

(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
2016年10月20日(20.10.2016)



(10) 国際公開番号
WO 2016/167218 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 23/40 (2006.01) H01L 23/36 (2006.01)
B23K 20/00 (2006.01) H05K 7/20 (2006.01)
H01L 23/12 (2006.01) B23K 103/18 (2006.01)
H01L 23/13 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/061691
- (22) 国際出願日: 2016年4月11日(11.04.2016)
- (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 2015-084029 2015年4月16日(16.04.2015) JP
特願 2016-033201 2016年2月24日(24.02.2016) JP
- (71) 出願人: 三菱マテリアル株式会社 (MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008117 東京都千代田区大手町一丁目3番2号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 寺▲崎▼ 伸幸 (TERASAKI Nobuyuki); 〒3640022 埼玉県北本市下石戸上1975-2 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); 〒3640022 埼玉県北本市下石戸上1975-2

三菱マテリアル株式会社 中央研究所内 Saitama (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).

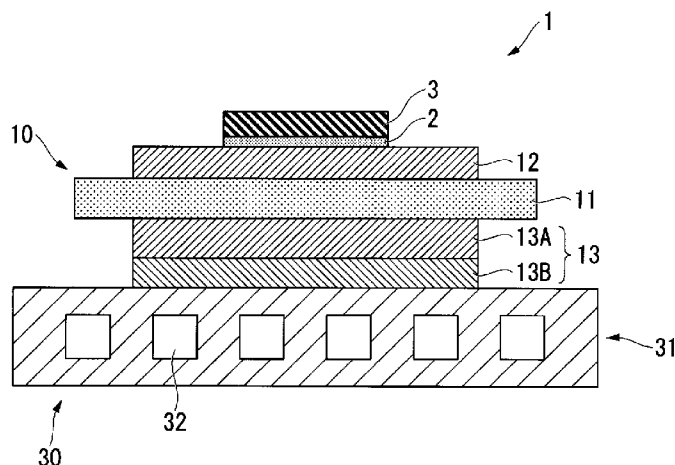
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロピア (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),

[続葉有]

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

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



(57) Abstract: This bonded body is formed by bonding a metal member comprising copper, nickel, or silver with an aluminum alloy member comprising an aluminum alloy of which the solidus temperature is less than the eutectic temperature of aluminum and the metal element that constitutes the metal member, wherein: the aluminum alloy member and metal member are bonded by solid-phase diffusion; a chill layer, in which an Si phase having a crystal grain aspect ratio of 2.5 or less and a crystal grain size of 15 μm or less is dispersed, is formed on the metal member bonding interface side of the aluminum alloy member; and the thickness of the chill layer is configured to be 50 μm or more.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2016/167218 A1



OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

本発明の接合体は、銅、ニッケル、又は銀からなる金属部材と、固相線温度が金属部材を構成する金属元素とアルミニウムとの共晶温度未満とされたアルミニウム合金からなるアルミニウム合金部材と、が接合されてなる接合体であって、アルミニウム合金部材と金属部材とが固相拡散接合されており、アルミニウム合金部材のうち金属部材との接合界面側には、結晶粒のアスペクト比が2.5以下で結晶粒径が15 μm 以下であるSi相が分散したチル層が形成されており、前記チル層の厚さが50 μm 以上とされている。

明 細 書

発明の名称：

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

技術分野

[0001] この発明は、銅、ニッケル、又は銀からなる金属部材と、固相線温度が前記金属部材を構成する金属元素とアルミニウムとの共晶温度未満とされたアルミニウム合金からなるアルミニウム合金部材とが接合されてなる接合体、パワーモジュール用基板とヒートシンクとを備えたヒートシンク付パワーモジュール用基板、ヒートシンク本体と金属部材層とを備えたヒートシンク、及び、接合体の製造方法、ヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法、ヒートシンクの製造方法に関する。

本願は、2015年4月16日に、日本に出願された特願2015-084029号、及びに2016年2月24日に、日本に出願された特願2016-033201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] LEDやパワーモジュール等の半導体装置においては、導電材料からなる回路層の上に半導体素子が接合された構造を備えている。

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においては、発熱量が多い。そのため、大電力制御用のパワー半導体素子を搭載する基板としては、例えばAIN（窒化アルミニウム）、 Al_2O_3 （アルミナ）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、を備えたパワーモジュール用基板が、従来から広く用いられている。なお、パワーモジュール用基板としては、セラミックス基板の他方の面に金属層を形成したのもも提供されている。

[0003] 例えば、特許文献 1 に示すパワーモジュールにおいては、セラミックス基板の一方の面及び他方の面に Al からなる回路層及び金属層が形成されたパワーモジュール用基板と、この回路層上にはんだ材を介して接合された半導体素子と、を備えた構造とされている。

パワーモジュール用基板の金属層側には、ヒートシンクが接合されており、半導体素子からパワーモジュール用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] ところで、特許文献 1 に記載されたパワーモジュールのように、回路層及び金属層を Al で構成した場合には、表面に Al の酸化皮膜が形成されるため、はんだ材によって半導体素子やヒートシンクを接合することができない。

そこで、従来、例えば特許文献 2 に開示されているように、回路層及び金属層の表面に無電解めっき等によって Ni めっき膜を形成した上で、半導体素子やヒートシンクをはんだ接合している。

また、特許文献 3 には、はんだ材の代替として、酸化銀粒子と有機物からなる還元剤とを含む酸化銀ペーストを用いて、回路層と半導体素子、金属層とヒートシンクを接合する技術が提案されている。

[0005] しかしながら、特許文献 2 に記載されたように、回路層及び金属層表面に Ni めっき膜を形成したパワーモジュール用基板においては、半導体素子及びヒートシンクを接合するまでの過程において Ni めっき膜の表面が酸化等によって劣化し、はんだ材を介して接合した半導体素子及びヒートシンクとの接合信頼性が低下するおそれがあった。ここで、ヒートシンクと金属層との接合が不十分であると、熱抵抗が上昇し、放熱特性が低下するおそれがあった。また、Ni めっき工程では、不要な領域に Ni めっきが形成されて電食等のトラブルが発生しないように、マスキング処理を行うことがある。このように、マスキング処理をした上でめっき処理をする場合、回路層表面及び金属層表面に Ni めっき膜を形成する工程に多大な労力が必要となり、パワーモジュールの製造コストが大幅に増加してしまうといった問題があった

- 。
- [0006] また、特許文献3に記載されたように、酸化銀ペーストを用いて回路層と半導体素子、金属層とヒートシンクを接合する場合には、A lと酸化銀ペーストの焼成体との接合性が悪いために、予め回路層表面及び金属層表面にA g下地層を形成する必要があった。A g下地層をめっきにより形成する場合には、N iめっきと同様に多大な労力が必要となるといった問題があった。
- [0007] そこで、特許文献4には、回路層及び金属層をA l層とC u層の積層構造としたパワーモジュール用基板が提案されている。このパワーモジュール用基板においては、回路層及び金属層の表面にはC u層が配置されるため、はんだ材を用いて半導体素子及びヒートシンクを良好に接合することができる。このため、積層方向の熱抵抗が小さくなり、半導体素子から発生した熱をヒートシンク側へと効率良く伝達することが可能となる。
- [0008] また、特許文献5には、金属層及びヒートシンク的一方がアルミニウム又はアルミニウム合金で構成され、他方が銅又は銅合金で構成されており、これら前記金属層と前記ヒートシンクとが固相拡散接合されたヒートシンク付パワーモジュール用基板が提案されている。このヒートシンク付パワーモジュール用基板においては、金属層とヒートシンクとが固相拡散接合されているので、熱抵抗が小さく、放熱特性に優れている。

先行技術文献

特許文献

- [0009] 特許文献1：特許第3 1 7 1 2 3 4号公報
特許文献2：特開2 0 0 4 - 1 7 2 3 7 8号公報
特許文献3：特開2 0 0 8 - 2 0 8 4 4 2号公報
特許文献4：特開2 0 1 4 - 1 6 0 7 9 9号公報
特許文献5：特開2 0 1 4 - 0 9 9 5 9 6号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0010] ところで、内部に冷却媒体の流路等が形成された複雑な構造のヒートシンクにおいては、比較的固相線温度が低いアルミニウム鋳物合金によって製造されることがある。

ここで、固相線温度の低いアルミニウム鋳物合金からなるアルミニウム合金部材と、銅又は銅合金からなる金属部材とを、特許文献5に記載されたように、固相拡散接合した場合には、接合界面近傍に相互拡散の不均衡によって生じるカーケンダルポイドが多数発生することが確認された。このようなカーケンダルポイドがパワーモジュール用基板とヒートシンクとの間に存在すると、熱抵抗が上昇し、放熱特性が低下してしまうといった問題があった。

[0011] 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、比較的固相線温度の低いアルミニウム合金からなるアルミニウム合金部材と、銅、ニッケル、又は銀からなる金属部材とが良好に接合され、積層方向の熱抵抗が低い接合体、この接合体を備えたヒートシンク付パワーモジュール用基板及びヒートシンク、及び、接合体の製造方法、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

[0012] 前述の課題を解決するために、本発明の一態様である接合体は、銅、ニッケル、又は銀からなる金属部材と、固相線温度が前記金属部材を構成する金属元素とアルミニウムとの共晶温度未満とされたアルミニウム合金からなるアルミニウム合金部材と、が接合されてなる接合体であって、前記アルミニウム合金部材と前記金属部材とが固相拡散接合されており、前記アルミニウム合金部材のうち前記金属部材との接合界面側には、結晶粒のアスペクト比が2.5以下で結晶粒径が $15\ \mu\text{m}$ 以下であるSi相が分散したチル層が形成されており、前記チル層の厚さが $50\ \mu\text{m}$ 以上とされていることを特徴としている。

なお、本発明において、金属部材は、銅又は銅合金、ニッケル又はニッケル合金、もしくは銀又は銀合金で構成されている。

- [0013] この構成の接合体によれば、前記アルミニウム合金部材のうち前記金属部材との接合界面側には、結晶粒のアスペクト比（長径／短径）が2.5以下で結晶粒径が15 μ m以下であるSi相が分散したチル層が形成されており、前記チル層の厚さが50 μ mとされているので、このチル層によって金属部材を構成する金属元素の拡散移動が妨げられて、カーケンダルボイドの発生が抑制されることになり、積層方向の熱抵抗を低くすることができる。
- [0014] 本発明の一態様であるヒートシンク付パワーモジュール用基板は、絶縁層と、この絶縁層の一方の面に形成された回路層と、前記絶縁層の他方の面に形成された金属層と、この金属層の前記絶縁層とは反対側の面に配置されたヒートシンクと、を備えたヒートシンク付パワーモジュール用基板であって、前記金属層のうち前記ヒートシンクとの接合面は、銅、ニッケル、又は銀で構成され、前記ヒートシンクのうち前記金属層との接合面は、固相線温度が前記金属層の前記接合面を構成する金属元素とアルミニウムとの共晶温度未満とされたアルミニウム合金で構成され、前記ヒートシンクと前記金属層とが固相拡散接合されており、前記ヒートシンクのうち前記金属層との接合界面側には、結晶粒のアスペクト比が2.5以下で結晶粒径が15 μ m以下であるSi相が分散したチル層が形成されており、前記チル層の厚さが50 μ m以上とされていることを特徴としている。
- [0015] 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、前記ヒートシンクのうち前記金属層との接合界面側に、結晶粒のアスペクト比（長径／短径）が2.5以下で結晶粒径が15 μ m以下であるSi相が分散したチル層が形成されており、前記チル層の厚さが50 μ m以上とされているので、このチル層によって金属層を構成する金属元素の拡散移動が妨げられて、カーケンダルボイドの発生が抑制されることになり、熱抵抗が低く、放熱特性に特に優れている。
- [0016] 本発明の一態様であるヒートシンクは、ヒートシンク本体と、前記金属部材層と、を備えたヒートシンクであって、前記金属部材層は、銅、ニッケル、又は銀からなり、前記ヒートシンク本体は、固相線温度が前記金属部材層

を構成する金属元素とアルミニウムとの共晶温度未満とされたアルミニウム合金で構成され、前記ヒートシンク本体のうち前記金属部材層との接合界面側には、結晶粒のアスペクト比が2.5以下で結晶粒径が15 μ m以下であるSi相が分散したチル層が形成されており、前記チル層の厚さが50 μ m以上とされていることを特徴としている。

[0017] この構成のヒートシンクによれば、前記ヒートシンク本体のうち前記金属部材層との接合界面側に、結晶粒のアスペクト比（長径／短径）が2.5以下で結晶粒径が15 μ m以下であるSi相が分散したチル層が形成されており、前記チル層の厚さが50 μ m以上とされているので、このチル層によって金属部材層を構成する金属元素の拡散移動が妨げられて、カーケンダルボイドの発生が抑制されることになり、熱抵抗が低く、放熱特性に特に優れている。

[0018] 本発明の一態様である接合体の製造方法は、銅、ニッケル、又は銀からなる金属部材と、固相線温度が前記金属部材を構成する金属元素とアルミニウムとの共晶温度未満とされたアルミニウム合金からなるアルミニウム合金部材と、が接合されてなる接合体の製造方法であって、接合前の前記アルミニウム合金部材において、前記金属部材との接合面側に、結晶粒のアスペクト比が2.5以下で結晶粒径が15 μ m以下であるSi相が分散したチル層を形成するとともに、このチル層の厚さを80 μ m以上とし、このアルミニウム合金部材と前記金属部材とを固相拡散接合することを特徴としている。

[0019] この構成の接合体の製造方法によれば、接合前の前記アルミニウム合金部材において、前記金属部材との接合面側に、結晶粒のアスペクト比が2.5以下で結晶粒径が15 μ m以下であるSi相が分散したチル層を形成するとともに、このチル層の厚さを80 μ m以上としているので、固相拡散接合時に、金属部材を構成する金属元素が必要以上に拡散移動することを抑制でき、カーケンダルボイドの発生を抑制することができる。

なお、金属部材を構成する金属元素によっては、固相拡散接合の際に、チル層の一部に金属部材を構成する金属元素が拡散して拡散接合層が形成され

ることから、接合後のチル層の厚さは接合前のチル層の厚さよりも薄くなる
ことがある。

[0020] ここで、本発明の一態様である接合体の製造方法においては、前記アルミニウム合金部材と前記金属部材とを積層し、積層方向に加圧しながら通電して加熱することにより、前記アルミニウム合金部材と前記金属部材とを固相拡散接合することが好ましい。

この場合、前記アルミニウム合金部材と前記金属部材とを積層方向に加圧しながら通電加熱しているので、昇温速度を速くすることができ、比較的短時間で固相拡散接合を行うことが可能となる。これにより、例えば大気中で接合した場合でも、接合面の酸化の影響が小さく、前記アルミニウム合金部材と前記金属部材とを良好に接合することができる。

[0021] 本発明の一態様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は、絶縁層と、この絶縁層の一方の面に形成された回路層と、前記絶縁層の他方の面に形成された金属層と、この金属層の前記絶縁層とは反対側の面に配置されたヒートシンクと、を備えた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、前記金属層のうち前記ヒートシンクとの接合面は、銅、ニッケル、又は銀で構成され、前記ヒートシンクのうち前記金属層との接合面は、固相線温度が前記金属層の前記接合面を構成する金属元素とアルミニウムとの共晶温度未満とされたアルミニウム合金で構成されており、接合前の前記ヒートシンクにおいて、前記金属層との接合面側に、結晶粒のアスペクト比が2.5以下で結晶粒径が15 μm 以下であるSi相が分散したチル層を形成するとともに、このチル層の厚さを80 μm 以上とし、このヒートシンクと前記金属層とを固相拡散接合することを特徴としている。

[0022] 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よれば、接合前の前記ヒートシンクにおいて、前記金属層との接合面側に、結晶粒のアスペクト比が2.5以下で結晶粒径が15 μm 以下であるSi相が分散したチル層を形成するとともに、このチル層の厚さを80 μm 以上としているので、固相拡散接合時に、金属層の接合面を構成する金属元素が必要以上に

拡散移動することを抑制でき、カーケンダルボイドの発生を抑制することができる。

よって、積層方向における熱抵抗が低く、放熱特性に優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可能となる。

[0023] ここで、本発明の一態様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においては、前記ヒートシンクと前記金属層とを積層し、積層方向に加圧しながら通電して加熱することにより、前記ヒートシンクと前記金属層とを固相拡散接合することが好ましい。

この場合、前記ヒートシンクと前記金属層とを積層方向に加圧しながら通電加熱しているため、昇温速度を速くすることができ、比較的短時間で固相拡散接合を行うことが可能となる。これにより、例えば大気中で接合した場合でも、接合面の酸化の影響が小さく、前記ヒートシンクと前記金属層とを良好に接合することができる。

[0024] 本発明の一態様であるヒートシンクの製造方法は、ヒートシンク本体と、前記金属部材層と、を備えたヒートシンクの製造方法であって、前記金属部材層は、銅、ニッケル、又は銀からなり、前記ヒートシンク本体は、固相線温度が前記金属部材層を構成する金属元素とアルミニウムとの共晶温度未満とされたアルミニウム合金で構成されており、接合前の前記ヒートシンク本体において、前記金属部材層との接合面側に、結晶粒のアスペクト比が2.5以下で結晶粒径が15 μm 以下であるSi相が分散したチル層を形成するとともに、このチル層の厚さを80 μm 以上とし、このヒートシンク本体と前記金属部材層とを固相拡散接合することを特徴としている。

[0025] この構成のヒートシンクの製造方法によれば、接合前の前記ヒートシンク本体において、前記金属部材層との接合面側に、結晶粒のアスペクト比が2.5以下で結晶粒径が15 μm 以下であるSi相が分散したチル層を形成するとともに、このチル層の厚さを80 μm 以上としているので、固相拡散接合時に、金属部材層を構成する金属元素が必要以上に拡散移動することを抑制でき、カーケンダルボイドの発生を抑制することができる。

よって、積層方向における熱抵抗が低く、放熱特性に優れたヒートシンクを製造することが可能となる。

[0026] ここで、本発明の一態様であるヒートシンクの製造方法においては、前記ヒートシンク本体と前記金属部材層とを積層し、積層方向に加圧しながら通電して加熱することにより、前記ヒートシンク本体と前記金属部材層とを固相拡散接合することが好ましい。

この場合、前記ヒートシンク本体と前記金属部材層とを積層方向に加圧しながら通電加熱しているため、昇温速度を速くすることができ、比較的短時間で固相拡散接合を行うことが可能となる。これにより、例えば大気中で接合した場合でも、接合面の酸化の影響が小さく、前記ヒートシンク本体と前記金属部材層とを良好に接合することができる。

発明の効果

[0027] 本発明によれば、比較的固相線温度の低いアルミニウム合金からなるアルミニウム合金部材と、銅、ニッケル、又は銀からなる金属部材とが良好に接合され、積層方向の熱抵抗が低い接合体、この接合体を備えたヒートシンク付パワーモジュール用基板及びヒートシンク、及び、接合体の製造方法、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

[0028] [図1]本発明の第一実施形態に係るヒートシンク付パワーモジュール用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パワーモジュール用基板のヒートシンクと金属層（Cu層）との接合界面の断面拡大説明図である。

[図3]第一実施形態に係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説明するフロー図である。

[図4]第一実施形態に係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概略説明図である。

[図5]図4に示す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

、接合前のヒートシンクの接合面部分の断面拡大説明図である。

[図6]本発明の第二実施形態に係るヒートシンクの概略説明図である。

[図7]図6に示すヒートシンクのヒートシンク本体と金属部材層との接合界面の断面拡大説明図である。

[図8]第二実施形態に係るヒートシンクの製造方法を説明するフロー図である。

[図9]第二実施形態に係るヒートシンクの製造方法の概略説明図である。

[図10]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備えたパワーモジュールの概略説明図である。

[図11]通電加熱法によって固相拡散接合を行う状況を示す概略説明図である。

[図12]実施例においてS i相の輪郭を抽出する手順を示す説明図である。

発明を実施するための形態

[0029] (第一実施形態)

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、本発明の第一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30を用いたパワーモジュール1を示す。

このパワーモジュール1は、ヒートシンク付パワーモジュール用基板30と、このヒートシンク付パワーモジュール用基板30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、を備えている。

ヒートシンク付パワーモジュール用基板30は、パワーモジュール用基板10と、パワーモジュール用基板10に接合されたヒートシンク31と、を備えている。

[0030] パワーモジュール用基板10は、絶縁層を構成す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の他方の面に配設された金属層13と、を備えている。

[0031] セラミックス基板 11 は、絶縁性および放熱性に優れた Si_3N_4 （窒化ケイ素）、 AlN （窒化アルミニウム）、 Al_2O_3 （アルミナ）等のセラミックスで構成されている。本実施形態では、セラミックス部材 11 は、特に放熱性の優れた AlN （窒化アルミニウム）で構成されている。また、セラミックス基板 11 の厚さは、例えば、0.2 mm～1.5 mm の範囲内に設定されており、本実施形態では、0.635 mm に設定されている。

[0032] 回路層 12 は、図 4 に示すように、セラミックス基板 11 の一方の面に、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り形成されている。本実施形態においては、回路層 12 は、純度が 99 質量%以上のアルミニウム（2N アルミニウム）の圧延板（アルミニウム板 22）がセラミックス基板 11 に接合されることで形成されている。なお、回路層 12 となるアルミニウム板 22 の厚さは 0.1 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、0.6 mm に設定されている。

[0033] 金属層 13 は、図 1 に示すように、セラミックス基板 11 の他方の面に配設された Al 層 13A と、この Al 層 13A のうちセラミックス基板 11 が接合された面と反対側の面に積層された Cu 層 13B と、を有している。

Al 層 13A は、図 4 に示すように、セラミックス基板 11 の他方の面に、アルミニウム又はアルミニウム合金からなるアルミニウム板 23A 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、 Al 層 13A は、純度が 99 質量%以上のアルミニウム（2N アルミニウム）の圧延板（アルミニウム板 23A）がセラミックス基板 11 に接合されることで形成されている。接合されるアルミニウム板 23A の厚さは 0.1 mm 以上 3.0 mm 以下の範囲内に設定されており、本実施形態では、0.6 mm に設定されている。

Cu 層 13B は、図 4 に示すように、 Al 層 13A の他方の面に、銅又は銅合金からなる銅板 23B 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、 Cu 層 13B は、無酸素銅の圧延板（銅板 23B）が接合

されることで形成されている。銅層13Bの厚さは0.1mm以上6mm以下の範囲内に設定されており、本実施形態では、1mmに設定されている。

[0034] ヒートシンク31は、パワーモジュール用基板10側の熱を放散するためのものであり、本実施形態では、図1に示すように、冷却媒体が流通する流路32が設けられている。このヒートシンク31は、固相線温度が金属層13の接合面(Cu層13B)を構成するCuとAlとの共晶温度(548℃)未満とされたアルミニウム合金の鋳造材で構成されている。具体的には、JIS H 2118:2006で規定されたSiを含有するダイカスト用アルミニウム合金であるADC12(固相線温度515℃)の鋳造材で構成されている。なお、このADC12は、Cuを1.5質量%~3.5質量%の範囲内、Siを9.6質量%~12.0質量%の範囲内で含むアルミニウム合金である。上記アルミニウム合金の鋳造材におけるSi含有量は、1質量%~25質量%であることが好ましいが、これに限定されることはない。

[0035] このヒートシンク31の金属層13(Cu層13B)との接合界面側には、図2に示すように、結晶粒のアスペクト比(長径/短径)が2.5以下で結晶粒径が15 μ m以下であるSi相が分散したチル層35が形成されている。上記Si相の結晶粒のアスペクト比(長径/短径)は、好ましくは1.0以上2.0以下、より好ましくは1.0以上1.5であり、結晶粒径は、好ましくは0.5 μ m以上10 μ m以下、より好ましくは1 μ m以上7 μ m以下であるが、これに限定されることはない。

このチル層35は、ヒートシンク31を構成する鋳造材を形成する際に、鋳造材の表層部分(鋳型近傍部分)に形成されるものであり、鋳造材の内部と比較して、結晶粒径が微細で、アスペクト比が小さくされている。

そして、ヒートシンク付パワーモジュール用基板30のチル層35の厚さ(接合後のチル層の厚さ)は、50 μ m以上とされている。チル層35の厚さは、好ましくは100 μ m以上であり、より好ましくは200 μ m以上であるが、これに限定されることはない。

[0036] ここで、ヒートシンク31と金属層13(Cu層13B)とは、固相拡散

接合されている。

金属層13 (Cu層13B) とヒートシンク31との接合界面には、図2に示すように、金属間化合物層38が形成されている。すなわち、ヒートシンク31のチル層35の上に金属間化合物層38が積層されている。

この金属間化合物層38は、ヒートシンク31のAl原子と、Cu層13BのCu原子とが相互拡散することによって形成される。この金属間化合物層38においては、ヒートシンク31からCu層13Bに向かうにしたがい、漸次Al原子の濃度が低くなり、かつCu原子の濃度が高くなる濃度勾配を有している。

[0037] この金属間化合物層38は、CuとAlからなる金属間化合物で構成されており、本実施形態では、複数の金属間化合物が接合界面に沿って積層した構造とされている。ここで、金属間化合物層38の厚さは、1 μm 以上80 μm 以下の範囲内、好ましくは、5 μm 以上80 μm 以下の範囲内に設定されている。

なお、この金属間化合物層38は、Cu層13BのCuがヒートシンク31 (チル層35) 側に拡散することで形成されており、金属間化合物層38の中には、ヒートシンク31に含まれるSi粒子が分散している。

[0038] 本実施形態では、金属間化合物層38は、3種の金属間化合物が積層された構造とされており、ヒートシンク31側からCu層13B側に向けて順に、ヒートシンク31とCu層13Bとの接合界面に沿って、 θ 相、 η_2 相が積層し、さらに ζ_2 相、 δ 相、及び γ_2 相のうち少なくとも一つの相が積層して構成されている。

[0039] また、この金属間化合物層とCu層13Bとの接合界面には、酸化物が接合界面に沿って層状に分散している。なお、本実施形態においては、この酸化物は、アルミナ (Al_2O_3) 等のアルミニウム酸化物とされている。なお、酸化物は、金属間化合物層とCu層13Bとの界面に分断された状態で分散しており、金属間化合物層とCu層13Bとが直接接触している領域も存在している。また、酸化物が θ 相、 η_2 相もしくは、 ζ_2 相、 δ 相、及び γ_2 相

のうち少なくとも一つの相の内部に層状に分散している場合もある。

[0040] 次に、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30の製造方法について、図3から図5を参照して説明する。

[0041] (アルミニウム板積層工程S01)

まず、図4に示すように、セラミックス基板11の一方の面に、回路層12となるアルミニウム板22を、Al-Si系のろう材箔26を介して積層する。

また、セラミックス基板11の他方の面に、Al層13Aとなるアルミニウム板23Aを、Al-Si系のろう材箔26を介して積層する。なお、本実施形態では、Al-Si系のろう材箔26として、厚さ10 μ mのAl-8質量%Si合金箔を用いた。

[0042] (回路層及びAl層形成工程S02)

そして、積層方向に加圧(圧力1~35kgf/cm²(0.10~3.43MPa))した状態で真空加熱炉内に配置し加熱して、アルミニウム板22とセラミックス基板11を接合して回路層12を形成する。また、セラミックス基板11とアルミニウム板23Aを接合してAl層13Aを形成する。

ここで、真空加熱炉内の圧力は10⁻⁶Pa以上10⁻³Pa以下の範囲内に、加熱温度は600℃以上650℃以下、保持時間は30分以上180分以下の範囲内に設定されることが好ましい。

[0043] (Cu層(金属層)形成工程S03)

次に、Al層13Aの他方の面側に、Cu層13Bとなる銅板23Bを積層する。

そして、積層方向に加圧(圧力3~35kgf/cm²(0.29~3.43MPa))した状態で真空加熱炉内に配置し加熱して、Al層13Aと銅板23Bとを固相拡散接合し、金属層13を形成する。

ここで、真空加熱炉内の圧力は10⁻⁶Pa以上10⁻³Pa以下の範囲内に、加熱温度は400℃以上548℃以下、保持時間は5分以上240分以下

の範囲内に設定されることが好ましい。

なお、A 1 層 1 3 A、銅板 2 3 B のうち固相拡散接合されるそれぞれの接合面は、予め当該面の傷が除去されて平滑にされている。

[0044] (ヒートシンク準備工程 S 0 4)

次に、接合するヒートシンク 3 1 を準備する。このとき、図 5 に示すように、ヒートシンク 3 1 のうち金属層 1 3 (C u 層 1 3 B) と接合される接合面側に、結晶粒のアスペクト比が 2. 5 以下で結晶粒径が $15 \mu\text{m}$ 以下とされたチル層 3 5 A を形成するとともに、このチル層 3 5 A の厚さを $80 \mu\text{m}$ 以上とする。チル層 3 5 A の厚さは、好ましくは $100 \mu\text{m}$ 以上、より好ましくは $200 \mu\text{m}$ 以上であるが、これに限定されることはない。

ここで、ヒートシンク 3 1 を鋳造する際にヒートシンク 3 1 の少なくとも接合面近傍の冷却速度を調整することで上述のチル層 3 5 A の厚さを制御することができる。この場合、例えば、鋳造する際の金型の温度を 230°C 以下、望ましくは、 210°C 以下とするとよい。鋳造する際の金型の温度は、 140°C 以上、望ましくは、 160°C 以上としてもよい。

また、ヒートシンクを鋳造する際の条件として、例えば、圧入圧力 $400 \text{kg}/\text{cm}^2 \sim 600 \text{kg}/\text{cm}^2$ 、溶湯温度 $650^\circ\text{C} \sim 750^\circ\text{C}$ 、湯口速度 $30 \text{m}/\text{s} \sim 60 \text{m}/\text{s}$ 、スリーブ充填率 $40\% \sim 60\%$ とすることができる。雰囲気としては、窒素やアルゴン等の不活性雰囲気、酸素雰囲気、真空雰囲気等とすることができる。

また、鋳造後に表面の研削量を調整することで、チル層 3 5 A の厚さを制御することもできる。

[0045] (金属層/ヒートシンク接合工程 S 0 5)

次に、金属層 1 3 (C u 層 1 3 B) とヒートシンク 3 1 とを積層し、積層方向に加圧 (圧力 $5 \sim 35 \text{kgf}/\text{cm}^2$ ($0.49 \sim 3.43 \text{MPa}$)) した状態で真空加熱炉内に配置し加熱して、金属層 1 3 (C u 層 1 3 B) とヒートシンク 3 1 を固相拡散接合する。なお、金属層 1 3 (C u 層 1 3 B) 及びヒートシンク 3 1 のうち固相拡散接合されるそれぞれの接合面は、予め当

該面の傷が除去されて平滑にされている。加圧の際の圧力は、より好ましくは $8 \sim 20 \text{ kgf/cm}^2$ ($0.78 \sim 1.96 \text{ MPa}$)であるが、これに限定されることはない。

ここで、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 400°C 以上 520°C 以下、保持時間は 0.25 時間以上 3 時間以下の範囲内に設定されることが好ましい。真空加熱炉内の圧力は、 10^{-5} Pa 以上 10^{-4} Pa 以下の範囲内に、加熱温度は 480°C 以上 510°C 以下、保持時間は 0.5 時間以上 2 時間以下の範囲内に設定されることがより好ましいが、これに限定されることはない。

この金属層／ヒートシンク接合工程 $S05$ において、 Cu 層 $13B$ 中の Cu 原子がヒートシンク 31 のチル層 $35A$ 側に拡散していき、図 2 に示すように、金属間化合物層 38 及びチル層 35 が形成される。

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 30 が製造される。

[0046] (半導体素子接合工程 $S06$)

次いで、回路層 12 の一方の面(表面(図 1 において上側))に、はんだ材 2 を介して半導体素子 3 を積層し、還元炉内においてはんだ接合する。

上記のようにして、本実施形態であるパワーモジュール 1 が製造される。

[0047] 以上のような構成とされた本実施形態に係るヒートシンク付パワーモジュール用基板 30 によれば、ヒートシンク 31 が、固相線温度が金属層 13 の接合面(Cu 層 $13B$)を構成する Cu と Al との共晶温度(548°C)未満とされたアルミニウム合金で構成されており、具体的には、 JIS H 2118:2006 で規定されたダイカスト用アルミニウム合金である ADC12 (固相線温度 515°C)の鋳造材で構成されているので、流路 32 を有する複雑な構造のヒートシンク 31 を構成することができ、放熱性能を向上させることが可能となる。

[0048] そして、本実施形態では、ヒートシンク 31 のうち金属層 13 (Cu 層 $13B$)との接合界面側に、結晶粒のアスペクト比(長径／短径)が 2.5 以

下で結晶粒径が $15\ \mu\text{m}$ 以下であるSi相が分散したチル層35が形成されており、このチル層35の厚さが $50\ \mu\text{m}$ 以上とされているので、このチル層35によって金属層13（Cu層13B）のCu原子の拡散移動が妨げられることになり、カーケンダルボイドの発生を抑制することができる。よって、このヒートシンク付パワーモジュール用基板30を高温に保持した場合であっても、積層方向における熱抵抗が上昇せず、放熱特性の劣化を抑制することが可能となる。

[0049] さらに、本実施形態では、金属層13（Cu層13B）とヒートシンク31との接合界面に、CuとAlの金属間化合物層からなる金属間化合物層38が形成されている。この金属間化合物層38は、複数の金属間化合物が接合界面に沿って積層した構造とされているので、脆い金属間化合物が大きく成長してしまうことを抑制できる。また、金属間化合物層38内部における体積変動が小さくなり、内部歪みが抑えられる。

また、本実施形態では、Cu層13Bと金属間化合物層38との接合界面においては、酸化物がこれらの接合界面に沿ってそれぞれ層状に分散しているので、ヒートシンク31の接合面に形成された酸化膜が確実に破壊され、CuとAlの相互拡散が十分に進行していることになり、Cu層13Bとヒートシンク31とが確実に接合される。

[0050] また、本実施形態のヒートシンク付パワーモジュール用基板30の製造方法によれば、ヒートシンク準備工程S04において、接合前のヒートシンク31として、ヒートシンク31のうち金属層13（Cu層13B）と接合される接合面側に、結晶粒のアスペクト比が2.5以下で結晶粒径が $15\ \mu\text{m}$ 以下であるSi相が分散したチル層35Aを形成するとともに、このチル層35Aの厚さを $80\ \mu\text{m}$ 以上とした構成のものを準備しているため、金属層／ヒートシンク接合工程S05において、ヒートシンク31と金属層13（Cu層13B）を固相拡散接合した際に、Cu層13BのCu原子が必要以上に拡散移動することを抑制でき、カーケンダルボイドの発生を抑制することができる。

よって、積層方向における熱抵抗が低く、放熱特性に優れたヒートシンク付パワーモジュール用基板30を製造することが可能となる。

[0051] さらに、固相拡散接合する際に、接合面に傷がある場合には接合界面に隙間が生じるおそれがあるが、本実施形態では、Cu層13B（銅板23B）、ヒートシンク31の接合される面は、予め当該面の傷が除去されて平滑にされた後に固相拡散接合されているので、接合界面に隙間が生じることを抑制することができ、確実に固相拡散接合することができる。

なお、通常、鋳造材からなるヒートシンク31を表面研削する際には、表層に薄く形成されたチル層を除去することになるが、本実施形態では、鋳造時にチル層を厚く形成し、表面研削においてチル層を残存させている。

[0052] 本実施形態において、チル層の厚さの上限は特に制限されないが、鋳造材からなるヒートシンク31を用いる場合、5000 μ m以下とすることが好ましい。鋳造によりヒートシンク31を製造する場合、チル層の厚さが5000 μ mを超えるように製造することは困難である。

また、ヒートシンク31が薄い場合には、ヒートシンク31全体がチル層となる場合もある。この場合であっても、本実施形態と同様の作用効果を奏することが可能である。

[0053] （第二実施形態）

次に、本発明の第二実施形態であるヒートシンクについて説明する。図6に、本発明の第二実施形態に係るヒートシンク101を示す。

このヒートシンク101は、ヒートシンク本体110と、ヒートシンク本体110の一方の面（図6において上側）に積層された銅、ニッケル又は銀からなる金属部材層117と、を備えている。本実施形態では、金属部材層117は、図9に示すように、無酸素銅の圧延板からなる金属板127を接合することによって構成されている。

[0054] ヒートシンク本体110は、冷却媒体が流通する流路111が設けられている。このヒートシンク本体110は、固相線温度が金属部材層117を構成する金属元素（本実施形態ではCu）とAlとの共晶温度（548 $^{\circ}$ C）未

満とされたアルミニウム合金で構成されており、具体的には、JIS H 2118:2006で規定されたSiを含有するダイカスト用アルミニウム合金であるADC14（固相線温度507℃）の鋳造材で構成されている。なお、このADC14は、Siを16質量%~18質量%、Mgを0.45質量%~0.65質量%の範囲内で含むアルミニウム合金である。アルミニウム合金におけるSi含有量は、好ましくは1質量%~25質量%であるが、これに限定されることはない。

[0055] そして、このヒートシンク本体110の金属部材層117との接合界面側には、図7に示すように、結晶粒のアスペクト比（長径/短径）が2.5以下で結晶粒径が15 μ m以下であるSi相が分散したチル層135が形成されている。上記Si相の結晶粒のアスペクト比（長径/短径）は、好ましくは1.0以上2.0以下、より好ましくは1.0以上1.5であり、結晶粒径は、好ましくは0.5 μ m以上10 μ m以下、より好ましくは1 μ m以上7 μ m以下であるが、これに限定されることはない。

このチル層135は、ヒートシンク本体110を構成する鋳造材を形成する際に、鋳造材の表層部分（鋳型近傍部分）に形成されるものであり、鋳造材の内部と比較して、結晶粒径が微細で、アスペクト比が小さくされている。

このチル層135の厚さは、50 μ m以上とされている。チル層135の厚さは、好ましくは100 μ m以上であり、より好ましくは200 μ m以上であるが、これに限定されることはない。

[0056] ここで、ヒートシンク本体110と金属部材層117は、固相拡散接合されている。

ヒートシンク本体110と金属部材層117との接合界面には、図7に示すように、金属間化合物層138が形成されている。この金属間化合物層138は、ヒートシンク本体110のAl原子と、金属部材層117のCu原子とが相互拡散することによって形成されている。この金属間化合物層138においては、ヒートシンク本体110から金属部材層117に向かうにし

たがい、漸次Al原子の濃度が低くなり、かつCu原子の濃度が高くなる濃度勾配を有している。

[0057] この金属間化合物層138は、CuとAlからなる金属間化合物で構成されており、本実施形態では、複数の金属間化合物が接合界面に沿って積層した構造とされている。ここで、金属間化合物層138の厚さは、1 μ m以上80 μ m以下の範囲内、好ましくは、5 μ m以上80 μ m以下の範囲内に設定されている。

なお、この金属間化合物層138は、金属部材層117のCuがヒートシンク本体110（チル層135）側に拡散することで形成されており、金属間化合物層138の中には、ヒートシンク本体110に含まれるMg粒子が分散している場合もある。

[0058] 本実施形態では、金属間化合物層138は、3種の金属間化合物が積層された構造とされており、ヒートシンク本体110側から金属部材層117側に向けて順に、ヒートシンク本体110と金属部材層117との接合界面に沿って、 θ 相、 η_2 相が積層し、さらに ζ_2 相、 δ 相、及び γ_2 相のうち少なくとも一つの相が積層して構成されている

また、この金属間化合物層138と金属部材層117との接合界面には、酸化物が接合界面に沿って層状に分散している。なお、本実施形態においては、この酸化物は、アルミナ（ Al_2O_3 ）等のアルミニウム酸化物とされている。なお、酸化物は、金属間化合物層138と金属部材層117との界面に分断された状態で分散しており、金属間化合物層138と金属部材層117とが直接接触している領域も存在している。また、酸化物が、 θ 相、 η_2 相もしくは、 ζ_2 相、 δ 相、及び γ_2 相のうち少なくとも一つの相の内部に層状に分散している場合もある。

[0059] 次に、本実施形態であるヒートシンク101の製造方法について、図8及び図9を参照して説明する。

[0060] （ヒートシンク本体準備工程S101）

まず、接合するヒートシンク本体110を準備する。このとき、ヒートシ

ンク本体 110 のうち金属部材層 117 と接合される接合面側に、第一実施形態で説明したヒートシンク 31（図 5 参照）と同様に、結晶粒のアスペクト比が 2.5 以下で結晶粒径が $15\ \mu\text{m}$ 以下である Si 相が分散したチル層を形成するとともに、このチル層の厚さを $80\ \mu\text{m}$ 以上とする。このチル層の厚さは、好ましくは $100\ \mu\text{m}$ 以上、より好ましくは $200\ \mu\text{m}$ 以上であるが、これに限定されることはない。

ここで、ヒートシンク本体 110 を鋳造する際にヒートシンク本体 110 の少なくとも接合面近傍の冷却速度を調整することで上述のチル層の厚さを制御することができる。この場合、例えば、鋳造する際の金型の温度を 230°C 以下、望ましくは、 210°C 以下とするとよい。鋳造する際の金型の温度は、 140°C 以上、望ましくは、 160°C 以上としてもよい。また、ヒートシンクを鋳造する際の条件として、例えば、圧入圧力 $400\ \text{kg}/\text{cm}^2 \sim 600\ \text{kg}/\text{cm}^2$ 、溶湯温度 $650^\circ\text{C} \sim 750^\circ\text{C}$ 、湯口速度 $30\ \text{m}/\text{s} \sim 60\ \text{m}/\text{s}$ 、スリーブ充填率 $40\% \sim 60\%$ とすることができる。雰囲気としては、窒素やアルゴン等の不活性雰囲気、酸素雰囲気、真空雰囲気等とすることができる。

また、鋳造後に表面の研削量を調整することで、チル層の厚さを制御することもできる。

[0061]（ヒートシンク本体／金属部材層接合工程 S102）

次に、図 9 に示すように、ヒートシンク本体 110 と金属部材層 117 となる金属板 127 とを積層し、積層方向に加圧（圧力 $1 \sim 35\ \text{kgf}/\text{cm}^2$ （ $0.10 \sim 3.43\ \text{MPa}$ ））した状態で真空加熱炉内に配置し加熱することにより、金属板 127 とヒートシンク本体 110 とを固相拡散接合する。なお、金属板 127、ヒートシンク本体 110 のうち固相拡散接合されるそれぞれの接合面は、予め当該面の傷が除去されて平滑にされている。加圧の際の圧力は、より好ましくは $8 \sim 20\ \text{kgf}/\text{cm}^2$ （ $0.78 \sim 1.96\ \text{MPa}$ ）であるが、これに限定されることはない。

ここで、真空加熱炉内の圧力は $10^{-6}\ \text{Pa}$ 以上 $10^{-3}\ \text{Pa}$ 以下の範囲内に

、加熱温度は400℃以上520℃以下、保持時間は0.25時間以上3時間以下の範囲内に設定されることが好ましい。真空加熱炉内の圧力は、 10^{-5} Pa以上 10^{-4} Pa以下の範囲内に、加熱温度は480℃以上510℃以下、保持時間は0.5時間以上2時間以下の範囲内に設定されることがより好ましいが、これに限定されることはない。

このヒートシンク本体／金属部材層接合工程S102において、金属板127中のCu原子がヒートシンク本体110のチル層側に拡散していき、図7に示すように、金属間化合物層138とチル層135とが形成される。

このようにして、本実施形態であるヒートシンク101が製造される。

[0062] 以上のような構成とされた本実施形態に係るヒートシンク101によれば、ヒートシンク本体110の一方の面側に、無酸素銅の圧延板からなる金属板127を接合することによって金属部材層117が形成されているので、熱を金属部材層117によって面方向に広げることができ、放熱特性を大幅に向上させることができる。また、はんだ等を用いて他の部材とヒートシンク101とを良好に接合することができる。

[0063] また、ヒートシンク本体110が、固相線温度が金属部材層117を構成する金属元素(Cu)とAlとの共晶温度(548℃)未満とされたアルミニウム合金で構成されており、具体的には、JIS H 2118:2006で規定されたダイカスト用アルミニウム合金であるADC14(固相線温度507℃)の鋳造材で構成されているので、流路等を有する複雑な構造のヒートシンク本体110を構成することができる。

[0064] そして、本実施形態では、ヒートシンク本体110のうち金属部材層117との接合界面側に、結晶粒のアスペクト比(長径／短径)が2.5以下で結晶粒径が15μm以下であるSi相が分散したチル層135が形成されており、このチル層135の厚さが50μm以上とされているので、このチル層135によって金属部材層117のCu原子の拡散移動が妨げられることになり、カーケンダルボイドの発生を抑制することができる。よって、このヒートシンク101を高温に保持した場合であっても、積層方向における熱

抵抗が上昇せず、放熱特性の劣化を抑制することが可能となる。

[0065] また、本実施形態では、金属部材層 117 とヒートシンク本体 110 との接合界面が、第一実施形態の Cu 層 13B とヒートシンク 31 との接合界面と同様の構成とされているので、第一実施形態と同様の作用効果を奏することが可能となる。

[0066] 本実施形態において、チル層の厚さの上限は特に制限されないが鋳造材からなるヒートシンク本体 110 を用いる場合、5000 μm 以下とすることが好ましい。鋳造によりヒートシンク本体 110 を製造する場合、チル層の厚さが 5000 μm を超えるように製造することは困難である。

また、ヒートシンク本体 110 が薄い場合には、ヒートシンク本体 110 全体がチル層となる場合もある。この場合であっても、本実施形態と同様の作用効果を奏することが可能である。

[0067] 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、上記実施の形態では、金属部材層として銅からなる Cu 層が接合される場合について説明したが、Cu 層に代えて、ニッケル又はニッケル合金からなる Ni 層、もしくは銀又は銀合金からなる Ag 層が接合されても良い。

[0068] Cu 層に代えて Ni 層を形成した場合には、はんだ付け性が良好となり、他の部材との接合信頼性を向上できる。さらに、固相拡散接合によって Ni 層を形成する場合には、無電解めっき等で Ni めっき膜を形成する際に行われるマスキング処理が不要なので、製造コストを低減できる。この場合、Ni 層の厚さは 1 μm 以上 30 μm 以下とすることが望ましい。Ni 層の厚さが 1 μm 未満の場合には他の部材との接合信頼性を向上させる効果が無くなるおそれがあり、30 μm を超える場合には Ni 層が熱抵抗体となり効率的に熱を伝達できなくなるおそれがある。また、固相拡散接合によって Ni 層を形成する場合、Al 層と Ni の固相拡散接合については、接合温度を 40

0℃以上520℃以下に設定するが、その他の条件は前述の実施形態と同様の条件で形成することができる。

[0069] Cu層に代えてAg層を形成した場合には、例えば酸化銀粒子と有機物からなる還元剤とを含む酸化銀ペーストを用いて他の部材を接合する際に、酸化銀ペーストの酸化銀が還元剤によって還元された銀と、接合するAg層とが同種の金属同士の接合となるため、接合信頼性を向上させることができる。さらには、熱伝導率の良好なAg層が形成されるので、熱を面方向に拡げて効率的に伝達することができる。この場合、Ag層の厚さは1μm以上20μm以下とすることが望ましい。Ag層の厚さが1μm未満の場合には他の部材との接合信頼性を向上させる効果が無くなるおそれがあり、20μmを超える場合には接合信頼性向上の効果が観られなくなり、コストの増加を招く。また、固相拡散接合によってAg層を形成する場合、Al層とAgの固相拡散接合の条件は、接合温度を400℃以上520℃以下に設定するが、その他は前述の実施形態と同様の条件で形成することができる。

[0070] さらに、第一実施形態では、金属層13を、Al層13AとCu層13Bとを有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、図10に示すように、金属層全体を銅又は銅合金で構成してもよい。この図10に示すヒートシンク付パワーモジュール用基板230においては、セラミックス基板11の他方の面（図10において下側）に銅板がDBC法あるいは活性金属ろう付け法等によって接合され、銅又は銅合金からなる金属層213が形成されている。そして、この金属層213とヒートシンク31とが、固相拡散接合されている。なお、図10に示すパワーモジュール用基板210においては、回路層212も銅又は銅合金によって構成されている。図10に示すパワーモジュール201は、ヒートシンク付パワーモジュール用基板230と、このヒートシンク付パワーモジュール用基板230の一方の面（図10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、を備えている。

[0071] 第一実施形態において、回路層を純度99質量%のアルミニウム板を接合

することで形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、純度99.99質量%以上の純アルミニウムや、他のアルミニウム又はアルミニウム合金、銅又は銅合金等の他の金属で構成したものであってもよい。また、回路層をAl層とCu層の2層構造のものとしてもよい。これは、図10に示すパワーモジュール用基板210でも同様である。

[0072] 第一の実施形態の金属層/ヒートシンク接合工程S05においては、金属層13(Cu層13B)とヒートシンク31とを積層し、積層方向に加圧した状態で真空加熱炉内に配置して加熱する構成とし、第二の実施形態のヒートシンク本体/金属部材層接合工程S102においては、ヒートシンク本体110と金属部材層117となる金属板127とを積層し、積層方向に加圧(圧力5~35kgf/cm²(0.49~3.43MPa))した状態で真空加熱炉内に配置して加熱する構成として、説明したが、これに限定されることはなく、図11に示すように、アルミニウム合金部材301(ヒートシンク31、ヒートシンク本体110)と金属部材302(金属層13、金属部材層117)とを固相拡散接合する際に通電加熱法を適用してもよい。

[0073] 通電加熱を行う場合には、図11に示すように、アルミニウム合金部材301と金属部材302とを積層し、これらの積層体を、カーボン板311、311を介して一对の電極312、312によって積層方向に加圧するとともに、アルミニウム合金部材301及び金属部材302に対して通電を行う。すると、ジュール熱によってカーボン板311、311及びアルミニウム合金部材301と金属部材302が加熱され、アルミニウム合金部材301と金属部材302とが固相拡散接合される。

[0074] 上述の通電加熱法においては、アルミニウム合金部材301及び金属部材302が直接通電加熱されることから、昇温速度を例えば30~100℃/minと比較的速くすることができ、短時間で固相拡散接合を行うことができる。これにより、接合面の酸化の影響が小さく、例えば大気雰囲気でも接合することが可能となる。また、アルミニウム合金部材301及び金属部材302の抵抗値や比熱によっては、これらアルミニウム合金部材301及び

金属部材302に温度差が生じた状態で接合することも可能となり、熱膨張の差を小さくし、熱応力の低減を図ることもできる。

[0075] ここで、上述の通電加熱法においては、一对の電極312, 312による加圧荷重は、 30 kgf/cm^2 以上 100 kgf/cm^2 以下（ 2.94 MPa 以上 9.81 MPa 以下）の範囲内とすることが好ましい。上記加圧荷重は、 50 kgf/cm^2 以上 80 kgf/cm^2 以下（ 4.90 MPa 以上 7.85 MPa 以下）とすることがより好ましいが、これに限定されることはない。

また、通電加熱法を適用する場合には、アルミニウム合金部材301及び金属部材302の表面粗さは、算術平均粗さRaで $0.3\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $0.6\text{ }\mu\text{m}$ 以下、または、最大高さRzで $1.3\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $2.3\text{ }\mu\text{m}$ 以下の範囲内とすることが好ましい。通常の固相拡散接合では、接合面の表面粗さは小さいことが好ましいが、通電加熱法の場合には、接合面の表面粗さが小さすぎると、界面接触抵抗が低下し、接合界面を局所的に加熱することが困難となるため、上述の範囲内とすることが好ましい。

[0076] なお、第一の実施形態の金属層／ヒートシンク接合工程S05に上述の通電加熱法を用いることも可能であるが、その場合、セラミックス基板11が絶縁体であるため、例えば、カーボンからなる治具等でカーボン板311, 311を短絡する必要がある。接合条件は、上述したアルミニウム部材301と銅部材302の接合同様である。

また、金属層13（Cu層13B）とヒートシンク31の表面粗さについては、上述したアルミニウム部材301及び銅部材302の場合と同様である。

実施例

[0077] 以下に、本発明の効果を確認すべく行った確認実験の結果について説明する。

[0078] （試験片の作製）

表1に示すアルミニウム合金板（ $50\text{ mm}\times 50\text{ mm}$ 、厚さ 5 mm ）の一

方の面を表1記載のチル層の厚さになるまで研削し、その面に表1に示す金属板（40mm×40mm、厚さは表1参照）を、上述の実施形態に記載した方法によって固相拡散接合した。

本発明例1-5及び比較例1-3においては、アルミニウム合金板と金属板とを積層方向に15kgf/cm²（1.47MPa）の荷重で押圧し、真空加熱炉で500℃、180minの条件で固相拡散接合を実施した。

本発明例6-10においては、アルミニウム合金板と金属板とを図11に示す通電加熱法によって固相拡散接合した。なお、電極による加圧荷重を15kgf/cm²（1.47MPa）とし、加熱温度（銅板温度）を510℃、加熱温度での保持時間を5minとし、昇温速度を80℃/minとした。また、接合雰囲気大気を大気雰囲気とした。

[0079]（接合前のアルミニウム合金板におけるチル層の厚さ）

接合する前にアルミニウム板の観察を行い、接合面側に形成されたチル層の厚さを以下のように測定した。

まず、EPMA（日本電子株式会社製JXA-8530F）を用いて、アルミニウム板の表面を、視野360μm²、加速電圧15kV、Siコンタールレベル0~1000の条件で、Siの面分析を実施し、図12（a）に示すSi分布像を得た。

得られたSi分布像を8ビットグレースケールに変換し、図12（b）に示すようなSi分布像を得た。

次に、Kapur-Sahoo-Wong (Maximum Entropy) thresholding method (Kapur, JN; Sahoo, PK; Wong, ACK (1985)、"A New Method for Gray-Level Picture Thresholding Using the Entropy of the Histogram", Graphical Models and Image Processing 29 (3) : 273-285参照) に基づいて、図12（c）に示すように、Si分布像を2値化した。

次に、図12(d)に示すように、2値化した画像からSi相の輪郭を楕円近似により抽出した。

Si相の輪郭を抽出した画像を基に、楕円近似から求められる長径及び短径を用いて下記式からアスペクト比及び結晶粒径を算出した。

アスペクト比＝長径／短径

結晶粒径＝長径

そして、 $360\mu\text{m}^2$ の面積内において、アスペクト比が2.5以下かつ結晶粒径が $15\mu\text{m}$ 以下の条件（以下、単に条件と表す）を満たす粒子の個数と前記条件を満たさない粒子の個数を求め、条件を満たす個数／条件を満たさない個数を求めた。

上述した測定方法にて、アルミニウム板表面から板内部に向かって $10\mu\text{m}$ 毎に測定を行い、条件を満たす個数／条件を満たさない個数が3以上の部分をチル層と定義し、厚さを求めた。

評価結果を表1に示す。

[0080]（接合後のアルミニウム合金板と金属板との接合界面におけるチル層の厚さ）

固相拡散接合されたアルミニウム合金板と金属板との接合体の断面観察を行い、接合界面に形成されたチル層の厚さを以下のように測定した。

接合体の接合界面をEPMA（日本電子株式会社製JXA-8530F）を用いて、観察し、アルミニウム合金板内部へと成長したAlと金属板の金属元素（Cu、Ni、Ag）の金属間化合物の厚さを求め、接合前のチル層の厚さから、前記Alと金属板の金属元素（Cu、Ni、Ag）の金属間化合物の厚さを引いた厚さを、接合後のチル層の厚さとした。

なお、金属間化合物の厚さは、接合界面を接合体の厚さ方向にライン分析し、Alの濃度が、金属板として銅を用いた場合は65at%～70at%、金属板としてニッケルを用いた場合は55at%～80at%、金属板として銀を用いた場合は20at%～45at%の領域を金属間化合物とみなし、その厚さを測定した。

評価結果を表 1 に示す。

[0081] (ヒートサイクル試験)

次に、このようにして製造された接合体において、ヒートサイクル試験を実施した。冷熱衝撃試験機エスペック社製 T S B - 5 1 を使用し、試験片 (ヒートシンク付パワーモジュール) に対して、液相 (フロリナート) で、 -40°C で 5 分、 150°C で 5 分のヒートサイクルを 4000 回実施した。

そして、ヒートサイクル試験前における接合体の積層方向の熱抵抗、及び、ヒートサイクル試験後における接合体の積層方向の熱抵抗を以下のようにして評価した。

[0082] (熱抵抗の測定)

ヒータチップ ($13\text{mm} \times 10\text{mm} \times 0.25\text{mm}$) を金属板の表面に半田付けし、アルミニウム合金板を冷却器にろう付け接合した。次に、ヒータチップを 100W の電力で加熱し、熱電対を用いてヒータチップの温度を実測した。また、冷却器を流通する冷却媒体 (エチレングリコール : 水 = 9 : 1) の温度を実測した。そして、ヒータチップの温度と冷却媒体の温度差を電力で割った値を熱抵抗とした。

なお、チル層を形成せずにアルミニウム合金板と銅板とを固相拡散接合した比較例 1 のヒートサイクル前の熱抵抗を基準として 1 とし、この比較例 1 との比率で熱抵抗を評価した。評価結果を表 1 に示す。

[0083]

[表1]

	金属板		アルミニウム合金板		チル層の厚さ		熱抵抗	
	材質	厚さ (μm)	材質	固相線温度 ($^{\circ}\text{C}$)	接合前 (μm)	接合後 (μm)	ヒートサイクル 前	ヒートサイクル 後
本発明例1	無酸素銅	1500	AC4B	520	550	530	0.940	0.959
本発明例2	無酸素銅	1500	AC9A	520	1000	980	0.865	0.880
本発明例3	無酸素銅	1500	ADC12	515	80	50	0.974	0.992
本発明例4	ニッケル	30	ADC12	515	500	480	1.393	1.421
本発明例5	銀	20	ADC12	515	300	290	1.386	1.409
本発明例6	無酸素銅	1500	AC4B	520	550	540	0.927	0.938
本発明例7	無酸素銅	1500	AC9A	520	1000	985	0.850	0.860
本発明例8	無酸素銅	1500	ADC12	515	80	65	0.957	0.975
本発明例9	ニッケル	30	ADC12	515	500	490	1.368	1.391
本発明例10	銀	20	ADC12	515	300	295	1.372	1.394
比較例1	無酸素銅	1500	ADC12	515	0	0	1.000	1.044
比較例2	ニッケル	30	ADC12	515	0	0	1.453	1.498
比較例3	銀	20	ADC12	515	0	0	1.434	1.480

[0084] チル層を形成せずにアルミニウム合金板と金属板（銅板）とを固相拡散接合した比較例 1 においては、本発明例と比べ熱抵抗が大きくなっていることが確認された。また、金属板としてニッケルを用いた比較例 2 と本発明例 4 及び 9 を比べると、比較例 2 の熱抵抗が大きくなっていることが確認された。同様に金属板として銀を用いた比較例 3 と本発明例 5 及び 10 を比べると比較例 3 の熱抵抗が大きくなっていることが確認された。これらは、カーケンダルポイドが形成されたためと推測される。

[0085] これに対して、接合前のチル層の厚さ及び接合後のチル層の厚さを本発明の範囲内とさせた本発明例においては、比較例に比べて熱抵抗が小さくなっていることが確認された。適正な厚さのチル層を介在させることにより、金属板を構成する金属元素の拡散が抑制され、カーケンダルポイドの発生が抑制されたためと推測される。

また、通電加熱法を適用した本発明例 6 - 10 においては、大気中で接合してもアルミニウム合金板と金属板とが良好に接合されていた。

[0086] 以上の結果から、本発明によれば、比較的固相線温度の低いアルミニウム合金からなるアルミニウム合金部材と、銅、ニッケル、又は銀からなる金属部材とが良好に接合され、積層方向の熱抵抗が低い接合体を得ることが可能であることが確認された。

産業上の利用可能性

[0087] 本発明によれば、比較的固相線温度の低いアルミニウム合金からなるアルミニウム合金部材と、銅、ニッケル、又は銀からなる金属部材とが良好に接合され、積層方向の熱抵抗が低い接合体、この接合体を備えたヒートシンク付パワーモジュール用基板及びヒートシンク、及び、接合体の製造方法、ヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法、ヒートシンクの製造方法を提供することが可能となる。

符号の説明

[0088] 10、210 パワーモジュール用基板

11 セラミックス基板

1 3, 2 1 3 金属層

1 3 B C u 層 (金属部材)

3 1 ヒートシンク (アルミニウム合金部材)

3 5 チル層

1 0 1 ヒートシンク

1 1 0 ヒートシンク本体 (アルミニウム合金部材)

1 1 7 金属部材層

1 3 5 チル層

請求の範囲

[請求項1] 銅、ニッケル、又は銀からなる金属部材と、固相線温度が前記金属部材を構成する金属元素とアルミニウムとの共晶温度未満とされたアルミニウム合金からなるアルミニウム合金部材と、が接合されてなる接合体であって、

前記アルミニウム合金部材と前記金属部材とが固相拡散接合されており、

前記アルミニウム合金部材のうち前記金属部材との接合界面側には、結晶粒のアスペクト比が2.5以下で結晶粒径が $1.5\ \mu\text{m}$ 以下であるSi相が分散したチル層が形成されており、

前記チル層の厚さが $50\ \mu\text{m}$ 以上とされていることを特徴とする接合体。

[請求項2] 絶縁層と、この絶縁層の一方の面に形成された回路層と、前記絶縁層の他方の面に形成された金属層と、この金属層の前記絶縁層とは反対側の面に配置されたヒートシンクと、を備えたヒートシンク付パワーモジュール用基板であって、

前記金属層のうち前記ヒートシンクとの接合面は、銅、ニッケル、又は銀で構成され、

前記ヒートシンクのうち前記金属層との接合面は、固相線温度が前記金属層の前記接合面を構成する金属元素とアルミニウムとの共晶温度未満とされたアルミニウム合金で構成され、

前記ヒートシンクと前記金属層とが固相拡散接合されており、

前記ヒートシンクのうち前記金属層との接合界面側には、結晶粒のアスペクト比が2.5以下で結晶粒径が $1.5\ \mu\text{m}$ 以下であるSi相が分散したチル層が形成されており、

前記チル層の厚さが $50\ \mu\text{m}$ 以上とされていることを特徴とするヒートシンク付パワーモジュール用基板。

[請求項3] ヒートシンク本体と、前記金属部材層と、を備えたヒートシンクで

あって、

前記金属部材層は、銅、ニッケル、又は銀からなり、

前記ヒートシンク本体は、固相線温度が前記金属部材層を構成する金属元素とアルミニウムとの共晶温度未満とされたアルミニウム合金で構成され、

前記ヒートシンク本体のうち前記金属部材層との接合界面側には、結晶粒のアスペクト比が2.5以下で結晶粒径が15 μ m以下であるSi相が分散したチル層が形成されており、

前記チル層の厚さが50 μ m以上とされていることを特徴とするヒートシンク。

[請求項4]

銅、ニッケル、又は銀からなる金属部材と、固相線温度が前記金属部材を構成する金属元素とアルミニウムとの共晶温度未満とされたアルミニウム合金からなるアルミニウム合金部材と、が接合されてなる接合体の製造方法であって、

接合前の前記アルミニウム合金部材において、前記金属部材との接合面側に、結晶粒のアスペクト比が2.5以下で結晶粒径が15 μ m以下であるSi相が分散したチル層を形成するとともに、このチル層の厚さを80 μ m以上とし、

このアルミニウム合金部材と前記金属部材とを固相拡散接合することを特徴とする接合体の製造方法。

[請求項5]

前記アルミニウム合金部材と前記金属部材とを積層し、積層方向に加圧しながら通電して加熱することにより、前記アルミニウム合金部材と前記金属部材とを固相拡散接合することを特徴とする請求項4に記載の接合体の製造方法。

[請求項6]

絶縁層と、この絶縁層の一方の面に形成された回路層と、前記絶縁層の他方の面に形成された金属層と、この金属層の前記絶縁層とは反対側の面に配置されたヒートシンクと、を備えた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、

前記金属層のうち前記ヒートシンクとの接合面は、銅、ニッケル、又は銀で構成され、

前記ヒートシンクのうち前記金属層との接合面は、固相線温度が前記金属層の前記接合面を構成する金属元素とアルミニウムとの共晶温度未満とされたアルミニウム合金で構成されており、

接合前の前記ヒートシンクにおいて、前記金属層との接合面側に、結晶粒のアスペクト比が2.5以下で結晶粒径が15 μm 以下であるSi相が分散したチル層を形成するとともに、このチル層の厚さを80 μm 以上とし、

このヒートシンクと前記金属層とを固相拡散接合することを特徴と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7]

前記ヒートシンクと前記金属層とを積層し、積層方向に加圧しながら通電して加熱することにより、前記ヒートシンクと前記金属層とを固相拡散接合することを特徴とする請求項6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。

[請求項8]

ヒートシンク本体と、前記金属部材層と、を備えたヒートシンクの製造方法であって、

前記金属部材層は、銅、ニッケル、又は銀からなり、

前記ヒートシンク本体は、固相線温度が前記金属部材層を構成する金属元素とアルミニウムとの共晶温度未満とされたアルミニウム合金で構成されており、

接合前の前記ヒートシンク本体において、前記金属部材層との接合面側に、結晶粒のアスペクト比が2.5以下で結晶粒径が15 μm 以下であるSi相が分散したチル層を形成するとともに、このチル層の厚さを80 μm 以上とし、

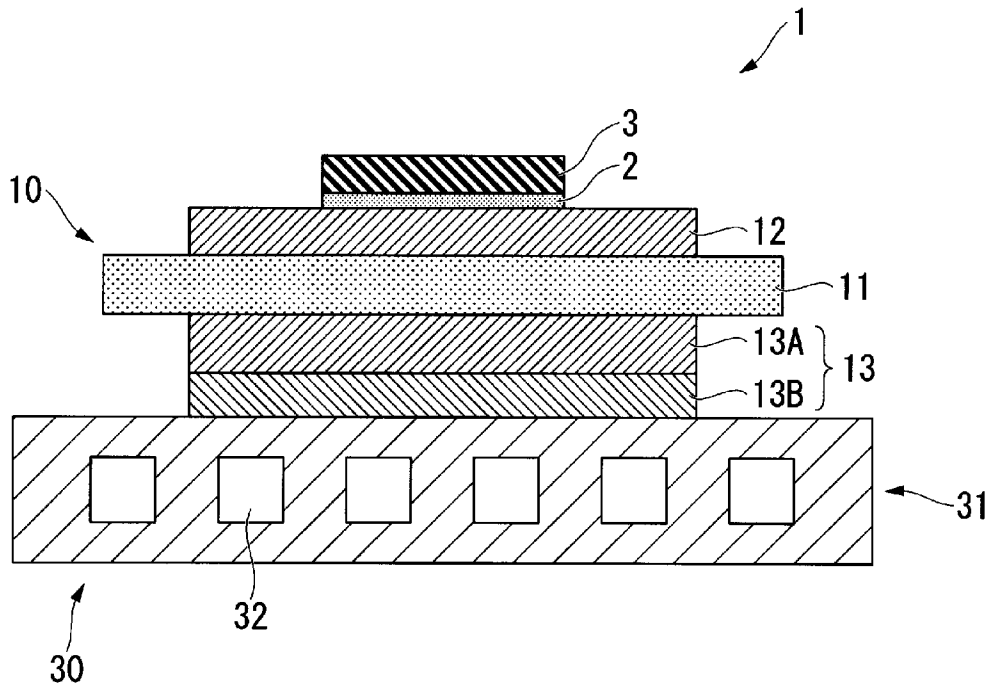
このヒートシンク本体と前記金属部材層とを固相拡散接合することを特徴とするヒートシンクの製造方法。

[請求項9]

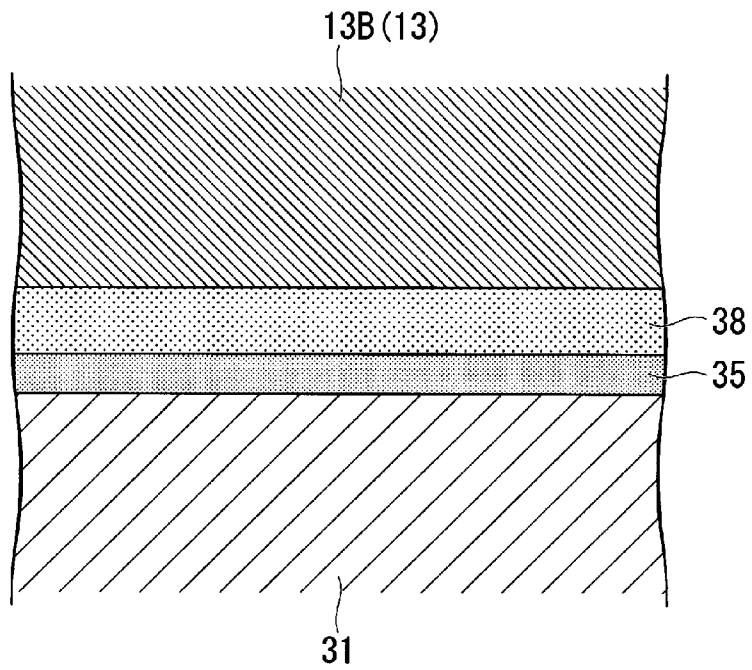
前記ヒートシンク本体と前記金属部材層とを積層し、積層方向に加

圧しながら通電して加熱することにより、前記ヒートシンク本体と前記金属部材層とを固相拡散接合することを特徴とする請求項 8 に記載のヒートシンクの製造方法。

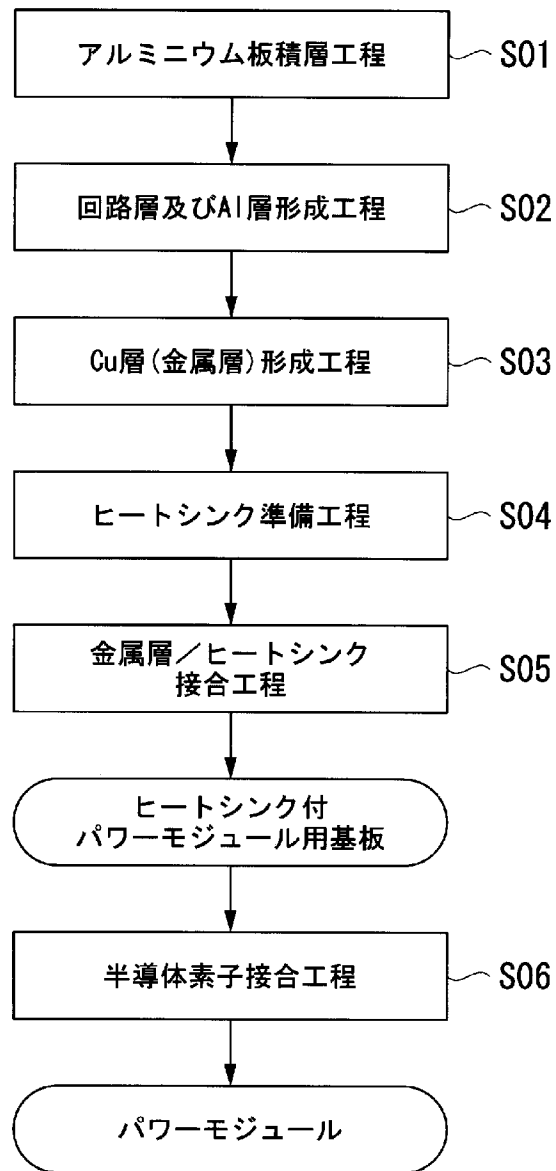
[図1]



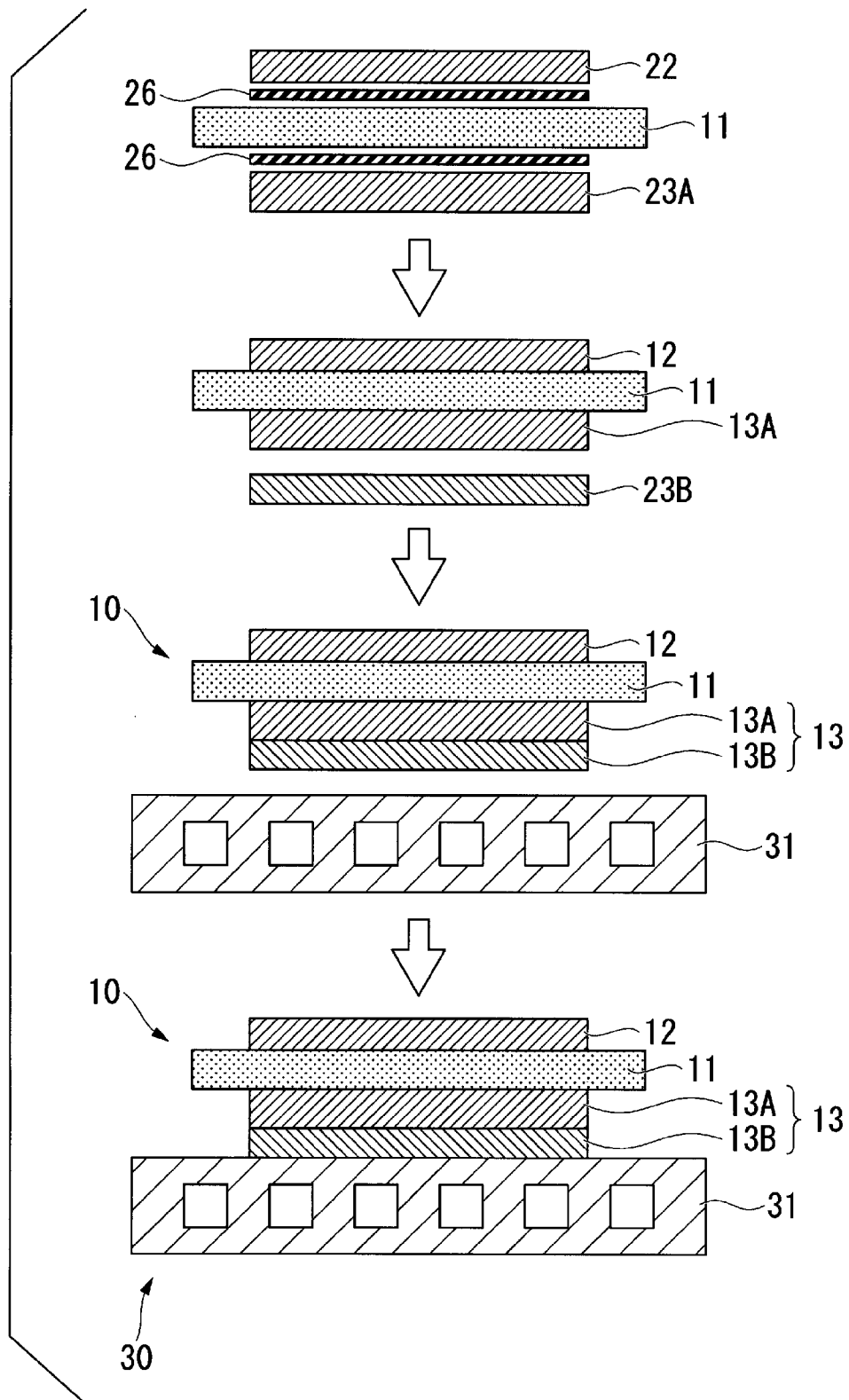
[図2]



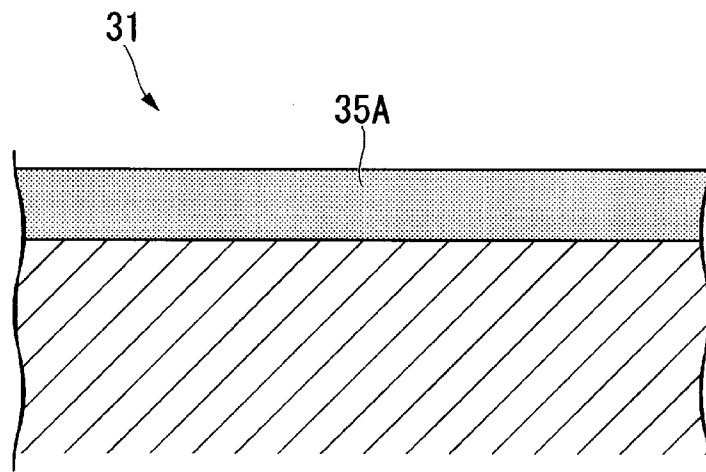
[図3]



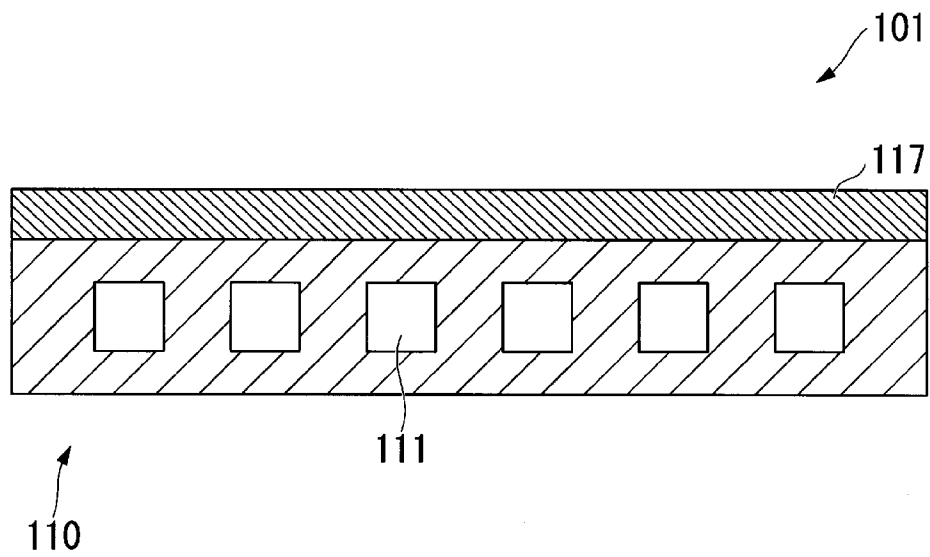
[図4]



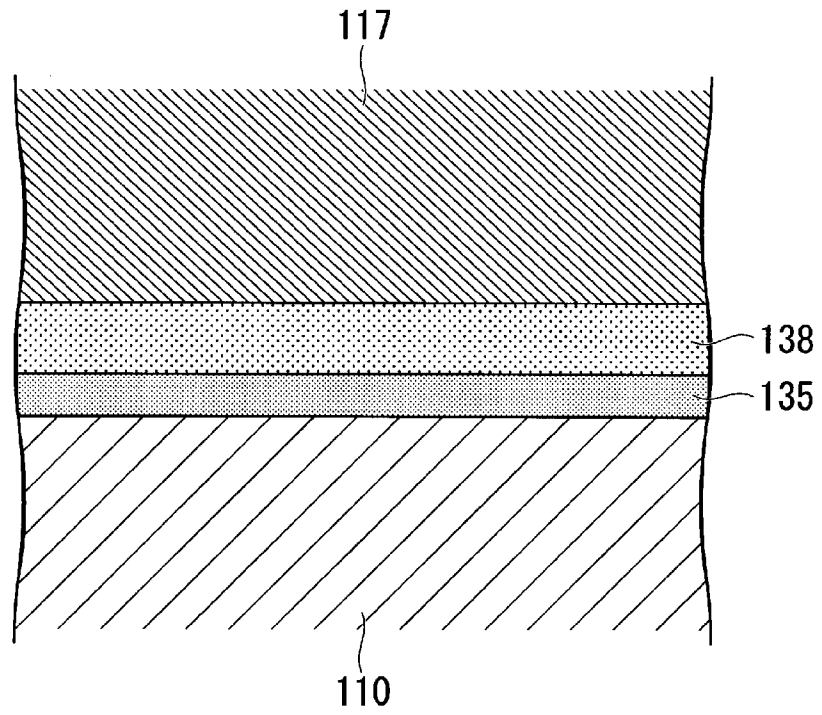
[図5]



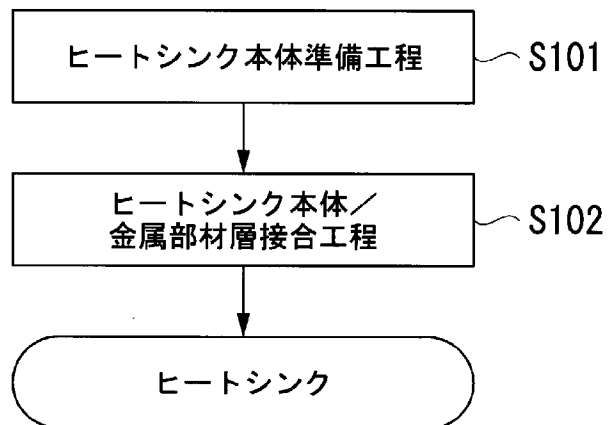
[図6]



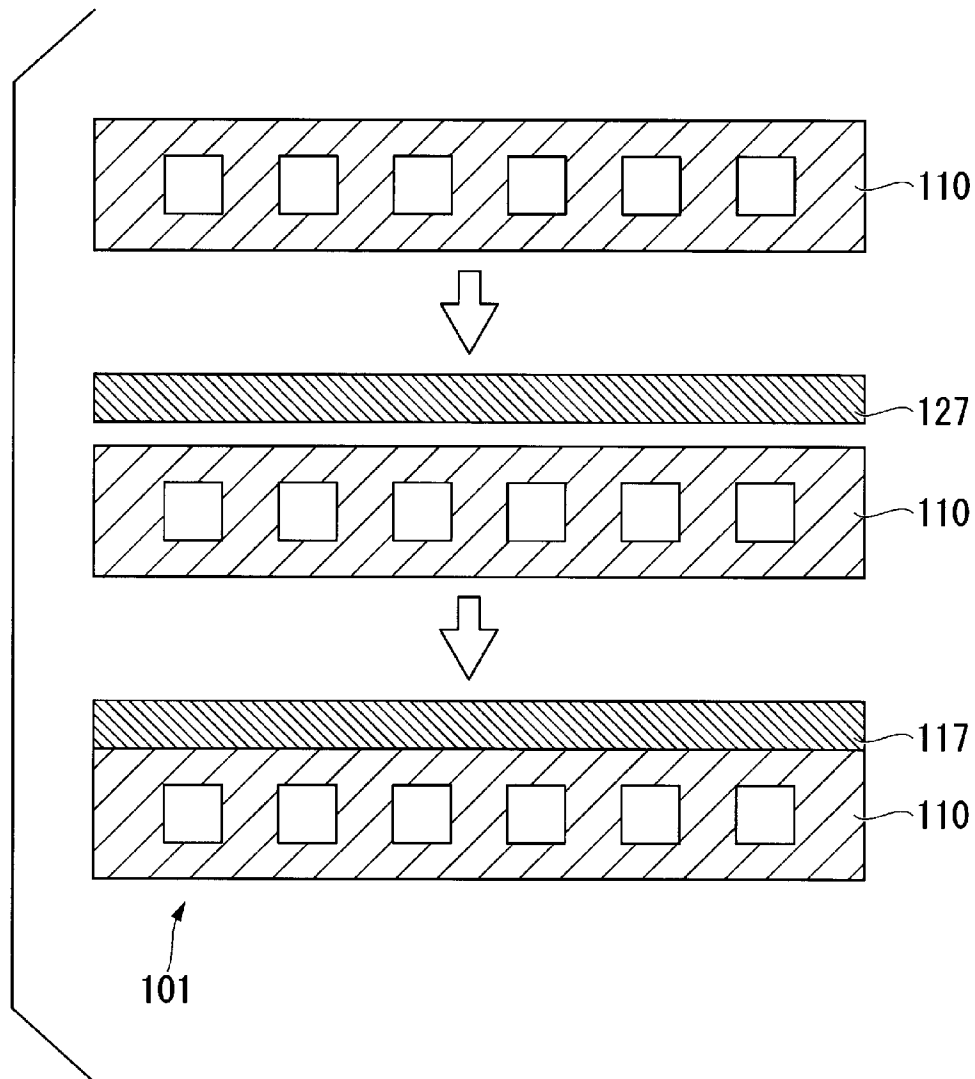
[図7]



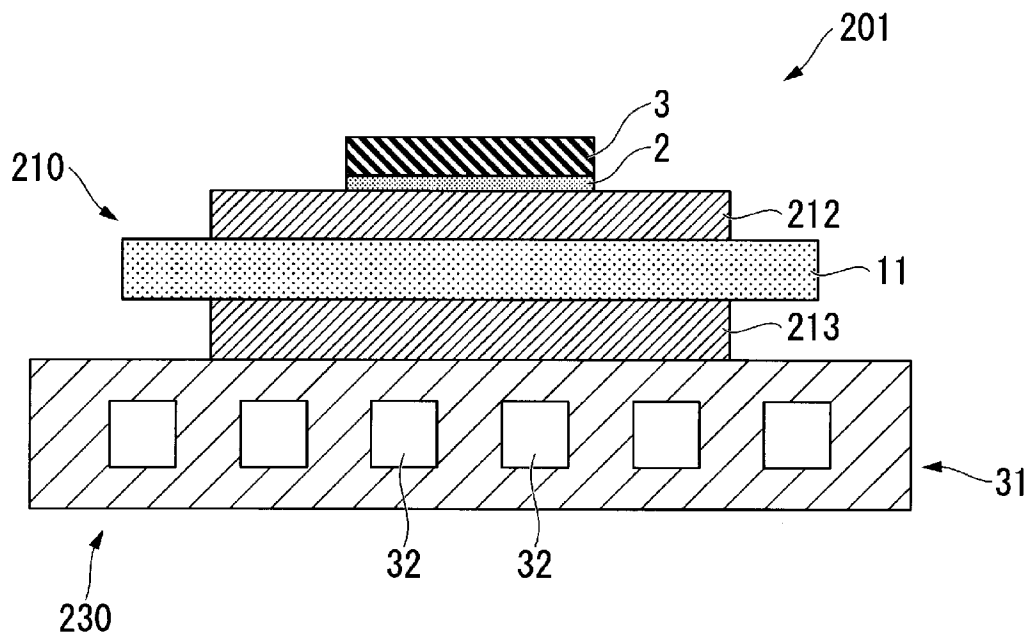
[図8]



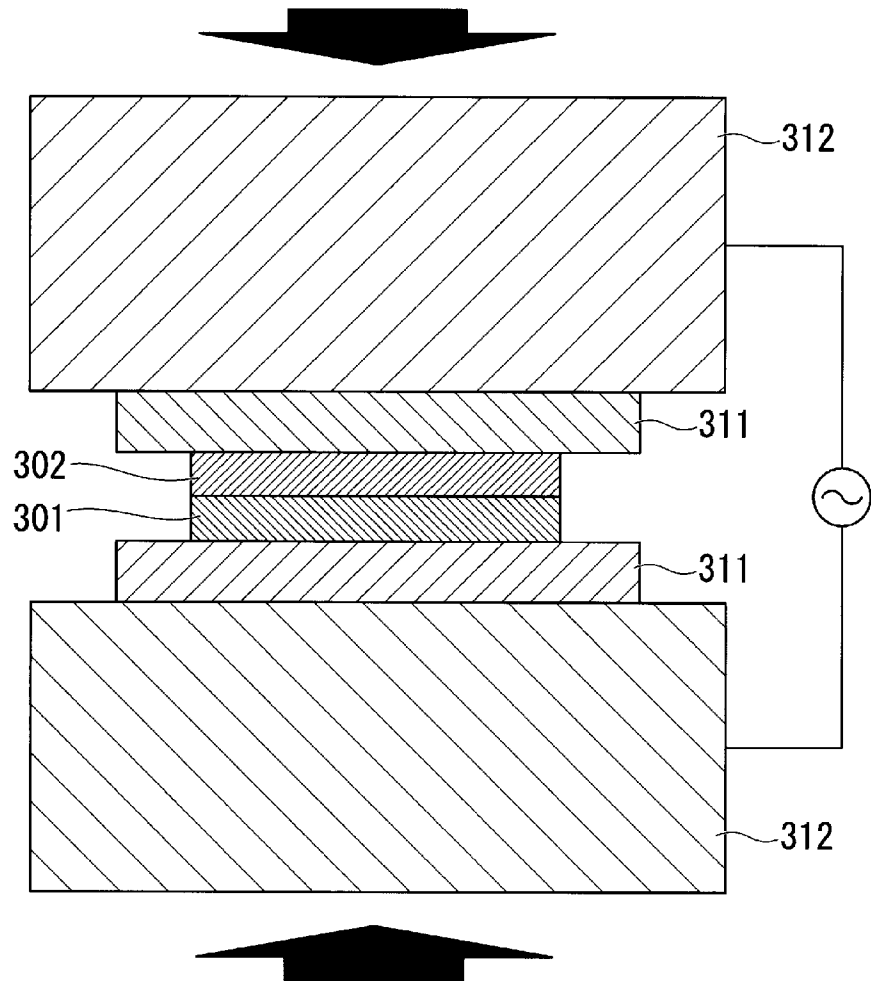
[図9]



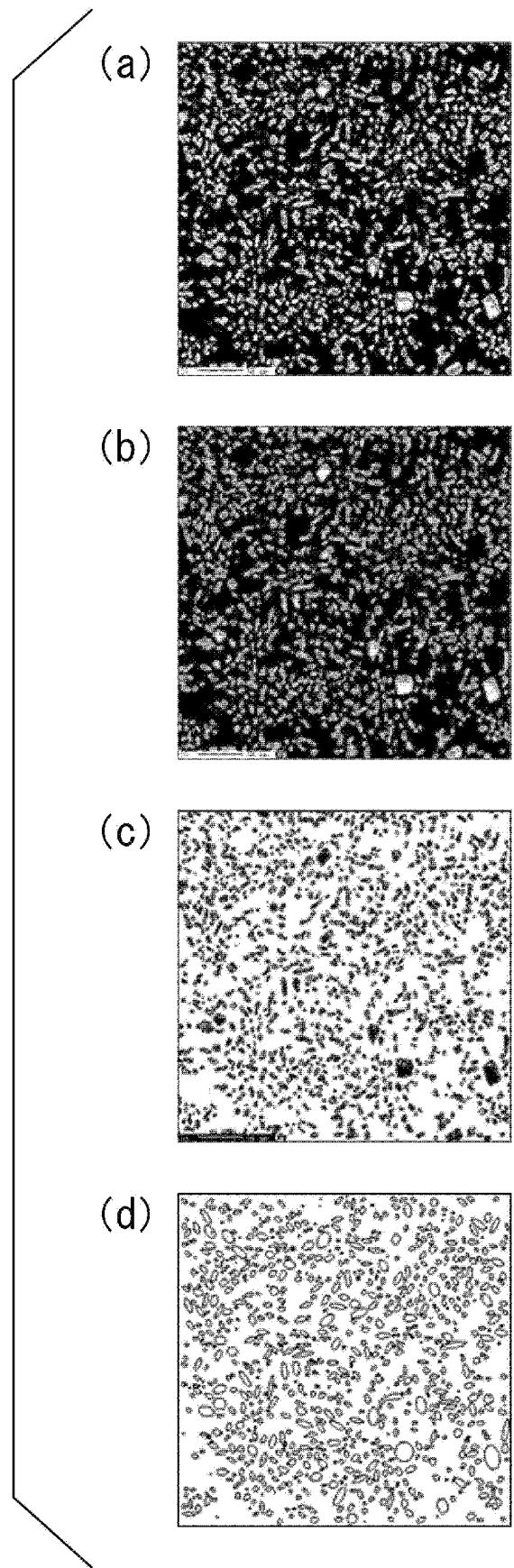
[図10]



[図11]



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/061691

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 H01L23/40(2006.01)i, B23K20/00(2006.01)i, H01L23/12(2006.01)i, H01L23/13(2006.01)i, H01L23/36(2006.01)i, H05K7/20(2006.01)i, B23K103/18(2006.01)n

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)
 H01L23/40, B23K20/00, H01L23/12, H01L23/13, H01L23/36, H05K7/20, B23K103/18

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	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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.
Y	JP 2014-60215 A (Mitsubishi Materials Corp.), 03 April 2014 (03.04.2014), paragraphs [0020] to [0034]; fig. 1 (Family: none)	1-9
Y	JP 2011-58056 A (Nissan Motor Co., Ltd., Nippon Light Metal Co., Ltd.), 24 March 2011 (24.03.2011), paragraphs [0013] to [0021] & US 2012/0148444 A1 paragraphs [0015] to [0026] & WO 2011/030500 A1 & EP 2475794 A & CN 102575323 A	1-9

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

* Special categories of cited documents:	"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
"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 14 June 2016 (14.06.16)	Date of mailing of the international search report 28 June 2016 (28.06.16)
--------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------

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

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/061691

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 4-288983 A (Hakusan Mfg. Co., Ltd.), 14 October 1992 (14.10.1992), paragraph [0002] (Family: none)	5, 7, 9
A	JP 2005-103556 A (Niigata University, SMC Corp.), 21 April 2005 (21.04.2005), entire text & US 2005/0067383 A1 entire text & DE 102004045856 A	1-9
A	JP 2011-255389 A (Furukawa-Sky Aluminum Corp.), 22 December 2011 (22.12.2011), entire text (Family: none)	1-9
A	JP 2009-279643 A (Toyota Central Research and Development Laboratories, Inc., Toyota Motor Corp.), 03 December 2009 (03.12.2009), entire text (Family: none)	1-9

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H01L23/40(2006.01)i, B23K20/00(2006.01)i, H01L23/12(2006.01)i, H01L23/13(2006.01)i, H01L23/36(2006.01)i, H05K7/20(2006.01)i, B23K103/18(2006.01)n

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. H01L23/40, B23K20/00, H01L23/12, H01L23/13, H01L23/36, H05K7/20, B23K103/18

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016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
Y	JP 2014-60215 A (三菱マテリアル株式会社) 2014.04.03 段落[0020]-[0034], 図1 (ファミリーなし)	1-9
Y	JP 2011-58056 A (日産自動車株式会社, 日本軽金属株式会社) 2011.03.24, 段落[0013]-[0021] & US 2012/0148444 A1 段落[0015]-[0026] & WO 2011/030500 A1 & EP 2475794 A & CN 102575323 A	1-9
Y	JP 4-288983 A (株式会社白山製作所) 1992.10.14, 段落[0002]	5, 7, 9

☑ 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 14.06.2016	国際調査報告の発送日 28.06.2016
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) 原田 貴志 電話番号 03-3581-1101 内線 3551
	5D 4690

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
	(ファミリーなし)	
A	JP 2005-103556 A (国立大学法人 新潟大学, SMC株式会社) 2005. 04. 21, 全文 & US 2005/0067383 A1, 全文 & DE 102004045856 A	1-9
A	JP 2011-255389 A (古河スカイ株式会社) 2011. 12. 22, 全文 (ファミリーなし)	1-9
A	JP 2009-279643 A (株式会社豊田中央研究所, トヨタ自動車株式会社) 2009. 12. 03, 全文 (ファミリーなし)	1-9