(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
2015 年 2 月 19 日(19.02.2015)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2015/022993 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 23/12 (2006.01) *H01L 23/36* (2006.01)
H01L 23/13 (2006.01) *H05K 1/02* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2014/071473

(22) 国際出願日: 2014 年 8 月 15 日(15.08.2014)

(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 2013-169260 2013 年 8 月 16 日(16.08.2013) JP

(71) 出願人: 日本碍子株式会社(NGK INSULATORS, LTD.) [JP/JP]; 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町２番５６号 Aichi (JP).

(72) 発明者: 谷信(TANI Makoto); 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町２番５６号 日本碍子株式会社内 Aichi (JP). 田中孔浩(TANAKA Yoshihiro); 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町２番５６号 日本碍子株式会社内 Aichi (JP). 海老ヶ瀬隆(EBIGASE Takashi); 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町２番５６号 日本碍子株式会社内 Aichi (JP).

(74) 代理人: 千葉剛宏, 外(CHIBA Yoshihiro et al.); 〒1510053 東京都渋谷区代々木２丁目１番１号 新宿マインズタワー 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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, 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).

[続葉有]

(54) **Title**: CERAMIC CIRCUIT BOARD AND ELECTRONIC DEVICE

(54) 発明の名称 : セラミック回路基板及び電子デバイス

[図1]

FIG. 1A

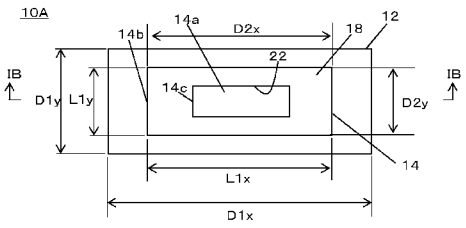
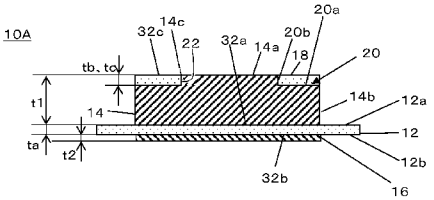


FIG. 1B



(57) **Abstract**: The present invention pertains to a ceramic circuit board and an electronic device. The present invention has: a ceramic board (12); a first metal plate (14) joined to the surface (12a) of the ceramic board (12); and a member (18) joined to the surface side of the first metal plate (14). The member (18) comprises a material having a high Young's modulus and a lower coefficient of thermal expansion than that of the first metal plate (14).

(57) 要約: 本発明は、セラミック回路基板及び電子デバイスに関する。セラミック基板（１２）と、該セラミック基板（１２）の表面（１２ａ）に接合された第１金属板（１４）と、第１金属板（１４）の表面側に接合された部材（１８）と、を有する。部材（１８）は、第１金属板（１４）よりも熱膨張係数が小さく、且つ、ヤング率が大きい材料からなる。

WO 2015/022993 A1

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 ： セラミック回路基板及び電子デバイス

技術分野

[0001] 本発明は、セラミック回路基板及び電子デバイスに関し、例えばバイポーラトランジスタ、パワーＭＯＳＦＥＴ（metal-oxide-semiconductor field-effect transistor）、ＩＧＢＴ（Insulated Gate Bipolar Transistor）等のパワー半導体の絶縁基板として好適なセラミック回路基板と、該セラミック回路基板を用いた電子デバイスに関する。

背景技術

[0002] 近年、例えば図１９Ａ及び図１９Ｂに示すように、セラミック基板１０２の表面１０２ａに第１金属板１０４を有し、セラミック基板１０２の裏面１０２ｂに第２金属板１０６を有するセラミック回路基板１００が、パワー半導体の絶縁基板として使用されている（例えば特許第３８４７９５４号公報参照）。そして、第１金属板１０４上に、パワー半導体１０８を例えば半田層１１０を介して実装することによって電子デバイス１１２が構成される。

[0003] パワー半導体１０８が実装されるセラミック回路基板１００は、発熱を抑えるため、高放熱性が要求される。従って、一般に、第１金属板１０４及び第２金属板１０６は、Ｃｕ（銅）やＡｌ（アルミニウム）を始めとする高熱伝導率の金属板が選ばれる。セラミック基板１０２には、ＡｌＮ（窒化アルミニウム）やSi_3N_4（窒化珪素）のような高熱伝導率のセラミック基板が選ばれる。これらを直接接合、もしくは、ろう材を介して接合した放熱基板をセラミック回路基板１００として用いている。

[0004] 特に、Ｃｕにて構成された第１金属板１０４及び第２金属板１０６とSi_3N_4にて構成されたセラミック基板１０２とを、Ａｇ（銀）－Ｃｕろう等のろう材を介して接合したセラミック回路基板１００は、高い強度を持ったセラミック、高い熱伝導率を持ったＣｕということで、熱サイクル特性に優れ、好適に用いられている。なお、第２金属板１０６の端面には、例えばヒート

シンクが接合される。

発明の概要

[0005] ところで、最近では、パワー半導体１０８の出力密度を向上させて小型化したい、もしくは放熱性を向上させて冷却系を簡素化したい、というニーズがある。パワー半導体１０８の出力密度を向上させると発熱量が増加し、冷却系を簡素化すると、放熱性が低下するため、上述のニーズに対応するには、セラミック回路基板１００にさらなる放熱性が要求される。

[0006] そこで、放熱性を向上させる方法として、例えば図２０に示すように、第１金属板１０４及び第２金属板１０６の厚みｔ１及びｔ２を従来の厚み（図１９Ａ参照）より厚くすることが考えられる。

[0007] 通常、図１９Ａに示す従来のセラミック回路基板１００を使用する場合、使用時の熱サイクルによって、第１金属板１０４とセラミック基板１０２との熱膨張差に伴う熱応力が、第１金属板１０４とセラミック基板１０２との界面１１４ａにおいて発生する。この場合、セラミック基板１０２の表面１０２ａは、熱応力がかかる上述の界面１１４ａと、熱応力がかからない周辺部とが混在した状態となる。同様に、第２金属板１０６とセラミック基板１０２との熱膨張差に伴う熱応力が、第２金属板１０６とセラミック基板１０２との界面１１４ｂにおいて発生する。この場合も、セラミック基板１０２の裏面１０２ｂは、熱応力がかかる上述の界面１１４ｂと、熱応力がかからない周辺部とが混在した状態となる。

[0008] 従って、図２０に示すように、第１金属板１０４の厚みｔ１及び第２金属板１０６の厚みｔ２を厚くすると、第１金属板１０４及び第２金属板１０６の体積が大きくなることから、第１金属板１０４とセラミック基板１０２の界面１１４ａ並びに第２金属板１０６とセラミック基板１０２の界面１１４ｂで発生する熱応力も増大する。そのため、使用時の熱サイクルによってセラミック基板１０２にクラック１１６（亀裂）が入ったり、割れるという問題が生じるおそれがある。すなわち、セラミック基板１０２の表面のうち、熱応力がかかる界面と熱応力がかからない周辺部との境界部分において集中

的に圧縮応力や引っ張り応力がかかり、該境界部分からクラック１１６（亀裂）が入るおそれがある。

[0009] このように、従来のセラミック回路基板１００では、放熱性の向上を実現することができず、上述したニーズに対応することができないという問題がある。

[0010] 本発明はこのような課題を考慮してなされたものであり、少なくともパワー半導体が実装される側の金属板を厚くしても、金属板とセラミック基板の界面で生じる熱応力を緩和することができると共に、反りの発生も抑制することができ、放熱性の向上を図ることができるセラミック回路基板及び電子デバイスを提供することを目的とする。

[0011] ［１］ 第１の本発明に係るセラミック回路基板は、セラミック基板と、前記セラミック基板の表面に接合された金属板（第１金属板と記す）と、前記第１金属板の表面側に接合された部材と、を有し、前記部材は、前記金属板よりも熱膨張係数が小さく、且つ、ヤング率が大きい材料からなることを特徴とする。

[0012] これにより、使用時における熱サイクルによって、以下の熱応力が発生することになる。

[0013] （ｉ） 第１金属板とセラミック基板との熱膨張差に伴う熱応力が、第１金属板とセラミック基板との界面（以下、界面１と記す）において発生する。

[0014] （ｉｉ） 第１金属板と部材との熱膨張差に伴う熱応力が、第１金属板と部材との界面（以下、界面２と記す）において発生する。

[0015] 従来では、第１金属板とセラミック基板との界面１に熱応力が発生し、セラミック基板の表面のうち、界面１とその周辺部との境界部分において集中的に圧縮応力や引っ張り応力がかかっていたが、本発明では、特に、（ｉｉ）に示す熱応力の発生によって、（ｉ）に示す熱応力が緩和（低減）されることになる。すなわち、熱サイクルによる熱応力が界面１と界面２とに分散して発生することとなり、セラミック基板の表面のうち、界面１とその周辺

部との境界部分に集中的にかかる圧縮応力や引っ張り応力が緩和され、使用時の熱サイクルによるセラミック基板への亀裂や割れの発生のおそれがなくなる。これにより、第１金属板の厚みを大きくすることが可能となり、放熱性の向上を図ることができる。

[0016] ［２］　第１の本発明において、前記部材は、前記第１金属板の表面の外周に沿って環状に形成されていてもよい。

[0017] ［３］　第１の本発明において、複数の前記部材が前記第１金属板の表面の外周に沿って配列されていてもよい。

[0018] ［４］　第１の本発明において、２つの前記部材が線対称の位置に接合されていてもよい。

[0019] ［５］　第１の本発明において、前記部材は、その一部が、前記第１金属板の表面の外周よりも横方向に張り出していてもよい。この場合、第１金属板の表面に部材を接合する際の位置合わせが容易であり、工数の低減、歩留りの向上、生産性の向上を図ることができる。

[0020] ［６］　第１の本発明において、前記部材は、その全体が、前記第１金属板の表面内に接合されていてもよい。この場合、部材の構成材料の量が少なくて済み、製造コストの低減を図ることができる。

[0021] ［７］　第１の本発明において、前記第１金属板の表面の一部に窪みを有し、前記部材は、前記窪みに接合されていてもよい。この場合、パワー半導体が実装される面（第１金属板の表面）が部材の表面とほぼ同じ、あるいは部材の表面よりも高くなるため、パワー半導体の実装性の向上を図ることができる。

[0022] ［８］　第１の本発明において、前記部材と前記セラミック基板として、当該セラミック回路基板に反りが発生するのを抑制するように、少なくとも物性及び厚みが調整されたものが用いられていることが好ましい。これは、部材とセラミック基板の熱膨張係数、ヤング率から、それぞれの厚みを調整することによって達成することができる。例えば、部材とセラミック基板のヤング率が同等の場合、部材の熱膨張係数がセラミック基板よりも小さいので

あれば、部材の厚みは、セラミック基板よりも薄くする。

[0023] ［９］　前記部材の構成材料は、前記セラミック基板と同様のセラミック材料であることが好ましい。

[0024] ［１０］　第１の本発明において、前記セラミック基板の構成材料は窒化珪素であることが好ましい。窒化珪素は、熱伝導率が高いだけでなく、「強度」、「靭性」も高く、熱サイクルによるセラミック基板のクラック（亀裂）や割れに対する耐性が高いため好適に用いられる。

[0025] ［１１］　第１の本発明において、前記セラミック基板の裏面に別の金属板（以下、第２金属板と記す）が接合され、前記第１金属板の厚みは前記第２金属板の厚みよりも大きいことが好ましい。

[0026] 上述したように、界面１への熱応力が緩和されることから、第２金属板の厚みを第１金属板の厚みよりも小さくしても、セラミック回路基板全体の反りの発生が抑制され、セラミック回路基板の表面上に半田付けされたパワー半導体への割れの発生や、接合層へのクラックの発生のおそれがなくなる。これにより、放熱性を向上させることができると共に、セラミック回路基板の低背化（薄型化）にも有利になる。

[0027] ［１２］　この場合、前記セラミック基板の厚みをｔａ、前記第１金属板の厚みをｔ１、前記第２金属板の厚みをｔ２としたとき、

ｔ２＜ｔａ＜ｔ１

であってもよい。

[0028] ［１３］　第２の本発明に係る電子デバイスは、上述した第１の本発明に係るセラミック回路基板と、該セラミック回路基板の前記第１金属板の表面に実装されたパワー半導体とを有することを特徴とする。

[0029] 以上説明したように、本発明に係るセラミック回路基板及び電子デバイスによれば、少なくともパワー半導体が実装される側の金属板を厚くしても、金属板とセラミック基板の界面で生じる熱応力を緩和することができると共に、反りの発生も抑制することができ、放熱性の向上を図ることができる。

図面の簡単な説明

[0030] [図1]図１Ａは第１の本実施の形態に係るセラミック回路基板（第１セラミック回路基板）を上面から見て示す平面図であり、図１Ｂは図１ＡにおけるＩＢ－ＩＢ線上の断面図である。

[図2]図２Ａは第１セラミック回路基板において窪みの深さを部材の厚みより浅くした形態を示す縦断面図であり、図２Ｂは第１セラミック回路基板において窪みの深さを部材の厚みより深くした形態を示す縦断面図である。

[図3]図３Ａは第１の本実施の形態に係る電子デバイス（第１電子デバイス）を示す縦断面図であり、図３Ｂは第１電子デバイスの他の例を示す縦断面図である。

[図4]図４Ａは第１セラミック回路基板の第１変形例を上面から見て示す平面図であり、図４Ｂは図４ＡにおけるＩＶＢ－ＩＶＢ線上の断面図である。

[図5]図５Ａは第１セラミック回路基板の第２変形例を上面から見て示す平面図であり、図５Ｂは図５ＡにおけるＶＢ－ＶＢ線上の断面図である。

[図6]図６Ａは第１セラミック回路基板の第３変形例を上面から見て示す平面図であり、図６Ｂは図６ＡにおけるＶＩＢ－ＶＩＢ線上の断面図である。

[図7]図７Ａは第１セラミック回路基板の第４変形例を上面から見て示す平面図であり、図７Ｂは図７ＡにおけるＶＩＩＢ－ＶＩＩＢ線上の断面図である。

[図8]図８Ａは第１セラミック回路基板の第５変形例を上面から見て示す平面図であり、図８Ｂは図８ＡにおけるＶＩＩＩＢ－ＶＩＩＩＢ線上の断面図である。

[図9]図９Ａは第１セラミック回路基板の第６変形例を上面から見て示す平面図であり、図９Ｂは図９ＡにおけるＩＸＢ－ＩＸＢ線上の断面図である。

[図10]図１０Ａは第１セラミック回路基板の第７変形例を上面から見て示す平面図であり、図１０Ｂは図１０ＡにおけるＸＢ－ＸＢ線上の断面図であり、図１０Ｃはセラミック基板とヒートシンクとの間に伝熱グリースやＴＩＭ（サーマル・インターフェース・マテリアル）等を挟んで接合した例を示す縦断面図である。

[図11]図１１Ａは第２の本実施の形態に係るセラミック回路基板（第２セラミック回路基板）を上面から見て示す平面図であり、図１１Ｂは図１１ＡにおけるＸＩＢ－ＸＩＢ線上の断面図である。

[図12]図１２Ａは第２セラミック回路基板の第１変形例を上面から見て示す平面図であり、図１２Ｂは図１２ＡにおけるＸＩＩＢ－ＸＩＩＢ線上の断面図である。

[図13]図１３Ａは第２セラミック回路基板の第２変形例を上面から見て示す平面図であり、図１３Ｂは図１３ＡにおけるＸＩＩＩＢ－ＸＩＩＩＢ線上の断面図である。

[図14]図１４Ａは第２セラミック回路基板の第３変形例を上面から見て示す平面図であり、図１４Ｂは図１４ＡにおけるＸＩＶＢ－ＸＩＶＢ線上の断面図である。

[図15]図１５Ａは第２セラミック回路基板の第４変形例を上面から見て示す平面図であり、図１５Ｂは図１５ＡにおけるＸＶＢ－ＸＶＢ線上の断面図である。

[図16]図１６Ａは第２セラミック回路基板の第５変形例を上面から見て示す平面図であり、図１６Ｂは図１６ＡにおけるＸＶＩＢ－ＸＶＩＢ線上の断面図である。

[図17]図１７Ａは第２の本実施の形態に係る電子デバイス（第２電子デバイス）を示す縦断面図であり、図１７Ｂは第２電子デバイスの他の例を示す縦断面図である。

[図18]図１８Ａは第２セラミック回路基板の第６変形例を上面から見て示す平面図であり、図１８Ｂは図１８ＡにおけるＸＶＩＩＩＢ－ＸＶＩＩＩＢ線上の断面図であり、図１８Ｃはセラミック基板とヒートシンクとの間に伝熱グリースやＴＩＭ等を挟んで接合した例を示す縦断面図である。

[図19]図１９Ａは従来例に係るセラミック回路基板を示す縦断面図であり、図１９Ｂは第１金属板上にパワー半導体を半田層を介して実装した状態を示す縦断面図である。

[図20]従来例に係るセラミック回路基板において第１金属板及び第２金属板の厚みを増やした場合の問題点を示す説明図である。

発明を実施するための形態

[0031] 以下、本発明に係るセラミック回路基板の実施の形態例を図１Ａ～図１８Ｃを参照しながら説明する。なお、本明細書において数値範囲を示す「～」は、その前後に記載される数値を下限値及び上限値として含む意味として使用される。

[0032] 先ず、第１の本実施の形態に係るセラミック回路基板（以下、第１セラミック回路基板１０Ａと記す）は、図１Ａ及び図１Ｂに示すように、セラミック基板１２と、該セラミック基板１２の表面１２ａに接合された第１金属板１４と、セラミック基板１２の裏面１２ｂに接合された第２金属板１６と、第１金属板１４の表面１４ａ側に接合された部材１８とを有する。部材１８は、第１金属板１４よりも熱膨張係数が小さく、且つ、ヤング率が大きい材料から構成される。

[0033] 第１金属板１４及び第２金属板１６は、Ｃｕ（銅）やＡｌ（アルミニウム）を始めとする高熱伝導率の金属板にて構成することができる。セラミック基板１２は、ＡｌＮ（窒化アルミニウム）やSi_3N_4（窒化珪素）のような高熱伝導率のセラミック材料にて構成することができる。第１金属板１４とセラミック基板１２との接合、並びに第２金属板１６とセラミック基板１２との接合は、直接接合でもよいし、もしくは、ろう材を介して接合してもよい。ろう材としては、Ａｇ－Ｃｕろう等のろう材にＴｉ（チタン）等の活性金属を添加したろう材を用いることができる。部材１８の具体的な構成材料並びに接合については後述する。

[0034] そして、この第１セラミック回路基板１０Ａは、第１金属板１４の表面１４ａの一部に窪み２０を有し、窪み２０に部材１８が埋め込まれ接合されている。ここで、「第１金属板１４の表面１４ａ」とは、パワー半導体２６（図３Ａ参照）が実装される面（例えば図１Ｂでは上面）をいい、裏面とは、表面１４ａと対向する面（例えば図１Ｂでは下面）をいう。セラミック基板

１２等の他の部材の表面も、パワー半導体２６が実装される側の面（例えば図１Ｂでは上面）を指し、他の部材の裏面も、表面と対向する面（例えば図１Ｂでは下面）をいう。

[0035] 窪み２０は、第１金属板１４の表面１４ａの外周１４ｃに沿って環状に形成され、特に、図１Ａ及び図１Ｂの例では、第１金属板１４の表面１４ａの外周１４ｃは、窪み２０の一部を構成している。つまり、窪み２０は、第１金属板１４の表面１４ａから側面１４ｂにかけて形成されている。そのため、第１金属板１４は、肩部分が窪み２０によって切り欠かれた形状を有する。また、部材１８は、窪み２０の環状に沿った１つの環状部材にて構成されている。すなわち、第１金属板１４の窪み２０を埋めるように部材１８が接合される。部材１８は、窪み２０の底面２０ａから側面２０ｂにかけてＡｇ－Ｃｕろう等のろう材等によって接合されることが好ましい。

[0036] セラミック基板１２、第１金属板１４及び第２金属板１６の各外形形状は、様々な形状が挙げられるが、図１Ａでは、上面から見て、それぞれ長方形状とされている。セラミック基板１２を上面から見た縦方向の長さＤ１ｙ及び横方向の長さＤ１ｘは、第１金属板１４の縦方向の長さＬ１ｙ及び横方向の長さＬ１ｘよりも長く設定されている。第１金属板１４と第２金属板１６の縦方向の長さ及び横方向の長さはそれぞれほぼ同じとされている。部材１８の中央部には、同じく長方形状の孔２２が形成され、この孔２２を通じて第１金属板１４の表面１４ａが露出している。

[0037] 部材１８を上面から見た縦方向の長さＤ２ｙ及び横方向の長さＤ２ｘと第１金属板１４の縦方向の長さＬ１ｙ及び横方向の長さＬ１ｘとの関係は、以下の関係のいずれを採用してもよい。

（Ａ－１） Ｄ２ｙ＝Ｌ１ｙ、Ｄ２ｘ＝Ｌ１ｘ

（Ａ－２） Ｄ２ｙ＞Ｌ１ｙ、Ｄ２ｘ＝Ｌ１ｘ

（Ａ－３） Ｄ２ｙ＜Ｌ１ｙ、Ｄ２ｘ＝Ｌ１ｘ

（Ａ－４） Ｄ２ｙ＝Ｌ１ｙ、Ｄ２ｘ＞Ｌ１ｘ

（Ａ－５） Ｄ２ｙ＞Ｌ１ｙ、Ｄ２ｘ＞Ｌ１ｘ

（Ａ－６）　Ｄ２ｙ＜Ｌ１ｙ、Ｄ２ｘ＞Ｌ１ｘ

（Ａ－７）　Ｄ２ｙ＝Ｌ１ｙ、Ｄ２ｘ＜Ｌ１ｘ

（Ａ－８）　Ｄ２ｙ＞Ｌ１ｙ、Ｄ２ｘ＜Ｌ１ｘ

（Ａ－９）　Ｄ２ｙ＜Ｌ１ｙ、Ｄ２ｘ＜Ｌ１ｘ

[0038] このうち、（Ａ－１）の例が上述した第１セラミック回路基板１０Ａ（図１Ａ及び図１Ｂ参照）である。

[0039] セラミック基板１２、第１金属板１４及び第２金属板１６の各外形形状は、上述した長方形状のほか、円形状、楕円形状、トラック形状、三角形状、五角形、六角形等の多角形状等が挙げられる。

[0040] また、第１セラミック回路基板１０Ａは、セラミック基板１２の厚みをｔａ、部材１８の厚みをｔｂ、第１金属板１４の厚みをｔ１、第２金属板１６の厚みをｔ２としたとき、

ｔａ≒ｔｂ

ｔ２＜ｔａ＜ｔ１

となっている。

[0041] 窪み２０の深さｔｃは、図１Ｂに示すように、部材１８の厚みｔｂと同じでもよいし、図２Ａに示すように、部材１８の厚みｔｂより浅くてもよい。あるいは、図２Ｂに示すように、部材１８の厚みｔｂより深くてもよい。

[0042] そして、図３Ａに示すように、第１金属板１４の表面１４ａに半田等の接合層２４を介してパワー半導体２６が実装されることで、第１の本実施の形態に係る電子デバイス（以下、第１電子デバイス２８Ａ）が構成される。もちろん、図３Ｂに示すように、さらに、第２金属板１６の端面にヒートシンク３０を接合して第１電子デバイス２８Ａを構成してもよい。なお、図３Ａ及び図３Ｂ等では、パワー半導体２６の高さを、部材１８の厚みよりも薄く図示されているが、これに限定されるものではない。

[0043] この第１セラミック回路基板１０Ａにおいては、第１金属板１４の表面１４ａに形成された窪み２０に部材１８を接合したので、使用時における熱サイクルによって、以下の熱応力が発生することになる。

[0044] （ａ） 第１金属板１４とセラミック基板１２との熱膨張差に伴う熱応力が、第１金属板１４とセラミック基板１２との界面３２ａ（以下、第１界面３２ａと記す）において発生する。

[0045] （ｂ） 第２金属板１６とセラミック基板１２との熱膨張差に伴う熱応力が、第２金属板１６とセラミック基板１２との界面３２ｂ（以下、第２界面３２ｂと記す）において発生する。

[0046] （ｃ） 第１金属板１４と部材１８との熱膨張差に伴う熱応力が、第１金属板１４と部材１８との界面３２ｃ（以下、第３界面３２ｃと記す）において発生する。

[0047] 従来では、第１金属板１４とセラミック基板１２との第１界面３２ａに熱応力が集中して発生していたが、本実施の形態では、特に、（ｃ）に示す熱応力の発生によって、（ａ）に示す熱応力が緩和（低減）されることになる。すなわち、熱サイクルによる熱応力が第１界面３２ａと第３界面３２ｃとに分散して発生することとなる。その結果、セラミック基板１２の表面１２ａのうち、第１界面３２ａとその周辺部との境界部分に集中的にかかる圧縮応力や引っ張り応力が緩和され、使用時の熱サイクルによるセラミック基板１２への亀裂や割れの発生のおそれがなくなる。これにより、第１金属板１４の厚みｔ１を大きくすることが可能となり、放熱性の向上を図ることができる。

[0048] また、第１界面３２ａへの熱応力が緩和されることから、第２金属板１６の厚みｔ２を第１金属板１４の厚みｔ１よりも小さくしても、第１セラミック回路基板１０Ａ全体の反りの発生が抑制され、半田付けされたパワー半導体２６への割れの発生や、接合層２４へのクラックの発生のおそれがなくなる。これにより、セラミック基板１２からヒートシンク３０までの距離を短くすることができ、放熱性を向上させることができると共に、第１セラミック回路基板１０Ａの低背化（薄型化）にも有利になる。また、パワー半導体２６が実装される面（第１金属板１４の表面１４ａ）が部材１８の表面とほぼ同じ、あるいは部材１８の表面よりも高くなるため、パワー半導体２６の

実装性の向上を図ることができる。

[0049] また、部材１８とセラミック基板１２として、第１セラミック回路基板１０Ａに反りが発生するのを抑制するように、少なくとも物性及び厚みが調整されたものを用いることが好ましい。これは、部材１８とセラミック基板１２の熱膨張係数、ヤング率から、それぞれの厚みを調整することによって達成することができる。例えば、部材１８とセラミック基板１２のヤング率が同等の場合、部材１８の熱膨張係数がセラミック基板１２よりも小さいのであれば、部材１８の厚みは、セラミック基板１２よりも薄くすることである。また、部材１８とセラミック基板１２の構成材料を同種にすること、例えば部材１８の構成材料をセラミックにすること等が挙げられる。具体的には、セラミック基板１２の構成材料を例えばSi_3N_4としたとき、部材１８もSi_3N_4とすること等である。Si_3N_4は、熱伝導率が高いだけでなく、「強度」、「靭性」も高く、熱サイクルによるセラミック基板１２のクラック（亀裂）や割れに対する耐性が高いため好適に用いられる。

[0050] 部材１８の好ましい構成材料としては、セラミックス、半導体、金属等が挙げられる。セラミックスは、Si_3N_4、ＡｌＮ、Al_2O_3、ＳｉＣ（炭化珪素）、コージェライト、ムライト等が挙げられ、半導体は、Ｓｉ（シリコン）、ＧａＮ（窒化ガリウム）、ＳｉＣ等が挙げられる。金属は、Ｗ（タングステン）、Ｍｏ（モリブデン）、Ｃｒ（クロム）、Ｎｂ（ニオブ）、Ｉｒ（イリジウム）、又はこれらを主成分とする合金（ＣｕＭｏ、ＣｕW等）が挙げられる。

[0051] 部材１８は、厚みが１００μｍ以上、１ｍｍ以下、熱膨張係数が１０ｐｐｍ／Ｋ以下が好ましい。また、ヤング率は第１金属板１４よりも大きいことが好ましい。第１金属板１４が例えば銅であれば、１３０ＧＰａ以上が好ましい。後述する熱サイクルにおける接合層２４やセラミック基板１２へのクラックの発生を効果的に防止することができる。また、セラミック基板１２と同様の材料であれば、セラミック基板１２を製造する際に同時に部材１８を製造することができるため、コスト的に有利である。

[0052] また、部材１８と第１金属板１４との接合については、部材１８の構成材料がセラミックス又は半導体であれば、Ａｇ－Ｃｕろう等によるろう付けを用いることができる。部材１８の構成材料が金属材料であれば、ろう付けだけでなく、溶射等のコーティングも用いることができる。

[0053] このように、第１セラミック回路基板１０Ａ及び第１電子デバイス２８Ａにおいては、少なくともパワー半導体２６が実装される側の第１金属板１４を厚くしても、第１金属板１４とセラミック基板１２の第１界面３２ａで生じる熱応力を緩和することができると共に、反りの発生も抑制することができ、放熱性の向上を図ることができる。しかも、小型化にも有利となる。

[0054] 次に、第１セラミック回路基板１０Ａのいくつかの変形例について図４Ａ～図１０Ｃを参照しながら説明する。

[0055] 上述した寸法関係のうち、（Ａ－２）、（Ａ－４）、（Ａ－５）、（Ａ－６）及び（Ａ－８）の例は、部材１８の一部が、第１金属板１４の表面１４ａの外周１４ｃよりも横方向に張り出している例を示し、代表的に、（Ａ－５）の例（第１変形例に係る第１セラミック回路基板１０Ａａ）を図４Ａ及び図４Ｂに示す。この第１変形例では、第１金属板１４の表面１４ａに部材１８を接合する際の位置合わせが容易であり、工数の低減、歩留りの向上、生産性の向上を図ることができる。

[0056] （Ａ－３）、（Ａ－７）、（Ａ－９）の例は、部材１８の全体が、窪み２０の底面２０ａ内に接合されている例を示し、代表的に、（Ａ－９）の例（第２変形例に係る第１セラミック回路基板１０Ａｂ）を図５Ａ及び図５Ｂに示す。この第２変形例では、部材１８の構成材料の量が少なくて済み、製造コストの低減を図ることができる。

[0057] 第３変形例に係る第１セラミック回路基板１０Ａｃは、第１セラミック回路基板１０Ａとほぼ同様の構成を有するが、図６Ａ及び図６Ｂに示すように、環状の窪み２０が、第１金属板１４の表面１４ａの外周１４ｃよりも内側の位置に形成されている点で異なる。

[0058] 第４変形例及び第５変形例に係る第１セラミック回路基板１０Ａｄ及び１

０Ａｅは、第１セラミック回路基板１０Ａとほぼ同様の構成を有するが、図７Ａ～図８Ｂに示すように、複数の部材１８が窪み２０の環状に沿って配列されている点で異なる。これら第４変形例及び第５変形例では、部材１８の製造が簡単であり、工数の低減、歩留りの向上、生産性の向上を図ることができる。

[0059] 第４変形例では、図７Ａ及び図７Ｂに示すように、直線状に延びる４つの平板状の部材１８が窪み２０の環状に沿って配列されている。第５変形例では、図８Ａ及び図８Ｂに示すように、Ｌ字状に屈曲した２つの平板状の部材１８が窪み２０の環状に沿って配列されている。

[0060] 第６変形例に係る第１セラミック回路基板１０Ａｆは、第１セラミック回路基板１０Ａとほぼ同様の構成を有するが、図９Ａ及び図９Ｂに示すように、直線状に延びる２つの窪み２０がそれぞれ線対称の位置に形成され、各窪み２０にそれぞれ部材１８が接合されている。この場合、部材１８の構成材料の量が少なくて済み、製造コストの低減を図ることができる。

[0061] 第７変形例に係る第１セラミック回路基板１０Ａｇは、第１セラミック回路基板１０Ａとほぼ同様の構成を有するが、図１０Ａ及び図１０Ｂに示すように、セラミック基板１２の裏面１２ｂに第２金属板１６が接合されていない点で異なる。なお、上述の第１セラミック回路基板１０Ａｇにおいて、セラミック基板１２の裏面１２ｂにヒートシンク３０を接合する場合は、図１０Ｃに示すように、セラミック基板１２の裏面１２ｂとヒートシンク３０との間に伝熱グリースやＴＩＭ等１７を挟んで接合してもよい。

[0062] これら第１変形例～第７変形例に係る第１セラミック回路基板１０Ａａ～１０Ａｇにおいても、第１セラミック回路基板１０Ａと同様の効果を奏する。

[0063] 次に、第２の本実施の形態に係るセラミック回路基板（以下、第２セラミック回路基板１０Ｂと記す）及び第２の本実施の形態に係る電子デバイス（以下、第２電子デバイス２８Ｂと記す）について、図１１Ａ～図１８Ｃを参照しながら説明する。

[0064] 第２セラミック回路基板１０Ｂは、上述した第１セラミック回路基板１０Ａとほぼ同様の構成を有するが、図１１Ａ及び図１１Ｂに示すように、第１金属板１４の表面１４ａに窪みがなく、平坦な表面１４ａ（平坦面）上に環状の部材１８が接合されている点で異なる。

[0065] 部材１８を上面から見た内周の長さ（縦方向の長さＤｉ２ｙ及び横方向の長さＤｉ２ｘ）と第１金属板１４の縦方向の長さＬ１ｙ及び横方向の長さＬ１ｘとの関係は、

Ｄｉ２ｙ＜Ｌ１ｙ

Ｄｉ２ｘ＜Ｌ１ｘ

である。

[0066] 部材１８を上面から見た外周の長さ（縦方向の長さＤｅ２ｙ及び横方向の長さＤｅ２ｘ）と第１金属板１４の縦方向の長さＬ１ｙ及び横方向の長さＬ１ｘとの関係は、以下の関係のいずれを採用してもよい。

（Ｂ－１） Ｄ２ｅｙ＝Ｌ１ｙ、Ｄ２ｅｘ＝Ｌ１ｘ

（Ｂ－２） Ｄ２ｅｙ＞Ｌ１ｙ、Ｄ２ｅｘ＝Ｌ１ｘ

（Ｂ－３） Ｄ２ｅｙ＜Ｌ１ｙ、Ｄ２ｅｘ＝Ｌ１ｘ

（Ｂ－４） Ｄ２ｅｙ＝Ｌ１ｙ、Ｄ２ｅｘ＞Ｌ１ｘ

（Ｂ－５） Ｄ２ｅｙ＞Ｌ１ｙ、Ｄ２ｅｘ＞Ｌ１ｘ

（Ｂ－６） Ｄ２ｅｙ＜Ｌ１ｙ、Ｄ２ｅｘ＞Ｌ１ｘ

（Ｂ－７） Ｄ２ｅｙ＝Ｌ１ｙ、Ｄ２ｅｘ＜Ｌ１ｘ

（Ｂ－８） Ｄ２ｅｙ＞Ｌ１ｙ、Ｄ２ｅｘ＜Ｌ１ｘ

（Ｂ－９） Ｄ２ｅｙ＜Ｌ１ｙ、Ｄ２ｅｘ＜Ｌ１ｘ

[0067] このうち、（Ｂ－１）の例が上述した第２セラミック回路基板１０Ｂ（図１１Ａ及び図１１Ｂ参照）である。

[0068] （Ｂ－２）、（Ｂ－４）、（Ｂ－５）、（Ｂ－６）及び（Ｂ－８）の例は、部材１８の一部が、第１金属板１４の表面１４ａの外周１４ｃよりも横方向に張り出している例を示し、代表的に、（Ｂ－５）の例（第１変形例に係る第２セラミック回路基板１０Ｂａ）を図１２Ａ及び図１２Ｂに示す。この

第１変形例では、第１金属板１４の表面１４ａに部材１８を接合する際の位置合わせが容易であり、工数の低減、歩留りの向上、生産性の向上を図ることができる。

[0069] （Ｂ－３）、（Ｂ－７）、（Ｂ－９）の例は、部材１８の全体が、第１金属板１４の表面１４ａ内に接合されている例を示し、代表的に、（Ｂ－９）の例（第２変形例に係る第２セラミック回路基板１０Ｂｂ）を図１３Ａ及び図１３Ｂに示す。この第２変形例では、部材１８の構成材料の量が少なくて済み、製造コストの低減を図ることができる。

[0070] 第３変形例及び第４変形例に係る第２セラミック回路基板１０Ｂｃ及び１０Ｂｄは、第１セラミック回路基板１０Ａとほぼ同様の構成を有するが、図１４Ａ～図１５Ｂに示すように、複数の部材１８が第１金属板１４の表面１４ａの外周１４ｃに沿って配列されている点で異なる。これら第３変形例及び第４変形例では、部材１８の製造が簡単であり、工数の低減、歩留りの向上、生産性の向上を図ることができる。

[0071] 第３変形例では、図１４Ａ及び図１４Ｂに示すように、直線状に延びる４つの平板状の部材１８が第１金属板１４の表面１４ａの外周１４ｃに沿って配列されている。第４変形例では、図１５Ａ及び図１５Ｂに示すように、Ｌ字状に屈曲した２つの平板状の部材１８が第１金属板１４の表面１４ａの外周１４ｃに沿って配列されている。

[0072] 第５変形例に係る第２セラミック回路基板１０Ｂｅは、図１６Ａ及び図１６Ｂに示すように、上述した第３変形例から一部の部材１８を除いた構成を有する。図１６Ａ及び図１６Ｂでは、長辺がそれぞれ同じ方向に延びる２つの部材１８を接合した（直線状に延びる２つの部材１８をそれぞれ線対称の位置に接合した）例を示す。この第５変形例では、部材１８の構成材料の量が少なくて済み、製造コストの低減を図ることができる。

[0073] そして、第２電子デバイス２８Ｂは、上述した第１電子デバイス２８Ａと同様に、図１７Ａに示すように、第１金属板１４の表面１４ａ（平坦面）のうち、部材１８の孔２２から露出する部分に半田等の接合層２４を介してパ

ワー半導体２６が実装されることで構成される。もちろん、図１７Ｂに示すように、さらに、第２金属板１６の端面にヒートシンク３０を接合して第２電子デバイス２８Ｂを構成してもよい。

[0074] この第２セラミック回路基板１０Ｂにおいては、第１金属板１４の表面１４ａ（平坦面）に部材１８を接合したので、使用時における熱サイクルによって、上述した（ａ）～（ｃ）に示す熱応力が発生することになる。

[0075] これにより、熱応力が第１界面３２ａに集中して発生するということが回避され、使用時の熱サイクルによるセラミック基板１２への亀裂や割れの発生のおそれがなくなる。その結果、第１金属板１４の厚みｔ１を大きくすることが可能となり、放熱性の向上を図ることができる。

[0076] また、第２金属板１６の厚みｔ２を第１金属板１４の厚みｔ１よりも小さくすることができ、放熱性を向上させることができると共に、第２セラミック回路基板１０Ｂの低背化（薄型化）にも有利になる。

[0077] 図１８Ａ及び図１８Ｂに示すように、セラミック基板１２の裏面１２ｂに第２金属板１６を接合しない構成（第６変形例に係る第２セラミック回路基板１０Ｂｆ）を採用してもよい。なお、上述の第２セラミック回路基板１０Ｂｆにおいて、セラミック基板１２の裏面１２ｂにヒートシンク３０を接合する場合は、図１８Ｃに示すように、セラミック基板１２の裏面１２ｂとヒートシンク３０との間に伝熱グリースやＴＩＭ等１７を挟んで接合してもよい。

[0078] これら第１変形例～第６変形例に係る第２セラミック回路基板１０Ｂａ～１０Ｂｆにおいても、第２セラミック回路基板１０Ｂと同様の効果を奏する。

実施例

[0079] ［第１実施例］

実施例１～５、比較例１及び２について、接合層２４及びセラミック基板１２へのクラックの有無を評価した。評価結果を後述する表１に示す。

[0080] セラミック基板１２及び部材１８のために、曲げ強度が６５０ＭＰａで、

厚みが０．３ｍｍの窒化珪素（Si_3N_4）基板を用意した。第１金属板１４及び第２金属板１６のために、無酸素Ｃｕ板を用意した。また、Ｔｉ活性金属粉末を添加したＡｇ－Ｃｕ系のろう材ペーストを用意した。

[0081]（実施例１）

実施例１に係る評価サンプルのセラミック回路基板は、図１１Ａ及び図１１Ｂに示す第２セラミック回路基板１０Ｂと同様の構成を有する。すなわち、環状の部材１８を使用した（表１において「（環状）」と表記した）。

[0082] 先ず、セラミック基板１２及び部材１８にろう材を厚み１０μｍ塗布し、Ｃｕ板（第１金属板１４及び第２金属板１６）を接合した。第１金属板１４の厚みｔ１は２ｍｍ、第２金属板１６の厚みｔ２は０．１ｍｍとした。接合条件は、真空下、温度８００℃、１ＭＰａで加熱加圧接合した。その後、図１７Ａ及び図１７Ｂに示すように、パワー半導体２６を接合層２４（この場合、半田層）で接合し、実施例１に係る評価サンプルとした。１０個の評価サンプルを作製した。

[0083]（実施例２）

実施例２に係る評価サンプルのセラミック回路基板は、図１４Ａ及び図１４Ｂに示すセラミック回路基板１０Ｂｃと同様の構成を有する。すなわち、４つの部材１８を第１金属板１４の表面１４ａの外周１４ｃに沿って配列接合した点（表１において「（分割１）」と表記した）以外は、実施例１と同様にして実施例２に係る１０個の評価サンプルを作製した。

[0084]（実施例３）

実施例３に係る評価サンプルのセラミック回路基板は、図１６Ａ及び図１６Ｂに示すセラミック回路基板１０Ｂｅと同様の構成を有する。すなわち、直線状に延びる２つの部材１８をそれぞれ線対称の位置に接合した点（表１において「（分割２）」と表記した）以外は、実施例１と同様にして実施例３に係る１０個の評価サンプルを作製した。

[0085]（実施例４）

実施例４に係る評価サンプルのセラミック回路基板は、図１Ａ及び図１Ｂ

に示す第１セラミック回路基板１０Ａと同様の構成を有する。すなわち、第１金属板１４の表面１４ａの外周部分をエッチングして、環状の窪み２０を形成し、窪み２０に環状の部材１８を埋め込み接合した点（表１において「（埋込）」と表記した）以外は、実施例１と同様にして実施例４に係る１０個の評価サンプルを作製した。

[0086]（実施例５）

実施例５に係る評価サンプルのセラミック回路基板は、図１８Ａ及び図１８Ｂに示すセラミック回路基板１０Ｂｆと同様の構成を有する。すなわち、セラミック基板１２の裏面１２ｂに第２金属板１６を接合しなかった点以外は、実施例１と同様にして実施例５に係る１０個の評価サンプルを作製した。

[0087]（比較例１）

比較例１に係る評価サンプルのセラミック回路基板は、図２０に示すセラミック回路基板１００と同様の構成を有する。すなわち、第１金属板１０４に部材１８を接合せず、第１金属板１０４及び第２金属板１０６の厚みを共に２ｍｍとした点以外は、実施例１と同様にして比較例１に係る１０個の評価サンプルを作製した。

[0088]（比較例２）

比較例２に係る評価サンプルは、第１金属板１０４に部材１８を接合せず、第１金属板１０４の厚みを２ｍｍ、第２金属板１０６の厚みを０．１ｍｍとした点以外は、実施例１と同様にして比較例２に係る１０個の評価サンプルを作製した。

[0089]＜評価＞

先ず、評価方法として、温度＝－４０℃～１２５℃の熱サイクル試験を実施した。サイクル数＝１００サイクルとし、１サイクル当たり、－４０℃（低温）下で３０分、１２５℃（高温）下で３０分保持した。熱サイクル試験終了後に、接合層２４へのクラックの発生率と、セラミック基板へのクラックの発生率を評価した。具体的には、接合層２４へのクラックの発生率は、

１０個の評価サンプルのうち、接合層２４にクラックが発生した評価サンプルの個数で表し、セラミック基板へのクラックの発生率は、１０個の評価サンプルのうち、セラミック基板１２（セラミック基板１０２）にクラックが発生した評価サンプルの個数で表した。表１には、クラックが発生した評価サンプルの個数／評価サンプルの母数（＝１０）で表記した。評価結果を下記表１に示す。

[0090] [表1]

	部材の有無	第1金属板の厚み	第2金属板の厚み	接合層へのクラックの発生率	セラミック基板へのクラックの発生率
実施例1	有り(環状)	2mm	0.1mm	0／10	0／10
実施例2	有り(分割1)	2mm	0.1mm	0／10	0／10
実施例3	有り(分割2)	2mm	0.1mm	0／10	0／10
実施例4	有り(埋込)	2mm	0.1mm	0／10	0／10
実施例5	有り(環状)	2mm	無し	0／10	0／10
比較例1	無し	2mm	2mm	0／10	7／10
比較例2	無し	2mm	0.1mm	10／10	0／10

[0091] 表１から、実施例１～５に係る評価サンプルは、いずれも接合層２４及びセラミック基板１２にクラックが発生しなかった。これは、第１金属板１４の表面１４ａに部材１８を接合したことから、第１金属板１４とセラミック基板１２との界面３２ａに発生する熱応力が緩和されたことによるものと考えられる。

[0092] これに対して、比較例１は、いずれも接合層２４にはクラックが生じていなかったが、１０個の評価サンプル中、７個の評価サンプルにおいてセラミック基板１０２にクラックが発生していた。比較例２は、いずれもセラミック基板１０２にはクラックが生じていなかったが、１０個の評価サンプル全てにおいて接合層２４にクラックが発生していた。

[0093] ［第２実施例］

実施例６～１２について、接合層２４及びセラミック基板１２へのクラックの有無を評価した。評価結果を後述する表２に示す。

[0094] セラミック基板１２のために、曲げ強度が６５０ＭＰａで、厚みが０．３ｍｍの窒化珪素（Si_3N_4）基板を用意した。Si_3N_4基板は、熱膨張係数が３．１ｐｐｍ／Ｋ、ヤング率が３３０ＧＰａである。第１金属板１４及び第２金属板１６のために、無酸素Ｃｕ板を用意した。無酸素Ｃｕ板は、熱膨張係数が１６．５ｐｐｍ／Ｋ、ヤング率が１２９．８ＧＰａである。また、Ｔｉ活性金属粉末を添加したＡｇ－Ｃｕ系のろう材ペーストを用意した。

[0095]（実施例６）

部材１８のために、厚みが０．３ｍｍのアルミナ（Al_2O_3）基板を用意した。Al_2O_3基板は、熱膨張係数が７．２ｐｐｍ／Ｋ、ヤング率が３１０ＧＰａである。そして、実施例６に係る評価サンプルのセラミック回路基板は、上述した第１実施例と同様に、図１１Ａ及び図１１Ｂに示す第２セラミック回路基板１０Ｂと同様の構成を有する。すなわち、環状の部材１８を使用した（表２において「（環状配置）」と表記した）。

[0096] 先ず、セラミック基板１２及び部材１８にろう材を厚み１０μｍ塗布し、Ｃｕ板（第１金属板１４及び第２金属板１６）を接合した。第１金属板１４の厚みｔ１は２ｍｍ、第２金属板１６の厚みｔ２は０．１ｍｍとした。接合条件は、真空下、温度８００℃、１ＭＰａで加熱加圧接合した。その後、図１７Ａ及び図１７Ｂに示すように、パワー半導体２６を接合層２４（この場合、半田層）で接合し、実施例６に係る評価サンプルとした。１０個の評価サンプルを作製した。

[0097]（実施例７）

部材１８のために、厚みが０．３ｍｍのアルミナ－ジルコニア（Al_2O_3－ZrO_2）基板を用意したこと以外は、上述した実施例６と同様にして、実施例７に係る１０個の評価サンプルを作製した。Al_2O_3－ZrO_2基板は、Al_2O_3を８０質量％、ZrO_2を２０質量％含有する。また、熱膨張係数が８．３ｐｐｍ／Ｋ、ヤング率が３８０ＧＰａである。

[0098] （実施例８）

部材１８のために、厚みが０．３ｍｍの炭化珪素（ＳｉＣ）基板を用意したこと以外は、上述した実施例６と同様にして、実施例８に係る１０個の評価サンプルを作製した。ＳｉＣ基板は、熱膨張係数が３．８ｐｐｍ／Ｋ、ヤング率が３９０ＧＰａである。

[0099] （実施例９）

部材１８のために、厚みが０．３ｍｍのジルコニア（ZrO_2）基板を用意したこと以外は、上述した実施例６と同様にして、実施例９に係る１０個の評価サンプルを作製した。ZrO_2基板は、熱膨張係数が１０．５ｐｐｍ／Ｋ、ヤング率が２００ＧＰａである。

[0100] （実施例１０）

部材１８のために、厚みが０．３ｍｍのシリコン（Ｓｉ）基板を用意したこと以外は、上述した実施例６と同様にして、実施例１０に係る１０個の評価サンプルを作製した。Ｓｉ基板は、熱膨張係数が３．９ｐｐｍ／Ｋ、ヤング率が１９０ＧＰａである。

[0101] （実施例１１）

部材１８のために、厚みが０．３ｍｍのタングステン（Ｗ）基板を用意したこと以外は、上述した実施例６と同様にして、実施例１１に係る１０個の評価サンプルを作製した。Ｗ基板は、熱膨張係数が４．３ｐｐｍ／Ｋ、ヤング率が３４５ＧＰａである。

[0102] （実施例１２）

部材１８のために、厚みが０．３ｍｍのタングステン－銅（Ｗ－Ｃｕ）基板を用意したこと以外は、上述した実施例６と同様にして、実施例１２に係る１０個の評価サンプルを作製した。Ｗ－Ｃｕ基板は、Ｗを８０質量％、Ｃｕを２０質量％含有する。また、熱膨張係数が８．３ｐｐｍ／Ｋ、ヤング率が２９０ＧＰａである。

[0103] ＜評価＞

上述した第１実施例と同様に、評価方法として、温度＝－４０℃～１２５

℃の熱サイクル試験を実施した。サイクル数＝１００サイクルとし、１サイクル当たり、－４０℃（低温）下で３０分、１２５℃（高温）下で３０分保持した。熱サイクル試験終了後に、接合層２４へのクラックの発生率と、セラミック基板へのクラックの発生率を評価した。評価結果を下記表２に示す。表２においても、表１と同様に、クラックが発生した評価サンプルの個数／評価サンプルの母数（＝１０）で表記した。

[0104] [表2]

	部材の材料（環状配置）	熱膨張係数（ppm／K）	ヤング率（GPa）	接合層へのクラックの発生率	セラミック基板へのクラックの発生率
実施例6	Al_2O_3	7．2	310	0／10	0／10
実施例7	Al_2O_3-ZrO_2(20%)	8．3	380	0／10	0／10
実施例8	SiC	3．8	390	0／10	0／10
実施例9	ZrO_2	10．5	200	1／10	1／10
実施例10	Si	3．9	190	0／10	0／10
実施例11	W	4．3	345	0／10	0／10
実施例12	W－Cu(20%)	8．3	290	0／10	0／10

[0105] 表２から、実施例６～１２のうち、実施例９を除く実施例はいずれも接合層２４及びセラミック基板１２にクラックが発生しなかった。これは、第１金属板１４の表面１４ａに部材１８を接合したことから、第１金属板１４とセラミック基板１２との界面３２ａに発生する熱応力が緩和されたことによるものと考えられる。

[0106] 実施例９については、１０個の評価サンプル中、１個の評価サンプルにおいて接合層２４及びセラミック基板１２にクラックが発生していたが、実用上は問題ないレベルである。実施例９のみにクラックが発生したのは、実施例６～１２のうち実施例９のＺｒO_2板の熱膨張係数が第１金属板１４の熱膨張係数（この場合、１６．５ｐｐｍ／Ｋ）に最も近いためと考えられる。

[0107] なお、本発明に係るセラミック回路基板及び電子デバイスは、上述の実施の形態に限らず、本発明の要旨を逸脱することなく、種々の構成を採り得る

ことはもちろんである。

請求の範囲

[請求項1] セラミック基板（１２）と、

前記セラミック基板（１２）の表面（１２ａ）に接合された金属板（１４）と、

前記金属板（１４）の表面（１４ａ）側に接合された部材（１８）と、を有し、

前記部材（１８）は、前記金属板（１４）よりも熱膨張係数が小さく、且つ、ヤング率が大きい材料からなることを特徴とするセラミック回路基板。

[請求項2] 請求項１記載のセラミック回路基板において、

前記部材（１８）は、前記金属板（１４）の表面（１４ａ）の外周に沿って環状に形成されていることを特徴とするセラミック回路基板。

[請求項3] 請求項１記載のセラミック回路基板において、

複数の前記部材（１８）が前記金属板（１４）の表面（１４ａ）の外周に沿って配列されていることを特徴とするセラミック回路基板。

[請求項4] 請求項１記載のセラミック回路基板において、

２つの前記部材（１８）が線対称の位置に接合されていることを特徴とするセラミック回路基板。

[請求項5] 請求項１～４のいずれか１項に記載のセラミック回路基板において、

前記部材（１８）は、その一部が、前記金属板（１４）の表面（１４ａ）の外周よりも横方向に張り出していることを特徴とするセラミック回路基板。

[請求項6] 請求項１～４のいずれか１項に記載のセラミック回路基板において

前記部材（１８）は、その全体が、前記金属板（１４）の表面（１４ａ）内に接合されていることを特徴とするセラミック回路基板。

[請求項7] 請求項１～６のいずれか１項に記載のセラミック回路基板において

、

前記金属板（１４）の表面（１４ａ）の一部に窪み（２０）を有し

、

前記部材（１８）は、前記窪み（２０）に接合されていることを特徴とするセラミック回路基板。

[請求項8] 請求項１～７のいずれか１項に記載のセラミック回路基板において

、

前記部材（１８）と前記セラミック基板（１２）として、当該セラミック回路基板に反りが発生するのを抑制するように、少なくとも物性及び厚みが調整されたものが用いられていることを特徴とするセラミック回路基板。

[請求項9] 請求項１～８のいずれか１項に記載のセラミック回路基板において

、

前記部材（１８）の構成材料は、前記セラミック基板（１２）と同様のセラミック材料であることを特徴とするセラミック回路基板。

[請求項10] 請求項１～９のいずれか１項に記載のセラミック回路基板において

、

前記セラミック基板（１２）の構成材料は窒化珪素であることを特徴とするセラミック回路基板。

[請求項11] 請求項１～１０のいずれか１項に記載のセラミック回路基板において、

前記セラミック基板（１２）の裏面（１２ｂ）に別の金属板（１６）が接合され、

前記金属板（１４）の厚みは前記別の金属板（１６）の厚みよりも大きいことを特徴とするセラミック回路基板。

[請求項12] 請求項１１記載のセラミック回路基板において、

前記セラミック基板（１２）の厚みをｔａ、前記金属板（１４）の厚みをｔ１、前記別の金属板（１６）の厚みをｔ２としたとき、

ｔ２＜ｔａ＜ｔ１

であることを特徴とするセラミック回路基板。

[請求項13] 請求項１～１２のいずれか１項に記載のセラミック回路基板と、

前記セラミック回路基板の前記金属板（１４）の表面（１４ａ）に実装されたパワー半導体（２６）と、を有することを特徴とする電子デバイス。

[図1]

FIG. 1A

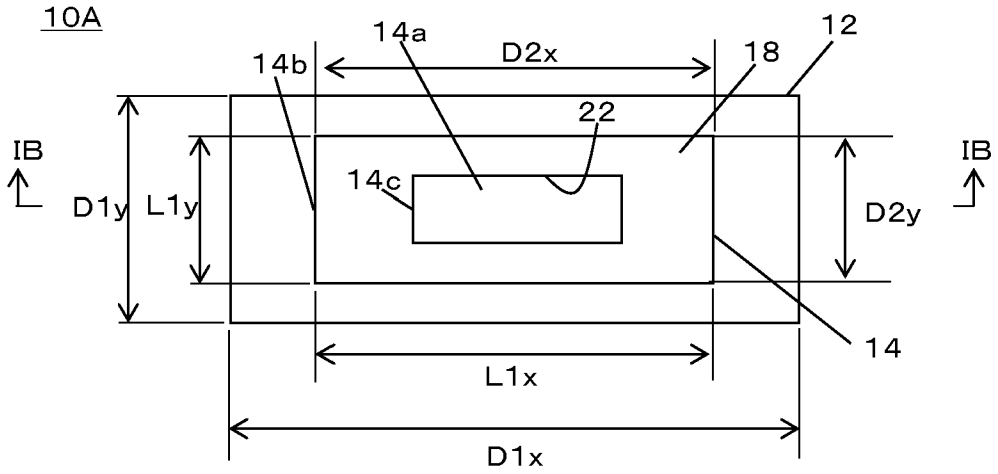
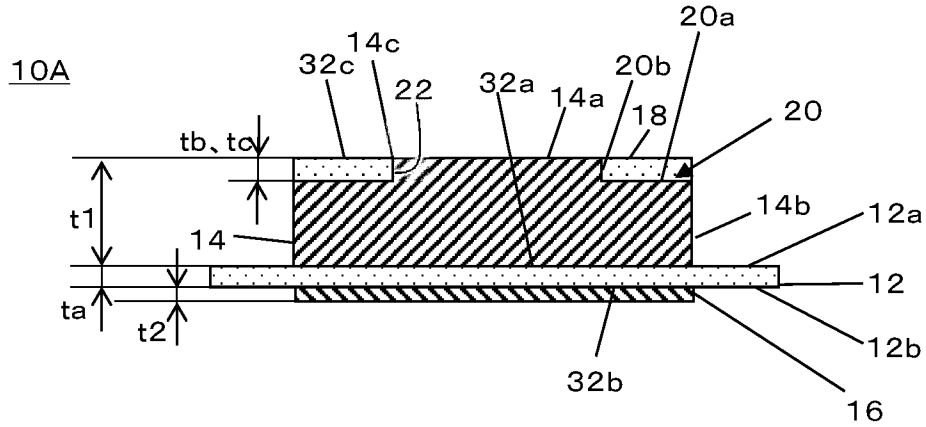


FIG. 1B



[図2]

FIG. 2A

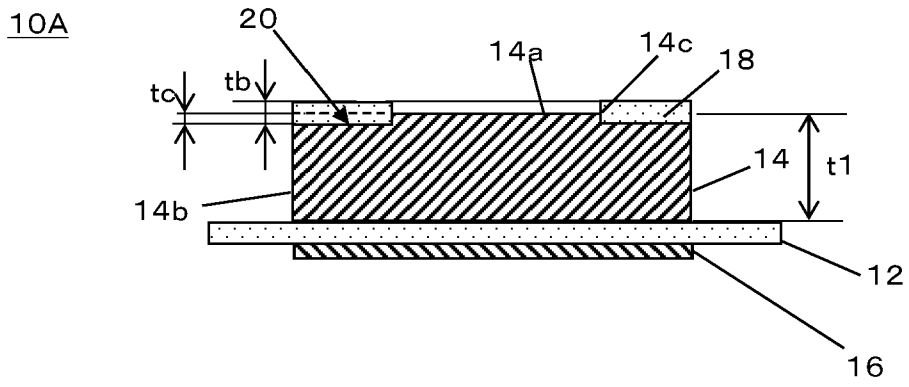
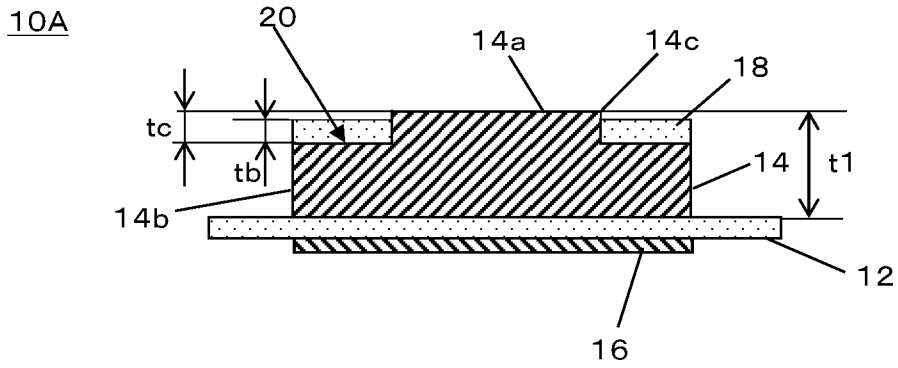


FIG. 2B



[図3]

FIG. 3A

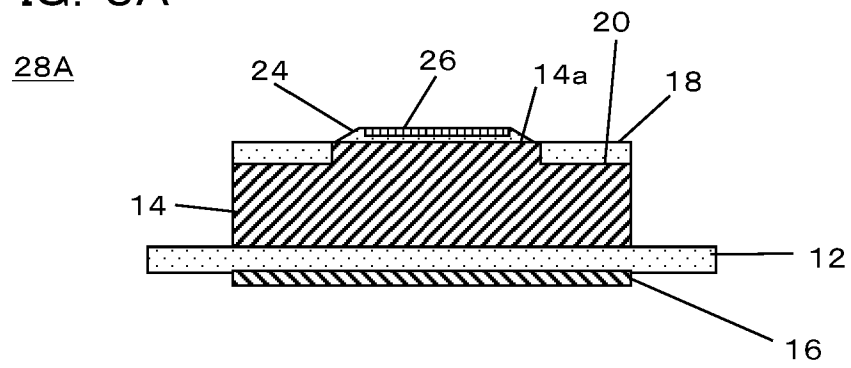
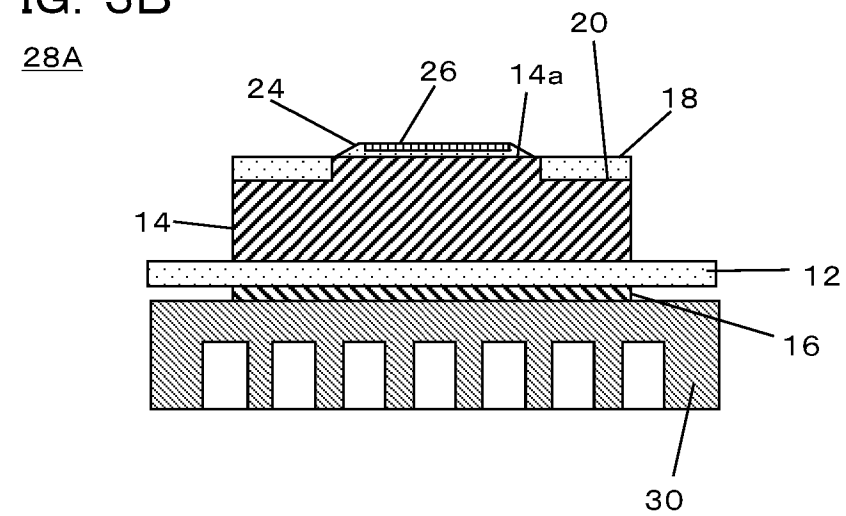


FIG. 3B



[図4]

FIG. 4A

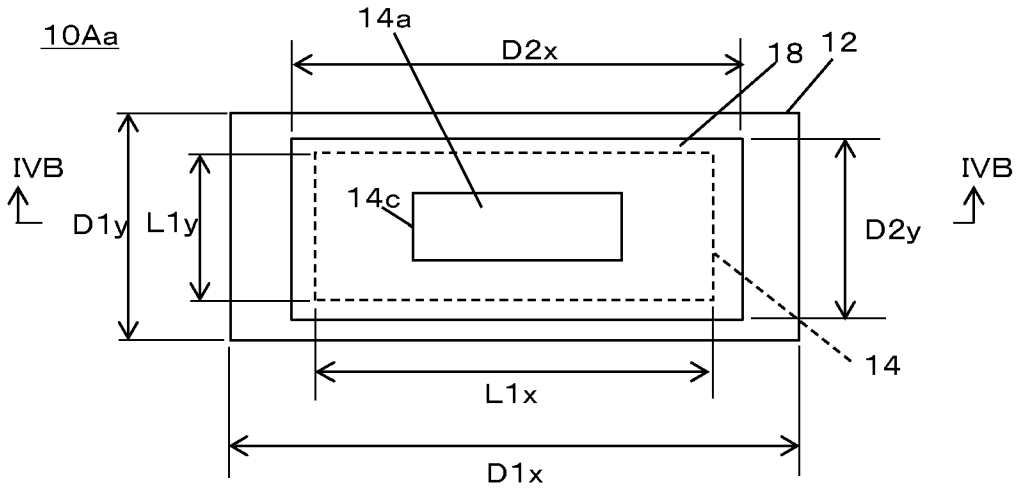
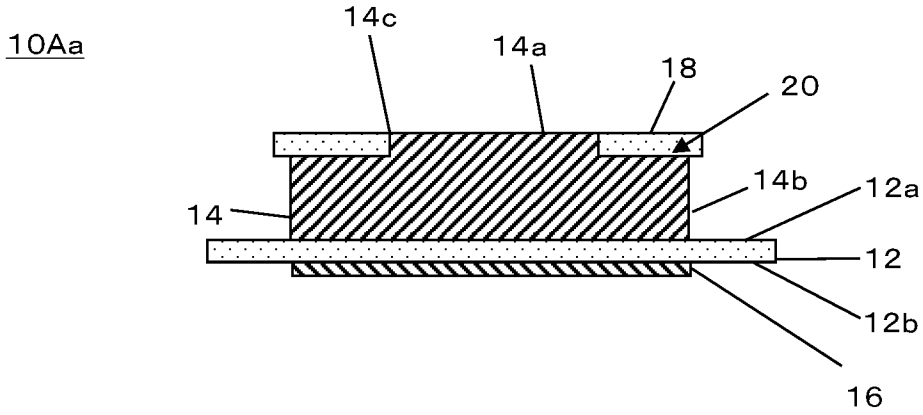


FIG. 4B



[図5]

FIG. 5A

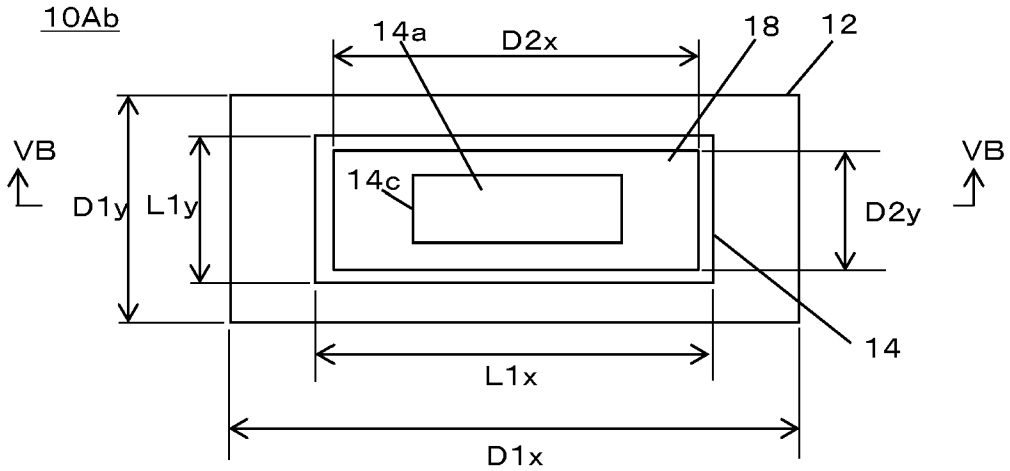
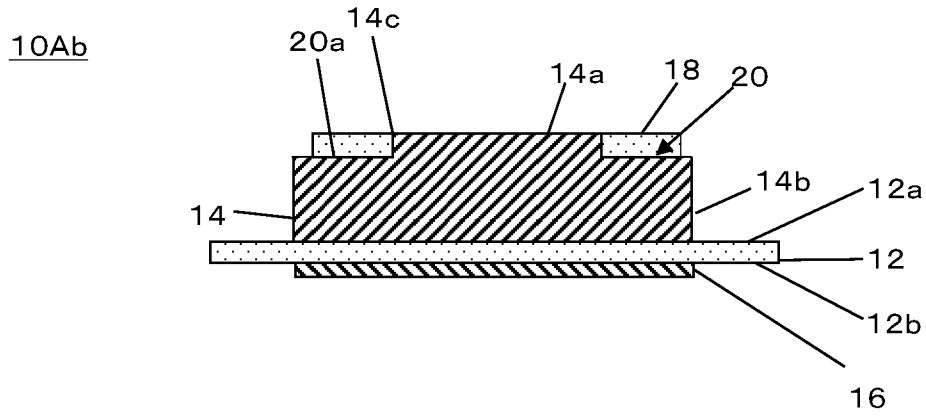


FIG. 5B



[図6]

FIG. 6A

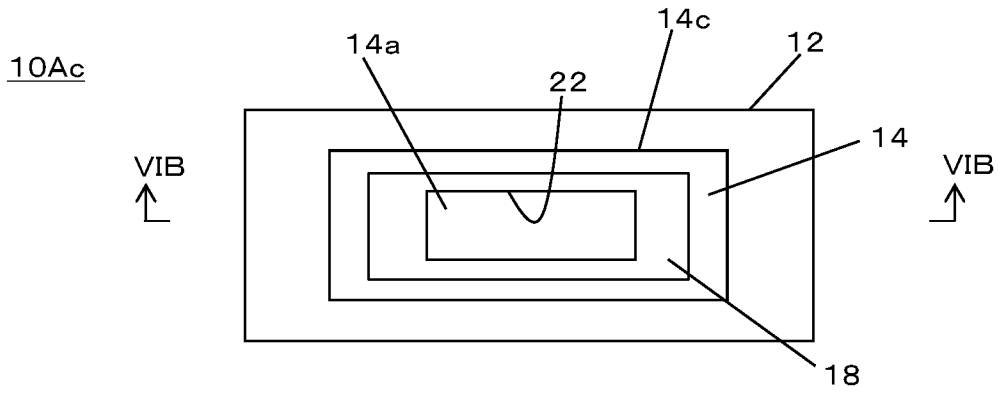
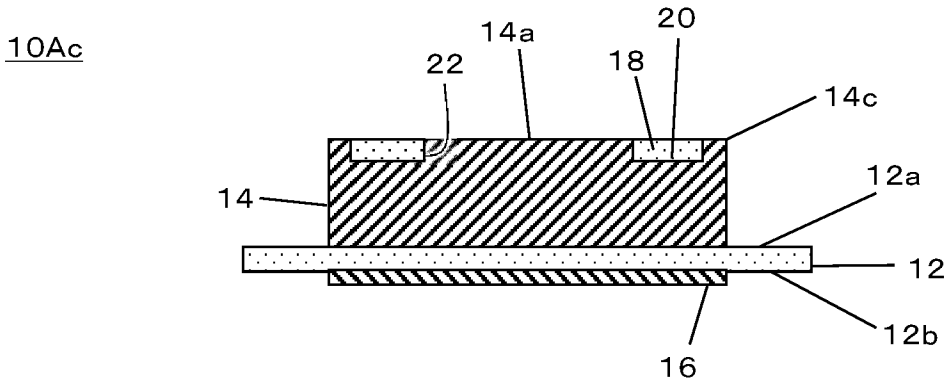


FIG. 6B



[図7]

FIG. 7A

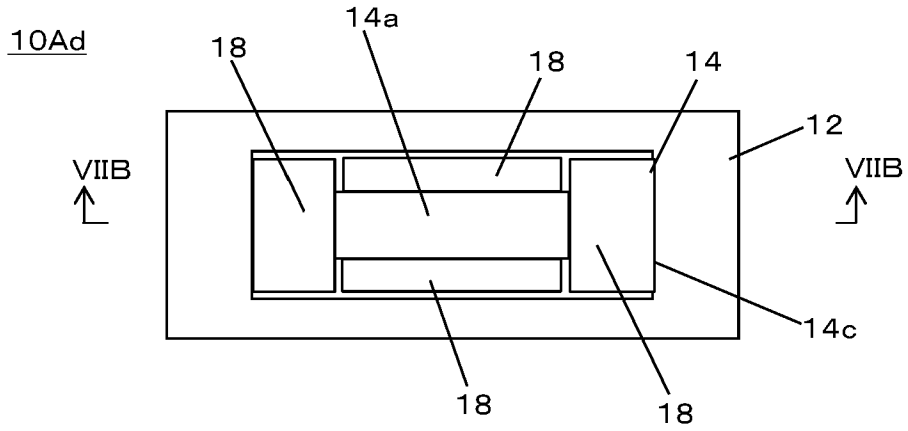
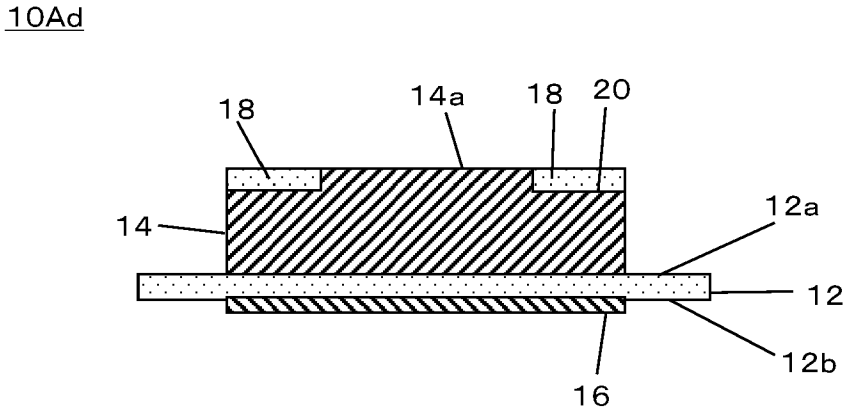


FIG. 7B



[図8]

FIG. 8A

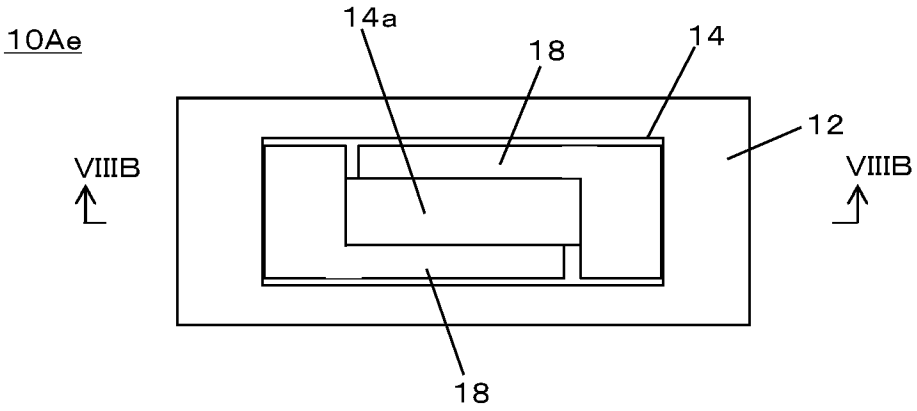
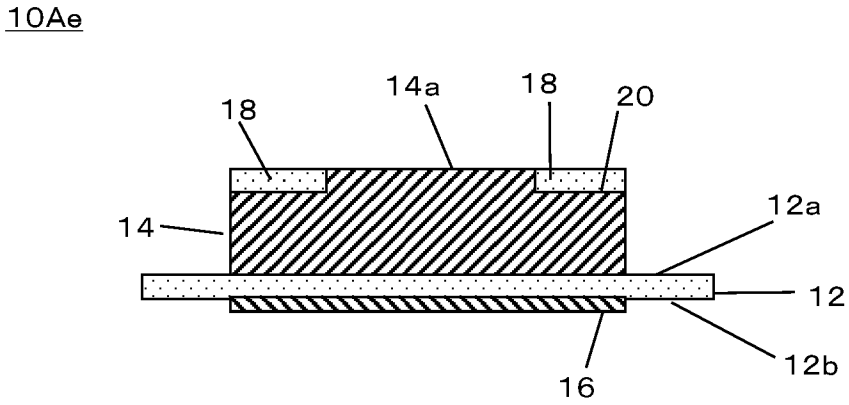


FIG. 8B



[図9]

FIG. 9A

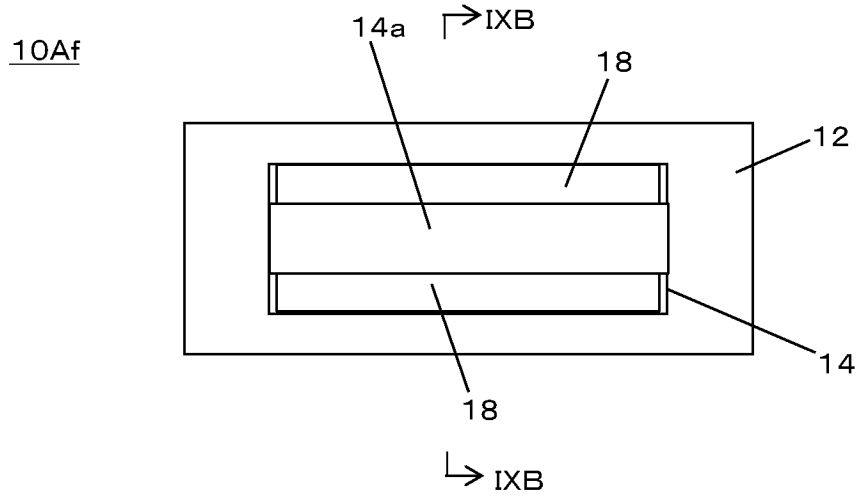
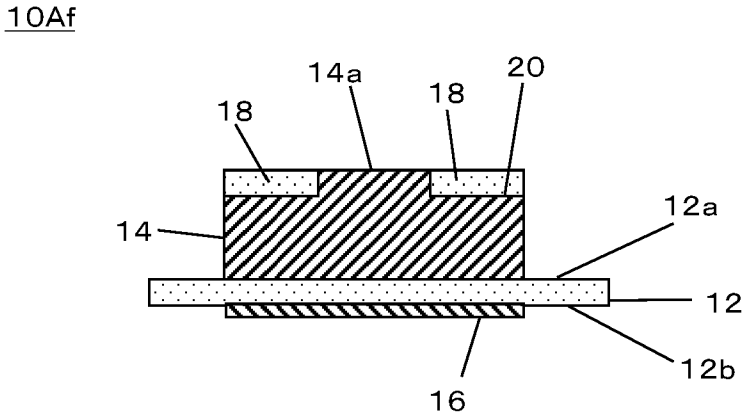


FIG. 9B



[図10]

FIG. 10A

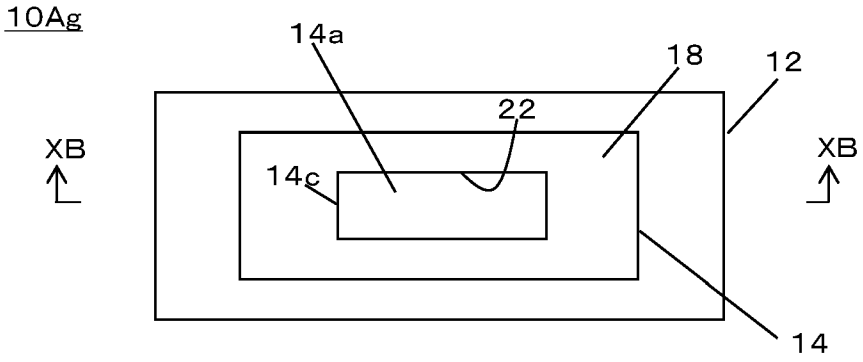


FIG. 10B

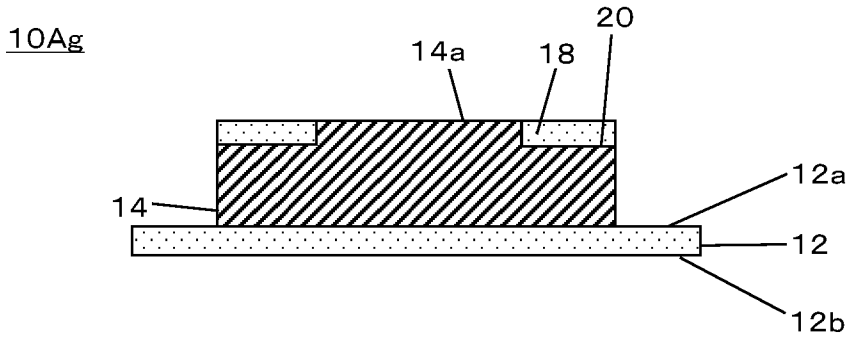
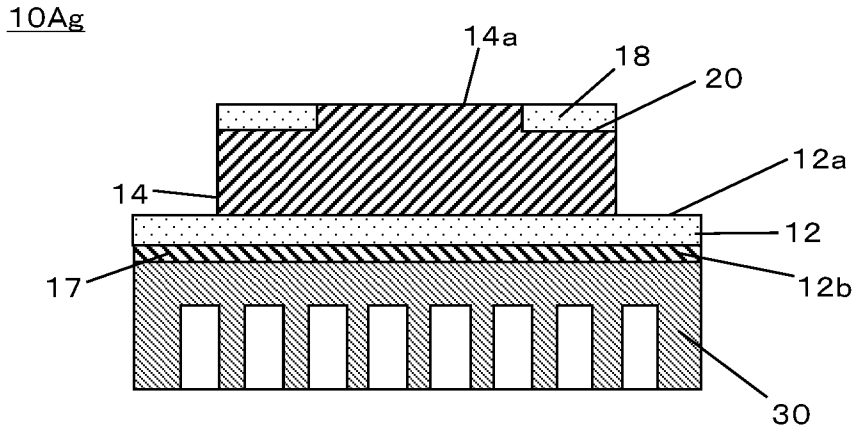


FIG. 10C



[図11]

FIG. 11A

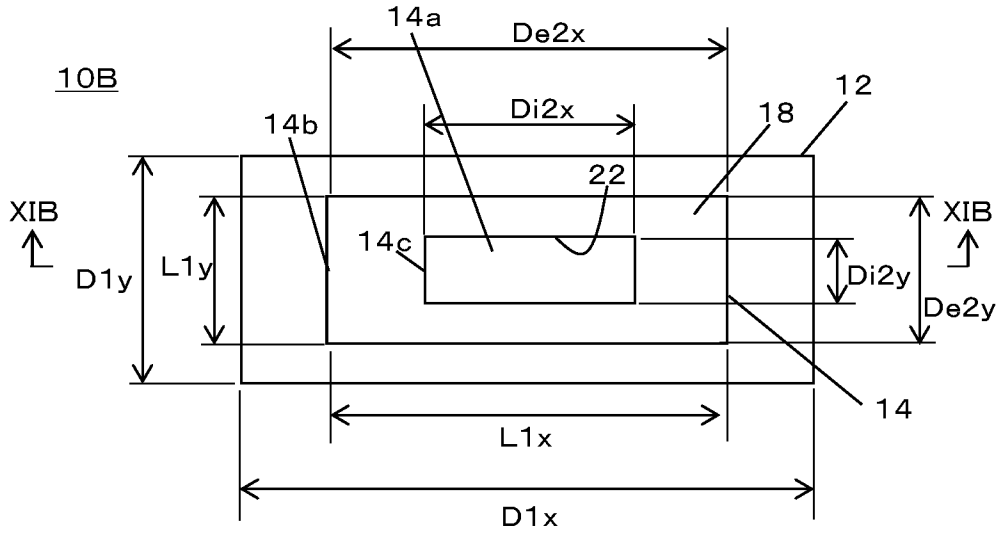
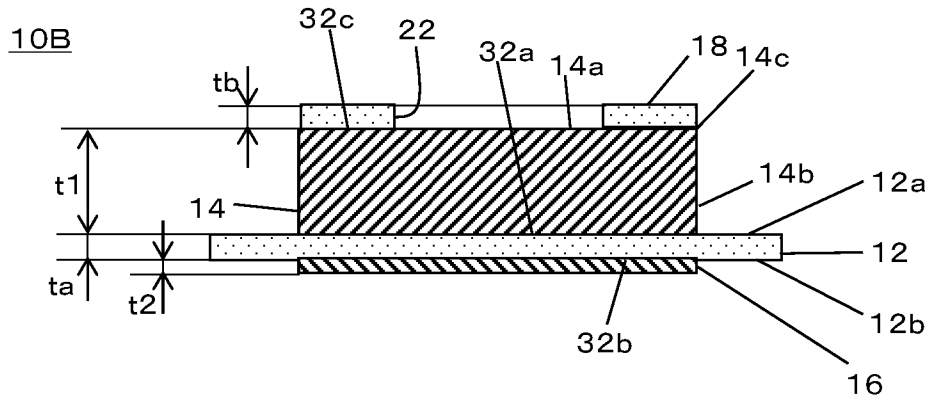


FIG. 11B



[図12]

FIG. 12A

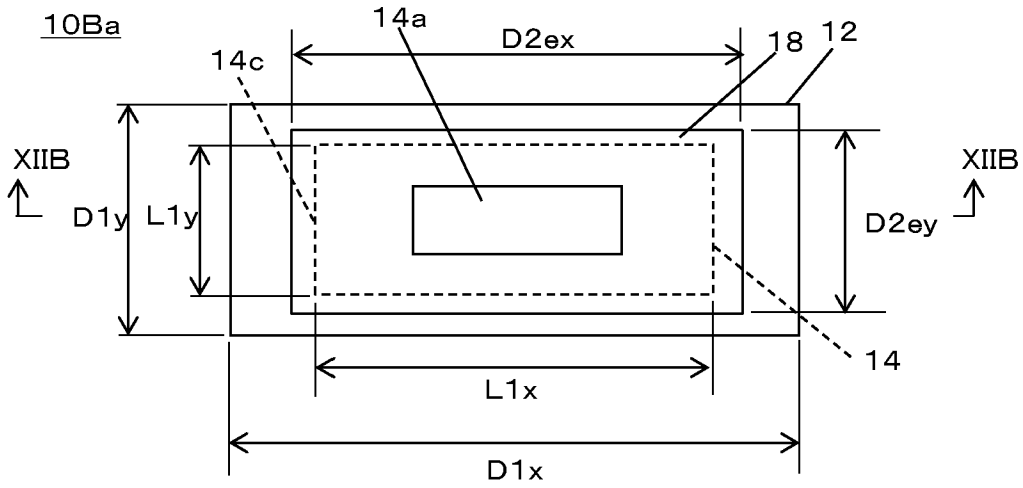
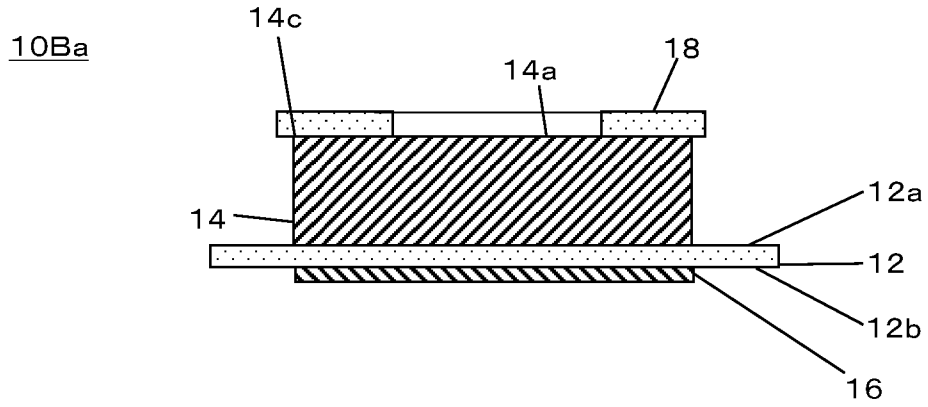


FIG. 12B



[図13]

FIG. 13A

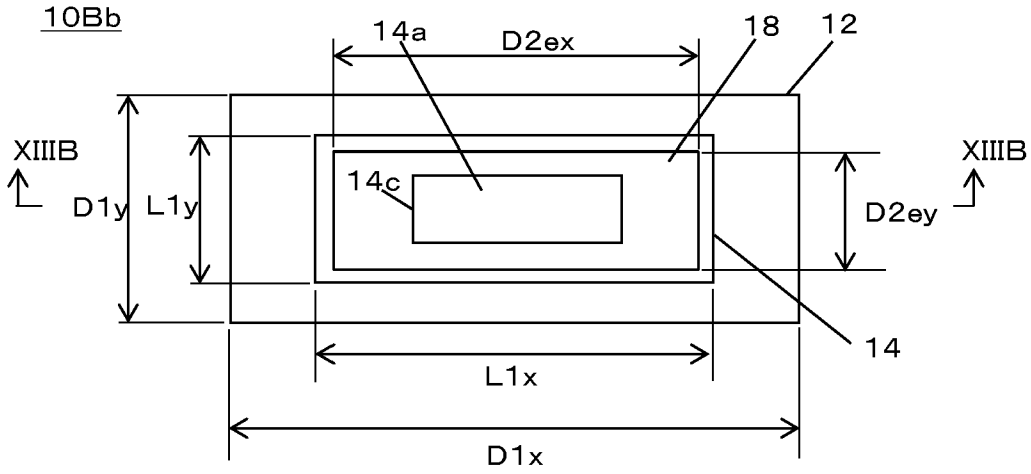
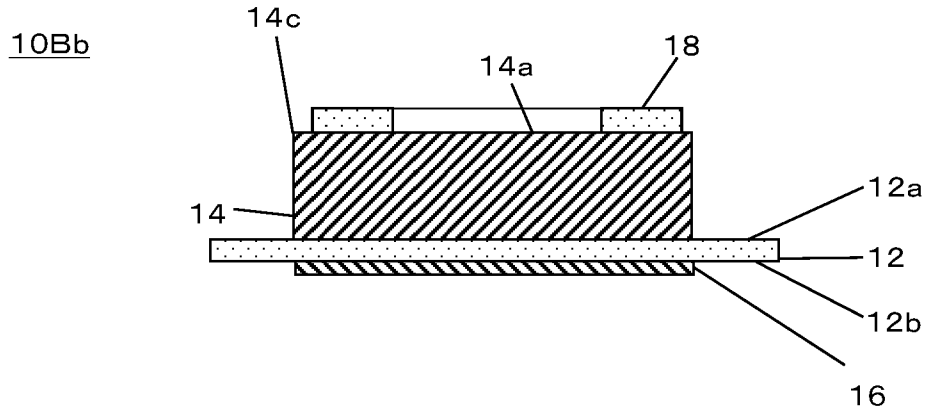


FIG. 13B



[図14]

FIG. 14A

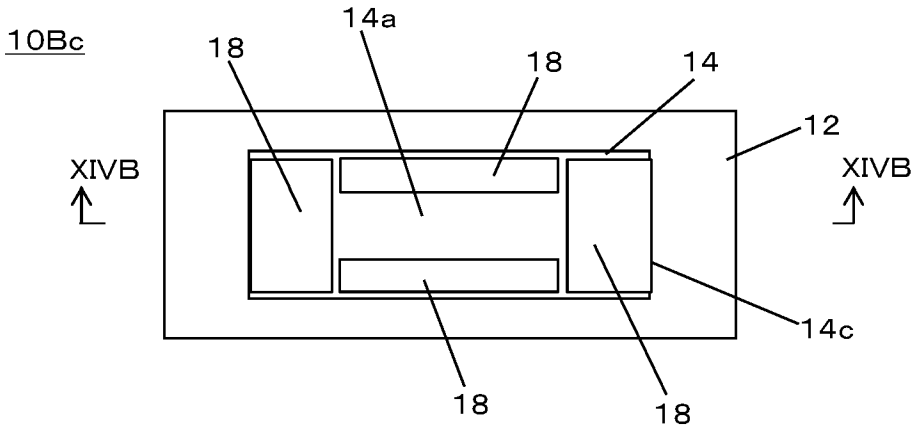
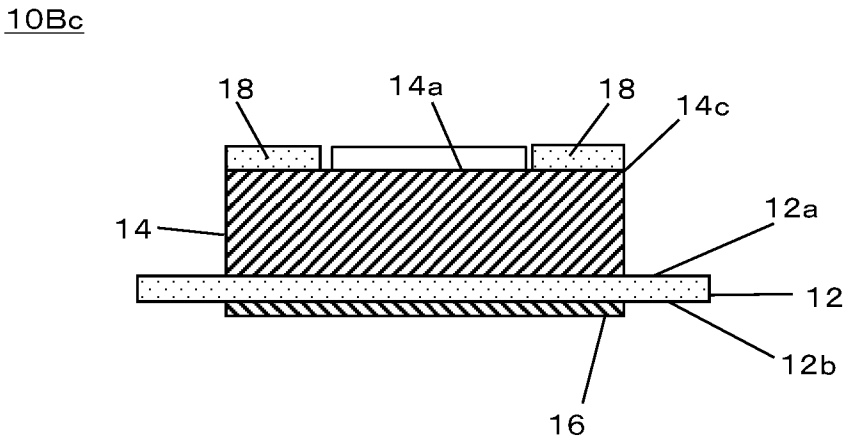


FIG. 14B



[図15]

FIG. 15A

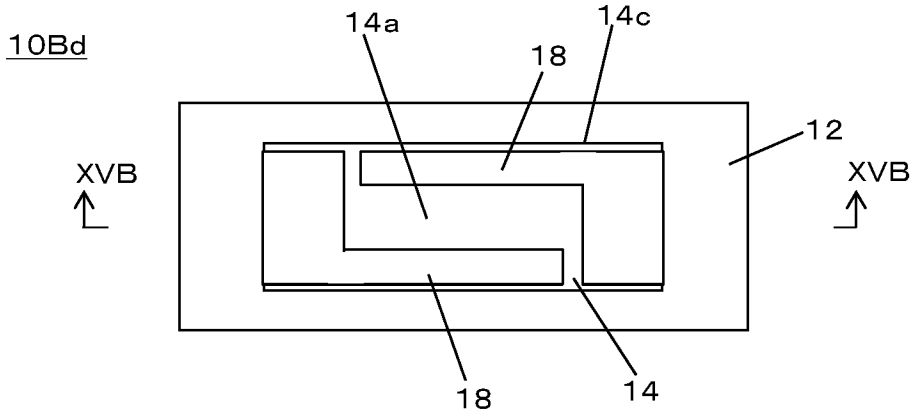
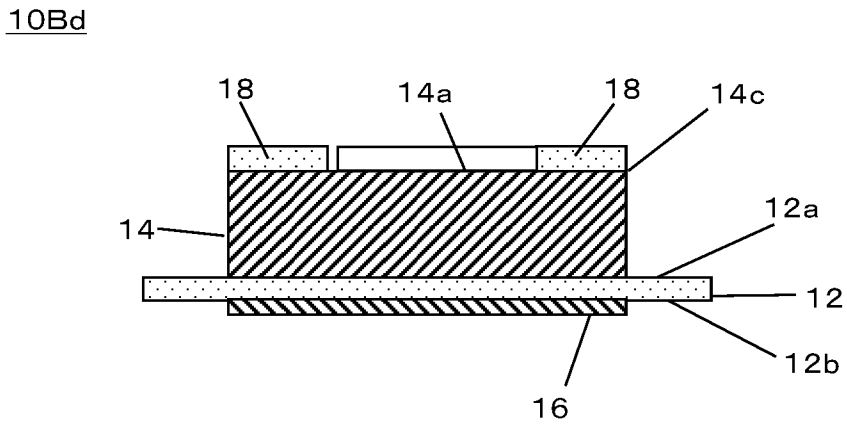


FIG. 15B



[図16]

FIG. 16A

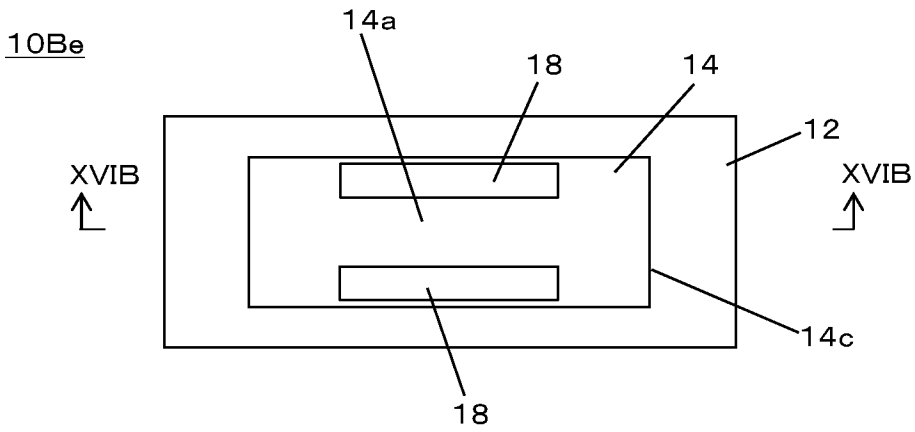
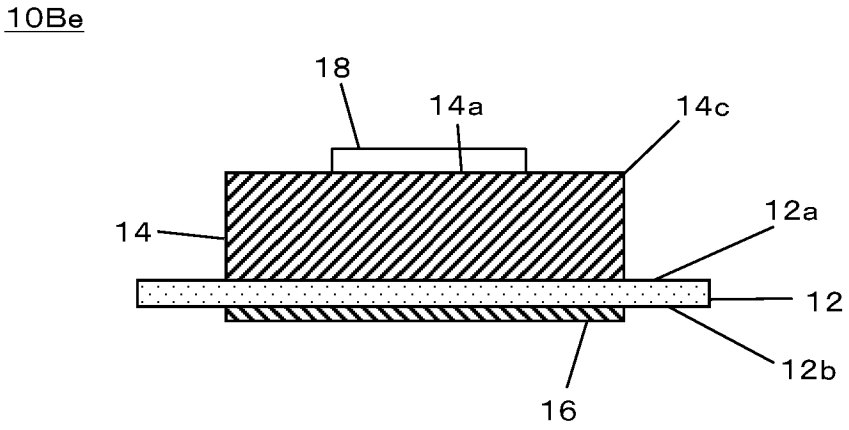


FIG. 16B



[図17]

FIG. 17A

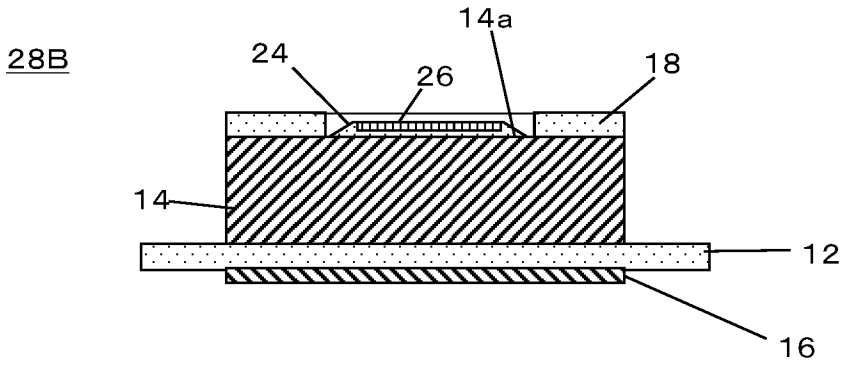
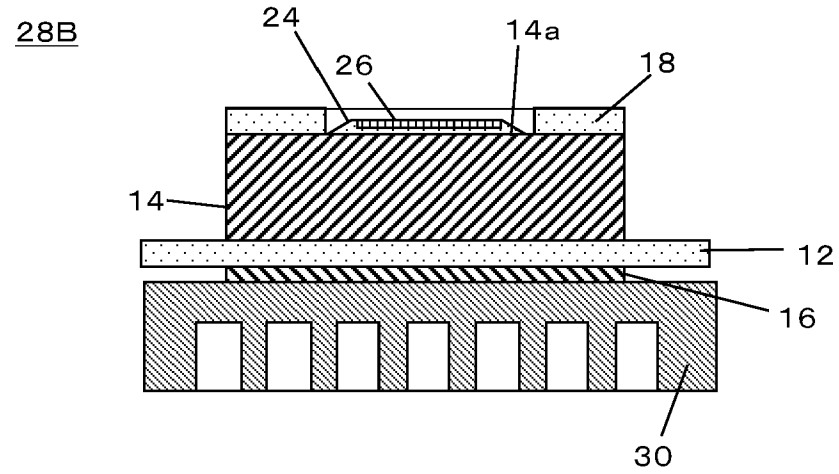


FIG. 17B



[図18]

FIG. 18A

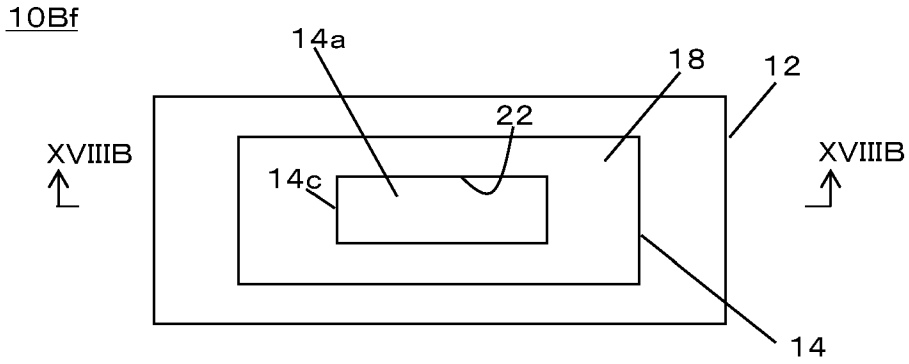


FIG. 18B

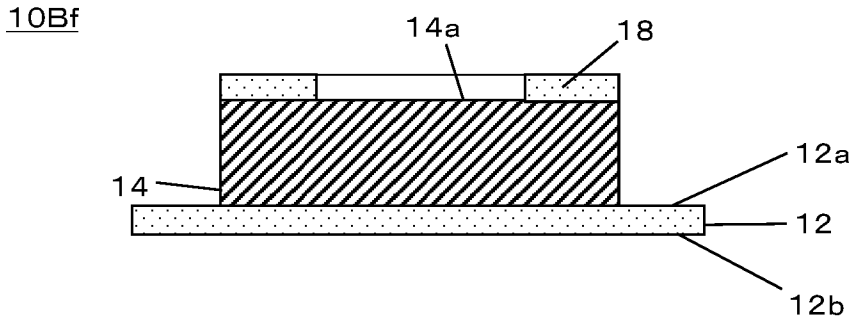
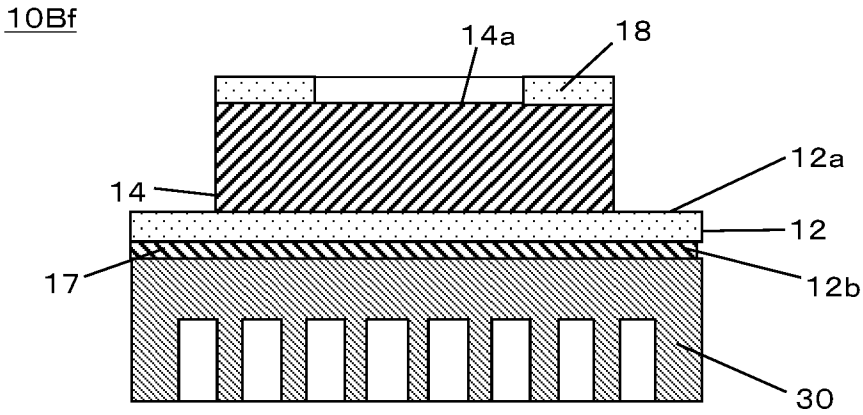


FIG. 18C



[図19]

FIG. 19A

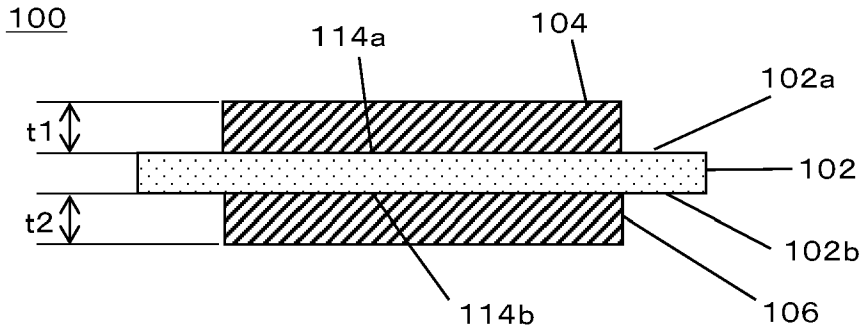
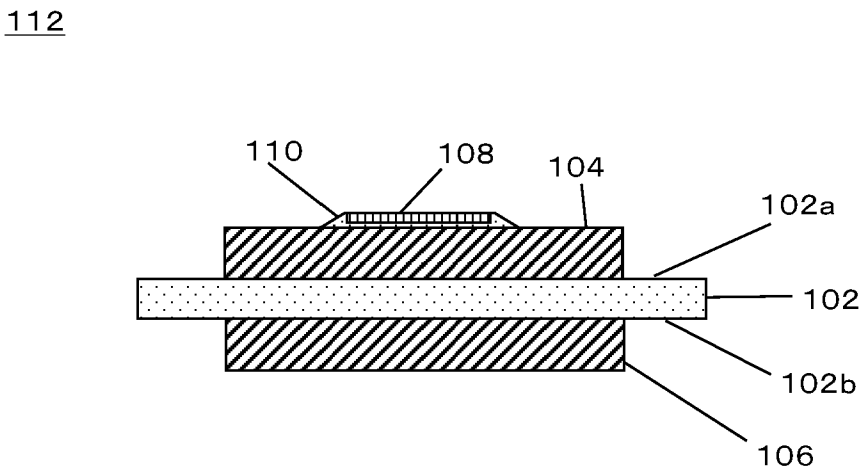
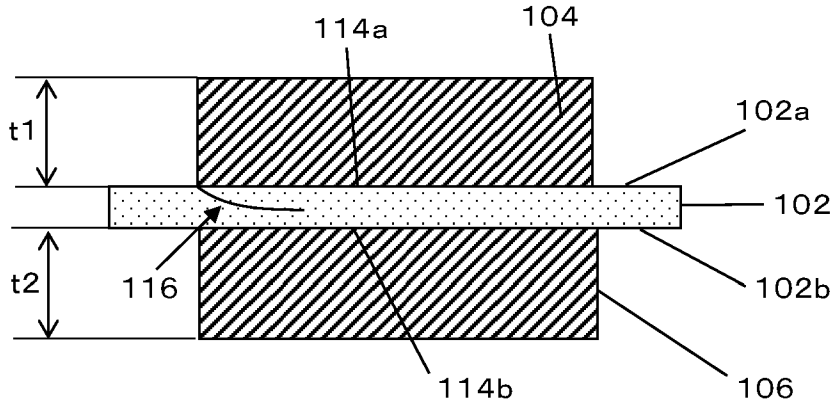


FIG. 19B



[図20]

FIG. 20



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2014/071473

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H01L23/12(2006.01)i, *H01L23/13*(2006.01)i, *H01L23/36*(2006.01)i, *H05K1/02*(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)
H01L23/12, H01L23/13, H01L23/36, H05K1/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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	JP 2006-294890 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 26 October 2006 (26.10.2006), paragraphs [0009] to [0012], [0027] to [0029], [0031]; fig. 7 (Family: none)	1,2,5-10,13 3,4,11,12
X Y	JP 2012-74591 A (Kyocera Corp.), 12 April 2012 (12.04.2012), paragraphs [0011] to [0031]; fig. 1 to 3 (Family: none)	1,2,5-10,13 3,4,11,12
X Y	JP 2006-41256 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 09 February 2006 (09.02.2006), paragraphs [0011] to [0019], [0023]; fig. 1, 2 (Family: none)	1,2,5,6,8,9,13 3,4,11,12

☒ 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
20 October, 2014 (20.10.14)	28 October, 2014 (28.10.14)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2014/071473

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 2007-95942 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 12 April 2007 (12.04.2007), paragraphs [0008], [0014]; fig. 1, 3 (Family: none)	3,4
Y	JP 2011-222669 A (Mitsubishi Materials Corp.), 04 November 2011 (04.11.2011), paragraphs [0025] to [0027]; fig. 1 (Family: none)	11,12
P,X	JP 2014-53441 A (Mitsubishi Electric Corp.), 20 March 2014 (20.03.2014), paragraphs [0011] to [0026]; fig. 1 to 4 (Family: none)	1,2,6,8,9,13
A	JP 2004-327732 A (Kyocera Corp.), 18 November 2004 (18.11.2004), entire text; fig. 1 to 4 (Family: none)	1-13
A	JP 2009-117701 A (Toyota Motor Corp.), 28 May 2009 (28.05.2009), entire text; fig. 1 to 4 (Family: none)	1-13

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１４／０７１４７３

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H01L23/12(2006.01)i, H01L23/13(2006.01)i, H01L23/36(2006.01)i, H05K1/02(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.　H01L23/12, H01L23/13, H01L23/36, 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	１９７１－２０１４年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１４年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１４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 2006-294890 A（日産自動車株式会社）2006.10.26, 段落	1,2,5-10,13
Y	[0009]-[0012],[0027]-[0029],[0031],図７（ファミリーなし）	3,4,11,12
X	JP 2012-74591 A（京セラ株式会社）2012.04.12, 段落	1,2,5-10,13
Y	[0011]-[0031],図 1-3（ファミリーなし）	3,4,11,12
X	JP 2006-41256 A（日産自動車株式会社）2006.02.09, 段落	1,2,5,6,8,9,13
Y	[0011]-[0019],[0023],図 1,2（ファミリーなし）	3,4,11,12

☑　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
２０．１０．２０１４	２８．１０．２０１４

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　２９４９
梅本　章子
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 2007-95942 A（日産自動車株式会社）2007.04.12, 段落[0008],[0014],図 1,3（ファミリーなし）	3,4
Y	JP 2011-222669 A（三菱マテリアル株式会社）2011.11.04, 段落[0025]-[0027],図 1（ファミリーなし）	11,12
P,X	JP 2014-53441 A（三菱電機株式会社）2014.03.20, 段落[0011]-[0026],図 1-4（ファミリーなし）	1,2,6,8,9,13
A	JP 2004-327732 A（京セラ株式会社）2004.11.18, 全文,図 1-4（ファミリーなし）	1-13
A	JP 2009-117701 A（トヨタ自動車株式会社）2009.05.28, 全文,図 1-4（ファミリーなし）	1-13