

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2014 年 9 月 25 日(25.09.2014)



(10) 国際公開番号

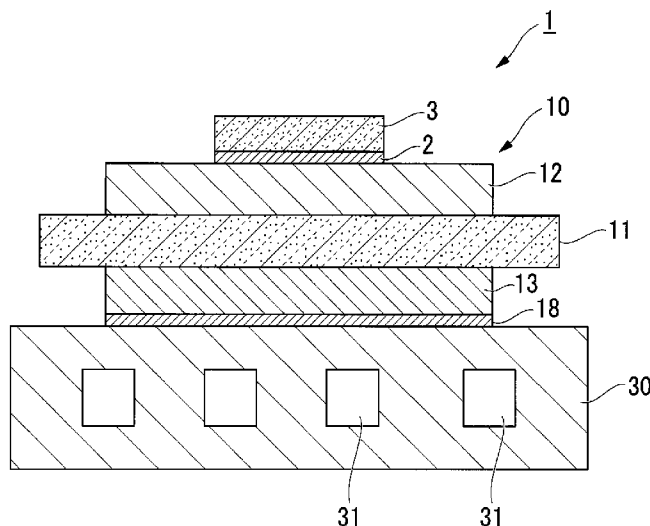
WO 2014/148425 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 23/12 (2006.01) H01L 23/14 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/057121
- (22) 国際出願日: 2014 年 3 月 17 日(17.03.2014)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2013-055517 2013 年 3 月 18 日(18.03.2013) 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 1 9 7 5 - 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 1 9 7 5 - 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, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: METHOD FOR MANUFACTURING BONDED BODY AND METHOD FOR MANUFACTURING POWER-MODULE SUBSTRATE

(54) 発明の名称: 接合体の製造方法及びパワーモジュール用基板の製造方法



(57) Abstract: This method for manufacturing a power-module substrate is provided with the following steps: a lamination step in which a ceramic member (11) and a copper member (12) are laminated together with an active-metal material and a filler material interposed therebetween, the melting point of said filler material being less than or equal to 710°C; and a heat-treatment step in which the laminated ceramic member (11) and copper member (12) are heat-treated.

(57) 要約: このパワーモジュール用基板の製造方法は、活性金属材料及び融点が710°C以下の溶加材を介して、セラミックス部材(11)と銅部材(12)とを積層する積層工程と、積層されたセラミックス部材(11)及び銅部材(12)を加熱処理する加熱処理工程と、を備えている。

WO 2014/148425 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：

接合体の製造方法及びパワーモジュール用基板の製造方法

技術分野

[0001] この発明は、セラミックス部材と銅部材とが接合されてなる接合体の製造方法、及びセラミックス基板に銅又は銅合金からなる回路層又は金属層が接合されたパワーモジュール用基板の製造方法に関する。

本願は、2013年3月18日に日本に出願された特願2013-055517号に対して優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 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とされている。

風力発電、電気自動車等の電気車両など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、発熱量が多いことから、これを搭載する基板としては、例えばAlN（窒化アルミ）などからなる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回路層として接合し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。また、セラミックス基板の他方の面に、金属板を金属層として接合することもある。

[0003] 例えば、特許文献1に示すパワーモジュール用基板においては、セラミックス基板（セラミックス部材）の一方の面及び他方の面に、銅板（銅部材）を接合することで回路層及び金属層が形成された構造とされている。このパワーモジュール用基板は、セラミックス基板の一方の面及び他方の面に、Ag-Cu-Ti系ろう材を介在させて銅板を配置し、加熱処理を行うことにより銅板が接合されている。

[0004] 上述のAg-Cu-Ti系ろう材においては、活性金属であるTiが含有されているため、セラミックス基板と銅板とをAg-Cu-Ti系ろう材を介して接合する際に、ろう材の液相とセラミックス基板との濡れ性が良好と

なり、セラミックス基板と銅板とを良好に接合することができる。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特許第3 2 1 1 8 5 6 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] ところで、特許文献1に開示されたように、Ag-Cu-Ti系ろう材を用いてセラミックス基板と銅板とを接合すると、Ag-Cu-Ti系ろう材の融点が高いため、セラミックス基板が熱により劣化してしまう問題があった。

また、Ag-Cu-Ti系ろう材は、高価なAgを含有しているため製造コストが高くなる問題もあった。

[0007] 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、セラミックス部材と銅部材とを低温で接合でき、かつ製造コストが低い接合体の製造方法、及びパワーモジュール用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

[0008] 本発明の接合体の製造方法の態様は、セラミックスからなるセラミックス部材と、銅又は銅合金からなる銅部材とが接合されてなる接合体の製造方法であって、活性金属材及び融点が710℃以下の溶加材を介して、前記セラミックス部材と前記銅部材とを積層する積層工程と、積層された前記セラミックス部材及び前記銅部材を加熱処理する加熱処理工程と、を備えている。

なお、本発明において融点は、固相線温度としている。また、本発明において溶加材はろう材又ははんだ材等を指す。

[0009] 本発明の接合体の製造方法によれば、銅又は銅合金からなる銅部材を、活性金属材及び融点が710℃以下の溶加材を介してセラミックス部材に積層し、前記セラミックス部材及び前記銅部材を加熱処理する。加熱処理時、溶融した液相の溶加材に活性金属が溶解込み、液相の溶加材のセラミックス部

材に対する濡れ性が高まり、溶加材が凝固した後はセラミックス部材に溶加材を介して銅部材が良好に接合される。

また、溶加材の融点が 710°C 以下とされているので、 $\text{Ag}-\text{Cu}-\text{Ti}$ 系ろう材を用いた場合よりも低い温度で溶加材の液相を形成することができる。このような低温域で加熱処理を行うと、セラミックス部材への熱的な負荷を軽減することができる。

さらに、 Ag を含有しない溶加材を用いてセラミックス部材と銅部材とを接合するので、 $\text{Ag}-\text{Cu}-\text{Ti}$ 系ろう材を用いた場合よりも製造コストを低減できる。

[0010] また、前記積層工程において、前記セラミックス部材側に前記溶加材を配置し、前記銅部材側に前記活性金属材を配置してもよい。

このような場合、銅部材と活性金属材とを加熱処理時に固相拡散接合によって接合することができ、接合界面に Cu と活性金属との液相が生じて接合界面にコブが生じたり、厚み変動したりすることを抑制可能となる。また、溶加材の液相と銅部材との間に活性金属が介在されているので、溶加材の液相と銅部材とが直接接触することがなく、接合界面にコブが生じたり、厚み変動したりすることを確実に抑制できる。

上述のように、溶加材がセラミックス基板と良好に接合されるとともに、活性金属材と銅部材とが固相拡散接合によって接合されるので、低温条件でもセラミックス部材と銅部材とを良好に接合することができ、セラミックス部材が熱劣化することを抑制できる。

[0011] また、上述の接合体の製造方法において、前記溶加材が液相線温度 450°C 以上のろう材であってもよい。

具体的には、前記ろう材は、 $\text{Cu}-\text{P}$ 系ろう材、 $\text{Cu}-\text{Sn}$ 系ろう材、及び $\text{Cu}-\text{Al}$ 系ろう材の中から選択されるいずれか一種であってもよい。

このようなろう材を用いた場合、ろう材の融点が低いので、低温条件でも確実にセラミックス部材と銅部材との接合を行うことができる。

なお、 $\text{Cu}-\text{P}$ 系ろう材としては、例えば、 $\text{Cu}-\text{P}$ ろう材、 $\text{Cu}-\text{P}-$

S n ろう材、C u - P - S n - N i 系ろう材などを用いることができる。

[0012] また、上述の接合体の製造方法において、前記溶加材は液相線温度 4 5 0 °C 未満のはんだ材であってもよい。具体的には、前記はんだ材は、C u - P - S n - N i 系はんだ材又は C u - S n 系はんだ材であってもよい。

このようなはんだ材を用いた場合、はんだ材の融点が前記ろう材よりも低いので、より低温条件でもセラミックス部材と銅部材との接合を行うことができる。

[0013] また、上述の接合体の製造方法において、前記活性金属材は、T i 材であってもよい。これにより、溶加材の液相中に T i が溶け込むことで確実にセラミックス基板の表面を溶加材の液相で濡れさせることができ、セラミックス部材と銅部材とを確実に接合することが可能となる。

[0014] 本発明のパワーモジュール用基板の製造方法は、セラミックス基板の一方の面に銅又は銅合金からなる回路層が配設された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回路層とを、上述の接合体の製造方法によって接合する。これにより、比較的低温で回路層を形成することができるので、接合時にセラミックス基板が劣化することを抑制できる。

[0015] また、本発明のパワーモジュール用基板の製造方法は、セラミックス基板の一方の面に銅又は銅合金からなる回路層が配設され、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金属層が配設された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回路層とを上述の接合体の製造方法によって接合し、前記回路層を前記セラミックス基板の一方の面に接合した後に、前記金属層を前記セラミックス基板の他方の面に接合しても良い。これにより、比較的低温で回路層を形成することができるので、接合時にセラミックス基板が劣化することを抑制できる。

[0016] また、本発明のパワーモジュール用基板の製造方法は、セラミックス基板の一方の面に銅又は銅合金からなる回路層が配設され、他方の面に銅又は銅合金からなる金属層が配設された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回路層、及び前記セラミックス基板と前記金属層とを上述の接合体の製造方法によって接合しても良い。これにより、比較的低温で回路層及び金属層を形成することができるので、接合時にセラミックス基板が劣化することを抑制できる。

発明の効果

[0017] 本発明によれば、セラミックス部材と銅部材とを低温で接合でき、かつ製造コストが低い接合体の製造方法、及びパワーモジュール用基板の製造方法を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]本発明の第一実施形態に係る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]本発明の第一実施形態に係るパワーモジュール用基板の概略説明図である。

[図3]本発明の第一実施形態に係るパワーモジュール用基板の製造方法及びパワーモジュールの製造方法を説明するフロー図である。

[図4]本発明の第一実施形態に係るパワーモジュール用基板の製造方法及びパワーモジュールの製造方法の概略説明図である。

[図5]本発明の第二実施形態に係る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6]本発明の第二実施形態に係るパワーモジュール用基板の製造方法及びパワーモジュールの製造方法を説明するフロー図である。

[図7]本発明の第二実施形態に係るパワーモジュール用基板の製造方法及びパワーモジュールの製造方法の概略説明図である。

[図8]本発明の他の実施形態に係る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。

発明を実施するための形態

[0019] (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。ま

ず、本発明の第一実施形態について説明する。

本実施形態である接合体の製造方法では、セラミックス基板 11（セラミックス部材）と回路層 12（銅部材）及び金属層 13（銅部材）とを接合することにより、接合体としてパワーモジュール用基板 10 を製造する。図 1 に、本実施形態であるパワーモジュール用基板 10 を備え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、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 の一方の面（図 1 において上面）に接合層 2 を介して接合された半導体素子 3 と、パワーモジュール用基板 10 の他方側（図 1 において下側）に配置されたヒートシンク 30 と、を備えている。

[0020] パワーモジュール用基板 10 は、図 2 に示すように、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 2 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 2 において下面）に配設された金属層 13 と、を備えている。

[0021] セラミックス基板 11 は、絶縁性の高い AlN （窒化アルミ）、 Si_3N_4 （窒化ケイ素）、 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、放熱性の優れた AlN （窒化アルミ）で構成されている。また、セラミックス基板 11 の厚さは、0.2～1.5 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。

[0022] 回路層 12 は、セラミックス基板 11 の一方の面に、導電性を有する銅又は銅合金の金属板が接合されることにより形成されている。本実施形態においては、回路層 12 は、純度 99.99 質量%以上の銅の圧延板を接合することで形成されている。なお、回路層 12 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。

[0023] 金属層 13 は、セラミックス基板 11 の他方の面に、銅又は銅合金の金属板が接合されることにより形成されている。本実施形態においては、金属層 13 は、回路層 12 と同様に、純度 99.99 質量%以上の銅の圧延板を接

合することで形成されている。なお、金属層 13 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。

[0024] 半導体素子 3 は、Si 等の半導体材料で構成されている。この半導体素子 3 と回路層 12 は、接合層 2 を介して接合されている。

接合層 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。

[0025] ヒートシンク 30 は、前述のパワーモジュール用基板 10 からの熱を放散するためのものである。本実施形態においては、ヒートシンク 30 は、銅又は銅合金で構成されており、本実施形態では無酸素銅で構成されている。このヒートシンク 30 には、冷却用の流体が流れるための流路 31 が設けられている。なお、このヒートシンク 30 と金属層 13 とが、はんだ材からなるはんだ層 18 によって接合されている。

[0026] 次に、本実施形態に係るパワーモジュール 1 の製造方法について、図 3 のフロー図及び図 4 を参照して説明する。

まず、図 4 に示すように、セラミックス基板 11 の一方の面（図 4 において上面）に、溶加材 25、活性金属材 26、及び回路層 12 となる銅板 22 を順に積層するとともに、セラミックス基板 11 の他方の面（図 4 において下面）にも、図 4 に示すように、溶加材 25、活性金属材 26、及び金属層 13 となる銅板 23 を順に積層する。（積層工程 S01）。すなわち、セラミックス基板 11 と銅板 22 の間において、セラミックス基板 11 側に溶加材 25 を配置し、銅板 22 側に活性金属材 26 を配置しており、セラミックス基板 11 と銅板 23 の間において、セラミックス基板 11 側に溶加材 25 を配置し、銅板 22 側に活性金属材 26 を配置している。

[0027] ここで、溶加材 25 は、ろう材又ははんだ材を示すものであり、融点が 710℃ 以下の Cu-P 系ろう材、Cu-Sn 系ろう材、Cu-P-Sn-Ni 系はんだ材又は Cu-Sn 系はんだ材とされている。なお、Cu-P 系ろう材としては、例えば、Cu-P ろう材、Cu-P-Sn ろう材、Cu-P

—S n —N i ろう材などを用いることができる。

本実施形態では、溶加材 25 として C u —P —S n —N i 系ろう材箔 (C u —7 m a s s % P —15 m a s s % S n —10 m a s s % N i) を用いている。溶加材 25 の厚みは、5 μ m 以上 150 μ m 以下の範囲とされている。

[0028] 活性金属材 26 は、例えば T i 、Z r 、N b 、H f といった活性元素のいずれか 1 種又は 2 種以上を含有するものとされており、本実施形態では、活性金属材 26 として T i 箔を用いている。活性金属材 26 の厚みは、1 μ m 以上 20 μ m 以下の範囲とされている。

[0029] 次に、セラミックス基板 11、溶加材 25、活性金属材 26、及び銅板 22、23 を積層方向に 1 ~ 35 k g f / c m² (98 ~ 3430 k P a) で加圧した状態で、真空加熱炉内に装入して加熱する (加熱処理工程 S 02)。ここで、本実施形態では、真空加熱炉内の圧力は 10⁻⁶ P a 以上 10⁻³ P a 以下の範囲内に、加熱温度は 560℃ 以上 650℃ 以下の範囲内に、加熱時間は 30 分以上 360 分以下の範囲に設定している。

[0030] この加熱処理工程 S 02 においては、活性金属材 26 (T i 箔) と銅板 22、23 とが固相拡散接合によって接合されるとともに、溶加材 25 が熔融して液相を形成し、この液相が凝固することにより、溶加材 25 を介して、セラミックス基板 11 と活性金属材 26 とが接合されることになる。なお、固相拡散接合によって接合される活性金属材 26 と銅板 22、23 との接合面は、予め平滑な面とされている。

これにより、セラミックス基板 11 (セラミックス部材) の一方の面及び他方の面に回路層 12 (銅部材) 及び金属層 13 (銅部材) が形成され、本実施形態であるパワーモジュール用基板 10 (接合体) が製造される。

[0031] 次に、パワーモジュール用基板 10 の金属層 13 の下面に、はんだ材を介してヒートシンク 30 を接合する (ヒートシンク接合工程 S 03)。

次に、パワーモジュール用基板 10 の回路層 12 の上面に、はんだ材を介して半導体素子 3 を接合する (半導体素子接合工程 S 04)。

このようにして、本実施形態に係るパワーモジュール１が製造される。

[0032] 本実施形態のパワーモジュール用基板の製造方法によれば、セラミックス基板１１と銅板２２、２３との間において、セラミックス基板１１側に融点が 710°C 以下の溶加材２５を配置し、銅板２２、２３側に活性金属材２６（本実施形態においてはＴｉ材）を配置した状態で加熱処理を行うので、加熱時、熔融した液相の溶加材２５にＴｉが溶解し、液相の溶加材２５のセラミックス基板１１に対する濡れ性が高まり、溶加材２５が凝固した後は銅板２２が溶加材２５を介してセラミックス基板１１に接合され、高い接合信頼性を有することとなる。

[0033] また、本実施形態においては、活性金属材２６と銅板２２、２３とを積層し、加圧した状態で、温度 560°C 以上 650°C 以下に加熱し保持するので、活性金属材２６に含まれるＴｉ原子を銅板２２、２３中に拡散させ、銅板２２、２３に含まれる銅原子を活性金属材２６中に拡散させ、活性金属材２６と銅板２２、２３とを固相拡散接合することができる。

[0034] 加熱温度が 560°C 以上の場合、活性金属材２６に含まれるＴｉ原子と銅板２２、２３に含まれる銅原子との拡散が促進され、短時間で十分に固相拡散させることができる。また、加熱温度が 650°C 以下の場合、活性金属材２６と銅板２２、２３との間に液相が生じて接合界面にコブが生じたり、厚み変動したりすることを抑制できる。そのため、加熱温度は、上記の範囲に設定されている。

[0035] また、加熱処理工程Ｓ０２において、積層方向に加圧される圧力が 1 kgf/cm^2 (98 kPa) 以上の場合、活性金属材２６と銅板２２、２３とを十分に接合させることができ、活性金属材２６と銅板２２、２３（回路層１２、金属層１３）との間に隙間が生じることを抑制できる。また、負荷される圧力が 35 kgf/cm^2 (3430 kPa) 以下の場合、セラミックス基板１１に割れが発生することを抑制できる。そのため、加圧される圧力は上記の範囲に設定されている。

[0036] また、溶加材２５の融点が 710°C 以下とされているので、Ａｇ－Ｃｕ－

Ti系ろう材を用いた場合よりも低い温度で溶加材の液相を形成することができる。

さらに、溶加材25と銅板22、23との間に活性金属材料26が介在されているので、溶加材25の液相と銅板22、23とが直接接触することがなく、接合界面にコブが生じたり、厚み変動したりすることを抑制できる。

[0037] 上述のように、溶加材25がセラミックス基板11と良好に接合されるとともに、活性金属材料26と銅板22、23とが固相拡散接合によって接合されるので、セラミックス基板11と銅板22、23とを良好に接合でき、セラミックス基板11と回路層12及び金属層13との接合信頼性を向上させることができる。

さらに、Agを含有しない溶加材25を用いてセラミックス基板11と銅板22、23とを接合するので、Ag-Cu-Ti系ろう材を用いた場合よりも製造コストを低減できる。

[0038] また、本実施形態においては、セラミックス基板11の一方の面及び他方の面に、回路層12及び金属層13を同時に接合するので、製造工程を簡略化し、製造コストを低減できる。

さらに、活性金属材料26と銅板22、23との接合される面は、予め平滑な面とされているので、接合界面に隙間が生じることを抑制でき、活性金属材料26と銅板22、23とを確実に接合することができる。

[0039] また、本実施形態に係るパワーモジュール用基板10、パワーモジュール1によれば、セラミックス基板11の一方の面に銅板22からなる回路層12が形成されているので、半導体素子3からの熱を拡げてセラミックス基板11側に放散することができる。また、銅板22は変形抵抗が大きいので、ヒートサイクルが負荷された際に、回路層12の変形が抑制され、半導体素子3と回路層12とを接合する接合層2の変形を抑制し、接合信頼性を向上できる。

また、セラミックス基板11の他方の面に銅板23からなる金属層13が形成されているので、半導体素子3からの熱を効率的にヒートシンク30側

へと伝達することができる。

[0040] (第二実施形態)

次に、本発明の第二実施形態について説明する。なお、第一実施形態と同一の構成のものについては、同一の符号を付して記載し、詳細な説明を省略する。

図5に、第二実施形態であるパワーモジュール用基板110を備えたパワーモジュール101を示す。

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の一方の面(図5において上面)に接合層2を介して接合された半導体素子3と、パワーモジュール用基板110の他方側(図5において下側)に配置されたヒートシンク130と、を備えている。

[0041] パワーモジュール用基板110は、図5に示すように、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5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11の他方の面(図5において下面)に配設された金属層113と、を備えている。

[0042] 回路層112は、セラミックス基板11の一方の面に、導電性を有する銅又は銅合金の金属板が接合されることにより形成されている。本実施形態においては、回路層112は、純度99.99質量%以上の銅の圧延板を接合することで形成されている。なお、回路層112の厚さは0.1mm以上1.0mm以下の範囲内に設定されており、本実施形態では、0.4mmに設定されている。

[0043] 金属層113は、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の金属板が接合されることにより形成されている。第二実施形態においては、金属層113は、純度99.99質量%以上のアルミニウムの圧延板を接合することで形成されている。なお、金属層113の厚さは0.1mm以上3.0mm以下の範囲内に設定されており、本実施形態では、2.1mmに設定されている。

[0044] ヒートシンク 130 は、前述のパワーモジュール用基板 110 からの熱を放散するためのものである。本実施形態においては、ヒートシンク 130 は、アルミニウム又はアルミニウム合金で構成されており、本実施形態では A6063（アルミニウム合金）で構成されている。このヒートシンク 130 には、冷却用の流体が流れるための流路 131 が設けられている。なお、このヒートシンク 130 と金属層 113 とが、Al-Si 系のろう材によって接合されている。

[0045] 次に、本実施形態に係るパワーモジュール 101 の製造方法について、図 6 のフロー図及び図 7 を参照して説明する。

まず、図 7 に示すように、セラミックス基板 11 の一方の面（図 7 において上面）に、溶加材 25、活性金属材 26、及び回路層 112 となる銅板 122 を順に積層する（第一積層工程 S11）。すなわち、セラミックス基板 11 と銅板 122 の間において、セラミックス基板 11 側に溶加材 25 を配置し、銅板 122 側に活性金属材 26 を配置している。

ここで、第二実施形態においては、溶加材 25 として Cu-P-Sn-Ni 系ろう材箔（Cu-7mass%P-15mass%Sn-10mass%Ni）を用いている。この溶加材 25 の厚みは、5 μ m 以上 150 μ m 以下の範囲とされている。

また、第二実施形態においては、活性金属材 26 として Ti 箔を用いている。活性金属材 26 の厚みは、1 μ m 以上 20 μ m 以下の範囲とされている。

[0046] 次に、セラミックス基板 11、溶加材 25、活性金属材 26 及び銅板 122 を積層方向に圧力 1~35 kgf/cm²（98~3430 kPa）で加圧した状態で、真空加熱炉内に装入して加熱する（第一加熱処理工程 S12）。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 560℃ 以上 650℃ 以下の範囲内に、加熱時間は 30 分以上 360 分以下の範囲に設定している。

このようにして、セラミックス基板 11 の一方の面に銅板 122 が接合さ

れ、回路層 112 が形成される。

[0047] 次いで、セラミックス基板 11 の他方の面（図 7 において下面）に、図 7 に示すように、Al-Si 系ろう材 127 を介して金属層 113 となるアルミニウム板 123 を積層する（第二積層工程 S13）。第二実施形態において、第二積層工程 S13 では、図 7 に示すように、アルミニウム板 123 の下方にさらに Al-Si 系ろう材 127 を介してヒートシンク 130 を積層した。

[0048] 次に、セラミックス基板 11、アルミニウム板 123 及びヒートシンク 130 を積層方向に圧力 $1 \sim 35 \text{ kgf/cm}^2$ ($98 \sim 3430 \text{ kPa}$) で加圧した状態で、真空加熱炉内に装入して加熱する（第二加熱処理工程 S14）。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、加熱時間は 30 分以上 180 分以下の範囲に設定している。

このようにして、セラミックス基板 11 の他方の面にアルミニウム板 123 が接合されて金属層 113 が形成され、第二実施形態のパワーモジュール用基板 110 が製造され、さらにこのパワーモジュール用基板の下側にヒートシンク 130 が接合される。

[0049] 次に、パワーモジュール用基板 110 の回路層 112 の上面に、はんだ材を介して半導体素子 3 を接合する（半導体素子接合工程 S15）。

このようにして、第二実施形態のパワーモジュール 101 が製造される。

[0050] 本実施形態のパワーモジュール用基板 110 の製造方法によれば、セラミックス基板 11 と銅板 122 との間において、セラミックス基板 11 側に融点が 710°C 以下の溶加材 25 を配置し、銅板 122 側に活性金属材 26（Ti 材）を配置した状態で加熱処理を行うので、加熱時に溶加材 25 が熔融した液相に Ti が溶け込み、溶加材 25 の液相とセラミックス基板 11 との濡れ性が良好となる。

したがって、溶加材 25 の液相が凝固した際に、溶加材 25 とセラミックス基板 11 との接合信頼性が向上する。

また、本実施形態においては、活性金属材 2 6 と銅板 1 2 2 とを積層し、加圧した状態で、温度 5 6 0℃以上 6 5 0℃以下に加熱し保持するので、活性金属材 2 6 と銅板 1 2 2 とを固相拡散接合することができる。

[0051] さらに、パワーモジュール用基板 1 1 0 及びパワーモジュール 1 0 1 によれば、セラミックス基板 1 1 の他方の面にアルミニウム板 1 2 3 からなる金属層 1 1 3 が形成されているので、冷熱サイクルが負荷された際にパワーモジュール用基板 1 1 0 とヒートシンク 1 3 0 との間に生じる熱応力を金属層 1 1 3 によって吸収することができ、セラミックス基板 1 1 に割れが発生することを抑制することができる。

[0052] 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。

[0053] なお、上記の実施形態では、セラミックス基板の他方の面に、金属層を形成する場合について説明したが、金属層は形成されていなくても良い。

[0054] なお、上記実施の形態では、溶加材は、融点が 7 1 0℃以下の Cu-P-Sn-Ni 系ろう材とされている場合について説明したが、溶加材は融点（固相線温度）7 1 0℃以下かつ液相線温度 4 5 0℃以上のろう材とされても良い。具体的には、このろう材は、Cu-P 系ろう材、Cu-Sn 系ろう材、Cu-Al 系ろう材の中から選択されるいずれか一種であってもよい。なお、Cu-P 系ろう材としては、例えば、Cu-P ろう材、Cu-P-Sn ろう材などを用いることができる。このようなろう材を用いた場合、ろう材の融点が低いので、低温条件でも確実にセラミックス部材と銅部材との接合を行うことができる。

また、溶加材は、液相線温度 4 5 0℃未満のはんだ材とされても良い。具体的には、このはんだ材は、Cu-P-Sn-Ni 系はんだ材又は Cu-Sn 系はんだ材であってもよい。このようなはんだ材を用いた場合、はんだ材の融点がろう材よりも低いので、より低温条件でもセラミックス部材と銅部材との接合を行うことができる。

[0055] また、セラミックス部材側に活性金属材料を配置し、銅部材側にろう材を配置し、加熱処理をすることにより、セラミックス部材と銅部材とを接合することもできる。例えば、図8に示すように、セラミックス部材211上にスパッタリング等により活性金属材料226を配置し、活性金属材料226と銅部材222との間に溶加材225を配置して、これらを積層し、積層方向に加圧して加熱処理を行うことにより活性金属材料226と銅部材222とを接合することが可能である。

[0056] また、上記の実施形態では、パワーモジュール用基板の他方の面にヒートシンクを接合する場合について説明したが、ヒートシンクは接合されていなくても良い。

また、上記の実施形態では、パワーモジュール用基板とヒートシンクとをばんだ材又はろう材で接合する場合について説明したが、パワーモジュール用基板とヒートシンクとの間にグリースを介してネジ止めなどによって固定しても良い。

また、第二実施形態では、金属層とヒートシンクとを同時に接合する場合について説明したが、金属層を先に接合した後に、ヒートシンクを金属層に接合しても良い。

実施例

[0057] 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。

本発明例1～10については、AlNからなるセラミックス基板（40mm×40mm×0.635mm t（厚さ））の一方の面及び他方の面に表1に示す溶加材、活性金属材料、純度99.99%の銅からなる銅板（37mm×37mm×0.3mm t）を積層する。

本発明例11についてはAlNからなるセラミックス基板（40mm×40mm×0.635mm t）の一方の面に表1に示す溶加材、活性金属材料、純度99.99%の銅からなる銅板（37mm×37mm×0.3mm t）を積層した。

なお、活性金属の位置が銅部材側（銅板側）とされた本発明例 1～9 及び本発明例 11 については、セラミックス基板／溶加材／活性金属材／銅板の順に積層し、活性金属の位置がセラミックス基板側とされた本発明例 10 についてはセラミックス基板／活性金属材／溶加材／銅板の順に積層した。

[0058] そして、本発明例 1～10 については、積層方向に圧力 15 kg f / cm^2 (1470 kPa) で加圧した状態で真空加熱炉内に装入し、加熱することによってセラミックス基板の一方の面及び他方の面に銅板を接合し、回路層及び金属層を形成した。ここで、真空加熱炉内の圧力を 10^{-6} Pa 以上、 10^{-3} Pa 以下の範囲内に設定し、加熱温度及び加熱時間は表 1 に示す条件とした。このようにして本発明例 1～9 のパワーモジュール用基板を得た。

本発明例 11 については積層方向に圧力 15 kg f / cm^2 (1470 kPa) で加圧した状態で真空加熱炉内に装入し、加熱することによってセラミックス基板の一方の面に銅板を接合し、回路層を形成した。ここで、真空加熱炉内の圧力を 10^{-6} Pa 以上、 10^{-3} Pa 以下の範囲内に設定し、加熱温度及び加熱時間は表 1 に示す条件とした。冷却後、セラミックス基板の他方の面に Al-Si 系ろう材を介して純度 99.99 質量%のアルミニウムからなるアルミニウム板を積層し、積層方向に 5 kg f / cm^2 (490 kPa) で加圧した状態で真空加熱炉内に装入し、 640°C で 30 分間加熱することによってセラミックス基板の他方の面にアルミニウム板を接合し、本発明例 11 のパワーモジュール基板を得た。

[0059] 次に、上述のパワーモジュール用基板の金属層の他方の面側にヒートシンクを接合した。ヒートシンクは、りん脱酸銅からなる銅板 ($50 \text{ mm} \times 60 \text{ mm} \times 5 \text{ mm t}$) とした。接合条件は、Sn-Sb 系のはんだ材を用いて、 270°C で加熱することによる接合とした。

このようにして、本発明例 1～11 のヒートシンク付パワーモジュール用基板を作製した。

[0060] 上述のようにして得られた本発明例のヒートシンク付パワーモジュール用基板に対して、回路層とセラミックス基板との接合率及び、冷熱サイクル試

試験後の回路層とセラミックス基板との接合率を評価した。冷熱サイクルの試験方法と、接合率の評価方法を以下に説明する。

[0061] (冷熱サイクル試験)

冷熱サイクル試験は、冷熱衝撃試験機エスベック社製TSB-51を使用し、液相（フロリナート）中で、ヒートシンク付パワーモジュール用基板を -40°C の温度環境下に5分維持した後、 125°C まで加温して同温度環境下に5分維持し、再び -40°C の温度環境下に戻すプロセスを1サイクルとして、この温度変化のプロセスを3000サイクル実施した。

[0062] (セラミックス基板と回路層との接合率評価)

ヒートシンク付パワーモジュール用基板に対し、セラミックス基板と回路層との界面の接合率について超音波探傷装置を用いて評価し、以下の式から算出した。

ここで、初期接合面積とは、接合前における接合すべき面積、すなわち本実施例では回路層の面積とした。超音波探傷像において剥離は接合部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。なお、セラミックス基板及び回路層にクラックが生じた場合、このクラックは超音波探傷像において白色部で示され、クラックも剥離面積として評価されることになる。

[数1]

$$\text{接合率 (\%)} = \frac{\text{初期接合面積} - \text{剥離面積}}{\text{初期接合面積}} \times 100$$

以上の評価の結果を表1に示す。

[0063]

[表1]

	溶加材の成分	溶加材の厚み μm	溶加材の融点	活性金属材料の位置	活性金属材料の種類	活性金属材料の厚み μm	金属材料の材質	加熱条件		初期の接合率 %	冷熱サイクル試験後の接合率 %
								温度	時間		
本発明例 1	Cu-6.3mass%P-9.3mass%Sn-7mass%Ni	20	600°C	銅部材側	Ti	3	Cu	650°C	60分	99.6	93.8
本発明例 2	Cu-7mass%P-15mass%Sn-10mass%Ni	20	580°C	銅部材側	Ti	3	Cu	650°C	60分	99.8	97.9
本発明例 3	Cu-7mass%P-15mass%Sn-10mass%Ni	20	580°C	銅部材側	Zr	3	Cu	650°C	30分	98.9	97.2
本発明例 4	Cu-7mass%P-15mass%Sn-10mass%Ni	20	580°C	銅部材側	Nb	3	Cu	650°C	90分	99.2	96.1
本発明例 5	Cu-7mass%P-15mass%Sn-10mass%Ni	20	580°C	銅部材側	Hf	3	Cu	650°C	90分	100	99.3
本発明例 6	Cu-7mass%P	20	710°C	銅部材側	Ti	10	Cu	750°C	60分	99.7	97.8
本発明例 7	Sn-0.7mass%Cu-0.03mass%Ni-P	150	217°C	銅部材側	Ti	10	Cu	560°C	300分	98.2	88.4
本発明例 8	Sn-0.7mass%Cu	150	227°C	銅部材側	Ti	10	Cu	560°C	360分	98.4	90.7
本発明例 9	Al-33mass%Cu	100	548°C	銅部材側	Ti	15	Cu	600°C	60分	98.0	89.5
本発明例 10	Cu-7mass%P-15mass%Sn-10mass%Ni	20	580°C	セラミックス基板側	Ti	3	Cu	650°C	60分	99.6	86.0
本発明例 11	Cu-7mass%P-15mass%Sn-10mass%Ni	20	580°C	銅部材側	Ti	3	Al	650°C	60分	100	98.5

[0064] 融点が710℃以下の溶加材を用いた本発明例1～11においては、初期の接合率は高く、冷熱サイクルが負荷された後も高い接合率を維持しており、パワーモジュール用基板が得られることが確認された。

符号の説明

[0065] 10、110 パワーモジュール用基板
11 セラミックス基板（セラミックス部材）
12、112 回路層（銅部材）
13 金属層（銅部材）
25、225 溶加材
26、226 活性金属材
113 金属層
211 セラミックス部材
222 銅部材

産業上の利用可能性

[0066] 本発明は、セラミックス部材と銅部材とを低温で接合でき、しかも製造コストが低いパワーモジュール用基板の製造方法に関する。

請求の範囲

- [請求項1] セラミックスからなるセラミックス部材と、銅又は銅合金からなる銅部材とが接合されてなる接合体の製造方法であって、
活性金属材及び融点が 710°C 以下の溶加材を介して、前記セラミックス部材と前記銅部材とを積層する積層工程と、
積層された前記セラミックス部材及び前記銅部材を加熱処理する加熱処理工程と、を備えている接合体の製造方法。
- [請求項2] 前記積層工程において、前記セラミックス部材側に前記溶加材を配置し、前記銅部材側に前記活性金属材を配置する請求項1記載の接合体の製造方法。
- [請求項3] 前記溶加材が液相線温度 450°C 以上のろう材である請求項1又は請求項2に記載の接合体の製造方法。
- [請求項4] 前記ろう材は、Cu-P系ろう材、Cu-Sn系ろう材、及びCu-Al系ろう材の中から選択されるいずれか一種である請求項3に記載の接合体の製造方法。
- [請求項5] 前記溶加材が液相線温度 450°C 未満のはんだ材である請求項1又は請求項2に記載の接合体の製造方法。
- [請求項6] 前記はんだ材は、Cu-P-Sn-Ni系はんだ材又はCu-Sn系はんだ材である請求項5に記載の接合体の製造方法。
- [請求項7] 前記活性金属材は、Ti材である請求項1から請求項6のいずれか一項に記載の接合体の製造方法。
- [請求項8] セラミックス基板の一方の面に銅又は銅合金からなる回路層が形成された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回路層とを、請求項1から請求項7のいずれか一項に記載の接合体の製造方法によって接合するパワーモジュール用基板の製造方法。
- [請求項9] セラミックス基板の一方の面に銅又は銅合金からなる回路層が形成され、他方の面には銅又は銅合金からなる金属層が形成されたパワー

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回路層、及び前記セラミックス基板と前記金属層とを、請求項 1 から請求項 7 のいずれか一項に記載の接合体の製造方法によって接合するパワーモジュール用基板の製造方法。

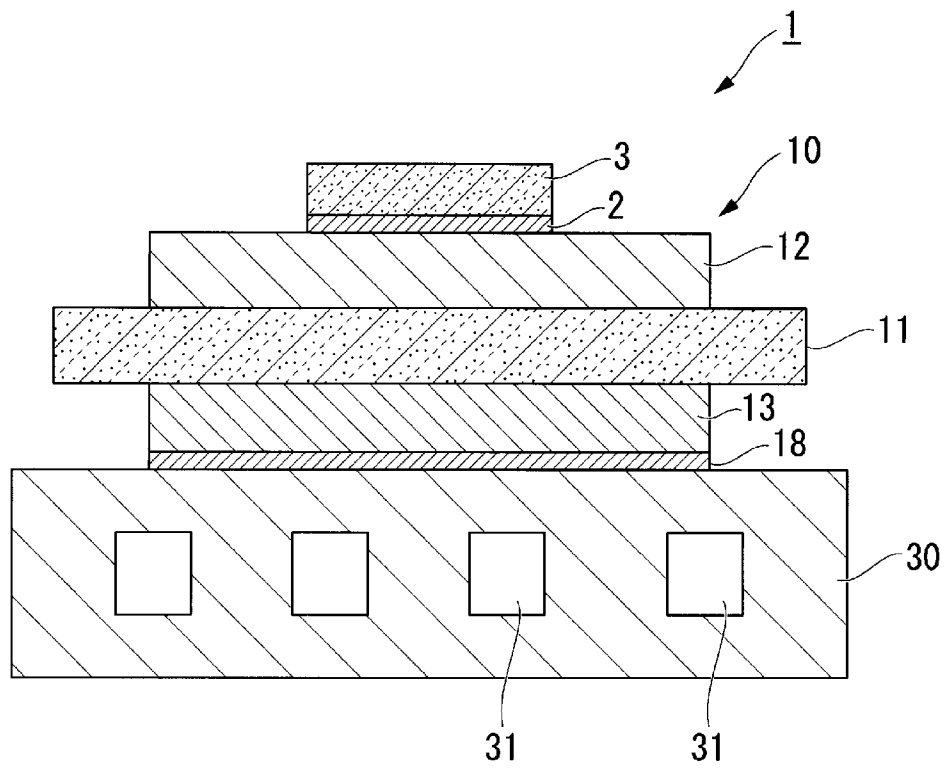
[請求項10]

セラミックス基板の一方の面に銅又は銅合金からなる回路層が形成され、他方の面にはアルミニウム又はアルミニウム合金からなる金属層が形成されたパワーモジュール用基板の製造方法であって、

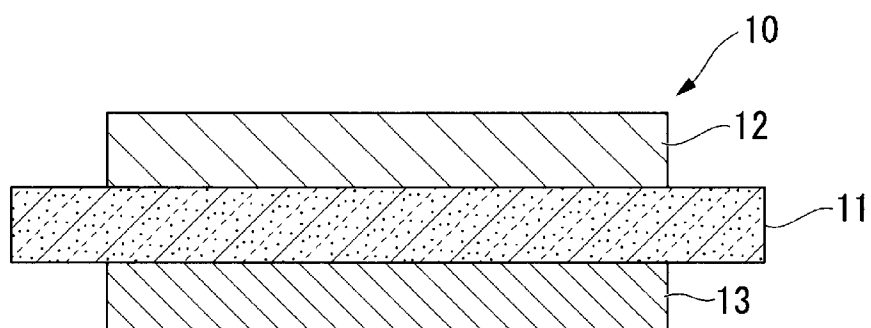
前記セラミックス基板と前記回路層とを、請求項 1 から請求項 7 のいずれか一項に記載の接合体の製造方法によって接合し、

前記回路層を前記セラミックス基板の一方の面に接合した後に、前記金属層を前記セラミックス基板の他方の面に接合するパワーモジュール用基板の製造方法。

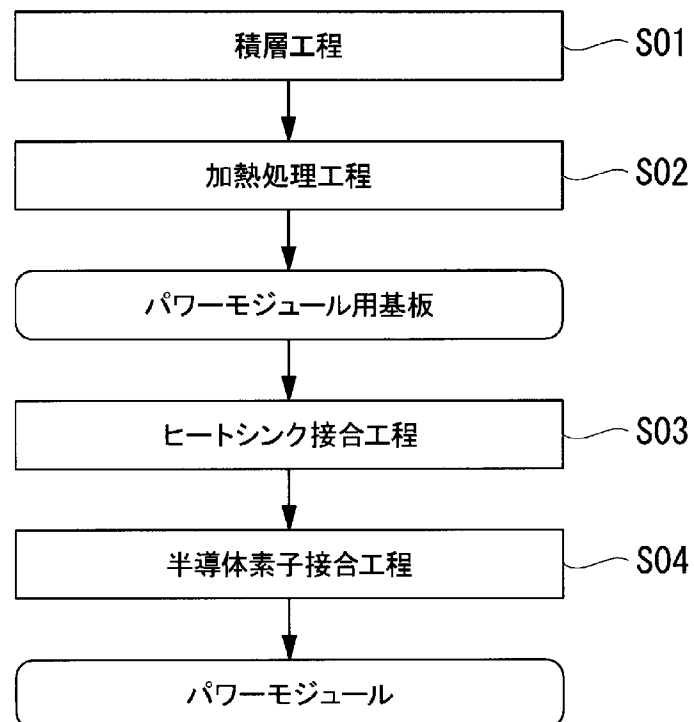
[図1]



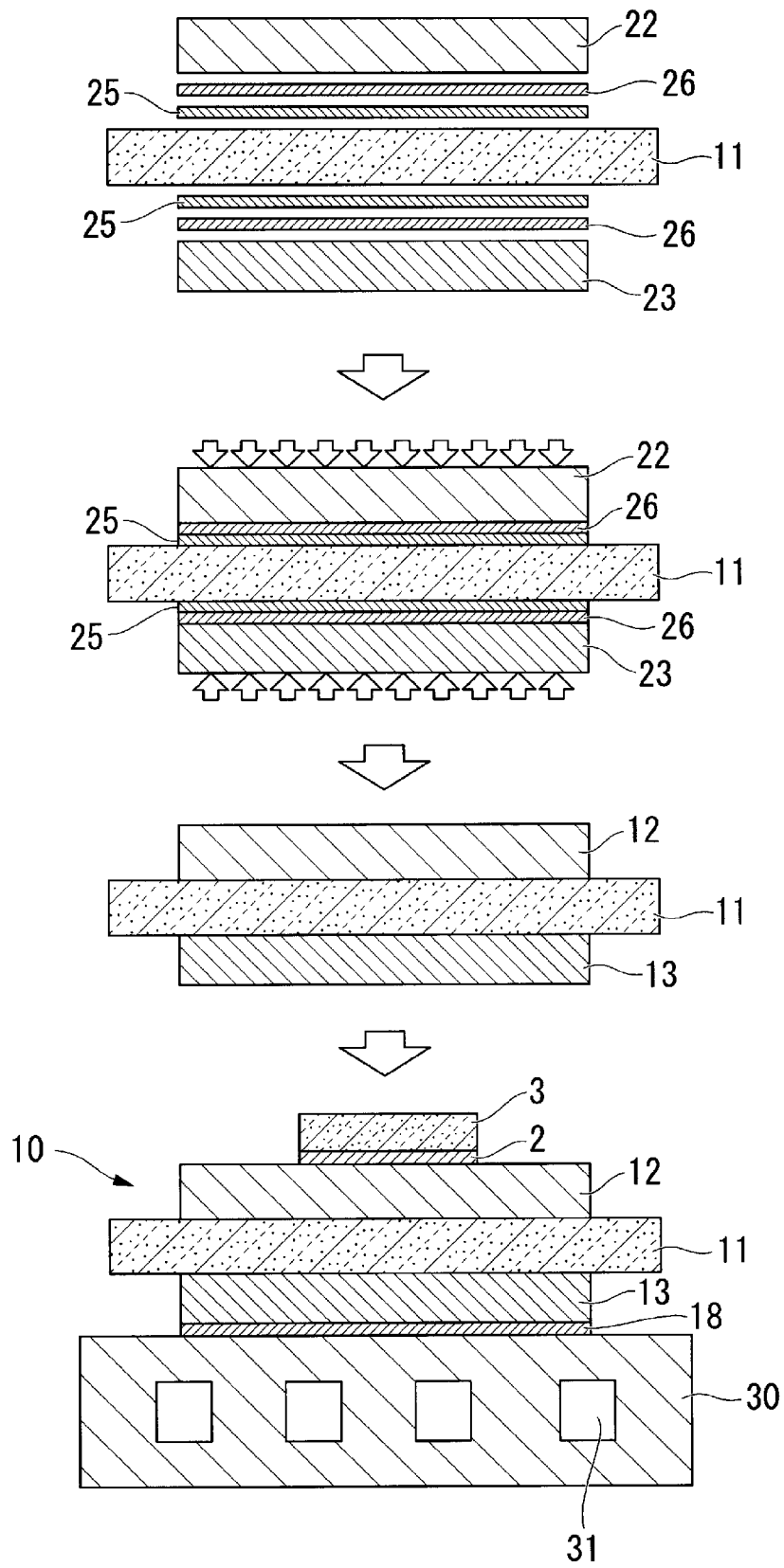
[図2]



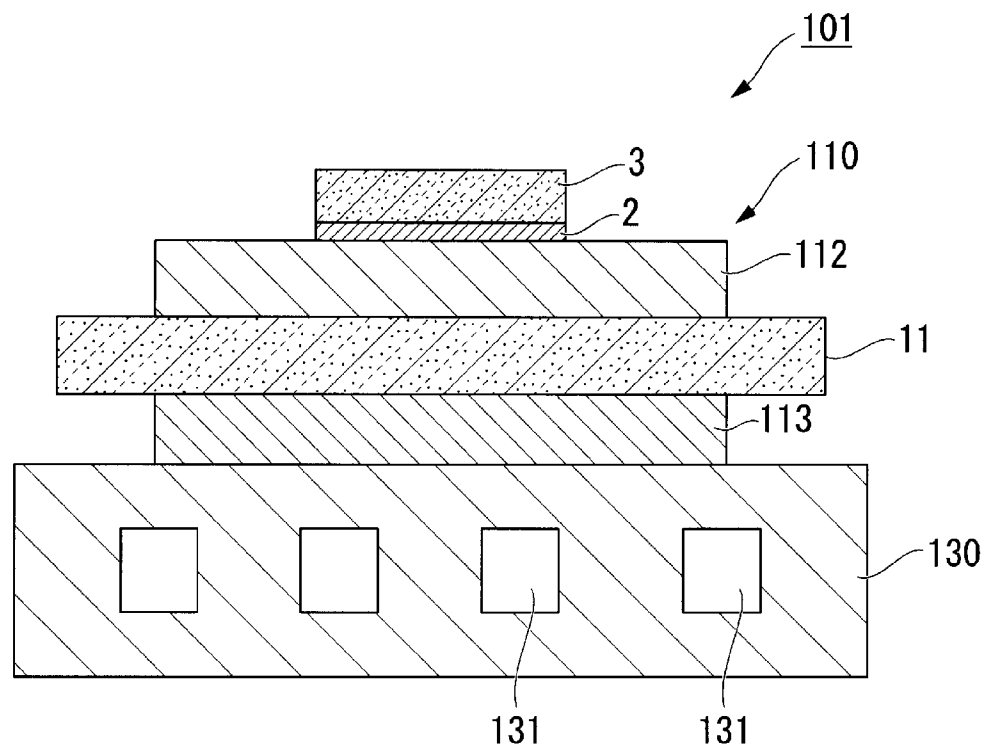
[図3]



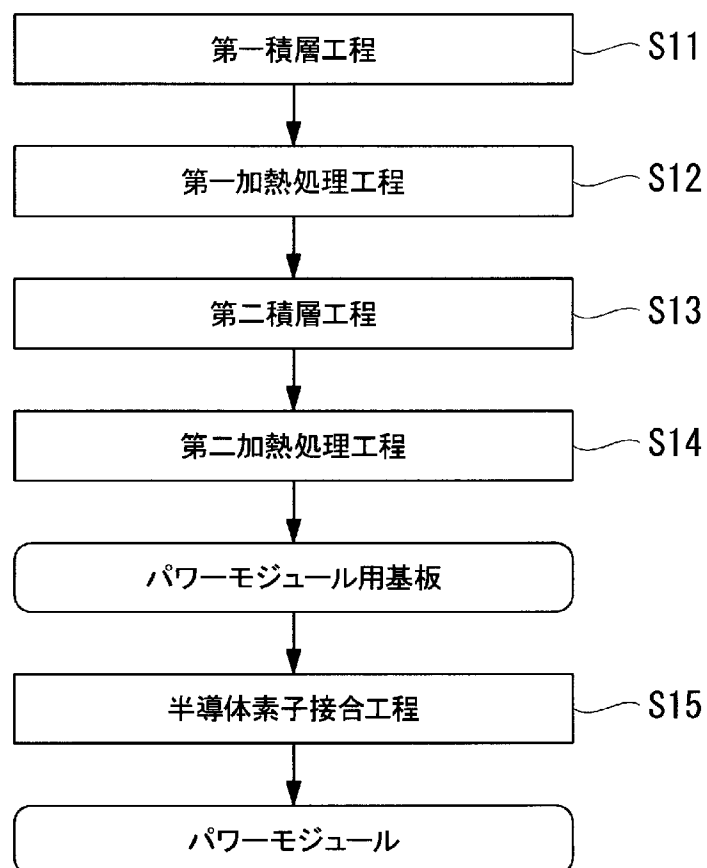
[図4]



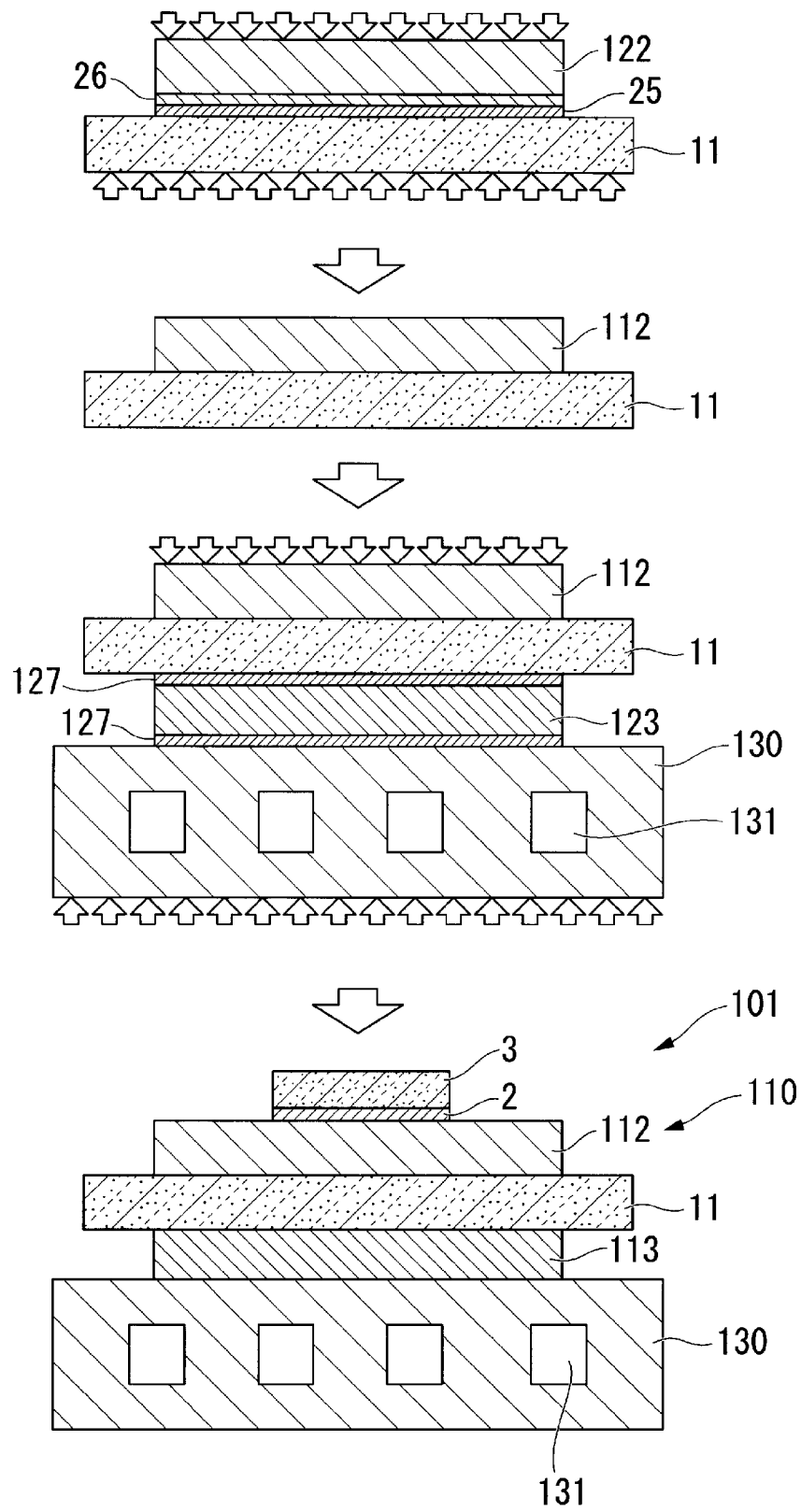
[図5]



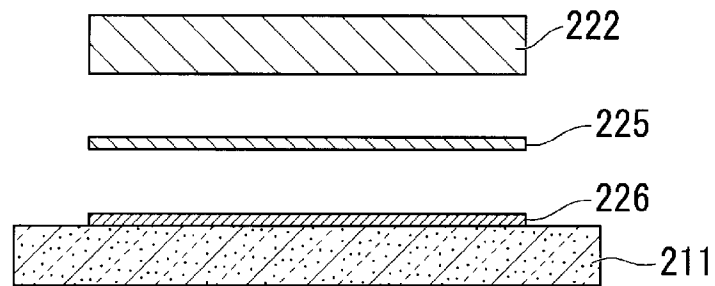
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/057121

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L23/12(2006.01)i, H01L23/14(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L23/12, H01L23/14

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

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

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 2005-50919 A (NGK Spark Plug Co., Ltd.), 24 February 2005 (24.02.2005), paragraphs [0034] to [0036], [0043]; fig. 1 (Family: none)	1, 3, 4, 7, 8 5, 6 2, 9, 10
Y	JP 2011-155227 A (Honda Motor Co., Ltd.), 11 August 2011 (11.08.2011), paragraphs [0019] to [0021]; fig. 2 (Family: none)	5, 6
A	JP 2003-197826 A (Toshiba Corp.), 11 July 2003 (11.07.2003), paragraphs [0016] to [0025]; fig. 1 (Family: none)	1-10

☒ 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
01 May, 2014 (01.05.14)

Date of mailing of the international search report
13 May, 2014 (13.05.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/057121

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2005-35874 A (Dowa Mining Co., Ltd.), 10 February 2005 (10.02.2005), paragraphs [0019], [0025]; fig. 1 & US 2004/0262367 A1 & EP 1465251 A2	1-10

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01L23/12(2006.01)i, H01L23/14(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. H01L23/12, H01L23/14

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 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y A	JP 2005-50919 A（日本特殊陶業株式会社）2005.02.24, 段落【0034】～【0036】、【0043】、図1 (ファミリーなし)	1, 3, 4, 7, 8 5, 6 2, 9, 10
Y	JP 2011-155227 A（本田技研工業株式会社）2011.08.11, 段落【0019】～【0021】、図2 (ファミリーなし)	5, 6

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

0 1 . 0 5 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

1 3 . 0 5 . 2 0 1 4

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）

小川 将之

5 D

9 6 3 4

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

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 2003-197826 A (株式会社東芝) 2003. 07. 11, 段落【0016】～【0025】, 図1 (ファミリーなし)	1-10
A	JP 2005-35874 A (同和鉱業株式会社) 2005. 02. 10, 段落【0019】, 【0025】, 図1 & US 2004/0262367 A1 & EP 1465251 A2	1-10