

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2022年6月30日(30.06.2022)



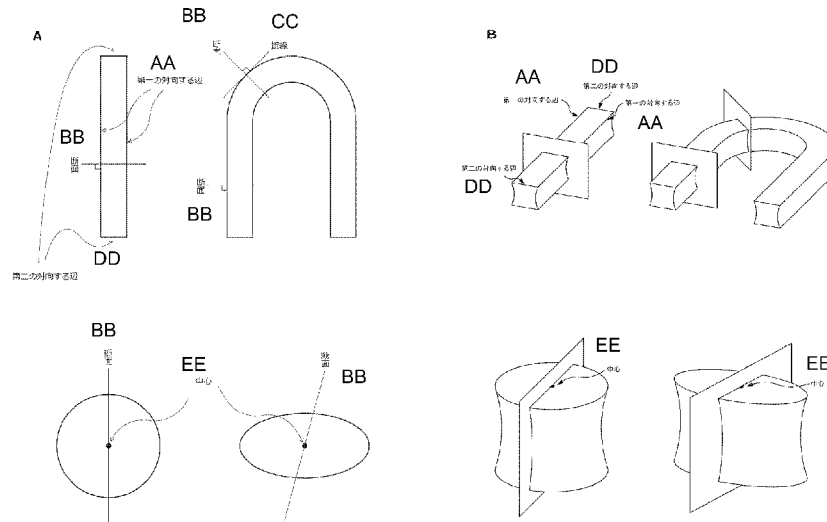
(10) 国際公開番号

WO 2022/138681 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 23/12 (2006.01) *H05K 1/14* (2006.01)
H05K 1/02 (2006.01) *H05K 3/06* (2006.01)
H05K 1/05 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/047438
- (22) 国際出願日: 2021年12月21日(21.12.2021)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2020-218001 2020年12月25日(25.12.2020) JP
- (71) 出願人: ナミックス株式会社 (NAMICS CORPORATION) [JP/JP]; 〒9503131 新潟県新潟市北区濁川3993番地 Niigata (JP).
- (72) 発明者: 佐藤 牧子 (SATO Makiko); 〒9503131 新潟県新潟市北区濁川3993番地 ナミックス株式会社内 Niigata (JP).
- (74) 代理人: 一色国際特許業務法人 (ISSHIKI & CO.); 〒1080073 東京都港区三田三丁目11番36号三田日東ダイビル Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,

(54) Title: METAL MEMBER

(54) 発明の名称: 金属部材



AA First opposite side
BB Cross section
CC Tangent line
DD Second opposite side
EE Center

(57) Abstract: The present invention relates to a metal member having an upper surface, a lower surface, and a side surface, wherein the upper surface and the lower surface are parallel to each other, and the side surface is inwardly recessed. The metal member may be embedded in an insulator, wherein the metal member may include a metal having a coefficient of thermal expansion different from the coefficient of thermal expansion of the insulator.

[続葉有]



WO 2022/138681 A1

ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, 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, 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))

(57) 要約: 本発明にかかる金属部材は、上面と下面と側面を有する金属部材であって、前記上面と前記下面が平行であって、前記側面が、内側に凹んでいる、金属部材である。前記金属部材が絶縁体に埋め込まれていて、前記金属部材の含む金属の熱膨張係数は、前記絶縁体の熱膨張係数と異なってもよい。

明 細 書

発明の名称： 金属部材

技術分野

[0001] 本発明は金属部材に関する。

背景技術

[0002] 電子機器の小型化に伴い、プリント配線板と電子部品から構成されるプリント回路板は配線の多層化および高密度化が進んでいる。

プリント配線板は、配線の多層化により、熱膨張係数の異なる樹脂と導体配線が積層されることに起因して反りが発生し、その時に発生する応力により樹脂と銅配線間の剥離が生じたり、降伏応力の小さい樹脂部にクラックが発生したりするなどの問題を引き起こすことが知られている。この問題を解決するために、樹脂層の層構成の再検討（特開 2 0 0 5 - 2 2 3 2 2 6 号公報）や、樹脂による応力緩和層の検討（国際公開第 2 0 2 0 / 1 3 7 3 3 9 号公報）が行われている。

[0003] 一方、プリント配線板と、電子部品としての集積回路との接続には、近年、銅ピラーを用いたフリップチップ接続が注目を集めている。フリップチップ接続では、プリント配線板と集積回路との間はアンダーフィルなどで保護されているが、プリント配線板の反りやプリント配線板と集積回路との熱膨張差によりアンダーフィル部にも応力が集中し、銅ピラーやプリント配線板などとの間に剥離が生じたり、アンダーフィルにクラックが発生したりすることが知られている。この問題を解決するために、アンダーフィルの検討が活発に行われている（特開 2 0 1 0 - 1 5 7 7 5 3 号公報）。

このように、各材料、各部品間での熱膨張係数の違いにより、層間での剥離や樹脂のクラックが発生し、これらは接続信頼性の低下に繋がる。

[0004] 一方、高密度化のため、プリント配線板の導体配線の微細化も進んでいる。この導体配線の配線形成方法としては、所望の配線幅に応じて、S A P（Semi-Additive Process）やM S A P（Modified Semi-Additive Process）、

サブトラクティブ法などが用いられている。

[0005] SAPやMSAPでは、めっきにより絶縁材料もしくは極薄銅箔上に銅を析出させていくため、断面から見ると配線側面は直線的になり、配線上面の角は丸みを帯びた長方形になる。

[0006] サブトラクティブ法では、銅箔に対し、配線パターン以外の不必要な部分をエッチング液で溶解することにより、配線パターンを形成する。具体的には、まず、銅箔に塗布するレジストとの密着性を得るため、樹脂基材全面に貼られた銅箔表面にソフトエッチングや黒化处理などを施す。そして、所望の配線形状でレジストを塗布した後、塩化第二鉄溶液、塩化第二銅溶液、過酸化水素-硫酸系などの銅を溶解するエッチング液を用いて、レジストで覆われていない部分の銅を溶解させる。

[0007] エッチング液で銅を溶解する際、銅箔表面は銅や銅酸化物で形成されているため、銅箔は、その表面側から均一な速度で溶解する。すると、銅箔表面側ほど多く溶解するため、溶解せずに残った銅配線は上部よりも下部の方で幅が広くなり、銅配線の断面の形状が台形になる（特開2010-267891号公報）。なお、台形の配線では裾広がりになっているためエッチング不足だと銅回路が短絡し、短絡を防止するためにエッチングを強化すると配線上面が極端に細くなり導体回路として好ましくない。そのため、微細化が難しい。配線上部の細りを防止するため、エッチング時に回路上面にエッチングスピードの遅いコバルトやニッケル層を形成することで、配線の形状を制御する技術が報告されている（特開2002-176242号公報）。

[0008] 銅ピラーの形成方法の一例としてはパターン化されたフォトレジストを有する基板を電解銅めっき浴に浸漬する。銅の析出により銅ピラーを形成するため、断面から見ると、フォトレジストの形状に沿って側面は直線的になり、上面の角は丸みを帯びた長方形になる。

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] そこで、新規な金属部材、およびその製造方法を提供することを目的とす

る。

課題を解決するための手段

[0010] 本願発明者らは鋭意研究の結果、上面と下面と側面を有する金属部材であって、上面と下面が平行であって、側面が内側に凹んでいる金属部材は、応力を緩和できることを見出し、本発明の完成に至った。

本発明の一実施態様は、上面と下面と側面を有する金属部材であって、前記上面と前記下面が平行であって、前記側面が内側に凹んでいる、金属部材である。前記側面がなだらかな弧を描く形状であってもよい。前記上面と前記下面に平行な断面の面積が、前記上面と前記下面の間隔の40～60%の間の所定部分で最も小さくなってもよい。前記所定部分の細り率が50%以上99%以下であってもよく、55%以上、99%以下であってもよい。前記上面と前記下面が四角形である場合、前記上面と前記下面はそれぞれ第1の対向する辺と第2の対向する辺を有し、第1の対向する辺の長さは第2の対向する辺の長さと同じか、より長く、前記第1の対向する辺は平行であり、前記上面及び前記下面に垂直で、かつ第1の対向する辺の直線部分においては当該直線に垂直であるか第1の対向する辺の曲線部分においては当該曲線の接線に垂直である断面のうち所定の割合において、または、前記上面と前記下面が円または楕円である場合、前記上面及び前記下面に垂直で、かつ前記上面の中心及び前記下面の中心を含む断面のうち所定の割合において、前記上面に由来する線分の端点と、当該線分から2 μ m離れた直線と前記側面に由来する線との交点であって、前記端点と同じ側にある前記交点とを結んだ直線と、前記上面に由来する線分とのなす角度が90°未満であってもよい。前記上面及び前記下面に垂直な前記断面において、前記上面に由来する線分に平行な直線と、前記側面に由来する2本の線分との2つの交点を結ぶ線分は、前記上面に由来する線分と前記下面に由来する線分との間の40～60%の間の所定部分で最も短くてもよい。前記金属部材は、銅を含んでもよい。

前記金属部材が銅ピラーまたはプリント配線板用導体であってもよい。前記

金属部材の側面が樹脂に埋め込まれていてもよい。前記金属部材の含む金属の熱膨張係数は、前記樹脂の熱膨張係数と異なってもよい。前記金属の熱膨張係数は、前記樹脂の熱膨張係数と 0.3 ppm/K 以上異なってもよい。

[0011] ==関連文献とのクロスリファレンス==

本出願は、2020年12月25日付で出願した日本国特願2020-218001に基づく優先権を主張するものであり、当該基礎出願を引用することにより、本明細書に含めるものとする。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]図1は、本発明の一実施態様における、上面と下面と側面を有する銅部材の模式図である。(A)上面からみた図(B)斜視図をあらわす。

[図2]図2は、一般的なプリント配線板用部材を作製する方法と、本発明の一実施態様におけるプリント配線板用部材を作製する方法と、を示した図である。

[図3]図3は、本発明の一実施態様における導体(各列左)、導体を絶縁体の片面に積層したプリント配線板用部材(各列中)、及び導体を絶縁体の両面に積層したプリント配線板用部材(各列右)の断面の模式図である。導体が銅からなる場合、第1の面(1)(本明細書では、上面と称することがある)には、銅以外の金属を含むめっき皮膜を有している(A~C)。樹脂基材との熱圧着面である第2の面(2)(本明細書では、下面と称することがある)には、銅以外の金属を含むめっき皮膜がない場合(A)と、ある場合(B)が示されている。第2の面(2)には、密着度を高める加工がなされていてもよい(C)。第3の面(3)(本明細書では、側面と称することがある)は銅からなる配線そのままであってもよいし、銅酸化物層や防錆層などの銅配線保護層を有してもよい。

[図4]図4は、本発明の実施例1~5、比較例1~5から作製されたフォトレジスト剥離後の銅配線の走査型電子顕微鏡(SEM)による断面画像である。比較例5のみ、銅めっき後の銅配線の画像である。

[図5]図5は、本発明の実施例で用いたプリント配線板用部材の模式図である。

[図6]図6は、本発明の実施例でプリント配線板用部材を用いて行ったシミュレーションの結果を示す図である。

[図7]図7は、本発明の実施例で用いた銅ピラーの模式図である。

[図8]図8は、本発明の実施例で銅ピラーを用いて行ったシミュレーションの結果を示す図である。

発明を実施するための形態

[0013] 以下、本発明の好ましい実施の形態につき、添付図面を用いて詳細に説明するが、必ずしもこれに限定するわけではない。なお、本発明の目的、特徴、利点、及びそのアイデアは、本明細書の記載により、当業者には明らかであり、本明細書の記載から、当業者であれば、容易に本発明を再現できる。以下に記載された発明の実施の形態及び具体的な実施例などは、本発明の好ましい実施態様を示すものであり、例示又は説明のために示されているのであって、本発明をそれらに限定するものではない。本明細書で開示されている本発明の意図並びに範囲内で、本明細書の記載に基づき、様々な改変並びに修飾ができることは、当業者にとって明らかである。

[0014] <金属部材とその利用>

本発明の一実施態様は、上面と下面と側面を有する金属部材であって、上面と下面が平行であって、少なくとも一つの側面が内側に凹んでいる金属部材である。側面が内側に凹んでいるというのは、例えば、上面と下面を直線状につなぐような側面を仮想した場合において、側面が、仮想上の側面より内側にあって、仮想上の側面の外側には存在しない状態にある場合をいう。

上面と下面の形状は特に限定されず、3角形、4角形などの多角形であってもよく、円形や楕円形であってもよく、辺が曲線になっている多角形でもよい。側面は基本的には内側に凹となっている曲面であって、部分的に平面であってもよいが、なだらかな弧を描く形状であることが好ましい。

この金属部材は、

(1) 上面と下面が四角形である場合、

上面と下面はそれぞれ第1の対向する辺と第2の対向する辺を有し、

第1の対向する辺の長さは第2の対向する辺の長さと同じか、より長く

、

第1の対向する辺は平行であり、

上面および下面に垂直で、かつ第1の対向する辺の直線部分においては直線に垂直であるか、第1の対向する辺の曲線部分においては曲線の接線に垂直である断面のうちの所定の割合、または

(2) 上面と下面が円または楕円である場合、

上面および下面に垂直で、かつ上面の中心及び下面の中心を含む断面のうちの所定の割合、

において、上面に由来する線分の端点と、当該線分から $2\mu\text{m}$ 離れた直線と側面に由来する線との交点であって、端点と同じ側にある交点とを結んだ直線と、上面に由来する線分とのなす角度が 90° 未満である、金属部材である。なお、本明細書で、「平行」や「垂直」という場合、完全な平行や垂直だけでなく、完全な平行または垂直から $\pm 10^\circ$ まで含まれる。また、角が4つあれば、辺が曲線であっても「四角形」と称し、その四角形において、上辺の角間の直線距離が下辺の角間の直線距離より長ければ、「台形」と称する。

上記断面の幅が、上面と下面の間隔の $40\sim 60\%$ の間の所定部分で最も狭くなっているとしてもよいが、 $45\sim 55\%$ の間の所定部分で最も狭くなっていることが好ましい。なお、この割合は、上面と下面の間隔を 100% としたときの、上面からの距離の割合を表すものとする。前記所定部分の細り率(= [前記所定部分の幅/上面と下面のうち短いほうの幅] $\times 100$ (%))は 25% 以上 99% 以下であってもよく、 40% 以上 99% 以下であってもよく、 55% 以上 98% 以下であってもよい。この細り率は、上記所定部分で、最も大きくなることになる。

[0015] 上面と下面が四角形である場合、金属部材は、プリント配線板の銅配線な

どの構造物の一部であってもよい。例えば、一体である銅配線を、上面と下面が四角形になるように切り取った部分であってもよい。すなわち、構造物の一部が、本明細書で規定されている構造を有していればよい。

上面と下面はそれぞれ第1の対向する辺と第2の対向する辺を有する。上面の第1の対向する辺は、上面と側面が交差してできる線であって、下面の第1の対向する辺は、下面と側面が交差してできる線である。

[0016] 第1の対向する辺は平行であればよく、それぞれ直線であっても、曲線であってもよい。上面及び下面に垂直で、第1の対向する辺に垂直な断面のうち所定の割合において上面に由来する線分に平行な直線と、側面に由来する2本の線分との2つの交点を結ぶ線分は、内側にくぼんだ形状であることが好ましく、かつ上面に由来する線分と下面に由来する線分との間の40～60%の間の所定部分で最も短くなるのが好ましく、45～55%の間の所定部分で最も短くなることがより好ましい。なお、この割合は、上面に由来する線分と下面に由来する線分の間隔を100%としたときの、上面に由来する線分からの距離の割合を表すものとする。また、例えば、上辺または下辺が1 μm ～100 mm程度である場合、当該辺と金属幅の最小部の長さの差が、0.2 μm 以上であることが好ましく、0.4 μm 以上であることがより好ましく、0.6 μm 以上であることがより好ましく、0.8 μm 以上であることがより好ましく、1.0 μm 以上であることがより好ましく、1.5 μm 以上であることがより好ましく、2.0 μm 以上であることがより好ましく、2.6 μm 以上であることがより好ましい。

[0017] この断面において、このように金属中腹部で最も幅が狭い形状では、上面に由来する線分の端点と、当該線分から2 μm 離れた直線と側面に由来する線との交点であって、端点と同じ側にある交点とを結んだ直線と、上面に由来する線分とのなす角度が90°未満となるが、80°未満であることが好ましく、70°未満であることがより好ましく、60°未満であることがより好ましく、50°未満であることがさらに好ましく、40°未満であることがさらに好ましい。

[0018] 上面と下面が円または楕円である場合、上面に垂直で、かつ上面の中心及び下面の中心を含む断面のうち所定の割合において、上面に由来する線分の端点と、当該線分から $2\mu\text{m}$ 離れた直線と側面に由来する線との交点であって、端点と同じ側にある交点とを結んだ直線と、上面に由来する線分とのなす角度が 90° 未満であるが、 80° 未満であることが好ましく、 70° 未満であることがより好ましく、 60° 未満であることがより好ましく、 50° 未満であることがさらに好ましく、 40° 未満であることがさらに好ましい。

[0019] また、これらの断面において、上面に由来する線分の長さに対する、下面に由来する線分の長さの比は特に限定されないが、 1.4 より小さいことが好ましく、 1.2 より小さいことがより好ましく、 1.0 より小さいことがさらに好ましい。この値が大きいほど、断面の台形の形状は裾広がりとなり、応力緩和に適した形状ではなくなる。また、プリント配線板の場合、配線の微細化が難しく、銅ピラーの場合、狭小ピッチ化が難しくなる。

[0020] 金属部材は、層構造を含まず、一種または複数種の金属または合金が全体に一様に分布した構造であってもよく、その金属または合金として、銅、銀、白金、ニッケル、鉛、ステンレスなどが例示できる。

あるいは、金属部材は層構造から成っていてもよく、例えば、金属部材は、第1の層及び第2の層を含んでもよく、その場合、第1の層及び第2の層は、下側から順に第1の層及び第2の層の順で積層している。ここで、第1の層及び第2の層は、それぞれ第1の金属及び第2の金属を含む、もしくは第1の金属及び第2の金属から形成される。第1の金属及び第2の金属ともにその金属または合金として、銅、銀、白金、ニッケル、鉛、ステンレスなどが例示できる。

[0021] 金属部材の側面は、樹脂に埋め込まれていることが好ましい。応力緩和効果が大きくなるからである。上面および／または底面も樹脂に埋め込まれていてもよい。樹脂の種類は特に限定されず、熱可塑性樹脂であっても、熱硬化性樹脂であってもよく、ポリフェニレンエーテル（PPE）、エポキシ、

ポリフェニレンオキシド（PPO）、ポリベンゾオキサゾール（PBO）、ポリテトラフルオロエチレン（PTFE）、液晶ポリマー（LCP）、トリフェニルフォサイト（TPPI）、フッ素樹脂、ポリエーテルイミド、ポリエーテルエーテルケトン、ポリシクロオレフィン、ビスマレイミド樹脂、低誘電率ポリイミド、シアネート樹脂、或いはこれらの混合樹脂であることが例示できる。この場合、金属部材の含む金属の熱膨張係数は、樹脂の熱膨張係数と異なることが好ましく、 0.3 ppm/K 以上異なることがより好ましい。熱膨張係数の差が大きくなるほど、応力緩和効果が大きくなるからである。このように、本開示の金属部材の形状は樹脂の応力緩和に効果的であり、金属部材と樹脂の剥離が抑制できる。

[0022] <1>プリント配線板用導体

プリント配線板用導体において、第1の層に含まれる金属は、プリント配線板の配線として用いられる金属であってもよく、銅、銀、白金などが例示できるが、銅であることが好ましい。銅の純度は高いほうが好ましく、99.9質量%以上の純金属であることが好ましい。その銅は、タフピッチ銅、脱酸銅、無酸素銅であってもよいが、含有酸素量が0.0005質量%以下の無酸素銅であることがさらに好ましい。銅部材が銅を含む場合は、第1の層に含まれることが好ましく、その場合、第2の層は、銅以外の金属を含むか、または銅以外の金属からなることが好ましい。第2の層に含まれる金属は特に限定されないが、Sn、Ag、Zn、Al、Ti、Bi、Cr、Fe、Co、Ni、Pd、AuおよびPtからなる群から選ばれた少なくとも一種の金属が含まれていてもよい。特に耐酸性及び耐熱性を与えるために、銅よりも耐酸性及び耐熱性の高い金属、例えばNi、Pd、AuおよびPtが含まれることが好ましい。第2の導体の層は、導体の下面に存在してもよい。

[0023] 第1の金属が銅を含む、または銅からなる場合、その上面の一部もしくは全部、または下面の一部もしくは全部には、銅酸化物を含む層を設けてもよい。この銅酸化物は、酸化銅（CuO）及び／又は亜酸化銅（Cu₂O）を含

む。この銅酸化物を含む層は、導体の表面を酸化処理することにより、形成することができる。この酸化処理によって、導体の表面が粗面化されるため、フォトレジストとの密着力が向上する。酸化処理後、溶解剤を用い、酸化した導体表面の凸部の形状を調整してもよい。また、この銅酸化物を含む層の表面を還元剤により還元処理してもよい。純銅の比抵抗値が 1.7×10^{-8} ($\Omega \text{ m}$) なのに対して、酸化銅は $1 \sim 10$ ($\Omega \text{ m}$)、亜酸化銅は $1 \times 10^6 \sim 1 \times 10^7$ ($\Omega \text{ m}$) であるため、酸化処理で形成される銅酸化物を含む層の導電性は純銅よりも低い。

[0024] 第2の層の付着量は特に限定されないが、 $0.5 \sim 9.0 \text{ mg/dm}^2$ であることが好ましく、 $0.89 \sim 8.9 \text{ mg/dm}^2$ であることが好ましい。エッチング工法で製造する場合、第2の層が厚すぎるとエッチングされにくくなるため、配線形成性が悪化し、薄すぎるとエッチングスピードが第1の層とほぼ同じになるので、上面及び底面に平行な断面形状は、側面に対応する線分が直線状である台形になる。このような台形となることで、応力緩和効果が小さくなり、さらに微細配線化が難しくなる。また、第2の層が磁性体の場合、厚すぎると磁性の影響が大きくなるため導体として好ましくない。なお、第2の層の付着量は、第2の層を、例えば酸性溶液で溶解し、ICP分析によって金属量を測定し、構造体の平面視野面積で除して算出することができる。

第2の層の表面の $L^* a^* b^*$ 表色系における明度 L^* の値は60未満、55未満、50未満、45未満、40未満、35未満、30未満、25未満又は20未満が好ましい、この値が小さいほど、露光光の反射が抑えられる。

[0025] 第2の層の上側の表面には、表面の酸化や変質などによる脆弱層 (Weak Boundary Layer : WBL) が生じていないことが好ましい。脆弱層が形成されると、レジスト層との密着性が低下するためである。脆弱層の生じやすさは、例えば、表面の耐熱性で評価できる。

耐熱性は、例えば、加熱処理した時の、第2の層の上側の表面の色変化で評価することができる。色変化が小さい場合、脆弱層が生じにくく、レジス

ト層と良好な密着性を得ることができると考えられる。耐熱性のレベルは特に限定しないが、例えば、225℃で30分間熱処理し、熱処理する前後で表面の色を比較した時、表面の色変化 ($\Delta E^* a b$) が10以下、5以下、3以下、2以下又は1以下であることが好ましい。

[0026] 第1の層が銅箔由来の場合、第2の層の表面の最大高さ粗さ (R_z) は1.0 μm 以下、0.9 μm 以下、又は0.8 μm 以下であることが好ましく、0.1 μm 以上、0.2 μm 以上又は0.3 μm 以上であることが好ましい。なお、 R_z とは、基準長さ l において、輪郭曲線 ($y = Z(x)$) の山の高さ Z_p の最大値と谷の深さ Z_v の最大値の和を表す。この R_z は JIS B 0601:2001 (国際基準 ISO 13565-1 準拠) に定められた方法により算出できる。

[0027] 第1の層の凸部の数は、例えば、集束イオンビーム (FIB) によって銅箔の断面を観察した走査型電子顕微鏡 (SEM) 像 (倍率は×50,000) において数えることができ、高さ50nm以上の凸部が、3.8 μm あたり、平均9個以上であることが好ましく、19個以上であることがより好ましく、20個以上であることがさらに好ましい。8個以下だと、フォトレジストとの密着性が低下する。

[0028] 第1の層が銅箔由来の場合、第2の層の表面の粗さ曲線要素の平均長さ (RSm) は、750nm以下、700nm以下、650nm以下、600nm以下、550nm以下、450nm以下、又は350nm以下が好ましく、100nm以上、200nm以上又は300nm以上が好ましい。 RSm とは、ある基準長さ (l_r) における粗さ曲線に含まれる1周期分の凹凸が生じている長さ (すなわち輪郭曲線要素の長さ: $X_{s1} \sim X_{sm}$) の平均を表し、以下の式で算出される。

[0029] [数1]

$$RSm = \frac{l_r}{m} \sum_{j=1}^m X_{sj}$$

ここで算術平均粗さ（ R_a ）の10%を凹凸における最小の高さとし、基準長さ（ l_r ）の1%を最小の長さとして1周期分の凹凸を定義する。

[0030] 算術平均粗さ（ R_a ）とは基準長さ l において、以下の式で表される輪郭曲線（ $y = Z(x)$ ）における $Z(x)$ （すなわち山の高さと谷の深さ）の絶対値の平均を表す。

[0031] [数2]

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |Z(x)| dx$$

一例として、 R_{sm} は「原子間力顕微鏡によるファインセラミック薄膜の表面粗さ測定方法（JIS R 1683：2007）」に準じて測定することができる。

そして、このプリント配線板用導体と、その導体の底面に積層している絶縁体とを含むプリント配線板用部材も本発明の一実施態様である。さらに、プリント配線板用部材は、本発明の一実施態様であるプリント配線板のための部材であって、プリント配線板の一部を構成してもよい。

[0032] <2>プリント配線板用部材

本発明の一実施態様のプリント配線板用部材は、上述のプリント配線板用導体と、導体の底面に積層している絶縁体とを含む。この導体は、第1の層に対応する第1の導体の層、及び第2の層に対応する第2の導体の層を含み、第1の導体の層及び第2の導体の層は、絶縁体側から順に第1の導体の層及び第2の導体の層の順で積層し、第1の導体は、第2の導体より、導体を形成したエッチング工法によって速く除去される特性を有する。

[0033] 導体は、電解金属箔や圧延金属箔などの一枚の金属箔からなってもよく、複数の金属箔が積層されていてもよい。金属箔の厚さは特に限定されないが、0.1 μm 以上100 μm 以下が好ましく、0.5 μm 以上50 μm 以下がより好ましい。また、金属箔は、板状の金属も含み、その場合、1 mm以上、2 mm以上又は10 mm以上であってもよく、10 cm以下、5 cm以下又は2.5 cm以下であってもよい。

[0034] 絶縁体は、樹脂を含浸させたシート状の樹脂基材（プリプレグとも称する）を含んでも、樹脂を含浸させたシート状の樹脂基材からなっているもよい。プリント配線板用部材は、絶縁体の片面あるいは両面に金属箔を張り付けて作製することができる。プリント配線板用部材は、主にTAB（tape-automated bonding）方式の実装に使われる、接着剤を用いて金属箔と樹脂基材を張り合わせた3層（すなわち、金属層、接着剤層、及び樹脂層）であってもよく、COF（chip on film）方式の実装に使われる、接着剤を使わない2層（すなわち、金属層及び樹脂層）であってもよい。また、絶縁体として、紙やガラスなどの基材に樹脂基材を重ねて熱圧着して用いてもよく、その場合、基材と反対の面に銅を張り付ける。なお、導体が銅である場合、このプリント配線板用部材は銅張積層板（Copper Clad Laminate：CCL）と呼ばれる。

[0035] 樹脂基材に含まれる樹脂は特に限定されないが、熱可塑性樹脂であっても、熱硬化性樹脂であってもよく、ポリフェニレンエーテル（PPE）、エポキシ、ポリフェニレンオキシド（PPO）、ポリベンゾオキサゾール（PBO）、ポリテトラフルオロエチレン（PTFE）、液晶ポリマー（LCP）、トリフェニルフォサイト（TPPI）、フッ素樹脂、ポリエーテルイミド、ポリエーテルエーテルケトン、ポリシクロオレフィン、ビスマレイミド樹脂、低誘電率ポリイミド、シアネート樹脂、或いはこれらの混合樹脂であることが好ましい。樹脂基材はさらに無機フィラーやガラス繊維を含んでいてもよい。

[0036] 樹脂基材の厚さは特に限定しないが、1 μm 以上100mm以下が好ましい。

[0037] 導体は、底面だけではなく、その側面及び上面を含む周囲にも、絶縁体を有していてもよい。その場合、絶縁体は、樹脂を含浸させたシート状の樹脂基材（プリプレグとも称する）であっても、樹脂を含浸させたシート状の樹脂基材であっても、またはソルダーレジストやはんだペーストなどのプリント基板に使用される絶縁材であってもでもよい。

[0038] 近年、プリント配線板が高密度化したり、複数の層で配線が形成される構造になったりすることで、絶縁体と導体との間、あるいは層間において、熱膨張差などによる剥離や絶縁体にクラックなどが生じやすくなっている。これは、熱膨張差によって特定の部位に応力が集中してかかるためであるが、導体をこのような形状にすることにより、降伏応力の小さい絶縁体から導体に応力を移動させることができ、そうした破損を抑制することができるようになる。

[0039] 特に、導体の熱膨張係数と絶縁体の熱膨張係数とが異なる場合、加熱したときにそれぞれ膨張率が異なり、導体と絶縁体の間に歪みが発生するため、この導体の形状からくる応力緩和の効果が特に期待できる。例えば、その差が 0.1 ppm/K 以上であることが好ましく、 0.2 ppm/K 以上であることがより好ましく、 0.3 ppm/K 以上であることがさらに好ましい。このような熱膨張係数が異なる絶縁体において、引張弾性率は 0.5 GPa 以上が好ましく、 1.0 GPa 以上がより好ましく、 3.0 GPa 以上がさらに好ましく、 10 GPa 以上がさらに好ましい。また、プリント配線板において配線が3つ以上の層からなる形状を有している場合、例えば加熱した場合など、層間で歪みが生じやすいため、この配線の形状からくる応力緩和の効果が特に期待できる。なお、応力は縦方向、横方向のいずれか1つ以上の熱膨張係数が異なる場合に発生するため、絶縁体の熱膨張係数は縦方向、横方向の熱膨張係数のいずれか1つ以上が金属の熱膨張係数と異なればよい。また、応力がより大きくかかるのは T_g 以下であるため、熱膨張係数は T_g 以下の数値を用いるのがこのましい。

<3>半導体チップ接続用部材

本明細書に開示の金属部材の一つの利用方法として、銅ピラーなどの半導体チップ接続用部材がある。

半導体チップ接続用部材の形状は特に限定されず、例えば上面及び下面は多角形であっても円形または楕円形であってもよいが、四角形または円形であるのが好ましい。銅ピラーは、前者の場合は四角柱となり、後者の場合は

円柱になる。大きさも特に限定されないが、高さは $1 \sim 500 \mu\text{m}$ であることが好ましく、最大幅（四角柱の場合）または最大直径（円柱または楕円柱の場合）は $1 \mu\text{m} \sim 10 \text{mm}$ であることが好ましい。

[0040] 例えば、銅ピラーが半導体チップ接続に用いられた場合、銅ピラーの熱膨張係数とアンダーフィルの熱膨張係数との差が 0.1 ppm/K 以上であることが好ましく、 0.2 ppm/K 以上であることがより好ましく、 0.3 ppm/K 以上であることがさらに好ましい。このような熱膨張係数が異なる絶縁体において、引張弾性率は 0.5 GPa 以上が好ましく、 1.0 GPa 以上がより好ましく、 3.0 GPa 以上がさらに好ましく、 10 GPa 以上がさらに好ましい。なお、応力は縦方向、横方向のいずれか1つ以上の熱膨張係数が異なる場合に発生するため、絶縁体の熱膨張係数は縦方向、横方向の熱膨張係数のいずれか1つ以上が金属の熱膨張係数と異なればよい。また、応力がより大きくかかるのは T_g 以下であるため、熱膨張係数は T_g 以下の数値を用いるのがこのましい。

[0041] <金属部材の製造方法>

本明細書に開示の金属部材の製造方法は特に限定されず、金属を鋳造するための公知の方法を用いることができる。

[0042] <1>銅配線の製造方法

金属部材が、上述したように第1の導体及び第2の導体の2層からなる場合、以下のような方法を用いることができる。すなわち、第1の導体を含む導体箔の表面に、第2の導体の層を形成する第1の工程と、導体箔の、第2の導体の層が形成された面と反対側の面に絶縁層を積層する第2の工程と、導体箔の、第2の導体の層が形成された面にレジスト層を形成する第3の工程と、レジスト層が形成された導体箔をエッチング処理する第4の工程と、エッチング処理された導体箔から、レジスト層を除去する第5の工程と、を行う。導体の周囲も絶縁体で覆う場合は、導体の周囲部を絶縁材で覆う第6の工程を任意に行ってもよい。以下、銅配線を例として、製造方法を詳細に説明する。

[0043] まず、第1の工程を行う前に、銅箔表面を酸化剤で酸化して、銅酸化物の層を形成するとともに、表面に微細な凹凸を形成してもよい。酸化処理は片面処理であっても両面処理であってもよい。この酸化工程以前に、ソフトエッチング又はエッチングなどの粗面化処理工程は必要ないが、行ってもよい。また、酸化処理以前に、脱脂処理、自然酸化膜除去によって表面を均一化するための酸洗浄、または酸洗浄後に酸化工程への酸の持ち込みを防止するためのアルカリ処理を行ってもよい。アルカリ処理の方法は特に限定されないが、好ましくは0.1～10g/L、より好ましくは1～2g/Lのアルカリ水溶液、例えば水酸化ナトリウム水溶液で、30～50℃、0.5～2分間程度処理すればよい。

[0044] 酸化剤は特に限定されず、例えば、亜塩素酸ナトリウム、次亜塩素酸ナトリウム、塩素酸カリウム、過塩素酸カリウム等の水溶液を用いることができる。酸化剤には、各種添加剤（たとえば、リン酸三ナトリウム十二水和物のようなリン酸塩）や表面活性分子を添加してもよい。表面活性分子としては、ポルフィリン、ポルフィリン大員環、拡張ポルフィリン、環縮小ポルフィリン、直鎖ポルフィリンポリマー、ポルフィリンサンドイッチ配位錯体、ポルフィリン配列、シラン、テトラオルガノシラン、アミノエチルアミノプロピルトリメトキシシラン、（3-アミノプロピル）トリメトキシシラン、（1-〔3-（トリメトキシシリル）プロピル〕ウレア）（（1-〔3-（Trimethoxysilyl）propyl〕urea））、（3-アミノプロピル）トリエトキシシラン、（（3-グリシジルオキシプロピル）トリメトキシシラン）、（3-クロロプロピル）トリメトキシシラン、（3-グリシジルオキシプロピル）トリメトキシシラン、ジメチルジクロロシラン、3-（トリメトキシシリル）プロピルメタクリレート、エチルトリアセトキシシラン、トリエトキシ（イソブチル）シラン、トリエトキシ（オクチル）シラン、トリス（2-メトキシエトキシ）（ビニル）シラン、クロロトリメチルシラン、メチルトリクロロシラン、四塩化ケイ素、テトラエトキシシラン、フェニルトリメトキシシラン、クロロトリエトキシシラン、エ

チレントリメトキシシラン、アミン、糖などを例示できる。

[0045] 酸化反応条件は特に限定されないが、酸化用薬液の液温は40～95℃であることが好ましく、45～80℃であることがより好ましい。反応時間は0.5～30分であることが好ましく、1～10分であることがより好ましい。

[0046] この酸化工程を行った後、銅酸化物を含む層を溶解剤で部分的に溶解してもよい。

[0047] この溶解工程で用いる溶解剤は特に限定されないが、キレート剤、特に生分解性キレート剤であることが好ましく、エチレンジアミン四酢酸、ジエタノールグリシン、L-グルタミン酸二酢酸・四ナトリウム、エチレンジアミン-N, N'-ジコハク酸、3-ヒドロキシ-2, 2'-イミノジコハク酸ナトリウム、メチルグリシン2酢酸3ナトリウム、アスパラギン酸ジ酢酸4ナトリウム、N-(2-ヒドロキシエチル)イミノ二酢酸ジナトリウム、グルコン酸ナトリウムなどが例示できる。

[0048] 溶解用薬液のpHは特に限定されないが、アルカリ性であることが好ましく、pH8～10.5であることがより好ましく、pH9.0～10.5であることがさらに好ましく、pH9.8～10.2であることがさらに好ましい。

[0049] また、酸化工程を行った後、形成された銅酸化物を含む層に含まれる銅酸化物を、還元剤を用いて部分的に還元してもよい。この還元工程で用いる還元剤としては、ジメチルアミンボラン(DMAB)、ジボラン、水素化ホウ素ナトリウム、ヒドラジン等が例示できる。

[0050] 次に、第1の工程において、銅酸化物を含む層を形成した銅箔に対し、第2の導体の層を形成する。第2の導体の層は、例えば第1の導体の層の表面にめっき処理をすることで、めっき皮膜として形成することができる。めっきの方法は特に限定されず、電解めっき、無電解めっき、化成処理、スパッタリングなどの真空蒸着などが例示できるが、一様で薄いめっき皮膜を形成することが好ましいため、電解めっきが好ましい。

[0051] 酸化処理をされた銅箔表面に電解めっきによって第2の層を形成する場合、まず表面の酸化銅が還元され、亜酸化銅又は純銅になるのに電荷が使われるため、めっきされるまでに時間のラグが生じ、その後、第2の層を形成する金属が析出し始める。その電荷量はめっき液種や銅酸化物量によって異なるが、例えば、Niめっきを銅部材に施す場合、その厚さを好ましい範囲に収めるためには電解めっき処理する銅部材の面積 $d\text{ m}^2$ あたり、15C以上75C以下の電荷を与えることが好ましく、25C以上65C以下の電荷を与えることがより好ましい。めっき処理により、酸化処理で形成された酸化銅が一部還元され銅になり、銅酸化物を含む層の導電性が高まり、構造体を形成する導電体である銅と、同じく導電体である銅以外の金属を含む層との間で、導通が可能になる。

[0052] 導通の確認方法は特に限定されないが、例えば、銅以外の金属を含むめっき層の平面視野面積 $4\text{ }\mu\text{ m}^2$ に対して、構造体を形成する導電体である銅と、同じく導電体である銅以外の金属を含む層の間に、 -0.5 V の電圧をかけた時の原子間力顕微鏡（AFM）の電流像において、電流値が -60 nA 以下となる領域が、銅以外の金属を含むめっき皮膜の平面視野面積あたり、2.5%以上、5%以上あるいは10%以上である時、構造体を形成する導電体である銅と、同じく銅以外の金属を含む層との間で導通がとれているとしてもよい。あるいは構造体を用いて配線パターンを形成し、プリント配線板用部材を製造した時、銅以外の金属を含む層の上に電子部品を実装し、電気回路として機能すれば、構造体を形成する導電体である銅と、同じく銅以外の金属を含む層との間で導通がとれているとしてもよい。

[0053] 本発明の技術的特徴を損なわない限り、これらの工程で製造した導体に、シランカップリング剤などを用いたカップリング処理や分子接合処理、ベンゾトリアゾール類などを用いた防錆処理を行ってもよい。

[0054] 次に、第2の工程として、導体箔の、第2の導体の層が形成された面と反対側の面に絶縁層を積層する。絶縁層が樹脂基材を含む、または樹脂基材からなる場合、例えば樹脂基材を導体箔に熱圧着することにより、絶縁層を積

層することができる。熱圧着する条件は、各基材メーカーの推奨条件（例えば、温度、圧力、時間）を用いてもよい。

[0055] 各基材メーカーの推奨条件として、例えば以下のような条件が考えられる。

[0056] 1) 樹脂基材がエポキシ樹脂を含むか、またはエポキシ樹脂からなる場合、
50℃～300℃の温度で0～20MPaの圧力を1分～5時間かけることにより、樹脂基材に複合銅部材を熱圧着することが好ましい。

[0057] たとえば、

1-1) 樹脂基材がR-1551（パナソニック株式会社製）の場合、

1MPaの圧力で加熱し、100℃に到達後、その温度で5～10分保持し、その後3.3MPaの圧力でさらに加熱し、170～180℃に到達後、その温度で50分間保持することで熱圧着する。

1-2) 樹脂基材がR-1410A（パナソニック株式会社製）の場合、

1MPaの圧力で加熱し、130℃到達後、その温度で10分保持し、その後2.9MPaの圧力でさらに加熱し、200℃到達後、その温度で70分間保持することで熱圧着する。

1-3) 樹脂基材がEM-285（EMC製）の場合、

0.4MPaの圧力で加熱し、100℃到達後、圧力を2.4～2.9MPaに上げてさらに加熱し、195℃到達後、その温度で50分間保持することで熱圧着する。

1-4) 樹脂基材が、GX13（味の素製）の場合、

1.0MPaの圧力で加熱し、180℃で60分間保持することで熱圧着する。

[0058] 2) 樹脂基材が、PPE樹脂を含むか、またはPPE樹脂からなる場合、

50℃～350℃の温度で0～20MPaの圧力を1分～5時間かけることにより、樹脂基材に複合銅部材を熱圧着することが好ましい。

[0059] たとえば、

2-1) 樹脂基材が、R5620（パナソニック株式会社製）の場合、

0. 5 MPaの圧力下で100℃になるまで加熱しながら熱圧着した後、温度と圧力を上げ、2. 0～3. 0 MPa、200～210℃で、120分間保持することでさらに熱圧着する。

2-2) 樹脂基材が、R5670（パナソニック株式会社製）の場合、

0. 49 MPaの圧力下で110℃になるまで加熱しながら熱圧着した後、温度と圧力を上げ、2. 94 MPa、210℃で120分間保持することで熱圧着する。

2-3) 樹脂基材が、R5680（パナソニック株式会社製）の場合、

0. 5 MPaの圧力下で110℃になるまで加熱しながら熱圧着した後、温度と圧力を上げ、3. 0～4. 0 MPa、195℃で、75分間保持することで熱圧着する。

2-4) 樹脂基材が、N-22（Nelco製）の場合、

1. 6～2. 3 MPaの圧力下で加熱し、177℃で30分間保持後、さらに加熱し、216℃で60分間保持することで熱圧着する。

[0060] 3) 樹脂基材が、PTFE樹脂を含むか、PTFE樹脂からなる場合、

50℃～400℃の温度で0～20 MPaの圧力を1分～5時間かけることにより、樹脂基材に複合銅部材を熱圧着することが好ましい。

[0061] たとえば、

3-1) 樹脂基材が、NX9255（パークエレクトロケミカル製）の場合、

0. 69 MPaの圧力下で260℃になるまで加熱し、1. 03～1. 72 MPaに圧力をあげて385℃になるまで加熱し、385℃で10分間保持することで熱圧着する。

3-2) 樹脂基材が、RO3003（ロジャース製）の場合、

プレス開始50分（およそ220℃）以降、2. 4 MPaに加圧し、371℃で30～60分間保持することで熱圧着する。

[0062] ここで、樹脂基材と銅箔の密着性は高いことが好ましい。密着性は、90°剥離試験（日本工業規格（JIS）C5016「フレキシブルプリント配

線板試験方法」;対応国際規格 IEC 249-1:1982、IEC 326-2:1990)に基づいて、ピール強度として測定することができる。樹脂基材と銅箔の間のピール強度は特に限定しないが、0.40 kgf/cm以上、0.50 kgf/cm以上、又は0.60 kgf/cm以上であることが好ましい。

[0063] 次に、第3の工程として、第2の導体の層が形成された面にレジスト層を形成する。

[0064] レジスト層は、感光によって硬化又は溶解するフォトレジストを含む層であり、特に限定しないが、ドライフィルムレジスト(DFR)、ポジ型液状レジスト、またはネガ型液状レジストで形成されていることが好ましい。

[0065] DFRには、フィルム形成性に寄与するバインダーポリマー(アルカリ現像型と溶剤現像型を含む)、及びUV照射により光重合反応を起こすモノマー(たとえば、アクリルエステル系又はメタクリルエステル系モノマー)と光重合開始剤を含むことが好ましい。DFRの形成には、カバーフィルム/フォトレジスト/キャリアフィルムの3層構造を有するドライフィルムを用いることが好ましい。カバーフィルムをはがしながら、フォトレジストを構造体に熱圧着して積層し、積層後キャリアフィルムをはがすことにより、構造体にレジスト層であるDFRを形成することができる。

[0066] ポジ型液状レジスト、ネガ型液状レジストとしては、有機溶剤に可溶化したノボラック樹脂などがあげられる。液状レジストについては、構造体表面に塗布後、乾燥させることによりレジスト層を形成することができる。

[0067] レジスト層の厚さは特に限定しないが、5 μ m~200 μ mが好ましい。

[0068] 上述したように、レジスト層が形成される、第2の導体の層の表面のR_zは、は1.0 μ m以下、0.9 μ m以下、又は0.8 μ m以下であることが好ましく、0.1 μ m以上、0.2 μ m以上又は0.3 μ m以上であることが好ましい。また、レジスト層が形成される、第2の導体の層の表面のR_Sは、750 nm以下、700 nm以下、650 nm以下、600 nm以下、550 nm以下、450 nm以下、又は350 nm以下が好ましく、10

0 nm以上、200 nm以上又は300 nm以上が好ましい。

[0069] 第1の層の凸部の数は、例えば、集束イオンビーム（FIB）によって銅箔の断面を観察した走査型電子顕微鏡（SEM）像（倍率は×50,000）において、高さ50 nm以上の凸部が3.8 μm あたり、平均9個以上であることが好ましく、19個以上であることがより好ましく、29個以上であることがさらに好ましい。

[0070] これらの表面粗さや凸部の数はレジスト層の密着性に関連している。R_zが小さすぎる場合や凸部の数が少ないとレジスト層との密着性が不足し、大きすぎるとエッチング処理後のフォトリソの除去が難しくなる。一方、R_{sm}が大きすぎるとレジスト層との密着性が不足し、小さすぎるとエッチング処理後のフォトリソの除去が難しくなる。例えば、コバルトやニッケル層のみの場合、表面粗さが小さく、凸部の数が少ないため、ドライフィルムとの密着力が弱く、コバルトやニッケル層とドライフィルムとの界面にエッチング液が侵入し、回路上面からもエッチングが進行する。

[0071] 第2の導体表面とフォトリソとの密着性が弱い場合、導体表面とフォトリソとの間にエッチング液が浸透するため、導体上部は丸みを帯びた形状になり、導体上部の幅が細くなるため、導体の断面形状は台形になり、配線上部幅と配線下部幅の差が大きくなる。すなわち、これは上面に由来する線分の長さに対する、下面に由来する線分の長さの比が大きくなり、エッチングファクターが小さくなることを示している。また、上面に由来する線分の端点と、線分から2 μm 離れた直線と側面に由来する線との交点であって、端点と同じ側にある交点とを結んだ直線と、上面に由来する線分とのなす角度が90°以上となる。

[0072] レジスト層を形成する方法において、まず、第2の導体の層の表面全体に、フォトリソを付着させる。具体的には、ドライフィルムを用いてフォトリソを加熱しながら貼り付ける方法や、ポジ型液状レジスト又はネガ型液状レジストを室温で塗布し、乾燥する方法などが例示できる。

[0073] 通常、レジスト層を形成する前に、密着性を増すため、銅箔にソフトエッ

チング処理を行ってもよいが、本開示の方法では、ソフトエッチング処理を行わなくても十分な密着性が得られる。なお、ソフトエッチング処理としては、バフロール研磨、スクラブ研磨、ジェットスクラブ研磨、化学研磨及びこれらの組み合わせが例示できる。化学研磨の方法としては、硫酸と過酸化水素を含む水溶液、塩化銅を含む水溶液、過硫酸塩を含む水溶液、アジミドベンゼンを含む有機溶媒、または過マンガン酸を含む水溶液に含浸させることが例示できる。

[0074] 次に、レジスト層に光照射した後、現像することによって、不要なレジストを除去する。フォトリソが感光によって硬化する場合、配線パターンに沿って光照射し、フォトリソが感光によって溶解する場合、配線パターン以外の部分に光照射する。

[0075] 照射する光の波長及び照射量は、レジスト層に含まれる樹脂が硬化または溶解する範囲であればよい。ドライフィルムの場合は波長100nm～500nmの光が好ましい。液状レジストの場合は波長10nm～900nmの光が好ましい。光の照射量は、特に限定しないが、1～1000mJ/cm²の照射量が好ましく、10～1000mJ/cm²がより好ましく、100～1000mJ/cm²がさらに好ましい。

[0076] その後、現像により、配線パターンに不要なフォトリソを除去する。特に限定しないが、フォトリソに含まれているバインダーポリマーがアルカリ現像型の場合には、アルカリ処理を行うことが好ましい。アルカリ処理としては、25℃～35℃で、0.5%～1.5%のNaCO₃水溶液に最小現像時間の1.5倍～2.5倍浸漬させた後、水洗することが好ましい。

[0077] 次に、第4の工程として、レジスト層が形成された銅箔をエッチング処理する。

[0078] フォトリソによって、配線パターンを保護した後、エッチング処理により、レジスト層で保護されていない銅箔の部分を溶解する。エッチングの条件は特に限定しないが、酸処理が好ましく、例えば20℃～60℃で、過酸化水素／塩酸混合液、過酸化水素／硫酸混合液、20%～50%の塩化第

二銅や塩化第二鉄水溶液等に浸漬させた後、水洗することによって、レジスト層で保護されていない銅箔の部分が溶解し、レジスト層で保護された銅箔の部分が、銅配線となって残存する。

[0079] ここで、第1の導体に相当する銅箔は、第2の導体に相当するめっき皮膜より、エッチング工法によって速く除去される特性を有する。すなわち、酸処理によって、銅箔は、めっき皮膜より速く溶解する。その結果、エッチング処理後の導体は、その断面が台形になるのではなく、上下方向の中央部分で内側にくぼんだ四角形になるような形状になる。

[0080] 次に第5の工程として、エッチング処理された導体箔から、レジスト層を除去する。除去方法は特に限定しないが、フォトレジストに含まれているバインダーポリマーがアルカリ現像型の場合には、40℃～60℃の1～5%のNaOH水溶液に180秒以内、120秒以内又は90秒以内含浸させることによりフォトレジストを除去後、水洗することが好ましい。

[0081] フォトレジストが除去された後の、めっき皮膜が形成された表面のR_zは、1.0μm以下、0.9μm以下、又は0.8μm以下であることが好ましく、0.1μm以上、0.2μm以上又は0.3μm以上であることが好ましい。

[0082] またフォトレジストが除去された後の、めっき皮膜が形成された表面のR_{sm}は、750nm以下、700nm以下、650nm以下、600nm以下、550nm以下、450nm以下、又は350nm以下であることが好ましく、100nm以上、200nm以上又は300nm以上であることが好ましい。

[0083] フォトレジストが除去された後のめっき皮膜が形成された表面のR_zおよびR_{sm}をこれらの範囲にすることで、さらに積層する樹脂基材やソルダーレジストなどとの密着性を得ることが可能となる。

[0084] フォトレジストを除去する前または後に、エッチングにより形成された、銅配線の銅からなる側面（たとえば、図2の第3の面に例示される）にさらに銅酸化物層を形成する処理、黒化処理、防錆処理又は／及びカップリング

処理を行って、銅配線保護層を形成してもよい。あるいは、銅からなる側面を粗面化する処理を行ってもよい。これらの処理は、銅配線の銅以外の金属を含むめっき皮膜及びその表面の粗さ、ならびに銅からなる配線と銅以外の金属を含むめっき皮膜の間の導通に影響を与えないことが好ましい。

[0085] フォトレジストが除去された後に、配線形状が損なわれない程度に、めっき皮膜を除去してもよく、同時に銅酸化物を含む層の一部または全部を除去してもよい。その後、さらに銅めっきによって配線高さを高くする処理や、銅酸化物層を形成する処理、黒化処理、防錆処理又は／及びカップリング処理を行って、銅配線保護層を形成してもよい。あるいは、側面を粗面化する処理を行ってもよい。これらの処理は、銅配線の銅以外の金属を含むめっき皮膜及びその表面の粗さ、ならびに銅からなる配線と銅以外の金属を含むめっき皮膜の間の導通に影響を与えないことが好ましい。

[0086] こうして製造された銅配線は、上述したように、上面と下面が平行であって、

側面が内側に凹んでいる形状となる。また、上面と下面はそれぞれ第1の対向する辺と第2の対向する辺を有し、第1の対向する辺の長さは第2の対向する辺の長さと同じか、より長く、第1の対向する辺は平行であり、上面に垂直で、かつ第1の対向する辺の直線部分においては当該直線に垂直であるか第1の対向する辺の曲線部分においては当該曲線の接線に垂直である断面のうち所定の割合において、上面に由来する線分の端点と、線分から2 μ m離れた直線と側面に由来する線との交点であって、端点と同じ側にある交点とを結んだ直線と、上面に由来する線分とのなす角度が90°未満であるような形状になる。

[0087] 任意に、第6の工程として、配線上の周囲を絶縁体で覆ってもよい。この絶縁体は、プリプレグか絶縁シートでも良いし（内層配線）、ソルダーレジストやはんだペースト（外層配線）でも、銅と熱膨張係数が異なる絶縁体であれば応力緩和の効果が発揮できる。

[0088] 例えば、フォトレジストを除去した後、回路を保護するため、絶縁膜とな

るインキであるソルダーレジストを塗布してもよい。この場合、電子部品が装着される部分を除いて、ソルダーレジストが塗布されることが好ましい。

[0089] ソルダーレジストとしては、１）露光し、未硬化部分を希アルカリ現象液で現象することにより微細なパターンを形成することが可能なアルカリ現像型ソルダーレジスト、２）スクリーン印刷法によりパターン印刷し、ＵＶ光（紫外線）を照射することにより硬化するタイプのＵＶ硬化型ソルダーレジスト、そして３）スクリーン印刷法によりパターン印刷し、加熱により硬化するタイプのソルダーレジストである、熱硬化型ソルダーレジストが例示できる。

[0090] ソルダーレジスト処理がされていない部分のめっき皮膜が形成された表面に対して、はんだ付け処理をしてもよい。この処理により、回路を形成している金属の自然酸化を抑制し、電子部品を実装する際のはんだ付けの効率を高めることができる。

[0091] この後、さらに、電子部品をはんだ付けすることで、プリント回路板を製造することができる。

[0092] あるいは、フォトレジストを除去した後、めっき皮膜が形成された表面に樹脂基材を熱圧着させ、さらにその上に、銅配線を設置することによって、複数の配線層からなる多層回路基板を作製してもよい。熱圧着する条件は、各基材メーカーの推奨条件（例えば、温度、圧力、時間）を用いてもよい。

[0093] このようにして製造されたプリント配線板用部材を用いて、プリント配線板（Printed Wiring Board：PWB）を製造し、さらに、電子部品をはんだ付けし、プリント回路板（Printed Circuit Board：PCB）を製造することができる。

[0094] ＜２＞銅ピラーの製造方法

銅ピラーは、公知の金属の鑄造方法を用いて製造することができるが、上述したようなプリント配線板用部材と同様に製造することができる。まず、銅の表面に、銅酸化物の層を形成する工程と、銅の、銅酸化物の層が形成された面にレジスト層を形成する工程と、レジスト層が形成された銅をエッチ

ング処理する工程と、エッチング処理された銅から、レジスト層を除去する工程と、を有する。各工程の詳細は、プリント配線板用部材に準ずる。次に、半導体チップの電極上あるいは端子ピンの端面にはんだペースト（S n A g ペーストなど）を塗布し、銅ピラーを半導体チップの電極に接触するように配置した後、ペーストをリフローすることによって、銅微小端子ピンを装着することができる。あるいは、レジスト層を形成する前に半導体チップに装着し、その後、エッチングすることにより、装着したままで、形態を調整できる。

実施例

[0095] <実施例 1> プリント配線板用導体の製造と構造

1. 銅箔の処理

実施例 1 ～ 5 及び比較例 3 ～ 4 では、銅箔（D R - W S、厚さ：18 μ m）（古河電工株式会社製）を用いた。ドライフィルム A K 3 0 2 1（旭化成株式会社製）を積層する面は、非光沢面（反対側と比べて粗い面）とした。比較例 1 および 2 では、厚さ 18 μ m の H - V L P 銅箔をプリプレグ R 5 6 8 0 J（厚さ 100 μ m）の両面に積層させたものを用いた。ドライフィルム A K 3 0 2 1（旭化成株式会社製）を積層する面は、光沢面（反対側と比べて平坦な面）とした。

なお、比較例 5 では、S A P（セミアディティブ）法によって、銅配線を形成した。

[0096] (1) 酸化処理

実施例 1 ～ 5 及び比較例 3 では、銅箔を酸化剤（亜塩素酸ナトリウム 45 g / L；水酸化ナトリウム 12 g / L；K B M - 4 0 3（3-グリシドキシプロピルトリメトキシシラン；信越シリコン社製）2 g / L）に、73℃で 1.75 分浸漬して、銅箔の両面に酸化処理を行った。銅箔は酸化処理後、水洗してから乾燥させた。

[0097] (2) 電解めっき処理

実施例 1 ～ 5、比較例 3、4 では、その後、N i 電解めっき液（硫酸ニッ

ケル 240 g/L ; 塩化ニッケル 45 g/L ; クエン酸 3 ナトリウム 20 g/L) を用いて 50℃ で電流密度 0.5 A/dm² の条件で銅箔の両面の電解めっきを行った。実施例 1 は 30 秒、実施例 2 は 39 秒、実施例 3 は 56 秒、実施例 4 は 91 秒、実施例 5 は 109 秒、比較例 3 は 26 秒、比較例 4 は 87 秒、それぞれ通電した。銅箔は電解めっき処理後、水洗してから乾燥させた。

[0098] 実施例及び比較例の銅箔について、各々同じ条件で複数の試験片を作製した。

(3) 処理した銅箔の評価

以下の値を測定し、表 1 に評価結果を示した。

(3-1) R_z

実施例 1～5 及び比較例 1～5 の箔片のドライフィルムを貼り付ける面（密着面）とその裏面（非密着面）について、共焦点走査電子顕微鏡 OPT ELICS H1200（レーザーテック株式会社製）を用いた観察結果から輪郭曲線を作成し、JIS B 0601:2001 に定められた方法により R_z を算出した。測定条件として、スキャン幅は 100 μm、スキャンタイプはエリアとし、Light source は Blue、カットオフ値は 1/5 とした。オブジェクトレンズは ×100、コンタクトレンズは ×14、デジタルズームは ×1、Z ピッチは 10 nm の設定とし、3 箇所データを取得し、R_z は 3 箇所の平均値とした。

(3-2) 凸部の数

第 1 の層の凸部の数は、集束イオンビーム (FIB) によって銅箔の断面を観察した走査型電子顕微鏡 (SEM) 像（倍率は ×50, 000）において、3.8 μm あたり高さ 50 nm 以上の凸部の数を計測した。

(3-3) めっきの付着量

実施例 1～5、比較例 4 の銅片について、密着面のめっきの垂直方向の平均の厚さを測定した。まず、12% 硝酸で銅片を溶解させ、得られた液体を ICP 発光分析装置 5100 SVDV ICP-OES（アジレント・テ

クノロジー社製）を用いて解析して金属の濃度を測定し、金属の密度、金属層の表面積を考慮することで単位面積当たりの付着量を算出した。

[0099] 2. プリント配線板用部材の製造

(1) 樹脂基材の熱圧着

実施例1～5及び比較例1～4の銅片の非密着面に対して、プリプレグR5680J（パナソニック株式会社製、厚さ100 μ m）を積層し、真空高圧プレス機を用いてプレス圧2.9MPa、温度210℃、プレス時間120分の条件で熱圧着した。

[0100] (2) ソフトエッチング処理

比較例1、2の樹脂基材を熱圧着後の銅片の密着面に対して、過酸化水素1.8%；硫酸5%の水溶液を塗布し、25℃で43秒処理することによりソフトエッチング処理を行った。銅片は、エッチング処理後、水洗してから乾燥させた。

[0101] (3) ドライフィルムの貼り付け

(1) 及び(2)の処理後の銅片に対して、ドライフィルムAK3021（旭化成株式会社製）を、本ロール温度105℃、搬送速度0.4m/minで貼り付けた。

[0102] (4) 銅配線の製造

ドライフィルムを貼り付けた各銅片に対して、銅線が $L/S = 20/20\mu$ m、長さ5cmになるように露光し、現像した。現像後、塩酸1.3mol/L； H_2O_2 31.6mol/Lの水溶液を用いて、45℃で1.82m/minのスピード条件で銅片のエッチング処理を行い、銅線を形成した。その後、40℃のNaOH3%水溶液に浸漬し、銅線上に残ったDFRを除去した。

なお、比較例5については、SAP（Semi-Additive Process）法によって配線を形成した。図4に実施例及び比較例の銅線のSEM断面画像を示す（左：3000倍、右：12000倍）。なお、比較例1と2とは、ここまで同じ処理を行っているため、比較例1のみを示す。

[0103] (5) $\Phi 50 \text{ Dot}$ 剥離数 (DFR との密着性)

積層体に対して、64 個の $\Phi 50 \mu\text{m}$ のドット状の DFR になるように露光し、現像した。現像後、塩酸 1.3 mol/L ; H_2O_2 31.6 mol/L の水溶液を用いて、 45°C で 1.82 m/min のスピード条件でエッチング処理を行った。エッチング処理後、CCD カメラでエッチングされずに残存している Dot の個数を計測した。DFR が十分に密着していないと、露光現像後に DFR が剥離し、エッチング処理後 Dot 抜けが生じる。

[0104] (6) 銅線の断面形状の評価

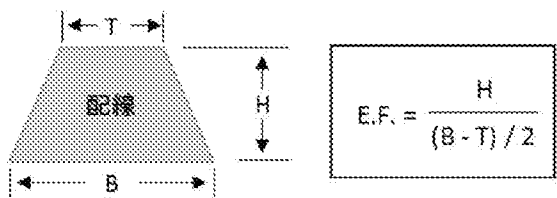
DFR 除去後、銅線の SEM 断面画像から、得られた銅線について、表 1 に示す値を調べた。配線上部角における内角は、以下のように測定した。まず、銅線の SEM 断面画像 (3000 倍、12000 倍) において、上面に由来する線分から $2 \mu\text{m}$ 離れた直線を引き、側面に由来する線との交点を特定した。上面に由来する線分の端点と、その端点と同じ側にある交点とを直線で結び、上面に由来する線分とのなす角度を測定し、配線上部角における内角とした。なお、配線上部の左角も、右角も同等の角度であることを確認した。

[0105] 配線幅の最小部は SEM 断面画像 (3000 倍) において、最小部が配線上部から $2 \mu\text{m}$ 以内にある場合は配線上部とし、最小部が配線下部から $2 \mu\text{m}$ 以内にある場合は配線下部とし、それ以外の場所にある場合は配線中腹部とした。また、最小部の長さは SEM 画像より計測した。

[0106] 配線上辺は配線の最も上辺、および、配線下辺は配線の最も下辺の長さを測定し、上辺-最小部は上記上辺から最小部の長さの差分であり、上辺が最小部のときは 0 となる。また、配線中腹部が最小部の場合、この数値が大きいほど内側にくぼんでいることを示している。

[0107] エッチングファクターは、以下の式を用いて算出した。

[式]



エッチングファクター (E.F.) 計算式

[0108] 3. 結果

[表1]

		実施例					比較例				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
銅片	密着面Ni量	0.89	1.78	3.56	7.12	8.90	-	-	0.45	8.90	-
	密着面Rz	0.86	0.86	0.81	0.72	0.67	0.91	0.91	0.91	0.52	-
	非密着面Rz	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.81	0.81	0.33	0.33	-
	密着面凸部の数	58	52	48	29	19	8	8	55	3	6
	Φ50μmDot剥離数 (DFR)	0	0	2	0	3	11	11	18	15	-
導体配線	配線上部左角のなす角度	61	69	78	60	45	110	110	99	96	97
	上辺	20.2	20.8	22.6	21.1	18.9	19.9	19.9	20.7	19.2	28.5
	下辺	27.5	25.8	26.5	20.8	18.8	28.7	28.7	32.1	29.6	31.6
	高さ	18.0	16.5	16.8	17.9	18.0	15.6	15.6	17.3	17.3	22.1
	E.F.	4.9	6.7	8.5	-92.3	-239.7	3.5	3.5	3.0	3.3	14.6
	下辺 - 上辺	7.4	4.9	3.9	-0.4	-0.2	8.8	8.8	11.5	10.5	3.0
	下辺 / 上辺	1.37	1.24	1.17	0.98	0.99	1.44	1.44	1.55	1.55	1.11
	配線幅の最小部	中腹部	中腹部	中腹部	中腹部	中腹部	上面	上面	上面	上面	上面
	場所	中腹部	中腹部	中腹部	中腹部	中腹部	上面	上面	上面	上面	上面
	μm	19.8	19.8	20.0	11.7	11.7	19.9	19.9	20.7	19.2	28.5
	上辺 - 最小部	0.37	1.04	2.61	9.47	7.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	最小部 / 上辺	98	95	88	55	62	100	100	100	101	100

[0109] 比較例 1、2 では配線上部左角のなす角度は 90° より大きく、上面に由

来する線分の長さに対する、下面に由来する線分の長さの比が大きく台形の形状となった。第2の層が形成されていないため、配線上部からエッチングが進行したものと考えられる。比較例3は配線上部からエッチングが進行し、台形の形状となった。第2の層の厚みが不足しているためと考えられる。比較例4は配線上部のエッチングも進行し、配線上部のなす角度は 90° より大きくなり、かつ下辺／上辺の数値も大きく、配線形状は台形となった。第2の層の量は実施例5と同等であるが、配線上部とDFRとの密着性が低いためと考えられる。比較例6はSAPにより形成したため配線上部左角のなす角度は 90° より大きくなった。かつ、後述するが、全ての比較例の配線幅の最小部は上面であり、配線形状が内側に凹んでいないため、樹脂基材への応力は大きく、応力緩和効果はなかった。

[0110] 一方、実施例では、表1及び図4より明らかであるが、銅線の断面において、配線上部左角のなす角度が 90° 未満であり、上面に由来する線分の長さに対する、下面に由来する線分の長さの比が1.37以下と小さく、配線形成性に優れており、配線幅の最小部は中腹部で、配線形状が内側に凹んでおり、上辺の長さ－最小部の幅が0.4以上、細り率（＝最小部の幅／上辺の幅）が98%以下だった。

[0111] 第1の層における、 $3.8\mu\text{m}$ あたりの高さ50nm以上の凸部の数は、実施例ではいずれも19個以上であった。また、 $\Phi 50\text{Dot}$ 剥離数も実施例では3個以下と少なく、いずれの結果も、実施例におけるDFRとの高い密着性を示していた。

[0112] また、配線幅、すなわち上面に由来する線分に平行な直線と、側面に由来する2本の線分との2つの交点を結ぶ線分の長さ、が最小になるのは、中腹部にある場合、すなわちほぼそれらの線分とほぼ等距離にある場合であった。

[0113] <実施例2>応力緩和効果の確認

1. プリント配線板用部材の場合

(1) プリント配線板用部材の製造

実施例2では、応力緩和効果の確認のため、プリント配線板用部材は、シミュレーションモデル（図5）と同じ構成のものを使用した。

本実施例では、銅部材の側面に対し、1-(1)と同様に酸化処理を行った。比較例2と5については、黒化処理を行った。黒化処理は、メルテックス製エンプレートを使用し、温度80℃、処理時間6分20秒の条件で行った。その後、樹脂と銅箔を上下にそれぞれ積層し、最外層の配線形成後に内層部の配線（図5の上から2段目の銅配線／樹脂層に対応）に関して評価した。銅部材は熱膨張係数が16.8 ppm/Kのものを、樹脂部材はTg以下の熱膨張係数が16.5 ppm/Kと30 ppm/Kの2種を用いた。評価結果を表2に示す。

[0114] (2) 剥離試験

(1)で作製したサンプルに対し、ヒートサイクル試験として、-55℃30分、125℃30minのサイクルを3000サイクル行った。3000サイクル後の配線断面をSEMで観察し、配線と基材の剥離有無を確認した。

[0115] (3) シミュレーション

シミュレーションについては、汎用の有限要素法解析ソフト「ANSYS mechanical Ver. 19.2」（ANSYS社）を用いて、プリント配線基板をCADにてモデル化して解析した。解析手法としては、銅を弾性体、樹脂部を粘弾性体として、温度および時間依存性の物性値を入力し、樹脂の硬化温度から低温まで下げたときの粘弾性応力解析を行い、材料間の熱膨張係数の差から発生するひずみ、及び応力を得た。結果を図6に示す。また、得られた応力値を表2に示す。

[0116] 2. 銅ピラーの場合

図7にシミュレーション解析モデルを示す。プリント配線板（図中下部）とSiチップ（図中上部）の接続部として銅ピラーとはんだで構成された構造物を等間隔で設置し、これらの隙間にはアンダーフィルを補強材として用いた。銅ピラーの形状を変えてシミュレーションを実施した。銅ピラーは熱

膨張係数が 16.8 ppm/K のものを、アンダーフィルは実測値より T_g 以下の熱膨張係数が 31 ppm/K のものを、用いた。

[0117] シミュレーションについては、上記同様のソフトを用いて、銅形状を断面SEMから計測し、CADにてモデル化し解析した。解析手法としては、銅を弾性体、樹脂部を粘弾性体として温度、時間依存性の物性値をインプットし、樹脂の硬化温度から低温まで下げたときの粘弾性応力解析を行い、各モデルに材料間の熱膨張係数の差から発生するひずみ、及び応力をアウトプットした。図8に結果を示す。また、得られた応力、および、ひずみ、反りの値を表2に示す。

[0118] 3. 結果

[表2]

		樹脂物性		評価項目	実施例					比較例				
		熱膨張係数	引張強度		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
		ppm/K	GPa		剥離なし 剥離なし	剥離なし 剥離なし	剥離なし 剥離なし	剥離なし 剥離なし	剥離なし 剥離なし	剥離なし 剥離あり	剥離なし 剥離あり	剥離なし 剥離あり	剥離なし 剥離あり	剥離なし 剥離あり
プリント配線板用部材	実験値	16.5	23.6	3μm以上の剥離 初期 試験後	剥離なし 剥離なし	剥離なし 剥離なし	剥離なし 剥離なし	剥離なし 剥離なし	剥離なし 剥離なし	剥離なし 剥離あり	剥離なし 剥離あり	剥離なし 剥離あり	剥離なし 剥離あり	剥離なし 剥離あり
				ピール強度 (初期) kgf/cm	0.64	0.71	0.73	0.68	0.62	0.31	0.69	0.55	0.28	-
	シミュレーション	30	5.3	3μm以上の剥離 初期 試験後	剥離なし 剥離なし	剥離なし 剥離なし	剥離なし 剥離なし	剥離なし 剥離なし	剥離なし 剥離なし	剥離なし 剥離あり	剥離なし 剥離あり	剥離なし 剥離あり	剥離なし 剥離あり	剥離なし 剥離あり
				ピール強度 (初期) kgf/cm	0.63	0.65	0.64	0.62	0.57	0.28	0.69	0.61	0.34	-
銅ビラー	シミュレーション	16.5	23.6	初期引張応力 Mpa	-	-	49.8	-	48.9	-	51.5	51.6	-	51.4
				Dieの反り %	-	-	-66.7	-	-66.6	-	-	-	-	-67
	シミュレーション	31	11.25	はんだひずみ アンダーフィル相当応力 Mpa	-	-	0.24	-	0.22	-	-	-	-	0.25
				銅ビラー引張応力 Mpa	-	-	138.6	-	140.7	-	-	-	-	150.8
					-	-	863	-	1488	-	-	-	-	748

銅の熱膨張係数 16.8ppm

[0119] 表2から明らかなように、初期のピール強度はそれほど違いがないにもかかわらず、実施例1～5はヒートサイクル試験後に剥離は生じず、比較例は

剥離が生じた。

[0120] 図6に、プリント配線板用部材のシミュレーション結果を図示した。色が薄いほど相当応力が小さく、色が濃いほど、相当応力が大きいことを示している。A. 銅配線の図はシミュレーション解析結果より銅配線部分のみを抜き出した図であり、B. 樹脂の図は樹脂部分のみを抜き出した図である。

[0121] 樹脂（B）では、実施例の配線形状において薄色部が多く、相当応力が小さかった。一方、比較例ではライン状に濃色部があり、相当応力が大きかった。銅配線（A）では、実施例の方が、比較例より濃色部が多い。これは実施例の場合、降伏応力の小さい樹脂部の応力を軽減し、その分の応力を降伏応力の大きい銅配線に移行していることを示している。

[0122] 図8に、銅ピラーのシミュレーション結果を図示した。図6と同様に色が薄いほど相当応力が小さく、色が濃いほど、相当応力が大きいことを示している。A. はんだの図はシミュレーション解析結果よりはんだ部分のみを抜き出した図であり、B. 銅ピラーは同様に銅ピラーの部分のみ、C. アンダーフィルはアンダーフィルのみを抜き出した図である。

[0123] 実施例では、比較例より、はんだひずみが低く、アンダーフィルの相当応力が低く、銅ピラーの引っ張り応力は逆に大かった。これは、実施例の銅ピラー形状にすることで、はんだとアンダーフィルの応力を軽減し、その分の応力を銅ピラーに移行していることを示している。

[0124] シミュレーション結果からもわかるように、実施例で剥離が生じないのは、実施例のような形状では基材の応力が降伏応力の大きい銅配線へ移行したためだと考えられる。

このように、金属部材を本実施例のような形状にすることで、金属部材側に生じる応力を緩和することが可能になる。

符号の説明

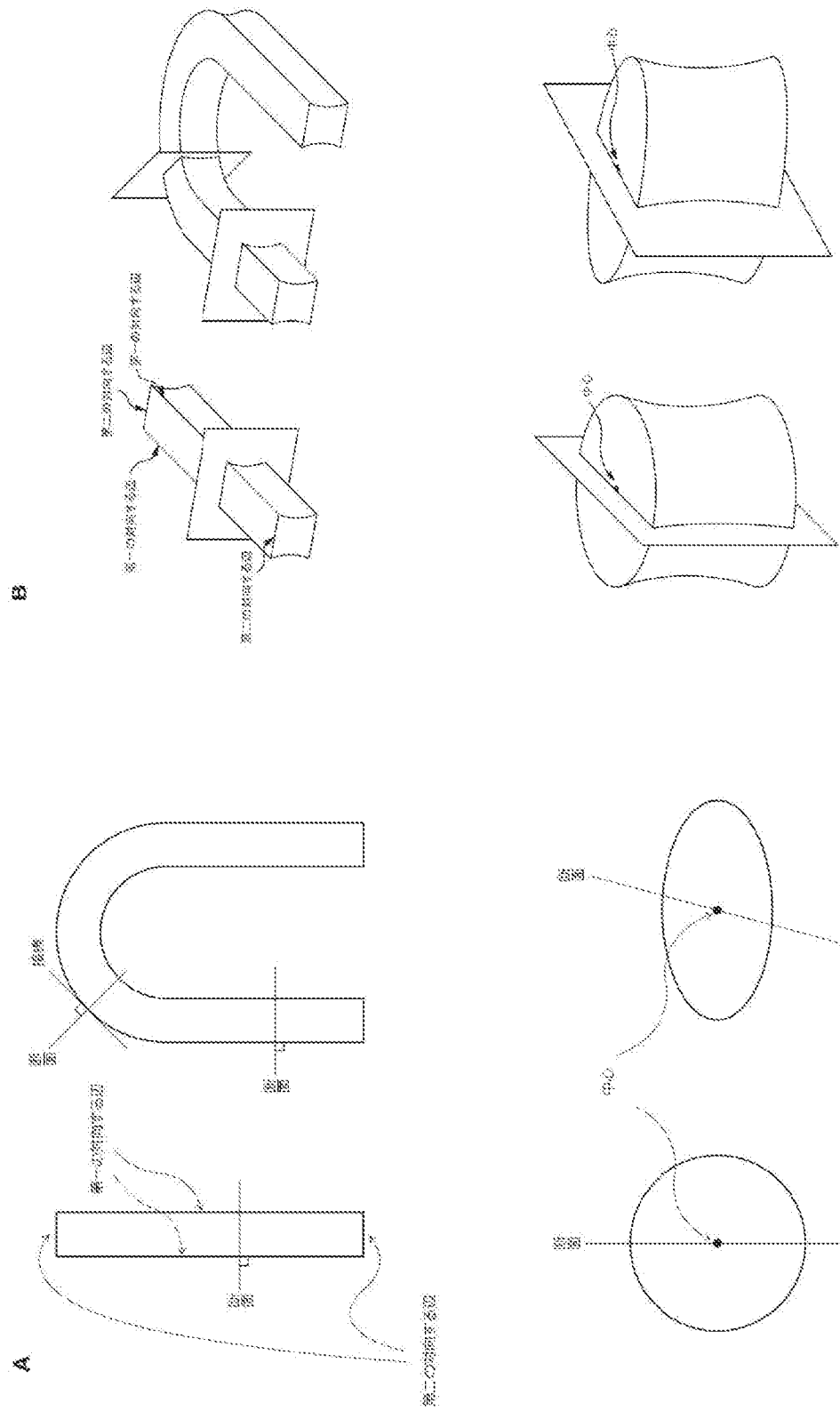
[0125] 1：第1の面；2：第2の面；3：第3の面

請求の範囲

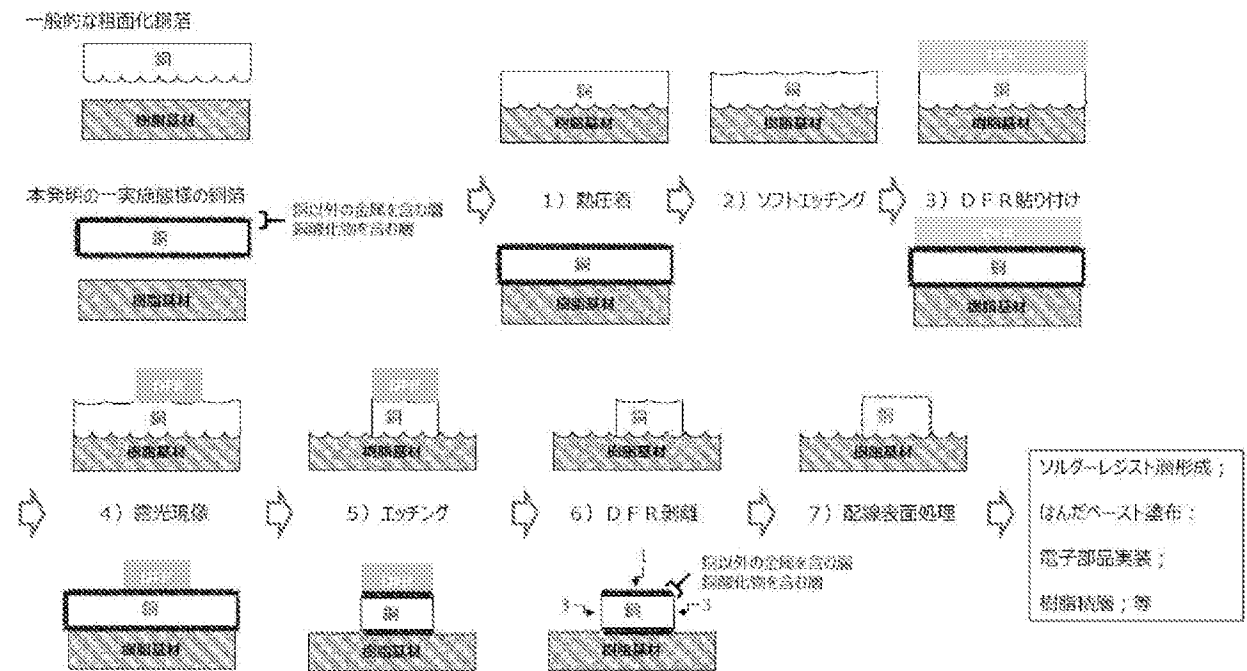
- [請求項1] 上面と下面と側面を有する金属部材であって、
前記上面と前記下面が平行であって、
前記側面が内側に凹んでいる、金属部材。
- [請求項2] 前記側面がなだらかな弧を描く形状である、請求項1の金属部材。
- [請求項3] 細り率が、前記上面と前記下面の間隔の40～60%の間の所定部分で最も大きくなっている、請求項1または2に記載の金属部材。
- [請求項4] 前記所定部分の細り率が50%以上99%以下の、請求項3に記載の金属部材。
- [請求項5] 前記所定部分の細り率が55%以上、99%以下の、請求項3に記載の金属部材。
- [請求項6] (1) 前記上面と前記下面が四角形である場合、
前記上面と前記下面はそれぞれ第1の対向する辺と第2の対向する辺を有し、
第1の対向する辺の長さは第2の対向する辺の長さと同じか、より長く、
前記第1の対向する辺は平行であり、
前記上面及び前記下面に垂直で、かつ第1の対向する辺の直線部分においては当該直線に垂直であるか第1の対向する辺の曲線部分においては当該曲線の接線に垂直である断面のうち所定の割合、または
(2) 前記上面と前記下面が円または楕円である場合、
前記上面及び前記下面に垂直で、かつ前記上面の中心及び前記下面の中心を含む断面のうち所定の割合、
において、
前記上面に由来する線分の端点と、当該線分から2 μ m離れた直線と前記側面に由来する線との交点であって、前記端点と同じ側にある前記交点とを結んだ直線と、前記上面に由来する線分とのなす角度が90°未満である、請求項1～5のいずれか1項に記載の金属部材。

- [請求項7] 前記上面及び前記下面に垂直な前記断面において、前記上面に由来する線分に平行な直線と、前記側面に由来する2本の線分との2つの交点を結ぶ線分は、前記上面に由来する線分と前記下面に由来する線分との間の40～60%の間の所定部分で最も短くなる、請求項6に記載の金属部材。
- [請求項8] 前記金属部材は、銅を含む、請求項1～7のいずれかに記載の金属部材。
- [請求項9] 前記金属部材が銅ピラーである、請求項8に記載の金属部材。
- [請求項10] 前記金属部材がプリント配線板用導体である、請求項8に記載の金属部材。
- [請求項11] 前記側面が樹脂に埋め込まれている、請求項1～10のいずれか1項に記載の金属部材。
- [請求項12] 前記金属部材の含む金属の熱膨張係数は、前記樹脂の熱膨張係数と異なる、請求項11に記載の金属部材。
- [請求項13] 前記金属の熱膨張係数は、前記樹脂の熱膨張係数と0.3ppm/K以上異なる、請求項12に記載の金属部材。

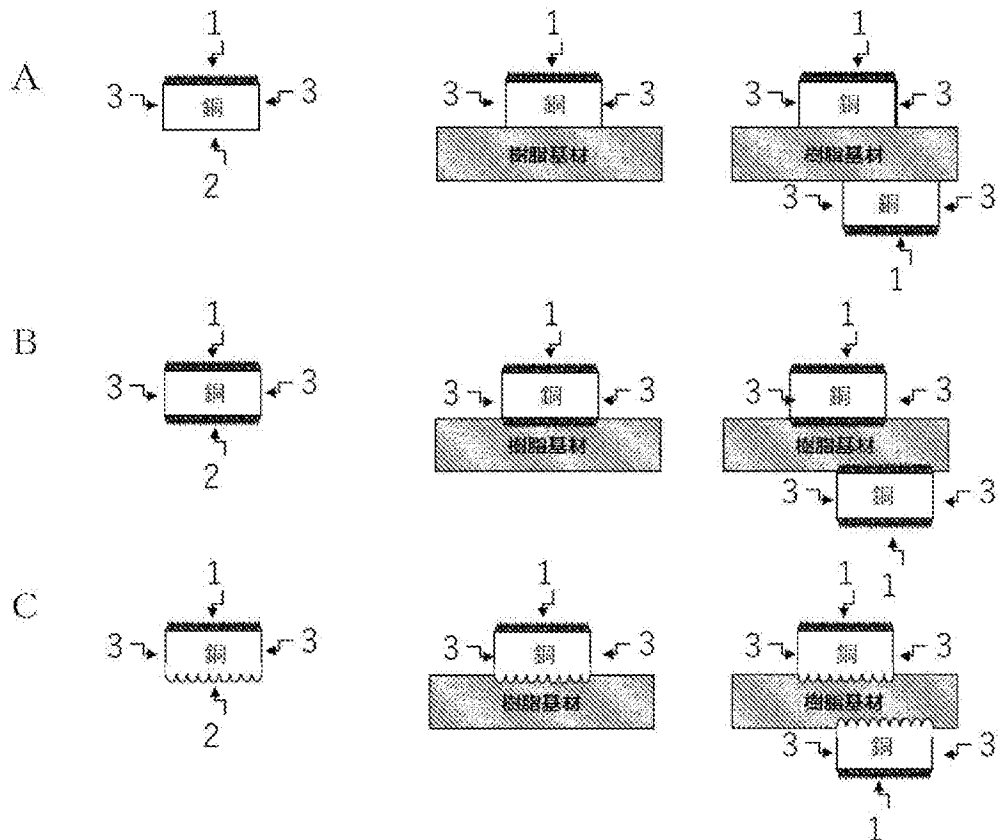
[図1]



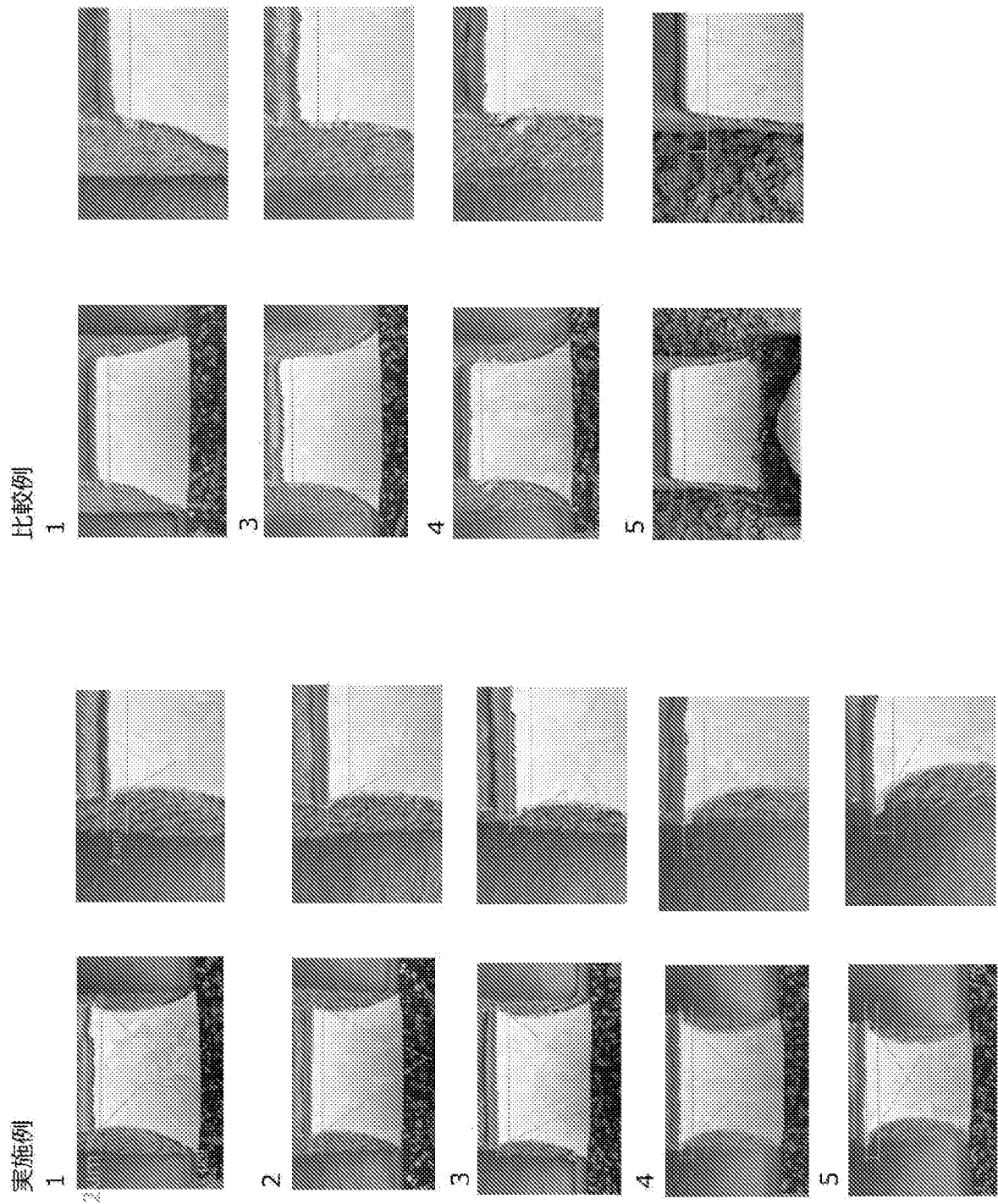
[図2]



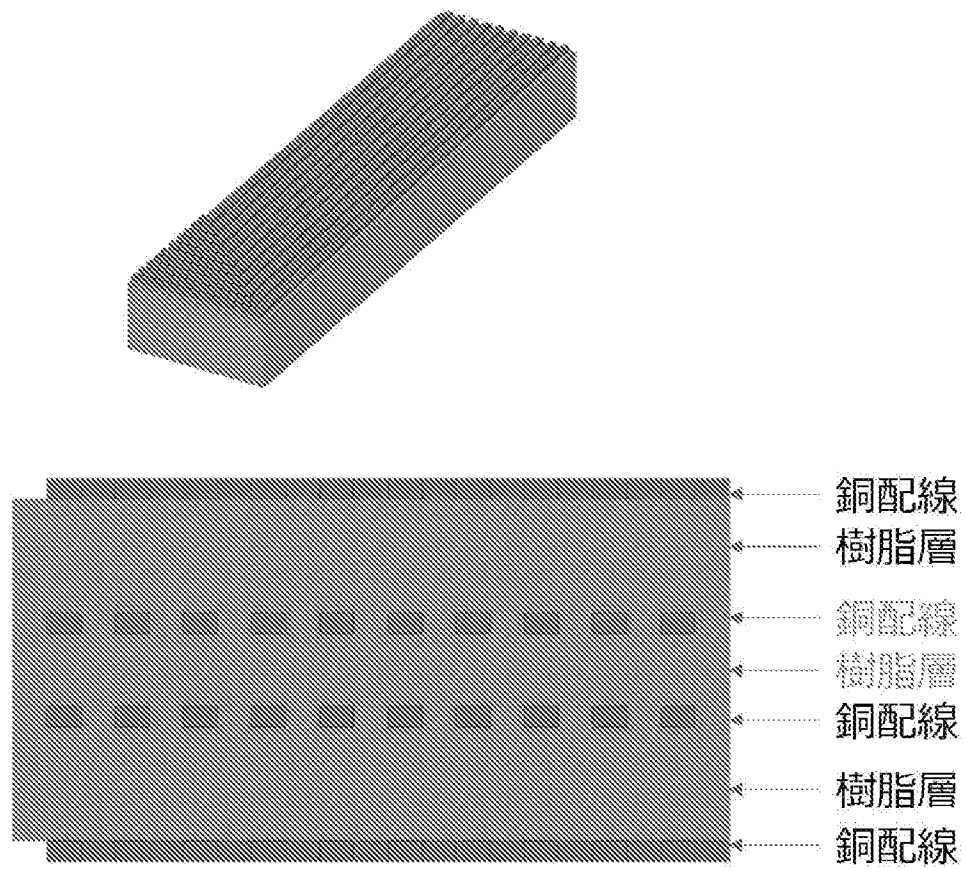
[図3]



[図4]

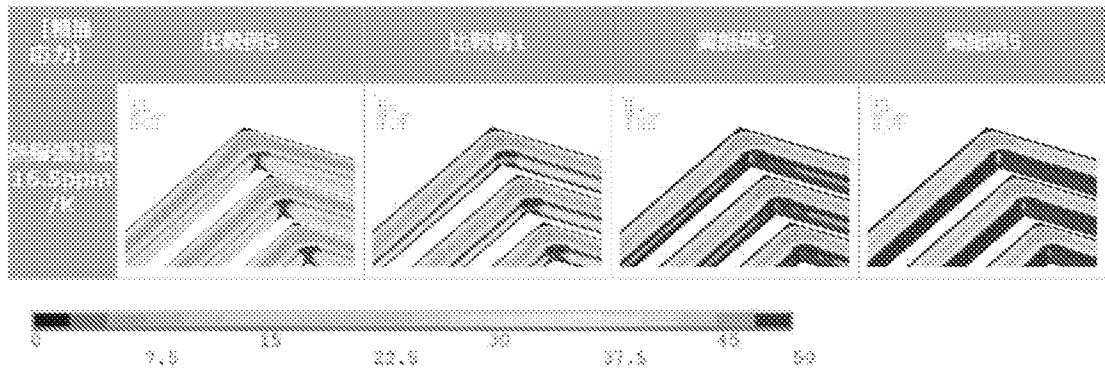


[図5]

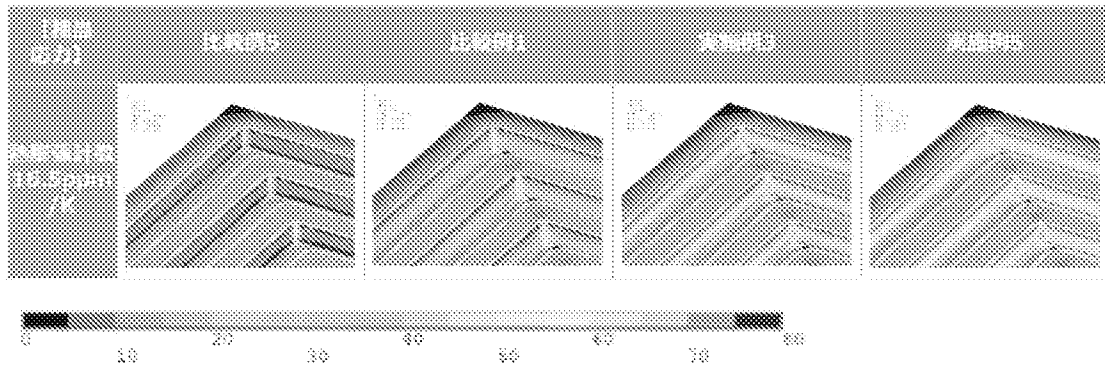


[図6]

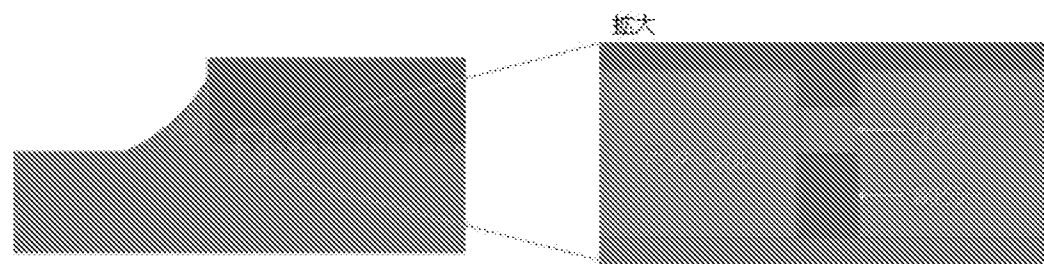
A. 銅配線



B. 樹脂

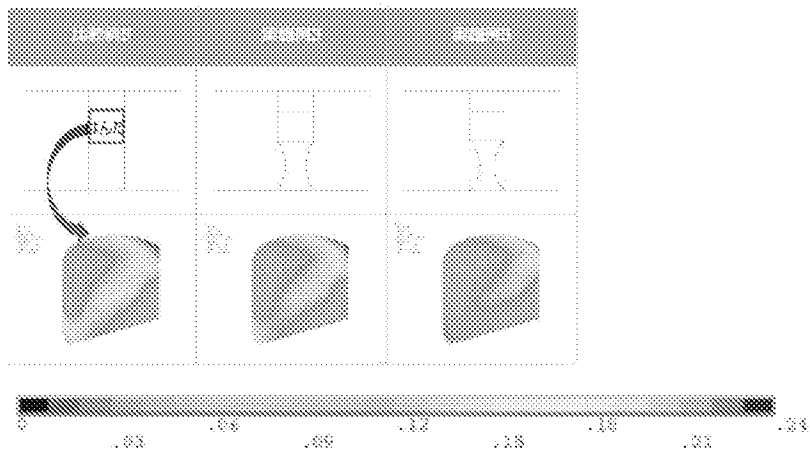


[図7]

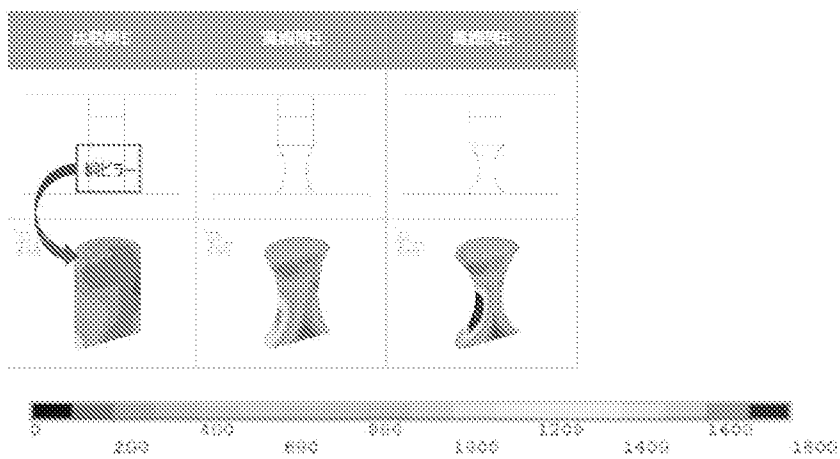


[図8]

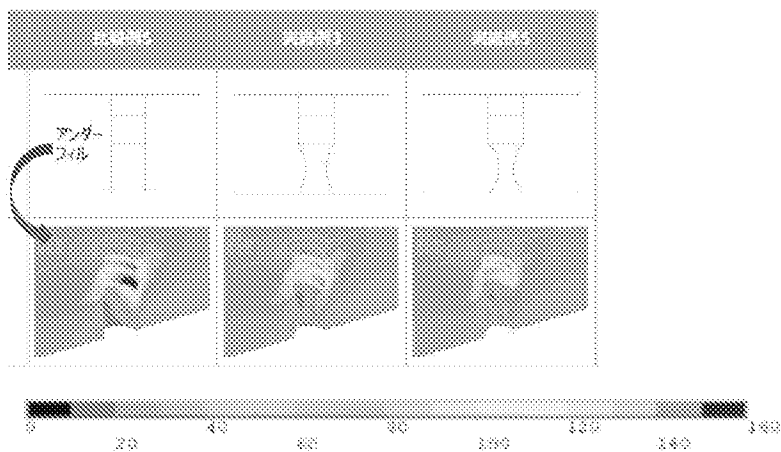
(A) はんだ



(B) 銅ピラー



(C) アンダーフィル



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/047438

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H01L 23/12**(2006.01)i; **H05K 1/02**(2006.01)i; **H05K 1/05**(2006.01)i; **H05K 1/14**(2006.01)i; **H05K 3/06**(2006.01)i

FI: H05K1/02 J; H01L23/12 F; H05K3/06 A; H05K1/05 B; H05K1/14 H

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; H05K1/02; H05K1/05; H05K1/14; H05K3/06

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 1971-2022

Registered utility model specifications of Japan 1996-2022

Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

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 2015-60947 A (IBIDEN CO., LTD.) 30 March 2015 (2015-03-30) paragraphs [0010]-[0046], fig. 4, 8, 15(B), 15(D)	1-12
Y		6, 13
Y	WO 2018/116692 A1 (TATSUTA ELECTRIC WIRE & CABLE CO LTD) 28 June 2018 (2018-06-28) paragraph [0039]	6, 13
Y	JP 2016-122796 A (SHINKO ELECTRIC INDUSTRIES CO., LTD.) 07 July 2016 (2016-07-07) paragraphs [0036]-[0037], fig. 1	13

☐ 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

“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

08 March 2022

Date of mailing of the international search report

22 March 2022

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/JP2021/047438

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2015-60947	A	30 March 2015	US 2015/0077963 A1 paragraphs [0026]-[0075], fig. 4, 8, 15(B), 15(D)	
WO	2018/116692	A1	28 June 2018	US 2020/0091050 A1 paragraphs [0093]-[0094] CN 110036471 A KR 10-2019-0092404 A TW 201826452 A	
JP	2016-122796	A	07 July 2016	US 2016/0190053 A1 paragraphs [0048]-[0049], fig. 1	

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; H05K 1/02(2006.01)i; H05K 1/05(2006.01)i; H05K 1/14(2006.01)i; H05K 3/06(2006.01)i FI: H05K1/02 J; H01L23/12 F; H05K3/06 A; H05K1/05 B; H05K1/14 H										
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; H05K1/02; H05K1/05; H05K1/14; H05K3/06										
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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2022年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2022年	日本国実用新案登録公報	1996-2022年	日本国登録実用新案公報	1994-2022年
日本国実用新案公報	1922-1996年									
日本国公開実用新案公報	1971-2022年									
日本国実用新案登録公報	1996-2022年									
日本国登録実用新案公報	1994-2022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 2015-60947 A（イビデン株式会社）30.03.2015（2015-03-30） 段落[0010]-[0046], 図4, 8, 15(B), 15(D)	1-12								
Y		6, 13								
Y	WO 2018/116692 A1（タツタ電線株式会社）28.06.2018（2018-06-28） 段落[0039]	6, 13								
Y	JP 2016-122796 A（新光電気工業株式会社）07.07.2016（2016-07-07） 段落[0036]-[0037], 図1	13								
☐ 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、一般的技術水準を示すもの “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 08.03.2022		国際調査報告の発送日 22.03.2022								
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） 黒田 久美子 5D 8393 電話番号 03-3581-1101 内線 3551								

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/JP2021/047438

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2015-60947	A	30.03.2015	US 2015/0077963 A1 段落[0026]-[0075], 図4, 8, 15(B), 15(D)	
WO	2018/116692	A1	28.06.2018	US 2020/0091050 A1 段落[0093]-[0094] CN 110036471 A KR 10-2019-0092404 A TW 201826452 A	
JP	2016-122796	A	07.07.2016	US 2016/0190053 A1 段落[0048]-[0049], 図1	