(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
2023年10月5日(05.10.2023)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2023/190253 A1

(51) 国際特許分類:
H05K 1/03 (2006.01) *H01L 25/07* (2006.01)
H01L 23/12 (2006.01) *H01L 25/18* (2023.01)
H01L 23/13 (2006.01) *H05K 1/02* (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2023/012009

(22) 国際出願日： 2023年3月24日(24.03.2023)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

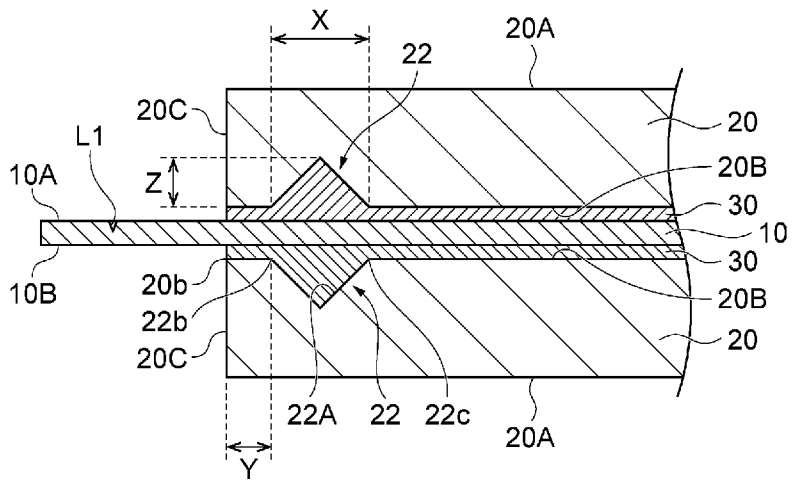
(30) 優先権データ：
特願 2022-060123 2022年3月31日(31.03.2022) JP

(71) 出願人: デンカ株式会社(**DENKA COMPANY LIMITED**) [JP/JP]; 〒1038338 東京都中央区日本橋室町二丁目1番1号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: ▲濱▼岡 知広(**HAMAOKA Tomohiro**); 〒1038338 東京都中央区日本橋室町二丁目1番1号 デンカ株式会社内 Tokyo (JP). 小橋 聖治(**KOBASHI Seiji**); 〒1038338 東京都中央区日本橋室町二丁目1番1号 デンカ株式会社内 Tokyo (JP). 五十嵐 厚樹(**IKARASHI Koki**); 〒1038338 東京都中央区日本橋室町二丁目1番1号 デンカ株式会社内 Tokyo (JP). 湯浅 晃正(**YUASA Akimasa**); 〒1038338 東京都中央区日本橋室町二丁目1番1号 デンカ株式会社内 Tokyo (JP). 中村 貴裕(**NAKAMURA Takahiro**); 〒1038338 東京都中央区日本橋室町二丁目1番1号 デンカ株式会社内 Tokyo (JP). 江嶋 善幸(**ESHIMA Yoshiyuki**); 〒1038338 東京都中央区日本橋室町二丁目1番1号 デンカ株式会社内 Tokyo (JP).

(54) **Title:** PRINTED CIRCUIT BOARD AND MANUFACTURING METHOD THEREFOR, AND POWER MODULE

(54) 発明の名称： 回路基板及びその製造方法、並びにパワーモジュール



(57) **Abstract:** Provided is a printed circuit board comprising a ceramic plate, a metal plate, and a brazing layer joining the ceramic plate and the metal plate, wherein recesses are formed in the main surface of the metal plate that joins the ceramic plate, and the recesses are provided further inside than the outer edge of the main surface. Also provided is a power module comprising the printed circuit board and semiconductor elements electrically connected to the metal plate of the printed circuit board.

(57) 要約：セラミック板と、金属板と、セラミック板と金属板とを接合するろう材層と、を備える回路基板であって、金属板のセラミック板と接合される主面に凹部が形成されており、凹部は主面の外縁よりも内側に設けられている、回路基板を提供する。回路基板と、当該回路基板の金属板に電気的に接続される半導体素子と、を備えるパワーモジュールを提供する。

WO 2023/190253 A1

［続葉有］

(74) 代理人：長谷川 芳樹，外(HASEGAWA Yoshiki et al.)；〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目１番１号丸の内 ＭＹ ＰＬＡＺＡ（明治安田生命ビル） ９階 創英国際特許法律事務所 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, 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, JP, 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：

一　国際調査報告（条約第21条(3)）

明　細　書

発明の名称 ：

回路基板及びその製造方法、並びにパワーモジュール

技術分野

[0001] 本開示は、回路基板及びその製造方法、並びにパワーモジュールに関する。

背景技術

[0002] ロボット及びモーター等の産業機器の高性能化に伴い、大電流及び高電圧を制御するパワーモジュールが使用されている。このようなパワーモジュールに備えられる回路基板は、セラミック基板と銅板と備えており、これらは活性金属を含有するろう材を介して接合される。このような回路基板を形成する際に、ろう材が銅板の表面に染み出して銅板の側面を伝って這い上がる現象が生じる。このような現象が生じると、外観を損なうだけではなく、例えば半導体素子を接合する際に用いるはんだ材のぬれ製の悪化につながることも懸念される。

[0003] 特許文献１では、ろう材の這い上がりを抑制するため、金属板の側面に表面粗さの大きい粗部を設けることが提案されている。特許文献２では、這い上がり現象によるシミの発生を抑制するため、半導体素子が搭載される搭載予定面を囲むように回路層にリブを設ける技術が提案されている。特許文献３では、金属板のうち、バリが生じている側の表面をセラミック板の一方の面に重ねるようにして積層してろう付けすることが提案されている。このような技術によって、ろう材の這い上がりによって生じるシミの問題を解決することが試みられている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：国際公開第２０１９／１６３９４１号

特許文献2：特開２０２０－１５５４４４号公報

特許文献3：特開２０１６－３９１６３号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 多数個取りの回路基板の製造方法としては、エッチング法が知られている。エッチング法では、金属板を所定のサイズに加工するためにレジスト印刷及びエッチングの工程が必要となる。一方、予め所定のサイズに加工された金属板を接合する搭載法であれば、このような工程が不要となり、生産効率を向上することができる。このような搭載法の場合、金属板の端部とセラミック板との接合信頼性を確保するために、ろう材の塗布量を十分に確保する必要がある。ところが、ろう材の塗布量が多くなると、ろう材の這い上がりが生じることが懸念される。

[0006] そこで、本開示は、ろう材の這い上がりを十分に抑制することが可能な回路基板及びその製造方法を提供する。また、本開示は、そのような回路基板を備えることによって信頼性に優れるパワーモジュールを提供する。

課題を解決するための手段

[0007] 本開示の一側面に係る回路基板は、セラミック板と、金属板と、セラミック板と金属板とを接合するろう材層と、を備える回路基板であって、金属板のセラミック板と接合される主面に凹部が形成されており、凹部は当該主面の外縁よりも内側に設けられている。

[0008] 上記回路基板では、金属板の主面の外縁よりも内側に凹部が形成されている。このような回路基板では、接合の際にろう材が凹部に充填される。このため、金属板の側面及びセラミック板側とは反対側の主面へのろう材の這い上がりを十分に抑制できる。このようにろう材の這い上がりが抑制された回路基板は、外観及び半導体素子等の外部回路との接続信頼性に優れる。

[0009] 上記凹部は、金属板の上記主面の中心よりも外縁に近接していてよい。これによって、金属板の側面及びセラミック板側とは反対側の主面へのろう材の這い上がりを一層抑制することができる。

[0010] 上記凹部は、金属板の上記主面の外縁に沿って、金属板の上記主面の中心

を周回するように設けられていてよい。これによって、金属板の側面全体において、ろう材の這い上がりを十分に抑制することができる。

[0011] 上記凹部は、金属板の内部からセラミック板に近接するにつれて幅が大きくなる拡張部を有してよい。このような拡張部を有することによって、凹部にろう材が充填されやすくなる。これによって、接合信頼性を十分に高くすることができる。上記凹部の全体にろう材層を構成する成分が充填されていてよい。これによって、接合信頼性を一層向上することができる。

[0012] 上記金属板の凹部の幅Ｘは０．１～１ｍｍであってよい。このようなサイズの凹部を有する金属板を備えることによって、ろう材の這い上がりの抑制と接合信頼性とを十分に高い水準で両立することができる。

[0013] 上記金属板の凹部の深さＺは０．０５～０．６ｍｍであってよい。このようなサイズの凹部を有する金属板を備えることによって、ろう材の這い上がりを一層抑制することができる。

[0014] 上記回路基板は、セラミック板と、複数の金属板と、セラミック板の上記主面と複数の金属板の主面のそれぞれとを接合する複数のろう材層と、を備え、複数の金属板が、凹部が形成されている上記金属板を含んでよい。

[0015] 上記回路基板では、少なくとも一つの金属板の主面に上記凹部が形成されている。このため、ろう材が、当該金属板の側面を這い上がり、金属板のセラミック板側とは反対側の主面にろう材が到達することを十分に抑制できる。なお、複数の金属板のそれぞれは、セラミック板の主面における区画線で画定される区画領域毎に独立して設けられてよい。このような回路基板は、多数個取り回路基板であってよい。このような多数個取り回路基板を分割すれば、複数の個片化基板（分割基板）を纏めて製造することができる。このような回路基板は、生産効率に優れる。

[0016] 本開示の一側面に係る回路基板の製造方法は、主面に凹部が形成され、当該凹部が当該主面の外縁よりも内側に設けられている一つ又は複数の金属板を準備する準備工程と、セラミック板の主面にろう材を塗布及び乾燥して一つ又は複数の塗布層を設ける塗布乾燥工程と、一つ又は複数の塗布層を挟む

ようにしてセラミック板と一つ又は複数の金属板とを積層して積層体を作製する積層工程と、積層体を加熱してセラミック板と一つ又は複数の金属板とが一つ又は複数のろう材層で接合された接合体を得る接合工程と、を有し、積層工程において、一つ又は複数の金属板の主面とセラミック板の主面とが対向するようにセラミック板と一つ又は複数の金属板とを積層する。

[0017] 上記製造方法では、積層工程で、一つ又は複数の金属板の主面のうち凹部が形成されている方の主面とセラミック板とが対向するようにセラミック板と一つ又は複数の金属板とを積層している。このようにして得られる積層体を用いて接合工程を行って得られる回路基板は、ろう材が金属板の側面、及びセラミック板側とは反対側の主面に這い上がることを十分に抑制できる。このような製造方法で得られる回路基板は、外観及び半導体素子の接続信頼性に優れる。

[0018] 上記製造方法の準備工程では凹部が形成されている複数の金属板を準備し、積層工程では、複数の金属板のそれぞれがセラミック板の主面における区画線で画定される区画領域毎に独立するように、複数の金属板を積層して積層体を作製し、接合工程の後に、接合体におけるセラミック板を区画線に沿って分割する分割工程を有してよい。

[0019] このような接合工程で得られる接合体は、多数個取り回路基板ということもできる。分割工程において、このような多数個取り回路基板を分割すれば、複数の個片化基板（分割基板）を纏めて製造することができる。このような製造方法は、高い生産効率で回路基板（個片化基板）を製造することができる。

[0020] 本開示の一側面に係るパワーモジュールは、上述のいずれかの回路基板と、当該回路基板の金属板に電気的に接続される半導体素子と、を備える。このようなパワーモジュールは、上述のいずれかの回路基板を備えることから信頼性に優れる。

発明の効果

[0021] ろう材の這い上がりを十分に抑制することが可能な回路基板及びその製造

方法を提供することができる。また、そのような回路基板を備えることによって信頼性に優れるパワーモジュールを提供することができる。

図面の簡単な説明

[0022] [図1]図１は、回路基板の斜視図である。

[図2]図２は、回路基板の平面図である。

[図3]図３は、図２の回路基板のＩＩＩ－ＩＩＩ線断面図である。

[図4]図４は、図３の断面の一部を拡大して示す断面図である。

[図5]図５は、パワーモジュールの断面図である。

[図6]図６は、実施例１の回路基板の厚さ方向に沿う断面を示す走査型電子顕微鏡（ＳＥＭ）の写真である。

発明を実施するための形態

[0023] 以下、場合により図面を参照して、本開示の実施形態を説明する。ただし、以下の実施形態は、本開示を説明するための例示であり、本開示を以下の内容に限定する趣旨ではない。説明において、同一要素又は同一機能を有する要素には同一符号を用い、場合により重複する説明は省略する。また、上下左右等の位置関係は、特に断らない限り、図面に示す位置関係に基づくものとする。更に、各要素の寸法比率は図示の比率に限られるものではない。なお、「～」の記号で示される数値範囲は、下限値及び上限値を含む。すなわち、「ｘ～ｙ」で示される数値範囲は、ｘ以上且つｙ以下を意味する。各実施形態における各数値範囲の上限又は下限をいずれかの実施例の数値で置き換えた数値範囲も本開示に含まれる。

[0024] 一実施形態に係る回路基板は、セラミック板と、金属板と、セラミック板の主面と金属板の主面とを接合するろう材層と、を備える。一枚のセラミック板の一方の主面に接合される金属板は、一つであってもよいし、複数であってもよい。セラミック板の材質は特に制限されず、例えば、窒化物焼結体、炭化物焼結体、又は酸化物焼結体で構成されていてよい。具体的には、窒化ケイ素焼結体、窒化アルミニウム焼結体、酸化アルミニウム焼結体、及び炭化ケイ素焼結体等が挙げられる。セラミック板の板状であれば特に制限さ

れない。セラミック板の厚みは、例えば０．２～２ｍｍであってよく、０．３２～１．１ｍｍであってもよい。

[0025] 金属板は、Ｃｕ又はＣｕと他の金属との合金を含んでいてよく、例えば銅板であってよい。金属板は、セラミック板の主面に対向する主面に凹部が形成されている。凹部は、金属板の主面の外縁よりも内側に設けられている。このため、凹部は回路基板の外観には現れていない。金属板がこのような凹部を備えることによって、ろう材が金属板の側面及び金属板のセラミック板側とは反対側の主面へ這い上がることを十分に抑制することができる。金属板の厚み（主面間の距離）は、例えば０．１～１．２ｍｍであってよく、０．２～１ｍｍであってもよい。金属板は表面にめっき膜を有していてもよい。回路基板の厚み方向に沿う断面で見たときに、凹部はその幅がセラミック板に向かって拡がるようにＶ字状を呈していてもよい。このような凹部には、ろう材層を構成する成分が充填されやすいため、金属板とセラミック板の接合信頼性を十分に高くすることができる。

[0026] ろう材層は、Ａｇを含んでよく、Ａｇ及びＣｕを含んでもよい。さらに、Ｓｎ、及び活性金属からなる群より選ばれる一種又は二種以上の金属を含有してよい。二種以上の金属は合金となっていてもよい。活性金属は、Ｔｉ、Ｈｆ、Ｚｒ、及びＮｂからなる群より選ばれる一種又は二種以上を含んでいてよい。ろう材層に含まれるＡｇ及びＣｕは、例えばＡｇ－Ｃｕ共晶合金等の合金としてろう材層に含まれていてもよい。ろう材層を構成する成分としては上述のような成分が挙げられる。ろう材層におけるＡｇの含有量は、４５～９５質量％であってよく、５０～９５質量％であってもよい。ろう材層におけるＡｇ及びＣｕの合計含有量は、６５～１００質量％であってよく、７０～９９質量％であってよく、９０～９８質量％であってもよい。これによって、凹部における空隙を十分に低減しつつ、ろう材層の緻密性を向上することができる。

[0027] ろう材層における活性金属の含有量は、Ａｇ及びＣｕの合計１００質量部に対して、０．５～８質量部であってよい。活性金属の含有量を０．５質量

部以上とすることで、セラミック板とろう材層との接合性を向上することができる。一方、活性金属の含有量を８質量部以下とすることで、接合界面に脆弱な合金層が形成されることを抑制できる。

[0028] ろう材層に含有される上記金属は、窒化物、酸化物、炭化物又は水素化物として含まれていてもよい。一例として、ろう材層は、窒化チタン及び／又は水素化チタン（TiH_2）を含んでいてよい。これによって、セラミック板と金属板との接合強度を十分に高くすることができる。ＡｇとＣｕの合計１００質量部に対するTiH_2の含有量は例えば１～８質量部であってよい。

[0029] 図１は、本実施形態に係る回路基板の一例を示す斜視図である。図２は、図１の回路基板の平面図であり、図３は、図２のＩＩＩ－ＩＩＩ線断面図である。図１、図２及び図３に示すように、回路基板１００は、セラミック板１０と、セラミック板１０の主面１０Ａ及び主面１０Ｂ上に複数の金属板２０と、を備える。

[0030] セラミック板１０は、平板形状を有する。セラミック板１０は主面１０Ａにおける区画線によって複数に区画されている。主面１０Ａには、区画線として、第１の方向に沿って延在し且つ等間隔で並ぶ複数の区画線Ｌ１と、第１の方向に直交する第２の方向に沿って延在し且つ等間隔で並ぶ複数の区画線Ｌ２と、が設けられている。区画線Ｌ１と区画線Ｌ２とは互いに直交している。

[0031] 区画線Ｌ１，Ｌ２は、例えば、直線状に並んだ複数の凹みで構成されていてもよいし、線状の溝で構成されていてもよい。具体的には、レーザー光で形成されるスクライブラインであってよい。レーザー源としては、例えば、炭酸ガスレーザー及びＹＡＧレーザー等が挙げられる。このようなレーザー源からレーザー光を間欠的に照射することによってスクライブラインを形成することができる。なお、区画線Ｌ１，Ｌ２は、等間隔で並んでいなくてもよく、また、直交するものに限定されない。また、区画線Ｌ１，Ｌ２は、直線状ではなく、曲線状であってもよいし、折れ曲がっていてもよい。

[0032] セラミック板１０は、区画線Ｌ１及び区画線Ｌ２によって画定される複数

の区画領域５０を有する。複数の区画領域５０のそれぞれに、金属板２０が設けられている。複数の金属板２０は、それぞれ互いに独立している。回路基板１００は、集合基板とも称されるものであり、区画線Ｌ１，Ｌ２に沿って分割することができる。分割することによって複数の回路基板（個片化基板）を得ることができる。このように分割して得られる個片化基板も、本実施形態の回路基板の一例である。

[0033] 金属板２０の一方の主面２０Ａは外部に露出している。金属板２０の他方の主面２０Ｂとセラミック板１０の主面１０Ａ（主面１０Ｂ）は、ろう材層３０によって接合されている。金属板２０の主面２０Ｂ（ろう材層３０との接合面）の外縁２０ｂよりも内側に凹部２２が形成されている。このような凹部２２は、金属板２０の主面２０Ｂの一部を切削加工して形成されたものであってよい。図２及び図３に示されるように、凹部２２は、金属板２０の主面２０Ｂの外縁２０ｂに沿って、主面２０Ｂの中心を周回するように設けられている。ただし、凹部２２を主面２０Ｂの外縁２０ｂの全周に沿うように設けることは必須ではない。凹部２２は、主面２０Ｂの中心よりも主面２０Ｂの外縁２０ｂに近接している。これによって、金属板２０の側面２０Ｃ及びセラミック板１０側とは反対側の主面２０Ａへのろう材の這い上がりを一層抑制することができる。変形例では、金属板２０の上に半導体素子が搭載される際に半田付けがなされる部分の近傍のみに、凹部２２を設けてもよい。また、複数の金属板２０の一部のみに凹部２２を設けてもよい。例えば、パワーモジュールの放熱板となる金属板２０には凹部２２を設けなくてもよい。

[0034] 図３に示すように、凹部２２全体にろう材層３０の一部が充填されている。すなわち、凹部２２全体にろう材層３０を構成する成分が充填されている。これによって、金属板２０とセラミック板１０とが、ろう材層３０によって強固に接合される。したがって、金属板２０とセラミック板１０の接合信頼性を十分に向上することができる。なお、ろう材層３０を構成する成分が凹部２２全体に充填されることは必須ではない。変形例では、凹部２２の一

部のみにろう材層３０を構成する成分が充填されていてもよい。

[0035] 図４は、図３に示す回路基板１００の断面の一部を拡大して示している。図３及び図４は、ともに、凹部２２の長手方向に直交し且つ金属板２０の厚さ方向に沿う断面を示している。このような断面で見たときに、凹部２２の幅Ｘは、０．１～１ｍｍであってよい。幅Ｘの下限は０．２ｍｍであってよく、０．３ｍｍであってもよい。幅Ｘの上限は０．９ｍｍであってよく、０．８ｍｍであってもよい。これによって、側面２０Ｃへのろう材の這い上がりの抑制と、金属板２０とセラミック板１０との接合信頼性とを十分に高い水準で両立することができる。なお、凹部２２の幅Ｘは凹部２２の外縁２２ｂと内縁２２ｃの間隔である。

[0036] 上記断面で見たときに、凹部２２の深さＺは、０．０５～０．６ｍｍであってよい。深さＺの下限は、０．１５ｍｍであってよく、０．２ｍｍであってもよい。これによって、側面２０Ｃへのろう材の這い上がりを十分に抑制することができる。深さＺの上限は０．４ｍｍであってよく、０．３ｍｍであってもよい。これによって、凹部２２の全体にろう材層３０を構成する成分が充填され易くなる。これによって、金属板２０とセラミック板１０との接合信頼性を十分に高くすることができる。金属板２０の厚さに対する深さＺの比は、０．０５～０．５であってよく、０．１５～０．４であってもよい。これによって、金属板２０の導電性を十分に維持しつつろう材の這い上がりを十分に抑制することができる。

[0037] 上記断面で見たときに、凹部２２の外縁２２ｂと側面２０Ｃの間の長さＹは、０．１～５ｍｍであってよい。長さＹの下限は０．１５ｍｍであってよく、０．２ｍｍであってもよい。長さＹの上限は４ｍｍであってよく、３ｍｍであってよく、１ｍｍであってもよい。長さＹがこのようなサイズであることによって、側面２０Ｃへのろう材の這い上がりを十分に抑制することができる。

[0038] 凹部２２は、金属板２０の内部からセラミック板１０に近接するにつれて幅が大きくなる拡張部２２Ａを有する。ここでいう「幅」とは、図４に示す

ような断面において、主面２０Ｂと平行に計測される凹部２２の長さである。このような拡張部２２Ａを有する凹部２２はろう材層３０を構成する成分が充填され易い。これによって、金属板２０とセラミック板１０との接合信頼性を十分に高くすることができる。なお、この図４の例では、凹部２２の全体が拡張部２２Ａで構成されているが、このような形状に限定されない。凹部２２の一部のみが拡張部２２Ａで構成されていてもよい。例えば、凹部のうち、セラミック板１０寄りの一部のみが拡張部で構成されていてもよい。この場合、凹部は台形状であってよい。

[0039] ろう材の這い上がりの抑制と接合信頼性とを高水準で両立する観点から、幅Ｘと同じ方向に沿って測定される金属板２０の主面２０Ａの長さに対する幅Ｘの比は、０．００１～０．３であってよく、０．００１～０．２であってよく、０．００２～０．２であってもよい。主面２０Ａの長さは、例えば、５～１００ｍｍであってよく、１５～５０ｍｍであってもよい。

[0040] ろう材の這い上がりの抑制と接合信頼性とをさらに高水準で両立する観点から、凹部２２の投影面積は、０．００２５～０．３ｍｍ^{2}であってよく、０．０１～０．３ｍｍ^{2}であってもよい。凹部２２の投影面積は、上記断面において凹部２２が三角形である場合、幅Ｘ×深さＺ／２の式で算出される。凹部２２が矩形である場合、幅Ｘ×深さＺによって算出することができる。

[0041] 回路基板１００は、必要に応じて分割して個片化された後、例えば、パワーモジュールに搭載されてもよい。金属板２０は、電気信号を伝達する機能を有する回路板、又は熱を伝達する機能を有する放熱板として機能してよい。また、金属板２０は、熱を伝達する機能と、電気信号を伝達する機能を兼ね備えていてもよい。回路基板１００及びこれを分割して得られる個片化基板（回路基板）は、金属板２０の側面２０Ｃ、及び金属板２０のセラミック板１０側とは反対側の主面２０Ａにおけるろう材の這い上がりが十分に抑制されている。これによって、側面２０Ｃ及び主面２０Ａからろう材を除去する工程を省略することができる。また、回路基板１００は、金属板２０とセラミック板１０との接合信頼性に優れる。このため、外観及び半導体素子等

の外部回路との接続信頼性に優れる。したがって、高い信頼性が求められるパワーモジュールに搭載される部品として好適である。

[0042] 一実施形態に係るパワーモジュールは、回路基板と、回路基板の金属板に電気的に接続される半導体素子と、を備える。回路基板は、上述の回路基板１００又はその変形例であってよいし、別の回路基板であってもよい。回路基板１００及びその変形例に関する説明内容は、本実施形態のパワーモジュールに適用される。このようなパワーモジュールは、信頼性に優れる。回路基板及び半導体素子は、樹脂によって封止されていてもよい。

[0043] 図５は、本実施形態に係るパワーモジュールの一例を示す断面図である。パワーモジュール３００は、ベース板７０と、ハンダ６２を介してベース板７０の一方面と接合される回路基板１０１とを備える。回路基板１０１の一方面側における金属板２１がハンダ６２を介してベース板７０と接合している。

[0044] 回路基板１０１の他方面側における金属板２０の少なくとも一つには、ハンダ６１を介して半導体素子６０が取り付けられている。半導体素子６０は、アルミワイヤ（アルミ線）等の金属ワイヤ６４で金属板２０の所定箇所に接続されている。このようにして、半導体素子６０と金属板２０とは電気的に接続されている。筐体６６の外部と金属板２０とを電気的に接続するため、金属板２０の一つである金属板２０ａは、ハンダ６５を介して筐体６６を貫通して設けられる電極６３に接続されている。

[0045] ベース板７０の一方の主面上には、当該主面と一体になって回路基板１０１を収容する筐体６６が配置されている。ベース板７０の一方の主面と筐体６６とで形成される収容空間には、回路基板１０１及び半導体素子６０を覆うようにして樹脂８０が充填されている。樹脂８０は、回路基板１０１及び半導体素子６０を封止している。樹脂は、例えば、熱硬化型樹脂であってよく、光硬化型樹脂であってもよい。

[0046] ベース板７０の他方の主面には、グリース７４を介して放熱部をなす冷却フィン７２が接合されている。ベース板７０の端部には冷却フィン７２をベ

ース板７０に固定するネジ７３が取り付けられている。ベース板７０及び冷却フィン７２はアルミニウムで構成されていてもよい。ベース板７０及び冷却フィン７２は、高い熱伝導率を有することによって放熱部として良好に機能する。

[0047] セラミック板１０によって、金属板２０と金属板２１は電気的に絶縁される。金属板２０（２０ａ）は電気回路を形成していてよい。金属板２０及び金属板２１は、ろう材層（不図示）によってセラミック板１０の主面１０Ａ及び主面１０Ｂにそれぞれ接合されている。金属板２０のセラミック板１０と接合される主面には、図３及び図４に示すような凹部が形成されている。この凹部は、凹部２２と同様のサイズを有し、凹部の全体にはろう材層を構成する成分が充填されていてよい。このような凹部を有することによって、搭載法で製造した場合でも、金属板２０の側面と半導体素子６０が搭載される主面へのろう材の這い上がりを十分に抑制することができる。また、金属板２０とセラミック板１０との接合信頼性を十分に高くすることができる。したがって、パワーモジュール３００は、半導体素子６０と金属板２０との電気的な接続の信頼性に優れる。金属板２１のセラミック板１０と接合される主面にも、金属板２０と同様に凹部２２が形成されていてよい。

[0048] 一実施形態に係る回路基板の製造方法は、主面に凹部が形成され、当該凹部が当該主面の外縁よりも内側に設けられている一つ又は複数の金属板を準備する準備工程と、セラミック板の主面にろう材を塗布及び乾燥して一つ又は複数の塗布層を設ける塗布乾燥工程と、一つ又は複数の塗布層を挟むようにしてセラミック板と一つ又は複数の金属板とを積層して積層体を作製する積層工程と、積層体を加熱してセラミック板と一つ又は複数の金属板とが一つ又は複数のろう材層で接合された接合体を得る接合工程と、を有する。

[0049] 各工程の詳細について説明する。まず、主面の外縁よりも内側に凹部が形成されている一つ又は複数の金属板を準備する。金属板は例えば銅板であってよい。凹部は、例えば、マシニングセンタを用いた機械加工で形成することができる。凹部の形状、位置（例えば、長さＹ）、サイズ（例えば、幅Ｘ

及び深さＺ）及び投影面積は、上述したとおりであってよい。凹部のサイズは切削量を変えることで調整することができる。凹部は、金属板の主面の外縁の一部に沿って形成してもよいし、金属板の主面の中心を周回するように形成してもよい。

[0050] 塗布乾燥工程で用いるセラミック板は、例えば以下の手順で作製できる。まず、無機化合物の粉末、バインダ樹脂、焼結助剤、可塑剤、分散剤、及び溶媒等を含むスラリーを成形してグリーンシートを作製する。無機化合物の例としては、窒化アルミニウム（ＡｌＮ）、窒化ケイ素（Si_3N_4）、炭化ケイ素、及び酸化アルミニウム等が挙げられる。焼結助剤としては、希土類金属、アルカリ土類金属、金属酸化物、フッ化物、塩化物、硝酸塩、及び硫酸塩等が挙げられる。これらは一種のみ用いてもよいし二種以上を併用してもよい。焼結助剤を用いることにより、無機化合物粉末の焼結を促進させることができる。バインダ樹脂の例としては、メチルセルロース、エチルセルロース、ポリビニルアルコール、ポリビニルブチラール、及び（メタ）アクリル系樹脂等が挙げられる。

[0051] 可塑剤の例としては、精製グリセリン、グリセリントリオレート、ジエチレングリコール、ジ－ｎ－ブチルフタレート等のフタル酸系可塑剤、セバシン酸ジ－２－エチルヘキシル等の二塩基酸系可塑剤等が挙げられる。分散剤の例としては、ポリ（メタ）アクリル酸塩、及び（メタ）アクリル酸－マレイン酸塩コポリマーが挙げられる。溶媒の例としては、エタノール及びトルエン等の有機溶媒が挙げられる。

[0052] スラリーからグリーンシートを形成する方法の例としては、ドクターブレード法及び押出成形法が挙げられる。次に、成形して得られたグリーンシートを脱脂して焼成する。脱脂は、例えば、４００～８００℃で、０．５～２０時間加熱して行ってよい。これによって、無機化合物の酸化及び劣化を抑制しつつ、有機物（炭素）の残留量を低減することができる。焼結は、例えば、窒素、アルゴン、アンモニア又は水素等の非酸化性ガス雰囲気下、１７００～１９００℃に加熱して行う。これによって、例えばセラミック板１０

を得ることができる。必要に応じてセラミック板のレーザー加工を行い、端部を切断したり、スクライブラインを設けたりしてもよい。

[0053] 上述の脱脂及び焼結は、例えばグリーンシートを複数積層した状態で行ってもよい。積層して脱脂及び焼結を行う場合、焼成後の基材の分離を円滑にするため、グリーンシート間に離型剤による離型層を設けてよい。離型剤としては、例えば、窒化ホウ素（ＢＮ）を用いることができる。離型層は、例えば、窒化ホウ素の粉末のスラリーを、スプレー、ブラシ、ロールコート、又はスクリーン印刷等の方法により塗布して形成してよい。積層するグリーンシートの枚数は、セラミック板の量産を効率的に行いつつ、脱脂を十分に進行させる観点から、例えば８～１００枚であってよく、３０～７０枚であってもよい。

[0054] セラミック板の一方の主面に複数の金属板を接合する場合、当該一方の主面に区画線を形成してもよい。例えば、セラミック板の主面にレーザー光を照射して、区画線としてスクライブラインを設けてもよい。セラミックの主面に照射するレーザー光としては、例えば、炭酸ガスレーザー及びＹＡＧレーザー等が挙げられる。このようなレーザー源からレーザー光を間欠的に照射することによって、図１及び図２に示すような区画線Ｌ１，Ｌ２となるスクライブラインを形成する。このような区画線Ｌ１，Ｌ２は、後工程において、回路基板を分割する際の切断線として利用することができる。

[0055] セラミック板の主面に塗布するろう材は、例えば、銀、銅、錫、活性金属、及びこれらを構成元素とする金属化合物、有機溶媒、並びにバインダ等を含有する。ろう材の粘度は、例えば５～２０Ｐａ・ｓであってよい。ろう材における有機溶媒の含有量は、例えば、５～２５質量％、バインダ量の含有量は、例えば、２～１５質量％であってよい。

[0056] ろう材は、金属単体又は金属化合物（合金）の形態で、Ａｇを含んでよく、Ａｇに加えて、Ｃｕ、Ｓｎ、及び活性金属からなる群より選ばれる一種又は二種以上の金属を含有してよい。二種以上の金属は合金となっていてもよい。活性金属は、Ｔｉ、Ｈｆ、Ｚｒ、及びＮｂからなる群より選ばれる一種

又は二種以上を含んでいてよい。ろう材は、Ａｇ及びＣｕの合計１００質量部に対してＡｇの含有量が９３質量部以上であってよく、９５質量部以上であってよく、９７質量部以上であってよく、１００質量部であってもよい。このため、溶融したろう材は、金属板に含まれるＣｕと円滑に反応して共晶合金を形成する。したがって、金属板の凹部内にもろう材層が円滑に形成される。ろう材はＣｕを含有していなくてもよい。

[0057] ろう材における活性金属の含有量は、Ａｇ及びＣｕの合計１００質量部に対して、０．５～８質量部であってよい。活性金属の含有量を０．５質量部以上とすることで、セラミック板とろう材との接合性を向上することができる。一方、活性金属の含有量を８質量部以下とすることで、接合界面に脆弱な合金層が形成されることを抑制できる。

[0058] ろう材に含有される上記金属は、窒化物、酸化物、炭化物又は水素化物として含まれていてもよい。一例として、ろう材は、窒化チタン及び／又は水素化チタン（TiH_2）を含んでいてよい。これによって、セラミック板と金属板との接合強度を十分に高くすることができる。ＡｇとＣｕの合計１００質量部に対するTiH_2の含有量は例えば１～８質量部であってよい。

[0059] ろう材における錫の含有量は、Ａｇ及びＣｕの合計１００質量部に対して、０．５～５質量部であってよい。錫の含有量を０．５質量部以上とすることで、セラミック板とろう材との接合性を向上することができる。一方、錫の含有量を５質量部以下とすることで、接合界面に脆弱な合金層が形成されることを抑制できる。

[0060] セラミック板の主面に、ロールコーター法、スクリーン印刷法、又は転写法等の方法によってろう材を塗布及び乾燥して一つ又は複数の塗布層を設ける。塗布層は、金属板が接合される位置に設ければよい。したがって、塗布層の数は、セラミック板に接合される金属板の数と同じであってよい。

[0061] 塗布層を形成したら、塗布層を挟むようにしてセラミック板と金属板とを積層して積層体を作製する。このとき、金属板の２つの主面のうち、凹部が形成されている主面とセラミック板の主面とが対向するようにして積層する

。積層体を作製する際に、金属板をセラミック板に向かう方向に押圧してもよい。押圧に伴って、塗布層が拡がるとともに凹部にろう材が充填され、塗布層でセラミック板と金属板とが良好に接着された積層体が得られる。

[0062] 図１～図３に示すような回路基板１００を製造する場合、複数の金属板２０のそれぞれがセラミック板１０の主面１０Ａにおける区画線Ｌ１，Ｌ２で画定される区画領域５０毎に独立するように、複数の金属板２０を積層して積層体を作製する。

[0063] 得られた積層体を、加熱炉で加熱してセラミック板と金属板とがろう材層で接合された接合体を得る。加熱温度は例えば７００～９００℃であってよい。炉内の雰囲気は窒素等の不活性ガスであってよく、大気圧未満の減圧下で行ってもよいし、真空下で行ってもよい。加熱炉は、複数の接合体を連続的に製造する連続式のものであってもよいし、一つ又は複数の接合体をバッチ式で製造するものであってもよい。加熱は、接合体を上記積層体の積層方向に押圧しながら行ってもよい。

[0064] 積層体を加熱すると、塗布層に含まれるろう材は流動しつつ金属板と反応し、ろう材層が形成される。すなわち、ろう材層は、ろう材と金属板に含まれる金属成分との反応生成物を含んでよい。このとき、凹部に充填されているろう材も反応してろう材層の一部となってよい。その後、金属板にめっき膜を形成する等の表面処理を行う。このとき、ろう材層の形状を整える切削加工等を行ってもよい。このようにして、回路基板を製造することができる。

[0065] 接合体が、図１～図３に示すようにセラミック板の一方の主面に複数の金属板を備える集合基板である場合、集合基板を分割して個片化する分割工程を行ってもよい。分割工程では、区画線Ｌ１，Ｌ２に沿って集合基板を分割し、複数の回路基板を得ることができる。

[0066] 上述の製造方法は、予め所定のサイズに加工された複数の金属板を接合して接合体を得ることができる。このような製造方法（搭載法）によれば、レジスト印刷工程及び金属板のエッチング工程を行うことなく、這い上がりが

十分に抑制されるとともに接合信頼性に優れる回路基板を効率よく製造することができる。このような製造方法で得られる回路基板は、製造コストが低減できるうえに、外観及び半導体素子等の外部回路との接続信頼性に優れる。また、這い上がったろう材を除去する工程を省略できるため、生産効率にも優れる。ただし、上述の回路基板１００，１０１及びこれらの変形例の製造方法は、上述の製造方法に限定されない。

[0067] このようにして得られた回路基板を用いて、パワーモジュールを製造してもよい。パワーモジュールは、回路基板に、ハンダとワイヤボンディング等を用いて半導体素子を搭載し、回路基板及び半導体素子を筐体の収容空間内に収容したうえで樹脂封止を行って製造することができる。

[0068] 以上、本開示の実施形態を説明したが、本開示は上記実施形態に何ら限定されるものではない。例えば、図１～図３の例では、セラミック板の一対の主面のそれぞれに複数の金属板を備えていたが、これに限定されない。例えば、一つ又は複数の金属板がセラミック板の一方の主面にのみ設けられていてもよい。セラミック板の一対の主面のそれぞれに設けられるろう材層及び金属板（凹部）の構造及び形状は、互いに異なっていてもよい。また、セラミック板の一対の主面のそれぞれに一つの金属板が設けられていてもよい。

[0069] ［１］セラミック板と、金属板と、前記セラミック板と前記金属板とを接合するろう材層と、を備える回路基板であって、

前記金属板の前記セラミック板と接合される主面に凹部が形成されており、

前記凹部は前記主面の外縁よりも内側に設けられている、回路基板。

［２］前記凹部は、前記主面の中心よりも前記外縁に近接している、［１］に記載の回路基板。

［３］前記凹部は、前記金属板の前記主面の前記外縁に沿って、前記金属板の前記主面の中心を周回するように設けられている、［１］又は［２］に記載の回路基板。

［４］前記凹部は、前記金属板の内部から前記セラミック板に近接するにつ

れて幅が大きくなる拡張部を有する、［１］～［３］のいずれか一つに記載の回路基板。

［５］前記凹部の全体に前記ろう材層を構成する成分が充填されている、［１］～［４］のいずれか一つに記載の回路基板。

［６］前記金属板の前記凹部の幅Ｘが０．１～１ｍｍである、［１］～［５］のいずれか一つに記載の回路基板。

［７］前記金属板の前記凹部の深さＺが０．０５～０．６ｍｍである、［１］～［６］のいずれか一つに記載の回路基板。

［８］前記セラミック板と、複数の金属板と、前記セラミック板と前記複数の金属板のそれぞれとを接合する複数のろう材層と、を備え、

前記複数の金属板が、前記凹部が形成されている前記金属板を含む、［１］～［７］のいずれか一つに記載の回路基板。

［９］主面に凹部が形成され、当該凹部が当該主面の外縁よりも内側に設けられている一つ又は複数の金属板を準備する準備工程と、

セラミック板の主面にろう材を塗布及び乾燥して一つ又は複数の塗布層を設ける塗布乾燥工程と、

前記一つ又は複数の塗布層を挟むようにして前記セラミック板と前記一つ又は複数の金属板とを積層して積層体を作製する積層工程と、

前記積層体を加熱して前記セラミック板と前記一つ又は複数の金属板とが一つ又は複数のろう材層で接合された接合体を得る接合工程と、を有し、

前記積層工程において、前記一つ又は複数の金属板の前記主面と前記セラミック板の前記主面とが対向するように前記セラミック板と前記一つ又は複数の金属板とを積層する、回路基板の製造方法。

［１０］前記準備工程では前記凹部が形成されている複数の金属板を準備し、

前記積層工程では、前記複数の金属板のそれぞれが前記セラミック板の前記主面における区画線で画定される区画領域毎に独立するように前記複数の金属板を積層して前記積層体を作製し、

前記接合工程の後に、前記接合体における前記セラミック板を前記区画線に沿って分割する分割工程を有する、［９］に記載の回路基板の製造方法。

［１１］前記［１］～［８］のいずれか一つに記載の回路基板、又は前記［９］又は［１０］に記載の製造方法で得られる回路基板と、当該回路基板の前記金属板に電気的に接続される半導体素子と、を備えるパワーモジュール。

実施例

[0070] 実施例を参照して本開示の内容をより詳細に説明するが、本開示は下記の実施例に限定されるものではない。

[0071]（実施例１）

［回路基板の作製］

窒化ケイ素製のセラミック板（厚さ：０．３２ｍｍ）、２４枚の銅板（材質：無酸素銅、サイズ：縦×横×厚さ＝１７ｍｍ×３８ｍｍ×０．８ｍｍ）及びろう材を準備した。機械加工によって、各銅板の一方の主面（主面２０Ｂ）に凹部を形成した。この凹部は、図２及び図３に示すように、主面の外縁よりも内側において、外縁に沿って主面の中心を周回するように形成した。凹部は、銅板の主面の中心よりも外縁に近接していた。銅板の厚さ方向に断面で見たときに、凹部が図３及び図４に示すようなＶ字形状となるように加工した。これによって、図１～図４に示す金属板２０と同様の形状を有する銅板を得た。

[0072] Ａｇ、Ｓｎ、及びTiH_2を含むろう材を準備した。このろう材は、Ａｇ及びＣｕの合計１００質量部に対してＡｇを１００質量部含んでいた。すなわち、Ｃｕを含まないろう材を用いた。このろう材は、Ａｇ１００質量に対し、Ｓｎを３質量部、及びTiH_2を３．５質量部含んでいた。

[0073] セラミック板の主面をスクライブラインによって２４個の区画領域に区画した。各区画領域に、スクリーン印刷でろう材を塗布して塗布層を形成した。塗布層の塗布面積は、セラミック板と接合される銅板の主面の面積と同じとした。塗布層を形成した後、セラミック板の上に、塗布層と銅板の当該主

面とが接するようにして銅板を積層した。このようにして、セラミック板の一方の主面に、区画領域毎に独立するように合計で２４個の銅板を積層した。

[0074] セラミック板の主面上の銅板をセラミック板に向けて０．０３５ＭＰａでプレスして積層体を得た。その後、積層体を、真空中、８２０℃で１時間加熱した。このようにしてセラミック板の主面にろう材層を介して銅板が接合された接合体を得た。その後、Ｎｉ－Ｐめっき液（リン濃度：８～１２質量％）を用いて無電解メッキ処理を行い、銅板上にめっき膜を有する多数個取り回路基板を形成した。スクライブラインに沿って多数個取り回路基板を分割し、２４個の回路基板を得た。一つの回路基板のセラミック板のサイズは、縦×横×厚さ＝２０ｍｍ×４１ｍｍ×０．３２ｍｍであった。

[0075] ［回路基板の評価］

＜這い上がりの評価＞

回路基板における銅板の表面（セラミック板側の主面とは反対側の主面）、及び側面を、ルーペ（倍率１０倍）を使用して目視観察を行い、ろう材の這い上がりの有無を判定した。銅板の表面に這い上がりが検知されなかったものを「Ａ」、銅板の表面に這い上がりが検知されたものを「Ｂ」と判定した。２４個の回路基板のうち、「Ａ」の個数とその割合は表１に示すとおりであった。実施例１の回路基板では、銅板の表面においてろう材の這い上がりが全く検知されなかった。

[0076] ＜凹部のサイズ及び位置の測定＞

銅板の側面における凹部の端縁に直交し、且つ銅板の厚さ方向に沿うように回路基板を切断し、図４に示すような断面を得た。この断面のＳＥＭ観察を行って、凹部の幅Ｘ及び深さＺを測定した。また、凹部２２の外縁２２ｂと銅板の側面２０Ｃの間の長さＹを測定した。図６は、当該断面のＳＥＭ写真である。幅Ｘ、深さＺ及び長さＹの測定結果、及び凹部の投影面積（Ｘ×Ｚ／２）は、表１に示すとおりであった。測定は、１個の回路基板についてのみ行った。なお、２４個の銅板は、いずれも、同じ機械加工の条件で加工

した。このため、凹部の幅Ｘ及び深さＺ、並びに長さＹの値は同一とみなすことができる。

[0077]（実施例２）

Ａｇ、Ｃｕ、Ｓｎ、及びTiH_2を含むろう材を準備した。ろう材におけるＡｇとＣｕの質量比は６９：３１であった。このろう材は、ＡｇとＣｕの合計１００質量に対し、Ｓｎを３質量部、及びTiH_2を３．５質量部含んでいた。このようなろう材を用いたこと以外は、実施例１と同様にして、回路基板を作製して評価を行った。結果は、表１に示すとおりであった。実施例２の回路基板も、銅板の表面においてろう材の這い上がりが全く検知されなかった。

[0078]（比較例１）

各銅板の一方の主面（主面２０Ｂ）に凹部を形成しなかったこと以外は、実施例１と同様にして、回路基板を作製して評価を行った。結果は、表１に示すとおりであった。

[0079]（比較例２）

各銅板の一方の主面（主面２０Ｂ）に凹部を形成しなかったこと以外は、実施例２と同様にして、回路基板を作製して評価を行った。結果は、表１に示すとおりであった。

[0080][表1]

	凹部のサイズ			凹部の位置	這い上がりの評価	
	幅(X)	深さ(Z)	投影面積	長さ(Y)	A	B
	mm	mm	mm^2	mm	[個]	[個]
実施例1	0.4	0.2	0.04	0.2	24	0
実施例2	0.4	0.2	0.04	0.2	24	0
比較例1	0	0	0	−	0	24
比較例2	0	0	0	−	0	24

[0081] 表１に示すとおり、実施例１，２では、金属板（銅板）の主面に凹部を形成することによって、ろう材の這い上がりを十分に抑制できることが確認された。

産業上の利用可能性

[0082] ろう材の這い上がりを十分に抑制することが可能な回路基板及びその製造方法を提供することができる。また、そのような回路基板を備えるパワーモジュールを提供することができる。

符号の説明

[0083] １０…セラミック板、１０Ａ，１０Ｂ…主面、２０，２０ａ，２１…金属板、２０Ａ，２０Ｂ…主面、２０ｂ，２２ｂ…外縁、２０Ｃ…側面、２２…凹部、２２Ａ…拡張部、２２ｃ…内縁、３０…ろう材層、５０…区画領域、６０…半導体素子、６１，６２，６５…ハンダ、６３…電極、６４…金属ワイヤ、６６…筐体、７０…ベース板、７２…冷却フィン、７３…ネジ、７４…グリース、８０…樹脂、１００，１０１…回路基板、３００…パワーモジュール、Ｌ１，Ｌ２…区画線。

請求の範囲

[請求項1] セラミック板と、金属板と、前記セラミック板と前記金属板とを接合するろう材層と、を備える回路基板であって、

前記金属板の前記セラミック板と接合される主面に凹部が形成されており、

前記凹部は前記主面の外縁よりも内側に設けられている、回路基板。

[請求項2] 前記凹部は、前記主面の中心よりも前記外縁に近接している、請求項１に記載の回路基板。

[請求項3] 前記凹部は、前記金属板の前記主面の前記外縁に沿って、前記金属板の前記主面の中心を周回するように設けられている、請求項１に記載の回路基板。

[請求項4] 前記凹部は、前記金属板の内部から前記セラミック板に近接するにつれて幅が大きくなる拡張部を有する、請求項１に記載の回路基板。

[請求項5] 前記凹部の全体に前記ろう材層を構成する成分が充填されている、請求項１に記載の回路基板。

[請求項6] 前記金属板の前記凹部の幅Ｘが０．１～１ｍｍである、請求項１に記載の回路基板。

[請求項7] 前記金属板の前記凹部の深さＺが０．０５～０．６ｍｍである、請求項１に記載の回路基板。

[請求項8] 前記セラミック板と、複数の金属板と、前記セラミック板と前記複数の金属板のそれぞれとを接合する複数のろう材層と、を備え、

前記複数の金属板が、前記凹部が形成されている前記金属板を含む、請求項１に記載の回路基板。

[請求項9] 主面に凹部が形成され、当該凹部が当該主面の外縁よりも内側に設けられている一つ又は複数の金属板を準備する準備工程と、

セラミック板の主面にろう材を塗布及び乾燥して一つ又は複数の塗布層を設ける塗布乾燥工程と、

前記一つ又は複数の塗布層を挟むようにして前記セラミック板と前記一つ又は複数の金属板とを積層して積層体を作製する積層工程と、

前記積層体を加熱して前記セラミック板と前記一つ又は複数の金属板とが一つ又は複数のろう材層で接合された接合体を得る接合工程と、を有し、

前記積層工程において、前記一つ又は複数の金属板の前記主面と前記セラミック板の前記主面とが対向するように前記セラミック板と前記一つ又は複数の金属板とを積層する、回路基板の製造方法。

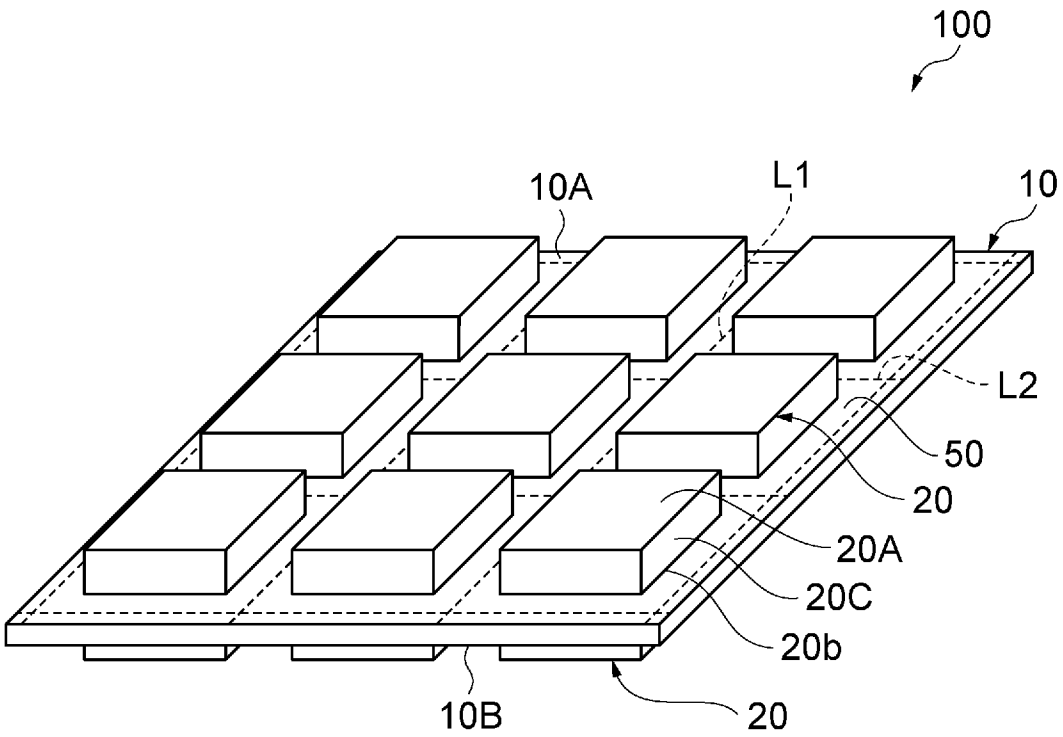
[請求項10] 前記準備工程では前記凹部が形成されている複数の金属板を準備し、

前記積層工程では、前記複数の金属板のそれぞれが前記セラミック板の前記主面における区画線で画定される区画領域毎に独立するように前記複数の金属板を積層して前記積層体を作製し、

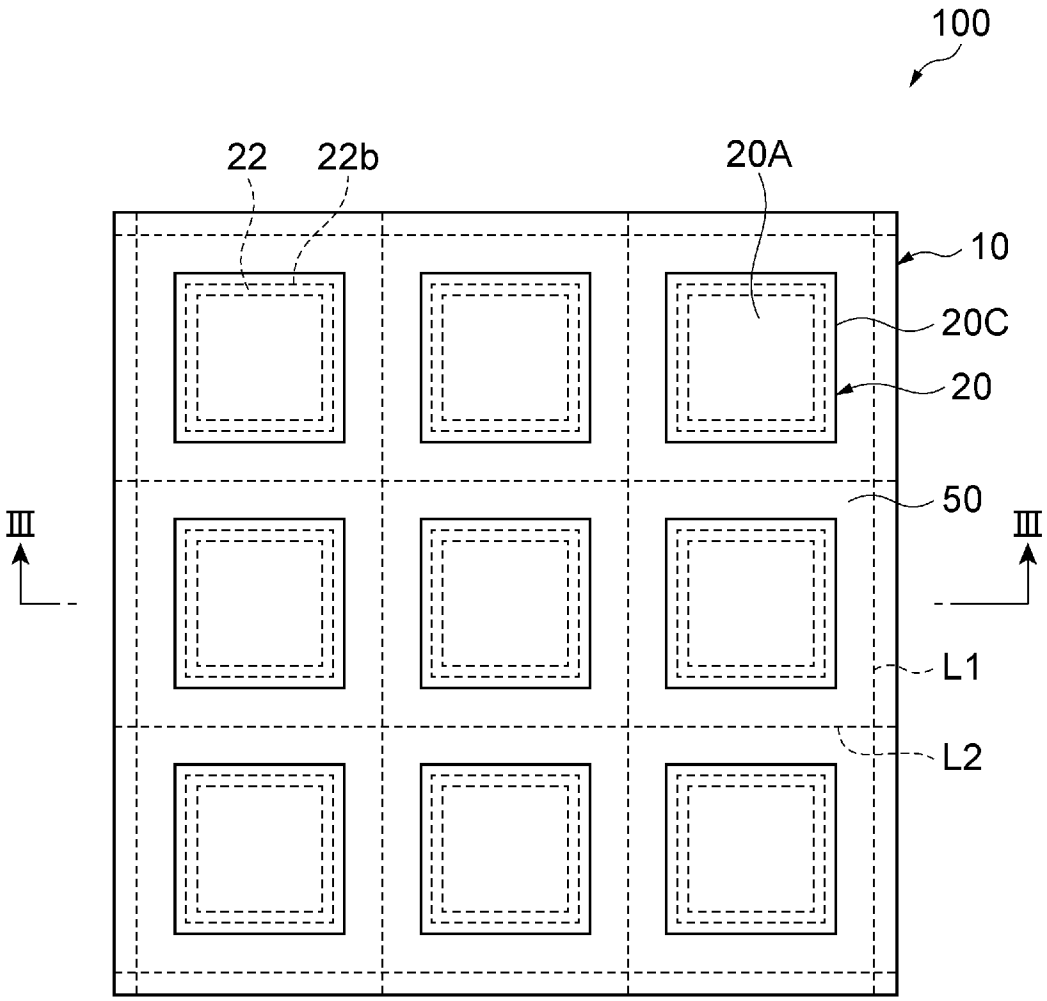
前記接合工程の後に、前記接合体における前記セラミック板を前記区画線に沿って分割する分割工程を有する、請求項９に記載の回路基板の製造方法。

[請求項11] 請求項１～８のいずれか一項に記載の回路基板と、当該回路基板の前記金属板に電気的に接続される半導体素子と、を備えるパワーモジュール。

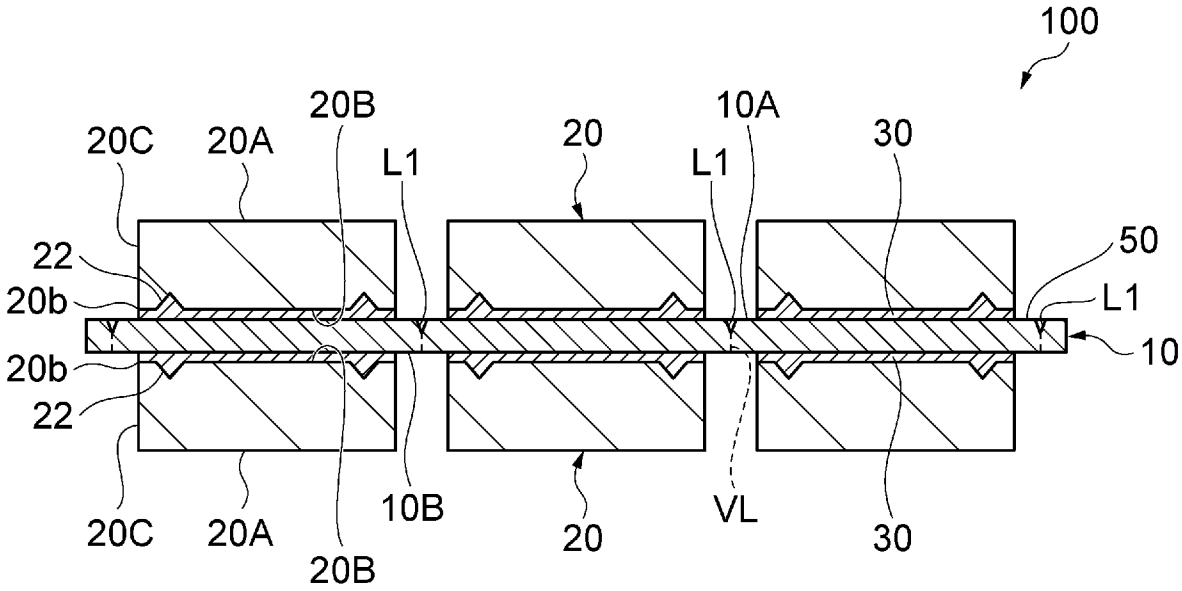
[図1]



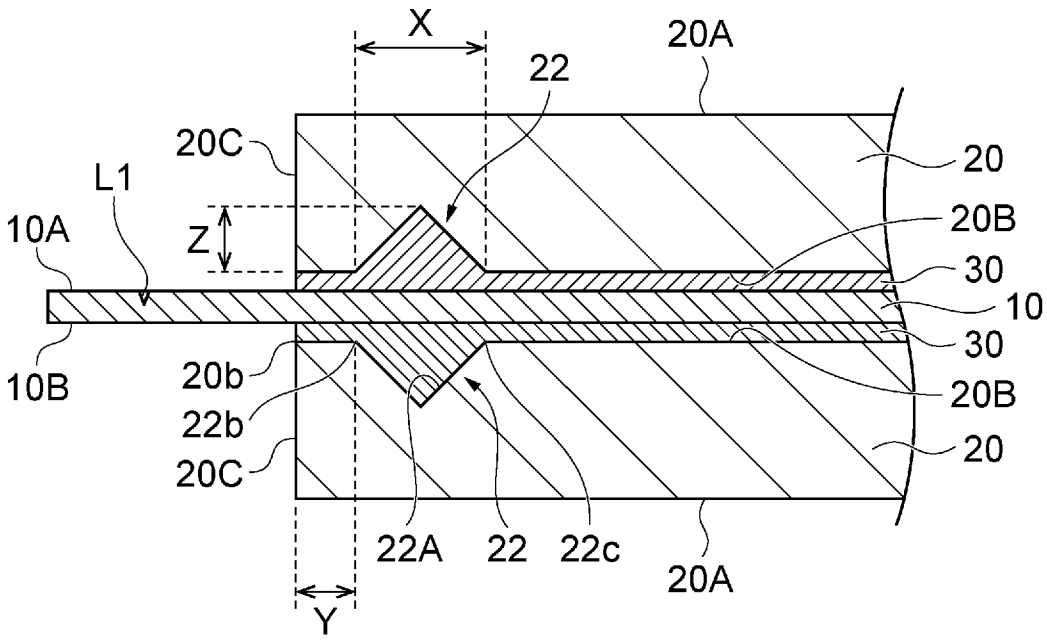
[図2]



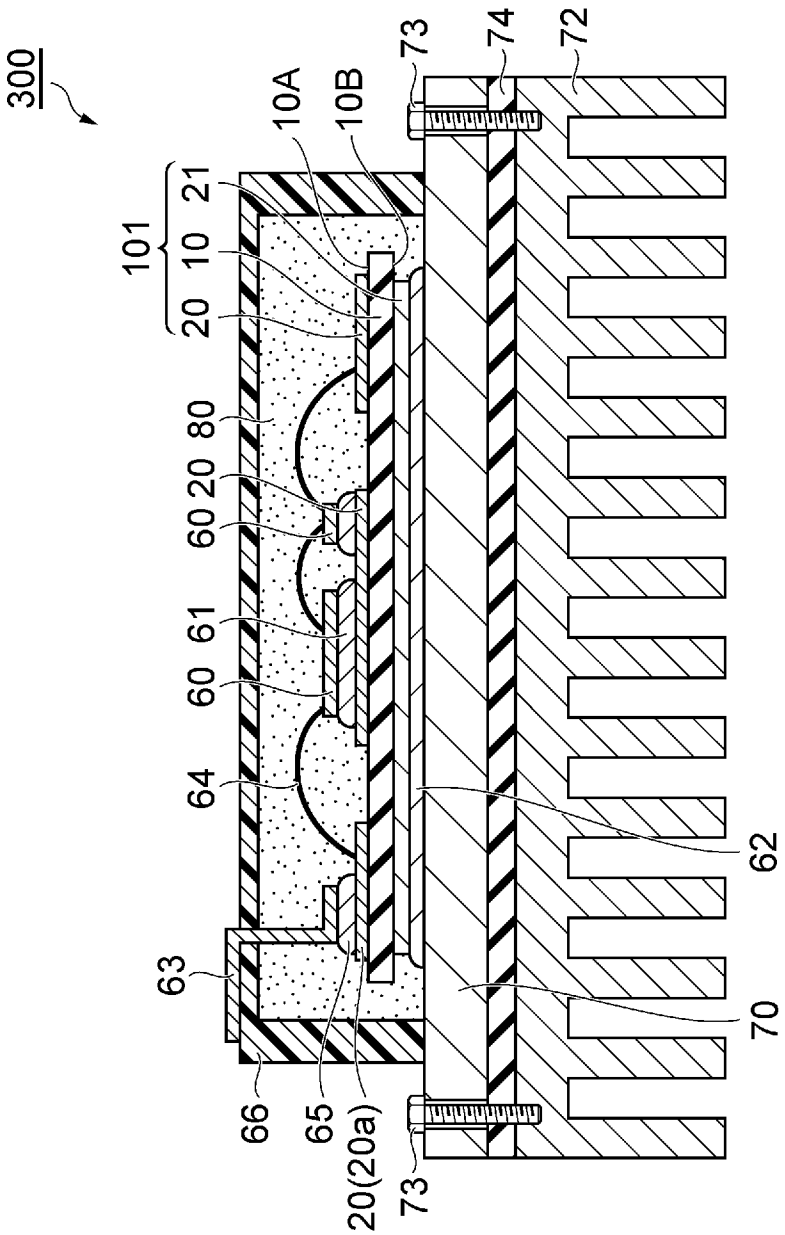
[図3]


100
20C
20A
20B
L1
20
10A
L1
30
50
22
20b
L1
10
20b
22
20C
20A
20B
10B
20
VL
30

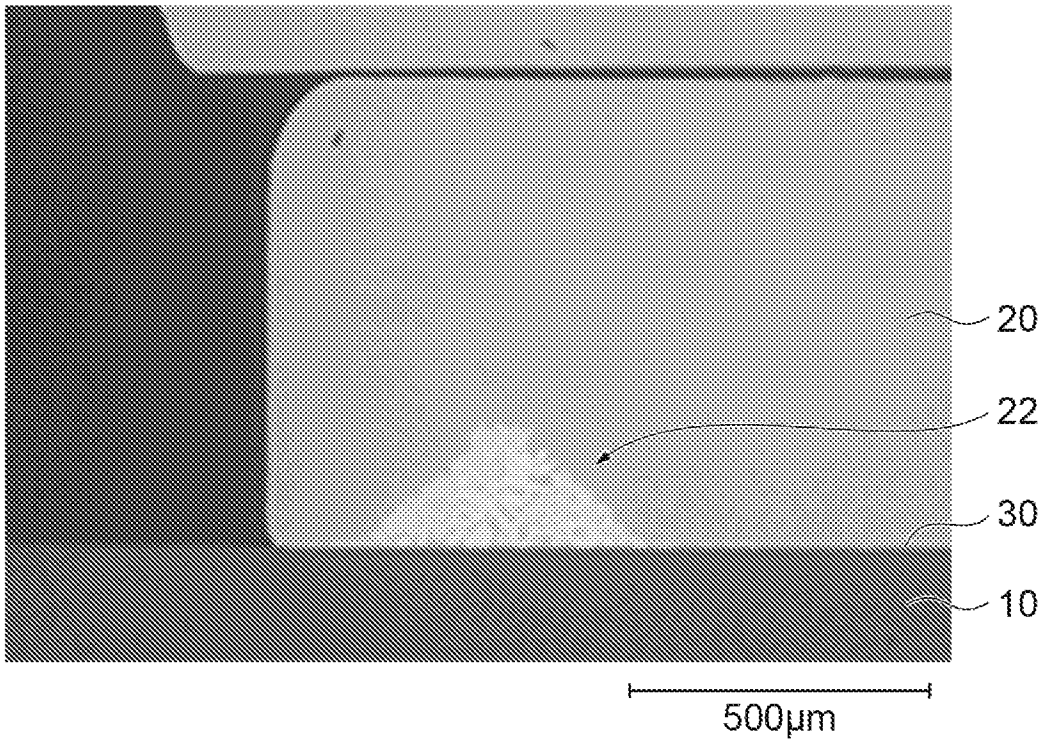
[図4]


X
22
20A
20C
20
L1
Z
20B
10A
30
10
30
10B
20b
20B
22b
20C
20
22A
22
22c
20A
Y

[図5]


300
101
21
10
20
80
20
60
61
60
64
63
66
65
20(20a)
73
10A
10B
73
74
72
62
70

[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2023/012009

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H05K 1/03(2006.01)i; ***H01L 23/12***(2006.01)i; ***H01L 23/13***(2006.01)i; ***H01L 25/07***(2006.01)i; ***H01L 25/18***(2023.01)i; ***H05K 1/02***(2006.01)i

FI: H05K1/03 650; H01L23/12 C; H01L23/12 Q; H01L25/04 C; H05K1/03 610D; H05K1/03 630H; H05K1/03 630J; 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; H01L23/12; H01L23/13; H01L25/07; H01L25/18; 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 1971-2023
Registered utility model specifications of Japan 1996-2023
Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2007-311527 A (MITSUBISHI MATERIALS CORP.) 29 November 2007 (2007-11-29) paragraphs [0013]-[0017], [0023], [0030], fig. 2	1-8, 11
Y		9, 10
Y	JP 2022-871 A (KYOCERA CORP.) 04 January 2022 (2022-01-04) paragraphs [0015]-[0021]	9, 10
Y	JP 2021-150455 A (MITSUBISHI MATERIALS CORP.) 27 September 2021 (2021-09-27) paragraph [0031]	9, 10
A	JP 5-136290 A (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) 01 June 1993 (1993-06-01)	1-11

☐ 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	Date of mailing of the international search report
02 June 2023	**13 June 2023**
Name and mailing address of the ISA/JP **Japan Patent Office (ISA/JP)** **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2023/012009

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2007-311527 A	29 November 2007	(Family: none)	
JP 2022-871 A	04 January 2022	(Family: none)	
JP 2021-150455 A	27 September 2021	(Family: none)	
JP 5-136290 A	01 June 1993	US 5328751 A	
		EP 523598 A1	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2023/012009

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; H01L 23/12(2006.01)i; H01L 23/13(2006.01)i; H01L 25/07(2006.01)i; H01L 25/18(2023.01)i; H05K 1/02(2006.01)i
FI: H05K1/03 650; H01L23/12 C; H01L23/12 Q; H01L25/04 C; H05K1/03 610D; H05K1/03 630H; H05K1/03 630J; 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; H01L23/12; H01L23/13; H01L25/07; H01L25/18; 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	１９７１－２０２３年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２３年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２３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 2007-311527 A (三菱マテリアル株式会社) 29.11.2007 (2007-11-29) 段落[0013]-[0017],[0023],[0030],図2	1-8,11
Y		9,10
Y	JP 2022-871 A (京セラ株式会社) 04.01.2022 (2022-01-04) 段落[0015]-[0021]	9,10
Y	JP 2021-150455 A (三菱マテリアル株式会社) 27.09.2021 (2021-09-27) 段落[0031]	9,10
A	JP 5-136290 A (株式会社東芝) 01.06.1993 (1993-06-01)	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	国際調査報告の発送日
02.06.2023	13.06.2023

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

権限のある職員（特許庁審査官）
黒田　久美子 5D 8393

電話番号 03-3581-1101 内線 3551

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2023/012009

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2007-311527 A	29.11.2007	（ファミリーなし）	
JP 2022-871 A	04.01.2022	（ファミリーなし）	
JP 2021-150455 A	27.09.2021	（ファミリーなし）	
JP 5-136290 A	01.06.1993	US 5328751 A	
		EP 523598 A1	