(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
2018年11月15日(15.11.2018)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2018/207396 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 23/13 (2006.01) *H01L 25/18* (2006.01)
H01L 25/07 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2017/044514

(22) 国際出願日： 2017年12月12日(12.12.2017)

(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 2017-094358 2017年5月11日(11.05.2017) JP

(71) 出願人: 住友電気工業株式会社 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目５番３３号 Osaka (JP).

(72) 発明者: 野津 浩史(NOTSU, Hiroshi); 〒3058561 茨城県つくば市東１－１－１ 国立研究開発法人産業技術総合研究所 つくばセンター内 Ibaraki (JP). 道越 久人(MICHIKOSHI, Hisato); 〒3058561 茨城県つくば市東１－１－１ 国立研究開発法人産業技術総合研究所 つくばセンター内 Ibaraki (JP).

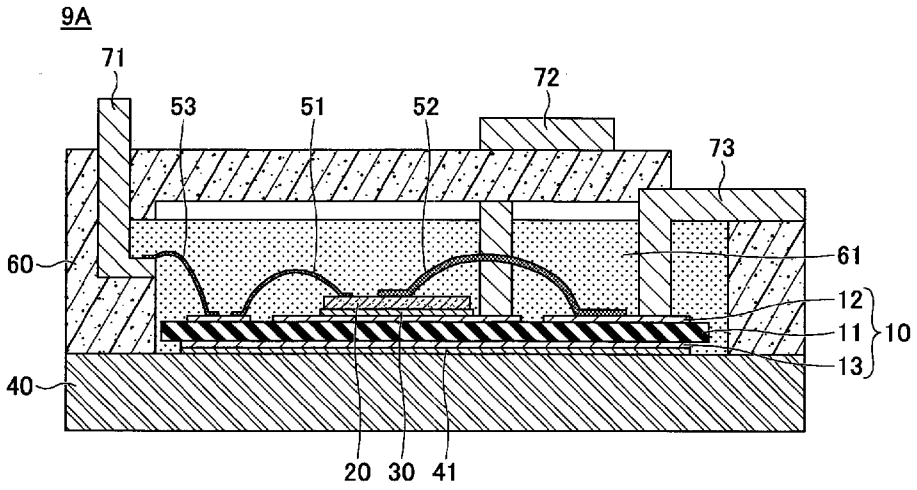
(74) 代理人: 伊東 忠重, 外(ITOH, Tadashige et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目１番１号 丸の内ＭＹ ＰＬＡＺＡ（明治安田生命ビル）１６階 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,

(54) **Title:** SEMICONDUCTOR DEVICE

(54) 発明の名称： 半導体装置

[図9]



(57) **Abstract:** This semiconductor device comprises: a semiconductor chip formed from a material containing silicon carbide; a base plate having a metal layer formed on each of the two surfaces of a plate-shaped insulator part; and a joining material on one of the surfaces of the base plate, to be joined to the semiconductor chip. The joining material is formed from a metal material whereof the melting point after joining is 773°C or higher. The thickness of the joining material is 50 μm or thinner. The thickness of the base plate is 500 μm or thicker. When t_I is the thickness of the insulator part, and t_M is the thickness of the metal layer, the value of t_I/t_M is 4.3 or greater.

WO 2018/207396 A1

［続葉有］

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:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

(57) 要約:半導体装置は、炭化珪素を含む材料により形成されている半導体チップと、板状の絶縁体部の両面に、金属層が形成されたベース板と、ベース板の一方の面に、前記半導体チップを接合する接合材と、を有し、接合材は、接合後の融点が７７３℃以上の金属材料により形成されており、接合材の厚さは、５０μｍ以下であり、ベース板の厚さは、５００μｍ以上であり、絶縁体部の厚さをt_Iとし、金属層の厚さをt_Mとした場合に、t_I／t_Mの値は、４．３以上である。

明　細　書

発明の名称 ： 半導体装置

技術分野

[0001]　本開示は、半導体装置に関するものである。

[0002]　本出願は、２０１７年５月１１日出願の日本特許出願第２０１７－０９４３５８号に基づく優先権を主張し、前記日本特許出願に記載された全ての記載内容を援用するものである。

背景技術

[0003]　半導体チップの表面電極と絶縁基板の表面の回路パターンとを銅板により電気的に接続するに際し、半導体チップの表面電極と銅板とを１００μｍ以上の厚さの半田接合層を介して接合した構造の半導体装置が知られている（例えば、特許文献１）。この半導体装置によれば、半導体チップと銅板との線膨張係数差に起因して半田接合層に発生する熱応力と歪みが低減され、半導体チップと銅板との接合の信頼性を高めることができる。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開２００５－１２９８８６号公報

発明の概要

[0005]　本実施形態の一観点によれば、炭化珪素を含む材料により形成されている半導体チップと、板状の絶縁体部の両面に、金属層が形成されたベース板と、ベース板の一方の面に、半導体チップを接合する接合材と、を有している。また、接合材は、接合後の融点が７７３℃以上の金属材料により形成されており、接合材の厚さは、５０μｍ以下であり、ベース板の厚さは、５００μｍ以上であり、絶縁体部の厚さをt_Iとし、金属層の厚さをt_Mとした場合に、t_I／t_Mの値は、４．３以上である。

図面の簡単な説明

[0006] [図1]図１は、接合層の膜厚を調べるために用いた半導体装置のモデル図であ

る。

[図2]図２は、接合層の厚さとベース板の変形量に対する接合層の変形量の相関図である。

[図3]図３は、昇降温試験を行うために用いた半導体装置のモデル図である。

[図4]図４は、昇降温サイクルの回数と接合層における接合面積との相関図である。

[図5]図５は、Ｃｕの歪みと応力の相関図である。

[図6]図６は、本開示の一態様に係る半導体装置に用いられるベース板の構造図である。

[図7]図７は、ベース板における金属層に対する絶縁体部の体積比と線膨張係数との相関図（１）である。

[図8]図８は、ベース板における金属層に対する絶縁体部の体積比と線膨張係数との相関図（２）である。

[図9]図９は、本開示の一態様に係る半導体装置のパワーモジュールの説明図である。

[図10]図１０は、比較に用いた半導体装置のパワーモジュールの説明図である。

[図11]図１１は、昇降温サイクルの回数と熱抵抗の変化量との相関図である。

[図12]図１２は、昇降温サイクルの回数とオン抵抗の変化量との相関図である。

[図13]図１３は、本開示の他の一態様に係る半導体装置の説明図である。

発明を実施するための形態

[0007] ［本開示が解決しようとする課題］

[0008] ところで、高熱伝導、高電気伝導の接合層は一般的に線膨張係数が大きい（例えば、１７～２５ｐｐｍ／Ｋ）。このため、半導体チップあるいは半導体素子を構成する珪素（Ｓｉ）や炭化珪素（ＳｉＣ）の線膨張係数と接合層の線膨張係数の差に起因する熱応力が発生するため、温度サイクルストレス

により接合層に亀裂や剥離が生じやすい。特に、半導体材料としてＳｉＣを用いた半導体装置の場合、高出力に対応するものが多く高温になりやすいことから、このような傾向は生じやすい。

[0009] このため、ＳｉＣ等を用いた半導体装置において、信頼性の高い半導体装置が求められている。

[0010] ［本開示の効果］

[0011] 本開示によれば、ＳｉＣを用いた信頼性の高い半導体装置を提供することができる。

[0012] 実施するための形態について、以下に説明する。

[0013] ［本開示の実施形態の説明］

最初に本開示の実施態様を列記して説明する。以下の説明では、同一または対応する要素には同一の符号を付し、それらについて同じ説明は繰り返さない。

[0014] 〔１〕 本開示の一態様に係る半導体装置は、炭化珪素を含む材料により形成されている半導体チップと、板状の絶縁体部の両面に、金属層が形成されたベース板と、前記ベース板の一方の面に、前記半導体チップを接合する接合材と、を有し、前記接合材は、接合後の融点が７７３℃以上の金属材料により形成されており、前記接合材の厚さは、５０μｍ以下であり、前記ベース板の厚さは、５００μｍ以上であり、前記絶縁体部の厚さをt_Iとし、前記金属層の厚さをt_Mとした場合に、t_I／t_Mの値は、４．３以上である。

[0015] 本願発明者は、炭化珪素を含む材料により形成されている半導体チップに接合材を介し接合されるベース板において、接合材は、接合後の融点が７７３℃以上の金属材料であって、厚さを５０μｍ以下で形成し、ベース板の厚さを５００μｍ以上で形成し、ベース板における絶縁体部の厚さをt_Iとし、金属層の厚さをt_Mとした場合に、t_I／t_Mの値を４．３以上にすることにより、接合強度が高く、信頼性が向上することを見出した。これにより、ＳｉＣを用いた信頼性の高い半導体装置を提供することができる。尚、特許文献１の方法では、大きな熱応力を緩和するには半田接合層をより厚くする必要

があるが、この場合、半田接合層を介した放熱が良好ではなくなる。

[0016] 〔２〕 前記絶縁体部は、窒化珪素を含む材料により形成されており、前記金属層は、銅を含む材料により形成されている。

[0017] 〔３〕 t_I / t_Mの値は、１８以下である。

[0018] 〔４〕 t_I / t_Mの値は、９．２以下である。

[0019] 〔５〕 炭化珪素を含む材料により形成されている半導体チップと、絶縁体部の両面に金属層が形成されたベース板と、前記ベース板の一方の面に前記半導体チップを接合する接合材と、を有し、前記接合材は、接合後の融点が７７３℃以上の金属材料により形成されており、前記接合材の厚さは、５０μｍ以下であり、前記ベース板の厚さは、５００μｍ以上であり、前記ベース板の線膨張係数は、２．９ｐｐｍ／Ｋ以上、５．１ｐｐｍ／Ｋ以下である。

[0020] 〔６〕 前記ベース板の厚さは、２ｍｍ以下である。

[0021] 〔７〕 前記ベース板は第１のベース板であり、前記半導体チップの一方の面に前記第１のベース板が接合されているものであって、前記半導体チップの他方の面には、接合材により第２のベース板が接合されており、前記第２のベース板は、前記第１のベース板と、同じ構造のものである。

[0022] ［本開示の実施形態の詳細］

以下、本開示の一実施形態（以下「本実施形態」と記す）について詳細に説明するが、本実施形態はこれらに限定されるものではない。

[0023] 最初に、発明者が行ったＳｉＣを用いた半導体装置に関するシミュレーションの結果について説明する。まず、図１に示す構造のベース板１０の上に半導体チップ２０が接合層３０により接合されているモデルについて、接合層３０の膜厚と、ベース板１０に対する接合層３０の変形量との関係について調べた。半導体チップ２０は、大きさが５ｍｍ×５ｍｍ、厚さが０．２ｍｍ～０．３ｍｍのＳｉＣにより形成されている。ＳｉＣの線膨張係数は４ｐｐｍ／Ｋであり、ヤング率は４４０ＧＰａである。ベース板１０は、大きさが５０ｍｍ×５０ｍｍ、厚さが１．０ｍｍで形成されており、線膨張係数は

５ｐｐｍ／Ｋであり、ヤング率は２４０ＧＰａとなるものを想定している。接合層３０には銅（Ｃｕ）を用いており、半導体チップ２０を接合するものであるため、大きさは半導体チップ２０と同じであり、厚さを変化させている。Ｃｕの線膨張係数は１７ｐｐｍ／Ｋであり、ヤング率は１３０ＧＰａである。尚、本願においては、接合層３０を接合材と記載する場合がある。

[0024] このような構造のモデルについて、１７５℃の温度範囲で温度変化をさせてシミュレーションを行った結果を図２に示す。図２の横軸は接合層３０の厚さとなる焼結銅の厚さであり、縦軸は、ベース板１０の変形量に対する接合層３０の変形量の値、即ち、（接合層の変形量）／（ベース板の変形量）の値を示す。図２に示されるように、接合層３０の厚さが０．０５ｍｍ（５０μｍ）で、（接合層３０の変形量）／（ベース板１０の変形量）の値は略１となり、接合層３０の厚さが０．０５ｍｍ以下では、接合層３０はベース板１０の変形に略追随して変形する。

[0025] 接合層３０を形成するための材料としては、線膨張係数が１７ｐｐｍ／ＫであるＣｕの他、銀（Ａｇ）、Ｃｕ－Ｓｎ合金、Ｎｉ等の焼結体が挙げられる。Ａｇの線膨張係数は１９ｐｐｍ／Ｋであり、Ｃｕ－Ｓｎ合金の線膨張係数は２１ｐｐｍ／Ｋ以上であり、Ｎｉの線膨張係数は１２．８ｐｐｍ／Ｋである。ＮｉはＣｕやＡｇに比べて熱伝導率が低く、抵抗も高い。従って、接合層３０を形成する材料としてはＣｕまたはＡｇが好ましい。更には、ＣｕはＡｇに比べて線膨張係数が低く、値段も安価であることから、この観点からは、Ｃｕがより好ましい。尚、Ａｇの融点は９６１℃であり、Ｃｕの融点は１０８３℃である。また、接合層３０において高い接合強度を得るためには、接合層３０の緻密度が高い方が好ましく、緻密度が９６％以上であることが好ましい。

[0026] 本実施形態における半導体装置において、半導体チップ２０はＳｉＣにより形成されており、動作温度領域を－５０℃～２５０℃（温度変化の変化量は３００℃）とした場合について考える。金属材料は、高温になるとクリープ変形という現象が発生し、小さな歪み量であっても、弾性変形せず、寿命

が低下することが知られている。クリープ変形の影響が現れるのは、絶対温度で融点の約１／２である。従って、融点が、２５０℃の絶対温度５２３Ｋの２倍となる１０４６Ｋ（７７３℃）以上となる材料を接合層３０に用いることにより、クリープ変形の影響が抑制され、弾性域内における変形となり、寿命の低下を防ぐことができる。

[0027] 次に、ベース板１０を形成している材料が異なる試料を複数作製して実験を行った。尚、この実験では、図３に示されるように、ベース板１０の厚さは３ｍｍであり、接合層３０は、厚さが５０μｍの焼結銅により形成されており、このような試料をシリコーンゲル７０内に入れた状態で行った。ベース板１０は、本来は絶縁体基板の表面等に金属膜等が形成されているが、便宜上、金属材料により形成したものを用いている。この実験では、試料３Ａはベース板１０がモリブデン（Ｍｏ）により形成されており、試料３Ｂはベース板１０がＣｕ－８５Ｍｏにより形成されており、試料３Ｃはベース板１０がＣｕ－６０Ｍｏにより形成されている。

[0028] また、Ｍｏの線膨張係数は５．１ｐｐｍ／Ｋ、Ｃｕ－８５Ｍｏの線膨張係数は７．０ｐｐｍ／Ｋ、Ｃｕ－６０Ｍｏの線膨張係数は８．４ｐｐｍ／Ｋである。これらの試料３Ａ、３Ｂ、３Ｃにおいて、－４０℃で３０分、その後２００℃まで昇温し、２００℃で３０分、その後－４０℃まで降温するサイクルを１サイクルとし、この昇降温サイクルの回数と接合層３０における接合面積との関係について調べた。尚、接合層３０における接合面積は、ＳＡＴ（Scanning Acoustic Tomograph：超音波映像装置）を用いて測定を行った。

[0029] この結果を図４に示す。図４に示されるように、ベース板１０がＣｕ－６０Ｍｏにより形成されている試料３Ｃでは、昇降温サイクルを１０００回行った時点で、接合層３０における接合面積が当初の７２％となったため測定を中止した。また、ベース板１０がＣｕ－８５Ｍｏにより形成されている試料３Ｂでは、昇降温サイクルを１０００回行った結果、接合層３０における接合面積が当初の約９０％、２０００回行った結果、接合層３０における接

合面積が約８６％であった。これに対し、ベース板１０がＭｏにより形成されている試料３Ａでは、昇降温サイクルを２０００回行った結果、接合層３０における接合面積は当初の約９８％であり、接合層３０における接合面積が約９５％以上であり、接合の信頼性は高かった。

[0030] 次に、図４において得られた結果と接合層３０を形成しているＣｕの歪みと応力との関係について検討を行った。図５は、Ｃｕの歪みと応力の関係を示す図である。この図より、Ｃｕの降伏点は約０．０５２％である。－４０℃から２００℃まで昇降温させた場合における半導体チップ２０に対するベース板１０の歪みは、試料３Ａでは約０．０３％であり、試料３Ｂでは約０．０７％であり、試料３Ｃでは約０．１１％である。

[0031] 従って、試料３ＡではＣｕの降伏点以下の範囲内における変形であり、試料３Ｂ及び３ＣではＣｕの降伏点を超える変形である。このため、試料３Ｂ及び３Ｃでは、昇降温により、Ｃｕの降伏点を超える変形が繰り返されたため接合面積は大きく減少したが、試料３Ａでは、Ｃｕの降伏点を超えない範囲における変形であるため、昇降温を行っても接合面積の減少は殆どないものと推察される。尚、温度変化が－５０℃から２５０℃までの場合では、温度変化は３００℃であるが、この場合における試料Ａの歪みは約０．０３３であり、Ｃｕの降伏点を超えない範囲における変形となる。即ち、ベース板１０の線膨張係数と半導体チップ２０であるＳｉＣの線膨張係数の差×３００℃が接合材の弾性域の範囲内であり、変形が接合材の弾性域の範囲内にある。降伏点の範囲における変形を考えるならば、６．０ｐｐｍ／Ｋ以下であることが好ましい。

[0032] また、降伏点の６割以下の範囲における変形であれば、昇降温による変形を多く繰り返しても、接合面積は減少することはないものと考えられているため、ベース板１０の線膨張係数とＳｉＣの線膨張係数の差が、１．１ｐｐｍ／Ｋ以下であることが好ましい。

[0033] 以上より、ベース板１０の線膨張係数は、半導体チップ２０の線膨張係数－１．１ｐｐｍ／Ｋ以上、半導体チップ２０の線膨張係数＋１．１ｐｐｍ／

Ｋ以下の範囲であることが好ましい。従って、半導体チップ２０がＳｉＣの場合、ＳｉＣの線膨張係数は４ｐｐｍ／Ｋであるため、ベース板１０の線膨張係数は、２．９ｐｐｍ／Ｋ以上、５．１ｐｐｍ／Ｋ以下の範囲であることが好ましい。

[0034] ところで、ベース板１０は、実際には、図６に示されるように、絶縁体により形成された板状の絶縁体部１１の両面に、金属層１２、１３が形成されている。このようなベース板１０において、線膨張係数が、２．９ｐｐｍ／Ｋ以上、５．１ｐｐｍ／Ｋ以下の範囲にするためには、ベース板１０を形成している絶縁体部１１の材料及び厚さ、金属層１２、１３を形成している材料及び厚さが重要になる。一般的に、金属層１２、１３を形成するための金属材料は、高い導電性を有すること等が求められており、例えば、銅、または、銅を含む材料が好ましく、このような導電性の高い金属材料は、一般的に線膨張係数が大きい。このため、ベース板１０を形成している絶縁体部１１は、絶縁性を有する材料であって、線膨張係数の低い材料を用いることが好ましい。絶縁体部１１を形成する材料としては、窒化アルミニウム（ＡｌＮ）、酸化アルミニウム（Al_2O_3）、窒化珪素（Si_3N_4）等が挙げられる。これらの線膨張係数は、ＡｌＮが４．６ｐｐｍ／Ｋ、Al_2O_3が７．２ｐｐｍ／Ｋ、Si_3N_4が２．７ｐｐｍ／Ｋである。よって、これらの中では、Si_3N_4の線膨張係数が最も低く、本実施形態におけるベース板１０の絶縁体部１１を形成するための材料として好ましい。

[0035] 次に、図６に示す構造のベース板１０において、絶縁体部１１の厚さと金属層１２及び１３の厚さをどのような関係にしたら、ベース板１０の線膨張係数が、２．９ｐｐｍ／Ｋ以上、５．１ｐｐｍ／Ｋ以下の範囲となるか検討を行った。具体的には、下記の数１に示す式に基づきベース板１０の線膨張係数α_{AMB}を算出し検討を行った。

[0036]

[数1]

$$\alpha_{AMB} = \frac{\alpha_{Cu}E_{Cu}V_{Cu} + \alpha_{SiN}E_{SiN}V_{SiN} + \alpha_{Cu}E_{Cu}V_{Cu}}{E_{Cu}V_{Cu} + E_{SiN}V_{SiN} + E_{Cu}V_{Cu}}$$

尚、絶縁体部１１はSi_3N_4により形成されており、金属層１２及び１３は銅により形成されているものとした。α_{Cu}は銅の線膨張係数であり１７ｐｐｍ／Ｋであり、α_{SiN}はSi_3N_4の線膨張係数であり２．７ｐｐｍ／Ｋである。E_{Cu}は銅のヤング率であり１３０ＧＰａであり、E_{SiN}はSi_3N_4のヤング率であり２９０ＧＰａである。V_{Cu}は一方の面及び他方の面における各々の銅の体積であり、V_{SiN}はSi_3N_4の体積である。金属層１２と金属層１３は同じ体積になるように形成されており、絶縁体部１１の両面に形成されていることから、ベース板１０における銅の体積は、$2V_{Cu}$となる。これらの値に基づきV_{SiN}/V_{Cu}の値を変化させた場合におけるベース板１０の線膨張係数α_{AMB}を算出した。この結果を図７及び図８に示す。図７は、V_{SiN}/V_{Cu}の値が０から１００までの図であり、図８は、V_{SiN}/V_{Cu}の値が０から１０までの図である。

[0037] 図７に示されるように、ベース板１０の線膨張係数α_{AMB}が５．１ｐｐｍ／Ｋとなるのは、V_{SiN}/V_{Cu}の値が４．３の場合であり、ベース板１０の線膨張係数α_{AMB}が２．９ｐｐｍ／Ｋとなるのは、V_{SiN}/V_{Cu}の値が８０の場合である。従って、ベース板１０におけるV_{SiN}/V_{Cu}の値の範囲は、４．３以上、８０以下が好ましい。ところで、絶縁体部１１と金属層１２及び１３の面積が同じであれば、V_{SiN}/V_{Cu}の値は厚さの比となる。従って、ベース板１０における金属層１２及び１３の厚さt_Mに対する絶縁体部１１の厚さt_Iの範囲、即ち、t_I/t_Mの値の範囲は、４．３以上、８０以下が好ましい。

[0038] また、ベース板１０において、絶縁体部１１が厚くなると放熱特性が低下するため、厚くなりすぎない方が好ましい。従って、ベース板１０の線膨張

係数α_{AMB}は、５．１ｐｐｍ／Ｋ以下であって、ＳｉＣの線膨張係数と同じ４ｐｐｍ／Ｋ以上であることが好ましい。図８に示されるように、ベース板１０の線膨張係数α_{AMB}が４ｐｐｍ／Ｋとなるのは、V_{SiN}／V_{Cu}の値が９．２の場合である。従って、ベース板１０におけるV_{SiN}／V_{Cu}の値の範囲は、４．３以上、９．２以下が好ましい。よって、ベース板１０における金属層１２及び１３の厚さt_Mに対する絶縁体部１１の厚さt_Iの範囲、即ち、t_I／t_Mの値の範囲は、４．３以上、９．２以下が好ましい。

[0039] 更に、本実施形態においては、半導体チップ２０は接合層３０によりベース板１０に接合されているが、図２に示されるように、ベース板１０の影響が支配的であるためには、接合層３０に対しベース板１０が十分厚いことが好ましい。従って、接合層３０の厚さが５０μｍである場合には、ベース板１０の厚さは５００μｍ以上であることが好ましい。

[0040] また、ベース板１０が厚くなりすぎると、半導体装置が大きくなるため好ましくはないことから、ベース板１０の厚さは２ｍｍ以下が好ましい。また、金属層１２及び１３における導電性を十分に確保するためには、金属層１２及び１３をＣｕにより形成した場合には、金属層１２及び１３の厚さは１００μｍ以上必要である。これらのことから、ベース板１０の厚さが２ｍｍ（２０００μｍ）、金属層１２及び１３の厚さt_Mが１００μｍの場合では、ベース板１０の絶縁体部１１の厚さt_Iが１８００μｍとなる。この場合には、ベース板１０における金属層１２及び１３の厚さt_Mに対する絶縁体部１１の厚さt_I、即ち、t_I／t_Mの値は１８である。よって、t_I／t_Mは、１８以下であることが好ましい。

[0041] 次に、図９及び図１０に示すようなモジュールを作製し、昇降温サイクルの試験を行った結果について説明する。図９は、本実施形態における半導体装置のパワーモジュールである。このパワーモジュールは、ベース板１０の一方の面にＳｉＣにより形成された半導体チップ２０が接合層３０により接合されており、ベース板１０の他方の面には、放熱板４０が放熱板接合層４１により接合されている。半導体チップ２０の上面の電極端子とベース板１

０の金属層により形成された電極端子、または、ベース板１０の金属層により形成された電極端子同士は、ボンディングワイヤ５１、５２、５３により接続されている。このパワーモジュールでは、放熱板４０の上のベース板１０及び半導体チップ２０は樹脂ケース６０により覆われており、樹脂ケース６０には外部との接続のための接続配線７１、７２、７３が設けられている。また、樹脂ケース６０の内部には、封止材６１が入れられている。

[0042] 図９に示す本実施形態における半導体装置のパワーモジュール９Ａでは、接合層３０は厚さが５０μｍの焼結銅により形成されている。ベース板１０は、絶縁体部１１が厚さ６５０μｍのSi_3N_4と、金属層１２及び１３が各々の厚さ１５０μｍのＣｕにより形成されており、線膨張係数は約５．１ｐｐｍ／Ｋである。放熱板４０は、金属複合材であるＡｌＳｉＣにより形成されており、V_{SiN}／V_{Cu}の値は、４．３３であり、線膨張係数は約７．５ｐｐｍ／Ｋである。放熱板接合層４１は、Ｓｎ及びアンチモン（Ｓｂ）により形成されるＳｎ－５Ｓｂはんだ材により形成されている。ボンディングワイヤ５１、５２、５３は、アルミニウム（Ａｌ）により形成されており、樹脂ケース６０は、樹脂材料により形成されており、封止材６１は、例えば、シリコーンゲルにより形成されている。

[0043] 図１０は、比較に用いた半導体装置のパワーモジュール１０Ａである。このパワーモジュールは、ベース板９１０の一方の面にＳｉＣにより形成された半導体チップ２０が接合層９３０により接合されており、ベース板９１０の他方の面には、放熱板９４０が放熱板接合層４１により接合されている。半導体チップ２０の上面の電極端子とベース板１０の金属層により形成された電極端子、または、ベース板１０の金属層により形成された電極端子同士は、ボンディングワイヤ５１、５２、５３により接続されている。このパワーモジュールでは、放熱板４０の上のベース板１０及び半導体チップ２０は樹脂ケース６０により覆われており、樹脂ケース６０には外部との接続のための接続配線７１、７２、７３が設けられている。また、樹脂ケース６０の内部には、封止材６１が入れられている。

[0044] 図１０に示す半導体装置のパワーモジュールでは、接合層９３０は厚さが１００μｍのＳｎ－１０Ｓｂにより形成されており、この線膨張係数は、２１ｐｐｍ／Ｋである。ベース板９１０は、絶縁体部９１１が厚さ３２０μｍのSi_3N_4と、金属層９１２及び９１３が各々の厚さ３００μｍのＣｕにより形成されており、V_{SiN}／V_{Cu}の値は、１．０７であり、線膨張係数は９ｐｐｍ／Ｋである。放熱板９４０は、Ｃｕにより形成されている。

[0045] 図１１及び図１２は、図９に示され本実施形態における半導体装置のパワーモジュールと図１０に示される比較に用いた半導体装置のパワーモジュールについて昇降温試験を行った結果である。図１１及び図１２では、本実施形態における半導体装置のパワーモジュール９Ａ及び比較に用いた半導体装置のパワーモジュール１０Ａを各々３個作製して測定を行った。図１１及び図１２における実線は、本実施形態における半導体装置のパワーモジュール９Ａにおける特性であり、破線は比較に用いた半導体装置のパワーモジュール１０Ａにおける特性である。

[0046] 図１１は、各々のパワーモジュールにおける熱抵抗の変化を調べたものであり、初期温度をT_1とし、消費電力Ｐを投入した場合の温度をT_2とした場合、Ｒｔｈ＝（T_1－T_2）／Ｐにより算出される熱抵抗Ｒｔｈの値の変化量を縦軸にしたものである。昇降温サイクルが５００回程度までは、本実施形態における半導体装置のパワーモジュール９Ａも比較に用いた半導体装置のパワーモジュール１０Ａもあまり変化はない。しかしながら、昇降温サイクルが５００回を超え１０００回程度になると、比較に用いた半導体装置のパワーモジュール１０Ａにおける熱抵抗の変化量が急増する。一方、本実施形態における半導体装置のパワーモジュール９Ａでは、あまり変化がなく、変化量も１０％以下である。

[0047] 図１２は、各々のパワーモジュールにおけるオン抵抗の変化を調べたものであり、初期のオン抵抗に対するオン抵抗の変化量を縦軸にしたものである。尚、初期においては、印加電圧が２Ｖにおいて流れる電流は１００Ａであり、初期のオン抵抗は２ｍΩである。昇降温サイクルが５００回程度までは

、本実施形態における半導体装置のパワーモジュール９Ａも比較に用いた半導体装置のパワーモジュール１０Ａもあまり変化はない。しかしながら、昇降温サイクルが５００回を超え１０００回程度になると、比較に用いた半導体装置のパワーモジュール１０Ａにおけるオン抵抗の変化量が急増する。一方、本実施形態における半導体装置のパワーモジュール９Ａでは、あまり変化がなく、変化量も１０％以下である。

[0048] 図１１及び図１２に示されるように、比較に用いた半導体装置のパワーモジュール１０Ａにおける熱抵抗の変化量やオン抵抗の変化量が急増するのは、接合層における接合面積が減少したことによるものと推察される。これに対し、本実施形態における半導体装置のパワーモジュール９Ａでは、接合層における接合面積の減少は殆どないため、熱抵抗やオン抵抗の変化量はあまり変わらない。

[0049] また、本実施形態においては、半導体チップの両面にベース板を設けた構造のものであってもよい。具体的には、図１３に示されるように、半導体チップ２０の一方の面２０ａに第１の接合層１３１により第１のベース板１１１を接合し、他方の面２０ｂに第２の接合層１３２により第２のベース板１１２を接合した構造のものであってもよい。尚、第１のベース板１１１及び第２のベース板１１２は、図６に示されるベース板１０と同じ構造のものであり、絶縁体部１１の両面に、金属層１２、１３が形成されている。また、第１の接合層１３１及び第２の接合層１３２は、接合層３０と同じ材料により形成されている。

[0050] 以上、実施形態について詳述したが、特定の実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載された範囲内において、種々の変形及び変更が可能である。

符号の説明

[0051] １０ ベース板

１１ 絶縁体部

１２ 金属層

１３　　金属層

２０　　半導体チップ

３０　　接合層

請求の範囲

[請求項1] 炭化珪素を含む材料により形成されている半導体チップと、

板状の絶縁体部の両面に、金属層が形成されたベース板と、

前記ベース板の一方の面に、前記半導体チップを接合する接合材と、

を有し、

前記接合材は、接合後の融点が７７３℃以上の金属材料により形成されており、

前記接合材の厚さは、５０μｍ以下であり、

前記ベース板の厚さは、５００μｍ以上であり、

前記絶縁体部の厚さをt_Iとし、前記金属層の厚さをt_Mとした場合に、t_I/t_Mの値は、４．３以上である半導体装置。

[請求項2] 前記絶縁体部は、窒化珪素を含む材料により形成されており、

前記金属層は、銅または銀を含む材料により形成されている請求項１に記載の半導体装置。

[請求項3] t_I/t_Mの値は、１８以下である請求項１または２に記載の半導体装置。

[請求項4] t_I/t_Mの値は、９．２以下である請求項１または２に記載の半導体装置。

[請求項5] 炭化珪素を含む材料により形成されている半導体チップと、

絶縁体部の両面に金属層が形成されたベース板と、

前記ベース板の一方の面に前記半導体チップを接合する接合材と、

を有し、

前記接合材は、接合後の融点が７７３℃以上の金属材料により形成されており、

前記接合材の厚さは、５０μｍ以下であり、

前記ベース板の厚さは、５００μｍ以上であり、

前記ベース板の線膨張係数は、２．９ｐｐｍ／Ｋ以上、５．１ｐｐ

ｍ／Ｋ以下である半導体装置。

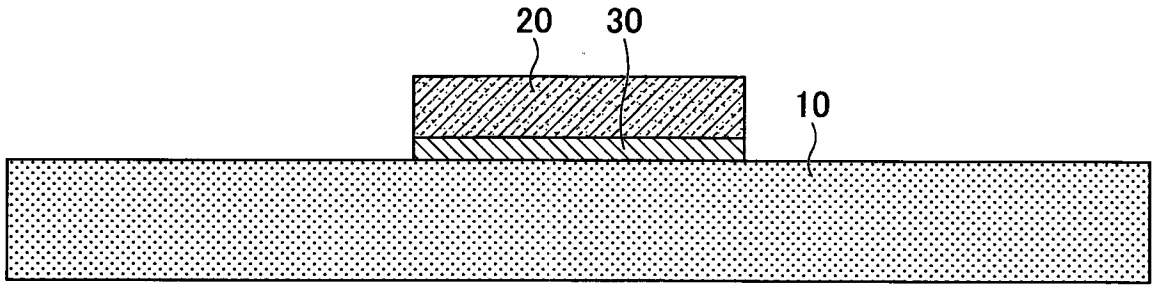
[請求項6] 前記ベース板の厚さは、２ｍｍ以下である請求項１から５のいずれかに記載の半導体装置。

[請求項7] 前記ベース板は第１のベース板であり、前記半導体チップの一方の面に前記第１のベース板が接合されているものであって、

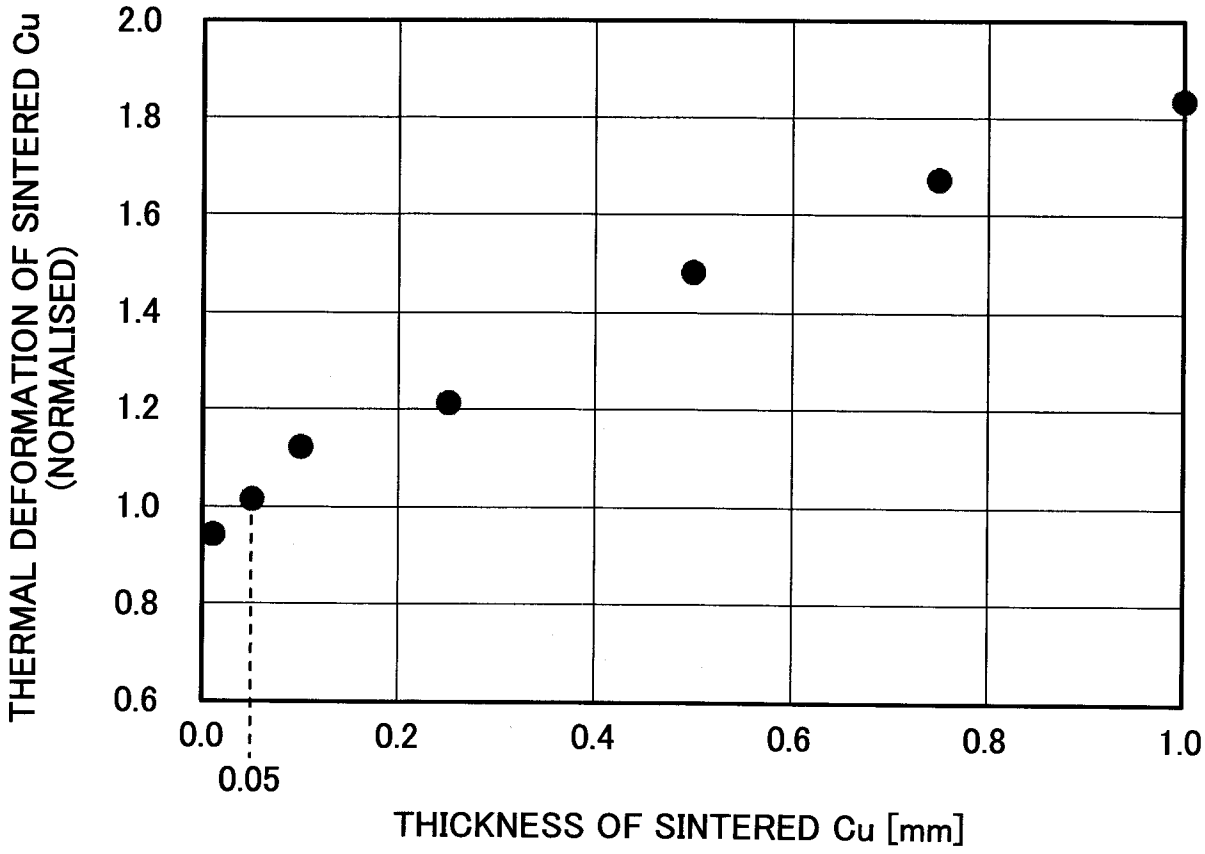
前記半導体チップの他方の面には、接合材により第２のベース板が接合されており、

前記第２のベース板は、前記第１のベース板と、同じ構造のものである請求項１から６のいずれかに記載の半導体装置。

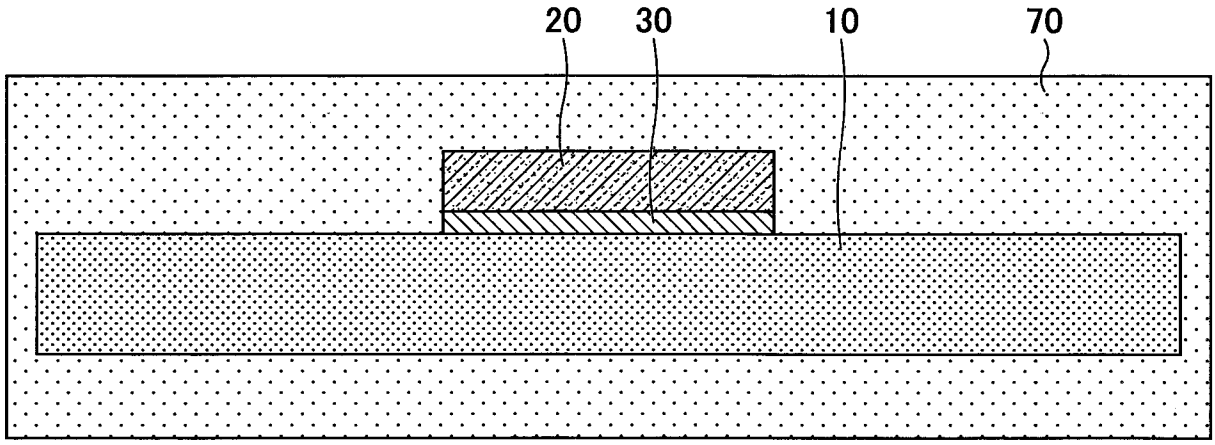
[図1]


20
30
10

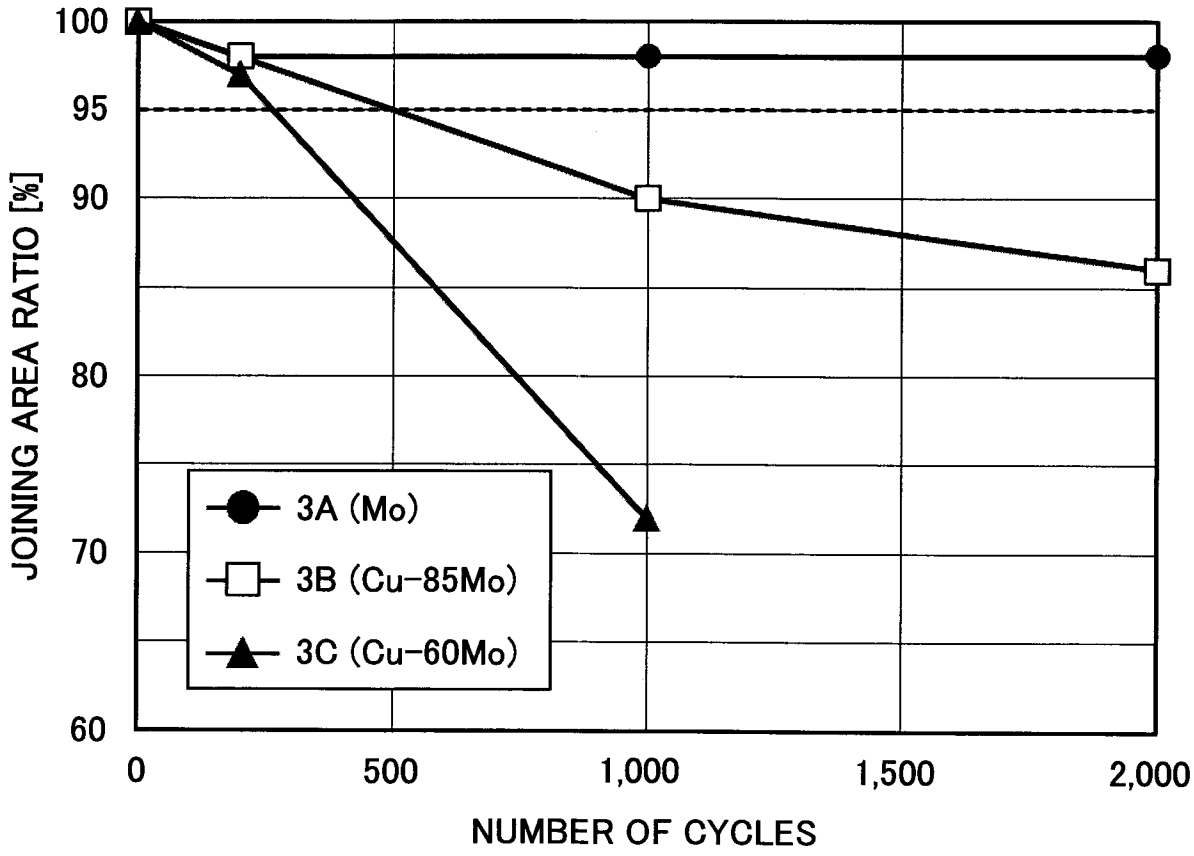
[図2]


THERMAL DEFORMATION OF SINTERED Cu (NORMALISED)
2.0
1.8
1.6
1.4
1.2
1.0
0.8
0.6
0.0
0.05
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
THICKNESS OF SINTERED Cu [mm]

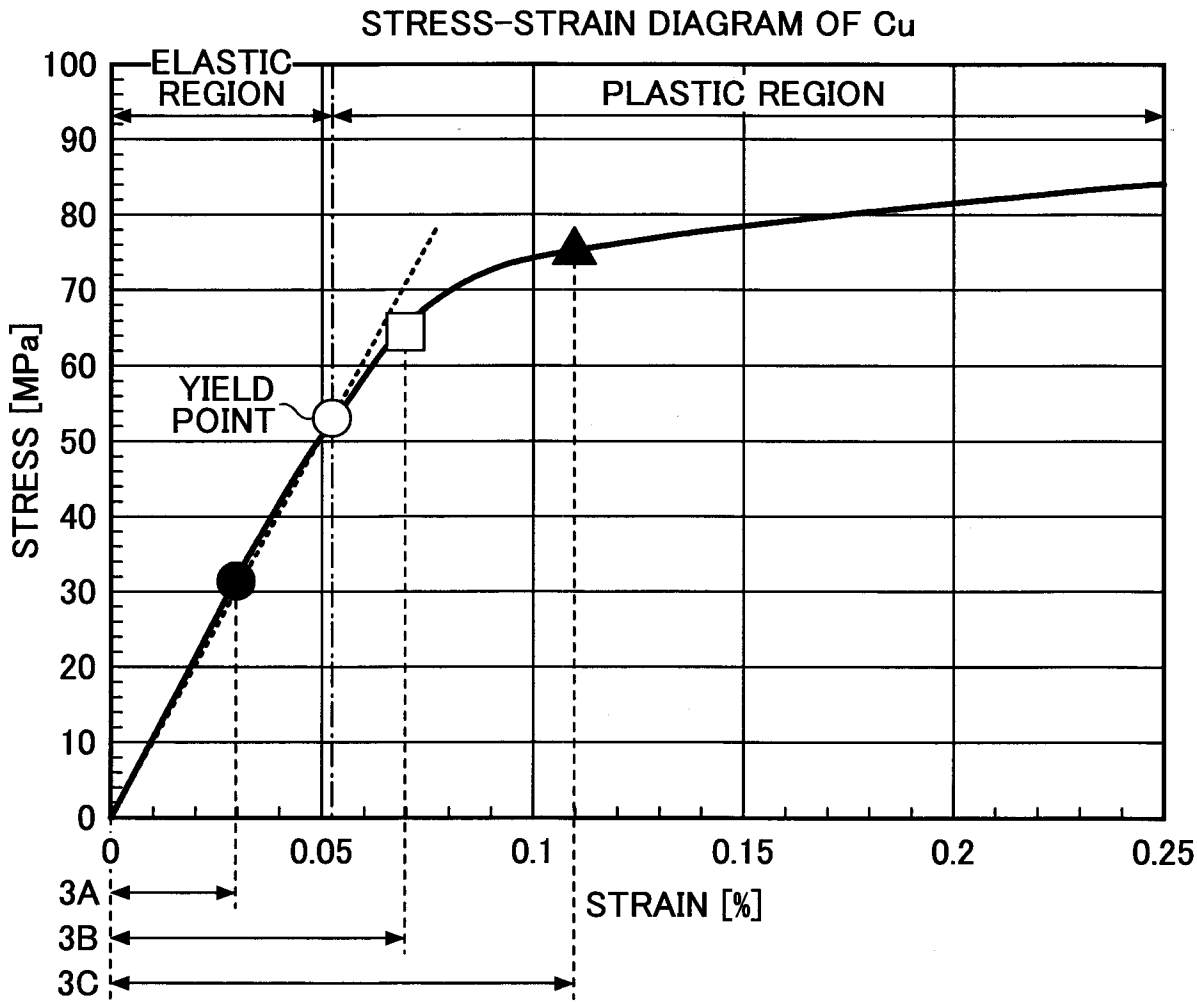
[図3]


20
30
10
70

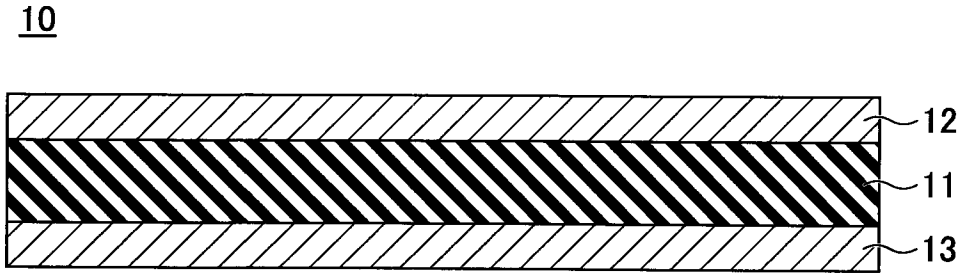
[図4]


100
95
90
80
70
60
JOINING AREA RATIO [%]
0
500
1,000
1,500
2,000
NUMBER OF CYCLES
3A (Mo)
3B (Cu-85Mo)
3C (Cu-60Mo)

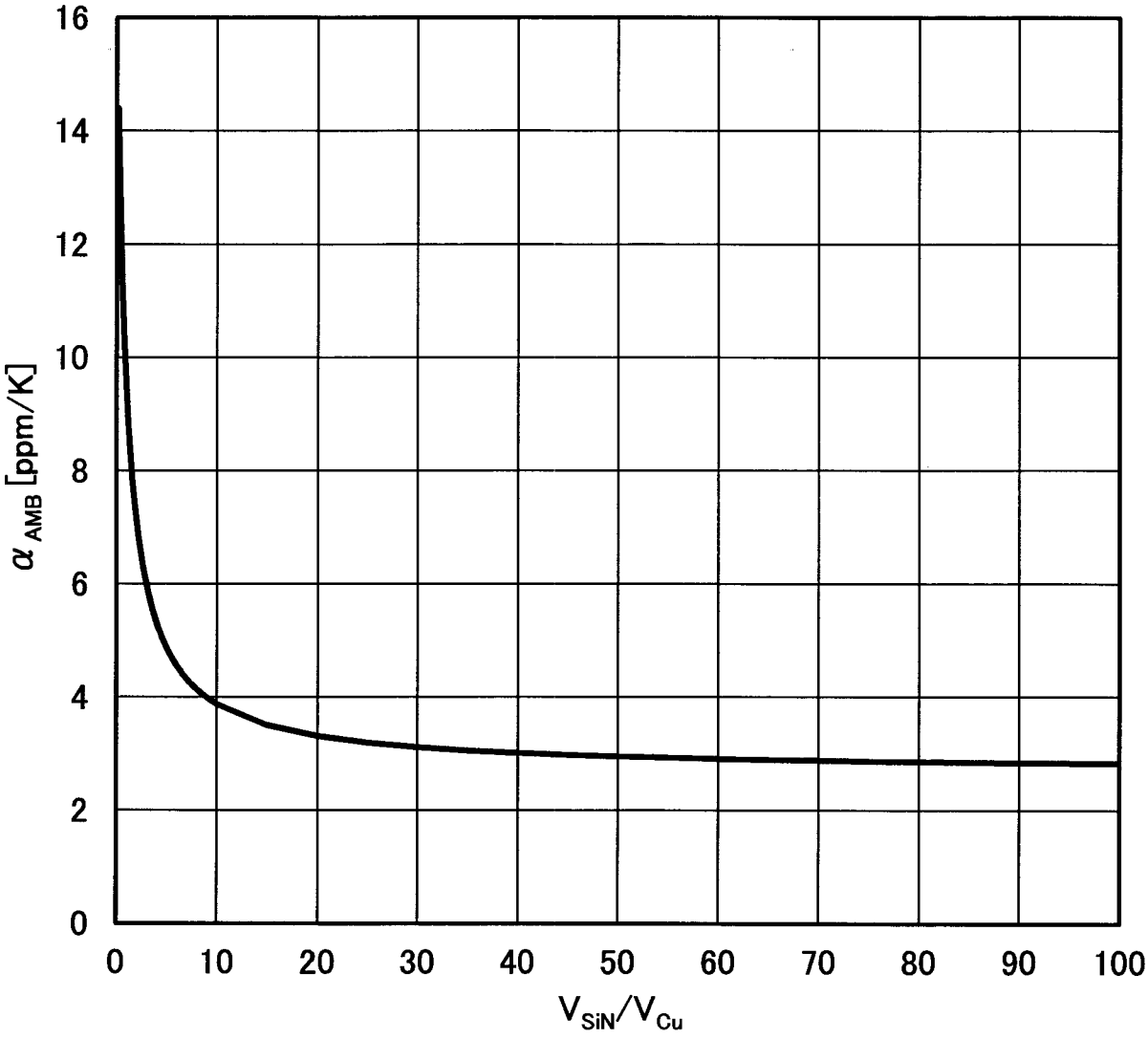
[図5]


STRESS-STRAIN DIAGRAM OF Cu
ELASTIC REGION
PLASTIC REGION
YIELD POINT
STRESS [MPa]
STRAIN [%]
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
0
0.05
0.1
0.15
0.2
0.25
3A
3B
3C

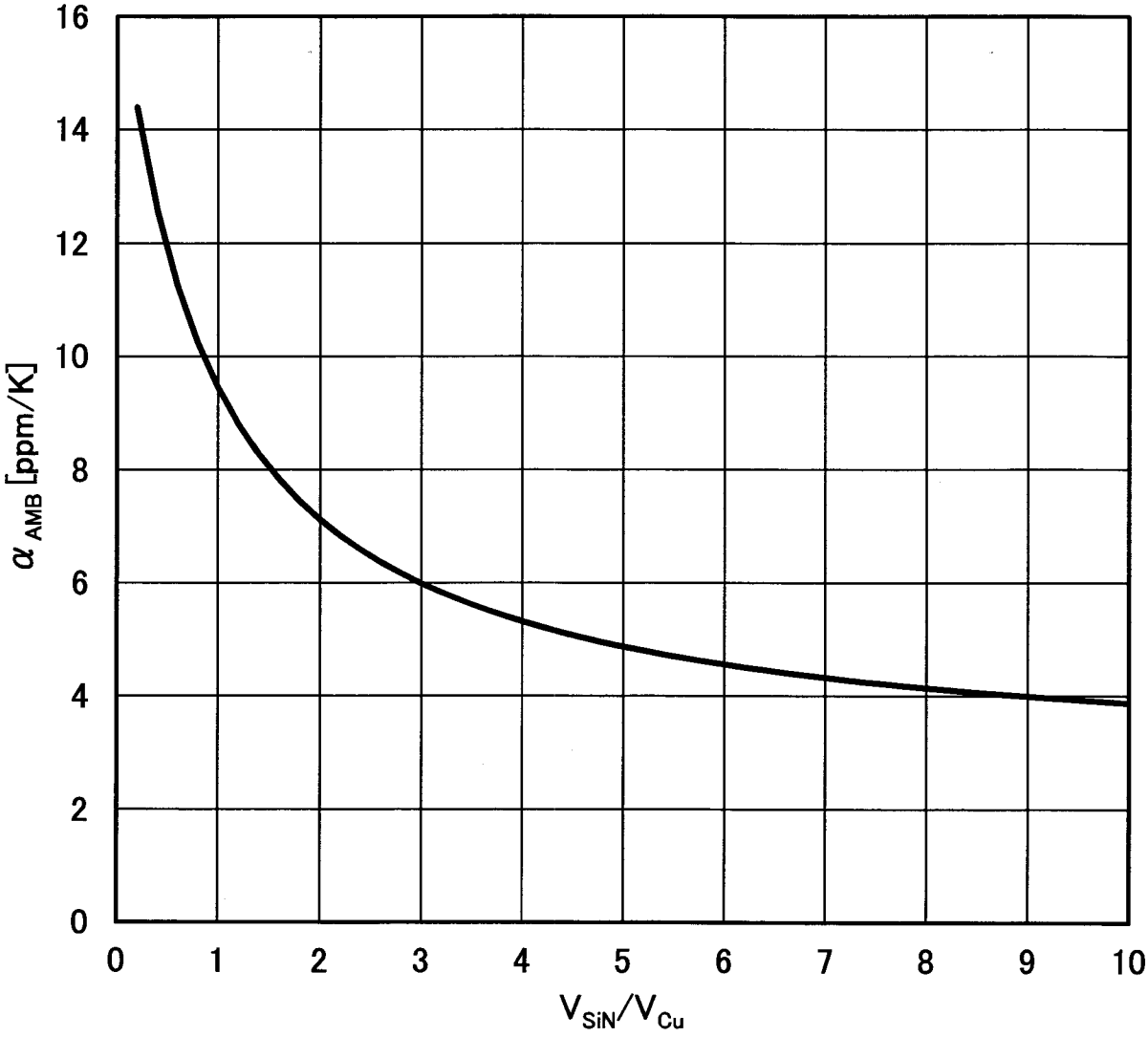
[図6]


10
12
11
13

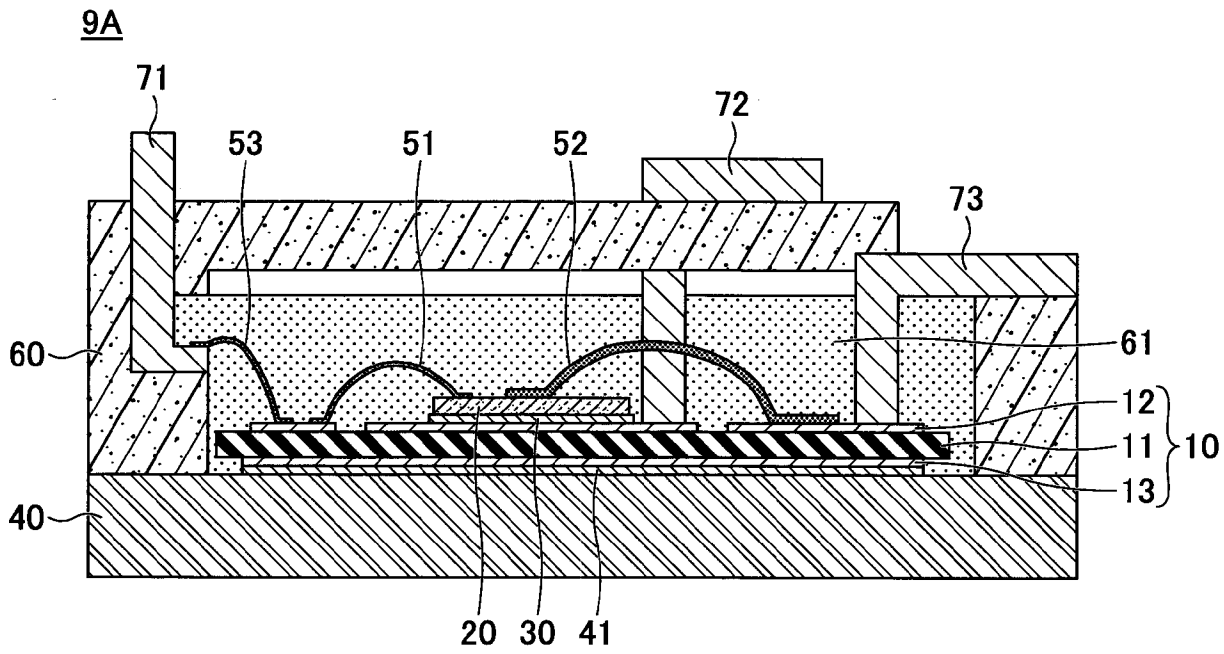
[図7]


16
14
12
10
8
6
4
2
0
α_{AMB} [ppm/K]
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
V_{SiN}/V_{Cu}

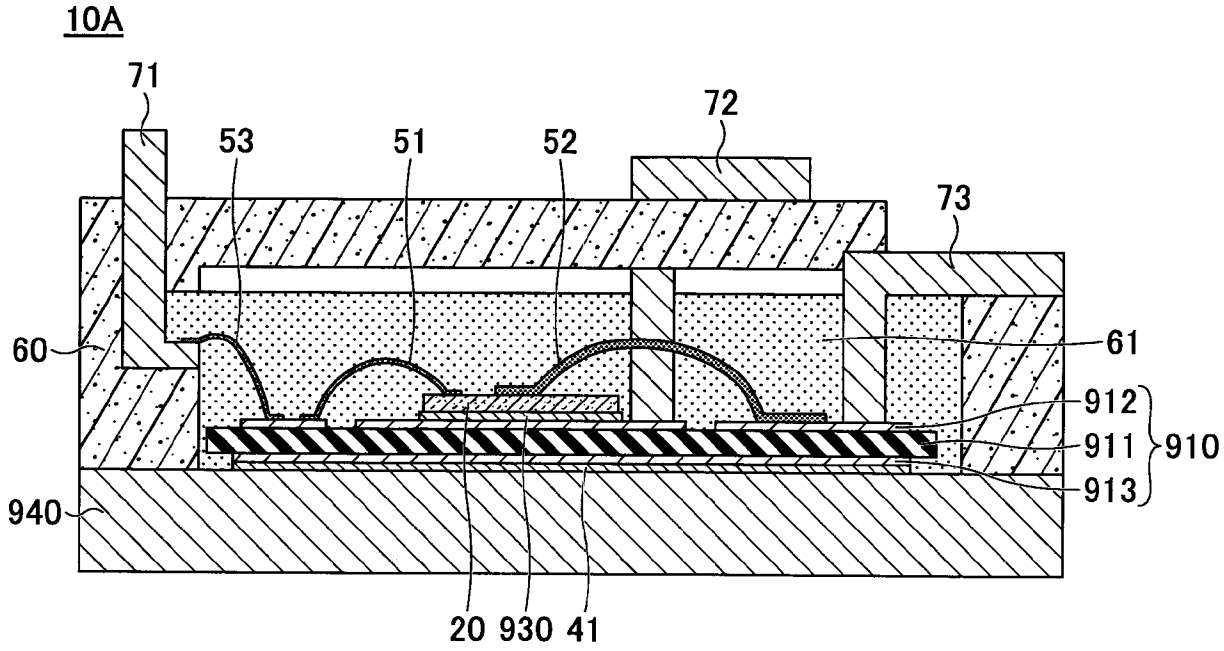
[図8]



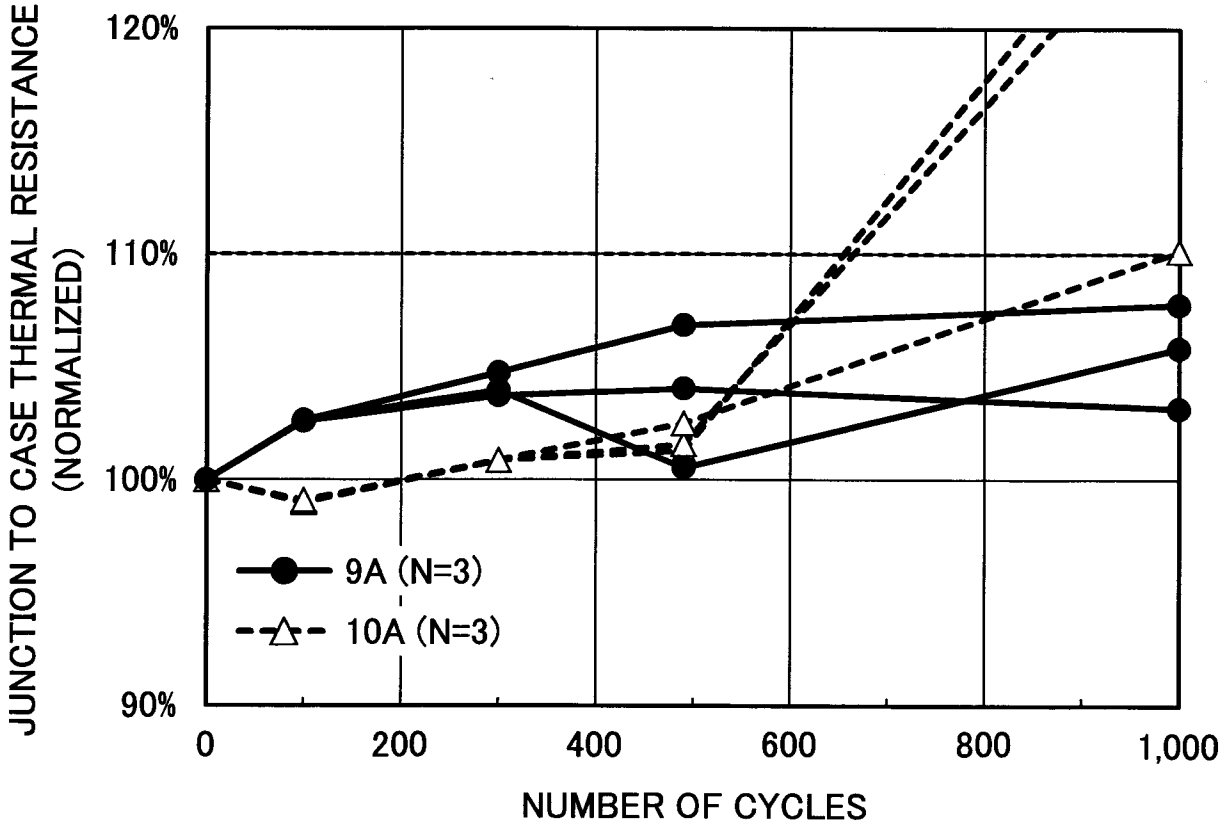
[図9]


9A
71
53
51
52
72
73
60
61
12
11
10
13
40
20
30
41

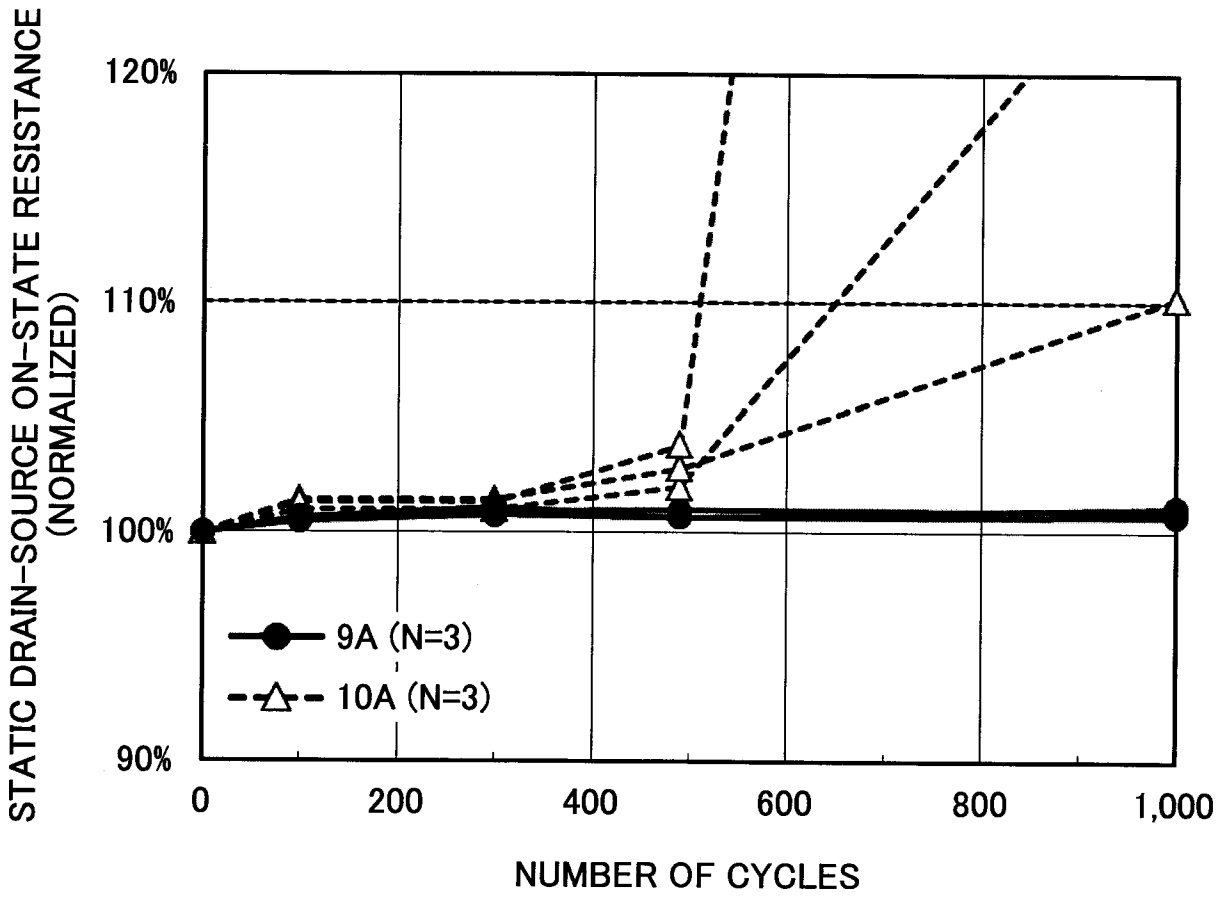
[図10]


10A
71
53
51
52
72
73
60
61
912
911
910
913
940
20
930
41

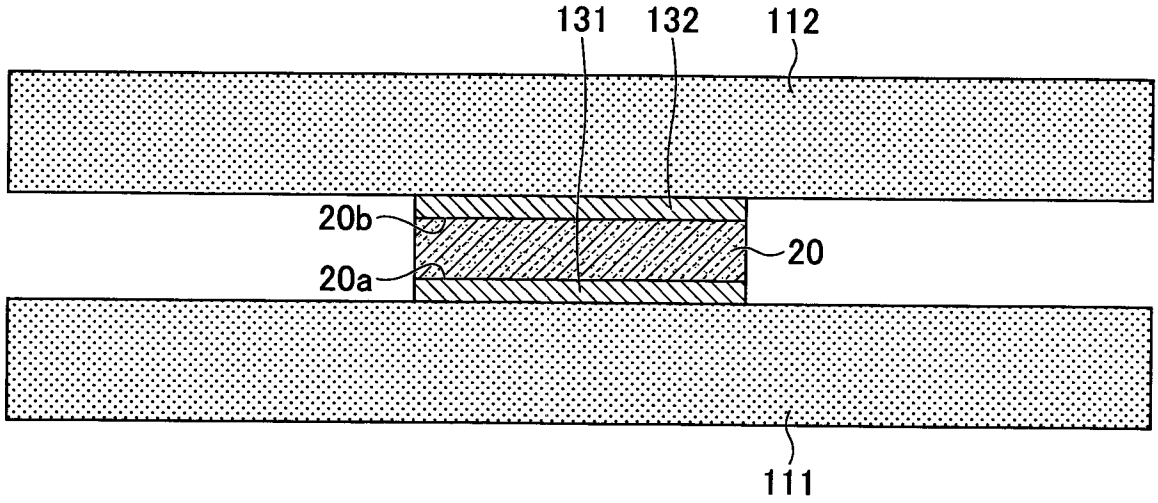
[図11]


JUNCTION TO CASE THERMAL RESISTANCE (NORMALIZED)
120%
110%
100%
90%
0
200
400
600
800
1,000
NUMBER OF CYCLES
9A (N=3)
10A (N=3)

[図12]


STATIC DRAIN-SOURCE ON-STATE RESISTANCE (NORMALIZED)
120%
110%
100%
90%
0
200
400
600
800
1,000
NUMBER OF CYCLES
9A (N=3)
10A (N=3)

[図13]


131
132
112
20b
20a
20
111

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/044514

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl. H01L23/13(2006.01)i, H01L25/07(2006.01)i, H01L25/18(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. H01L23/13, H01L25/07, H01L25/18

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.
X Y	WO 2017/006916 A1 (NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY) 12 January 2017, paragraphs [0017]-[0021], [0027], [0031], [0073], fig. 2-3 (Family: none)	5-7 1-4
Y	JP 2016-174165 A (TOSHIBA CORP.) 29 September 2016, paragraphs [0027]-[0028], fig. 1 & US 2014/0291699 A1, paragraphs [0031]-[0032], fig. 1 & WO 2013/094213 A1 & CN 104011852 A & KR 10-2014-0112029 A	1-4
Y	JP 2015-008242 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 15 January 2015, paragraph [0046], fig. 7 (Family: none)	1-4

☐ 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
16 February 2018 (16.02.2018)	27 February 2018 (27.02.2018)

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

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１７／０４４５１４

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H01L23/13(2006.01)i, H01L25/07(2006.01)i, H01L25/18(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H01L23/13, H01L25/07, H01L25/18

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
X Y	WO 2017/006916 A1 (国立研究開発法人産業技術総合研究所) 2017.01.12, 段落[0017]-[0021],[0027],[0031],[0073],図2-3（ファミリーなし）	5-7 1-4
Y	JP 2016-174165 A (株式会社東芝) 2016.09.29, 段落[0027]-[0028], 図1 & US 2014/0291699 A1, 段落[0031]-[0032],図1 & WO 2013/094213 A1 & CN 104011852 A & KR 10-2014-0112029 A	1-4

☑　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
１６．０２．２０１８	２７．０２．２０１８

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　４４５１
多賀　和宏
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 2015-008242 A（三菱電機株式会社）2015.01.15, 段落[0046],図7（ファミリーなし）	1-4