

(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
2014 年 10 月 23 日(23.10.2014)



(10) 国際公開番号

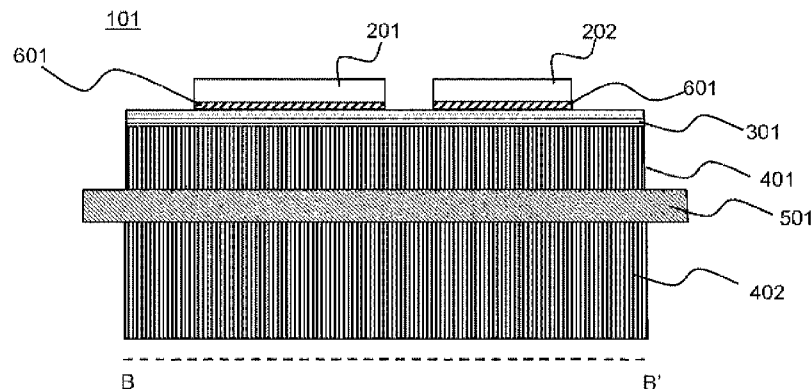
WO 2014/170997 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 23/36 (2006.01) H01L 23/12 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/061562
- (22) 国際出願日: 2013 年 4 月 19 日(19.04.2013)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 株式会社 日立製作所(HITACHI, LTD.)
[JP/JP]; 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目
6 番 6 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 井出 英一(IDE Eiichi); 〒3191292 茨城県
日立市大みか町七丁目 1 番 1 号 株式会社 日
立製作所 日立研究所内 Ibaraki (JP). 谷江 尚史
(TANIE Hisashi); 〒3191292 茨城県日立市大みか町
七丁目 1 番 1 号 株式会社 日立製作所 日立
研究所内 Ibaraki (JP). 中津 欣也(NAKATSU
Kinya); 〒3191292 茨城県日立市大みか町七丁目
1 番 1 号 株式会社 日立製作所 日立研究所
内 Ibaraki (JP).
- (74) 代理人: 井上 学, 外(INOUE Manabu et al.); 〒
1008220 東京都千代田区丸の内一丁目 6 番 1 号
株式会社 日立製作所内 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,
IS, JP, KE, KG, KM, 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, 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, ML, MR,
NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: POWER MODULE AND MANUFACTURING METHOD THEREFOR

(54) 発明の名称: パワーモジュール及びその製造方法



(57) Abstract: The purpose of the present invention is to provide the following: a power-module structure that uses a low-thermal-expansion, highly heat-dissipating composite material and can improve heat-dissipation efficiency while reducing the thermal stress applied to a power module; and a method for manufacturing said power-module structure. This power module is provided with the following: a base comprising a carbon-containing composite material; an insulating ceramic plate mounted on said base; an intermediate layer that comprises the aforementioned composite material and is mounted on the insulating ceramic plate; a wiring layer formed on the intermediate layer; and a semiconductor element joined to the wiring layer with a joining material interposed therebetween. The insulating ceramic plate and the base are joined together by a metal that also forms the wiring layer, as are the insulating ceramic plate and the intermediate layer.

(57) 要約: 本発明は低熱膨張で高放熱な複合材料を用いて、パワーモジュールの熱応力低減しつつ放熱効率を向上できるパワーモジュール構造とその製造方法の提供することにある。本発明にかかるパワーモジュールは、炭素を含有する複合材料により構成されるベース部と、当該ベース部に搭載されるセラミックス絶縁板と、当該セラミックス絶縁板に搭載され、前記複合材料で構成される中間層と、当該中間層に形成される配線層と、当該配線層に接合材料を介して接合される半導体素子と、を有し、前記セラミックス絶縁板と前記ベース部、及び前記セラミックス絶縁板と前記中間層は、それぞれ前記配線層を形成する金属で接合される。

WO 2014/170997 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： パワーモジュール及びその製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、パワーモジュール及びその製造方法に関する。

背景技術

[0002] 近年、省エネのためにパワー半導体チップと呼ばれる半導体素子のスイッチングを利用した高効率な小型の電力変換装置が利用されている。このように用いられるパワー半導体チップは通電による大幅に発熱量が高く、効率的に冷却できるモジュール構造、発熱により発生する各部材間に発生する熱応力で破壊しないようなモジュール構造が求められている。

[0003] 本発明にかかわる従来技術としては、例えば、特許文献 1 や特許文献 2 に記載されているような構造がある。

[0004] 特許文献 1 に記載されたパワーモジュールは、熱膨張係数が小さいセラミックス絶縁板の両側に設けられる配線部やメタライズ層を厚くしてもセラミックス絶縁板が破壊しないようにするため、Cu よりも熱膨張係数が小さい金属を挿入する構造である。

[0005] 一方、特許文献 2 に記載されたパワーモジュールは、溶湯 Al がセラミックス絶縁板に直接接合した構造をしている。金型内にセラミックス板を設置することで、溶融した Al 金属が直接凝固してチップを搭載する配線部や熱を逃がすベース部を形成している。また、金型に低熱膨張材を保持する突起を設け、チップを搭載する配線部のチップ搭載部周辺の所定の位置に低熱膨張材を設置している。この技術の特徴は、熱を逃がすベース部やチップの熱応力を低減する低熱膨張材を挿入したチップを搭載する配線部を別途用意して、それらよりも熱伝導率の低いろう材等の接合材を用いてセラミックス板に接合するのではなく、溶湯 Al により一体形成したことにある。

[0006] 近年、配線材料に主として用いられる Cu あるいは Al と黒鉛（以下：C）を複合化することで Cu や Al の低熱膨張化をしつつ、高熱伝導化できる

材料（以下：Cu-C、Al-C複合材料）が開発されている。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特開平02-17157号公報

特許文献2：特開2006-294890号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] 上述した特許文献1の構造では、パワーモジュールの熱応力低減のため、セラミックスの両面のCuを低熱膨張化させるためにMoを複合化させているが、Cuよりも熱伝導率の低い材料を複合化したため、パワーモジュールの放熱効率が低下する問題があった。

[0009] 一方、特許文献2の構造では、金型で絶縁基板と低熱膨張材を保持するために、反りや厚さばらつきを考慮し、両者の距離を一定量とる必要があり、絶縁基板と低熱膨張材の間に形成されるAl層の厚さ分、熱抵抗が増加する課題があった。また、配線部のチップ搭載面の所定の位置に低熱膨張材を設置するための保持機構を金型に設けられた突起で行うため、型作製や鋳造後の型外しなど製造効率に課題があった。

[0010] 本発明は上記課題に鑑み、低熱膨張で高放熱な複合材料を用いて、パワーモジュールの熱応力低減しつつ放熱効率を向上できるパワーモジュール構造とその製造方法の提供することにある。

課題を解決するための手段

[0011] 上記課題を解決するために本発明に係るパワーモジュールは、炭素を含有する複合材料により構成されるベース部と、当該ベース部に搭載されるセラミックス絶縁板と、当該セラミックス絶縁板に搭載され、前記複合材料で構成される中間層と、当該中間層に形成される配線層と、当該配線層に接合材料を介して接合される半導体素子と、を有し、前記セラミックス絶縁板と前記ベース部、及び前記セラミックス絶縁板と前記中間層は、それぞれ前記配

線層を形成する金属で接合される。

発明の効果

[0012] パワーモジュールに用いられるパワー半導体素子の放熱効率向上、熱応力低減、組立性向上を可能とするパワーモジュールの構造と製造方法の提供できる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]本発明の一例であるパワーモジュール101の斜視図を示す。

[図2]本発明の一例であるパワーモジュール101の断面模式図を示す。

[図3]本発明の一例であるパワーモジュール101の一連の製造方法を示す図3(a)～(d)である。

[図4]本発明の変形例であるパワーモジュールの中間層401の側面に形成させたスキン層302bの厚さXを説明する(a)および(b)と、当該スキン層302bの厚さXと125℃から-40℃まで冷却した際に発生する中間層401の最大熱応力の関係を解析した結果(c)を示す。

[図5]本発明の変形例であるパワーモジュール101a1の断面模式図(a)～(c)を示す。

[図6]本発明の変形例であるパワーモジュール101bの中間層401とセラミックス絶縁板501の界面に形成させたスキン層302aの厚さYを説明する図(a)および(b)と、当該スキン層302aのスキン層302aの厚さYと125℃から-40℃に冷却した際に発生する中間層401の最大熱応力の関係を解析した結果(c)を示す。

[図7]本発明の変形例であるパワーモジュール101b1の断面模式図を示す。

[図8]本発明の変形例であるパワーモジュール102の斜視図(a)と断面模式図(b)を示す。

[図9]本発明の変形例であるパワーモジュール102の製造方法(a)および(b)を示す。

[図10]本発明の変形例であるパワーモジュール103の斜視図(a)と断面

模式図（b）を示す。

[図11]本発明の変形例であるパワーモジュール103の製造方法（a）および（b）を示す。

[図12]本発明の変形例であるパワーモジュール104の断面模式図を示す。

[図13]本発明のパワーモジュールのセラミックス絶縁板501とベース402の形状と125℃から-40℃に冷却した際に発生する熱応力の分布図を示す。

[図14]本発明のパワーモジュールのセラミックス絶縁板501とベース402の形状と125℃から-40℃に冷却した際に発生する熱応力と接合部端部からの距離との関係を示した両対数グラフを示す。

[図15]本発明の変形例であるパワーモジュール104の製造方法を示す。

[図16]本発明の変形例であるパワーモジュール105の一連の製造方法を示す図8（a）～（d）である。

[図17]本発明の変形例であるパワーモジュール106の断面模式図を示す。

[図18]本発明の複合材310を上面から見た図である。

[図19]本発明の変形例であるパワーモジュール107の断面模式図を示す。

[図20]本発明の変形例であるパワーモジュール108の断面模式図を示す。

[図21]本発明の炭素成型体451を上面から見た図である。

発明を実施するための形態

[0014] 《第一の実施形態》

本発明に関するパワーモジュールの一例の斜視図を図1、図1のAA'断面を図2にそれぞれ示す。

[0015] 本発明にかかるパワーモジュール101は、図2に示す通り、下からベース402、ベース402に接して配置されるセラミックス絶縁板501、セラミックス絶縁板501に接して配置される中間層401、中間層401と接合される配線層301、配線層301に金属接合部601を介して接合されるIGBT201及びダイオード202という順で構成されている。

[0016] 配線層301は電気抵抗の小さいAl、Cuあるいはそれらの合金であり

、モジュールに求められる電気容量を満足する厚さとなっている。また、配線層301下の中間層401は、配線層を形成する金属であるAlやCuとCとの複合材料であるAl-CやCu-Cで形成され、多孔質なCの間にAlやCuが含浸した構造となっている。この中間層301は、配線層301がCuの場合にはCu-Cの複合材料が用いられ、配線層301がAlの場合にはAl-Cで構成される。CがAlやCuよりも、熱伝導率が高く低熱膨張であるため、上記のように構成された中間層401が搭載するチップよりも広い面積で存在することで、チップから発生した熱が効率よく集められるとともに、中間層401を厚く形成しても熱膨張係数がチップやセラミックス層と近いため、チップやセラミックスに発生する熱応力が低減することが可能となる。

[0017] また、ベース402は中間層401と同様、配線層を形成する金属であるAlやCuとCの複合材料で形成され、熱応力の低減と放熱性の向上に寄与している。このようにベース402と中間層401に同様の材料を用いることによって、セラミックス絶縁板501の上下で熱膨張係数をそろえた部材を配置することとなり、セラミックス絶縁板501の上下で発生する歪量の差を低減することできる。そのため、単純な材質による熱応力の低減だけでなく、パワーモジュールの全体構造でも発生する熱応力を低減することが可能となる。

[0018] セラミックス絶縁板501は、高放熱なアルミナや窒化アルミニウムや窒化珪素であり、モジュールに求められる耐電圧を満足する厚さとなっており、板状形状をしている。また、配線層301には、上述したようにIGBT201（絶縁ゲート型バイポーラトランジスタ）とダイオード202がはんだや焼結金属などの金属接合部601により電氣的に接合されている。

[0019] セラミックス絶縁板501の両面に近接して、配線層301よりも高放熱低熱膨張層な中間層401とベース402を設置することで、パワーモジュールの使用環境下で発生する熱応力低減しつつ高放熱化を図ることが可能となる。

[0020] また、本実施形態では後述する作製方法で、配線層 301、中間層 401、セラミックス絶縁板 501、ベース 402 をそれぞれ一体として作製しているため、それぞれの部材間に接合材料（例えばろう材など）が配置されない構造、つまりそれぞれの部材が他の部材を介さず直接接合する構造となっている。したがって、配線、中間層、ベース部材を予め用意してろう材などで接合する構造よりも熱抵抗の低減や生産性の向上が可能なパワーモジュールの提供が可能となる。

[0021] また、低熱膨張層となる中間層 401 及びベース 402 をセラミックス絶縁板 501 の両面に設置したため、上述したように基板作製時やチップ接合時の全体の反りを小さくすることが可能となる。そのため、放熱面となる図 2 に示す点線 BB' 部をグリスを介して冷却器に取り付ける際、厚さばらつきが減少するので、低熱伝導なグリス厚さが小さくなり熱抵抗の増加を低減できる。

[0022] 続いて、図 3 を用いて本発明に関するパワーモジュール 101 の製造方法について説明する。まず、図 3(a) に示すように、溶融金属を含浸後に低熱膨張かつ高放熱となるように成型された多孔質な炭素成型体 401a と 402a の間にセラミックス絶縁板 501 を挿入し、金型 701, 702, 703, 704 で固定することで、それぞれの位置決めをする。

[0023] また、金型 703 は炭素成型体 401a よりも厚くなるように構成されている。言い換えると、金型 704 と炭素成型体 401 の間には空間 301a が形成されることとなる。このように金型 703 を炭素成型体 401a よりも大きく構成することによって、同時に配線層 301 を作製することが可能となる。

[0024] また、金型は簡易形状である平板の積層体で構成されている。そのため簡易な方法で離型剤をムラ無く塗布でき、平面方向や積層方向に多数並べて一括で製造することが可能となる。

[0025] 図 3(a) に示したようにセラミックス絶縁板 501 の両側に炭素成型体 401a、402a を配置し、金型 701, 702, 703, 704 での固

定が終了すると、溶融金属を炭素成型体401a、402aに含浸させる工程に移る。その工程を示すのが図3(b)である。図3(b)に示すように、溶融金属であるAlやCu、それらの合金を含浸させると、多孔質な炭素成型体401aと402a内に溶融金属が含浸し、低熱膨張かつ高放熱なAl-CあるいはCu-Cで構成される中間層401、ベース402が形成される。さらに、図3(a)で示した空間301aにも同時に溶融金属が流れ込み、低電気抵抗なAlあるいはCuで構成される配線層301が形成される。

[0026] さらに、同時に多孔質な炭素成型体401aと402aから染み出た溶融金属のスキン層302により、中間層401、ベース402とセラミックス絶縁板501の接合が行われる。溶融金属による接合部が極薄いため、中間層401、ベース402とセラミックス絶縁板501との距離が小さくなり、熱抵抗の増加を抑えられ放熱性を向上することが可能となる。

[0027] 溶融金属の含浸は、溶けた金属の中に浸漬、あるいは溶けた金属を注入することで行う。含浸中に未充填部ができないよう加圧を付与してもよい。この時、AlやCuの融点以上の温度となっているため、冷却時に熱応力が発生する。本発明の構造では、セラミックスの両側に低熱膨張部を設置したので、片側だけに設置するよりも冷却時の熱応力の発生や反りを小さくすることが可能となる。

[0028] 続いて、図3(c)に示すように、溶融金属を炭素成型体401a、402aに含浸させた後に金型701、702、703、704を外し、複合体110を得る。複合体110は、ベース402、セラミックス絶縁板501、中間層401、配線層301から構成される。

[0029] セラミックス絶縁板501の端部Aを拡大したものを図3(c)内に示す。溶融金属を炭素成型体401a、402aに含浸させた際、中間層401、ベース402、セラミックス絶縁板501は表面粗さを有しているため、セラミックス絶縁板501との間にわずかな隙間が存在することになり、溶融金属で構成されたスキン層302が中間層401とセラミックス絶縁板501、ベース402とセラミックス絶縁板501の表面全面に亘って形成さ

れ接合される。また、中間層４０１、ベース４０２とセラミックス絶縁板５０１との接合と同様、金型７０１から７０４と中間層４０１、ベース４０２、セラミックス絶縁板５０１の間にも溶融金属によるスキン層３０２が形成される。スキン層３０２は、展延性に富むＡｌやＣｕ、それらの合金で形成されているため、中間層４０１、ベース４０２、セラミックス絶縁板５０１の端部で集中する熱応力を分散低減することができ、ＡｌやＣｕ、それらの合金が溶融する高い温度（６００℃以上）から、室温まで冷却する際に発生する熱応力でも中間層４０１、ベース４０２、セラミックス絶縁板５０１が破壊されない。

[0030] この中で、セラミックス絶縁層５０１に形成したスキン層３０２（図中点線部）は、絶縁沿面距離を設けるために除去する。この際、酸やアルカリを用いたエッチングや、ブラスト処理などを用いる。スキン層３０２は極薄いため、これらの処理で容易に除去可能である。一方、中間層４０１、ベース４０２の外周部に形成したスキン層３０２は、上述したように、中間層４０１、ベース４０２の端部で集中する熱応力を分散低減することができるため、残存させた方が好ましい。

[0031] 最後に図３（ｄ）に示すように、配線層３０１上にＩＧＢＴ２０１とダイオード２０２をＡｌやＣｕよりも融点が高いＳｎ、Ｚｎ、Ｂｉを主体としたはんだ材やＡｌやＣｕの融点よりも低い温度で焼結するＡｇやＣｕのナノ粒子や酸化銀や酸化銅で接合し、金属接合部６０１を形成する。この時、はんだのぬれ性や焼結性を向上して接合強度を上昇させるための表面処理としてめっきをしてもよい。その後、ＩＧＢＴ２０１とダイオード２０２側の表面主電極や制御端子、配線層３０１に外部端子を超音波接合によるワイヤ、リボンをボンディングしてパワーモジュール１０１が完成する。

[0032] このように、本実施形態ではセラミックス絶縁板５０１の両面には、配線層３０１よりも低熱膨張かつ高熱伝導な複合材料であるＡｌ－ＣまたはＣｕ－Ｃが設けられており、当該複合材料が配線層を形成する金属で接合されている。言い換えるとセラミックス絶縁板５０１と複合材料の間にはろう材の

ような接合材料がない構造となっている。そのため、配線層 301 からベース 402 に至るまでの熱抵抗が小さくなり、放熱性の高いパワーモジュール 101 を提供することが可能となる。

[0033] 《第一の実施形態の変形例》

続いて、本発明に関するパワーモジュール構造の第一の実施形態の変形例について説明する。なお、第一の実施形態のパワーモジュールと同様の構成については、上述した第一の実施形態で用いた図面番号と同様の図面番号を用いている。

[0034] 図 4 と図 5 を用いて第一の実施形態の変形例であるパワーモジュール 101 a を説明する。本実施形態では、中間層 401 やベース 402 の側面に配線層 301 と同様の金属から構成されるスキン層 302 b を設ける。図 4 (c) は、中間層 401 の側面に形成するスキン層 302 b の厚さ X と中間層 401 に発生する熱応力の関係を解析した結果である。ベース 402 の側面にスキン層 302 b を設けた場合も同様の効果であるため、ここでは省略する。図 4 (b) は図 4 (a) 内に示した点線部を拡大した図である。図 4 (b) に示すように、中間層 401 の側面には厚さ X のスキン層 302 b が設けられている。図 4 (c) は、125℃から-40℃に冷却した際に中間層 401 に発生する最大応力を計算した結果である。図中の横軸はスキン層 302 b の厚さであり、縦軸はスキン層が無い場合に中間層 401 に発生する最大応力を 1 とした規格値である。図 4 (c) の結果から、スキン層 302 b の厚さが大きくなるほど、中間層 401 に発生する熱応力の最大値が単調に低減することがわかる。特に、スキン層 302 b の厚さ X が 10 μm 以上では発生する熱応力が急激に減少する。Al-C や Cu-C は Al や Cu よりも剛性に乏しく熱応力耐性に劣るが、中間層 401 やベース 402 の端部などの局所領域にスキン層 302 b を設けることで発生する熱応力が格段に低減され、信頼性を向上できることがわかった。また、図 4 (a) に示すように、スキン層 302 はチップ 201 や 202 からベース 402 に放熱する熱の流れの主経路上に配置されないため、スキン層 302 の厚さを増加してもチップ

201や202とベース402の間の熱抵抗は増加しない。さらに、中間層401やベース402の側面は、発熱源となるチップ201や202から最も距離が離れた位置にあり、熱伝がりの効果を必要としないため、放熱性を悪化させずに信頼性を向上することが可能となる。

[0035] 続いて、図5に中間層401やベース402の側面の表面粗さを大きくした例を示す。図5(b)は図5(a)内に示した点線部を拡大した図である。図5(b)に示すよう、図5(b)では、中間層401b1とベース402b1の端部にスキン層302bの厚さを厚く形成できるように、中間層401b1やベース402b1の表面粗さを大きくしている。また、図5(c)に示すように、中間層401c1やベース402c1の側面部にディンプル(凹部)を形成してもよい。これにより、スキン層302bの体積が大きくなるため、中間層401やベース402の端部に発生する熱応力を低減する効果が大きくなる。

[0036] 図6と図7を用いて第一の実施形態の変形例であるパワーモジュール101bを説明する。本実施形態では、中間層401やベース402とセラミックス絶縁板501との界面に形成するスキン層302aの厚さを増加させた形態である。図6(c)は、中間層401とセラミックス絶縁板501の間に形成させるスキン層302aの厚みYと中間層401に発生する熱応力の関係を解析した結果である。ベース402とセラミックス絶縁板501の間に形成させるスキン層302aを設けた場合も同様の効果であるため、ここでは省略する。図6(b)は図6(a)内に示した点線部を拡大した図である。図6(b)に示すように、中間層401の底面に厚さYのスキン層302aを設けている。図6(c)は、125℃から-40℃に冷却した際に中間層401に発生する最大応力を計算した結果である。図中の横軸はスキン層302aの厚さであり、縦軸はスキン層が無い場合に中間層401に発生する最大応力を1とした規格値である。図6(c)の結果から、スキン層302の厚さが大きくなるほど、中間層401に発生する熱応力の最大値が単調に低減することがわかる。特に、スキン層302aの厚さYが50μm以上で

は発生する熱応力が急激に減少する。そのため、スキン層 302a の厚さが 50 μ m 以上では、発生する熱応力をより低減できることがわかる。

[0037] 続いて、図 7 に中間層 401 やベース 402 のセラミックス絶縁板 501 と対向する面の表面粗さを大きくした例を示す。図 7 (b) は図 7 (a) 内に示した点線部を拡大した図である。図 6 (b) では、中間層 401d1 やベース 402d1 とセラミックス絶縁板 501 との界面のスキン層 302a の厚さを厚く形成できるように、中間層 401d1 やベース 402d1 のセラミックス絶縁板 501 側の表面粗さを大きくしている。また、図 7 (c) に示すように、中間層 401e1 やベース 402e1 のセラミックス絶縁板 501 側の表面にディンプル(凹部)を形成してもよい。これにより、スキン層 302a の体積が大きくなるため、中間層 401 やベース 402 の端部に発生する熱応力を低減可能となる。このような構成にすることによって、中間層 401 やベース 402 の端部に発生する熱応力を分散して低減させることができ、信頼性の高いパワーモジュールを提供することが可能となる。

[0038] 図 8 には、本発明に関するパワーモジュール 101 の変形例の一例であるパワーモジュール 102 の斜視図図 8 (a) と AA' 断面図 8 (b) をそれぞれに示す。本実施形態では、鋳造時に形成するスキン層 302 による中間層 461 やベース 462 の応力低減効果を熱応力が最も大きくなる中間層 461 やベース 462 の角部に作用させることができる構造としている。言い換えると、中間層 461 やベース 462 の角部にスキン層 302 を厚く全面に形成している（以下：中間層 461 やベース 462 の角部近傍に形成したスキン層をメタライズ層 303 とする。）。本変形例では、図 8 (a) に示すとおりパワーモジュール 101 の中間層 401 及びベース 402 の構造と比較し、中間層 461 及びベース 462 の構造が異なっている。より詳細な構造については、図 9 を用いて説明する。

[0039] 図 9 は、図 8 に示したパワーモジュール 102 を作製するための工程の一部を示している。図 9 (a) は成型前の炭素成型体 461a の形状とセラミックス絶縁板 501 と炭素成型体 461a の位置決めを行う金型 703 の内面

703'（破線部）の上視図を示している。図9（b）は鋳造後の上視断面図である。炭素成型体461aの角部と金型の内面703'とは空間を形成しており、その領域に溶融金属で構成されたメタライズ層303が形成される。また、図9（a）に示すように、炭素成型体461aの全周を小さくせず、角部だけ小さくすることで、金型703で位置決めできることで、セラミックス絶縁板501と中間層461との位置あわせ精度を高めることが可能となる。ベース462についても同様の手法で、位置あわせ精度を高めつつベース462の角部にスキン層を厚く全面に形成したメタライズ層303を設けることができる。

[0040] また、図8（a）に示すように、中間層401やベース402の角部は、発熱源となるチップ201や202から最も距離が離れた位置にあり、熱伝がり向上による放熱性向上の効果が小さいため、放熱性を悪化させずに信頼性を向上することが可能となる。なお、本変形例では中間層461（またはベース462）の角部をL字型に欠損させ、当該中間層461（またはベース462）の4つの面それぞれに凸部461bを残す構造としているが、角部のみを切り落とす形としても良い。ただし、本変形例のように中間層461（またはベース462）をL字型に欠損させ、凸部462bを有する構造とした方が、メタライズ層303の体積を大きくできるため、熱応力を低減する構造としては好ましい。なお、メタライズ層303は凸部462bと同一平面上まで設けられる構造となっている方が応力緩和の観点から好ましい。

[0041] 続いて、本発明に関するパワーモジュールの変形例の一例であるパワーモジュール103の斜視図図10（a）とAA'断面図図10（b）をそれぞれ示す。本変形例では、ベース472の底面の大部分に配線層301と同様の金属から構成されるメタライズ層303を設置することで、セラミックス絶縁板501をはさみ、配線層301、中間層401、ベース472、メタライズ層303と上下を略対称な構成にすることで、温度増減に伴う反りの発生をより抑制した構成としている。図11（a）～（c）は、図10に示したパワーモジュール103を作製するための工程の一部を示している。図

11(a)に示すように、炭素成型体472aに突起473a（破線部）を設けることで、金型704との間にメタライズ層303を作製するための空間を設けることが可能となる。つまり、突起の高さがメタライズ層303となり、反りが小さくなるメタライズ層303の厚さを再現よく作製できる。また、突起は炭素成型体472aと一体化されているため、メタライズ層303の平面方向のばらつきも小さく作製可能となる。なお、このメタライズ層303はベース472の突起部473と同一平面上まで設けられている方が応力緩和の観点から好ましい。

[0042] このようにして作製されたパワーモジュール103は、基板作製時やチップ接合時の全体の反りを小さくすることが可能であり、放熱面をグリスを介して冷却器に取り付ける際、厚さばらつきが減少するので、低熱伝導なグリス厚さが小さくなり熱抵抗の増加を低減できる。

[0043] 《第二の実施形態》 続いて、本発明に関するパワーモジュール構造の第二の実施形態について説明する。なお、第一の実施形態のパワーモジュールと同様の構成については、上述した第一の実施形態で用いた図面番号と同様の図面番号を用いている。

[0044] 第二の実施形態にかかるパワーモジュール104を図12に示す。本実施形態と第一の実施形態の相違点は、ベース402の面積をセラミックス絶縁板501よりも広くした点異なる。

[0045] 図12のセラミックス絶縁板501の端部Aを拡大した拡大図も図12中に示し、ベース402のセラミックス絶縁板501設置面に凹部422を設けた際の効果を説明する。この凹部422は、底面部422aと側壁面部422bから構成される。

[0046] 図13は、各形状で熱応力を解析した結果である。図13(a)はベース402のセラミックス絶縁板501設置面に凹部を設けた形状、(b)はセラミックス絶縁板501設置面に凹部を設けない形状、(c)は図2（第一の実施形態）の形状である。125℃から-40℃に冷却した際に発生する応力を計算した結果を示しており、セラミックス絶縁板501設置面に凹部を設ける

ことで発生する熱応力の最大値を低減していることがわかる。

[0047] また、図14に端部近傍の応力特異性を表すため両対数で表示した結果を示す。図13(a)の構造が最も熱応力が小さい構造であり、ベース402やセラミックス絶縁板501の破壊を防止可能な構造となっていることがわかる。これは、ベース402に凹部を設けることによって壁面にセラミックス絶縁板501と凹部422の側壁面部422bが当接する形となり、中間層401などが積層している積層方向だけでなく、他の方向（側壁面部422bが当接する方向）にも応力を逃がすことができ、応力を分散させることができるためであると考えられる。

[0048] 続いて、図15を用いて本実施形態に関するパワーモジュール104の製造方法を説明する。なお、第一の実施形態と同様の点の説明は重複するため省くこととする。

[0049] 本実施形態では、多孔質な炭素成型体401aと当該炭素成型体401aよりも幅広で凹部を有する炭素成型体402bを用意する。この炭素成型体402bは、両側をセラミックス絶縁板501よりも広くするようにしている。また、この構造に合わせて金型801の水平方向の厚さを金型703の水平方向の厚さよりも薄くしている。

[0050] セラミックス絶縁板501よりも広くした成型体402bの両側にザグリをいれることで、セラミックス板501の設置面のセラミックス板501の位置決めを金型を用いず容易にかつ高精度に行うことが可能となる。

[0051] このようにベース402の面積をセラミックス絶縁板501よりも広くすることによって、IGBT201とダイオード202から発生したセラミックス絶縁板501に伝達した熱がベース402の面内方向に広がり、第一の実施形態の図2の放熱面積BB'よりも広い面積CC'で放熱できる。したがって、より放熱性が向上したパワーモジュールを提供することが可能となる。また、ベース402のセラミックス絶縁板501を当接させる部分に凹部422を設け、その凹部422にセラミックス絶縁板501を配置する（すなわち、凹部422の側壁面部422bに当接させる）事によって、さら

に熱応力を低減することが可能となる。

[0052] 《第三の実施形態》

続いて、本発明に関するパワーモジュール構造の第三の実施形態について説明する。なお、第一の実施形態のパワーモジュールと同様の構成については、上述した第一の実施形態で用いた図面番号と同様の図面番号を用いている。

[0053] 本実施形態にかかるパワーモジュールが第一の実施形態と大きく異なる点はその製造方法である。本発明に関するパワーモジュールの製造方法の変形例を図16を用いて説明する。

[0054] 図16(a)は溶融金属を入れる前の状態を示すものである。本実施形態では図16(a)に示すように、多孔質な炭素成型体401aの周縁部の一部に突起部401bを設ける構成としている。このような構成にすることによって、配線層301を形成するための金型を省略できる。そのため、第一の実施形態のように金型701、702、703を一体とした金型901を使用することができる。さらに、このように金型901を単純な構造とすることができるため、複数の複合材210を一括で作製することができ、生産性が向上する。

[0055] その後、図16(b)に示すように溶融金属を流し込み、炭素成型体401a及び401b、炭素成型体402aにそれぞれ金属を含浸させ、凸部411bに囲まれた凹部を有する中間層411と、ベース402が形成される。なお、このとき凸部411bに囲まれた凹部には配線層301が形成される。

[0056] そして、金型901、702が取り外され、図16(c)に示す複合材210が取り出される。

[0057] 最後に両端を研磨、掘削等の手段を用いて中間層411の端部を削りパワーモジュール105を得る。

[0058] 以上、本実施形態では炭素成型体401aの周縁部に突起部401bを設ける構成とした炭素成型体を用いてパワーモジュールを作製する。この凸部

401bを有する炭素成型体を用いることによって、金型を簡素化できるとともに、炭素成型体401aの厚み方向の拘束が高まるため、中間層401、ベース402とセラミックス絶縁板501のスキン層302の厚みを減少させることが可能となる。そのため、セラミックス絶縁板501と中間層411、及びセラミックス層501とベース402の距離を近づけることが可能となり、放熱性がより向上する。また別の効果として、少ない数の金型で固定できるので生産性が向上する。

[0059] 《第四の実施形態》

続いて、本発明に関するパワーモジュール構造の第四の実施形態について説明する。なお、第一の実施形態のパワーモジュールと同様の構成については、上述した第一の実施形態で用いた図面番号と同様の図面番号を用いている。

[0060] 本実施形態に関するパワーモジュールの構造を図17を用いて説明する。本実施形態が第一の実施形態のパワーモジュールと異なる点は、セラミックス501の上側に存在する中間層421の構造であり、中間層421は土台部421aから突出した突起部421bが存在する構造となっている点である。

[0061] 続いて、本実施形態のパワーモジュール106の製造方法の一例について図18、19を用いて説明する。

[0062] 上記構成により、新たに設けた突起部421bの体積分だけ配線301と中間部421の合成熱膨張係数が減少するので、発生する熱応力を低減することが可能となる。そのため、より信頼性の高いパワーモジュール106を提供することができる。なお、突起部421bは、配線層301に比較して電気抵抗が高いため、チップ搭載部など低電気抵抗が必要な箇所以外に設けた方が好ましい。ここでは省略するが、突起部421bは、中間層401の端部よりも少し内側（チップに近い側）に設けることで、その外側に空間が形成でき、鋳造時にメタライズ層303を設けることが可能となり、中間層401の応力を低減することが可能となる。

[0063] 《第五の実施形態》

続いて、本発明に関するパワーモジュール構造の第五の実施形態について説明する。なお、第一の実施形態のパワーモジュールと同様の構成については、上述した第一の実施形態で用いた図面番号と同様の図面番号を用いている。

[0064] 図18は本実施形態の複合材310の中間層401を削除し、上方から見た図である。本実施形態では、図18に示すように、炭素成型体432aに空間432bを形成することにより、ベース402内に溶湯金属部のみで形成する箇所を作製した。この点が第一の実施形態とは異なる点である。

[0065] 作製する箇所は、ベース402に発生する熱応力が集中するセラミックス絶縁板501の端部がよく、さらに角部が効果的である。例えば、図18に示すように、炭素成型体4432のセラミックス絶縁板501の四隅に対応する部分に空間432bを設けるのが好ましい。

[0066] 図19に本実施形態にかかるパワーモジュール105の断面図を示す。またパワーモジュール105のA部の拡大図を図19内に示す。Al-CやCu-Cの適用により、発生する熱応力量は低減するが、Al-CやCu-CはAlやCuよりも剛性に乏しく熱応力耐性に劣る。そこで、図19に示したように炭素成体432に空間432bを設けてパワーモジュールを作製することによって、応力集中部のような局所領域をAlやCuに置き換えたメタライズ層303を形成することが可能となる。そのため、Al-CやCu-Cの破壊を防止することが可能となり、より信頼性の向上したパワーモジュール107を提供することが可能となる。また、図19に示すように、メタライズ層303の角はテーパとすることでさらに効果が大きくなる。

[0067] 《第六の実施形態》

続いて、本発明に関するパワーモジュール構造の第六の実施形態について説明する。なお、第一の実施形態のパワーモジュールと同様の構成については、上述した第一の実施形態で用いた図面番号と同様の図面番号を用いている。

- [0068] 本発明に関するパワーモジュール108の構造を図20、図21を用いて説明する。本実施形態は、図21(a)は、本実施形態にかかる炭素成型体451を示すもの、図21(b)は炭素成型体451を図21(a)のA-A断面から見た図である。図21に示すように炭素成型体451に逆テーパの空間452を形成した点が第一の実施形態と異なっている。
- [0069] 炭素成型体451に溶融金属を含浸することで、図20に示す中間層461が形成できる。そして中間層461が形成されるのと同時に溶融金属が固まって形成された逆テーパ金属部304が形成される。含浸前の炭素成型体451に逆テーパの穴を空けることは容易であるため、生産性にも優れている。空間は応力集中する中間層461の角部が効果的であり、チップ搭載部から離れた箇所に設けることで熱抵抗の増加を小さくできる。
- [0070] 以上、本実施形態を実施することにより、炭素成型体451に逆テーパの空間452を形成し、溶融金属を炭素成型体451に含浸させた後に逆テーパ型のメタライズ層304を形成できる。そのため配線層301と逆テーパ型のメタライズ層304を一体にすることができ、配線301と中間層461の接合強度をアンカー効果で向上させたパワーモジュール105を提供することが可能となる。
- [0071] 以上、本発明を簡単に纏める。
- [0072] 本発明にかかるパワーモジュールは、炭素を含有する複合材料により構成されるベース部と、当該ベース部に搭載されるセラミックス絶縁板と、当該セラミックス絶縁板に搭載され、前記複合材料で構成される中間層と、当該中間層に形成される配線層と、当該配線層に接合材料を介して接合される半導体素子と、を有し、前記セラミックス絶縁板と前記ベース部、及び前記セラミックス絶縁板と前記中間層は、それぞれ前記配線層を形成する金属で接合される。そのため、配線層からベースに至るまでの熱抵抗が少なくなり、放熱性の高いパワーモジュールを提供することが可能となる。また、本発明ではセラミックス絶縁板501の両面には、同じ組成の複合材料が配置されることによって、セラミックス絶縁板501の両面で熱膨張係数をそろえる

ことが可能になり、反りの抑制につながる。

[0073] また、本発明にかかるパワーモジュールは、前記中間層やベース部の側面の凹凸を大きくすることで、鑄造時に形成するA lやC uで構成されるスキン層の体積を大きくしている。そのため、A l-CやC u-Cの端部に集中する応力発生量を緩和することが可能となる。従って、中間層やベース部の破壊を防止することが可能となり、より信頼性を向上したパワーモジュールを提供することが可能となる。

[0074] また、本発明にかかるパワーモジュールは、前記セラミックス絶縁板の搭載面側の前記中間層やベース部の表面の凹凸を大きくすることで、鑄造時に形成するA lやC uで構成されるスキン層の体積を大きくしている。そのため、A l-CやC u-Cとセラミックス絶縁板との端部界面に集中する応力発生量を低減することが可能となる。従って、A l-CやC u-Cの破壊を防止することが可能となり、より信頼性を向上したパワーモジュールを提供することが可能となる。

[0075] また、本発明にかかるパワーモジュールは、前記中間層や前記ベース部の応力集中部のような局所領域に対し、A lやC uで置き換えた応力緩和部を全域に形成することが可能となる。従って、A l-CやC u-Cで形成した中間層やベース部の破壊を防止することが可能となり、より信頼性を向上したパワーモジュールを提供することが可能となる。

[0076] また、本発明にかかるパワーモジュールは、前記ベースの底面部に突起を設け、残部を前記配線層とすることで、前記セラミックス絶縁板をはさんで上下略対称な構造としている。そのため、熱応力による反りなどの変形量を低減し、放熱面の高さばらつきの発生を防止できる。従って、グリスを介した冷却にあたり、放熱面の高さばらつきに起因した低熱伝導なグリス厚の増加を防止できるので、より放熱性を向上したパワーモジュールを提供することが可能となる。

[0077] また、本発明にかかるパワーモジュールは、前記ベース部が前記セラミックス絶縁板よりも大きく構成され、前記ベース部には凹部が設けられ、前記

セラミックス絶縁板は、前記凹部に搭載されている。そのため、凹部422の側壁面部422bにセラミックス絶縁板を当接させる事ができ、さらに熱応力を低減することが可能となる。

[0078] また、本発明にかかるパワーモジュールは、前記中間層は凹部を有し、当該凹部に配線層が形成されている。そのため、中間層の突起部の体積分だけ配線と中間部の合成熱膨張係数が減少するので、発生する熱応力を低減することが可能となる。

[0079] また、本発明にかかるパワーモジュールは、前記ベース部が、当該ベース部のセラミックス絶縁板の隅部と対向する位置に穴を有しており、当該穴には前記配線層を形成する金属が充填されている。そのため、応力集中部のような局所領域に、AlやCuで置き換えた応力集中低減部を形成することが可能となる。従って、Al-CやCu-Cの破壊を防止することが可能となり、より信頼性を向上したパワーモジュールを提供することが可能となる。

[0080] また、本発明にかかるパワーモジュールは、前記中間層が、前記配線層から前記セラミックス絶縁板に向かって大きさが小さくなるように逆テーパ部が構成され、前記逆テーパ部と前記セラミックス絶縁板との間には前記配線層を形成する金属が充填されて逆テーパ金属部が構成され、前記逆テーパ金属部と前記配線層とは一体で形成されている。そのため、配線層と逆テーパ金属部を一体にすることができ、配線と中間層の接合強度をアンカー効果で向上させたパワーモジュールを提供することが可能となる。

[0081] また、本発明にかかるパワーモジュールは、前記配線層はアルミまたは銅で構成され、前記複合材料は、前記配線層を構成する金属と炭素との複合材料である。そのため、AlやCuよりも低熱膨張で高放熱なAl-C、Cu-Cの複合材料を用いているので、信頼性の高いパワーモジュールを提供することが可能である。

[0082] また、本発明にかかるパワーモジュールの製造方法では、前記セラミックス絶縁板の両面に炭素成型体を金型内に配置する第一の工程と、前記金型内に溶融したアルミまたは溶融した銅を流し込む第二の工程と、前記第二の工

程の後に金型を取り外す第三の工程を有する。このようにすることによって、第一の実施形態のパワーモジュールを作製することが可能となる。

[0083] また、本発明にかかるパワーモジュールの製造方法は、前記セラミックス絶縁板の一方の面に配置される炭素成型体は凹部を有し、前記第一の工程では当該凹部に前記セラミックス絶縁板が配置される。このようにすることによって、第二の実施形態のパワーモジュールを作製することが可能となる。

[0084] また、本発明にかかるパワーモジュールの製造方法は、前記セラミックス絶縁板の一方の面に配置される炭素成型体は凹部を有し、前記第一の工程では、前記炭素成型体の凹部が形成された面とは反対側の面に前記セラミックス絶縁板が配置される。このようにすることによって、第四の実施形態のパワーモジュールを作製することが可能となる。

[0085] また、本発明のパワーモジュールの製造方法において、前記セラミックス絶縁板の一方の面に配置される炭素成型体には穴が設けられ、前記第一の工程では、前記炭素成型体の穴と前記セラミックス絶縁板の隅部が対向するように配置される。このようにすることによって、第五の実施形態のパワーモジュールを作製することが可能となる。

[0086] また、本発明にかかるパワーモジュールの製造方法は、前記セラミックス絶縁板の一方の面に配置される炭素成型体は、一方の面よりも当該一方の面に対向する他方の面の方が小さい逆テーパ形状となるように構成され、前記第一の工程では、前記炭素成型体の他方の面が前記セラミックス絶縁板と対向して配置される。このようにすることによって、本発明の第六の実施形態のパワーモジュールを作製することが可能となる。

[0087] 以上、本発明の実施形態について詳述したが、本発明は、前記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本発明の精神を逸脱しない範囲で、種々の設計変更を行うことができるものである。例えば、前記した実施の形態は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施形態の構成の一部を他の実施形態の構成に置き換え

ることが可能であり、また、ある実施形態の構成に他の実施形態の構成を加えることも可能である。さらに、各実施形態の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることが可能である。

符号の説明

- [0088] 1 0 1 パワーモジュール
- 2 0 1 I G B T
- 2 0 2 ダイオード
- 3 0 1 配線
- 3 0 2 スキン層
- 3 0 3 メタライズ層
- 4 0 1 中間層
- 4 0 2 ベース
- 5 0 1 セラミックス絶縁板
- 6 0 1 金属接合部

請求の範囲

- [請求項1] 炭素を含有する複合材料により構成されるベース部と、
当該ベース部に搭載されるセラミックス絶縁板と、
当該セラミックス絶縁板に搭載され、前記複合材料で構成される中間層と、
当該中間層に形成される配線層と、
当該配線層に接合材料を介して接合される半導体素子と、を有するパワーモジュールにおいて、
前記セラミックス絶縁板と前記ベース部、及び前記セラミックス絶縁板と前記中間層は、それぞれ前記配線層を形成する金属で接合されることを特徴とするパワーモジュール。
- [請求項2] 請求項1に記載のパワーモジュールにおいて、
前記中間層及び、あるいは前記ベース部の側面に凹凸部が形成され、
前記中間層及び、あるいは前記ベース部の側面の凹凸部表面には前記配線層を形成する金属で構成されたスキン層が形成されることを特徴とするパワーモジュール。
- [請求項3] 請求項1または2に記載のパワーモジュールにおいて、
前記中間層及び、あるいは前記ベース部の前記セラミックス絶縁板側の表面に凹凸部が形成され、
前記中間層及び、あるいは前記ベース部の前記セラミックス絶縁板側の表面の凹凸部表面には、前記配線層を形成する金属で構成されたスキン層が形成されることを特徴とするパワーモジュール。
- [請求項4] 請求項1乃至3のいずれかに記載のパワーモジュールにおいて、
前記中間層及び、あるいは前記ベース部の側面部に凸部を有し、当該凸部と同一平面上まで前記配線層を形成する金属で構成されたメタライズ層が形成されていることを特徴とするパワーモジュール。
- [請求項5] 請求項1乃至4のいずれかに記載のパワーモジュールにおいて、

前記ベース部の底面に凸部を有し、当該凸部と同一平面上まで前記配線層を形成する金属で構成されたメタライズ層が形成されていることを特徴とするパワーモジュール。

[請求項6] 請求項1乃至5のいずれかに記載のパワーモジュールにおいて、
前記ベース部は前記セラミックス絶縁板よりも大きく構成され、
前記ベース部には凹部が設けられ、
前記セラミックス絶縁板は、前記凹部に搭載されていることを特徴とするパワーモジュール。

[請求項7] 請求項1乃至6のいずれかに記載のパワーモジュールにおいて、
前記中間層は凸部を有し、当該凸部と同一平面上まで配線層が形成されていることを特徴とするパワーモジュール。

[請求項8] 請求項1乃至7のいずれかに記載のパワーモジュールにおいて、
前記中間層は凸部を有し、当該凸部と同一平面上まで配線層が形成されており、当該配線層に接合材料を介して接合される半導体素子の外周部に当該凸部が存在することを特徴とするパワーモジュール。

[請求項9] 請求項1乃至8に記載のパワーモジュールにおいて、
前記ベース部は、当該ベース部のセラミックス絶縁板の隅部と対向する位置に穴を有しており、当該穴には前記配線層を形成する金属が充填されていることを特徴とするパワーモジュール。

[請求項10] 請求項1乃至9に記載のパワーモジュールにおいて、
前記中間層は、前記配線層から前記セラミックス絶縁板に向かって大きさが小さくなるように逆テーパ部が構成され、
前記逆テーパ部と前記セラミックス絶縁板との間には前記配線層を形成する金属が充填されて逆テーパ金属部が構成され、
前記逆テーパ金属部と前記配線層とは一体で形成されていることを特徴とするパワーモジュール。

[請求項11] 請求項1乃至10のいずれかに記載のパワーモジュールにおいて、
前記配線層はアルミまたは銅で構成され、

前記複合材料は、前記配線層を構成する金属と炭素との複合材料であることを特徴とするパワーモジュール

[請求項12]

炭素を含有する複合材料により構成されるベース部と、
当該ベース部に搭載されるセラミックス絶縁板と、
当該セラミックス絶縁板に搭載され、前記複合材料で構成される中間層と、
当該中間層に形成される配線層と、
当該配線層に接合材料を介して接合される半導体素子と、を有するパワーモジュールの製造方法において、
前記セラミックス絶縁板の両面に炭素成型体を金型内に配置する第一の工程と、
前記金型内に溶融したアルミまたは溶融した銅を流し込む第二の工程と、
前記第二の工程の後に金型を取り外す第三の工程を有することを特徴とするパワーモジュールの製造方法。

[請求項13]

請求項12に記載のパワーモジュールの製造方法において、
前記セラミックス絶縁板の一方の面に配置される炭素成型体は凹部を有し、
前記第一の工程では当該凹部に前記セラミックス絶縁板が配置されることを特徴とするパワーモジュールの製造方法。

[請求項14]

請求項12に記載のパワーモジュールの製造方法において、
前記セラミックス絶縁板の一方の面に配置される炭素成型体は凹部を有し、
前記第一の工程では、前記炭素成型体の凹部が形成された面とは反対側の面に前記セラミックス絶縁板が配置されることを特徴とするパワーモジュールの製造方法。

[請求項15]

請求項12に記載のパワーモジュールの製造方法において、
前記セラミックス絶縁板の一方の面に配置される炭素成型体には穴

が設けられ、

前記第一の工程では、前記炭素成型体の穴と前記セラミックス絶縁板の隅部が対向するように配置されることを特徴とするパワーモジュールの製造方法。

[請求項16]

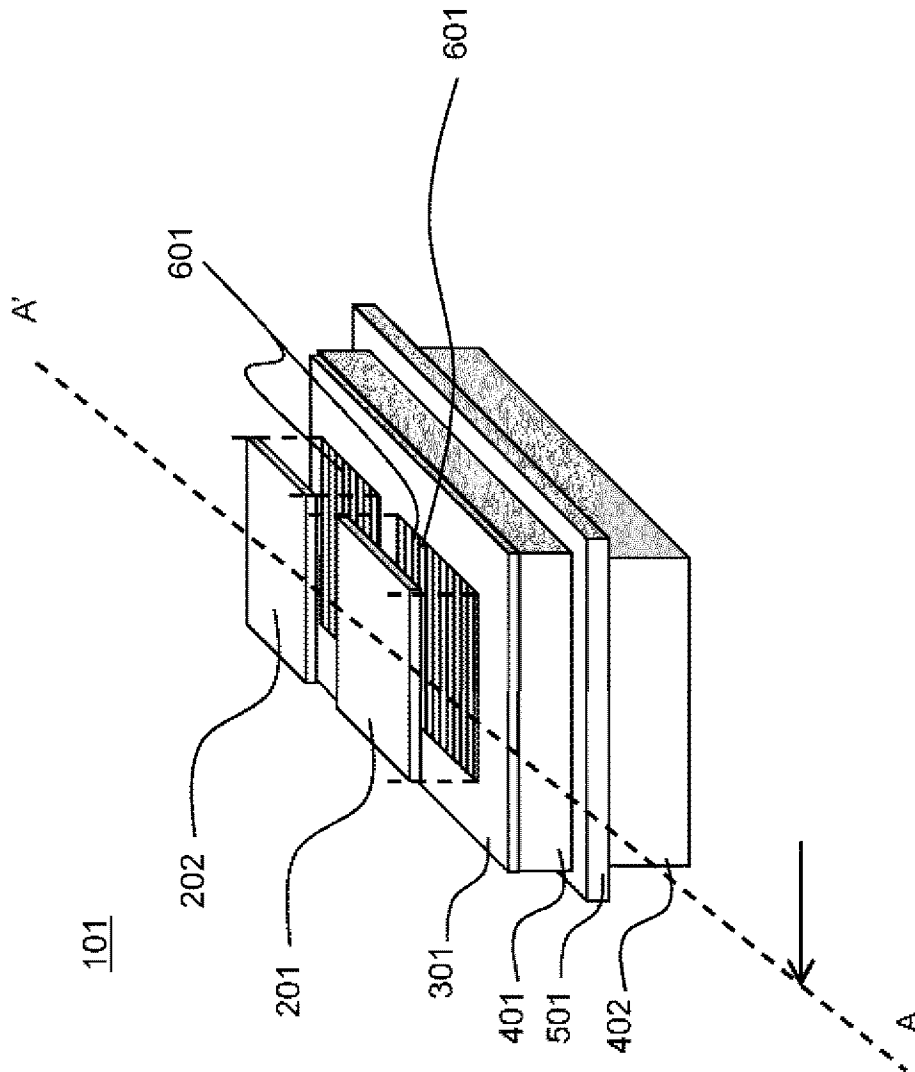
請求項12に記載のパワーモジュールの製造方法において、

前記セラミックス絶縁板の一方の面に配置される炭素成型体は、一方の面よりも当該一方の面に対向する他方の面の方が小さい逆テーパ形状となるように構成され、

前記第一の工程では、前記炭素成型体の他方の面が前記セラミックス絶縁板と対向して配置されることを特徴とするパワーモジュールの製造方法。

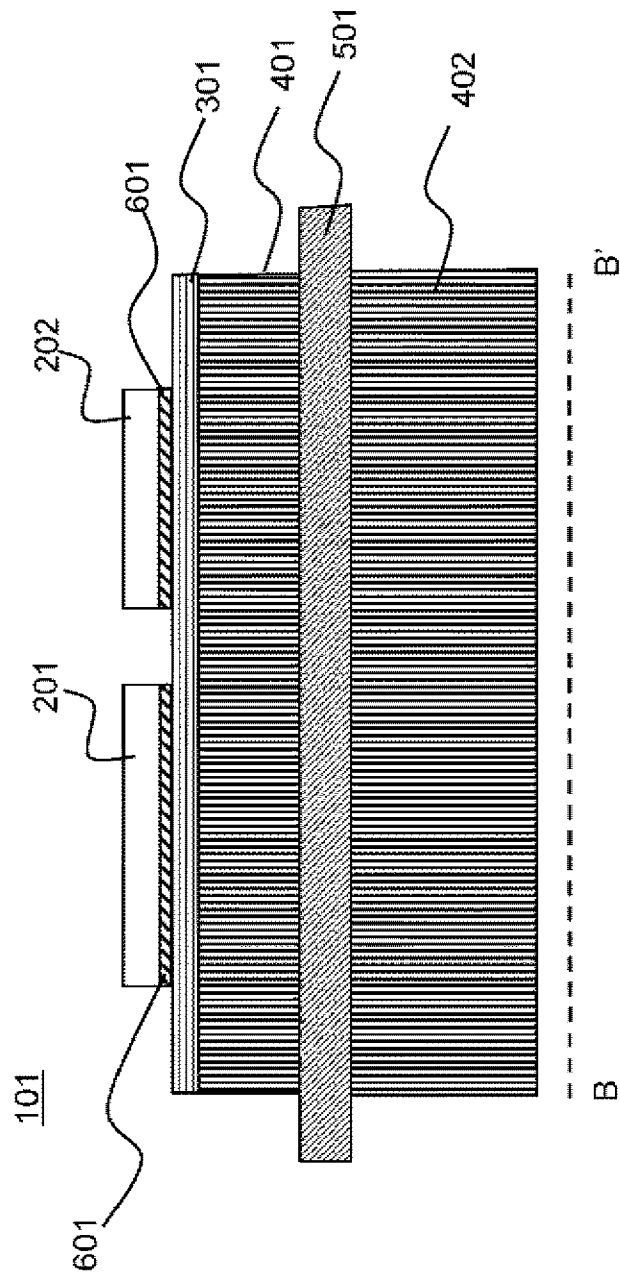
[図1]

【図 1】



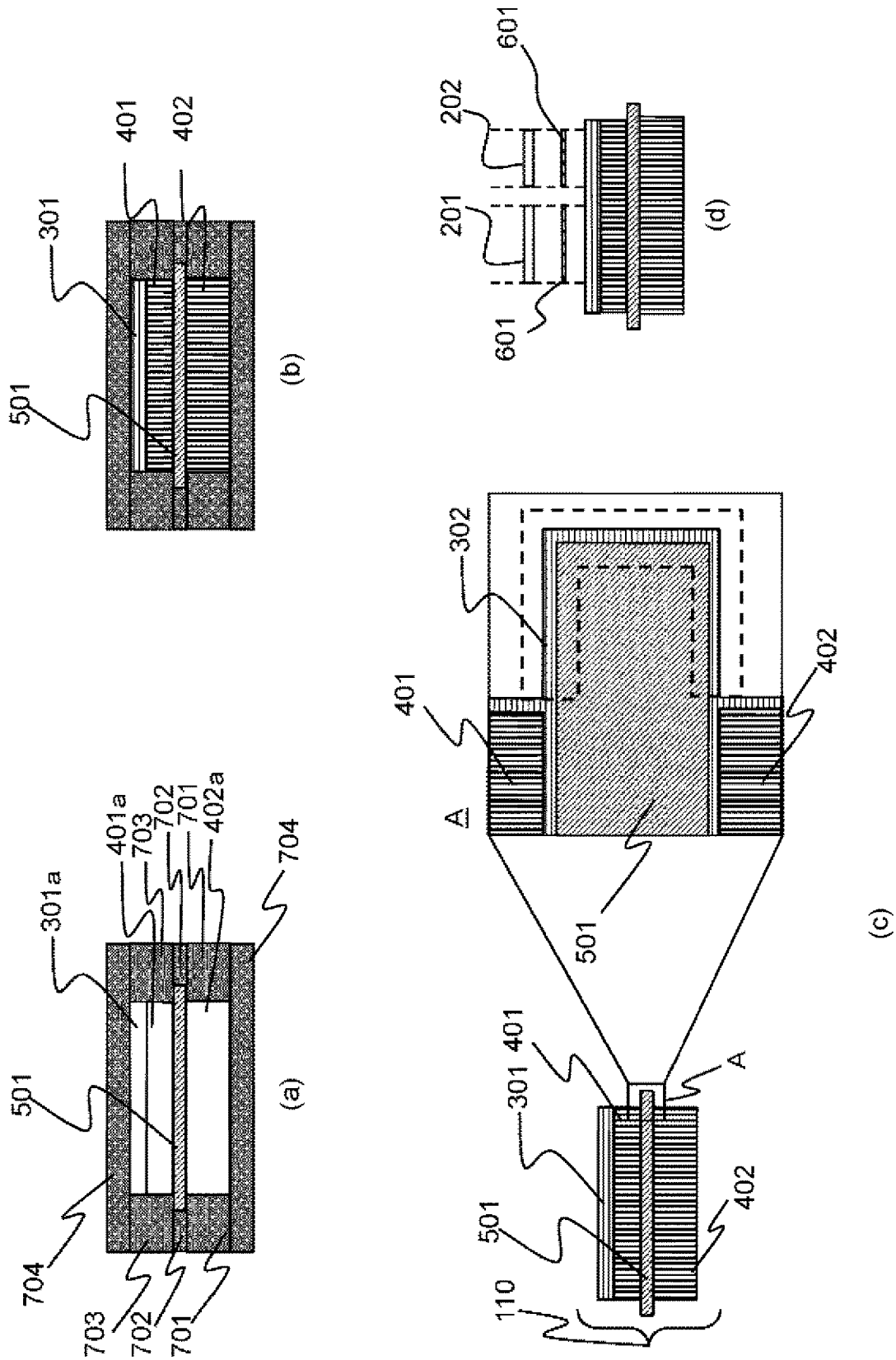
[図2]

【図 2】



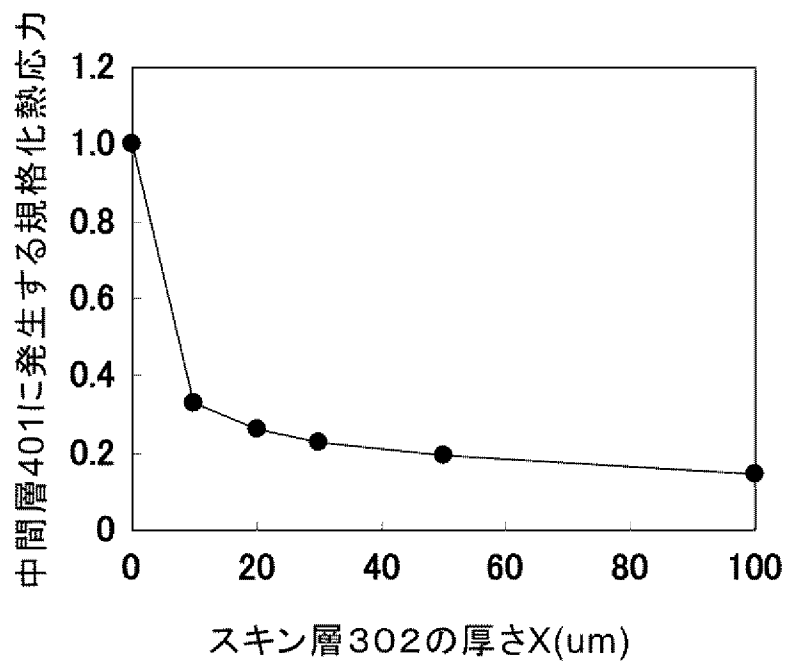
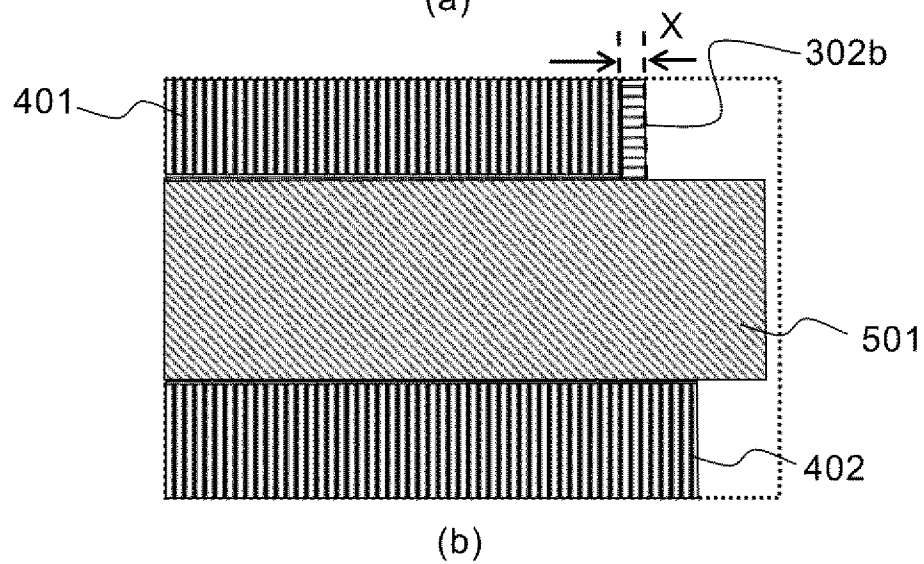
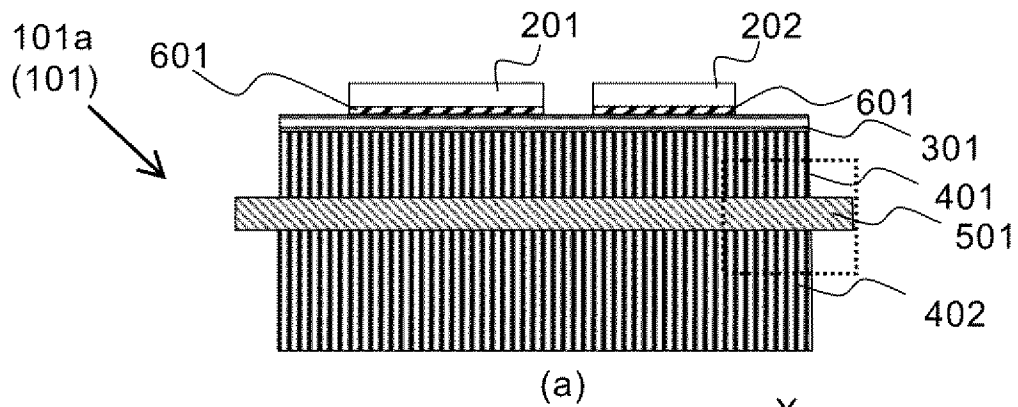
[図3]

【図 3】



[図4]

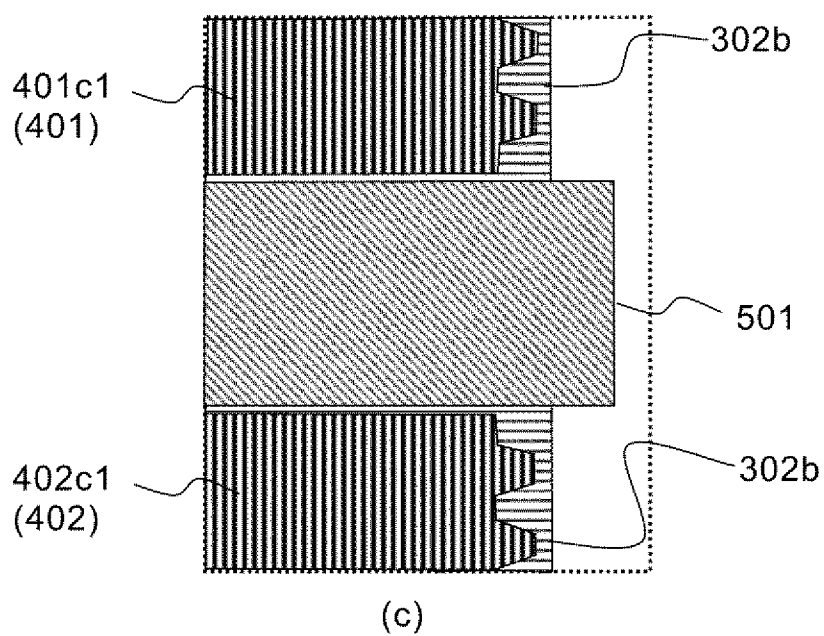
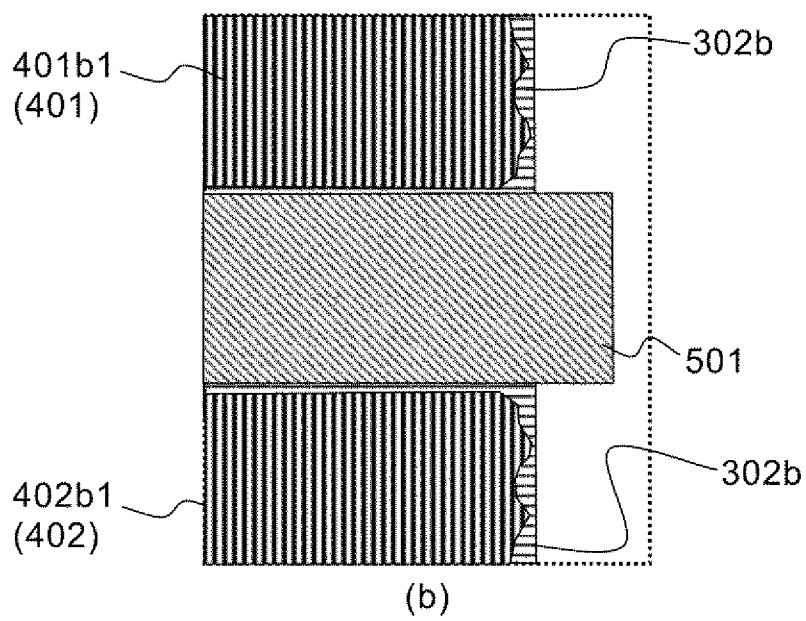
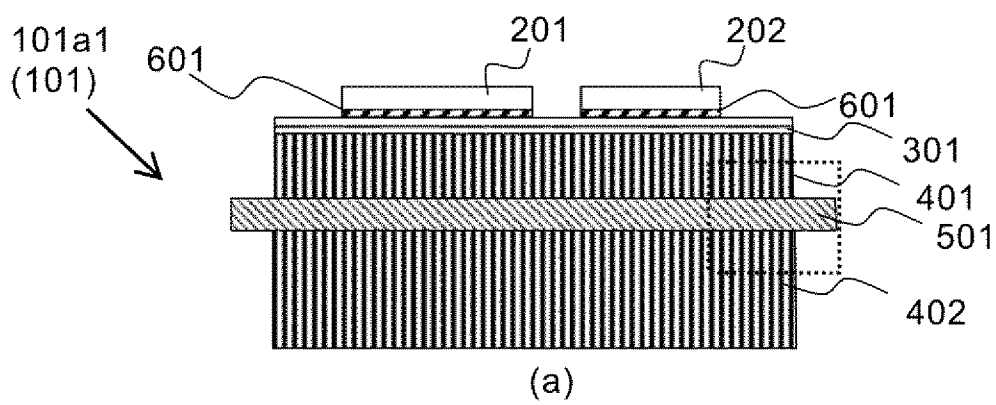
【図 4】



(c)

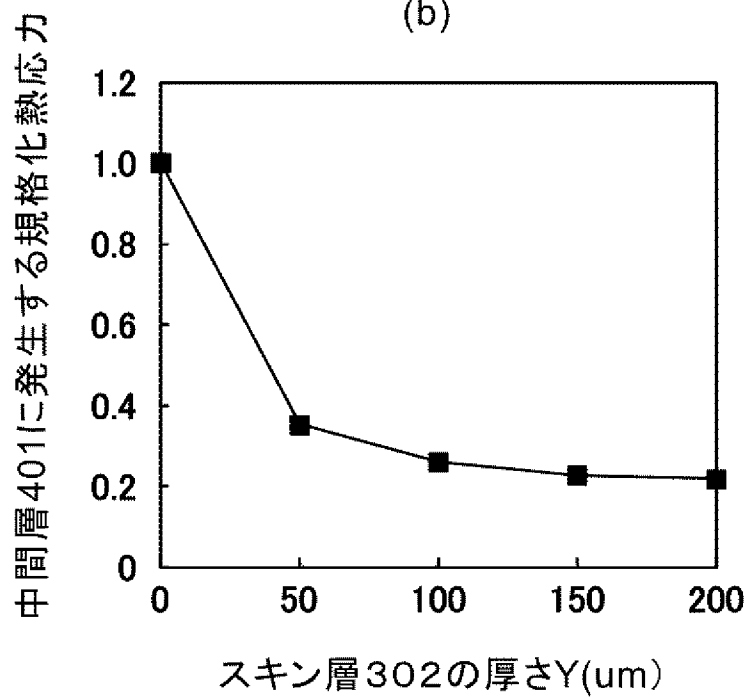
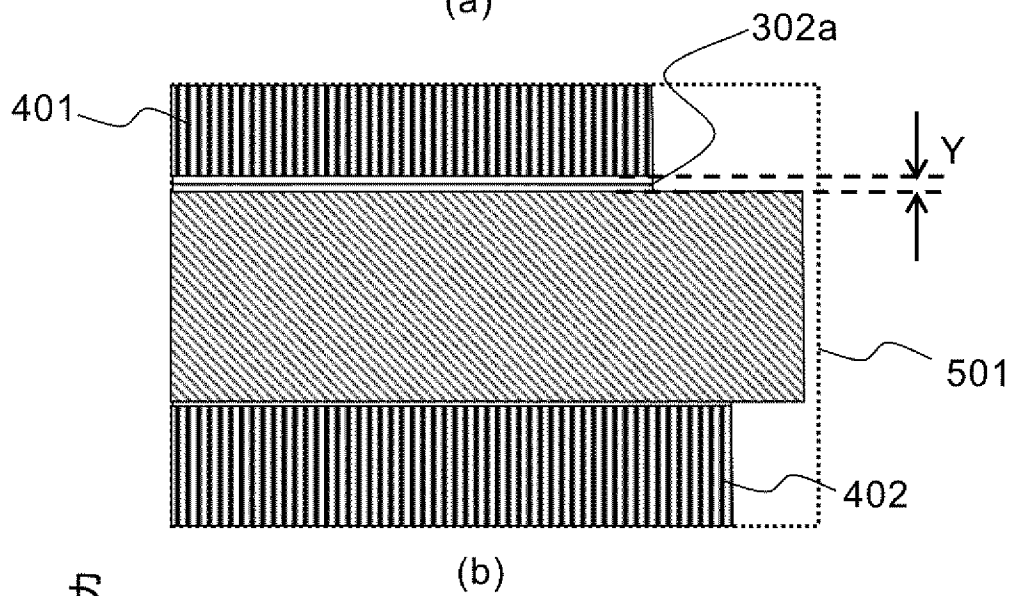
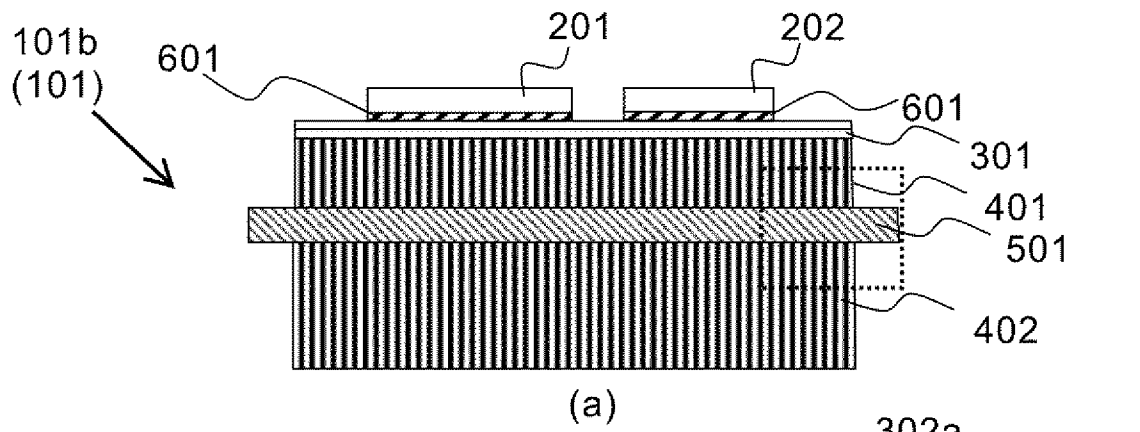
[図5]

【図 5】



[図6]

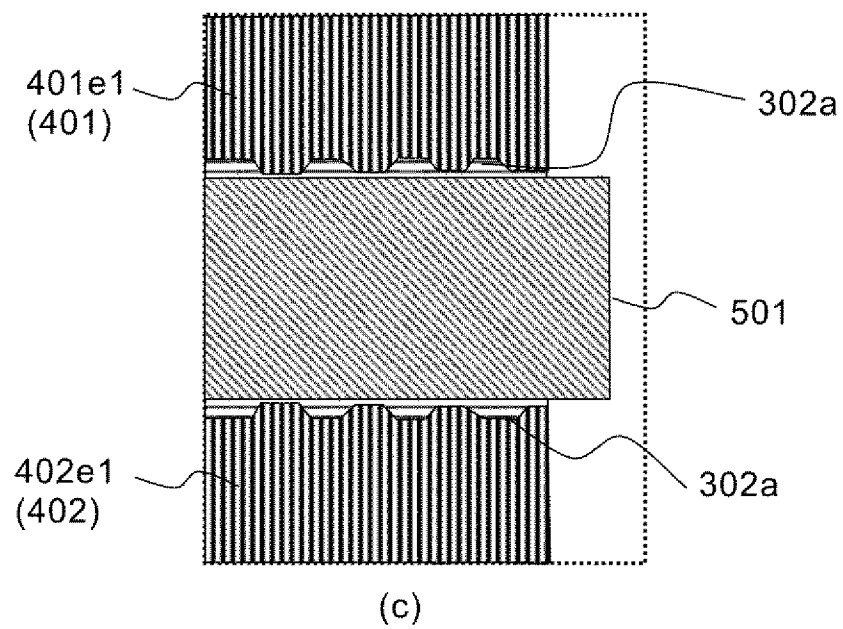
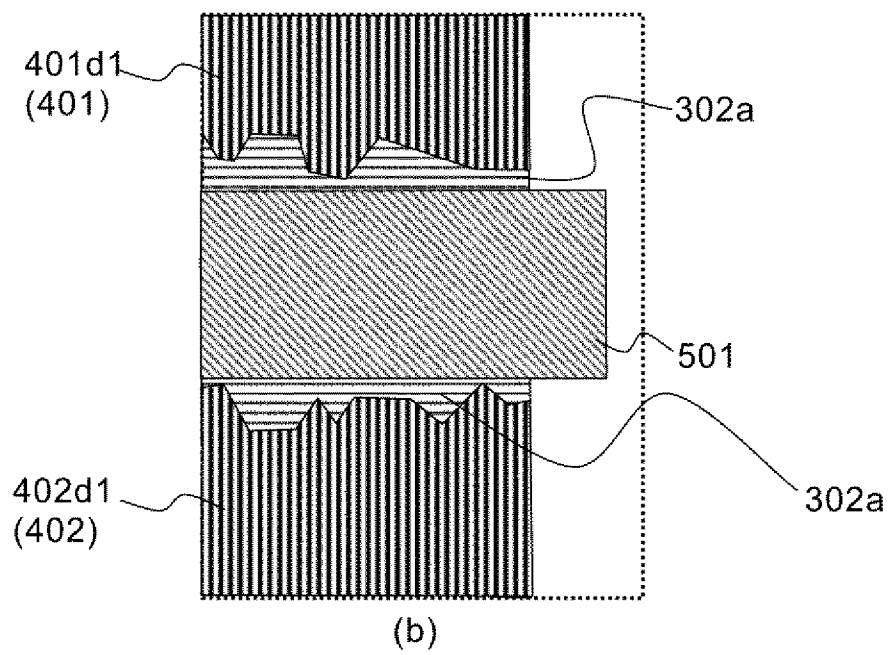
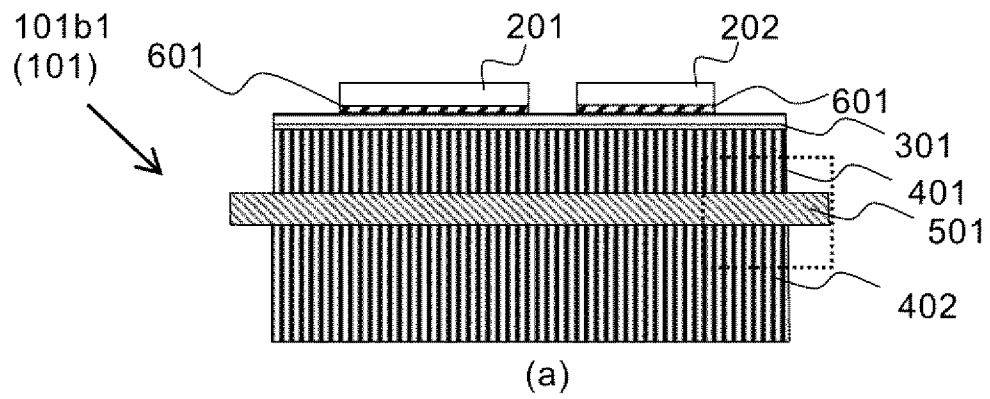
【図 6】



(c)

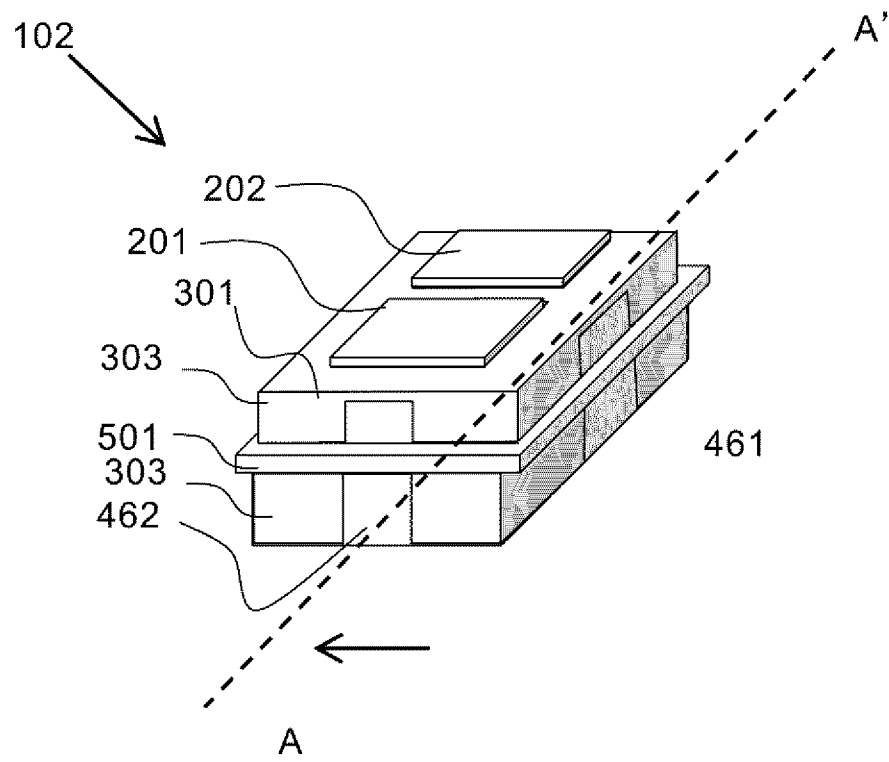
[図7]

【図 7】

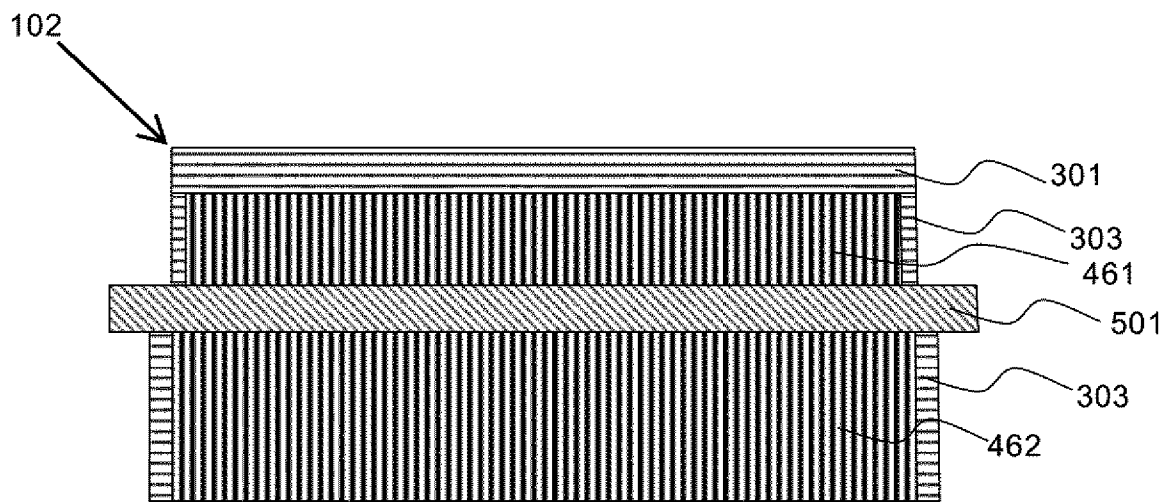


[図8]

【図 8】



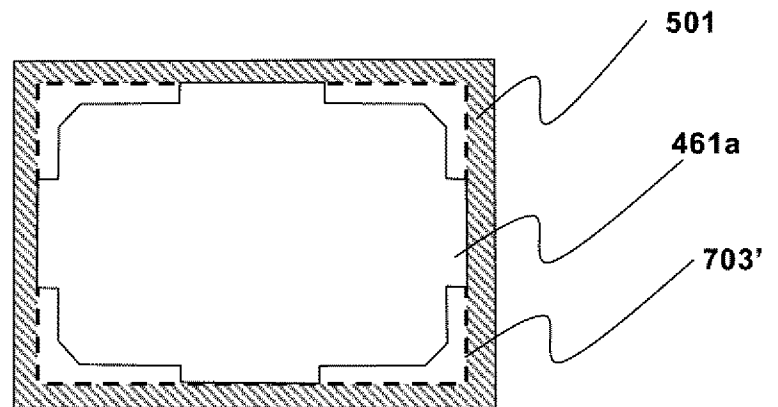
(a)



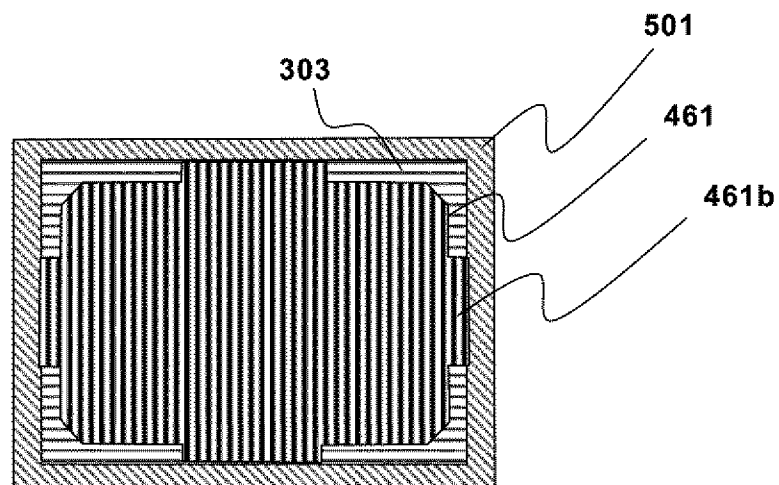
(b)

[図9]

【図 9】



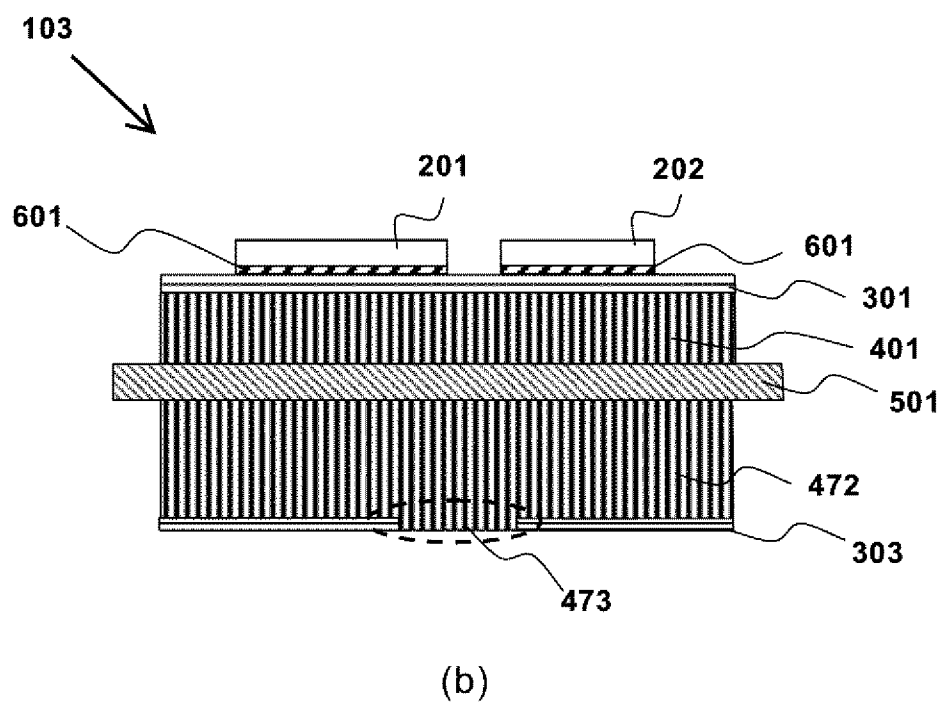
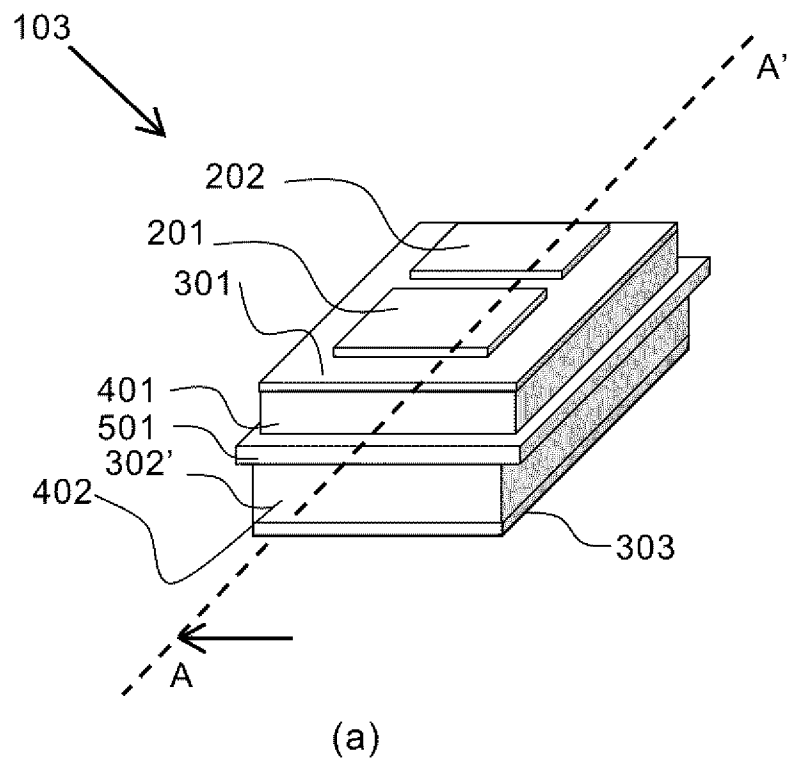
(a)



(b)

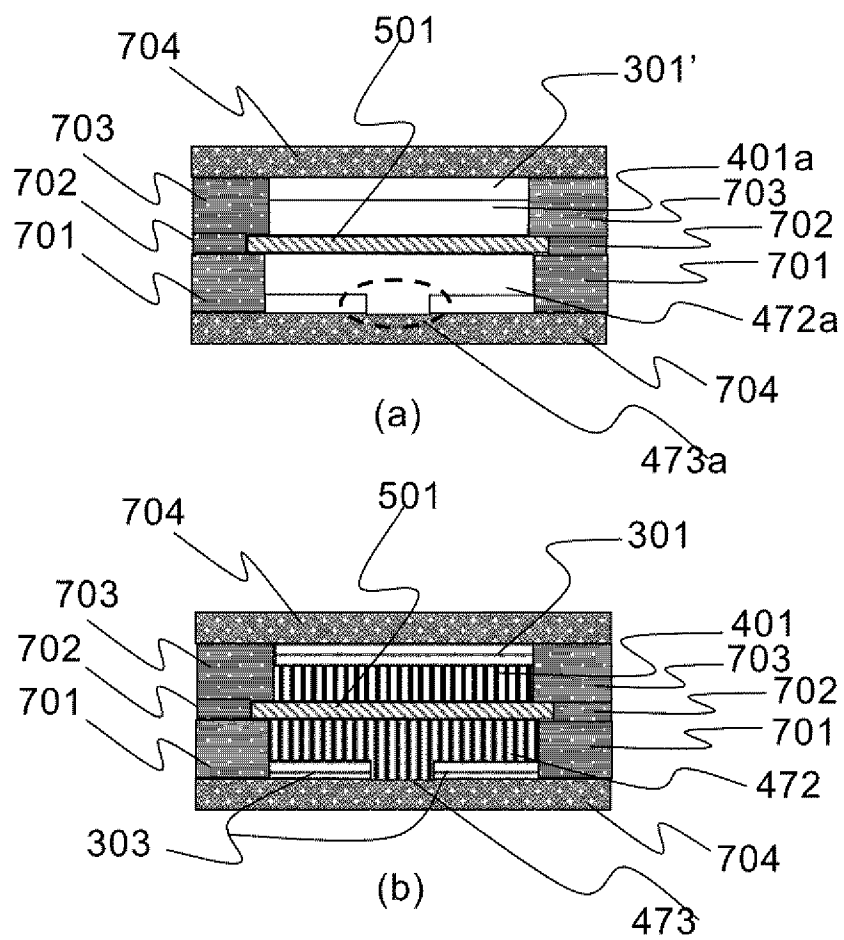
[図10]

【図10】



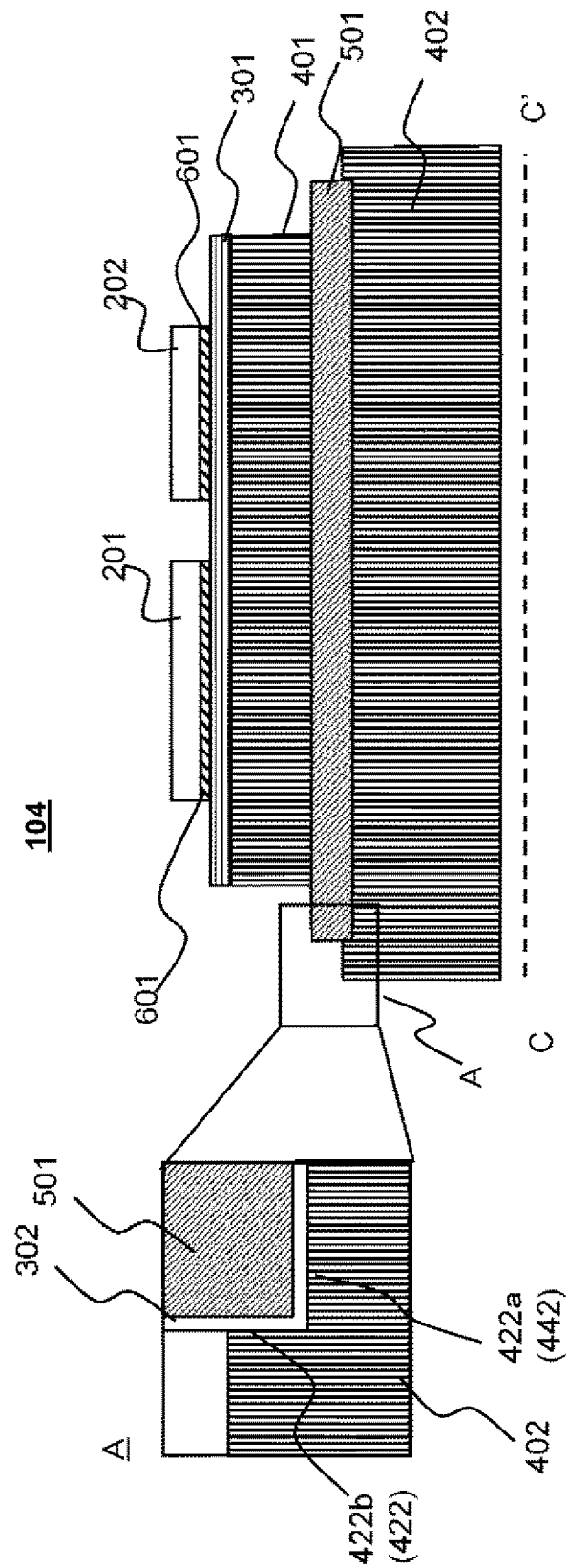
[図11]

【図 1 1】



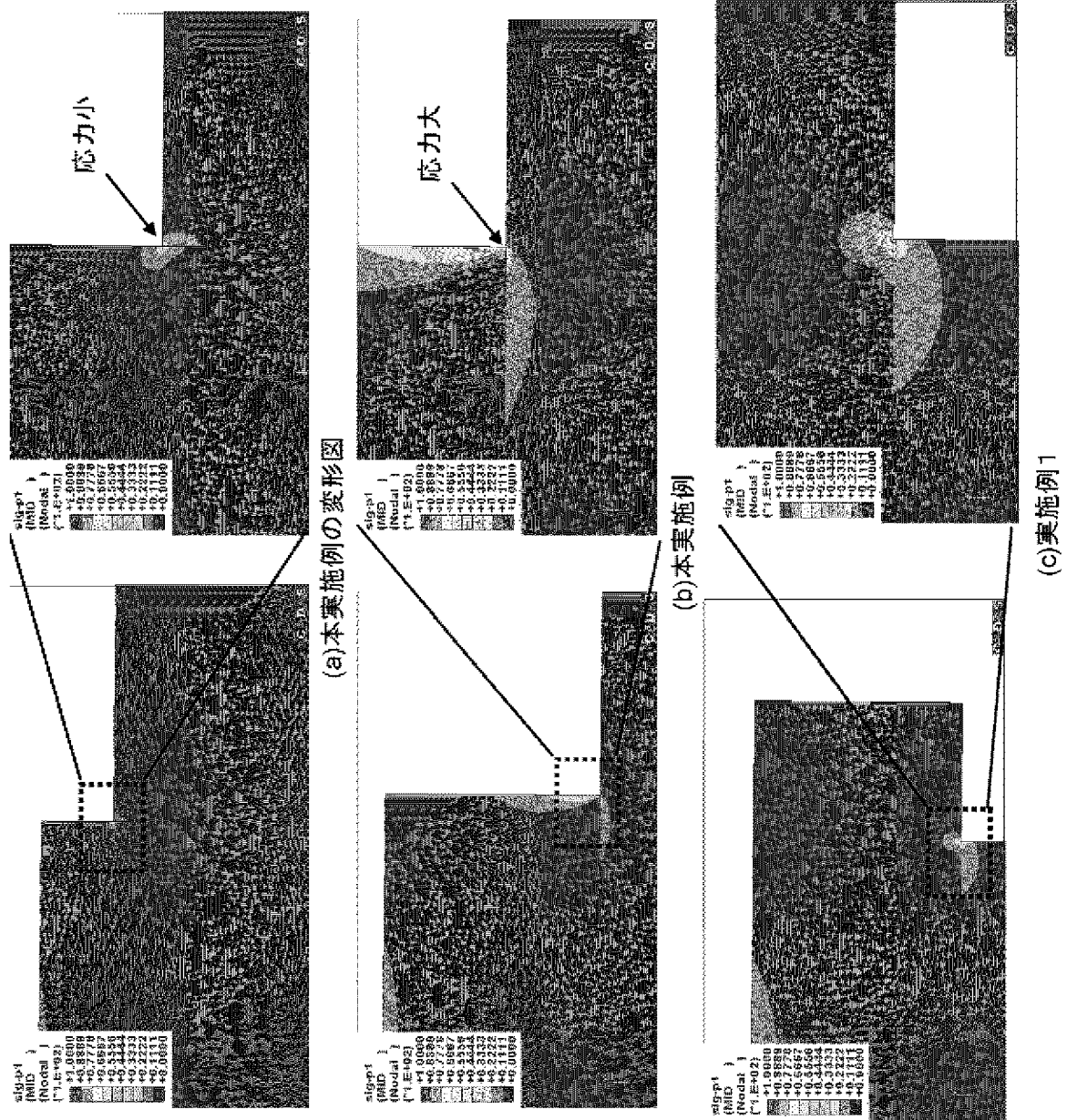
[図12]

【図12】



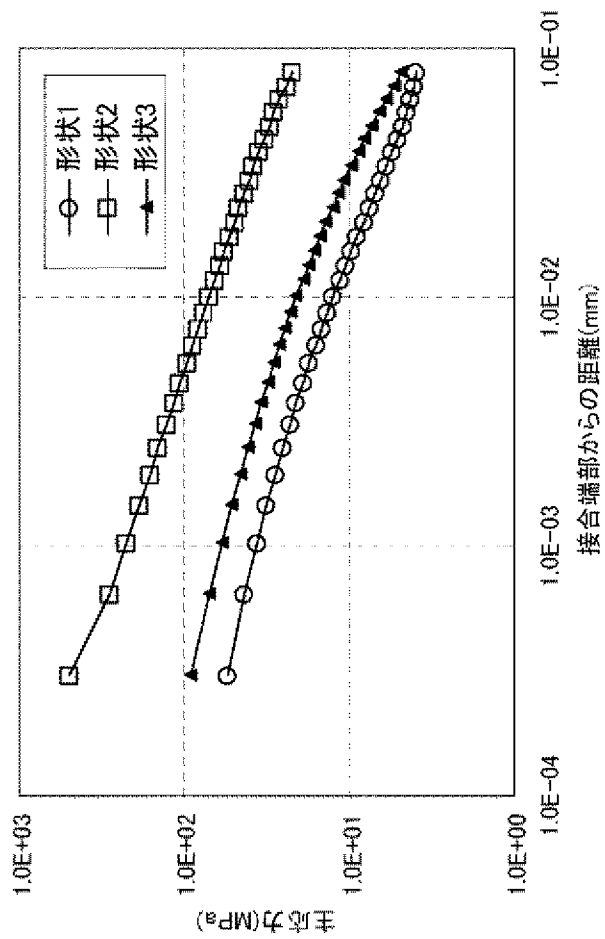
[図13]

【図 13】



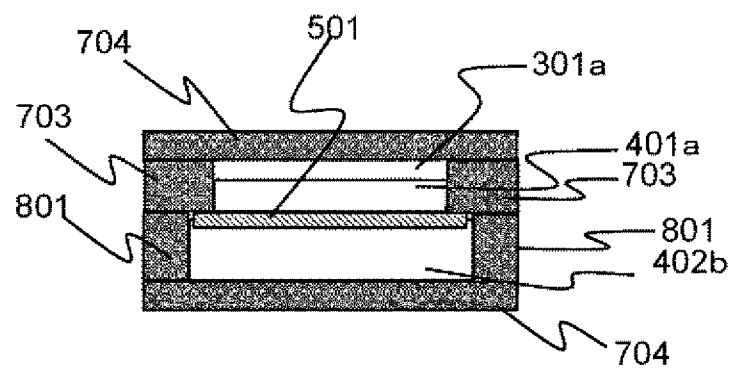
[図14]

【図14】



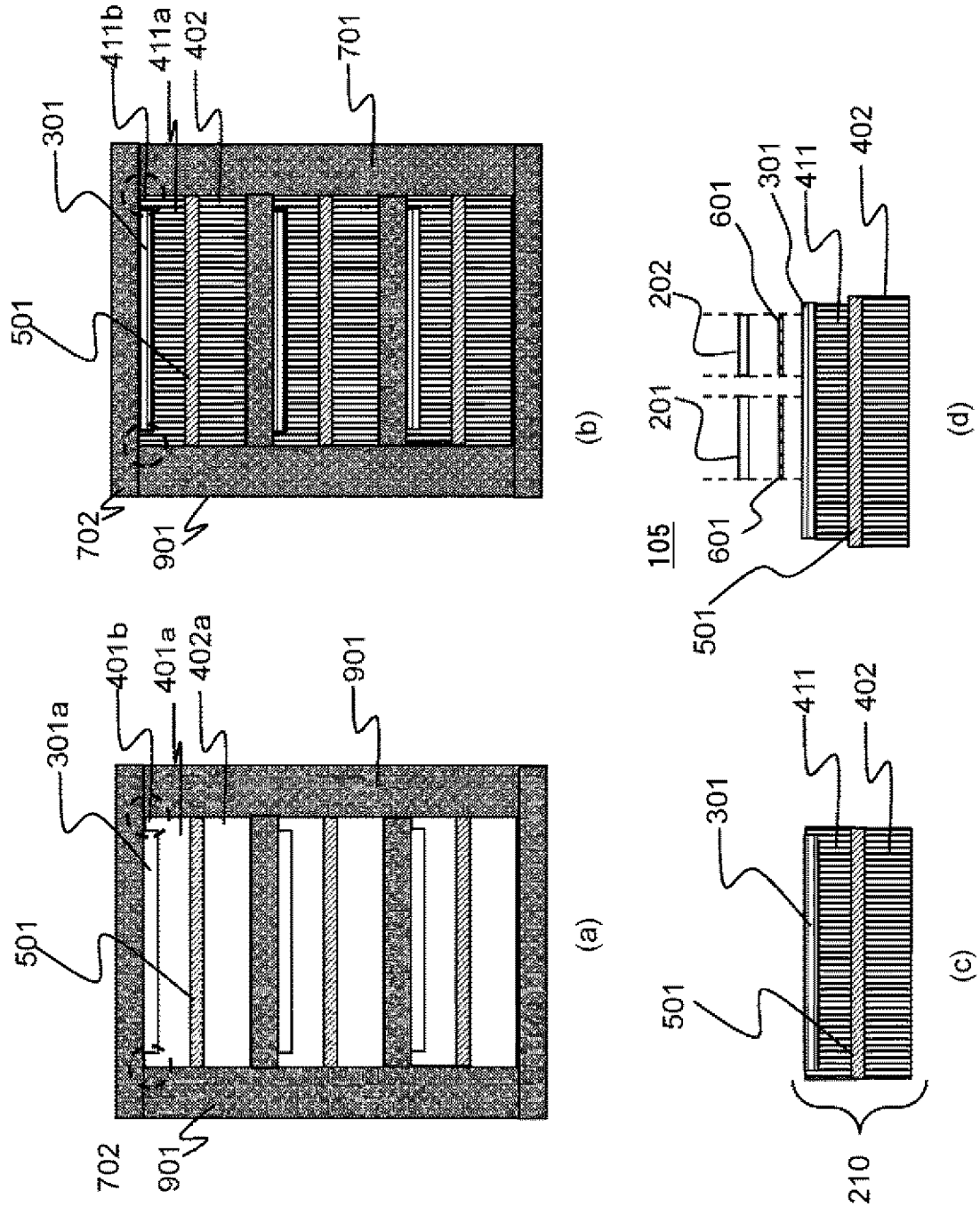
[図15]

【図15】



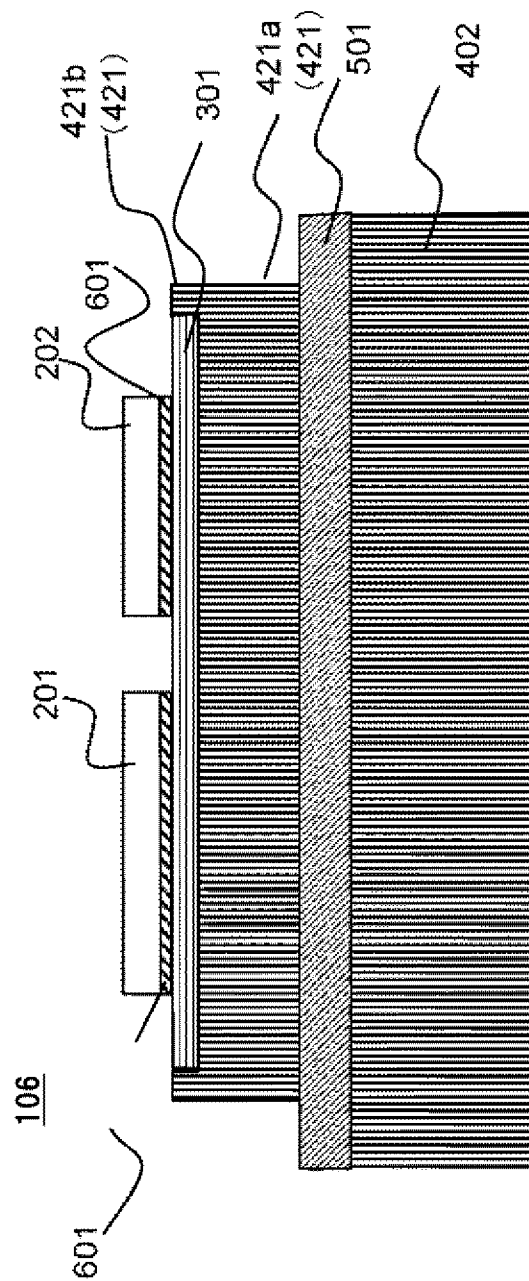
[図16]

【図16】



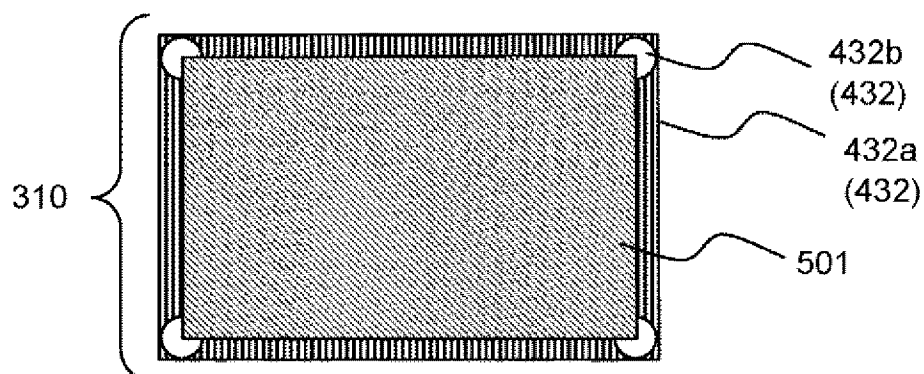
[図17]

【図 1 7】



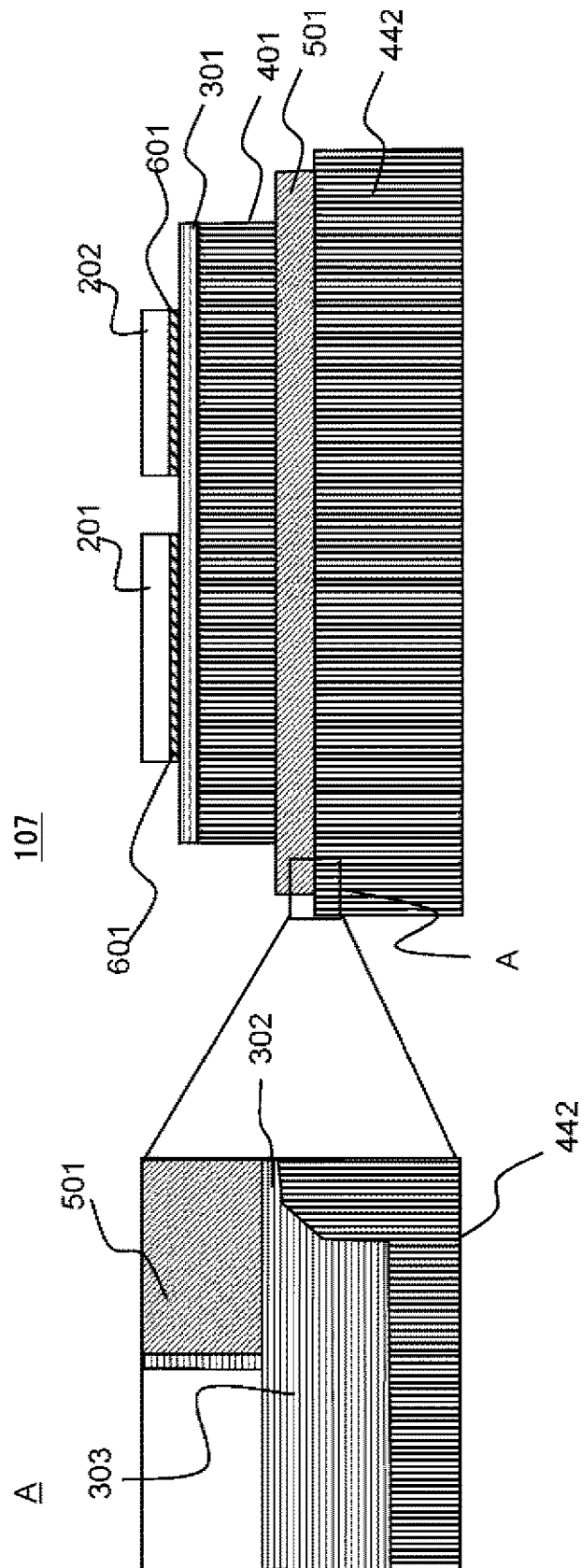
[図18]

【図 1 8】



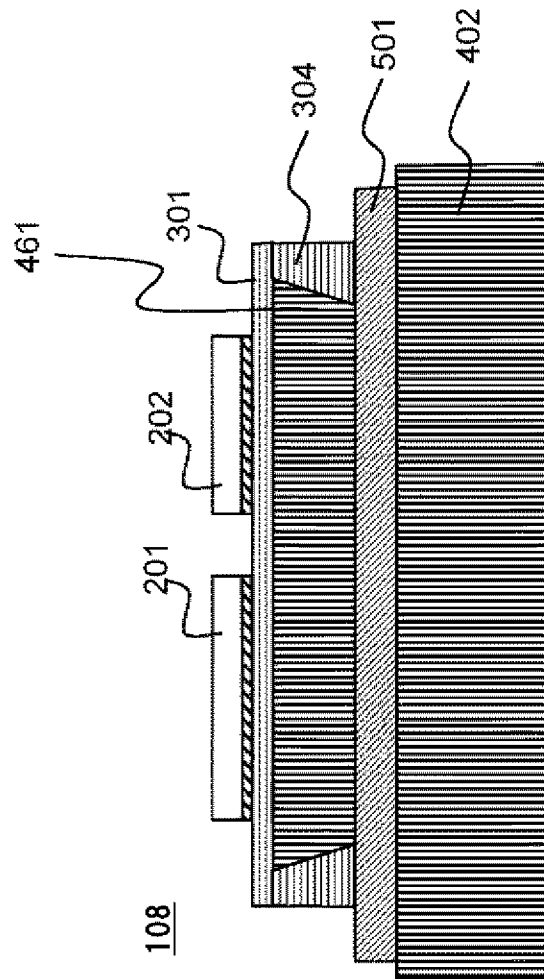
[図19]

【図19】



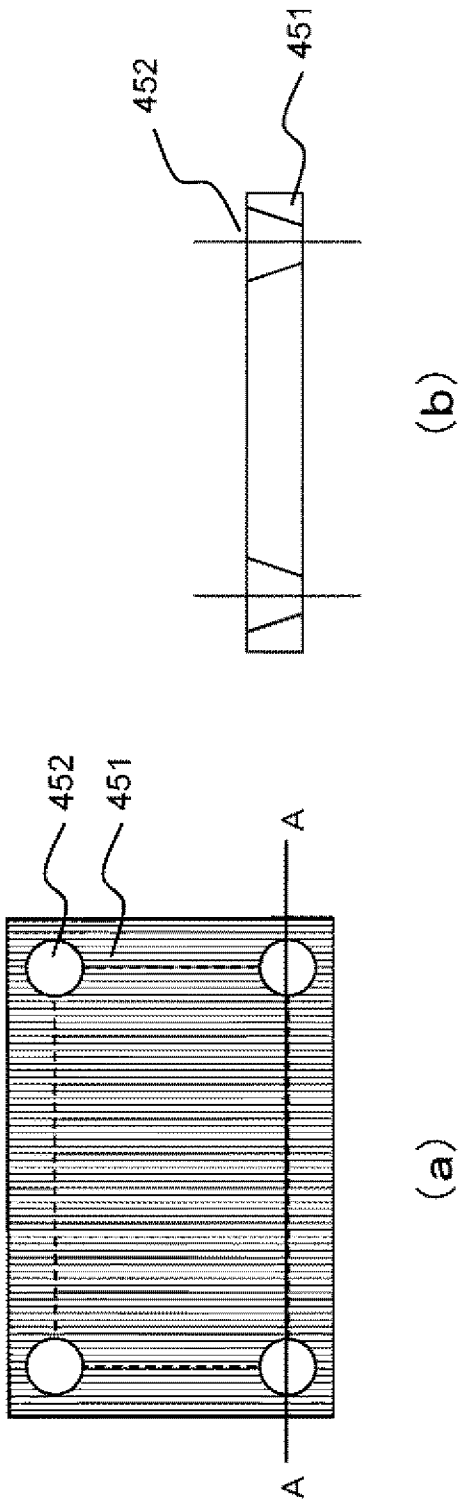
[図20]

【図 20】



[図21]

【図 2 1】



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/061562

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L23/36(2006.01)i, H01L23/12(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)

H01L23/36, H01L23/12

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 1996-2013

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2013 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2013

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 <u>Y</u> <u>A</u>	JP 2010-77013 A (Kyocera Corp.), 08 April 2010 (08.04.2010), paragraphs [0047] to [0076], [0114]; fig. 8 (Family: none)	1, 11 6 <u>2-5, 7-10,</u> <u>12-16</u>
Y	JP 9-48677 A (Dowa Mining Co., Ltd.), 18 February 1997 (18.02.1997), paragraphs [0022] to [0025]; fig. 1 to 2 (Family: none)	6
A	WO 2008/123172 A1 (NGK Insulators, Ltd.), 16 October 2008 (16.10.2008), entire text; all drawings (Family: none)	1-16

☒ 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
08 July, 2013 (08.07.13)Date of mailing of the international search report
23 July, 2013 (23.07.13)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/061562

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2007-73875 A (NGK Insulators, Ltd.), 22 March 2007 (22.03.2007), entire text; all drawings & US 2007/0058349 A1 & EP 1770773 A2 & KR 10-2007-0029593 A & CN 1929119 A	1-16

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））
Int.Cl. H01L23/36(2006.01)i, H01L23/12(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（I P C））

Int.Cl. H01L23/36, 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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 3 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 3 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 3 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 <u>A</u>	JP 2010-77013 A（京セラ株式会社）2010.04.08, 段落 0047-0076, 0114, 図 8（ファミリーなし）	1, 11 <u>6</u> <u>2-5, 7-10, 12-</u> <u>16</u>
Y	JP 9-48677 A（同和鉱業株式会社）1997.02.18, 段落 0022-0025, 図 1-2（ファミリーなし）	6
A	WO 2008/123172 A1（日本碍子株式会社）2008.10.16, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-16

☒ 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

0 8 . 0 7 . 2 0 1 3

国際調査報告の発送日

2 3 . 0 7 . 2 0 1 3

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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）

石野 忠志

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 7 1

4 R

3 5 4 7

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
A	JP 2007-73875 A (日本碍子株式会社) 2007. 03. 22, 全文, 全図 & US 2007/0058349 A1 & EP 1770773 A2 & KR 10-2007-0029593 A & CN 1929119 A	1-16