

(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
2011年3月17日(17.03.2011)

(10) 国際公開番号
WO 2011/030754 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 23/373 (2006.01) H01L 23/12 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/065316
- (22) 国際出願日: 2010年9月7日(07.09.2010)
- (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 2009-208438 2009年9月9日(09.09.2009) JP
特願 2009-208439 2009年9月9日(09.09.2009) JP
特願 2009-252114 2009年11月2日(02.11.2009) JP
特願 2009-252115 2009年11月2日(02.11.2009) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 三菱マテリアル株式会社(MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008117 東京都千代田区大手町一丁目3番2号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 殿村 宏史 (TONOMURA Hiroshi) [JP/JP]; 〒3110102 茨城県那

珂市向山1002番地14 三菱マテリアル株式会社 中央研究所内 Ibaraki (JP). 長友 義幸(NAGATOMO Yoshiyuki) [JP/JP]; 〒3110102 茨城県那珂市向山1002番地14 三菱マテリアル株式会社 中央研究所内 Ibaraki (JP). 黒光 祥郎(KUROMITSU Yoshirou) [JP/JP]; 〒3110102 茨城県那珂市向山1002番地14 三菱マテリアル株式会社 中央研究所内 Ibaraki (JP).

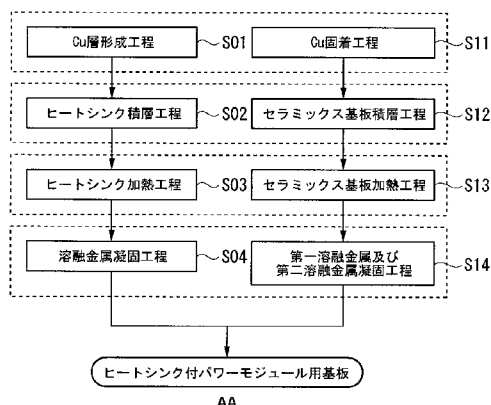
- (74) 代理人: 志賀 正武, 外(SHIGA Masatake et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目9番2号 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, 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, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV,

[続葉有]

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING SUBSTRATE FOR POWER MODULE WITH HEAT SINK, SUBSTRATE FOR POWER MODULE WITH HEAT SINK, AND POWER MODULE

(54) 発明の名称: ヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法、ヒートシンク付パワーモジュール用基板及びパワーモジュール

【図3】



(57) Abstract: Disclosed is a method for producing a substrate for a power module with a heat sink, which comprises a heat sink bonding step for bonding the heat sink to the other surface of a second metal plate. The heat sink bonding step includes: a Cu layer formation step wherein a Cu layer is formed on either the other surface of the second metal plate and/or the bonding surface of the heat sink; a heat sink lamination step wherein the heat sink is laminated on the second metal plate with the Cu layer therebetween; a heat sink heating step wherein the second metal plate and the heat sink are pressed in the lamination direction and heated in order to diffuse Cu contained in the Cu layer into the second metal plate and the heat sink; and a molten metal solidification step wherein the molten metal that has been formed along with the diffusion of Cu is solidified in order to bond the second metal plate and the heat sink with each other.

(57) 要約:

[続葉有]

S01 Cu LAYER FORMATION STEP
S02 HEAT SINK LAMINATION STEP
S03 HEAT SINK HEATING STEP
S04 MOLTEN METAL SOLIDIFICATION STEP
S11 Cu AFFIXING STEP
S12 CERAMIC SUBSTRATE LAMINATION STEP
S13 CERAMIC SUBSTRATE HEATING STEP
S14 FIRST MOLTEN METAL AND SECOND MOLTEN METAL SOLIDIFICATION STEP
AA SUBSTRATE FOR POWER MODULE WITH HEAT SINK



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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

ヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法は、第二の金属板の他面にヒートシンクを接合するためのヒートシンク接合工程を含み、このヒートシンク接合工程は、前記第二の金属板の他面および前記ヒートシンクの接合面の少なくともいずれか一方にCu層を形成するCu層形成工程と、前記Cu層を介して前記第二の金属板に前記ヒートシンクを積層するヒートシンク積層工程と、前記Cu層に含まれるCuを第二の金属板及び前記ヒートシンクに拡散させるために、第二の金属板およびヒートシンクを積層方向に加圧するとともに加熱するヒートシンク加熱工程と、第二の金属板とヒートシンクとを接合するために、前記Cuの拡散に伴って形成された熔融金属を凝固させる熔融金属凝固工程と、を有する。

明 細 書

発明の名称：

ヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法、ヒートシンク付パワーモジュール用基板及びパワーモジュール

技術分野

[0001] 本発明は、大電流、高電圧を制御する半導体装置に用いられるヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法、ヒートシンク付パワーモジュール用基板、及び、パワーモジュールに関する。

本願は、２００９年０９月０９日に日本に出願された特願２００９－２０８４３８号、２００９年１１月０２日に日本に出願された特願２００９－２５２１１４号、２００９年０９月０９日に日本に出願された特願２００９－２０８４３９号、２００９年１１月０２日に日本に出願された特願２００９－２５２１１５号、に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 半導体素子の中でも電力供給のためのパワー素子は、発熱量が比較的高いため、これを搭載する基板としては、例えば、ＡＩＮ（窒化アルミ）やＳｉ₃Ｎ₄（窒化ケイ素）などからなるセラミックス基板上にＡｌ（アルミニウム）の第一の金属板が接合されるとともに、基板の反対側にＡｌ（アルミニウム）の第二の金属板を介してヒートシンクが接続されたヒートシンク付パワーモジュール用基板が用いられる。

ヒートシンク付パワーモジュール用基板では、第一の金属板は回路層として形成され、第一の金属板の上には、はんだ材を介してパワー素子である半導体チップが搭載される。

[0003] 従来、前述のヒートシンク付パワーモジュール用基板は、例えば特許文献１に記載されているように、以下の手順で製造される。

まず、セラミックス基板の一方の面にろう材を介して第一の金属板を積層し、セラミックス基板の他方の面にろう材を介して第二の金属板を積層する

。これを積層方向に所定の圧力で加圧するとともに加熱し、セラミックス基板と第一の金属板及び第二の金属板とを接合する（セラミックス基板接合工程）。

次に、第二の金属板のうちセラミックス基板とは反対側の面に、ろう材を介してヒートシンクを積層する。これを積層方向に所定の圧力で加圧するとともに加熱し、これにより第二の金属板とヒートシンクとを接合する（ヒートシンク接合工程）。

すなわち、ヒートシンク付パワーモジュール用基板は、上述のセラミックス基板接合工程と、その後に実施されるヒートシンク接合工程とによって製造されていた。

[0004] ところで、第二の金属板とヒートシンクとをろう付けする際には、ろう付け温度を低く設定するためにSiを7.5質量%以上含有するAl-Si系合金のろう材箔が使用されることが多い。Siを比較的多く含有するAl-Si系合金においては、延性が不十分であることから圧延等によって箔材を製造するのが困難であった。

さらに、ヒートシンクと第二の金属板との間にろう材箔を配置し、これらを積層方向に加圧して加熱するが、この加圧に際してろう材箔の位置がずれないように、ろう材箔、ヒートシンク及び第二の金属板を積層配置する必要があった。

また、ろう材箔を用いた場合、第二の金属板とヒートシンクとの界面部分には、第二の金属板及びヒートシンクの表面、ろう材箔の両面の4つの面において酸化被膜が存在し、酸化被膜の合計厚さが厚くなる傾向にあった。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2002-009212号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] この発明は、前述した事情に鑑みてなされたものであって、ヒートシンクと第二の金属板とを接合するヒートシンク接合工程における接合温度を低く設定しても、ヒートシンクと第二の金属板とを強固に接合でき、セラミックス基板と第一の金属板及び第二の金属板とを接合するセラミックス基板接合工程における接合温度も比較的低く設定することができ、高品質なヒートシンク付パワーモジュール用基板を提供することが可能なヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法、及び、ヒートシンク付パワーモジュール用基板、パワーモジュールを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明のヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法は、セラミックス基板と、該セラミックス基板の表面に一面が接合されたアルミニウムからなる第一の金属板と、前記セラミックス基板の裏面に一面が接合されたアルミニウムからなる第二の金属板と、該第二の金属板の前記セラミックス基板と接合された前記一面と反対側の他面に接合されたアルミニウムまたはアルミニウム合金からなるヒートシンクとを備えるヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法である。前記セラミックス基板と前記第一の金属板、及び、前記セラミックス基板と前記第二の金属板とを接合するセラミックス基板接合工程と、前記第二の金属板の他面に前記ヒートシンクを接合するヒートシンク接合工程と、を有する。前記ヒートシンク接合工程は、前記第二の金属板の他面と前記ヒートシンクの接合面のうち少なくとも一方にCuを固着してCu層を形成するCu層形成工程と、前記Cu層を介して前記第二の金属板と前記ヒートシンクとを積層するヒートシンク積層工程と、積層された前記第二の金属板と前記ヒートシンクとを積層方向に加圧するとともに加熱し、前記第二の金属板と前記ヒートシンクとの界面に溶融金属領域を形成するヒートシンク加熱工程と、この溶融金属領域を凝固させることによって、前記第二の金属板と前記ヒートシンクとを接合する溶融金属凝固工程と、を有する。そして、前記ヒートシンク加熱工程において、前記Cu層のCuを前記第二の金属板及び前記ヒートシンクに拡散させることにより、前

記第二の金属板と前記ヒートシンクとの界面に、前記溶融金属領域を形成することを特徴としている。

[0008] この構成のヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法においては、第二の金属板とヒートシンクとの接合界面にCuが介在する。Cuは、アルミニウムの融点を降下させる元素であるため、比較的低温条件において、ヒートシンクと第二の金属板との界面に溶融金属領域を形成することができる。

よって、比較的低温、短時間の接合条件で接合しても、ヒートシンクと第二の金属板とを強固に接合することが可能となる。

[0009] また、加熱工程において、Cu層内のCuを前記第二の金属板及びヒートシンクに向かって拡散させることにより、前記ヒートシンクと前記第二の金属板との界面に前記溶融金属領域を形成しているので、製造が困難なAl-Si系のろう材箔等を用いる必要がなく、低コストで、第二の金属板とヒートシンクとが確実に接合されたヒートシンク付パワーモジュール用基板を製造することができる。

[0010] さらに、ろう材箔を使用せずに、前記ヒートシンクの接合面及び前記第二の金属板の他面のうち少なくとも一方に直接Cuを固着しているので、ろう材箔の位置合わせ作業等を行う必要がない。

しかも、第二の金属板及びヒートシンクに直接Cuを固着した場合、酸化被膜は、第二の金属板及びヒートシンクの表面にのみ形成される。よって、第二の金属板及びヒートシンクの界面に存在する酸化被膜の合計厚さが薄くなり、初期接合の歩留りが向上する。

[0011] ここで、前記Cu層形成工程において、前記第二の金属板の他面と前記ヒートシンクの接合面のうち少なくとも一方に、Cuに加えて、Si, Zn, Ge, Ag, Mg, Ca, Ga及びLiから選択される1種又は2種以上の添加元素を固着してもよい。

この場合、Si, Zn, Ge, Ag, Mg, Ca, Ga及びLiといった元素は、アルミニウムの融点を降下させる元素であるため、比較的低温条件

において、第二の金属板とヒートシンクとの界面に確実に溶融金属領域を形成することができる。

よって、比較的低温、短時間の接合条件で接合しても、第二の金属板とヒートシンクとをさらに強固に接合することが可能となる。

[0012] また、前記Cu層形成工程では、CuとともにAlを固着してもよい。

この場合、形成されるCu層がAlを含有するため、このCu層が優先的に溶融する。よって、第二の金属板とヒートシンクとの界面に溶融金属領域を確実に形成することが可能となり、第二の金属板とヒートシンクとを強固に接合することができる。CuとともにAlを固着させるには、CuとAlとを同時に蒸着してもよいし、CuとAlの合金をターゲットとしてスパッタリングしてもよい。さらに、CuとAlを積層してもよい。

[0013] また、前記セラミックス基板接合工程は、金属固着工程と、セラミックス基板積層工程と、セラミックス基板加熱工程と、第一溶融金属及び第二溶融金属凝固工程と、を有する構成としてもよい。

金属固着工程では、前記セラミックス基板と前記第一の金属板との接合界面における前記セラミックス基板の接合面と前記第一の金属板の接合面のうちの少なくとも一方にCu又はSiのうちの1種以上を固着して第1金属層を形成する。また、前記セラミックス基板と前記第二の金属板との接合界面における前記セラミックス基板の接合面と前記第二の金属板の接合面のうちの少なくとも一方にCu又はSiのうちの1種以上を固着して第2金属層を形成する。

セラミックス基板積層工程では、前記第1金属層を介して前記セラミックス基板と前記第一の金属板とを積層する。また、前記第2金属層を介して前記セラミックス基板と前記第二の金属板とを積層する。

セラミックス基板加熱工程では、積層された前記第一の金属板と前記セラミックス基板と前記第二の金属板とを積層方向に加圧するとともに加熱し、前記第一の金属板と前記セラミックス基板との界面に第一溶融金属領域を形成する。また、前記セラミックス基板と前記第二の金属板との界面に第二溶

融金属領域を形成する。

そして、前記セラミックス基板加熱工程においては、前記第 1 金属層の Cu 又は Si のうちの 1 種以上を前記第一の金属板に拡散させることにより、前記第一の金属板と前記セラミックス基板との界面に前記第一溶融金属領域を形成する。また、前記第 2 金属層の Cu 又は Si のうちの 1 種以上を前記第二の金属板に拡散させることにより、前記セラミックス基板と前記第二の金属板との界面に前記第二溶融金属領域を形成する。

[0014] この場合、セラミックス基板と第一の金属板、及び、セラミックス基板と第二の金属板の接合においても、ろう材を用いる必要がなくなり、低コストで、セラミックス基板と第一の金属板及び第二の金属板とを確実に接合することができる。

また、セラミックス基板と第一の金属板及び第二の金属板の接合界面には、Cu 又は Si のうちの 1 種以上が介在するので、比較的低温、短時間の接合条件で接合しても、セラミックス基板と第一の金属板及び第二の金属板とを強固に接合することが可能となる。

[0015] ここで、前記金属固着工程において、前記セラミックス基板の接合面と前記第一の金属板の接合面のうちの少なくとも一方に、あるいは、前記セラミックス基板の接合面と前記第二の金属板の接合面のうちの少なくとも一方に、Cu 又は Si のうちの 1 種以上に加えて Zn, Ge, Ag, Mg, Ca, Ga 及び Li から選択される 1 種又は 2 種以上の添加元素を固着してもよい。

[0016] この場合、Zn, Ge, Ag, Mg, Ca, Ga 及び Li といった元素は、アルミニウムの融点を降下させる元素であるため、比較的低温条件において、前記セラミックス基板と前記第一の金属板との界面に第一溶融金属領域を、あるいは、前記セラミックス基板と前記第二の金属板との界面に第二溶融金属領域を、確実に形成することができる。

よって、比較的低温、短時間の接合条件で接合しても、セラミックス基板と第一の金属板及び第二の金属板とをさらに強固に接合することが可能とな

る。

- [0017] さらに、前記セラミックス基板接合工程と、前記ヒートシンク接合工程と、を同時に行ってもよい。

この場合、ヒートシンク積層工程とセラミックス基板積層工程、ヒートシンク加熱工程とセラミックス基板加熱工程、溶融金属凝固工程と第一溶融金属及び第二溶融金属凝固工程と、をそれぞれ同時に行うことによって、接合に掛かるコストを大幅に削減することができる。また、繰り返し加熱、冷却を行う必要がないので、このヒートシンク付パワーモジュール用基板の反りの低減も図ることができる。

- [0018] また、前記Cu層形成工程は、めっき、蒸着、CVD、スパッタリング、コールドスプレー、又は、粉末が分散しているペースト及びインクなどの塗布によって前記ヒートシンクの接合面及び前記第二の金属板の他面のうち少なくとも一方に、Cuを固着してもよい。

この場合、ヒートシンクと第二の金属板との接合界面にCuを確実に介在させることが可能となる。また、Cuの固着量を精度良く調整することができ、溶融金属領域を確実に形成して、ヒートシンクと第二の金属板とを強固に接合することが可能となる。

- [0019] さらに、前記第二の金属板が、複数の金属板が積層されて構成されていてもよい。

この場合、ヒートシンクとセラミックス基板との熱膨張係数の差に起因する熱歪みをこの第二の金属板で十分に緩和することができ、セラミックス基板での割れの発生を抑制することができる。

- [0020] 本発明のヒートシンク付パワーモジュール用基板は、セラミックス基板と、該セラミックス基板の表面に一面が接合されたアルミニウムからなる第一の金属板と、前記セラミックス基板の裏面に一面が接合されたアルミニウムからなる第二の金属板と、該第二の金属板の前記セラミックス基板と接合された前記一面と反対側の他面に接合されたアルミニウムまたはアルミニウム合金からなるヒートシンクとを備えている。前記第二の金属板及び前記ヒ-

トシンクには、Cuが固溶されており、前記第二の金属板及び前記ヒートシンクの接合界面近傍におけるCu濃度が0.05質量%以上5質量%以下の範囲内に設定されている。

[0021] この構成のヒートシンク付パワーモジュール用基板によれば、前記第二の金属板及び前記ヒートシンクに、それぞれCuが固溶しているので、第二の金属板及びヒートシンクのそれぞれの接合界面側部分が固溶強化される。

ここで、前記第二の金属板及び前記ヒートシンクの接合界面近傍におけるCu濃度が0.05質量%以上とされているので、前記第二の金属板及び前記ヒートシンクの接合界面側部分を確実に固溶強化することができる。また、前記第二の金属板及び前記ヒートシンクの接合界面近傍におけるCu濃度が5質量%以下とされているので、前記第二の金属板及び前記ヒートシンクの接合界面の強度が過剰に高くなることを防止でき、熱歪みを前記第二の金属板及び前記ヒートシンクで吸収することができる。

[0022] また、前記第二の金属板及び前記ヒートシンクには、Cuに加えて、Si、Zn、Ge、Ag、Mg、Ca、Ga及びLiから選択される1種又は2種以上の添加元素が固溶されていてもよい。

この場合、前記第二の金属板及び前記ヒートシンクの接合界面側部分を確実に固溶強化させることができる。

[0023] 前記第一の金属板と前記セラミックス基板との接合界面近傍、あるいは、前記第二の金属板と前記セラミックス基板との接合界面近傍において、Cu又はSiのうちの1種以上に加えてZn、Ge、Ag、Mg、Ca、Ga及びLiから選択される1種又は2種以上の添加元素が固溶されていてもよい。

この場合、前記第一の金属板及び前記第二の金属板のうち前記セラミックス基板との接合界面側部分を確実に固溶強化させることができる。

[0024] また、前記第二の金属板の厚さが、前記第一の金属板の厚さよりも厚くなるように設定してもよい。

この場合、セラミックス基板のヒートシンク側部分の剛性を、その反対側

部分の剛性と比較して高くすることができ、これにより冷却後の反りをさらに抑えることができる。

[0025] さらに、前記第二の金属板が、複数の金属板が積層されて構成されていてもよい。

この場合、第二の金属板が、複数の金属板が積層された構造とされているので、ヒートシンクとセラミックス基板との熱膨張係数の差に起因する熱歪みをこの第二の金属板で十分に緩和することができ、セラミックス基板での割れの発生を抑制することができる。

[0026] 本発明のパワーモジュールは、前述のヒートシンク付パワーモジュール用基板と、該ヒートシンク付パワーモジュール用基板上に搭載される電子部品と、を備えている。

この構成のパワーモジュールによれば、ヒートシンクと第二の金属板との接合強度が高く、使用環境が厳しい場合であっても、半導体素子等の電子部品からの熱を放散させることができる。

発明の効果

[0027] 本発明によれば、ヒートシンクと第二の金属板とを接合するヒートシンク接合工程における接合温度を低く設定しても、ヒートシンクと第二の金属板とを強固に接合でき、セラミックス基板と第一の金属板及び第二の金属板とを接合するセラミックス基板接合工程における接合温度も比較的低く設定することができ、高品質なヒートシンク付パワーモジュール用基板を提供することが可能なヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法、及び、ヒートシンク付パワーモジュール用基板、パワーモジュールを提供することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0028] [図1]本発明の第1の実施形態であるヒートシンク付パワーモジュール用基板を用いたパワーモジュールの概略説明図である。

[図2]本発明の第1の実施形態であるヒートシンク付パワーモジュール用基板の金属層及びヒートシンクのCu濃度分布を示す説明図である。

[図3]本発明の第1の実施形態であるヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法のフロー図である。

[図4]本発明の第1の実施形態であるヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法を示す説明図である。

[図5]図4における第二の金属板（金属層）とヒートシンクとの接合界面近傍を示す説明図である。

[図6]本発明の第2の実施形態であるヒートシンク付パワーモジュール用基板を用いたパワーモジュールの概略説明図である。

[図7]本発明の第2の実施形態であるヒートシンク付パワーモジュール用基板の金属層及びヒートシンクのCu濃度分布及びGe濃度分布を示す説明図である。

[図8]本発明の第2の実施形態であるヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法のフロー図である。

[図9]本発明の第2の実施形態であるヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法を示す説明図である。

[図10]本発明の第3の実施形態であるヒートシンク付パワーモジュール用基板を用いたパワーモジュールの概略説明図である。

[図11]本発明の第3の実施形態であるヒートシンク付パワーモジュール用基板の金属層及びヒートシンクのCu濃度分布及びAg濃度分布を示す説明図である。

[図12]本発明の第3の実施形態であるヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法のフロー図である。

[図13]本発明の第3の実施形態であるヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法を示す説明図である。

[図14]本発明の第3の実施形態であるヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法を示す説明図である。

[図15]本発明の第4の実施形態であるヒートシンク付パワーモジュール用基板を用いたパワーモジュールの概略説明図である。

[図16]本発明の第4の実施形態であるヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法のフロー図である。

[図17]本発明の第4の実施形態であるヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法を示す説明図である。

[図18]本発明の第4の実施形態であるヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法を示す説明図である。

[図19]本発明の他の実施形態であるヒートシンク付パワーモジュール用基板を用いたパワーモジュールの概略説明図である。

発明を実施するための形態

[0029] 以下に、本発明の実施形態について添付した図面を参照して説明する。

図1に本発明の第1の実施形態であるヒートシンク付パワーモジュール用基板及びパワーモジュールを示す。

このパワーモジュール1は、回路層12が配設されたパワーモジュール用基板10と、回路層12の表面にはんだ層2を介して接合された半導体チップ3と、ヒートシンク40とを備えている。ここで、はんだ層2は、例えばSn-Ag系、Sn-In系、若しくはSn-Ag-Cu系のはんだ材とされている。なお、本実施形態では、回路層12とはんだ層2との間にNiメッキ層（図示なし）が設けられている。

[0030] パワーモジュール用基板10は、セラミックス基板11と、このセラミックス基板11の一方の面（図1において上面）に配設された回路層12と、セラミックス基板11の他方の面（図1において下面）に配設された金属層13とを備えている。

セラミックス基板11は、回路層12と金属層13との間の電氣的接続を防止するものであって、絶縁性の高いAlN（窒化アルミ）でできている。また、セラミックス基板11の厚さは、0.2～1.5mmの範囲内に設定されており、本実施形態では、0.635mmである。本実施形態では、図1に示すように、セラミック基板11の幅は、回路層12及び金属層13の幅より広い。

[0031] 回路層 12 は、セラミックス基板 11 の一方の面に導電性を有する金属板 22 が接合されることにより形成されている。本実施形態においては、回路層 12 となる金属板 22 は、純度が 99.99% 以上のアルミニウムの圧延板とされている。

金属層 13 は、セラミックス基板 11 の他方の面に金属板 23 が接合されることにより形成されている。本実施形態においては、金属層 13 となる金属板 23 は、純度が 99.99% 以上のアルミニウムの圧延板とされている。

[0032] ヒートシンク 40 は、前述のパワーモジュール用基板 10 を冷却するためのものである。ヒートシンク 40 は、パワーモジュール用基板 10 と接合される天板部 41 と、冷却媒体（例えば冷却水）を流通するための流路 42 と、を備えている。ヒートシンク 40 の天板部 41 は、熱伝導性が良好な材質でできていることが望ましい。本実施形態においては、ヒートシンク 40 の天板部 41 は、A6063（アルミニウム合金）でできている。

[0033] 図 2 に示すように、金属層 13（金属板 23）とヒートシンク 40 との接合界面 30 においては、金属層 13（金属板 23）及びヒートシンク 40 に Cu が固溶している。金属層 13 及びヒートシンク 40 の接合界面 30 近傍には、接合界面 30 から積層方向に離間するにしたがい漸次 Cu 濃度が低下する濃度傾斜層 33、34 が形成されている。ここで、この濃度傾斜層 33、34 の接合界面 30 近傍の Cu 濃度が、0.05 質量% 以上 5 質量% 以下の範囲内に設定されている。

なお、金属層 13 及びヒートシンク 40 の接合界面 30 近傍の Cu の濃度は、EPMA 分析（スポット径 30 μm ）によって、接合界面 30 から 50 μm の位置で 5 点測定した平均値である。また、図 2 のグラフは、金属層 13（金属板 23）及びヒートシンク 40（天板部 41）の幅中央部分において積層方向にライン分析を行い、前述の 50 μm 位置での濃度を基準として求めたものである。

[0034] 以下に、前述の構成のヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法

について、図 3 から図 5 を参照して説明する。

[0035] (Cu 層形成工程 S 0 1 / Cu 固着工程 S 1 1)

まず、図 4、図 5 に示すように、回路層 1 2 となる金属板 2 2 の一面に、スパッタリングによって Cu を固着して第 1 Cu 層 2 4 を形成する。また、金属層 1 3 となる金属板 2 3 の一面に、スパッタリングによって Cu を固着して第 2 Cu 層 2 5 を形成する (Cu 固着工程 S 1 1)。

さらに、金属層 1 3 となる金属板 2 3 の他面に、スパッタリングによって Cu を固着して Cu 層 2 6 を形成する (Cu 層形成工程 S 0 1)。

ここで、本実施形態では、第 1 Cu 層 2 4、第 2 Cu 層 2 5 及び Cu 層 2 6 における Cu 量は、 0.08 mg/cm^2 以上 2.7 mg/cm^2 以下に設定されている。

[0036] (ヒートシンク積層工程 S 0 2 / セラミックス基板積層工程 S 1 2)

次に、図 4 に示すように、金属板 2 2 をセラミックス基板 1 1 の一方の面側に積層する。このとき、金属板 2 2 の第 1 Cu 層 2 4 が形成された面がセラミックス基板 1 1 を向くように、金属板 2 2 を積層する。また、金属板 2 3 をセラミックス基板 1 1 の他方の面側に積層する。このとき、金属板 2 3 の第 2 Cu 層 2 5 が形成された面がセラミックス基板 1 1 を向くように、金属板 2 3 を積層する (セラミックス基板積層工程 S 1 2)。

さらに、金属板 2 3 の他方の面側に、ヒートシンク 4 0 を積層する (ヒートシンク積層工程 S 0 2)。このとき、図 4 に示すように、金属板 2 3 の Cu 層 2 6 が形成された面がヒートシンク 4 0 を向くように、金属板 2 3 とヒートシンク 4 0 とを積層する。

[0037] (ヒートシンク加熱工程 S 0 3 / セラミックス基板加熱工程 S 1 3)

次に、金属板 2 2 と、セラミックス基板 1 1 と、金属板 2 3 と、ヒートシンク 4 0 と、を積層方向に加圧 (圧力 $1 \sim 35 \text{ kgf/cm}^2$) した状態で真空加熱炉内に装入して加熱する。これにより、金属板 2 2 とセラミックス基板 1 1 との界面に第一溶融金属領域 2 7 を形成する。また、金属板 2 3 とセラミックス基板 1 1 との界面に第二溶融金属領域 2 8 を形成する (セラミッ

クス基板加熱工程 S 1 3)。

さらに、同時に、金属板 2 3 とヒートシンク 4 0 との間に溶融金属領域 2 9 を形成する (ヒートシンク加熱工程 S 0 3)。

図 5 に示すように、Cu 層 2 6 の Cu が金属板 2 3 に向かって拡散する。また、Cu 層 2 6 の Cu がヒートシンク 4 0 に向かって拡散する。すると、金属板 2 3 及びヒートシンク 4 0 の Cu 層 2 6 近傍の Cu 濃度が上昇する。これにより、金属板 2 3 及びヒートシンク 4 0 の Cu 層 2 6 近傍の融点が低くなり、溶融金属領域 2 9 が形成される。

なお、上述の圧力が 1 kg f / cm^2 未満の場合には、セラミックス基板 1 1 と金属板 2 2、2 3 との接合及び金属板 2 3 とヒートシンク 4 0 との接合を良好に行うことができなくなるおそれがある。また、上述の圧力が 35 kg f / cm^2 を超えた場合には、金属板 2 2、2 3 及びヒートシンク 4 0 が変形するおそれがある。よって、上述の加圧圧力は、 $1 \sim 35 \text{ kg f / cm}^2$ の範囲内とすることが好ましい。

ここで、本実施形態では、真空加熱炉内の圧力は 10^{-6} Pa 以上 10^{-3} Pa 以下の範囲内に設定している。また、加熱温度は 600°C 以上 650°C 以下の範囲内に設定している。

[0038] (溶融金属凝固工程 S 0 4 / 第一溶融金属及び第二溶融金属凝固工程 S 1 4)

次に、溶融金属領域 2 9 が形成された状態で温度を一定に保持する。すると、溶融金属領域 2 9 中の Cu が金属板 2 3 に向かって拡散する。また、溶融金属領域 2 9 中の Cu がヒートシンク 4 0 に向かって拡散する。これにより、溶融金属領域 2 9 であった部分の Cu 濃度が徐々に低下し、融点が上昇することにより、温度を一定に保持した状態で凝固が進行していく。つまり、ヒートシンク 4 0 と金属板 2 3 とは、いわゆる拡散接合 (Transient Liquid Phase Diffusion Bonding) によって接合されている。このようにして凝固が進行した後に、常温にまで冷却を行う。

- [0039] 同様に、第一溶融金属領域 27、第二溶融金属領域 28 中の Cu が金属板 22、23 に向かって拡散する。すると、第一溶融金属領域 27、第二溶融金属領域 28 であった部分の Cu 濃度が徐々に低下して融点が上昇し、温度を一定に保持した状態で凝固が進行していく。これにより、セラミックス基板 11 と金属板 22、23 とが接合される。
- [0040] 以上のようにして、回路層 12 及び金属層 13 となる金属板 22、23 とセラミックス基板 11 とが接合される。また、金属板 23 とヒートシンク 40 とが接合される。これにより、本実施形態であるヒートシンク付パワーモジュール用基板が製造される。
- [0041] 以上のような構成とされた本実施形態においては、金属層 13 となる金属板 23 とヒートシンク 40 との間に Cu 層 26 を形成する Cu 層形成工程 S01 を備えているので、金属板 23 とヒートシンク 40 との接合界面 30 には、Cu が介在する。ここで、Cu は、Al に対して反応性の高い元素であるため、接合界面 30 に Cu が存在することによってアルミニウムからなる金属板 23 及びヒートシンク 40 の表面が活性化する。よって、金属板 23 とヒートシンク 40 とを強固に接合することが可能となる。
- [0042] また、本実施形態では、金属板 22、23 のセラミックス基板 11 との接合面に Cu を固着させる Cu 固着工程 S11 を備えているので、金属板 22、23 とセラミックス基板 11 の接合界面にも Cu が介在し、セラミックス基板 11 と金属板 22、23 とを強固に接合することが可能となる。
- [0043] さらに、金属板 23 の他面に形成された Cu 層 26 の Cu を金属板 23 及びヒートシンク 40 に向かって拡散させることによって溶融金属領域 29 を形成し、溶融金属領域 29 中の Cu をさらに金属板 23 及びヒートシンク 40 に向かって拡散させることによって凝固させて、ヒートシンク 40 と金属層 13（金属板 23）とを接合しているので、比較的低温、短時間の接合条件で接合しても、ヒートシンク 40 と金属板 23 とを強固に接合することが可能となる。
- [0044] また、本実施形態では、セラミックス基板 11 と回路層 12（金属板 22

）及び金属層１３（金属板２３）についても、第１Ｃｕ層２４、第２Ｃｕ層２５のＣｕを金属板２２、２３に向かって拡散させることによって第一溶融金属領域２７、第二溶融金属領域２８を形成し、第一溶融金属領域２７、第二溶融金属領域２８中のＣｕをさらに金属板２２、２３に向かって拡散させることによって凝固させて、セラミックス基板１１と回路層１２（金属板２２）及び金属層１３（金属板２３）とを接合しているので、比較的低温、短時間の接合条件で接合しても、セラミックス基板１１と回路層１２（金属板２２）及び金属層１３（金属板２３）とを強固に接合することが可能となる。

[0045] さらに、ヒートシンク４０と金属板２３との接合、及び、セラミックス基板１１と金属板２２、２３との接合に、ろう材箔を使用していないので、ろう材箔の位置合わせ作業等を行う必要がない。よって、本実施形態であるヒートシンク付パワーモジュール用基板を、低コストで効率良く製出することが可能となる。

[0046] また、本実施形態では、セラミックス基板１１と金属板２２、２３との接合と、金属板２３とヒートシンク４０との接合とを、同時に行っているので、これらの接合に掛かるコストを大幅に削減することができる。また、セラミックス基板１１に対して繰り返し加熱、冷却を行わずに済むので、このヒートシンク付パワーモジュール用基板の反りの低減を図ることができる。

[0047] さらに、Ｃｕ層形成工程Ｓ０１は、スパッタリングによって金属板２３の他面にＣｕを固着させてＣｕ層２６を形成しているので、ヒートシンク４と金属板２３との間にＣｕを確実に介在させることが可能となる。また、Ｃｕの固着量を精度良く調整することができ、ヒートシンク４０との金属板２３とを強固に接合することが可能となる。

[0048] また、本実施形態であるヒートシンク付パワーモジュール用基板においては、ヒートシンク４０と金属層１３（金属板２３）との接合界面３０において、金属層１３（金属板２３）及びヒートシンク４０にＣｕが固溶している。そして、金属層１３及びヒートシンク４０のそれぞれの接合界面３０側の

Cu濃度が、0.05質量%以上5質量%以下の範囲内に設定されている。これにより、金属層13（金属板23）及びヒートシンク40の接合界面30側の部分が固溶強化し、金属層13（金属板23）及びヒートシンク40における亀裂の発生を防止することができる。よって、信頼性の高いヒートシンク付パワーモジュール用基板を提供することができる。

[0049] 次に、本発明の第2の実施形態であるヒートシンク付パワーモジュール用基板及びパワーモジュールについて、図6から図9を用いて説明する。

このパワーモジュール101は、回路層112が配設されたパワーモジュール用基板110と、回路層112の表面にはんだ層2を介して接合された半導体チップ3と、ヒートシンク140とを備えている。

[0050] パワーモジュール用基板110は、セラミックス基板111と、このセラミックス基板111の一方の面（図6において上面）に配設された回路層112と、セラミックス基板111の他方の面（図6において下面）に配設された金属層113とを備えている。

セラミックス基板111は絶縁性の高いAlN（窒化アルミ）でできている。

[0051] 回路層112は、純度が99.99%以上のアルミニウムの圧延板からなる金属板122がセラミックス基板111に接合されることにより形成されている。

金属層113は、純度が99.99%以上のアルミニウムの圧延板からなる金属板123がセラミックス基板111に接合されることで形成されている。

なお、本実施形態では、図6に示すように、金属層113の厚さが回路層112の厚さよりも厚くされている。

[0052] ヒートシンク140は、前述のパワーモジュール用基板110を冷却するためのものである。ヒートシンク140は、パワーモジュール用基板110と接合される天板部141と、冷却媒体を流通するための流路142と、を備えている。ヒートシンク140の天板部141は、熱伝導性が良好な材質

できていることが望ましい。本実施形態においては、ヒートシンク 140 の天板部 141 は、A6063（アルミニウム合金）できている。

[0053] そして、図 7 に示すように、金属層 113（金属板 123）とヒートシンク 140 との接合界面 130 においては、金属層 113（金属板 123）及びヒートシンク 140 に、Cu に加えて Zn, Ge, Ag, Mg, Ca, Ga 及び Li から選択される 1 種又は 2 種以上の添加元素が固溶している。なお、本実施形態では、添加元素として Ge が固溶している。

[0054] また、回路層 112（金属板 122）とセラミックス基板 111 との接合界面、及び、金属層 113（金属板 123）とセラミックス基板 111 との接合界面においては、Cu に加えて Zn, Ge, Ag, Mg, Ca, Ga 及び Li から選択される 1 種又は 2 種以上の添加元素が固溶している。なお、本実施形態では、添加元素として Ge が固溶している。

[0055] ここで、金属層 113 及びヒートシンク 140 の接合界面 130 近傍には、接合界面 130 から積層方向に離間するにしたがい漸次 Cu 濃度及び Ge 濃度が低下する濃度傾斜層 133、134 が形成されている。ここで、この濃度傾斜層 133、134 の接合界面 130 近傍の Cu と添加元素（本実施形態では Ge）の合計の濃度が、0.05 質量%以上 6.5 質量%以下の範囲内に設定されている。

なお、金属層 113 及びヒートシンク 140 の接合界面 130 近傍の Cu 濃度及び Ge 濃度は、EPMA 分析（スポット径 30 μm ）によって、接合界面 130 から 50 μm の位置で 5 点測定した平均値である。また、図 7 のグラフは、金属層 113（金属板 123）及びヒートシンク 140（天板部 141）の幅中央部分において積層方向にライン分析を行い、前述の 50 μm 位置での濃度を基準として求めたものである。

[0056] 以下に、前述の構成のヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法について、図 8 及び図 9 を参照して説明する。

[0057] （Cu 固着工程 S101）

まず、図 9 に示すように、回路層 112 となる金属板 122 の一面に、ス

パッタリングによってCuを固着して第1Cu層124を形成する。また、金属層113となる金属板123の一面に、スパッタリングによってCuを固着して第2Cu層125を形成する。なお、この第1Cu層124、第2Cu層125には、Cuに加えてZn、Ge、Ag、Mg、Ca、Ga及びLiから選択される1種又は2種以上の添加元素が固着されており、本実施形態では、添加元素としてGeを用いている。

[0058] (セラミックス基板積層工程S102)

次に、金属板122をセラミックス基板111の一方の面側に積層する。このとき、金属板122の第1Cu層124が形成された面がセラミックス基板111を向くように、金属板122を積層する。また、金属板123をセラミックス基板111の他方の面側に積層する。このとき、金属板123の第2Cu層125が形成された面がセラミックス基板111を向くように、金属板123を積層する。

[0059] (セラミックス基板加熱工程S103)

次に、金属板122と、セラミックス基板111と、金属板123と、を積層方向に加圧（圧力 $1 \sim 35 \text{ kgf/cm}^2$ ）した状態で真空加熱炉内に装入して加熱する。金属板122とセラミックス基板111との界面に第一溶融金属領域を形成する。また、金属板123とセラミックス基板111との界面に第二溶融金属領域を形成する。

ここで、本実施形態では、真空加熱炉内の圧力は 10^{-6} Pa 以上 10^{-3} Pa 以下の範囲内に、加熱温度は 600°C 以上 650°C 以下の範囲内に設定している。

[0060] (第一溶融金属及び第二溶融金属凝固工程S104)

次に、第一溶融金属領域、第二溶融金属領域が形成された状態で温度を一定に保持しておき、第一溶融金属領域、第二溶融金属領域中のCuを、金属板122、123に向かって拡散させ、温度を一定に保持した状態で凝固させ、セラミックス基板111と金属板122、123を接合する。このようにして、パワーモジュール用基板110を製出する。

[0061] (Cu層形成工程S105／ヒートシンク積層工程S106)

次に、パワーモジュール用基板110の金属層113の他方の面側に、Cu及びGeを固着してCu層126を形成する。このCu層126におけるCu量は、 0.08 mg/cm^2 以上 2.7 mg/cm^2 以下に設定されており、Ge量は、 0.002 mg/cm^2 以上 2.5 mg/cm^2 以下に設定されている。

そして、このCu層126を介して、金属層113の他方の面側にヒートシンク140を積層する。

[0062] (ヒートシンク加熱工程S107)

次に、パワーモジュール用基板110とヒートシンク140を積層方向に加圧(圧力 $1\sim 35\text{ kgf/cm}^2$)した状態で真空加熱炉内に装入して加熱し、金属層113とヒートシンク140との間に溶融金属領域を形成する。

ここで、本実施形態では、真空加熱炉内の圧力は 10^{-6} Pa 以上 10^{-3} Pa 以下の範囲内に設定している。加熱温度は 600°C 以上 650°C 以下の範囲内に設定している。

[0063] (溶融金属凝固工程S108)

次に、溶融金属領域が形成された状態で温度を一定に保持しておく。すると、溶融金属領域中のCu及びGeが、さらに金属層113及びヒートシンク140に向かって拡散していく。すると、溶融金属領域であった部分のCu濃度及びGe濃度が徐々に低下して融点が上昇し、温度を一定に保持した状態で凝固が進行する。このようにして凝固が進行した後に、常温にまで冷却を行う。

[0064] このようにして、パワーモジュール用基板110とヒートシンク140とが接合され、本実施形態であるヒートシンク付パワーモジュール用基板が製造される。

[0065] 以上のような構成とされた本実施形態においては、ヒートシンク140と金属層113との間にCuとともにGeを固着させているので、これらCuとGeを拡散させることによって溶融金属領域を形成することができる。ま

た、さらに溶融金属領域中のCuとGeを拡散させてヒートシンク140とパワーモジュール用基板110とを接合することができる。よって、比較的低温条件においても、ヒートシンク140とパワーモジュール用基板110とを確実に接合することが可能となる。

[0066] また、Cuに加えてGeを添加し、これらCuとGeを拡散させて溶融金属領域を形成しているため、ヒートシンク140及び金属層113の接合界面130近傍の融点をさらに低下させることができる。よって、ヒートシンク加熱工程S107における接合温度を、セラミックス基板加熱工程S103における接合温度よりも低く設定しても、ヒートシンク140とパワーモジュール用基板110とを接合することができる。

[0067] さらに、本実施形態では、金属層113の厚さが、回路層112の厚さよりも厚くされているため、セラミックス基板111を基準として、金属層113側の剛性が、回路層112側の剛性よりも高く設定され、接合後のヒートシンク付パワーモジュール用基板の反りを抑制することができる。

[0068] 次に、本発明の第3の実施形態であるヒートシンク付パワーモジュール用基板及びパワーモジュールについて、図10から図14を用いて説明する。

このパワーモジュール201は、回路層212が配設されたパワーモジュール用基板210と、回路層212の表面にはんだ層2を介して接合された半導体チップ3と、ヒートシンク240とを備えている。

[0069] パワーモジュール用基板210は、セラミックス基板211と、このセラミックス基板211の一方の面（図10において上面）に配設された回路層212と、セラミックス基板211の他方の面（図10において下面）に配設された金属層213とを備えている。なお、セラミックス基板211は絶縁性の高いAlN（窒化アルミ）でできている。

[0070] 回路層212は、純度が99.99%以上のアルミニウムの圧延板からなる金属板222がセラミックス基板211に接合されることにより形成されている。

金属層213は、純度が99.99%以上のアルミニウムの圧延板からな

る金属板 223 がセラミックス基板 211 に接合されることで形成されている。

[0071] ヒートシンク 240 は、前述のパワーモジュール用基板 210 を冷却するためのものである。本実施形態であるヒートシンク 240 は、パワーモジュール用基板 210 と接合される天板部 241 と、この天板部 241 に対向するように配置された底板部 245 と、天板部 241 と底板部 245 との間に介装されたコルゲートフィン 246 と、を備えている。天板部 241 と底板部 245 とコルゲートフィン 246 とによって、冷却媒体が流通する流路 242 が画成されている。

[0072] ここで、このヒートシンク 240 は、天板部 241 とコルゲートフィン 246、コルゲートフィン 246 と底板部 245 が、それぞれろう付けされることで形成されている。本実施形態では、図 14 に示すように、天板部 241 及び底板部 245 は、A3003 合金からなる基材層 241A、245A と、A4045 合金からなる接合層 241B、245B とが積層された積層アルミ板でできており、接合層 241B、245B がコルゲートフィン 246 側を向くように、天板部 241 及び底板部 245 が配設されている。

[0073] 図 11 に示すように、ヒートシンク 240（天板部 241 の基材層 241A）と金属層 213（金属板 223）との接合界面 230 においては、金属層 213（金属板 223）及びヒートシンク 240（天板部 241 の基材層 241A）に、Cu に加えて Zn、Ge、Ag、Mg、Ca、Ga 及び Li から選択される 1 種又は 2 種以上の添加元素が固溶している。なお、本実施形態では、添加元素として Ag が固溶している。

[0074] また、回路層 212（金属板 222）とセラミックス基板 211 との接合界面、及び、金属層 213（金属板 223）とセラミックス基板 211 との接合界面においては、Cu に加えて Zn、Ge、Ag、Mg、Ca、Ga 及び Li から選択される 1 種又は 2 種以上の添加元素が固溶しており、本実施形態では Ag が固溶している。

[0075] ここで、金属層 213 及びヒートシンク 240 の接合界面 230 近傍には

、接合界面 230 から積層方向に離間するにしたがい漸次 Cu 濃度及び Ag 濃度が低下する濃度傾斜層 233、234 が形成されている。ここで、この濃度傾斜層 233、234 の接合界面 230 近傍の Cu と添加元素（本実施形態では Ag）の合計の濃度が、0.05 質量%以上 6.5 質量%以下の範囲内に設定されている。

なお、金属層 213 及びヒートシンク 240 の接合界面 230 近傍の Cu 濃度及び Ag 濃度は、EPMA 分析（スポット径 30 μm ）によって、接合界面 230 から 50 μm の位置で 5 点測定した平均値である。また、図 11 のグラフは、金属層 213（金属板 223）及びヒートシンク 240（天板部 241）の幅中央部分において積層方向にライン分析を行い、前述の 50 μm 位置での濃度を基準として求めたものである。

[0076] 以下に、前述の構成のヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法について説明する。

[0077]（Cu 固着工程 S201）

まず、図 13 に示すように、回路層 212 となる金属板 222 の一面に、スパッタリングによって Cu を固着して第 1 Cu 層 224 を形成する。また、金属層 213 となる金属板 223 の一面に、スパッタリングによって Cu を固着して第 2 Cu 層 225 を形成する。なお、この第 1 Cu 層 224、第 2 Cu 層 225 には、Cu に加えて Zn、Ge、Ag、Mg、Ca、Ga 及び Li から選択される 1 種又は 2 種以上の添加元素が固着されており、本実施形態では、添加元素として Ag を用いている。

ここで、本実施形態では、第 1 Cu 層 224、第 2 Cu 層 225 における Cu 量は、0.08 mg/cm^2 以上 2.7 mg/cm^2 以下に設定されている。また、Ag 量は、0.08 mg/cm^2 以上 5.4 mg/cm^2 以下に設定されている。

[0078]（セラミックス基板積層工程 S202）

次に、図 13 に示すように、金属板 222 をセラミックス基板 211 の一方の面側に積層する。このとき、金属板 222 の第 1 Cu 層 224 が形成さ

れた面がセラミックス基板 2 1 1 を向くように、金属板 2 2 2 を積層する。

また、金属板 2 2 3 をセラミックス基板 2 1 1 の他方の面側に積層する。
このとき、金属板 2 2 3 の第 2 C u 層 2 2 5 が形成された面がセラミックス
基板 2 1 1 を向くように、金属板 2 2 3 を積層する。

[0079] (セラミックス基板加熱工程 S 2 0 3)

次に、金属板 2 2 2 と、セラミックス基板 2 1 1 と、金属板 2 2 3 と、を
積層方向に加圧（圧力 $1 \sim 35 \text{ kg f / cm}^2$ ）した状態で、真空加熱炉内に
装入して加熱する。金属板 2 2 2 とセラミックス基板 2 1 1 との界面に第一
溶融金属領域を形成する。金属板 2 2 3 とセラミックス基板 2 1 1 との界面
に第二溶融金属領域を形成する。

ここで、本実施形態では、真空加熱炉内の圧力は 10^{-6} Pa 以上 10^{-3} Pa
以下の範囲内に設定している。加熱温度は 600°C 以上 650°C 以下の範
围内に設定している。

[0080] (第一溶融金属及び第二溶融金属凝固工程 S 2 0 4)

次に、第一溶融金属領域、第二溶融金属領域が形成された状態で温度を一
定に保持しておく。すると、第一溶融金属領域、第二溶融金属領域中の C u
及び A g が、金属板 2 2 2、2 2 3 に向かって拡散していく。これにより、
第一溶融金属領域、第二溶融金属領域であった部分の C u 濃度及び A g 濃度
が徐々に低下して融点が上昇し、温度を一定に保持した状態で凝固が進行す
る。これにより、セラミックス基板 2 1 1 と金属板 2 2 2、2 2 3 とが接合
され、パワーモジュール用基板 2 1 0 が製出される。

[0081] (C u 層形成工程 S 2 0 5)

次に、金属層 2 1 3 の他方の面に、スパッタリングによって C u 及び A g
を固着して C u 層 2 2 6 を形成する。ここで、本実施形態では、C u 層 2 2
6 における C u 量は、 0.08 mg / cm^2 以上 2.7 mg / cm^2 以下に設
定され、A g 量は、 0.08 mg / cm^2 以上 5.4 mg / cm^2 以下に設定
されている。

[0082] (ヒートシンク積層工程 S 2 0 6)

次に、図 1 4 に示すように、パワーモジュール用基板 2 1 0 の金属層 2 1 3 の他方の面側に、ヒートシンク 2 4 0 を構成する天板部 2 4 1、コルゲートフィン 2 4 6、底板部 2 4 5 を積層する。このとき、天板部 2 4 1 の接合層 2 4 1 B 及び底板部 2 4 5 の接合層 2 4 5 B がコルゲートフィン 2 4 6 側を向くように、天板部 2 4 1 及び底板部 2 4 5 を積層する。また、天板部 2 4 1 とコルゲートフィン 2 4 6、底板部 2 4 5 とコルゲートフィン 2 4 6 との間には、例えば、K A l F₄ を主成分とするフラックス（図示なし）を介在させる。

また、金属板 2 2 3 の C u 層 2 2 6 が形成された面が、ヒートシンク 2 4 0 の天板部 2 4 1 を向くように配置し、金属板 2 2 3 とヒートシンク 2 4 0 との間に C u 層 2 2 6 を介在させる。

[0083] （ヒートシンク加熱工程 S 2 0 7）

次に、積層されたパワーモジュール用基板 2 1 0、天板部 2 4 1、コルゲートフィン 2 4 6 及び底板部 2 4 5 を積層方向に加圧（圧力 1 ～ 3 5 k g f / c m²）した状態で、雰囲気加熱炉内に装入して加熱し、金属板 2 2 3 とヒートシンク 2 4 0 の天板部 2 4 1 との間に溶融金属領域を形成する。同時に、天板部 2 4 1 とコルゲートフィン 2 4 6、底板部 2 4 5 とコルゲートフィン 2 4 6 との間にも、接合層 2 4 1 B、2 4 5 B を溶融させた溶融金属層を形成する。

ここで、本実施形態では、雰囲気加熱炉内は、窒素ガス雰囲気とされており、加熱温度は 5 5 0 °C 以上 6 3 0 °C 以下の範囲内に設定している。

[0084] （溶融金属凝固工程 S 2 0 8）

次に、溶融金属領域が形成された状態で温度を一定に保持しておく。すると、溶融金属領域中の C u 及び A g が、金属板 2 2 3 及びヒートシンク 2 4 0 の天板部 2 4 1 に向かって拡散する。すると、溶融金属領域であった部分の C u 濃度及び A g 濃度が徐々に低下して融点が上昇する。これにより、温度を一定に保持した状態で凝固が進行する。つまり、ヒートシンク 2 4 0 の天板部 2 4 1 と金属板 2 2 3 とは、いわゆる拡散接合（T r a n s i e n t

Liquid Phase Diffusion Bonding) によって接合されている。このようにして凝固が進行した後に、常温にまで冷却を行う。

- [0085] また、天板部 241 とコルゲートフィン 246、底板部 245 とコルゲートフィン 246 の間に形成された溶融金属層が凝固することによって、天板部 241 とコルゲートフィン 246、底板部 245 とコルゲートフィン 246 とがろう付けされる。このとき、天板部 241、コルゲートフィン 246、底板部 245 の表面には、酸化被膜が形成されているが、前述のフラックスによってこれらの酸化被膜が除去される。
- [0086] このようにして、天板部 241 とコルゲートフィン 246 と底板部 245 とがろう付けされてヒートシンク 240 が形成される。また、ヒートシンク 240 とパワーモジュール用基板 210 とが接合されて本実施形態であるヒートシンク付パワーモジュール用基板が製造される。
- [0087] 以上のような構成とされた本実施形態においては、ヒートシンク 240 と金属層 213 との間に、Cu とともに Ag を固着させ、これら Cu と Ag を拡散させることによって溶融金属領域を形成し、さらに溶融金属領域中の Cu と Ag を拡散させて、ヒートシンク 240 とパワーモジュール用基板 210 とを接合しているので、比較的低温条件においても、ヒートシンク 240 とパワーモジュール用基板 210 とを確実に接合することが可能となる。
- [0088] ここで、ヒートシンク 240 を、フラックスを用いたろう付けによって形成する場合には、窒素ガス雰囲気中で 550℃以上 630℃以下の温度条件で接合する。本実施形態では、ヒートシンク 240 とパワーモジュール用基板 210 とを、低温条件及び窒素ガス雰囲気中で接合することができることから、ヒートシンク 240 とパワーモジュール用基板 210 との接合と同時に、天板部 241 とコルゲートフィン 246 と底板部 245 とを、ろう付けによって接合してヒートシンク 240 を製出することができる。よって、このヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造工程を省略することができ、製作コストの削減を図ることができる。

[0089] 次に、本発明の第４の実施形態であるヒートシンク付パワーモジュール用基板及びパワーモジュールについて、図１５から図１８を用いて説明する。

このパワーモジュール３０１は、回路層３１２が配設されたパワーモジュール用基板３１０と、回路層３１２の表面にはんだ層２を介して接合された半導体チップ３と、ヒートシンク３４０とを備えている。

[0090] パワーモジュール用基板３１０は、セラミックス基板３１１と、このセラミックス基板３１１の一方の面（図１５において上面）に配設された回路層３１２と、セラミックス基板３１１の他方の面（図１５において下面）に配設された金属層３１３とを備えている。なお、セラミックス基板３１１は絶縁性の高いＡＩＮ（窒化アルミ）でできている。

[0091] 回路層３１２は、純度が９９．９９％以上のアルミニウムの圧延板からなる金属板３２２がセラミックス基板３１１に接合されることにより形成されている。

金属層３１３は、純度が９９．９９％以上のアルミニウムの圧延板からなる金属板３２３がセラミックス基板３１１に接合されることで形成されている。

[0092] ヒートシンク３４０は、前述のパワーモジュール用基板３１０を冷却するためのものである。本実施形態であるヒートシンク３４０は、パワーモジュール用基板３１０と接合される天板部３４１と、この天板部３４１に対向するように配置された底板部３４５と、天板部３４１と底板部３４５との間に介装されたコルゲートフィン３４６と、を備えている。天板部３４１と底板部３４５とコルゲートフィン３４６とによって、冷却媒体が流通する流路３４２が画成されている。

ここで、このヒートシンク３４０は、天板部３４１とコルゲートフィン３４６、コルゲートフィン３４６と底板部３４５が、それぞれろう付けされることによって構成されている。

[0093] そしてヒートシンク３４０の天板部３４１と金属層３１３（金属板３２３）との接合界面においては、金属層３１３（金属板３２３）及び天板部３４

1に、Cuに加えてZn, Ge, Ag, Mg, Ca, Ga及びLiから選択される1種又は2種以上の添加元素が固溶している。なお、本実施形態では、添加元素としてAgが固溶している。

また、回路層312（金属板322）とセラミックス基板311との接合界面、及び、金属層313（金属板323）とセラミックス基板311との接合界面においては、Cuに加えてZn, Ge, Ag, Mg, Ca, Ga及びLiから選択される1種又は2種以上の添加元素が固溶しており、本実施形態ではAgが固溶している。

[0094] 以下に、前述の構成のヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法について説明する。

[0095] （固着層形成工程S301）

まず、図17に示すように、回路層312となる金属板322の一面に、スパッタリングによってCuを固着して第1Cu層324を形成する。また、金属層313となる金属板323の一面に、スパッタリングによってCuを固着して第2Cu層325を形成する。さらに、金属板323の他面にもスパッタリングによってCuを固着してCu層326を形成する。

なお、この第1Cu層324、第2Cu層325、Cu層326には、Cuに加えてZn, Ge, Ag, Mg, Ca, Ga及びLiから選択される1種又は2種以上の添加元素が固着されており、本実施形態では、添加元素としてAgを用いている。

ここで、本実施形態では、第1Cu層324、第2Cu層325、Cu層326におけるCu量は、 0.08 mg/cm^2 以上 2.7 mg/cm^2 以下に設定されている。また、Ag量は、 0.08 mg/cm^2 以上 5.4 mg/cm^2 以下に設定されている。

[0096] （積層工程S302）

次に、図17に示すように、金属板322をセラミックス基板311の一方の面側に積層する。このとき、金属板322の第1Cu層324が形成された面がセラミックス基板311を向くように、金属板322を積層する。

また、金属板 3 2 3 をセラミックス基板 3 1 1 の他方の面側に積層する。このとき、金属板 3 2 3 の第 2 Cu 層 3 2 5 が形成された面がセラミックス基板 3 1 1 を向くように、金属板 3 2 3 を積層する。

さらに、金属板 3 2 3 の Cu 層 3 2 6 が形成された面側に、天板部 3 4 1 を積層配置する。

[0097] (加熱工程 S 3 0 3)

次に、金属板 3 2 2 と、セラミックス基板 3 1 1 と、金属板 3 2 3 と、天板部 3 4 1 と、を積層方向に加圧（圧力 $1 \sim 35 \text{ kg f / cm}^2$ ）した状態で、真空加熱炉内に装入して加熱する。金属板 3 2 2 とセラミックス基板 3 1 1 との界面に第一溶融金属領域を形成する。金属板 3 2 3 とセラミックス基板 3 1 1 との界面に第二溶融金属領域を形成する。金属板 3 2 3 と天板部 3 4 1 との間に溶融金属領域を形成する。

ここで、本実施形態では、真空加熱炉内の圧力は 10^{-6} Pa 以上 10^{-3} Pa 以下の範囲内に設定している。加熱温度は 600°C 以上 650°C 以下の範囲内に設定している。

[0098] (溶融金属凝固工程 S 3 0 4)

次に、第一溶融金属領域、第二溶融金属領域が形成された状態で温度を一定に保持しておく。すると、第一溶融金属領域、第二溶融金属領域中の Cu 及び Ag が、金属板 3 2 2、3 2 3 に向かって拡散する。すると、第一溶融金属領域、第二溶融金属領域であった部分の Cu 濃度及び Ag 濃度が徐々に低下して融点が上昇し、温度を一定に保持した状態で凝固が進行する。これにより、セラミックス基板 3 1 1 と金属板 3 2 2、3 2 3 とが接合される。

また、溶融金属領域が形成された状態で温度を一定に保持しておく。すると、溶融金属領域中の Cu 及び Ag が、金属板 3 2 3 及び天板部 3 4 1 に向かって拡散していく。すると、溶融金属領域であった部分の Cu 濃度及び Ag 濃度が徐々に低下して融点が上昇し、温度を一定に保持した状態で凝固が進行していく。これにより、金属板 3 2 3 と天板部 3 4 1 とが接合される。

[0099] (フィン積層工程 S 3 0 5)

次に、図 18 に示すように、天板部 341 の他方の面側に、ろう材箔 347（例えば、Al-10%Si 合金箔等の低融点アルミニウム合金箔）、コルゲートフィン 346、底板部 345 を積層する。このとき、底板部 345 の接合層 345B がコルゲートフィン 346 側を向くように底板部 345 を積層する。また、天板部 341 とコルゲートフィン 346、底板部 345 とコルゲートフィン 346 との間には、例えば、 KAlF_4 を主成分とするフラックス（図示なし）を介在させておく。

[0100] （ろう付け工程 S306）

次に、天板部 341、コルゲートフィン 346 及び底板部 345 を積層方向に加圧（圧力 $1 \sim 35 \text{ kgf/cm}^2$ ）した状態で、雰囲気加熱炉内に装入して加熱し、天板部 341 とコルゲートフィン 346、底板部 345 とコルゲートフィン 346 との間に、ろう材箔 347 及び接合層 345B を溶融させた溶融金属層を形成する。

ここで、本実施形態では、雰囲気加熱炉内は、窒素ガス雰囲気とされており、加熱温度は 550°C 以上 630°C 以下の範囲内に設定している。

そして、冷却することによって、天板部 341 とコルゲートフィン 346、底板部 345 とコルゲートフィン 346 の間に形成された溶融金属層を凝固させ、天板部 341 とコルゲートフィン 346、底板部 345 とコルゲートフィン 346 とをろう付けする。このとき、天板部 341、コルゲートフィン 346、底板部 345 の表面には、酸化被膜が形成されているが、前述のフラックスによってこれらの酸化被膜が除去される。

[0101] このようにして、本実施形態であるヒートシンク付パワーモジュール用基板が製造される。

[0102] 以上のような構成とされた本実施形態においては、ヒートシンク 340 の天板部 341 と金属層 313 との間に、Cu とともに Ag を固着させ、これら Cu と Ag を拡散させることによって溶融金属領域を形成し、さらに溶融金属領域中の Cu と Ag を拡散させて、ヒートシンク 340 の天板部 341 とパワーモジュール用基板 310 とを接合しているので、比較的低温条件に

においても、ヒートシンク 340 の天板部 341 とパワーモジュール用基板 310 とを確実に接合することが可能となる。

[0103] 以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明はこれに限定されることはなく、その発明の技術的思想を逸脱しない範囲で適宜変更可能である。

例えば、回路層及び金属層となる金属板を純度 99.99% の純アルミニウムの圧延板としたものとして説明したが、これに限定されることはなく、純度 99% のアルミニウム（2N アルミニウム）であってもよい。

また、セラミックス基板を AlN でできたものとして説明したが、これに限定されることはなく、 Si_3N_4 、 Al_2O_3 等の他のセラミックスでできていてもよい。

[0104] さらに、第 2、第 3、第 4 の実施形態では、Cu 層形成工程において、添加元素として Ge 又は Ag を固着させるものとして説明したが、これに限定されることはない。添加元素として、Si、Zn、Ge、Ag、Mg、Ca、Ga 及び Li から選択される 1 種又は 2 種以上を用いても良い。ここで、Cu と添加元素の固着量の合計は、 0.08 mg/cm^2 以上 10 mg/cm^2 以下とすることが好ましい。

例えば、添加元素として Si を用いる場合には、Cu 層形成工程における Cu の固着量を 0.08 mg/cm^2 以上 2.7 mg/cm^2 以下とし、Si の固着量を 0.002 mg/cm^2 以上 1.2 mg/cm^2 以下とすることが好ましい。

[0105] さらに、Cu 層形成工程において、金属層となる金属板の他面に Cu を固着させるものとして説明したが、これに限定されることはなく、ヒートシンクの接合面に Cu を固着させてもよい。また、ヒートシンクの接合面及び金属板の他面に、それぞれ Cu を固着させてもよい。

また、Cu 層形成工程において、スパッタによって Cu 及び前記添加元素を固着するものとして説明したが、これに限定されることはなく、めっき、蒸着、CVD、コールドスプレー、又は、粉末が分散しているペースト及び

インクなどの塗布等でCuを固着させてもよい。

さらに、Cu層形成工程において、CuとともにAlを固着してもよい。

[0106] また、本実施形態では、ヒートシンクの上に一つのパワーモジュール用基板が接合されたものとして説明したが、これに限定されることはなく、一つのヒートシンクの上に複数のパワーモジュール用基板が接合されていてもよい。

[0107] また、第1、第2の実施形態において、ヒートシンクと金属層（金属板）との接合を、真空加熱炉を用いて行うものとして説明したが、これに限定されることはなく、N₂雰囲気、Ar雰囲気及びHe雰囲気等でヒートシンクと金属層（金属板）との接合を行ってもよい。

さらに、セラミックス基板と金属板とをろう材を使用せずに接合したものとして説明したが、これに限定されることはなく、セラミックス基板と金属板とをろう材を使用して接合したパワーモジュール用基板を用いてもよい。

[0108] また、第3の実施形態において、天板部及び底板部が、基材層と接合層とを備えた積層アルミ材でできたものとして説明したが、これに限定されることはなく、コルゲートフィン、例えばA3003からなる芯材とこの芯材の両面にA4045からなる接合層とを備えたクラッド材によって形成してもよい。この場合、天板部及び底板部は、単純なアルミニウム板を用いることができる。

[0109] また、天板部、コルゲートフィン、底板部の材質は、本実施形態に限定されることはない。

さらに、コルゲートフィンの形状等を含め、ヒートシンクの構造も本実施形態に限定されるものではない。例えば、第3、第4の実施形態における天板部のみを放熱板としてパワーモジュール用基板に接合したものであってもよい。

[0110] さらに、図19に示すように、第二の金属板413を、複数の金属板413A、413Bを積層した構造としてもよい。この場合、第二の金属板413のうち一方側（図19において上側）に位置する金属板413Aがセラミ

ックス基板 4 1 1 に接合され、他方側（図 1 9 において下側）に位置する金属板 4 1 3 B がヒートシンク 4 4 0 の天板部 4 4 1 に接合される。そして、他方側に位置する金属板 4 1 3 B とヒートシンク 4 4 0 の天板部 4 4 1 との間に Cu 層を形成することで、他方側に位置する金属板 4 1 3 B とヒートシンク 4 4 0 の天板部 4 4 1 とが接合されている。ここで、積層された金属板 4 1 3 A、4 1 3 B 同士を Cu 層を介して接合することで第二の金属板 4 1 3 を構成してもよい。なお、図 1 9 では、2 枚の金属板 4 1 3 A、4 1 3 B を積層させたものとしているが、積層する枚数に制限はない。また、図 1 9 に示すように、積層する金属板同士の大きさ、形状が異なっても良いし、同じ大きさ、形状に調整されたものであってもよい。さらに、これらの金属板の組成が異なっても良い。

産業上の利用可能性

- [0111] 本発明のヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法によれば、比較的低温、短時間の接合条件で接合しても、ヒートシンクと第二の金属板とを強固に接合することが可能となる。

符号の説明

- [0112] 1 0、1 1 0、2 1 0、3 1 0、4 1 0 パワーモジュール用基板
1 1、1 1 1、2 1 1、3 1 1、4 1 1 セラミックス基板
1 2、1 1 2、2 1 2、3 1 2、4 1 2 回路層（第一の金属板）
1 3、1 1 3、2 1 3、3 1 3、4 1 3 金属層（第二の金属板）
4 0、1 4 0、2 4 0、3 4 0、4 4 0 ヒートシンク
2 4、1 2 4、2 2 4、3 2 4 第 1 Cu 層（第 1 金属層）
2 5、1 2 5、2 2 5、3 2 5 第 2 Cu 層（第 2 金属層）
2 6、1 2 6、2 2 6、3 2 6 Cu 層
2 7 第一溶融金属領域
2 8 第二溶融金属領域
2 9 溶融金属領域
3 0、1 3 0、2 3 0 接合界面

請求の範囲

[請求項1]

セラミックス基板と、該セラミックス基板の表面に一面が接合されたアルミニウムからなる第一の金属板と、前記セラミックス基板の裏面に一面が接合されたアルミニウムからなる第二の金属板と、該第二の金属板の前記セラミックス基板と接合された前記一面と反対側の他面に接合されたアルミニウムまたはアルミニウム合金からなるヒートシンクとを備えるヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法であって、

前記セラミックス基板と前記第一の金属板、及び、前記セラミックス基板と前記第二の金属板とを接合するセラミックス基板接合工程と、

前記第二の金属板の他面に前記ヒートシンクを接合するヒートシンク接合工程と、を有し、

前記ヒートシンク接合工程は、

前記第二の金属板の他面と前記ヒートシンクの接合面のうち少なくとも一方にCuを固着してCu層を形成するCu層形成工程と、

前記Cu層を介して前記第二の金属板と前記ヒートシンクとを積層するヒートシンク積層工程と、

積層された前記第二の金属板と前記ヒートシンクとを積層方向に加圧するとともに加熱し、前記第二の金属板と前記ヒートシンクとの界面に熔融金属領域を形成するヒートシンク加熱工程と、

この熔融金属領域を凝固させることによって、前記第二の金属板と前記ヒートシンクとを接合する熔融金属凝固工程と、を有し、

前記ヒートシンク加熱工程において、前記Cu層のCuを前記第二の金属板及び前記ヒートシンクに拡散させることにより、前記第二の金属板と前記ヒートシンクとの界面に、前記熔融金属領域を形成するヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法。

[請求項2]

請求項1に記載のヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方

法であって、

前記Cu層形成工程において、前記第二の金属板の他面と前記ヒートシンクの接合面のうち少なくとも一方に、Cuに加えて、Si、Zn、Ge、Ag、Mg、Ca、Ga及びLiから選択される1種又は2種以上の添加元素を固着する。

[請求項3] 請求項1又は請求項2に記載のヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法であって、

前記Cu層形成工程では、CuとともにAlを固着させる。

[請求項4] 請求項1から請求項3のいずれか一項に記載のヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法であって、

前記セラミックス基板接合工程は、

前記セラミックス基板と前記第一の金属板との接合界面における前記セラミックス基板の接合面と前記第一の金属板の接合面のうちの少なくとも一方にCu又はSiのうちの1種以上を固着して第1金属層を形成するとともに、前記セラミックス基板と前記第二の金属板との接合界面における前記セラミックス基板の接合面と前記第二の金属板の接合面のうちの少なくとも一方にCu又はSiのうちの1種以上を固着して第2金属層を形成する金属固着工程と、

前記第1金属層を介して前記セラミックス基板と前記第一の金属板とを積層するとともに、前記第2金属層を介して前記セラミックス基板と前記第二の金属板とを積層するセラミックス基板積層工程と、

積層された前記第一の金属板と前記セラミックス基板と前記第二の金属板とを積層方向に加圧するとともに加熱し、前記第一の金属板と前記セラミックス基板との界面及び前記セラミックス基板と前記第二の金属板との界面に、第一溶融金属領域及び第二溶融金属領域を形成するセラミックス基板加熱工程と、

この第一溶融金属領域及び第二溶融金属領域を凝固させることによって、前記第一の金属板と前記セラミックス基板及び前記セラミック

ス基板と前記第二の金属板とを接合する第一溶融金属及び第二溶融金属凝固工程と、を有し、

前記セラミックス基板加熱工程において、前記第1金属層及び前記第2金属層のCu又はSiのうちの1種以上を前記第一の金属板及び前記第二の金属板に拡散させることにより、前記第一の金属板と前記セラミックス基板との界面及び前記セラミックス基板と前記第二の金属板との界面に、前記第一溶融金属領域及び前記第二溶融金属領域を形成する。

[請求項5] 請求項1から請求項4のいずれか一項に記載のヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法であって、

前記セラミックス基板接合工程と、前記ヒートシンク接合工程と、を同時に行う。

[請求項6] 請求項1から請求項5のいずれか一項に記載のヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法であって、

前記Cu層形成工程は、めっき、蒸着、CVD、スパッタリング、コールドスプレー、又は、粉末が分散しているペースト及びインクなどの塗布によって前記ヒートシンクの接合面及び前記第二の金属板の接合面のうち少なくとも一方に、Cuを固着させる。

[請求項7] 請求項1から請求項6のいずれか一項に記載のヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法であって、

前記第二の金属板が、複数の金属板が積層されて構成されている。

[請求項8] セラミックス基板と、

該セラミックス基板の表面に一面が接合されたアルミニウムからなる第一の金属板と、

前記セラミックス基板の裏面に一面が接合されたアルミニウムからなる第二の金属板と、

該第二の金属板の前記セラミックス基板と接合された前記一面と反対側の他面に接合されたアルミニウムまたはアルミニウム合金からなる

るヒートシンクとを備え、

前記第二の金属板及び前記ヒートシンクには、Cuが固溶されており、前記第二の金属板及び前記ヒートシンクの接合界面近傍におけるCu濃度が0.05質量%以上5質量%以下の範囲内に設定されているヒートシンク付パワーモジュール用基板。

[請求項9] 請求項8に記載のヒートシンク付パワーモジュール用基板であって、

前記第二の金属板及び前記ヒートシンクには、Cuに加えて、Si、Zn、Ge、Ag、Mg、Ca、Ga及びLiから選択される1種又は2種以上の添加元素が固溶されている。

[請求項10] 請求項8又は請求項9に記載のヒートシンク付パワーモジュール用基板であって、

前記第一の金属板と前記セラミックス基板との接合界面近傍、あるいは、前記第二の金属板と前記セラミックス基板との接合界面近傍において、Cu又はSiのうちの1種以上に加えてZn、Ge、Ag、Mg、Ca、Ga及びLiから選択される1種又は2種以上の添加元素が固溶されている。

[請求項11] 請求項8から請求項10のいずれか一項に記載のヒートシンク付パワーモジュール用基板であって、

前記第二の金属板の厚さが、前記第一の金属板の厚さよりも厚くなるように設定されている。

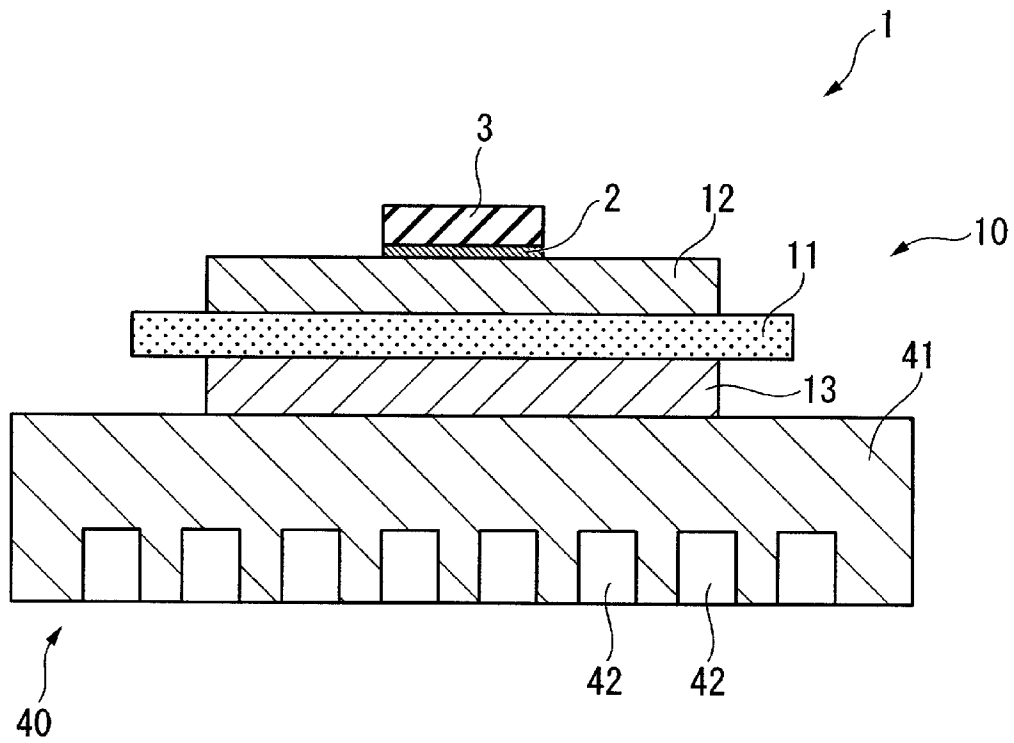
[請求項12] 請求項8から請求項11のいずれか一項に記載のヒートシンク付パワーモジュール用基板であって、

前記第二の金属板が、複数の金属板が積層されて構成されている。

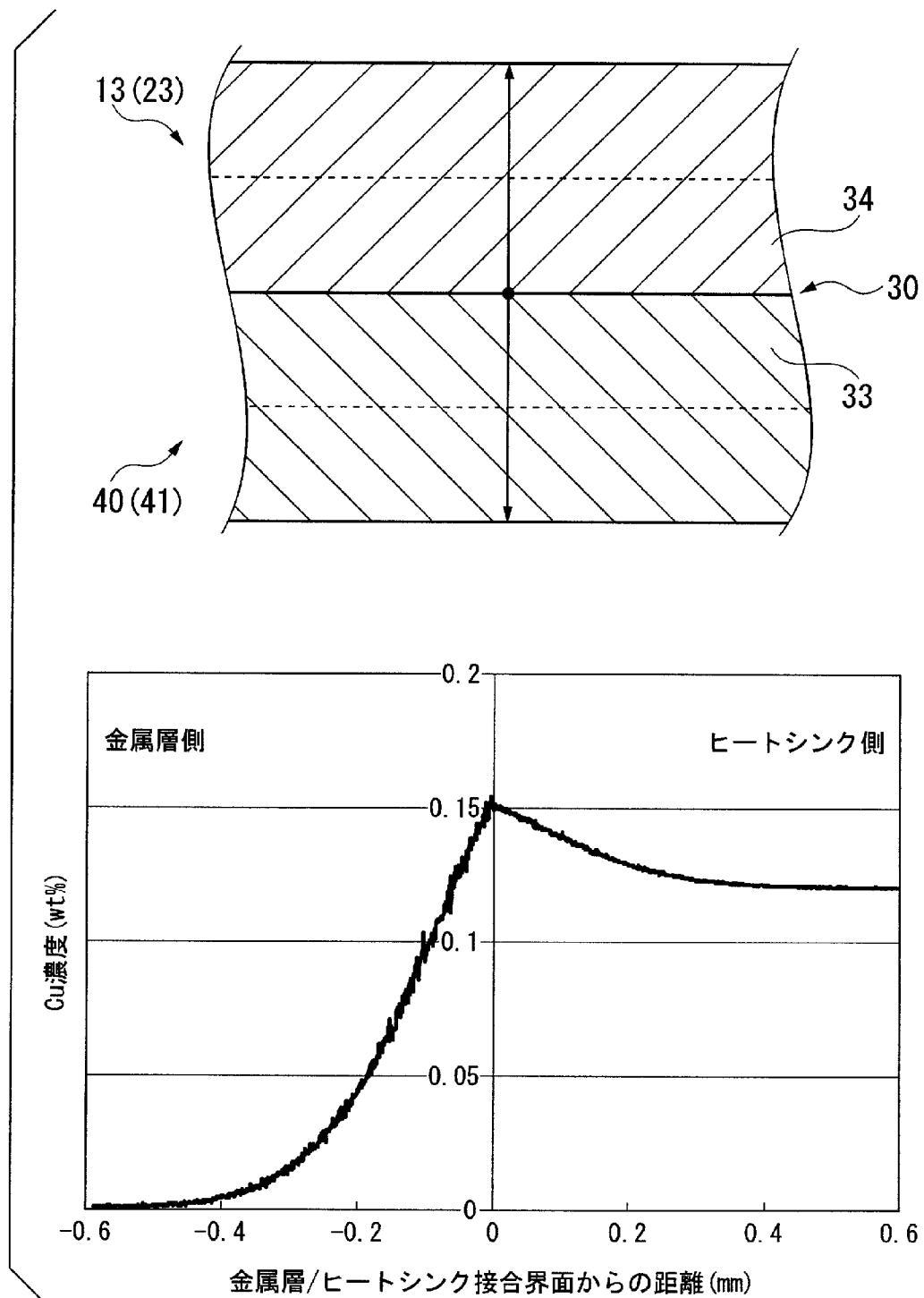
[請求項13] 請求項8から請求項12のいずれか一項に記載のヒートシンク付パワーモジュール用基板と、

該ヒートシンク付パワーモジュール用基板上に搭載される電子部品と、を備えたことを特徴とするパワーモジュール。

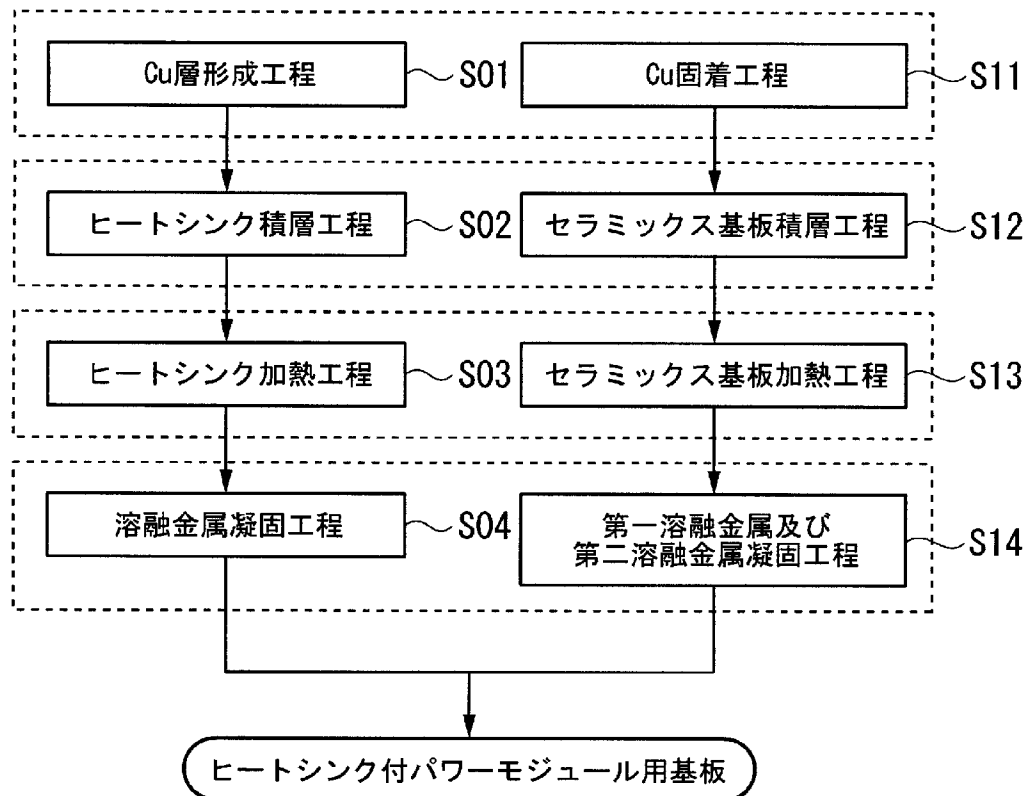
[図1]



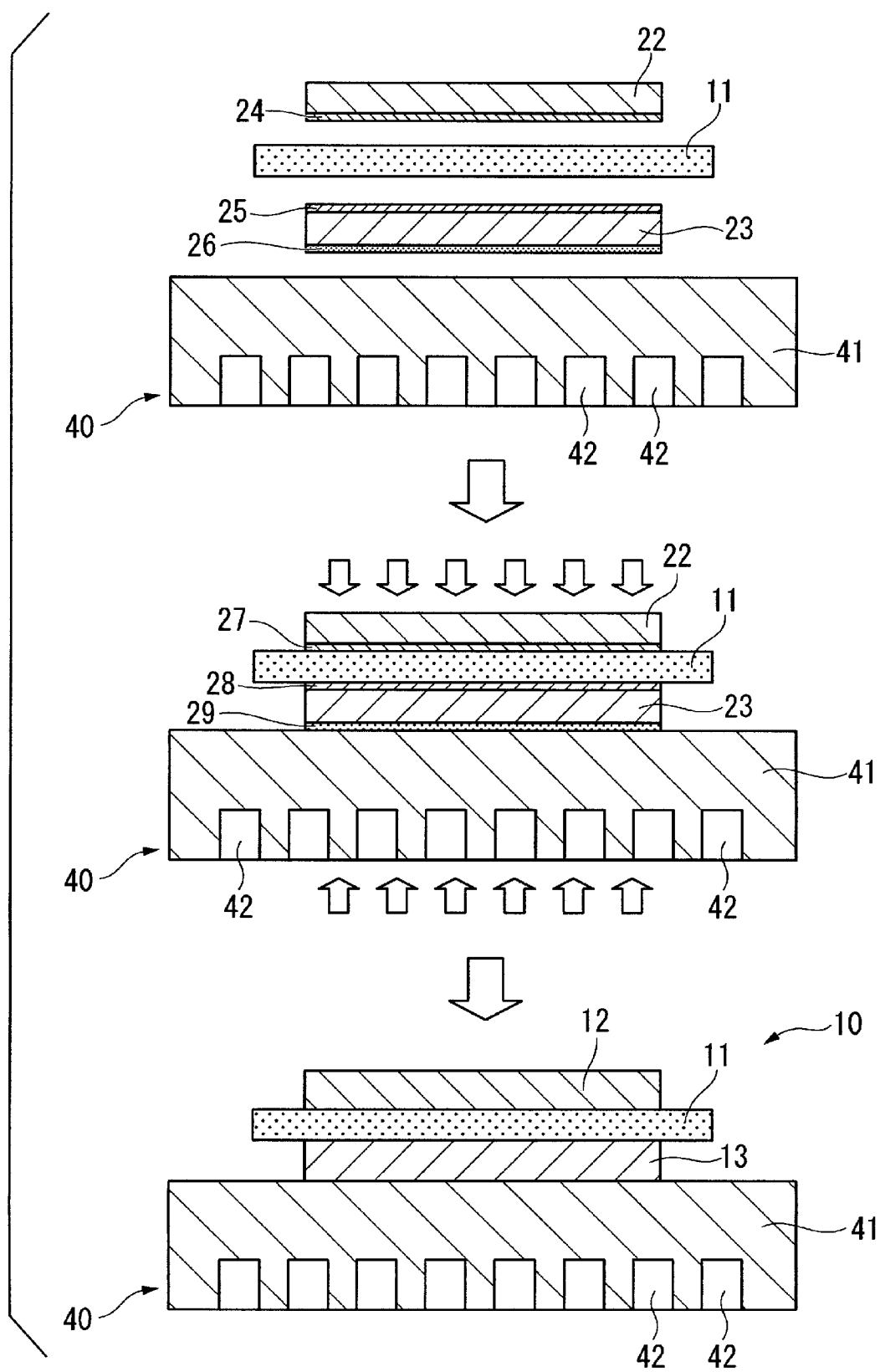
[図2]



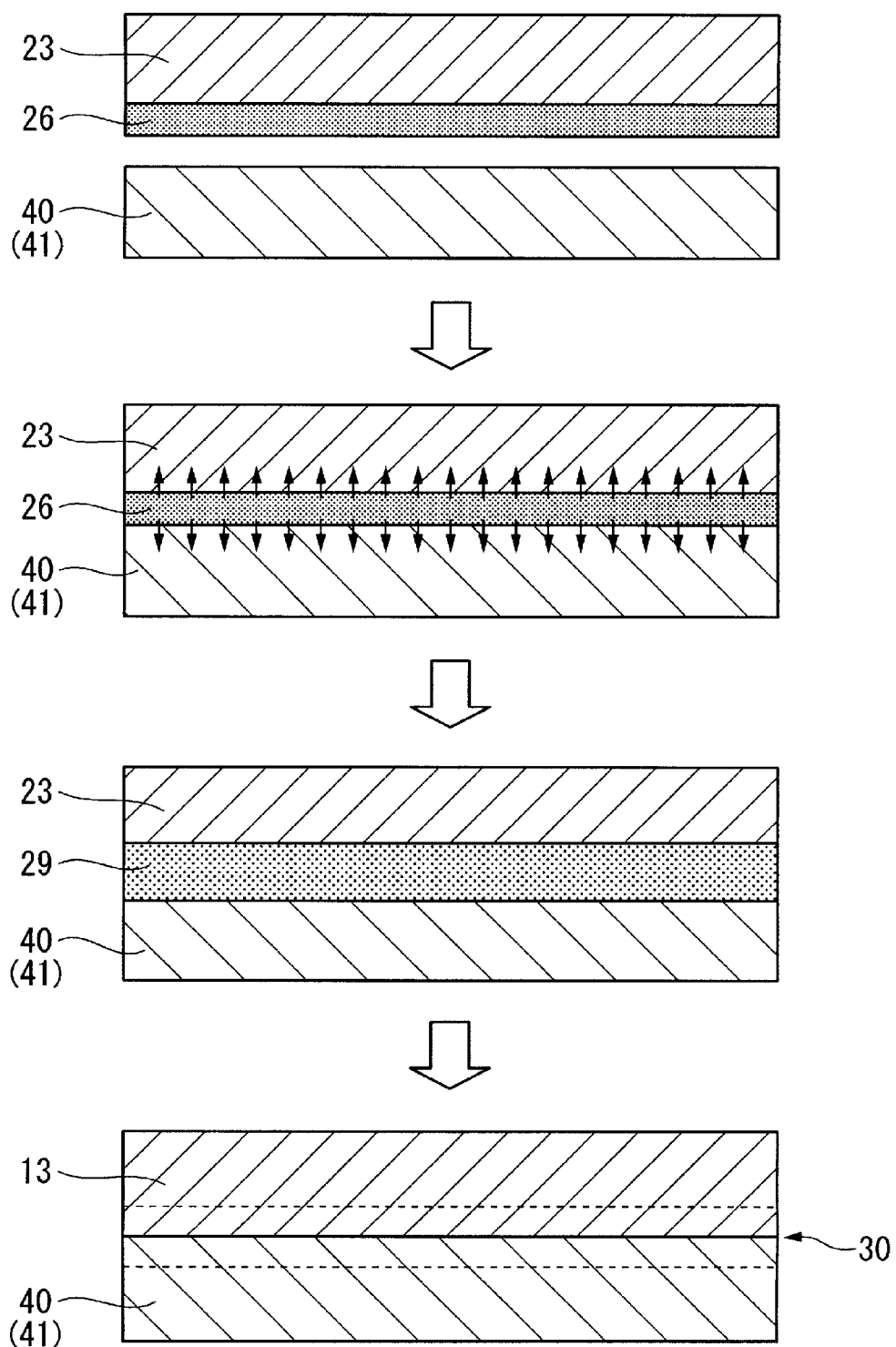
[図3]



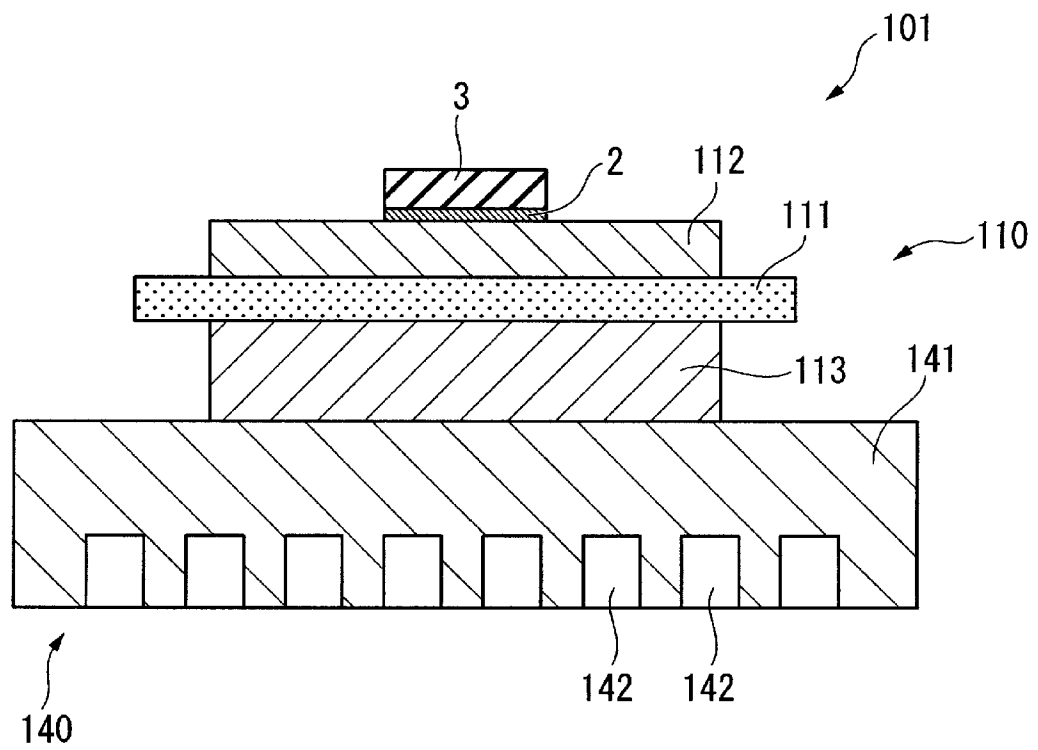
[図4]



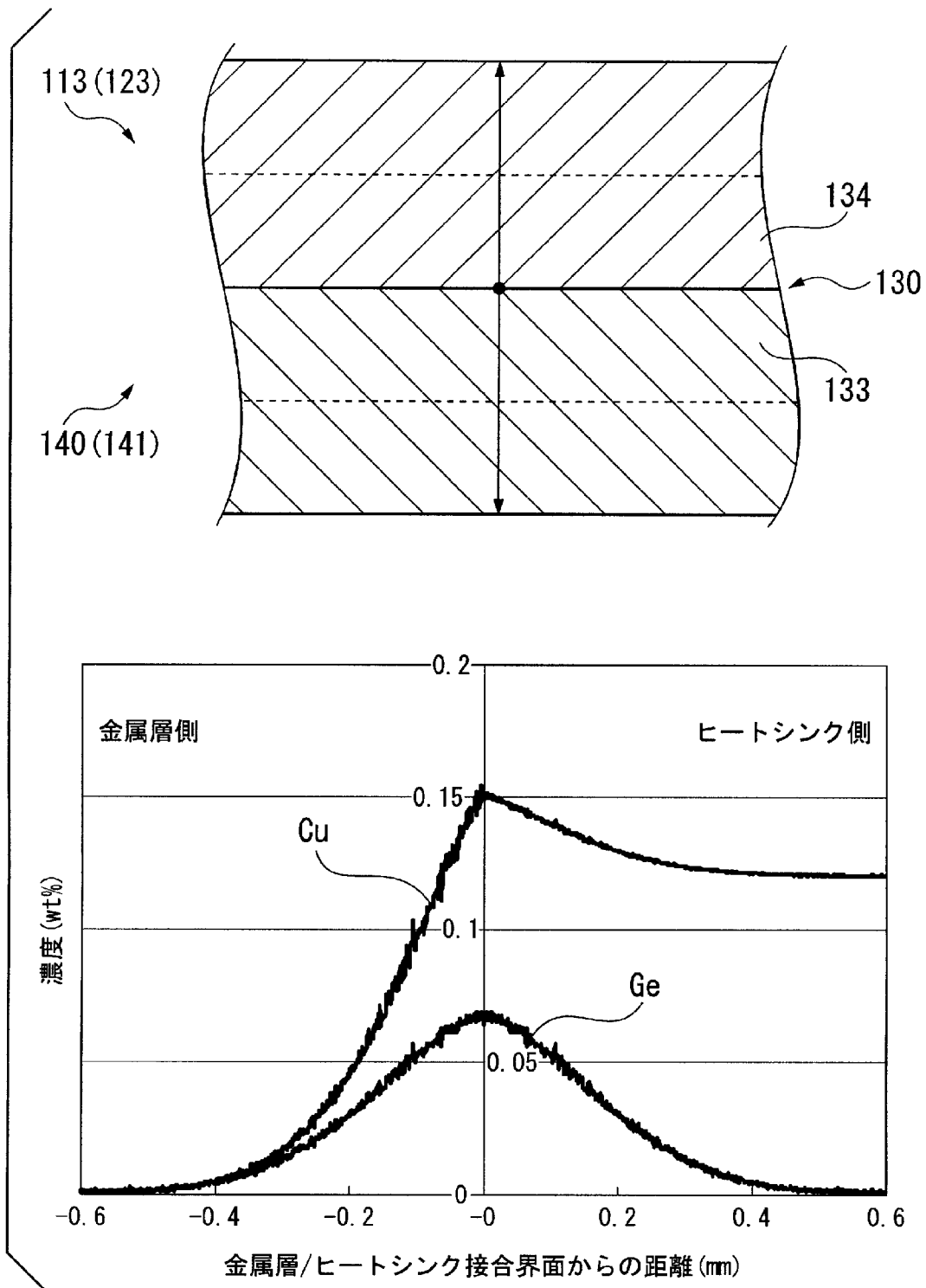
[図5]



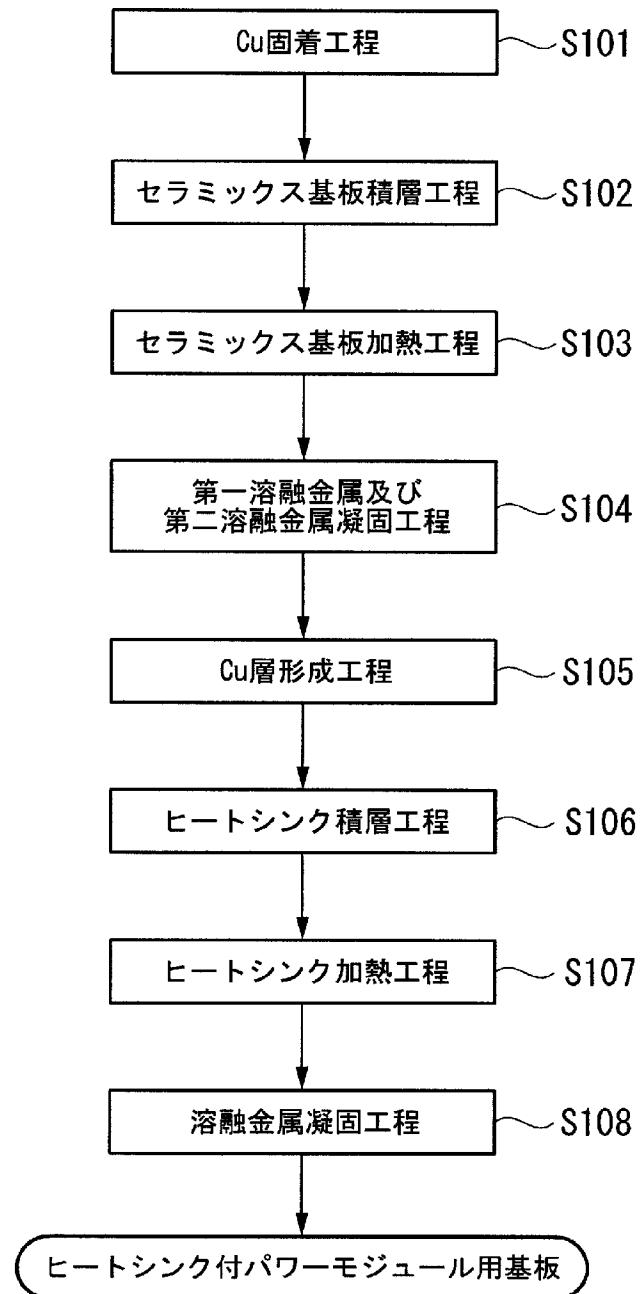
[図6]



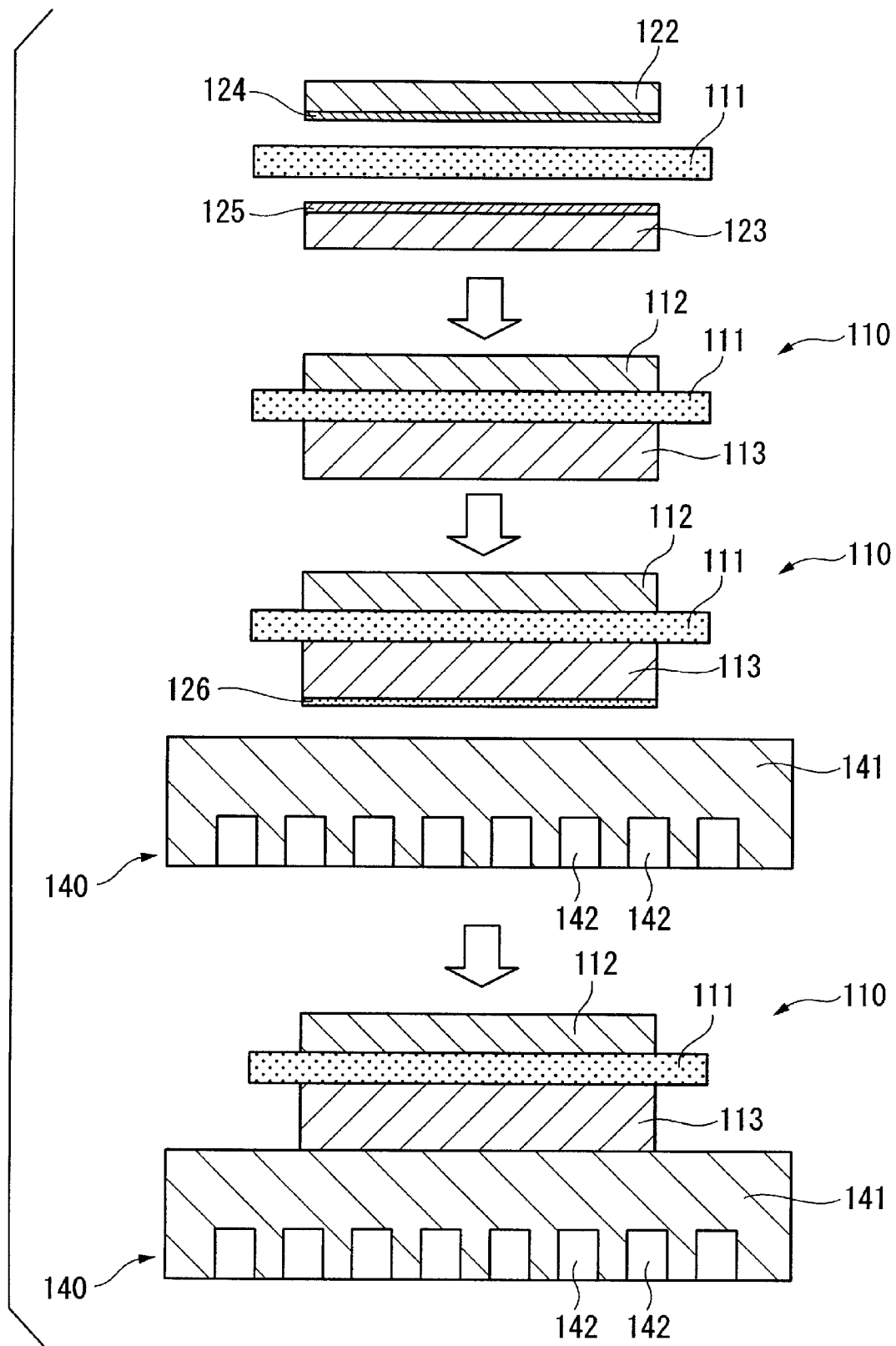
[図7]



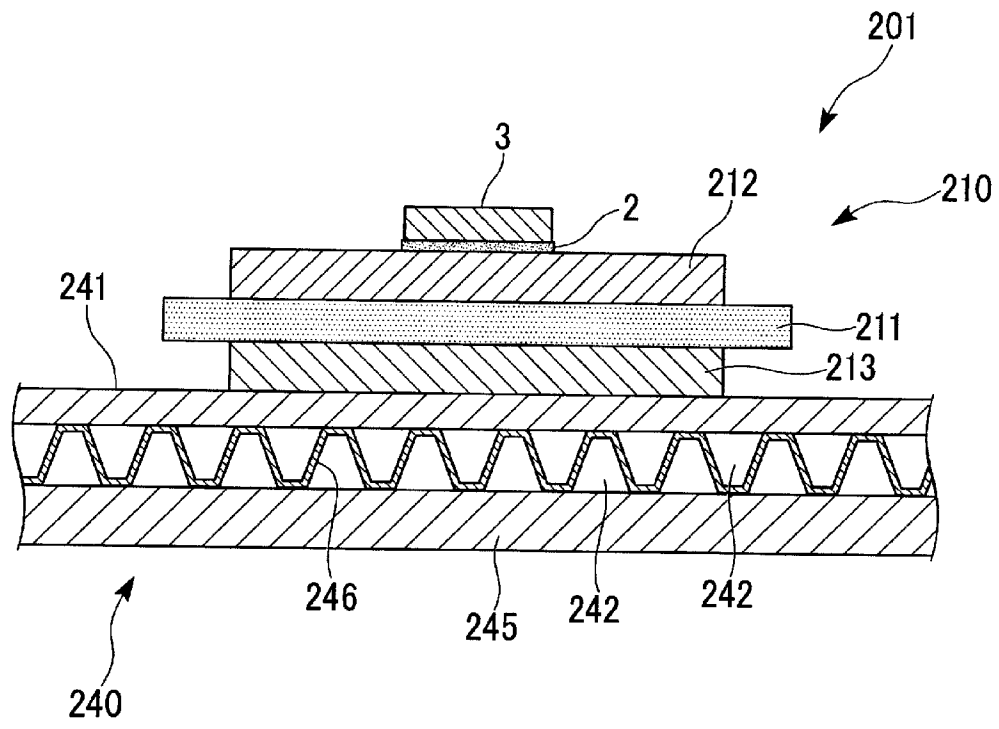
[図8]



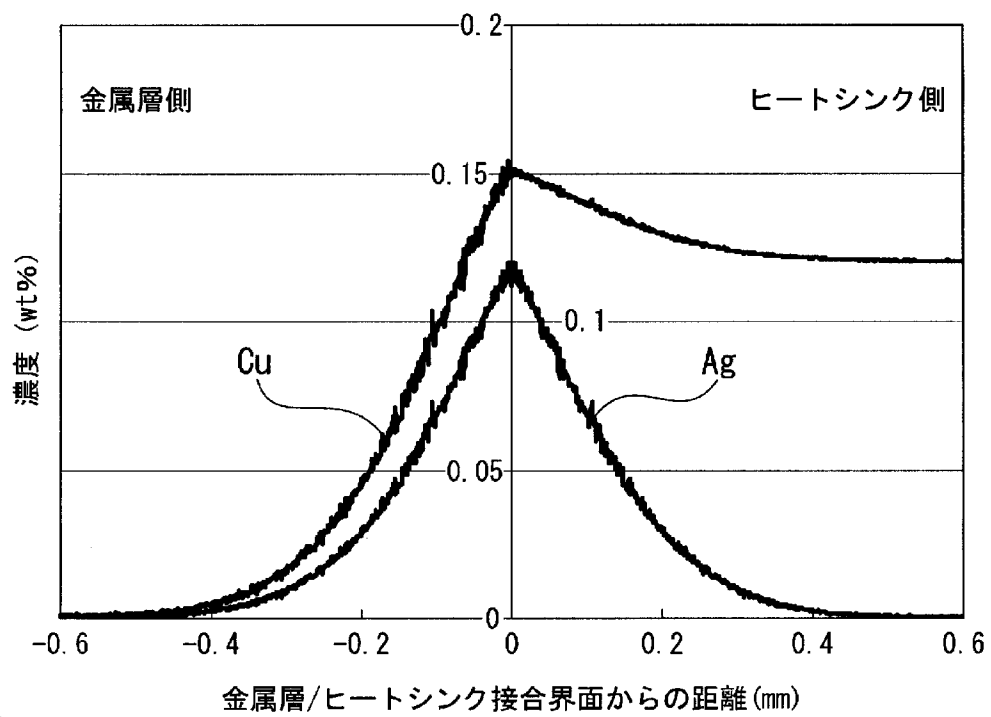
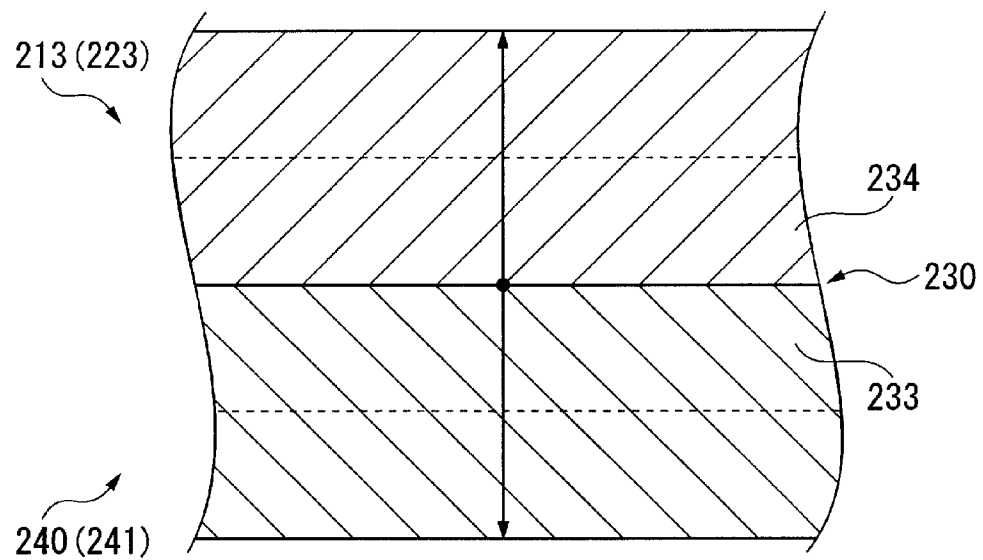
[図9]



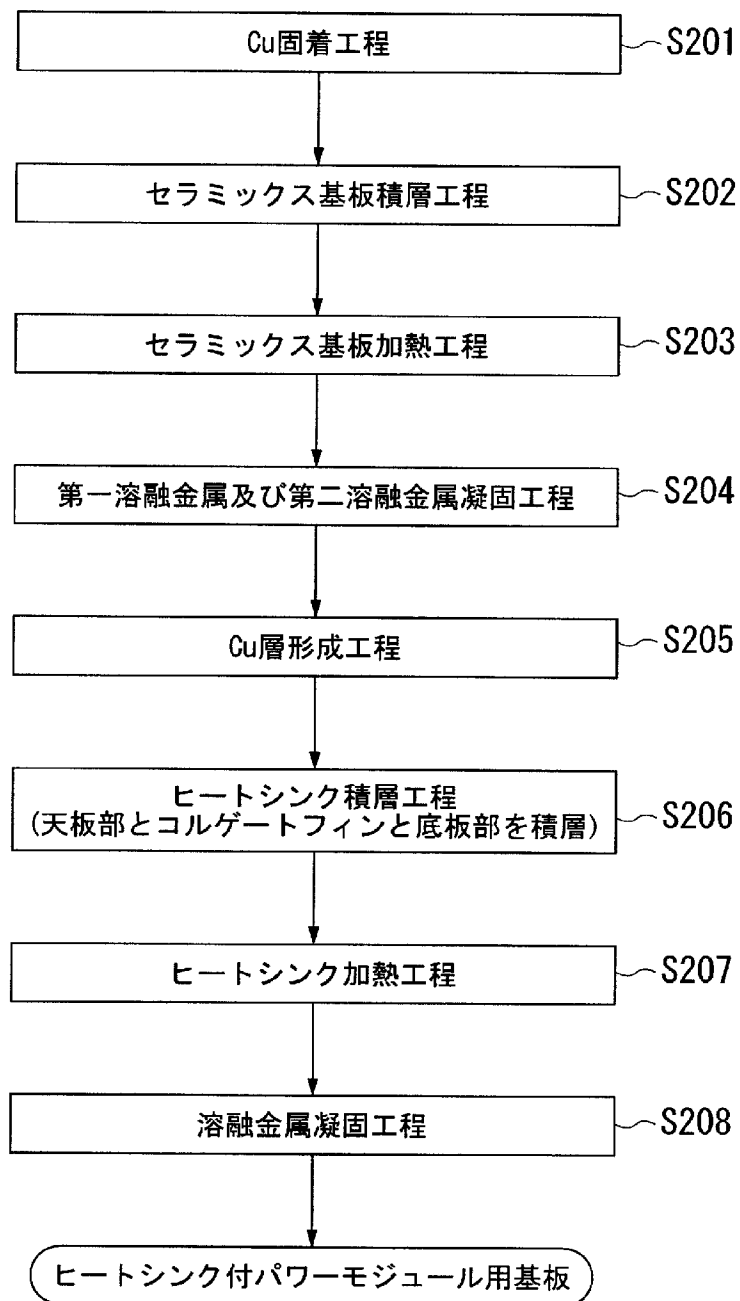
[図10]



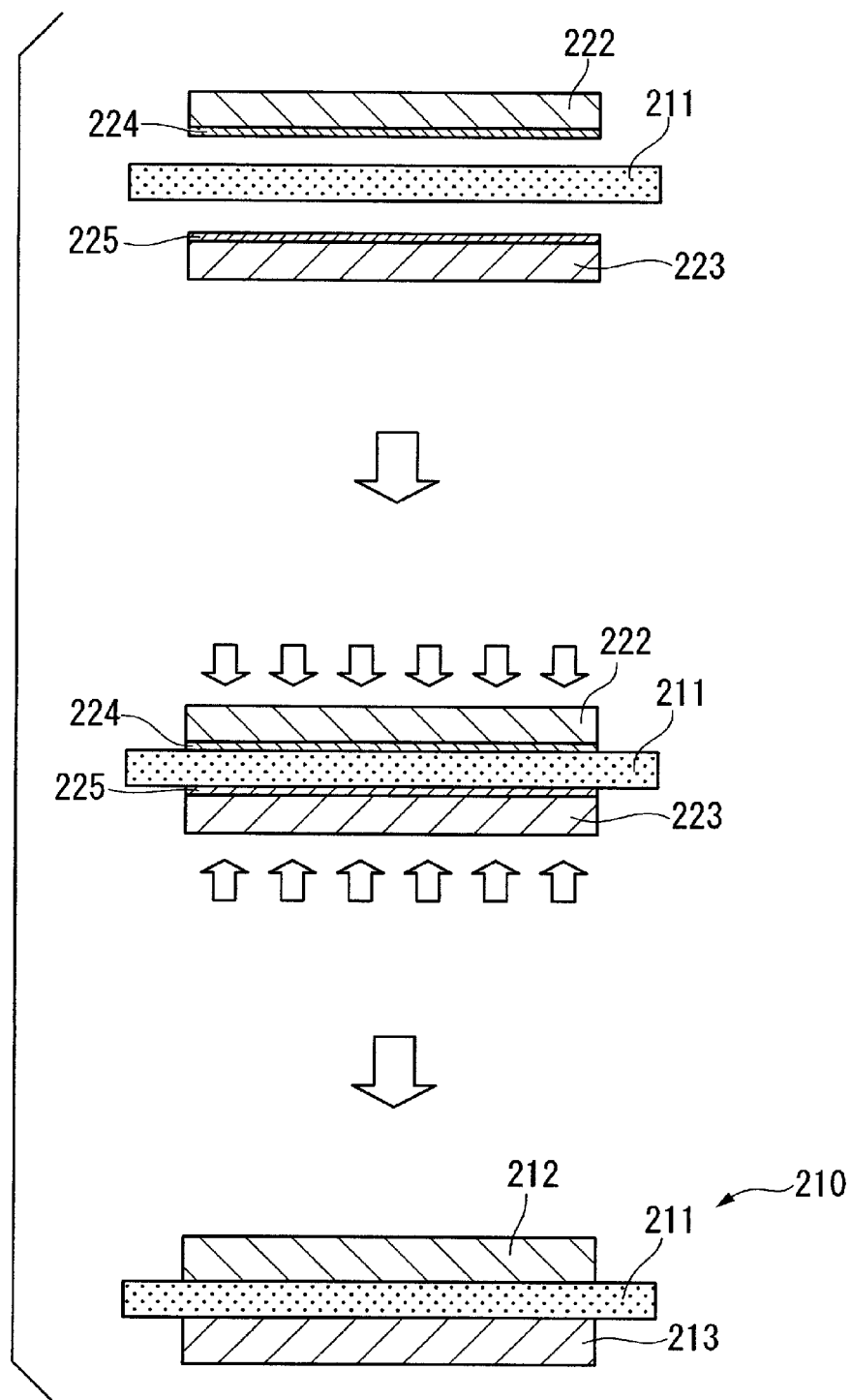
[図11]



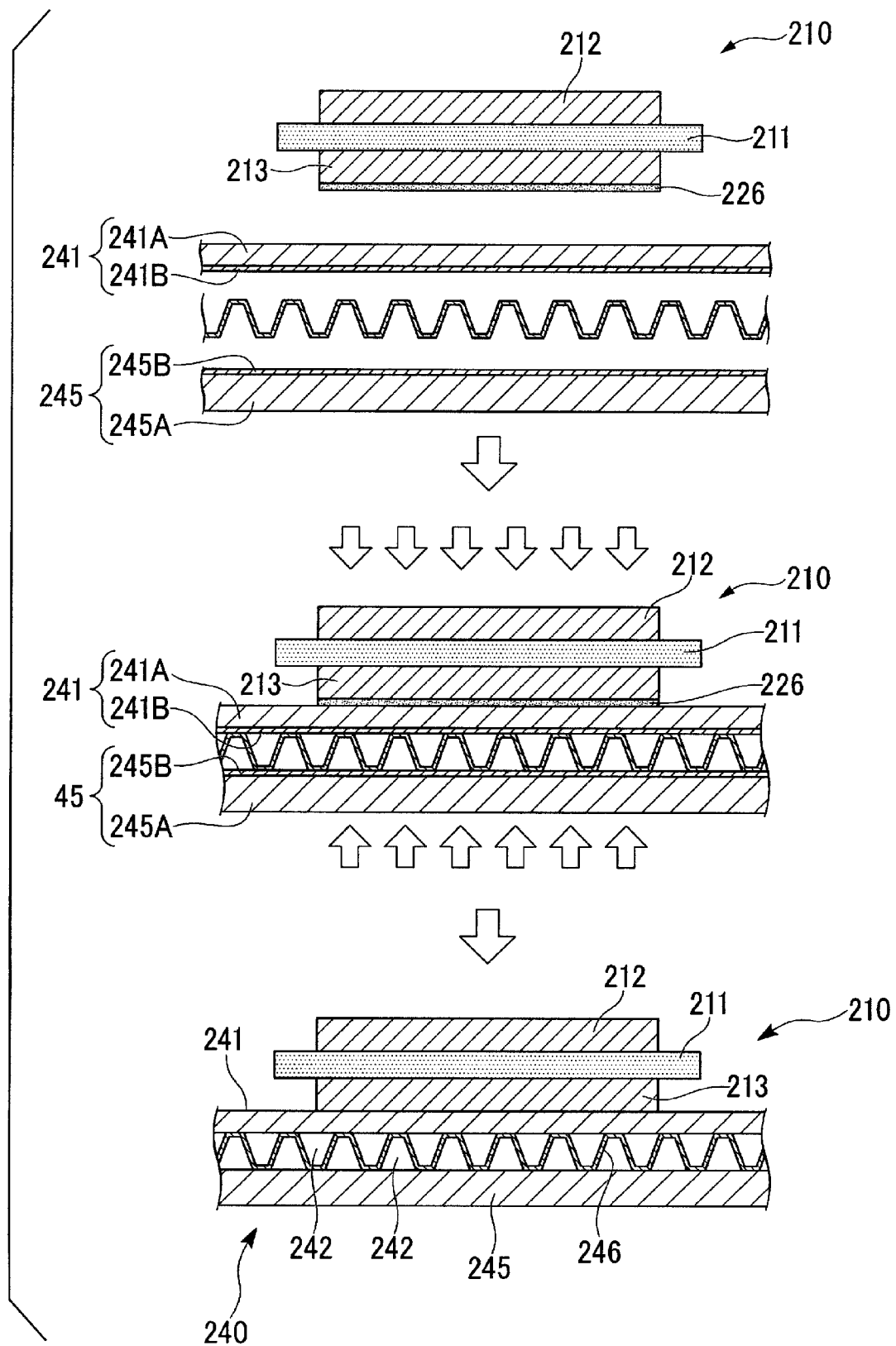
[図12]



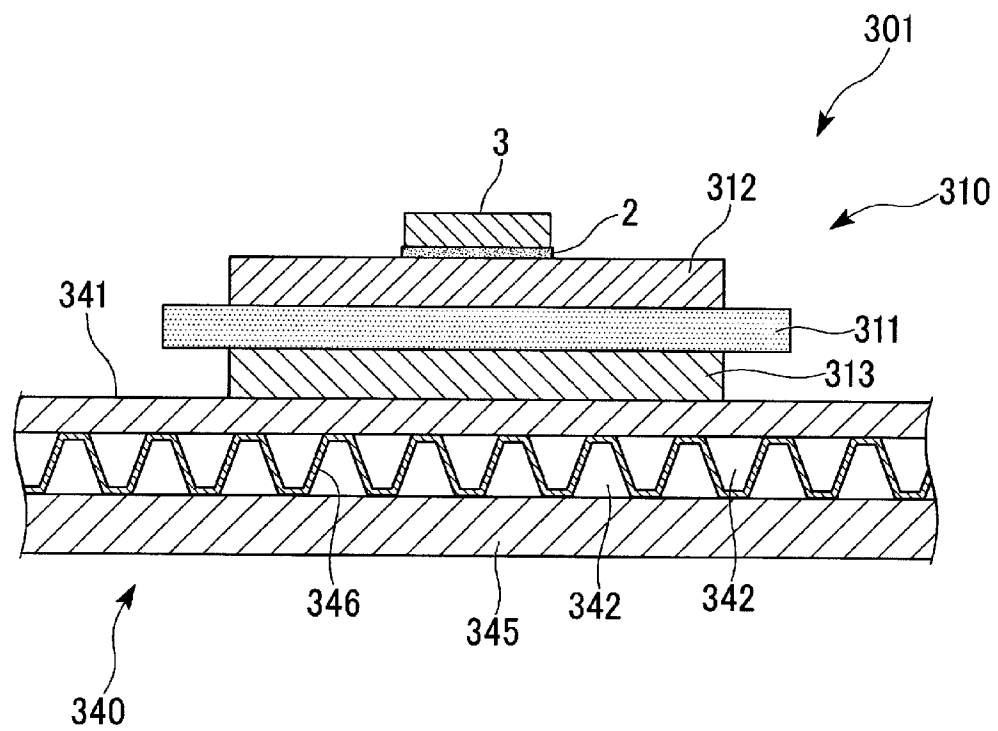
[図13]



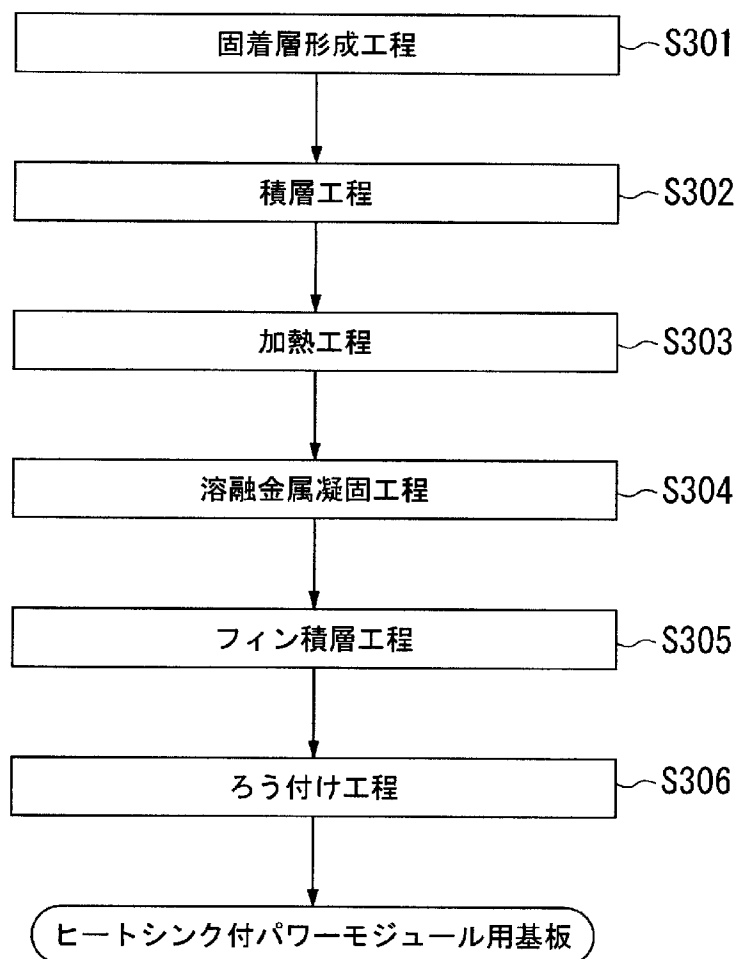
[図14]



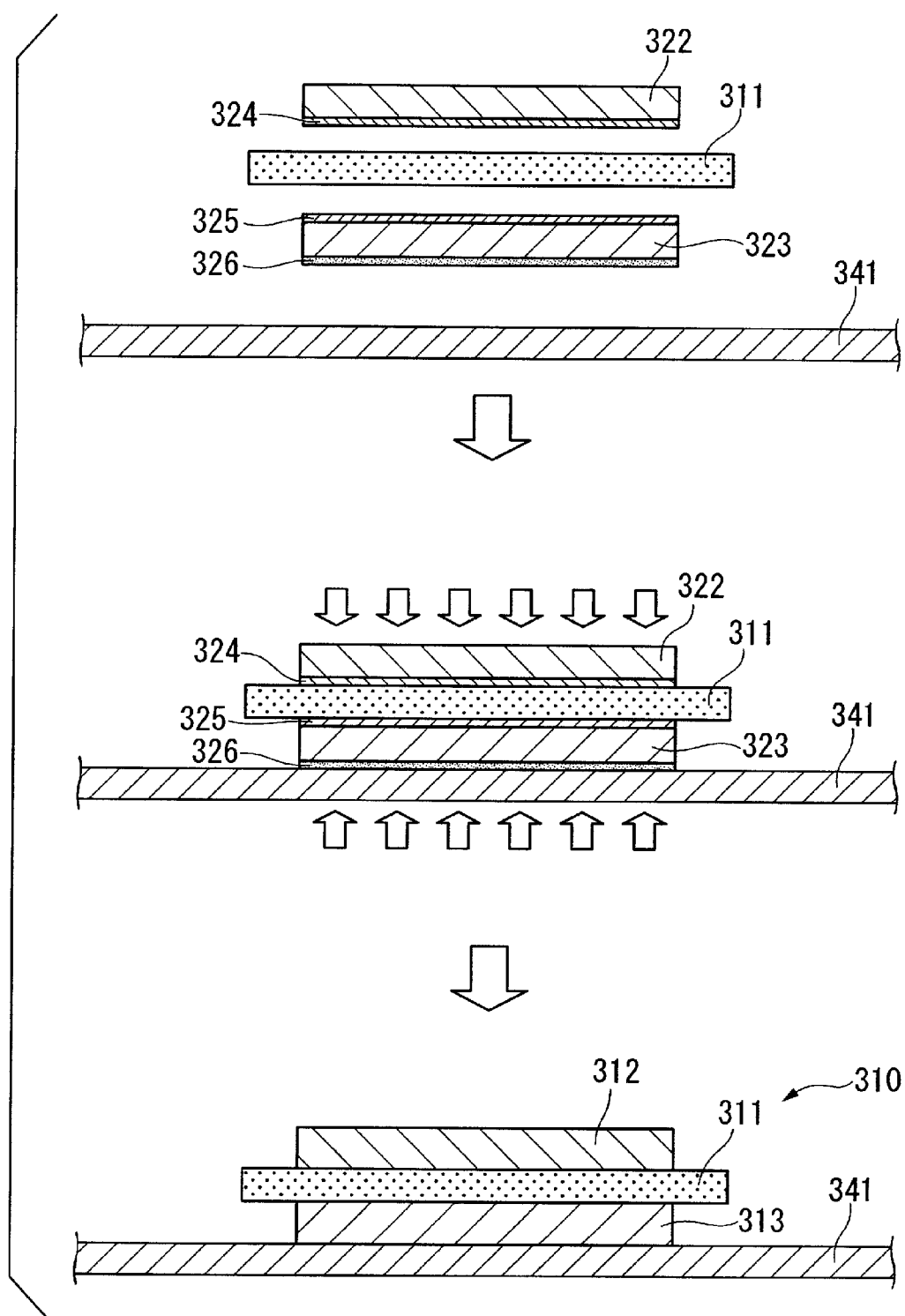
[図15]



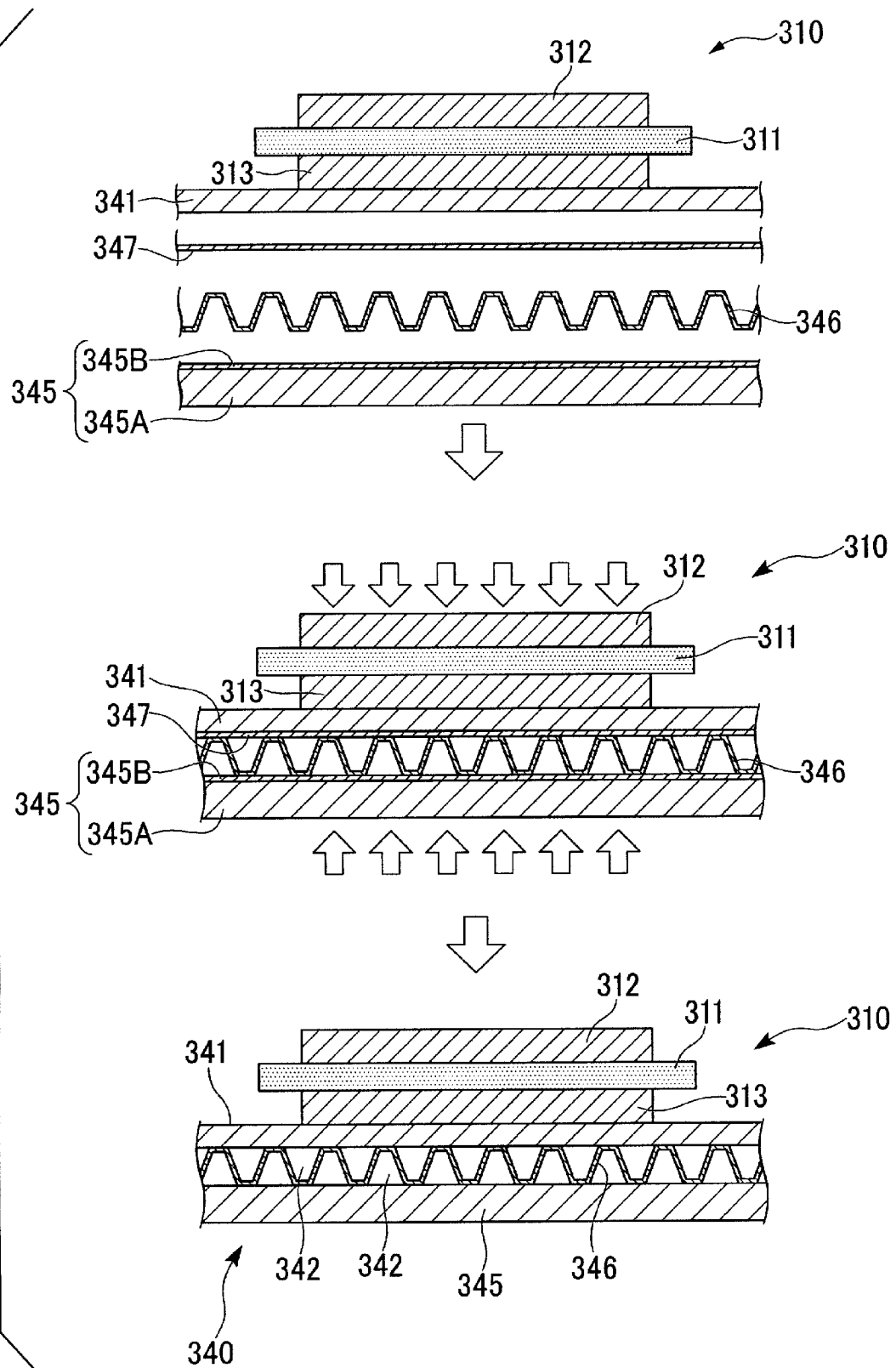
[図16]



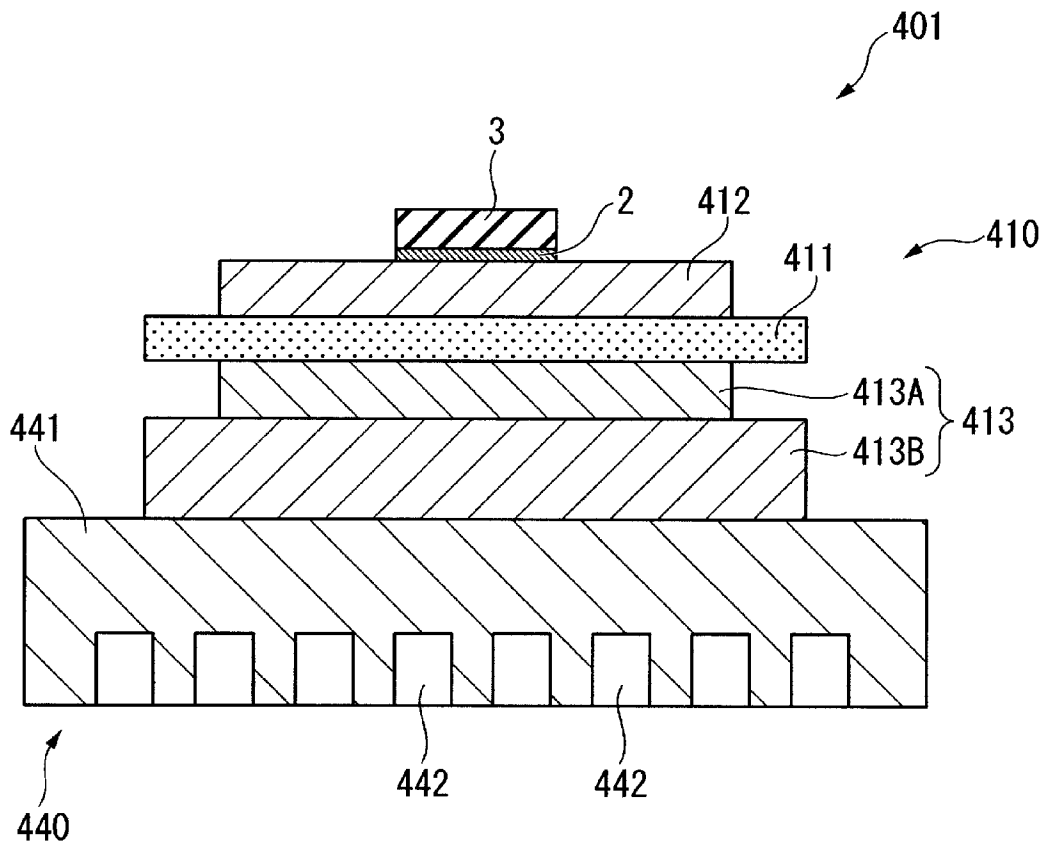
[図17]



[図18]



[図19]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/065316

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L23/373(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)

H01L23/373, H01L23/12, B23K20/00

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	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

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.
A	JP 4-187387 A (Sumitomo Metal Industries, Ltd.), 06 July 1992 (06.07.1992), (Family: none)	1-13
A	WO 2008/075409 A1 (Toyota Industries Corp.), 26 June 2008 (26.06.2008), (Family: none)	1-13
A	JP 2008-166356 A (T. RAD Co., Ltd.), 17 July 2008 (17.07.2008), (Family: none)	1-13



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
24 September, 2010 (24.09.10)

Date of mailing of the international search report
05 October, 2010 (05.10.10)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））
Int.Cl. H01L23/373 (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. H01L23/373, H01L23/12, B23K20/00

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 0 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 0 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 0 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
A	JP 4-187387 A（住友金属工業株式会社）1992.07.06, （ファミリーなし）	1-13
A	WO 2008/075409 A1（株式会社豊田自動織機）2008.06.26, （ファミリーなし）	1-13
A	JP 2008-166356 A（株式会社ティラド）2008.07.17, （ファミリーなし）	1-13

❑ 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

2 4 . 0 9 . 2 0 1 0

国際調査報告の発送日

0 5 . 1 0 . 2 0 1 0

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）

坂本 薫昭

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

4 R

9 2 6 5