以上5 GPa以下が好ましく、0.05 GPa以上1 GPa以下がより好ましい。

[0049] 弾性率は、ISO 14577に準拠し、温度25℃にて、ナノインデンテーション法により測定する。装置は、例えば、HYSITRON社製の「T1950 TriboIndenter」を用いる。圧子は、バーコピッチ圧子を用いる。弾性絶縁層において、バーコピッチ圧子を押し込む面は、弾性絶縁層のビア用パッド部および配線基板接続用パッド部側の面とする。測定条件は、最大押し込み深さ100 nm、負荷時間5秒、保持時間5秒、除荷時間5秒とする。任意の5箇所について測定を行い、算術平均値を弾性率とする。

[0050] また、弾性絶縁層において、260℃で1時間加熱したときの熱重量変化率は、例えば3%以下であることが好ましい。上記熱重量変化率が上記範囲であれば、十分な耐熱性を得ることができる。

[0051] 熱重量変化率は、熱重量分析(TGA)により測定する。測定条件を下記に示す。熱重量測定装置としては、TAインスツルメント社製「TGA550」を使用する。

<測定条件>

- ・ 雰囲気：窒素雰囲気
- ・ 昇温速度：10℃/min
- ・ 保持時間：1時間

[0052] (3) 弾性絶縁層の材料

弾性絶縁層の材料としては、例えばエラストマーが挙げられる。エラストマーとしては、例えば、スチレン系エラストマー、オレフィン系エラストマー、ウレタン系エラストマー、アミド系エラストマー、ニトリル系エラストマー、塩化ビニル系エラストマー、エステル系エラストマー、1, 2-ポリブタジエン系エラストマー、フッ素系エラストマー、シリコーンゴム、ウレタンゴム、フッ素ゴム、ポリブタジエン、ポリイソブチレン、ポリスチレンブタジエン、ポリクロロプレンが挙げられる。また、弾性絶縁層の材料は、感光性を有していてもよい。

[0053] (4) 弾性絶縁層の形態

本実施態様においては、例えば図5(b)に示すように、弾性絶縁層5が、少なくとも貫通電極3とガラス基板2との境界 α を被覆するように配置されており、後述の被覆絶縁層を兼ねていてもよい。被覆絶縁層については、後述する。

[0054] 弾性絶縁層の厚さは、例えば、5 μm 以上であり、15 μm 以上であってもよく、50 μm 以上であってもよい。弾性絶縁層の厚さが上記範囲であれば、弾性絶縁層のビア用パッド部および配線基板接続用パッド部側の面が伸縮しやすくなる。一方、弾性絶縁層の厚さは、例えば、200 μm 以下であり、100 μm 以下であってもよく、60 μm 以下であってもよい。弾性絶縁層の厚さが厚すぎると、貫通電極基板中間体全体の厚さが厚くなる場合がある。具体的には、弾性絶縁層の厚さは、5 μm 以上200 μm 以下であり、15 μm 以上100 μm 以下であってもよく、50 μm 以上60 μm 以下であってもよい。

[0055] 本明細書において、各層の厚さは、走査型電子顕微鏡(SEM)を用いて撮影した貫通電極基板中間体の断面の画像に基いて測定する。厚さは、任意の5箇所の厚さの算術平均値とする。

[0056] (5) 弾性絶縁層の形成方法

弾性絶縁層は、上記の材料を塗布することより形成できる。また、凹凸形

状の形成方法としては、例えば、金型を用いた賦形が挙げられる。

[0057] 2. ビア

本実施態様におけるビアは、上記弾性絶縁層を貫通し、貫通電極に電氣的に接続される。

[0058] ビアの材料としては、導電性を有する材料であれば特に限定されず、一般的なビアに用いられる導電性材料を使用することができ、ビアの形態や形成方法等に応じて適宜選択される。

[0059] ビアの形成方法としては、一般的なビアの形成方法を用いることができ、ビアの形態等に応じて適宜選択される。ビアの形成方法においては、まず、弾性絶縁層に貫通孔を形成し、次いで、弾性絶縁層の貫通孔内にビアを形成する。弾性絶縁層に貫通孔を形成する方法としては、レーザ加工、フォトリソグラフィ法、金型を用いた賦形等が挙げられる。金型を用いた賦形の場合、金型を用いて賦型により弾性絶縁層の表面に凹凸形状を形成すると同時に、この金型を用いて賦形により弾性絶縁層に貫通孔を形成してもよい。また、弾性絶縁層の貫通孔内にビアを形成する方法としては、例えば、真空蒸着法やスパッタリング法等のPVD法、CVD法、めっき法が挙げられる。弾性絶縁層の貫通孔内に導電性材料を充填してビアを形成すると同時に、この導電性材料でビア用パッド部を形成してもよい。また、めっき法の場合、まず、弾性絶縁層に貫通孔を形成した後、弾性絶縁層の全面にスパッタリング法等によりシード層を形成し、次いで、シード層上にフォトレジスト層を形成し、続いて、ビア用パッド部の開口部を有するようにフォトレジスト層をパターニングし、次に、フォトレジスト層の開口部に電気めっきを施してめっき層を形成して、ビアおよびビア用パッド部を同時に形成する。この場合、ビアおよびビア用パッド部は、シード層とめっき層とを有する。

[0060] 3. ビア用パッド部

本実施態様におけるビア用パッド部は、上記弾性絶縁層のガラス基板とは反対の面側に配置され、上記ビアに電氣的に接続される。

[0061] ビア用パッド部の材料としては、導電性を有する材料であれば特に限定さ

れず、一般的な配線に用いられる導電性材料を使用することができる。導電性材料としては、例えば、銅、モリブデン、チタン、タングステン、タンタル、アルミニウム、金、銀、ニッケル、パラジウム等の金属、これらの金属から選択される少なくとも1つを含む合金、あるいは酸化インジウム錫（ITO）、酸化インジウム亜鉛（IZO）等の金属酸化物を用いることができる。中でも、銅が好ましく用いられる。

[0062] ビア用パッド部の平面視形状としては、特に限定されず、例えば、円形状、楕円形状、正方形、長方形が挙げられる。

[0063] ビア用パッド部の厚さは、一般的な配線の厚さと同様である。ビア用パッド部の厚さは、例えば、 $0.05\mu\text{m}$ 以上 $100\mu\text{m}$ 以下であり、 $0.1\mu\text{m}$ 以上 $50\mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $0.2\mu\text{m}$ 以上 $10\mu\text{m}$ 以下であってもよい。これにより、十分な導電性を得ることができる。

[0064] ビア用パッド部の形成方法としては、一般的な配線の形成方法を用いることができ、例えば、CVD法やスパッタリング法等のPVD法の乾式成膜法、めっき法等により導電膜を形成した後、フォトリソグラフィ法により導電膜をパターンングする方法が挙げられる。また、上述したように、ビアおよびビア用パッド部を同時に形成してもよい。

[0065] 4. 配線基板接続用パッド部

本実施態様における配線基板接続用パッド部は、上記弾性絶縁層の上記ガラス基板とは反対の面側に配置され、配線基板に電氣的に接続される。

[0066] 配線基板接続用パッド部の材料、平面視形状、厚さ、形成方法は、上記ビア用パッド部の材料、平面視形状、厚さ、形成方法と同様である。

[0067] ビア用パッド部および配線基板接続用パッド部は、蛇腹配線層により電氣的に接続される。そのため、ビア用パッド部および配線基板接続用パッド部は、近接して配置される。

この場合、ビア用パッド部から配線基板接続用パッド部までの距離は、貫通電極基板中間体の大きさに応じて適宜設定されるが、例えば、 $50\mu\text{m}$ 以上であってもよく、 $200\mu\text{m}$ 以上であってもよい。上記距離が短すぎると

、蛇腹配線層の長さが短くなる傾向があるので、蛇腹配線層が伸縮しにくくなり、断線しやすくなる可能性がある。上記距離が上記範囲であれば、蛇腹配線層の長さを確保でき、応力振幅を小さくすることができる。よって、蛇腹配線層が繰り返し熱応力を受けた際、断線が抑制され、接続信頼性を維持できる。一方、上記距離は、例えば1000 μm 以下であり、500 μm 以下であってもよく、300 μm 以下であってもよい。上記距離が長すぎると、蛇腹配線層の長さが長くなる傾向があり、電気特性が低下する可能性がある。具体的には、上記距離は、50 μm 以上1000 μm 以下であり、1000 μm 以上500 μm 以下であってもよく、200 μm 以上300 μm 以下であってもよい。ビア用パッド部から配線基板接続用パッド部までの距離は、ビア用パッド部の中心から配線基板接続用パッド部の中心までの距離をいう。

[0068] なお、上述したように、弾性絶縁層のビア用パッド部および配線基板接続用パッド部側の面において、全面に凹凸形状が配置されている場合において、後述するように、蛇腹配線層が、ビア用パッド部および配線基板接続用パッド部を兼ねる場合、ビア用パッド部および配線基板接続用パッド部を画定することが困難である。このような場合には、貫通電極基板中間体を有する半導体装置において、貫通電極基板中間体の弾性絶縁層を貫通するビアから第1接合部までの距離が、上記範囲内となっていればよい。ビアから第1接合部までの距離は、ビアの中心から第1接合部の中心までの距離をいう。

[0069] ビア用パッド部7および配線基板接続用パッド部8は、例えば図1(a)および図11に示すように、平面視において、放射状に配置されていることが好ましい。これにより、貫通電極基板と配線基板との熱膨張係数の差による応力が緩和されやすくなる。この場合、図1(a)に示すように、ビア用パッド部7が外側、配線基板接続用パッド部8が内側になるように、ビア用パッド部7および配線基板接続用パッド部8が放射状に配置されていてよい。また、図11に示すように、ビア用パッド部7が内側、配線基板接続用パッド部8が外側になるように、ビア用パッド部7および配線基板接続用パッド部8が放射状に配置されていてよい。

ド部 8 が放射状に配置されていてよい。

[0070] 中でも、図 1 1 に示すように、ビア用パッド部 7 が内側、配線基板接続用パッド部 8 が外側になるように、ビア用パッド部 7 および配線基板接続用パッド部 8 が放射状に配置されていることが好ましい。配線基板接続用パッド部がビア用パッド部よりも外側に配置されている場合、貫通電極基板中間体を有する半導体装置において、貫通電極基板および配線基板を電氣的に接続し、貫通電極基板を支える第 2 接合部が外側に配置されることになる。そのため、貫通電極基板と配線基板とが水平に安定になる。これにより、はんだプロセスを安定的に行うことができる。また、配線基板接続用パッド部がビア用パッド部よりも外側に配置されている場合、貫通電極基板と配線基板との熱膨張係数の差による応力について、蛇腹配線層には、圧縮応力が作用することとなる。一方、配線基板接続用パッド部がビア用パッド部よりも内側に配置されている場合、貫通電極基板と配線基板との熱膨張係数の差による応力について、蛇腹配線層には、引張応力が作用することとなる。圧縮応力の場合、引張応力と比較して、蛇腹配線層は断線しにくくなる。よって、配線基板接続用パッド部がビア用パッド部よりも外側に配置されていることが好ましいといえる。

[0071] また、配線基板接続用パッド部は、平面視において、規則的に配置されていることが好ましい。これにより、貫通電極基板中間体を用いた半導体装置の製造工程において、貫通電極基板および配線基板を電氣的に接続する第 2 接合部にかかる熱履歴が均一になる。その結果、歩留まりが向上する。

[0072] 5. ガラス基板

本実施態様におけるガラス基板は、第 1 面および上記第 1 面に対向する第 2 面を有し、厚さ方向に貫通する貫通孔を有する。

[0073] ガラス基板は、平坦性が良好であるため、微細な配線を狭ピッチで形成できる。また、ガラス基板は組成によって熱膨張係数を調整できるため、好ましい熱膨張係数のガラス基板を選択できる。

[0074] ガラス基板に用いられるガラスとしては、例えば、無アルカリガラス、石

英が挙げられる。

[0075] ガラス基板の熱膨張係数は、例えば、 $2\text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$ 以上 $9\text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$ 以下が好ましい。ガラス基板の熱膨張係数が上記範囲内であれば、ガラス基板の熱膨張係数と素子の熱膨張係数との差を十分に小さくすることができる。

[0076] 本明細書において、熱膨張係数は、線膨張係数である。熱膨張係数は、JIS R 3102 : 1995に準拠し、熱機械分析（TMA）により測定する。

[0077] ガラス基板の平面視形状は、特に限定されないが、例えば、長方形、正方形等の矩形が挙げられる。

[0078] ガラス基板の貫通孔の平面視形状は、例えば、略円形である。また、ガラス基板2の貫通孔2cの断面視形状としては、例えば、図1（b）に示すようなストレート形状、図12（a）に示すような第1面2a側の開口径が第2面2b側の開口径よりも大きい逆テーパ形状、図12（b）に示すような第1面2a側の開口径が第2面2b側の開口径よりも小さい順テーパ形状、図12（c）に示すような第1面2aと第2面2bとの間の所定の位置で径が最小となる部位を含む砂時計形状、図12（d）に示すような第1面2aと第2面2bとの間の所定の位置で径が最大となるボーイング形状が挙げられる。図12（a）～図12（d）は、ガラス基板の貫通孔の断面視形状を例示する概略断面図である。後述するように、ガラス基板の第1面側に被覆絶縁層が配置されている場合、ガラス基板の貫通孔の断面視形状は、逆テーパ形状または砂時計形状のいずれか一方であることが好ましい。また、ガラス基板の貫通孔の各断面視形状において、ガラス基板2の第1面2aにおける貫通孔2cの開口の縁部E1、ガラス基板2の第2面2bにおける貫通孔2cの開口の縁部E2、およびガラス基板2の貫通孔2cの径の最小部および最大部は、曲率を有する曲面であることが好ましい。貫通電極と、貫通電極に接するビアまたは導電層との断線を抑制できる。

[0079] ガラス基板の厚さは、例えば、 $100\text{ }\mu\text{m}$ 以上であり、 $200\text{ }\mu\text{m}$ 以上であつてもよく、 $300\text{ }\mu\text{m}$ 以上であつてもよく、 $400\text{ }\mu\text{m}$ 以上であつても

よい。ガラス基板の厚さが上記範囲であることにより、ガラス基板のたわみが大きくなるのを抑制できる。このため、製造工程におけるガラス基板のハンドリングが困難になったり、ガラス基板の第1面または第2面に配置される薄膜等の内部応力に起因してガラス基板が反ってしまったりすることを抑制できる。一方、ガラス基板の厚さは、例えば、 $2000\mu\text{m}$ 以下であり、 $1000\mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $800\mu\text{m}$ 以下であってもよい。ガラス基板の厚さが上記範囲であれば、ガラス基板に貫通孔を形成する工程に要する時間を短くできる。

[0080] 6. 貫通電極

本実施態様における貫通電極は、上記ガラス基板の貫通孔に配置される。

[0081] 貫通電極としては、ガラス基板の第1面および第2面を電氣的に接続できればよく、その形態は特に限定されない。貫通電極の形態は、例えば、ガラス基板の貫通孔を充填する貫通電極、いわゆるフィルドビアであってもよく、ガラス基板の貫通孔の側壁のみに配置された貫通電極、いわゆるコンフォーマルビアであってもよい。また、貫通電極がコンフォーマルビアである場合、貫通孔内に中空部が配置されていてもよく、貫通孔内が樹脂部で充填されていてもよい。

[0082] 貫通電極がコンフォーマルビアである場合において、貫通孔内に中空部が配置されている場合、貫通電極は、後述の第1配線層を構成する導電層または第2配線層を構成する導電層と一体として形成できる。

[0083] 貫通電極の材料は、導電性を有する材料であれば特に限定されず、一般的な貫通電極に用いられる導電性材料を使用することができ、貫通電極の形態や形成方法等に応じて適宜選択される。貫通電極の材料としては、例えば、銅、金、銀、白金、ロジウム、スズ、アルミニウム、ニッケル、クロム等の金属、またはこれらの金属を含む合金を挙げることができる。

[0084] 貫通電極は、単層であってもよく、複数の層が積層された多層であってもよい。例えば、貫通電極は、ガラス基板の貫通孔の側壁に配置されたシード層と、シード層の貫通孔の側壁側とは反対側の面に配置されためっき層とを

有していてもよい。シード層の材料としては、一般的なめっき法におけるシード層に用いられる材料から適宜選択できる。シード層の材料は、ガラス基板に対して密着性を有する導電性材料であることが好ましく、例えば、チタン、モリブデン、タングステン、タンタル、ニッケル、クロム、アルミニウム、これらの化合物、これらの合金を挙げることができる。めっき層が銅を含む場合、シード層の材料は、銅がガラス基板の内部に拡散するのを抑制できる材料であることが好ましく、例えば、窒化チタン、窒化モリブデン、窒化タンタルを挙げることができる。めっき層の材料としては、シード層に対して密着性を有する導電性材料であることが好ましく、例えば、上述した貫通電極の材料を挙げることができる。

[0085] また、貫通電極においては、ガラス基板の貫通孔の側壁に密着層が配置されていることが好ましい。密着層により、ガラス基板と貫通電極との密着性が良好となる。密着層は、ガラス基板に対する高い密着性を有する。また、密着層は、貫通電極中の金属元素が貫通孔の側壁を介してガラス基板の内部に拡散することを抑制するという役割を有していてもよい。貫通電極が密着層を有する場合、貫通電極は、ガラス基板の貫通孔の側壁側から順に、密着層とシード層とめっき層とを有していてもよい。

[0086] 貫通電極を構成する導電性材料が銅である場合、密着層の材料としては、例えば、チタン、チタン酸化物、チタン窒化物、モリブデン、モリブデン窒化物、タンタル、タンタル窒化物が挙げられる。また、密着層は、単層であってもよく、多層であってもよい。中でも、密着層は、主成分としてチタン酸化物を含むことが好ましい。

[0087] また、貫通電極がコンフォーマルビアである場合において、貫通孔内が樹脂部で充填されている場合、樹脂部の材料としては、例えば、エポキシ樹脂、アクリル樹脂、ポリイミド、ポリアミド、ポリエステル等を挙げることができる。

[0088] 貫通電極の形成方法としては、一般的な貫通電極の形成方法を用いることができ、貫通電極の形態等に応じて適宜選択される。貫通電極の形成方法と

しては、例えば、真空蒸着法やスパッタリング法等のPVD法、CVD法、めっき法が挙げられる。

[0089] 7. 被覆絶縁層および第2ビア

本実施態様における貫通電極基板中間体は、上記ガラス基板と上記弾性絶縁層との間に、少なくとも貫通電極とガラス基板との境界を被覆するように配置され、かつ、貫通孔と接続する第2貫通孔を有する被覆絶縁層と、被覆絶縁層の第2貫通孔内に配置され、貫通電極に電氣的に接続され、ビア用パッド部に電氣的に接続された第2ビアとを有することが好ましい。

[0090] 貫通電極基板を素子とマザーボードとの間に介在させた半導体装置の製造においては、アニール工程やリフローはんだ付け工程等の熱処理が行われる。図13(a)および図13(b)は、半導体装置の製造過程の熱処理時における貫通電極基板の様子を説明するための概略図である。図13(a)に示すような、貫通孔2c内に充填された貫通電極3を有する貫通電極基板においては、熱処理時に、図13(b)に示すように、ガラス基板2と貫通電極3との熱膨張差によって、ガラス基板2と貫通電極3との間に隙間Gが生じる場合がある。また、熱処理時に、図13(b)に示すように、ガラス基板2と貫通電極3との熱膨張差によって、ガラス基板2の主面に対して貫通電極3が盛り上がる場合がある。さらに、熱処理時に、貫通電極3を構成する材料に残存する、水分や水素等のガス成分が放出されることにより、貫通電極3が押し上げられる場合もある。このような隙間や膨らみが生じると、貫通電極とガラス基板との境界近傍に配置されている導電層やパッド部が断線する場合がある。また、パッド部に接続されている配線が断線する場合がある。

[0091] 図14において、貫通電極基板中間体1は、ガラス基板2と弾性絶縁層5との間に、少なくとも貫通電極3とガラス基板2との境界 α を被覆するように配置され、かつ、貫通孔3と接続する第2貫通孔15cを有する被覆絶縁層15と、被覆絶縁層15の第2貫通孔15c内に配置され、貫通電極3に電氣的に接続され、ビア用パッド部7に電氣的に接続された第2ビア16と

、を有する。図14においては、被覆絶縁層15と弾性絶縁層5との間に第1配線層4が配置されており、第2ビア16は、第1配線層4の導電層4aおよび第4ビア4cを介してビア6およびビア用パッド部7に電氣的に接続されている。

[0092] 被覆絶縁層15には、後述するように樹脂が用いられる。図14に示すように、被覆絶縁層15が、ガラス基板2および貫通電極3の境界 α を被覆するように配置されている場合、被覆絶縁層15の一部が貫通電極3の一部に接しているため、熱処理時に貫通電極3の内部からガスが放出されたとしても、そのガスを被覆絶縁層15を通して外部に放出させることができる。そのため、境界 α 近傍に配置されている第1配線層4の導電層4aに膨らみが生じるのを抑制できる。また、被覆絶縁層15が、ガラス基板2および貫通電極3の境界 α を被覆するように配置されていることにより、熱処理時に貫通電極3およびガラス基板2の間に隙間が生じたとしても、貫通電極3およびガラス基板2の間の隙間を被覆絶縁層15によって覆うことができ、境界 α 上に位置する第1配線層4の導電層4aの断線を抑制できる。さらに、熱処理時に隙間や膨らみによって、貫通電極3とガラス基板2との間で段差が生じたとしても、被覆絶縁層15が貫通電極3とガラス基板2との間の段差を吸収できるため、境界 α 近傍に配置されている第1配線層4の導電層4aに急な段差が生じることを抑制できる。

[0093] 図5に示す貫通電極基板中間体1においては、弾性絶縁層5が被覆絶縁層を兼ねており、弾性絶縁層5が、少なくとも貫通電極3とガラス基板2との境界 α を被覆するように配置されている。また、ビア6が、第2ビアを兼ねている。

[0094] 弾性絶縁層には、上述したようにエラストマーが用いられる。図5に示すように、被覆絶縁層を兼ねる弾性絶縁層5が、ガラス基板2および貫通電極3の境界 α を被覆するように配置されている場合、弾性絶縁層5の一部が貫通電極3の一部に接しているため、熱処理時に貫通電極3の内部からガスが放出されたとしても、そのガスを弾性絶縁層5を通して外部に放出させるこ

とができる。そのため、境界 α 近傍に配置されているビア用パッド部7に膨らみが生じるのを抑制できる。また、弾性絶縁層5が、ガラス基板2および貫通電極3の境界 α を被覆するように配置されていることにより、熱処理時に貫通電極3およびガラス基板2の間に隙間が生じたとしても、貫通電極3およびガラス基板2の間の隙間を弾性絶縁層5によって覆うことができ、境界 α 上に位置するビア用パッド部7の断線を抑制できる。さらに、熱処理時に隙間や膨らみによって、貫通電極3とガラス基板2との間で段差が生じたとしても、弾性絶縁層5が貫通電極3とガラス基板2との間の段差を吸収できるため、境界 α 近傍に配置されているビア用パッド部7に急な段差が生じることを抑制できる。さらに、ビア用パッド部に接続される蛇腹配線層の断線を抑制することも可能である。

[0095] このように、被覆絶縁層が、ガラス基板および貫通電極の境界を被覆するように配置されていることにより、貫通電極とガラス基板との境界近傍に配置されている導電層やパッド部が断線するのを抑制できる。よって、歩留まりを高めることができ、信頼性を向上させることができる。

[0096] 被覆絶縁層は、ガラス基板と直接接していることが好ましい。被覆絶縁層は、厚さ方向に貫通するとともに、ガラス基板の貫通孔と接続する第2貫通孔を有する。

[0097] 被覆絶縁層の材料は、絶縁性樹脂であることが好ましい。絶縁性樹脂としては、例えば、ポリイミド、ポリアミド、ポリアミドイミド、ポリエチレンテレフタレート、ポリエチレンナフタレート、ポリフェニレンスルフィド、ポリエーテルエーテルケトン、ポリエーテルスルホン、ポリカーボネート、ポリエーテルイミド、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、ポリフェニレンエーテル、アクリル樹脂、ポリオレフィン、ポリシクロオレフィン、液晶性高分子化合物が挙げられる。ポリオレフィンとしては、例えばポリエチレン、ポリプロピレが挙げられる。ポリシクロオレフィンとしては、例えばポリノルボルネンが挙げられる。

[0098] 第2貫通孔の形成方法としては、被覆絶縁層の材料に応じて適宜選択され

、例えばフォトリソグラフィ法、レーザ加工が挙げられる。フォトリソグラフィ法の場合、被覆絶縁層の材料が感光性材料であってもよく、被覆絶縁層上にレジストパターンを形成してもよい。

[0099] 図15(a)～図15(c)は、貫通電極基板中間体におけるガラス基板の貫通孔と被覆絶縁層との配置を例示する概略断面図である。図15(a)～図15(c)において、ガラス基板および被覆絶縁層以外の構成は省略している。図15(a)に示すように、被覆絶縁層15における第2貫通孔15cは、ガラス基板2における貫通孔2cと接続している。ガラス基板2の貫通孔2cの中心軸C1が、被覆絶縁層15の第2貫通孔15cの中心軸C2と略一致することが好ましい。

[0100] また、被覆絶縁層15の第2貫通孔15cのガラス基板2側の開口径d2は、ガラス基板2の貫通孔2cの第1面2a側の開口径d1よりも小さいことが好ましい。d2/d1の比は、例えば、0.5以上1.0未満であり、0.6以上0.9以下であってもよい。

ガラス基板2の貫通孔2cの第1面2a側の開口径d1は、例えば、50 μ m以上100 μ m以下であり、60 μ m以上90 μ m以下であってもよい。一方、被覆絶縁層15の第2貫通孔15cのガラス基板2側の開口径d2は、特に限定されないが、例えば、40 μ m以上85 μ m以下であり、50 μ m以上80 μ m以下であってもよい。

[0101] また、被覆絶縁層2のガラス基板2側の面における第2貫通孔15cの開口の縁部E4が、ガラス基板2の第1面2cにおける貫通孔2cの開口の縁部E1よりも内側に配置されていることが好ましい。このような第2貫通孔を有する被覆絶縁層が配置されていることによって、被覆絶縁層15によって、ガラス基板2および貫通電極3の境界 α を被覆できる。

[0102] 被覆絶縁層15の第2貫通孔15cの断面視形状は、例えば、図15(b)に示すように、第2貫通孔15cのガラス基板2側の開口径d2が、ガラス基板側とは反対側の開口径d3よりも小さい逆テーパ形状であることが好ましい。第2貫通孔が逆テーパ形状であると、断面視において、第2貫通孔

15cの側壁SSと、被覆絶縁層2のガラス基板2側とは反対側の面との間の角度 θ が鈍角となる。そのため、貫通電極3が膨張して膨らんだとしても、被覆絶縁層2のガラス基板2とは反対側の面における第2貫通孔15cの開口の縁部E3近傍に応力が集中するのを抑制できる。よって、被覆絶縁層のガラス基板とは反対側の面に配置されるパッド部や導電層の断線を抑制できる。

[0103] 上記角度 θ は、特に限定されないが、例えば、90度超130度以下であり、100度以上120度以下であってもよい。角度 θ が上記範囲であることにより、被覆絶縁層のガラス基板とは反対側の面に配置されるパッド部や導電層の断線をより一層抑制できる。一方、上記角度 θ が大きすぎると、第2貫通孔15cのガラス基板2とは反対側の開口径d3が大きくなってしまい、高密度実装に適さなくなるおそれがある。

[0104] 図15(c)に示すように、断面視において、被覆絶縁層15のガラス基板2とは反対側の面における第2貫通孔15cの開口の縁部E3は、曲率を有する曲面であることが好ましい。上記縁部E3が、曲率を有する曲面であることにより、被覆絶縁層のガラス基板とは反対側の面に配置されるパッド部や導電層の断線をより一層抑制できる。

[0105] 被覆絶縁層の第2貫通孔内には第2ビアが配置される。第2ビアは、貫通電極およびビア用パッド部に電氣的に接続されている。第2ビアは、貫通電極に直接接続していることが好ましい。

[0106] 第2ビアは、被覆絶縁層の第2貫通孔を充填するビア、いわゆるフィルドビアであってもよく、被覆絶縁層の第2貫通孔の側壁のみに配置されたビア、いわゆるコンフォーマルビアであってもよい。

[0107] 第2ビアの材料については、上記貫通電極の材料と同様である。貫通電極の材料と第2ビアの材料とは、同一であることが好ましい。

[0108] 第2ビアは、例えば、電解めっきによって形成できる。被覆絶縁層のガラス基板とは反対側の面に、後述の第1配線層の導電層が配置されている場合、第2ビアは、第1配線層の導電層と同時に形成することが好ましい。また

、上記弾性絶縁層が被覆絶縁層を兼ねている場合、第2ビアは、ビア用パッド部と同時に形成することができる。

[0109] 8. 第2被覆絶縁層および第3ビア

本実施態様における貫通電極基板中間体は、上記ガラス基板の第2面側に、少なくとも貫通電極とガラス基板との境界を被覆するように配置され、かつ、貫通孔と接続する第3貫通孔を有する第2被覆絶縁層と、第2被覆絶縁層の第3貫通孔内に配置され、貫通電極に電氣的に接続された第3ビアとを有することが好ましい。

[0110] 図16において、貫通電極基板中間体1は、ガラス基板2の第2面2b側に、少なくとも貫通電極3とガラス基板2との境界 β を被覆するように配置され、かつ、貫通孔3と接続する第3貫通孔17cを有する被覆絶縁層17と、第2被覆絶縁層17の第3貫通孔17c内に配置され、貫通電極3に電氣的に接続され、素子接続用パッド部11に電氣的に接続された第3ビア18と、を有する。図16においては、第2被覆絶縁層17のガラス基板2とは反対側の面に第2配線層12が配置されており、第3ビア18は、第2配線層12の導電層12aおよび第5ビア12cを介して素子接続用パッド部11に電氣的に接続されている。

[0111] 第2被覆絶縁層は、上記被覆絶縁層と同様の効果を奏する。第2被覆絶縁層および第3ビアについては、それぞれ、上記被覆絶縁層および上記第2ビアと同様である。

[0112] 9. 第1配線層

本実施態様における貫通電極基板中間体は、上記ガラス基板と上記弾性絶縁層との間に配置され、上記貫通電極に電氣的に接続された第1配線層を有していてもよい。

[0113] 第1配線層は、少なくとも導電層を有しており、さらに層間絶縁層を有していてもよい。導電層は、1層であってもよく、2層以上であってもよい。第1配線層が2層以上の導電層を有する場合、各導電層は層間絶縁層を介して厚さ方向に積層される。また、各導電層は、ビアを介して電氣的に接続さ

れる。例えば図17において、第1配線層4は、ガラス基板2側から順に、導電層4a、層間絶縁層4b、導電層4a、層間絶縁層4bおよび導電層4aを有しており、各導電層4aは第4ビア4cにより電氣的に接続されている。

[0114] 導電層の材料としては、導電性を有する材料であれば特に限定されず、一般的にインターポーザの配線に用いられる導電性材料を使用することができる。導電性材料としては、例えば、金属や金属酸化物等の金属材料、導電性フィラーおよび樹脂を含有する導電性樹脂、導電性高分子が挙げられる。

[0115] 導電層の厚さは、例えば0.1 μm 以上であり、0.5 μm 以上であつてもよく、1 μm 以上であつてもよく、3 μm 以上であつてもよく、5 μm 以上であつてもよい。一方、導電層の厚さは、例えば20 μm 以下であり、15 μm 以下であつてもよい。導電層の厚さは、例えば0.1 μm 以上20 μm 以下であり、0.5 μm 以上15 μm 以下であつてもよく、1 μm 以上15 μm 以下であつてもよく、3 μm 以上15 μm 以下であつてもよく、5 μm 以上15 μm 以下であつてもよい。例えばスパッタリング法により導電層を形成する場合、比較的薄い導電層を得ることができる。また、例えばめっき法により導電層を形成する場合には、比較的厚い導電層を得ることができる。

[0116] 導電層の形成方法は、アディティブ法であつてもよく、サブトラクティブ法であつてもよい。アディティブ法では、例えばフォトリソグラフィ法によりレジストパターンを形成し、レジストパターンから露出した部分に、めっき法を行うことにより、パターン状の配線層が得られる。電解めっき法を用いる場合は、レジストパターンを形成する前に、ガラス基板の第1面または層間絶縁層のガラス基板とは反対側の面に導電膜を形成してもよい。サブトラクティブ法では、例えば、ガラス基板の第1面側の全面に形成した導電膜上にレジストパターンを形成し、レジストパターンから露出した部分をエッチングすることにより、パターン状の導電層が得られる。

[0117] 層間絶縁層の材料は、絶縁性樹脂であることが好ましい。絶縁性樹脂とし

ては、例えば、ポリイミド、ポリアミド、ポリアミドイミド、ポリエチレンテレフタレート、ポリエチレンナフタレート、ポリフェニレンスルフィド、ポリエーテルエーテルケトン、ポリエーテルスルホン、ポリカーボネート、ポリエーテルイミド、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、ポリフェニレンエーテル、アクリル樹脂、ポリオレフィン、ポリシクロオレフィン、液晶性高分子化合物が挙げられる。ポリオレフィンとしては、ポリエチレン、ポリプロピレン等が挙げられる。ポリシクロオレフィンとしては、ポリノルボルネン等が挙げられる。

[0118] 層間絶縁層の厚さは、例えば、1.5 μm 以上であり、2.5 μm 以上であってよい。一方、層間絶縁層の厚さは、例えば、6 μm 以下である。層間絶縁層の厚さは、例えば1.5 μm 以上6 μm 以下であり、2.5 μm 以上6 μm 以下であってよい。

[0119] 層間絶縁層の形成方法としては、例えば、フォトリソグラフィ法、印刷法が挙げられる。

[0120] 10. 第2配線層

本実施態様における貫通電極基板中間体は、上記ガラス基板の第2面側に配置され、上記貫通電極に電氣的に接続された第2配線層を有していてもよい。

[0121] 第2配線層は、少なくとも導電層を有しており、さらに層間絶縁層を有していてもよい。導電層は、1層であってもよく、2層以上であってもよい。第2配線層が2層以上の導電層を有する場合、各導電層は層間絶縁層を介して厚さ方向に積層される。また、各導電層は、ビアを介して電氣的に接続される。例えば図18において、第2配線層12は、ガラス基板2側から順に、導電層12a、層間絶縁層12b、導電層12a、層間絶縁層12b、導電層12a、層間絶縁層12bおよび導電層12aを有しており、各導電層12aは第5ビア12cにより電氣的に接続されている。第2配線層12のガラス基板2とは反対側の面に位置する導電層12aは、素子接続用パッド部11を含む。

[0122] 第2配線層における導電層および層間絶縁層については、上記第1配線層における導電層および層間絶縁層と同様である。

[0123] 素子接続用パッド部の平面視形状は、上記ビア用パッド部の平面視形状と同様である。

[0124] B. 貫通電極基板

本実施態様における貫通電極基板は、上述の貫通電極基板中間体と、上記貫通電極基板中間体の上記弾性絶縁層側の面に配置され、複数の山部および複数の谷部を有する蛇腹形状部を有し、上記ビア用パッド部および上記配線基板接続用パッド部を電氣的に接続する蛇腹配線層と、を有する。

[0125] 図2(a)および図2(b)は、本実施態様における貫通電極基板の一例を示す概略平面図および断面図であり、図2(b)は図2(a)のA-A線断面図である。図2(a)および図2(b)に示すように、貫通電極基板20は、上述の貫通電極基板中間体1と、貫通電極基板中間体1の弾性絶縁層5側の面に配置され、複数の山部21aおよび複数の谷部21bを有する蛇腹形状部21を有し、ビア用パッド部7および配線基板接続用パッド部8を電氣的に接続する蛇腹配線層22と、を有する。

[0126] 図3は、本実施態様における貫通電極基板を有する素子付き貫通電極基板の一例を示す概略断面図である。図3に示すように、素子付き貫通電極基板30は、貫通電極基板20と、貫通電極基板20の素子接続用パッド部11に電氣的に接続された第1接合部31と、第1接合部31に電氣的に接続された素子32と、を有する。

[0127] 図4は、本実施態様における貫通電極基板を有する半導体装置の一例を示す概略断面図である。図4に示すように、半導体装置40は、貫通電極基板20と、貫通電極基板20と、貫通電極基板20の素子接続用パッド部11に電氣的に接続された第1接合部31と、第1接合部31に電氣的に接続された素子32と、貫通電極基板20の配線基板接続用パッド8に電氣的に接続された第2接合部41と、第2接合部41に電氣的に接続された配線基板42と、を有する。

[0128] 本実施態様においては、上記「A. 貫通電極基板中間体」の項に記載したように、貫通電極基板がガラス基板を有しており、貫通電極基板をいわゆるガラスインターポーザとして用いる。そのため、ガラス基板と半導体材料との熱膨張係数の差を小さくすることができ、第1接合部および素子接続用パッド部に応力が発生するのを抑制できる。よって、第1接合部および素子接続用パッド部のクラックおよび断線を抑制できる。

[0129] また、本実施態様においては、上記「A. 貫通電極基板中間体」の項に記載したように、弾性絶縁層が、弾性を有するとともに、ビア用パッド部および配線基板接続用パッド部側の面に凹凸形状を有することにより、弾性絶縁層のビア用パッド部および配線基板接続用パッド部側の面は、伸縮性を有する。また、弾性絶縁層のビア用パッド部および配線基板接続用パッド部側の面が伸縮するに伴い、ビアは斜めに変形する。このように、弾性絶縁層のビア用パッド部および配線基板接続用パッド部側の面が伸縮し、ビアが斜めに変形することにより、貫通電極基板と配線基板との熱膨張係数の差による応力を緩和できる。よって、第2接合部および素子接続用パッド部のクラックおよび断線を抑制できる。

[0130] さらに、本実施態様においては、上記「A. 貫通電極基板中間体」の項に記載したように、弾性絶縁層が表面に凹凸形状を有することにより、弾性絶縁層の表面に配置された蛇腹配線層は、弾性絶縁層の凹凸形状に追従して蛇腹形状部を有するようになる。また、蛇腹配線層は、蛇腹形状部を有することにより、伸縮性を有する。蛇腹配線層が伸縮することにより、貫通電極基板と配線基板との熱膨張係数の差による応力をさらに緩和できる。よって、第2接合部および素子接続用パッド部のクラックおよび断線を効果的に抑制できる。

[0131] したがって、本実施態様においては、接続信頼性を高めることができる。

[0132] 以下、本実施態様における貫通電極基板について構成毎に説明する。

[0133] 1. 貫通電極基板中間体

貫通電極基板中間体については、上記「A. 貫通電極基板中間体」に詳し

く記載したので、ここでの説明は省略する。

[0134] 2. 蛇腹配線層

本実施態様における蛇腹配線層は、上記貫通電極基板中間体の弾性絶縁層側の面に配置され、複数の山部および複数の谷部を有する蛇腹形状部を有し、ビア用パッド部および配線基板接続用パッド部を電氣的に接続する。

[0135] (1) 蛇腹形状部

蛇腹配線層は、複数の山部および複数の谷部を有する蛇腹形状部を有する。

[0136] 蛇腹形状部において、隣り合う山部および谷部の高低差は、本実施態様における貫通電極基板を有する半導体装置において、貫通電極基板と配線基板とを電氣的に接続する第2接合部の厚さより小さいことが好ましい。上記高低差は、例えば $50\mu\text{m}$ 以下であり、 $15\mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $10\mu\text{m}$ 以下であってもよい。上記高低差が大きすぎると、蛇腹配線層が、配線基板に接してしまう可能性がある。一方、上記高低差は、例えば、 $1\mu\text{m}$ 以上であり、 $3\mu\text{m}$ 以上であってもよく、 $5\mu\text{m}$ 以上であってもよい。上記高低差が小さすぎると、蛇腹配線層が伸縮しにくくなる可能性がある。上記高低差は、例えば、 $1\mu\text{m}$ 以上 $50\mu\text{m}$ 以下であり、 $3\mu\text{m}$ 以上 $15\mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $5\mu\text{m}$ 以上 $10\mu\text{m}$ 以下であってもよい。隣り合う山部および谷部の高低差は、例えば図19に示すように、符号H2で示され、隣り合う山部および谷部の間の、ガラス基板の第1面の法線方向の距離である。

[0137] 隣り合う山部および谷部の高低差は、走査型電子顕微鏡（SEM）を用いて撮影した貫通電極基板の断面の画像に基いて測定する。隣り合う山部および谷部の高低差は、任意の10箇所の高低差の算術平均値とする。

[0138] 蛇腹形状部において、隣り合う山部の間隔は、例えば $2\mu\text{m}$ 以上であり、 $5\mu\text{m}$ 以上であってもよく、 $6\mu\text{m}$ 以上であってもよい。一方、隣り合う山部の間隔は、例えば $20\mu\text{m}$ 以下であり、 $10\mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $9\mu\text{m}$ 以下であってもよい。上記間隔は、上記範囲内の中でも大きいことが好ましい。上記間隔が大きいことにより、蛇腹配線層における応力振幅を小さく

くすることができる。よって、蛇腹配線層が繰り返し熱応力を受けた際、断線が抑制され、接続信頼性が向上する。具体的には、上記間隔は、 $2\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $20\text{ }\mu\text{m}$ 以下であり、 $5\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $6\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $9\text{ }\mu\text{m}$ 以下であってもよい。隣り合う山部の間隔は、例えば図19に示すように、符号P2で示される。

[0139] 隣り合う山部の間隔は、走査型電子顕微鏡（SEM）を用いて撮影した貫通電極基板の断面の画像に基いて測定する。隣り合う山部の間隔は、任意の10箇所の間隔の算術平均値とする。

[0140] 蛇腹形状部において、山部および谷部は、規則的に配置されていてもよく、不規則に配置されていてもよい。

[0141] （2）蛇腹配線層の形態

蛇腹配線層は、ビア用パッド部および配線基板接続用パッド部を電氣的に接続するように配置される。

[0142] 蛇腹配線層の平面視形状としては、蛇腹配線層がビア用パッド部および配線基板接続用パッド部を電氣的に接続するように配置されていればよく、例えば、図2（a）に示すような直線、図20に示すような曲線、図示しないが波線、ジグザク線、直角線が挙げられる。蛇腹配線層の平面視形状が直線以外である場合、蛇腹配線層の長さが長くなる。そのため、応力振幅を小さくすることができる。よって、蛇腹配線層が繰り返し熱応力を受けた際、断線が抑制され、接続信頼性が向上する。

[0143] 蛇腹配線層の長さは、貫通電極基板の大きさに応じて適宜設定されるが、例えば、 $50\text{ }\mu\text{m}$ 以上が好ましく、 $100\text{ }\mu\text{m}$ 以上であってもよく、 $200\text{ }\mu\text{m}$ 以上であってもよい。蛇腹配線層の長さが短すぎると、蛇腹配線層が伸縮しにくくなり、断線しやすくなる可能性がある。蛇腹配線層の長さが上記範囲であれば、応力振幅を小さくすることができる。

よって、蛇腹配線層が繰り返し熱応力を受けた際、断線が抑制され、接続信頼性を維持できる。一方、蛇腹配線層の長さは、例えば $1000\text{ }\mu\text{m}$ 以下であり、 $500\text{ }\mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $300\text{ }\mu\text{m}$ 以下であってもよい。

蛇腹配線層の長さが長すぎると、電気特性が低下する可能性がある。具体的には、蛇腹配線層の長さは、 $50\mu\text{m}$ 以上 $1000\mu\text{m}$ 以下であり、 $100\mu\text{m}$ 以上 $500\mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $200\mu\text{m}$ 以上 $300\mu\text{m}$ 以下であってもよい。蛇腹配線層の長さは、平面視における蛇腹配線層の長さをいう。

[0144] 蛇腹配線層の厚さは、特に限定されない。例えば、後述するように蛇腹配線層の材料が伸縮性を有さない場合、蛇腹配線層の厚さは、例えば 1nm 以上であり、 100nm 以上であってもよく、 1000nm 以上であってもよい。また、この場合、蛇腹配線層の厚さは、例えば $100\mu\text{m}$ 以下であり、 $10\mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $3\mu\text{m}$ 以下であってもよい。すなわち、この場合、蛇腹配線層の厚さは、例えば 1nm 以上 $100\mu\text{m}$ 以下であり、 100nm 以上 $10\mu\text{m}$ 以下であってもよく、 1000nm 以上 $3\mu\text{m}$ 以下であってもよい。一方、後述するように蛇腹配線層の材料が伸縮性を有する場合、蛇腹配線層の厚さは、例えば $5\mu\text{m}$ 以上であり、 $10\mu\text{m}$ 以上であってもよく、 $20\mu\text{m}$ 以上であってもよい。また、この場合、蛇腹配線層の厚さは、例えば $60\mu\text{m}$ 以下であり、 $50\mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $40\mu\text{m}$ 以下であってもよい。すなわち、この場合、蛇腹配線層の厚さは、例えば $5\mu\text{m}$ 以上 $60\mu\text{m}$ 以下であり、 $10\mu\text{m}$ 以上 $50\mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $20\mu\text{m}$ 以上 $40\mu\text{m}$ 以下であってもよい。

[0145] 蛇腹配線層の幅は、例えば、 $10\mu\text{m}$ 以上 $100\mu\text{m}$ 以下である。

[0146] 上述したように、弾性絶縁層のビア用パッド部および配線基板接続用パッド部側の面において、全面に凹凸形状が配置されている場合、蛇腹配線層は、ビア用パッド部および配線基板接続用パッド部を兼ねていてもよい。例えば図21においては、弾性絶縁層5のビア用パッド部7および配線基板接続用パッド部8側の面において、全面に凹凸形状9が配置されており、蛇腹配線層22が、ビア用パッド部7および配線基板接続用パッド部8を兼ねている。この場合、弾性絶縁層のビア用パッド部および配線基板接続用パッド部側の面において、ビア用パッド部および配線基板接続用パッド部の領域にも

、凹凸形状が配置されることになる。

[0147] (3) 蛇腹配線層の物性

蛇腹配線層において、ナノインデンテーション法により測定される弾性率は、例えば100MPa以上であり、200MPa以上であってもよい。一方、上記弾性率は、例えば300GPa以下であり、200GPa以下であってもよく、100GPa以下であってもよい。すなわち、上記弾性率は、100MPa以上300GPa以下であり、100MPa以上200GPa以下であり、200MPa以上200GPa以下であってもよく、200MPa以上100GPa以下であってもよい。

[0148] (4) 蛇腹配線層の材料

蛇腹配線層の材料は、伸縮性を有していてもよく、伸縮性を有していなくてもよい。伸縮性を有さない材料としては、例えば、金、銀、銅、アルミニウム、白金、クロム等の金属、これらの金属を含む合金が挙げられる。一方、伸縮性を有する材料としては、例えば、導電性粒子およびエラストマーを含有する導電性組成物が挙げられる。この場合、蛇腹配線層は、導電性粒子およびエラストマーを含む。導電性粒子としては、例えば、金、銀、銅、ニッケル、パラジウム、白金、カーボン等の粒子が挙げられる。また、エラストマーとしては、例えば、スチレン系エラストマー、アクリル系エラストマー、オレフィン系エラストマー、ウレタン系エラストマー、シリコーンゴム、ウレタンゴム、フッ素ゴム、ニトリルゴム、ポリブタジエン、ポリクロロプレンが挙げられる。

[0149] (5) 蛇腹配線層の形成方法

蛇腹配線層の形成方法は、特に限定されない。例えば、蛇腹配線層の材料が伸縮性を有さない場合、例えば蒸着法、スパッタリング法、めっき法、金属箔の転写、圧着等の方法により導電膜を形成し、その後、フォトリソグラフィ法により導電膜をパターニングする方法が挙げられる。一方、蛇腹配線層の材料が伸縮性を有する場合、例えば、一般的な印刷法により導電性粒子およびエラストマーを含有する導電性組成物をパターン状に印刷する方法が

挙げられる。

[0150] 3. 第1ポリマー層

本実施態様における貫通電極基板は、弾性絶縁層と蛇腹配線層との間に第1ポリマー層を有することが好ましい。例えば図22においては、弾性絶縁層5と蛇腹配線層22との間に第1ポリマー層23が配置されている。第1ポリマー層により、蛇腹配線層にかかる応力および応力振幅を低減できる。

[0151] 第1ポリマー層の弾性率は、上記弾性絶縁層の弾性率より大きいことが好ましい。第1ポリマー層の弾性率が、上記弾性絶縁層の弾性率より小さく、柔らかすぎると、蛇腹配線層にかかる応力が不均一になる可能性がある。そのため、応力が集中し、蛇腹配線層が断線するおそれがある。

[0152] 第1ポリマー層において、ナノインデンテーション法により測定される弾性率は、例えば20GPa以下である。上記弾性率が大きすぎると、第1ポリマー層の断裂とともに、蛇腹配線層が断線するおそれがある。一方、第1ポリマー層の弾性率は、上述したように、上記弾性絶縁層の弾性率より大きいことが好ましく、第1ポリマー層の下限は特に限定されない。

[0153] 第1ポリマー層の材料としては、ポリイミド、パリレンが好ましい。

[0154] 第1ポリマー層は、平面視において、蛇腹配線層が配置される領域に少なくとも配置されていればよい。中でも、図22に例示するように、第1ポリマー層23は、蛇腹配線層22が配置される領域以外の領域には配置されていないことが好ましい。第1ポリマー層によって、弾性絶縁層のビア用パッド部および配線基板接続用パッド側の面の伸縮が抑えられてしまうおそれがある。

[0155] 第1ポリマー層は、蛇腹配線層がビア用パッド部および配線基板接続用パッドに電氣的に接続するように、平面視において、ビア用パッド部上および配線基板接続用パッド上に開口部を有するように配置される。

[0156] 第1ポリマー層も、平面視において、蛇腹配線層と重なる領域には、蛇腹形状部を有する。

[0157] 第1ポリマー層の厚さは、例えば1nm以上100μm以下である。

[0158] 4. 第2ポリマー層

本実施態様における貫通電極基板は、蛇腹配線層の弾性絶縁層とは反対の面側に第2ポリマー層を有することが好ましい。例えば図22においては、蛇腹配線層22の弾性絶縁層5とは反対の面側に第2ポリマー層24が配置されている。第2ポリマー層により、蛇腹配線層にかかる応力および応力振幅を低減できる。

[0159] 第1ポリマー層および第2ポリマー層のうち、少なくともいずれか一方が配置されていることが好ましく、少なくとも第1ポリマー層が配置されていることがより好ましく、第1ポリマー層および第2ポリマー層の両方が配置されていることがさらに好ましい。例えば図22においては、第1ポリマー層23および第2ポリマー層24の両方が配置されている。

[0160] 第2ポリマー層の弾性率、材料および厚さについては、上記第1ポリマー層の弾性率、材料および厚さと同様である。

[0161] 第2ポリマー層は、平面視において、蛇腹配線層が配置される領域に少なくとも配置されていればよい。中でも、図22に例示するように、第2ポリマー層24は、蛇腹配線層22、ビア用パッド部7および配線基板接続用パッド部8が配置される領域以外の領域には配置されていないことが好ましい。第2ポリマー層によって、弾性絶縁層のビア用パッド部および配線基板接続用パッド側の面の伸縮が抑えられてしまうおそれがある。

[0162] また、図22に例示するように、第2ポリマー層24は、平面視において、ビア用パッド部7および配線基板接続用パッド部8に重なるように配置されていることが好ましい。

[0163] 第2ポリマー層も、平面視において、蛇腹配線層と重なる領域には、蛇腹形状部を有する。

[0164] C. 素子付き貫通電極基板

本実施態様における素子付き貫通電極基板は、上述の貫通電極基板と、上記貫通電極基板に実装された素子と、を有する。

[0165] 図3は、本実施態様における素子付き貫通電極基板の一例を示す概略断面

図である。図3に示すように、素子付き貫通電極基板30は、上述の貫通電極基板20と、貫通電極基板20の素子接続用パッド部11に電氣的に接続された第1接合部31と、第1接合部31に電氣的に接続された素子32と、を有する。

[0166] 本実施態様における素子付き貫通電極基板は、上述の貫通電極基板を有するため、断線を抑制でき、接続信頼性を高めることができる。

[0167] 以下、本実施態様における素子付き貫通電極基板について、構成毎に説明する。

[0168] 1. 貫通電極基板

貫通電極基板については、上記「B. 貫通電極基板」に詳しく記載したので、ここでの説明は省略する。

[0169] 2. 素子

本実施態様における素子としては、例えば、IC、トランジスタ、ダイオード等の能動素子や、抵抗、コンデンサ、インダクタ等の受動素子等が挙げられる。また、素子として、例えば、ICチップ、LSIチップ、MEMSチップを挙げることもできる。

[0170] 貫通電極基板の素子接続用パッド部には第1接合部を介して素子を実装する。第1接合部としては、一般的に素子の実装に用いられる接合部を使用できる。第1接合部の材料としては、例えば、はんだ、金や金合金、導電性ペースト、異方性導電ペースト、異方性導電膜が挙げられる。

[0171] また、貫通電極基板と素子との間にアンダーフィル樹脂が充填されることで、アンダーフィル樹脂部が配置されていてもよい。また、素子がモールド樹脂で封止されることで、素子を覆うようにモールド樹脂部が配置されていてもよい。

[0172] D. 半導体装置

本実施態様における半導体装置は、上述の素子付き貫通電極基板と、上記貫通電極基板の配線基板接続用パッドに電氣的に接続された配線基板と、を有する。

[0173] 図4は、本実施態様における半導体装置の一例を示す概略断面図である。

図4に示すように、半導体装置40は、貫通電極基板20と、貫通電極基板20と、貫通電極基板20の素子接続用パッド部11に電氣的に接続された第1接合部31と、第1接合部31に電氣的に接続された素子32と、貫通電極基板20の配線基板接続用パッド8に電氣的に接続された第2接合部41と、第2接合部41に電氣的に接続された配線基板42と、を有する。

[0174] 本実施態様における半導体装置は、上述の素子付き貫通電極基板を有するため、断線を抑制でき、接続信頼性を高めることができる。

[0175] 以下、本実施態様における半導体装置について、構成毎に説明する。

[0176] 1. 素子付き貫通電極基板

素子付き貫通電極基板については、上記「C. 素子付き貫通電極基板」に詳しく記載したので、ここでの説明は省略する。

[0177] 2. 配線基板

本実施態様における配線基板としては、一般的な配線基板を使用できる。

[0178] 貫通電極基板の配線基板接続用パッド部には第2接合部を介して配線基板を電氣的に接続する。第2接合部の材料については、上記第1接合部の材料と同様である。

[0179] 3. 用途

本実施態様における半導体装置の用途は、特に限定されず、例えば、ノート型パーソナルコンピュータ、タブレット端末、携帯電話、スマートフォン、デジタルビデオカメラ、デジタルカメラ、デジタル時計、サーバが挙げられる。

[0180] 11. 第2実施態様

次に、本開示の第2実施態様における貫通電極基板、素子付き貫通電極基板、および半導体装置について詳細に説明する。

[0181] A. 貫通電極基板

本実施態様における貫通電極基板は、第1面および上記第1面に対向する第2面を有し、第1貫通孔を有するガラス基板と、上記ガラス基板の上記第

1 貫通孔内に配置された貫通電極と、上記ガラス基板の上記第 1 面側に、少なくとも上記貫通電極と上記ガラス基板との境界を被覆するように配置され、かつ、上記第 1 貫通孔と接続する第 2 貫通孔を有する被覆絶縁層と、上記被覆絶縁層の上記第 2 貫通孔内に配置され、上記貫通電極に電氣的に接続された第 1 ビアと、上記被覆絶縁層の上記ガラス基板とは反対の面側に配置され、第 3 貫通孔を有する弾性絶縁層と、上記弾性絶縁層の上記第 3 貫通孔内に配置され、上記第 1 ビアに電氣的に接続された第 2 ビアと、上記弾性絶縁層の上記被覆絶縁層とは反対の面側に配置され、上記第 2 ビアに電氣的に接続され、配線基板に電氣的に接続される配線基板接続用パッド部と、を有する。

[0182] 図 23 は、本実施態様における貫通電極基板の一例を示す概略断面図である。図 23 に示すように、貫通電極基板 101 は、第 1 面 102a および第 1 面 102a に対向する第 2 面 102b を有し、第 1 貫通孔 102c を有するガラス基板 102 と、ガラス基板 102 の第 1 貫通孔 102c 内に配置された貫通電極 103 と、ガラス基板 102 の第 1 面 102a 側に、貫通電極 103 とガラス基板 102 との境界 α を被覆するように配置され、かつ、第 1 貫通孔 102c と接続する第 2 貫通孔 104c を有する被覆絶縁層 104 と、被覆絶縁層 104 の第 2 貫通孔 104c 内に配置され、貫通電極 103 に電氣的に接続された第 1 ビア 105 と、被覆絶縁層 104 のガラス基板 102 とは反対の面側に配置され、第 1 ビア 105 に電氣的に接続された第 1 導電層 106a を含む第 1 配線層 106 と、被覆絶縁層 104 のガラス基板 102 とは反対の面側に配置され、第 3 貫通孔 107c を有する弾性絶縁層 107 と、弾性絶縁層 107 の第 3 貫通孔 107c 内に配置され、第 1 配線層 106 の第 1 導電層 106a を介して第 1 ビア 105 に電氣的に接続された第 2 ビア 108 と、弾性絶縁層 107 の被覆絶縁層 104 とは反対の面側に配置され、第 2 ビア 108 に電氣的に接続され、配線基板に電氣的に接続される配線基板接続用パッド部 109 と、を有する。

[0183] 図 23 は、本実施態様における貫通電極基板を有する素子付き貫通電極基

板の一例を示す概略断面図である。図23において、貫通電極基板101は、ガラス基板102の第2面102b側に配置され、貫通電極103に電氣的に接続され、素子に電氣的に接続される素子接続用パッド部111をさらに有する。図23に示すように、素子付き貫通電極基板120は、貫通電極基板101と、貫通電極基板101の素子接続用パッド部111に電氣的に接続された第1接合部121と、第1接合部121に電氣的に接続された素子122と、を有する。

[0184] 図25は、本実施態様における貫通電極基板を有する半導体装置の一例を示す概略断面図である。図25に示すように、半導体装置130は、貫通電極基板1と、貫通電極基板101の素子接続用パッド部111に電氣的に接続された第1接合部121と、第1接合部121に電氣的に接続された素子122と、貫通電極基板101の配線基板接続用パッド109に電氣的に接続された第2接合部131と、第2接合部131に電氣的に接続された配線基板132と、を有する。

[0185] 例えば、第1接合部がはんだ接合部であり、半導体装置の製造工程におけるリフロー工程において、はんだ接合部を介して貫通電極基板と素子とを接合する際、貫通電極基板と素子とは、熱により膨張し、その後、冷却により収縮する。この際、貫通電極基板と素子との熱膨張係数の差が大きいと、第1接合部および素子接続用パッド部に応力が発生し、クラックおよび断線が生じやすくなる。また、例えば、半導体装置を高温環境で使用する場合も、貫通電極基板と素子との熱膨張係数の差が大きいと、第1接合部および素子接続用パッド部に応力が発生し、クラックおよび断線が生じやすくなる。

[0186] これに対し、本実施態様においては、貫通電極基板101がガラス基板102を有しており、貫通電極基板101をいわゆるガラスインターポーザとして用いる。そのため、ガラス基板102と素子122との熱膨張係数の差を小さくすることができ、第1接合部121および素子接続用パッド部111に応力が発生するのを抑制できる。よって、第1接合部121および素子接続用パッド部111のクラックおよび断線を抑制できる。

- [0187] また、例えば、第2接合部がはんだ接合部であり、半導体装置の製造工程におけるリフロー工程において、はんだ接合部を介して貫通電極基板と配線基板とを接合する際、貫通電極基板と配線基板とは、熱により膨張し、その後、冷却により収縮する。この際、貫通電極基板と配線基板との熱膨張係数の差が大きいと、貫通電極基板と配線基板との間で断線が生じやすくなる。また、例えば、半導体装置を高温環境で使用する場合も、貫通電極基板と配線基板との熱膨張係数の差が大きいと、第2接合部および配線基板接続用パッド部に応力が発生し、クラックおよび断線が生じやすくなる。
- [0188] これに対し、本実施態様においては、弾性を有する弾性絶縁層107が配置されていることにより、弾性絶縁層107の配線基板接続用パッド部109側の面は、伸縮性を有する。また、弾性絶縁層107の配線基板接続用パッド部109側の面が伸縮するに伴い、弾性絶縁層107の第3貫通孔107c内に配置された第2ビア108は斜めに変形する。このように、弾性絶縁層107の配線基板接続用パッド部109側の面が伸縮し、第2ビア108が斜めに変形することにより、貫通電極基板101と配線基板132との熱膨張係数の差による応力を緩和できる。よって、第2接合部131および配線基板接続用パッド部109のクラックおよび断線を抑制できる。
- [0189] 図26は、本実施態様における貫通電極基板の他の例を示す概略断面図である。図26に示す貫通電極基板101においては、弾性絶縁層107が被覆絶縁層104を兼ねており、第2ビア108が第1ビア105を兼ねている。図26に示すように、貫通電極基板101は、第1面102aおよび第1面102aに対向する第2面102bを有し、第1貫通孔102cを有するガラス基板102と、ガラス基板102の第1貫通孔102c内に配置された貫通電極103と、ガラス基板102の第1面102a側に、貫通電極3とガラス基板102との境界 α を被覆するように配置され、かつ、第1貫通孔102cと接続する第3貫通孔107cを有する弾性絶縁層107（第1貫通孔102cと接続する第2貫通孔104cを有する被覆絶縁層104）と、弾性絶縁層107の第3貫通孔107c（被覆絶縁層104の第2貫

通孔 104c) 内に配置され、貫通電極 3 に電氣的に接続された第 2 ビア 108 (第 1 ビア 105) と、弾性絶縁層 107 のガラス基板 102 とは反対の面側に配置され、第 2 ビア 108 に電氣的に接続され、配線基板に電氣的に接続される配線基板接続用パッド部 109 と、を有する。

[0190] 本実施態様においては、図 26 に示す貫通電極基板においても、図 23 に示す貫通電極基板と同様の効果を奏する。

[0191] ここで、貫通電極基板を素子とマザーボードとの間に介在させた半導体装置の製造においては、アニール工程やリフローはんだ付け工程等の熱処理が行われる。図 13 (a) および図 13 (b) は、半導体装置の製造過程の熱処理時における貫通電極基板の様子を説明するための概略図である。図 13 (a) に示すような、第 1 貫通孔 102c 内に充填された貫通電極 103 を有する貫通電極基板においては、熱処理時に、図 13 (b) に示すように、ガラス基板 102 と貫通電極 103 との熱膨張係数の差によって、ガラス基板 102 と貫通電極 103 との間に隙間 G が生じる場合がある。また、熱処理時に、図 13 (b) に示すように、ガラス基板 102 と貫通電極 103 との熱膨張係数の差によって、ガラス基板 102 の第 1 面または第 2 面に対して貫通電極 103 が盛り上がる場合がある。さらに、熱処理時に、貫通電極 103 を構成する材料に残存する、水分や水素等のガス成分が放出されることにより、貫通電極 103 が押し上げられる場合もある。このような隙間や膨らみが生じると、貫通電極とガラス基板との境界近傍に配置されている導電層やパッド部が断線する場合がある。また、パッド部に接続されている配線が断線する場合がある。

[0192] 本実施態様において、被覆絶縁層 104 には、後述するように樹脂が用いられる。図 23 に示すように、被覆絶縁層 104 が、ガラス基板 102 および貫通電極 103 の境界 α を被覆するように配置されていると、被覆絶縁層 104 の一部が貫通電極 103 の一部に接しているため、熱処理時に貫通電極 103 の内部からガスが放出されたとしても、そのガスを被覆絶縁層 104 を通って外部に放出させることができる。そのため、境界 α 近傍に配置さ

れている第1配線層106の第1導電層106aに膨らみが生じるのを抑制できる。また、被覆絶縁層104が、ガラス基板102および貫通電極103の境界 α を被覆するように配置されていることにより、熱処理時に貫通電極103およびガラス基板102の間に隙間が生じたとしても、貫通電極103およびガラス基板102の間の隙間を被覆絶縁層104によって覆うことができ、境界 α 上に位置する第1配線層106の第1導電層106aの断線を抑制できる。さらに、熱処理時に隙間や膨らみによって、貫通電極103とガラス基板102との間で段差が生じたとしても、被覆絶縁層104が貫通電極103とガラス基板102との間の段差を吸収できるため、境界 α 近傍に配置されている第1配線層106の第1導電層106aに急な段差が生じることを抑制できる。

[0193] また、本実施態様において、弾性絶縁層7には、後述するようにエラストマーが用いられる。図26に示すように、弾性絶縁層107が被覆絶縁層104を兼ねる場合、弾性絶縁層107が、ガラス基板102および貫通電極103の境界 α を被覆するように配置されていると、弾性絶縁層107の一部が貫通電極103の一部に接しているため、熱処理時に貫通電極103の内部からガスが放出されたとしても、そのガスを弾性絶縁層107を通して外部に放出させることができる。そのため、境界 α 近傍に配置されている配線基板接続用パッド部109に膨らみが生じるのを抑制できる。また、弾性絶縁層107が、ガラス基板102および貫通電極103の境界 α を被覆するように配置されていることにより、熱処理時に貫通電極103およびガラス基板102の間に隙間が生じたとしても、貫通電極103およびガラス基板102の間の隙間を弾性絶縁層107によって覆うことができ、境界 α 上に位置する配線基板接続用パッド部109の断線を抑制できる。さらに、熱処理時に隙間や膨らみによって、貫通電極103とガラス基板102との間で段差が生じたとしても、弾性絶縁層107が貫通電極103とガラス基板102との間の段差を吸収できるため、境界 α 近傍に配置されている配線基板接続用パッド部109に急な段差が生じることを抑制できる。

[0194] このように、被覆絶縁層が、ガラス基板および貫通電極の境界を被覆するように配置されていることにより、貫通電極とガラス基板との境界近傍に配置されている導電層やパッド部が断線するのを抑制できる。よって、歩留まりを高めることができる。

[0195] したがって、本実施態様においては、接続信頼性を高めることができる。

[0196] 以下、本実施態様における貫通電極基板について構成毎に説明する。

[0197] 1. 弾性絶縁層

本実施態様における弾性絶縁層は、被覆絶縁層のガラス基板とは反対の面側に配置され、被覆絶縁層を厚さ方向に貫通する第3貫通孔を有する。

[0198] (1) 弾性絶縁層の物性

本実施態様における弾性絶縁層の物性は、上記第1実施態様における「A. 貫通電極基板中間体 1. 弾性絶縁層 (2) 弾性絶縁層の物性」の記載と同様であるので、ここでの説明は省略する。

なお、弾性絶縁層において、バーコビッチ圧子を押し込む面が、弾性絶縁層の配線基板接続用パッド部側の面とする点のみ異なる。

[0199] (2) 弾性絶縁層の材料

本実施態様における弾性絶縁層の材料は、上記第1実施態様における「A. 貫通電極基板中間体 1. 弾性絶縁層 (3) 弾性絶縁層の材料」の記載と同様であるので、ここでの説明は省略する。

[0200] (3) 凹凸形状

弾性絶縁層は、配線基板接続用パッド部側の面に、複数の凸部および複数の凹部を含む凹凸形状を有することが好ましい。例えば図27において、弾性絶縁層107は、配線基板接続用パッド部109側の面に、複数の凸部110aおよび複数の凹部110bを含む凹凸形状110を有する。また、例えば図28において、弾性絶縁層107は被覆絶縁層104を兼ねており、弾性絶縁層107は、配線基板接続用パッド部109側の面に、複数の凸部110aおよび複数の部110bを含む凹凸形状110を有する。弾性絶縁層107が、弾性を有するとともに、配線基板接続用パッド部109側の面

に凹凸形状 110 を有することにより、弾性絶縁層 107 の配線基板接続用パッド部 109 側の面の伸縮性が高くなる。弾性絶縁層 107 の配線基板接続用パッド部 109 側の面が伸縮することにより、貫通電極基板と配線基板との熱膨張係数の差による応力をさらに緩和できる。よって、第 2 接合部および配線基板接続用パッド部のクラックおよび断線を効果的に抑制できる。

[0201] 凹凸形状において、隣り合う凸部および凹部の高低差は、弾性絶縁層の厚さより小さいことが好ましい。上記高低差は、例えば $50\ \mu\text{m}$ 以下であり、 $15\ \mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $10\ \mu\text{m}$ 以下であってもよい。上記高低差が大きすぎると、弾性絶縁層の配線基板接続用パッド部側の面が、配線基板に接してしまう可能性がある。一方、上記高低差は、例えば、 $1\ \mu\text{m}$ 以上であり、 $3\ \mu\text{m}$ 以上であってもよく、 $5\ \mu\text{m}$ 以上であってもよい。上記高低差が小さすぎると、凹凸形状による伸縮性の向上の効果が十分に得られない可能性がある。具体的には、上記高低差は、 $1\ \mu\text{m}$ 以上 $50\ \mu\text{m}$ 以下であり、 $3\ \mu\text{m}$ 以上 $15\ \mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $5\ \mu\text{m}$ 以上 $10\ \mu\text{m}$ 以下であってもよい。隣り合う凸部および凹部の高低差は、例えば図 29 に示すように、符号 H1 で示され、隣り合う凸部 110a および凹部 110b の間の、ガラス基板の第 1 面の法線方向の距離である。

[0202] 隣り合う凸部および凹部の高低差は、走査型電子顕微鏡 (SEM) を用いて撮影した貫通電極基板の断面の画像に基いて測定する。隣り合う凸部および凹部の高低差は、任意の 10 箇所の高低差の算術平均値とする。

[0203] 凹凸形状において、隣り合う凸部の間隔は、特に限定されない。上記間隔は、例えば $2\ \mu\text{m}$ 以上であり、 $5\ \mu\text{m}$ 以上であってもよく、 $6\ \mu\text{m}$ 以上であってもよい。一方、上記間隔は、例えば $20\ \mu\text{m}$ 以下であり、 $10\ \mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $9\ \mu\text{m}$ 以下であってもよい。具体的には、上記間隔は、 $2\ \mu\text{m}$ 以上 $20\ \mu\text{m}$ 以下であり、 $5\ \mu\text{m}$ 以上 $10\ \mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $6\ \mu\text{m}$ 以上 $9\ \mu\text{m}$ 以下であってもよい。隣り合う凸部の間隔は、例えば図 29 に示すように、符号 P1 で示され、隣り合う凸部 110a の中心間の距離である。

- [0204] 隣り合う凸部の間隔は、走査型電子顕微鏡（SEM）を用いて撮影した貫通電極基板の断面の画像に基いて測定する。隣り合う凸部の間隔は、任意の10箇所の間隔の算術平均値とする。
- [0205] 凹凸形状において、凸部および凹部は、規則的に配置されていてもよく、不規則に配置されていてもよい。
- [0206] 凸部の断面形状において、凸部の頂部が丸みを有することが好ましい。凸部の断面形状としては、例えば半円形状または半楕円形状が挙げられる。また、凹部の断面形状において、凹部の底部が丸みを有することが好ましい。凹部の断面形状としては、例えば半円形状または半楕円形状が挙げられる。弾性絶縁層の凹凸形状の上に配線基板接続用パッド部が配置される場合、凸部および凹部が上記のような形状であれば、配線基板接続用パッド部の断線を抑制できる。
- [0207] 弾性絶縁層の配線基板接続用パッド部側の面において、凹凸形状の位置は特に限定されない。弾性絶縁層の配線基板接続用パッド部側の面において、全面に凹凸形状が配置されていてもよく、部分的に凹凸形状が配置されていてもよい。例えば図27および図28においては、弾性絶縁層107の配線基板接続用パッド部109側の面において、部分的に凹凸形状110が配置されている。例えば図30および図31においては、弾性絶縁層107の配線基板接続用パッド部109側の面において、全面に凹形状110が配置されている。中でも、図27、図28、図30および図31に示すように、弾性絶縁層107の配線基板接続用パッド部109側の面において、凹凸形状110は、隣接する配線基板接続用パッド部109の間の領域に少なくとも配置されていることが好ましい。上述したように、凹凸形状により、貫通電極基板と配線基板との熱膨張係数の差による応力をさらに緩和できる。よって、貫通電極基板を備える半導体装置において、第2接合部および配線基板接続用パッド部のクラックおよび断線を効果的に抑制できる。
- [0208] （4）弾性絶縁層の形態
- 本実施態様においては、上述したように、弾性絶縁層が被覆絶縁層を兼ね

ていてもよく、兼ねていなくてもよい。中でも、弾性絶縁層が被覆絶縁層を兼ねておらず、すなわち弾性絶縁層および被覆絶縁層がそれぞれ配置されていることが好ましい。被覆絶縁層については、後述する。

[0209] 弾性絶縁層の厚さは、例えば、 $5\ \mu\text{m}$ 以上であり、 $15\ \mu\text{m}$ 以上であつてもよく、 $50\ \mu\text{m}$ 以上であつてもよい。弾性絶縁層の厚さが上記範囲であれば、弾性絶縁層の線基板接続用パッド部側の面が伸縮しやすくなる。一方、弾性絶縁層の厚さは、例えば、 $200\ \mu\text{m}$ 以下であり、 $100\ \mu\text{m}$ 以下であつてもよく、 $60\ \mu\text{m}$ 以下であつてもよい。弾性絶縁層の厚さが厚すぎると、貫通電極基板全体の厚さが厚くなる場合がある。具体的には、弾性絶縁層の厚さは、 $5\ \mu\text{m}$ 以上 $200\ \mu\text{m}$ 以下であり、 $15\ \mu\text{m}$ 以上 $100\ \mu\text{m}$ 以下であつてもよく、 $50\ \mu\text{m}$ 以上 $60\ \mu\text{m}$ 以下であつてもよい。

[0210] 本明細書において、各層の厚さは、走査型電子顕微鏡（SEM）を用いて撮影した貫通電極基板の断面の画像に基いて測定する。厚さは、任意の5箇所厚さの算術平均値とする。

[0211] （5）弾性絶縁層の形成方法

弾性絶縁層は、上記の材料を塗布することより形成できる。また、第3貫通孔の形成方法としては、弾性絶縁層の材料に応じて適宜選択され、例えばフォトリソグラフィ法、レーザ加工、金型を用いた賦形が挙げられる。フォトリソグラフィ法の場合、弾性絶縁層の材料が感光性材料であつてもよく、弾性絶縁層上にレジストパターンを形成してもよい。金型を用いた賦形の場合、金型を用いて賦型により弾性絶縁層の表面に凹凸形状を形成すると同時に、この金型を用いて賦形により弾性絶縁層に第3貫通孔を形成してもよい。また、凹凸形状の形成方法としては、例えば、金型を用いた賦形が挙げられる。

[0212] 2. 第2ビア

本実施態様における第2ビアは、上記弾性絶縁層の第3貫通孔内に配置され、第1ビアおよび配線基板接続用パッド部に電氣的に接続される。

[0213] 第2ビアの材料としては、導電性を有する材料であれば特に限定されず、

一般的なビアに用いられる導電性材料を使用することができ、ビアの形態や形成方法等に応じて適宜選択される。

- [0214] 第2ビアの形成方法としては、一般的なビアの形成方法を用いることができ、ビアの形態等に応じて適宜選択される。第2ビアの形成方法においては、まず、弾性絶縁層に第3貫通孔を形成し、次いで、弾性絶縁層の第3貫通孔内に第2ビアを形成する。弾性絶縁層の第3貫通孔内にビアを形成する方法としては、例えば、真空蒸着法やスパッタリング法等のPVD法、CVD法、めっき法が挙げられる。弾性絶縁層の第3貫通孔内に導電性材料を充填してビアを形成すると同時に、この導電性材料で配線基板接続用パッド部を形成してもよい。また、めっき法の場合、まず、弾性絶縁層に第3貫通孔を形成した後、弾性絶縁層の全面にスパッタリング法等によりシード層を形成し、次いで、シード層上にフォトリソ層を形成し、続いて、配線基板接続用パッド部の開口部を有するようにフォトリソ層をパターニングし、次に、フォトリソ層の開口部に電気めっきを施してめっき層を形成して、第2ビアおよび配線基板接続用パッド部を同時に形成する。この場合、第2ビアおよび配線基板接続用パッド部は、シード層とめっき層とを有する。

[0215] 3. 被覆絶縁層

本実施態様における被覆絶縁層は、少なくとも貫通電極とガラス基板との境界を被覆するように配置され、かつ、ガラス基板の第1貫通孔と接続し、被覆絶縁層を厚さ方向に貫通する第2貫通孔を有する。

- [0216] 被覆絶縁層は、ガラス基板と直接接していることが好ましい。

- [0217] 被覆絶縁層の材料は、絶縁性樹脂であることが好ましい。絶縁性樹脂としては、例えば、ポリイミド、ポリアミド、ポリアミドイミド、ポリエチレンテレフタレート、ポリエチレンナフタレート、ポリフェニレンスルフィド、ポリエーテルエーテルケトン、ポリエーテルスルホン、ポリカーボネート、ポリエーテルイミド、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、ポリフェニレンエーテル、アクリル樹脂、ポリオレフィン、ポリシクロオレフィン、液晶性高分子化合物が挙げられる。ポリオレフィンとしては、例えばポリエチレン、ポ

リプロピレが挙げられる。ポリシクロオレフィンとしては、例えばポリノルボルネンが挙げられる。

[0218] 図32(a)～図32(c)は、貫通電極基板におけるガラス基板の第1貫通孔と被覆絶縁層との配置を例示する概略断面図である。図32(a)～図32(c)において、ガラス基板および被覆絶縁層以外の構成は省略している。図32(a)に示すように、被覆絶縁層104における第2貫通孔104cは、ガラス基板102における第1貫通孔102cと接続している。ガラス基板102の第1貫通孔102cの中心軸C1が、被覆絶縁層104の第2貫通孔104cの中心軸C2と略一致することが好ましい。

[0219] また、被覆絶縁層104の第2貫通孔104cのガラス基板102側の開口径d2は、ガラス基板102の第1貫通孔102cの第1面102a側の開口径d1よりも小さいことが好ましい。d2/d1の比は、例えば、0.5以上1.0未満であり、0.6以上0.9以下であってもよい。

ガラス基板102の第1貫通孔102cの第1面102a側の開口径d1は、例えば、50μm以上100μm以下であり、60μm以上90μm以下であってもよい。一方、被覆絶縁層104の第2貫通孔104cのガラス基板102側の開口径d2は、特に限定されず、例えば、40μm以上85μm以下であり、50μm以上80μm以下であってもよい。

[0220] また、被覆絶縁層104のガラス基板102側の面における第2貫通孔104cの開口の縁部E4が、ガラス基板102の第1面102cにおける第1貫通孔102cの開口の縁部E1よりも内側に配置されていることが好ましい。このような第2貫通孔104cを有する被覆絶縁層104が配置されていることによって、被覆絶縁層104によって、ガラス基板102および貫通電極103の境界αを被覆できる。

[0221] 被覆絶縁層104の第2貫通孔104cの断面視形状は、例えば図32(b)に示すように、第2貫通孔104cのガラス基板2側の開口径d2が、第2貫通孔104cのガラス基板102とは反対側の開口径d3よりも小さい逆テーパ形状であることが好ましい。第2貫通孔104cが逆テーパ形状

であると、被覆絶縁層 104 の厚さ方向の断面視において、第 2 貫通孔 104c の側壁 SS と、被覆絶縁層 104 のガラス基板 102 とは反対側の面との間の角度 θ が鈍角となる。そのため、貫通電極 103 が膨張して膨らんだとしても、被覆絶縁層 104 のガラス基板 102 とは反対側の面における第 2 貫通孔 104c の開口の縁部 E3 近傍に応力が集中するのを抑制できる。よって、被覆絶縁層のガラス基板とは反対側の面に配置されるパッド部や導電層の断線を抑制できる。

[0222] 上記角度 θ は、特に限定されず、例えば、90 度超 130 度以下であり、100 度以上 120 度以下であってもよい。上記角度 θ が上記範囲内であることにより、被覆絶縁層のガラス基板とは反対側の面に配置されるパッド部や導電層の断線をより一層抑制できる。一方、上記角度 θ が大きすぎると、第 2 貫通孔 104c のガラス基板 102 とは反対側の開口径 d_3 が大きくなってしまい、高密度実装に適さなくなるおそれがある。

[0223] 例えば図 32 (c) に示すように、被覆絶縁層 104 の厚さ方向の断面視において、被覆絶縁層 104 のガラス基板 102 とは反対側の面における第 2 貫通孔 104c の開口の縁部 E3 は、曲面を有することが好ましい。上記縁部 E3 が曲面を有することにより、被覆絶縁層のガラス基板とは反対側の面に配置されるパッド部や導電層の断線をより一層抑制できる。

[0224] 第 2 貫通孔の形成方法としては、被覆絶縁層の材料に応じて適宜選択され、例えばフォトリソグラフィ法、レーザ加工が挙げられる。フォトリソグラフィ法の場合、被覆絶縁層の材料が感光性材料であってもよく、被覆絶縁層上にレジストパターンを形成してもよい。

[0225] 4. 第 1 ビア

本実施態様における第 1 ビアは、上記被覆絶縁層の第 2 貫通孔内に配置され、貫通電極、第 2 ビアおよび配線基板接続用パッド部に電氣的に接続される。第 1 ビアは、貫通電極に直接接続していることが好ましい。

[0226] 第 1 ビアは、被覆絶縁層の第 2 貫通孔を充填するビア、いわゆるフィルドビアであってもよく、被覆絶縁層の第 2 貫通孔の側壁のみに配置されたビア

、いわゆるコンフォーマルビアであってもよい。

[0227] 第1ビアの材料については、後述の貫通電極の材料と同様である。貫通電極の材料と第1ビアの材料とは、同一であることが好ましい。

[0228] 第1ビアは、例えば、電解めっきによって形成できる。被覆絶縁層のガラス基板とは反対側の面に、後述の第1配線層の導電層が配置されている場合、第1ビアは、第1配線層の導電層と同時に形成することが好ましい。また、上記弾性絶縁層が被覆絶縁層を兼ねている場合、第1ビアは、配線基板接続用パッド部と同時に形成することができる。

[0229] 5. ガラス基板

本実施態様におけるガラス基板は、第1面および上記第1面に対向する第2面を有し、ガラス基板を厚さ方向に貫通する第1貫通孔を有する。

[0230] ガラス基板は、平坦性が良好であるため、微細な配線を狭ピッチで形成できる。また、ガラス基板は組成によって熱膨張係数を調整できるため、好ましい熱膨張係数のガラス基板を選択できる。

[0231] ガラス基板に用いられるガラスとしては、例えば、無アルカリガラス、石英が挙げられる。

[0232] ガラス基板の熱膨張係数は、例えば、 $2 \text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$ 以上 $9 \text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$ 以下が好ましい。

ガラス基板の熱膨張係数が上記範囲内であれば、ガラス基板の熱膨張係数と素子の熱膨張係数との差を十分に小さくすることができる。

[0233] 本明細書において、熱膨張係数は、線膨張係数である。熱膨張係数は、JIS R 3102:1995に準拠し、熱機械分析(TMA)により測定する。

[0234] ガラス基板の平面視形状は、特に限定されないが、例えば、長方形、正方形等の矩形が挙げられる。

[0235] ガラス基板の第1貫通孔の平面視形状は、例えば、略円形である。また、ガラス基板102の第1貫通孔102cの断面視形状としては、例えば、図23に示すようなストレート形状、図12(a)に示すような第1面102

a側の開口径が第2面102b側の開口径よりも大きい逆テーパ形状、図12(b)に示すような第1面102a側の開口径が第2面102b側の開口径よりも小さい順テーパ形状、図12(c)に示すような第1面102aと第2面102bとの間の所定の位置で径が最小となる部位を含む砂時計形状、図12(d)に示すような第1面102aと第2面102bとの間の所定の位置で径が最大となるボーイング形状が挙げられる。図12(a)～図12(d)は、ガラス基板の第1貫通孔の断面視形状を例示する概略断面図である。ガラス基板の第1貫通孔の断面視形状は、逆テーパ形状または砂時計形状のいずれか一方であることが好ましい。また、ガラス基板の第1貫通孔の各断面視形状において、ガラス基板102の第1面102aにおける第1貫通孔102cの開口の縁部E1、ガラス基板102の第2面102bにおける第1貫通孔102cの開口の縁部E2、およびガラス基板102の第1貫通孔102cの径の最小部および最大部は、曲面を有することが好ましい。貫通電極と、貫通電極に接するビアまたは導電層との断線を抑制できる。

[0236] ガラス基板の厚さは、例えば、100 μ m以上であり、200 μ m以上であってもよく、300 μ m以上であってもよく、400 μ m以上であってもよい。ガラス基板の厚さが上記範囲であることにより、ガラス基板のたわみが大きくなるのを抑制できる。このため、製造工程におけるガラス基板のハンドリングが困難になったり、ガラス基板の第1面または第2面に配置される薄膜等の内部応力に起因してガラス基板が反ってしまったりすることを抑制できる。一方、ガラス基板の厚さは、例えば、2000 μ m以下であり、1000 μ m以下であってもよく、800 μ m以下であってもよい。ガラス基板の厚さが上記範囲であれば、ガラス基板に貫通孔を形成する工程に要する時間を短くできる。具体的には、ガラス基板の厚さは、100 μ m以上2000 μ m以下であり、200 μ m以上1000 μ m以下であってもよく、300 μ m以上1000 μ m以下であってもよく、400 μ m以上800 μ m以下であってもよい。

[0237] 6. 貫通電極

本実施態様における貫通電極は、上記ガラス基板の第1貫通孔内に配置される。

[0238] 貫通電極としては、ガラス基板の第1面および第2面を電氣的に接続できればよく、その形態は特に限定されない。貫通電極の形態は、例えば、ガラス基板の第1貫通孔を充填する貫通電極、いわゆるフィルドビアであってもよく、ガラス基板の第1貫通孔の側壁のみに配置された貫通電極、いわゆるコンフォーマルビアであってもよい。また、貫通電極がコンフォーマルビアである場合、第1貫通孔内に中空部が配置されていてもよく、貫通孔内が樹脂部で充填されていてもよい。中でも、上述した貫通電極の熱膨張やガスによる課題が生じ易く、本実施態様の効果が十分に発揮される点から、貫通電極は、第1貫通孔が導電性の材料で充填されている、いわゆるフィルドビアであることが好ましい。

[0239] 貫通電極についてのその他の点については、上記第1実施態様における「A. 貫通電極基板中間体 6. 貫通電極」の記載と同様であるので、ここでの説明は省略する。

[0240] 7. 配線基板接続用パッド部

本実施態様における配線基板接続用パッド部は、上記弾性絶縁層の上記ガラス基板とは反対の面側に配置され、第2ビアおよび配線基板に電氣的に接続される。配線基板接続用パッド部は、配線を介することなく、第2ビアに直接接続される。すなわち、配線基板接続用パッド部は、第2ビアに直に接している。また、後述するように、本実施態様における貫通電極基板の配線基板接続用パッド部と、配線基板とは、第2接合部を介して電氣的に接続されるので、配線は介さない。すなわち、上記弾性絶縁層の上記ガラス基板とは反対の面には、配線基板接続用パッド部と第2ビアとを電氣的に接続するための配線も、配線基板接続用パッド部と配線基板とを電氣的に接続するための配線も存在しない。

[0241] 配線基板接続用パッド部の材料としては、導電性を有する材料であれば特に限定されず、一般的な配線に用いられる導電性材料を使用することができ

る。導電性材料としては、例えば、銅、モリブデン、チタン、タングステン、タンタル、アルミニウム、金、銀、ニッケル、パラジウム等の金属、これらの金属から選択される少なくとも1つを含む合金、あるいは酸化インジウム錫（ITO）、酸化インジウム亜鉛（IZO）等の金属酸化物を用いることができる。中でも、銅が好ましく用いられる。

[0242] 配線基板接続用パッド部の平面視形状としては、特に限定されず、例えば、円形状、楕円形状、正形状、長形状が挙げられる。

[0243] 配線基板接続用パッド部の厚さは、一般的な配線の厚さと同様である。配線基板接続用パッド部の厚さは、例えば、 $0.05\mu\text{m}$ 以上 $100\mu\text{m}$ 以下であり、 $0.1\mu\text{m}$ 以上 $50\mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $0.2\mu\text{m}$ 以上 $10\mu\text{m}$ 以下であってもよい。これにより、十分な導電性を得ることができる。

[0244] 配線基板接続用パッド部の形成方法としては、一般的な配線の形成方法を用いることができ、例えば、CVD法やスパッタリング法等のPVD法の乾式成膜法、めっき法等により導電膜を形成した後、フォトリソグラフィ法により導電膜をパターニングする方法が挙げられる。

[0245] また、配線基板接続用パッド部は、平面視において、規則的に配置されていることが好ましい。これにより、貫通電極基板を用いた半導体装置の製造工程において、貫通電極基板および配線基板を電氣的に接続する第2接合部にかかる熱履歴が均一になる。その結果、歩留まりが向上する。

[0246] 8. 第1配線層

本実施態様における貫通電極基板は、上記被覆絶縁層と上記弾性絶縁層との間に配置され、上記第1ビアおよび上記第2ビアに電氣的に接続された第1配線層を有していてもよい。

[0247] 第1配線層は、少なくとも第1導電層を有する。第1配線層は、第1層間絶縁層および第4ビアをさらに有していてもよい。第1導電層は、1層であってもよく、2層以上であってもよい。第1配線層が2層以上の第1導電層を有する場合、各第1導電層は第1層間絶縁層を介して厚さ方向に積層される。また、各第1導電層は、第4ビアを介して電氣的に接続される。例えば

図33において、第1配線層106は、ガラス基板2側から順に、第1導電層106a、第1層間絶縁層106b、第1導電層106a、第1層間絶縁層106bおよび第1導電層106aを有しており、各第1導電層106aは第4ビア106cにより電氣的に接続されている。

[0248] 第1導電層の材料としては、導電性を有する材料であれば特に限定されず、一般的にインターポーザの配線に用いられる導電性材料を使用することができる。導電性材料としては、例えば、金属や金属酸化物等の金属材料、導電性フィラーおよび樹脂を含有する導電性樹脂、導電性高分子が挙げられる。

[0249] 第1導電層の厚さは、例えば0.1 μm 以上であり、0.5 μm 以上であってもよく、1 μm 以上であってもよく、3 μm 以上であってもよく、5 μm 以上であってもよい。一方、第1導電層の厚さは、例えば20 μm 以下であり、15 μm 以下であってもよい。第1導電層の厚さは、例えば0.1 μm 以上20 μm 以下であり、0.5 μm 以上15 μm 以下であってもよく、1 μm 以上15 μm 以下であってもよく、3 μm 以上15 μm 以下であってもよく、5 μm 以上15 μm 以下であってもよい。例えばスパッタリング法により第1導電層を形成する場合、比較的薄い第1導電層を得ることができる。また、例えばめっき法により第1導電層を形成する場合には、比較的厚い第1導電層を得ることができる。

[0250] 第1導電層の形成方法は、アディティブ法であってもよく、サブトラクティブ法であってもよい。アディティブ法では、例えばフォトリソグラフィ法によりレジストパターンを形成し、レジストパターンから露出した部分に、めっき法を行うことにより、パターン状の配線層が得られる。電解めっき法を用いる場合は、レジストパターンを形成する前に、ガラス基板の第1面または第1層間絶縁層のガラス基板とは反対側の面に導電膜を形成してもよい。サブトラクティブ法では、例えば、ガラス基板の第1面側の全面に形成した導電膜上にレジストパターンを形成し、レジストパターンから露出した部分をエッチングすることにより、パターン状の第1導電層が得られる。

[0251] 第1層間絶縁層の材料は、絶縁性樹脂であることが好ましい。絶縁性樹脂としては、例えば、ポリイミド、ポリアミド、ポリアミドイミド、ポリエチレンテレフタレート、ポリエチレンナフタレート、ポリフェニレンスルフィド、ポリエーテルエーテルケトン、ポリエーテルスルホン、ポリカーボネート、ポリエーテルイミド、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、ポリフェニレンエーテル、アクリル樹脂、ポリオレフィン、ポリシクロオレフィン、液晶性高分子化合物が挙げられる。ポリオレフィンとしては、ポリエチレン、ポリプロピレン等が挙げられる。ポリシクロオレフィンとしては、ポリノルボルネン等が挙げられる。

[0252] 第1層間絶縁層の厚さは、例えば、1.5 μm 以上であり、2.5 μm 以上であってもよい。一方、第1層間絶縁層の厚さは、例えば、6 μm 以下である。第1層間絶縁層の厚さは、例えば1.5 μm 以上6 μm 以下であり、2.5 μm 以上6 μm 以下であってもよい。

[0253] 第1層間絶縁層の形成方法としては、例えば、フォトリソグラフィ法、印刷法が挙げられる。

[0254] 第4ビアについては、上記第2ビアと同様である。

[0255] 9. 第2被覆絶縁層および第3ビア

本実施態様における貫通電極基板は、上記ガラス基板の第2面側に、少なくとも貫通電極とガラス基板との境界を被覆するように配置され、かつ、第1貫通孔と接続する第4貫通孔を有する第2被覆絶縁層と、第2被覆絶縁層の第4貫通孔内に配置され、貫通電極に電氣的に接続された第3ビアとを有することが好ましい。

[0256] 図34および図35において、貫通電極基板1は、ガラス基板102の第2面102b側に、少なくとも貫通電極103とガラス基板102との境界βを被覆するように配置され、かつ、第1貫通孔102cと接続する第4貫通孔113cを有する第2被覆絶縁層113と、第2被覆絶縁層113の第4貫通孔113c内に配置され、貫通電極103に電氣的に接続され、素子接続用パッド部111に電氣的に接続された第3ビア114と、を有する。

図34および図35においては、第2被覆絶縁層113のガラス基板102とは反対側の面に、第2導電層112a、第2層間絶縁層112bおよび第5ビア112cを含む第2配線層112が配置されており、第3ビア114は、第2配線層112の第2導電層112aおよび第5ビア112cを介して素子接続用パッド部111に電氣的に接続されている。

[0257] 第2被覆絶縁層は、上記被覆絶縁層と同様の効果を奏する。第2被覆絶縁層および第3ビアについては、それぞれ、上記被覆絶縁層および上記第1ビアと同様である。

[0258] 10. 第2配線層

本実施態様における貫通電極基板は、上記ガラス基板の第2面側に配置され、上記貫通電極に電氣的に接続された第2配線層を有していてもよい。

[0259] 第2配線層は、少なくとも第2導電層を有する。第2配線層は、第2層間絶縁層および第5ビアをさらに有していてもよい。第2導電層は、1層であってもよく、2層以上であってもよい。第2配線層が2層以上の第2導電層を有する場合、各第2導電層は第2層間絶縁層を介して厚さ方向に積層される。また、各第2導電層は、第5ビアを介して電氣的に接続される。例えば図34および図35において、第2配線層112は、ガラス基板102側から順に、第2導電層112a、第2層間絶縁層112b、第2導電層112a、第2層間絶縁層112b、第2導電層112a、第2層間絶縁層112bおよび第2導電層112aを有しており、各第2導電層112aは第5ビア112cにより電氣的に接続されている。第2配線層112のガラス基板102とは反対側の面に位置する第2導電層112aは、素子接続用パッド部111を含む。

[0260] 第2配線層における第2導電層および第2層間絶縁層については、上記第1配線層における第1導電層および第1層間絶縁層と同様である。

[0261] 素子接続用パッド部の平面視形状は、上記配線基板接続用パッド部の平面視形状と同様である。

[0262] B. 素子付き貫通電極基板

本実施態様における素子付き貫通電極基板は、上述の貫通電極基板と、上記貫通電極基板に実装された素子と、を有する。

[0263] 図24は、本実施態様における素子付き貫通電極基板の一例を示す概略断面図である。図24に示すように、素子付き貫通電極基板20は、上述の貫通電極基板101と、貫通電極基板101の素子接続用パッド部111に電氣的に接続された第1接合部121と、第1接合部121に電氣的に接続された素子122と、を有する。

[0264] 本実施態様における素子付き貫通電極基板は、上述の貫通電極基板を有するため、断線を抑制でき、接続信頼性を高めることができる。

[0265] 以下、本実施態様における素子付き貫通電極基板について、構成毎に説明する。

[0266] 1. 貫通電極基板

貫通電極基板については、上記「A. 貫通電極基板」に詳しく記載したので、ここでの説明は省略する。

[0267] 2. 素子

本実施態様における素子については、上記第1実施態様における「C. 素子付き貫通電極基板 2. 素子」の記載と同様であるので、ここでの説明は省略する。

[0268] C. 半導体装置

本実施態様における半導体装置は、上述の素子付き貫通電極基板と、上記貫通電極基板の配線基板接続用パッドに電氣的に接続された配線基板と、を有する。

[0269] 図25は、本実施態様における半導体装置の一例を示す概略断面図である。図25に示すように、半導体装置130は、上述の貫通電極基板101と、貫通電極基板101の素子接続用パッド部111に電氣的に接続された第1接合部121と、第1接合部121に電氣的に接続された素子122と、貫通電極基板1の配線基板接続用パッド109に電氣的に接続された第2接合部131と、第2接合部131に電氣的に接続された配線基板132と、

を有する。

[0270] 本実施態様における半導体装置は、上述の素子付き貫通電極基板を有するため、断線を抑制でき、接続信頼性を高めることができる。

[0271] 以下、本実施態様における半導体装置について、構成毎に説明する。

[0272] 1. 素子付き貫通電極基板

素子付き貫通電極基板については、上記「B. 素子付き貫通電極基板」に詳しく記載したので、ここでの説明は省略する。

[0273] 2. 配線基板

本実施態様における配線基板としては、一般的な配線基板を使用できる。

[0274] 貫通電極基板の配線基板接続用パッド部には第2接合部を介して配線基板を電氣的に接続する。

[0275] 第2接合部の材料については、上記第1接合部の材料と同様である。

[0276] 3. 用途

本実施態様における半導体装置の用途は、特に限定されず、例えば、ノート型パーソナルコンピュータ、タブレット端末、携帯電話、スマートフォン、デジタルビデオカメラ、デジタルカメラ、デジタル時計、サーバが挙げられる。

[0277] なお、本開示は、上記実施形態に限定されるものではない。上記実施形態は、例示であり、本開示の特許請求の範囲に記載された技術的思想と実質的に同一な構成を有し、同様な作用効果を奏するものは、いかなるものであっても本開示の技術的範囲に包含される。

[0278] 本開示は、以下の発明を提供する。

[1] 第1面および上記第1面に対向する第2面を有し、貫通孔を有するガラス基板と、
上記ガラス基板の上記貫通孔内に配置された貫通電極と、
上記ガラス基板の上記第1面側に配置された弾性絶縁層と、
上記弾性絶縁層を貫通し、上記貫通電極に電氣的に接続されたビアと、
上記弾性絶縁層の上記ガラス基板とは反対の面側に配置され、上記ビアに電氣的に接続されたビア用パッド部と、

上記弾性絶縁層の上記ガラス基板とは反対の面側に配置され、配線基板に電氣的に接続される配線基板接続用パッド部と、

を有し、上記弾性絶縁層が、上記ビア用パッド部および上記配線基板接続用パッド部側の面に、複数の凸部および複数の凹部を含む凹凸形状を有する、貫通電極基板中間体。

〔2〕上記ガラス基板と上記弾性絶縁層との間に、少なくとも上記貫通電極と上記ガラス基板との境界を被覆するように配置され、かつ、上記貫通孔と接続する第2貫通孔を有する被覆絶縁層と、

上記被覆絶縁層の上記第2貫通孔内に配置され、上記貫通電極に電氣的に接続され、ビア用パッド部に電氣的に接続された第2ビアと、

を有する、〔1〕に記載の貫通電極基板中間体。

〔3〕上記弾性絶縁層が、上記被覆絶縁層を兼ねており、上記ビアが、上記第2ビアを兼ねている、〔2〕に記載の貫通電極基板中間体。

〔4〕上記ガラス基板の上記第2面側に配置され、上記貫通電極に電氣的に接続され、素子に電氣的に接続される素子接続用パッド部を有する、〔1〕から〔3〕までのいずれかに記載の貫通電極基板中間体。

〔5〕上記ガラス基板の上記第2面側に、少なくとも上記貫通電極と上記ガラス基板との境界を被覆するように配置され、かつ、上記貫通孔と接続する第3貫通孔が設けられた第2被覆絶縁層と、

上記第2被覆絶縁層の上記第3貫通孔内に配置され、上記貫通電極に電氣的に接続された第3ビアと、

を有する、〔1〕から〔4〕までのいずれかに記載の貫通電極基板中間体。

〔6〕〔1〕から〔5〕までのいずれかに記載の貫通電極基板中間体と、

上記貫通電極基板中間体の上記弾性絶縁層側の面に配置され、複数の山部および複数の谷部を有する蛇腹形状部を有し、上記ビア用パッド部および上記配線基板接続用パッド部を電氣的に接続する蛇腹配線層と、

を有する、貫通電極基板。

〔 7 〕 〔 6 〕 に記載の貫通電極基板と、上記貫通電極基板に実装された素子と、を有する、素子付き貫通電極基板。

〔 8 〕 〔 7 〕 に記載の素子付き貫通電極基板と、上記貫通電極基板の配線基板接続用パッドに電氣的に接続された配線基板と、を有する半導体装置。

〔 9 〕 第 1 面および上記第 1 面に対向する第 2 面を有し、第 1 貫通孔を有するガラス基板と、

上記ガラス基板の上記第 1 貫通孔内に配置された貫通電極と、

上記ガラス基板の上記第 1 面側に、少なくとも上記貫通電極と上記ガラス基板との境界を被覆するように配置され、かつ、上記第 1 貫通孔と接続する第 2 貫通孔を有する被覆絶縁層と、

上記被覆絶縁層の上記第 2 貫通孔内に配置され、上記貫通電極に電氣的に接続された第 1 ピアと、

上記被覆絶縁層の上記ガラス基板とは反対の面側に配置され、第 3 貫通孔を有する弾性絶縁層と、

上記弾性絶縁層の上記第 3 貫通孔内に配置され、上記第 1 ピアに電氣的に接続された第 2 ピアと、

上記弾性絶縁層の上記被覆絶縁層とは反対の面側に配置され、上記第 2 ピアに電氣的に接続され、配線基板に電氣的に接続される配線基板接続用パッド部と、

を有する、貫通電極基板。

〔 1 0 〕 上記弾性絶縁層が、上記配線基板接続用パッド部側の面に、複数の凸部および複数の凹部を含む凹凸形状を有する、〔 9 〕 に記載の貫通電極基板。

〔 1 1 〕 上記第 2 貫通孔の、上記被覆絶縁層の厚さ方向の断面視形状が、逆テーパ形状である、〔 9 〕 または〔 1 0 〕 に記載の貫通電極基板。

〔 1 2 〕 上記被覆絶縁層の厚さ方向の断面視において、上記被覆絶縁層の上記ガラス基板とは反対側の面における上記第 2 貫通孔の開口の縁部が、曲面を有する、〔 9 〕 から〔 1 1 〕 までのいずれかに記載の貫通電極基板。

〔１３〕上記弾性絶縁層が、上記被覆絶縁層を兼ねており、上記第２ビアが、上記第１ビアを兼ねている、〔９〕から〔１２〕までのいずれかに記載の貫通電極基板。

〔１４〕上記ガラス基板の上記第２面側に配置され、上記貫通電極に電氣的に接続され、素子に電氣的に接続される素子接続用パッド部を有する、〔９〕から〔１３〕までのいずれかに記載の貫通電極基板。

〔１５〕上記ガラス基板の上記第２面側に、少なくとも上記貫通電極と上記ガラス基板との境界を被覆するように配置され、かつ、上記第１貫通孔と接続する第４貫通孔を有する第２被覆絶縁層と、

上記第２被覆絶縁層の上記第４貫通孔内に配置され、上記貫通電極に電氣的に接続された第３ビアと、

を有する、〔９〕から〔１４〕までのいずれかに記載の貫通電極基板。

〔１６〕〔９〕から〔１５〕までのいずれかに記載の貫通電極基板と、

上記貫通電極基板に実装された素子と、

を有する、素子付き貫通電極基板。

〔１７〕〔１６〕に記載の素子付き貫通電極基板と、

上記貫通電極基板の配線基板接続用パッドに電氣的に接続された配線基板と、

を有する半導体装置。

符号の説明

- [0279] １ … 貫通電極基板中間体
２，１０２ … ガラス基板
２ａ，１０２ａ … ガラス基板の第１面
２ｂ，１０２ｂ … ガラス基板の第２面
３，１０３ … 貫通電極
４ … 第１配線層
４ａ … 導電層
５ … 弾性絶縁層

- 6 … ビア
- 7 … ビア用パッド部
- 8 … 配線基板接続用パッド部
- 9 … 凹凸形状
 - 9 a … 凸部
 - 9 b … 凹部
- 11 … 素子接続用パッド部
- 15 … 被覆絶縁層
- 16 … 第2ビア
- 17 … 第2被覆絶縁層
- 18 … 第3ビア
- 20 … 貫通電極基板
- 21 … 蛇腹形状部
 - 21 a … 山部
 - 21 b … 谷部
- 22 … 蛇腹配線層
- 30 … 素子付き貫通電極基板
- 31 … 第1接合部
- 32 … 素子
- 40 … 半導体装置
- 41 … 第2接合部
- 42 … 配線基板
- 101 … 貫通電極基板
- 104 … 被覆絶縁層
 - 104 c … 第2貫通孔
- 105 … 第1ビア
- 106 … 第1配線層
 - 106 a … 第1導電層

- 1 0 6 b ... 第1層間絶縁層
- 1 0 6 c ... 第4ビア
- 1 0 7 ... 弾性絶縁層
- 1 0 7 c ... 第3貫通孔
- 1 0 8 ... 第2ビア
- 1 0 9 ... 配線基板接続用パッド部
- 1 1 0 ... 凹凸形状
- 1 1 0 a ... 凸部
- 1 1 0 b ... 凹部
- 1 1 1 ... 素子接続用パッド部
- 1 1 2 ... 第2配線層
- 1 1 2 a ... 第2導電層
- 1 1 2 b ... 第2層間絶縁層
- 1 1 2 c ... 第5ビア
- 1 1 3 ... 第2被覆絶縁層
- 1 1 3 c ... 第4貫通孔
- 1 1 4 ... 第3ビア
- 1 2 0 ... 素子付き貫通電極基板
- 1 2 1 ... 第1接合部
- 1 2 2 ... 素子
- 1 3 0 ... 半導体装置
- 1 3 1 ... 第2接合部
- 1 3 2 ... 配線基板

請求の範囲

- [請求項1] 第1面および前記第1面に対向する第2面を有し、貫通孔を有するガラス基板と、
- 前記ガラス基板の前記貫通孔内に配置された貫通電極と、
- 前記ガラス基板の前記第1面側に配置された弾性絶縁層と、
- 前記弾性絶縁層を貫通し、前記貫通電極に電氣的に接続されたビアと、
- 前記弾性絶縁層の前記ガラス基板とは反対の面側に配置され、前記ビアに電氣的に接続されたビア用パッド部と、
- 前記弾性絶縁層の前記ガラス基板とは反対の面側に配置され、配線基板に電氣的に接続される配線基板接続用パッド部と、
- を有し、前記弾性絶縁層が、前記ビア用パッド部および前記配線基板接続用パッド部側の面に、複数の凸部および複数の凹部を含む凹凸形状を有する、貫通電極基板中間体。
- [請求項2] 前記ガラス基板と前記弾性絶縁層との間に、少なくとも前記貫通電極と前記ガラス基板との境界を被覆するように配置され、かつ、前記貫通孔と接続する第2貫通孔を有する被覆絶縁層と、
- 前記被覆絶縁層の前記第2貫通孔内に配置され、前記貫通電極に電氣的に接続され、ビア用パッド部に電氣的に接続された第2ビアと、
- を有する、請求項1に記載の貫通電極基板中間体。
- [請求項3] 前記弾性絶縁層が、前記被覆絶縁層を兼ねており、前記ビアが、前記第2ビアを兼ねている、請求項2に記載の貫通電極基板中間体。
- [請求項4] 前記ガラス基板の前記第2面側に配置され、前記貫通電極に電氣的に接続され、素子に電氣的に接続される素子接続用パッド部を有する、請求項1に記載の貫通電極基板中間体。
- [請求項5] 前記ガラス基板の前記第2面側に、少なくとも前記貫通電極と前記ガラス基板との境界を被覆するように配置され、かつ、前記貫通孔と接続する第3貫通孔が設けられた第2被覆絶縁層と、

- 前記第2被覆絶縁層の前記第3貫通孔内に配置され、前記貫通電極に電氣的に接続された第3ビアと、
- を有する、請求項1に記載の貫通電極基板中間体。
- [請求項6] 請求項1から請求項5までのいずれかに記載の貫通電極基板中間体と、
- 前記貫通電極基板中間体の前記弾性絶縁層側の面に配置され、複数の山部および複数の谷部を有する蛇腹形状部を有し、前記ビア用パッド部および前記配線基板接続用パッド部を電氣的に接続する蛇腹配線層と、
- を有する、貫通電極基板。
- [請求項7] 請求項6に記載の貫通電極基板と、
- 前記貫通電極基板に実装された素子と、
- を有する、素子付き貫通電極基板。
- [請求項8] 請求項7に記載の素子付き貫通電極基板と、
- 前記貫通電極基板の配線基板接続用パッドに電氣的に接続された配線基板と、
- を有する半導体装置。
- [請求項9] 第1面および前記第1面に対向する第2面を有し、第1貫通孔を有するガラス基板と、 前記ガラス基板の前記第1貫通孔内に配置された貫通電極と、
- 前記ガラス基板の前記第1面側に、少なくとも前記貫通電極と前記ガラス基板との境界を被覆するように配置され、かつ、前記第1貫通孔と接続する第2貫通孔を有する被覆絶縁層と、
- 前記被覆絶縁層の前記第2貫通孔内に配置され、前記貫通電極に電氣的に接続された第1ビアと、
- 前記被覆絶縁層の前記ガラス基板とは反対の面側に配置され、第3貫通孔を有する弾性絶縁層と、
- 前記弾性絶縁層の前記第3貫通孔内に配置され、前記第1ビアに電

氣的に接続された第2ビアと、

前記弾性絶縁層の前記被覆絶縁層とは反対の面側に配置され、前記第2ビアに電氣的に接続され、配線基板に電氣的に接続される配線基板接続用パッド部と、

を有する、貫通電極基板。

[請求項10] 前記弾性絶縁層が、前記配線基板接続用パッド部側の面に、複数の凸部および複数の凹部を含む凹凸形状を有する、請求項9記載の貫通電極基板。

[請求項11] 前記第2貫通孔の、前記被覆絶縁層の厚さ方向の断面視形状が、逆テーパ形状である、請求項9記載の貫通電極基板。

[請求項12] 前記被覆絶縁層の厚さ方向の断面視において、前記被覆絶縁層の前記ガラス基板とは反対側の面における前記第2貫通孔の開口の縁部が、曲面を有する、請求項9記載の貫通電極基板。

[請求項13] 前記弾性絶縁層が、前記被覆絶縁層を兼ねており、前記第2ビアが、前記第1ビアを兼ねている、請求項9記載の貫通電極基板。

[請求項14] 前記ガラス基板の前記第2面側に配置され、前記貫通電極に電氣的に接続され、素子に電氣的に接続される素子接続用パッド部を有する、請求項9記載の貫通電極基板。

[請求項15] 前記ガラス基板の前記第2面側に、少なくとも前記貫通電極と前記ガラス基板との境界を被覆するように配置され、かつ、前記第1貫通孔と接続する第4貫通孔を有する第2被覆絶縁層と、

前記第2被覆絶縁層の前記第4貫通孔内に配置され、前記貫通電極に電氣的に接続された第3ビアと、

を有する、請求項9記載の貫通電極基板。

[請求項16] 請求項9から請求項15までのいずれかに記載の貫通電極基板と、前記貫通電極基板に実装された素子と、
を有する、素子付き貫通電極基板。

[請求項17] 請求項16に記載の素子付き貫通電極基板と、

前記貫通電極基板の配線基板接続用パッドに電氣的に接続された配線基板と、
を有する半導体装置。