(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
2019年2月7日(07.02.2019)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2019/026834 A1

(51) 国際特許分類:
H05K 1/02 (2006.01) *H05K 1/03* (2006.01)
H01L 23/12 (2006.01) *H05K 1/09* (2006.01)
H01L 23/36 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2018/028422

(22) 国際出願日： 2018年7月30日(30.07.2018)

(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 2017-151888 2017年8月4日(04.08.2017) JP

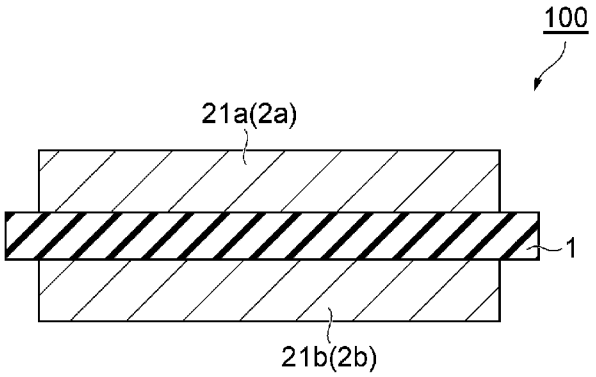
(71) 出願人: デンカ株式会社(DENKA COMPANY LIMITED) [JP/JP]; 〒1038338 東京都中央区日本橋室町二丁目１番１号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 酒井 篤士(SAKAI Atsushi); 〒1948560 東京都町田市旭町三丁目５番１号 デンカ株式会社 デンカイノベーションセンター内 Tokyo (JP). 広津留 秀樹(HIROTSURU Hideki); 〒1948560 東京都町田市旭町三丁目５番１号 デンカ株式会社 デンカイノベーションセンター内 Tokyo (JP). 市川 恒希(ICHIKAWA Kohki); 〒1948560 東京都町田市旭町三丁目５番１号 デンカ株式会社 デンカイノベーションセンター内 Tokyo (JP). 谷口 佳孝(TANIGUCHI Yoshitaka); 〒8368510 福岡県大牟田市新開町１ デンカ株式会社 大牟田工場内 Fukuoka (JP).

(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

(54) **Title:** CERAMIC CIRCUIT BOARD

(54) 発明の名称： セラミックス回路基板



(57) **Abstract:** A ceramic circuit board which is provided with a ceramic substrate 1 and metal layers 2a, 2b that are arranged on both surfaces of the ceramic substrate 1 and contain Al and/or Cu. This ceramic circuit board is configured such that: the measured value α1 of the linear thermal expansion coefficient over the range of from 25 ° C to 150 ° C is from 5 × 10^{-6}/K to 9 × 10^{-6}/K; the ratio of the measured value α1 to the theoretical value α2 of the linear thermal expansion coefficient over the range of from 25 ° C to 150 ° C, namely α1/α2 is from 0.7 to 0.95; and at least one of the metal layers 2a, 2b forms a metal circuit.

(57) 要約：セラミックス基材１と、セラミックス基材１の両面に設けられ、ＡＩ及び／又はＣｕを含む金属層２ａ，２ｂと、を備え、２５℃～１５０℃における線熱膨張係数の測定値α１が５×１０$^{-6}$～９×１０$^{-6}$／Ｋであり、２５℃～１５０℃における線熱膨張係数の理論値α２に対する前記α１の比α１／α２が０．７～０．９５であり、金属層２ａ，２ｂのうちの少なくとも一方が金属回路を形成している、セラミックス回路基板。

WO 2019/026834 A1

（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, 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, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国（表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能）：ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

— 国際調査報告（条約第21条(3)）

明　細　書

発明の名称 ： セラミックス回路基板

技術分野

[0001] 本発明は、セラミックス回路基板に関し、特にパワーモジュール等の大電力電子部品の実装に好適なセラミックス回路基板に関する。

背景技術

[0002] 近年、ロボット、モーター等の産業機器の高性能化に伴い、インバータの大電流化及び高効率化が求められている。このような状況の下、インバータに使用されるパワーモジュールにおいて、半導体素子から発生する熱も増加の一途をたどっている。半導体素子から発生する熱を効率的に拡散させるため、良好な熱伝導性を有するセラミックス回路基板が用いられている。

[0003] パワーモジュールは、一般に、セラミックス回路基板と、セラミックス回路基板の一方の面上に設けられた半導体素子と、セラミックス回路基板の他方の面上に半田付け等により設けられ、熱伝導性に優れるＣｕ、Ｃｕ－Ｍｏ、Ｃｕ－Ｃ、Ａｌ、Ａｌ－ＳｉＣ、Ａｌ－Ｃ等からなるベース板と、ベース板のセラミックス回路基板とは反対側の面上にねじ止め等により設けられた放熱フィンと、を備える。

[0004] しかし、ベース板及びセラミックス回路基板の半田付けは加熱により行われることから、ベース板とセラミックス回路基板との熱膨張係数の差により、ベース板に反りが生じやすいといった問題点があった。

[0005] パワーモジュールの動作時に半導体素子等から発生した熱は、セラミックス回路基板、半田、及びベース板を介して放熱フィンに伝達される。そのため、ベース板に反りが生じると、放熱フィンをベース板に取り付けたときに反りによる空隙（エアギャップ）が生じてしまい、放熱性が極端に低下してしまう。

[0006] こうした反りの問題を改善するため、例えば、セラミックス基材の両面に接合された金属層を有するセラミックス回路基板において、硬度、種類、厚

さ等の異なる金属層をそれぞれ金属回路板及び放熱板として用いて、セラミックス基材の一方及び他方の面上に接合することが提案されている（例えば、特許文献１参照）。

[0007] また、パワーモジュールを製造する際に、溶融した状態のベース板と、セラミックス回路基板とを接触させることにより、ベース板とセラミックス回路基板とを接合することが提案されている（例えば、特許文献２参照）。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：特開２００４－２０７５８７号公報

特許文献2：特開２００２－７６５５１号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] セラミックス回路基板は、信頼性の観点から、パワーモジュール製造においてベース板に接合する際にベース板の反りを抑制できるのみならず、実使用において繰り返し行われる発熱及び冷却によってもセラミックス基材及び金属層の高い密着性を維持できることが望ましい。しかし、従来のセラミックス回路基板及びパワーモジュールは、上述した信頼性の観点から、未だ改善の余地がある。

[0010] 本発明は、このような実情に鑑みてなされたものであって、ベース板に接合する際にベース板の反りを抑制できるのみならず、繰り返し行われる発熱及び冷却によってもセラミックス基材及び金属層の高い密着性を維持できるセラミックス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

[0011] 本発明は、セラミックス基材と、セラミックス基材の両面に設けられ、Ａｌ及び／又はＣｕを含む金属層と、を備え、２５℃～１５０℃における線熱膨張係数の測定値α１が５×１０$^{-6}$～９×１０$^{-6}$／Ｋであり、２５℃～１５０℃における線熱膨張係数の理論値α２に対する前記α１の比α１／α２が

０．７～０．９５であり、金属層のうちの少なくとも一方が金属回路を形成している、セラミックス回路基板を提供する。

[0012] セラミックス基材は、ＡｌＮ、Si_3N_4又はAl_2O_3で形成されていてもよく、厚みが０．２～１．５ｍｍであってもよい。

[0013] 金属層は、Ｃｕ、Ａｌ、Ｃｕ及びＭｏを含む合金、並びにＣｕ及びＷを含む合金からなる群より選ばれる少なくとも１種で形成されていてもよく、厚みが０．１～２．０ｍｍであってもよい。

[0014] 金属層は、第一金属層及び第二金属層を有し、セラミックス基材、第一金属層及び第二金属層がこの順に積層されていてもよい。この場合、第二金属層はＣｕを含んでいてもよい。また、第一金属層の端面と第二金属層の端面とは面一であってもよく、第一金属層の端面が第二金属層の端面よりも外側にはみ出していてもよい。

発明の効果

[0015] 本発明によれば、ベース板に接合する際にベース板の反りを抑制できるのみならず、繰り返し行われる発熱及び冷却によってもセラミックス基材及び金属層の高い密着性を維持できるセラミックス回路基板を提供することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]セラミックス回路基板の一実施形態を示す断面図である。

[図2]セラミックス回路基板の一実施形態を示す断面図である。

[図3]セラミックス回路基板の一実施形態を示す断面図である。

[図4]パワーモジュールの一実施形態を示す断面図である。

発明を実施するための形態

[0017] 以下、本発明のいくつかの実施形態について詳細に説明する。ただし、本発明は以下の実施形態に限定されるものではない。

[0018] 図１は、セラミックス回路基板の一実施形態を示す断面図である。図１に示すように、セラミックス回路基板１００は、セラミックス基材１と、セラミックス基材１の両面に設けられた金属層２ａ，２ｂとを有する。金属層２

ａ，２ｂのうちの少なくとも一方は、電気回路（金属回路）を形成している。図１に示すように、金属層２ａ，２ｂは、それぞれ、単一の金属層２１ａ，２１ｂからなっていてもよい。

[0019] 金属層２ａ，２ｂは、ＡｌおよびＣｕを含むが、ＡｌおよびＣｕを主成分として含むことが好ましい。ここで、「主成分」とは、金属層２ａ，２ｂの全体質量を基準として、７０質量％以上含まれる成分を意味する。金属層がＡｌおよびＣｕの両方を含む場合、それらの合計量が７０質量％以上であればよい。主成分の割合は、９０質量％以上であってもよく、９５質量％以上であってもよい。また金属層は、微量の不可避的不純物を含んでいてもよい。

[0020] 本実施形態に係るセラミックス回路基板は、２５℃～１５０℃における線熱膨張係数の測定値α１が５×１０$^{-6}$～９×１０$^{-6}$／Ｋであり、２５℃～１５０℃における線熱膨張係数の理論値α２に対するα１の比α１／α２が０．７～０．９５である。

[0021] このような特徴を有するセラミックス回路基板が、ベース板に接合する際にベース板の反りを抑制できるのみならず、繰り返し行われる発熱及び冷却（ヒートサイクル）によってもセラミックス基材及び金属層の高い密着性を維持できる理由を、本発明者等は以下のように考えている。

[0022] まず、本発明者等の検討によれば、パワーモジュール製造時におけるベース板の反りの発生、並びにヒートサイクルによるセラミックス基材及び金属層の剥離やセラミックス基材におけるクラックの発生は、セラミックス回路基板を構成するセラミックス基材及び金属層の線熱膨張係数の差が原因であることが判明している。一般に、セラミックス基材の線熱膨張係数に比べ金属層の線熱膨張係数の方が大きい。そのため、セラミックス基材と金属層とを接合する温度から室温に戻す場合やヒートサイクルにより、金属層に引張応力が残留する。この引張応力の残留（残留応力）によって、上述したような不具合が発生すると考えられる。

[0023] 本発明者等は、上記残留応力を低減するため、セラミックス回路基板の線

熱膨張係数に着目した。本発明者等のさらなる検討によれば、セラミックス回路基板の線熱膨張係数は、構成されるセラミックス基材と金属層の構造（厚み等）及び組成に加え、セラミックス基材と金属層とを接合する温度から室温に戻る際に、両材料の熱膨張差により発生する残留応力により決まることが判明している。このため、例えば、同一の構成を有するセラミックス回路基板であっても、接合方法によりセラミックス回路基板の線熱膨張係数が異なる場合がある。一般に、セラミックス基材と金属層とは、温度８００℃程度の温度で、活性金属法によってロウ付けして接合されることが多いが、この方法で接合した場合、接合後に室温に冷却する過程で線熱膨張係数の大きい金属層に引張応力が残留する。引張応力が残留している場合、得られるセラミックス回路基板の線熱膨張係数の測定値は、構成するセラミックス基材及び金属層の構造（厚み等）及び組成から算出した線熱膨張係数の理論値より小さい値となると考えられる。本発明に係るセラミックス回路基板は、得られるセラミックス回路基板の線熱膨張係数の測定値を大きくし、且つ当該測定値を理論値に近づけたことで、セラミックス回路基板における残留応力を低減することができた、と本発明者等は考えている。

[0024] さらに、本発明に係るセラミックス回路基板は、それ自体の残留応力を低減できることから、ベース板の種類や線熱膨張係数の値によらず、ベース板に接合する際のベース板の反りを抑制することもできると考えている。

[0025] セラミックス回路基板の線熱膨張係数の測定値を大きくする手法としては、例えば、線熱膨張係数の大きい金属層の厚みを大きくすることが有効と考えられる。ただし、セラミックス回路基板の線熱膨張係数を大きくしすぎると、セラミックス基材に対する金属層の引張応力が大きくなり、実使用を想定したヒートサイクル試験において、セラミックス基材にクラックが入るなどの面で問題が発生する可能性がある。このような観点から、セラミックス回路基板の２５℃～１５０℃における線熱膨張係数の測定値α１は、５×１０$^{-6}$～９×１０$^{-6}$／Ｋであることが必要であり、６×１０$^{-6}$～９×１０$^{-6}$／Ｋであることが好ましく、７×１０$^{-6}$～９×１０$^{-6}$／Ｋであることがより好

ましい。

[0026] 一方、セラミックス回路基板の線熱膨張係数の測定値を理論値に近づける手法としては、例えば、セラミックス基材と金属層とを接合する際の温度を小さくし、金属層の残留応力を低減する方法等が有効と考えられる。セラミックス基材と金属層とを接合する方法としては、特に制限されるものではないが、例えば、接着剤を用いて両者を接着させる接着法、活性金属法、溶射法等を単独で又は複数を組み合わせて用いる方法が挙げられる。接合する際の温度を小さくできる観点からは、接着法、溶射法等を用いることが好ましく、熱伝導率の低い接着剤を用いずにパワーモジュールとしての放熱性を十分に確保する観点からは、活性金属法、溶射法等を用いることが好ましい。このような観点から、セラミックス基材の表面に活性金属法等により薄い金属層を形成した後に、所定の厚みの金属を低温で接合する手法や溶射法により金属層を形成する手法が有効である。セラミックス基材と金属層とを接合する方法の詳細については、後述する。

[0027] セラミックス回路基板の、２５℃～１５０℃における線熱膨張係数の理論値α２に対するα１の比α１／α２は、０．７～０．９５であることが必要であるが、金属層の残留応力をより低減できる観点から、０．７５～０．９５であることが好ましく、０．８０～０．９５であることがより好ましい。

[0028] セラミックス回路基板の線熱膨張係数の測定値α１は、ＪＩＳ　Ｒ　１６１８に準拠して測定された値を意味する。α１は、例えば、熱膨張計（セイコー電子工業株式会社製、商品名「ＴＭＡ３００」）を用いて測定することができる。

[0029] また、線熱膨張係数の理論値α２は、複合則によって算出された値を意味し、より具体的には、以下の計算式から算出することができる。

$$\alpha 2 = \Sigma \alpha_i \cdot E_i \cdot V_i / \Sigma E_i \cdot V_i$$

上記計算式中、αは熱膨張係数、Ｅはヤング率、Ｖは体積分率を示し、添え字ｉは複合材料における各材料成分を示す。

[0030] このようなセラミックス回路基板１００を得るためには、例えば、セラミ

ックス基材１は、ＡｌＮ、Si_3N_4又はAl_2O_3で形成されていることが好ましい。上記の材料を用いてセラミックス基材１を形成することで、適切な絶縁性と熱伝導性とを有するセラミックス回路基板１００を効果的に得ることができる。セラミックス基材１の厚みは、０．２～１．５ｍｍであることが好ましく、０．２５～１．０ｍｍであることがより好ましい。セラミックス基材１の厚みが０．２ｍｍ未満であると耐熱衝撃性が低下し、１．５ｍｍを超えると放熱性が低下する傾向がある。

[0031] また、金属層２ａ，２ｂは、Ｃｕ、Ａｌ、Ｃｕ及びＭｏを含む合金、並びにＣｕ及びWを含む合金からなる群より選ばれる少なくとも１種で形成されていることが好ましい。上記の材料を用いて金属層２ａ，２ｂを形成することで、適切な絶縁性と熱伝導性とを有するセラミックス回路基板１００を効果的に得ることができる。金属層２ａ，２ｂは、それぞれ同種の材料で形成されていても、異種の材料で形成されていてもよいが、セラミックス回路基板の製造を容易にする観点から、同種の材料で形成されていることが好ましい。

[0032] 金属層２ａ，２ｂの厚みは、０．１～２．０ｍｍであることが好ましく、０．２～１．０ｍｍであることがより好ましい。金属層２ａ，２ｂの厚みが０．１ｍｍ未満であると流せる電流が制限され、２．０ｍｍを超えると耐熱衝撃性が低下する傾向がある。金属層２ａ，２ｂの厚みは、それぞれ実質的に同じでも異なっていてもよいが、セラミックス回路基板の製造を容易にする観点から、実質的に同じであることが好ましい。

[0033] セラミックス回路基板１００は、上述したように、セラミックス基材１と金属層２ａ，２ｂとを接合することにより得ることができる。セラミックス基材と金属層とを接合する方法としては、接着剤を用いて両者を接着させる接着法、活性金属法、溶射法等を単独で又は複数を組み合わせて用いる方法が挙げられる。

[0034] 接着法は、接着剤を用いて両者を接着させる方法であり、セラミックス基材の両面に、例えばアクリル系接着剤で金属板を接着した後、所望によりエ

ッチング法で回路を形成する方法である。

[0035] 活性金属法は、例えばＣｕを含む金属層を接合する場合、Ａｇ（９０％）－Ｃｕ（１０％）－ＴｉＨ$_2$（３．５％）のろう材を用いて、温度８００℃でセラミックス基材の両面にＣｕ板を接合した後、所望によりエッチング法で回路を形成する方法が挙げられる。また、ＡＩを含む金属層を接合する場合、ＡＩ－Ｃｕ－Ｍｇクラッド箔をろう材として用い、温度６３０℃でセラミックス基材の両面にＡＩ板を接合した後、所望によりエッチング法で回路を形成する方法が挙げられる。

[0036] 溶射法（コールドスプレー法）は、例えば、複数の金属粒子から構成される金属紛体を、１０～２７０℃に加熱するとともに２５０～１０５０ｍ／ｓの速度まで加速してから吹き付けることにより、セラミックス基材上に金属層を形成させる工程と、セラミックス基材及びセラミックス基材上に形成された金属層を不活性ガス雰囲気下で加熱処理する工程とを備える。金属紛体を構成する金属粒子として、ＡＩ及び／又はＣｕ粒子を用いることにより、これらを含む金属層が形成される。

[0037] 上述した実施形態では、金属層２ａ，２ｂは、それぞれ、単一の金属層２１ａ、２１ｂからなる場合について説明したが、本発明は、上記実施形態に限らず、金属層２ａ，２ｂがそれぞれ二層以上の金属層を有していてもよい。

[0038] 図２及び図３は、セラミックス回路基板の他の一実施形態を示す断面図である。図２のセラミックス回路基板１０１及び図３のセラミックス回路基板１０２において、金属層２ａ，２ｂは、それぞれ、セラミックス基材１上に接する第一金属層２２ａ，２２ｂ、及び第一金属層２２ａ，２２ｂ上に形成された第二金属層２３ａ，２３ｂから構成される。第一金属層２２ａ，２２ｂ及び第二金属層２３ａ，２３ｂは、それぞれ上述した金属層２ａ，２ｂと同様の材料を用いて形成することができるが、特に第一金属層２２ａ，２２ｂは、ＡＩ又はＡＩを含む合金で形成されていることが好ましく、第二金属層２３ａ，２３ｂは、Ｃｕ又はＣｕを含む合金で形成されていることが好ま

しい。ＡＩ又はＡＩを含む合金のような柔らかな材料を用いて第一金属層２２ａ，２２ｂを形成することで、耐衝撃性に優れたセラミックス回路基板を得ることができる。Ｃｕ又はＣｕを含む合金を用いて第二金属層２３ａ，２３ｂを形成することで、熱伝導性に優れ、大電流に対応可能なセラミックス回路基板を効果的に得ることができる。なお、図２に示すセラミックス回路基板１０１においては、第一金属層２２ａ，２２ｂの端面２２Ｅと第二金属層２３ａ，２３ｂの端面２３Ｅとが面一になっているが、セラミックス回路基板がより優れた耐熱衝撃性を有する観点から、図３に示すセラミックス回路基板１０２のように、第一金属層２２ａ，２２ｂの端面２２Ｅが、第二金属層２３ａ，２３ｂの端面２３Ｅよりも外側、すなわちセラミックス基材１の端部側にはみ出していてもよい。端面２２Ｅが、端面２３Ｅよりもはみ出している部分の幅は、例えば１～１０００μｍであってもよい。

[0039] 以上説明したセラミックス回路基板は、パワーモジュールにおいて好適に用いられ、ベース板と接合する際に生じるベース板の反りを抑制できるのみならず、繰り返し行われる発熱及び冷却によってもセラミックス基材及び金属層の高い密着性を維持することができる。

[0040] ベース板に接合する際に生じるベース板の反りとは、ベース板にセラミックス回路基板を接合した際の、ベース板自体の初期形状（初期反り量）からの変形量（反り変化量）として測定される。また、ベース板の反り量とは、ベース板の任意の位置において、放熱面方向の長さ１０ｃｍあたりの反りの大きさを意味する。ベース板の反り変化量は、セラミックス回路基板に接合するものとしては、好ましくは２０μｍ以下、より好ましくは１５μｍ以下、更に好ましくは１０μｍ以下である。当該反り変化量は、セラミックス回路基板に接合する前のベース板の反り量と、セラミックス回路基板に接合した後のベース板の反り量との差の絶対値として定義される。

[0041] 図４は、パワーモジュールの一実施形態を示す断面図である。図４に示すように、パワーモジュール２００は、ベース板３と、ベース板３上に第１の半田４を介して接合されたセラミックス回路基板１０３と、セラミックス回

路基板１０３上に第２の半田５を介して接合された半導体素子６とを備えている。

[0042] セラミックス回路基板１０３は、セラミックス基材１と、セラミックス基材１の両面に設けられた金属層２ａ，２ｂとを備えている。ベース板３は、第１の半田４を介して金属層２ｂに接合されている。半導体素子６は、第２の半田５を介して金属層２ａの所定の部分に接合されているとともに、アルミワイヤ（アルミ線）等の金属ワイヤ７で金属層２ａの所定の部分に接合されている。なお、図４に示すパワーモジュールにおいて、金属層２ａは、電気回路（金属回路）を形成している。金属層２ｂは、金属回路を形成していてもしていなくともよい。

[0043] ベース板３上に設けられた上記の各構成要素は、例えば一面が開口した中空箱状の樹脂製の筐体８で蓋され、筐体８内に収容されている。ベース板３と筐体８との間の中空部分には、シリコーンゲル等の充填材９が充填されている。金属層２ａの所定部分には、筐体８の外部と電気的な接続が可能なように、筐体８を貫通する電極１０が第３の半田１１を介して接合されている。

[0044] ベース板２の縁部には、パワーモジュール２００に例えば放熱部品を取り付ける際のネジ止め用の取付け穴３ａが形成されている。取付け穴３ａの数は、例えば４個以上である。ベース板３の縁部には、取付け穴３ａに代えて、ベース板３の側壁が断面Ｕ字状となるような取付け溝が形成されていてもよい。

[0045] パワーモジュール２００は、上述した本実施形態に係るセラミックス回路基板を備えるため、高耐圧、高出力等が要望される電車又は自動車の駆動インバータとして好適に用いられる。

実施例

[0046] 以下、実施例を挙げて本発明について更に具体的に説明する。ただし、本発明はこれら実施例に限定されるものではない。

[0047] ［実施例１］

セラミックス基材として、窒化アルミニウム（ＡｌＮ）基材（サイズ：５０ｍｍ×６０ｍｍ×０．６３５ｍｍｔ）を用いた。Ａｌ－Ｃｕ－Ｍｇクラッド箔をろう材として用い、セラミックス基材の両面に温度６３０℃にてＡｌ板（厚み０．２ｍｍ）を接合し、エッチングによりＡｌ回路を形成した。続いて、溶射法（コールドスプレー法）で厚み０．４ｍｍのＣｕ回路を積層し、温度３００℃でアニール処理を行った後、無電解Ｎｉめっきを施し、セラミックス回路基板を作製した。

[0048] ［実施例２］

実施例１と同様のセラミックス基材の両面に溶射法（コールドスプレー法）で厚み０．２ｍｍのＡｌ回路を積層し、温度５００℃でアニール処理を行った。続いて、溶射法（コールドスプレー法）で厚み０．４ｍｍのＣｕ回路を積層し、温度３００℃でアニール処理を行った後、無電解Ｎｉめっきを施し、セラミックス回路基板を作製した。

[0049] ［実施例３］

セラミックス基材として、窒化珪素（Si_3N_4）基材（サイズ：５０ｍｍ×６０ｍｍ×０．３２ｍｍｔ）を用いた。Ａｇ－Ｃｕ－ＴｉH_2ろう材を用い、セラミックス基材の両面に温度８００℃にてＣｕ板（厚み０．１ｍｍ）を接合し、続いて融点が３００℃の降温半田でＣｕ板（厚み０．９ｍｍ）を接合した。エッチングによりＣｕ回路を形成した後、無電解Ｎｉめっきを施し、セラミックス回路基板を作製した。

[0050] ［実施例４］

実施例１と同様のセラミックス基材の両面に溶射法（コールドスプレー法）で厚み０．４ｍｍのＡｌ回路を形成し、温度５００℃でアニール処理を行った後、無電解Ｎｉめっきを施し、セラミックス回路基板を作製した。

[0051] ［実施例５］

実施例１と同様のセラミックス基材の両面にアクリル系接着剤で厚み０．３ｍｍのＣｕ金属を接着した後、エッチングによりＣｕ回路を形成し、無電解Ｎｉめっきを施してセラミックス回路基板を作製した。

[0052] ［比較例１］

Ａｇ－Ｃｕ－ＴｉＨ$_2$ろう材を用い、実施例１と同様のセラミックス基材の両面に温度８００℃にてＣｕ板（厚み０．３ｍｍ）を接合し、エッチングによりＣｕ回路を形成した後、無電解Ｎｉめっきを施し、セラミックス回路基板を作製した。

[0053] ［比較例２］

セラミックス基材として、窒化アルミニウム（ＡｌＮ）基材（サイズ：５０ｍｍ×６０ｍｍ×１．０ｍｍｔ）を用いた以外は、比較例１と同様の操作を行い、セラミックス回路基板を作製した。

[0054] ［比較例３］

セラミックス基材として、窒化珪素（Ｓｉ$_3$Ｎ$_4$）基材（サイズ：５０ｍｍ×６０ｍｍ×０．６３５ｍｍｔ）を用いた以外は、比較例１と同様の操作を行い、セラミックス回路基板を作製した。

[0055] ［比較例４］

セラミックス基材として、窒化珪素（Ｓｉ$_3$Ｎ$_4$）基材（サイズ：５０ｍｍ×６０ｍｍ×０．３２ｍｍｔ）を用いた以外は、比較例１と同様の操作を行い、セラミックス回路基板を作製した。

[0056] ［比較例５］

Ｃｕ板（厚み１．０ｍｍ）を用いた以外は、比較例４と同様の操作を行い、セラミックス回路基板を作製した。

[0057] ［比較例６］

Ａｌ－Ｃｕ－Ｍｇクラッド箔をろう材として用い、実施例１と同様のセラミックス基材の両面に温度６３０℃にてＡｌ板（厚み０．４ｍｍ）を接合し、エッチングによりＡｌ回路を形成した後、無電解Ｎｉめっきを施してセラミックス回路基板を作製した。

[0058] 表１に、各実施例及び比較例のセラミックス回路基板の詳細を表１に示す。

[0059]

[表1]

	セラミックス基材1		金属層 21a, 21b (22a, 22b)		金属層 23a, 23b		接合手法 (回路形成)	接合温度 (℃)
	材質	厚み(mm)	材質	厚み(mm)	材質	厚み(mm)		
実施例1	AlN	0.635	Al	0.2	Cu	0.4	活性金属法/溶射法	630℃/300℃
実施例2	AlN	0.635	Al	0.2	Cu	0.4	溶射法/溶射法	500℃/300℃
実施例3	Si_3N_4	0.32	Cu	0.1	Cu	0.9	活性金属法/半田付け	800℃/300℃
実施例4	AlN	0.635	Al	0.4	−	−	溶射法	300℃
実施例5	AlN	0.635	Cu	0.3	−	−	接着法	25℃
比較例1	AlN	0.635	Cu	0.3	−	−	活性金属法	800℃
比較例2	AlN	1.0	Cu	0.3	−	−	活性金属法	800℃
比較例3	Si_3N_4	0.635	Cu	0.3	−	−	活性金属法	800℃
比較例4	Si_3N_4	0.32	Cu	0.3	−	−	活性金属法	800℃
比較例5	Si_3N_4	0.32	Cu	1.0	−	−	活性金属法	800℃
比較例6	AlN	0.635	Al	0.4	−	−	活性金属法	630℃

[0060] ＜セラミックス回路基板の線熱膨張係数の測定（α１の測定）＞

得られたセラミックス回路基板を、４ｍｍ×２０ｍｍのサイズに切り出し、線熱膨張係数の測定用試験片を作製した。得られた試験片に対して熱膨張計（セイコー電子工業株式会社製、商品名「ＴＭＡ３００」）を用いて５℃／分で降温することにより、温度２５℃から１５０℃の線熱膨張係数を測定した。

[0061] ＜セラミックス回路基板の線熱膨張係数の理論値の算出（α２の算出）＞

下記計算式を用いて、線熱膨張係数の理論値を算出した。

$$\alpha 2 = \Sigma \alpha_i \cdot E_i \cdot V_i / \Sigma E_i \cdot V_i$$

上記計算式中、αは熱膨張係数、Ｅはヤング率、Ｖは体積分率を示し、添え字ｉは複合材料における各材料成分を示す。

なお、複合材料における各材料成分の熱膨張係数及びヤング率は、以下の表２に示す値を用いて算出した。

[表2]

材料	熱膨張係数(10^{-6}/K)	ヤング率(GPa)
AlN	4.3	320
Si_3N_4	2.6	300
Al_2O_3	7.1	330
Al	23.1	70
Cu	16.5	120

[0062] ＜半田接合後のベース板の反り変化量の測定＞

Ａｌ－ＳｉＣ（６５％）材をサイズが１４０×１９０×５ｍｍとなるように加工した後、無電解Ｎｉめっきを施したベース板を用い、上記実施例及び比較例で得られたセラミックス回路基板とベース板を、共晶半田にて接合して測定用サンプルとした。

測定用サンプルにおけるベース板の放熱面の形状を３次元輪郭測定装置（株式会社東京精密製、商品名「コンターレコード１６００Ｄ－２２」）を用いて測定することで、長さ１０ｃｍに対するベース板の反り変化量を測定した。

[0063] 各セラミックス回路基板の評価結果を、表３にまとめて示す。

[0064] [表3]

	線熱膨張係数			反り変化量（μｍ）
	測定値（×10^{-6}/K）	理論値（×10^{-6}/K）	測定値／理論値	
実施例1	6.7	9.5	0.71	1
実施例2	6.9	9.5	0.73	1
実施例3	9.0	12.5	0.72	3
実施例4	6.0	8.4	0.71	5
実施例5	6.8	7.5	0.91	5
比較例1	5.1	7.5	0.68	35
比較例2	4.8	6.5	0.73	37
比較例3	3.4	6.4	0.53	50
比較例4	4.5	8.6	0.53	40
比較例5	6.9	12.5	0.55	22
比較例6	5.1	8.4	0.61	35

[0065] 実施例１～５のサンプルに対し、１２５℃の環境に３０分放置した後に－４０℃の環境に３０分放置する操作を１サイクルとして、１０００サイクルのヒートサイクル試験を実施した。ヒートサイクル試験後においても、実施例１～５のセラミックス回路基板に金属回路の剥離等の異常は確認されず、高い密着性を維持していることが示された。

符号の説明

[0066] １…セラミックス基材、２ａ，２ｂ…金属層、２１ａ，２１ｂ…単一の金属層、２２ａ，２２ｂ…第一金属層、２２Ｅ…第一金属層の端面、２３ａ，

２３ｂ…第二金属層、２３Ｅ…第二金属層の端面、１００，１０１，１０２，１０３…セラミックス回路基板。

請求の範囲

[請求項1] セラミックス基材と、前記セラミックス基材の両面に設けられ、Ａｌ及び／又はＣｕを含む金属層と、を備え、

２５℃～１５０℃における線熱膨張係数の測定値α１が５×１０$^{-6}$～９×１０$^{-6}$／Ｋであり、

２５℃～１５０℃における線熱膨張係数の理論値α２に対する前記α１の比α１／α２が０．７～０．９５であり、

前記金属層のうちの少なくとも一方が金属回路を形成している、セラミックス回路基板。

[請求項2] 前記セラミックス基材が、ＡｌＮ、Si_3N_4又はAl_2O_3で形成されている、請求項１に記載のセラミックス回路基板。

[請求項3] 前記セラミックス基材の厚みが０．２～１．５ｍｍである、請求項１又は２に記載のセラミックス回路基板。

[請求項4] 前記金属層が、Ｃｕ、Ａｌ、Ｃｕ及びＭｏを含む合金、並びにＣｕ及びＷを含む合金からなる群より選ばれる少なくとも１種で形成されている、請求項１～３のいずれか一項に記載のセラミックス回路基板。

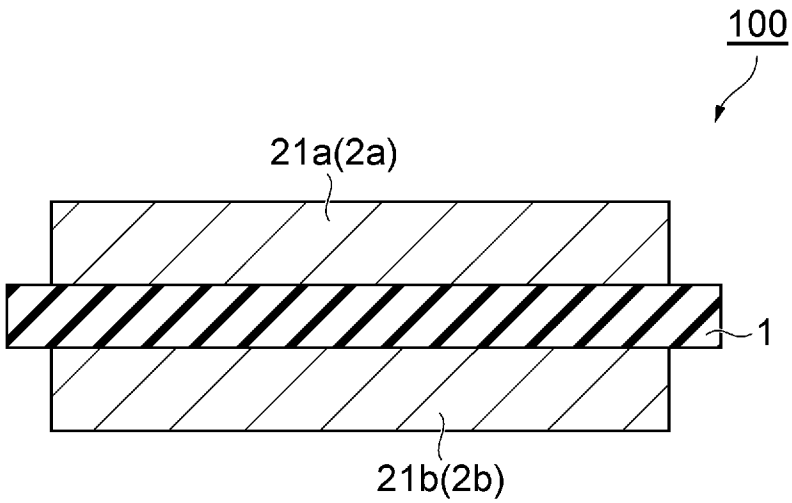
[請求項5] 前記金属層の厚みが０．１～２．０ｍｍである、請求項１～４のいずれか一項に記載のセラミックス回路基板。

[請求項6] 前記金属層が第一金属層及び第二金属層を有し、前記セラミックス基材、前記第一金属層及び前記第二金属層がこの順に積層されている、請求項１～５のいずれか一項に記載のセラミックス回路基板。

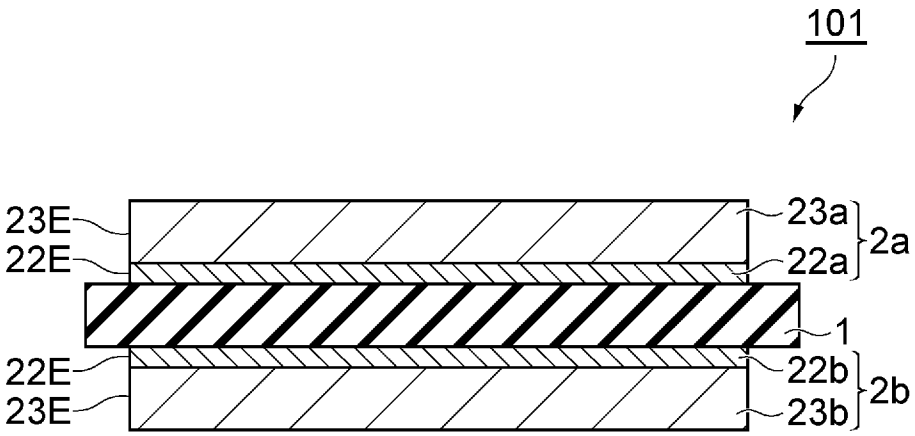
[請求項7] 前記第二金属層がＣｕを含む、請求項６に記載のセラミックス回路基板。

[請求項8] 前記第一金属層の端面と前記第二金属層の端面とが面一である、又は、前記第一金属層の端面が前記第二金属層の端面よりも外側にはみ出ている、請求項６又は７に記載のセラミックス回路基板。

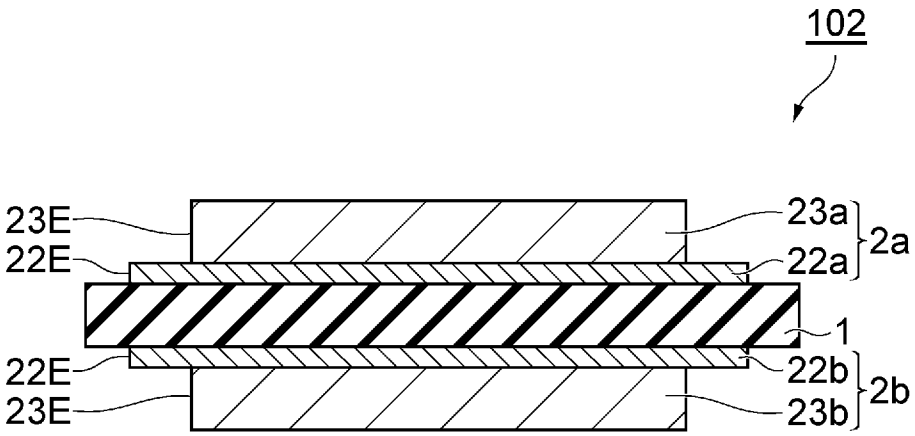
[図1]



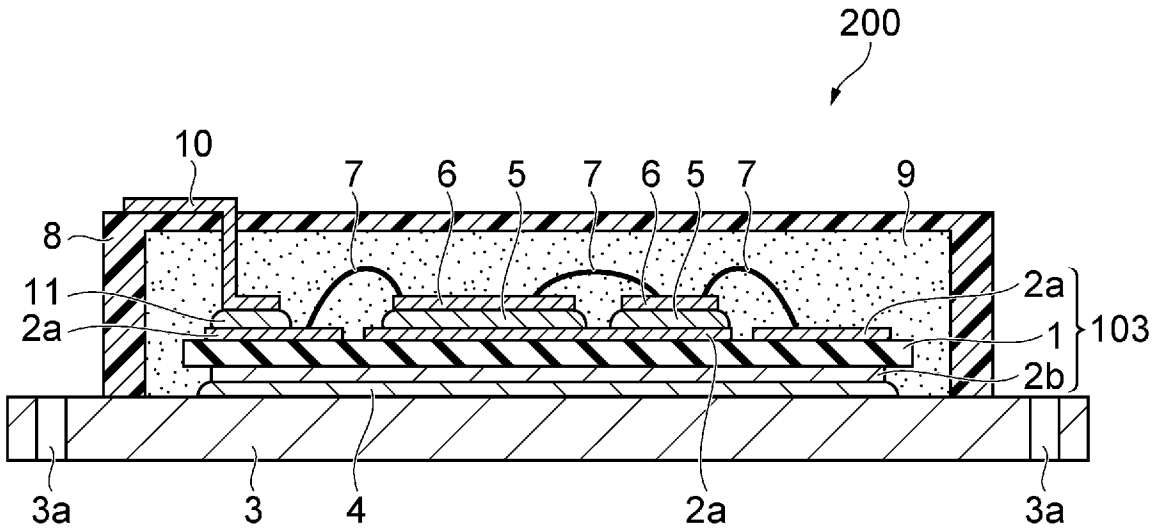
[図2]



[図3]



[図4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2018/028422

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl. H05K1/02(2006.01)i, H01L23/12(2006.01)i, H01L23/36(2006.01)i, H05K1/03(2006.01)i, H05K1/09(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. H05K1/02, H01L23/12, H01L23/36, H05K1/03, H05K1/09, B23B9/04, H01L23/12

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	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2008-283184 A (SEMIKRON ELEKTRONIK GMBH & CO. KG) 20 November 2008, paragraphs [0006], [0017]-[0027], fig. 1 & US 2008/0292874 A1, paragraphs [0008], [0022]-[0033], fig. 1 & EP 1993133 A2 & DE 102007022337 A1 & CN 101304017 A	1-8
Y	JP 2015-220295 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 07 December 2015, paragraph [0014], fig. 3 (Family: none)	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	Date of mailing of the international search report
25 September 2018 (25.09.2018)	09 October 2018 (09.10.2018)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2018/028422

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2000-294699 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 20 October 2000, paragraph [0030], fig. 1 (Family: none)	1-8
Y	JP 2002-203942 A (FUJI ELECTRIC CO., LTD.) 19 July 2002, paragraphs [0014], [0023], fig. 1 & US 2002/0109152 A1, paragraphs [0018], [0046], fig. 1 & US 2004/0017005 A1 & US 2005/0218426 A1 & US 2009/0166851 A1 & DE 10162966 A1	1-8
Y	JP 2001-127157 A (HITACHI, LTD.) 11 May 2001, paragraph [0002] & US 2002/0167091 A1, paragraph [0002] & TW 541571 B & KR 10-2001-0050232 A	7, 8

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１８／０２８４２２

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H05K1/02(2006.01)i, H01L23/12(2006.01)i, H01L23/36(2006.01)i, H05K1/03(2006.01)i, H05K1/09(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.　H05K1/02, H01L23/12, H01L23/36, H05K1/03, H05K1/09, B23B9/04, H01L23/12

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	１９７１－２０１８年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１８年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１８年

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

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y	JP 2008-283184 A (ゼミクロン　エレクトローニク ゲーエムベーハー　ウント　コンパニー　カーゲー) 2008.11.20, 段落[0006], [0017]-[0027], 図１ & US 2008/0292874 A1, 段落[0008], [0022]-[0033], 図１ & EP 1993133 A2 & DE 102007022337 A1 & CN 101304017 A	1-8
Y	JP 2015-220295 A (三菱電機株式会社) 2015.12.07, 段落[0014], 図３ (ファミリーなし)	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、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
２５．０９．２０１８	０９．１０．２０１８

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
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）　５Ｄ　８３９２
鹿野　博司
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３５５１

Ｃ（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y	JP 2000-294699 A (三菱電機株式会社) 2000.10.20, 段落[0030], 図１ (ファミリーなし)	1-8
Y	JP 2002-203942 A (富士電機株式会社) 2002.07.19, 段落[0014], [0023], 図１ & US 2002/0109152 A1, 段落[0018], [0046], 図１ & US 2004/0017005 A1 & US 2005/0218426 A1 & US 2009/0166851 A1 & DE 10162966 A1	1-8
Y	JP 2001-127157 A (株式会社日立製作所) 2001.05.11, 段落[0002] & US 2002/0167091 A1, 段落[0002] & TW 541571 B & KR 10-2001-0050232 A	7, 8