

(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
2025年4月10日(10.04.2025)



(10) 国際公開番号

WO 2025/075015 A1

- (51) 国際特許分類:
H05K 1/03 (2006.01) *H05K 1/02* (2006.01)
C04B 37/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2024/035158
- (22) 国際出願日: 2024年10月1日(01.10.2024)
- (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 2023-174017 2023年10月6日(06.10.2023) JP
特願 2024-164955 2024年9月24日(24.09.2024) 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 (JP).
- (72) 発明者: 櫻井 晶 (SAKURAI Akira); 〒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 イノベーションセンター内 (JP). 西元 修司 (NISHIMOTO Shuji); 〒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 イノベーションセンター内 (JP). 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 イノベーションセンター内 (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 (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: COPPER/CERAMIC JOINED BODY AND INSULATING CIRCUIT BOARD

(54) 発明の名称: 銅/セラミックス接合体、および、絶縁回路基板

(57) Abstract: This copper/ceramic joined body is obtained by joining a copper member and a ceramic member. The copper member has a Cu content of at least 99.96 mass%, and has, in a cross section along the thickness direction of the copper member, an average crystal grain size of at most 100 μm after performing 3000 cycles of a heat cycle test in which the copper member is, in a liquid tank, held at -65°C for 5 minutes and then held at 150°C for 5 minutes in a single cycle.

(57) 要約: 銅部材と、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、前記銅部材は、Cuの含有量が99.96mass%以上とされており、液槽にて-65℃で5分保持と150℃で5分保持を1サイクルとする熱サイクル試験を3000サイクル実施後において、前記銅部材の厚さ方向に沿った断面における平均結晶粒径が100μm以下である、銅/セラミックス接合体。

WO 2025/075015 A1

明 細 書

発明の名称：銅／セラミックス接合体、および、絶縁回路基板 技術分野

[0001] この発明は、銅部材と、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、および、セラミックス基板の表面に銅板が接合されてなる絶縁回路基板に関するものである。

本願は、２０２３年１０月６日に日本に出願された特願２０２３－１７４０１７号及び２０２４年９月２４日に日本に出願された特願２０２４－１６４９５５号に基づき優先権を主張し、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モジュールおよ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素子およ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、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、セラミックス基板の他方の面に金属板を接合して形成した放熱用の金属層と、を備えた絶縁回路基板が、従来から広く用いられている。

[0003] 例えば、特許文献１には、セラミックス基板の一方の面および他方の面に、銅板を接合することにより回路層および金属層を形成した絶縁回路基板が提案されている。この特許文献１においては、セラミックス基板の一方の面および他方の面に、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が含有されたるろう材を用いているため、熔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。

ここで、回路層には半導体素子が接合されるとともに、金属層にはヒートシンク等が接合される。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：日本国特許第3 2 1 1 8 5 6号公報（B）

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] ところで、最近では、絶縁回路基板に搭載される半導体素子の発熱温度が高くなる傾向にあるとともに、大電流用途で使用されることがある。このため、回路層および金属層を構成する銅材として、電気伝導性および熱伝導性に特に優れた純銅材を用いることが考えられる。

しかしながら、純銅材は、熱処理を行った際に、容易に結晶粒が粗大化するとともに、結晶粒径が大きくばらつくことになる。

[0006] ここで、絶縁回路基板においては、厳しい熱サイクルが負荷されることがあり、回路層および金属層において結晶粒の粗大化や不均一な結晶成長が発生し、回路層および金属層の内部（特に結晶粒界）にひずみが偏在することになる。このように、回路層および金属層においてひずみが偏在することで、回路層および金属層の内部の降伏応力が不均一となり、回路層および金属層の硬化や変形が生じ、回路層および金属層とセラミックス部材との接合信頼性が低下するおそれがあった。また、回路層および金属層に他の部材（半導体素子、ヒートシンク等）を接合する場合には、回路層および金属層と他の部材との接合信頼性が低下するおそれがあった。

[0007] 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、厳しい冷熱サイクルを負荷した場合であっても、セラミックス部材と銅部材との接合性に優れ、冷熱サイクル信頼性に優れた銅／セラミックス接合体、および、この銅／セラミックス接合体からなる絶縁回路基板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

[0008] 前述の課題を解決するために、本発明の態様1の銅／セラミックス接合体は、銅部材と、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、前記銅部材は、Cuの含有量が99.96mass%以上とされており、液槽（ガルデン液）にて−65℃で5分保持と150℃で5分保持を1サイクルとする熱サイクル試験を3000サイクル実施後において、前記銅部材の厚さ方向に沿った断面における平均結晶粒径が100μm以下であることを特徴としている。

[0009] 本発明の態様1の銅／セラミックス接合体においては、前記銅部材におけるCuの含有量が99.96mass%以上とされているので、銅部材の電気伝導性および熱伝導性に特に優れている。

そして、液槽（ガルデン液）にて−65℃で5分保持と150℃で5分保持を1サイクルとする熱サイクル試験を3000サイクル実施後において、前記銅部材の厚さ方向に沿った断面における平均結晶粒径が100μm以下とされているので、厳しい熱サイクルを負荷しても、結晶粒の粗大化や不均一な結晶成長が生じず、ひずみが偏在することが抑制され、前記銅部材の硬化や変形を抑制できる。

[0010] 本発明の態様2の銅／セラミックス接合体は、態様1の銅／セラミックス接合体において、前記銅部材において、前記セラミックス部材との接合界面から100μm離間した位置におけるナノインデンテーション硬度が0.40GPa以上1.03GPa以下の範囲内であることを特徴としている。

本発明の態様2の銅／セラミックス接合体によれば、前記セラミックス部材との接合界面から100μm離間した位置におけるナノインデンテーション硬度が0.40GPa以上1.03GPa以下の範囲内とされているので、銅部材のセラミックス部材との接合界面が必要以上の硬化することがなく、銅部材とセラミックス部材との接合信頼性をさらに向上させることができる。

[0011] 本発明の態様3の銅／セラミックス接合体は、態様1または態様2の銅／セラミックス接合体において、前記銅部材は、Ca, Ba, Sr, Zr, Hf, Y, Sc, La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Luから選択される1種又は2種以上のA群元素、および、O, S, Se, Teから選択される1種又は2種以上のB群元素のいずれか一方又は両方を合計量で10massppm以上300massppm以下の範囲内で含有していることを特徴としている。

本発明の態様3の銅／セラミックス接合体によれば、前記銅部材が上述のA群元素およびB群元素のいずれか一方又は両方を合計量で10massppm以上300massppm以下の範囲内で含有しているので、熱サイクルを負荷しても、結晶の成長が抑制され、結晶粒の粗大化や不均一な結晶成長が生じず、ひずみが偏在することが抑制され、前記銅部材の硬化や変形を確実に抑制できる。

[0012] 本発明の態様4の銅／セラミックス接合体は、態様3の銅／セラミックス接合体において、前記銅部材に、Cuと、前記A群元素および前記B群元素のいずれか一方または両方とを含む化合物粒子が析出していることを特徴としている。

本発明の態様4の銅／セラミックス接合体によれば、Cuと、前記A群元素および前記B群元素のいずれか一方または両方とを含む化合物粒子が析出しているので、熱サイクルを負荷しても、結晶粒の成長を抑制でき、結晶粒の粗大化や不均一な結晶成長が生じず、ひずみが偏在することが抑制され、前記銅部材の硬化や変形を確実に抑制できる。

[0013] 本発明の態様5の絶縁回路基板は、セラミックス基板の表面に、銅板が接合されてなる絶縁回路基板であって、前記銅板は、Cuの含有量が99.96mass%以上とされており、液槽（ガルデン液）にて−65℃で5分保持と150℃で5分保持を1サイクルとする熱サイクル試験を3000サイクル実施後において、前記銅板の厚さ方向に沿った断面における平均結晶粒径が100μm以下であることを特徴としている。

[0014] 本発明の態様5の絶縁回路基板においては、前記銅板におけるCuの含有量が99.96mass%以上とされているので、前記銅板の電気伝導性および熱伝導性に特に優れている。そして、液槽（ガルデン液）にて−65℃で5分保持と150℃で5分保持を1サイクルとする熱サイクル試験を3000サイクル実施後において、前記銅板の厚さ方向に沿った断面における平均結晶粒径が100μm以下とされているので、厳しい熱サイクルを負荷しても、結晶粒の粗大化や不均一な結晶成長が生じず、ひずみが偏在することが抑制され、前記銅板の硬化や変形を抑制できる。

[0015] 本発明の態様6の絶縁回路基板は、態様5の絶縁回路基板において、前記銅板において、前記セラミックス基板との接合界面から100μm離間した位置におけるナノインデンテーション硬度が0.40GPa以上1.03GPa以下の範囲内であることを特徴としている。

本発明の態様6の絶縁回路基板によれば、前記セラミックス基板との接合界面から100μm離間した位置におけるナノインデンテーション硬度が0.40GPa以上1.03GPa以下の範囲内とされているので、銅板のセラミックス基板との接合界面が必要以上の硬化することがなく、銅板とセラミックス基板との接合信頼性をさらに向上させることができる。

[0016] 本発明の態様7の絶縁回路基板は、態様5または態様6の絶縁回路基板において、前記銅部材は、Ca, Ba, Sr, Zr, Hf, Y, Sc, La, Ce, Pr, 前記銅板は、Ca, Ba, Sr, Zr, Hf, Y, Sc, La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Luから選択される1種又は2種以上のA群元素、および、O, S, Se, Teから選択される1種又は2種以上のB群元素のいずれか一方又は両方を合計量で10massppm以上300massppm以下の範囲内で含有していることを特徴としている。

本発明の態様7の絶縁回路基板によれば、前記銅板が上述のA群元素およびB群元素のいずれか一方又は両方を合計量で10massppm以上300massppm以下の範囲内で含有しているので、熱サイクルを負荷して

も、結晶の成長が抑制され、結晶粒の粗大化や不均一な結晶成長が生じず、ひずみが偏在することが抑制され、前記銅板の硬化や変形を確実に抑制できる。

[0017] 本発明の態様8の絶縁回路基板は、態様7の絶縁回路基板において、前記銅板に、前記A群元素および前記B群元素のいずれか一方または両方を含む化合物粒子が析出していることを特徴としている。

本発明の態様8の絶縁回路基板によれば、前記A群元素及び前記B群元素のいずれか一方または両方を含む化合物粒子が析出しているので、熱サイクルを負荷しても、結晶粒の成長を抑制でき、結晶粒の粗大化や不均一な結晶成長が生じず、ひずみが偏在することが抑制され、前記銅板の硬化や変形を確実に抑制できる。

発明の効果

[0018] 本発明によれば、厳しい冷熱サイクルを負荷した場合であっても、セラミックス部材と銅部材との接合性に優れ、冷熱サイクル信頼性に優れた銅／セラミックス接合体、および、この銅／セラミックス接合体からなる絶縁回路基板を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0019] [図1]本発明の実施形態に係る絶縁回路基板を用いたパワーモジュールの概略説明図である。

[図2]本発明の実施形態に係る絶縁回路基板の回路層および金属層の組織観察写真である。

[図3]本発明の実施形態に係る絶縁回路基板の製造方法のフロー図である。

[図4]本発明の実施形態に係る絶縁回路基板の製造方法の概略説明図である。

[図5]実施例において絶縁回路基板の回路層および金属層の熱サイクル試験前後の平均結晶粒径の測定結果を示す図である。

[図6]実施例において絶縁回路基板の回路層および金属層のナノインデンテーション硬度の測定結果の一例を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0020] 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。

[0021] 本発明の実施形態に係る銅／セラミックス接合体は、セラミックスからなるセラミックス部材としてのセラミックス基板 11 と、銅又は銅合金からなる銅部材としての銅板 22（回路層 12）および銅板 23（金属層 13）とが接合されてなる絶縁回路基板 10 である。図 1 に、本実施形態である絶縁回路基板 10 を備えたパワーモジュール 1 を示す。

[0022] このパワーモジュール 1 は、回路層 12 および金属層 13 が配設された絶縁回路基板 10 と、回路層 12 の一方の面（図 1 において上面）に接合層 2 を介して接合された半導体素子 3 と、金属層 13 の他方側（図 1 において下側）に配置されたヒートシンク 5 と、を備えている。

[0023] 半導体素子 3 は、Si 等の半導体材料で構成されている。この半導体素子 3 と回路層 12 は、接合層 2 を介して接合されている。

接合層 2 は、例えば Sn-Ag 系、Sn-In 系、若しくは Sn-Ag-Cu 系のはんだ材で構成されている。

[0024] ヒートシンク 5 は、前述の絶縁回路基板 10 からの熱を放散するためのものである。このヒートシンク 5 は、銅又は銅合金で構成されており、本実施形態ではりん脱酸銅で構成されている。このヒートシンク 5 には、冷却用の流体が流れるための流路が設けられている。

なお、本実施形態においては、ヒートシンク 5 と金属層 13 とが、はんだ材からなるはんだ層 7 によって接合されている。このはんだ層 7 は、例えば Sn-Ag 系、Sn-In 系、若しくは Sn-Ag-Cu 系のはんだ材で構成されている。

[0025] そして、本実施形態である絶縁回路基板 10 は、図 1 に示すように、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。

[0026] セラミックス基板 11 は、絶縁性および放熱性に優れた窒化ケイ素（Si₃N₄）、窒化アルミニウム（AlN）等のセラミックスで構成されている。本

実施形態では、セラミックス基板 11 は、特に放熱性の優れた窒化ケイ素（ Si_3N_4 ）で構成されている。また、セラミックス基板 11 の厚さは、例えば、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、0.32 mm に設定されている。

[0027] 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（図 4 において上面）に銅板 22 が接合されることにより形成されている。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とされている。

なお、回路層 12 となる銅板 22 の厚さは 0.1 mm 以上 2.0 mm 以下の範囲内に設定されており、本実施形態では、0.8 mm に設定されている。

[0028] 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（図 4 において下面）に、銅板 23 が接合されることにより形成されている。この金属層 13 は、半導体素子 3 からの熱をヒートシンク 5 へと効率良く伝達させる作用効果を有するものである。

なお、金属層 13 となる銅板 23 の厚さは 0.1 mm 以上 2.0 mm 以下の範囲内に設定されており、本実施形態では、0.8 mm に設定されている。

[0029] そして、本実施形態である絶縁回路基板 10 においては、回路層 12 および金属層 13 は、Cu の含有量が 99.96 mass % 以上の純銅材で構成されており、液槽（ガルデン液）にて -65°C で 5 分保持と 150°C で 5 分保持を 1 サイクルとする熱サイクル試験を 3000 サイクル実施後において、回路層 12 および金属層 13 の厚さ方向に沿った断面における平均結晶粒径が $100\text{ }\mu\text{m}$ 以下とされている。

すなわち、本実施形態においては、回路層 12（銅板 22）および金属層 13（銅板 23）が、Cu の含有量が 99.96 mass % 以上の純銅材であって、熱サイクル負荷時においても結晶粒の粗大化が抑制可能なものとされている。

- [0030] また、本実施形態である絶縁回路基板10においては、回路層12および金属層13において、セラミックス基板11との接合界面から100 μ m離間した位置におけるナノインデンテーション硬度が0.40GPa以上1.03GPa以下の範囲内とされていることが好ましい。
- [0031] さらに、本実施形態である絶縁回路基板10においては、回路層12（銅板22）および金属層13（銅板23）は、Ca, Ba, Sr, Zr, Hf, Y, Sc, La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Luから選択される1種又は2種以上のA群元素、および、O, S, Se, Teから選択される1種又は2種以上のB群元素のいずれか一方又は両方を合計量で10mass ppm以上300mass ppm以下の範囲内で含有していることが好ましい。
- [0032] さらに、本実施形態である絶縁回路基板10においては、図2に示すように、回路層12（銅板22）および金属層13（銅板23）に、Cuと、Ca, Ba, Sr, Zr, Hf, Y, Sc, La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Luから選択される1種又は2種以上のA群元素およびO, S, Se, Teから選択される1種又は2種以上のB群元素のいずれか一方または両方と、を含む化合物粒子18が析出していることが好ましい。
- [0033] また、本実施形態である絶縁回路基板10においては、液槽（ガルデン液）にて−65℃で5分保持と150℃で5分保持を1サイクルとする熱サイクル試験を3000サイクル実施後において、セラミックス基板11に割れが確認されない。
- [0034] さらに、本実施形態である絶縁回路基板10においては、回路層12および金属層13は、Cuの含有量が99.96mass %以上の純銅材で構成されており、液槽（ガルデン液）にて−65℃で5分保持と150℃で5分保持を1サイクルとする熱サイクル試験を3000サイクル実施後において、前記銅部材の厚さ方向に沿った断面を観察し、粒界三重点を中心に配置した測定視野におけるKAM値が0.25°以下の割合Cと、粒内におけるK

AM値が 0.25° 以下の割合Dとの比 C/D が 0.93 以上 1.05 以下の範囲内とされていることが好ましい。

[0035] ここで、本実施形態である絶縁回路基板10において、上述のように、熱サイクル試験後の平均結晶粒径、セラミックス基板11との接合界面から $100\mu\text{m}$ 離間した位置におけるナノインデンテーション硬度、回路層12（銅板22）および金属層13（銅板23）の組成、化合物粒子、熱サイクル試験後のセラミックス基板11の割れの有無、熱サイクル試験後の粒界三重点を中心に配置した測定視野におけるKAM値が 0.25° 以下の割合Cと粒内におけるKAM値が 0.25° 以下の割合Dとの比 C/D を規定した理由について、以下に説明する。

[0036] （熱サイクル試験後の平均結晶粒径）

本実施形態である絶縁回路基板10を用いたパワーモジュール1においては、エンジンルーム等の高温環境下で使用され、厳しい熱サイクルが負荷されることがある。本実施形態においては、液槽（ガルデン液）にて -65°C で5分保持と 150°C で5分保持を1サイクルとする厳しい熱サイクル試験を3000サイクル実施後においても、平均結晶粒径が $100\mu\text{m}$ 以下とされており、結晶粒の粗大化が抑制されている。

なお、上述の熱サイクル試験を3000サイクル実施後における平均結晶粒径は $90\mu\text{m}$ 以下であることが好ましく、 $80\mu\text{m}$ 以下であることがより好ましい。また、上述の熱サイクル試験を3000サイクル実施後における平均結晶粒径は小さいほど望ましいが、 $30\mu\text{m}$ 以上や $50\mu\text{m}$ 以上であってもよい。

[0037] （ナノインデンテーション硬度）

本実施形態である絶縁回路基板10において、回路層12および金属層13のセラミックス基板11との接合界面近傍における硬度が十分に低いと、熱サイクル負荷時におけるクラックの発生を抑制することができる。

そこで、本実施形態においては、回路層12および金属層13において、セラミックス基板11との接合界面から $100\mu\text{m}$ 離間した位置におけるナ

ノインデンテーション硬度が 0.40 GPa 以上 1.03 GPa 以下の範囲内であることが好ましい。

なお、上述のナノインデンテーション硬度は低いほど望ましく、 0.90 GPa 以下であることがより好ましく、 0.81 GPa 以下であることがさらに好ましい。一方、上述のナノインデンテーション硬度を必要以上に低くするためには多くのコストが必要となることから、ナノインデンテーション硬度の下限は 0.60 GPa 以上であることが好ましく、 0.70 GPa 以上であることがさらに好ましい。

また、接合後の回路層12および金属層13において、セラミックス基板11との間にろう材層が存在する場合は、ろう材層とセラミックス基板11との接合界面から回路層12および金属層13側に $100\text{ }\mu\text{m}$ 離間した位置におけるナノインデンテーション硬度を測定した。

[0038] (Cuの含有量： $99.96\text{ mass}\%$ 以上)

本実施形態である絶縁回路基板10の回路層12および金属層13においては、通電時の発熱を抑制するために、電気伝導性および熱伝導性に優れていることが求められる。

そこで、本実施形態においては、回路層12（銅板22）および金属層13（銅板23）におけるCuの純度を $99.96\text{ mass}\%$ 以上に規定している。

なお、Cuの純度は $99.965\text{ mass}\%$ 以上であることが好ましく、 $99.97\text{ mass}\%$ 以上であることがさらに好ましい。また、Cuの純度の上限に特に制限はないが、 $99.999\text{ mass}\%$ を超える場合には、特別な精錬工程が必要となり、製造コストが大幅に増加するため、 $99.999\text{ mass}\%$ 以下とすることが好ましい。

なお、回路層12（銅板22）および金属層13（銅板23）のCuの純度が $99.96\text{ mass}\%$ 以上であれば、A群元素、B群元素以外にもMgなどの元素が含まれていてもよい。

[0039] (A群元素及びB群元素のいずれか一方又は両方の合計含有量： $10\text{ mass}\%$

s p p m以上300mass p p m以下)

本実施形態である絶縁回路基板10の回路層12および金属層13において、A群元素(Ca, Ba, Sr, Zr, Hf, Y, Sc, La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu)およびB群元素(O, S, Se, Te)のいずれか一方又は両方を含有することにより、Cuと、前記A群元素および前記B群元素のいずれか一方または両方と、を含む化合物粒子18が形成される。この化合物粒子18は、高温で安定であることから、高温での結晶粒界の移動を抑制することができ、熱サイクル負荷時における結晶粒の成長を抑制することが可能となる。また、化合物粒子18が存在しているので、熱サイクル負荷後においても結晶組織の変化が少なく、かつ、さらに均一な結晶組織を得ることが可能となる。一方、A群元素およびB群元素のいずれか一方又は両方を多量に含有すると、炉周辺が汚染される可能性が高まり、製造性に悪影響を与えてしまうおそれがあった。

[0040] このため、A群元素及びB群元素のいずれか一方又は両方を含有する場合には、その合計含有量を10mass p p m以上300mass p p m以下の範囲内にすることが好ましい。

なお、A群元素及びB群元素のいずれか一方又は両方の合計含有量は、15mass p p m以上であることがより好ましく、20mass p p m以上であることがさらに好ましい。また、A群元素及びB群元素のいずれか一方又は両方の合計含有量は290mass p p m以下であることがより好ましく、280mass p p m以下であることがさらに好ましい。

[0041] (Cuと、前記A群元素および前記B群元素のいずれか一方または両方と、を含む化合物粒子)

上述のように、Cuと、前記A群元素および前記B群元素のいずれか一方または両方と、を含む化合物粒子18は、高温での安定性が高い。このため、熱サイクル負荷時において、この化合物粒子18のピン止め効果により、結晶粒の成長を十分に抑制することが可能となる。

特に、前記A群元素の合計含有量 $A_{mass\ ppm}$ と前記B群元素の合計含有量 $B_{mass\ ppm}$ との比 A/B が1.0を超えとされていると、A群元素とB群元素とが反応することを抑制でき、前記A群元素および前記B群元素のいずれか一方または両方とCuとからなる化合物を確実に形成することができ、化合物のピン止め効果によって、熱処理時における結晶粒の成長をさらに確実に抑制することが可能となる。

[0042] (冷熱サイクル試験後の基板の割れの有無)

液槽（ガルデン液）にて -65°C で5分保持と 150°C で5分保持を1サイクルとする厳しい熱サイクル試験を3000サイクル実施後の絶縁回路基板10について、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）を用いて絶縁回路基板の割れの有無を評価した。本実施形態の絶縁回路基板10（銅／セラミックス接合体）は、回路層12、金属層13、セラミックス基板11のいずれかにも割れが確認されなかった。

一方、市販の無酸素銅を用いた絶縁回路基板においては、銅／セラミックス界面においてセラミックス基板にわずかな割れが生じた。

[0043] (熱サイクル試験後の粒界三重点を中心に配置した測定視野におけるKAM値が 0.25° 以下の割合Cと粒内におけるKAM値が 0.25° 以下の割合Dとの比C/D)

本実施形態である絶縁回路基板10を用いたパワーモジュール1においては、エンジンルーム等の高温環境下で使用され、厳しい熱サイクルが負荷されることがある。熱サイクル試験にて結晶粒界にひずみがたまると組織が硬くなり、やがて熱サイクル試験による応力の緩和ができなくなるため銅とセラミックスとの界面が破壊する。上述のKAM値の割合の比C/Dが0.93以上1.05以下の範囲内である場合には、液槽（ガルデン液）にて -65°C で5分保持と 150°C で5分保持を1サイクルとする厳しい熱サイクル試験を3000サイクル実施後においても、結晶粒界にひずみが偏在していないことになる。

なお、上述の熱サイクル試験後の粒界三重点を中心に配置した測定視野におけるKAM値が 0.25° 以下の割合Cと、粒内におけるKAM値が 0.25° 以下の割合Dとの比 C/D は 0.93 以上であることが好ましく、 0.98 以上であることがより好ましい。また、比 C/D は特に制限ないが 1.00 以下であることが好ましく、視野等による誤差を加味しても 1.05 以下程度である。

[0044] 以下に、本実施形態に係る絶縁回路基板10の製造方法について、図3および図4を参照して説明する。

[0045] (接合材配設工程S01)

まず、セラミックス基板11を準備し、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、および、金属層13となる銅板23とセラミックス基板11との間に、接合材25を配設する。

接合材25としては、例えば、Agと活性金属(Ti, Zr, Nb, Hf)を含有する接合材、つまり、Ag-Ti系ろう材(具体的にはAg-Cu-Ti材)等を用いることができる。

[0046] (積層工程S02)

次に、銅板22とセラミックス基板11を、接合材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、接合材25を介して積層する。

[0047] (接合工程S03)

次に、積層された銅板22、接合材25、セラミックス基板11、接合材25、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。

ここで、接合工程S03における温度条件等は、用いる接合材25に応じて適宜設定することが好ましい。

なお、接合工程S03における加圧荷重Pは、 0.098MPa 以上 1.47MPa 以下の範囲内とすることが好ましい。

[0048] 以上のように、接合材配設工程S01と、積層工程S02と、接合工程S

03とによって、本実施形態である絶縁回路基板10が製造されることになる。

[0049] (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5を接合する。

絶縁回路基板10とヒートシンク5とを、はんだ材を介して積層して加熱炉に装入し、はんだ層7を介して絶縁回路基板10とヒートシンク5とをはんだ接合する。

[0050] (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。

前述の工程により、図1に示すパワーモジュール1が製出される。

[0051] 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、回路層12および金属層13におけるCuの含有量が99.96mass%以上とされているので、回路層12および金属層13の電気伝導性および熱伝導性に特に優れている。

そして、液槽（ガルデン液）にて−65℃で5分保持と150℃で5分保持を1サイクルとする熱サイクル試験を3000サイクル実施後において、回路層12および金属層13の厚さ方向に沿った断面における平均結晶粒径が100μm以下とされているので、厳しい熱サイクルを負荷しても、結晶粒の粗大化や不均一な結晶成長が生じず、ひずみが偏在することが抑制され、回路層12および金属層13の硬化や変形を抑制できる。

[0052] 本実施形態の絶縁回路基板10において、回路層12および金属層13のセラミックス基板11との接合界面から100μm離間した位置におけるナインデンテーション硬度が0.40GPa以上1.03GPa以下の範囲内である場合には、回路層12および金属層13のセラミックス基板との接合界面が必要以上に硬化しておらず、熱サイクル負荷時におけるクラックの発生を抑制でき、回路層12および金属層13とセラミックス基板11との

接合信頼性をさらに向上させることができる。

[0053] 本実施形態の絶縁回路基板 10 において、回路層 12 および金属層 13 が、Ca, Ba, Sr, Zr, Hf, Y, Sc, La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu から選択される 1 種又は 2 種以上の A 群元素、および、O, S, Se, Te から選択される 1 種又は 2 種以上の B 群元素のいずれか一方又は両方を合計量で 10 mass ppm 以上 300 mass ppm 以下の範囲内で含有している場合には、熱サイクルを負荷しても、結晶の成長が抑制され、結晶粒の粗大化や不均一な結晶成長が生じず、ひずみが偏在することが抑制され、回路層 12 および金属層 13 の硬化や変形を確実に抑制できる。

[0054] 本実施形態の絶縁回路基板 10 において、回路層 12 および金属層 13 に、Cu と、A 群元素および B 群元素のいずれか一方または両方と、を含む化合物粒子 18 が析出している場合には、熱サイクルを負荷しても、結晶粒の成長を抑制でき、結晶粒の粗大化や不均一な結晶成長が生じず、ひずみが偏在することが抑制され、前記銅板の硬化や変形を確実に抑制できる。

[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、本実施形態では、絶縁回路基板に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、絶縁回路基板の回路層に 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。

[0056] また、本実施形態の絶縁回路基板では、セラミックス基板として、窒化ケイ素 (Si_3N_4) で構成されたものを例に挙げて説明したが、これに限定されることはなく、窒化アルミニウム (AlN)、アルミナ (Al_2O_3) 等の他のセラミックス基板を用いたものであってもよい。

[0057] さらに、本実施形態においては、回路層を、銅板をセラミックス基板に接

合することにより形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く、銅板を打ち抜いた銅片を回路パターン状に配置された状態でセラミックス基板に接合されることによって回路層を形成してもよい。また、エッチングにて回路パターンを形成してもよい。

実施例

[0058] 以下に、本発明の効果を確認すべく行った確認実験の結果について説明する。

[0059] まず、窒化ケイ素からなるセラミックス基板（40 mm×40 mm×厚さ0.32 mm）を準備した。

そして、回路層および金属層となる銅板として、本発明例においては、表1および表2に示す組成の銅板（37 mm×37 mm×厚さ0.8 mm）を用いた。また、比較例として、市販の無酸素銅からなる銅板（37 mm×37 mm×厚さ0.8 mm）を用いた。

[0060] 次に、セラミックス基板の両面にAg粉及び活性金属粉を含む接合材を厚さ15 μm程度になるよう塗布した。活性金属にはTiを選択した。ペースト中の各金属粉の量は、94 mass % Ag、6 mass % Tiとした。

次に、銅板とセラミックス基板とを積層し、0.6 MPaで加圧した状態で真空中にて780℃以上900℃未満の温度で30分保持して接合した。

以上のようにして、本発明例および比較例の絶縁回路基板（銅／セラミックス接合体）を作製した。

[0061] （冷熱サイクル試験後の平均結晶粒径）

得られた絶縁回路基板（銅／セラミックス接合体）に対して、液槽（ガルデン液）にてにて-65℃×5 min←→150℃×5 minの条件で冷熱サイクルを3000サイクルまで行った。

この冷熱サイクル試験前と冷熱サイクル試験後の銅板の厚さ方向に沿った断面における平均結晶粒径を測定した。評価結果を表1に示す。

[0062] なお、平均結晶粒径は次のようにして測定した。

得られた絶縁回路基板を積層方向に切断し、切断面について耐水研磨紙、

ダイヤモンド砥粒を用いて機械研磨を行った後、コロイダルシリカ溶液を用いて仕上げ研磨を行った。その後、走査型電子顕微鏡を用いて、試料表面の測定範囲内の個々の測定点（ピクセル）に電子線を照射し、後方散乱電子線回折による方位解析により、隣接する測定点間の方位差が 5° 以上である境界を結晶粒界とし、前記方位差が 5° 以上 15° 未満である境界を小角粒界、 15° 以上である境界を大角粒界とした。この際、双晶境界も大角粒界とした。また、各サンプルの測定はCu/Si₃N₄界面からCu回路層表面までの厚みを視野の縦軸方向にし、厚み方向：水平方向＝2：1となる視野サイズで実施した。

得られた方位解析結果から大角粒界を用いて結晶粒界マップを作成し、JIS H 0501の切断法に準拠し、結晶粒界マップに対して、縦、横の所定長さの線分を5本ずつ引き、完全に切られる結晶粒数を数え、その切断長さの平均値を結晶粒径として記載した。

[0063] 図5に、SEM-EBSD (Electron Backscatter Diffraction Patterns) 測定装置によって測定した上述の熱サイクル試験の前後のIPFマップと平均結晶粒径の一例を示す。IPFマップとは結晶の方位差を示した図である。図5は基板の厚み方向の断面組織であり、下部がセラミックス界面側、上部がCu回路層表面側である。

[0064] (冷熱サイクル試験後のKAM値)

上述の冷熱サイクル試験後の粒界三重点を中心に配置した測定視野におけるKAM値を測定し、KAM値が 0.25° 以下の割合Cと、粒内におけるKAM値が 0.25° 以下の割合Dとの比C/Dを算出した。評価結果を表1に示す。

[0065] (ナノインデンテーション硬度)

得られた絶縁回路基板（銅／セラミックス接合体）を積層方向に切断し、セラミックス基板と回路層および金属層の接合界面において、セラミックス基板の接合面から回路層および金属層側へ $100\mu\text{m}$ の位置におけるインデンテーション硬さをそれぞれ1視野で5箇所、5視野で測定し、計50箇所

で測定し、平均値を求めた。評価結果を表 1 に示す。

図 6 に、本発明例 4 および比較例の回路層 1 2 のナノインデンテーション硬度の測定結果の一例を示す。

[0066] (化合物粒子の有無)

得られた絶縁回路基板について、積層方向に切断した後、基板の幅方向中央の断面において走査型電子顕微鏡（カールツァイス社製 Gemini SEM 500）を用いて、倍率 5000 倍、加速電圧 5.0 kV の条件で、銅板とセラミックス基板との接合界面を含む領域（ $17\mu\text{m} \times 23\mu\text{m}$ ）を観察した。

この観察では、SEM 画像及び Ca, Ba, Sr, Zr, Hf, Y, Sc, La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu から選択される 1 種又は 2 種以上の A 群元素、および、O, S, Se, Te から選択される 1 種又は 2 種以上の B 群元素の元素 MAP を取得し、SEM 画像にて粒状の領域が観察され、かつ、この領域において、Cu と A 群元素または B 群元素が共存していた場合、化合物粒子が「有」と評価した。評価結果を表 1 に示す。

[0067] (冷熱サイクル前後の接合率)

液槽（ガルデン液）にて $-65^{\circ}\text{C} \times 5\text{min} \leftrightarrow 150^{\circ}\text{C} \times 5\text{min}$ の条件で冷熱サイクルを 3000 サイクル実施した。冷熱サイクルの前後において、銅板とセラミックス基板との接合率を測定した。測定結果を表 1 に示す。

接合後のセラミックス基板と金属片との接合界面の接合率について、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 Fine SAT 200）を用いて評価し、以下の式から算出した。ここで、初期接合面積とは、接合前における接合すべき面積、すなわち回路層の面積とした。超音波探傷像を二値化処理した画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（非接合部面積）とした。

$$(\text{接合率}) = \{ (\text{初期接合面積}) - (\text{非接合部面積}) \} / (\text{初期接合面積})$$

× 1 0 0
[0068] [表1]

成分組成(質量比)										評価							
Cu	A群 元素 ※1	B群元素					A+B	A/B	平均結晶粒径		KAM値 の比 C/D※2	ナノ インデント 硬度 GPa	化合物 粒子の有 無	接合率			
		O	S	Se	Te	合計			冷熱 サイクル前 μm	冷熱 サイクル後 μm				冷熱 サイクル前 %	冷熱 サイクル後 %		
本 発 明 例	1	99.96	25	2.0	3.0	0.2	0.1	5.3	30.3	4.7	86.6	83.7	1.0	0.72	有	99.1	99.0
	2	99.96	10	0.2	0.1	0.0	0.0	0.3	10.3	33.3	93.9	95.5	0.9	0.78	有	99.4	98.7
	3	99.96	70	3.0	14.0	1.6	0.3	18.9	88.9	3.7	78.4	77.7	0.9	0.81	有	100.0	99.5
	4	99.96	100	9.0	3.0	1.7	1.3	15.0	115.0	6.7	82.8	76.6	1.0	0.89	有	99.6	99.7
	5	99.96	260	4.0	15.0	0.4	1.9	21.3	281.3	12.2	86.5	89.2	1.1	0.80	有	99.8	99.4
	6	99.96	15	5.0	3.0	1.8	0.0	9.8	24.8	1.5	83.6	86.2	1.0	0.86	有	99.6	99.5
	7	99.96	285	7.0	5.0	1.7	1.1	14.8	299.8	19.3	96.2	94.7	1.0	0.88	有	99.4	99.4
	8	99.96	162	6.5	6.0	1.1	0.9	14.5	176.5	11.2	80.2	81.9	1.0	0.83	有	99.6	99.5
	9	99.96	5	6.0	2.0	0.8	1.8	10.6	15.6	0.5	97.5	98.6	0.9	1.02	有	100.0	99.8
比 較 例	1	99.96	0	2.0	3.0	0.2	0.1	5.3	5.3	0.0	505.1	579.2	0.9	0.97	無	99.7	94.6
	2	99.95	525	10.0	2.0	0.1	0.0	12.1	537.1	43.4	298.6	302.5	0.8	0.85	有	100.0	99.7

※1 A群元素:Ca,Ba,Sr,Zr,Hf,Y,Sc,La,Ce,Pr,Nd,Pm,Sm,Eu,Gd,Tb,Dy,Ho,Er,Tm,Yb,Luから選択される1種又は2種以上の合計含有量

※2 冷熱サイクル後の粒界三重点のKAM値Cと粒内のKAM値Dとの比C/D

[0069]

[表2]

		成分組成(質量比)																					
		A群元素																					
		Ba	Ca	Sr	Zr	Hf	Y	Sc	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
本発明例	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
	1	0.0	25.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	2	0.0	0.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	5.0	0.0	5.0	5.0
	4	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	5	15.0	20.0	0.0	120.0	5.0	20.0	10.0	15.0	10.0	0.0	0.0	10.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	10.0	10.0	0.0	5.0	5.0
	6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	7	20.0	50.0	20.0	60.0	15.0	0.0	10.0	20.0	30.0	10.0	5.0	0.0	0.0	0.0	10.0	10.0	0.0	10.0	10.0	0.0	5.0	0.0
	8	20.0	15.0	15.0	20.0	0.0	15.0	5.0	5.0	25.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	5.0	5.0	0.0	10.0	0.0	5.0	5.0	5.0
比較例	9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	2	20.0	200.0	20.0	5.0	5.0	5.0	5.0	100.0	100.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0

[0070] 本発明例においては、比較例（市販の無酸素銅）とは異なり、冷熱サイクル実施後においても、平均結晶粒径が100μm以下と微細なままであった

。

また、本発明例においては、比較例（市販の無酸素銅）と同様に、セラミックス基板との接合界面から離間するにしたがい硬度が低下しており、セラミックス基板との接合界面から100 μ m離間した位置においては十分に低い値を示していることが確認される。

そして、本発明例においては、冷熱サイクル実施後においても接合率が高く、冷熱サイクル信頼性に優れていた。

[0071] 本発明例によれば、厳しい冷熱サイクルを負荷した場合であっても、セラミックス基板（セラミックス部材）と銅板（銅部材）との接合性に優れ、冷熱サイクル信頼性に優れた絶縁回路基板（銅／セラミックス接合体）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

[0072] 本発明によれば、厳しい冷熱サイクルを負荷した場合であっても、セラミックス部材と銅部材との接合性に優れ、冷熱サイクル信頼性に優れた銅／セラミックス接合体を提供することが可能となる。

符号の説明

- [0073]
- | | |
|----|---------------------|
| 10 | 絶縁回路基板（銅／セラミックス接合体） |
| 11 | セラミックス基板（セラミックス部材） |
| 12 | 回路層（銅部材） |
| 13 | 金属層（銅部材） |
| 18 | 化合物粒子 |

請求の範囲

- [請求項1] 銅部材と、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、
前記銅部材は、Cuの含有量が99.96mass%以上とされており、
液槽にて−65℃で5分保持と150℃で5分保持を1サイクルとする熱サイクル試験を3000サイクル実施後において、前記銅部材の厚さ方向に沿った断面における平均結晶粒径が100μm以下であることを特徴とする銅／セラミックス接合体。
- [請求項2] 前記銅部材において、前記セラミックス部材との接合界面から100μm離間した位置におけるナノインデンテーション硬度が0.40GPa以上1.03GPa以下の範囲内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] 前記銅部材は、Ca, Ba, Sr, Zr, Hf, Y, Sc, La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Luから選択される1種又は2種以上のA群元素、および、O, S, Se, Teから選択される1種又は2種以上のB群元素のいずれか一方又は両方を合計量で10massppm以上300massppm以下の範囲内で含有してい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4] 前記銅部材に、Cuと、前記A群元素および前記B群元素のいずれか一方または両方とを含む化合物粒子が析出していることを特徴とする請求項3に記載の銅／セラミックス接合体。
- [請求項5] セラミックス基板の表面に、銅板が接合されてなる絶縁回路基板であって、
前記銅板は、Cuの含有量が99.96mass%以上とされており、
液槽にて−65℃で5分保持と150℃で5分保持を1サイクルと

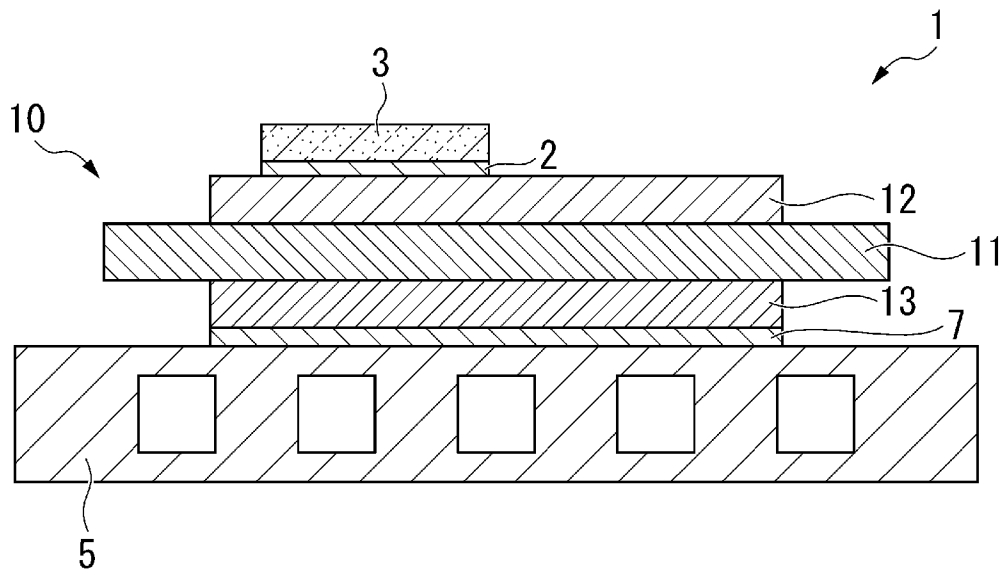
する熱サイクル試験を3000サイクル実施後において、前記銅板の厚さ方向に沿った断面における平均結晶粒径が $100\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする絶縁回路基板。

[請求項6] 前記銅板において、前記セラミックス基板との接合界面から $100\mu\text{m}$ 離間した位置におけるナノインデンテーション硬度が 0.40GPa 以上 1.03GPa 以下の範囲内であることを特徴とする請求項5に記載の絶縁回路基板。

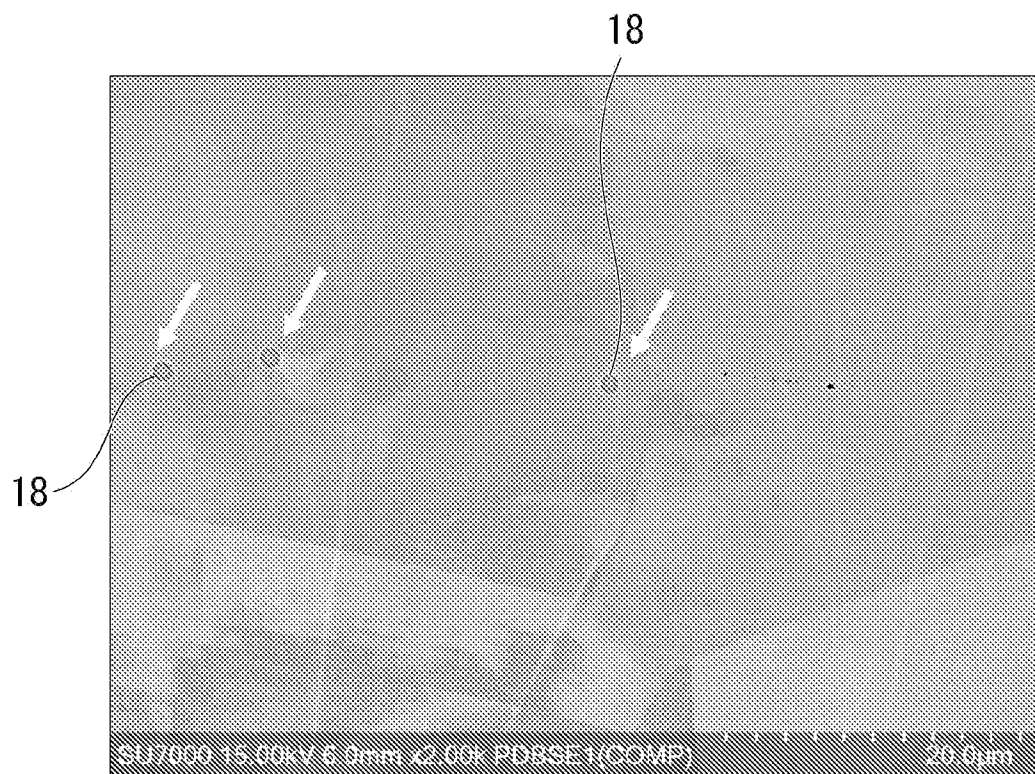
[請求項7] 前記銅板は、Ca, Ba, Sr, Zr, Hf, Y, Sc, La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Luから選択される1種又は2種以上のA群元素、および、O, S, Se, Teから選択される1種又は2種以上のB群元素のいずれか一方又は両方を合計量で 10mass ppm 以上 300mass ppm 以下の範囲内で含有していることを特徴とする請求項5に記載の絶縁回路基板。

[請求項8] 前記銅板に、前記A群元素および前記B群元素のいずれか一方または両方を含む化合物粒子が析出し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。

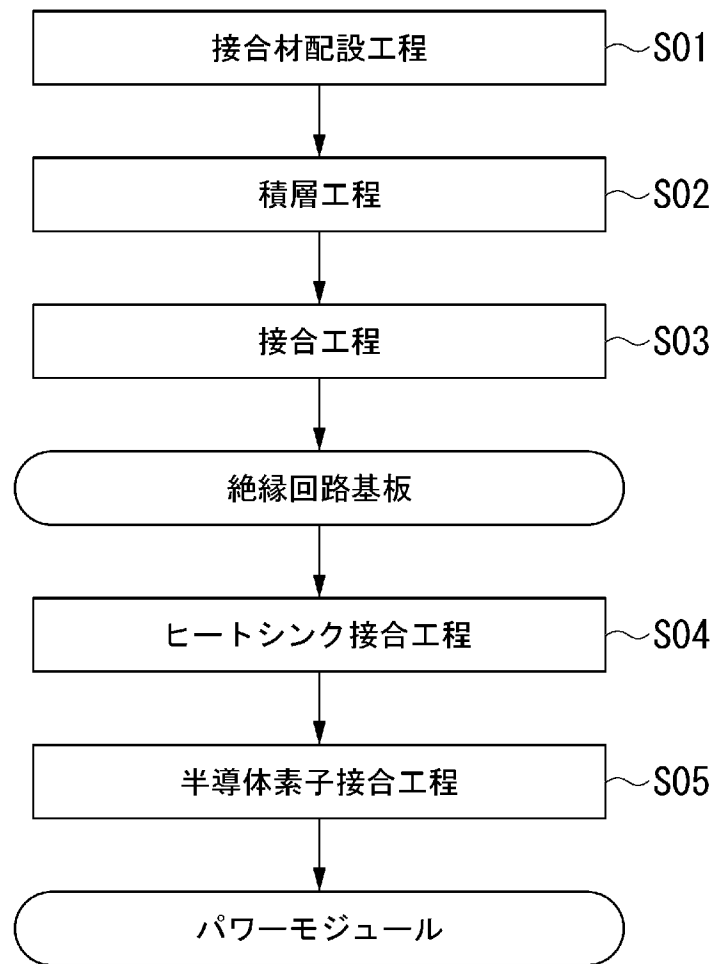
[図1]



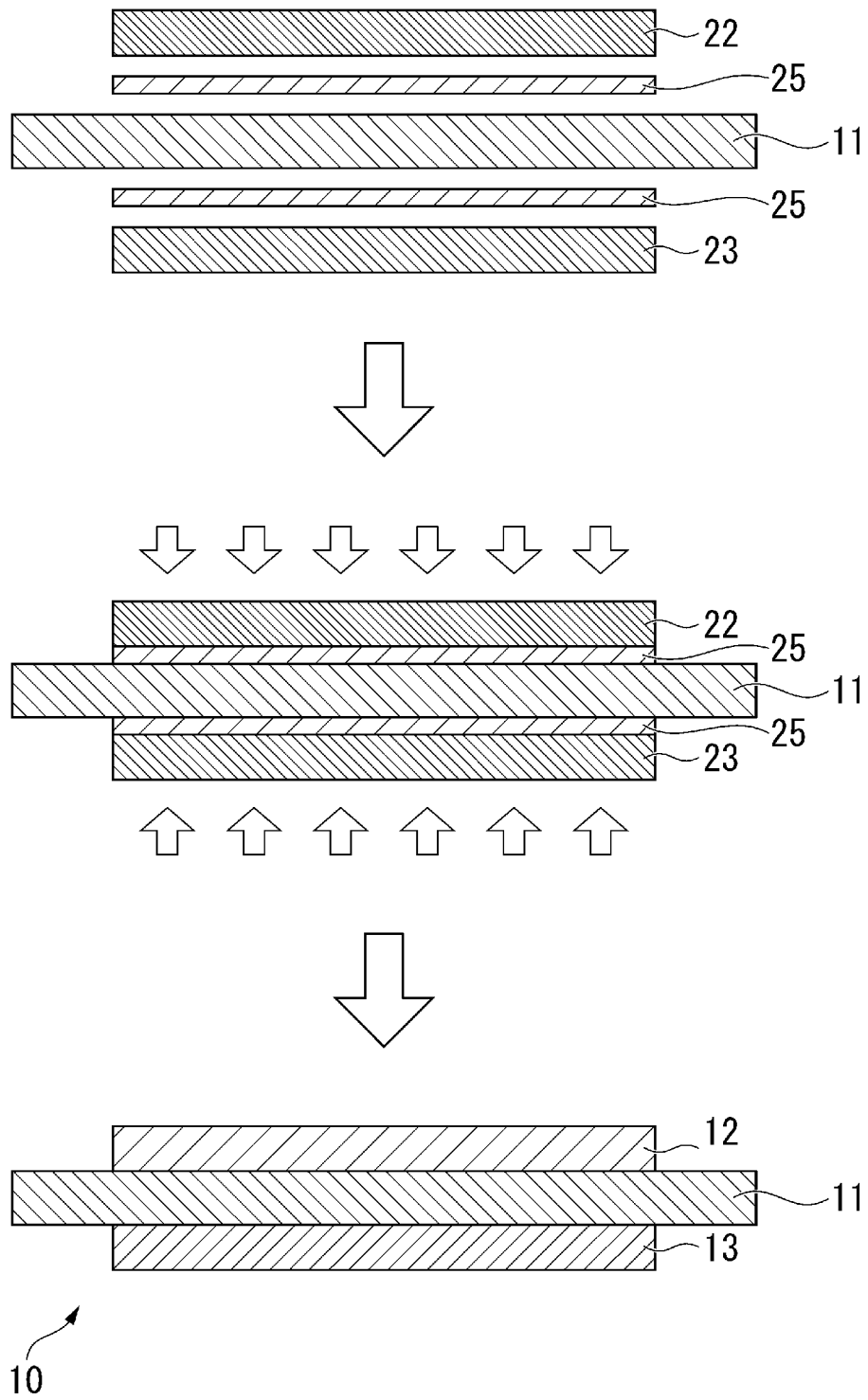
[図2]



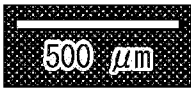
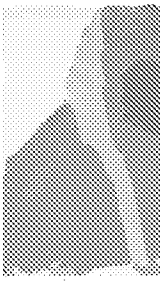
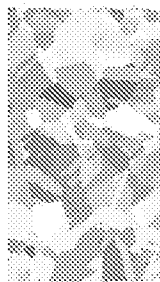
[図3]



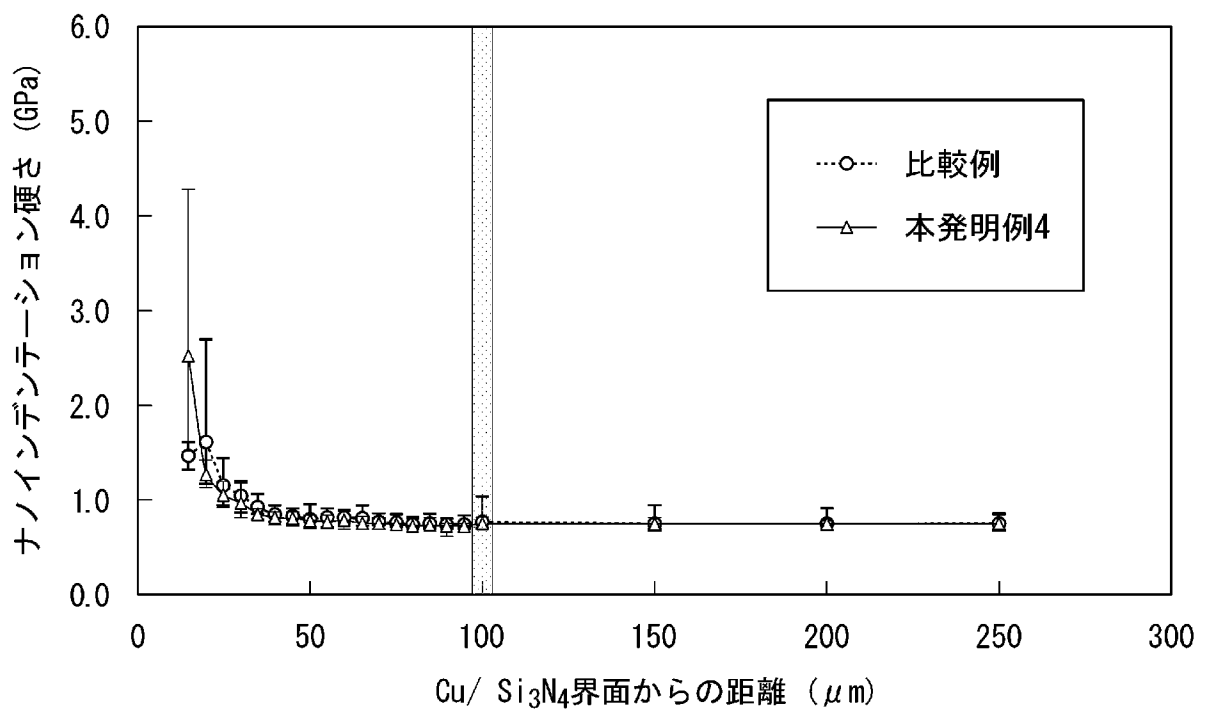
[図4]



[図5]

	熱サイクル前		3000サイクル後	
	比較例	本発明例4	比較例	本発明例4
IPF 				
粒径 [μm]	275.9	82.8	326.4	76.6

[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/035158

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H05K 1/03 (2006.01)i; C04B 37/02 (2006.01)i; H05K 1/02 (2006.01)i FI: H05K1/03 610D; C04B37/02 B; H05K1/02 F 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) H05K1/03; C04B37/02; H05K1/02 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2024 Registered utility model specifications of Japan 1996-2024 Published registered utility model applications of Japan 1994-2024 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 2006-128286 A (KYOCERA CORPORATION) 18 May 2006 (2006-05-18) paragraphs [0061], [0078], [0094], fig. 1	1, 5 3, 7 2, 4, 6, 8
Y	WO 2020/162445 A1 (MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION) 13 August 2020 (2020-08-13) claim 3	3, 7
A	WO 2020/203633 A1 (DENKA CO., LTD.) 08 October 2020 (2020-10-08) entire text, all drawings	1-8
A	WO 2020/217851 A1 (DENKA CO., LTD.) 29 October 2020 (2020-10-29) entire text, all drawings	1-8
A	JP 2003-096526 A (NIPPON MINING & METALS CO., LTD.) 03 April 2003 (2003-04-03) entire text, all drawings	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 “D” document cited by the applicant in the international application “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date “L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed “T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention “X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone “Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art “&” document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 06 November 2024		Date of mailing of the international search report 19 November 2024
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2018/021472 A1 (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) 01 February 2018 (2018-02-01) entire text, all drawings	1-8
A	JP 3211856 B2 (DENKI KAGAKU KOGYO KABUSHIKI KAISHA) 25 September 2001 (2001-09-25) entire text, all drawings	1-8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2024/035158

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2006-128286	A	18 May 2006	(Family: none)	
WO	2020/162445	A1	13 August 2020	US 2022/064074	A1
				claim 3	
				EP 3922391	A1
				CN 113348046	A
				KR 10-2021-0123305	A
WO	2020/203633	A1	08 October 2020	US 2022/216125	A1
				entire text, all drawings	
				EP 3951854	A1
				KR 10-2021-0142616	A
				CN 113678244	A
WO	2020/217851	A1	29 October 2020	EP 3961694	A1
				entire text, all drawings	
				CN 113767467	A
				KR 10-2022-0005497	A
JP	2003-096526	A	03 April 2003	(Family: none)	
WO	2018/021472	A1	01 February 2018	EP 3492441	A1
				entire text, all drawings	
				CN 109476556	A
				CN 114478045	A
JP	3211856	B2	25 September 2001	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

H05K 1/03(2006.01)i; C04B 37/02(2006.01)i; H05K 1/02(2006.01)i
FI: H05K1/03 610D; C04B37/02 B; H05K1/02 F

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））

H05K1/03; C04B37/02; H05K1/02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

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

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

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 2006-128286 A（京セラ株式会社）18.05.2006（2006-05-18） 段落 [0061]、[0078]、[0094]、[図1]	1、5
Y		3、7
A		2、4、6、8
Y	WO 2020/162445 A1（三菱マテリアル株式会社）13.08.2020（2020-08-13） [請求項3]	3、7
A	WO 2020/203633 A1（デンカ株式会社）08.10.2020（2020-10-08） 全文・全図	1-8
A	WO 2020/217851 A1（デンカ株式会社）29.10.2020（2020-10-29） 全文・全図	1-8
A	JP 2003-096526 A（日鉱金属株式会社）03.04.2003（2003-04-03） 全文・全図	1-8
A	WO 2018/021472 A1（株式会社東芝）01.02.2018（2018-02-01） 全文・全図	1-8

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

* 引用文献のカテゴリー
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの
“D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献
“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
“I” 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
06.11.2024

国際調査報告の発送日
19.11.2024

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

権限のある職員（特許庁審査官）

片岡 弘之 3T 9521

電話番号 03-3581-1101 内線 3368

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
A	JP 3211856 B2 (電気化学工業株式会社) 25.09.2001 (2001 - 09 - 25) 全文・全図	1 - 8

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2024/035158

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2006-128286	A	18.05.2006	(ファミリーなし)	
WO	2020/162445	A1	13.08.2020	US 2022/064074	A1
				[請求項3]	
				EP 3922391	A1
				CN 113348046	A
				KR 10-2021-0123305	A
WO	2020/203633	A1	08.10.2020	US 2022/216125	A1
				全文・全図	
				EP 3951854	A1
				KR 10-2021-0142616	A
				CN 113678244	A
WO	2020/217851	A1	29.10.2020	EP 3961694	A1
				全文・全図	
				CN 113767467	A
				KR 10-2022-0005497	A
JP	2003-096526	A	03.04.2003	(ファミリーなし)	
WO	2018/021472	A1	01.02.2018	EP 3492441	A1
				全文・全図	
				CN 109476556	A
				CN 114478045	A
JP	3211856	B2	25.09.2001	(ファミリーなし)	