

(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
2020年3月5日(05.03.2020)

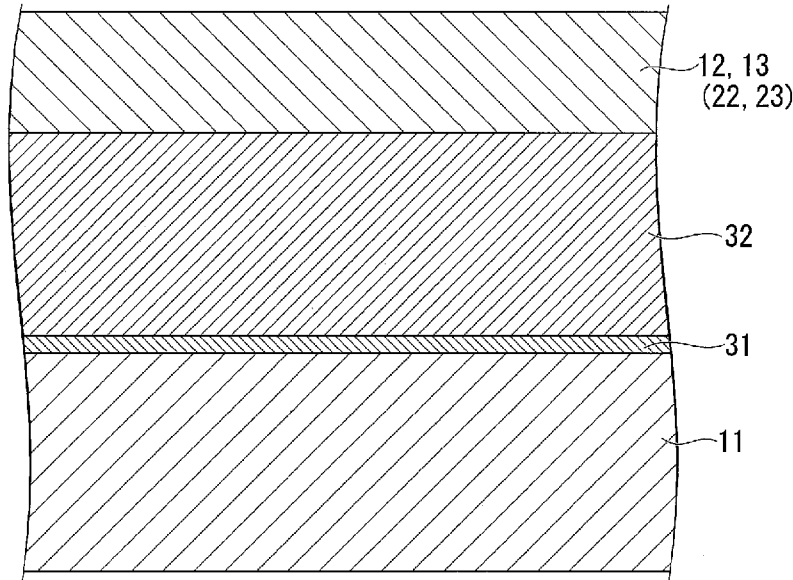


(10) 国際公開番号
WO 2020/044590 A1

- (51) 国際特許分類:
C04B 37/02 (2006.01) H05K 1/03 (2006.01)
B23K 20/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/003834
- (22) 国際出願日: 2019年2月4日(04.02.2019)
- (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 2018-159663 2018年8月28日(28.08.2018) JP
- (71) 出願人: 三菱マテリアル株式会社 (MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008117 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 寺▲崎▼伸幸 (TERASAKI Nobuyuki); 〒3308508 埼玉県さいたま市大宮区北袋町一丁目600番地 三菱マテリアル株式会社 中央研究所内 Saitama (JP).
- (74) 代理人: 松沼 泰史, 外 (MATSUNUMA Yasushi et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目9番2号 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, JO, 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,

(54) Title: COPPER/CERAMIC BONDED BODY, INSULATION CIRCUIT BOARD, METHOD FOR PRODUCING COPPER/CERAMIC BONDED BODY, AND METHOD FOR MANUFACTURING INSULATION CIRCUIT BOARD

(54) 発明の名称: 銅/セラミックス接合体、絶縁回路基板、及び、銅/セラミックス接合体の製造方法、及び、絶縁回路基板の製造方法



(57) Abstract: This copper/ceramic bonded body is formed by bonding a copper member (22) composed of copper or copper alloy to a ceramic member (11) composed of aluminum oxide, wherein a magnesium oxide layer (31) is formed on the ceramic member (11) side, between the copper member (22) and the ceramic member (11), and an Mg solid solution layer (32), in which Mg is dissolved in a parent phase of Cu, is formed between the magnesium oxide layer (31) and the copper member (22).



WO 2020/044590 A1

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：

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約：銅又は銅合金からなる銅部材 (2 2) と、アルミニウム酸化物からなるセラミックス部材 (1 1) とが接合されてなる銅／セラミックス接合体であって、銅部材 (2 2) とセラミックス部材 (1 1) との間には、セラミックス部材 (1 1) 側にマグネシウム酸化物層 (3 1) が形成され、このマグネシウム酸化物層 (3 1) と銅部材 (2 2) との間に、Cuの母相中にMgが固溶したMg固溶層 (3 2) が形成されている。

明 細 書

発明の名称：

銅／セラミックス接合体、絶縁回路基板、及び、銅／セラミックス接合体の製造方法、及び、絶縁回路基板の製造方法

技術分野

[0001] この発明は、銅又は銅合金からなる銅部材と、アルミニウム酸化物からなるセラミックス部材とが接合されてなる銅／セラミックス接合体、絶縁回路基板、及び、銅／セラミックス接合体の製造方法、絶縁回路基板の製造方法に関するものである。

本願は、2018年8月28日に日本に出願された特願2018-159663号について優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] パワーモジュール、LEDモジュール及び熱電モジュールにおいては、絶縁層の一方の面に導電材料からなる回路層を形成した絶縁回路基板に、パワー半導体素子、LED素子及び熱電素子が接合された構造とされている。

例えば、風力発電、電気自動車、ハイブリッド自動車等を制御するために用いられる大電力制御用のパワー半導体素子は、動作時の発熱量が多いことから、これを搭載する基板としては、例えばアルミニウム酸化物からなるセラミックス基板と、このセラミックス基板の一方の面に導電性の優れた金属板を接合して形成した回路層と、を備えた絶縁回路基板が、従来から広く用いられている。絶縁回路基板としては、セラミックス基板の他方の面に金属板を接合して金属層を形成したのもも提供されている。

[0003] 例えば、特許文献1には、回路層及び金属層を構成する第一の金属板及び第二の金属板を銅板とし、この銅板をDBC法によってセラミックス基板に直接接合した絶縁回路基板が提案されている。このDBC法においては、銅と銅酸化物との共晶反応を利用して、銅板とセラミックス基板との界面に液相を生じさせることにより、銅板とセラミックス基板とを接合している。

[0004] 特許文献2には、セラミックス基板の一方の面及び他方の面に、銅板を接合することにより回路層及び金属層を形成した絶縁回路基板が提案されている。この絶縁回路基板においては、セラミックス基板の一方の面及び他方の面に、 $Ag-Cu-Ti$ 系ろう材を介在させて銅板を配置し、加熱処理を行うことにより銅板が接合されている（いわゆる活性金属ろう付け法）。この活性金属ろう付け法では、活性金属である Ti が含有されたろう材を用いているため、溶融したろう材とセラミックス基板との濡れ性が向上し、セラミックス基板と銅板とが良好に接合されることになる。

[0005] 特許文献3には、高温の窒素ガス雰囲気下で銅板とセラミックス基板とを接合する際に用いられる接合用ろう材として、 $Cu-Mg-Ti$ 合金からなる粉末を含有するペーストが提案されている。この特許文献3においては、窒素ガス雰囲気下にて $560\sim 800^{\circ}C$ で加熱することによって接合する構成とされており、 $Cu-Mg-Ti$ 合金中の Mg は昇華して接合界面には残存せず、かつ、窒化チタン（ TiN ）が実質的に形成しないものとされている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開平04-162756号公報

特許文献2：特許第3211856号公報

特許文献3：特許第4375730号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] しかしながら、特許文献1に開示されているように、DBC法によってセラミックス基板と銅板とを接合する場合には、接合温度を $1065^{\circ}C$ 以上（銅と銅酸化物との共晶点温度以上）にする必要があることから、接合時にセラミックス基板が劣化してしまうおそれがあった。また、窒素ガス雰囲気等で接合した場合には、接合界面に雰囲気ガスが残存してしまい、部分放電が

発生しやすいといった問題があった。

[0008] 特許文献2に開示されているように、活性金属ろう付け法によってセラミックス基板と銅板とを接合する場合には、ろう材がAgを含有しており、接合界面にAgが存在することから、マイグレーションが生じやすく、高耐圧用途には使用することができなかった。また、接合温度が900℃と比較的高温とされていることから、セラミックス基板が劣化してしまうおそれがあった。さらに、セラミックス基板の接合面近傍に、チタン窒化物相やTiを含む金属間化合物相が生成し、高温動作時にセラミック基板に割れが発生するおそれがあった。

[0009] 特許文献3に開示されているように、Cu-Mg-Ti合金からなる粉末を含有するペーストからなる接合用ろう材を用いて窒素ガス雰囲気下で接合した場合には、接合界面にガスが残存し、部分放電が発生しやすいといった問題があった。また、ペーストに含まれる有機物が接合界面に残存し、接合が不十分となるおそれがあった。さらに、セラミックス基板の接合面近傍に、Tiを含む金属間化合物相が生成し、高温動作時にセラミック基板に割れが発生するおそれがあった。

[0010] この発明は、前述した事情に鑑みてなされたものであって、銅部材とセラミックス部材とが確実に接合されるとともに、耐マイグレーション性に優れ、かつ、高温動作時におけるセラミックス割れの発生を抑制できる銅／セラミックス接合体、絶縁回路基板、及び、上述の銅／セラミックス接合体の製造方法、絶縁回路基板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

[0011] このような課題を解決して、前記目的を達成するために、本発明の銅／セラミックス接合体は、銅又は銅合金からなる銅部材と、アルミニウム酸化物からなるセラミックス部材とが接合されてなる銅／セラミックス接合体であって、前記銅部材と前記セラミックス部材との間には、前記セラミックス部材側にマグネシウム酸化物層が形成され、このマグネシウム酸化物層と前記銅部材との間に、Cuの母相中にMgが固溶したMg固溶層が形成されてい

ることを特徴としている。

[0012] この構成の銅／セラミックス接合体においては、銅又は銅合金からなる銅部材と、アルミニウム酸化物からなるセラミックス部材との間において、前記セラミックス部材側にマグネシウム酸化物層が形成されている。このマグネシウム酸化物層は、セラミックス部材と銅部材の間に配設されたマグネシウム（Mg）とセラミックス部材中の酸素（O）とが反応することにより形成されるものであり、セラミックス部材が十分に反応していることになる。

酸化マグネシウム層と前記銅部材との間に、Cuの母相中にMgが固溶したMg固溶層が形成されているので、セラミックス部材と銅部材の間に配設されたMgが銅部材側に十分に拡散していることになる。

したがって、銅部材とセラミックス部材との接合界面において界面反応が十分に進行しており、銅部材とセラミックス部材とが確実に接合された銅／セラミックス接合体を得ることができる。

[0013] Cu部材とセラミックス部材の接合界面に、Ti, Zr, Nb, Hfが存在していないので、Ti, Zr, Nb, Hfの窒化物相やTi, Zr, Nb, Hfを含む金属間化合物相が生成せず、高温動作時においてもセラミックス部材の割れを抑制することができる。

Cu部材とセラミックス部材の接合界面にAgが存在していないので、耐マイグレーション性にも優れている。

[0014] 本発明の銅／セラミックス接合体においては、前記セラミックス部材の接合面から前記銅部材側に向けて50μmまでの領域における金属間化合物相の面積率が15%以下であることが好ましい。

この場合、前記セラミックス部材の接合面から前記銅部材側に向けて50μmまでの領域における金属間化合物相の面積率が15%以下とされているので、セラミックス部材の接合面近傍に、硬くて脆い金属間化合物相が多く存在せず、高温動作時のセラミックス部材の割れを確実に抑制することが可能となる。

[0015] 本発明の絶縁回路基板は、アルミニウム酸化物からなるセラミックス基板

の表面に、銅又は銅合金からなる銅板が接合されてなる絶縁回路基板であって、前記銅板と前記セラミックス基板との間には、前記セラミックス基板側にマグネシウム酸化物層が形成され、このマグネシウム酸化物層と前記銅板との間に、Cuの母相中にMgが固溶したMg固溶層が形成されていることを特徴としている。

[0016] この構成の絶縁回路基板においては、銅板とセラミックス基板とが確実に接合されるとともに、耐マイグレーション性に優れており、高耐圧条件下においても信頼性高く使用することができる。

高温動作時におけるセラミックス基板の割れの発生を抑制することができる、高温条件下においても信頼性高く使用することができる。

[0017] 本発明の絶縁回路基板においては、前記セラミックス基板の接合面から前記銅板側に向けて50 μ mまでの領域における金属間化合物相の面積率が15%以下であることが好ましい。

この場合、前記セラミックス基板の接合面から前記銅板側に向けて50 μ mまでの領域における金属間化合物相の面積率が15%以下とされているので、セラミックス基板の接合面近傍に、硬くて脆い金属間化合物相が多く存在せず、高温動作時のセラミックス基板の割れを確実に抑制することが可能となる。

[0018] 本発明の銅／セラミックス接合体の製造方法は、上述した銅／セラミックス接合体を製造する銅／セラミックス接合体の製造方法であって、前記銅部材と前記セラミックス部材との間に、Mgを配置するMg配置工程と、前記銅部材と前記セラミックス部材とをMgを介して積層する積層工程と、Mgを介して積層された前記銅部材と前記セラミックス部材とを積層方向に加圧した状態で、真空雰囲気下において加熱処理して接合する接合工程と、を備えており、前記Mg配置工程では、Mg量を0.17mg/cm²以上3.48mg/cm²以下の範囲内とすることを特徴としている。

[0019] この構成の銅／セラミックス接合体の製造方法によれば、前記銅部材と前記セラミックス部材との間にMgを配置し、これらを積層方向に加圧した状

態で、真空雰囲気下において加熱処理するので、接合界面にガスや有機物の残渣等が残存することがない。

Mg配置工程では、Mg量を 0.17 mg/cm^2 以上 3.48 mg/cm^2 以下の範囲内としているので、界面反応に必要な液相を十分に得ることができる。よって、銅部材とセラミックス部材とが確実に接合された銅／セラミックス接合体を得ることが可能となる。

接合にTi, Zr, Nb, Hfを用いていないので、セラミックス部材の接合面近傍に、Ti, Zr, Nb, Hfの窒化物相や、Ti, Zr, Nb, Hfを含む金属間化合物相が存在せず、高温動作時におけるセラミックス部材の割れを抑制可能な銅／セラミックス接合体を得ることができる。

接合にAgを用いていないので、耐マイグレーション性に優れた銅／セラミックス接合体を得ることができる。

[0020] 本発明の銅／セラミックス接合体の製造方法においては、前記接合工程における加圧荷重が 0.049 MPa 以上 3.4 MPa 以下の範囲内とされ、加熱温度が 500°C 以上 850°C 以下の範囲内とされていることが好ましい。

この場合、前記接合工程における加圧荷重が 0.049 MPa 以上 3.4 MPa 以下の範囲内とされているので、セラミックス部材と銅部材とMgとを密着させることができ、加熱時にこれらの界面反応を促進させることができる。

前記接合工程における加熱温度をCuとMgの共晶温度よりも高い 500°C 以上としているので、接合界面において十分に液相を生じさせることができる。一方、前記接合工程における加熱温度を 850°C 以下としているので、液相が過剰に生成することを抑制できる。また、セラミックス部材への熱負荷が小さくなり、セラミックス部材の劣化を抑制することができる。

[0021] 本発明の絶縁回路基板の製造方法は、上述した絶縁回路基板を製造する絶縁回路基板の製造方法であって、前記銅板と前記セラミックス基板との間に、Mgを配置するMg配置工程と、前記銅板と前記セラミックス基板とをM

gを介して積層する積層工程と、Mgを介して積層された前記銅板と前記セラミックス基板とを積層方向に加圧した状態で、真空雰囲気下において加熱処理して接合する接合工程と、を備えており、前記Mg配置工程では、Mg量を 0.17 mg/cm^2 以上 3.48 mg/cm^2 以下の範囲内とすることを特徴としている。

[0022] この構成の絶縁回路基板の製造方法によれば、前記銅板と前記セラミックス基板との間にMgを配置し、これらを積層方向に加圧した状態で、真空雰囲気下において加熱処理するので、接合界面にガスや有機物の残渣等が残存することがない。

Mg配置工程では、Mg量を 0.17 mg/cm^2 以上 3.48 mg/cm^2 以下の範囲内としているので、界面反応に必要な液相を十分に得ることができる。よって、銅板とセラミックス基板とが確実に接合された絶縁回路基板を得ることが可能となる。また、接合にTi, Zr, Nb, Hfを用いていないので、セラミックス基板の接合面近傍に、Ti, Zr, Nb, Hfの窒化物相やTi, Zr, Nb, Hfを含む金属間化合物相が存在せず、高温動作時におけるセラミックス基板の割れを抑制可能な絶縁回路基板を得ることができる。

接合にAgを用いていないので、耐マイグレーション性に優れた絶縁回路基板を得ることができる。

[0023] 本発明の絶縁回路基板の製造方法においては、前記接合工程における加圧荷重が 0.049 MPa 以上 3.4 MPa 以下の範囲内とされ、加熱温度が 500°C 以上 850°C 以下の範囲内とされていることが好ましい。

この場合、前記接合工程における加圧荷重が 0.049 MPa 以上 3.4 MPa 以下の範囲内とされているので、セラミックス基板と銅板とMgとを密着させることができ、加熱時にこれらの界面反応を促進させることができる。

そして、前記接合工程における加熱温度をCuとMgの共晶温度よりも高い 500°C 以上としているので、接合界面において十分に液相を生じさせる

ことができる。一方、前記接合工程における加熱温度を850℃以下としているので、液相が過剰に生成することを抑制できる。また、セラミックス基板への熱負荷が小さくなり、セラミックス基板の劣化を抑制することができる。

発明の効果

[0024] 本発明によれば、銅部材とセラミックス部材とが確実に接合されるとともに、耐マイグレーション性に優れ、かつ、高温動作時におけるセラミックス割れの発生を抑制できる銅／セラミックス接合体、絶縁回路基板、及び、上述の銅／セラミックス接合体の製造方法、絶縁回路基板の製造方法を提供することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0025] [図1]本発明の実施形態である絶縁回路基板（銅／セラミックス接合体）を用いたパワーモジュールの概略説明図である。

[図2]本発明の実施形態である絶縁回路基板（銅／セラミックス接合体）の回路層（銅部材）及び金属層（銅部材）とセラミックス基板（セラミックス部材）との接合界面の模式図である。

[図3]本発明の実施形態である絶縁回路基板（銅／セラミックス接合体）の製造方法を示すフロー図である。

[図4]本発明の実施形態である絶縁回路基板（銅／セラミックス接合体）の製造方法を示す説明図である。

[図5]本発明例3の銅／セラミックス接合体における銅板とセラミックス基板の接合界面の観察結果である。

発明を実施するための形態

[0026] 以下に、本発明の実施形態について添付した図面を参照して説明する。

[0027] 本実施形態に係る銅／セラミックス接合体は、セラミックス部材であるセラミックス基板11と、銅部材である銅板22（回路層12）及び銅板23（金属層13）とが接合されることにより構成された絶縁回路基板10とされている。

図 1 に、本発明の実施形態である絶縁回路基板 10 及びこの絶縁回路基板 10 を用いたパワーモジュール 1 を示す。

[0028] このパワーモジュール 1 は、絶縁回路基板 10 と、この絶縁回路基板 10 の一方側（図 1 において上側）に第 1 はんだ層 2 を介して接合された半導体素子 3 と、絶縁回路基板 10 の他方側（図 1 において下側）に第 2 はんだ層 8 を介して接合されたヒートシンク 51 と、を備えている。

[0029] 絶縁回路基板 10 は、セラミックス基板 11 と、このセラミックス基板 11 の一方の面（図 1 において上面）に配設された回路層 12 と、セラミックス基板 11 の他方の面（図 1 において下面）に配設された金属層 13 とを備えている。

セラミックス基板 11 は、回路層 12 と金属層 13 との間の電氣的接続を防止するものであって、本実施形態では、アルミニウム酸化物の一種であるアルミナで構成されている。セラミックス基板 11 の厚さは、0.2 mm 以上 1.5 mm 以下の範囲内に設定されており、本実施形態では、セラミックス基板 11 の厚さは 0.635 mm が好ましい。

[0030] 回路層 12 は、図 4 に示すように、セラミックス基板 11 の一方の面に銅又は銅合金からなる銅板 22 が接合されることにより形成されている。本実施形態においては、回路層 12 を構成する銅板 22 として、無酸素銅の圧延板が用いられている。この回路層 12 には、回路パターンが形成されており、その一方の面（図 1 において上面）が、半導体素子 3 が搭載される搭載面されている。回路層 12 の厚さは 0.1 mm 以上 1.0 mm 以下の範囲内に設定されており、本実施形態では、回路層 12 の厚さは 0.6 mm が好ましい。

[0031] 金属層 13 は、図 4 に示すように、セラミックス基板 11 の他方の面に銅又は銅合金からなる銅板 23 が接合されることにより形成されている。本実施形態においては、金属層 13 を構成する銅板 23 として、無酸素銅の圧延板が用いられている。金属層 13 の厚さは 0.1 mm 以上 1.0 mm 以下の範囲内に設定されており、本実施形態では、金属層 13 の厚さは 0.6 mm

が好ましい。

[0032] ヒートシンク51は、前述の絶縁回路基板10を冷却するためのものであり、本実施形態においては、熱伝導性が良好な材質で構成された放熱板とされている。本実施形態においては、ヒートシンク51は、熱伝導性に優れた銅又は銅合金で構成されている。ヒートシンク51と絶縁回路基板10の金属層13とは、第2はんだ層8を介して接合されている。

[0033] セラミックス基板11と回路層12（銅板22）、及び、セラミックス基板11と金属層13（銅板23）とは、図4に示すように、Mg膜25を介して接合されている。

セラミックス基板11と回路層12（銅板22）との接合界面及びセラミックス基板11と金属層13（銅板23）との接合界面においては、図2に示すように、セラミックス基板11側に形成されたマグネシウム酸化物層31と、Cuの母相中にMgが固溶したMg固溶層32と、が積層された構造とされている。

[0034] マグネシウム酸化物層31は、例えば、MgOで構成されている。マグネシウム酸化物層31の厚さは、 $0.05\mu\text{m}$ 以上 $1.0\mu\text{m}$ 以下の範囲内とされており、好ましくは、 $0.1\mu\text{m}$ 以上 $0.5\mu\text{m}$ 以下の範囲内とされている。このマグネシウム酸化物層31は、セラミックス基板11の酸素（O）とMg膜25のマグネシウム（Mg）とが反応することで形成されたものである。

[0035] このMg固溶層32におけるMgの含有量は、 0.01 原子%以上 3 原子%以下の範囲内とされている。Mg固溶層32の厚さは、 $0.1\mu\text{m}$ 以上 $150\mu\text{m}$ 以下の範囲内とされており、好ましくは、 $0.1\mu\text{m}$ 以上 $80\mu\text{m}$ 以下の範囲内とされている。

[0036] 本実施形態においては、セラミックス基板11の接合面から銅板22（回路層12）及び銅板23（金属層13）側に向けて $50\mu\text{m}$ までの領域における金属間化合物相の面積率が 15% 以下であることが好ましい。

上述のように、接合界面における金属間化合物相の面積率が抑制されてい

れば、Mg固溶層32の内部には、CuとMgを含むCu-Mg金属間化合物相が分散されていてもよい。Cu-Mg金属間化合物相としては、例えばCu₂Mg、CuMg₂等が挙げられる。

[0037] 次に、上述した本実施形態である絶縁回路基板10の製造方法について、図3及び図4を参照して説明する。

[0038] (Mg配置工程S01)

図4に示すように、回路層12となる銅板22とセラミックス基板11との間、及び、金属層13となる銅板23とセラミックス基板11との間に、それぞれMgを配置する。本実施形態では、Mgを蒸着することによって、Mg膜25を形成している。

このMg配置工程S01では、配置するMg量を0.17mg/cm²以上3.48mg/cm²以下の範囲内としている。

[0039] (積層工程S02)

次に、銅板22とセラミックス基板11を、Mg膜25を介して積層するとともに、セラミックス基板11と銅板23を、Mg膜25を介して積層する。

[0040] (接合工程S03)

次に、積層された銅板22、セラミックス基板11、銅板23を、積層方向に加圧するとともに、真空炉内に装入して加熱し、銅板22とセラミックス基板11と銅板23を接合する。

接合工程S03における加圧荷重は、0.049MPa以上3.4MPa以下の範囲内とすることが好ましい。

接合工程S03における加熱温度は、500℃以上850℃以下の範囲内とすることが好ましい。

接合工程S03における真空度は、 1×10^{-6} Pa以上 5×10^{-2} Pa以下の範囲内とすることが好ましい。

加熱温度での保持時間は、5min以上180min以下の範囲内とすることが好ましい。

[0041] 以上のように、Mg配置工程S01と、積層工程S02と、接合工程S03とによって、本実施形態である絶縁回路基板10が製造される。

[0042] (ヒートシンク接合工程S04)

次に、絶縁回路基板10の金属層13の他方の面側にヒートシンク51を接合する。絶縁回路基板10とヒートシンク51とを、はんだ材を介して積層して加熱炉に装入し、第2はんだ層8を介して絶縁回路基板10とヒートシンク51とをはんだ接合する。

[0043] (半導体素子接合工程S05)

次に、絶縁回路基板10の回路層12の一方の面に、半導体素子3をはんだ付けにより接合する。

以上の工程により、図1に示すパワーモジュール1が製出される。

[0044] 以上のような構成とされた本実施形態の絶縁回路基板10(銅/セラミックス接合体)によれば、無酸素銅からなる銅板22(回路層12)及び銅板23(金属層13)とアルミニウム酸化物(アルミナ)からなるセラミックス基板11とがMg膜25を介して接合されており、セラミックス基板11と回路層12(銅板22)との間、及び、セラミックス基板11と金属層13(銅板22)の間には、セラミックス基板11側にマグネシウム酸化物層31が形成されている。このマグネシウム酸化物層31は、銅板22(回路層12)及び銅板23(金属層13)とセラミックス基板11との間に介在するMgとセラミックス基板11中の酸素とが反応することにより形成されるものであり、セラミックス基板11が十分に反応していることになる。

したがって、銅板22(回路層12)及び銅板23(金属層13)とセラミックス基板11との接合界面において界面反応が十分に進行しており、銅板22(回路層12)及び銅板23(金属層13)とセラミックス基板11とが確実に接合された絶縁回路基板10(銅/セラミックス接合体)を得ることができる。

[0045] 銅板22(回路層12)及び銅板23(金属層13)とセラミックス基板11の接合界面にTi, Zr, Nb, Hfが存在していないので、Ti, Z

r, Nb, Hfの窒化物相やTi, Zr, Nb, Hfを含む金属間化合物相が生成せず、高温動作時においてもセラミックス基板11の割れを抑制することができる。銅板22（回路層12）及び銅板23（金属層13）とセラミックス基板11の接合界面におけるTi, Zr, Nb, Hfの合計含有量は0.3mass%以下であることが好ましく、0.1mass%以下であることがさらに好ましい。

[0046] セラミックス基板11と銅板22（回路層12）及び銅板23（金属層13）の接合界面にAgが存在していないので、耐マイグレーション性に優れている。銅板22（回路層12）及び銅板23（金属層13）とセラミックス基板11の接合界面におけるAgの含有量は0.2mass%以下であることが好ましく、0.1mass%以下であることがさらに好ましい。

[0047] 本実施形態において、セラミックス基板11の接合面から銅板22（回路層12）及び銅板23（金属層13）側に向けて50 μ mまでの領域における金属間化合物相の面積率が15%以下である場合には、セラミックス基板11の接合面近傍に、硬くて脆い金属間化合物相が多く存在せず、高温動作時のセラミックス基板11の割れを確実に抑制することが可能となる。

セラミックス基板11の接合面から銅板22（回路層12）及び銅板23（金属層13）側に向けて50 μ mまでの領域における金属間化合物相の面積率は、10%以下であることが好ましく、8%以下であることがさらに好ましい。

[0048] 本実施形態の絶縁回路基板10（銅／セラミックス接合体）の製造方法によれば、銅板22、23とセラミックス基板11との間にMg（Mg膜25）を配置するMg配置工程S01と、Mg膜25を介して銅板22、23とセラミックス基板11とを積層する積層工程S02と、積層された銅板22、セラミックス基板11、銅板23を、積層方向に加圧した状態で、真空雰囲気下において加熱処理して接合する接合工程S03と、を備えているので、接合界面にガスや有機物の残渣等が残存することがない。

[0049] Mg配置工程S01では、Mg量を0.17mg/cm²以上3.48mg

／ cm^2 以下の範囲内としているので、界面反応に必要な液相を十分に得ることができ、銅板22、23とセラミックス基板11とが確実に接合された絶縁回路基板10（銅／セラミックス接合体）を得ることができる。

接合にTi、Zr、Nb、Hfを用いていないので、セラミックス基板11の接合面近傍に、Ti、Zr、Nb、Hfの窒化物相やTi、Zr、Nb、Hfを含む金属間化合物相が存在せず、高温動作時におけるセラミックス基板11の割れを抑制可能な絶縁回路基板10（銅／セラミックス接合体）を得ることができる。

接合にAgを用いていないので、耐マイグレーション性に優れた絶縁回路基板10（銅／セラミックス接合体）を得ることができる。

[0050] Mg量が $0.17\text{mg}/\text{cm}^2$ 未満の場合には、発生する液相の量が不足し、接合率が低下するおそれがあった。また、Mg量が $3.48\text{mg}/\text{cm}^2$ を超える場合には、発生する液相の量の過剰となり、液相が接合界面から漏れ出し、所定の形状の接合体を製造できないおそれがある。また、Cu-Mg金属間化合物相が過剰に生成し、セラミックス基板11に割れが生じるおそれがあった。

以上のことから、本実施形態では、Mg量を $0.17\text{mg}/\text{cm}^2$ 以上 $3.48\text{mg}/\text{cm}^2$ 以下の範囲内としている。

Mg量の下限は、 $0.24\text{mg}/\text{cm}^2$ 以上とすることが好ましく、 $0.32\text{mg}/\text{cm}^2$ 以上とすることがさらに好ましい。一方、Mg量の上限は、 $2.38\text{mg}/\text{cm}^2$ 以下とすることが好ましく、 $1.58\text{mg}/\text{cm}^2$ 以下とすることがさらに好ましい。

[0051] 本実施形態においては、接合工程S03における加圧荷重が 0.049MPa 以上とされているので、セラミックス基板11と銅板22、23とMg膜25とを密着させることができ、加熱時にこれらの界面反応を促進させることができる。接合工程S03における加圧荷重が 3.4MPa 以下とされているので、接合工程S03におけるセラミックス基板11の割れ等を抑制

することができる。

接合工程S03における加圧荷重の下限は、0.098MPa以上とすることが好ましく、0.294MPa以上とすることがさらに好ましい。一方、接合工程S03における加圧荷重の上限は、1.96MPa以下とすることが好ましく、0.98MPa以下とすることがさらに好ましい。

[0052] 本実施形態では、接合工程S03における加熱温度を、CuとMgの共晶温度よりも高い500℃以上としているので、接合界面において十分に液相を生じさせることができる。一方、接合工程S03における加熱温度を850℃以下としているので、液相が過剰に生成することを抑制できる。また、セラミックス基板11への熱負荷が小さくなり、セラミックス基板11の劣化を抑制することができる。

接合工程S03における加熱温度の下限は、600℃以上とすることが好ましく、680℃以上とすることがさらに好ましい。一方、接合工程S03における加熱温度の上限は、800℃以下とすることが好ましく、760℃以下とすることがさらに好ましい。

[0053] 本実施形態では、接合工程S03における真空度を、 1×10^{-6} Pa以上 5×10^{-2} Pa以下の範囲内とした場合には、Mg膜25の酸化を抑制することができ、セラミックス基板11と銅板22, 23とを確実に接合することが可能となる。

接合工程S03における真空度の下限は、 1×10^{-4} Pa以上とすることが好ましく、 1×10^{-3} Pa以上とすることがさらに好ましい。一方、接合工程S03における真空度の上限は、 1×10^{-2} Pa以下とすることが好ましく、 5×10^{-3} Pa以下とすることがさらに好ましい。

[0054] 本実施形態では、接合工程S03における加熱温度での保持時間を、5min以上180min以下の範囲内とした場合には、液相を十分に形成することができ、セラミックス基板11と銅板22, 23とを確実に接合することが可能となる。

接合工程S03における加熱温度での保持時間の下限は、10min以上

とすることが好ましく、30min以上とすることがさらに好ましい。一方、接合工程S03における加熱温度での保持時間の上限は、150min以下とすることが好ましく、120min以下とすることがさらに好ましい。

[0055] 以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明はこれに限定されることはなく、その発明の技術的思想を逸脱しない範囲で適宜変更可能である。

例えば、回路層又は金属層を構成する銅板を、無酸素銅の圧延板として説明したが、これに限定されることはなく、他の銅又は銅合金で構成されたものであってもよい。

本実施形態においては、回路層及び金属層を銅板で構成したものとして説明したが、これに限定されることはなく、回路層及び金属層の少なくとも一方が銅板で構成されていれば、他方は、アルミニウム板等の他の金属板で構成したものでもよい。

[0056] 本実施形態では、Mg配置工程において、Mg膜を蒸着によって成膜するものとして説明したが、これに限定されることはなく、他の方法でMg膜を成膜してもよく、Mg箔を配置してもよい。また、CuとMgのクラッド材を配置してもよい。

さらに、Mgペースト及びCu-Mgペーストを塗布してもよい。また、CuペーストとMgペーストを積層して配置してもよい。このとき、Mgペーストは銅板側あるいはセラミックス基板側のいずれに配置してもよい。また、Mgとして、MgH₂を配置してもよい。

[0057] ヒートシンクとして放熱板を例に挙げて説明したが、これに限定されることはなく、ヒートシンクの構造に特に限定はない。例えば、冷媒が流通する流路を有するものや冷却フィンを備えたものであってもよい。また、ヒートシンクとしてアルミニウムやアルミニウム合金を含む複合材（例えばAlSiC等）を用いることもできる。

ヒートシンクの天板部や放熱板と金属層との間に、アルミニウム又はアルミニウム合金若しくはアルミニウムを含む複合材（例えばAlSiC等）か

らなる緩衝層を設けてもよい。

- [0058] 本実施形態では、絶縁回路基板の回路層にパワー半導体素子を搭載してパワーモジュールを構成するものとして説明したが、これに限定されることはない。例えば、絶縁回路基板にLED素子を搭載してLEDモジュールを構成してもよいし、絶縁回路基板の回路層に熱電素子を搭載して熱電モジュールを構成してもよい。

実施例

- [0059] 本発明の有効性を確認するために行った確認実験について説明する。

40mm角のアルミニウム酸化物（アルミナ）からなるセラミックス基板の両面に、表1に示すようにMgを配置した銅板（無酸素銅、37mm角、厚さ0.15mm）を積層し、表1に示す接合条件で接合し、銅／セラミックス接合体を形成した。セラミックス基板の厚さは厚さ0.635mmとした。また、接合時の真空炉の真空度は 5×10^{-3} Paとした。

従来例では、セラミックス基板と銅板の間に、Ag-28mass%Cu-5mass%Tiの活性ろう材を、Ag量が 5.2 mg/cm^2 となるように配置した。

- [0060] このようにして得られた銅／セラミックス接合体について、接合界面を観察して、マグネシウム酸化物層、Mg固溶層、Cu-Mg金属間化合物相を確認した。また、銅／セラミックス接合体の初期接合率、冷熱サイクル後のセラミックス基板の割れ、マイグレーション性を、以下のように評価した。

- [0061] （マグネシウム酸化物層）

銅板とセラミックス基板との接合界面を、透過型電子顕微鏡（FEI社製Titan ChemiSTEM）を用いて加速電圧200kV、倍率4万倍で観察し、得られた元素マッピングにおいて、MgとOが共存する領域が存在した場合を、マグネシウム酸化物層「有」と評価した。

- [0062] （Mg固溶層）

銅板とセラミックス基板との接合界面を、EPMA装置（日本電子株式会社製JXA-8539F）を用いて、倍率2000倍、加速電圧15kVの

条件で接合界面を含む領域（ $400\mu\text{m}\times 600\mu\text{m}$ ）を観察し、セラミックス基板表面から銅板側に向かって $10\mu\text{m}$ 間隔で、銅板の厚さに応じて10点以上20点以下の範囲で定量分析を行い、Mg濃度が0.01原子%以上である領域をMg固溶層とした。

[0063] (Cu-Mg金属間化合物相)

銅板とセラミックス基板との接合界面を、電子線マイクロアナライザー（日本電子株式会社製JXA-8539F）を用いて、倍率2000倍、加速電圧15kVの条件で接合界面を含む領域（ $400\mu\text{m}\times 600\mu\text{m}$ ）のMgの元素MAPを取得し、Mgの存在が確認された領域内での定量分析の5点平均で、Cu濃度が5原子%以上、かつ、Mg濃度が30原子以上70原子%以下を満たした領域をCu-Mg金属間化合物相とした。

そして、セラミックス基板の接合面から銅板側に向けて $50\mu\text{m}$ までの領域における金属間化合物相の面積率を算出した。

[0064] (初期接合率)

銅板とセラミックス基板との接合率は、超音波探傷装置（株式会社日立パワーソリューションズ製FineSAT200）を用いて以下の式を用いて求めた。初期接合面積とは、接合前における接合すべき面積、すなわち銅板の接合面の面積とした。超音波探傷像において剥離は接合部内の白色部で示されることから、この白色部の面積を剥離面積とした。

$$(\text{接合率}) = \{ (\text{初期接合面積}) - (\text{剥離面積}) \} / (\text{初期接合面積})$$

[0065] (セラミックス基板の割れ)

冷熱衝撃試験機（エスペック株式会社製TSA-72ES）を使用し、気相で、 $-50^{\circ}\text{C}\times 10\text{分}\leftrightarrow 150^{\circ}\text{C}\times 10\text{分}$ の300サイクルを実施した。

上述の冷熱サイクルを負荷した後のセラミックス基板の割れの有無を評価した。

[0066] (マイグレーション)

回路層において絶縁分離された回路パターン間距離0.5mm、温度85

℃、湿度85%RH、電圧DC50Vの条件で、2000時間放置後に、回路パターン間の電気抵抗を測定し、抵抗値が $1 \times 10^6 \Omega$ 以下となった場合を短絡した（マイグレーションが発生した）と判断し、マイグレーションの評価を「B」とした。上記と同じ条件で、2000時間放置後に、回路パターン間の電気抵抗を測定し、抵抗値が $1 \times 10^6 \Omega$ より大きい場合は、マイグレーションが発生しなかったと判断し、マイグレーションの評価を「A」とした。

[0067] 評価結果を表2に示す。また、本発明例3の観察結果を図5に示す。

[0068] [表1]

| | Mg配置工程 | 接合工程 | | |
|--------|---------------------------|-----------|---------|-----------|
| | Mg量 mg/cm ² | 荷重 MPa | 温度 ℃ | 時間 min |
| 本発明例1 | 0.21 | 0.098 | 650 | 150 |
| 本発明例2 | 1.11 | 3.4 | 720 | 120 |
| 本発明例3 | 0.17 | 0.049 | 780 | 120 |
| 本発明例4 | 3.01 | 0.294 | 500 | 30 |
| 本発明例5 | 0.32 | 0.098 | 720 | 180 |
| 本発明例6 | 0.24 | 0.294 | 600 | 10 |
| 本発明例7 | 2.06 | 3.4 | 680 | 30 |
| 本発明例8 | 2.38 | 0.98 | 810 | 90 |
| 本発明例9 | 0.27 | 3.4 | 720 | 5 |
| 本発明例10 | 3.48 | 3.4 | 800 | 60 |
| 本発明例11 | 1.58 | 0.098 | 760 | 90 |
| 本発明例12 | 0.79 | 0.294 | 760 | 90 |
| 比較例1 | 0.11 | 3.4 | 810 | 90 |
| 比較例2 | 5.54 | 0.049 | 760 | 90 |
| 従来例 | (活性ろう材) | 0.98 | 810 | 90 |

[0069]

[表2]

| | 接合界面の観察結果 | | | 初期 接合率 % | セラミックス 割れの 有無 | マイグレーション |
|--------|-----------------|-------|------------------|----------------|---------------------|----------|
| | マグネシウム 酸化物層 | Mg固溶層 | Cu-Mg 金属間化合物相 | | | |
| 本発明例1 | 有 | 有 | 1.4 | 91.0 | 無 | A |
| 本発明例2 | 有 | 有 | 6.3 | 97.5 | 無 | A |
| 本発明例3 | 有 | 有 | 0.0 | 91.5 | 無 | A |
| 本発明例4 | 有 | 有 | 14.6 | 95.5 | 無 | A |
| 本発明例5 | 有 | 有 | 1.2 | 93.9 | 無 | A |
| 本発明例6 | 有 | 有 | 7.8 | 94.2 | 無 | A |
| 本発明例7 | 有 | 有 | 9.2 | 95.8 | 無 | A |
| 本発明例8 | 有 | 有 | 6.9 | 99.2 | 無 | A |
| 本発明例9 | 有 | 有 | 3.3 | 95.9 | 無 | A |
| 本発明例10 | 有 | 有 | 9.8 | 97.5 | 無 | A |
| 本発明例11 | 有 | 有 | 6.5 | 99.0 | 無 | A |
| 本発明例12 | 有 | 有 | 3.9 | 98.2 | 無 | A |
| 比較例1 | 接合体が形成されず、評価を中止 | | | | | |
| 比較例2 | 接合体が形成されず、評価を中止 | | | | | |
| 従来例 | - | - | - | 97.3 | 有 | B |

[0070] Mg配置工程において、Mg量が 0.11 mg/cm^2 と本発明の範囲よりも少ない比較例1においては、接合時に液相が不足したため、接合体を形成することができなかった。このため、その後の評価を中止した。

Mg配置工程において、Mg量が 5.54 mg/cm^2 と本発明の範囲よりも多い比較例2においては、接合時に液相が過剰に生成したため、液相が接合界面から漏れ出し、所定の形状の接合体を製造できなかった。このため、その後の評価を中止した。

[0071] Ag-Cu-Ti ろう材を用いてセラミックス基板と銅板を接合した従来例においては、マイグレーションの評価が「B」と判断された。接合界面に Ag が存在したためと推測される。

[0072] これに対して、本発明例 1～12 においては、初期接合率も高く、セラミックス基板の割れも確認されなかった。また、マイグレーションも良好であった。

また、図 5 に示すように、接合界面を観察した結果、セラミックス基板側にマグネシウム酸化物層が形成されているのが確認された。また、Mg 固溶層 32 が観察された。

[0073] 以上のことから、本発明例によれば、銅部材とセラミックス部材とが確実に接合されるとともに、耐マイグレーション性に優れ、かつ、高温動作時におけるセラミックス割れの発生を抑制できる銅／セラミックス接合体（絶縁回路基板）を提供可能であることが確認された。

産業上の利用可能性

[0074] 本発明によれば、銅部材とセラミックス部材とが確実に接合されるとともに、耐マイグレーション性に優れ、かつ、高温動作時におけるセラミックス割れの発生を抑制できる銅／セラミックス接合体、絶縁回路基板、及び、上述の銅／セラミックス接合体の製造方法、絶縁回路基板の製造方法を提供することが可能となる。

符号の説明

- [0075] 10 絶縁回路基板
11 セラミックス基板
12 回路層
13 金属層
22、23 銅板
31 マグネシウム酸化物層
32 Mg 固溶層

請求の範囲

- [請求項1] 銅又は銅合金からなる銅部材と、アルミニウム酸化物からなるセラミックス部材とが接合されてなる銅／セラミックス接合体であって、
前記銅部材と前記セラミックス部材との間には、前記セラミックス部材側にマグネシウム酸化物層が形成され、このマグネシウム酸化物層と前記銅部材との間に、Cuの母相中にMgが固溶したMg固溶層が形成されていることを特徴とする銅／セラミックス接合体。
- [請求項2] 前記セラミックス部材の接合面から前記銅部材側に向けて50 μ mまでの領域における金属間化合物相の面積率が15%以下であることを特徴とする請求項1に記載の銅／セラミックス接合体。
- [請求項3] アルミニウム酸化物からなるセラミックス基板の表面に、銅又は銅合金からなる銅板が接合されてなる絶縁回路基板であって、
前記銅板と前記セラミックス基板の間には、前記セラミックス基板側にマグネシウム酸化物層が形成され、このマグネシウム酸化物層と前記銅板との間に、Cuの母相中にMgが固溶したMg固溶層が形成されていることを特徴とする絶縁回路基板。
- [請求項4] 前記セラミックス基板の接合面から前記銅板側に向けて50 μ mまでの領域における金属間化合物相の面積率が15%以下であることを特徴とする請求項3に記載の絶縁回路基板。
- [請求項5] 請求項1又は請求項2に記載の銅／セラミックス接合体を製造する銅／セラミックス接合体の製造方法であって、
前記銅部材と前記セラミックス部材との間に、Mgを配置するMg配置工程と、
前記銅部材と前記セラミックス部材とをMgを介して積層する積層工程と、
Mgを介して積層された前記銅部材と前記セラミックス部材とを積層方向に加圧した状態で、真空雰囲気下において加熱処理して接合する接合工程と、

を備えており、

前記Mg配置工程では、Mg量を 0.17 mg/cm^2 以上 3.48 mg/cm^2 以下の範囲内とすることを特徴とする銅/セラミックス接合体の製造方法。

[請求項6]

前記接合工程における加圧荷重が 0.049 MPa 以上 3.4 MPa 以下の範囲内とされ、加熱温度が 500°C 以上 850°C 以下の範囲内とされていることを特徴とする請求項5に記載の銅/セラミックス接合体の製造方法。

[請求項7]

請求項3又は請求項4に記載の絶縁回路基板の製造方法であって、前記銅板と前記セラミックス基板との間に、Mgを配置するMg配置工程と、

前記銅板と前記セラミックス基板とをMgを介して積層する積層工程と、

Mgを介して積層された前記銅板と前記セラミックス基板とを積層方向に加圧した状態で、真空雰囲気下において加熱処理して接合する接合工程と、

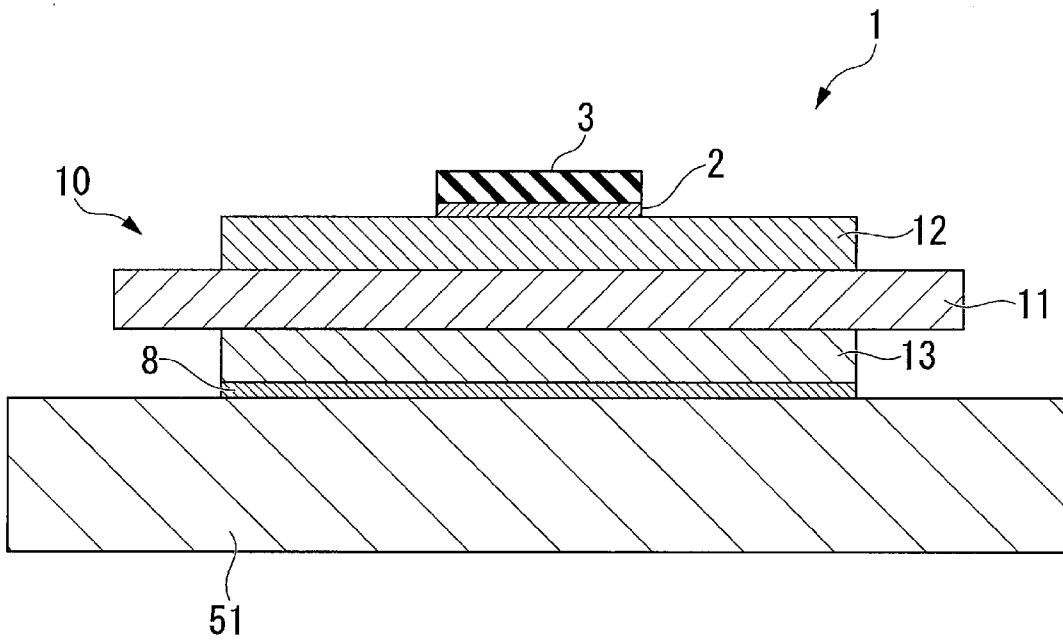
を備えており、

前記Mg配置工程では、Mg量を 0.17 mg/cm^2 以上 3.48 mg/cm^2 以下の範囲内とすることを特徴とする絶縁回路基板の製造方法。

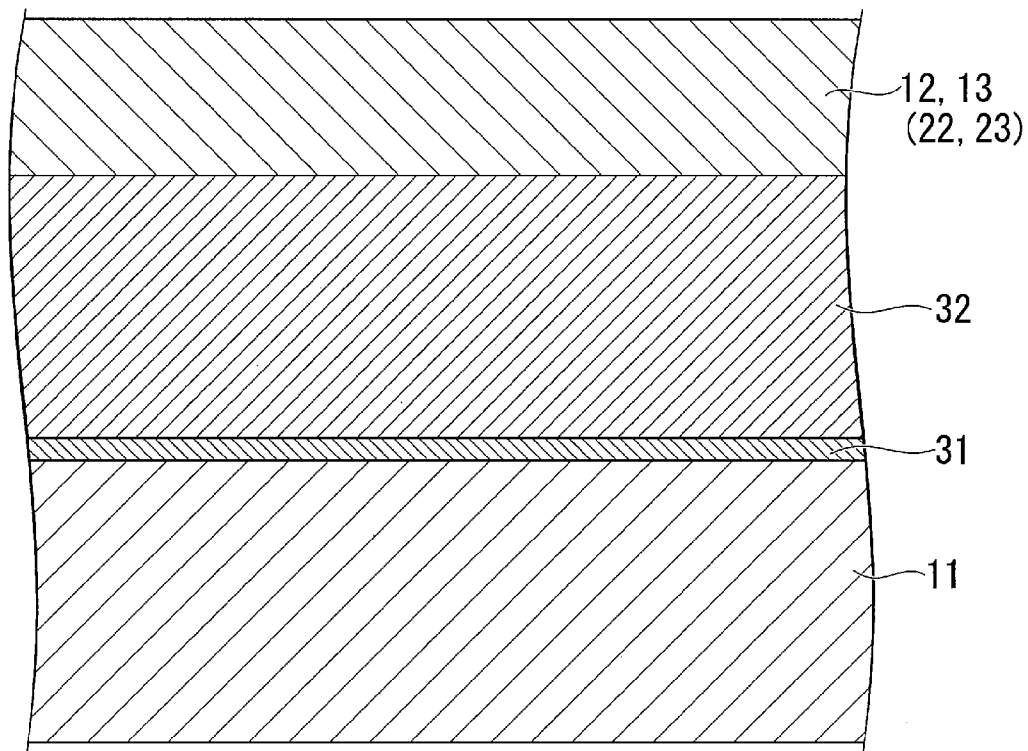
[請求項8]

前記接合工程における加圧荷重が 0.049 MPa 以上 3.4 MPa 以下の範囲内とされ、加熱温度が 500°C 以上 850°C 以下の範囲内とされていることを特徴とする請求項7に記載の絶縁回路基板の製造方法。

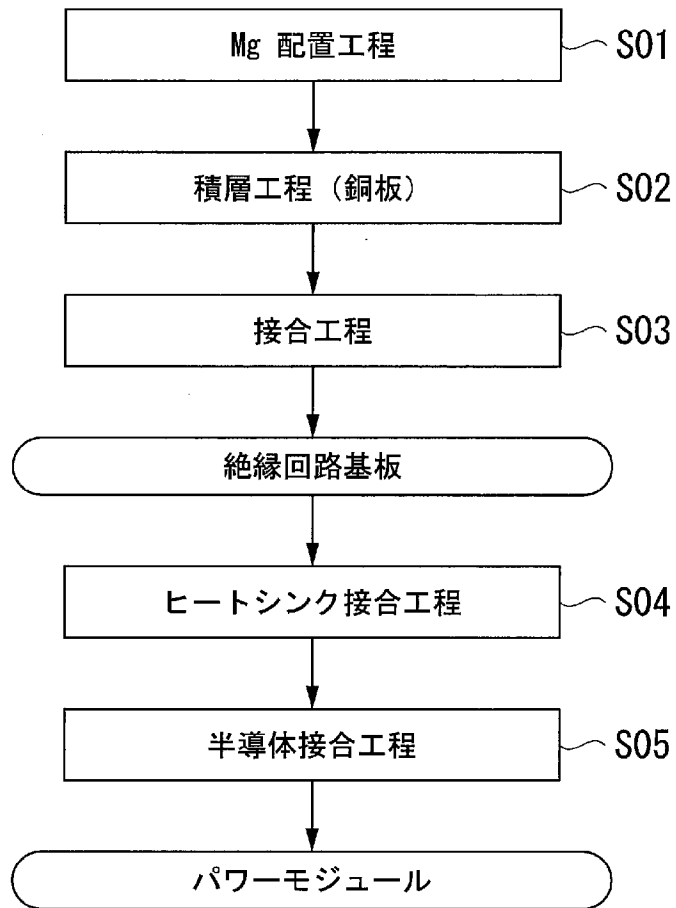
[図1]



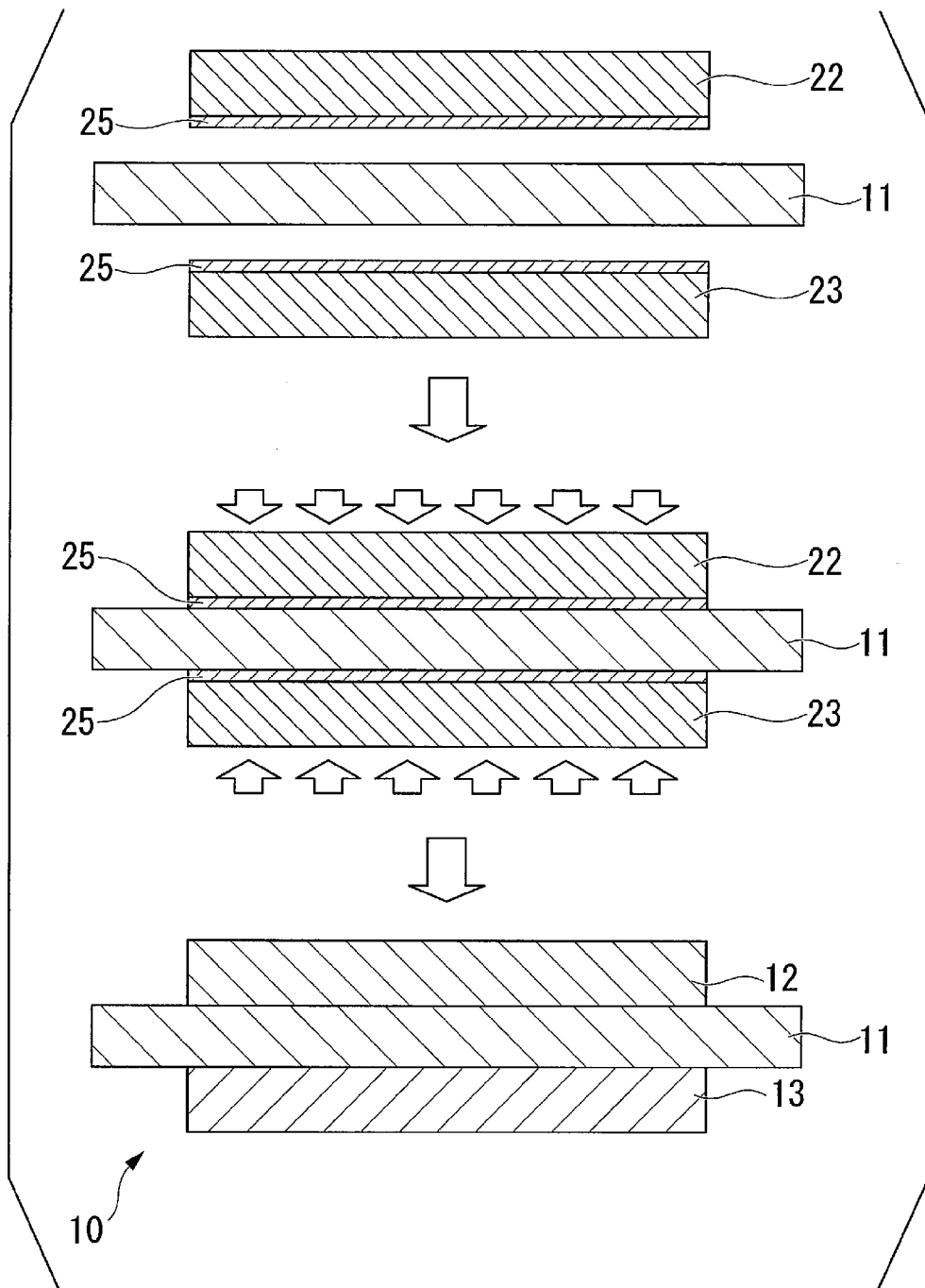
[図2]



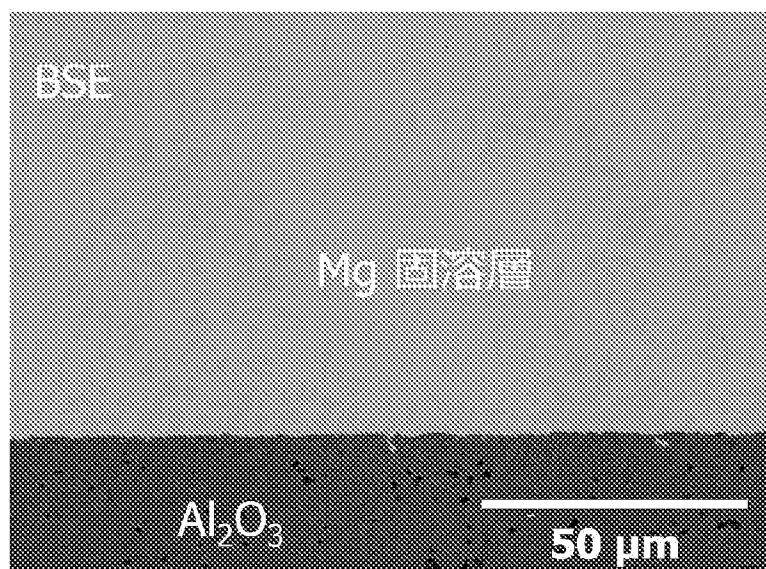
[図3]



[図4]



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/003834

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. C04B37/02 (2006.01) i, B23K20/00 (2006.01) i, H05K1/03 (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)

Int.Cl. C04B37/02, B23K20/00, H05K1/03

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 | 1971-2019 |
| Registered utility model specifications of Japan | 1996-2019 |
| Published registered utility model applications of Japan | 1994-2019 |

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

JSTPlus/JST7580/JSTChina (JDreamIII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|--|-----------------------|
| X A | JP 2015-224151 A (NGK ELECTRONICS DEVICES INC.) 14 December 2015, claims 1, 2, paragraphs [0002], [0029] (Family: none) | 1, 3 2, 4-8 |
| A | JP 2012-129548 A (MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION) 05 July 2012, claim 1 (Family: none) | 1-8 |
| A | WO 2017/077761 A1 (MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION) 11 May 2017, claim 1 & US 2018/0323122 A1, claim 1 & CN 108137420 A | 1-8 |

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
22.03.2019

Date of mailing of the international search report
02.04.2019

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/JP2019/003834

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|---|-----------------------|
| A | JP 2-307875 A (AISIN SEIKI CO., LTD.) 21 December 1990, claim 1 (Family: none) | 1-8 |
| A | JP 2018-32732 A (MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION) 01 March 2018, claim 1 (Family: none) | 1-8 |
| A | JP 3-112874 A (MATSUSHITA ELECTRIC WORKS, LTD.) 14 May 1991, claim 1 (Family: none) | 1-8 |

| | | |
|--|--|----------------|
| A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. C04B37/02(2006.01)i, B23K20/00(2006.01)i, H05K1/03(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. C04B37/02, B23K20/00, H05K1/03 | | |
| 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 1971-2019年 日本国実用新案登録公報 1996-2019年 日本国登録実用新案公報 1994-2019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） JSTPlus/JST7580/JSTChina (JDreamIII) | | |
| 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 A | JP 2015-224151 A (NGKエレクトロデバイス株式会社) 2015.12.14, 請求項1、2、段落0002、0029 (ファミリーなし) | 1, 3 2, 4-8 |
| A | JP 2012-129548 A (三菱マテリアル株式会社) 2012.07.05, 請求項1 (ファミリーなし) | 1-8 |
| A | WO 2017/077761 A1 (三菱マテリアル株式会社) 2017.05.11, 請求項1 & US 2018/0323122 A1, 請求項1 & CN 108137420 A | 1-8 |
| <input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> 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 22.03.2019 | 国際調査報告の発送日 02.04.2019 | |
| 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) 神▲崎▼ 賢一 電話番号 03-3581-1101 内線 3465 | 4 T 6109 |

| 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 |
| A | JP 2-307875 A (アイシン精機株式会社) 1990.12.21, 請求項1 (ファミリーなし) | 1-8 |
| A | JP 2018-32732 A (三菱マテリアル株式会社) 2018.03.01, 請求項1 (ファミリーなし) | 1-8 |
| A | JP 3-112874 A (松下電工株式会社) 1991.05.14, 請求項1 (ファミリーなし) | 1-8 |