

MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU,
TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ,
DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS,
IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT,
RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF,
CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE,
SN, TD, TG).

添付公開書類：

一 国際調査報告（条約第21条(3)）

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

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。配線は、例えばダマシン法によって形成される。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2022-109079号公報

発明の開示

[0004] 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。

[0005] 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。

[0006] 本開示の実施形態は、このような課題を効果的に解決し得る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。

[0007] 本開示の実施形態は、以下の[1]～[19]に関する。

[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。

[0008] [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。

[0009] [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。

[0010] [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。

[0011] [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。

[0012] [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。

[0013] [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。

[0014] [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。

[0015] [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、50 nm 以下であってもよい。

[0016] [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。

[0017] [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。

[0018] [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、50 nm 以上 400 nm 以下であってもよい。

[0019] [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。

[0020] [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 μ m 以下であってもよい。

[0021] [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。

[0022] [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。

[0023] [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。

[0024] 本開示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。

図面の簡単な説明

[0025] [図1]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3]第1配線層の一例を示す断面図である。

[図4A]第1配線の一例を示す断面図である。

[図4B]第1配線の一例を示す断面図である。

[図5]下地層を形成する工程を示す断面図である。

[図6]シード層を形成する工程を示す断面図である。

[図7]第1レジスト層を形成する工程を示す断面図である。

[図8]本体層を形成する工程を示す断面図である。

[図9]レジスト層を除去する工程を示す断面図である。

[図10]シード層の一部を除去する工程を示す断面図である。

[図11]第1無機層を形成する工程を示す断面図である。

[図12]第1有機層を形成する工程を示す断面図である。

[図13]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14]配線デバイスの一例を示す平面図である。

[図15]図 1 4 のXV-XV線に沿った配線デバイスの断面図である。

[図16]配線デバイスの一例を示す断面図である。

[図17]配線デバイスが搭載される製品の例を示す図である。

[図18]実施例 1 ～ 4 及び比較例 1 ～ 2 の評価結果を示す表である。

[図19]信号品質の評価結果の一例を示す図である。

[図20]実施例 5 ～ 9 の評価結果を示す表である。

[図21]第 1 配線層の断面画像の一例を示す図である。

[図22]第 1 配線の表面を拡大して示す断面画像の一例である。

発明を実施するための形態

[0026] 配線デバイス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。

[0027] 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 A 1 以上であり、A 2 以上であってもよく、A 3 以上であってもよい。パラメータ B は、例えば A 4 以下であり、A 5 以下であってもよく、A 6 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

、A 1 以上A 4 以下であってもよく、A 1 以上A 5 以下であってもよく、A 1 以上A 6 以下であってもよく、A 2 以上A 4 以下であってもよく、A 2 以上A 5 以下であってもよく、A 2 以上A 6 以下であってもよく、A 3 以上A 4 以下であってもよく、A 3 以上A 5 以下であってもよく、A 3 以上A 6 以下であってもよい。

[0028] 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。

[0029] 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D 1、第 2 方向D 2 及び第 3 方向D 3 を有する。第 1 方向D 1 及び第 2 方向D 2 は、10 の面方向に含まれる。第 1 方向D 1 は第 2 方向D 2 に直交している。第 3 方向D 3 は、配線デバイス 10 の厚さ方向である。第 3 方向D 3 は第 1 方向D 1 及び第 2 方向D 2 に直交している。

[0030] 配線デバイス 10 は、再配線層 15 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。

[0031] 配線デバイス 10 の各構成要素について説明する。

[0032] (支持キャリア)

支持キャリア 50 は、再配線層 15 を支持する部材である。支持キャリア 50 は、再配線層 15 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 15 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 15 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 15 から剥離しやすくなる。

[0033] 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。

[0034] 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15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15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。

[0035] (再配線層)

再配線層15は、上面151及び下面152を含む。下面152は、支持キャリア50に面している。下面152は、剥離層51に接していてもよい。上面151は、厚さ方向において下面152の反対側に位置する。

[0036] 再配線層15は、下地層41及び第1配線層20を少なくとも含む。下地層41は、第1面411及び第1面411の反対側に位置する第2面412を含む。第1面411は、第1配線層20に面している。第2面412は、支持キャリア50に面している。

[0037] 第1配線層20は、第1有機層21及び複数の第1配線22を含む。複数の第1配線22は、下地層41の第1面411上に位置している。第1有機層21は、複数の第1配線22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22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41の第1面411の法線方向に沿って対象を見ることを意味する。

[0038] 図1に示すように、第1配線22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。

[0039] 再配線層15は、下地層41の第2面412に面する導電層42を含んでもよい。導電層42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42は、グランド層又は電源層であってもよい。

[0040] 再配線層15は、導電層42と剥離層51との間に位置する絶縁層43を含んでもよい。絶縁層43は、再配線層15の下面152を構成していてもよい。

[0041] 再配線層15の各構成要素について説明する。

[0042] 〔第1配線層〕

図3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22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41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22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22の頂部に重なっていてもよい。

[0043] 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T1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T1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。

[0044] 図3に示すように、第1有機層21の第1上面211の一部に窪み213が形成されていてもよい。窪み213は、平面視において第1配線22に重ならない位置に生じてもよい。窪み213は、深さDを有する。深さDは、第1配線22の高さHに対して相対的に定められてもよい。第1配線22の

高さHに対する窪み213の深さDの比である D/H 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。 D/H 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。

[0045] 第1配線22は、幅W及び高さHを有する。符号S1は、隣り合う2つの第1配線22の間の間隔を表す。間隔S1は、平面視において平行に延びる2つの第1配線22の間で測定される。幅W及び間隔S1は、平面視において第1配線22が延びる方向に直交する方向において測定される。

[0046] 幅W及び間隔S1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Wを小さくするほど、第1配線22の導電性が低下する。例えば、単位長さあたりの第1配線22の電気抵抗が増加する。第1配線22の電気抵抗が増加すると、第1配線22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22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。

[0047] 幅Wが一定である場合、高さHを大きくするほど、第1配線22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22の電気抵抗を減少させることができる。従って、幅Wが小さい場合であっても、高さHを大きくすることにより、第1配線22によって伝送される信号の品質を確保できる。

[0048] 高さHを幅W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22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22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。

[0049] 第1配線22の幅Wは、例えば $0.2\ \mu\text{m}$ 以上であり、 $0.5\ \mu\text{m}$ 以上であ

ってもよく、 $1.0\ \mu\text{m}$ 以上であってもよい。幅 W は、例えば $3.0\ \mu\text{m}$ 以下であり、 $2.5\ \mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $2.0\ \mu\text{m}$ 以下であってもよい。

[0050] 2つの第1配線22の間隔 $S1$ の最小値は、例えば $0.2\ \mu\text{m}$ 以上であり、 $0.5\ \mu\text{m}$ 以上であってもよく、 $1.0\ \mu\text{m}$ 以上であってもよい。間隔 $S1$ の最小値は、例えば $3.0\ \mu\text{m}$ 以下であり、 $2.5\ \mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $2.0\ \mu\text{m}$ 以下であってもよい。

[0051] 間隔 $S1$ の最小値は、幅 W に対して相対的に定められてもよい。幅 W に対する間隔 $S1$ 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 W に対する間隔 $S1$ 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。

[0052] 第1配線22の高さ H は、例えば $1.0\ \mu\text{m}$ 以上であり、 $2.0\ \mu\text{m}$ 以上であってもよく、 3.0 以上であってもよい。高さ H は、例えば $10.0\ \mu\text{m}$ 以下であり、 $7.0\ \mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $5.0\ \mu\text{m}$ 以下であってもよい。

[0053] 第1配線層20は、アスペクト比、幅 W 、間隔 $S1$ 、高さ H に関する上述の数値範囲を満たす第1配線22の他に、上述の数値範囲を満たさない第1配線22を含んでいてもよい。

[0054] 第1配線22は、図3に示すように、信号が伝送される信号線22S、及びグランド電位を有するグランド線22Gを含んでいてもよい。上述の間隔 $S1$ の最小値は、信号線22Sとグランド線22Gの間で規定されてもよい。

[0055] 第1有機層21の上述の窪み213は、図3に示すように、平面視において2つの信号線22Sの間に位置していてもよい。2つの信号線22Sの間隔を、特に符号 $S2$ で表す。間隔 $S2$ は、例えば $2.0\ \mu\text{m}$ 以上であり、 $3.0\ \mu\text{m}$ 以上であってもよく、 $4.0\ \mu\text{m}$ 以上であってもよい。

[0056] 第1配線22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22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16GHz以下であり、12GHz以下であってもよく、8GHz以下であってもよい。信号の最大周波数は、例えば0.5GHz以上であり、1.0GHz以上であってもよい。

[0057] 図3に示すように、第1配線22は、シード層23及び本体層24を含んでいてもよい。シード層23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23は、下地層41の第1面411上に位置していてもよい。本体層24は、電解めっき処理によってシード層23上に形成される、導電性を有する層である。

[0058] シード層23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23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23は、複数の層を含んでいてもよい。本体層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。

[0059] 図3に示すように、第1配線層20は、第1配線22の表面と第1有機層21との間に位置する第1無機層25を備えていてもよい。第1無機層25は、第1配線22の表面に接していてもよい。第1無機層25は、第1配線22を保護するよう作用できる。例えば、第1無機層25は、第1配線22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。

[0060] 図3に示すように、第1無機層25は、第1配線22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41の第1面411との間に位置する部分を含んでいてもよい。第1無機層25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25は、下地層41の第1面411に接していてもよい。

[0061] 第1無機層25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25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。すなわち、第1無機層25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いてもよい。第1無機層25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。

[0062] 〔下地層〕

下地層41は、第1配線層20を支持する層である。下地層41は、絶縁性を有する材料を含む。下地層41は、絶縁性を有する有機材料を含んでいてもよい。例えば、下地層41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41の厚さT2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41の厚さT2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。下地層41の厚さT2は、第1有機層21の厚さT1よりも大きいてもよく、第1有機層21の厚さT1よりも小さくてもよい。

[0063] 〔導電層〕

導電層42は、導電性を有する材料を含む。例えば、導電層42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。第1配線22、下地層41及び導電層42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42の厚さは、例えば1 μ m以上であり、2 μ m以上であってもよく、3 μ m以上であってもよい。導電層42の厚さT2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以下であってもよく、5 μ m以下であってもよい。

[0064] 〔絶縁層〕

絶縁層43は、絶縁性を有する材料を含む。絶縁層43は、有機絶縁材料を含んでいてもよく、無機絶縁材料を含んでいてもよい。

[0065] 次に、第1配線22及び第1無機層25の構成を詳細に説明する。図4A

及び図 4 B は、第 1 配線 2 2 の一例を示す断面図である。図 4 A においては、第 1 有機層 2 1 及び第 1 無機層 2 5 が省略されている。図 4 A 及び図 4 B に示す断面図は、平面視において第 1 配線 2 2 が延びる方向に直交する方向において第 1 配線 2 2 を切断した場合の図である。

[0066] 図 4 A を参照して、第 1 配線 2 2 の形状を説明する。第 1 配線 2 2 の表面は、底部 2 2 1、頂部 2 2 2、第 1 側面 2 2 3、第 2 側面 2 2 4 及び接続部 2 2 5 を含んでもよい。底部 2 2 1 は、下地層 4 1 の第 1 面 4 1 1 に面している。頂部 2 2 2 は、厚さ方向において底部 2 2 1 の反対側に位置している。頂部 2 2 2 は、頂点 2 2 2 P を含む。頂点 2 2 2 P は、厚さ方向において底部 2 2 1 から最も離れた第 1 配線 2 2 の部分である。

[0067] 第 1 側面 2 2 3 は、底部 2 2 1 から頂部 2 2 2 に向かって広がる面である。第 1 側面 2 2 3 は、底部 2 2 1 には接続されているが、頂部 2 2 2 には接続されていない。第 2 側面 2 2 4 は、頂部 2 2 2 から底部 2 2 1 に向かって広がる面である。第 2 側面 2 2 4 は、頂部 2 2 2 には接続されているが、底部 2 2 1 には接続されていない。第 1 側面 2 2 3 と第 2 側面 2 2 4 とは、接続部 2 2 5 において接続されている。

[0068] 図 4 A において、符号 P 1 ~ P 5、P 7 はそれぞれ、厚さ方向における第 1 配線 2 2 の位置を表す。第 1 位置 P 1 は、底部 2 2 1 の位置である。第 2 位置 P 2 は、厚さ方向における底部 2 2 1 と頂点 2 2 2 P の間の中間位置である。第 3 位置 P 3 は、接続部 2 2 5 の位置である。断面図に現れる 2 つの接続部 2 2 5 の位置が厚さ方向において異なる場合、底部 2 2 1 に近い方の接続部 2 2 5 の位置が第 3 位置 P 3 として定められる。第 4 位置 P 4 は、頂点 2 2 2 P の位置である。第 5 位置 P 5 は、厚さ方向において頂点 2 2 2 P から距離 K 2 離れた位置である。第 5 位置 P 5 は、第 2 側面 2 2 4 に含まれる。第 5 位置 P 5 は、後述するように、第 2 側面 2 2 4 の傾斜角度を定めるために用いられる。第 7 位置 P 7 は、厚さ方向において頂点 2 2 2 P から距離 K 5 離れた位置である。第 7 位置 P 7 は、厚さ方向における頂部 2 2 2 の範囲を定めるために用いられる。すなわち、頂部 2 2 2 は、第 1 配線 2 2 の

うち、厚さ方向における頂点 2 2 2 P からの距離が K 5 以下の部分として規定される。距離 K 5 は、第 1 配線 2 2 の高さ H に対して相対的に定められる。具体的には、距離 K 5 は、第 1 配線 2 2 の高さ H の 0. 0 1 倍である。

[0069] 第 5 位置 P 5 を定める距離 K 2 は、第 1 配線 2 2 の高さ H に対して相対的に定められる。具体的には、距離 K 2 は、第 1 配線 2 2 の高さ H の 0. 0 7 倍である。

[0070] 第 1 配線 2 2 の上述の高さ H は、厚さ方向における底部 2 2 1 と頂部 2 2 2 の頂点 2 2 2 P との間の距離として定められる。即ち、高さ H は、第 1 位置 P 1 と第 4 位置 P 4 との間の距離である。第 1 配線 2 2 の上述の幅 W は、厚さ方向における底部 2 2 1 と頂部 2 2 2 の頂点 2 2 2 P の中間位置において定められる。すなわち、幅 W は、第 2 位置 P 2 において測定される。

[0071] 図 4 A において、符号 K 1 は、第 3 位置 P 3 と第 4 位置 P 4 との間の距離を表す。すなわち、距離 K 1 は、厚さ方向における頂部 2 2 2 の頂点 2 2 2 P と接続部 2 2 5 との間の距離である。距離 K 1 は、厚さ方向における底部 2 2 1 と接続部 2 2 5 との間の距離よりも小さくてもよい。距離 K 1 の範囲は、第 1 配線 2 2 の高さ H に対して相対的に定められてもよい。第 1 配線 2 2 の高さ H に対する距離 K 1 の比である $K 1 / H$ は、例えば 0. 3 0 以下であり、0. 2 5 以下であってもよく、0. 2 0 以下であってもよく、0. 1 5 以下であってもよく、0. 1 0 以下であってもよい。 $K 1 / H$ は、例えば 0. 0 5 以上であり、0. 1 0 以上であってもよく、0. 1 5 以上であってもよい。

[0072] 図 4 A に示すように、第 1 側面 2 2 3 及び第 2 側面 2 2 4 は、下地層 4 1 の第 1 面 4 1 1 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 2 2 3 及び第 2 側面 2 2 4 は、底部 2 2 1 から頂部 2 2 2 に向かうにつれて第 1 配線 2 2 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 2 2 は、順テーパの形状を有していてもよい。

[0073] 第 1 配線 2 2 が順テーパの形状を有することにより、第 1 無機層 2 5 の形成工程において、第 1 無機層 2 5 が第 1 配線 2 2 の表面に形成されやすくな

る。このため、第1無機層25の厚さを小さくできる。なぜなら、第1無機層25が第1配線22の表面に形成されにくい場合、第1配線22の表面に隙間なく第1無機層25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25の厚さも大きくなるからである。第1無機層25の厚さが小さいことは、第1配線22によって伝送される信号の品質の向上に寄与できる。

[0074] また、第1配線22が順テーパの形状を有することにより、頂部222の近傍における第1配線22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222の近傍における第1配線22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22の間の間隔が広がることが、容量結合の低減に寄与できる。また、底部221における第1配線22の幅は大きいので、下地層41に対する第1配線22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22が倒れることを抑制できる。

[0075] 下地層41の第1面411の法線方向に対して第1側面223が成す角度を、第1傾斜角度 $\theta 1$ とも称する。下地層41の第1面411の法線方向に対して第2側面224が成す角度を、第2傾斜角度 $\theta 2$ とも称する。第1傾斜角度 $\theta 1$ は、第2位置P2における第1側面223の傾斜角度として定められる。第2傾斜角度 $\theta 2$ は、第5位置P5における第2側面224の点と、第1方向D1における頂部222の中央とを結ぶ仮想的な直線が、第1面411の法線方向に対して成す角度として定められる。

[0076] 第2傾斜角度 $\theta 2$ は、第1傾斜角度 $\theta 1$ よりも大きくてもよい。第1傾斜角度 $\theta 1$ に対する第2傾斜角度 $\theta 2$ の比率である $\theta 2 / \theta 1$ 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。 $\theta 2 / \theta 1$ は、例えば30以下であり、20以下であってもよく、10以下であってもよく、5以下であってもよい。

[0077] 第1傾斜角度 $\theta 1$ 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 θ_1 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。

[0078] 第2傾斜角度 θ_2 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 θ_2 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。

[0079] 第1配線22の頂部222、第1側面223、第2側面224及び接続部225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22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223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223の表面粗さは、例えば 50 nm 以下であり、 40 nm 以下であってもよく、 30 nm 以下であってもよい。第1側面223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。

[0080] 第1側面223の表面粗さは、第1位置P1、第2位置P2及び第3位置P3における第1側面223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P1における表面粗さは、第1側面223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P1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P2における表面粗さは、第1側面223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P2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P3における表面粗さは、第1側面223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P3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22の高さHの 0.1 倍の範囲である。

[0081] 図4Aにおいて、符号P10は、第1配線22の仮想コーナーを表す。仮想コーナーP10は、第1仮想線L11と第2仮想線L12が交わる点である。第1仮想線L11は、底部221と第1側面223とが接続される点を通り、下地層41の第1面411の法線方向に延びる直線である。第2仮想

線 L_{12} は、頂部 222 の頂点 $222P$ を通り、下地層 41 の第 1 面 411 に平行に延びる直線である。第 1 配線 22 が順テーパの形状を有するので、仮想コーナー $P10$ は、第 1 配線 22 に重なっていない。

[0082] 仮想コーナー $P10$ が、第 2 側面 224 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 $P10$ から第 2 側面 224 までの最短距離 $K3$ は、第 1 配線 22 の幅 W に対して相対的に定められてもよい。幅 W に対する最短距離 $K3$ の比率である $K3/W$ 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。 $K3/W$ 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。

[0083] 次に、図 $4B$ を参照して、第 1 配線 22 及び第 1 無機層 25 の形状を説明する。第 1 配線 22 は、底部 221 において、すなわち第 1 位置 $P1$ において第 1 幅 $W1$ を有する。第 1 配線 22 は、底部 221 と頂部 222 の頂点 $222P$ との中間位置において、すなわち第 2 位置 $P2$ において第 2 幅 $W2$ を有する。第 1 配線 22 は、接続部 225 において、すなわち第 3 位置 $P3$ において第 3 幅 $W3$ を有する。第 2 幅 $W2$ は、第 1 幅 $W1$ よりも小さくてもよい。第 3 幅 $W3$ は、第 2 幅 $W2$ よりも小さくてもよい。

[0084] 第 1 幅 $W1$ に対する第 2 幅 $W2$ の比率である $W2/W1$ は、例えば 0.9 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。 $W2/W1$ 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。

[0085] 第 2 幅 $W2$ に対する第 3 幅 $W3$ の比率である $W3/W2$ は、上述の $W2/W1$ よりも大きくてもよい。言い換えると、第 2 位置 $P2$ と第 3 位置 $P3$ との間における第 1 側面 223 の傾斜角度は、第 1 位置 $P1$ と第 2 位置 $P2$ との間における第 1 側面 223 の傾斜角度よりも小さくてもよい。 $W3/W2$ 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。 $W3/W2$ 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。

[0086] 第1無機層25について説明する。第1無機層25は、第1配線22の頂部222、第1側面223、第2側面224及び接続部225に接していてもよい。第1無機層25は、底部221に接していなくてもよい。

[0087] 第1無機層25の厚さは、小さいことが好ましい。第1無機層25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25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25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。

[0088] 第1無機層25の厚さは、第1位置P1、第2位置P2及び第6位置P6における第1無機層25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P6は、厚さ方向において底部221から距離K4離れた位置である。距離K4は、下地層41上に位置する第1無機層25の厚さT4の2倍である。

[0089] (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。

[0090] まず、図5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43、導電層42及び下地層41が順に形成される。

[0091] 続いて、図6に示すように、下地層41上にシード層23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23が形成される。

[0092] シード層23が形成された後、図7に示すように、シード層23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22に対応する形状を有する。

[0093] 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8に示すように、電解めっき処理によって開口281に本体層24が形成される。続い

て、図9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23から剥離される。

[0094] 続いて、図10に示すように、シード層23のうち本体層24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24の間が電氣的に絶縁される。

[0095] 第2除去工程は、イオンミリングによってシード層23を削る工程を含んでもよい。イオンミリングにおいては、図10に示すように、イオンビーム1Bが、本体層24に重ならないシード層23に照射され、シード層23が削られる。イオンビーム1B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23が除去されることにより、シード層23及び本体層24を含む第1配線22が得られる。

[0096] イオンビーム1Bは、シード層23だけでなく本体層24にも照射される。本体層24がイオンビーム1B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。

[0097] 不要なシード層23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24に重なるシード層23も、サイドエッチングによって削られる。この結果、下地層41と第1配線22との間の接触面積が減少する。

[0098] 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23が除去されるので、下地層41と第1配線22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41に対する第1配線22の密着性を確保できる。このため、例えば、配線デバイス10の製造工程において第1配線22が倒れることを抑制できる。

[0099] 続いて、図11に示すように、第1配線22の表面に第1無機層25を形成する工程が実施される。第1無機層25の形成方法の例は、プラズマCVD法、熱CVD法、スパッタリング法、蒸着法などである。第1配線22が順テーパの形状を有するので、第1無機層25が第1配線22の表面に形成

されやすい。

[0100] 続いて、図 1 2 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 4 1、複数の第 1 配線 2 2 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 5 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。

[0101] 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 2 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 2 2 上に塗布することによって形成されてもよい。

[0102] 図 1 3 に示すように、再配線層 1 5 を支持キャリア 5 0 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 1 0 は、支持キャリア 5 0 を備えない状態で流通してもよい。

[0103] 本実施の形態によれば、ダマシン法によって第 1 配線 2 2 を形成する場合に比べて、第 1 配線 2 2 の断面形状を適切に制御できる。例えば、第 1 配線 2 2 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 2 2 の幅 W が小さい場合であっても、第 1 配線 2 2 によって伝送される信号の品質を確保できる。

[0104] 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 2 8 は、第 1 配線 2 2 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 2 2 の側面に接する層が、第 1 配線 2 2 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 2 2 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 2 0 は、第 1 配線 2 2 の頂部 2 2 2、第 1 側面 2 2 3、第 2 側面 2 2 4 及び接続部 2 2 5 に接し、底部 2 2 1 に接しない第 1 無機層 2 5 を含むことができる。

[0105] 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 2

3が除去されるので、シード層23のサイドエッチングを抑制できる。また、第1配線22が順テーパの形状を有することができる。

[0106] 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。

[0107] (第1変形例)

図14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15は、図14のXV-XV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60を備えてもよい。半導体素子60は、第1配線22などの再配線層15の配線に電氣的に接続されている。半導体素子60は、バンプ61を介して第1配線22などの再配線層15の配線に電氣的に接続されていてもよい。

[0108] 半導体素子60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60は、例えばCPU、GPU、FPGA、センサ、メモリ等である。半導体素子60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60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60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60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。

[0109] 再配線層15は、第1配線22に重なる第1導電層26を含んでいてもよい。第1導電層26は、例えば、第1配線22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。

[0110] 配線デバイス 10 は、半導体素子 60 に接するモールド樹脂層 62 を備えていてもよい。モールド樹脂層 62 は、半導体素子 60 を覆ってもよい。

[0111] モールド樹脂層 62 は、樹脂を含む。モールド樹脂層 62 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 62 は、エポキシ系樹脂などの熱硬化性樹脂を含んでもよい。

[0112] (第 2 変形例)

図 16 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。

[0113] 第 2 配線層 30 は、第 2 有機層 31 及び複数の第 2 配線 32 を含む。複数の第 2 配線 32 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 32 を覆っている。

[0114] 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。

[0115] 第 2 配線 32 は、第 1 配線 22 と同様に、導電性を有する材料を含む。第 2 配線 32 は、第 1 配線 22 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 32 の幅、高さ、間隔の数値範囲としては、上述の第 1 配線 22 の幅、高さ、間隔の数値範囲を採用できる。第 2 配線 32 は、第 1 配線 22 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。

[0116] (第 3 変形例)

上述の実施の形態においては、再配線層 15 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 15 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 15 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15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15の複数の第1配線22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。

[0117] 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15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15と、コア基板の第2面上に位置する第2の再配線層15と、を備えてもよい。

[0118] 図17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。

[0119] 上述した実施の形態に対するいくつかの変形例を説明してきたが、当然に、複数の変形例を適宜組み合わせることで上述した実施の形態に適用することも可能である。

実施例

[0120] 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。

[0121] (比較例1)

図5～12に示す方法により、第1有機層21及び複数の第1配線22を含む第1配線層20を下地層41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22は、シード層23及び本体層24を含む。シード層23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24は、銅からなる。第1配線22の高さは1.0 μ mであり、第1配線22の

幅は $1.0\ \mu\text{m}$ であった。従って、第1配線22のアスペクト比は 1.0 である。

[0122] (実施例1～4及び比較例2)

第1配線22のアスペクト比を変更したこと以外は、比較例1の場合と同様の方法によって、第1配線層20を下地層41上に形成した。実施例1～4及び比較例2における第1配線22の幅、高さ及びアスペクト比を図18に示す。

[0123] 実施例1～4及び比較例1～2の第1配線22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22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19に示す。評価結果を、図18の「信号品質」の欄に示す。数字「0」は、アイパターンが、図19に示す矩形の領域Rに重なっていたことを意味する。数字が大きいほど、領域R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 $1.0\ \text{GHz}$ であった。

[0124] 実施例1～4及び比較例1～2の比較から分かるように、第1配線22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Rに重なることを抑制できた。第1配線22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。

[0125] (実施例5)

実施例3の場合と同様の方法によって、複数の第1配線22を下地層41上に形成した。続いて、第1配線22の表面に第1無機層25を形成した。第1無機層25は、酸化珪素を含む。第1無機層25の厚さは $40\ \text{nm}$ であった。

[0126] (実施例6～9)

第1無機層25の厚さを変更したこと以外は、実施例5の場合と同様の方法によって、第1有機層21、第1配線22及び第1無機層25を含む第1配線層20を下地層41上に形成した。実施例6～9における第1配線22

の幅、高さ及びアスペクト比並びに第1無機層25の厚さを図20に示す。

[0127] 実施例5～9の第1配線22によって伝送される信号の品質を、実施例1～4及び比較例1～2の場合と同様に評価した。評価結果を、図20の「信号品質」の欄に示す。第1無機層25が40nm以上500nm以下の厚さを有する場合、アイパターンが領域Rに重なることを抑制できた。第1無機層25が50nm以上400nm以下の厚さを有する場合、領域R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。

[0128] 第1無機層25による第1配線22の保護特性は、第1無機層25の厚さが大きいほど向上する。図20の「保護」の欄において、「great」は、「good」に比べて強固に第1配線22が第1無機層25によって保護されていることを意味する。

[0129] 図21は、第1有機層21、第1配線22及び第1無機層25を含む第1配線層20の断面画像の一例を示す図である。図22は、第1配線22の表面を拡大して示す断面画像の一例である。第1配線22の表面粗さは、第1配線22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

[0130] 10 配線デバイス

15 再配線層

20 第1配線層

21 第1有機層

22 第1配線

221 底部

222 頂部

223 第1側面

224 第2側面

225 接続部

23 シード層

2 4 本体層
2 5 第 1 無機層
L 1 1 第 1 仮想線
L 1 2 第 2 仮想線
P 1 0 仮想コーナー
 θ 1 第 1 傾斜角度
 θ 2 第 2 傾斜角度
3 0 第 2 配線層
3 1 第 2 有機層
3 2 第 2 配線
3 5 第 2 無機層
4 1 下地層
4 2 導電層
4 3 絶縁層
5 0 支持キャリア
5 1 剥離層
6 0 半導体素子

請求の範囲

- [請求項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。
- [請求項2] 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、を含む、請求項1に記載の配線デバイス。
- [請求項3] 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、を含み、
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い、請求項1に記載の配線デバイス。
- [請求項4] 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以上である、請求項3に記載の配線デバイス。
- [請求項5] 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倍以下である、請求項3に記載の配線デバイス。
- [請求項6] 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、
前記第2幅は、前記第1幅よりも小さく、
前記第3幅は、前記第2幅よりも小さい、請求項3に記載の配線デ

バイス。

- [請求項7] 前記第1幅に対する前記第2幅の比率が、0.99以下である、請求項6に記載の配線デバイス。
- [請求項8] 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い、請求項6に記載の配線デバイス。
- [請求項9] 前記第1側面の表面粗さが、50nm以下である、請求項3に記載の配線デバイス。
- [請求項10] 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以上であり、
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、請求項3に記載の配線デバイス。
- [請求項11] 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無機層を備える、請求項1～10のいずれか一項に記載の配線デバイス。
- [請求項12] 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以下である、請求項11に記載の配線デバイス。
- [請求項13] 前記第1配線の幅が、0.5μm以上2.0μm以下である、請求項1～10のいずれか一項に記載の配線デバイス。
- [請求項14] 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2.0μm以下である、請求項13に記載の配線デバイス。
- [請求項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、

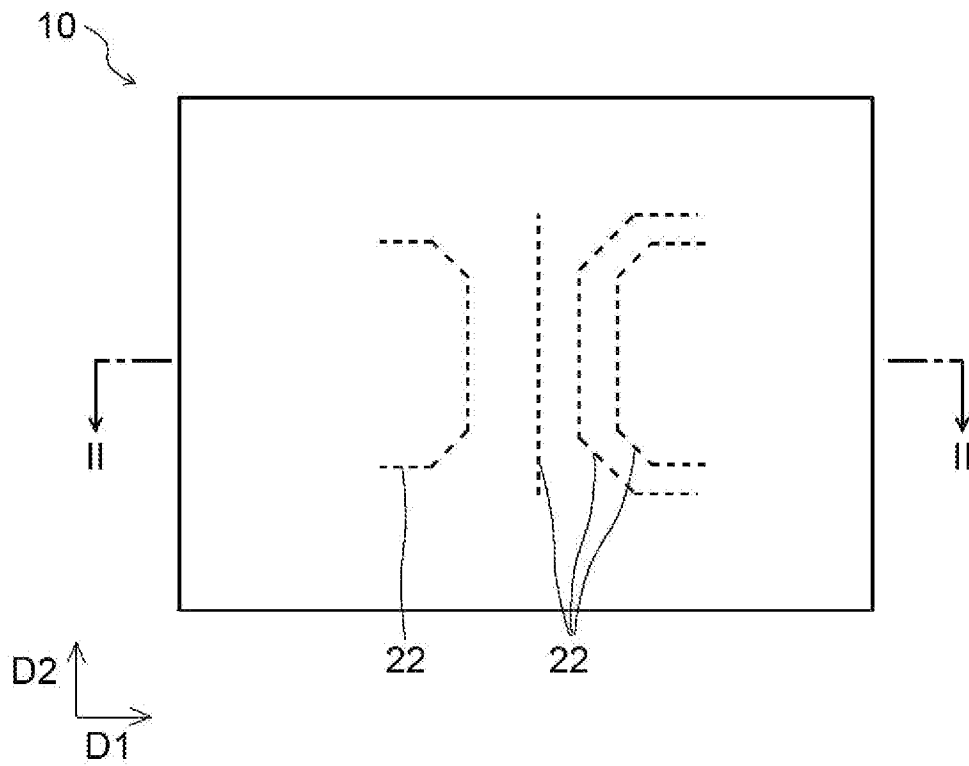
前記本体層に重ならない前記シード層を除去する第2除去工程と、

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。

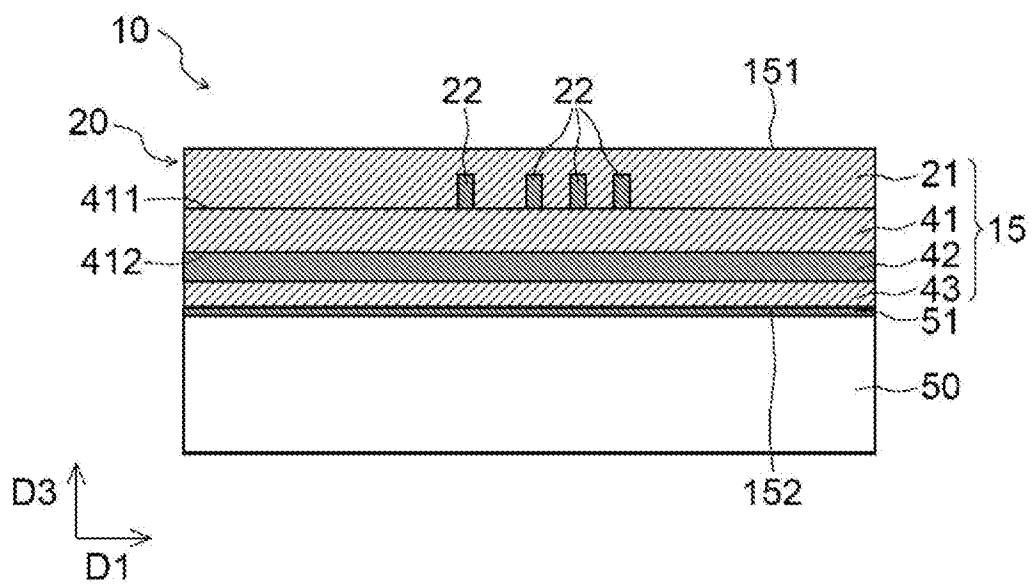
[請求項16] 前記第2除去工程は、イオンミリングによって前記シード層を削る工程を含む、請求項15に記載の配線デバイスの製造方法。

[請求項17] 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る、請求項15又は16に記載の配線デバイスの製造方法。

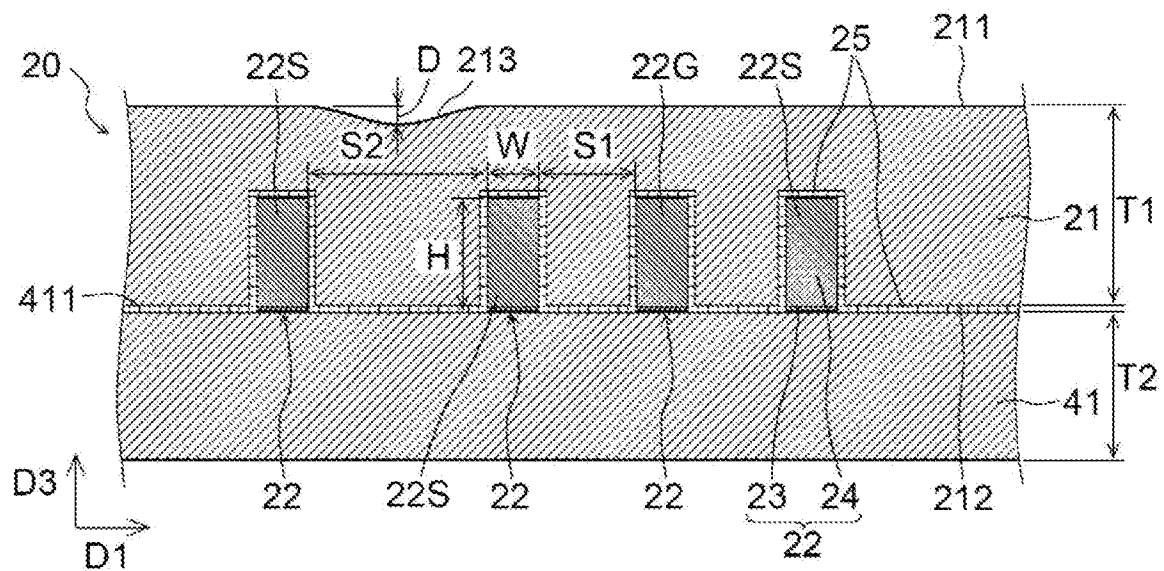
[図1]



[図2]



[図3]



[図4A]

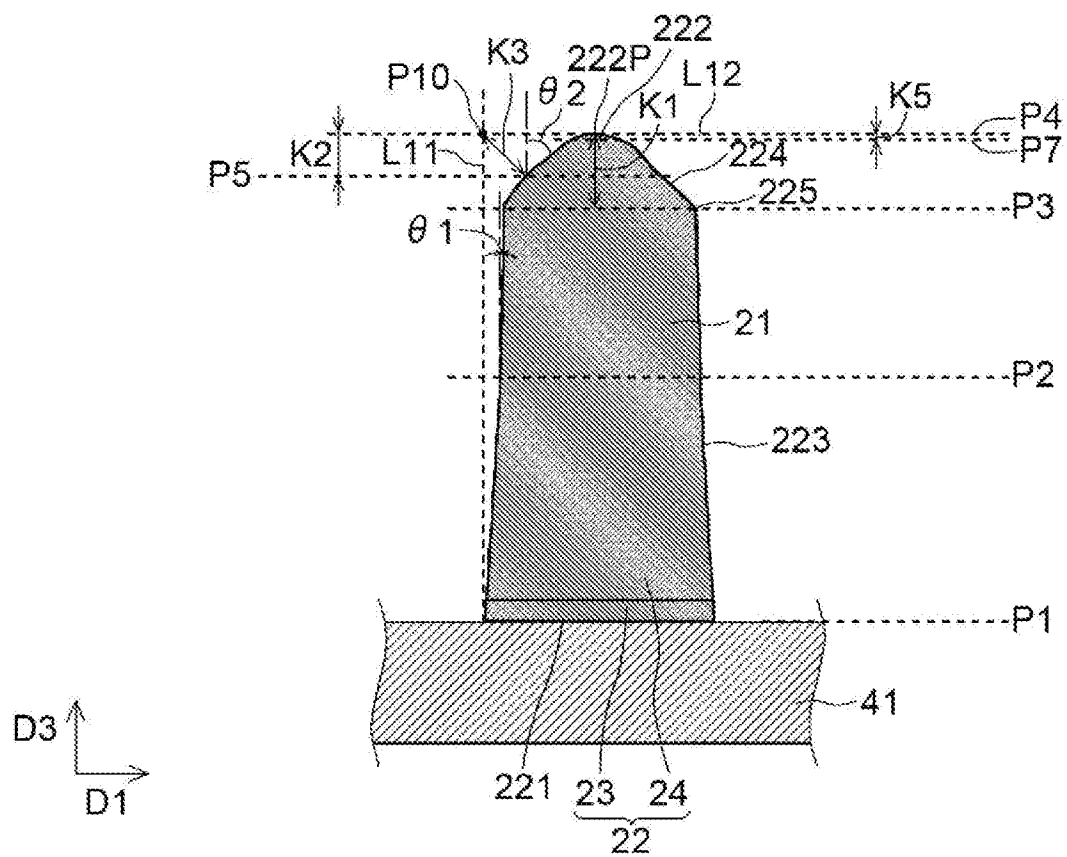
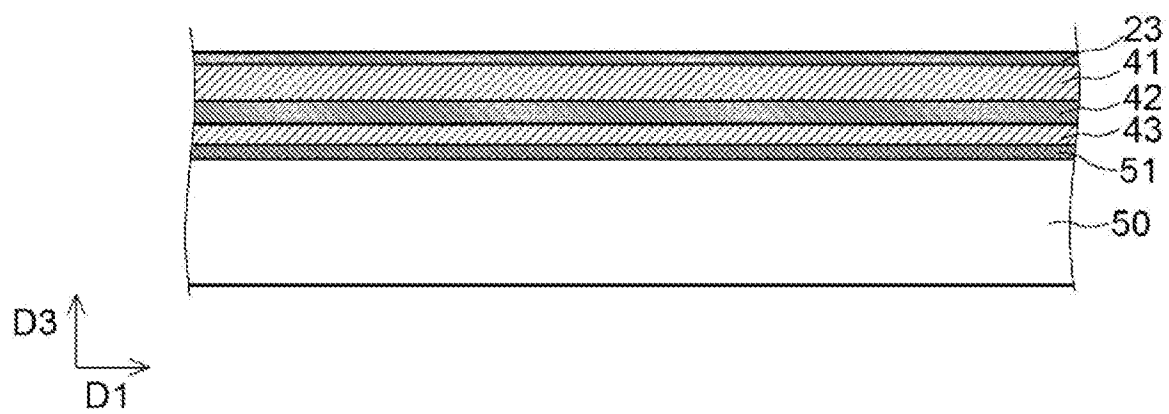
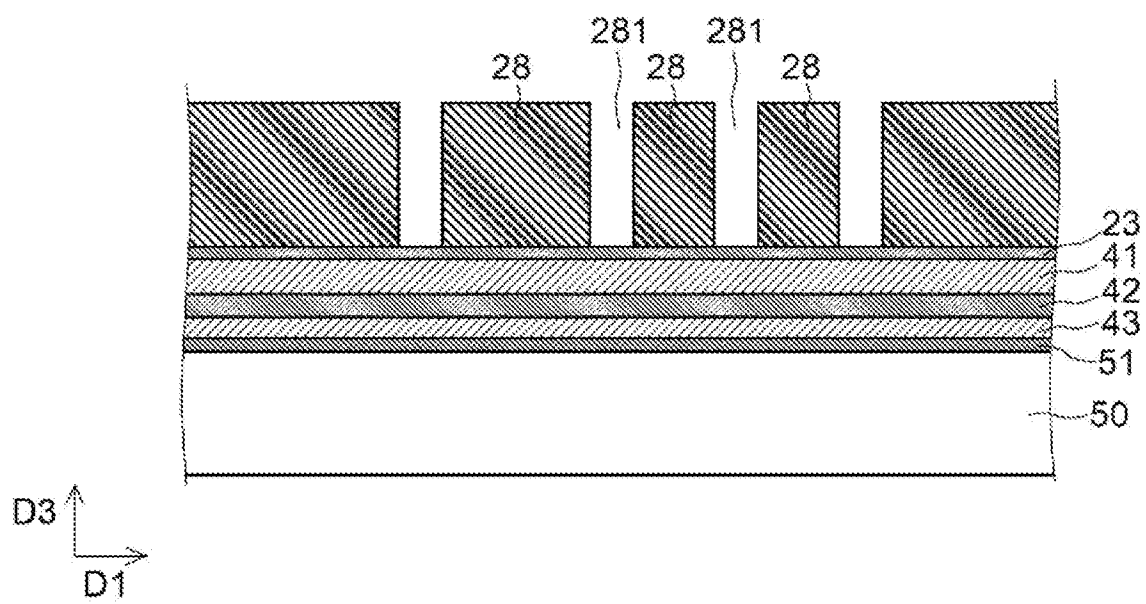


Diagram illustrating a cross-sectional view of a substrate assembly 50. The assembly includes a substrate 51 with a top surface 41, a top layer 42, a middle layer 43, and a bottom layer 44. A coordinate system is shown with D1 pointing right and D3 pointing up.

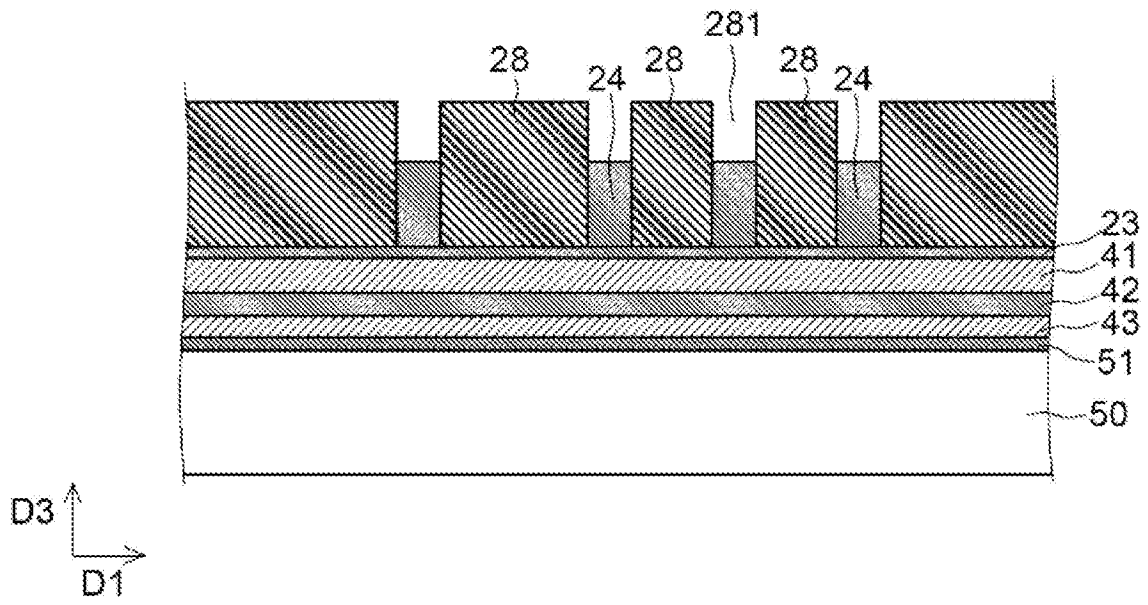
[図6]



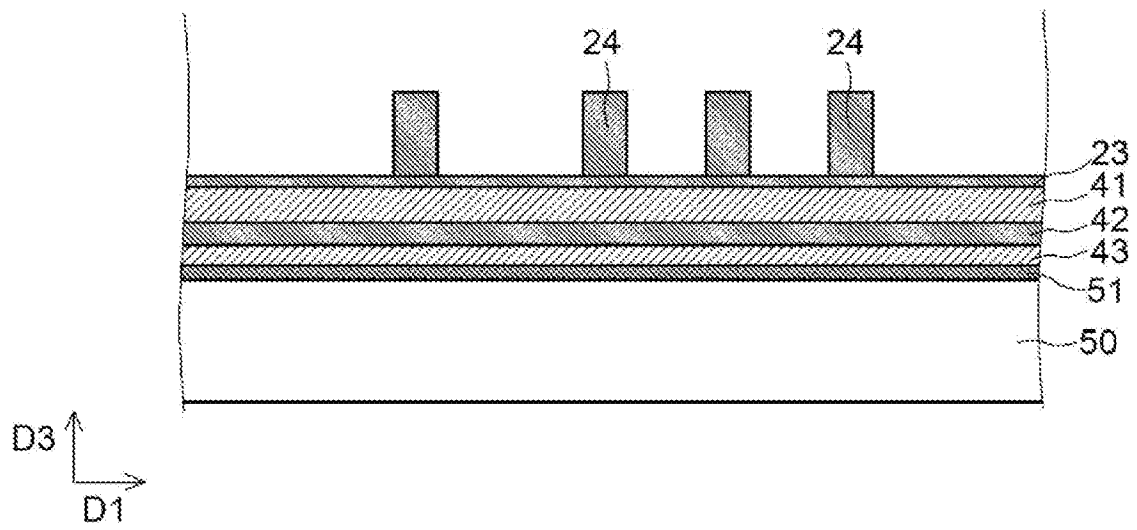
[図7]



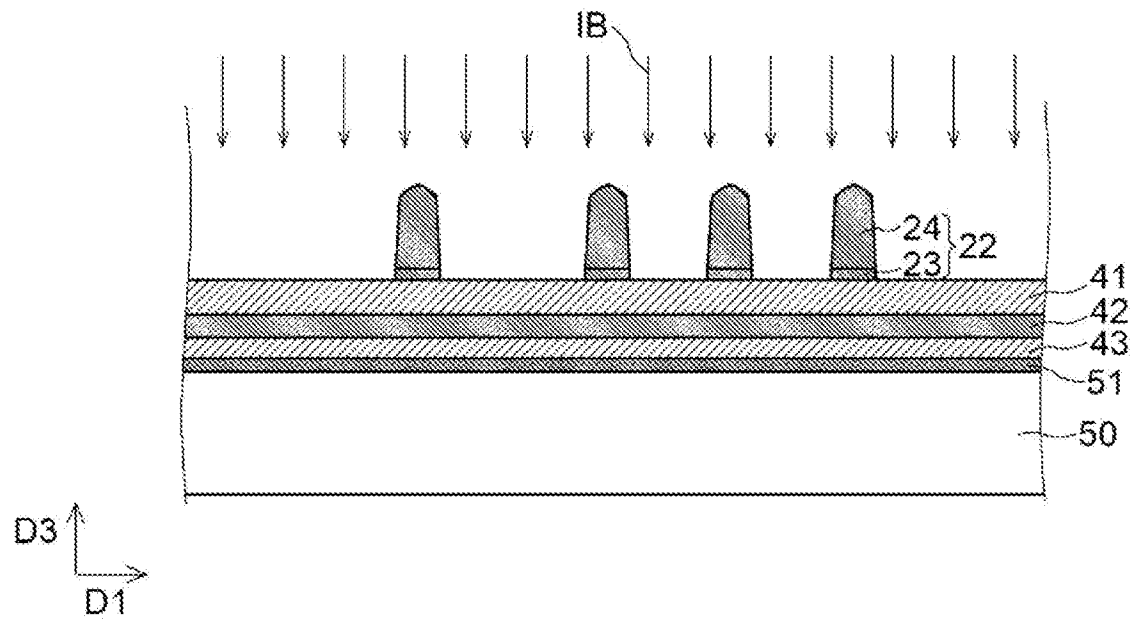
[図8]



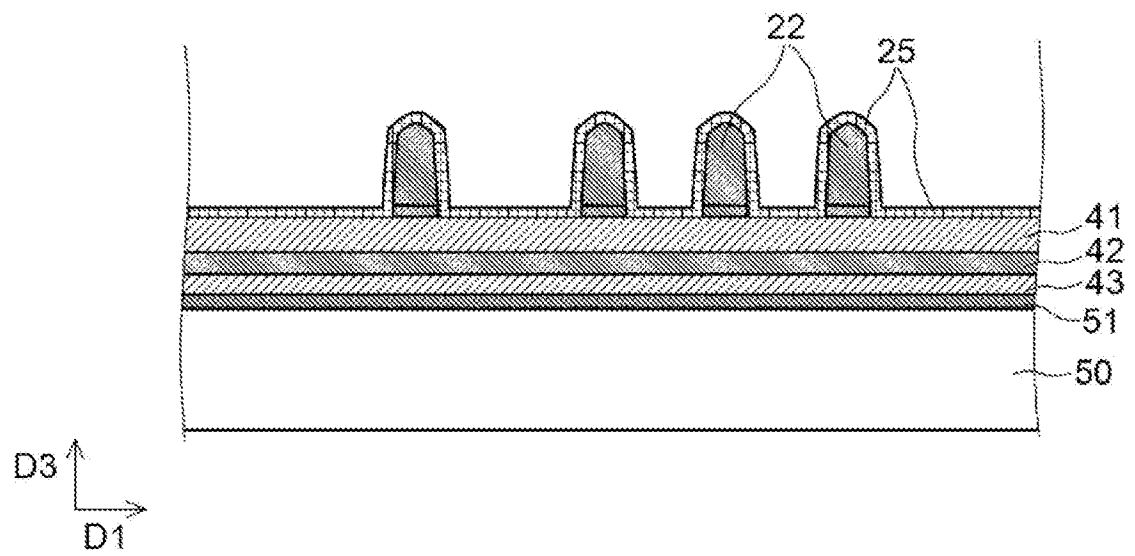
[図9]



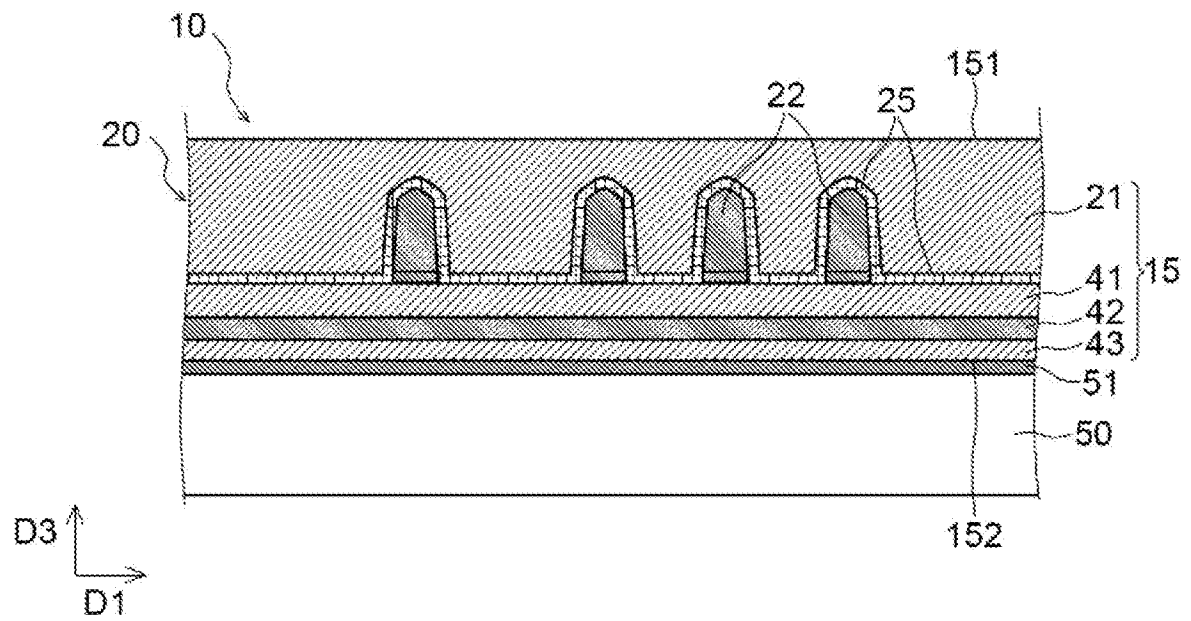
[図10]



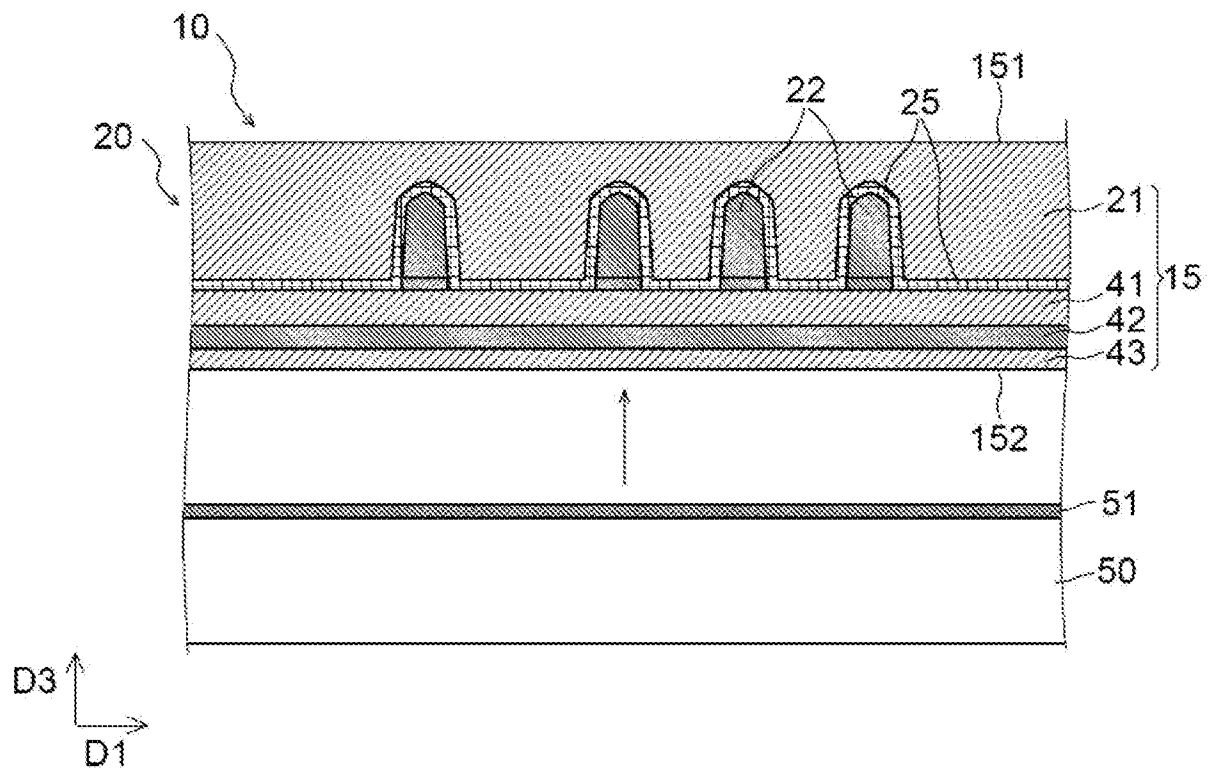
[図11]



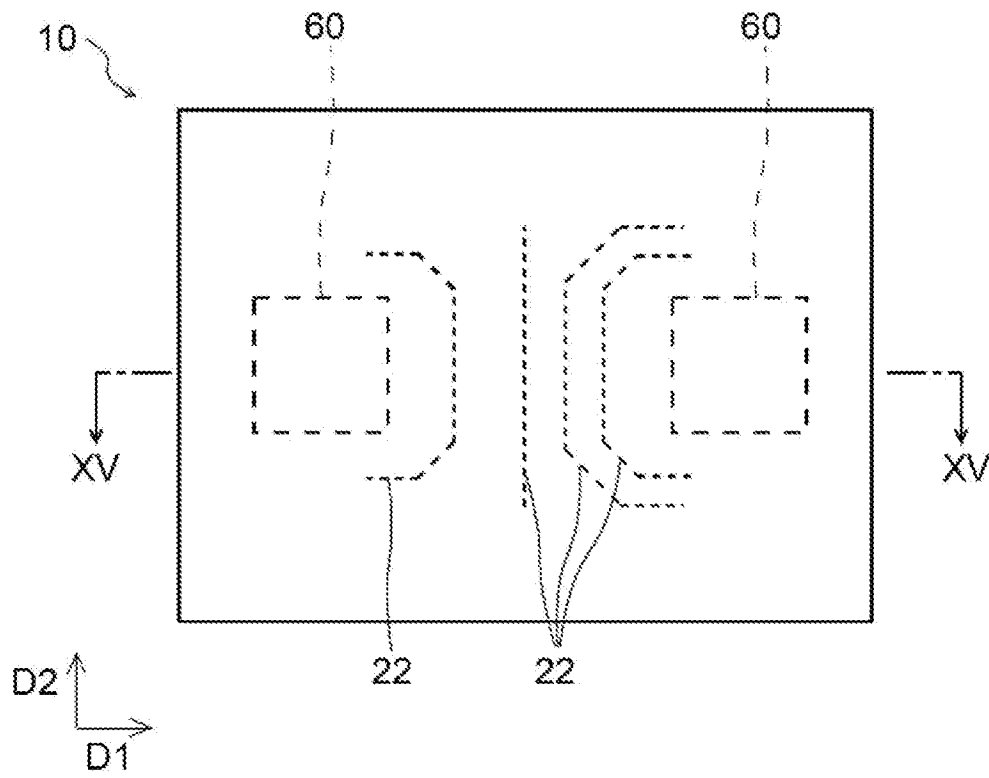
[図12]



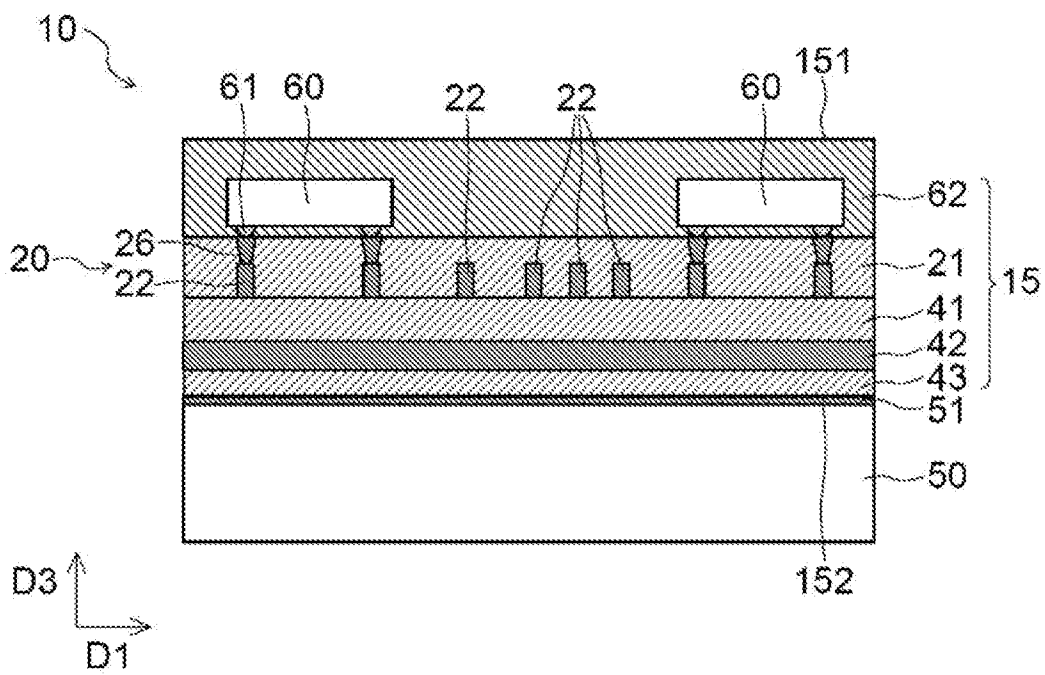
[図13]



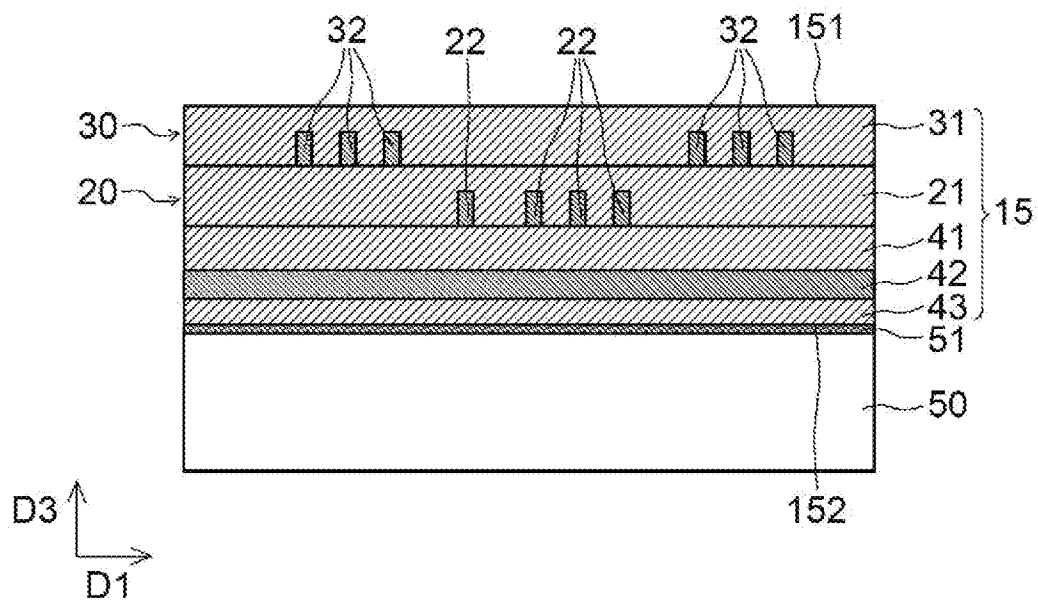
[図14]



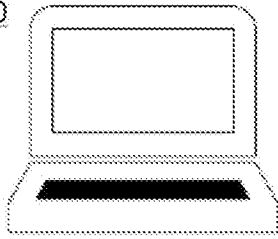
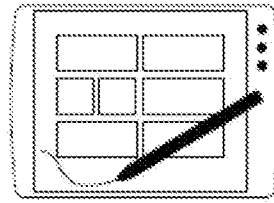
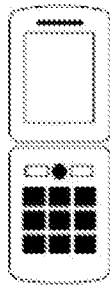
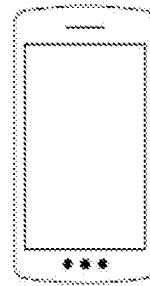
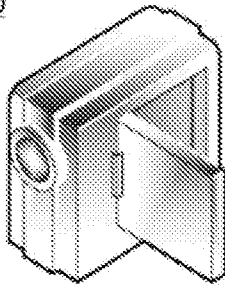
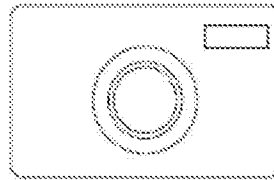
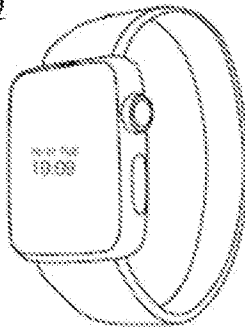
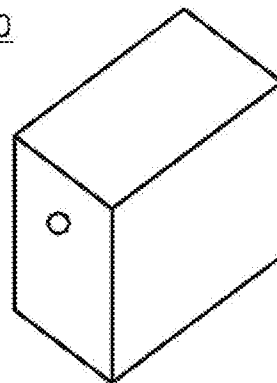
[図15]



[図16]



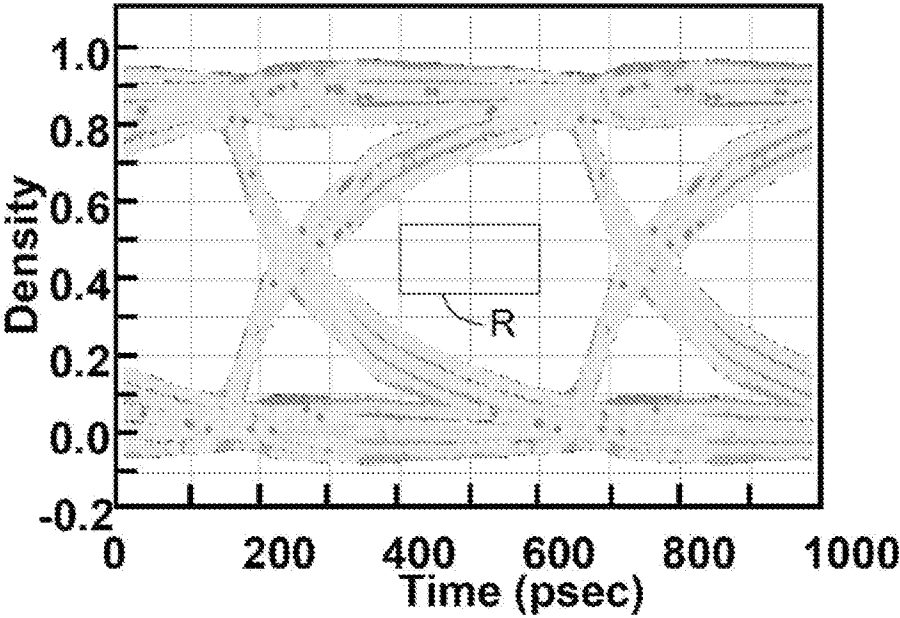
[図17]

110120130140150160170180

[図18]

	配線			評価
	幅[μm]	高さ[μm]	比	信号品質
比較例1	1.0	1.0	1.0	0
実施例1	1.0	2.0	2.0	2
実施例2	1.0	2.5	2.5	3
実施例3	1.0	3.0	3.0	3
実施例4	1.0	4.0	4.0	3
比較例2	1.0	5.0	5.0	0

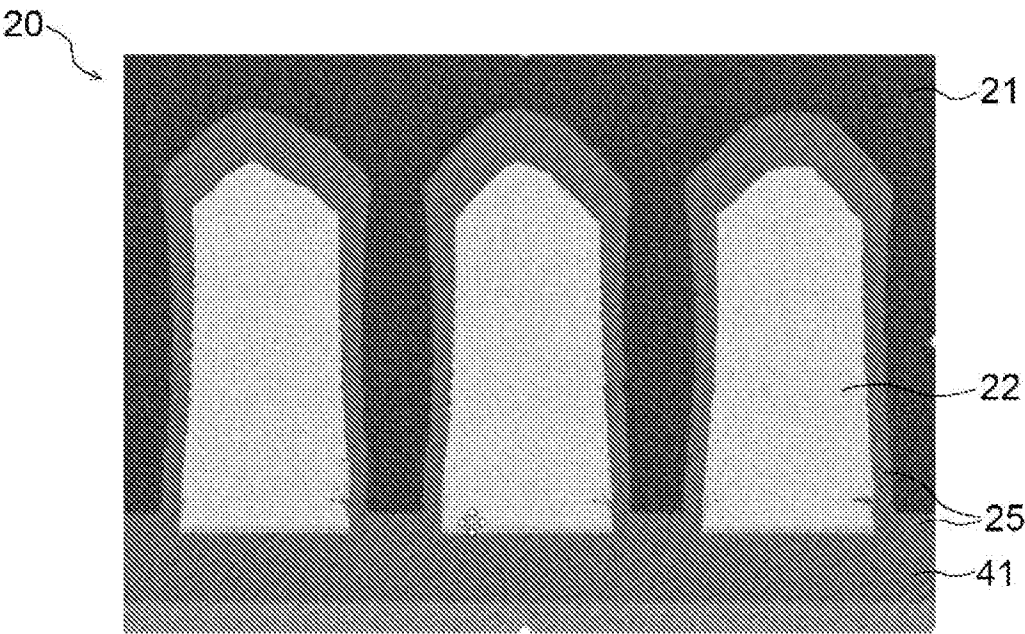
[図19]



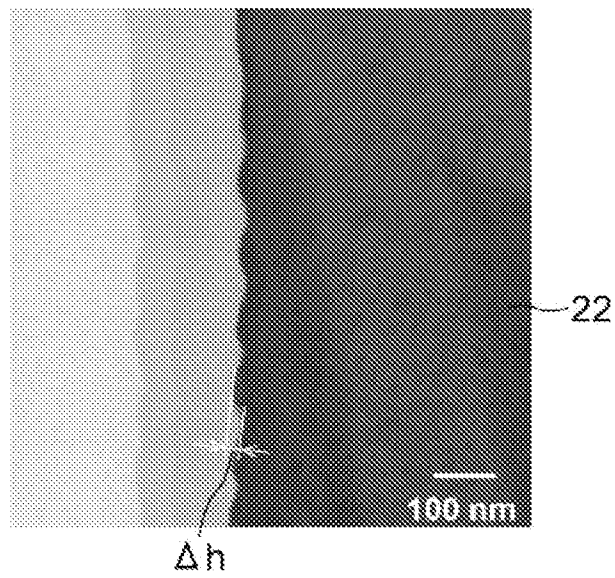
[図20]

	配線			無機層	評価	
	幅[μm]	高さ[μm]	比	厚さ[nm]	信号品質	保護
実施例5	1.0	3.0	3.0	40	1	good
実施例6	1.0	3.0	3.0	50	2	great
実施例7	1.0	3.0	3.0	150	2	great
実施例8	1.0	3.0	3.0	400	2	great
実施例9	1.0	3.0	3.0	500	1	great

[図21]



[図22]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/009812

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L 23/12(2006.01)i; **H01L 21/768**(2006.01)i; **H01L 21/3205**(2006.01)i; **H01L 23/522**(2006.01)i; **H01L 23/532**(2006.01)i
FI: H01L23/12 501P; H01L21/88 A; H01L21/90 S

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L23/12; H01L21/768; H01L21/3205; H01L23/522; H01L23/532

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2024
Registered utility model specifications of Japan 1996-2024
Published registered utility model applications of Japan 1994-2024

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2015-167179 A (DAI NIPPON PRINTING CO., LTD.) 24 September 2015 (2015-09-24) paragraphs [0043], [0044], [0069], [0070], fig. 1-8	15-17
Y		1-14
Y	JP 2012-074486 A (TOPPAN PRINTING CO., LTD.) 12 April 2012 (2012-04-12) paragraphs [0009], [0010]	1-14



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
“D” document cited by the applicant in the international application
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date
“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

04 April 2024

Date of mailing of the international search report

23 April 2024

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2024/009812

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2015-167179	A	24 September 2015	(Family: none)	
JP	2012-074486	A	12 April 2012	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

H01L 23/12(2006.01)i; H01L 21/768(2006.01)i; H01L 21/3205(2006.01)i; H01L 23/522(2006.01)i;
H01L 23/532(2006.01)i
FI: H01L23/12 501P; H01L21/88 A; H01L21/90 S

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

H01L23/12; H01L21/768; H01L21/3205; H01L23/522; H01L23/532

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報1922-1996年
日本国公開実用新案公報1971-2024年
日本国実用新案登録公報1996-2024年
日本国登録実用新案公報1994-2024年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 2015-167179 A（大日本印刷株式会社）24.09.2015（2015-09-24） 段落[0043], [0044], [0069], [0070], 図1-8	15-17
Y		1-14
Y	JP 2012-074486 A（凸版印刷株式会社）12.04.2012（2012-04-12） 段落[0009], [0010]	1-14

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの
“D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献
“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献

“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
“&” 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日04.04.2024国際調査報告の発送日23.04.2024

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

権限のある職員（特許庁審査官）

ゆずりは 広行 5D 3046

電話番号 03-3581-1101 内線 3549

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2024/009812

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2015-167179	A	24.09.2015	(ファミリーなし)	
JP	2012-074486	A	12.04.2012	(ファミリーなし)	