

(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
2016年8月4日(04.08.2016)



(10) 国際公開番号

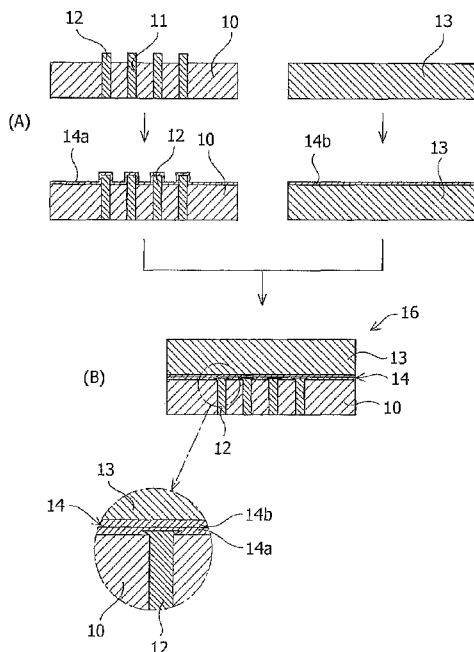
WO 2016/121789 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 23/32 (2006.01) H01L 23/12 (2006.01)
H01L 21/60 (2006.01) H01L 23/36 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/052261
- (22) 国際出願日: 2016年1月27日(27.01.2016)
- (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 2015-013239 2015年1月27日(27.01.2015) JP
- (71) 出願人: 信越化学工業株式会社 (SHIN-ETSU CHEMICAL CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1000004 東京都千代田区大手町二丁目6番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 小西 繁(KONISHI, Shigeru); 〒3790195 群馬県安中市磯部2丁目13番1号 信越化学工業株式会社 精密機能材料研究所内 Gunma (JP).
久保田 芳宏(KUBOTA, Yoshihiro); 〒3790195 群馬県安中市磯部2丁目13番1号 信越化学工業株式会社 精密機能材料研究所内 Gunma (JP).
- (74) 代理人: 奥山 尚一, 外(OKUYAMA, Shoichi et al.); 〒1000014 東京都千代田区永田町2丁目13番5号赤坂エイトワンビル7階 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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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:
— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: INTERPOSER SUBSTRATE LAMINATE AND MANUFACTURING METHOD FOR SAME

(54) 発明の名称: インターポーザー基板積層体およびその製造方法

[図1]



(57) Abstract: Provided are an interposer substrate laminate that is obtained by providing, on an interposer substrate having a plurality of through holes, a separate substrate, with a metal layer therebetween, and that has excellent heat dissipation properties, and a manufacturing method for the same. Specifically, this manufacturing method for an interposer substrate laminate comprises at least a pressurization step for causing a surface of an interposer substrate and a surface of a separate substrate to face each other and applying a pressure of 5 kgf/cm² or more to bond the surfaces together. The interposer substrate comprises: a plurality of through holes or grooves; and a conductive material that is filled in the through holes or grooves and projects to a height that is greater than 0 μm and not more than 10 μm from the surface to be bonded having the through holes or grooves. On the surface of the separate substrate, a metal layer is formed. The conductive material is formed of a metal material and a carbon material. Further, this interposer substrate laminate is provided with an interposer substrate, a metal layer provided on a surface of the interposer substrate to be bonded, and a separate substrate provided on the metal layer.

(57) 要約: 複数の貫通孔を備えたインターポーザー基板上に金属層を介して他の基板を備えたインターポーザー基板積層体であって、放熱性の良好なインターポーザー基板積層体およびその製造方法を提供する。具体的には、複数の貫通孔または溝部と、貫通孔または溝部に充填され、貫通孔または溝部を有する接合しようとする側の面から0 μmを超えて10 μm以下の高さまで飛び出ている導電性材料とを備えるインターポーザー基板の表面と、他の基板の金属層を形成した表面とを対向させ、5 kgf/cm²以上で加圧することにより

接合する加圧工程であって、導電性材料が金属材料および炭素材料で構成される、加圧工程を少なくとも含む、インターポーザー基板積層体の製造方法である。また、インターポーザー基板と、インターポーザー基板の接合しようとする側の面の上に備えられた金属層と、金属層の上に備えられた他の基板とを備えるインターポーザー基板積層体である。

WO 2016/121789 A1

明 細 書

発明の名称： インターポーザー基板積層体およびその製造方法 技術分野

[0001] 本発明は、第一の基板上に第二の基板を備えた基板積層体に関し、複数の貫通孔を備えたインターポーザー基板上に金属層を介して他の基板を備えたインターポーザー基板積層体およびその製造方法に関する。

背景技術

[0002] 半導体装置は、例えば多層回路基板のような配線基板（実装基板とも呼ばれる）の上に、ＩＣチップやＬＳＩチップ等の半導体チップが搭載されている。配線基板と半導体チップを電氣的に接続する実装手法としては、例えば、ワイヤボンディング（ＷＢ）法およびフリップチップ（ＦＣ）法等が挙げられる。

[0003] ＷＢ法は、配線基板と半導体チップ上の電極を、直径十数マイクロメートルから数百マイクロメートルのボンディングワイヤを用いて電氣的に接続する手法である。ＷＢ法によって接合する場合、接続手段として使用するボンディングワイヤの機械的強度が弱いことがあった。また、広い配線スペースを必要とするため、高密度配線やデバイスの小型化、薄型化などの要求に十分に対応できないことがあった。

[0004] 一方、ＦＣ法は、配線基板の上に、アレイ状に並んだバンプと呼ばれる突起状の端子を配置し、このバンプを介して半導体チップを搭載することで電氣的に接続する手法である。ＦＣ法において、半導体チップにはんだのバンプを形成する方法としては、例えば、半導体チップの回路形成面のアルミニウム電極にはんだを盛り上げ、更にそのはんだを加熱して半球状にバンプを形成する方法や、金ワイヤをアルミニウム電極にボンディングして小球状のバンプを形成する方法などが挙げられる。また、電氣的接続部分の機械的強度を上げるため、または、耐水性を高めるために、後の工程において、ＷＢ法では例えば半導体装置全体または一部、ＦＣ法では例えば配線基板と半導

体チップの間を、エポキシ樹脂のような絶縁性の封止樹脂（ＦＣ法においてはアンダーフィル材とも呼ばれる）で封止することが一般的に行われている。ＦＣ法によって接合する場合、配線基板と半導体チップが bumps によって接合されているだけであるため、半導体装置に下方や側面からストレスがかかった場合に、たとえ樹脂封止していたとしても、配線基板から半導体チップが外れてしまうことがあった。また、配線基板、半導体チップ、およびアンダーフィル材は、それぞれ線膨張率が異なるため、接合した材料間の線膨張率の差異により配線基板や半導体チップに大きな反りが発生し、チップの破損や外れ、更には異常動作が生じる場合があった。配線基板をより硬質の材料で構成することで反りの問題を防止することが考えられるが、最近の傾向として、半導体チップの基板は薄く脆い材料で構成されているので依然として破損しやすく、配線基板の改善のみで全ての問題が解決できるものではなかった。

[0005] これらの問題を解決するため、例えば配線基板と半導体チップの間にインターポーザー基板を介挿して半導体装置を構成する方法が提案され、その実用化が検討されている。

インターポーザー基板は、シリコンやガラス基板に直径数 $10\ \mu\text{m}$ ～数 $100\ \mu\text{m}$ の貫通孔を周期的に設け、貫通孔を導電性の高い材料で充填した構造をとっている。インターポーザー基板を用いた実装形態は、例えば特許文献 1 や特許文献 2 などに記載されている。さらに、半導体チップを配線基板上に、WB 法や FC 法を用いて搭載するよりも、インターポーザー基板を用いて、例えば半導体装置を形成したウェハレベルで、ウェハ全面で接合することが、工程コストを下げる点から望まれている。

[0006] 近年、半導体チップの高密度化が進んでおり、電気的な接続の他に、半導体装置からの放熱が要求されてきている。インターポーザー基板の充填材としては、一般的に、Cu（熱伝導率 $\sim 400\text{ W/m}\cdot\text{K}$ ）が用いられているが、更に放熱性を高めるために、より熱伝導率の高い充填材が望まれている。熱伝導率の高い材料としては、カーボンナノチューブが挙げられる（特許

文献3、非特許文献1および2)。Kimらによれば、カーボンナノチューブの熱伝導率が $3000\text{ W/K}\cdot\text{m}$ 以上であり、その導電性から、カーボンナノチューブを充填材に用いる検討を成している（非特許文献1）。また、特許文献3は、基板上に触媒を塗布し、触媒を起点として成長させることで、基板上に垂直方向へカーボンナノチューブを成長させることができることを記載している。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特開平11-288978号

特許文献2：特開2000-31345号

特許文献3：特開2003-183012号

非特許文献

[0008] 非特許文献1：P.Kim et al., Physical Review Letters 87 (21), 215502-1~-4 (2001)

非特許文献2：A.Kawabata et al., Japanese Journal of Applied Physics 52, 110117-1~-4 (2013)

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] インターポーザー基板の貫通孔にカーボンナノチューブを成長させて充填することで、電氣的接続及び放熱性を高める用途に適用する場合、以下の問題がある。

まず、電氣的な接続をとるには、例えばインターポーザー基板の厚みと同じ長さより長くカーボンナノチューブを成長させる必要がある。カーボンナノチューブを貫通孔から飛び出した形に成長させたインターポーザー基板を、半導体チップやデバイス構造を形成した基板とウェハレベルで接合する場合、例えばプラズマ接合や直接接合によって基板の全面で貼り合わせるよう

にして接合すると、接合する表面にカーボンナノチューブによる凹凸があるため、うまく接合できなかった。一方、カーボンナノチューブをインターポーザー基板の厚みより短く成長させる、つまり、貫通孔周辺の基板表面の高さより浅く成長させれば、接合時の平坦性の問題は無くなるが、電氣的な接続は得られなかった。電氣的な接続性および接合に適した平滑性を得るために、カーボンナノチューブを貫通孔から飛び出した形に成長させたインターポーザー基板を洗浄及び研磨を施すと、貫通孔からカーボンナノチューブが脱落するという問題があった。このため、カーボンナノチューブを貫通孔から飛び出した形に成長させたインターポーザー基板の表面にSOG (Silicon on Glass) 膜を形成し、化学機械研磨 (Chemical Mechanical Polishing、CMP) を施す検討もなされているが、SOG膜は絶縁体であり、且つ、熱伝導率は SiO_2 程度 (約 $1.5 \text{ W/m} \cdot \text{K}$) であるため、放熱性が悪くなる問題があった。

[0010] 次に、放熱性については、上述したとおり、カーボンナノチューブ単体の高い熱伝導率が報告されているが、基板上に成長させたカーボンナノチューブの単位面積あたりの密度が低く、例えばこれらのカーボンナノチューブを貫通孔に成長させた場合、貫通孔内の空隙率が高くなるので十分な放熱性を得られないことがあった。非特許文献2は、カーボンナノチューブの単位面積あたりの密度を高める検討が成されており、面積密度を高めることで放熱性が向上することを報告している。しかしながら、この報告におけるカーボンナノチューブの放熱性は、既存の充填材であるCuで充填した場合の放熱性には達しておらず、さらなる密度の向上が望まれる。

[0011] 本発明者らは、貫通孔をカーボンナノチューブのみで充填する検討の他に、カーボンナノチューブとCuを複合化させて充填し、Cuによって貫通孔とカーボンナノチューブの間の空隙を埋めることで、Cuのみで充填するよりも放熱性を高めることも検討した。しかしながら、貫通孔の電氣的接続を得るためにカーボンナノチューブを貫通孔から飛び出した形で充填させると、半導体チップと接合する前に、その表面をCMPによって平滑化する必要

があった。また、Cuが成膜された面にCMPを行った場合、エロージョンやディッシング等により凹みが生じ、その状態の表面を他の基板と接合させると、接合面にボイドを発生させることがあった。

[0012] 以上のように、カーボンナノチューブをインターポーザー基板の貫通孔の充填材として用いた場合、貫通孔に導電性材料が飛び出した形で充填している表面、つまり半導体チップ等の他の基板と接合する面に段差が生じるため、他の基板との接合がうまくできないという問題があった。また、理論上熱伝導率がカーボンナノチューブより高いといわれているグラフェンを適用する場合においても、貫通孔から飛び出した形で充填されるため、上述したような問題が生じ、適した接合方法を見出す必要があった。

[0013] 上記の課題を鑑みて、本発明の目的は、例えば貫通孔や配線用の溝部（トレンチ）を有し、その貫通孔や溝部から半導体装置の高放熱化に有用な熱伝導率の高いカーボンナノチューブまたはグラフェンと金属材料とを飛び出す形で充填させたインターポーザーなどの基板を、半導体チップなどの別種基板とウェハレベル、つまりウェハ全面で強固に接合することが可能な基板積層体およびその製造方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0014] 本発明は、一態様によれば、複数の貫通孔または溝部と、前記貫通孔または溝部に充填され、前記貫通孔または溝部を有する接合しようとする側の面から $0\mu\text{m}$ を超えて $10\mu\text{m}$ 以下の高さまで飛び出ている導電性材料とを備えるインターポーザー基板の表面と、他の基板の金属層を形成した表面とを対向させ、 $5\text{kgf}/\text{cm}^2$ 以上で加圧することにより接合する加圧工程であって、前記導電性材料が金属材料および炭素材料で構成される、加圧工程を少なくとも含む、インターポーザー基板積層体の製造方法を提供できる。

また、本発明は、別の一態様によれば、複数の貫通孔または溝部と、前記貫通孔または溝部に充填され、前記貫通孔または溝部を有する接合しようとする側の面から $0\mu\text{m}$ を超えて $10\mu\text{m}$ 以下の高さまで飛び出ている導電性材料とを備えるインターポーザー基板と、前記インターポーザー基板の前記

貫通孔または溝部を有する接合しようとする側の面の上に備えられた金属層と、前記金属層の上に備えられた他の基板とを少なくとも備えるインターポザー基板積層体を提供できる。

発明の効果

- [0015] 本発明によれば、例えば、その貫通孔または溝部から熱伝導率の高いカーボンナノチューブまたはグラフェンなどの炭素材料とCuなどの金属材料を飛び出た形で、基板の表面よりも所定の範囲だけ高い位置まで充填させたインターポザーなどの基板を用いて、半導体チップなどの他の基板と基板全面で接合した場合でも、接合界面全体にわたり空隙が少ない基板積層体が得られる。得られたインターポザー基板積層体は、インターポザー基板と他の基板との接合界面における接合性が良好であり、優れた放熱性を得ることが可能である。

図面の簡単な説明

- [0016] [図1]本発明の一実施形態のインターポザー基板積層体の製造方法の模式図である。
- [図2]本発明の別の一実施形態のインターポザー基板積層体の製造方法の模式図である。

発明を実施するための形態

- [0017] 以下、本発明を実施するための一形態を詳細に説明するが、本発明の範囲はこの形態に限定されるものではない。

- [0018] 本発明は、一実施の形態によれば、インターポザー基板上に金属層を介して他の基板を備えたインターポザー基板積層体の製造方法を提供できる。

インターポザー基板の材料としては、シリコン、ガラス、およびポリイミドなどの有機材料からなる基板が挙げられる。特に、シリコンは、貫通孔または溝部の形成などにおいて加工が容易であるため、好ましい。インターポザー基板の厚みは、特に限定するものではないが、30～500 μ mとしてもよい。

[0019] インターポーザー基板は、複数の貫通孔を備えている。貫通孔は、インターポーザー基板の厚み方向に貫通している。貫通孔の形状は、特に限定するものではないが、円形、楕円形、正方形、長方形等であってもよい。貫通孔の形状が円形の場合、直径は、特に限定するものではないが、 $10 \sim 500 \mu\text{m}$ としてもよい。他の形状については、特に限定するものではないが、断面積が $78.5 \sim 196250 \mu\text{m}^2$ であってもよい。インターポーザー基板は、複数の貫通孔を備えており、ピッチ幅を形成し得る少なくとも2以上の貫通孔を備えている。インターポーザー基板は、例えば 1 cm^2 あたり2500個の貫通孔を有していてもよい。複数の貫通孔は、それぞれ同じ形状であっても異なる形状であってもよく、同じ断面積であっても異なる断面積であってもよい。貫通孔は、用途に応じて、周期的に備えてもよく、または、ランダムに備えてもよい。貫通孔が周期的に備えられるとは、例えば同じ直径の円形の貫通孔を備える場合、基盤の目状に各貫通孔の中心、つまり円形の中心部を配置するような一定の間隔をおいて貫通孔が備えられる状態である。例えば、インターポーザー基板に同じ直径の円形の貫通孔を3個備える場合、一列に等間隔で配置していてもよいし、3つの貫通孔の各中心間の距離が同じとなるように配置してもよい。貫通孔間のピッチ幅は、特に限定するものではないが、等間隔としても異なる間隔としてもよく、 $10 \sim 500 \mu\text{m}$ としてもよい。

[0020] インターポーザー基板は、さらに溝部（トレンチ）を備えていてもよい。また、場合によって、インターポーザー基板は、貫通孔の代わりに複数の溝部を備えていてもよい。溝部は、貫通孔と異なり、基板を貫通してなく、インターポーザー基板の表面から基板の厚み方向に対して深さをもつ溝である。溝部の最深部は、特に限定するものではないが、インターポーザー基板の厚みに対して $10 \sim 50\%$ の深さであってもよい。インターポーザー基板の断面から見た場合の溝部の断面形状は、特に限定するものではないが、半円形および半楕円形の円弧の部分が下向きとなる形状、または、長方形、正方形であってもよい。インターポーザー基板の表面に形成される溝部の幅は、特

に限定するものではないが、 $10 \sim 500 \mu\text{m}$ であってもよい。インターポーザー基板の表面に形成される溝部の開口の形状は、例えば、上述した貫通孔と同様に、円形、楕円形、正方形、長方形等であってもよい。インターポーザーの用途に応じて、溝部の長さや数を設定することができ、例えば、溝部は複数、例えば2以上備えていてもよく、それぞれが同じ形状であっても異なる形状であってもよく、また、周期的に備えてもよいし、ランダムに備えてもよい。インターポーザー基板が貫通孔を有さず、その片面に溝部を備える場合、溝部に導電性材料を備える前又は後に、溝部を備える面とは反対側の面から、溝部が貫通孔となる厚さまで、研削、研磨、気相または液相エッチング、あるいはそれらを組み合わせたエッチング処理を行い、貫通孔を備える基板としてもよい。または、加圧工程の後に、インターポーザー基板積層体の他の基板と接合していないインターポーザー基板の面から、溝部が貫通孔となる厚さまでエッチング処理を行ってもよい。

[0021] インターポーザー基板は、複数の貫通孔または溝部と、貫通孔または溝部に充填され、貫通孔または溝部を有する接合しようとする側の面から $0 \mu\text{m}$ を超えて $10 \mu\text{m}$ 以下の高さまで飛び出ている導電性材料とを備える。

貫通孔または溝部の充填に用いられる導電性材料は、金属材料と炭素材料から構成され、少なくとも各々の材料を1種ずつ用いることが好ましい。金属材料としては、Cu、Ta、W、Al、Au、Ag、Pt、Ti等が挙げられ、少なくとも1種の材料が用いられる。特に、電気伝導率が高く、配線材料として実用化されている点から、Cuが好ましい。炭素材料としては、特に限定するものではないが、グラフェン、カーボンナノチューブ等の sp^2 結合のナノサイズの炭素物質が挙げられ、少なくとも1種の材料が用いられる。グラフェンは、基本的には、1原子の厚さの sp^2 結合の炭素からなるシート状の物質である。本発明におけるグラフェンのシート形状は、例えば1枚の広げられたハンカチのような二次元であっても、例えば1枚のハンカチを無造作に丸めたような三次元であってもよく、全て同一の形状であっても異なる形状が含まれていてもよい。また、グラフェンのシートは、単離した

状態で用いても、複数枚が重なった状態で用いてもよい。カーボンナノチューブは、基本的には、グラフェンのシートを円筒状に丸めた構造をしており、この円筒状構造を1つ有する単層のものであってもよく、円筒状構造の直径の異なる2つを同軸で重ねた2層のものであってもよく、円筒状構造の直径の異なる複数のカーボンナノチューブを同軸で重ねた多層のものであってもよい。カーボンナノチューブの最外層の直径は、0.4～100nmとしてもよい。カーボンナノチューブの長さは、特に限定されるものではないが、インターポザー基板の厚さに依存した長さとしてもよく、インターポザー基板の表面から0μmを超えて10μm以下の高さまで飛び出る程度の長さとしてもよい。特に、熱伝導率が高く、可撓性を有する点から、カーボンナノチューブを用いることが好ましい。

[0022] インターポザー基板の貫通孔または溝部に少なくとも2種類の導電性材料を充填させる際、例えば金属材料と炭素材料を、同時にまたは交互に充填させてもよいし、どちらか一方の材料を先に充填させたのち、もう一方の材料を充填させてもよい。例えば、金属材料をCuとし、炭素材料をカーボンナノチューブとする場合、貫通孔または溝部にカーボンナノチューブを先に充填させ、その後にCuを充填させて、貫通孔または溝部の内壁とカーボンナノチューブの間の空隙を埋めてもよい。

[0023] 金属材料の充填方法としては、めっき法、化学蒸着（Chemical Vapor Deposition、CVD）法、物理蒸着（Physical Vapor Deposition、PVD）法等が挙げられ、これらのうち1種の方法を用いてもよく、2種の方法を用いてもよい。炭素材料は、貫通孔または溝部に充填する前に上述した炭素物質の形状となっているものを用いてもよく、貫通孔または溝部に充填する際に上述した炭素物質の形状を構成してもよい。例えば、貫通孔または溝部に充填する前に、予めカーボンナノチューブを作製しておき、ペースト状または溶液状の金属材料と混合させ、めっき法などを用いて金属材料と同時に炭素材料を貫通孔または溝部に充填させてもよい。貫通孔または溝部に充填する際にカーボンナノチ

ューブを形成する場合、一般的なカーボンナノチューブの製造方法、例えばアーク法、レーザーアブレーション法、CVD法等を用いて貫通孔内または溝部内に成長させてもよい。いずれの充填方法を用いる場合においても、インターポーザー基板の貫通孔または溝部以外の表面に、これらの導電性材料が堆積しないように、例えば遮蔽（マスキング）テープ等を用いてもよい。また、例えば塩酸や硫酸などの酸性水溶液を用いて、例えば基板を浸漬させたり、基板表面上に塗布したり、スピネッチングしたりすることで、貫通孔または溝部以外のインターポーザー基板の表面部分に付着した充填物を除去してもよい。

[0024] インターポーザー基板の貫通孔または溝部は、例えば上述した充填方法を用いて、少なくとも2種類の導電性材料をインターポーザー基板の表面、つまり後の工程で他の基板と接合しようとする側の面から $0\ \mu\text{m}$ を超えて、好ましくは $10\ \mu\text{m}$ 以下、より好ましくは $5\ \mu\text{m}$ 以下、さらに好ましくは $1\ \mu\text{m}$ 以下の高さまで、飛び出た形で充填されていてもよい。導電性材料がインターポーザー基板の表面から $0\ \mu\text{m}$ を超えて $10\ \mu\text{m}$ 以下の高さまで飛び出た形で充填されている場合、他の基板を接合する際に、インターポーザー基板と他の基板の間に存在する導電性材料は撓み変形しやすい。導電性材料がインターポーザー基板の表面から $10\ \mu\text{m}$ を超える高さまで飛び出た形で充填されている場合、他の基板を接合する際に、インターポーザー基板と他の基板の間に存在する導電性材料、例えばカーボンナノチューブの撓み変形が不十分となり、面全体での接合強度が弱く、接合面で剥がれやすい。導電性材料がインターポーザー基板の表面から飛び出さない、 $0\ \mu\text{m}$ より低い高さで充填されている場合、この表面と他の基板を接合すると、電氣的接続が得られにくい。インターポーザー基板が貫通孔を備える場合、用途に応じて、導電性材料がインターポーザー基板の貫通孔の一端または両端の開口部の表面から $0\ \mu\text{m}$ を超えて $10\ \mu\text{m}$ 以下の高さまで飛び出た形で充填されていてもよい。インターポーザー基板が溝部を備える場合、例えば、インターポーザー基板の溝部に、例えばAl、Fe、またはこれらを組み合わせた金属複

合体等の触媒を載せて、 $1.0 \sim 1.0 \times 10^4$ Paの減圧雰囲気中、 $200 \sim 800^\circ\text{C}$ 下でアセチレンガス等を用いたCVD法により、他の基板と接合しようとする側の面から $0\ \mu\text{m}$ を超えて、例えば $1\ \mu\text{m}$ までカーボンナノチューブを成長させた後に、めっき法によりCuを充填することで、所定の飛び出た形の充填としてもよい。また、溝部に導電性材料を充填した後に、他の基板と接合する加圧工程の前または後に、溝部を備える面とは反対側の面から、溝部が貫通孔となる厚さまで、研削、研磨、気相または液相エッチング、あるいはそれらを組み合わせたエッチング処理を行い、溝部を貫通させる工程を含んでいてもよい。このようにして導電性材料を充填した後に溝部を貫通させた場合でも、貫通孔内の導電性材料は、上述の当初から貫通孔を備えたインターポーザー基板と同様の充填状態を有する。

[0025] 他の基板としては、シリコン基板、ガラス基板等の他に、SOI (Silicon On Insulator) 基板等が挙げられる。また、他の基板は、インターポーザー基板であってもよく、既存の半導体チップであってもよい。SOI基板は、絶縁体基板の上に、デバイス層を形成し得るシリコン薄膜層を備えた基板であり、絶縁体基板としてサファイア、石英、ガラス基板などを有するSOS (Silicon on Sapphire) 基板、SOQ (Silicon on Quartz) 基板、SOG基板などが挙げられ、用途によっては、絶縁体基板の代わりに半導体基板を用いてシリコン基板と貼り合わせた貼り合わせ基板としてもよい。

SOI基板は、市販のものを使用してもよいし、作製してもよい。作製方法としては、例えば、貼り合わせ面側に水素イオンを注入したシリコン基板と絶縁体基板とを貼り合わせた後に、概ね 500°C 以上の熱処理を施してイオン注入層を熱剥離させて、絶縁体基板上にシリコン薄膜を転写して得るSmart Cut法、および貼り合わせ面側に水素イオンを注入したシリコン基板と絶縁体基板とを貼り合わせ、常温で機械的にイオン注入層を剥離させて、絶縁体基板上にシリコン薄膜を転写して得るSiGen法等が挙げられるが、これらに特に限定するものではなく、これらの各工程を組み合わせ

もよい。例えば、シリコン基板と絶縁体基板を接着剤等で貼り合わせて、シリコン基板の接合面と反対側の面を研磨等で薄化してもよい。SOI基板において、絶縁体基板とシリコン基板の貼り合わせは、インターポーザー基板積層体とした際に良好な放熱性能を得る点から、インターポーザー基板と接合する加圧工程の後に、絶縁体基板部分を取り除くことができ得る程度で貼り合わせられていることが望ましい。また、シリコン基板と絶縁体基板の少なくとも一方の貼り合わせる面に酸化膜を備えた状態で貼り合わせて、埋め込み酸化膜を有するSOI基板としてもよい。シリコン薄膜の厚さは、用途に応じて選択することができるが、例えば5～500nmとすることが好ましく、研磨やエッチング等によって調整することができる。

[0026] 他の基板は、場合によって、インターポーザー基板と接合した後に、インターポーザー基板上に例えばシリコン薄膜層のみを備えるために、予めシリコン基板と絶縁体基板を接着強度の低い接着剤等によって接合させて、シリコン基板の接合面の反対側となる面を研削、研磨、気相または液相エッチング、それらの組み合わせにより薄化させたSOI基板を用いてもよい。この場合、このSOI基板のシリコン薄膜層の表面とインターポーザー基板とを金属層を介して接合して基板積層体とした後、つまり加圧工程の後に、シリコン薄膜層と絶縁体基板の間の接着層を機械的または化学的に除去することにより、シリコン薄膜層のみを備えたインターポーザー基板を作製することができる。インターポーザー基板積層体から絶縁体基板を取り除く方法として、例えば楔などの鋭角な剥離器具を用いて、シリコン層と絶縁体基板との間の接着層または接合面に機械的衝撃を与えることにより、絶縁体基板を機械的に分離することができる。また、例えばインターポーザー基板積層体の絶縁体基板側の端面からシリコン層との接着層または接合面までの部分を例えばアルカリや酸などに浸して、例えば接着層を溶解させることで、絶縁体基板を化学的に分離することができる。

[0027] 他の基板は、インターポーザー基板と接合する前、すなわち加圧工程の前に、他の基板の表面に好ましくは気相成長法によって金属層を形成する。

金属層を形成する金属材料は、Au、Cu、Hf、TaおよびWからなる群から選ばれる少なくとも1つであることが好ましい。金属層は、インターポザー基板と対向させる他の基板の面に形成する。インターポザー基板との接合時に、金属層がその金属材料の展性によって変形しやすいことが望ましいことから、AuまたはCuがより好ましい。場合によって、基板積層体とした後に、金属層の金属成分がデバイス等に拡散して影響を与える場合には、デバイスに拡散しにくいHf、TaまたはWなど高融点金属を用いることが好ましい。特に、Auで形成した金属層は、大気圧下でその表面が酸化されにくいため、接合時に大気圧下で接合することが可能である。Cu、Hf、TaまたはWで形成した金属層は、大気圧下でその表面が酸化され易い。金属層は、電気伝導性を保つこと、および熱伝導性を保つ観点から、酸化膜が形成されていないことが望ましい。このため、金属層は、接合する前、すなわち加圧工程の前に、真空条件下（ $1.0 \times 10^{-4} \sim 1.0 \times 10^{-8}$ Pa）で、その表面の酸化膜をArイオンによるスパッタリング法等によって除去して表面活性化した後、同様の真空条件下で接合することが好ましい。金属層の形成方法としては、気相成長法が挙げられ、特に限定されることはないが、真空蒸着、スパッタリング等が用いられる。金属層の厚さは、金属層が基板から剥がれることがなければよく、好ましくは $0.5 \text{ nm} \sim 1 \text{ }\mu\text{m}$ の範囲、より好ましくは $0.5 \sim 100 \text{ nm}$ である。 0.5 nm 未満だと、接合面に空隙が生じやすく、接合後の接合力が不十分となる。 $1 \text{ }\mu\text{m}$ 以上だと、金属層形成時において金属層が基板から剥がれるおそれがある。

[0028] 場合によって、導電性材料がその表面から $0 \text{ }\mu\text{m}$ を超えて $10 \text{ }\mu\text{m}$ 以下の高さまで飛び出た形で充填されているインターポザー基板の表面にも、好ましくは気相成長法によって金属層を備えてもよい。つまり、加圧工程の前に、他の基板と対向して接触させるインターポザー基板の表面に、気相成長法によって金属層を形成してもよい。この場合、他の基板に形成した金属層と同じ金属材料および手法を用いて、同様の厚さの金属層をインターポザー基板の表面上に形成してもよい。また、インターポザー基板の貫通孔

に充填された金属材料がCuである場合、その表面に酸化膜が形成されることがあるため、真空条件下 ($1.0 \times 10^{-4} \sim 1.0 \times 10^{-8} \text{ Pa}$) で、酸化膜をArイオンによるスパッタリング法等によって除去して表面活性化した後、金属層を形成することが好ましい。インターポーザー基板にも金属層を備えることにより、基板積層体とした際の接合強度を高めることができる。

[0029] このようにして得られた金属層を形成した他の基板の表面と、貫通孔または溝部を有する接合しようとする側の面から $0 \mu\text{m}$ を超えて $10 \mu\text{m}$ 以下の高さまで飛び出ている導電性材料を備えるインターポーザー基板の表面とを対向させ、 5 kgf/cm^2 以上で加圧することにより接合する。つまり、導電性材料が貫通孔または溝部から飛び出しているインターポーザー基板の表面と、他の基板の金属層を形成した表面とを対向して接触させ、 5 kgf/cm^2 以上で加圧することにより接合し、基板積層体を得る。

接合する際、接合させるインターポーザー基板の表面と他の基板の表面は、酸化膜が形成されてなく、また、表面が活性化されていることが望ましい。このため、加圧工程の前に、他の基板と対向させるインターポーザーの表面および／または他の基板の金属層を形成した表面に、表面活性化処理を行ってもよい。例えば、接合させる表面に酸化膜が形成されている場合、または、接合界面の接着強度を向上させる場合、上述したように、真空条件下 ($1.0 \times 10^{-4} \sim 1.0 \times 10^{-8} \text{ Pa}$) で基板表面をArイオンによるスパッタリング法等によって酸化膜を除去、および／または、表面活性化した後に、同様の真空条件下で接合することが好ましい。

加圧時の圧力としては、好ましくは 5 kgf/cm^2 以上、さらに好ましくは 50 kgf/cm^2 以上である。 5 kgf/cm^2 未満とすると、導電性材料がその表面から $0 \mu\text{m}$ を超えて $10 \mu\text{m}$ 以下の高さまで飛び出た形で充填されているインターポーザー基板を用いた場合、充填物の変形が不十分となり、接合界面に空隙が発生し、剥がれやすくなる。加圧時の保持時間は、特に限定するものではないが、好ましくは10秒～1時間、より好ましくは3

0秒～30分、さらに好ましくは1分～10分とすることができる。10秒未満だと、部分的に接合が不十分となることがある。また、1時間を超えても、接合強度は変わらない。接合は、大気圧下で行ってもよく、場合によっては真空圧（ $1.0 \times 10^{-4} \sim 1.0 \times 10^{-8} \text{ Pa}$ ）下で行ってもよい。例えば、インターポーザー基板および他の基板の接合する表面が酸化されにくいAuで覆われていない場合には、上述した表面活性化処理を施した後に、そのままの真空条件（ $1.0 \times 10^{-4} \sim 1.0 \times 10^{-8} \text{ Pa}$ ）で接合することが好ましい。

[0030] 以上の製造方法によって、インターポーザー基板上に金属層を介して他の基板を備えたインターポーザー基板積層体を得ることができる。つまり、複数の貫通孔または溝部と、貫通孔または溝部に充填され、貫通孔または溝部を有する接合しようとする側の面から $0 \mu\text{m}$ を超えて $10 \mu\text{m}$ 以下の高さまで飛び出ている導電性材料とを備えるインターポーザー基板と、インターポーザー基板の貫通孔または溝部を有する接合しようとする側の面の上に備えられた金属層と、金属層の上に備えられた他の基板とを少なくとも備えるインターポーザー基板積層体を得ることができる。本発明によれば、展性のある金属材料からなる金属層を介して、インターポーザー基板と他の基板を加圧接合するので、例えばカーボンナノチューブなどの導電性材料がその表面から $0 \mu\text{m}$ を超えて $10 \mu\text{m}$ 以下の高さまで飛び出た形で充填されているインターポーザー基板を用いた場合、接合界面でカーボンナノチューブが撓み変形させ、かつ、貫通孔または溝部から飛び出したカーボンナノチューブによって生じるインターポーザー基板と他の基板との隙間を金属層の金属によって埋まるため、接合界面に空隙を生じさせることなく、接合界面での電氣的接続性に優れた、放熱性のよい、接合性に優れた基板積層体となる。インターポーザー基板積層体の充填物は電氣的接続性に優れるため、充填物の抵抗率は小さく、これによりインターポーザー基板積層体の電流容量を大きくすることができる。電氣的接続性の評価方法としては、例えば、充填物を充填した貫通孔の両端面に電極を形成し、抵抗率を測定することが挙げられる。

。また、インターポーザー基板積層体は放熱性が良いため、デバイスで発生する熱をインターポーザーに形成した充填物によって放熱する際に、デバイスの温度上昇を従来よりも抑制でき得る。放熱性の評価方法としては、例えば、サーモグラフィーによってデバイス温度を確認することが挙げられる。さらに、インターポーザー基板積層体は接合性が良く、インターポーザー基板と他の基板との接合面に空隙が少なく、その後の工程で用いるのに適した接合強度を有する。例えば、インターポーザー基板積層体とした後に他の基板側の一部を研削加工した場合でも、インターポーザー基板と他の基板との接合面で剥がれる可能性は低い。接合性の評価方法としては、例えば、接合界面にブレードを挿入しても剥離するか否かを確認する方法が挙げられる。

[0031] 本発明にかかるインターポーザー基板積層体の製造工程は、特に限定されるものではないが、その一態様を図1に示す。これによれば、複数の貫通孔11と、貫通孔11に充填され、貫通孔11を有する接合しようとする側の面から $0\mu\text{m}$ を超えて $10\mu\text{m}$ 以下の高さまで飛び出ている導電性材料12とを備えるインターポーザー基板10の表面と、他の基板13の表面とに金属層14a、14bを形成する（工程A）。金属層14aを形成したインターポーザー基板10の表面と、同じく金属層14bを形成した他の基板13の表面とを対向させ、 $5\text{kgf}/\text{cm}^2$ 以上で加圧することにより接合し、インターポーザー基板10上に金属層14（14aおよび14bからなる）を介して他の基板13を備えたインターポーザー基板積層体16を得ることができる（工程B）。

[0032] また、本発明にかかる別の態様のインターポーザー基板積層体の製造工程を、図2に示す。これによれば、複数の溝部21aと、溝部21aに充填され、後の工程で他の基板23と接合しようとする側の面から $0\mu\text{m}$ を超えて $10\mu\text{m}$ 以下の高さまで飛び出ている導電性材料22とを備えるインターポーザー基板20の表面と、他の基板23の表面とに金属層24a、24bを形成する（工程A）。金属層24aを形成したインターポーザー基板20の表面と、同じく金属層24bを形成した他の基板23の表面とを対向させ

、 5 kgf/cm^2 以上で加圧することにより接合し、接合体25を得る（工程B）。得られた接合体25のインターポザー基板20側の接合面とは反対側の面にエッチング処理を施して、溝部21aから貫通孔21を形成し、インターポザー基板20上に金属層24（24aおよび24bからなる）を介して他の基板23を備えたインターポザー基板積層体26を得ることができる（工程C）。

[0033] インターポザー基板積層体は、また、インターポザー基板の他の基板を接合した面と反対側の面に、配線基板等と接合するために、さらに金属層を備えていてもよい。この場合、貫通孔に充填している導電性材料は、他の基板と接合した面と同様に、配線基板等と接合する面においても、その表面から $0\text{ }\mu\text{m}$ を超えて $10\text{ }\mu\text{m}$ 以下の高さまで飛び出てもよい。つまり、インターポザー基板の両面において、貫通孔に充填される導電性材料がその表面から $0\text{ }\mu\text{m}$ を超えて $10\text{ }\mu\text{m}$ 以下の高さまで飛び出している場合、両面に金属層を備えた後に、各々の面を他の基板および配線基板と接合することで、金属層を介して、配線基板上に備えられたインターポザー基板積層体とすることが可能である。

実施例

[0034] <実施例1>

インターポザー基板として、外径 150 mm 、厚さ $625\text{ }\mu\text{m}$ のシリコン基板を用いた。シリコン基板に、Boschプロセスによって、 1 cm^2 あたり 2500 個の直径 $100\text{ }\mu\text{m}$ 、基板の厚み方向に対して深さ $100\text{ }\mu\text{m}$ の溝部をピッチ幅 $200\text{ }\mu\text{m}$ で形成した。シリコン基板に形成した溝部の底部に触媒であるFe/AI触媒を載せ、アセチレンガスを用いてCVD法により、 $1.0\times 10^3\text{ Pa}$ の減圧雰囲気、 600°C 下で、カーボンナノチューブをシリコン基板の表面から $2\text{ }\mu\text{m}$ 程度飛び出すまで成長させた。その後、基板を $12\text{ wt}\%$ の CuSO_4 溶液に浸し、ガルバノスタットを用いた電解メッキ法（電流密度 1 mA/cm^2 ）によりCuを充填し、溝部の内壁とカーボンナノチューブの間の空隙を埋めて、インターポザー基板を得た。インタ

ーポーザー基板の断面を電子顕微鏡（SEM）で観察したところ（図示せず）、カーボンナノチューブとCuの複合体が貫通孔内に充填され、さらに、シリコン基板の表面から2 μ m飛び出す高さまで充填されていた。

他の基板として、外径150mm、厚さ625 μ mのシリコン基板を用いた。他の基板の表面に、芝浦メカトロニクス製CFS-4ESを用いてスパッタリング法により、Au層を30nm形成した。さらに、表面から2 μ m飛び出す高さまで充填物を有するインターポーザー基板の表面に、真空条件下（ $1.0 \times 10^{-4} \sim 1.0 \times 10^{-8}$ Pa）で、ムサシノエンジニアリング製常温接合装置を用いてArイオンによるスパッタリング法を1分間施してCuの表面酸化膜を除去した後に、他の基板と同様のスパッタリング法により、Au層を30nm形成した。

次に、それぞれAuの金属層を形成したインターポーザー基板の表面と他の基板の表面とを、大気圧および室温（25℃）下で、対向して接触させた後、テスター産業製ホットプレス接合装置を用いて、60kgf/cm²の荷重をかけて1分間保持することにより接合を行い、接合体を得た。得られた接合体のインターポーザー基板側の他の基板と接合している面と反対側の面に、CMP（Chemical Mechanical Polishing）研磨装置を用いて、インターポーザー基板側の厚さが100 μ mとなるまで薄化させ、溝部から貫通孔を形成することで、インターポーザー基板上に金属層を介して他の基板を備えたインターポーザー基板積層体を得た。

得られたインターポーザー基板積層体は、接合界面にブレードを挿入しても剥離することなく、接合状態を保持した。インターポーザー基板積層体の断面をSEMで観察したところ（図示せず）、貫通孔に充填したカーボンナノチューブとCuは、接合界面において撓み変形しており、インターポーザー基板と他の基板は、接合界面に空隙を形成することはなく接合していることを確認することができた。また、インターポーザー基板積層体の熱拡散性を評価するために、ホットプレートを用いて、一方の端面である他の基板側から、60分間、100℃で加熱して定常状態とし、もう一方の端面である

インターポーザー基板側の表面温度を、赤外線カメラを用いてサーモグラフィーで測定した。結果、インターポーザー基板側の表面温度は、 95°C であり、他の基板側から与えた熱源の温度とほぼ同じ温度を示したことから、インターポーザー基板積層体が高い放熱性を有することを確認できた。

[0035] <実施例 2>

実施例 1 と同様にして、シリコン基板の表面から $1\text{ }\mu\text{m}$ 飛び出す高さまで、溝部にカーボンナノチューブおよび Cu を充填されたインターポーザー基板を得た。

他の基板として、外径 150 mm 、厚さ $625\text{ }\mu\text{m}$ のシリコン基板を用いた。他の基板の表面に、芝浦メカトロニクス製 CFS-4ES を用いてスパッタリング法により、Au 層を 30 nm 形成した。

次に、その表面から $1\text{ }\mu\text{m}$ 飛び出す高さまで充填物を有するインターポーザー基板の表面と、Au の金属層を形成した他の基板の表面とに、 $1.0 \times 10^{-6}\text{ Pa}$ の真空条件および室温 (25°C) 下で、ムサシノエンジニアリング製常温接合装置を用いて Ar イオンによるスパッタリング法を 1 分間施して、インターポーザー基板上の Cu の表面酸化膜の除去、および表面活性化を行った。その後、表面活性化処理したインターポーザー基板の表面と他の基板の表面を、 $1.0 \times 10^{-6}\text{ Pa}$ の真空条件および室温 (25°C) 下で、対向して接触させた後、同真空条件および室温下で、ムサシノエンジニアリング製常温接合装置を用いて、 $60\text{ kgf}/\text{cm}^2$ の荷重をかけて 1 分間保持することにより接合を行った以外は実施例 1 と同様にして行い、インターポーザー基板積層体を得た。

得られたインターポーザー基板積層体は、接合界面にブレードを挿入しても剥離することなく、接合状態を保持した。インターポーザー基板積層体の断面を SEM で観察したところ（図示せず）、貫通孔に充填したカーボンナノチューブと Cu は、接合界面において撓み変形しており、インターポーザー基板と他の基板は、接合界面に空隙を形成することはなく接合していることを確認することができた。また、実施例 1 と同様にして、インターポーザー

一基板積層体の熱拡散性を評価した結果、インターポーザー基板積層体のインターポーザー基板側の表面温度は、 90°C であり、インターポーザー基板積層体が高い放熱性を有することを確認できた。

[0036] <実施例3>

30 kg f / cm^2 の荷重をかけて1分間保持することにより接合を行う以外は、実施例1と同様にして行い、インターポーザー基板積層体を得た。

得られたインターポーザー基板積層体は、接合界面にブレードを挿入しても剥離することなく、接合状態を保持した。インターポーザー基板積層体の断面をSEMで観察したところ（図示せず）、貫通孔に充填したカーボンナノチューブとCuは、接合界面において撓み変形しており、実施例1に比べて加圧時の荷重を小さくしても、インターポーザー基板と他の基板は、接合界面に空隙を形成することなく接合していることを確認することができた。また、実施例1と同様にして、インターポーザー基板積層体の熱拡散性を評価した結果、インターポーザー基板積層体のインターポーザー基板側の表面温度は、 93°C であり、インターポーザー基板積層体が高い放熱性を有することを確認できた。

[0037] <実施例4>

実施例1と同様にしてそれぞれAuの金属層を形成したインターポーザー基板の表面と他の基板の表面とに、 $1.0 \times 10^{-6}\text{ Pa}$ の真空条件および室温（ 25°C ）下で、ムサシノエンジニアリング製常温接合装置を用いてArイオンによるスパッタリング法を1分間施して、表面活性化を行った。その後、表面活性化処理したインターポーザー基板の表面と他の基板の表面を、 $1.0 \times 10^{-6}\text{ Pa}$ の真空条件および室温（ 25°C ）下で、対向して接触させた後、ムサシノエンジニアリング製常温接合装置を用いて、 30 kg f / cm^2 の荷重をかけて1分間保持することにより接合を行った以外は実施例1と同様にして行い、インターポーザー基板積層体を得た。

得られたインターポーザー基板積層体は、接合界面にブレードを挿入しても剥離することなく、接合状態を保持した。インターポーザー基板積層体の

断面をSEMで観察したところ（図示せず）、貫通孔に充填したカーボンナノチューブとCuは、接合界面において撓み変形しており、実施例1に比べて加圧時の荷重を小さくしても、インターポザー基板と他の基板は、接合界面に空隙を形成することはなく接合していることを確認することができた。また、実施例1と同様にして、インターポザー基板積層体の熱拡散性を評価した結果、インターポザー基板積層体のインターポザー基板側の表面温度は、93℃であり、インターポザー基板積層体が高い放熱性を有することを確認できた。

[0038] <実施例5>

6 kgf/cm²の荷重をかけて1分間保持することにより接合を行う以外は、実施例1と同様にして行い、インターポザー基板積層体を得た。

得られたインターポザー基板積層体は、接合界面にブレードを挿入しても剥離することなく、接合状態を保持した。インターポザー基板積層体の断面をSEMで観察したところ（図示せず）、貫通孔に充填したカーボンナノチューブとCuは、接合界面において撓み変形しており、実施例1および3に比べて加圧時の荷重を小さくしても、インターポザー基板と他の基板は、接合界面に空隙を形成することはなく接合していることを確認することができた。また、実施例1と同様にして、インターポザー基板積層体の熱拡散性を評価した結果、インターポザー基板積層体のインターポザー基板側の表面温度は、91℃であり、インターポザー基板積層体が高い放熱性を有することを確認できた。

[0039] <比較例1>

1 kgf/cm²の荷重をかけて1分間保持することにより接合を行う以外は、実施例1と同様にして行い、インターポザー基板積層体を得た。得られたインターポザー基板積層体は、加圧を開放し装置から取り出そうとしたところ、接合界面で剥離し、接合状態を保持できなかった。接合時の荷重が不十分であると、貫通孔に充填したカーボンナノチューブとCuを、接合界面において撓み変形させることができず、接合界面に空隙を生じて、接合

されなかったと思われる。

[0040] <比較例 2>

1 k g f / c m²の荷重をかけて1分間保持することにより接合を行う以外は、実施例2と同様にして行い、インターポーザー基板積層体を得た。得られたインターポーザー基板積層体は、加圧を開放し装置から取り出そうとしたところ、接合界面で剥離し、接合状態を保持できなかった。比較例1と比べて、A r イオンによるスパッタリング法での表面活性化を加えているが、接合させることができなかった。接合時の荷重が不十分であると、貫通孔に充填したカーボンナノチューブとC uを、接合界面において撓み変形させることができず、接合界面に空隙を生じて、接合されなかったと思われる。

[0041] <比較例 3>

実施例1と同様の手法を用いて、溝部にシリコン基板の表面から20 μ m 飛び出す高さまでカーボンナノチューブとC uを充填したインターポーザー基板を作製した以外は、実施例1と同様にして行い、基板積層体を得た。得られた基板積層体は、加圧を開放し装置から取り出そうとしたところ、接合界面で剥離し、接合状態を保持できなかった。実施例1と同様の接合条件であったが、比較例3でのインターポーザー基板は、貫通孔に充填したカーボンナノチューブとC uの基板表面からの高さが高すぎるため、面全体での接合が不十分となったと思われる。

[0042] 上述した実施例では、インターポーザー基板の接合性を確認するために、溝部を備えるシリコン基板を用いてインターポーザー基板を形成したが、これに限定されるものではなく、他のインターポーザー基板を用いた場合にも同様の効果が得られる。

符号の説明

- [0043] 10、20 : インターポーザー基板
11、21 : インターポーザー基板の貫通孔
21a : インターポーザー基板の溝部
12、22 : 導電性材料

1 3、2 3 : 他の基板

1 4、1 4 a、1 4 b、2 4、2 4 a、2 4 b : 金属層

2 5 : 接合体

1 6、2 6 : インターポーザー基板積層体

請求の範囲

- [請求項1] 複数の貫通孔または溝部と、前記貫通孔または溝部に充填され、前記貫通孔または溝部を有する接合しようとする側の面から $0\ \mu\text{m}$ を超えて $10\ \mu\text{m}$ 以下の高さまで飛び出ている導電性材料とを備えるインターポザー基板の表面と、他の基板の金属層を形成した表面とを対向させ、 $5\ \text{kgf}/\text{cm}^2$ 以上で加圧することにより接合する加圧工程であって、前記導電性材料が金属材料および炭素材料で構成される、加圧工程を少なくとも含む、インターポザー基板積層体の製造方法。
- [請求項2] 前記金属材料が、Cuである、請求項1に記載のインターポザー基板積層体の製造方法。
- [請求項3] 前記炭素材料が、カーボンナノチューブまたはグラフェンである、請求項1または2に記載のインターポザー基板積層体の製造方法。
- [請求項4] 前記他の基板の金属層が、Au、Cu、Hf、TaおよびWからなる群から選ばれる少なくとも1つの金属である、請求項1～3のいずれか1項に記載のインターポザー基板積層体の製造方法。
- [請求項5] 前記他の基板の金属層の厚さが $0.5\sim 100\ \text{nm}$ である、請求項1～4のいずれか1項に記載のインターポザー基板積層体の製造方法。
- [請求項6] 前記インターポザー基板が、シリコン基板、ガラス基板、またはポリイミド基板であり、前記他の基板が、シリコン基板、ガラス基板またはSOI基板である、請求項1～5のいずれか1項に記載のインターポザー基板積層体の製造方法。
- [請求項7] 前記インターポザー基板が、前記導電性材料が飛び出ている面に金属層を備える、請求項1～6のいずれか1項に記載のインターポザー基板積層体の製造方法。
- [請求項8] 前記インターポザー基板に備えられた金属層が、Au、Cu、Hf、TaおよびWからなる群から選ばれる少なくとも1つの金属であ

る、請求項7に記載のインターポージャー基板積層体の製造方法。

[請求項9] 前記インターポージャー基板に備えられた金属層の厚さが $0.5 \sim 100 \text{ nm}$ である、請求項7または8に記載のインターポージャー基板積層体の製造方法。

[請求項10] 前記加圧工程が、 $1.0 \times 10^{-4} \text{ Pa} \sim 1.0 \times 10^{-8} \text{ Pa}$ の真空条件下で行われる、請求項1～9のいずれか1項に記載のインターポージャー基板積層体の製造方法。

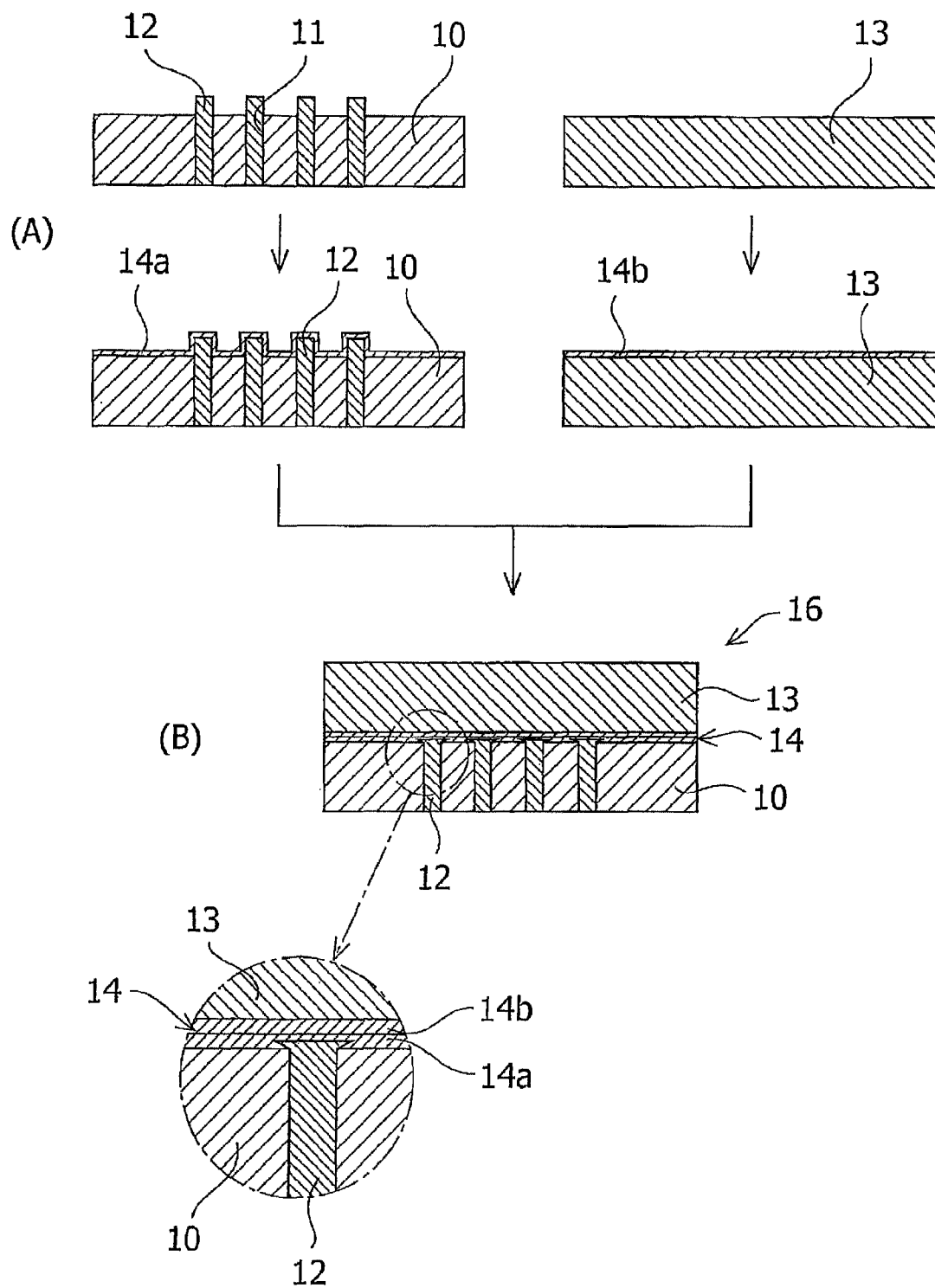
[請求項11] 前記加圧工程の前に、前記インターポージャー基板の接合しようとする表面および／または前記他の基板の接合しようとする金属層の表面に、表面活性化処理を行う工程をさらに含む、請求項1～10のいずれか1項に記載のインターポージャー基板積層体の製造方法。

[請求項12] 複数の貫通孔または溝部と、前記貫通孔または溝部に充填され、前記貫通孔または溝部を有する接合しようとする側の面から $0 \mu\text{m}$ を超えて $10 \mu\text{m}$ 以下の高さまで飛び出ている導電性材料とを備えるインターポージャー基板と、

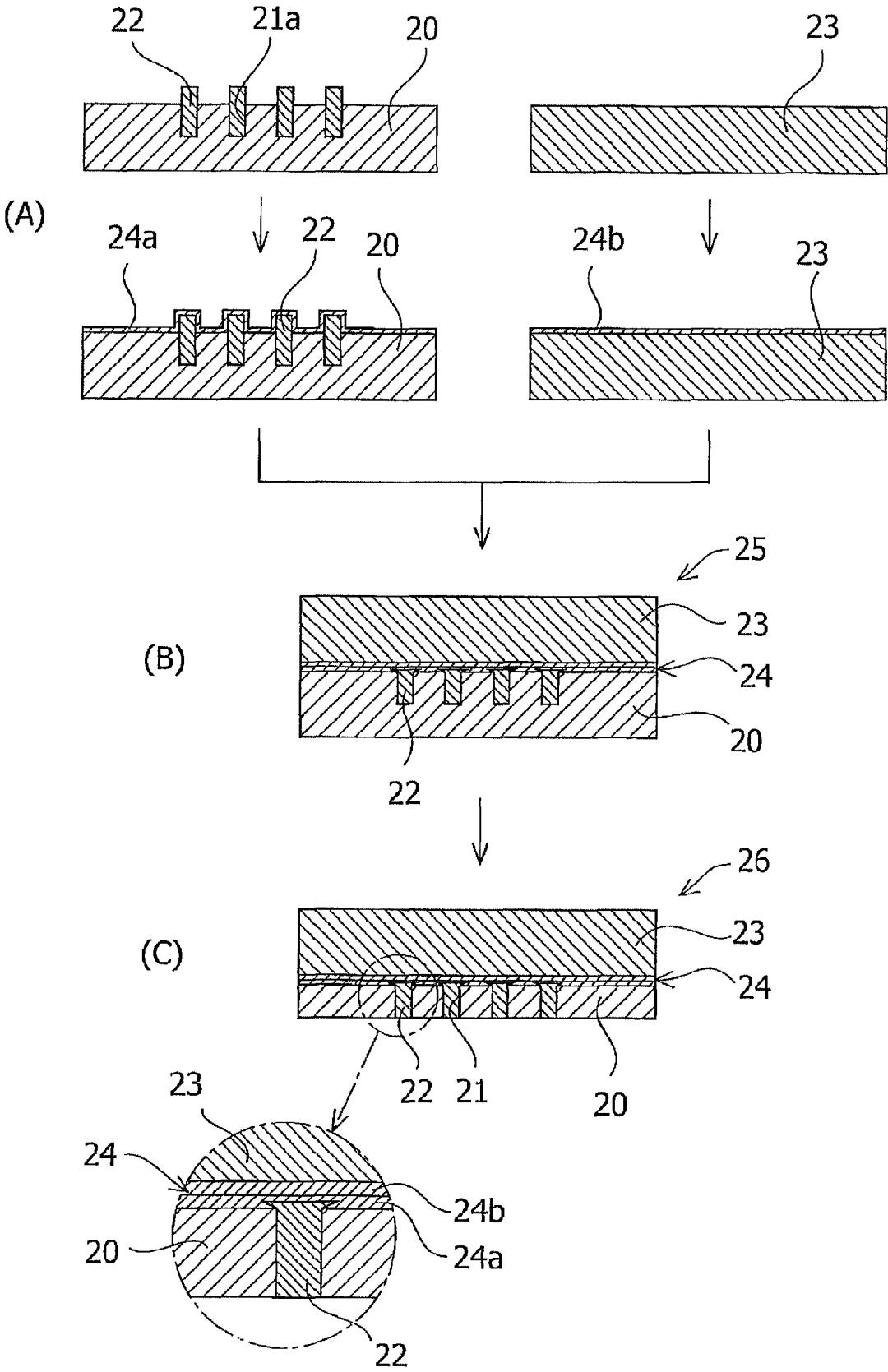
前記インターポージャー基板の前記貫通孔または溝部を有する接合しようとする側の面の上に備えられた金属層と、

前記金属層の上に備えられた他の基板と
を少なくとも備えるインターポージャー基板積層体。

[図1]



[図2]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/052261

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L23/32(2006.01)i, H01L21/60(2006.01)i, H01L23/12(2006.01)i, H01L23/36(2006.01)i

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)

H01L23/32, H01L21/60, H01L23/12, H01L23/36

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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.
Y	US 2005/0142933 A1 (GOTTFRIED Beer et al.), 30 June 2005 (30.06.2005), paragraphs [0023] to [0046], [0049] to [0061]; fig. 1 to 9 & DE 10359424 A	1-12
Y	JP 2005-285821 A (Fujitsu Ltd.), 13 October 2005 (13.10.2005), paragraphs [0057], [0066], [0071] to [0073]; fig. 6 to 7 & US 2005/0215049 A1 paragraphs [0083], [0092], [0096], [0099]; fig. 6 to 7	1-12

☒ 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
07 April 2016 (07.04.16)

Date of mailing of the international search report
19 April 2016 (19.04.16)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/052261

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2013-175775 A (Rohm Co., Ltd.), 05 September 2013 (05.09.2013), paragraphs [0009], [0044] (Family: none)	1-11
Y	JP 2008-294098 A (Nikon Corp.), 04 December 2008 (04.12.2008), paragraph [0006] (Family: none)	1-11
A	JP 2013-8940 A (Napra Co., Ltd.), 10 January 2013 (10.01.2013), paragraphs [0048] to [0050], [0070] to [0086]; fig. 1 to 2, 9 to 11 & US 2012/0168206 A1 paragraphs [0092] to [0094], [0104] to [0119]; fig. 1 to 2, 5 to 7 & EP 2472577 A2 & CN 102593100 A & KR 10-2012-0079445 A & TW 201234558 A	1-12
A	JP 2010-206142 A (Fujitsu Ltd.), 16 September 2010 (16.09.2010), paragraph [0060]; fig. 5 (Family: none)	1-12
A	JP 2011-238789 A (Fujitsu Ltd.), 24 November 2011 (24.11.2011), paragraph [0053]; fig. 5 (Family: none)	1-12

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H01L23/32(2006.01)i, H01L21/60(2006.01)i, H01L23/12(2006.01)i, H01L23/36(2006.01)i

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））

Int.Cl. H01L23/32, H01L21/60, H01L23/12, H01L23/36

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	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016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
Y	US 2005/0142933 A1 (GOTTFRIED Beer et al.) 2005.06.30, 段落[0023]-[0046],[0049]-[0061],図 1-9 & DE 10359424 A	1-12
Y	JP 2005-285821 A (富士通株式会社) 2005.10.13, 段落[0057],[0066],[0071]-[0073],図 6-7 & US 2005/0215049 A1, 段落[0083],[0092],[0096],[0099],図 6-7	1-12
Y	JP 2013-175775 A (ローム株式会社) 2013.09.05, 段落[0009],[0044] (ファミリーなし)	1-11

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矛盾するものではなく、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

07.04.2016

国際調査報告の発送日

19.04.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

多賀 和宏

5D

5588

電話番号 03-3581-1101 内線 3551

C (続き) . 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
Y	JP 2008-294098 A (株式会社ニコン) 2008.12.04, 段落[0006] (ファミリーなし)	1-11
A	JP 2013-8940 A (有限会社 ナプラ) 2013.01.10, 段落[0048]-[0050],[0070]-[0086],図 1-2,9-11 & US 2012/0168206 A1, 段落[0092]-[0094],[0104]-[0119],図 1-2,5-7 & EP 2472577 A2 & CN 102593100 A & KR 10-2012-0079445 A & TW 201234558 A	1-12
A	JP 2010-206142 A (富士通株式会社) 2010.09.16, 段落[0060],図 5 (ファミリーなし)	1-12
A	JP 2011-238789 A (富士通株式会社) 2011.11.24, 段落[0053],図 5 (ファミリーなし)	1-12