

明 細 書

発明の名称：配線デバイス及び配線デバイスの製造方法並びに再配線層

技術分野

[0001] 本開示の実施形態は、配線デバイス及び配線デバイスの製造方法並びに再配線層に関する。

背景技術

[0002] CPUやメモリなど、機能の異なる複数の半導体素子を1つの配線デバイス上に高密度で実装するパッケージング技術が注目されている。配線デバイスは、絶縁層と、微細な配線を含む導電体と、を含む再配線層を備える。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特許第6159820号公報

発明の開示

[0004] 配線の間隔を小さくするほど、配線デバイスを小型化できる。しかしながら、配線の間隔を小さくするほど、配線の間でリーク電流が生じやすくなる。

[0005] 本開示の第1の実施形態は、このような課題を効果的に解決し得る配線デバイス及び配線デバイスの製造方法を提供することを目的とする。

[0006] 本開示の第1の実施形態は、以下の[1]～[23]に関する。

[1] 配線デバイスであって、

第1上面及び前記第1上面の反対側に位置する第1下面を含む第1有機層と、

前記第1上面に位置する複数の第1配線と、を備え、

前記第1有機層は、隣り合う2つの前記第1配線の間において前記第1上面に位置する第1凹部を含む、配線デバイス。

- [0007] [2] [1]に記載の配線デバイスにおいて、前記第1凹部は、 $0.10\mu\text{m}$ 以上の深さを有してもよい。前記第1凹部の深さは、前記第1配線に重なる前記第1上面から前記第1凹部の第1底面までの、前記第1有機層の厚さ方向における距離であり、深さに分布がある場合には最も深い凹部を指している。
- [0008] [3] [1]又は[2]に記載の配線デバイスにおいて、前記第1有機層は、前記第1配線に重なる前記第1上面を構成する第1遷移層を含んでもよく、前記第1遷移層は、金属粒子を含んでもよい。
- [0009] [4] [3]に記載の配線デバイスにおいて、前記第1遷移層は、 $0.05\mu\text{m}$ 以上の厚さを有してもよい。
- [0010] [5] [3]又は[4]に記載の配線デバイスにおいて、前記第1遷移層は、前記第1上面を構成する上側遷移層と、前記第1有機層の厚さ方向において前記上側遷移層に接する下側遷移層と、を含んでもよい。前記上側遷移層は、第1閾値以上の濃度で金属粒子を含んでもよい。前記下側遷移層は、前記第1閾値よりも低い濃度で金属粒子を含んでもよい。
- [0011] [6] [1]～[5]のいずれか1つに記載の配線デバイスは、前記第1凹部を覆う第1無機層を備えてもよい。
- [0012] [7] [6]に記載の配線デバイスにおいて、前記第1凹部は、第1底面と、前記第1上面から前記第1底面に向かう第1側面と、を含んでもよく、前記第1側面は、湾曲した形状を有してもよい。
- [0013] [8] [7]に記載の配線デバイスにおいて、前記第1側面は、 $0.10\mu\text{m}$ 以上の幅を有してもよい。
- [0014] [9] [6]～[8]のいずれか1つに記載の配線デバイスにおいて、前記第1無機層は、前記第1配線を覆っていてもよい。
- [0015] [10] [6]～[9]のいずれか1つに記載の配線デバイスにおいて、前記複数の第1配線はそれぞれ、前記第1上面に位置するシード層と、前記シード層上に位置する本体層と、を含んでもよく、前記シード層は、前記本体層よ

りも内側に位置する側面を含んでもよく、前記第1無機層は、前記シード層の前記側面に接していてもよい。

[0016] [11] [6]～[10]のいずれか1つに記載の配線デバイスにおいて、前記第1無機層は、平面視において前記第1上面に重なる位置に形成された第1開口を含んでもよい。

[0017] [12] [3]～[5]のいずれか1つに記載の配線デバイスは、前記第1凹部を覆う第1無機層を備えてもよく、前記第1凹部は、第1底面と、前記第1上面から前記第1底面に向かう第1側面と、を含んでもよく、前記第1遷移層は、前記第1凹部の前記第1側面に位置する露出側面を含んでもよく、前記第1無機層は、前記露出側面に接していてもよい。

[0018] [13] [1]～[12]のいずれか1つに記載の配線デバイスは、前記配線デバイスの表面に位置するパッドを備えてもよい。

[0019] [14] [13]に記載の配線デバイスは、前記パッドに接続された端子を含む半導体素子を備えてもよい。

[0020] [15] [1]～[14]のいずれか1つに記載の配線デバイスは、前記第1下面に面する支持キャリアを備えてもよい。

[0021] [16] [15]に記載の配線デバイスは、前記第1下面と前記支持キャリアとの間に位置する剥離層を備えてもよい。

[0022] [17] [1]～[16]のいずれか1つに記載の配線デバイスは、前記第1下面に面する基板と、前記基板を貫通する貫通電極と、を備えてもよい。

[0023] [18] [17]に記載の配線デバイスは、前記貫通電極に電氣的に接続されている配線を含み、前記基板に面する配線基板を備えてもよい。

[0024] [19] [18]に記載の配線デバイスにおいて、前記配線基板は、BGA基板であってもよい。

[0025] [20] [1]～[19]のいずれか1つに記載の配線デバイスは、前記第1有機層及び前記第1配線を覆う第2下面と、前記第2下面の反対側に位置する第2上面と、を含む第2有機層と、前記第2上面に位置する複数の第2配線

と、を備えてもよい。前記第2有機層は、2つの前記第2配線の間において前記第2上面に位置する第2凹部を含んでもよい。

[0026] [21] [1]～[10]のいずれか1つに記載の配線デバイスにおいて、前記第1配線は、2.0以上4.0以下のアスペクト比を有していてもよい。

[0027] [22] 配線デバイスの製造方法であって、
支持キャリアを準備する工程と、
前記支持キャリア上に第1有機層を形成する工程と、
前記第1有機層の第1上面に位置する複数の第1配線を含む第1導電体を形成する第1導電体形成工程と、
隣り合う2つの前記第1配線の間において前記第1有機層の前記第1上面に第1凹部を形成する工程と、を備える、配線デバイスの製造方法。

[0028] [23] [22]に記載の配線デバイスの製造方法において、前記第1導電体形成工程は、前記第1有機層にイオン又はプラズマを衝突させる逆スパッタリング工程と、スパッタリングによって前記第1有機層上にシード層を形成するスパッタリング工程と、前記シード層上に電解めっき処理によって本体層を形成するめっき工程と、を含んでもよい。

[0029] [発明の効果]
本開示の実施形態によれば、配線の間でリーク電流が生じることを抑制できる。

図面の簡単な説明

[0030] [図1]第1の実施の形態による配線デバイスを示す平面図である。

[図2]図1のII-II線に沿った配線デバイスの断面図である。

[図3A]第1配線層の一例を示す断面図である。

[図3B]第1配線及び第1凹部の一例を示す平面図である。

[図3C]第1配線及び第1遷移層の一例を示す断面図である。

[図4]第2配線層の一例を示す断面図である。

[図5]剥離層上に配線を形成する工程を示す断面図である。

- [図6]第1有機層を形成する工程を示す断面図である。
- [図7]第1有機層に開口を形成する工程を示す断面図である。
- [図8]逆スパッタリング工程を示す断面図である。
- [図9]第1遷移層が形成される工程を示す断面図である。
- [図10]シード層が形成される工程を示す断面図である。
- [図11]レジスト層が形成される工程を示す断面図である。
- [図12]本体層が形成される工程を示す断面図である。
- [図13]レジスト層が除去される工程を示す断面図である。
- [図14A]シード層の一部が除去される工程を示す断面図である。
- [図14B]シード層の一部が除去される工程を示す平面図である。
- [図15]第1凹部が形成される工程を示す断面図である。
- [図16]第2配線層が形成される工程を示す断面図である。
- [図17A]接続部及び表面層が形成される工程を示す断面図である。
- [図17B]接続部及び表面層が形成される工程を示す平面図である。
- [図18A]半導体素子が搭載される工程を示す断面図である。
- [図18B]半導体素子が搭載される工程を示す平面図である。
- [図19]モールド樹脂層が形成される工程を示す断面図である。
- [図20]分断工程を示す平面図である。
- [図21]配線デバイスの一例を示す断面図である。
- [図22]配線デバイスの一例を示す断面図である。
- [図23]配線デバイスの一例を示す断面図である。
- [図24A]第1配線層の一例を示す断面図である。
- [図24B]第1配線及び第1遷移層の一例を示す断面図である。
- [図25]第2配線層の一例を示す断面図である。
- [図26]配線デバイスの一例を示す断面図である。
- [図27]配線デバイスが搭載される製品の例を示す図である。
- [図28]第1配線層の第1エリア～第6エリアを示す断面図である。
- [図29]第1エリアの断面画像である。

[図30]第1エリアにおけるEDXの結果を示すグラフである。

[図31]第2エリアの断面画像である。

[図32]第2エリアにおけるEDXの結果を示すグラフである。

[図33]第3エリア及び第4エリアの断面画像である。

[図34]第3エリアにおけるEDXの結果を示すグラフである。

[図35]第4エリアにおけるEDXの結果を示すグラフである。

[図36]第5エリア及び第6エリアの断面画像である。

[図37]第5エリアにおけるEDXの結果を示すグラフである。

[図38]第6エリアにおけるEDXの結果を示すグラフである。

[図39]第1配線層の第7エリア～第11エリアを示す断面図である。

[図40]第7エリア～第11エリアの断面画像である。

[図41]第7エリアにおけるEDXの結果を示すグラフである。

[図42]第8エリアにおけるEDXの結果を示すグラフである。

[図43]第9エリアにおけるEDXの結果を示すグラフである。

[図44]第10エリアにおけるEDXの結果を示すグラフである。

[図45]第11エリアにおけるEDXの結果を示すグラフである。

[図46]第1配線及び第1遷移層の一例を示す断面図である。

[図47]第1配線及び第1遷移層の一例を示す断面図である。

[図48]第1の比較の形態における第1配線及び第1遷移層の一例を示す断面図である。

[図49]図48の第1配線上に第1無機層を形成する工程の一例を示す断面図である。

[図50]図48の第1配線上に第1無機層を形成する工程の一例を示す断面図である。

[図51]第1配線及び第1遷移層の一例を示す断面図である。

[図52]第1配線及び第1遷移層の一例を示す断面図である。

[図53]第1配線及び第1遷移層の一例を示す断面図である。

[図54]第1配線及び第1遷移層の一例を示す断面図である。

- [図55]第1配線及び第1遷移層の一例を示す断面図である。
- [図56]第1配線及び第1遷移層の一例を示す断面図である。
- [図57]第1配線及び第1遷移層の一例を示す断面図である。
- [図58]第1配線層の一例を示す断面図である。
- [図59]第1配線層及び第2配線層の一例を示す断面図である。
- [図60]第2の実施の形態による配線デバイス群を示す平面図である。
- [図61]図60のLXI-LXI線に沿った配線デバイス群の断面図である。
- [図62]再配線層の一例を示す断面図である。
- [図63]無機層及び導電体の一例を示す断面図である。
- [図64]複数の第1開口の一例を示す平面図である。
- [図65]複数の第1開口の一例を示す平面図である。
- [図66]第1開口の一例を示す平面図である。
- [図67A]第1開口の一例を示す平面図である。
- [図67B]第1開口の一例を示す平面図である。
- [図68]第1配線層を形成する工程を示す断面図である。
- [図69]第1配線層の有機層に第4開口を形成する工程を示す断面図である。
- [図70]第2配線層の密着層及びシード層を形成する工程を示す断面図である。
- [図71]第2配線層の本体層を形成する工程を示す断面図である。
- [図72]第2配線層の密着層及びシード層の一部を除去する工程を示す断面図である。
- [図73]第2配線層の無機層を形成する工程を示す断面図である。
- [図74]第2配線層の無機層に第1開口及び第2開口を形成する工程を示す断面図である。
- [図75]第2配線層の有機層を形成する工程を示す断面図である。
- [図76]第2配線層上に導電体を形成する工程を示す断面図である。
- [図77]再配線層の上面を基板に接合する工程を示す断面図である。
- [図78]光を剥離層に照射する工程を示す断面図である。
- [図79]再配線層を支持キャリアから分離する工程を示す断面図である。

[図80]第1変形例において、第2配線層の有機層を形成する工程を示す断面図である。

[図81]第2変形例において、第2配線層の無機層に第1開口を形成する工程を示す断面図である。

[図82]第2変形例において、第2配線層の有機層を形成する工程を示す断面図である。

[図83]第2変形例において、第2配線層の無機層に第2開口を形成する工程を示す断面図である。

[図84]第3変形例において、第2配線層の無機層及び有機層を形成する工程を示す断面図である。

[図85]第3変形例において、第2配線層の有機層に第3開口及び第4開口を形成する工程を示す断面図である。

[図86]第3変形例において、第2配線層の無機層に第1開口及び第2開口を形成する工程を示す断面図である。

[図87]第3変形例において、第3配線層を形成する工程を示す断面図である。

[図88]第6変形例における再配線層を示す断面図である。

[図89]第6変形例における再配線層の第2配線層を示す平面図である。

[図90]第7変形例における再配線層を示す断面図である。

[図91]第8変形例における再配線層を示す断面図である。

[図92]一実施の形態による配線デバイスを示す平面図である。

[図93]図92のXCIII-XCIII線に沿った配線デバイスの断面図である。

[図94]第1配線層の一例を示す断面図である。

[図95A]第1配線の一例を示す断面図である。

[図95B]第1配線の一例を示す断面図である。

[図96]下地層を形成する工程を示す断面図である。

[図97]シード層を形成する工程を示す断面図である。

[図98]第1レジスト層を形成する工程を示す断面図である。

[図99]本体層を形成する工程を示す断面図である。

[図100]レジスト層を除去する工程を示す断面図である。

[図101]シード層の一部を除去する工程を示す断面図である。

[図102]第1無機層を形成する工程を示す断面図である。

[図103]第1有機層を形成する工程を示す断面図である。

[図104]再配線層を支持キャリアから剥離する工程を示す断面図である。

[図105]配線デバイスの一例を示す平面図である。

[図106]図105のCVI-CVI線に沿った配線デバイスの断面図である。

[図107]配線デバイスの一例を示す断面図である。

[図108]実施例B1～B4及び比較例B1～B2の評価結果を示す表である。

[図109]信号品質の評価結果の一例を示す図である。

[図110]実施例B5～B9の評価結果を示す表である。

[図111]第1配線層の断面画像の一例を示す図である。

[図112]第1配線の表面を拡大して示す断面画像の一例である。

[図113]第1の実施の形態の第1配線層が第3の実施の形態の第1配線を含む例を示す断面図である。

[図114]第1の実施の形態の第1配線層が第3の実施の形態の第1配線を含む例を示す断面図である。

発明を実施するための形態

[0031] 配線デバイス10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のではない。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。

[0032] 本明細書において、あるパラメータに関して複数の上限値の候補及び複数の下限値の候補が挙げられている場合、そのパラメータの数値範囲は、任意の1つの上限値の候補と任意の1つの下限値の候補とを組み合わせることによって構成されてもよい。例えば、「パラメータBは、例えばA1以上であり、A2以上であってもよく、A3以上であってもよい。パラメータBは、例えばA4以下であり、A5以下であってもよく、A6以下であってもよい。」と記載されている場合を考える。この場合、パラメータBの数値範囲は、A1以上A4以下であってもよく、A1以上A5以下であってもよく、A1以上A6以下であってもよく、A2以上A4以下であってもよく、A2以上A5以下であってもよく、A2以上A6以下であってもよく、A3以上A4以下であってもよく、A3以上A5以下であってもよく、A3以上A6以下であってもよい。

[0033] 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。

[0034] (第1の実施の形態)

第1の実施形態は、2023年4月25日に出願された日本国特許出願のNo. 2023-71817に基づいており、この優先権を主張する。図1は、配線デバイス10の一例を示す平面図である。図2は、図1の配線デバイス10のII-II線に沿った断面図である。配線デバイス10は、第1方向D1、第2方向D2及び第3方向D3を有する。第1方向D1及び第2方向D2は、配線デバイス10の面方向に含まれる。第1方向D1は第2方向D2に直交している。第3方向D3は、配線デバイス10の厚さ方向である。第3方向D3は第1方向D1及び第2方向D2に直交している。

[0035] 配線デバイス10は、再配線層18、半導体素子40及びモールド樹脂層48を備える。配線デバイス10は、支持キャリア50を備えていてもよい。

半導体素子40を備える配線デバイス10は、半導体パッケージとも称される。

[0036] 配線デバイス10の各構成要素について説明する。

[0037] (支持キャリア)

支持キャリア50は、再配線層18を支持する部材である。支持キャリア50は、再配線層18の第1配線層20に面している。支持キャリア50は、再配線層18から剥離可能であるよう構成されていてもよい。配線デバイス10は、支持キャリア50と再配線層18との間に位置する剥離層51を備えていてもよい。これにより、支持キャリア50が再配線層18から剥離しやすくなる。

[0038] 配線デバイス10は、後述するように、中間体をN個に分断することによって得られる。支持キャリア50は、中間体と同時に支持キャリア基板をN個に分断することによって得られる。Nの値は、支持キャリア50の寸法、配線デバイス10の寸法などに基づいて定められる。配線デバイス10が支持キャリア50を備えるということは、再配線層18が支持キャリア50によって支持された状態で配線デバイス10が流通することを意味する。なお支持キャリア50から再配線層18を剥離する場合には、必ずしも支持キャリア50を分断しなくても良い。

[0039] 支持キャリア50は、例えば、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(Al₂O₃)基板、窒化アルミ(AlN)基板、酸化ジルコニア(ZrO₂)基板、ニオブ酸リチウム基板、ニオブ酸タンタル基板などを含んでいてもよい。樹脂基板は、有機材料を含んでいてもよい。例えば、樹脂基板は、エポキシ樹脂、ポリエチレン、ポリプロピレンなどを含んでいてもよい。支持キャリア50の厚さは、例えば100μm以上であり、200μm以上であってもよく、500μm以上であってもよい。支持キャリア50の厚さは、例えば2mm以下であり、1.5mm以下であってもよく、1.1mm以下であってもよい。

[0040] 剥離層 51 は、熱可塑性の樹脂を含んでいてもよい。この場合、配線デバイス 10 を加熱することにより、剥離層 51 が再配線層 18 から剥離しやすくなる。あるいは特定の波長の光を照射することにより剥離しやすくなる樹脂を含んでも良い。剥離層 51 の厚さは、例えば $0.3 \mu\text{m}$ 以上であり、 $1 \mu\text{m}$ 以上であってもよい。剥離層 51 の厚さは、例えば $30 \mu\text{m}$ 以下であり、 $50 \mu\text{m}$ 以下であってもよい。

[0041] (再配線層)

再配線層 18 は、上面 181 及び下面 182 を含む。下面 182 は、支持キャリア 50 に面している。下面 182 は、剥離層 51 に接していてもよい。上面 181 は、厚さ方向において下面 182 の反対側に位置する。再配線層 18 は、少なくとも 1 つの配線層を含む。配線層は、有機層及び導電体を少なくとも含む。図 2 に示す例において、再配線層 18 は、第 1 配線層 20 と、厚さ方向において第 1 配線層 20 に隣接する第 2 配線層 30 と、を含む。第 1 配線層 20 及び第 2 配線層 30 は、厚さ方向において、下面 182 から上面 181 へ向かう向きに並んでいる。

[0042] 再配線層 18 は、第 1 配線層 20 に接する配線 11 を含んでいてもよい。再配線層 18 は、表面層 17 を備えていてもよい。表面層 17 は、上面 181 を構成していてもよい。再配線層 18 は表面層 17 から露出している半導体素子 40 などの電子部品との接続部 16 を備えていてもよい。接続部 16 は、例えばパッドである。

[0043] 再配線層 18 の各構成要素について説明する。

[0044] (配線)

配線 11 は、配線デバイス 10 の面方向に広がる導電層を含む。配線 11 は、第 1 方向 D1 に延びる部分を含んでいてもよく、第 2 方向 D2 に延びる部分を含んでいてもよい。配線 11 は、剥離層 51 上に位置していてもよい。配線 11 は、第 3 方向 D3 において支持キャリア 50 と第 1 配線層 20 との間に位置していてもよい。配線 11 は、半導体素子ほか他の電子部品と接続するための接続を含んでいてもよい。

[0045] [第1配線層]

第1配線層20は、第1有機層21及び第1導電体24を含む。第1有機層21は、第1上面211及び第1下面212を含む。第1下面212は、支持キャリア50に面している。第1上面211は、厚さ方向において第1下面212の反対側に位置する。第1有機層21は、配線11を覆っていてもよい。

[0046] 第1有機層21は、有機材料を含む。第1有機層は、ポリイミド、エポキシ系樹脂、アクリル系樹脂、及びこれらの二種以上の組合せなどを含んでもよい。第1有機層21の厚さは、例えば $3\mu\text{m}$ 以上であり、 $5\mu\text{m}$ 以上であってもよく、 $10\mu\text{m}$ 以上であってもよい。第1有機層21の厚さは、例えば $50\mu\text{m}$ 以下であり、 $30\mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $20\mu\text{m}$ 以下であってもよい。

[0047] 第1導電体24は、第1上面211に位置する複数の第1配線25を含む。第1配線25は、第1方向D1に延びる部分を含んでいてもよく、第2方向D2に延びる部分を含んでいてもよい。

[0048] 図2において、符号W11は、第1配線25の幅を表す。符号W12は、2本の第1配線25の間の間隔を表す。幅W11及び間隔W12は、第1配線25が延びる方向に直交する方向において定められる。幅W11は、例えば $0.5\mu\text{m}$ 以上であり、 $1.0\mu\text{m}$ 以上であってもよい。幅W11は、例えば $5.0\mu\text{m}$ 以下であり、 $3.0\mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $2.0\mu\text{m}$ 以下であってもよい。間隔W12は、例えば $0.5\mu\text{m}$ 以上であり、 $1.0\mu\text{m}$ 以上であってもよい。間隔W12は、例えば $5.0\mu\text{m}$ 以下であり、 $3.0\mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $2.0\mu\text{m}$ 以下であってもよい。第1配線層20は、これらの数値範囲を満たす第1配線25の他に、これらの数値範囲を満たさない第1配線25を含んでいてもよい。

[0049] 第1配線25の厚さは、例えば $0.5\mu\text{m}$ 以上であり、 $1.0\mu\text{m}$ 以上であってもよい。第1配線25の厚さは、例えば $15.0\mu\text{m}$ 以下であり、 $6.0\mu\text{m}$ 以下であってもよい。

- [0050] 上述の配線 1 1 は、第 1 配線 2 5 と同様の幅、間隔、厚さを有していてもよい。配線 1 1 の幅、間隔、厚さの数値範囲としては、第 1 配線 2 5 の幅、間隔、厚さの数値範囲を採用できる。
- [0051] 第 1 導電体 2 4 は、第 1 上面 2 1 1 と第 1 下面 2 1 2 との間に位置する第 1 貫通部 2 6 を含んでいてもよい。第 1 貫通部 2 6 は、第 1 配線 2 5 に接続されていてもよい。第 1 貫通部 2 6 は、配線 1 1 に接続されていてもよい。第 1 貫通部 2 6 は、第 1 配線 2 5 と配線 1 1 との間に位置し、第 1 配線 2 5 及び配線 1 1 に接続されていてもよい。
- [0052] 第 1 配線 2 5、第 1 貫通部 2 6 などの第 1 導電体 2 4 は、導電性を有する材料を含む。例えば、第 1 導電体 2 4 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。
- [0053] [第 2 配線層]
第 2 配線層 3 0 は、第 2 有機層 3 1 及び第 2 導電体 3 4 を含む。第 2 有機層 3 1 は、第 2 上面 3 1 1 及び第 2 下面 3 1 2 を含む。第 2 下面 3 1 2 は、第 1 配線層 2 0 に面している。第 2 上面 3 1 1 は、厚さ方向において第 2 下面 3 1 2 の反対側に位置する。第 2 有機層 3 1 は、第 1 配線層 2 0 の第 1 配線 2 5 を覆っていてもよい。
- [0054] 第 2 有機層 3 1 は、有機材料を含む。第 2 有機層 3 1 の材料としては、上述の第 1 有機層 2 1 の材料を採用できる。第 2 有機層 3 1 の厚さの数値範囲としては、上述の第 1 有機層 2 1 の厚さの数値範囲を採用できる。
- [0055] 第 2 導電体 3 4 は、第 2 上面 3 1 1 に位置する複数の第 2 配線 3 5 を含む。第 2 配線 3 5 は、第 1 方向 D 1 に延びる部分を含んでいてもよく、第 2 方向 D 2 に延びる部分を含んでいてもよい。第 2 配線 3 5 の幅、間隔、厚さの数値範囲としては、上述の第 1 配線 2 5 の幅、間隔、厚さの数値範囲を採用できる。
- [0056] 第 2 導電体 3 4 は、第 2 上面 3 1 1 と第 2 下面 3 1 2 との間に位置する第 2 貫通部 3 6 を含んでいてもよい。第 2 貫通部 3 6 は、第 2 配線 3 5 に接続され

ていてもよい。第2貫通部36は、第1配線25に接続されていてもよい。第2貫通部36は、第2配線35と第1配線25との間に位置し、第2配線35及び第1配線25に接続されていてもよい。

[0057] 第2配線35、第2貫通部36などの第2導電体34は、導電性を有する材料を含む。第2導電体34の材料としては、上述の第1導電体24の材料を採用できる。

[0058] 幅、間隔、厚さなどは、走査型電子顕微鏡によって撮影された配線デバイス10の断面画像に基づいて算出される。

[0059] 〔表面層〕

表面層17は、第2配線層30の第2配線35を覆っていてもよい。表面層17は、絶縁性を有する材料を含む。表面層17の材料としては、例えば、上述の第1有機層21の材料を採用できる。

[0060] 〔接続部〕

接続部16は、半導体素子40の端子45に接続されている導電層を含む。接続部16は、第2配線層30などの配線層の配線に接続されていてもよい。接続部16の材料としては、例えば、上述の第1導電体24の材料を採用できるほか、はんだなどの導電性材料を採用することができる。

[0061] 〔半導体素子〕

半導体素子40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40は、例えばCPU、GPU、FPGA、センサ、メモリ等である。半導体素子40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。半導体素子40は、積層された複数の基板を含んでいてもよい。半導体素子40は、1つの配線デバイス10に対して、1つであってもよいし、2つ以上であってもよい。半導体素子40は、1つの配線デバイス10に対して2つ以上である場合、同じ機能を有するものであってもよいし、異なる機能を有するものであってもよい。

[0062] 〔モールド樹脂層〕

モールド樹脂層 48 は、配線デバイス 10 を備える半導体パッケージの強度を高めるための部材である。モールド樹脂層 48 は、半導体素子 40 を覆ってもよい。

- [0063] モールド樹脂層 48 は、樹脂を含む。モールド樹脂層 48 は、例えば、ポリイミド、エポキシ樹脂、アクリル、ビスマレイミド、ポリベンゾオキサゾール、及びベンゾシクロブテンのうちのいずれか、又はこれらの二種以上の組合せなどを含んでもよい。モールド樹脂層 48 は、エポキシ系樹脂などの熱硬化性樹脂を含んでもよい。
- [0064] 次に、再配線層 18 について詳細に説明する。図 3A は、第 1 配線層 20 の一例を示す断面図である。
- [0065] 図 3A に示すように、第 1 有機層 21 は、第 1 上面 211 に位置する第 1 凹部 23 を含んでもよい。第 1 凹部 23 は、平面視において隣り合う 2 つの第 1 配線 25 の間に位置する。第 1 凹部 23 は、平面視において隣り合う 2 つの第 1 配線 25 の間でリーク電流が生じることを抑制するために形成されている。
- [0066] 2 つの第 1 配線 25 の間の位置の全てに第 1 凹部 23 が形成されていてもよい。例えば、平面視において第 1 配線 25 に重ならない第 1 有機層 21 の領域の全てに第 1 凹部 23 が形成されていてもよい。若しくは、2 つの第 1 配線 25 の間の位置の一部にのみ第 1 凹部 23 が形成されていてもよい。その際、最もリーク電流が懸念される、隣接する配線間の距離が短い部分に第 1 凹部 23 が形成されていることが好ましい。
- [0067] 第 1 凹部 23 は、第 1 底面 231 及び第 1 側面 232 を含んでもよい。第 1 側面 232 は、第 1 上面 211 から第 1 底面 231 に向かうよう広がっている。
- [0068] 第 1 凹部 23 は、深さ H1 を有する。深さ H1 は、第 1 配線 25 に重なる第 1 上面 211 から第 1 底面 231 までの、厚さ方向における距離の最大値である。深さ H1 は、例えば 0.10 μm 以上であり、0.15 μm 以上であってもよく、0.20 μm 以上であってもよい。深さ H1 が 0.10 μm 以上であ

ることにより、2つの第1配線25の間でリーク電流が生じることを抑制できる。深さH1は、例えば $0.50\mu\text{m}$ 以下であり、 $0.45\mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $0.40\mu\text{m}$ 以下であってもよい。

[0069] 本願において、「重なる」という用語は、配線デバイス10の厚さ方向に沿って見た場合に、2つの構成要素が重なっていることを意味する。

[0070] 第1側面232は、第1凹部23のうち、配線デバイス10の面方向において第1上面211に隣接し、厚さ方向において第1上面211から $0.9\times H1$ 以内の距離に位置する部分である。

[0071] 第1凹部23の第1側面232は、湾曲した形状を有していてもよい。これにより、第1側面232及び第1側面232に接する層において局所的な応力の集中が生じることを抑制できる。このため、クラックなどの不良が第1有機層21及び第1有機層21に接する層に生じることを抑制できる。特に後述する無機層を採用した場合、無機層は応力を受けてクラックが生じやすい材料であることから、湾曲した形状により応力を抑制することは好ましい。

[0072] 第1側面232の幅W3は、例えば $0.10\mu\text{m}$ 以上であり、 $0.20\mu\text{m}$ 以上であってもよく、 $0.30\mu\text{m}$ 以上であってもよく、 $0.50\mu\text{m}$ 以上であってもよい。幅W3が大きいほど、第1側面232及び第1側面232に接する層において局所的な応力の集中が生じることを抑制できる。

[0073] 第1側面232の幅W3について説明する。図3Bは、第1配線25及び第1凹部23の一例を示す平面図である。平面視において隣り合う2つの第1配線25は、第1の第1配線25及び第2の第1配線25とも称される。図3Bに示す例においては、左側の第1配線25が第1の第1配線25と称され、右側の第1配線25が第2の第1配線25と称される。第1凹部23は、平面視における第1凹部23の輪郭を示す外縁233を含む。外縁233は、第1の第1配線25に沿って延びる第1の外縁233と、第2の第1配線25に沿って延びる第2の外縁233と、を含んでもよい。第1側面232の幅W3は、外縁233が延びる方向に直交する方向における、第1側面232の寸法である。なお図3Bでは便宜的に第1配線25は直線状であるよう図示している。

が、第1配線25は、直線部分以外に曲線部分を含んでいてもよく、全体的に曲線状に延びていてもよい。

[0074] 第1側面232の幅W3は、第1位置P1での測定値及び第2位置P2での測定値を平均することによって算出される。第1位置P1は、隣り合う2つの第1配線25が平行して延びる範囲において、第1配線25が延びる方向における中間に位置する、第1の外縁233の位置である。第2位置P2は、外縁233が延びる方向に直交する方向において第1位置P1に対向する、第2の外縁233の位置である。第1位置P1での測定及び第2位置P2での測定は、走査型電子顕微鏡によって撮影された配線デバイス10の断面画像に基づいて実施される。第1位置P1に位置する第1側面232及び第2位置P2に位置する第1側面232は、1つの断面画像に現れる。従って、第1位置P1での幅W3の測定及び第2位置P2での幅W3の測定は、1つの断面画像に基づいて実施される。

[0075] 上述の幅W11のような、第1位置P1に対応する位置及び第2位置P2に対応する位置でそれぞれ測定される要素は、第1位置P1に対応する位置での測定値及び第2位置P2に対応する位置での測定値を平均することによって算出される。第1位置P1に隣接する第1配線25及び第2位置P2に隣接する第1配線25は、1つの断面画像に現れる。従って、第1位置P1に対応する位置での幅W11の測定及び第2位置P2に対応する位置での幅W11の測定は、1つの断面画像に基づいて実施される。上述の間隔W12のような、第1位置P1と第2位置P2との間で1つの測定値が得られる要素は、その1つの測定値によって算出される。

[0076] 図3Aに示すように、第1導電体24は、シード層241及び本体層242を含んでいてもよい。シード層241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。第1配線25のシード層241は、第1有機層21の第1上面211に位置している。第1貫通部26のシード層241は、第1有機層21の開口の壁面に位置している。本体層242

は、電解めっき処理によってシード層 241 上に形成される、導電性を有する層である。

- [0077] シード層 241 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 241 は、これらの金属材料の化合物を含んでいてもよい。シード層 241 は、複数の層を含んでいてもよい。本体層 242 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。
- [0078] 図 3 A に示すように、第 1 有機層 21 は、第 1 上面 211 に位置する第 1 遷移層 22 を含んでいてもよい。第 1 遷移層 22 は、平面視において第 1 配線 25 に重なる位置において、第 1 有機層 21 の第 1 上面 211 を構成していてもよい。第 1 遷移層 22 は、例えば、シード層 241 を構成する金属の粒子が、スパッタリングなどの物理成膜の時に第 1 有機層 21 の内部に例えば拡散によって侵入することによって生じる。
- [0079] 第 1 遷移層 22 が、シード層 241 を構成する金属の粒子を含むことは、第 1 有機層 21 とシード層 241 との間の密着性を高めることに寄与できる。すなわち、第 1 遷移層 22 は、シード層 241 を含む第 1 導電体 24 が第 1 有機層 21 から剥離することを抑制できる。
- [0080] 第 1 遷移層 22 は、シード層 241 を構成する金属とは異なる金属の粒子を含んでいてもよい。例えば、シード層 241 を形成する工程の前に、金属粒子を含む液を第 1 有機層 21 の第 1 上面 211 に接触させる工程が実施されてもよい。これにより、シード層 241 を構成する金属とは異なる金属の粒子が第 1 有機層 21 の内部に侵入できる。シード層 241 を構成する金属とは異なる金属の粒子を含む第 1 遷移層 22 も、第 1 有機層 21 とシード層 241 との間の密着性を高めることに寄与できる。
- [0081] 第 1 遷移層 22 は、厚さ H2 を有する。厚さ H2 は、例えば 0.05 μm 以上であり、0.10 μm 以上であってもよく、0.15 μm 以上であってもよい。厚さ H2 は、例えば 0.35 μm 以下であり、0.30 μm 以下であってもよく、0.25 μm 以下であってもよい。第 1 遷移層 22 の厚さ H2 は、第

1 凹部 2 3 の深さ H_1 よりも小さくてもよい。図示はしないが、第 1 遷移層 2 2 の厚さ H_2 は、第 1 凹部 2 3 の深さ H_1 よりも大きくてもよい。例えば、第 1 凹部 2 3 の深さは、後述する上側遷移層 2 2 1 の厚さよりも大きい、上側遷移層 2 2 1 の厚さ及び後述する下側遷移層 2 2 2 の厚さの和よりも小さくてもよい。

[0082] 第 1 遷移層 2 2 における金属粒子の濃度は、第 1 上面 2 1 1 から遠ざかるにつれて減少してもよい。例えば図 3 A に示すように、第 1 遷移層 2 2 は、上側遷移層 2 2 1 及び下側遷移層 2 2 2 を含んでもよい。上側遷移層 2 2 1 は、平面視において第 1 配線 2 5 に重なる位置において、第 1 有機層 2 1 の第 1 上面 2 1 1 を構成する。下側遷移層 2 2 2 は、第 1 有機層 2 1 の厚さ方向において上側遷移層 2 2 1 に接している。上側遷移層 2 2 1 は、所定の閾値以上の濃度で金属粒子を含む。下側遷移層 2 2 2 は、閾値よりも低い濃度で金属粒子を含む。

[0083] 第 1 遷移層 2 2 における金属粒子の濃度は、エネルギー分散型 X 線分析 (EDX) によって測定される。測定においては、まず、第 1 遷移層 2 2 を含む第 1 有機層 2 1 によって表面が構成されているサンプルを準備する。続いて、サンプルに一次線を照射する。サンプルから発生した特性 X 線の検出結果に基づいて、第 1 遷移層 2 2 における金属粒子の濃度が算出される。

[0084] シード層 2 4 1 を構成する金属成分のことを、第 1 金属成分とも称する。第 1 金属成分は、シード層 2 4 1 において 50 質量%以上を占める金属成分である。本体層 2 4 2 を構成する金属成分のことを、第 2 金属成分とも称する。第 2 金属成分は、本体層 2 4 2 において 50 質量%以上を占める金属成分である。

[0085] 第 1 遷移層 2 2 における第 1 金属成分の濃度、及び、第 1 遷移層 2 2 における第 2 金属成分の濃度が、EDX によって測定されてもよい。第 1 遷移層 2 2 における第 1 金属成分の濃度、及び、第 1 遷移層 2 2 における第 2 金属成分の濃度の合計が、第 1 遷移層 2 2 における金属粒子の濃度として算出されてもよい。例えば、第 1 金属成分がチタンであり、第 2 金属成分が銅である場合、E

EDXによって測定された、チタンの濃度及び銅の濃度の合計が、第1遷移層22における金属粒子の濃度として算出されてもよい。この場合、第1金属成分の濃度と第2金属成分の濃度の合計が、閾値以上であるか否かに基づいて、上側遷移層221が規定される。第1金属成分の濃度と第2金属成分の濃度の合計を評価するための閾値を、第1閾値と称する。「主成分」とは、層において50質量%以上を占める金属成分である。

[0086] EDXによる測定において、金属成分の濃度は、金属成分に対応する特性X線のカウント数として検出される。チタンの濃度は、チタンのK α 線のカウント数として検出される。銅の濃度は、銅のK α 線のカウント数として検出される。チタンのK α 線のカウント数と、銅のK α 線のカウント数との合計が、金属成分の濃度として算出される。EDXによる測定の条件は下記の通りである。

加速電圧：200 kV

一次線のビームの直径：0.1 nm

エネルギー分解能：140 eV

X線取出角：21.9°

立体角：0.98 sr

温度：25°C

時間：30秒

[0087] 第1閾値は、例えば10カウントであり、30カウントであってもよく、50カウントであってもよく、100カウントであってもよい。

[0088] 上側遷移層221は、第1遷移層22における炭素の濃度に対する、第1遷移層22における、第1金属成分の濃度と第2金属成分の濃度の合計の比率に基づいて規定されてもよい。例えば、炭素の濃度に対する、チタンの濃度及び銅の濃度の合計の比率に基づいて、上側遷移層221が規定されてもよい。比率を評価するための閾値を、第2閾値と称する。上側遷移層221は、第2閾値以上の比率で金属粒子を含む。下側遷移層222は、第2閾値よりも低い比

率で金属粒子を含む。EDXによる測定において、炭素の濃度は、炭素のK α 線のカウント数として検出される。

[0089] 第2閾値は、例えば0.1であり、0.3であってもよく、0.5であってもよく、1.0であってもよい。

[0090] 第1遷移層22における金属粒子の濃度は、シード層241を構成する第1金属成分の、第1遷移層22における濃度として算出されてもよい。この場合、上側遷移層221は、第1遷移層22における第1金属成分の濃度に基づいて規定される。第1金属成分の濃度を評価するための閾値を、第3閾値と称する。上側遷移層221は、第3閾値以上の濃度で第1金属成分の粒子を含む。下側遷移層222は、第3閾値よりも低い濃度で第1金属成分の粒子を含む。

[0091] 第3閾値は、例えば5カウントであり、10カウントであってもよく、20カウントであってもよく、30カウントであってもよい。

[0092] 上側遷移層221は、第1遷移層22における炭素の濃度に対する、第1遷移層22における第1金属成分の濃度の比率に基づいて規定されてもよい。例えば、炭素の濃度に対する、チタンの濃度の比率に基づいて、上側遷移層221が規定されてもよい。比率を評価するための閾値を、第4閾値と称する。上側遷移層221は、第4閾値以上の比率で第1金属成分の粒子を含む。下側遷移層222は、第2閾値よりも低い比率で第1金属成分の粒子を含む。

[0093] 第2閾値は、例えば0.05であり、0.10であってもよく、0.20であってもよく、0.30であってもよい。

[0094] 図3Cは、第1配線25及び第1遷移層22の一例を示す断面図である。第1配線25のシード層241は、は、側面2411を含む。第1配線25の本体層242は、側面2421及び上面2422を含む。上面2422は、第1配線25の上面を構成していてもよい。シード層241の側面2411は、断面図において、本体層242の側面2421と連続していてもよい。後述するように、シード層241の側面2411は、断面図において、本体層242の側面2421よりも内側に位置していてもよい。「内側」は、第1配線25が

延びる方向に直交する方向における断面図において、配線デバイス 10 の面方向における第 1 配線 25 の中央に近づく向きを意味する。

[0095] 図 3 C に示すように、第 1 遷移層 22 は、第 1 凹部 23 の第 1 側面 232 に位置する側面 223 を含む。第 1 凹部 23 の第 1 側面 232 に位置する第 1 遷移層 22 の側面 223 は、露出側面 223 と称される。

[0096] 露出側面 223 は、幅 W4 を有する。露出側面 223 の幅 W4 は、外縁 233 が延びる方向に直交する方向における、露出側面 223 の寸法である。

[0097] 露出側面 223 の幅 W4 は、例えば $0.05\ \mu\text{m}$ 以上であり、 $0.10\ \mu\text{m}$ 以上であってもよく、 $0.20\ \mu\text{m}$ 以上であってもよく、 $0.30\ \mu\text{m}$ 以上であってもよい。露出側面 223 の幅 W4 は、例えば $1.00\ \mu\text{m}$ 以下であり、 $0.80\ \mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $0.60\ \mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $0.40\ \mu\text{m}$ 以下であってもよい。露出側面 223 の幅 W4 は、第 1 側面 232 の幅 W3 よりも小さくてもよい。

[0098] 図 4 は、第 2 配線層 30 の一例を示す断面図である。第 2 配線層 30 も、第 1 配線層 20 と同様に、第 2 上面 311 に位置する第 2 凹部 33 を含んでもよい。第 2 凹部 33 は、平面視において 2 つの第 2 配線 35 の間に位置する。第 2 凹部 33 は、平面視において隣り合う 2 つの第 2 配線 35 の間でリーク電流が生じることを抑制するために形成されている。

[0099] 第 2 凹部 33 は、第 1 凹部 23 と同様に、第 2 底面 331 及び第 2 側面 332 を含んでもよい。第 2 底面 331 及び第 2 側面 332 の構成は、上述の第 1 底面 231 及び第 1 側面 232 の構成と同様である。例えば、第 2 凹部 33 の深さの数値範囲として、第 1 凹部 23 の深さ H1 の上述の数値範囲を採用できる。例えば、第 2 側面 332 の幅の数値範囲として、第 1 側面 232 の幅 W3 の上述の数値範囲を採用できる。

[0100] 第 2 導電体 34 は、第 1 導電体 24 と同様に、シード層及び本体層を含んでもよい。第 2 導電体 34 のシード層及び本体層の構成は、上述の第 1 導電体 24 のシード層 241 及び本体層 242 の構成と同様である。

- [0101] 図4に示すように、第2有機層31は、第2上面311に位置する第2遷移層32を含んでいてもよい。第2遷移層32の構成は、上述の第1遷移層22の構成と同様である。
- [0102] (配線デバイスの製造方法)
- 次に、配線デバイス10の製造方法を説明する。
- [0103] まず、図5に示すように、支持キャリア基板50Pが準備される。続いて、支持キャリア基板50P上に剥離層51が形成される。続いて、剥離層51上に配線11が形成される。
- [0104] 続いて、図6に示すように、支持キャリア基板50P上に第1有機層21が形成される。続いて、図7に示すように、第1有機層21の第1上面211に開口215が形成される。開口215は、配線11に重なるように形成される。
- [0105] 続いて、第1導電体24を形成する第1導電体形成工程が実施される。第1導電体形成工程は、逆スパッタリング工程、スパッタリング工程及びめっき工程を含んでいてもよい。
- [0106] 逆スパッタリング工程は、第1有機層21にイオン又はプラズマを衝突させる工程である。イオンは、例えばアルゴンイオンである。イオン又はプラズマが第1有機層21の第1上面211に衝突することにより、第1上面211が荒らされる。図8において、符号216は、イオン又はプラズマが第1上面211に衝突することによって形成された層を表す。
- [0107] 逆スパッタリング工程は、スパッタリング工程の場合とは逆向きの電圧を生じさせることによって実現される。例えば、逆スパッタリング工程においては、バイアス電圧が第1有機層21に印加される。これにより、イオン又はプラズマが、第1有機層21に向かって加速されて第1上面211に衝突する。
- [0108] 逆スパッタリング工程の後、スパッタリング工程が実施される。逆スパッタリング工程においては、バイアス電圧が、シード層241を形成する金属材料を含むターゲットに印加される。スパッタリング工程においては、イオン又

はプラズマが、ターゲットに向かって加速されてターゲットに衝突する。ターゲットから弾き出された金属材料の粒子は、第1有機層21の第1上面211に向かって移動する。

[0109] 第1上面211に到達した金属材料の粒子の一部は、第1有機層21の内部に例えば拡散によって侵入する。逆スパッタリング工程に起因する層216は、金属粒子が第1有機層21の内部に侵入することを促進できる。第1有機層21の内部に金属材料の粒子が浸入することにより、図9に示すように、第1有機層21の第1上面211に第1遷移層22が形成される。また、図10に示すように、第1有機層21の第1上面211上に金属材料の粒子が堆積することにより、シード層241が形成される。

[0110] シード層241が形成された後、図11に示すように、シード層241上に第1レジスト層28が形成される。第1レジスト層28は、第1レジスト層28を厚さ方向に貫通する開口281を有する。開口281は、第1有機層21の開口215に重なるように形成される。

[0111] 続いて、めっき工程が実施される。めっき工程においては、図12に示すように、電解めっき処理によって開口281に本体層242が形成される。このようにして、シード層241及び本体層242を含む第1導電体24が形成される。第1有機層21の開口215に位置する第1導電体24の部分は、第1貫通部26を構成する。第1有機層21の第1上面211上に位置する第1導電体24の部分は、第1配線25を構成する。続いて、図13に示すように、第1レジスト層28が除去される。

[0112] 続いて、図14Aに示すように、シード層241のうち第1配線25に重ならない部分が除去される。これにより、隣り合う2つの第1配線25の間が電氣的に絶縁される。図14Bは、第1配線25を示す平面図である。図14Aは、図14BのXIVA-XIVA線に沿った断面図に相当する。

[0113] ところで、上述のように、第1有機層21の第1上面211を構成する第1遷移層22は、金属粒子を含む。このため、隣り合う2つの第1配線25の間において第1遷移層22が連続的に広がっている場合、2つの第1配線25の

間でリーク電流が生じる恐れがある。このような課題を考慮し、図15に示すように、第1有機層21の第1上面211に第1凹部23を形成する工程が実施される。これにより、2つの第1配線25の間に位置する第1有機層21の第1上面211の導電性を低減できる。このため、2つの第1配線25の間でリーク電流が生じることを抑制できる。

- [0114] 第1凹部23を形成する方法は、特には限られない。例えば、ドライエッチングによって第1凹部23が形成されてもよい。ドライエッチングにおいて用いられるエッチングガスは、例えば酸素、窒素、 C_xF_y で表される炭化フッ素ガスや C_xH_y で表される炭化水素ガスなどであり、これらを混合して用いても良い。
- [0115] 続いて、図16に示すように、第1配線層20上に第2配線層30が形成される。第2配線層30の形成工程は、第1配線層20の形成工程と同様であるので、説明を省略する。
- [0116] 続いて、図17Aに示すように、第2配線層30上に表面層17が形成されてもよい。また、接続部16が形成されてもよい。図17Bは、接続部16及び表面層17を示す平面図である。図17Aは、図17BのXVIIA-XVIIA線に沿った断面図に相当する。
- [0117] 続いて、図18Aに示すように、接続部16上に半導体素子40を搭載する工程が実施される。図18Bは、接続部16上に搭載された半導体素子40を示す平面図である。図18Aは、図18BのXVIII A-XVIII A線に沿った断面図に相当する。複数の半導体素子40が搭載された、図18A及び図18Bに示す積層体を、半導体パッケージ中間体1とも称する。
- [0118] 続いて、図19に示すように、モールド樹脂層48を形成する工程が実施される。モールド樹脂層48は、コンプレッションモールドによって形成されてもよい。例えば、まず、第1の型と第2の型との間のキャビティに、図18A及び図18Bに示す積層体を配置する。続いて、キャビティにおいて、液状又は粒状の樹脂を積層体に接触させる。また、第1の型と第2の型との間で樹脂

を圧縮する。樹脂が冷却されて固化することにより、モールド樹脂層48が得られる。

[0119] 続いて、図20に示すように、半導体パッケージ中間体1を分断する分断工程が実施される。分断工程においては、個々の配線デバイス10の寸法などの寸法に応じて、半導体パッケージ中間体1が第1方向D1及び第2方向D2に沿って切断される。これにより、複数の配線デバイス10が得られる。このとき支持キャリア50を切断せず、積層体のみを切断して剥離層を境界とし支持キャリアを分離する場合もある。

[0120] 本実施の形態において、第1有機層21は、第1配線25に重なる第1上面211を構成する第1遷移層22を含む。第1遷移層22は、第1配線25の下面を構成する金属と同一の金属の粒子を含む。このため、第1有機層21と第1配線25との間の密着性を高めることができる。このため、第1配線25の幅が小さい場合であっても、配線が有機層から剥離することを抑制できる。例えば、上述のように、第1配線25の幅W11が $5.0\mu\text{m}$ 以下、 $3.0\mu\text{m}$ 以下、又は $2.0\mu\text{m}$ 以下などの場合であっても、第1配線25が第1有機層21から剥離することを抑制できる。

[0121] 本実施の形態において、第1有機層21は、2つの第1配線25の間において第1上面211に位置する第1凹部23を含む。このため、2つの第1配線25の間の間隔が小さい場合であっても、2つの第1配線25の間でリーク電流が生じることを抑制できる。例えば、上述のように、2つの第1配線25の間の間隔W12が $5.0\mu\text{m}$ 以下、 $3.0\mu\text{m}$ 以下、又は $2.0\mu\text{m}$ 以下などの場合であっても、2つの第1配線25の間でリーク電流が生じることを抑制できる。

[0122] 上述した一実施形態を様々に変更できる。以下、必要に応じて図面を参照しながら、変形例について説明する。以下の説明および以下の説明で用いる図面では、上述した一実施形態と同様に構成され得る部分について、上述の一実施形態における対応する部分に対して用いた符号と同一の符号を用いる。重複する説明は省略する。また、上述した一実施形態において得られる作用効果の変

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。

[0123] (第1変形例)

図21は、第1変形例における配線デバイス10を示す断面図である。配線デバイス10は、支持キャリア50を備えていなくてもよい。すなわち、配線デバイス10は、支持キャリア50から剥離された状態で使用されてもよい。

[0124] (第2変形例)

図22は、第2変形例における配線デバイス10を示す断面図である。配線デバイス10は、第1有機層21の第1下面212に面する貫通電極基板60を備えていてもよい。

[0125] 貫通電極基板60は、第1下面212に面する基板61と、基板61を厚さ方向に貫通する貫通電極62と、を含む。貫通電極62は、再配線層18の配線に電氣的に接続されていてもよい。例えば、貫通電極62は、第1配線層20の第1配線25に電氣的に接続されていてもよい。

[0126] (第3変形例)

図23は、第3変形例における配線デバイス10を示す断面図である。配線デバイス10は、配線基板70を備えていてもよい。配線基板70は、貫通電極基板60に接続されていてもよい。

[0127] 配線基板70は、BGA基板であってもよい。BGAは、ボールグリッドアレイの略である。BGA基板は、BGA（ボールグリッドアレイ）チップを搭載可能な配線基板である。配線基板70は、FC-BGA基板であってもよい。FCは、フリップチップの略である。FC-BGA基板は、BGA（ボールグリッドアレイ）チップをフリップチップボンディングによって搭載可能な配線基板である。

[0128] 再配線層18又は貫通電極基板60は、第1方向D1及び第2方向D2に格子状に並べられたパッド又は端子を含んでいてもよい。再配線層18又は貫通

電極基板 60 のパッド又は端子は、バンプを介して配線基板 70 に接続される。

[0129] (第4変形例)

図 24A は、第4変形例における第1配線層 20 を示す断面図である。第1配線層 20 は、第1凹部 23 を覆う第1無機層 27 を含んでいてもよい。第1無機層 27 は、第1配線 25 に接していてもよい。例えば、第1無機層 27 は、第1配線 25 の側面を覆っていてもよい。第1無機層 27 は、第1配線 25 の上面を少なくとも部分的に覆っていてもよい。第1無機層 27 は、第1配線 25 においてマイグレーションが生じることを抑制できる。

[0130] 第1凹部 23 をドライエッチングによって形成する工程においては、第1配線 25 の側面の一部もエッチングされる可能性がある。第1無機層 27 は、エッチングによって形成された第1配線 25 の側面の凹部を埋めることができる。これにより、第1配線 25 の機械的な強度を高めることができる。

[0131] 第1無機層 27 は、無機絶縁材料を含む。無機絶縁材料は、例えば、窒化ケイ素、酸化珪素などである。第1無機層 27 は、窒化ケイ素の層及び酸化珪素の層を含んでいてもよい。

[0132] 図 24B は、第1配線 25 及び第1遷移層 22 の一例を示す断面図である。第1無機層 27 は、第1遷移層 22 の露出側面 223 に接していてもよい。第1無機層 27 は、第1遷移層 22 に含まれる金属粒子が露出側面 223 から上述の第2有機層 31 の内部へ拡散することを抑制できる。

[0133] 図 25 は、第4変形例における第2配線層 30 を示す断面図である。第1配線層 20 と同様に、第2配線層 30 も、第2凹部 33 を覆う第2無機層 37 を含んでいてもよい。第2無機層 37 は、第2配線 35 に接していてもよい。例えば、第2無機層 37 は、第2配線 35 の側面を覆っていてもよい。第2無機層 37 は、第2配線 35 の上面を少なくとも部分的に覆っていてもよい。第2無機層 37 は、第1無機層 27 と同様に、無機絶縁材料を含む。

[0134] (第5変形例)

図26は、第5変形例における第1配線層20を示す断面図である。配線デバイス10は、再配線層18の上面181に面する配線基板70を備えてもよい。第5変形例においては、再配線層18を含む配線デバイス10が支持キャリア50から剥離した後、再配線層18を上下反転させて再配線層18を配線基板70に搭載する。

[0135] 図26に示すように、配線デバイス10は、再配線層18の上面181と配線基板70との間に位置する接着層75を備えていてもよい。配線デバイス10は、再配線層18と配線基板70とを電氣的に接続する接続部材76を備えていてもよい。接続部材76は、接着層75の中に埋まってもよい。

[0136] 図27は、配線デバイス10が搭載される製品の例を示す図である。配線デバイス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。

[0137] (第6変形例)

図46は、第6変形例による第1配線25及び第1遷移層22の一例を示す断面図である。第1配線25のシード層241の側面2411は、断面図において、本体層242の側面2421よりも内側に位置していてもよい。言い換えると、シード層241の側面2411が、本体層242の側面2421に対して凹んでいてもよい。

[0138] シード層241の側面2411の凹みは、例えば、上述の図14A、14Bに示す工程において生じる、シード層241の側面2411のサイドエッチングに起因する。図14A、14Bに示す工程においては、例えばウェットエッチングによって、シード層241のうち第1配線25に重ならない部分が除去される。

[0139] ウェットエッチングの時間が長いほど、シード層241のうち第1配線25に重ならない部分がより確実に除去される。仮に、シード層241のうち第1配線25に重ならない部分が残ると、その後に実施される第1凹部23の形成

工程が阻害される。例えば、シード層 241 が残っている第 1 有機層 21 の部分に第 1 凹部 23 が形成されにくくなる。ウェットエッチングの時間を長くすることにより、第 1 有機層 21 上にシード層 241 が残ることが抑制される。

[0140] 一方、ウェットエッチングの時間が長いほど、シード層 241 のうち第 1 配線 25 に重なる部分に生じるサイドエッチングが大きくなる。符号 W5 は、本体層 242 の側面 2421 の下端とシード層 241 の側面 2411 との間の、配線デバイス 10 の面方向における距離を表す。シード層 241 の材料が本体層 242 の材料と異なる場合、ウェットエッチングの時間が長いほど、距離 W5 が大きくなる。本体層 242 がシード層 241 から剥離することを抑制するためには、第 1 配線 25 の幅 W11 に対して距離 W5 が大きくなり過ぎないことが好ましい。

[0141] そのため、幅 W11 に対する距離 W5 の比率である $W5/W11$ は、例えば $1/40$ 以上であり、 $1/30$ 以上であってもよく、 $1/25$ 以上であってもよい。 $W5/W11$ は、例えば $1/6$ 以下であり、 $1/5$ 以下であってもよく、 $1/4$ 以下であってもよい。

[0142] 距離 W5 は、シード層 241 の厚さ T1 に対して相対的に定められてもよい。厚さ T1 に対する距離 W5 の比率である $W5/T1$ は、例えば 0.05 以上であり、0.10 以上であってもよく、0.50 以上であってもよい。 $W5/T1$ は、例えば 5.0 以下であり、3.0 以下であってもよく、1.0 以下であってもよい。

[0143] 図 46 に示すように、第 1 配線 25 のシード層 241 の側面 2411 は、断面図において、第 1 凹部 23 の第 1 側面 232 よりも内側に位置していてもよい。言い換えると、シード層 241 の側面 2411 が、第 1 凹部 23 の第 1 側面 232 に対して凹んでいてもよい。

[0144] 上述の図 15 に示す工程において、第 1 凹部 23 は、第 1 有機層 21 のうち第 1 配線 25 に重ならない部分に形成されやすい。シード層 241 がサイドエッチングされている場合、第 1 凹部 23 の第 1 側面 232 が、シード層 24

1の側面2411よりも外側に位置する。「外側」は、第1配線25が延びる方向に直交する方向における断面図において、配線デバイス10の面方向における第1配線25の中央から遠ざかる向きを意味する。

[0145] 符号W6は、第1凹部23の第1側面232の上端とシード層241の側面2411との間の、配線デバイス10の面方向における距離を表す。距離W6は、距離W5と一致する場合もあれば、距離W5よりも大きくなる場合がある。距離W6が距離W5よりも大きい場合、距離W6と距離W5の差は、例えば $0.01\mu\text{m}$ 以上であり、 $0.02\mu\text{m}$ 以上であってもよく、 $0.05\mu\text{m}$ 以上であってもよい。距離W6が距離W5よりも大きい場合、距離W6と距離W5の差は、例えば $3.00\mu\text{m}$ 以下であり、 $2.00\mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $1.00\mu\text{m}$ 以下であってもよい。

[0146] 距離W6は、シード層241の厚さT1に対して相対的に定められてもよい。厚さT1に対する距離W6の比率である $W6/T1$ は、例えば0.05以上であり、0.10以上であってもよく、0.50以上であってもよい。 $W6/T1$ 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。

[0147] 図47は、第1配線及び第1遷移層の一例を示す断面図である。図47に示すように、シード層241の側面2411が本体層242の側面2421よりも内側に位置する場合に、第1凹部23及び第1配線25を覆う第1無機層27が形成されていてもよい。第1無機層27は、シード層241の側面2411に接していてもよい。

[0148] シード層241の側面2411が本体層242の側面2421及び第1凹部23の第1側面232よりも内側に位置する場合、本体層242の下面と第1有機層21の第1遷移層22の上面との間に、内側に窪んだ空間が形成される。第1無機層27がシード層241の側面2411に接するためには、第1無機層27の形成工程において、内側に窪んだ空間に第1無機層27の材料が充填される必要がある。本変形例においては、第1有機層21に第1凹部23が形成されているので、内側に窪んだ空間に第1無機層27の材料が充填され

やすい。このため、シード層 241 の側面 2411 に接する第 1 無機層 27 を備える配線デバイス 10 を安定的に製造できる。

- [0149] 本変形例の効果の一例を、比較の形態との対比に基づいて説明する。図 48 は、第 1 の比較の形態における第 1 配線 25 及び第 1 遷移層 22 の一例を示す断面図である。図 48 に示す第 1 配線 25 及び第 1 遷移層 22 は、第 1 有機層 21 に第 1 凹部 23 が形成されていない点以外は、図 46 に示す第 1 配線 25 及び第 1 遷移層 22 と同一である。
- [0150] 図 49 及び図 50 は、図 48 に示す第 1 配線 25 上に第 1 無機層 27 を形成する工程の一例を示す断面図である。第 1 無機層 27 は、例えば、CVD、ALD、PVD などの気相成膜法によって第 1 配線 25 の表面及び第 1 有機層 21 の表面に形成される。
- [0151] 第 1 無機層 27 の形成工程において、配線デバイス 10 の厚さ方向における第 1 無機層 27 の成長速度は、配線デバイス 10 の面方向における第 1 無機層 27 の成長速度よりも大きい。図 49 に示すように、第 1 無機層 27 は、第 1 方向 D1 に比べて第 3 方向 D3 において速く成長する。
- [0152] シード層 241 の側面 2411 が本体層 242 の側面 2421 及び第 1 凹部 23 の第 1 側面 232 よりも内側に位置する場合、第 1 無機層 27 の形成工程の初期段階では、側面 2411 上に第 1 無機層 27 が形成され難い。第 1 の比較の形態においては、第 1 有機層 21 の第 1 遷移層 22 上に形成された第 1 無機層 27 が第 1 方向 D1 において成長すると、第 1 無機層 27 が側面 2411 に接することができる。しかしながら、第 3 方向 D3 において第 1 無機層 27 が速く成長する場合、図 50 に示すように、第 1 無機層 27 の成長が側面 2411 に達するよりも前に、第 1 遷移層 22 上の第 1 無機層 27 が本体層 242 の側面 2421 上の第 1 無機層 27 に接続されることが考えられる。第 1 無機層 27 の接続が生じると、シード層 241 の側面 2411 に向かう、第 1 方向 D1 における第 1 無機層 27 の成長が停止される。この結果、図 50 に示すように、第 1 無機層 27 とシード層 241 の側面 2411 との間に、第 1 無機層 27 が充填されていない隙間 2412 が生じる可能性がある。隙間 2412

は、例えば、第1無機層27にクラックなどの欠陥を生じさせる原因になる。隙間2412は、例えば、第1配線25に剥離、クラックなどの欠陥を生じさせる原因になる。第1無機層27にクラックなどの欠陥が生じると、2つの第1配線25の間におけるマイグレーションを抑制する効果が十分に得られない可能性がある。

[0153] 本変形例においては、図46に示すように、第1有機層21に第1凹部23が形成されている。このため、第1有機層21上の第1無機層27が本体層242の側面2421上の第1無機層27に接続される前に、シード層241の側面2411に接する第1無機層27を形成できる。本変形例によれば、第1無機層27とシード層241の側面2411との間に隙間が生じることが抑制される。このため、第1無機層27及び第1配線25に欠陥が生じることが抑制される。

[0154] 図47において、符号T2は、第1凹部23の第1底面231上に位置する第1無機層27の厚さを表す。符号T3は、本体層242の側面2421上に位置する第1無機層27の厚さを表す。符号T4は、本体層242の上面2422上に位置する第1無機層27の厚さを表す。

[0155] 厚さT2は、厚さT3よりも大きいてもよい。第1無機層27が、第1方向D1に比べて第3方向D3において速く成長する場合、厚さT2が厚さT3よりも大きくなる。厚さT2は、第1方向D1における第1凹部23の第1底面231の中央で測定される。厚さT3は、第3方向D3における本体層242の中央で測定される。

[0156] 厚さT3に対する厚さT2の比率である $T2/T3$ は、例えば1.10以上であり、1.30以上であってもよく、1.50以上であってもよい。 $T2/T3$ は、例えば3.00以下であり、2.50以下であってもよく、2.00以下であってもよい。

[0157] 厚さT4は、厚さT3よりも大きいてもよい。第1無機層27が、第1方向D1に比べて第3方向D3において速く成長する場合、厚さT4が厚さT3よりも大きくなる。厚さT4は、第1方向D1における本体層242の上面2422

22の中央で測定される。厚さT3に対する厚さT4の比率である $T4/T3$ の数値範囲としては、 $T2/T3$ の数値範囲を採用できる。

[0158] 図51は、本変形例による第1配線25及び第1遷移層22の一例を示す断面図である。シード層241は、複数の層を含んでもよい。例えば、シード層241は、第1シード層241aと、第1シード層241a上に位置する第2シード層241bと、を含んでもよい。

[0159] 第1シード層241aは、本体層242の材料とは異なる材料を含んでもよい。第2シード層241bは、本体層242の材料と同一の材料を含んでもよい。例えば、第1シード層241aが、ニッケル、チタン、クロム又は亜鉛若しくはこれらの金属の合金を含み、第2シード層241b及び本体層242が、銅又は銅合金を含んでもよい。

[0160] 上述の図14A、14Bに示す、シード層241を部分的に除去する工程は、第2シード層241bを部分的に除去する工程と、第1シード層241aを部分的に除去する工程と、を含んでもよい。第1シード層241aを部分的に除去する工程においては、第1シード層241aのサイドエッチングが、第2シード層241bのサイドエッチングよりも速く進行する。この結果、図51に示すように、第1シード層241aの側面が、断面図において、第2シード層241bの側面よりも内側に位置する。すなわち、図51に示す例において、本体層242の側面2421よりも内側に位置するシード層241の側面2411は、第1シード層241aの側面によって構成される。

[0161] 図51に示す例において、厚さT1は、第1シード層241aの厚さである。図51に示す例において、距離W5は、第2シード層241bの側面の下端と第1シード層241aの側面との間の、配線デバイス10の面方向における距離である。

[0162] 図52は、第1配線及び第1遷移層の一例を示す断面図である。図52に示すように、第1シード層241aの側面が第2シード層241bの側面よりも内側に位置する場合に、第1凹部23及び第1配線25を覆う第1無機層27が形成されていてもよい。

[0163] 距離W5、W6、厚さT1～T4は、走査型電子顕微鏡によって撮影された配線デバイス10の断面画像に基づいて算出される。

[0164] (第7変形例)

図53は、第7変形例による第1配線25及び第1遷移層22の一例を示す断面図である。第1凹部23の第1底面231上に位置する第1無機層27の表面は、粗さを有していてもよい。例えば、第1凹部23の第1底面231上に位置する第1無機層27の表面は、複数の凸部277を含んでいてもよい。複数の凸部277は、第1無機層27の表面積を増加させる。第1無機層27の表面積が増加することにより、第1無機層27と上述の第2有機層31との間の接触面積が増加する。このため、第2有機層31が第1無機層27から剥離することが抑制される。

[0165] 図53において、符号H3は、凸部277の高さを表す。凸部277の高さは、第1底面231上に位置する第1無機層27のうち、最も下方に位置する部分と、最も上方に位置する部分との間の、第3方向D3における距離である。「第1無機層27が粗さを有する」は、第1無機層27の凸部277の高さH3が、基準面の凸部の高さよりも大きいことを意味する。基準面は、第1有機層21の上面に接する第1配線25の下面である。

[0166] 第1無機層27の凸部277の高さH3、及び基準面の凸部の高さは、走査型電子顕微鏡によって撮影された配線デバイス10の断面画像に基づいて算出される。断面画像は、2つの第1配線25と、2つの第1配線25の間に位置する第1凹部23と、を含む。2つの第1配線25の下面と第1有機層21との間の界面も、断面画像に現れている。

[0167] 高さH3は、例えば0.05 μm 以上であり、0.10 μm 以上であってもよく、0.15 μm 以上であってもよい。高さH3は、例えば0.40 μm 以下であり、0.35 μm 以下であってもよく、0.30 μm 以下であってもよい。

[0168] (第8変形例)

図54は、第8変形例による第1配線25及び第1遷移層22の一例を示す断面図である。側面2411、側面2421などの第1配線25の側面は、粗さを有していてもよい。例えば、第1配線25の側面は、複数の凸部253を含んでいてもよい。複数の凸部253は、第1配線25の側面の表面積を増加させる。第1配線25の側面の表面積が増加することにより、第1配線25の側面と第1無機層27との間の接触面積が増加する。このため、第1無機層27が第1配線25から剥離することが抑制される。

[0169] 図54において、符号H4は、凸部253の高さを表す。凸部253の高さは、第1配線25の側面が広がる方向に直交する方向において測定される。「第1配線25の側面が粗さを有する」は、第1配線25の側面の凸部253の高さH4が、基準面の凸部の高さよりも大きいことを意味する。基準面は、第7変形例の場合と同様に、第1有機層21の上面に接する第1配線25の下面である。

[0170] 第1配線25の側面の凸部253の高さH4、及び基準面の凸部の高さは、走査型電子顕微鏡によって撮影された配線デバイス10の断面画像に基づいて算出される。断面画像は、1つの第1配線25を含む。1つの第1配線25の下面と第1有機層21との間の界面も、断面画像に現れている。断面画像に現れている複数の凸部253の中で最大の凸部253の高さが、高さH4として採用される。

[0171] 図54に示すように、第1無機層27の表面は、第1配線25の側面の粗さに対応する粗さを有してもよい。第1無機層27の粗さが大きいほど、第1無機層27の表面積が増加する。第1配線25の側面上の第1無機層27の表面積が増加することにより、第1無機層27と上述の第2有機層31との間の接触面積が増加する。このため、第2有機層31が第1無機層27から剥離することが抑制される。

[0172] (第9変形例)

図55は、第9変形例による第1配線25及び第1遷移層の一例を示す断面図である。第1凹部23の第1側面232は、第1遷移層22の上面から第

1 底面 2 3 1 に向かうにつれて外側に変位するよう傾斜する部分を含んでいてもよい。傾斜する部分は、傾斜面とも称される。

[0173] 第 1 側面 2 3 2 が傾斜面を含むことにより、第 1 無機層 2 7 の形成工程において、第 1 無機層 2 7 を構成する材料が、本体層 2 4 2 の下面の下方の空間に充填されやすくなる。このため、シード層 2 4 1 の側面 2 4 1 1 に接する第 1 無機層 2 7 を備える配線デバイス 1 0 を安定的に製造できる。

[0174] 第 1 側面 2 3 2 の傾斜面の傾斜角度は、 $W3/H1$ 又は $W4/H2$ によって表されてもよい。 $W3/H1$ は、第 1 凹部 2 3 の深さ $H1$ に対する第 1 側面 2 3 2 の幅 $W3$ の比率である。 $W4/H2$ は、第 1 遷移層 2 2 の厚さ $H2$ に対する第 1 遷移層 2 2 の露出側面 2 2 3 の幅 $W4$ の比率である。

[0175] $W3/H1$ は、例えば 0.01 以上であり、0.05 以上であってもよく 0.10 以上であってもよい。 $W3/H1$ は、例えば 1.00 以下であり、0.70 以下であってもよく、0.50 以下であってもよい。 $W4/H2$ の数値範囲は、 $W4/H2$ の数値範囲と同一であってもよい。

[0176] $W4/H2$ は、 $W3/H1$ よりも大きくてもよい。例えば、図 5 6 に示すように、第 1 凹部 2 3 の第 1 側面 2 3 2 は、第 1 傾斜面 2 3 2 1 と、第 1 傾斜面 2 3 2 1 と第 1 底面 2 3 1 との間に位置する第 2 傾斜面 2 3 2 2 と、を含んでいてもよい。第 1 傾斜面 2 3 2 1 の傾斜角度は、第 2 傾斜面 2 3 2 2 の傾斜角度よりも大きくてもよい。傾斜角度は、第 3 方向 $D3$ に対して傾斜面が成す角度である。

[0177] 第 1 凹部 2 3 の第 1 側面 2 3 2 の傾斜面の傾斜角度は、第 1 遷移層 2 2 の上面から第 1 底面 2 3 1 に向かうにつれて減少してもよい。

[0178] (第 10 変形例)

図 5 7 は、第 10 変形例による第 1 配線 2 5 及び第 1 遷移層の一例を示す断面図である。符号 $W7$ は、第 1 配線 2 5 の幅の最大値を表す。符号 $W8$ は、第 1 配線 2 5 の下方に位置し、平面視において隣り合う 2 つの第 1 凹部 2 3 の間に位置する第 1 有機層 2 1 の上側遷移層 2 2 1 の上面の幅を表す。図 5 7 に

示すように、上側遷移層 2 2 1 の上面の幅 W 8 は、第 1 配線 2 5 の幅の最大値 W 7 以下であってもよい。

[0179] 最大値 W 7 を有する第 1 配線 2 5 の部分は、本体層 2 4 2 の下面よりも上方に位置する部分であることが好ましい。この場合、第 1 配線 2 5 の本体層 2 4 2 の側面 2 4 2 1 は、最大値 W 7 を有する第 1 配線 2 5 の部分から本体層 2 4 2 の下面に向かうにつれて内側に変位する傾斜面を含む。本体層 2 4 2 の側面 2 4 2 1 が傾斜面を含むことにより、第 1 無機層 2 7 の形成工程において、第 1 無機層 2 7 を構成する材料が、本体層 2 4 2 の下面の下方の空間に充填されやすくなる。このため、シード層 2 4 1 の側面 2 4 1 1 に接する第 1 無機層 2 7 を備える配線デバイス 1 0 を安定的に製造できる。

[0180] 第 1 配線 2 5 の幅の最大値 W 7 に対する上側遷移層 2 2 1 の上面の幅 W 8 の比率である $W 8 / W 7$ は、例えば 1. 0 0 以下であり、0. 9 0 以下であってもよく、0. 8 0 以下であってもよい。 $W 8 / W 7$ は、例えば 0. 5 0 以上であり、0. 6 0 以上であってもよく、0. 7 0 以上であってもよい。最大値 W 7 及び幅 W 8 は、走査型電子顕微鏡によって撮影された配線デバイス 1 0 の断面画像に基づいて算出される。

[0181] (第 1 1 変形例)

図 5 8 は、第 1 1 変形例による第 1 配線層 2 0 の一例を示す断面図である。本変形例による第 1 配線層 2 0 は、図 2 4 A に示す 2 0 と同様に、第 1 無機層 2 7 を含む。第 1 無機層 2 7 は、第 1 配線 2 5 においてマイグレーションが生じることを抑制できる。

[0182] また、第 1 無機層 2 7 は、配線デバイス 1 0 の反りを低減することもできる。

[0183] 再配線層 1 8 の形成工程は、第 1 有機層 2 1 の樹脂を加熱する加熱工程など、高温で実施される工程を含む場合がある。第 1 有機層 2 1 の有機材料の熱膨張率は、再配線層 1 8 のその他の構成要素の熱膨張率よりも大きい。例えば、第 1 有機層 2 1 の有機材料の熱膨張率は、支持キャリア 5 0 などの基板の熱膨張率よりも大きい。例えば、第 1 有機層 2 1 の有機材料の熱膨張率は、第

1 導電体 2 4 の材料の熱膨張率よりも大きい。加熱工程の後、再配線層 1 8 の構成要素の温度が低下するとき、第 1 有機層 2 1 の熱膨張率とその他の構成要素との差に起因して応力が生じることが考えられる。例えば、基板、第 1 導電体 2 4 などに応力が生じることが考えられる。

[0184] 第 1 無機層 2 7 は、第 1 有機層 2 1 に起因する応力が第 1 無機層 2 7 以外の構成要素に影響を及ぼすことを抑制できる。このため、例えば、配線デバイス 1 0、再配線層 1 8 などに反りが生じることが抑制される。例えば、第 1 導電体 2 4 に応力が生じることが抑制されることにより、第 1 導電体 2 4 に変形、破損などの欠陥が生じることが抑制される。

[0185] ところで、加熱工程などに起因して第 1 有機層 2 1 の温度が上昇すると、第 1 有機層 2 1 の内部にガスが発生することがある。また、有機材料の種類によっては、保管環境に由来する光や熱に起因する分子構造の変化によって、第 1 有機層 2 1 の内部にガスが発生することがある。ガスが、例えば第 1 有機層 2 1 と第 1 無機層 2 7 の間の界面に滞留すると、第 1 無機層 2 7 が第 1 有機層 2 1 から剥離することが懸念される。

[0186] このような課題を解決するため、本変形例においては、第 3 方向 D 3 において第 1 無機層 2 7 を貫通する開口を第 1 無機層 2 7 に形成することを提案する。例えば図 5 8 に示すように、第 1 配線層 2 0 の第 1 無機層 2 7 は、少なくとも 1 つの開口 2 7 3 を含んでいる。開口 2 7 3 は、平面視において、第 1 配線 2 5 などの第 1 導電体 2 4 に重ならない位置に形成されている。複数の開口 2 7 3 が第 1 無機層 2 7 に形成されていてもよい。開口 2 7 3 は、平面視において第 1 凹部 2 3 に重なっていてもよい。開口 2 7 3 は、平面視において第 1 凹部 2 3 の外縁の内側に位置していてもよい。

[0187] 図 5 9 は、本変形例による第 1 配線層 2 0 及び第 2 配線層 3 0 の一例を示す断面図である。第 1 有機層 2 1 の内部に発生したガスは、開口 2 7 3 を通って第 2 配線層 3 0 の第 2 有機層 3 1 へ移動できる。このため、第 1 配線層 2 0 の第 1 有機層 2 1 と第 2 配線層 3 0 の第 2 有機層 3 1 の界面にガスが滞留するこ

とが抑制される。ガスの滞留の抑制により、例えば、第1無機層27が第1有機層21から剥離することが抑制される。

[0188] 図59に示すように、第2配線層30の第2無機層37は、少なくとも1つの開口373を含んでいてもよい。開口373は、平面視において、第2配線35などの第2導電体34重ならない位置に形成されている。複数の開口373が第2無機層37に形成されていてもよい。開口373は、平面視において第2凹部33に重なっていてもよい。開口373は、平面視において第2凹部33の外縁の内側に位置していてもよい。

[0189] 第2有機層31の内部に発生したガスは、開口373を通して上方へ移動できる。このため、例えば、第2無機層37が第2有機層31から剥離することが抑制される。

[0190] 開口273、開口373などの開口の寸法L1は、ガスが適切に通過できるように設定される。寸法L1は、例えば1.0 μm 以上であり、2.0 μm 以上であってもよく、3.0 μm 以上であってもよい。寸法L1は、例えば100 μm 以下であり、50 μm 以下であってもよく、30 μm 以下であってもよく、20 μm 以下であってもよい。寸法L1は、第1凹部23の外縁が延びる方向に直交する方向において測定される。

[0191] なお、図58及び図59に示す例では、無機層で応力を調整し再配線層を平坦化するなどする効果が期待できるため、上記の寸法L1の数値範囲で適宜に無機層に開口を設けている。しかしそういった効果が無機層に求める必要が無い場合には、配線を被覆する部分以外の無機層を除いて開口としてもよい。例えば、後述する図91に示す無機膜の構造が、図58及び図59に示す例において採用されてもよい。

[0192] 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。

[0193] [実施例]

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。

[0194] (実施例 1)

図 5 ～ 15 に示す方法により、第 1 有機層 21、複数の第 1 配線 25 及び複数の第 1 凹部 23 を含む第 1 配線層 20 を作製した。続いて、第 1 配線 25 の側面及び第 1 凹部 23 を覆う第 1 無機層 27 を形成した。続いて、第 1 無機層 27 を覆う第 2 有機層 31 を形成した。

[0195] 第 1 配線 25 の幅は、 $5\ \mu\text{m}$ であった。隣り合う 2 つの第 1 配線 25 の間の間隔は、 $5\ \mu\text{m}$ であった。第 1 有機層 21 及び第 2 有機層 31 は、ポリイミドからなる。第 1 配線 25 は、チタンからなるシード層 241 と、銅からなる本体層 242 と、を含む。第 1 無機層 27 は、酸化珪素からなる。

[0196] 作製された第 1 配線層 20 の切断面を含むサンプルを、EDX によって分析した。具体的には、図 28 に示す第 1 エリア A1 ～ 第 6 エリア A6 において第 1 配線層 20 の切断面を分析した。第 1 エリア A1 は、第 1 凹部 23 の底面の表面である。第 2 エリア A2 は、第 1 凹部 23 の側面に隣接する第 1 遷移層 22 の表面である。第 3 エリア A3 ～ 第 5 エリア A5 は、面方向における第 1 遷移層 22 の中央に位置する、第 1 遷移層 22 の表面である。第 6 エリア A6 は、シード層 241 に位置する。

[0197] 分析に用いた装置、及び分析条件は下記の通りである。

透過電子顕微鏡：日本電子製 JEM-ARM200F

加速電圧： $200\ \text{kV}$

一次線のビームの直径： $0.1\ \text{nm}$

元素分析装置：JED-2300T

X線検出器：Siドリフト検出器

エネルギー分解能： $140\ \text{eV}$

X線取出角： 21.9°

立体角： $0.98\ \text{sr}$

温度：25℃

時間：30秒

[0198] 図29は、第1エリアA1の断面画像である。図30は、第1エリアA1におけるEDXの結果を示すグラフである。グラフの横軸は、サンプルから放出される特性X線のエネルギーレベルである。グラフの縦軸は、特性X線のカウント数である。第1エリアA1においては、チタンのK α 線は検出されなかった。

[0199] 図31は、第2エリアA2の断面画像である。図32は、第2エリアA2におけるEDXの結果を示すグラフである。第2エリアA2においては、チタンのK α 線が検出された。チタンのK α 線のカウント数は、炭素のK α 線のカウント数よりも大きかった。

[0200] 図33は、第3エリアA3及び第4エリアA4の断面画像である。図34は、第3エリアA3におけるEDXの結果を示すグラフである。図35は、第4エリアA4におけるEDXの結果を示すグラフである。第3エリアA3及び第4エリアA4においても、チタンのK α 線が検出された。チタンのK α 線のカウント数は、炭素のK α 線のカウント数よりも大きかった。

[0201] 図36は、第5エリアA5及び第6エリアA6の断面画像である。図37は、第5エリアA5におけるEDXの結果を示すグラフである。第5エリアA5においても、チタンのK α 線が検出された。チタンのK α 線のカウント数は、炭素のK α 線のカウント数よりも大きかった。

[0202] 図38は、第6エリアA6におけるEDXの結果を示すグラフである。第6エリアA6においては、チタンのK α 線が、検出された特性X線の大部分を占めていた。

[0203] (実施例2)

実施例1の場合と同様の方法によって、第1配線層20を作製した。第1配線25の幅は、2 μ mであった。隣り合う2つの第1配線25の間の間隔は、2 μ mであった。実施例2の第1配線層20のその他の構成は、実施例1の場合と同一である。

[0204] 実施例 1 の場合と同様に、作製された第 1 配線層 20 の切断面を含むサンプルを、EDXによって分析した。具体的には、図 39 に示す第 7 エリア A7 ～第 11 エリア A11 において第 1 配線層 20 の切断面を分析した。第 7 エリア A7 は、第 1 凹部 23 の底面の表面である。第 8 エリア A8 及び第 9 エリア A9 は、第 1 遷移層 22 の表面である。第 10 エリア A10 は、厚さ方向において第 8 エリア A8 から 100 nm 離れている。第 11 エリア A11 は、シード層 241 に位置する。

[0205] 図 40 は、第 7 エリア A7 ～第 11 エリア A11 の断面画像である。図 41 は、第 7 エリア A7 における EDX の結果を示すグラフである。第 7 エリア A7 においては、チタンの K α 線は検出されなかった。

[0206] 図 42 は、第 8 エリア A8 における EDX の結果を示すグラフである。図 43 は、第 9 エリア A9 における EDX の結果を示すグラフである。第 8 エリア A8 及び第 9 エリア A9 においては、チタンの K α 線が検出された。炭素の K α 線のカウント数に対する、チタンの K α 線のカウント数の比率は、約 0.25 であった。

[0207] 図 44 は、第 10 エリア A10 における EDX の結果を示すグラフである。第 10 エリア A10 においては、チタンの K α 線は検出されなかった。

[0208] 図 45 は、第 11 エリア A11 における EDX の結果を示すグラフである。第 11 エリア A11 においては、チタンの K α 線が、検出された特性 X 線の大部分を占めていた。

[0209] (第 2 の実施の形態)

第 2 の実施形態は、2024 年 3 月 22 日に出願された日本国特許出願の No. 2024-47039 に基づいており、この優先権を主張する。第 2 の実施形態は、再配線層の製造方法及び配線基板群に関する。日本国特許出願の No. 2024-47039 の明細書における構成要素の名称は、本願においては下記の表 1 のように変換されている。

[0210] [表 1]

JP No. 2024-047039 における名称	本願における名称
配線基板群	配線デバイス群
配線基板	配線デバイス
導電層	導電体
貫通電極	貫通部
キャリア基板	支持キャリア

- [0211] CPUやメモリなど、機能の異なる複数の半導体素子を1つの基板上に高密度で実装するパッケージング技術が注目されている。複数の半導体素子を電氣的に接続する構造体は、インターポーザとも称される。インターポーザは、例えば、導電体及び絶縁層を含む配線層を含む。配線層は、例えば、半導体素子のパッド又は端子を別の場所へ再配置するという機能を果たす。複数の配線層が積層された構造は、再配線層とも称される。
- [0212] 配線層はそれぞれ、導電体と、導電体を少なくとも部分的に覆う絶縁層と、を含む。特許文献2（特開2018-22894号公報）は、絶縁層が、導電体を少なくとも部分的に覆う無機層と、無機層を覆う有機層と、を含む構造を開示している。
- [0213] 再配線層の形成工程は、有機層の加熱工程など、高温で実施される工程を含むことがある。有機層が、水分、低分子成分などを含む場合や、分子構造の経時変化などにより、再配線層の形成工程の間に有機層の内部にガスが発生することがある。ガスが、例えば有機層と無機層の界面に滞留すると、無機層が有機層から剥離することが懸念される。
- [0214] 本開示の第2の実施形態は、このような課題を効果的に解決し得る再配線層及びその製造方法を提供することを目的とする。
- [0215] 本開示の第2の実施形態は、以下の[1]～[18]に関する。
- [0216] [1] 再配線層であって、
複数の配線層を備え、
複数の前記配線層はそれぞれ、導電体と、前記導電体を少なくとも部分的に覆う絶縁層と、を含み、

少なくとも1つの前記配線層において、前記絶縁層は、前記導電体を少なくとも部分的に覆うよう前記導電体に接する無機層と、前記無機層上に位置する有機層と、を含み、

前記無機層は、平面視において前記導電体に重ならない位置に形成された複数の第1開口を含む、再配線層。

[0217] [2] [1]に記載の再配線層において、前記無機層は、平面視において前記導電体に重なる位置に形成された第2開口を含んでいてもよく、前記有機層は、平面視において前記第2開口に少なくとも部分的に重なる位置に形成された第4開口を含んでいてもよい。

[0218] [3] [2]に記載の再配線層において、前記第4開口の寸法は、前記第2開口の寸法よりも小さくてもよい。

[0219] [4] [2]に記載の再配線層において、前記第4開口の寸法は、前記第2開口の寸法よりも大きくてもよい。

[0220] [5] [2]に記載の再配線層において、前記第4開口の寸法は、前記第2開口の寸法に等しくてもよい。

[0221] [6] [5]に記載の再配線層において、前記有機層は、平面視において前記第1開口に少なくとも部分的に重なる位置に形成された第3開口を含んでいてもよい。

[0222] [7] [6]に記載の再配線層において、複数の前記配線層は、第1配線層と、前記第1配線層上に位置する第2配線層と、前記第2配線層上に位置する第3配線層と、を含んでいてもよく、前記第2配線層の前記絶縁層は、前記無機層及び前記有機層を含んでいてもよく、前記第3配線層の前記絶縁層は、前記第1開口及び前記第3開口の位置において前記第1配線層の前記絶縁層に接していてもよい。

[0223] [8] [1]～[6]のいずれか1つに記載の再配線層において、複数の前記配線層は、第1配線層と、前記第1配線層上に位置する第2配線層と、を含んでいてもよく、前記第2配線層の前記絶縁層は、前記無機層及び前記有機層

を含んでいてもよく、前記第2配線層の前記有機層は、前記第1開口の位置において前記第1配線層の前記絶縁層に接していてもよい。

[0224] [9] [1] ~ [8] のいずれか1つに記載の再配線層の前記少なくとも1つの前記配線層において、前記導電体は、第1幅を有し、前記無機層によって覆われた配線を含んでいてもよく、前記第1開口の寸法は、前記第1幅以上であってよい。

[0225] [10] [1] ~ [9] のいずれか1つに記載の再配線層は、平面視において1辺が1000 μm の正方形の領域である第1領域を含んでいてもよく、前記第1領域は、平面視において前記導電体に重ならない位置に形成された少なくとも1つの前記第1開口を含む前記無機層を備えていてもよく、前記第1領域における前記少なくとも1つの前記第1開口の面積率が、0.07%以上であってよい。

[0226] [11] [1] ~ [10] のいずれか1つに記載の再配線層において、複数の前記第1開口の少なくとも1つは、平面視において前記導電体に沿って延びる線状開口であってよい。

[0227] [12] [1] ~ [11] のいずれか1つに記載の再配線層において、複数の前記第1開口の少なくとも1つは、平面視において前記導電体を囲む包囲開口であってよい。

[0228] [13] 再配線層の製造方法であって、

複数の配線層を含む再配線層を基板上に形成する再配線工程を備え、
複数の前記配線層はそれぞれ、導電体と、前記導電体を少なくとも部分的に覆う絶縁層と、を含み、

少なくとも1つの前記配線層において、前記絶縁層は、前記導電体を少なくとも部分的に覆うよう前記導電体に接する無機層と、前記無機層上に位置する有機層と、を含み、

再配線工程は、平面視において前記導電体に重ならない位置において前記無機層に複数の第1開口を形成する工程を含む、再配線層の製造方法。

- [0229] [14] [13]に記載の再配線層の製造方法において、前記再配線工程は、第1配線層を形成する第1配線工程と、前記第1配線層上に第2配線層を形成する第2配線工程と、を備えていてもよく、前記第2配線層の前記絶縁層は、前記無機層及び前記有機層を含んでいてもよく、前記第2配線工程は、前記第1配線層の前記絶縁層上に前記導電体を形成する工程と、前記導電体を覆う前記無機層を形成する工程と、平面視において前記導電体に重ならない位置において前記無機層に複数の第1開口を形成する工程と、前記無機層を覆う前記有機層を形成する工程と、を含んでいてもよい。
- [0230] [15] [14]に記載の再配線層の製造方法において、前記第2配線層の前記無機層は、平面視において前記導電体に重なる位置に形成された第2開口を含んでいてもよく、前記第2開口は、複数の前記第1開口と同時に前記無機層に形成されてもよい。
- [0231] [16] [14]に記載の再配線層の製造方法において、前記第2配線層の前記無機層は、平面視において前記導電体に重なる位置に形成された第2開口を含んでいてもよく、前記第2配線工程は、平面視において前記導電体に重なる位置において前記有機層に第4開口を形成する工程と、平面視において前記第4開口に重なる位置において前記無機層に前記第2開口を形成する工程と、を含んでいてもよい。
- [0232] [17] [13]に記載の再配線層の製造方法において、前記再配線工程は、第1配線層を形成する第1配線工程と、前記第1配線層上に第2配線層を形成する第2配線工程と、を備えていてもよく、前記第2配線層の前記絶縁層は、前記無機層及び前記有機層を含んでいてもよく、前記第2配線工程は、前記第1配線層の前記絶縁層上に前記導電体を形成する工程と、前記導電体を覆う前記無機層を形成する工程と、前記無機層を覆う前記有機層を形成する工程と、平面視において前記導電体に重ならない位置において前記有機層に複数の第3開口を形成する工程と、平面視において複数の前記第3開口に重なる位置において前記無機層に複数の前記第1開口を形成する工程と、を含んでいてもよい。

[0233] [18] [17]に記載の再配線層の製造方法において、前記第2配線層の前記無機層は、平面視において前記導電体に重なる位置に形成された第2開口を含んでいてもよく、前記第2配線層の前記有機層は、平面視において前記第2開口に少なくとも部分的に重なる位置に形成された第4開口を含んでいてもよく、前記第4開口は、複数の前記第3開口と同時に前記有機層に形成されてもよく、前記第2開口は、複数の前記第1開口と同時に前記無機層に形成されてもよい。

[0234] 本開示の第2の実施形態によれば、無機層の剥離を抑制できる。

[0235] 図60は、配線デバイス群5の一例を示す平面図である。図61は、図60の配線デバイス群5のLXI-LXI線に沿った断面図である。配線デバイス群5は、同一の構造を有する複数の配線デバイスを含む。後述するように、配線デバイス群5を分断することにより、複数の配線デバイスが得られる。複数の配線デバイスはそれぞれ、再配線層を備える。すなわち、配線デバイス群5は、複数の再配線層18を備える。

[0236] 配線デバイス群5は、第1方向D1、第2方向D2及び第3方向D3を有する。第1方向D1及び第2方向D2は、配線デバイス群5の面方向に含まれる。第1方向D1は第2方向D2に直交している。第3方向D3は、配線デバイス群5の厚み方向である。第3方向D3は第1方向D1及び第2方向D2に直交している。

[0237] 配線デバイス群5は、支持キャリア50、剥離層51及び複数の再配線層18を備える。剥離層51は、配線デバイス群5の厚み方向において、支持キャリア50と再配線層18との間に位置する。剥離層51は、支持キャリア50上に位置する。

[0238] 図示はしないが、再配線層18を支持する部材は、支持キャリア50に限られない。例えば、再配線層18は、支持キャリア50にかえて、上下面を貫通する開口を有し、開口に金属配線が形成された電極を有している電極基板の上に配置されていてもよい。開口に位置する電極は、再配線層18の導電体と接続されていてもよい。

[0239] 再配線層 18 は、支持キャリア 50、電極基板などの基板の表面又は裏面のいずれか、あるいは表面及び裏面の両方に設けられていても良い。裏面に位置する再配線層 18 の導電体のパターンは、表面に位置する再配線層 18 のパターンと同一であってもよく、異なってもよい。

[0240] 配線デバイス群 5 の各構成要素について説明する。

[0241] (再配線層)

複数の再配線層 18 は、互いに同一の構造を有する。例えば図 60 に示すように、複数の再配線層 18 は、平面視において同一の構造を有していてもよい。図 60 に示すように、複数の再配線層 18 は、配線デバイス群 5 の面方向に規則的に並んでいてもよい。例えば、複数の再配線層 18 は、第 1 方向 D1 及び第 2 方向 D2 において規則的に並んでいてもよい。第 1 方向 D1 及び第 2 方向 D2 は、支持キャリア 50 の辺に平行な方向であってもよい。

[0242] 図 61 は、図 60 の LXI-LXI 線に沿った配線デバイス群 5 の断面図である。再配線層 18 は、下面 182 及び上面 181 を含む。下面 182 は、支持キャリア 50 に向いている。上面 181 は、下面 182 の反対側に位置する。再配線層 18 は、絶縁層 19 及び複数の導電体 24 を含む。絶縁層 19 は、導電体 24 を少なくとも部分的に覆っている。絶縁層 19 は、下面 182 から上面 181 まで配線デバイス群 5 の第 3 方向 D3 において広がっていてもよい。

[0243] 本明細書において、下面 182 などの「下面」は、配線デバイス群 5 の状態において支持キャリア 50 に向いている面を意味する。「上面」は、厚み方向において「下面」の反対側に位置する面を意味する。

[0244] 複数の導電体 24 のいくつかは、パッド 29 であってもよい。パッド 29 は、絶縁層 19 などの絶縁材料に接していない部分を含む上面又は下面を備えていてもよい。例えば、パッド 29 が再配線層 18 の下面 182 に位置している場合、パッド 29 の下面は、絶縁材料に接していない。例えば、パッド 29 が再配線層 18 の上面 181 に位置している場合、パッド 29 の上面は、絶縁材料に接していない。例えば、パッド 29 の上面の一部が後述する貫通部に接続されている場合、パッド 29 の上面は、絶縁材料に接していない部分を含む

と言える。パッド29は、平面視において、後述する配線の寸法及び貫通部の寸法よりも大きい寸法を有する。

[0245] 複数の導電体24のいくつかは、配線25であってもよい。配線25は、第1方向D1又は第2方向D2に少なくとも部分的に延びている。配線25の上面及び下面はいずれも、絶縁層19などの絶縁材料に接していてもよい。絶縁材料は、絶縁性を有する。絶縁材料は、有機材料であってもよく、無機材料であってもよい。

[0246] 複数の導電体24のいくつかは、貫通部26であってもよい。貫通部26は、ビアとも称される。貫通部26は、第3方向D3に延びている。例えば、貫通部26は、絶縁層19に形成されている開口に位置する。貫通部26は、例えば、第3方向D3において隣接する2つの配線層の導電体24を電氣的に接続できる。貫通部26は、パッド29に接続されていてもよい。

[0247] 再配線層18は、積層された複数の配線層を含んでもよい。図61に示す例において、再配線層18は、第1配線層18A及び第2配線層18Bを含む。複数の配線層はそれぞれ、絶縁層19及び複数の導電体24を含んでもよい。複数の配線層のそれぞれにおいて、絶縁層19は、導電体24を少なくとも部分的に覆っている。

[0248] 第1配線層18Aが、再配線層18の下面182を構成していてもよい。第2配線層18Bの絶縁層19が、再配線層18の上面181を構成していてもよい。配線デバイス群5は、第2配線層18Bの絶縁層19上に位置し、パッド29を構成する導電体24を備えていてもよい。

[0249] 再配線層18は、厚みT11を有する。厚みT11は、例えば8 μ m以上であり、16 μ m以上であってもよく、24 μ m以上であってもよい。厚みT11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。厚みT11は、下面182から上面181までの、第3方向D3における距離である。厚みT11などの、配線デバイス群5の構成要素の寸法は、走査型電子顕微鏡によって撮影された配線デバイス群5の断面画像に基づいて算出される。

- [0250] 再配線層 18 の複数の配線層の厚み T 12 はそれぞれ、例えば 4.0 μm 以上であり、6.0 μm 以上であってもよい。再配線層 18 の複数の配線層の厚み T 12 はそれぞれ、例えば 12.0 μm 以下であり、10.0 μm 以下であってもよい。複数の配線層の厚み T 12 は、同一であってもよく、異なってもよい。
- [0251] 図 62 は、再配線層 18 の一例を示す断面図である。複数の配線層において、絶縁層 19 は、有機層 21 を含む。少なくとも 1 つの配線層において、絶縁層 19 は、有機層 21 及び無機層 27 を含んでもよい。
- [0252] 図 62 に示す例において、第 1 配線層 18 A の絶縁層 19 は、有機層 21 を含む。第 1 配線層 18 A の有機層 21 は、導電体 24 を少なくとも部分的に覆うよう導電体 24 に接していてもよい。「覆う」とは、下面 182 の法線方向に沿って再配線層 18 を見た場合に、有機層 21 と導電体 24 とが少なくとも部分的に重なっていることを意味する。
- [0253] 図 62 に示す例において、第 2 配線層 18 B の絶縁層 19 は、有機層 21 及び無機層 27 を含む。第 2 配線層 18 B の無機層 27 は、導電体 24 を少なくとも部分的に覆うよう導電体 24 に接していてもよい。第 1 配線層 18 A の有機層 21 は、無機層 27 上に位置していてもよい。第 2 配線層 18 B の無機層 27 のうち導電体 24 に重ならない部分は、第 1 配線層 18 A の有機層 21 に接していてもよい。
- [0254] 有機層 21 は、絶縁性を有する有機材料を含む。有機材料の例は、ポリイミド、エポキシ、アクリルなどである。
- [0255] 有機層 21 は、有機材料の中に分布する複数のフィラーを含んでもよい。有機材料に複数のフィラーが混ぜられることにより、有機層 21 の機械的特性、熱的特性などが調整される。フィラーは、無機材料を含んでもよく、有機材料を含んでもよい。フィラーの材料の例は、例えば酸化ケイ素である。
- [0256] 無機層 27 は、無機材料を含む。無機材料の例は、金属材料、無機酸化物、無機窒化物などである。無機材料は、絶縁性を有していてもよい。例えば、無

機材料は、絶縁性を有する無機酸化物又は無機窒化物であってもよい。無機酸化物は、例えば、 SiO_2 などの酸化珪素である。無機窒化物は、例えば、 Si_3N_4 などの珪素窒化物である。無機材料は、 SiOC 、 SiC 、 SiOF 、 SiON 、 SiCN などであってもよい。

[0257] 無機層27の無機材料の熱膨張率は、有機層21の有機材料の熱膨張率よりも小さい。無機層27の熱膨張率は、例えば $10.0 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ 以下であり、 $8.0 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ 以下であってもよく、 $5.0 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ 以下であってもよい。

[0258] 無機層27の厚みは、例えば $0.10 \mu\text{m}$ 以上であり、 $0.30 \mu\text{m}$ 以上であってもよく、 $0.50 \mu\text{m}$ 以上であってもよい。無機層27の厚みは、例えば $5.0 \mu\text{m}$ 以下であり、 $3.0 \mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $1.0 \mu\text{m}$ 以下であってもよい。

[0259] 再配線層18の形成工程は、有機層21の加熱工程など、高温で実施される工程を含む場合がある。有機層21の有機材料の熱膨張率は、再配線層18のその他の構成要素の熱膨張率よりも大きい。例えば、有機層21の有機材料の熱膨張率は、支持キャリア50などの基板の熱膨張率よりも大きい。例えば、有機層21の有機材料の熱膨張率は、導電体24の熱膨張率よりも大きい。加熱工程の後、再配線層18の構成要素の温度が低下するとき、有機層21の熱膨張率とその他の構成要素との差に起因して応力が生じることが考えられる。例えば、基板、導電体24などに応力が生じることが考えられる。

[0260] 本実施の形態によれば、再配線層18が無機層27を含むので、有機層21に起因する応力が無機層27以外の構成要素に影響を及ぼすことが抑制される。このため、例えば、再配線層18、配線デバイス群5又は配線デバイス10に反りが生じることが抑制される。導電体24に応力が生じることが抑制されることにより、導電体24に変形、破損などの欠陥が生じることが抑制されてもよい。

[0261] ところで、加熱工程などに起因して有機層21の温度が上昇すると、有機層21の内部にガスが発生することがある。また、有機材料の種類によっては、

保管環境に由来する光や熱に起因する分子構造の変化によって、有機層 2 1 の内部にガスが発生することがある。ガスが、例えば第 1 配線層 1 8 A の有機層 2 1 と第 2 配線層 1 8 B の無機層の間の界面に滞留すると、無機層 2 7 が有機層 2 1 から剥離することが懸念される。

[0262] このような課題を解決するため、本実施の形態においては、第 3 方向 D 3 において無機層 2 7 を貫通する開口を無機層 2 7 に形成することを提案する。例えば図 6 2 に示すように、第 2 配線層 1 8 B の無機層 2 7 は、複数の第 1 開口 2 7 3 を含んでいる。複数の第 1 開口 2 7 3 は、平面視において第 2 配線層 1 8 B の導電体 2 4 に重ならない位置に形成されている。

[0263] 第 2 配線層 1 8 B の有機層 2 1 は、無機層 2 7 の第 1 開口 2 7 3 に位置していてもよい。例えば、第 2 配線層 1 8 B の有機層 2 1 は、無機層 2 7 の第 1 開口 2 7 3 の位置において第 1 配線層 1 8 A の有機層 2 1 に接していてもよい。

[0264] 第 1 配線層 1 8 A の有機層 2 1 の内部に発生したガスは、第 1 開口 2 7 3 を通って第 2 配線層 1 8 B の有機層 2 1 へ移動できる。このため、第 1 配線層 1 8 A の有機層 2 1 と第 2 配線層 1 8 B の無機層 2 7 の界面にガスが滞留することが抑制される。ガスは、第 2 配線層 1 8 B の有機層 2 1 から再配線層 1 8 の外部へ排出されてもよい。

[0265] 平面視における第 1 開口 2 7 3 の寸法 L 1 は、ガスが適切に通過できるよう設定される。寸法 L 1 は、例えば 1.0 μm 以上であり、2.0 μm 以上であってもよく、3.0 μm 以上であってもよい。寸法 L 1 は、例えば 100 μm 以下であり、50 μm 以下であってもよく、30 μm 以下であってもよく、20 μm 以下であってもよい。

[0266] 導電体 2 4 の配線 2 5 は、第 1 幅 W 2 1 を有する。第 1 幅 W 2 1 は、配線 2 5 が延びる方向に直交する方向で規定される。第 3 開口 2 1 3 の寸法 L 1 は、配線 2 5 の第 1 幅 W 2 1 以上であってもよい。第 1 幅 W 2 1 に対する寸法 L 1 の比率である $L 1 / W 2 1$ は、例えば 1.0 以上であり、1.2 以上であってもよく、1.5 以上であってもよく、2.0 以上であってもよい。図示はしな

いが、再配線層 18 は、寸法 L_1 以下の第 1 幅を有する配線 25 の他に、寸法 L_1 よりも大きい幅を有する配線を含んでいてもよい。

- [0267] 符号 K_1 は、導電体 24 の配線 25 と第 3 開口 213 との間の距離を表す。距離 K_1 は、無機層 27 が配線 25 を適切に保護できるよう定められてもよい。距離 K_1 は、配線 25 の第 1 幅 W_2 に対して相対的に定められてもよい。第 1 幅 W_2 に対する距離 K_1 の比率である K_1/W_2 は、例えば 0.5 以上であり、1.0 以上であってもよく、1.5 以上であってもよい。
- [0268] 導電体 24 のパッド 29 は、第 2 幅 W_2 を有する。第 2 幅 W_2 は、円相当径である。具体的には、第 2 幅 W_2 は、平面視におけるパッド 29 の面積に等しい面積を有する円の直径である。距離 K_2 は、無機層 27 がパッド 29 を適切に保護できるよう定められてもよい。距離 K_2 は、パッド 29 の第 2 幅 W_2 に対して相対的に定められてもよい。第 2 幅 W_2 に対する距離 K_2 の比率である K_2/W_2 は、例えば 0.5 以上であり、1.0 以上であってもよく、1.5 以上であってもよい。
- [0269] 無機層 27 は、上述の無機材料からなる 1 つの層で構成されていてもよい。無機層 27 は、複数の層を含んでいてもよい。図 63 は、無機層 27 及び導電体 24 の一例を示す断面図である。図 63 に示すように、無機層 27 は、導電体 24 に接する第 1 無機層 271 と、第 1 無機層 271 上に位置する第 2 無機層 272 と、を含んでいてもよい。
- [0270] 第 1 無機層 271 は、第 2 無機層 272 に比べて、導電体 24 に対する高い密着性を有していてもよい。第 2 無機層 272 は、第 1 無機層 271 よりも低い比誘電率を有していてもよい。例えば、第 1 無機層 271 が、 SiN などの珪素窒化物を含み、第 2 無機層 272 が、 SiO_2 などの珪素酸化物を含んでもよい。
- [0271] 第 1 無機層 271 の厚みは、第 2 無機層 272 の厚みよりも小さくてもよい。第 1 無機層 271 の厚みは、例えば $0.05\ \mu m$ 以上であり、 $0.10\ \mu m$ 以上であってもよく、 $0.20\ \mu m$ 以上であってもよい。第 1 無機層 271 の厚みは、例えば $2.0\ \mu m$ 以下であり、 $1.0\ \mu m$ 以下であってもよく、

0.50 μm 以下であってもよい。第2無機層272の厚みは、例えば0.10 μm 以上であり、0.20 μm 以上であってもよく、0.50 μm 以上であってもよい。第2無機層272の厚みは、例えば5.0 μm 以下であり、2.0 μm 以下であってもよく、1.0 μm 以下であってもよい。

[0272] 導電体24は、導電性を有する材料を含む。導電体24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。導電体24の厚みT13は、例えば0.1 μm 以上であり、0.5 μm 以上であってもよく、1.0 μm 以上であってもよい。導電体24の厚みT13は、例えば15.0 μm 以下であり、10.0 μm 以下であってもよく、6.0 μm 以下であってもよい。

[0273] 図63に示すように、導電体24は、シード層241b及び本体層242を含んでいてもよい。シード層241b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。本体層242は、電解めっき処理によってシード層241b上に形成される、導電性を有する層である。導電体24は、絶縁層19とシード層241bとの間に位置する密着層241aを含んでいてもよい。密着層241aは、導電性を有する層であってよく、金属酸化物や金属窒化物の層であっても良い。またこれらの積層物であっても良い。

[0274] 導電体24が密着層241aを含む場合、密着層241a及びシード層241bがそれぞれ、上述の第1の実施の形態の第1シード層241a及び第2シード層241bに対応してもよい。

[0275] 密着層241aの材料は、シード層241bの材料及び本体層242の材料とは異なる。密着層241aの材料の例は、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、これらの合金あるいはこれらの酸化物や窒化物などである。密着層241aは、シード層241bに比べて、絶縁層19に対する高い密着性を有していてもよい。

- [0276] シード層 2 4 1 b は、銅、ニッケル、チタン、クロム、亜鉛、金などの金属材料を含んでいてもよい。シード層 2 4 1 b は、これらの金属材料の化合物を含んでいてもよい。シード層 2 4 1 b は、複数の層を含んでいてもよい。本体層 2 4 2 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。
- [0277] 図 6 4 は、無機層 2 7 の複数の第 1 開口 2 7 3 の一例を示す平面図である。複数の第 1 開口 2 7 3 は、平面視において規則的に分布していてもよい。例えば、複数の第 1 開口 2 7 3 は、第 1 方向 D 1 及び第 2 方向 D 2 に並んでいてもよい。
- [0278] 規則的に分布する第 1 開口 2 7 3 は、分布開口とも称される。分布開口の寸法 L 1 は、円相当径である。具体的には、分布開口の寸法 L 1 は、平面視における分布開口の面積に等しい面積を有する円の直径である。
- [0279] 複数の第 1 開口 2 7 3 は、下面 1 8 2 の面方向に並ぶ複数の単位格子 M 1 の頂点に位置していてもよい。単位格子 M 1 の形状は、正方形、長方形、平行四辺形、ひし形、三角形などである。図 6 4 に示す例において、単位格子 M 1 の形状は、正方形である。
- [0280] 図 6 4 に示すように、再配線層 1 8 は、平面視において 1 辺が S 1 の長さを有する仮想的な正方形の領域である第 1 領域 R 1 を含んでいてもよい。第 1 領域 R 1 は、平面視において再配線層 1 8 を仮想的に正方形に区画することによって規定される。第 1 領域 R 1 は、平面視において導電体に重ならない位置に形成された少なくとも 1 つの第 1 開口 2 7 3 を含む無機層 2 7 を備える。第 1 領域 R 1 における第 1 開口 2 7 3 の面積率は、例えば 0.07% 以上であり、0.50% 以上であってもよく、1.00% 以上であってもよい。第 1 開口 2 7 3 の面積率が一定値以上であることにより、ガスが第 1 開口 2 7 3 を適切に通過できる。例えば、第 2 配線層 1 8 B の無機層 2 7 に第 1 開口 2 7 3 が形成されている場合に、第 1 配線層 1 8 A の有機層 2 1 内のガスが第 1 開口 2 7 3 を適切に通過できる。

- [0281] 第1領域R1における第1開口273の面積率は、平面視における第1領域R1の面積に対する、第1領域R1に含まれる第1開口273の面積の合計の百分率である。0.07%という面積率は、第1領域R1の1辺の長さS1が $1000\mu\text{m}$ である場合に、第1領域R1が、 $30\mu\text{m}$ の寸法L1を有する1つの第1開口273を含むことに相当する。0.50%という面積率は、第1領域R1の1辺の長さS1が $1000\mu\text{m}$ である場合に、第1領域R1が、 $80\mu\text{m}$ の寸法L1を有する1つの第1開口273を含むことに相当する。
- [0282] 再配線層18が少なくとも1つの上述の第1領域R1を含むことが好ましい。再配線層18は、複数の上述の第1領域R1を含んでいてもよい。
- [0283] 図65は、無機層27の複数の第1開口273の一例を示す平面図である。複数の単位格子M1が千鳥状に配置されたレイアウトにおいて、複数の第1開口273がそれぞれ単位格子M1の頂点に位置していてもよい。
- [0284] 図66は、第1開口273の一例を示す平面図である。第1開口273は、平面視において導電体24の配線25に沿って延びていてもよい。配線25に沿って延びる第1開口273は、線状開口とも称される。複数の第1開口273の少なくとも1つは、線状開口であってもよい。
- [0285] 線状開口の寸法L1は、配線25が延びる方向に直交する方向において規定される。線状開口は、配線25が延びる方向において長さU1を有していてもよい。線状開口の長さU1は、例えば $100\mu\text{m}$ 以上であり、 $300\mu\text{m}$ 以上であってもよく、 $500\mu\text{m}$ 以上であってもよい。
- [0286] 図67Aは、第1開口273の一例を示す平面図である。第1開口273は、平面視において導電体24のパッド29を囲んでいてもよい。パッド29を囲む第1開口273は、包囲開口とも称される。複数の第1開口273の少なくとも1つは、包囲開口であってもよい。
- [0287] 図67Bは、包囲開口の一例を示す平面図である。包囲開口は、平面視においてパッド29を完全に囲んでいなくてもよい。例えば、包囲開口は、平面視においてパッド29の周囲に位置する複数の第1開口273を含んでいてもよい。パッド29の中心に対する複数の第1開口273の円周角の合計が一定値

以上である場合、複数の第1開口273によって包囲開口が構成されると定義される。図67Bに示す例において、包囲開口は、4つの第1開口273を含む。円周角の合計は、 $\theta 1 \sim \theta 4$ の合計である。円周角の合計は、 240° 以上であってもよく、 300° 以上であってもよく、 330° 以上であってもよい。

[0288] (支持キャリア)

支持キャリア50は、再配線層18を支持する部材である。支持キャリア50は、例えば、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、金属基板、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、ニオブ酸リチウム基板、ニオブ酸 tantalum 基板などを含んでいてもよい。樹脂基板は、有機材料を含んでいてもよい。例えば、樹脂基板は、エポキシ樹脂、ポリエチレン、ポリプロピレンなどを含んでいてもよい。金属基板は、銅、アルミ、ニッケルなど導電性の金属のみで構成されてもよく、ステンレスなど複数の金属により構成されてもよい。支持キャリア50の厚みは、例えば $100\mu m$ 以上であり、 $200\mu m$ 以上であってもよく、 $500\mu m$ 以上であってもよい。支持キャリア50の厚みは、例えば $2mm$ 以下であり、 $1.5mm$ 以下であってもよく、 $1mm$ 以下であってもよい。

[0289] (剥離層)

剥離層51は、支持キャリア50から再配線層18を剥離する作業を容易化するための層である。剥離層51は、支持キャリア50に面する第1下面511と、第1下面511の反対側に位置する第1上面512と、を含む。剥離層51は、例えば樹脂を含む。

[0290] 剥離層51は、何らかのトリガーによって剥離層51と再配線層18との間の密着性が低下するよう構成されている。トリガーは、特定の波長の光を剥離層51に照射することであってもよい。例えば、特定の波長の光が剥離層51に照射されることにより、剥離層51が分解されてもよい。トリガーは、剥離

層 5 1 を加熱することであってもよい。例えば、剥離層 5 1 は、熱可塑性樹脂を含んでいてもよい。

[0291] 剥離層 5 1 の厚みは、例えば $0.1\ \mu\text{m}$ 以上であり、 $0.2\ \mu\text{m}$ 以上であってもよく、 $0.3\ \mu\text{m}$ 以上であってもよい。剥離層 5 1 の厚みは、例えば $1.0\ \mu\text{m}$ 以下であり、 $0.8\ \mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $0.5\ \mu\text{m}$ 以下であってもよい。

[0292] (配線デバイス群の製造方法)

配線デバイス群 5 の製造方法を説明する。

[0293] 図 6 8 に示すように、支持キャリア 5 0 が準備される。続いて、図 6 8 に示すように、支持キャリア 5 0 上に剥離層 5 1 が形成される。剥離層 5 1 を形成する工程は、例えば、樹脂及び溶剤を含む溶液を塗布する塗布工程と、塗布工程の後、溶剤を蒸発させる乾燥工程と、を含む。溶剤は、例えばプロピレングリコールモノメチルエーテル、酢酸 2-メトキシ-1-メチルエチル、N-メチル-2-ピロリドン、 γ -ブチロラクトン、乳酸エチル、トルエンなどである。乾燥工程は、例えば、支持キャリア 5 0 を加熱する工程を含む。

[0294] 続いて、複数の配線層を備える再配線層 1 8 を支持キャリア 5 0 上に形成する再配線工程が実施される。再配線工程は、例えば、第 1 配線層 1 8 A を形成する第 1 配線工程、及び、第 1 配線層 1 8 A 上に第 2 配線層 1 8 B を形成する第 2 配線工程を含む。

[0295] 図 6 8 は、第 1 配線層 1 8 A を形成する第 1 配線工程を示す断面図である。第 1 配線層 1 8 A は、剥離層 5 1 上に形成されてもよい。第 1 配線工程は、導電体 2 4 を形成する工程と、有機層 2 1 を形成する工程と、を含む。導電体 2 4 を形成する工程、及び有機層 2 1 を形成する工程は、後述する第 2 配線工程で詳細に説明される。

[0296] 図示はしないが、第 1 配線工程の前に、剥離層 5 1 上に中間層を形成する工程が実施されてもよい。中間層は、例えば、剥離層 5 1 に照射される光を遮蔽する層であってもよい。

- [0297] 第1配線工程の後、第1配線層18A上に第2配線層18Bを形成する第2配線工程が実施される。第2配線工程は、図69に示すように、第1配線層18Aの有機層21に第4開口214を形成する工程を含んでいてもよい。
- [0298] 第2配線工程は、第1配線層18Aの絶縁層19上に導電体24を形成する工程を含む。例えば、図70に示すように、第1配線層18Aの絶縁層19の有機層21上に密着層241a及びシード層241bが形成される。密着層241a及びシード層241bは、例えばスパッタリングによって形成される。密着層241a及びシード層241bは、第1配線層18Aの有機層21の第4開口214の底面及び側面にも形成される。
- [0299] 続いて、図71に示すように、シード層241b上に第1レジスト層28が形成される。第1レジスト層28は、第1レジスト層28を厚み方向に貫通する開口281を有する。開口281は、平面視において、本体層242に対応する形状を有する。続いて、めっき工程が実施される。めっき工程においては、図71に示すように、電解めっき処理によって開口281に本体層242が形成される。
- [0300] 続いて、図72に示すように、第1レジスト層28を除去する工程が実施される。続いて、図72に示すように、第1レジスト層28に重なっていた密着層241a及びシード層241bを除去する工程が実施される。このようにして、密着層241a、シード層241b及び本体層242を含む導電体24が形成される。
- [0301] 続いて、図73に示すように、無機層27を形成する工程が実施される。例えば、CVDやALD、PVDなどの気相成膜法によって無機層27が形成される。無機層27は、複数の導電体24及び第1配線層18Aの有機層21を覆っている。
- [0302] 続いて、図74に示すように、無機層27に複数の第1開口273及び複数の第2開口274を形成する工程が実施される。第1開口273は、平面視において導電体24に重ならない位置において無機層27に形成される。第2開口274は、平面視において導電体24のパッド29に重なる位置において無

機層 2 7 に形成される。複数の第 1 開口 2 7 3 及び複数の第 2 開口 2 7 4 は、例えばドライエッチングやウェットエッチング、ブラスト処理等により、無機層 2 7 に形成される。複数の第 2 開口 2 7 4 は、複数の第 1 開口 2 7 3 と同時に無機層 2 7 に形成されてもよい。

[0303] 続いて、図 7 5 に示すように、無機層 2 7 を覆う有機層 2 1 を形成する工程が実施される。例えば有機材料を、スピンコート法などによって無機層 2 7 上に塗布することにより、有機層 2 1 が形成される。若しくは、有機層 2 1 を形成する工程は、有機材料の層を含むフィルムを無機層 2 7 上に貼り付ける工程を含んでいてもよい。有機材料の層が無機層 2 7 上に転写されることにより、有機層 2 1 が形成されてもよい。続いて、図 7 5 に示すように、平面視において無機層 2 7 の第 2 開口 2 7 4 に重なる位置において有機層 2 1 に第 4 開口 2 1 4 を形成する工程が実施される。有機材料が感光性を有する場合、露光工程及び現像工程によって有機層 2 1 に第 4 開口 2 1 4 が形成されてもよい。続いて、有機層 2 1 を加熱する加熱工程が実施されてもよい。加熱工程により、有機層 2 1 が硬化する。加熱温度は、例えば 2 0 0 °C 以上である。

[0304] 符号 L 2 は、下面 1 8 2 の面方向における第 2 開口 2 7 4 の寸法を表す。符号 L 4 は、下面 1 8 2 の面方向における第 4 開口 2 1 4 の寸法を表す。図 7 5 に示すように、第 4 開口 2 1 4 の寸法 L 4 は、第 2 開口 2 7 4 の寸法 L 2 よりも小さくてもよい。この場合、図 7 5 に示すように、有機層 2 1 の一部がパッド 2 9 の上面に接することができる。

[0305] 有機層 2 1、無機層 2 7 及び導電体 2 4 を含む第 2 配線層 1 8 B が形成された後、図 7 6 に示すように、パッド 2 9、配線 2 5、貫通部 2 6 などの導電体 2 4 が第 2 配線層 1 8 B 上に形成されてもよい。

[0306] 支持キャリア 5 0 上に複数の再配線層 1 8 を形成することにより、配線デバイス群 5 が得られる。

[0307] (配線デバイスの製造方法)

次に、配線デバイス 1 0 の製造方法を説明する。

- [0308] 配線デバイス群5を準備する。続いて、配線デバイス10を分断する分断工程が実施される。これによって、複数の配線デバイス10が製造される。配線デバイス10は、支持キャリア50と、支持キャリア50上に位置する剥離層51と、剥離層51上に位置する再配線層18と、を備える。
- [0309] 図77及び図78に示すように、分断工程の後、配線デバイス10を基板81に接合する接合工程が実施されてもよい。基板81は、基材811と、基材811上に位置する複数の端子812と、を含んでいてもよい。基板81は、複数の端子を覆う接着層813を含んでいてもよい。接着層813は、配線デバイス10に設けられていてもよい。接合工程においては、図78に示すように、再配線層18の上面181に位置し、パッド29を構成する導電体24と、基板81の端子812とが電氣的に接続されてもよい。
- [0310] 続いて、図78及び図79に示すように、再配線層18を支持キャリア50から剥離する剥離工程が実施されてもよい。剥離工程は、図78に示すように、光Lを剥離層51に照射する照射工程を含んでいてもよい。照射工程において、光Lは、支持キャリア50を透過した後に剥離層51に到達してもよい。剥離層51は、光Lの照射に起因して生じる熱によって分解されてもよい。分解に起因して支持キャリア50と再配線層18との間の密着性が低下する。このため、図79に示すように、再配線層18が支持キャリア50から基板81へ転写される。
- [0311] 転写された再配線層18を備える構造体は、基板81と、基板81上に位置する再配線層18と、を備える。この構造体も、配線デバイスと称されてもよい。図79に示す配線デバイスにおいては、再配線層18の上面181が基板81に面している。
- [0312] 図示はしないが、再配線層18の使用方法及び流通形態は特には限られない。例えば、再配線層18の下面182に半導体素子が搭載されてもよい。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。

[0313] 図示はしないが、再配線層18は、基板81のような、端子812などの導電層を含む部材の上に製造されてもよい。この場合、再配線層18の下面182が基板81に面した状態で再配線層18が使用される。この場合、再配線層18の上面181に半導体素子が搭載されてもよい。

[0314] 再配線層18は、配線デバイス群5の形態で流通してもよい。再配線層18は、配線デバイス10の形態で流通してもよい。再配線層18は、支持キャリア50から基板81へ転写された後に流通してもよい。

[0315] 本実施の形態においては、再配線層18に含まれる少なくとも1つの配線層が、複数の第2開口274が形成された無機層27を含んでいる。このため、有機層21で発生したガスが、有機層21と無機層27との間の界面に滞留することを抑制できる。これにより、無機層27が有機層21及び導電体24から剥離することを抑制できる。

[0316] 上述した第2の実施形態を様々に変更できる。以下、必要に応じて図面を参照しながら、変形例について説明する。以下の説明および以下の説明で用いる図面では、上述した第2の実施形態と同様に構成され得る部分について、上述の第2の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、上述した第2の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。

[0317] (第1変形例)

図80は、第1変形例において、第2配線層18Bの有機層21を形成する工程を示す断面図である。図80に示すように、有機層21の第4開口214の寸法L4は、無機層27の第2開口274の寸法L2よりも大きくてもよい。第1変形例によれば、寸法L4が寸法L2よりも小さい場合に比べて、有機層21に第4開口214を形成する工程が容易化される。例えば、有機層2

1 に第4 開口 2 1 4 を形成するために実施される露光工程の精度への要求が緩和される。

[0318] (第2 変形例)

図 8 1 は、第2 変形例において、第2 配線層 1 8 B の無機層 2 7 に開口を形成する工程を示す断面図である。図 8 1 に示すように、無機層 2 7 に複数の第1 開口 2 7 3 が形成されるときに、同時に第2 開口 2 7 4 が形成されなくてもよい。

[0319] 第2 変形例においては、図 8 2 に示すように、第2 開口 2 7 4 が形成されていない状態の無機層 2 7 の上に有機層 2 1 が形成される。続いて、平面視において導電体 2 4 のパッド 2 9 に重なる位置において有機層 2 1 に第4 開口 2 1 4 を形成する工程が実施される。

[0320] 続いて、図 8 3 に示すように、平面視において第4 開口 2 1 4 に重なる位置において無機層 2 7 に第2 開口 2 7 4 を形成する工程が実施される。例えばプラズマエッチングにより、無機層 2 7 に第2 開口 2 7 4 が形成される。例えば、第4 開口 2 1 4 に露出している無機層 2 7 にプラズマガスが作用することにより、無機層 2 7 に第2 開口 2 7 4 が形成される。この場合、第2 開口 2 7 4 の寸法 L_2 は、第4 開口 2 1 4 の寸法 L_4 に等しい。「等しい」とは、第3 方向 D_3 における有機層 2 1 と無機層 2 7 の界面の位置において、第2 開口 2 7 4 の寸法 L_2 と第4 開口 2 1 4 の寸法 L_4 の差が $0.10\ \mu\text{m}$ 以下であることを意味する。

[0321] (第3 変形例)

図 8 4 は、第3 変形例において、第2 配線層 1 8 B の無機層 2 7 及び有機層 2 1 を形成する工程を示す断面図である。第2 変形例においては、図 8 4 に示すように、第1 開口 2 7 3 及び第2 開口 2 7 4 が形成されていない状態の無機層 2 7 の上に有機層 2 1 が形成される。

[0322] 続いて、図 8 5 に示すように、平面視において導電体 2 4 に重ならない位置において第2 配線層 1 8 B の有機層 2 1 に複数の第3 開口 2 1 3 を形成する工

程が実施される。図 8 5 に示すように、複数の第 3 開口 2 1 3 と同時に第 4 開口 2 1 4 が有機層 2 1 に形成されてもよい。

[0323] 続いて、図 8 6 に示すように、平面視において複数の第 3 開口 2 1 3 に重なる位置において無機層 2 7 に複数の第 1 開口 2 7 3 を形成する工程が実施される。例えばプラズマエッチングにより、無機層 2 7 に複数の第 1 開口 2 7 3 が形成される。例えば、複数の第 3 開口 2 1 3 に露出している無機層 2 7 にプラズマガスが作用することにより、無機層 2 7 に複数の第 1 開口 2 7 3 が形成される。この場合、第 1 開口 2 7 3 の寸法 L 1 は、第 3 開口 2 1 3 の寸法 L 3 に等しい。「等しい」とは、第 3 方向 D 3 における有機層 2 1 と無機層 2 7 の界面の位置において、第 1 開口 2 7 3 の寸法 L 1 と第 3 開口 2 1 3 の寸法 L 3 の差が 0. 10 μm 以下であることを意味する。

[0324] 図 8 6 に示すように、複数の第 1 開口 2 7 3 と同時に第 2 開口 2 7 4 が無機層 2 7 に形成されてもよい。例えば、第 4 開口 2 1 4 に露出している無機層 2 7 にプラズマガスが作用することにより、無機層 2 7 に第 2 開口 2 7 4 が第 1 開口 2 7 3 と同時に形成される。

[0325] 続いて、図 8 7 に示すように、第 2 配線層 1 8 B 上に第 3 配線層 1 8 C を形成する第 3 配線工程が実施されてもよい。第 3 配線層 1 8 C は、第 2 配線層 1 8 B の絶縁層 1 9 の有機層 2 1 上に位置する導電体 2 4 と、導電体 2 4 を少なくとも部分的に覆う有機層 2 1 とを含む絶縁層 1 9 と、を備える。

[0326] 図 8 7 に示すように、第 3 配線層 1 8 C の有機層 2 1 は、第 2 配線層 1 8 B の有機層 2 1 の第 3 開口 2 1 3 及び無機層 2 7 の第 1 開口 2 7 3 の位置において、第 1 配線層 1 8 A の有機層 2 1 に接していてもよい。第 1 配線層 1 8 A の有機層 2 1 において生じたガスは、第 1 開口 2 7 3 及び第 3 開口 2 1 3 を通って第 3 配線層 1 8 C の有機層 2 1 へ移動できる。このため、第 1 配線層 1 8 A の有機層 2 1 と第 2 配線層 1 8 B の無機層 2 7 の界面にガスが滞留することが抑制される。ガスは、第 3 配線層 1 8 C の有機層 2 1 から再配線層 1 8 の外部へ排出されてもよい。

[0327] (第 4 変形例)

上述の第2の実施の形態においては、第2配線層18Bが、複数の第1開口273が形成された無機層27を含む例を示した。図示はしないが、複数の第1開口273が形成された無機層27を含む配線層の位置は、特には限定されない。例えば、第1配線層18Aが、複数の第1開口273が形成された無機層27を含んでいてもよい。例えば、第3配線層18Cが、複数の第1開口273が形成された無機層27を含んでいてもよい。

[0328] 複数の配線層が、複数の第1開口273が形成された無機層27を含んでいてもよい。例えば、第2配線層18B及び第3配線層18Cがそれぞれ、複数の第1開口273が形成された無機層27を含んでいてもよい。例えば、第1配線層18A、第2配線層18B及び第3配線層18Cがそれぞれ、複数の第1開口273が形成された無機層27を含んでいてもよい。

[0329] (第5変形例)

上述の第2の実施の形態においては、複数の第1開口273が形成された無機層27を含む配線層が、その他の配線層の上に位置する例を示した。図示はしないが、複数の第1開口273が形成された無機層27を含む配線層の位置は、特には限定されない。複数の第1開口273が形成された無機層27を含む配線層が、接着層、封止層などの、導電体を覆わない有機材料の層の上に位置していてもよい。

[0330] (第6変形例)

図88は、第6変形例における再配線層18を示す断面図である。

[0331] 有機層21の内部で発生したガスの排出が、配線25によって遮られることが考えられる。例えば、第2配線層18Bの配線25が大きい幅を有する場合、第1配線層18Aの有機層21で発生したガスの流れが、第2配線層18Bの配線25によって妨げられることが考えられる。このような課題を考慮し、図88に示すように、配線25は、有機層21に重なる位置に形成された少なくとも1つの開口251を含んでいてもよい。配線25に形成されている開口251は、第5開口とも称される。配線25は、複数の第5開口251を含んでいてもよい。

- [0332] 本変形例によれば、有機層 2 1 で発生したガスが、有機層 2 1 と配線 2 5 との間の界面に滞留することを抑制できる。これにより、配線 2 5 が有機層 2 1 及び導電体 2 4 から剥離することを抑制できる。
- [0333] 配線 2 5 に第 5 開口 2 5 1 が形成されるかどうかは、配線 2 5 の面積に基づいて判断されてもよい。例えば、配線 2 5 が閾値面積以上の面積を有する場合、少なくとも 1 つの第 5 開口 2 5 1 が配線 2 5 に形成されてもよい。閾値面積は、例えば $2500\mu\text{m}^2$ であり、 $5000\mu\text{m}^2$ であってもよく、 $7500\mu\text{m}^2$ であってもよい。
- [0334] 図 8 9 は、第 2 配線層 1 8 B を示す平面図である。符号 2 5 5 が付された点線は、配線 2 5 の側面を表す。配線 2 5 が無機層 2 7 によって覆われている場合、無機層 2 7 は、平面視において配線 2 5 の第 5 開口 2 5 1 に重なる開口 2 7 5 を含んでいてもよい。第 5 開口 2 5 1 に重なる無機層 2 7 の開口 2 7 5 は、第 6 開口とも称される。無機層 2 7 の第 6 開口 2 7 5 は、平面視において配線 2 5 の第 5 開口 2 5 1 を囲んでいてもよい。
- [0335] 無機層 2 7 の第 6 開口 2 7 5 は、上述の第 1 開口 2 7 3 が形成される工程において、第 1 開口 2 7 3 と同時に形成されてもよい。無機層 2 7 の第 6 開口 2 7 5 は、上述の第 1 開口 2 7 3 が形成される工程とは別の工程において形成されてもよい。無機層 2 7 の第 6 開口 2 7 5 は、上述の第 2 開口 2 7 4 が形成される工程において、第 2 開口 2 7 4 と同時に形成されてもよい。無機層 2 7 の第 6 開口 2 7 5 は、上述の第 2 開口 2 7 4 が形成される工程とは別の工程において形成されてもよい。例えば、無機層 2 7 を形成する工程、無機層 2 7 に第 6 開口 2 7 5 を形成する工程、無機層 2 7 上に有機層 2 1 を形成する工程、有機層 2 1 に第 4 開口 2 1 4 を形成する工程、第 4 開口 2 1 4 に重なる無機層 2 7 に第 2 開口 2 7 4 を形成する工程、が順に実施されてもよい。
- [0336] 図 8 8 及び図 8 9 に示すように、配線 2 5 の第 5 開口 2 5 1 の内部には有機層 2 1 が位置していてもよい。有機層 2 1 の形成工程において有機材料が第 5 開口 2 5 1 に充填されることにより、第 5 開口 2 5 1 の内部に有機層 2 1 が形成される。第 2 配線層 1 8 B の配線 2 5 の第 5 開口 2 5 1 の内部の有機層 2 1

は、第1配線層18Aの有機層21に接していてもよい。第2配線層18Bの有機層21と第1配線層18Aの有機層21との間の接触面積が大きいほど、層間剥離が抑制される。

[0337] 平面視において無機層27の第6開口275が第5開口251よりも大きいことにより、有機材料が第5開口251に充填される工程において第5開口251に気泡、無機層27の欠片などが入ることが抑制される。

[0338] 平面視における配線25の第5開口251の寸法L2は、ガスが適切に通過できるよう設定される。寸法L2は、例えば1.0 μm 以上であり、2.0 μm 以上であってもよく、3.0 μm 以上であってもよい。寸法L2は、例えば100 μm 以下であり、50 μm 以下であってもよく、30 μm 以下であってもよく、20 μm 以下であってもよい。

[0339] (第7変形例)

図90は、第7変形例における再配線層18を示す断面図である。図90に示す再配線層18は、第2配線層18Bの無機層27が設けられていない点以外は、図88に示す再配線層18と同一である。

[0340] 本変形例においても、第6変形例の場合と同様に、配線25は、有機層21に重なる位置に形成された少なくとも1つの開口251を含んでいる。このため、有機層21で発生したガスが、有機層21と配線25との間の界面に滞留することを抑制できる。これにより、配線25が有機層21及び導電体24から剥離することを抑制できる。

[0341] (第8変形例)

図91は、第8変形例における再配線層18を示す断面図である。図91に示すように、無機層27は、パッド29、配線25などの導電体24の上及びその近傍にのみ配置されていてもよい。言い換えると、図91に示すように、再配線層18の面方向において導電体24から距離K3以上離れた領域には、無機層27は配置されていなくてもよい。距離K3は、例えば2.0 μm であり、5.0 μm であってもよく、10.0 μm であってもよい。

- [0342] 上述の第2の実施の形態において、有機層21上の大部分に無機層27を配置している理由は、無機層27が配線デバイス群5又は配線デバイス10全体の応力を調整し、反りを緩和することが可能にするためである。反りの緩和が必要ない場合など、有機層21上の大部分に無機層27を配置する必要が無い場合には、最低限、配線25などの導電体24の近傍に無機層27を配置し、その他の領域には無機層27を配置しなくてもよい。これにより、より効果的にガスを透過させることができる。
- [0343] 上述した第2の実施の形態に対するいくつかの変形例を説明してきたが、当然に、複数の変形例を適宜組み合わせることで上述した第2の実施の形態に適用することも可能である。
- [0344] 上述の第1の実施の形態の構成に、上述の第2の実施の形態の構成の一部が組み合わされてもよい。例えば、上述の第1の実施の形態の配線デバイス10の第1無機層27が、第1開口273、第2開口274、第6開口275などの開口を含んでいてもよい。
- [0345] (第3の実施の形態)
第3の実施形態は、配線デバイス及び配線デバイスの製造方法に関する。
- [0346] CPUやメモリなど、機能の異なる複数の半導体素子を1つの配線デバイス上に高密度で実装するパッケージング技術が注目されている。配線デバイスは、絶縁層と、微細な配線を含む導電体と、を含む再配線層を備える。例えば、配線デバイス及びその製造方法が、特許文献3（特開2022-109079号公報）に開示されている。配線は、例えばダマシン法によって形成される。
- [0347] ダマシン法においては、まず、絶縁層に凹部が形成され、続いて、凹部に金属材料が埋め込まれる。これにより、金属からなる配線が凹部に形成される。
- [0348] ダマシン法において、配線は、絶縁層の凹部に対応した断面形状を有する。このため、配線の断面形状の自由度は、絶縁層の凹部の形状の自由度によって

制限される。例えば、絶縁層の凹部の深さが制限される場合、配線の高さも制限される。

[0349] 本開示の第3の実施形態は、このような課題を効果的に解決し得る配線デバイス及び配線デバイスの製造方法を提供することを目的とする。

[0350] 本開示の第3の実施形態は、以下の[1]～[19]に関する。

[0351] [1] 配線デバイスであって、

第1面及び前記第1面の反対側に位置する第2面を含む下地層と、
前記下地層の前記第1面上に位置する複数の第1配線と、
前記複数の第1配線を覆う第1有機層と、を備え、
前記第1配線は、2.0以上4.0以下のアスペクト比を有する、配線デバイス。

[0352] [2] [1]に記載の配線デバイスにおいて、前記第1配線は、前記下地層の前記第1面上に位置するシード層と、前記シード層上に位置する本体層と、を含んでもよい。

[0353] [3] [1]又は[2]に記載の配線デバイスにおいて、前記第1配線は、前記下地層の前記第1面に面する底部と、前記配線デバイスの厚さ方向において前記底部の反対側に位置する頂部と、前記底部から前記頂部に向かって広がる第1側面と、前記頂部から前記底部に向かって広がる第2側面と、前記第1側面と前記第2側面とが接続される接続部と、を含んでもよい。前記第1面の法線方向に対して前記第2側面が成す角度である第2傾斜角度は、前記法線方向に対して前記第1側面が成す角度である第1傾斜角度よりも大きくてもよい。

[0354] [4] [3]に記載の配線デバイスにおいて、前記第1傾斜角度に対する前記第2傾斜角度の比率が、2.0以上であってもよい。

[0355] [5] [3]又は[4]に記載の配線デバイスにおいて、前記配線デバイスの厚さ方向における、前記頂部の頂点から前記接続部までの距離は、前記第1配線の高さの0.20倍以下であってもよい。

- [0356] [6] [3] ~ [5] のいずれか1つに記載の配線デバイスにおいて、前記第1配線は、前記底部において第1幅を有し、前記配線デバイスの厚さ方向における前記底部と前記頂部の頂点の中間位置において第2幅を有し、前記接続部において第3幅を有してもよく、前記第2幅は、前記第1幅よりも小さくてもよく、前記第3幅は、前記第2幅よりも小さくてもよい。
- [0357] [7] [6] に記載の配線デバイスにおいて、前記第1幅に対する前記第2幅の比率が、0.98以下であってもよい。
- [0358] [8] [6] 又は [7] に記載の配線デバイスにおいて、前記第2幅に対する前記第3幅の比率が、前記第1幅に対する前記第2幅の比率よりも大きくてもよい。
- [0359] [9] [3] ~ [8] のいずれか1つに記載の配線デバイスにおいて、前記第1側面の表面粗さが、50nm以下であってもよい。
- [0360] [10] [3] ~ [9] のいずれか1つに記載の配線デバイスにおいて、前記第1配線の幅に対する、前記第1配線の仮想コーナーから前記第2側面までの最短距離の比率が、0.05以上であってもよい。前記仮想コーナーは、第1仮想線と第2仮想線が交わる点であり、前記第1仮想線は、前記底部と前記第1側面とが接続される点を通り、前記第1面の法線方向に延びる直線であり、前記第2仮想線は、前記頂部の頂点を通り、前記第1面に平行に延びる直線である。
- [0361] [11] [1] ~ [10] のいずれか1つに記載の配線デバイスは、前記第1配線の表面と前記第1有機層との間に位置する第1無機層を備えてもよい。
- [0362] [12] [11] に記載の配線デバイスにおいて、前記第1配線の前記表面に位置する前記第1無機層の厚さが、50nm以上400nm以下であってもよい。
- [0363] [13] [1] ~ [12] のいずれか1つに記載の配線デバイスにおいて、前記第1配線の幅が、0.5 μ m以上2.0 μ m以下であってもよい。

[0364] [14] [13]に記載の配線デバイスにおいて、前記複数の第1配線の少なくとも一部において、隣り合う2つの前記第1配線の間隔が $2.0\mu\text{m}$ 以下であってもよい。

[0365] [15] 配線デバイスの製造方法であって、
支持キャリアを準備する工程と、
前記支持キャリア上に下地層を形成する工程と、
前記下地層上にシード層を形成する工程と、
前記シード層上にレジスト層を形成する工程と、
前記レジスト層の開口に電解めっき処理によって本体層を形成する工程と、
前記レジスト層を除去する第1除去工程と、
前記本体層に重ならない前記シード層を除去する第2除去工程と、
前記本体層を覆う第1有機層を形成する工程と、を備える、配線デバイスの製造方法。

[0366] [16] [15]に記載の配線デバイスの製造方法において、前記第2除去工程は、イオンミリングによって前記シード層を削る工程を含んでもよい。

[0367] [17] [15]又は[16]に記載の配線デバイスの製造方法は、前記シード層及び前記本体層を含む第1配線の表面に第1無機層を形成する工程を備えてもよい。

[0368] 本開示の第3の実施形態によれば、配線の断面形状を適切に制御できる。例えば、配線が 2.0 以上 4.0 以下のアスペクト比を有することができる。

[0369] 図92は、配線デバイス10の一例を示す平面図である。図93は、図92の配線デバイス10のXCIII-XCIII線に沿った断面図である。配線デバイス10は、第1方向D1、第2方向D2及び第3方向D3を有する。第1方向D1及び第2方向D2は、10の面方向に含まれる。第1方向D1は第2方向D2に直交している。第3方向D3は、配線デバイス10の厚さ方向である。第3方向D3は第1方向D1及び第2方向D2に直交している。

[0370] 配線デバイス10は、再配線層18を備える。配線デバイス10は、支持キャリア50を備えていてもよい。

[0371] 配線デバイス10の各構成要素について説明する。

[0372] (支持キャリア)

支持キャリア50は、再配線層18を支持する部材である。支持キャリア50は、再配線層18の第1配線層20に面している。支持キャリア50は、再配線層18から剥離可能であるよう構成されている。配線デバイス10は、支持キャリア50と再配線層18との間に位置する剥離層51を備えていてもよい。これにより、支持キャリア50が再配線層18から剥離しやすくなる。

[0373] 支持キャリア50は、例えば、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(Al₂O₃)基板、窒化アルミ(AlN)基板、酸化ジルコニア(ZrO₂)基板、ニオブ酸リチウム基板、ニオブ酸タンタル基板などを含んでいてもよい。樹脂基板は、有機材料を含んでいてもよい。例えば、樹脂基板は、エポキシ樹脂、ポリエチレン、ポリプロピレンなどを含んでいてもよい。支持キャリア50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、500 μ m以上であってもよい。支持キャリア50の厚さは、例えば2 mm以下であり、1.5 mm以下であってもよく、1 mm以下であってもよい。

[0374] 剥離層51は、熱可塑性の樹脂を含んでいてもよい。この場合、配線デバイス10を加熱することにより、剥離層51が再配線層18から剥離しやすくなる。剥離層51は、感光性を有する樹脂を含んでいてもよい。この場合、剥離層51に光を照射することにより、剥離層51が再配線層18から剥離しやすくなる。剥離層51の厚さは、例えば0.3 μ m以上であり、1 μ m以上であってもよい。剥離層51の厚さは、例えば30 μ m以下であり、50 μ m以下であってもよい。

[0375] (再配線層)

再配線層 18 は、上面 181 及び下面 182 を含む。下面 182 は、支持キャリア 50 に面している。下面 182 は、剥離層 51 に接していてもよい。上面 181 は、厚さ方向において下面 182 の反対側に位置する。

[0376] 再配線層 18 は、下地層 55 及び第 1 配線層 20 を少なくとも含む。下地層 55 は、第 1 面 551 及び第 1 面 551 の反対側に位置する第 2 面 552 を含む。第 1 面 551 は、第 1 配線層 20 に面している。第 2 面 552 は、支持キャリア 50 に面している。

[0377] 第 1 配線層 20 は、第 1 有機層 21 及び複数の第 1 配線 25 を含む。複数の第 1 配線 25 は、下地層 55 の第 1 面 551 上に位置している。第 1 有機層 21 は、複数の第 1 配線 25 を覆っている。「覆う」とは、平面視において、第 1 有機層 21 が、複数の第 1 配線 25 に跨るように広がっていることを意味する。平面視とは、下地層 55 の第 1 面 551 の法線方向に沿って対象を見ることを意味する。

[0378] 図 92 に示すように、第 1 配線 25 は、配線デバイス 10 の面内方向に沿って延びている。面内方向は、第 1 方向 D1 及び第 2 方向 D2 によって定められる面に沿った方向である。

[0379] 再配線層 18 は、下地層 55 の第 2 面 552 に面する導電層 56 を含んでいてもよい。導電層 56 は、配線デバイス 10 の面内方向において配線デバイス 10 の全域に広がっていてもよい。導電層 56 は、グランド層又は電源層であってよい。

[0380] 再配線層 18 は、導電層 56 と剥離層 51 との間に位置する絶縁層 57 を含んでいてもよい。絶縁層 57 は、再配線層 18 の下面 182 を構成していてもよい。

[0381] 再配線層 18 の各構成要素について説明する。

[0382] [第 1 配線層]

図 94 は、第 1 配線層 20 を示す断面図である。第 1 配線層 20 は、第 1 有機層 21 及び複数の第 1 配線 25 を少なくとも含む。第 1 有機層 21 は、第 1 上面 211 及び第 1 下面 212 を含む。第 1 下面 212 は、下地層 55 に

面している。第1上面211は、厚さ方向において第1下面212の反対側に位置する。第1有機層21は、第1配線25を覆っていてもよい。すなわち、第1有機層21の第1上面211が、平面視において第1配線25の頂部に重なっていてもよい。

[0383] 第1有機層21は、絶縁性を有する有機材料を含む。第1有機層21は、ポリイミド、エポキシ系樹脂、アクリル系樹脂、及びこれらの二種以上の組合せなどを含んでもよい。第1有機層21の厚さT31は、例えば2 μ m以上であり、3 μ m以上であってもよく、5 μ m以上であってもよい。第1有機層21の厚さT31は、例えば20 μ m以下であり、15 μ m以下であってもよく、10 μ m以下であってもよい。

[0384] 図94に示すように、第1有機層21の第1上面211の一部に窪み217が形成されていてもよい。窪み217は、平面視において第1配線25に重ならない位置に生じててもよい。窪み217は、深さD30を有する。深さD30は、第1配線25の高さH30に対して相対的に定められてもよい。第1配線25の高さH30に対する窪み217の深さD30の比であるD30/H30は、例えば0.01以上であり、0.03以上であってもよく、0.05以上であってもよい。D30/H30は、例えば0.20以下であり、0.15以下であってもよく、0.10以下であってもよい。

[0385] 第1配線25は、幅W30及び高さH30を有する。符号S31は、隣り合う2つの第1配線25の間の間隔を表す。間隔S31は、平面視において平行に延びる2つの第1配線25の間で測定される。幅W30及び間隔S31は、平面視において第1配線25が延びる方向に直交する方向において測定される。

[0386] 幅W30及び間隔S31を小さくするほど、配線デバイス10を小型化できる。しかしながら、幅W30を小さくするほど、第1配線25の導電性が低下する。例えば、単位長さあたりの第1配線25の電気抵抗が増加する。第1配線25の電気抵抗が増加すると、第1配線25によって伝送される信号の品質

が低下することがある。信号の品質は、例えば、第1配線25によって伝送される高周波信号のアイパターンの開口の広さによって評価される。

- [0387] 幅W30が一定である場合、高さH30を大きくするほど、第1配線25の導電性を高めることができる。例えば、単位長さあたりの第1配線25の電気抵抗を減少させることができる。従って、幅W30が小さい場合であっても、高さH30を大きくすることにより、第1配線25によって伝送される信号の品質を確保できる。
- [0388] 高さH30を幅W30で割ることによって算出されるパラメータは、アスペクト比と称される。第1配線25のアスペクト比は、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。一方、アスペクト比が大きすぎると、信号線とグランド線との間での配線容量の増加に起因して、信号の品質が低下する場合がある。また、アスペクト比が大きすぎると、信号線同士のクロストークが大きくなることに起因して、信号線によって伝送される信号にノイズが重畳しやすくなることも考えられる。第1配線25のアスペクト比は、例えば4.5以下であり、4.0以下であってもよい。
- [0389] 第1配線25の幅W30は、例えば0.2 μm 以上であり、0.5 μm 以上であってもよく、1.0 μm 以上であってもよい。幅W30は、例えば3.0 μm 以下であり、2.5 μm 以下であってもよく、2.0 μm 以下であってもよい。
- [0390] 2つの第1配線25の間の間隔S31の最小値は、例えば0.2 μm 以上であり、0.5 μm 以上であってもよく、1.0 μm 以上であってもよい。間隔S31の最小値は、例えば3.0 μm 以下であり、2.5 μm 以下であってもよく、2.0 μm 以下であってもよい。
- [0391] 間隔S31の最小値は、幅W30に対して相対的に定められてもよい。幅W30に対する間隔S31の最小値の比率は、例えば0.5以上であり、0.7以上であってもよく、0.9以上であってもよい。幅W30に対する間隔S31の最小値の比率は、例えば5.0以下であり、3.0以下であってもよく、2.0以下であってもよい。

- [0392] 第1配線25の高さH30は、例えば1.0 μm 以上であり、2.0 μm 以上であってもよく、3.0以上であってもよい。高さH30は、例えば10.0 μm 以下であり、7.0 μm 以下であってもよく、5.0 μm 以下であってもよい。
- [0393] 第1配線層20は、アスペクト比、幅W30、間隔S31、高さH30に関する上述の数値範囲を満たす第1配線25の他に、上述の数値範囲を満たさない第1配線25を含んでいてもよい。
- [0394] 第1配線25は、図94に示すように、信号が伝送される信号線25S、及びグランド電位を有するグランド線25Gを含んでいてもよい。上述の間隔S31の最小値は、信号線25Sとグランド線25Gの間で規定されてもよい。
- [0395] 第1有機層21の上述の窪み217は、図94に示すように、平面視において2つの信号線25Sの間に位置していてもよい。2つの信号線25Sの間隔を、特に符号S32で表す。間隔S32は、例えば2.0 μm 以上であり、3.0 μm 以上であってもよく、4.0 μm 以上であってもよい。
- [0396] 第1配線25によって伝送される信号の周波数は、表皮効果が生じない程度の周波数であることが好ましい。これにより、第1配線25のアスペクト比の増加が信号の品質の向上を導きやすくなる。信号の最大周波数は、例えば16 GHz以下であり、12 GHz以下であってもよく、8 GHz以下であってもよい。信号の最大周波数は、例えば0.5 GHz以上であり、1.0 GHz以上であってもよい。
- [0397] 図94に示すように、第1配線25は、シード層241及び本体層242を含んでいてもよい。シード層241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。シード層241は、下地層55の第1面551上に位置していてもよい。本体層242は、電解めっき処理によってシード層241上に形成される、導電性を有する層である。
- [0398] シード層241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241は、これらの金属材料の化合物を含んで

いてもよい。シード層 241 は、複数の層を含んでもよい。本体層 242 は、銅、金、銀、白金、ロジウム、スズ、アルミニウム、ニッケル、チタン、クロム、亜鉛などの金属又はこれらを用いた合金を含んでもよい。

[0399] 図 94 に示すように、第 1 配線層 20 は、第 1 配線 25 の表面と第 1 有機層 21 との間に位置する第 1 無機層 27 を備えていてもよい。第 1 無機層 27 は、第 1 配線 25 の表面に接していてもよい。第 1 無機層 27 は、第 1 配線 25 を保護するよう作用できる。例えば、第 1 無機層 27 は、第 1 配線 25 においてエレクトロマイグレーションが生じることを抑制できる。

[0400] 図 94 に示すように、第 1 無機層 27 は、第 1 配線 25 の表面と第 1 有機層 21 との間に位置する部分に加えて、第 1 有機層 21 の第 1 下面 212 と下地層 55 の第 1 面 551 との間に位置する部分を含んでもよい。第 1 無機層 27 は、第 1 有機層 21 の第 1 下面 212 に接していてもよい。第 1 無機層 27 は、下地層 55 の第 1 面 551 に接していてもよい。

[0401] 第 1 無機層 27 は、無機絶縁材料を含む。無機絶縁材料は、例えば、窒化ケイ素、酸化珪素などである。第 1 無機層 27 は、窒化ケイ素の層及び酸化珪素の層を含んでもよい。すなわち、第 1 無機層 27 は、それぞれが無機絶縁材料を含む 2 つの層を備えていてもよい。2 つの層の少なくとも 1 つは、窒化ケイ素及び酸化珪素以外の無機絶縁材料を含んでもよい。第 1 無機層 27 は、それぞれが無機絶縁材料を含む 3 つ以上の層を備えていてもよい。3 つ以上の層のうちの 2 つの層は、窒化ケイ素の層及び酸化珪素の層であってもよい。

[0402] [下地層]

下地層 55 は、第 1 配線層 20 を支持する層である。下地層 55 は、絶縁性を有する材料を含む。下地層 55 は、絶縁性を有する有機材料を含んでもよい。例えば、下地層 55 は、ポリイミド、エポキシ系樹脂、アクリル系樹脂、及びこれらの二種以上の組合せなどを含んでもよい。下地層 55 の厚さ T32 は、例えば 2 μ m 以上であり、3 μ m 以上であってもよく、5 μ m 以上であってもよい。下地層 55 の厚さ T32 は、例えば 20 μ m 以下であり、15

μm 以下であってもよく、 $10\mu\text{m}$ 以下であってもよい。下地層55の厚さ T_{32} は、第1有機層21の厚さ T_{31} よりも大きくてもよく、第1有機層21の厚さ T_{31} よりも小さくてもよい。

[0403] 〔導電層〕

導電層56は、導電性を有する材料を含む。例えば、導電層56は、銅、金、銀、白金、ロジウム、スズ、アルミニウム、ニッケル、チタン、クロム、亜鉛などの金属又はこれらを用いた合金を含んでもよい。第1配線25、下地層55及び導電層56は、高周波信号を伝送するためのマイクロストリップを構成してもよい。導電層56の厚さは、例えば $1\mu\text{m}$ 以上であり、 $2\mu\text{m}$ 以上であってもよく、 $3\mu\text{m}$ 以上であってもよい。導電層56の厚さ T_{32} は、例えば $20\mu\text{m}$ 以下であり、 $15\mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $10\mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $5\mu\text{m}$ 以下であってもよい。

[0404] 〔絶縁層〕

絶縁層57は、絶縁性を有する材料を含む。絶縁層57は、有機絶縁材料を含んでもよく、無機絶縁材料を含んでもよい。

[0405] 次に、第1配線25及び第1無機層27の構成を詳細に説明する。図95A及び図95Bは、第1配線25の一例を示す断面図である。図95Aにおいては、第1有機層21及び第1無機層27が省略されている。図95A及び図95Bに示す断面図は、平面視において第1配線25が延びる方向に直交する方向において第1配線25を切断した場合の図である。

[0406] 図95Aを参照して、第1配線25の形状を説明する。第1配線25の表面は、底部252、頂部254、第1側面257、第2側面258及び接続部259を含んでもよい。底部252は、下地層55の第1面551に面している。頂部254は、厚さ方向において底部252の反対側に位置している。頂部254は、頂点254Pを含む。頂点254Pは、厚さ方向において底部252から最も離れた第1配線25の部分である。

[0407] 第1側面257は、底部252から頂部254に向かって広がる面である。第1側面257は、底部252には接続されているが、頂部254には接続さ

れていない。第2側面258は、頂部254から底部252に向かって広がる面である。第2側面258は、頂部254には接続されているが、底部252には接続されていない。第1側面257と第2側面258とは、接続部259において接続されている。

[0408] 図95Aにおいて、符号P31～P35、P37はそれぞれ、厚さ方向における第1配線25の位置を表す。第1位置P31は、底部252の位置である。第2位置P32は、厚さ方向における底部252と頂点254Pの間の中間位置である。第3位置P33は、接続部259の位置である。断面図に現れる2つの接続部259の位置が厚さ方向において異なる場合、底部252に近い方の接続部259の位置が第3位置P33として定められる。第4位置P34は、頂点254Pの位置である。第5位置P35は、厚さ方向において頂点254Pから距離K32離れた位置である。第5位置P35は、第2側面258に含まれる。第5位置P35は、後述するように、第2側面258の傾斜角度を定めるために用いられる。第7位置P37は、厚さ方向において頂点254Pから距離K35離れた位置である。第7位置P37は、厚さ方向における頂部254の範囲を定めるために用いられる。すなわち、頂部254は、第1配線25のうち、厚さ方向における頂点254Pからの距離が距離K35以下の部分として規定される。距離K35は、第1配線25の高さH30に対して相対的に定められる。具体的には、距離K35は、第1配線25の高さH30の0.01倍である。

[0409] 第5位置P35を定める距離K32は、第1配線25の高さH30に対して相対的に定められる。具体的には、距離K32は、第1配線25の高さH30の0.07倍である。

[0410] 第1配線25の上述の高さH30は、厚さ方向における底部252と頂部254の頂点254Pとの間の距離として定められる。即ち、高さH30は、第1位置P31と第4位置P34との間の距離である。第1配線25の上述の幅W30は、厚さ方向における底部252と頂部254の頂点254Pの中間位

置において定められる。すなわち、幅 $W30$ は、第2位置 $P32$ において測定される。

[0411] 図95Aにおいて、符号 $K31$ は、第3位置 $P33$ と第4位置 $P34$ との間の距離を表す。すなわち、距離 $K31$ は、厚さ方向における頂部254の頂点254Pと接続部259との間の距離である。距離 $K31$ は、厚さ方向における底部252と接続部259との間の距離よりも小さくてもよい。距離 $K31$ の範囲は、第1配線25の高さ $H30$ に対して相対的に定められてもよい。第1配線25の高さ $H30$ に対する距離 $K31$ の比である $K31/H30$ は、例えば0.30以下であり、0.25以下であってもよく、0.20以下であってもよく、0.15以下であってもよく、0.10以下であってもよい。 $K31/H30$ は、例えば0.05以上であり、0.10以上であってもよく、0.15以上であってもよい。

[0412] 図95Aに示すように、第1側面257及び第2側面258は、下地層55の第1面551の法線方向に対して傾斜した方向に広がっていてもよい。第1側面257及び第2側面258は、底部252から頂部254に向かうにつれて第1配線25の幅が小さくなるよう、傾斜していてもよい。すなわち、第1配線25は、順テーパの形状を有していてもよい。

[0413] 第1配線25が順テーパの形状を有することにより、第1無機層27の形成工程において、第1無機層27が第1配線25の表面に形成されやすくなる。このため、第1無機層27の厚さを小さくできる。なぜなら、第1無機層27が第1配線25の表面に形成されにくい場合、第1配線25の表面に隙間なく第1無機層27を生じさせるための形成工程の時間が長くなり、第1無機層27の厚さも大きくなるからである。第1無機層27の厚さが小さいことは、第1配線25によって伝送される信号の品質の向上に寄与できる。

[0414] また、第1配線25が順テーパの形状を有することにより、頂部254の近傍における第1配線25の幅を小さくできる。このため、厚さ方向及び／又は面内方向における容量結合によって信号の品質が低下することを抑制できる。厚さ方向においては、頂部254の近傍における第1配線25の幅が小さいこ

とが、容量結合の低減に寄与できる。面内方向においては、隣り合う2つの第1配線25の間の間隔が広がることで、容量結合の低減に寄与できる。また、底部252における第1配線25の幅は大きいので、下地層55に対する第1配線25の密着性を確保できる。このため、配線デバイス10の製造工程において第1配線25が倒れることを抑制できる。

[0415] 下地層55の第1面551の法線方向に対して第1側面257が成す角度を、第1傾斜角度 $\theta 31$ とも称する。下地層55の第1面551の法線方向に対して第2側面258が成す角度を、第2傾斜角度 $\theta 32$ とも称する。第1傾斜角度 $\theta 31$ は、第2位置P32における第1側面257の傾斜角度として定められる。第2傾斜角度 $\theta 32$ は、第5位置P35における第2側面258の点と、第1方向D1における頂部254の中央とを結ぶ仮想的な直線が、第1面551の法線方向に対して成す角度として定められる。

[0416] 第2傾斜角度 $\theta 32$ は、第1傾斜角度 $\theta 31$ よりも大きくてもよい。第1傾斜角度 $\theta 31$ に対する第2傾斜角度 $\theta 32$ の比率である $\theta 32 / \theta 31$ は、例えば2.0以上であり、3.0以上であってもよく、5.0以上であってもよい。 $\theta 32 / \theta 31$ は、例えば3.0以下であり、2.0以下であってもよく、1.0以下であってもよく、5以下であってもよい。

[0417] 第1傾斜角度 $\theta 31$ は、例えば 1.0° 以上であり、 2.0° 以上であってもよく、 3.0° 以上であってもよい。第1傾斜角度 $\theta 31$ 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。

[0418] 第2傾斜角度 $\theta 32$ は、例えば 10° 以上であり、 15° 以上であってもよく、 20° 以上であってもよい。第2傾斜角度 $\theta 32$ は、例えば 60° 以下であり、 50° 以下であってもよく、 40° 以下であってもよい。

[0419] 第1配線25の頂部254、第1側面257、第2側面258及び接続部259は、後述するように、例えば、略矩形の断面形状を有する第1配線25にイオンビームが照射されることによって形成される。第1側面257は、ウェットエッチング液に晒される場合に比べて、滑らかな表面を有する。第1側面257の表面粗さは、例えば50nm以下であり、40nm以下であって

もよく、30 nm以下であってもよい。第1側面257の表面粗さは、例えば5 nm以上であり、10 nm以上であってもよく、15 nm以上であってもよい。

[0420] 第1側面257の表面粗さは、第1位置P31、第2位置P32及び第3位置P33における第1側面257の表面粗さの測定結果を平均することにより算出される。第1位置P31における表面粗さは、第1側面257の断面画像に現れる複数の山と谷の間の距離を、第1位置P31を含む厚さ方向の一定範囲で平均することによって測定される。第2位置P32における表面粗さは、第1側面257の断面画像に現れる複数の山と谷の間の距離を、第2位置P32を含む厚さ方向の一定範囲で平均することによって測定される。第3位置P33における表面粗さは、第1側面257の断面画像に現れる複数の山と谷の間の距離を、第3位置P33を含む厚さ方向の一定範囲で平均することによって測定される。一定範囲は、厚さ方向における、第1配線25の高さH30の0.1倍の範囲である。

[0421] 図95Aにおいて、符号P30は、第1配線25の仮想コーナーを表す。仮想コーナーP30は、第1仮想線L31と第2仮想線L32が交わる点である。第1仮想線L31は、底部252と第1側面257とが接続される点を通り、下地層55の第1面551の法線方向に延びる直線である。第2仮想線L32は、頂部254の頂点254Pを通り、下地層55の第1面551に平行に延びる直線である。第1配線25が順テーパの形状を有するので、仮想コーナーP30は、第1配線25に重なっていない。

[0422] 仮想コーナーP30が、第2側面258から十分に離れていることが好ましい。これにより、厚さ方向及び／又は面内方向における容量結合を抑制できる。仮想コーナーP30から第2側面258までの最短距離K33は、第1配線25の幅W30に対して相対的に定められてもよい。幅W30に対する最短距離K33の比率である $K33/W30$ は、例えば0.05以上であり、0.10以上であってもよく、0.15以上であってもよい。 $K33/W30$ は、

例えば0.50以下であり、0.35以下であってもよく、0.20以下であってもよい。

[0423] 次に、図95Bを参照して、第1配線25及び第1無機層27の形状を説明する。第1配線25は、底部252において、すなわち第1位置P31において第1幅W31を有する。第1配線25は、底部252と頂部254の頂点254Pとの中間位置において、すなわち第2位置P32において第2幅W32を有する。第1配線25は、接続部259において、すなわち第3位置P33において第3幅W33を有する。第2幅W32は、第1幅W31よりも小さくてもよい。第3幅W33は、第2幅W32よりも小さくてもよい。

[0424] 第1幅W31に対する第2幅W32の比率である $W32/W31$ は、例えば0.99以下であり、0.95以下であってもよく、0.93以下であってもよい。 $W32/W31$ 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。

[0425] 第2幅W32に対する第3幅W33の比率である $W33/W32$ は、上述の $W32/W31$ よりも大きくてもよい。言い換えると、第2位置P32と第3位置P33との間における第1側面257の傾斜角度は、第1位置P31と第2位置P32との間における第1側面257の傾斜角度よりも小さくてもよい。 $W33/W32$ は、例えば0.99以下であり、0.95以下であってもよく、0.90以下であってもよい。 $W33/W32$ は、例えば0.80以上であり、0.83以上であってもよく、0.85以上であってもよい。

[0426] 第1無機層27について説明する。第1無機層27は、第1配線25の頂部254、第1側面257、第2側面258及び接続部259に接していてもよい。第1無機層27は、底部252に接していなくてもよい。

[0427] 第1無機層27の厚さは、小さいことが好ましい。第1無機層27の厚さが小さいほど、容量結合によって信号の品質が低下することを抑制できる。第1無機層27の厚さは、例えば40nm以上であり、50nm以上であってもよく、100nm以上であってもよく、150nm以上であってもよい。第1無機層27の厚さは、例えば500nm以下であり、400nm以下であっても

よく、350nm以下であってもよく、300nm以下であってもよく、200nm以下であってもよい。

[0428] 第1無機層27の厚さは、第1位置P31、第2位置P32及び第6位置P36における第1無機層27の厚さの測定結果を平均することによって算出される。第6位置P36は、厚さ方向において底部252から距離K34離れた位置である。距離K34は、下地層55上に位置する第1無機層27の厚さT34の2倍である。

[0429] (配線デバイスの製造方法)

次に、配線デバイス10の製造方法を説明する。

[0430] まず、図96に示すように、支持キャリア50が準備される。続いて、支持キャリア50上に剥離層51が形成される。続いて、剥離層51上に、絶縁層57、導電層56及び下地層55が順に形成される。

[0431] 続いて、図97に示すように、下地層55上にシード層241が形成される。例えば、スパッタリング工程によってシード層241が形成される。

[0432] シード層241が形成された後、図98に示すように、シード層241上に第1レジスト層28が形成される。第1レジスト層28は、第1レジスト層28を厚さ方向に貫通する開口281を有する。開口281は、平面視において、第1配線25に対応する形状を有する。

[0433] 続いて、めっき工程が実施される。めっき工程においては、図99に示すように、電解めっき処理によって開口281に本体層242が形成される。続いて、図100に示すように、第1レジスト層28を除去する第1除去工程が実施される。例えば、有機溶媒又はアルカリ溶液を用いることにより、第1レジスト層28がシード層241から剥離される。

[0434] 続いて、図101に示すように、シード層241のうち本体層242に重ならない部分を除去する第2除去工程が実施される。これにより、隣り合う2つの本体層242の間が電氣的に絶縁される。

[0435] 第2除去工程は、イオンミリングによってシード層241を削る工程を含んでいてもよい。イオンミリングにおいては、図101に示すように、イオン

ビーム I B が、本体層 2 4 2 に重ならないシード層 2 4 1 に照射され、シード層 2 4 1 が削られる。イオンビーム I B は、例えば、アルゴンイオンのビームである。不要なシード層 2 4 1 が除去されることにより、シード層 2 4 1 及び本体層 2 4 2 を含む第 1 配線 2 5 が得られる。

[0436] イオンビーム I B は、シード層 2 4 1 だけでなく本体層 2 4 2 にも照射される。本体層 2 4 2 がイオンビーム I B によって削られることにより、上述の順テーパの形状が実現される。

[0437] 不要なシード層 2 4 1 を除去する方法としては、従来、ウェットエッチングが用いられていた。ウェットエッチングにおいては、本体層 2 4 2 に重なるシード層 2 4 1 も、サイドエッチングによって削られる。この結果、下地層 5 5 と第 1 配線 2 5 との間の接触面積が減少する。

[0438] 本実施の形態においては、イオンミリングによって不要なシード層 2 4 1 が除去されるので、下地層 5 5 と第 1 配線 2 5 との間の接触面積が減少することを抑制できる。このため、下地層 5 5 に対する第 1 配線 2 5 の密着性を確保できる。このため、例えば、配線デバイス 1 0 の製造工程において第 1 配線 2 5 が倒れることを抑制できる。

[0439] 続いて、図 1 0 2 に示すように、第 1 配線 2 5 の表面に第 1 無機層 2 7 を形成する工程が実施される。第 1 無機層 2 7 の形成方法の例は、プラズマ C V D 法、熱 C V D 法、スパッタリング法、蒸着法などである。第 1 配線 2 5 が順テーパの形状を有するので、第 1 無機層 2 7 が第 1 配線 2 5 の表面に形成されやすい。

[0440] 続いて、図 1 0 3 に示すように、第 1 有機層 2 1 を形成する工程が実施される。これによって、下地層 5 5、複数の第 1 配線 2 5 及び第 1 有機層 2 1 を備える配線デバイス 1 0 が得られる。配線デバイス 1 0 は、支持キャリア 5 0 を備える状態で流通してもよい。すなわち、再配線層 1 8 が支持キャリア 5 0 によって支持された状態で配線デバイス 1 0 が流通してもよい。

[0441] 第 1 有機層 2 1 は、ポリイミドなどの有機材料を含むフィルムを第 1 配線 2 5 上に貼ることによって形成されてもよい。第 1 有機層 2 1 は、ポリイミドな

どの有機材料を含む溶液を第1配線25上に塗布することによって形成されてもよい。

[0442] 図104に示すように、再配線層18を支持キャリア50から剥離する工程が実施されてもよい。すなわち、配線デバイス10は、支持キャリア50を備えない状態で流通してもよい。

[0443] 本実施の形態によれば、ダマシン法によって第1配線25を形成する場合に比べて、第1配線25の断面形状を適切に制御できる。例えば、第1配線25が2.0以上4.0以下のアスペクト比を有することができる。このため、第1配線25の幅W30が小さい場合であっても、第1配線25によって伝送される信号の品質を確保できる。

[0444] ダマシン法においては、絶縁層の凹部に配線が形成された後、絶縁層が、配線の側面に接する層として最終製品に残る。これに対して、本実施の形態において、第1レジスト層28は、第1配線25が形成された後に除去される。本実施の形態においては、第1配線25の側面に接する層が、第1配線25が形成された後に形成される。従って、ダマシン法を用いる場合に比べて、第1配線25の側面に接する層の選択の自由度が高い。例えば、上述のように、第1配線層20は、第1配線25の頂部254、第1側面257、第2側面258及び接続部259に接し、底部252に接しない第1無機層27を含むことができる。

[0445] また、本実施の形態によれば、イオンミリングによって不要なシード層241が除去されるので、シード層241のサイドエッチングを抑制できる。また、第1配線25が順テーパの形状を有することができる。

[0446] 上述した一実施形態を様々に変更できる。以下、必要に応じて図面を参照しながら、変形例について説明する。以下の説明および以下の説明で用いる図面では、上述した一実施形態と同様に構成され得る部分について、上述の一実施形態における対応する部分に対して用いた符号と同一の符号を用いる。重複する説明は省略する。また、上述した一実施形態において得られる作用効果が変

形例においても得られることが明らかである場合、その説明を省略する場合もある。

[0447] (第1変形例)

図105は、第1変形例における配線デバイス10を示す断面図である。

図106は、図105のCVI-CVI線に沿った配線デバイス10の断面図である。配線デバイス10は、半導体素子40を備えてもよい。半導体素子40は、第1配線25などの再配線層18の配線に電氣的に接続されている。半導体素子40は、バンプ65を介して第1配線25などの再配線層18の配線に電氣的に接続されていてもよい。

[0448] 半導体素子40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40は、例えばCPU、GPU、FPGA、センサ、メモリ等である。半導体素子40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。半導体素子40は、積層された複数の基板を含んでいてもよい。半導体素子40は、1つの配線デバイス10に対して、1つであってもよいし、2つ以上であってもよい。半導体素子40は、1つの配線デバイス10に対して2つ以上である場合、同じ機能を有するものであってもよいし、異なる機能を有するものであってもよい。

[0449] 再配線層18は、第1配線25に重なる第1導電層29を含んでいてもよい。第1導電層29は、例えば、第1配線25に重なる第1有機層21の部分に開口を形成した後、開口の内部に形成される。第1導電層29は、バンプが設けられるパッドであってもよい。

[0450] 配線デバイス10は、半導体素子40に接するモールド樹脂層66を備えていてもよい。モールド樹脂層66は、半導体素子40を覆ってもよい。

[0451] モールド樹脂層66は、樹脂を含む。モールド樹脂層66は、例えば、ポリイミド、エポキシ樹脂、アクリル、ビスマレイミド、ポリベンゾオキサゾール、及びベンゾシクロブテンのうちのいずれか、又はこれらの二種以上の組合

せなどを含んでいてもよい。モールド樹脂層 66 は、エポキシ系樹脂などの熱硬化性樹脂を含んでもよい。

[0452] (第2変形例)

図 107 は、第2変形例における配線デバイス 10 を示す断面図である。

配線デバイス 10 は、厚さ方向において第1配線層 20 に隣接する第2配線層 30 を備えていてもよい。

[0453] 第2配線層 30 は、第2有機層 31 及び複数の第2配線 35 を含む。複数の第2配線 35 は、第1有機層 21 の第1上面 211 上に位置していてもよい。第2有機層 31 は、複数の第2配線 35 を覆っている。

[0454] 第2有機層 31 は、絶縁性を有する有機材料を含む。第2有機層 31 の材料としては、上述の第1有機層 21 の材料を採用できる。第2有機層 31 の厚さの数値範囲としては、上述の第1有機層 21 の厚さの数値範囲を採用できる。

[0455] 第2配線 35 は、第1配線 25 と同様に、導電性を有する材料を含む。第2配線 35 は、第1配線 25 と同様に、シード層及び本体層を含んでいてもよい。第2配線 35 の幅、高さ、間隔の数値範囲としては、上述の第1配線 25 の幅、高さ、間隔の数値範囲を採用できる。第2配線 35 は、第1配線 25 と同様に、底部、頂部、第1側面、第2側面及び接続部を含んでいてもよい。

[0456] (第3変形例)

上述の実施の形態においては、再配線層 18 が支持キャリア 50 によって支持される例を示した。支持キャリア 50 は、再配線層 18 の製造工程において土台となる部材である。図示はしないが、再配線層 18 は、支持キャリア 50 以外の基板によって支持されていてもよい。例えば、再配線層 18 は、コア基板の第1面上又は第2面上に位置していてもよい。コア基板は、第1面から第2面へ貫通する貫通電極を含んでいてもよい。再配線層 18 の複数の第1配線 25 の少なくとも一部は、コア基板の貫通電極に電氣的に接続されていてもよい。

- [0457] コア基板は、配線デバイス 10 の構成要素の 1 つであってもよい。例えば、配線デバイス 10 は、貫通電極を含むコア基板と、コア基板の第 1 面上又は第 2 面上に位置する再配線層 18 と、を備えてもよい。配線デバイス 10 は、コア基板と、コア基板の第 1 面上に位置する第 1 の再配線層 18 と、コア基板の第 2 面上に位置する第 2 の再配線層 18 と、を備えてもよい。
- [0458] 上述した第 3 の実施の形態に対するいくつかの変形例を説明してきたが、当然に、複数の変形例を適宜組み合わせることで上述した第 3 の実施の形態に適用することも可能である。
- [0459] 上述の第 1 ～第 3 の実施の形態の構成が適宜組み合わせられてもよい。例えば、図 113 に示すように、上述の第 1 の実施の形態の配線デバイス 10 の第 1 配線 25 が、2.0 以上 4.0 以下のアスペクト比を有してもよい。例えば、図 114 に示すように、上述の第 1 の実施の形態の配線デバイス 10 の第 1 配線 25 が、2.0 以上 4.0 以下のアスペクト比を有し、且つ第 1 無機層 27 によって覆われていてもよい。
- [0460] 図 114 に示すように、第 1 無機層 27 は、上述の第 2 の実施の形態と同様に、少なくとも 1 つの開口 273 を含んでいてもよい。
- [0461] 図 113 及び図 114 に示す第 1 配線 25 は、上述の第 3 の実施の形態と同様に、第 1 側面 257、第 2 側面 258 及び接続部 259 を含んでいてもよい。第 1 上面 211 の法線方向に対して第 2 側面 258 が成す角度である第 2 傾斜角度が、第 1 上面 211 の法線方向に対して第 1 側面 257 が成す角度である第 1 傾斜角度よりも大きいてもよい。
- [0462] 上述の第 2 の実施の形態の構成に、上述の第 3 の実施の形態の構成の一部が組み合わされてもよい。例えば、図示はしないが、第 1 開口が形成された無機層を備える、第 2 の実施の形態の配線デバイスが、2.0 以上 4.0 以下のアスペクト比を有する配線を含んでいてもよい。配線は、上述の第 3 の実施の形態と同様に、第 1 側面、第 2 側面及び接続部を含んでいてもよい。
- [0463] [実施例]

次に、本開示の第3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。

[0464] (比較例B1)

図96～12に示す方法により、第1有機層21及び複数の第1配線25を含む第1配線層20を下地層55上に形成した。第1有機層21は、ポリイミドを含む。第1配線25は、シード層241及び本体層242を含む。シード層241は、チタン層と、チタン層上に位置する銅層と、を含む。本体層242は、銅からなる。第1配線25の高さは1.0 μm であり、第1配線25の幅は1.0 μm であった。従って、第1配線25のアスペクト比は1.0である。

[0465] (実施例B1～B4及び比較例B2)

第1配線25のアスペクト比を変更したこと以外は、比較例B1の場合と同様の方法によって、第1配線層20を下地層55上に形成した。実施例B1～B4及び比較例B2における第1配線25の幅、高さ及びアスペクト比を図108に示す。

[0466] 実施例B1～B4及び比較例B1～B2の第1配線25によって伝送される信号の品質を評価した。信号の品質は、第1配線25によって伝送される高周波信号のアイパターンの開口の広さによって評価される。アイパターンの一例を図109に示す。評価結果を、図108の「信号品質」の欄に示す。数字「0」は、アイパターンが、図109に示す矩形の領域R30に重なっていたことを意味する。数字が大きいほど、領域R30に対するアイパターンの開口のマージンが大きいことを意味する。高周波信号の最大周波数は1.0 GHzであった。

[0467] 実施例B1～B4及び比較例B1～B2の比較から分かるように、第1配線25が2.0以上4.0以下のアスペクト比を有する場合、アイパターンが領域R30に重なることを抑制できた。第1配線25が2.5以上4.0以下の

アスペクト比を有する場合、領域 R 3 0 に対するアイパターンの開口のマージンがより大きくなった。

[0468] (実施例 B 5)

実施例 B 3 の場合と同様の方法によって、複数の第 1 配線 2 5 を下地層 5 5 上に形成した。続いて、第 1 配線 2 5 の表面に第 1 無機層 2 7 を形成した。第 1 無機層 2 7 は、酸化珪素を含む。第 1 無機層 2 7 の厚さは 4 0 n m であった。

[0469] (実施例 B 6 ~ B 9)

第 1 無機層 2 7 の厚さを変更したこと以外は、実施例 B 5 の場合と同様の方法によって、第 1 有機層 2 1、第 1 配線 2 5 及び第 1 無機層 2 7 を含む第 1 配線層 2 0 を下地層 5 5 上に形成した。実施例 B 6 ~ B 9 における第 1 配線 2 5 の幅、高さ及びアスペクト比並びに第 1 無機層 2 7 の厚さを図 1 1 0 に示す。

[0470] 実施例 B 5 ~ B 9 の第 1 配線 2 5 によって伝送される信号の品質を、実施例 B 1 ~ B 4 及び比較例 B 1 ~ B 2 の場合と同様に評価した。評価結果を、図 1 1 0 の「信号品質」の欄に示す。第 1 無機層 2 7 が 4 0 n m 以上 5 0 0 n m 以下の厚さを有する場合、アイパターンが領域 R 3 0 に重なることを抑制できた。第 1 無機層 2 7 が 5 0 n m 以上 4 0 0 n m 以下の厚さを有する場合、領域 R 3 0 に対するアイパターンの開口のマージンがより大きくなった。

[0471] 第 1 無機層 2 7 による第 1 配線 2 5 の保護特性は、第 1 無機層 2 7 の厚さが大きいほど向上する。図 1 1 0 の「保護」の欄において、「g r e a t」は、「g o o d」に比べて強固に第 1 配線 2 5 が第 1 無機層 2 7 によって保護されていることを意味する。

[0472] 図 1 1 1 は、第 1 有機層 2 1、第 1 配線 2 5 及び第 1 無機層 2 7 を含む第 1 配線層 2 0 の断面画像の一例を示す図である。図 1 1 2 は、第 1 配線 2 5 の表面を拡大して示す断面画像の一例である。第 1 配線 2 5 の表面粗さは、第 1 配線 2 5 の側面の断面画像に現れる複数の山と谷の間の距離 Δh を、厚さ方向の一定範囲で平均することによって測定される。

符号の説明

- [0473] 1 中間体
- 1 0 配線デバイス
 - 1 8 再配線層
 - 2 0 第1配線層
 - 2 1 第1有機層
 - 2 2 第1遷移層
 - 2 2 1 上側遷移層
 - 2 2 2 下側遷移層
 - 2 3 第1凹部
 - 2 3 1 第1底面
 - 2 3 2 第1側面
 - 2 3 3 外縁
 - 2 4 第1導電体
 - 2 4 1 シード層
 - 2 4 1 1 側面
 - 2 4 2 本体層
 - 2 4 2 1 側面
 - 2 4 2 2 上面
 - 2 5 第1配線
 - 2 6 第1貫通部
 - 2 7 第1無機層
 - 2 7 3 開口
 - 2 8 第1レジスト層
 - 2 8 1 開口
 - 3 0 第2配線層
 - 3 1 第2有機層
 - 3 4 第2導電体

- 3 5 第 2 配線
- 3 6 第 2 貫通部
- 3 7 第 2 無機層
- 4 0 半導体素子
- 4 8 モールド樹脂層
- 6 0 貫通電極基板
- 7 0 配線基板

請求の範囲

- [請求項1] 配線デバイスであって、
第1上面及び前記第1上面の反対側に位置する第1下面を含む第1有機層と、
前記第1上面に位置する複数の第1配線と、を備え、
前記第1有機層は、隣り合う2つの前記第1配線の間において前記第1上面に位置する第1凹部を含む、配線デバイス。
- [請求項2] 前記第1凹部は、 $0.10\mu\text{m}$ 以上の深さを有し、
前記第1凹部の深さは、前記第1配線に重なる前記第1上面から前記第1凹部の第1底面までの、前記第1有機層の厚さ方向における距離である、請求項1に記載の配線デバイス。
- [請求項3] 前記第1有機層は、前記第1配線に重なる前記第1上面を構成する第1遷移層を含み、
前記第1遷移層は、金属粒子を含む、請求項1に記載の配線デバイス。
- [請求項4] 前記第1遷移層は、 $0.05\mu\text{m}$ 以上の厚さを有する、請求項3に記載の配線デバイス。
- [請求項5] 前記第1遷移層は、前記第1上面を構成する上側遷移層と、前記第1有機層の厚さ方向において前記上側遷移層に接する下側遷移層と、を含み、
前記上側遷移層は、第1閾値以上の濃度で金属粒子を含み、
前記下側遷移層は、前記第1閾値よりも低い濃度で金属粒子を含む、請求項3に記載の配線デバイス。
- [請求項6] 前記第1凹部を覆う第1無機層を備える、請求項1～5のいずれか一項に記載の配線デバイス。
- [請求項7] 前記第1凹部は、第1底面と、前記第1上面から前記第1底面に向かう第1側面と、を含み、

前記第1側面は、湾曲した形状を有する、請求項6に記載の配線デバイス。

[請求項8] 前記第1側面は、 $0.10\mu\text{m}$ 以上の幅を有する、請求項7に記載の配線デバイス。

[請求項9] 前記第1無機層は、前記第1配線を覆っている、請求項6に記載の配線デバイス。

[請求項10] 前記複数の第1配線はそれぞれ、前記第1上面に位置するシード層と、前記シード層上に位置する本体層と、を含み、

前記シード層は、前記本体層よりも内側に位置する側面を含み、

前記第1無機層は、前記シード層の前記側面に接している、請求項6に記載の配線デバイス。

[請求項11] 前記第1無機層は、平面視において前記第1上面に重なる位置に形成された第1開口を含む、請求項6に記載の配線デバイス。

[請求項12] 前記第1凹部を覆う第1無機層を備え、

前記第1凹部は、第1底面と、前記第1上面から前記第1底面に向かう第1側面と、を含み、

前記第1遷移層は、前記第1凹部の前記第1側面に位置する露出側面を含み、

前記第1無機層は、前記露出側面に接している、請求項3～5のいずれか一項に記載の配線デバイス。

[請求項13] 前記配線デバイスの表面に位置するパッドを備える、請求項1～5のいずれか一項に記載の配線デバイス。

[請求項14] 前記パッドに接続された端子を含む半導体素子を備える、請求項13に記載の配線デバイス。

[請求項15] 前記第1下面に面する支持キャリアを備える、請求項1～5のいずれか一項に記載の配線デバイス。

- [請求項16] 前記第1下面と前記支持キャリアとの間に位置する剥離層を備える、請求項15に記載の配線デバイス。
- [請求項17] 前記第1下面に面する基板と、
前記基板を貫通する貫通電極と、を備える、請求項1～5のいずれか一項に記載の配線デバイス。
- [請求項18] 前記貫通電極に電氣的に接続されている配線を含み、前記基板に面する配線基板を備える、請求項17に記載の配線デバイス。
- [請求項19] 前記配線基板は、BGA基板である、請求項18に記載の配線デバイス。
- [請求項20] 前記第1有機層及び前記第1配線を覆う第2下面と、前記第2下面の反対側に位置する第2上面と、を含む第2有機層と、
前記第2上面に位置する複数の第2配線と、を備え、
前記第2有機層は、2つの前記第2配線の間において前記第2上面に位置する第2凹部を含む、請求項1～5のいずれか一項に記載の配線デバイス。
- [請求項21] 前記第1配線は、2.0以上4.0以下のアスペクト比を有する、請求項1～5のいずれか一項に記載の配線デバイス。
- [請求項22] 再配線層であって、
複数の配線層を備え、
複数の前記配線層はそれぞれ、導電層と、前記導電層を少なくとも部分的に覆う絶縁層と、を含み、
少なくとも1つの前記配線層において、前記絶縁層は、前記導電層を少なくとも部分的に覆うよう前記導電層に接する無機層と、前記無機層上に位置する有機層と、を含み、
前記無機層は、平面視において前記導電層に重ならない位置に形成された複数の第1開口を含む、再配線層。
- [請求項23] 配線デバイスの製造方法であって、
支持キャリアを準備する工程と、

前記支持キャリア上に第1有機層を形成する工程と、
前記第1有機層の第1上面に位置する複数の第1配線を含む第1導電体を形成する第1導電体形成工程と、
隣り合う2つの前記第1配線の間において前記第1有機層の前記第1上面に第1凹部を形成する工程と、を備える、配線デバイスの製造方法。

[請求項24]

前記第1導電体形成工程は、前記第1有機層にイオン又はプラズマを衝突させる逆スパッタリング工程と、スパッタリングによって前記第1有機層上にシード層を形成するスパッタリング工程と、前記シード層上に電解めっき処理によって本体層を形成するめっき工程と、を含む、請求項23に記載の配線デバイスの製造方法。