

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2019年10月3日(03.10.2019)



(10) 国際公開番号
WO 2019/189090 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 23/36 (2006.01) *H01L 23/12* (2006.01)
B23K 20/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2019/012703

(22) 国際出願日: 2019年3月26日(26.03.2019)

(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 2018-059917 2018年3月27日(27.03.2018) JP

(71) 出願人: 三菱マテリアル株式会社 (MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008117 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 北原 丈嗣 (KITAHARA Takeshi); 〒3308508 埼玉県さいたま市大宮区北袋町一丁目600番地 三菱マテリアル株式会社 中央

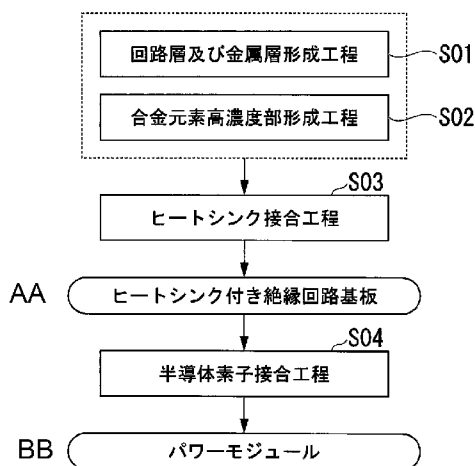
研究所内 Saitama (JP). 長友 義幸(NAGATOMO Yoshiyuki); 〒3308508 埼玉県さいたま市大宮区北袋町一丁目600番地 三菱マテリアル株式会社 中央研究所内 Saitama (JP).

(74) 代理人: 松沼 泰史, 外(MATSUNUMA Yasushi 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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,

(54) Title: METHOD OF MANUFACTURING INSULATING CIRCUIT BOARD WITH HEATSINK

(54) 発明の名称: ヒートシンク付き絶縁回路基板の製造方法



S01 Circuit layer and metal layer forming step
S02 Alloy element high-concentration portion forming step
S03 Heatsink bonding step
S04 Semiconductor element bonding step
AA Insulating circuit board with heatsink
BB Power module

(57) Abstract: A method of manufacturing an insulating circuit board with heatsink which is provided with an insulating circuit board and a heatsink bonded to the metal layer side of the insulating circuit board. The metal layer is configured from aluminum. The heatsink has a surface for bonding with the insulating circuit board which is configured from an aluminum alloy having a solidus temperature of less than or equal to 650 ° C. The method is provided with: an alloy element high-concentration portion forming step (S02) of forming an alloy element high-concentration portion; and a heatsink bonding step (S03) of bonding the heatsink. The ratio t_b/t_a of a thickness t_a of a core material of the cladding material and a thickness t_b of the thickness of a brazing material layer is in a range of from 0.1 to 0.3 inclusive.



WO 2019/189090 A1

SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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

添付公開書類:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 絶縁回路基板と、この絶縁回路基板の前記金属層側に接合されたヒートシンクと、を備えたヒートシンク付き絶縁回路基板の製造方法であって、前記金属層は、アルミニウムで構成され、前記ヒートシンクは、前記絶縁回路基板との接合面が、固相線温度が650℃以下のアルミニウム合金で構成されており、合金元素高濃度部を形成する合金元素高濃度部形成工程(S02)と、ヒートシンクを接合するヒートシンク接合工程(S03)と、を備えており、前記クラッド材の前記芯材の厚さ t_a とろう材層の厚さ t_b との比 t_b/t_a が0.1以上0.3以下の範囲内とされている。

明 細 書

発明の名称： ヒートシンク付き絶縁回路基板の製造方法

技術分野

[0001] この発明は、絶縁層の一方の面に回路層が形成されるとともに前記絶縁層の他方の面に金属層が形成された絶縁回路基板と、この絶縁回路基板の前記金属層側に接合されたヒートシンクと、を備えたヒートシンク付き絶縁回路基板の製造方法に関するものである。

本願は、2018年3月27日に日本に出願された特願2018-059917号について優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] パワーモジュール、LEDモジュール及び熱電モジュールにおいては、絶縁層の一方の面に導電材料からなる回路層を形成した絶縁回路基板に、パワー半導体素子、LED素子及び熱電素子が接合された構造とされている。

例えば、風力発電、電気自動車、ハイブリッド自動車等を制御するために用いられる大電力制御用のパワー半導体素子は、動作時の発熱量が多いことから、これを搭載する基板としては、例えば窒化アルミニウムや窒化ケイ素などからなるセラミックス基板と、このセラミックス基板の一方の面に導電性の優れた金属板を接合して形成した回路層と、を備えた絶縁回路基板が、従来から広く用いられている。絶縁回路基板としては、セラミックス基板の他方の面に金属板を接合して金属層が形成されたものも提供されている。

[0003] 例えば、特許文献1には、セラミックス基板の一方の面及び他方の面にアルミニウム板または銅板からなる回路層及び金属層が形成された絶縁回路基板が開示されている。

そして、絶縁回路基板の他方の面側には、ヒートシンクが接合されており、半導体素子から絶縁回路基板側に伝達された熱を、ヒートシンクを介して外部へ放散する構成とされている。

[0004] ヒートシンクの方法としては、アルミニウム合金や、例えば特許文献2に

示すようなAlSiCに代表される炭化ケイ素質部材中にアルミニウムもしくはアルミニウム合金が充填されたアルミニウム基複合材料などのアルミニウム系材料が広く利用されている。

ヒートシンクを固相線温度の低いアルミニウム合金で構成した場合には、比較的構造が複雑な形状とすることができ、放熱特性を向上させることができる。また、ヒートシンクを炭化ケイ素質部材中にアルミニウムもしくはアルミニウム合金が充填されたアルミニウム基複合材料で構成した場合には、熱膨張係数が絶縁回路基板に近似することになり、冷熱サイクル負荷時の熱歪を低く抑えることが可能となる。

[0005] アルミニウムからなる金属層と、アルミニウム系材料からなるヒートシンクとを接合する手段として、例えば特許文献3には、アルミニウムからなる金属層及びヒートシンクの間、銅又は銅合金からなる接合材を配設し、金属層と接合材、接合材とヒートシンクとをそれぞれ固相拡散接合する方法が提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特許第3171234号公報

特許文献2：特開2000-281468号公報

特許文献3：特開2014-060215号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] ところで、最近では、パワーモジュールの小型化・薄肉化が進められるとともに、その使用環境も厳しくなっており、半導体素子からの発熱量が大きくなり、冷熱サイクルの条件が厳しくなっており、従来にも増して、接合信頼性に優れ、かつ、放熱特性に優れたヒートシンク付き絶縁回路基板が求められている。

[0008] 上述の絶縁回路基板においては、金属層を比較的変形抵抗の小さい金属、

例えば純度99.99mass%以上のアルミニウム（4Nアルミニウム）を用いることにより、冷熱サイクル負荷時における熱歪を金属層の変形によって吸収し、絶縁層の割れ等を抑制することが可能となる。

[0009] 金属層を4Nアルミニウムで構成し、ヒートシンクの接合面を例えばADC12等のアルミニウム合金で構成し、これらを特許文献3に記載された方法で固相拡散接合する場合には、金属層とヒートシンクの接合面との固相線温度が大きく異なるため、固相拡散接合時の温度条件をアルミニウム合金の固相線温度未満とする必要があり、また、純度の高い4Nアルミニウムは拡散の活性化エネルギーが高く、拡散現象がおきにくいいため、固相線温度が高い4Nアルミニウムからなる金属層のAlと接合材のCuの固相拡散が不十分となり、金属層とヒートシンクとの接合信頼性が低下してしまうおそれがあった。

[0010] 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、金属層を比較的変形抵抗の小さいアルミニウムで構成し、ヒートシンクの接合面を比較的固相線温度が低いアルミニウム合金で構成した場合であっても、金属層とヒートシンクとを確実に固相拡散接合できるヒートシンク付き絶縁回路基板の製造方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0011] このような課題を解決して前記目的を達成するために、本発明のヒートシンク付き絶縁回路基板の製造方法は、絶縁層の一方の面に回路層が形成されるとともに前記絶縁層の他方の面に金属層が形成された絶縁回路基板と、この絶縁回路基板の前記金属層側に接合されたヒートシンクと、を備えたヒートシンク付き絶縁回路基板の製造方法であって、前記金属層は、アルミニウムで構成され、前記金属層の厚さ中央部のインデンテーション硬度が50mgf/ μm^2 未満であり、前記ヒートシンクは、前記絶縁回路基板との接合面が、固相線温度が650℃以下のアルミニウム合金で構成されており、前記金属層のうち前記絶縁層とは反対側の領域に、芯材とこの芯材の両面にろう材層が形成されたクラッド材を積層して加熱し、前記ろう材層の合金元素を

拡散することによって、前記金属層の厚さ中央部よりも合金元素濃度が高く、かつ、固相線温度が650℃以下とされた合金元素高濃度部を形成する合金元素高濃度部形成工程と、前記金属層と前記ヒートシンクの接合面との間に、銅又は銅合金からなる銅接合材を積層し、前記金属層と前記銅接合材、前記銅接合材と前記ヒートシンクとを固相拡散接合することによってヒートシンクを接合するヒートシンク接合工程と、を備えており、前記クラッド材の前記芯材の厚さ t_a とろう材層の厚さ t_b との比 t_b/t_a が0.1以上0.3以下の範囲内とされていることを特徴としている。

[0012] この構成のヒートシンク付き絶縁回路基板の製造方法によれば、前記金属層のうち前記絶縁層とは反対側の領域に、前記金属層の厚さ中央部よりも合金元素濃度が高く、かつ、固相線温度が650℃以下とされた合金元素高濃度部を形成する合金元素高濃度部形成工程と、前記金属層の合金元素高濃度部と前記ヒートシンクの接合面との間に、銅又は銅合金からなる銅接合材を積層し、合金元素高濃度部が形成された金属層と前記銅接合材、前記銅接合材と前記ヒートシンクとを固相拡散接合することによってヒートシンクを接合するヒートシンク接合工程と、を備えているので、金属層の合金元素高濃度部と、ヒートシンクの接合面を構成するアルミニウム合金との固相線温度の差を小さくすることができ、比較的低温条件で固相拡散接合した場合であっても、金属層（合金元素高濃度部）のAlと銅接合材のCu、銅接合材のCuとヒートシンクの接合面のAlを十分に拡散させることができ、絶縁回路基板とヒートシンクとを確実に接合することができる。

[0013] また、金属層は、アルミニウムで構成され、厚さ中央部のインデンテーション硬度が50mgf/ μm^2 未満とされているので、ヒートシンク付き絶縁回路基板に対して冷熱サイクルを負荷した際に、金属層が変形することで熱歪を緩和することができ、絶縁層の割れ等の発生を抑制することができる。

さらに、ヒートシンクの接合面が、固相線温度が650℃以下のアルミニウム合金で構成されているので、要求される性能に適したヒートシンクを構成することができる。

[0014] さらに、前記合金元素高濃度部形成工程においては、前記金属層のうち前記絶縁層とは反対側の面に、芯材とこの芯材の両面にろう材層が形成されたクラッド材を積層して加熱しているため、前記ろう材層の合金元素を拡散させることによって、前記金属層のうち前記絶縁層とは反対側の領域に、前記金属層の厚さ中央部よりも合金元素濃度が高く、かつ、固相線温度が650℃以下とされた合金元素高濃度部を形成することができる。

加熱条件を調整して合金元素の拡散状態を制御することにより、所定の厚さの合金元素高濃度部を形成することが可能となる。

[0015] また、前記クラッド材の前記芯材の厚さ t_a とろう材層の厚さ t_b との比 t_b / t_a が0.1以上0.3以下の範囲内とされているため、前記金属層のうち前記絶縁層とは反対側の領域に、前記金属層の厚さ中央部よりも合金元素濃度が高く、かつ、固相線温度が650℃以下とされた合金元素高濃度部を確実に形成することができる。

[0016] 本発明のヒートシンク付き絶縁回路基板の製造方法においては、前記合金元素高濃度部は、Si濃度が2.0mass%以上7.0mass%以下の範囲内、Mn濃度が0.3mass%以上1.5mass%以下の範囲内、とされていることが好ましい。この場合、金属層の合金元素高濃度部と、ヒートシンクの接合面を構成するアルミニウム合金との固相線温度の差を確実に小さくすることができ、比較的低温条件で固相拡散接合した場合であっても、絶縁回路基板とヒートシンクとをさらに確実に接合することができる。

[0017] また、本発明のヒートシンク付き絶縁回路基板の製造方法においては、前記合金元素高濃度部形成工程は、前記絶縁層に前記金属層を形成する金属層形成工程と同時に実施する構成としてもよい。

この場合、前記絶縁層に前記金属層を形成する金属層形成工程と前記合金元素高濃度部形成工程とを同時に実施することで、製造工程を省略し、効率良くヒートシンク付き絶縁回路基板を製造することが可能となる。また、絶縁層への熱負荷を低減することができ、絶縁層の劣化を抑制することができる。

[0018] さらに、本発明のヒートシンク付き絶縁回路基板の製造方法においては、前記回路層は、前記絶縁層側に形成されたアルミニウム層と、このアルミニウム層に積層された銅層と、を備えており、このアルミニウム層のうち前記絶縁層とは反対側の領域に、前記アルミニウム層の厚さ中央部よりも合金元素濃度が高く、かつ、固相線温度が650℃以下とされた第2合金元素高濃度部が形成されており、前記合金元素高濃度部形成工程において、前記合金元素高濃度部と前記第2合金元素高濃度部とを形成する構成としてもよい。

[0019] この場合、回路層がアルミニウム層と銅層とが積層された構造とされているので、回路層に搭載された発熱体の熱を銅層で面方向に広げることができ、放熱特性に優れたヒートシンク付き絶縁回路基板を製造することができる。

また、アルミニウム層と銅層との間に、第2合金元素高濃度部が形成されているので、合金元素高濃度部及び第2合金元素高濃度部と、ヒートシンクの接合面を構成するアルミニウム及びアルミニウム合金との固相線温度の差を小さくすることができ、比較的低温条件で固相拡散接合した場合であっても、金属層（合金元素高濃度部）のAlと銅接合材のCu、銅接合材のCuとヒートシンクの接合面のAl、アルミニウム層（第2合金元素高濃度部）のAlと銅層のCuを十分に拡散させることができ、絶縁回路基板とヒートシンクとを確実に接合することができるとともに、アルミニウム層と銅層とが積層された回路層を形成することができる。

発明の効果

[0020] 本発明によれば、金属層を比較的変形抵抗の小さいアルミニウムで構成し、ヒートシンクの接合面を比較的固相線温度が低いアルミニウム合金で構成した場合であっても、金属層とヒートシンクとを確実に固相拡散接合できるヒートシンク付き絶縁回路基板の製造方法を提供することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0021] [図1]本発明の実施形態であるヒートシンク付き絶縁回路基板の製造方法によって製造されたヒートシンク付き絶縁回路基板を備えたパワーモジュールの

概略説明図である。

[図2]図1に示すヒートシンク付き絶縁回路基板における金属層とヒートシンクとの接合界面の拡大説明図である。

[図3]図1に示すヒートシンク付き絶縁回路基板に用いられるヒートシンクの概略説明図である。

[図4]本発明の実施形態であるヒートシンク付き絶縁回路基板の製造方法を示すフロー図である。

[図5]本発明の実施形態であるヒートシンク付き絶縁回路基板の製造方法を示す説明図である。

[図6]本発明の実施形態であるヒートシンク付き絶縁回路基板の製造方法で用いられるクラッド材の断面説明図である。

[図7]本発明の実施形態であるヒートシンク付き絶縁回路基板の製造方法を示す説明図である。

[図8]本発明の他の実施形態であるヒートシンク付き絶縁回路基板の製造方法によって製造されたヒートシンク付き絶縁回路基板を備えたパワーモジュールの概略説明図である。

[図9]図8に示すヒートシンク付き絶縁回路基板の製造方法を示すフロー図である。

[図10]図8に示すヒートシンク付き絶縁回路基板の製造方法を示す説明図である。

[図11]図8に示すヒートシンク付き絶縁回路基板の製造方法を示す説明図である。

発明を実施するための形態

[0022] 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、本発明の実施形態であるヒートシンク付き絶縁回路基板の製造方法によって製造されたヒートシンク付き絶縁回路基板40、及び、このヒートシンク付き絶縁回路基板40を用いたパワーモジュール1を示す。

[0023] 図1に示すパワーモジュール1は、絶縁回路基板10と、この絶縁回路基

板10の一方の面(図1において上面)にはんだ層2を介して接合された半導体素子3と、絶縁回路基板10の下側に接合されたヒートシンク41と、を備えている。ヒートシンク41が接合された絶縁回路基板10が、本実施形態におけるヒートシンク付き絶縁回路基板40とされている。

[0024] 半導体素子3は、Si等の半導体材料で構成されている。絶縁回路基板10と半導体素子3とを接合するはんだ層2は、例えばSn-Ag系、Sn-Cu系、Sn-In系、若しくはSn-Ag-Cu系のはんだ材(いわゆる鉛フリーはんだ材)とされている。

[0025] 絶縁回路基板10は、図1に示すように、絶縁層となるセラミックス基板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。

[0026] 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、絶縁性の高い窒化アルミニウム(AlN)、窒化ケイ素(Si₃N₄)、アルミナ(Al₂O₃)等で構成されている。本実施形態では、窒化アルミニウムで構成されている。セラミックス基板11の厚さは、0.2mm以上1.5mm以下の範囲内に設定されており、本実施形態では、0.635mmに設定されている。

[0027] 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が接合されることにより形成されている。本実施形態では、図5に示すように、アルミニウム又はアルミニウム合金からなるアルミニウム板22が接合されることによって回路層12が形成されている。具体的には、回路層12を構成するアルミニウム板22として、純度99mass%以上のアルミニウム(2Nアルミニウム)やA3003やA6063等のアルミニウム合金の圧延板が用いられている。

この回路層12には、回路パターンが形成されており、その一方の面(図1において上面)が、半導体素子3が搭載される搭載面とされている。回路層12の厚さは0.1mm以上2.0mm以下の範囲内に設定されており、

本実施形態では0.4 mmに設定されている。

[0028] 金属層13は、図5に示すように、セラミックス基板11の他方の面に、アルミニウムからなるアルミニウム板23が接合されるとともに、アルミニウム板23の他方の面にクラッド材51が積層されて加熱処理することによって形成されている。

金属層13の厚さ中央部におけるインデンテーション硬度が50 mgf/ μm^2 未満とされている。このインデンテーション硬度は、ヒートシンク付き絶縁回路基板40の25℃における値である。

[0029] 金属層13を構成するアルミニウム板23として、純度99 mass%以上のアルミニウム(2Nアルミニウム)、純度99.9 mass%以上のアルミニウム(3Nアルミニウム)、純度99.99 mass%以上のアルミニウム(4Nアルミニウム)等を用いることができる。

本実施形態では、金属層13を構成するアルミニウム板23として、純度99.99 mass%以上のアルミニウム(4Nアルミニウム)の圧延板が用いられている。

図2に示すように、金属層13の厚さ t_0 は0.2 mm以上1.0 mm以下の範囲内に設定されており、本実施形態では0.4 mmに設定されている。

[0030] そして、本実施形態においては、金属層13のうちセラミックス基板11とは反対側の領域に、金属層13の厚さ中央部よりも合金元素濃度が高く、かつ、固相線温度が650℃以下とされた合金元素高濃度部13aが形成されている。

すなわち、本実施形態における金属層13においては、その厚さ方向において、合金元素の濃度分布が存在していることになる。

合金元素としては、Si、Mn等を用いることが好ましい。本実施形態では、合金元素としてSi及びMnを含有しており、Si濃度が2.0 mass%以上7.0 mass%以下の範囲内、かつ、Mn濃度が0.3 mass%以上1.5 mass%以下の範囲内とされた領域が、合金元素高濃度部1

3 aとなる。

また、合金元素高濃度部13 aの厚さ t_1 は、0.05 mm以上0.3 mm以下の範囲内とすることが好ましい。

[0031] ヒートシンク41は、前述の絶縁回路基板10を冷却するためのものであり、本実施形態においては、図1に示すように、熱伝導性が良好な材質で構成された放熱板とされている。

本実施形態におけるヒートシンク41は、SiCからなる多孔質体とこの多孔質体に含浸されたアルミニウム合金からなるアルミニウム材とからなるAl-SiC複合材料（いわゆるAlSiC）で構成されている。本実施形態では、SiCからなる多孔質体に含浸させるアルミニウム材としてADC12（固相線温度570℃）を用いている。

[0032] また、本実施形態では、ヒートシンク41は、図3に示すように、AlSiCからなるヒートシンク本体42の表面に、多孔質体に含浸されたアルミニウム材（本実施形態ではADC12）からなるスキン層43が形成されている。

本実施形態では、ヒートシンク本体42の厚さが0.5 mm以上5.0 mm以下の範囲内とされており、スキン層43の厚さ t_s はヒートシンク本体42の厚さの0.01倍以上0.1倍以下とすることが好ましい。

合金元素高濃度部13 aの固相線温度と、ヒートシンク41の接合面（本実施形態ではスキン層43）を構成するアルミニウム合金の固相線温度との温度差が80℃以下の範囲内とされている。

[0033] そして、絶縁回路基板10の金属層13とヒートシンク41は、銅接合層32を介して接合されている。

[0034] 銅接合層32は、銅又は銅合金で構成されており、本実施形態では、図7に示すように、無酸素銅の圧延板からなる銅板52を接合することで形成されている。本実施形態では、図2に示すように、銅接合層32の厚さ t_c は0.05 mm以上5.0 mm以下の範囲内とされている。

金属層13（合金元素高濃度部13 a）と銅接合層32、及び、銅接合層

32とヒートシンク41（スキン層43）とは、それぞれ固相拡散接合によって接合されている。

[0035] 次に、上述した本実施形態であるヒートシンク付き絶縁回路基板40の製造方法について、図4から図7を参照して説明する。

[0036] （回路層及び金属層形成工程S01／合金元素高濃度部形成工程S02）

まず、図5に示すように、セラミックス基板11の一方の面及び他方の面に、ろう材26、27を介してアルミニウム板22、23を積層する。ろう材26、27としては、Al-Si系ろう材やAl-Si-Mg系ろう材等を用いることが好ましい。

また、本実施形態では、金属層13となるアルミニウム板23の他方の面側（図5において下側）に、クラッド材51を積層する。

このクラッド材51は、図6に示すように、芯材51aと、この芯材51aの両面に形成されたろう材層51bと、を備えている。本実施形態においては、芯材51aはA3003合金で構成され、ろう材層51bはA4045合金で構成されている。

また、クラッド材51の芯材51aの厚さ t_a とろう材層51bの厚さ t_b との比 t_b/t_a が0.1以上0.3以下の範囲内とされている。

[0037] そして、上述のアルミニウム板22、セラミックス基板11、アルミニウム板23、クラッド材51を、積層方向に加圧した状態で加熱して、セラミックス基板11とアルミニウム板22、23を接合して回路層12及び金属層13を形成するとともに、クラッド材51のろう材層51bの合金元素を芯材51a及びアルミニウム板23側に拡散させることで、金属層13のうちセラミックス基板11とは反対側の領域に、金属層13の厚さ中央部よりも合金元素濃度が高く、かつ、固相線温度が650℃以下とされた合金元素高濃度部13aが形成されることになる。

すなわち、本実施形態では、回路層及び金属層形成工程S01と合金元素高濃度部形成工程S02を一括で実施している。

[0038] 回路層及び金属層形成工程S01／合金元素高濃度部形成工程S02の接

合条件は、雰囲気真空とし、加圧荷重を0.1MPa以上3.5MPa以下の範囲内、加熱温度を560℃以上630℃以下の範囲内、保持時間を15min以上60min以下の範囲内とすることが好ましい。合金元素の拡散状態を制御するために、上述の範囲内で接合温度及び保持時間を調整することが好ましい。

以上のようにして、本実施形態である絶縁回路基板10が形成される。

[0039] (ヒートシンク接合工程S03)

次に、図7に示すように、合金元素高濃度部13aが形成された金属層13の他方の面側(図7において下側)に、銅接合材として無酸素銅の圧延板からなる銅板52を介して、ヒートシンク41を積層する。ヒートシンク41は、スキン層43が銅板52側を向くように積層する。

そして、絶縁回路基板10、合金元素高濃度部13aが形成された絶縁回路基板10、銅板52、ヒートシンク41を、積層方向に加圧して加熱し、金属層13の合金元素高濃度部13aと銅板52、銅板52とヒートシンク41(スキン層43)をそれぞれ固相拡散接合する。

本実施形態では、固相拡散条件として、積層方向の荷重を0.6MPa以上3.5MPa以下の範囲内とした。接合温度は460℃以上540℃以下の範囲内、好ましくは480℃以上520℃以下の範囲内であるとよい。保持時間は30min以上240min以下の範囲内とした。

以上のような工程により、本実施形態であるヒートシンク付き絶縁回路基板40が製造される。

[0040] (半導体素子接合工程S04)

次に、ヒートシンク付き絶縁回路基板40の回路層12に、はんだ材を介して半導体素子3を積層し、還元炉内において、ヒートシンク付き絶縁回路基板40の回路層12と半導体素子3とを接合する。

以上のようにして、図1に示すパワーモジュール1が製造される。

[0041] 以上のような構成とされた本実施形態であるヒートシンク付き絶縁回路基板40の製造方法によれば、金属層13のうちセラミックス基板11とは反

対側の領域に、金属層13の厚さ中央部よりも合金元素濃度が高く、かつ、固相線温度が650℃以下とされた合金元素高濃度部13aを形成する合金元素高濃度部形成工程S02と、金属層13の合金元素高濃度部13aとヒートシンク41の接合面（本実施形態ではスキン層43）との間に、銅又は銅合金からなる銅板52を積層し、金属層13の合金元素高濃度部13aと銅板52、銅板52とヒートシンク41とを固相拡散接合することによってヒートシンク41を接合するヒートシンク接合工程S03と、を備えているので、金属層13の合金元素高濃度部13aと、ヒートシンク41の接合面（本実施形態ではスキン層43）を構成するアルミニウム及びアルミニウム合金との固相線温度の差を小さくすることができ、比較的低温条件で固相拡散接合した場合であっても、金属層13の合金元素高濃度部13aのAlと銅板52のCu、銅板52のCuとヒートシンク41の接合面のAlを十分に拡散させることができ、絶縁回路基板10とヒートシンク41とを確実に接合することが可能となる。

[0042] また、本実施形態におけるヒートシンク付き絶縁回路基板40においては、金属層13が、アルミニウム（本実施形態では4Nアルミニウム）で構成され、金属層13の厚さ中央部におけるインデンテーション硬度が50mgf/ μm^2 未満とされているので、ヒートシンク付き絶縁回路基板40に対して冷熱サイクルを負荷した際に、金属層13を变形させることで熱歪を緩和することができ、セラミックス基板11の割れ等の発生を抑制することができる。

[0043] さらに、ヒートシンク41が、SiCからなる多孔質体とこの多孔質体に含浸されたアルミニウム合金からなるアルミニウム材とからなるAl-SiC複合材料（いわゆるAlSiC）で構成されており、具体的には、SiCからなる多孔質体に含浸させるアルミニウム材としてADC12（固相線温度570℃）を用いているので、ヒートシンク41の熱膨張係数が絶縁回路基板10の熱膨張係数と近似することになり、冷熱サイクル負荷時における熱歪の発生を抑制することができる。

[0044] また、本実施形態においては、合金元素高濃度部形成工程S02が、金属層13のうちセラミックス基板11とは反対側の面に、芯材51aとこの芯材51aの両面にろう材層51bが形成されたクラッド材51を積層して加熱し、ろう材層51bの合金元素を拡散することによって、合金元素高濃度部13aを形成する構成とされているので、金属層13のうちセラミックス基板11とは反対側の領域に、金属層13の厚さ中央部よりも合金元素濃度が高く、かつ、固相線温度が650℃以下とされた合金元素高濃度部13aを確実に形成することができる。

[0045] さらに、本実施形態においては、合金元素高濃度部形成工程S02で用いられるクラッド材51の芯材51aの厚さ t_a とろう材層51bの厚さ t_b との比 t_b/t_a が0.1以上0.3以下の範囲内とされているので、金属層13のうちセラミックス基板11とは反対側の領域に、金属層13の厚さ中央部よりも合金元素濃度が高く、かつ、固相線温度が650℃以下とされた合金元素高濃度部13aを確実に形成することができる。

[0046] また、本実施形態においては、金属層13の合金元素高濃度部13aの固相線温度と、ヒートシンク41の接合面（本実施形態ではスキン層43）を構成するアルミニウム合金の固相線温度との温度差が0℃以上80℃以下の範囲内とされているので、ヒートシンク接合工程S03において比較的低温条件で固相拡散接合した場合でも、金属層13（合金元素高濃度部13a）のAlと銅板52のCu、銅板52のCuとヒートシンク41の接合面のAlとを十分に拡散させることができ、絶縁回路基板10とヒートシンク41とを確実に固相拡散接合することができる。

[0047] 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、本実施形態では、セラミックス基板11として、窒化アルミニウム（AlN）を例に挙げて説明したが、これに限定されることはなく、アルミナ（Al₂O₃）、窒化珪素（Si₃N₄）等の他のセラミックスで構成され

たものであってもよい。また、絶縁樹脂等を用いてもよい。

[0048] また、ヒートシンクとして放熱板を例に挙げて説明したが、これに限定されることはなく、冷却媒体が流通する流路を備えた冷却器等であってもよい。

さらに、本実施形態では、ヒートシンクを、SiCの多孔質体にADC12からなるアルミニウム材を含浸させたAl-SiC複合材料（いわゆるAlSiC）で構成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、ヒートシンクの接合面が、固相線温度が650℃以下のアルミニウム合金で構成されていれば、その材質や構造に限定はない。

[0049] さらに、本実施形態では、回路層をアルミニウム又はアルミニウム合金で構成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、回路層を銅又は銅合金等の他の金属で構成してもよいし、アルミニウム又はアルミニウム合金からなるアルミニウム層と銅又は銅合金からなる銅層が積層した構造とされていてもよい。

[0050] そして、本実施形態では、クラッド材を金属層に積層して加熱処理することで合金元素高濃度部を形成するものとして説明したが、合金元素高濃度部形成工程の手段については特に制限はない。

[0051] また、図8に示すように、回路層112が、絶縁層となるセラミックス基板11側に形成されたアルミニウム層112Aと、このアルミニウム層112Aに積層された銅層112Bと、を備えており、このアルミニウム層112Aのセラミックス基板11とは反対側の領域に、アルミニウム層112Aの厚さ中央部よりも合金元素濃度が高く、かつ、固相線温度が650℃以下とされた第2合金元素高濃度部112Cが形成された絶縁回路基板110、ヒートシンク付き絶縁回路基板140としてもよい。

このヒートシンク付き絶縁回路基板140においても、金属層13、アルミニウム接合層31、銅接合層32、ヒートシンク41と、を備えている。

図8に示すヒートシンク付き絶縁回路基板140は、以下のようにして製造される。

[0052] (アルミニウム層及び金属層形成工程S101／合金元素高濃度部形成工程S102) まず、図10に示すように、セラミックス基板11の一方の面(図10において上面)に、ろう材126を介してアルミニウム層となるアルミニウム板122Aを積層し、さらにアルミニウム板122Aの一方の面に、クラッド材51を積層する。

さらに、セラミックス基板11の他方の面(図10において下面)に、ろう材127を介して、金属層13となるアルミニウム板23を積層し、さらにアルミニウム板23の他方の面に、クラッド材51を積層する。

[0053] アルミニウム層112Aとなるアルミニウム板122A、及び、金属層13となるアルミニウム板23は、例えば純度99.99mass%以上のアルミニウム(4Nアルミニウム)、純度99mass%以上のアルミニウム(2Nアルミニウム)で構成されている。

また、ろう材126、127は、Al-Si-Mg系合金で構成されている。

[0054] そして、上述のクラッド材51、アルミニウム板122A、ろう材126、セラミックス基板11、ろう材127、アルミニウム板23、クラッド材51を、積層方向に加圧した状態で加熱して、セラミックス基板11とアルミニウム板122A、23を接合してアルミニウム層112A及び金属層13を形成する。

さらに、クラッド材51のろう材層51bの合金元素を芯材51a及びアルミニウム板122A側に拡散させることによって、アルミニウム層112Aのうちセラミックス基板11とは反対側の領域に、アルミニウム層112Aの厚さ中央部よりも合金元素濃度が高く、かつ、固相線温度が650℃以下とされた第2合金元素高濃度部112Cを形成する。

また、クラッド材51のろう材層51bの合金元素を芯材51a及びアルミニウム板23側に拡散させることによって、金属層13のうちセラミックス基板11とは反対側の領域に、金属層13の厚さ中央部よりも合金元素濃度が高く、かつ、固相線温度が650℃以下とされた合金元素高濃度部13

aを形成する。

接合条件は、雰囲気を真空とし、加圧荷重を0.1MPa以上3.5MPa以下の範囲内、加熱温度を600℃以上640℃以下の範囲内とすることが好ましい。

[0055] (銅層形成工程S103/ヒートシンク接合工程S104)

次に、図11に示すように、第2合金元素高濃度部112Cが形成されたアルミニウム層112Aの一方の面(図11において上側)に銅層112Bとなる銅板122Bを積層する。また、合金元素高濃度部13aが形成された金属層13の他方の面側(図11において下側)に、銅接合材として無酸素銅の圧延板からなる銅板52を介して、ヒートシンク41を積層する。ヒートシンク41は、スキン層43が銅板52側を向くように積層して積層体を形成する。

[0056] そして、この積層体を、積層方向に加圧して加熱し、アルミニウム層112A(第2合金元素高濃度部112C)と銅板122B、金属層13(合金元素高濃度部13a)と銅板52、銅板52とヒートシンク41(スキン層43)をそれぞれ固相拡散接合する。本実施形態では、固相拡散条件として、積層方向の荷重を0.6MPa以上3.5MPa以下の範囲内とした。接合温度は460℃以上540℃以下の範囲内、好ましくは480℃以上520℃以下の範囲内であるとよい。保持時間は30min以上240min以下の範囲内とすることが好ましい。

以上のような工程により、図8に示すヒートシンク付き絶縁回路基板140が製造される。

実施例

[0057] 以下に、本発明の有効性を確認するために行った確認実験について説明する。

[0058] 窒化アルミニウム(AIN)からなるセラミックス基板(40mm×40mm×厚さ0.635mm)の一方の面に純度99.99mass%以上のアルミニウム(4Nアルミニウム)からなる回路層(37mm×37mm×

厚さ0.4 mm)を形成するとともに、セラミックス基板の他方の面に表1に示す材質及び厚さの金属層(37 mm×37 mm)を形成した。セラミックス基板と回路層及び金属層となるアルミニウム板との接合は、Al-7.5 mass% Si-0.01 mass% Mgろう材箔(厚さ15 μm)を用いた。

また、金属層となるアルミニウム板のセラミックス基板とは反対側の面に、表1に示す構造のクラッド材を積層した。

そして、表1に示す条件で加熱処理した。

[0059] そして、金属層に、SiCの多孔質体に表1記載の固相線温度を持つアルミニウムを含浸させたAl-SiC複合材料(いわゆるAlSiC)からなるヒートシンク(50 mm×60 mm×厚さ5.0 mm/スキン層厚さ0.1 mm)を、銅接合材(無酸素銅の圧延:37 mm×37 mm×厚さ1.0 mm)を介して積層し、これを積層方向に21 MPaで加圧し、490°Cで150 min保持し、合金元素高濃度部が形成された金属層と銅接合材、銅接合材とヒートシンクとを固相拡散接合した。

表2においてヒートシンクの材質が4N-Alで構成されたものは、純度99.99 mass%以上(4N-Al)のアルミニウム板(50 mm×60 mm×厚さ5.0 mm)を用いた。

[0060] 得られたヒートシンク付き絶縁回路基板に対して、以下のような手順で各項目について評価を行った。

[0061] (インデンテーション硬度の測定)

ヒートシンク付き絶縁回路基板の金属層に対し、ナノインデンテーション法によりインデンテーション硬度を測定した。測定は、金属層の厚さ方向中央部の10箇所で行い、その平均値とした。インデンテーション硬度は、バーコピッチ圧子と呼ばれる稜間角が114.8°以上115.1°以下の三角錐ダイヤモンド圧子を用いて試験荷重を5000 mgfとして負荷をかけた際の荷重-変位の相関を計測し、インデンテーション硬度=37.926×10⁻³×(荷重[mgf]÷変位[μm]²)の式より求めた。

[0062] (合金元素高濃度部の有無)

厚さ方向に沿った断面を観察し、電子プローブマイクロアナライザ（日本電子製JXA-8800RL）を用いて、加速電圧1.5kV、プローブ径50μm、照射電流5.0×10⁻⁸Aの条件でEPMAによる定量分析を実施し、金属層の厚さ中央部よりも合金元素濃度が高く、かつ、固相線温度が650℃以下とされた合金元素高濃度部の有無を確認した。

[0063] (接合状態)

ヒートシンクを構成するアルミニウム（AlSiCの場合には含侵されているアルミニウム）とアルミニウム接合層を構成するアルミニウムのうち、固相線温度の高いアルミニウムを有する部材と銅接合材との界面の超音波探傷像を、超音波探傷装置（株式会社日立パワーソリューションズ製FineSAT200）を用いて測定し、以下の式から接合率を算出した。

初期接合面積とは、接合前における接合すべき面積、すなわち銅接合材の面積とした。

$$(\text{接合率}) = \{ (\text{初期接合面積}) - (\text{剥離面積}) \} / (\text{初期接合面積})$$

超音波探傷像を二値化処理した画像において剥離は接合層内の白色部で示されることから、この白色部の面積を剥離面積とした。

接合率が90%以上であった場合を「○」、接合率が90%未満であった場合を「×」と評価した。

[0064] (セラミックス割れ)

ヒートシンク付き絶縁回路基板に対し、-40℃↔150℃の冷熱サイクルを3000サイクル行い、冷熱サイクル後にセラミックス基板を超音波探傷装置によって観察し、割れが認められなかったものを「○」、割れが生じていたものを「×」と評価した。

[0065]

[表1]

	金属層			クラッド材				接合条件			
	材質	インデンテーション 硬度 (mgf/ μm^2)	厚みt0 (mm)	芯材		ろう材層		tb/ta	加圧圧力 (MPa)	保持温度 ($^{\circ}\text{C}$)	保持温度 (min)
				材質	厚みta (mm)	材質	厚みtb (mm)				
実施例1	4N-AI	35	0.60	A3003	0.10	Al-Si-Mg	0.018	0.18	0.5	630	20
実施例2	4N-AI	42	0.40	A3003	0.10	Al-Si-Mg	0.018	0.18	0.5	630	20
実施例3	4N-AI	43	0.40	A3003	0.10	A4343	0.018	0.18	0.5	630	20
実施例4	4N-AI	42	0.40	A3003	0.10	A4004	0.018	0.18	0.5	630	20
実施例5	4N-AI	45	0.40	A3003	0.10	A4005	0.018	0.18	0.5	630	20
実施例6	4N-AI	44	0.40	A3003	0.05	Al-Si-Mg	0.010	0.20	0.5	630	20
比較例1	4N-AI	55	0.20	A3003	0.10	Al-Si-Mg	0.018	0.18	0.5	630	20
比較例2	4N-AI	55	0.30	A3003	0.10	Al-Si-Mg	0.018	0.18	0.5	630	20
比較例3	4N-AI	38	0.40	A3003	0.20	Al-Si-Mg	0.018	0.09	0.5	630	20
比較例4	4N-AI	42	0.40	-	-	Al-Si-Mg	0.030	-	0.5	630	20
比較例5	4N-AI	42	0.40	A3003	0.10	Al-Si-Mg	0.007	0.07	0.5	630	20
比較例6	4N-AI	60	0.40	A3003	0.10	A4145	0.015	0.15	0.5	630	20
比較例7	4N-AI	35	0.40	-	-	-	-	-	0.5	630	20

※Al-Si-Mg : Al-10.5mass%Si-1.5mass%Mg

[0066]

[表2]

	合金元素 高濃度部 の有無	ヒートシンク		評価	
		材質	固相線 温度 (°C)	接合 状態	セラミックス 基板の割れ
実施例1	有り	ADC12	570	○	○
実施例2	有り	ADC12	570	○	○
実施例3	有り	ADC12	570	○	○
実施例4	有り	ADC12	570	○	○
実施例5	有り	ADC12	570	○	○
実施例6	有り	ADC12	570	○	○
比較例1	有り	ADC12	570	○	×
比較例2	有り	ADC12	570	○	×
比較例3	有り	ADC12	570	×	○
比較例4	有り	ADC12	570	×	○
比較例5	有り	ADC12	570	×	○
比較例6	有り	ADC12	570	○	×
比較例7	無し	ADC12	570	×	○

[0067] 金属層のインデンテーション硬度が $50\text{ mg f} / \mu\text{ m}^2$ 以上である比較例1, 2, 6においては、冷熱サイクル負荷後にセラミックス割れが認められた。金属層が比較的硬いため、冷熱サイクルを負荷した際に金属層が容易に変形せず、熱歪を緩和することができなかつたためと推測される。

クラッド材の芯材の厚さ t_a とろう材層の厚さ t_b との比 t_b / t_a が0.1未満とされた比較例3, 5においては、接合率が90%未満であり、接合状態が不十分であった。クラッド材に芯材を用いなかつた比較例4においては、接合率が90%未満であり、接合状態が不十分であった。

クラッド材を用いず、合金元素高濃度部が形成されなかつた比較例7においては、接合率が90%未満であり、接合状態が不十分であった。

[0068] これに対して、金属層のインデンテーション硬度が $50\text{ mg f} / \mu\text{ m}^2$ 未満とされ、クラッド材の芯材の厚さ t_a とろう材層の厚さ t_b との比 t_b / t_a が0.1以上0.3以下の範囲内とされた実施例1-6においては、接合率が90%以上であり、接合状態が良好であった。また、冷熱サイクル負荷後にセラミックス割れが認められなかつた。金属層が比較的軟らかいため、冷熱サイクルを負荷した際に金属層が変形し、熱歪を緩和することができたためと推測される。

[0069] 以上のことから、本発明によれば、金属層を比較的変形抵抗の小さいアルミニウムで構成し、ヒートシンクの接合面を比較的固相線温度が低いアルミニウム合金で構成した場合であっても、金属層とヒートシンクとを確実に固相拡散接合できるヒートシンク付き絶縁回路基板の製造方法を提供可能であることが確認された。

産業上の利用可能性

[0070] 本発明によれば、金属層を比較的変形抵抗の小さいアルミニウムで構成し、ヒートシンクの接合面を比較的固相線温度が低いアルミニウム合金で構成した場合であっても、金属層とヒートシンクとを確実に固相拡散接合できるヒートシンク付き絶縁回路基板の製造方法を提供することが可能となる。

符号の説明

- [0071] 10 絶縁回路基板
 - 11 セラミックス基板（絶縁層）
 - 12 回路層
 - 13 金属層
 - 13a 合金元素高濃度部
 - 32 銅接合層
- 40 ヒートシンク付き絶縁回路基板
 - 41 ヒートシンク
 - 43 スキン層（接合面）
- 51 クラッド材
 - 51a 芯材
 - 51b ろう材層
- 52 銅板（銅接合材）

請求の範囲

[請求項1]

絶縁層の一方の面に回路層が形成されるとともに前記絶縁層の他方の面に金属層が形成された絶縁回路基板と、この絶縁回路基板の前記金属層側に接合されたヒートシンクと、を備えたヒートシンク付き絶縁回路基板の製造方法であって、

前記金属層は、アルミニウムで構成され、前記金属層の厚さ中央部のインデンテーション硬度が $50\text{ mg f} / \mu\text{ m}^2$ 未満であり、

前記ヒートシンクは、前記絶縁回路基板との接合面が、固相線温度が 650°C 以下のアルミニウム合金で構成されており、

前記金属層のうち前記絶縁層とは反対側の領域に、芯材とこの芯材の両面にろう材層が形成されたクラッド材を積層して加熱し、前記ろう材層の合金元素を拡散することによって、前記金属層の厚さ中央部よりも合金元素濃度が高く、かつ、固相線温度が 650°C 以下とされた合金元素高濃度部を形成する合金元素高濃度部形成工程と、

前記金属層と前記ヒートシンクの接合面との間に、銅又は銅合金からなる銅接合材を積層し、前記金属層と前記銅接合材、前記銅接合材と前記ヒートシンクとを固相拡散接合することによってヒートシンクを接合するヒートシンク接合工程と、

を備えており、

前記クラッド材の前記芯材の厚さ t_a とろう材層の厚さ t_b との比 t_b / t_a が 0.1 以上 0.3 以下の範囲内とされていることを特徴とするヒートシンク付き絶縁回路基板の製造方法。

[請求項2]

前記合金元素高濃度部は、 Si 濃度が $2.0\text{ mass}\%$ 以上 $7.0\text{ mass}\%$ 以下の範囲内、 Mn 濃度が $1.0\text{ mass}\%$ 以上 $1.5\text{ mass}\%$ 以下の範囲内、とされていることを特徴とする請求項1に記載のヒートシンク付き絶縁回路基板の製造方法。

[請求項3]

前記合金元素高濃度部形成工程は、前記絶縁層に前記金属層を形成する金属層形成工程と同時に実施することを特徴とする請求項1又は

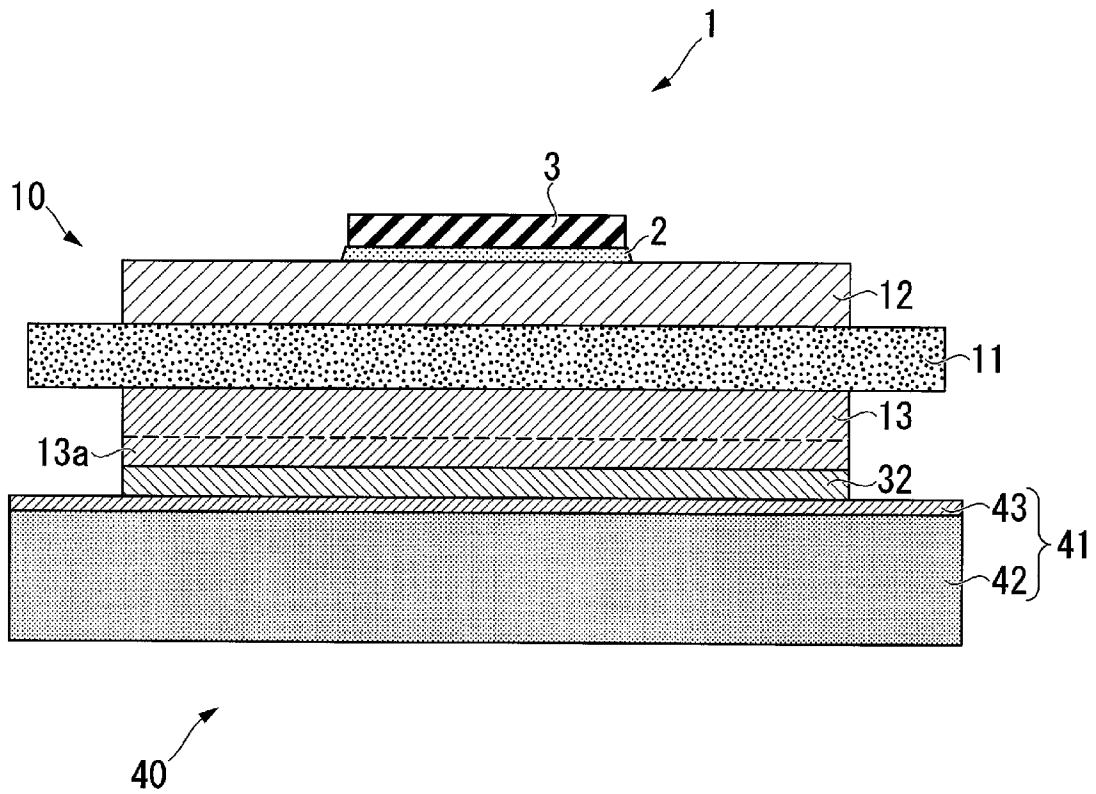
請求項2に記載のヒートシンク付き絶縁回路基板の製造方法。

[請求項4]

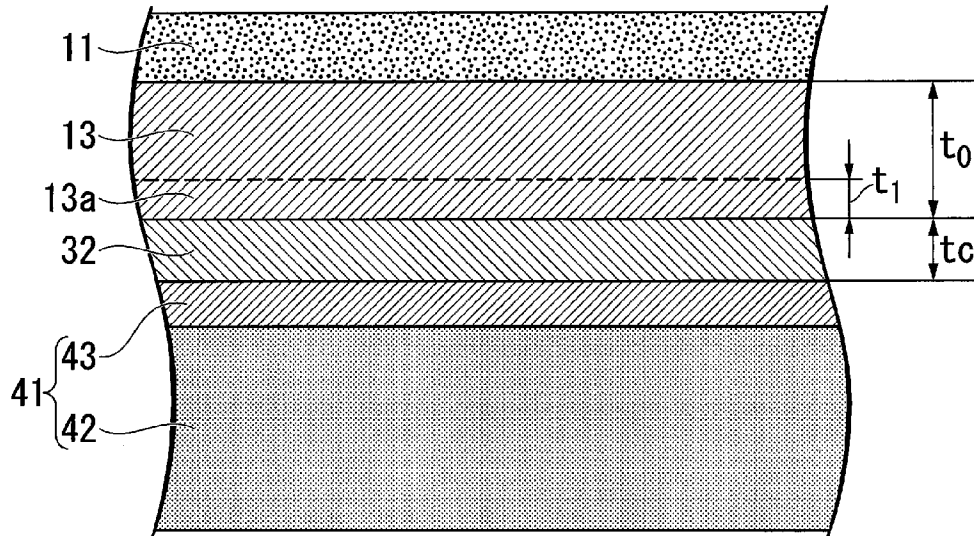
前記回路層は、前記絶縁層側に形成されたアルミニウム層と、このアルミニウム層に積層された銅層と、を備えており、このアルミニウム層のうち前記絶縁層とは反対側の領域に、前記アルミニウム層の厚さ中央部よりも合金元素濃度が高く、かつ、固相線温度が650℃以下とされた第2合金元素高濃度部が形成されており、

前記合金元素高濃度部形成工程において、前記合金元素高濃度部と前記第2合金元素高濃度部とを形成することを特徴とする請求項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き絶縁回路基板の製造方法。

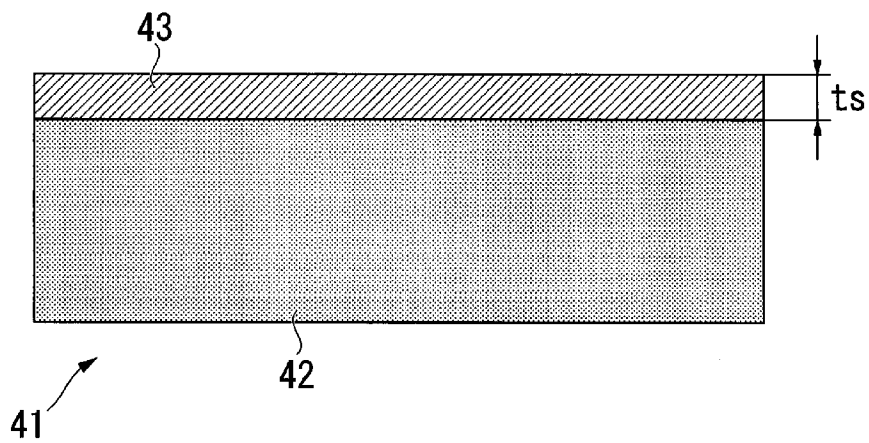
[図1]



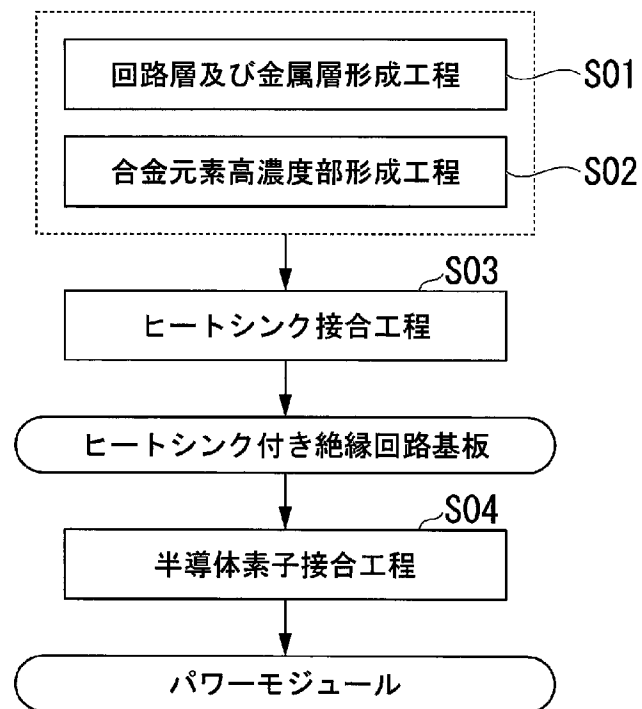
[図2]



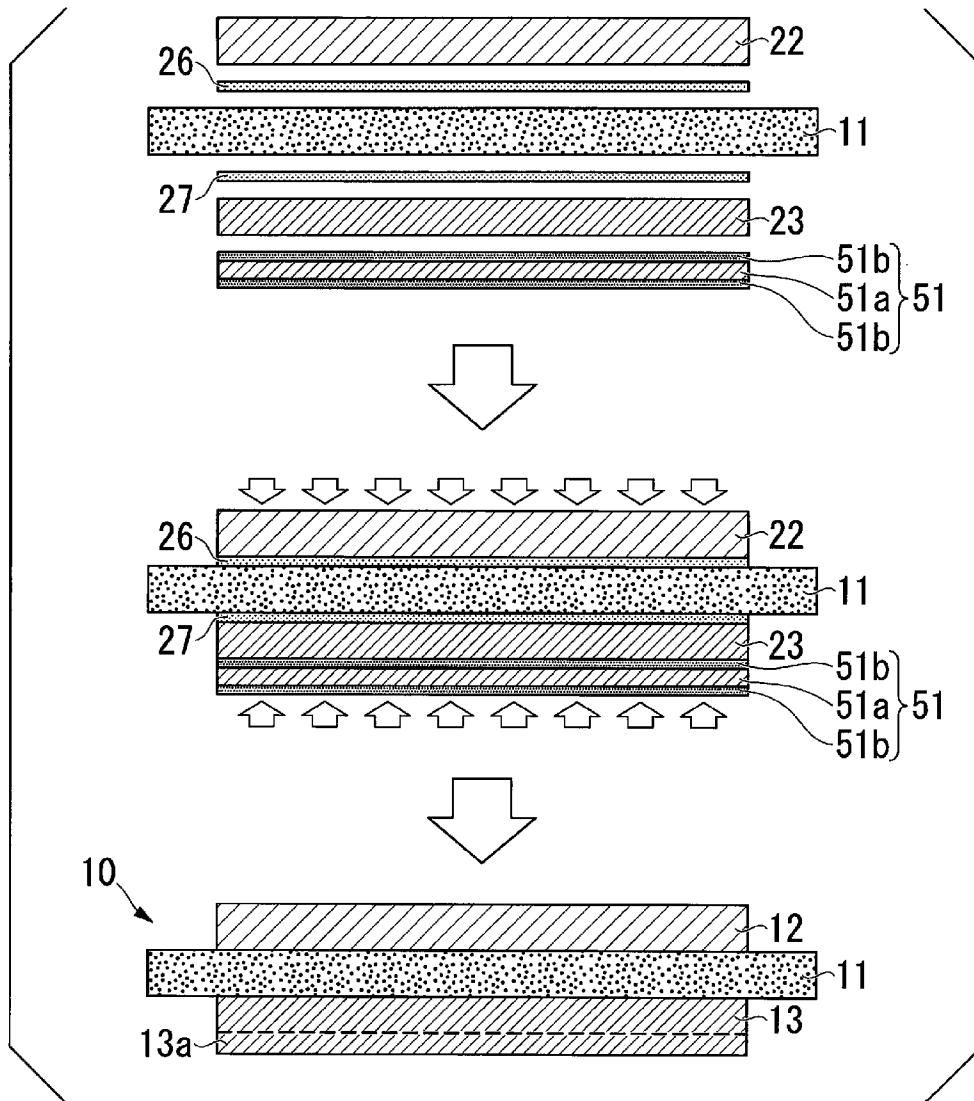
[図3]



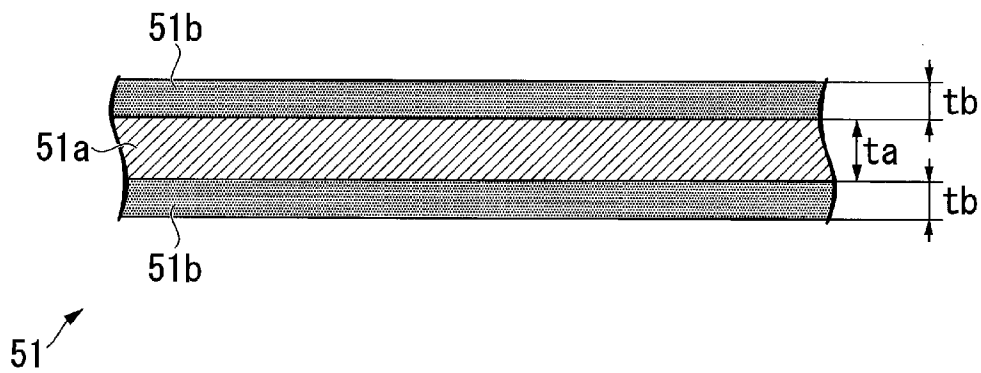
[図4]



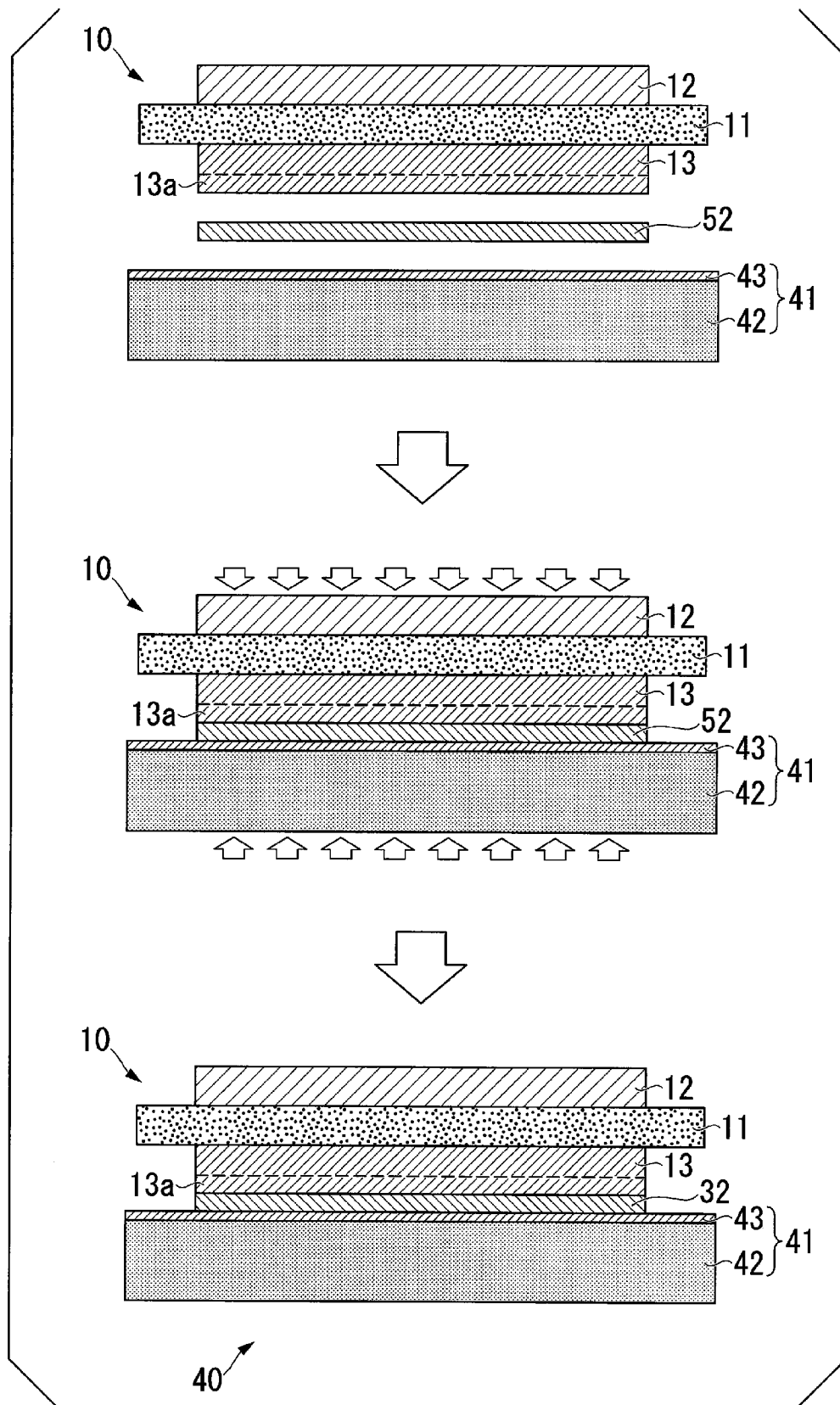
[図5]



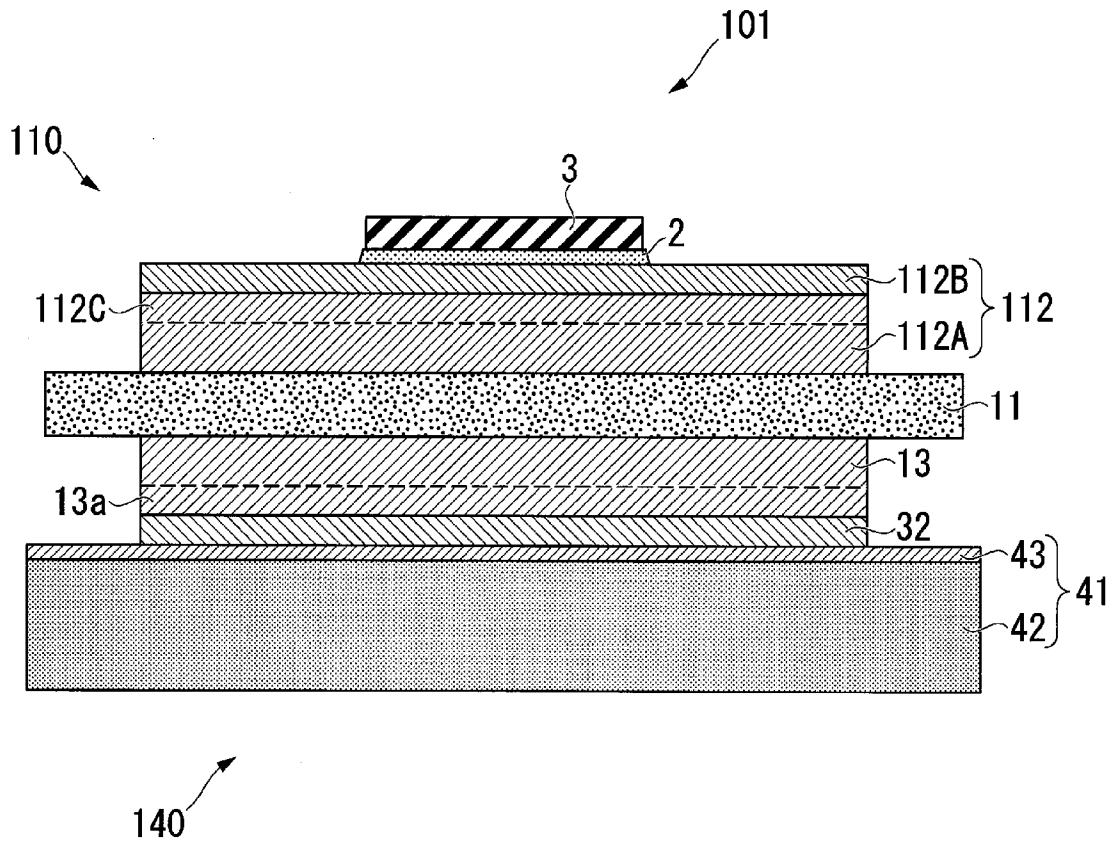
[図6]



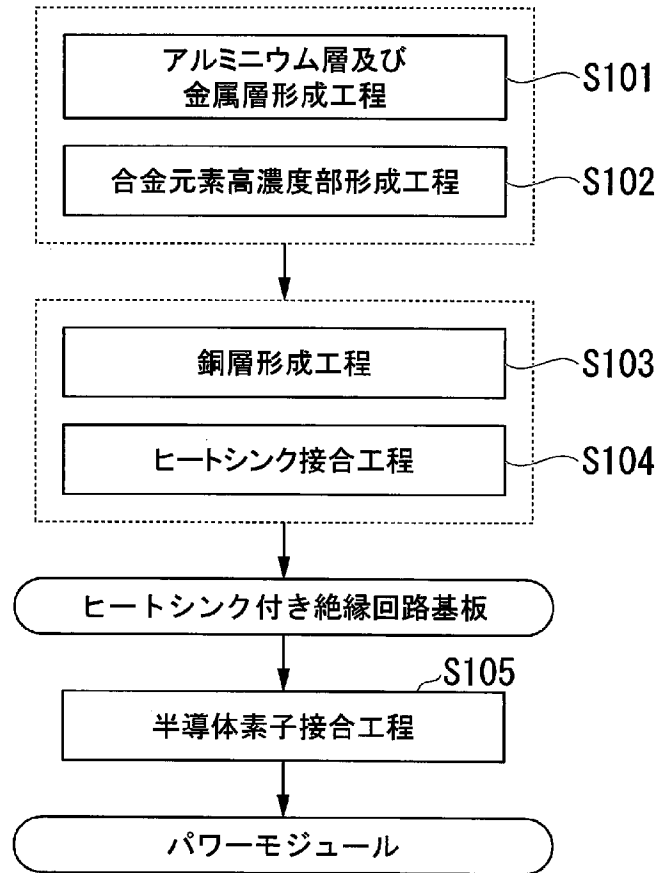
[図7]



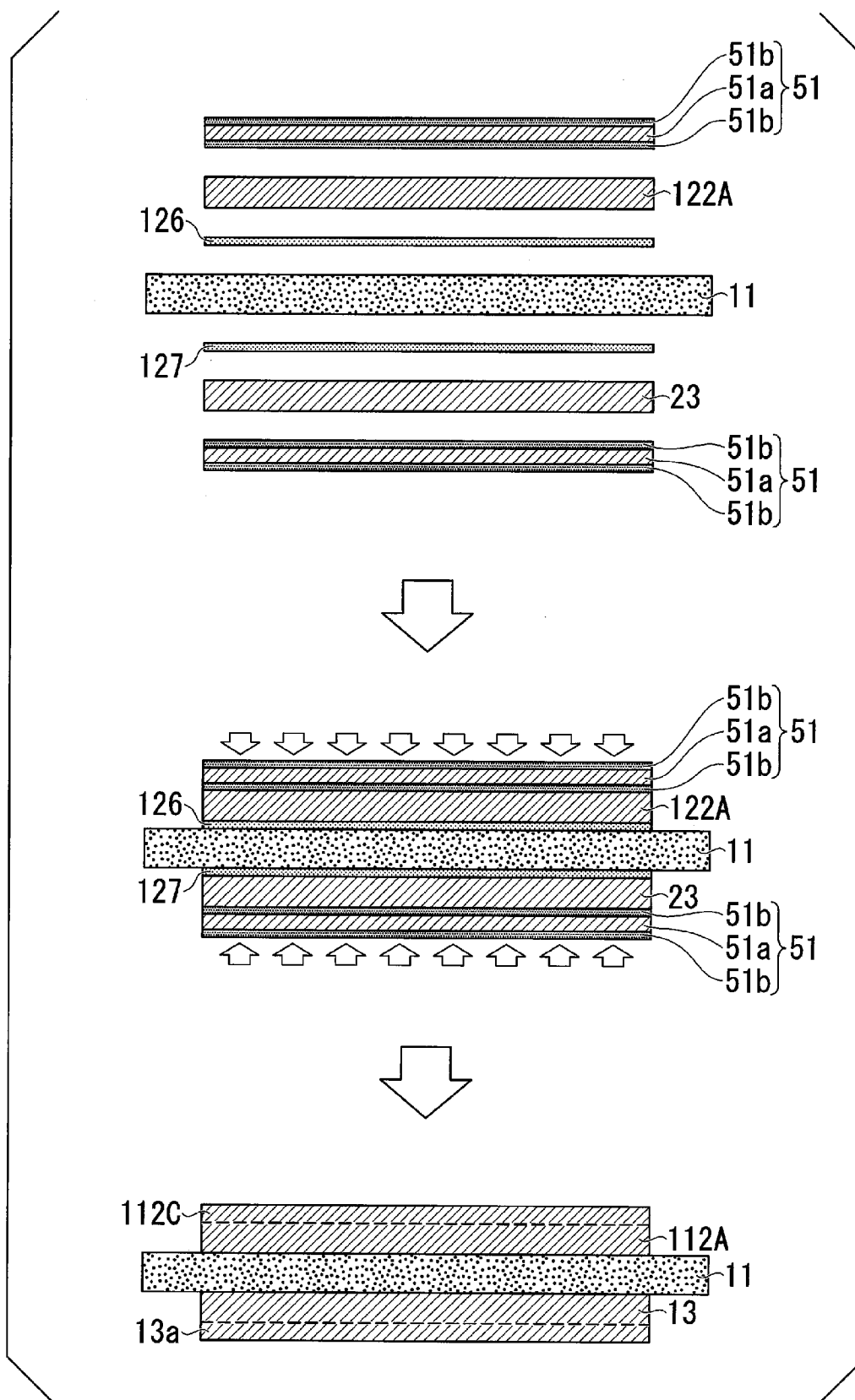
[図8]



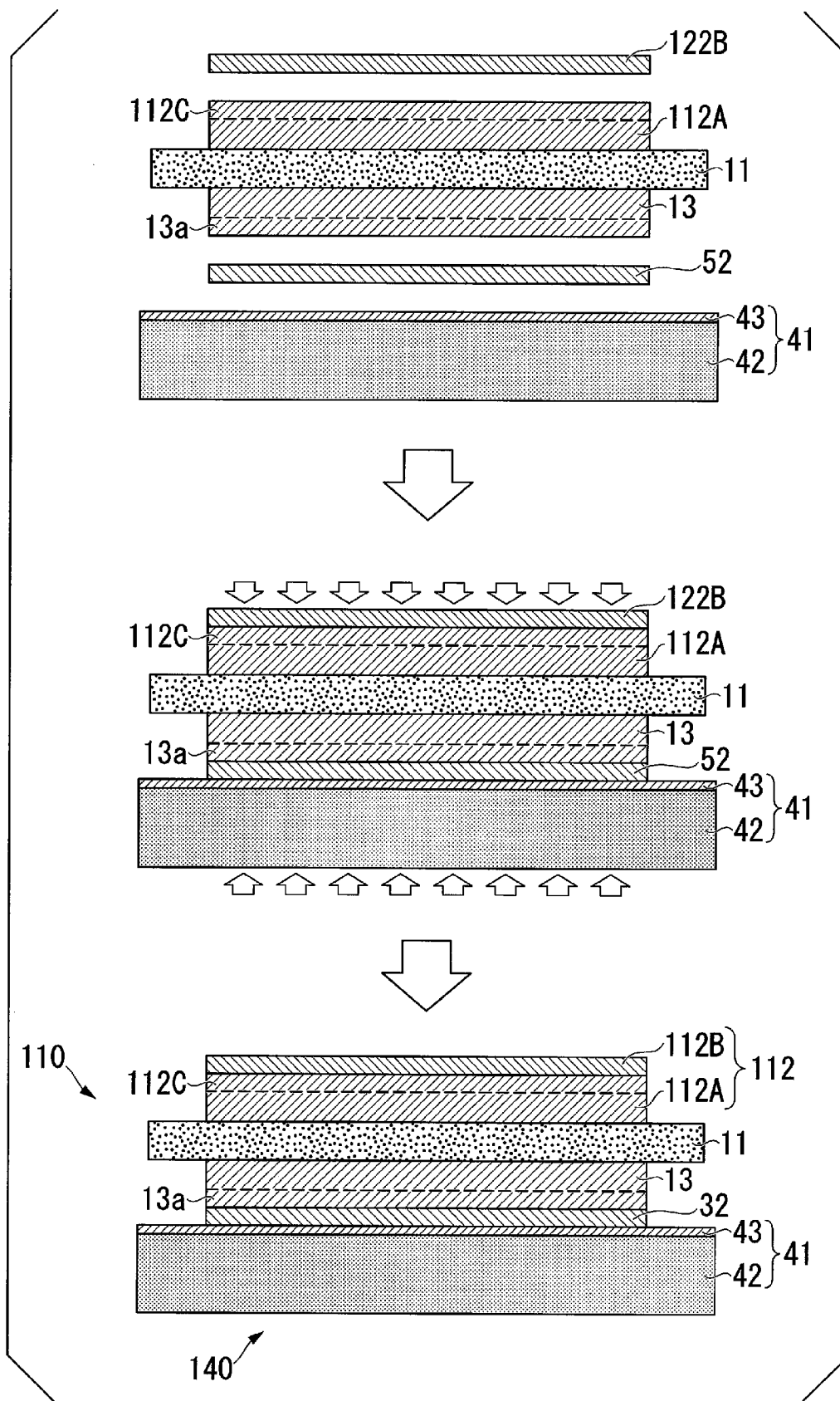
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/012703

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. H01L23/36 (2006.01) i, B23K20/00 (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)

Int.Cl. H01L23/36, B23K20/00, H01L23/12

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

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2019
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019

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 10-270596 A (MITSUBISHI MATERIALS CORP.) 09 October 1998, entire text, all drawings & US 6033787 A, entire text, all drawings	1-4
A	JP 2015-216370 A (MITSUBISHI MATERIALS CORP.) 03 December 2015, entire text, all drawings & US 2017/0053852 A1, entire text, all drawings & EP 3136433 A1 & TW 201611208 A & KR 10-2016-0122853 A	1-4
A	JP 2018-46265 A (MITSUBISHI MATERIALS CORP.) 22 March 2018, entire text, all drawings (Family: none)	1-4

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	“I” 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
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“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
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“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
“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)	“&” document member of the same patent family
“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	

Date of the actual completion of the international search 28 May 2019 (28.05.2019)	Date of mailing of the international search report 11 June 2019 (11.06.2019)
---	---

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

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））
 Int.Cl. H01L23/36(2006.01)i, B23K20/00(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（IPC））
 Int.Cl. H01L23/36, B23K20/00, H01L23/12

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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 10-270596 A（三菱マテリアル株式会社） 1998.10.09, 全文, 全図 & US 6033787 A, 全文, 全図	1-4
A	JP 2015-216370 A（三菱マテリアル株式会社） 2015.12.03, 全文, 全図 & US 2017/0053852 A1, 全文, 全図 & EP 3136433 A1 & TW 201611208 A & KR 10-2016-0122853 A	1-4

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー	の日の後に公表された文献
「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	「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
「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	「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
「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）	「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
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 28.05.2019	国際調査報告の発送日 11.06.2019
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 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） 河合 俊英 電話番号 03-3581-1101 内線 3516
	5 F 1215

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 2018-46265 A (三菱マテリアル株式会社) 2018.03.22, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-4