

(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
2013年2月21日(21.02.2013)



(10) 国際公開番号
WO 2013/024813 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 23/13 (2006.01) H05K 1/02 (2006.01)
H01L 23/36 (2006.01) H05K 1/05 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/070484
- (22) 国際出願日: 2012年8月10日(10.08.2012)
- (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 2011-176712 2011年8月12日(12.08.2011) JP
特願 2011-176881 2011年8月12日(12.08.2011) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 三菱
マテリアル株式会社(MITSUBISHI MATERIALS
CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008117 東京都千代田
区大手町一丁目3番2号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 黒光 祥郎
(KUROMITSU Yoshiro) [JP/JP]; 〒3110102 茨城県
那珂市向山1002番地14 三菱マテリアル
株式会社 中央研究所内 Ibaraki (JP). 長友 義幸
(NAGATOMO Yoshiyuki) [JP/JP]; 〒3110102 茨城県
那珂市向山1002番地14 三菱マテリアル

株式会社 中央研究所内 Ibaraki (JP). 寺▲崎▼
伸幸(TERASAKI Nobuyuki) [JP/JP]; 〒3110102 茨城
県那珂市向山1002番地14 三菱マテリア
ル株式会社 中央研究所内 Ibaraki (JP). 坂本 敏
夫(SAKAMOTO Toshio) [JP/JP]; 〒3640022 埼玉県
北本市下石戸上1975-2 三菱マテリアル
株式会社 銅事業カンパニー 銅加工事業部
技術部 銅加工開発センター内 Saitama (JP). 牧
一誠(MAKI Kazunari) [JP/JP]; 〒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 金属加工プロセス開発セ
ンター内 Saitama (JP). 森 広行(MORI Hiroyuki)
[JP/JP]; 〒3640022 埼玉県北本市下石戸上197
5-2 三菱マテリアル株式会社 中央研究所
金属加工プロセス開発センター内 Saitama (JP).
荒井 公(ARAI Isao) [JP/JP]; 〒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 金属加工プロセス開発セン
ター内 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).

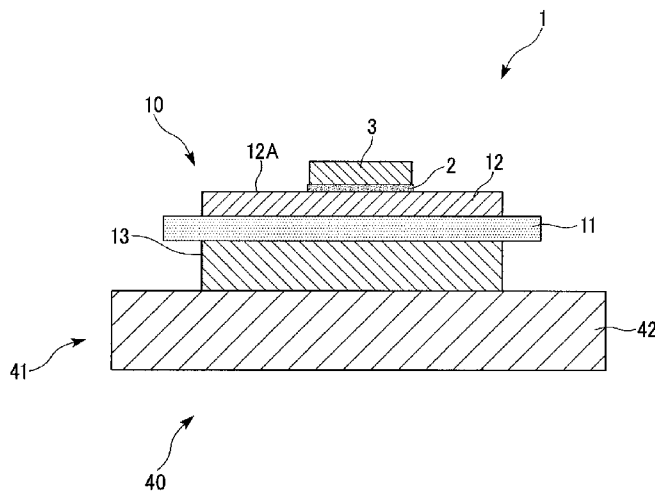
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,
BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN,

[続葉有]

(54) Title: SUBSTRATE FOR POWER MODULE, SUBSTRATE FOR POWER MODULE WITH HEAT SINK, POWER MOD-
ULE, AND METHOD FOR MANUFACTURING SUBSTRATE FOR POWER MODULE

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

[図1]



(57) Abstract: This substrate (10) for a power module is provided with an insulating substrate (11) and a circuit layer (12) formed on one surface of the insulating substrate (11). The circuit layer (12) is configured by bonding a first copper plate (22) onto one surface of the insulating substrate (11). Before being bonded, the first copper plate (22) has a composition containing at least: a total of 1 molppm to 100 molppm of one or more of an alkali earth metal, a transition metal element, and a rare earth element; or 100 molppm to 1000 molppm of boron; with the remainder being copper and unavoidable impurities.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2013/024813 A1



CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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

シア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

本発明のパワーモジュール用基板 (10) は、絶縁基板 (11) と、この絶縁基板 (11) の一方の面に形成された回路層 (12) と、を備えたパワーモジュール用基板 (10) であって、前記回路層 (12) は、前記絶縁基板 (11) の一方の面に第一銅板 (22) が接合されて構成されており、前記第一銅板 (22) は、接合される前において、少なくとも、アルカリ土類元素、遷移金属元素、希土類元素のうちの 1 種以上を合計で 1 mol ppm 以上 100 mol ppm 以下、又は、ボロンを 100 mol ppm 以上 1000 mol ppm 以下のいずれか一方を含有し、残部が銅及び不可避不純物とされた組成とされている。

明 細 書

発明の名称：

パワーモジュール用基板、ヒートシンク付パワーモジュール用基板、パワーモジュール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、大電流、高電圧を制御する半導体装置に用いられるパワーモジュール用基板、ヒートシンク付パワーモジュール用基板、パワーモジュール及びパワーモジュール用基板の製造方法に関する。

本願は、2011年08月12日に日本に出願された特願2011-176712号及び特願2011-176881号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 半導体素子の中でも電力供給のためのパワーモジュールは、発熱量が比較的高いため、これを搭載する基板としては、例えば、AlN（窒化アルミ）、Al₂O₃（アルミナ）、Si₃N₄（窒化ケイ素）などからなる絶縁基板と、この絶縁基板の一方の面側に第一の金属板が接合されて構成された回路層と、絶縁基板の他方の面側に第二の金属板が接合されて構成された金属層と、を備えたパワーモジュール用基板が用いられる。

このようなパワーモジュール基板では、回路層の上に、はんだ材を介してパワー素子等の半導体素子が搭載される。

[0003] 例えば、特許文献1には、第一の金属板（回路層）及び第二の金属板（金属層）としてアルミニウム板を用いてなるパワーモジュール用基板が提案されている。

また、特許文献2、3には、第一の金属板（回路層）及び第二の金属板（金属層）を銅板とし、この銅板をDBC法によって絶縁基板に直接接合してなるパワーモジュール用基板が提案されている。また、特許文献2の第1図には、上述のパワーモジュール用基板に、有機系耐熱性接着剤用いてアルミ

ニウム製のヒートシンクを接合したヒートシンク付パワーモジュール用基板が開示されている。

先行技術文献

特許文献

- [0004] 特許文献1：特許第3 1 7 1 2 3 4号公報
特許文献2：特開平0 4 - 1 6 2 7 5 6号公報
特許文献3：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

- [0005] ところで、特許文献1に記載されたパワーモジュール用基板においては、回路層を構成する第一の金属板としてアルミニウム板が用いられている。銅とアルミニウムとを比較すると、アルミニウムの熱伝導率が低いことから、回路層としてアルミニウム板を用いた場合には、銅板を用いた場合に比べて回路層上に搭載された電気部品等の発熱体からの熱を払って放散することができない。このため、電子部品の小型化や高出力化により、パワー密度が上昇した場合には、熱を十分に放散することができなくなるおそれがあった。

- [0006] 特許文献2, 3においては、回路層を銅板で構成していることから、回路層上に搭載された電気部品等の発熱体からの熱を効率的に放散することが可能となる。

しかしながら、上述のパワーモジュール用基板においては、その使用環境において冷熱サイクルが負荷されるが、特許文献2, 3に記載されているように回路層及び金属層を銅板で構成した場合には、上述の冷熱サイクルによって絶縁基板と銅板との熱膨張係数の差に起因するせん断応力が銅板に作用する。よって、銅板が加工硬化してしまい、絶縁基板に割れ等が発生するといった問題があった。

また、特許文献2に記載されたヒートシンク付パワーモジュール用基板においては、アルミニウム製のヒートシンクと絶縁基板との間に銅板が配設さ

れている。このことから、ヒートシンクと絶縁基板との熱膨張係数の差に起因する熱歪みを、この銅板にて十分に緩和することができず、冷熱サイクル負荷時に絶縁基板に割れ等が生じやすいといった問題があった。

[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、回路層上に搭載された電子部品等からの熱を効率よく放散できるとともに、冷熱サイクル負荷時における絶縁基板の割れの発生を抑制できるパワーモジュール用基板、ヒートシンク付パワーモジュール用基板、パワーモジュール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] 本発明の一態様であるパワーモジュール用基板は、絶縁基板と、前記絶縁基板の一方の面に形成された回路層と、を備えたパワーモジュール用基板であって、前記回路層は、前記絶縁基板の一方の面に第一銅板が接合されて構成されており、前記第一銅板は、接合される前において、少なくとも、アルカリ土類元素、遷移金属元素、希土類元素のうちの1種以上を合計で1 mol ppm以上100 mol ppm以下、又は、ボロンを100 mol ppm以上1000 mol ppm以下のいずれか一方を含有し、残部が銅及び不可避不純物とされた組成とされている。

また、前記絶縁基板の他方の面に形成された金属層をさらに備えたパワーモジュール用基板であって、前記金属層は、前記絶縁基板の他方の面にアルミニウム板が接合されて構成されていてもよい。

[0009] この構成のパワーモジュール用基板においては、電子部品等が搭載される回路層が第一銅板で構成されているので、電子部品等から発生する熱を十分に拡げることができ、熱の放散を促進することができる。

[0010] また、前記回路層を構成する第一銅板は、接合される前において、少なくとも、アルカリ土類元素、遷移金属元素、希土類元素のうちの1種以上を合計で1 mol ppm以上100 mol ppm以下、又は、ボロンを100 mol ppm以上1000 mol ppm以下のいずれか一方を含有し、残部が銅及び不可避不純物とされた組成とされていてもよい。

このため、アルカリ土類元素、遷移金属元素、希土類元素又はボロンのうち少なくとも1種以上の元素が、不可避不純物のひとつとして銅中に存在するS（硫黄）と反応して硫化物を生成し、Sの影響を抑制することが可能となる。よって、冷熱サイクル時の特に高温域で、回路層において回復・再結晶化が進み、絶縁基板と回路層との熱膨張率の差に起因するせん断応力によって加工硬化された回路層の歪みが減少されることになり、冷熱サイクル時において絶縁基板に負荷される応力が低減される。これにより、冷熱サイクル負荷時における絶縁基板の割れの発生を抑制することが可能となる。

[0011] アルカリ土類元素、遷移金属元素、希土類元素の含有量の合計が1 mol ppm未満である場合、又は、ボロンの含有量が100 mol ppm未満である場合には、銅中に存在するSの影響を十分に抑制することができなくなるおそれがある。また、アルカリ土類元素、遷移金属元素、希土類元素の含有量の合計が100 mol ppmを超える場合、又は、ボロンの含有量が1000 mol ppmを超える場合には、これらの元素によって回路層（第一銅板）が硬化したり、熱伝導度が低下したりしてしまうおそれがある。

よって、アルカリ土類元素、遷移金属元素、希土類元素のうち1種以上を合計で1 mol ppm以上100 mol ppm以下、又は、ボロンを100 mol ppm以上1000 mol ppm以下の範囲に設定している。

[0012] 前記回路層を構成する第一銅板は、接合される前において、少なくとも、アルカリ土類元素、遷移金属元素、希土類元素のうち1種以上を合計で3 mol ppm以上50 mol ppm以下、又は、ボロンを300 mol ppm以上1000 mol ppm以下のいずれか一方を含有し、残部が銅及び不可避不純物とされた組成とされていることが好ましい。

この場合、アルカリ土類元素、遷移金属元素、希土類元素の含有量の合計が3 mol ppm以上、又は、ボロンの含有量が300 mol ppm以上とされているので、銅中のSの影響を抑制することができ、再結晶温度が低くなり、加工硬化を確実に抑制することが可能となる。また、アルカリ土類元素、遷移金属元素、希土類元素の含有量の合計が50 mol ppm以下、又

は、ボロンの含有量が1000molppm以下とされているので、第一銅板の硬化や熱伝導度の低下を抑制することができる。

[0013] また、前記回路層を構成する第一銅板は、酸素含有量が1質量ppm以下とされていることが好ましい。

この場合、アルカリ土類元素、遷移金属元素、希土類元素又はボロンのうち少なくとも1種以上の元素が、酸素と反応して酸化物となることが抑制され、確実にSと反応し、硫化物を生成することができる。よって、アルカリ土類元素、遷移金属元素、希土類元素又はボロンのうち少なくとも1種以上の元素の含有量が少なくても、Sの影響を十分に抑制することが可能となる。

[0014] さらに、前記金属層のうち前記絶縁基板との接合界面には、Si, Cu, Ag, Zn, Mg, Ge, Ca, Ga, Liのうちのいずれか1種又は2種以上の添加元素が固溶しており、前記金属層のうち接合界面近傍における前記添加元素の濃度の合計が0.01質量%以上5質量%以下の範囲内に設定されていることが好ましい。

この場合、前記金属層に、Si, Cu, Ag, Zn, Mg, Ge, Ca, Ga及びLiのうちのいずれか1種又は2種以上の添加元素が固溶しているので、前記金属層の接合界面側部分が固溶強化される。これにより、金属層部分での破断を防止することができる。

[0015] また、前記金属層のうち接合界面近傍における前記添加元素の濃度の合計が0.01質量%以上とされているので、金属層の接合界面側部分を確実に固溶強化することができる。また、前記金属層のうち接合界面近傍における前記添加元素の濃度の合計が5質量%以下とされているので、金属層の接合界面近傍の強度が過剰に高くなることを防止でき、このパワーモジュール用基板に熱サイクルが負荷された際に、熱歪みを金属層で緩和することが可能となり、絶縁基板の割れの発生を抑制できる。

[0016] さらに、前記金属層のうち前記絶縁基板との接合界面には、Si, Cu, Ag, Zn, Mg, Ge, Ca, Ga, Liのうちのいずれか1種又は2種

以上の添加元素の濃度が、前記金属層中の前記添加元素の濃度の2倍以上とされた添加元素高濃度部が形成されていることが好ましい。

この場合、金属層の接合界面に、前記添加元素の濃度が前記金属層中の前記添加元素の濃度の2倍以上とされた添加元素高濃度部が形成されているので、界面近傍に存在する前記添加元素原子により、金属層の接合強度の向上を図ることが可能となる。金属層中の前記添加元素の濃度とは、金属層のうち接合界面から一定距離（例えば、5 nm以上）離れた部分における前記添加元素の濃度である。

[0017] また、本発明の一態様であるパワーモジュール用基板においては、前記絶縁基板の他方の面に形成された金属層をさらに備えたパワーモジュール用基板であって、前記金属層は、前記絶縁基板の他方の面に第二銅板が接合されて構成されており、前記第二銅板は、接合される前において、少なくとも、アルカリ土類元素、遷移金属元素、希土類元素のうちの1種以上を合計で1 mol ppm以上100 mol ppm以下、又は、ボロンを100 mol ppm以上1000 mol ppm以下のいずれか一方を含有し、残部が銅及び不可避不純物とされた組成とされていることが好ましい。

[0018] この場合、絶縁基板の他方の面に第二銅板からなる金属層が形成されているので、金属層において熱を拡げることができ、熱の放散をさらに促進することができる。また、絶縁基板の両面にそれぞれ銅板が接合されることから、絶縁基板の反りを抑制することができる。

[0019] さらに、金属層を構成する第二銅板は、接合される前において、少なくとも、アルカリ土類元素、遷移金属元素、希土類元素のうちの1種以上を合計で1 mol ppm以上100 mol ppm以下、又は、ボロンを100 mol ppm以上1000 mol ppm以下のいずれか一方を含有し、残部が銅及び不可避不純物とされた組成とされていてもよい。

このため、アルカリ土類元素、遷移金属元素、希土類元素又はボロンのうち少なくとも1種以上の元素が、不可避不純物のひとつとして銅中に存在するS（硫黄）と反応して硫化物を生成し、Sの影響を抑制することが可能と

なる。よって、冷熱サイクル時の特に高温域で、金属層において回復・再結晶化が進み、絶縁基板と回路層との熱膨張率の差に起因するせん断応力によって加工硬化された回路層の歪みが減少され、冷熱サイクル時において絶縁基板に負荷される応力が低減される。これにより、冷熱サイクル負荷時における絶縁基板の割れの発生を抑制することが可能となる。

[0020] 前記第一銅板および前記第二銅板の少なくとも一方は、接合される前に、少なくとも、アルカリ土類元素、遷移金属元素、希土類元素のうちの1種以上を合計で3 mol ppm以上50 mol ppm以下、又は、ボロンを300 mol ppm以上1000 mol ppm以下のいずれか一方を含有し、残部が銅及び不可避不純物とされた組成とされていることが好ましい。

この場合、アルカリ土類元素、遷移金属元素、希土類元素の含有量の合計が3 mol ppm以上、又は、ボロンの含有量が300 mol ppm以上とされているので、銅中のSの影響を抑制することができ、再結晶温度が低くなり、加工硬化を確実に抑制することが可能となる。また、アルカリ土類元素、遷移金属元素、希土類元素の含有量の合計が50 mol ppm以下、又は、ボロンの含有量が1000 mol ppm以下とされているので、前記第一銅板および／または前記第二銅板の硬化や熱伝導度の低下を抑制することができる。

[0021] また、前記第一銅板および前記第二銅板の少なくとも一方は、酸素含有量が1質量 ppm以下とされていることが好ましい。

この場合、アルカリ土類元素、遷移金属元素、希土類元素又はボロンのうち少なくとも1種以上の元素が、酸素と反応して酸化物となることが抑制され、確実にSと反応し、硫化物を生成することができる。よって、アルカリ土類元素、遷移金属元素、希土類元素又はボロンのうち少なくとも1種以上の元素の含有量が少なくても、Sの影響を十分に抑制することが可能となる。

[0022] 本発明の他態様であるパワーモジュール用基板は、前述のパワーモジュール用基板と、前記絶縁基板の他方の面側に配設されたヒートシンクと、を備

えている。

この構成のパワーモジュール用基板によれば、アルミニウム板または第二銅板からなる金属層にヒートシンクが接合されている。よって、このヒートシンクによって、パワーモジュール用基板からの熱を効率良く放散することができる。また、冷熱サイクル負荷時の熱歪みを金属層の変形によって緩和することができ、絶縁基板の割れを抑制することができる。

[0023] 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は、前述のヒートシンク付パワーモジュール用基板と、前記回路層上に搭載された電子部品と、を備えている。

また、本発明の他態様であるパワーモジュールは、前述のパワーモジュール用基板と、前記回路層上に搭載された電子部品と、を備えている。

これらの構成のパワーモジュールによれば、回路層上に搭載された電子部品からの熱を効率的に放散することができ、電子部品のパワー密度（発熱量）が向上した場合であっても、十分に対応することができる。

[0024] 本発明の一態様であるパワーモジュール用基板の製造方法は、絶縁基板と、この絶縁基板の一方の面に形成された回路層と、前記絶縁基板の他方の面に形成された金属層と、を備えたパワーモジュール用基板の製造方法であって、前記回路層は、前記絶縁基板の一方の面に第一銅板が接合されて構成され、前記金属層は、前記絶縁基板の他方の面にアルミニウム板が接合されて構成され、前記第一銅板は、接合される前において、少なくとも、アルカリ土類元素、遷移金属元素、希土類元素のうちの1種以上を合計で1 mol ppm以上100 mol ppm以下、又は、ボロンを100 mol ppm以上1000 mol ppm以下のいずれか一方を含有し、残部が銅及び不可避不純物とされた組成とされており、前記絶縁基板の一方の面に第一銅板を接合して前記回路層を形成する回路層形成工程と、前記絶縁基板の他方の面にアルミニウム板を接合して前記金属層を形成する第一金属層形成工程と、を備え、前記第一金属層形成工程においては、前記アルミニウム板の接合界面にSi, Cu, Ag, Zn, Mg, Ge, Ca, Ga, Liのうちのいずれか

1種又は2種以上の添加元素を配置し、前記アルミニウム板を接合する。

[0025] この構成のパワーモジュール用基板の製造方法によれば、前述したパワーモジュール用基板を製造することができる。また、前記第一金属層形成工程においては、前記第二の金属板の接合界面にSi, Cu, Ag, Zn, Mg, Ge, Ca, Ga, Liのうちのいずれか1種又は2種以上の添加元素を配置し、前記アルミニウム板を接合する構成であるので、前記アルミニウム板と前記絶縁基板とを強固に接合することができる。また、Si, Cu, Ag, Zn, Mg, Ge, Ca, Ga, Liといった元素は、アルミニウムの融点を降下させる元素であるため、比較的低温な条件（例えば570～630℃）においても、前記アルミニウム板の接合界面に溶融金属領域を形成することができる。これらの添加元素は、前記アルミニウム板等の接合面に固着させてもよいし、接合面にこれらの添加元素を含む金属箔（ろう材箔）を配設してもよい。

発明の効果

[0026] 本発明によれば、回路層上に搭載された電子部品等からの熱を効率よく放散できるとともに、冷熱サイクル負荷時における絶縁基板の割れの発生を抑制できるパワーモジュール用基板、ヒートシンク付パワーモジュール用基板、パワーモジュール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

[0027] [図1]本発明の第1の実施形態であるパワーモジュール用基板及びパワーモジュールの概略説明図である。

[図2A]本発明の第1の実施形態であるパワーモジュール用基板における金属層の添加元素の濃度分布を測定する領域を示す説明図である。

[図2B]本発明の第1の実施形態であるパワーモジュール用基板における金属層の添加元素の濃度分布を示す説明図である。

[図3]本発明の第1の実施形態であるパワーモジュール用基板の金属層及びヒートシンク（放熱板）の添加元素の濃度分布を示す説明図である。

[図4]本発明の第1の実施形態であるパワーモジュール用基板の金属層とセラミックス基板との接合界面の模式図である。

[図5]本発明の第1の実施形態であるパワーモジュール用基板の製造方法及びヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法のフロー図である。

[図6]本発明の第1の実施形態であるパワーモジュール用基板の製造方法及びヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法を示す説明図である。

[図7]図6におけるセラミックス基板と金属層（アルミニウム板）との接合界面近傍を示す説明図である。

[図8]図6におけるヒートシンク（放熱板）と金属層（アルミニウム板）との接合界面近傍を示す説明図である。

[図9]本発明の第2の実施形態であるパワーモジュール用基板及びパワーモジュールの概略説明図である。

[図10]本発明の第2の実施形態であるパワーモジュール用基板の回路層（銅板）とセラミックス基板との接合界面に拡大説明図である。

[図11]本発明の実施形態であるパワーモジュール用基板の製造方法及びヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法のフロー図である。

[図12]本発明の実施形態であるパワーモジュール用基板の製造方法及びヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法を示す説明図である。

[図13]本発明の第3の実施形態であるパワーモジュール用基板の概略説明図である。

[図14]本発明の第3の実施形態であるパワーモジュール用基板の製造方法のフロー図である。

[図15]本発明の第3の実施形態であるパワーモジュール用基板の製造方法を示す説明図である。

[図16]本発明の第4の実施形態であるパワーモジュール用基板及びパワーモジュールの概略説明図である。

[図17]本発明の第5の実施形態であるパワーモジュール用基板及びパワーモジュールの概略説明図である。

[図18]本発明の第5の実施形態であるパワーモジュール用基板の製造方法のフロー図である。

[図19]本発明の第5の実施形態であるパワーモジュール用基板の製造方法を示す説明図である。

[図20]本発明の第6の実施形態であるパワーモジュール用基板の概略説明図である。

[図21]本発明の第6の実施形態であるパワーモジュール用基板の製造方法の製造方法のフロー図である。

[図22]本発明の第6の実施形態であるパワーモジュール用基板の製造方法を示す説明図である。

[図23]本発明の第7の実施形態であるパワーモジュール用基板の概略説明図である。

[図24]本発明の第7の実施形態であるパワーモジュール用基板の製造方法のフロー図である。

[図25]本発明の第7の実施形態であるパワーモジュール用基板の製造方法を示す説明図である。

発明を実施するための形態

[0028] 以下に、本発明の実施形態について添付した図面を参照して説明する。

図1に本発明の第1の実施形態であるパワーモジュール用基板10、ヒートシンク付パワーモジュール用基板40及びパワーモジュール1を示す。

このパワーモジュール1は、パワーモジュール用基板10と、半導体素子3と、ヒートシンク41とを備えている。パワーモジュール用基板10は、回路層12が配設されている。半導体素子3は、回路層12の搭載面12Aにはんだ層2を介して接合されている。はんだ層2は、例えばSn-Ag系、Sn-In系、若しくはSn-Ag-Cu系のはんだ材（いわゆる無鉛はんだ材）とされている。本実施形態では、回路層12の搭載面12Aとはんだ層2との間に、Niめっき膜（図示なし）が設けられていてもよい。

[0029] パワーモジュール用基板10は、図1に示すように、セラミックス基板1

1と、回路層12と、金属層13と、を備えている。回路層12は、このセラミックス基板11の一方の面（図1において上面）に形成されている。金属層13は、セラミックス基板11の他方の面（図1において下面）に形成されている。

[0030] 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 Al_2O_3 （アルミナ）で構成されている。また、セラミックス基板11の厚さは、0.2～1.5mm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。

[0031] 回路層12は、図6に示すように、セラミックス基板11の一方の面（図6において上面）に、第一銅板22が接合されることにより形成されている。回路層12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、0.3mmに設定されている。また、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12Aとされている。

[0032] この第一銅板22（回路層12）は、接合される前において、少なくとも、アルカリ土類元素、遷移金属元素、希土類元素のうちの1種以上を合計で1molppm以上100molppm以下、又は、ボロンを100molppm以上1000molppm以下のいずれか一方を含有し、残部が銅及び不可避不純物とされた組成とされており、さらに好ましくは、少なくとも、アルカリ土類元素、遷移金属元素、希土類元素のうちの1種以上を合計で3molppm以上50molppm以下、又は、ボロンを300molppm以上1000molppm以下のいずれか一方を含有しており、酸素含有量が1質量ppm以下とされている。

本実施形態では、第一銅板22（回路層12）は、純度99.99質量%以上の無酸素銅（OFC）にMgを15molppm添加したMg-Doped銅を用いた。

[0033] 金属層13は、図6に示すように、セラミックス基板11の他方の面（図6において下面）に、アルミニウム板23が接合されることにより形成され

ている。

このアルミニウム板 23（金属層 13）は、純度が 99 質量%以上で、耐力が 30 N/mm^2 以下のアルミニウム又はアルミニウム合金の圧延板とされている。

本実施形態においては、アルミニウム板 23（金属層 13）は、純度が 99.99 質量%以上のアルミニウム（いわゆる 4N アルミニウム）の圧延板とされている。

[0034] 図 2A および図 2B に示すように、セラミックス基板 11 と金属層 13 との接合界面 30 においては、Si, Cu, Ag, Zn, Mg, Ge, Ca, Ga, Li のうちのいずれか 1 種又は 2 種以上の添加元素が固溶しており、本実施形態では、添加元素として Cu が固溶している。

金属層 13 の接合界面 30 近傍には、接合界面 30 から積層方向に離間するにしたがい漸次添加元素の濃度（本実施形態では Cu 濃度）が低下する濃度傾斜層 31 が形成されている。また、この濃度傾斜層 31 の接合界面 30 側（金属層 13 の接合界面 30 近傍）の添加元素の濃度（本実施形態では Cu 濃度）が、0.01 質量%以上 5 質量%以下の範囲内に設定されている。

金属層 13 の接合界面 30 近傍の添加元素の濃度は、EPMA 分析（スポット径 $30\ \mu\text{m}$ ）によって、接合界面 30 から $50\ \mu\text{m}$ の位置で 5 点測定した平均値である。また、図 2B のグラフは、金属層 13 の中央部分において積層方向にライン分析を行い、前述の $50\ \mu\text{m}$ 位置での濃度を基準として求めた。

[0035] ヒートシンク 41 は、前述のパワーモジュール用基板 10 を冷却する。本実施形態におけるヒートシンク 41 は、図 1 に示すように、パワーモジュール用基板 10 の金属層 13 の他方の面側に接合された放熱板 42 を備えている。放熱板 42 は、耐力が 100 N/mm^2 以上の金属材料で構成され、その厚さが 2 mm 以上のものとされており、本実施形態では、A6063 合金（アルミニウム合金）で構成されている。

[0036] 図 3 に示すように、金属層 13 と放熱板 42 との接合界面 35 においては

、金属層13及び放熱板42に、Si, Cu, Ag, Zn, Mg, Ge, Ca, Ga, Liのうちのいずれか1種又は2種以上の添加元素が固溶しており、本実施形態では、添加元素としてCuが固溶している。

金属層13及び放熱板42の接合界面35近傍には、接合界面35から積層方向に離間するにしたがい漸次添加元素の濃度（本実施形態ではCu濃度）が低下する濃度傾斜層36、37が形成されている。また、この濃度傾斜層36、37の接合界面35側（金属層13及び放熱板42の接合界面35近傍）の添加元素の濃度（本実施形態ではCu濃度）が、0.01質量%以上5質量%以下の範囲内に設定されている。

この金属層13及び放熱板42の接合界面35近傍の添加元素の濃度は、EPMA分析（スポット径30 μ m）によって、接合界面35から50 μ mの位置で5点測定した平均値である。また、図3のグラフは、金属層13及び放熱板42の中央部分において積層方向にライン分析を行い、前述の50 μ m位置での濃度を基準として求めた。

[0037] また、セラミックス基板11と金属層13との接合界面30を透過電子顕微鏡において観察した場合には、図4に示すように、接合界面30に添加元素（Cu）が濃縮した添加元素高濃度部32が形成されている。この添加元素高濃度部32においては、添加元素の濃度（Cu濃度）が、金属層13中の添加元素の濃度（Cu濃度）の2倍以上とされている。この添加元素高濃度部32の厚さHは4nm以下とされている。

[0038] ここで観察する接合界面30は、金属層13の格子像の界面側端部とセラミックス基板11の格子像の接合界面30側端部との間の中央を基準面Sとする。また、金属層13中の添加元素の濃度（Cu濃度）は、金属層13のうち接合界面30から一定距離（本実施形態では5nm）離れた部分における添加元素の濃度（Cu濃度）である。

[0039] 以下に、前述の構成のパワーモジュール用基板10及びヒートシンク付パワーモジュール用基板40の製造方法について、図5から図8を参照して説明する。

[0040] まず、図5及び図6に示すように、回路層12となる第一銅板22と、セラミックス基板11とを接合する（回路層形成工程S01）。セラミックス基板11が Al_2O_3 で構成されていることから、第一銅板22とセラミックス基板11とを、銅（Cu）と亜酸化銅（ Cu_2O ）の共晶域での液相を利用したDBC法（Direct Bonding Copper）により接合する。具体的には、第一銅板22とセラミックス基板11とを接触させ、酸素が微量添加された窒素ガス雰囲気中において1075℃で10分加熱することで、第一銅板22とセラミックス基板11とが接合される。

[0041] 次に、セラミックス基板11の他方の面側に、金属層13となるアルミニウム板23を接合する（第一金属層形成工程S02）とともに、アルミニウム板23とヒートシンク41の放熱板42とを接合する（ヒートシンク接合工程S03）。本実施形態では、これら第一金属層形成工程S02と、ヒートシンク接合工程S03と、を同時に実施する。

[0042] アルミニウム板23の一方の面にスパッタリングによって添加元素（Cu）を固着して第1固着層51を形成するとともに、アルミニウム板23の他方の面にスパッタリングによって添加元素（Cu）を固着して第2固着層52を形成する（固着層形成工程S11）。第1固着層51及び第2固着層52における添加元素量は 0.01 mg/cm^2 以上 10 mg/cm^2 以下の範囲内とされており、本実施形態では、添加元素としてCuを用いており、第1固着層51及び第2固着層52におけるCu量が 0.08 mg/cm^2 以上 2.7 mg/cm^2 以下に設定されている。

[0043] 次に、図6に示すように、アルミニウム板23をセラミックス基板11の他方の面側に積層する。さらに、アルミニウム板23の他方の面側に放熱板42を積層する（積層工程S12）。

このとき、図6に示すように、アルミニウム板23の第1固着層51が形成された面がセラミックス基板11を向くように、かつ、アルミニウム板23の第2固着層52が形成された面が放熱板42を向くようにして、これらを積層する。すなわち、アルミニウム板23とセラミックス基板11との間

に第1固着層51（添加元素：Cu）を介在させ、アルミニウム板23と放熱板42との間に第2固着層52（添加元素：Cu）を介在させている。

[0044] 次に、第一銅板22及びセラミックス基板11、アルミニウム板23、放熱板42をその積層方向に加圧（圧力1～35kgf/cm²）した状態で真空加熱炉内に装入して加熱する（加熱工程S13）。本実施形態では、真空加熱炉内の圧力は10⁻³～10⁻⁶Paの範囲内に設定し、加熱温度は550℃以上650℃以下の範囲内に設定している。

[0045] この工程により、図7に示すように、アルミニウム板23とセラミックス基板11との界面に第1溶融金属領域55が形成される。この第1溶融金属領域55は、第1固着層51の添加元素（Cu）がアルミニウム板23側に拡散することによって、アルミニウム板23の第1固着層51近傍の添加元素の濃度（Cu濃度）が上昇して融点が低くなることにより形成される。

また、図8に示すように、アルミニウム板23と放熱板42との界面に第2溶融金属領域56が形成される。この第2溶融金属領域56は、第2固着層52の添加元素（Cu）がアルミニウム板23側及び放熱板42側に拡散することによって、アルミニウム板23及び放熱板42の第2固着層52近傍の添加元素の濃度（Cu濃度）が上昇して融点が低くなることにより形成される。

[0046] 次に、第1溶融金属領域55、第2溶融金属領域56が形成された状態で温度を一定に保持しておく（溶融金属凝固工程S14）。

この工程により、第1溶融金属領域55中のCuが、さらにアルミニウム板23側へと拡散していく。これにより、第1溶融金属領域55であった部分のCu濃度が徐々に低下していき融点が上昇することになり、温度を一定に保持した状態で凝固が進行していく。これにより、セラミックス基板11とアルミニウム板23とが接合される。

同様に、第2溶融金属領域56中のCuが、さらにアルミニウム板23側及び放熱板42側へと拡散し、第2溶融金属領域56であった部分のCu濃度が徐々に低下していき融点が上昇することになり、温度を一定に保持した

状態で凝固が進行していく。これにより、アルミニウム板23と放熱板42とが接合される。

[0047] つまり、セラミックス基板11とアルミニウム板23、及び、アルミニウム板23と放熱板42は、いわゆるTransient Liquid Phase Diffusion Bondingによって接合されているのである。

[0048] このようにして、第一銅板22と、セラミックス基板11と、アルミニウム板23と、ヒートシンク41の放熱板42とが接合され、本実施形態であるパワーモジュール用基板10及びヒートシンク付パワーモジュール用基板40が製造される。

[0049] 以上のように構成された本実施形態であるパワーモジュール用基板10によれば、半導体素子3が搭載される搭載面12Aを有する回路層12が、第一銅板22で構成されている。よって、半導体素子3から発生する熱を十分に拡げることができ、この熱の放散を促進することができる。これによって、パワー密度の高い半導体素子3等の電子部品を搭載することができ、半導体パッケージの小型化、高出力化を図ることが可能となる。

[0050] 回路層12を構成する第一銅板22が、接合される前において、少なくとも、アルカリ土類元素、遷移金属元素、希土類元素のうちの1種以上を合計で1 mol ppm以上100 mol ppm以下、又は、ボロンを100 mol ppm以上1000 mol ppm以下のいずれか一方を含有し、残部が銅及び不可避不純物とされた組成とされ、さらに好ましくは、少なくとも、アルカリ土類元素、遷移金属元素、希土類元素のうちの1種以上を合計で3 mol ppm以上50 mol ppm以下、又は、ボロンを300 mol ppm以上1000 mol ppm以下のいずれか一方を含有しており、本実施形態では、純度99.99質量%以上の無酸素銅（OFC）にMgを15 mol ppm添加したMg-Doped銅を用いた。よって、Mgが不可避不純物のひとつとして銅中に存在するS（硫黄）と反応して硫化物を生成し、Sの影響を抑制することが可能となる。これにより、第一銅板22（回路層12

)の再結晶温度が低くなり、加工硬化が抑制される。よって、冷熱サイクル負荷時におけるセラミックス基板11の割れの発生を抑制することが可能となる。

さらに、第一銅板22(回路層12)の酸素含有量が1質量ppm以下とされている。よって、Mgが酸素と反応して消費されることが抑制され、MgとSとを確実に反応させることができる。

[0051] また、本実施形態では、セラミックス基板11が Al_2O_3 で構成されている。よって、上述のように、第一銅板22とセラミックス基板11とを、銅(Cu)と亜酸化銅(Cu_2O)の共晶域での液相を利用したDBC法(Direct Bonding Copper)によって接合することができる。これによって、セラミックス基板11と回路層12(第一銅板22)との接合強度を確保することができ、接合信頼性に優れたパワーモジュール用基板10を構成することができる。

[0052] また、金属層13とセラミックス基板11との接合界面30、及び、金属層13とヒートシンク41の放熱板42との接合界面35には、Si, Cu, Ag, Zn, Mg, Ge, Ca, Ga, Liのうちのいずれか1種又は2種以上の添加元素が固溶しており、本実施形態では、添加元素としてCuが固溶されている。よって、金属層13の接合界面30、35側部分が固溶強化することになり、金属層13部分での破断を防止することができる。

[0053] 金属層13のうち接合界面30、35近傍における添加元素の濃度(本実施形態ではCu濃度)が0.01質量%以上5質量%以下の範囲内に設定されている。よって、金属層13の接合界面30、35近傍の強度が過剰に高くなることを防止でき、このパワーモジュール用基板10に冷熱サイクルが負荷された際に、熱歪みを金属層13で緩和することが可能となり、セラミックス基板11の割れの発生を抑制できる。

[0054] また、金属層13とセラミックス基板11との接合界面30には、Si, Cu, Ag, Zn, Mg, Ge, Ca, Ga, Liのうちのいずれか1種又は2種以上の添加元素の濃度(本実施形態ではCu濃度)が、金属層13中

の前記添加元素の濃度の2倍以上とされた添加元素高濃度部32が形成されている。よって、界面近傍に存在する添加元素原子（Cu原子）により、金属層13の接合強度の向上を図ることが可能となる。

[0055] また、ヒートシンク41の放熱板42を、耐力が $100\text{N}/\text{mm}^2$ 以上の金属材料で構成され、その厚さが 2mm 以上のものとしており、本実施形態では、A6063合金（アルミニウム合金）で構成されたものとしている。このことから、剛性が高く、取扱いが容易となる。

[0056] さらに、ヒートシンク41の放熱板42とセラミックス基板11との間に、耐力が $30\text{N}/\text{mm}^2$ 以下のアルミニウム（本実施形態では、純度99.99%以上の純アルミニウム）からなる金属層13が配設されている。よって、ヒートシンク41の放熱板42の剛性が高くても、ヒートシンク41の放熱板42とセラミックス基板11との熱膨張係数の差に起因する熱歪みを金属層13で十分に緩和することができ、セラミックス基板11の割れの発生を抑制することができる。

[0057] 本実施形態では、第一金属層形成工程S02及びヒートシンク接合工程S03において、添加元素（Cu）がアルミニウム板23側及び放熱板42側に向けて拡散することにより、接合界面30、35に第1溶融金属領域55、第2溶融金属領域56を形成し、この第1溶融金属領域55、第2溶融金属領域56を凝固させることによって接合する、いわゆるTransient Liquid Phase Diffusion Bondingによって接合している。よって、比較的低温条件で強固に接合することができ、接合信頼性に優れたパワーモジュール用基板10及びヒートシンク付パワーモジュール用基板40を製造することが可能となる。

[0058] また、アルミニウム板23の接合面に形成される第1固着層51及び第2固着層52における添加元素量は $0.01\text{mg}/\text{cm}^2$ 以上 $10\text{mg}/\text{cm}^2$ 以下の範囲内とされており、本実施形態では、添加元素としてCuを用いており、第1固着層51及び第2固着層52におけるCu量が $0.08\text{mg}/\text{cm}^2$ 以上 $2.7\text{mg}/\text{cm}^2$ 以下に設定されている。よって、アルミニウム

板 2 3 の接合界面 3 0、3 5 に、第 1 溶融金属領域 5 5、第 2 溶融金属領域 5 6 を確実に形成することができる。また、添加元素 (C u) が過剰にアルミニウム板 2 3 側に拡散して接合界面 3 0、3 5 近傍の金属層 1 3 (アルミニウム板 2 3) の強度が過剰に高くなることを防止できる。

[0059] また、本実施形態では、第一金属層形成工程 S 0 2 とヒートシンク接合工程 S 0 3 とを同時に行う構成としている。よって、アルミニウム板 2 3 の両面の接合工程を 1 回で行うことができ、このヒートシンク付パワーモジュール用基板 4 0 の製造コストを大幅に削減することができる。さらに、セラミックス基板 1 1 に不要な熱負荷が作用することがなく、反り等の発生を抑制することができる。

また、スパッタリングにより、アルミニウム板 2 3 の接合面に添加元素 (C u) を固着させることで、第 1 固着層 5 1 及び第 2 固着層 5 2 を形成している。よって、アルミニウム板 2 3 の接合界面 3 0、3 5 に確実に添加元素 (C u) を配置することができる。

[0060] 次に、本発明の第 2 の実施形態について、図 9 から図 1 2 を参照して説明する。

図 9 に示すパワーモジュール 1 0 1 は、パワーモジュール用基板 1 1 0 と、半導体素子 3 と、ヒートシンク 1 4 1 とを備えている。パワーモジュール用基板 1 1 0 は、回路層 1 1 2 が配設されている。半導体素子 3 は、回路層 1 1 2 の搭載面 1 1 2 A にはんだ層 2 を介して接合されている。

[0061] パワーモジュール用基板 1 1 0 は、セラミックス基板 1 1 1 と、回路層 1 1 2 と、金属層 1 1 3 と、を備えている。回路層 1 1 2 は、このセラミックス基板 1 1 1 の一方の面 (図 9 において上面) に接合されている。金属層 1 1 3 は、セラミックス基板 1 1 1 の他方の面 (図 9 において下面) に接合されている。

[0062] セラミックス基板 1 1 1 は、絶縁性の高い A l N (窒化アルミ) で構成されている。また、セラミックス基板 1 1 1 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. 6 3 5 mm に設定されてい

る。

[0063] 回路層 112 は、図 12 に示すように、セラミックス基板 111 の一方の面に第一銅板 122 が接合されることにより形成されている。回路層 112 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、0.3 mm に設定されている。

この第一銅板 122 (回路層 112) は、接合される前において、第 1 の実施形態に記載の第一銅板 22 と同様の構成 (組成) を有している。本実施形態では、第一銅板 122 (回路層 112) は、純度 99.99 質量%以上の無酸素銅 (OFC) に、第 1 の実施形態に記載の Mg の代わりに Zr を 10 mol ppm 添加した Zr-Doped 銅を用いた。

[0064] 金属層 113 は、図 12 に示すように、セラミックス基板 111 の他方の面にアルミニウム板 123 が接合されることにより形成されている。

このアルミニウム板 123 (金属層 113) は、純度が 99 質量%以上で、耐力が 30 N/mm^2 以下のアルミニウム又はアルミニウム合金の圧延板とされている。本実施形態においては、アルミニウム板 123 (金属層 113) は、純度が 99.99 質量%以上のアルミニウム (いわゆる 4N アルミニウム) の圧延板とされている。

[0065] ヒートシンク 141 は、天板部 142 と、流路 144 と、を備えている。天板部 142 は、ヒートシンクの天板の部分であり、パワーモジュール用基板 110 と接合されている。流路 144 には、冷却媒体 (例えば冷却水) が流通する。

ヒートシンク 141 (天板部 142) は、熱伝導性が良好な材質で構成されることが望ましく、かつ、構造材としての剛性を確保する必要がある。そこで、本実施形態においては、ヒートシンク 141 の天板部 142 は、A6063 (アルミニウム合金) で構成されている。

[0066] セラミックス基板 111 と金属層 113 との接合界面においては、Si, Cu, Ag, Zn, Mg, Ge, Ca, Ga, Li のうちのいずれか 1 種又は 2 種以上の添加元素が固溶しており、本実施形態では、添加元素として A

g が固溶している。

金属層 1 1 3 の接合界面近傍には、接合界面から積層方向に離間するにしたがい漸次添加元素の濃度（本実施形態では A g 濃度）が低下する濃度傾斜層が形成されている。また、この濃度傾斜層の接合界面側（金属層 1 1 3 の接合界面近傍）の添加元素の濃度（本実施形態では A g 濃度）が、0. 0 1 質量%以上 5 質量%以下の範囲内に設定されている。

金属層 1 1 3 の接合界面近傍の添加元素の濃度は、E P M A 分析（スポット径 3 0 μ m）によって、接合界面から 5 0 μ m の位置で 5 点測定した平均値である。

[0067] また、金属層 1 1 3 と天板部 1 4 2 との接合界面においては、金属層 1 1 3 及び天板部 1 4 2 に、S i , C u , A g , Z n , M g , G e , C a , G a , L i のうちのいずれか 1 種又は 2 種以上の添加元素が固溶しており、本実施形態では、添加元素として A g が固溶している。

金属層 1 1 3 及び天板部 1 4 2 の接合界面近傍には、接合界面から積層方向に離間するにしたがい漸次添加元素の濃度（本実施形態では A g 濃度）が低下する濃度傾斜層が形成されている。また、この濃度傾斜層の接合界面側（金属層 1 1 3 及び天板部 1 4 2 の接合界面近傍）の添加元素の濃度（本実施形態では A g 濃度）が、0. 0 1 質量%以上 5 質量%以下の範囲内に設定されている。この金属層 1 1 3 及び天板部 1 4 2 の接合界面近傍の添加元素の濃度は、E P M A 分析（スポット径 3 0 μ m）によって、接合界面から 5 0 μ m の位置で 5 点測定した平均値である。

[0068] また、セラミックス基板 1 1 1 と金属層 1 1 3 との接合界面を透過電子顕微鏡において観察した場合には、接合界面に添加元素（A g）が濃縮した添加元素高濃度部が形成されている。この添加元素高濃度部においては、添加元素の濃度（A g 濃度）が、金属層 1 1 3 中の添加元素の濃度（A g 濃度）の 2 倍以上とされている。この添加元素高濃度部の厚さ H は 4 n m 以下とされている。

ここで観察する接合界面は、金属層 1 1 3 の格子像の界面側端部とセラミ

ックス基板 111 の格子像の接合界面側端部との間の中央を基準面とする。また、金属層 113 中の添加元素の濃度 (Ag 濃度) は、金属層 113 のうち接合界面から一定距離 (本実施形態では 5 nm) 離れた部分における添加元素の濃度 (Ag 濃度) である。

[0069] 以下に、前述の構成のパワーモジュール用基板 110 の製造方法及びヒートシンク付パワーモジュール用基板 140 の製造方法について説明する。

[0070] まず、図 11 及び図 12 に示すように、AlN からなるセラミックス基板 111 の表面に、Al₂O₃ 層 125 を形成する (第一アルミナ層形成工程 S100)。この第一アルミナ層形成工程 S100 においては、AlN の酸化処理を 1200℃ 以上で Ar-O₂ 混合ガス雰囲気にて行った。酸素分圧 P_{O₂} を 10 kPa とし、水蒸気分圧 P_{H₂O} を 0.05 kPa に調整した。このように、高酸素分圧/低水蒸気分圧雰囲気にて AlN の酸化処理を行うことにより、AlN との密着性に優れた緻密な Al₂O₃ 層 125 が形成される。Al₂O₃ 層 125 の厚さは 1 μm 以上とされている。

高純度の Ar ガスを脱酸処理した後に酸素ガスを混合することによって酸素分圧を調整した。また、この雰囲気ガスをシリカゲルと五酸化ニリンを充填した乾燥系に通すことで脱水処理を行った後に所定温度に調整された水中を通過させることによって水蒸気分圧を調整した。

[0071] 次に、回路層 112 となる第一銅板 122 と、セラミックス基板 111 とを接合する (回路層形成工程 S101)。AlN からなるセラミックス基板 111 の一方の面に Al₂O₃ 層 125 が形成されていることから、第一銅板 122 と Al₂O₃ 層 125 とが、銅 (Cu) と亜酸化銅 (Cu₂O) の共晶域での液相を利用した DBC 法 (Direct Bonding Copper) により接合される。具体的には、第一銅板 122 と Al₂O₃ 層 125 とを接触させ、窒素ガス雰囲気中で 1075℃ にて 10 分加熱することで、第一銅板 122 と Al₂O₃ 層 125 とを接合するのである。

[0072] 次に、セラミックス基板 111 の他方の面側に、金属層 113 となるアルミニウム板 123 を接合する (第一金属層形成工程 S102) とともに、ア

ルミニウム板 1 2 3 とヒートシンク 1 4 1 (天板部 1 4 2) とを接合する (ヒートシンク接合工程 S 1 0 3)。本実施形態では、第一金属層形成工程 S 1 0 2 と、ヒートシンク接合工程 S 1 0 3 と、を同時に実施する。

[0073] アルミニウム板 1 2 3 の一方の面にスパッタリングによって添加元素を固着して第 1 固着層 1 5 1 を形成するとともに、アルミニウム板 1 2 3 の他方の面にスパッタリングによって添加元素を固着して第 2 固着層 1 5 2 を形成する (固着層形成工程 S 1 1 1)。第 1 固着層 1 5 1 及び第 2 固着層 1 5 2 における添加元素量は 0.01 mg/cm^2 以上 10 mg/cm^2 以下の範囲内とされており、本実施形態では、添加元素として Ag を用いており、第 1 固着層 1 5 1 及び第 2 固着層 1 5 2 における Ag 量が 0.01 mg/cm^2 以上 10 mg/cm^2 以下に設定されている。

[0074] 次に、図 1 2 に示すように、アルミニウム板 1 2 3 をセラミックス基板 1 1 1 の他方の面側に積層する。さらに、アルミニウム板 1 2 3 の他方の面側に天板部 1 4 2 を積層する (積層工程 S 1 1 2)。

このとき、図 1 2 に示すように、アルミニウム板 1 2 3 の第 1 固着層 1 5 1 が形成された面がセラミックス基板 1 1 1 を向くように、かつ、アルミニウム板 1 2 3 の第 2 固着層 1 5 2 が形成された面が天板部 1 4 2 を向くようにして、これらを積層する。すなわち、アルミニウム板 1 2 3 とセラミックス基板 1 1 1 との間に第 1 固着層 1 5 1 (添加元素: Ag) を介在させ、アルミニウム板 1 2 3 と天板部 1 4 2 との間に第 2 固着層 1 5 2 (添加元素: Ag) を介在させているのである。

[0075] 次に、第一銅板 1 2 2 及びセラミックス基板 1 1 1、アルミニウム板 1 2 3、天板部 1 4 2 をその積層方向に加圧した状態で真空加熱炉内に装入して加熱する (加熱工程 S 1 1 3)。本実施形態では、真空加熱炉内の圧力は $10^{-3} \sim 10^{-6} \text{ Pa}$ の範囲内に、加熱温度は 550°C 以上 650°C 以下の範囲内に設定している。

[0076] この工程により、アルミニウム板 1 2 3 とセラミックス基板 1 1 1 との界面に第 1 溶融金属領域が形成される。この第 1 溶融金属領域は、第 1 固着層

151の添加元素(Ag)がアルミニウム板123側に拡散することによって、アルミニウム板123の第1固着層151近傍の添加元素の濃度(Ag濃度)が上昇して融点が低くなることにより形成される。

また、アルミニウム板123と天板部142との界面に第2溶融金属領域が形成される。この第2溶融金属領域は、第2固着層152の添加元素(Ag)がアルミニウム板123側及び天板部142側に拡散することによって、アルミニウム板123及び天板部142の第2固着層152近傍の添加元素の濃度(Ag濃度)が上昇して融点が低くなることにより形成される。

[0077] 次に、第1溶融金属領域、第2溶融金属領域が形成された状態で温度を一定に保持しておく(溶融金属凝固工程S114)。

この工程により、第1溶融金属領域中のAgが、さらにアルミニウム板123側へと拡散していく。これにより、第1溶融金属領域であった部分のAg濃度が徐々に低下していき融点が上昇することになり、温度を一定に保持した状態で凝固が進行していく。これにより、セラミックス基板111とアルミニウム板123とが接合される。

同様に、第2溶融金属領域中のAgが、さらにアルミニウム板123側及び天板部142側へと拡散し、第2溶融金属領域であった部分のAg濃度が徐々に低下していき融点が上昇することになり、温度を一定に保持した状態で凝固が進行していく。これにより、アルミニウム板123と天板部142とが接合される。

[0078] つまり、セラミックス基板111とアルミニウム板123、及び、アルミニウム板123と天板部142とは、いわゆるTransient Liquid Phase Diffusion Bondingによって接合されているのである。このようにして凝固が進行した後に、常温にまで冷却を行う。

[0079] このようにして、第一銅板122と、セラミックス基板111と、アルミニウム板123と、ヒートシンク141(天板部142)とが接合され、本実施形態であるパワーモジュール用基板110及びヒートシンク付パワーモ

ジュール用基板 140 が製造される。

[0080] 以上のような構成とされた本実施形態であるパワーモジュール用基板 110 によれば、回路層 112 が第一銅板 122 で構成されている。よって、回路層 112 の搭載面 112A 上に搭載される半導体素子 3 等の発熱体からの熱を効率良く促進することができる。

また、回路層 112 が、Zr を 10 mol ppm 含有する第一銅板 122 で構成されている。よって、Zr が不可避不純物のひとつとして銅中に存在する S (硫黄) と反応して硫化物を生成し、S の影響を抑制することが可能となる。これにより、第一銅板 122 (回路層 112) の再結晶温度が低くなり、加工硬化が抑制される。よって、冷熱サイクル負荷時におけるセラミックス基板 111 の割れの発生を抑制することが可能となる。

[0081] また、本実施形態では、AlN からなるセラミックス基板 111 の表面に、 Al_2O_3 層 125 を形成し、この Al_2O_3 層 125 を利用して第一銅板 122 とセラミックス基板 111 とを DBC 法によって接合していることから、第一銅板 122 とセラミックス基板 111 とを強固に接合することができる。このように、AlN からなるセラミックス基板 111 であっても、DBC 法を利用して第一銅板 122 を接合することが可能となる。

[0082] さらに、第一アルミナ層形成工程 S100 において、形成する Al_2O_3 層 125 の厚さを $1\mu m$ 以上としている。よって、第一銅板 122 とセラミックス基板 111 とを確実に接合することが可能となる。

また、本実施形態では、高酸素分圧/低水蒸気分圧雰囲気にて AlN の酸化処理を行うことにより、AlN との密着性に優れた緻密な Al_2O_3 層 125 を形成している。よって、AlN からなるセラミックス基板 111 と Al_2O_3 層 125 との間での剥離の発生を防止することが可能となる。

[0083] 次に、本発明の第 3 の実施形態について、図 13 から図 15 を参照して説明する。

図 13 に示すパワーモジュール用基板 210 は、セラミックス基板 211 と、回路層 212 と、金属層 213 と、を備えている。回路層 212 は、こ

のセラミックス基板 211 の一方の面（図 13 において上面）に形成されている。金属層 213 は、セラミックス基板 211 の他方の面（図 13 において下面）に形成されている。

[0084] セラミックス基板 211 は、回路層 212 と金属層 213 との間の電氣的接続を防止するものであって、絶縁性の高い AlN で構成されている。また、セラミックス基板 211 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。

[0085] 回路層 212 は、図 15 に示すように、セラミックス基板 211 の一方の面（図 15 において上面）に、第一銅板 222 が接合されることにより形成されている。回路層 212 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、0.3 mm に設定されている。また、この回路層 212 には、回路パターンが形成されており、その一方の面（図 13 において上面）が、半導体素子 3 が搭載される搭載面 212A とされている。

[0086] この第一銅板 222（回路層 212）は、接合される前において、少なくとも、アルカリ土類元素、遷移金属元素、希土類元素のうちの 1 種以上を合計で 1 mol ppm 以上 100 mol ppm 以下、又は、ボロンを 100 mol ppm 以上 1000 mol ppm 以下のいずれか一方を含有し、残部が銅及び不可避不純物とされた組成とされ、さらに好ましくは、少なくとも、アルカリ土類元素、遷移金属元素、希土類元素のうちの 1 種以上を合計で 3 mol ppm 以上 50 mol ppm 以下、又は、ボロンを 300 mol ppm 以上 1000 mol ppm 以下のいずれか一方を含有しており、酸素含有量が 1 質量 ppm 以下とされている。

本実施形態では、第一銅板 222（回路層 212）は、純度 99.99 質量%以上の無酸素銅（OFC）に La を 7 mol ppm 添加した La-Doped 銅を用いた。

[0087] 金属層 213 は、図 15 に示すように、セラミックス基板 211 の他方の面（図 15 において下面）に、アルミニウム板 223 が接合されることによ

り形成されている。

このアルミニウム板 223（金属層 213）は、純度が 99 質量%以上で、耐力が 30 N/mm^2 以下のアルミニウム又はアルミニウム合金の圧延板とされている。

本実施形態においては、アルミニウム板 223（金属層 213）は、純度が 99.99 質量%以上のアルミニウム（いわゆる 4N アルミニウム）の圧延板とされている。

[0088] 以下に、前述の構成のパワーモジュール用基板 210 の製造方法について説明する。

まず、図 14 及び図 15 に示すように、回路層 212 となる第一銅板 222 とセラミックス基板 211 とを接合する（回路層形成工程 S201）。セラミックス基板 211 と第一銅板 222 とは、いわゆる活性金属法によって接合されている。この活性金属法は、図 15 に示すように、セラミックス基板 211 と第一銅板 222 との間に、 Ag-Cu-Ti からなるろう材 225 を配設して、セラミックス基板 211 と第一銅板 222 とを接合する方法である。

本実施形態では、 $\text{Ag-27.4 質量\%Cu-2.0 質量\%Ti}$ からなるろう材 225 を用いて、 10^{-3} Pa の真空中にて、積層方向に加圧した状態で 850°C にて 10 分加熱することによって、セラミックス基板 211 と第一銅板 222 とを接合している。

[0089] 次に、セラミックス基板 211 の他方の面側に金属層 213 となるアルミニウム板 223 を接合する（第一金属層形成工程 S202）。セラミックス基板 211 とアルミニウム板 223 とは、 Al-Si 系のろう材を用いて接合されている。

本実施形態では、図 15 に示すように、セラミックス基板 211 とアルミニウム板 223 との間に、 $15\sim 30\ \mu\text{m}$ （本実施形態では $20\ \mu\text{m}$ ）のろう材箔 226 を配設し、積層方向に加圧した状態で N_2 ガス雰囲気の中に加熱炉内に装入して 550°C 以上 650°C 以下の範囲内に加熱することによって、ア

ルミニウム板 2 2 3 とセラミックス基板 2 1 1 とを接合している。

[0090] このようにして、第一銅板 2 2 2 と、セラミックス基板 2 1 1 と、アルミニウム板 2 2 3 とが接合され、本実施形態であるパワーモジュール用基板 2 1 0 が製造される。

[0091] 以上のような構成とされた本実施形態であるパワーモジュール用基板 2 1 0 によれば、回路層 2 1 2 が第一銅板 2 2 2 で構成されている。よって、回路層 2 1 2 の搭載面 2 1 2 A 上に搭載される半導体素子等の発熱体からの熱を効率良く促進することができる。

また、回路層 2 1 2 が、La を 7 m o l p p m 含有する第一銅板 2 2 2 で構成されている。よって、La が不可避不純物のひとつとして銅中に存在する S (硫黄) と反応して硫化物を生成し、S の影響を抑制することが可能となる。これにより、第一銅板 2 2 2 (回路層 2 1 2) の再結晶温度が低くなり、加工硬化が抑制される。よって、冷熱サイクル負荷時におけるセラミックス基板 2 1 1 の割れの発生を抑制することが可能となる。

[0092] また、Ag-Cu-Ti のろう材 2 2 5 を用いた活性金属法によって、第一銅板 2 2 2 とセラミックス基板 2 1 1 とを接合している。よって、第一銅板 2 2 2 及びセラミックス基板 2 1 1 の界面に酸素を介在させることなく、パワーモジュール用基板 2 1 0 を構成することができる。

[0093] 次に、本発明の第 4 の実施形態について、図 1 6 を参照して説明する。

図 1 6 に示すように、金属層 3 1 3 を、複数のアルミニウム板 3 1 3 A、3 1 3 B を積層した構造としてもよい。図 1 6 では、2 枚のアルミニウム板 3 1 3 A、3 1 3 B を積層させたものとしているが、積層する枚数に制限はない。また、図 1 6 に示すように、積層するアルミニウム板同士の大きさ、形状が異なっても良いし、同じ大きさ、形状に調整されたものであってもよい。さらに、これらの金属板の組成が異なっても良い。

[0094] 図 1 7 に、本発明の第 5 の実施形態であるパワーモジュール用基板 4 1 0、ヒートシンク付パワーモジュール用基板 4 4 0 及びパワーモジュール 4 0 1 を示す。

このパワーモジュール401は、パワーモジュール用基板410と、半導体素子3と、ヒートシンク441とを備えている。パワーモジュール用基板410は、回路層412が配設されている。半導体素子3は、回路層412の搭載面412Aにはんだ層2を介して接合されている。はんだ層2は、例えばSn-Ag系、Sn-In系、若しくはSn-Ag-Cu系のはんだ材（いわゆる無鉛はんだ材）とされている。本実施形態では、回路層412の搭載面412Aとはんだ層2との間に、Niめっき膜（図示なし）が設けられていてもよい。

[0095] パワーモジュール用基板410は、図17に示すように、セラミックス基板411と、回路層412と、金属層413と、を備えている。回路層412は、このセラミックス基板411の一方の面（図17において上面）に形成されている。金属層413は、セラミックス基板411の他方の面（図17において下面）に形成されている。

[0096] セラミックス基板411は、回路層412と金属層413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 Al_2O_3 （アルミナ）で構成されている。また、セラミックス基板411の厚さは、0.2~1.5mmの範囲内に設定されており、本実施形態では、0.635mmに設定されている。

[0097] 回路層412は、図19に示すように、セラミックス基板411の一方の面（図19において上面）に、第一銅板422が接合されることにより形成されている。回路層412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、0.3mmに設定されている。また、この回路層412には、回路パターンが形成されており、その一方の面（図17において上面）が、半導体素子3が搭載される搭載面412Aとされている。

[0098] 金属層413は、図19に示すように、セラミックス基板411の他方の面（図19において下面）に、第二銅板423が接合されることにより形成されている。金属層413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、0.3 mmに設定されている。

[0099] この第一銅板422（回路層412）及び第二銅板423（金属層413）は、接合される前において、いずれも第1の実施形態に記載の第一銅板22と同様の構成（組成）を有している。本実施形態では、純度99.99質量%以上の無酸素銅（OFC）にMgを15 mol ppm添加したMg-Doped銅を用いた。

[0100] ヒートシンク441は、前述のパワーモジュール用基板410を冷却する。本実施形態におけるヒートシンク441は、図17に示すように、パワーモジュール用基板410の金属層413の他方の面側に接合された放熱板442を備えている。本実施形態では、放熱板442は、A6063合金（アルミニウム合金）で構成されている。

[0101] パワーモジュール用基板410の金属層413とヒートシンク441の放熱板442の天板の部分とは、はんだ層405を介して接合されている。はんだ層405は、例えばSn-Ag系、Sn-In系、若しくはSn-Ag-Cu系のはんだ材（いわゆる無鉛はんだ材）とされている。本実施形態では、金属層413の他方の面に放熱板442の天板の部分を接合したが、これに特に限られることはなく、セラミックス基板411の他方の面（図19において下面）に、直接、放熱板442をろう付けすることもできる。

[0102] 以下に、前述の構成のパワーモジュール用基板410及びヒートシンク付パワーモジュール用基板440の製造方法について、図18及び図19を参照して説明する。

[0103] 図18及び図19に示すように、回路層412となる第一銅板422とセラミックス基板411とを接合する（回路層形成工程S401）とともに、金属層413となる第二銅板423とセラミックス基板411とを接合する（第二金属層形成工程S402）。本実施形態では、これら回路層形成工程S401と、第二金属層形成工程S402と、を同時に実施する。

[0104] まず、セラミックス基板411の一方の面側に第一銅板422を積層する。また、セラミックス基板411の他方の面側に第二銅板423を積層する

(積層工程 S 4 1 1)。

[0105] 次に、第一銅板 4 2 2、セラミックス基板 4 1 1、第二銅板 4 2 3 をその積層方向に加圧した状態で、酸素含有雰囲気中で加熱する (加熱工程 S 4 1 2) 。本実施形態では、加熱温度は 1 0 6 5 °C 以上 1 0 8 3 °C 以下の範囲内に設定している。

この工程により、図 1 9 に示すように、第一銅板 4 2 2 とセラミックス基板 4 1 1 との界面に第 1 溶融金属領域 4 5 5 が形成され、セラミックス基板 4 1 1 と第二銅板 4 2 3 との界面に第 2 溶融金属領域 4 5 6 が形成される。これら第 1 溶融金属領域 4 5 5 及び第 2 溶融金属領域 4 5 6 は、銅 (Cu) と亜酸化銅 (Cu₂O) との共晶反応によって融点が低下することにより形成される。

[0106] 次に、温度を低下させることにより、第 1 溶融金属領域 4 5 5 及び第 2 溶融金属領域 4 5 6 を凝固させる (凝固工程 S 4 1 3) 。

このようにして、第一銅板 4 2 2、セラミックス基板 4 1 1、第二銅板 4 2 3 が接合され、本実施形態であるパワーモジュール用基板 4 1 0 が製造される。

[0107] 以上のような構成とされた本実施形態であるパワーモジュール用基板 4 1 0 によれば、半導体素子 3 が搭載される搭載面 4 1 2 A を有する回路層 4 1 2 が、第一銅板 4 2 2 で構成されている。よって、半導体素子 3 から発生する熱を十分に拡げることができ、この熱の放散を促進することができる。これによって、パワー密度の高い半導体素子 3 等の電子部品を搭載することができ、半導体パッケージの小型化、高出力化を図ることが可能となる。

[0108] 回路層 4 1 2 を構成する第一銅板 4 2 2 及び金属層 4 1 3 を構成する第二銅板 4 2 3 が、接合される前において、いずれも第 1 の実施形態に記載の第一銅板 2 2 と同様の構成 (組成) を有している。本実施形態では、純度 9 9 . 9 9 質量%以上の無酸素銅 (OFC) に Mg を 1 5 m o l p p m 添加した Mg - D o p e d 銅を用いた。よって、Mg が不可避不純物のひとつとして銅中に存在する S (硫黄) と反応して硫化物を生成し、S の影響を抑制する

ことが可能となる。これにより、第一銅板422（回路層412）及び第二銅板423（金属層413）の再結晶温度が低くなり、加工硬化が抑制される。よって、冷熱サイクル負荷時におけるセラミックス基板411の割れの発生を抑制することが可能となる。

さらに、第一銅板422（回路層412）及び第二銅板423（金属層413）の酸素含有量が1質量ppm以下とされている。よって、Mgが酸素と反応して消費されることが抑制され、MgとSとを確実に反応させることができる。

[0109] また、本実施形態では、セラミックス基板411が Al_2O_3 で構成されている。よって、上述のように、第一および第二銅板422、423とセラミックス基板411とを、銅(Cu)と亜酸化銅(Cu_2O)の共晶域での液相を利用したDBC法(Direct Bonding Copper)によって接合することができる。これによって、セラミックス基板411と回路層412（第一銅板422）及びセラミックス基板411と金属層413（第二銅板423）との接合強度を確保することができ、接合信頼性に優れたパワーモジュール用基板410を構成することができる。

[0110] また、本実施形態では、回路層形成工程S401と第二金属層形成工程S402とを同時に行う構成としている。よって、接合時におけるセラミックス基板411の反りの発生を抑制することができる。また、セラミックス基板411に不要な熱負荷が作用することがなく、反り等の発生を抑制することができる。さらに、このパワーモジュール用基板410の製造コストを大幅に削減することができる。

[0111] 次に、本発明の第6の実施形態について、図20から図22を参照して説明する。

図20に示すパワーモジュール基板510は、セラミックス基板511と、回路層512と、金属層513と、を備えている。回路層512は、このセラミックス基板511の一方の面（図20において上面）に接合されている。金属層513は、セラミックス基板511の他方の面（図20において

下面)に接合されている。

[0112] セラミックス基板511は、絶縁性の高いAlN(窒化アルミ)で構成されている。また、セラミックス基板511の厚さは、0.2~1.5mmの範囲内に設定されており、本実施形態では、0.635mmに設定されている。

また、このセラミックス基板511の一方の面及び他方の面には、Al₂O₃層525、526が形成されている。

[0113] 回路層512は、図22に示すように、セラミックス基板511の一方の面(図22において上面)に第一銅板522が接合されることにより形成されている。回路層512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、0.3mmに設定されている。また、この回路層512には、回路パターンが形成されており、その一方の面(図20において上面)が、半導体素子等の電子部品が搭載される搭載面512Aとされている。

[0114] 金属層513は、図22に示すように、セラミックス基板511の他方の面(図22において下面)に、第二銅板523が接合されることにより形成されている。金属層513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、0.3mmに設定されている。

[0115] 第一銅板522(回路層512)及び第二銅板523(金属層513)は、接合される前において、いずれも第1の実施形態に記載の第一銅板22と同様の構成(組成)を有している。本実施形態では、第一銅板522(回路層512)及び第二銅板523(金属層513)は、純度99.99質量%以上の無酸素銅(OFC)に、第1の実施形態に記載のMgの代わりにZrを10molppm添加したZr-Doped銅を用いた。

[0116] 以下に、前述の構成のパワーモジュール用基板510の製造方法について、図21及び図22を参照して説明する。

[0117] 本実施形態では、図21及び図22に示すように、回路層512となる第一銅板522とセラミックス基板511とを接合する(回路層形成工程S5

01) とともに、金属層 513 となる第二銅板 523 とセラミックス基板 511 とを接合する (第二金属層形成工程 S502)。本実施形態では、これら回路層形成工程 S501 と、第二金属層形成工程 S502 と、を同時に実施する。

[0118] まず、図 21 及び図 22 に示すように、AlN からなるセラミックス基板 511 の一方の面及び他方の面に、 Al_2O_3 層 525, 526 を形成する (第二アルミナ層形成工程 S510)。この第二アルミナ層形成工程 S510 においては、AlN の酸化処理を $1200^{\circ}C$ 以上で Ar- O_2 混合ガス雰囲気にて行った。酸素分圧 P_{O_2} を $10kPa$ とし、水蒸気分圧 P_{H_2O} を $0.05kPa$ に調整した。このように、高酸素分圧/低水蒸気分圧雰囲気にて AlN の酸化処理を行うことにより、AlN との密着性に優れた緻密な Al_2O_3 層 525, 526 が形成される。 Al_2O_3 層 525, 526 の厚さは $1\mu m$ 以上とされている。

高純度の Ar ガスを脱酸処理した後に酸素ガスを混合することによって酸素分圧を調整した。また、この雰囲気ガスをシリカゲルと五酸化ニリンを充填した乾燥系に通すことで脱水処理を行った後に所定温度に調整された水中を通過させることによって水蒸気分圧を調整した。

[0119] 次に、セラミックス基板 511 の一方の面側に第一銅板 522 を積層する。また、セラミックス基板 511 の他方の面側に第二銅板 523 を積層する (積層工程 S511)。すなわち、セラミックス基板 511 と第一銅板 522 との間に Al_2O_3 層 525 を介在させ、セラミックス基板 511 と第二銅板 523 との間に Al_2O_3 層 526 を介在させているのである。

[0120] 次に、第一銅板 522、セラミックス基板 511、第二銅板 523 をその積層方向に加圧した状態で、酸素含有雰囲気中で加熱する (加熱工程 S512)。本実施形態では、加熱温度は $1065^{\circ}C$ 以上 $1083^{\circ}C$ 以下の範囲内に設定している。

この工程により、図 22 に示すように、第一銅板 522 とセラミックス基板 511 との界面に第 1 溶融金属領域 555 が形成され、セラミックス基板

5 1 1 と第二銅板 5 2 3 との界面に第 2 溶融金属領域 5 5 6 が形成される。これら第 1 溶融金属領域 5 5 5 及び第 2 溶融金属領域 5 5 6 は、銅 (Cu) と亜酸化銅 (Cu_2O) との共晶反応によって融点が低下することにより形成される。

[0121] 次に、温度を低下させることにより、第 1 溶融金属領域 5 5 5 及び第 2 溶融金属領域 5 5 6 を凝固させる (凝固工程 S 5 1 3)。

このようにして、第一銅板 5 2 2、セラミックス基板 5 1 1、第二銅板 5 2 3 が接合され、本実施形態であるパワーモジュール用基板 5 1 0 が製造される。

[0122] 以上のような構成とされた本実施形態であるパワーモジュール用基板 5 1 0 によれば、回路層 5 1 2 が第一銅板 5 2 2 で構成されている。よって、回路層 5 1 2 の搭載面 5 1 2 A 上に搭載される半導体素子等の発熱体からの熱を効率良く促進することができる。

また、回路層 5 1 2 及び金属層 5 1 3 が、Zr を 10 mol ppm 含有する第一および第二銅板 5 2 2, 5 2 3 で構成されている。よって、Zr が不避不純物のひとつとして銅中に存在する S (硫黄) と反応して硫化物を生成し、S の影響を抑制することが可能となる。これにより、第一銅板 5 2 2 (回路層 5 1 2) 及び第二銅板 5 2 3 (金属層 5 1 3) の再結晶温度が低くなり、加工硬化が抑制される。よって、冷熱サイクル負荷時におけるセラミックス基板 5 1 1 の割れの発生を抑制することが可能となる。

[0123] また、本実施形態では、AlN からなるセラミックス基板 5 1 1 の一方の面に Al_2O_3 層 5 2 5 を形成し、かつ、他方の面に Al_2O_3 層 5 2 6 を形成し、これら Al_2O_3 層 5 2 5, 5 2 6 を利用して第一および第二銅板 5 2 2, 5 2 3 とセラミックス基板 5 1 1 とを DBC 法によって接合していることから、第一および第二銅板 5 2 2, 5 2 3 とセラミックス基板 5 1 1 とを強固に接合することができる。このように、AlN からなるセラミックス基板 5 1 1 であっても、DBC 法を利用して第一および第二銅板 5 2 2, 5 2 3 を接合することが可能となる。

[0124] さらに、第二アルミナ層形成工程S510において、形成する Al_2O_3 層525、526の厚さを $1\mu m$ 以上としている。よって、第一および第二銅板522、523とセラミックス基板511とを確実に接合することが可能となる。

また、本実施形態では、高酸素分圧／低水蒸気分圧雰囲気にてAlNの酸化処理を行うことにより、AlNとの密着性に優れた緻密な Al_2O_3 層525、526を形成している。よって、AlNからなるセラミックス基板511と Al_2O_3 層525、526との間での剥離の発生を防止することが可能となる。

[0125] 次に、本発明の第7の実施形態について、図23から図25を参照して説明する。

図23に示すパワーモジュール用基板610は、セラミックス基板611と、回路層612と、金属層613と、を備えている。回路層612は、このセラミックス基板611の一方の面（図23において上面）に形成されている。金属層613は、セラミックス基板611の他方の面（図23において下面）に形成されている。

[0126] セラミックス基板611は、回路層612と金属層613との間の電氣的接続を防止するものであって、絶縁性の高いAlNで構成されている。また、セラミックス基板611の厚さは、 $0.2\sim 1.5\text{ mm}$ 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。

[0127] 回路層612は、図25に示すように、セラミックス基板611の一方の面（図25において上面）に、第一銅板622が接合されることにより形成されている。回路層612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、 0.3 mm に設定されている。また、この回路層612には、回路パターンが形成されており、その一方の面（図23において上面）が、半導体素子等の電子部品が搭載される搭載面612Aとされている。

[0128] 金属層613は、図25に示すように、セラミックス基板611の他方の

面（図25において下面）に、第二銅板623が接合されることにより形成されている。金属層613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、0.3mmに設定されている。

[0129] 第一銅板622（回路層612）及び第二銅板623（金属層613）は、接合される前において、いずれも第1の実施形態に記載の第一銅板22と同様の構成（組成）を有している。本実施形態では、第一銅板622（回路層612）及び第二銅板623（金属層613）は、純度99.99質量%以上の無酸素銅（OFC）に、第1の実施形態に記載のMgの代わりにLaを7molppm添加したLa-Doped銅を用いた。

[0130] 以下に、前述の構成のパワーモジュール用基板610の製造方法について、図24及び図25を参照して説明する。

[0131] 本実施形態では、図24及び図25に示すように、回路層612となる第一銅板622とセラミックス基板611とを接合する（回路層形成工程S601）とともに、金属層613となる第二銅板623とセラミックス基板611とを接合する（第二金属層形成工程S602）。本実施形態では、これら回路層形成工程S601と、第二金属層形成工程S602と、を同時に実施する。

[0132] 第一および第二銅板622、623とセラミックス基板611とは、いわゆる活性金属法によって接合されている。

まず、セラミックス基板611の一方の面側に第一銅板622を積層する。また、セラミックス基板611の他方の面側に第二銅板623を積層する（積層工程S611）。このとき、図25に示すように、第一銅板622とセラミックス基板611との間にAg-Cu-Tiからなるろう材625を配設し、セラミックス基板611と第二銅板623との間にAg-Cu-Tiからなるろう材626を配設する。

本実施形態では、ろう材625、626は、Ag-27.4質量%Cu-2.0質量%Tiの組成のものを用いた。

[0133] 次に、第一銅板622、セラミックス基板611、第二銅板623をその

積層方向に加圧した状態で、真空雰囲気加熱する（加熱工程 S 6 1 2）。本実施形態では、 10^{-3} Pa の真空雰囲気、 850°C 、10 分の条件で加熱した。

この工程により、図 25 に示すように、第一銅板 6 2 2 とセラミックス基板 6 1 1 との界面に第 1 溶融金属領域 6 5 5 が形成され、セラミックス基板 6 1 1 と第二銅板 6 2 3 との界面に第 2 溶融金属領域 6 5 6 が形成される。

[0134] 次に、温度を低下させることにより、第 1 溶融金属領域 6 5 5 及び第 2 溶融金属領域 6 5 6 を凝固させる（凝固工程 S 6 1 3）。

このようにして、第一銅板 6 2 2、セラミックス基板 6 1 1、第二銅板 6 2 3 が接合され、本実施形態であるパワーモジュール用基板 6 1 0 が製造される。

[0135] 以上のような構成とされた本実施形態であるパワーモジュール用基板 6 1 0 によれば、回路層 6 1 2 が第一銅板 6 2 2 で構成されている。よって、回路層 6 1 2 の搭載面 6 1 2 A 上に搭載される半導体素子等の発熱体からの熱を効率良く促進することができる。

また、回路層 6 1 2 及び金属層 6 1 3 が、La を 7 mol ppm 含有する第一および第二銅板 6 2 2、6 2 3 で構成されている。よって、La が不可避不純物のひとつとして銅中に存在する S（硫黄）と反応して硫化物を生成し、S の影響を抑制することが可能となる。これにより、第一銅板 6 2 2（回路層 6 1 2）及び第二銅板 6 2 3（金属層 6 1 3）の再結晶温度が低くなり、加工硬化が抑制される。これによって、冷熱サイクル負荷時におけるセラミックス基板 6 1 1 の割れの発生を抑制することが可能となる。

[0136] また、Ag-Cu-Ti のろう材 6 2 5、6 2 6 を用いた活性金属法によって、第一および第二銅板 6 2 2、6 2 3 とセラミックス基板 6 1 1 とを接合している。よって、第一および第二銅板 6 2 2、6 2 3 とセラミックス基板 6 1 1 との界面に酸素を介在させることなく、パワーモジュール用基板 6 1 0 を構成することができる。

[0137] 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、セラミックス基板を、 Al_2O_3 、 AlN で構成したもので説明したが、これに限定されることはなく、 Si_3N_4 等で構成されたものであってもよい。

また、第1、第2及び第3の実施形態では、金属層を構成するアルミニウム板を、純度99.99%以上の純アルミニウムの圧延板としたものとして説明したが、これに限定されることはない。

[0138] また、第2及び第6の実施形態において、 AlN を酸化処理することによって Al_2O_3 層を形成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、他の手段によってセラミックス基板の表面に Al_2O_3 層を形成してもよい。

さらに、第1及び第2の実施形態における固着層形成工程において、スパッタによって添加元素を固着するものとして説明したが、これに限定されることはなく、蒸着、CVD、めっき又はペーストの塗布によって添加元素を固着させてもよい。

[0139] また、第1、第2、第3及び第5の実施形態では、ヒートシンクをA6063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、A1100合金、A3003合金、A5052合金、A7N01合金等の他の金属材料で構成されたものであってもよい。

さらに、ヒートシンクの構造は、本実施形態に限定されることはなく、他の構造のヒートシンクを採用してもよい。

また、ヒートシンクの上に一つのパワーモジュール用基板が接合された構成として説明したが、これに限定されることはなく、一つのヒートシンクの上に複数のパワーモジュール用基板が接合されていてもよい。

[0140] また、第5、第6及び第7の実施形態では、回路層を構成する銅板と金属層を構成する銅板とを、同一の組成のものとして説明したが、これに限定されることはなく、回路層を構成する銅板と金属層を構成する銅板とを互いに

組成の異なるものとしてもよい。

実施例 1

[0141] 本発明の有効性を確認するために行った比較実験について説明する。

AlNからなる厚さ0.635mmのセラミックス基板と、表1に示す組成の無酸素銅に任意の元素を添加したDoped銅、無酸素銅(OF C)、タピッチ銅(TPC)からなる厚さ0.3mmの銅板と、純度99.99質量%のアルミニウム(4NAl)からなる厚さ1.6mmのアルミニウム板と、を準備した。

これらのセラミックス基板、銅板、アルミニウム板を、第3の実施形態に記載された方法により接合した。回路層形成工程S201における加圧圧力を0.5gf/cm²、加熱温度を850℃とした。また、第一金属層形成工程S202における加圧圧力を5kgf/cm²、加熱温度を640℃とした。

[0142] これらのパワーモジュール用基板に、冷熱サイクル(-40℃から110℃および110℃から-40℃)を所定回数だけ負荷し、セラミックス基板の割れの有無について確認した。

[0143]

[表1]

| | 添加成分 mol ppm | O 質量 ppm | S 質量 ppm | 冷熱サイクル試験結果 (セラミックス基板にクラックが 確認された際のサイクル数) |
|----------|--------------------|----------------|----------------|--|
| 本発明例 A1 | La:7 | 0.8 | 5.5 | 3000回以上 |
| 本発明例 A2 | La:3 | 0.8 | 5.5 | 3000回以上 |
| 本発明例 A3 | La:22 | 0.8 | 5.5 | 3000回以上 |
| 本発明例 A4 | La:22 Y:50 | 0.8 | 5.5 | 2500-3000回 |
| 本発明例 A5 | La:1 | 0.8 | 5.5 | 2500-3000回 |
| 本発明例 A6 | La:1 | 8.5 | 4.5 | 2000-2500回 |
| 本発明例 A7 | Y:10 | 0.8 | 5.5 | 3000回以上 |
| 本発明例 A8 | Mg:15 | 0.8 | 5.5 | 3000回以上 |
| 本発明例 A9 | Ca:15 | 0.8 | 5.5 | 3000回以上 |
| 本発明例 A10 | Zr:10 | 0.8 | 5.5 | 3000回以上 |
| 本発明例 A11 | Ti:10 | 0.8 | 5.5 | 3000回以上 |
| 本発明例 A12 | V:10 | 0.8 | 5.5 | 3000回以上 |
| 本発明例 A13 | B:500 | 0.8 | 5.5 | 3000回以上 |
| 本発明例 A14 | B:100 | 0.8 | 5.5 | 2500-3000回 |
| 従来例 A1 | TPC | 236 | 10.2 | 500-1000回 |
| 従来例 A2 | OFC | 0.8 | 5.5 | 1000-1500回 |

[0144] タフピッチ銅を用いた従来例 A 1 及び無酸素銅 (OFC) を用いた従来例 A 2 においては、冷熱サイクルを 1000 回から 2000 回負荷するまでに、セラミックス基板にクラックが認められた。

[0145] これに対して、アルカリ土類元素、遷移金属元素、希土類元素のうちの 1 種以上を合計で 1 mol ppm 以上 100 mol ppm 以下、又は、ボロンを 100 mol ppm 以上 1000 mol ppm 以下のいずれか一方を含有する本発明例 A 1 ~ A 14 においては、冷熱サイクルを 2000 回負荷した時点でセラミックス基板に割れは認められなかった。特に、アルカリ土類元

素、遷移金属元素、希土類元素のうちの1種以上を合計で3 mol ppm以上50 mol ppm以下、又は、ボロンを300 mol ppm以上1000 mol ppm以下のいずれか一方を含有する本発明例A1～A3、A7～A13では、冷熱サイクルを3000回負荷した時点でもセラミックス基板に割れは認められなかった。

さらに、酸素含有量が異なる本発明例A5と本発明例A6とを比較すると、酸素含有量が1質量ppm以下とされた本発明例A5の方がセラミックス基板の割れ防止効果が高いことが確認された。

実施例 2

[0146] 本発明の有効性を確認するために行った比較実験について説明する。

Al_2O_3 からなる厚さ0.635 mmのセラミックス基板と、表2に示す組成の銅又は銅合金からなる厚さ0.3 mmの銅板と、を準備した。

これらの銅板、セラミックス基板、銅板を、第7の実施形態に記載された方法により接合した。回路層形成工程S601及び第二金属層形成工程S602における加圧圧力を0.5 kgf/cm²、加熱温度を850℃とした。

[0147] これらのパワーモジュール用基板に、冷熱サイクル（-40℃から110℃および110℃から-40℃）を所定回数だけ負荷し、セラミックス基板の割れの有無について確認した。

[0148]

[表2]

| | 添加成分 molppm | O 質量ppm | S 質量ppm | 冷熱サイクル試験結果 (セラミックス基板にクラックが 確認された際のサイクル数) |
|---------|----------------|------------|------------|--|
| 本発明例B1 | La:7 | 0.8 | 5.5 | 3000回以上 |
| 本発明例B2 | La:3 | 0.8 | 5.5 | 3000回以上 |
| 本発明例B3 | La:22 | 0.8 | 5.5 | 3000回以上 |
| 本発明例B4 | La:22 Y:50 | 0.8 | 5.5 | 2500-3000回 |
| 本発明例B5 | La:1 | 0.8 | 5.5 | 2500-3000回 |
| 本発明例B6 | La:1 | 8.5 | 4.5 | 2000-2500回 |
| 本発明例B7 | Y:10 | 0.8 | 5.5 | 3000回以上 |
| 本発明例B8 | Mg:15 | 0.8 | 5.5 | 3000回以上 |
| 本発明例B9 | Ca:15 | 0.8 | 5.5 | 3000回以上 |
| 本発明例B10 | Zr:10 | 0.8 | 5.5 | 3000回以上 |
| 本発明例B11 | Ti:10 | 0.8 | 5.5 | 3000回以上 |
| 本発明例B12 | V:10 | 0.8 | 5.5 | 3000回以上 |
| 本発明例B13 | B:500 | 0.8 | 5.5 | 3000回以上 |
| 本発明例B14 | B:100 | 0.8 | 5.5 | 2500-3000回 |
| 従来例B1 | TPC | 236 | 10.2 | 500-1000回 |
| 従来例B2 | OFC | 0.8 | 5.5 | 1000-1500回 |

[0149] タフピッチ銅を用いた従来例B1及び無酸素銅（OFC）を用いた従来例B2においては、冷熱サイクルを1000回から2000回負荷するまでに、セラミックス基板にクラックが認められた。

[0150] これに対して、アルカリ土類元素、遷移金属元素、希土類元素のうちの1種以上を合計で1molppm以上100molppm以下、又は、ボロンを100molppm以上1000molppm以下のいずれか一方を含有する本発明例B1～B14においては、冷熱サイクルを2000回負荷した時点でセラミックス基板に割れは認められなかった。特に、アルカリ土類元

素、遷移金属元素、希土類元素のうちの1種以上を合計で3 mol ppm以上50 mol ppm以下、又は、ボロンを300 mol ppm以上1000 mol ppm以下のいずれか一方を含有する本発明例B1～B3、B7～B13では、冷熱サイクルを3000回負荷した時点でもセラミックス基板に割れは認められなかった。

さらに、酸素含有量が異なる本発明例B5と本発明例B6とを比較すると、酸素含有量が1質量ppm以下とされた本発明例B5の方がセラミックス基板の割れ防止効果が高いことが確認された。

産業上の利用可能性

[0151] 本発明によれば、回路層上に搭載された電子部品等からの熱を効率よく放散できるとともに、冷熱サイクル負荷時における絶縁基板の割れの発生を抑制できるパワーモジュール用基板、ヒートシンク付パワーモジュール用基板、パワーモジュール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。

符号の説明

[0152] 1、101、301、401 パワーモジュール
 3 半導体素子（電子部品）
 10、110、210、310、410、510、610 パワーモジュール用基板
 11、111、211、311、411、511、611 セラミックス基板（絶縁基板）
 12、112、212、312、412、512、612 回路層
 13、113、213、313、413、513、613 金属層
 22、122、222、422、522、622 第一銅板
 423、523、623 第二銅板
 23、123、223 アルミニウム板
 30 接合界面（セラミックス基板／金属層）
 32 添加元素高濃度部

35 接合界面（金属層／ヒートシンク）

40、140、340、440 ヒートシンク付パワーモジュール用基板

41、141、341、441 ヒートシンク

125、525、526 Al_2O_3 層

請求の範囲

- [請求項1] 絶縁基板と、前記絶縁基板の一方の面に形成された回路層と、を備えたパワーモジュール用基板であって、
前記回路層は、前記絶縁基板の一方の面に第一銅板が接合されて構成されており、
前記第一銅板は、接合される前において、少なくとも、アルカリ土類元素、遷移金属元素、希土類元素のうちの1種以上を合計で1 mol ppm以上100 mol ppm以下、又は、ボロンを100 mol ppm以上1000 mol ppm以下のいずれか一方を含有し、残部が銅及び不可避不純物とされた組成とされていることを特徴とするパワーモジュール用基板。
- [請求項2] 前記絶縁基板の他方の面に形成された金属層をさらに備えたパワーモジュール用基板であって、前記金属層は、前記絶縁基板の他方の面にアルミニウム板が接合されて構成されている請求項1に記載のパワーモジュール用基板。
- [請求項3] 前記回路層を構成する第一銅板は、接合される前において、少なくとも、アルカリ土類元素、遷移金属元素、希土類元素のうちの1種以上を合計で3 mol ppm以上50 mol ppm以下、又は、ボロンを300 mol ppm以上1000 mol ppm以下のいずれか一方を含有し、残部が銅及び不可避不純物とされた組成とされている請求項1または2に記載のパワーモジュール用基板。
- [請求項4] 前記回路層を構成する第一銅板は、酸素含有量が1質量ppm以下とされている請求項1から3のいずれか一項に記載のパワーモジュール用基板。
- [請求項5] 前記金属層のうち前記絶縁基板との接合界面には、Si, Cu, Ag, Zn, Mg, Ge, Ca, Ga, Liのうちのいずれか1種又は2種以上の添加元素が固溶しており、前記金属層のうち接合界面近傍における前記添加元素の濃度の合計が0.01質量%以上5質量%以

下の範囲内に設定されている請求項2から4のいずれか一項に記載のパワーモジュール用基板。

[請求項6] 前記金属層のうち前記絶縁基板との接合界面には、Si, Cu, Ag, Zn, Mg, Ge, Ca, Ga, Liのうちのいずれか1種又は2種以上の添加元素の濃度が、前記金属層中の前記添加元素の濃度の2倍以上とされた添加元素高濃度部が形成されている請求項2から5のいずれか一項に記載のパワーモジュール用基板。

[請求項7] 前記絶縁基板の他方の面に形成された金属層をさらに備えたパワーモジュール用基板であって、前記金属層は、前記絶縁基板の他方の面に第二銅板が接合されて構成されており、

前記第二銅板は、接合される前において、少なくとも、アルカリ土類元素、遷移金属元素、希土類元素のうちの1種以上を合計で1 mol ppm以上100 mol ppm以下、又は、ボロンを100 mol ppm以上1000 mol ppm以下のいずれか一方を含有し、残部が銅及び不可避不純物とされた組成とされている請求項1に記載のパワーモジュール用基板。

[請求項8] 前記第一銅板および前記第二銅板の少なくとも一方は、接合される前において、少なくとも、アルカリ土類元素、遷移金属元素、希土類元素のうちの1種以上を合計で3 mol ppm以上50 mol ppm以下、又は、ボロンを300 mol ppm以上1000 mol ppm以下のいずれか一方を含有し、残部が銅及び不可避不純物とされた組成とされている請求項1または請求項7に記載のパワーモジュール用基板。

[請求項9] 前記第一銅板および前記第二銅板の少なくとも一方は、酸素含有量が1質量 ppm以下とされている請求項1、請求項7および8のいずれか一項に記載のパワーモジュール用基板。

[請求項10] 請求項1から請求項9のいずれか一項に記載のパワーモジュール用基板と、前記絶縁基板の他方の面側に配設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。

[請求項11] 請求項10に記載のヒートシンク付パワーモジュール用基板と、前記回路層上に搭載された電子部品と、を備えたヒートシンク付パワーモジュール。

[請求項12] 請求項1から請求項9のいずれか一項に記載のパワーモジュール用基板と、前記回路層上に搭載された電子部品と、を備えたパワーモジュール。

[請求項13] 絶縁基板と、この絶縁基板の一方の面に形成された回路層と、前記絶縁基板の他方の面に形成された金属層と、を備えたパワーモジュール用基板の製造方法であって、

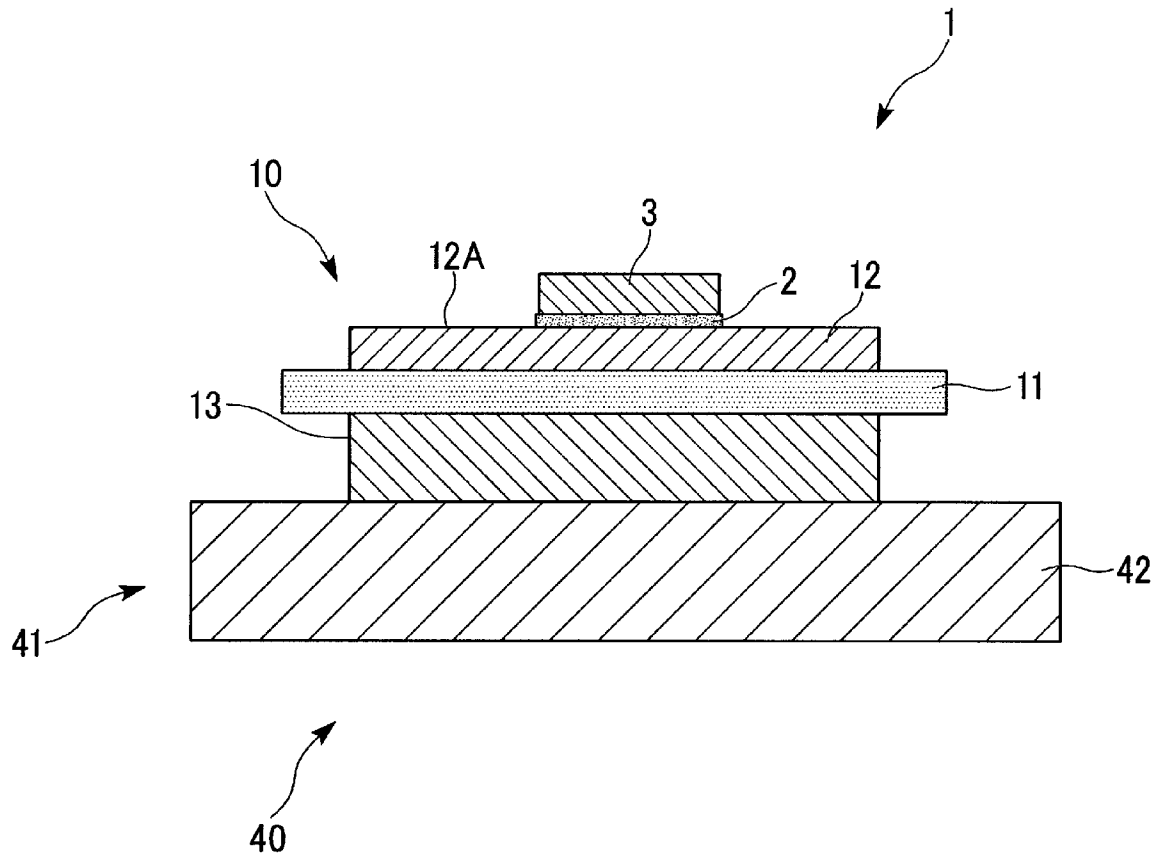
前記回路層は、前記絶縁基板の一方の面に第一銅板が接合されて構成され、前記金属層は、前記絶縁基板の他方の面にアルミニウム板が接合されて構成され、前記第一銅板は、接合される前において、少なくとも、アルカリ土類元素、遷移金属元素、希土類元素のうちの1種以上を合計で1 mol ppm以上100 mol ppm以下、又は、ボロンを100 mol ppm以上1000 mol ppm以下のいずれか一方を含有し、残部が銅及び不可避不純物とされた組成とされており、

前記絶縁基板の一方の面に第一銅板を接合して前記回路層を形成する回路層形成工程と、

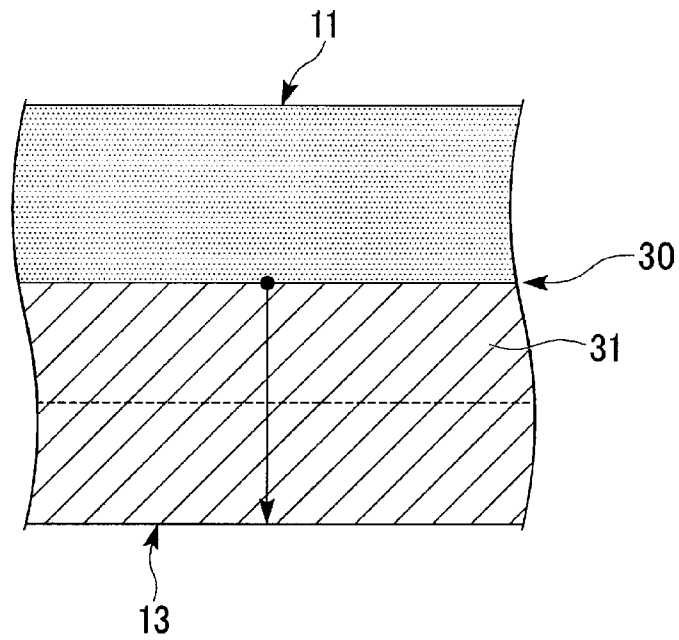
前記絶縁基板の他方の面にアルミニウム板を接合して前記金属層を形成する第一金属層形成工程と、を備え、

前記第一金属層形成工程においては、前記アルミニウム板の接合界面にSi, Cu, Ag, Zn, Mg, Ge, Ca, Ga, Liのうちのいずれか1種又は2種以上の添加元素を配置し、前記アルミニウム板を接合することを特徴とするパワーモジュール用基板の製造方法。

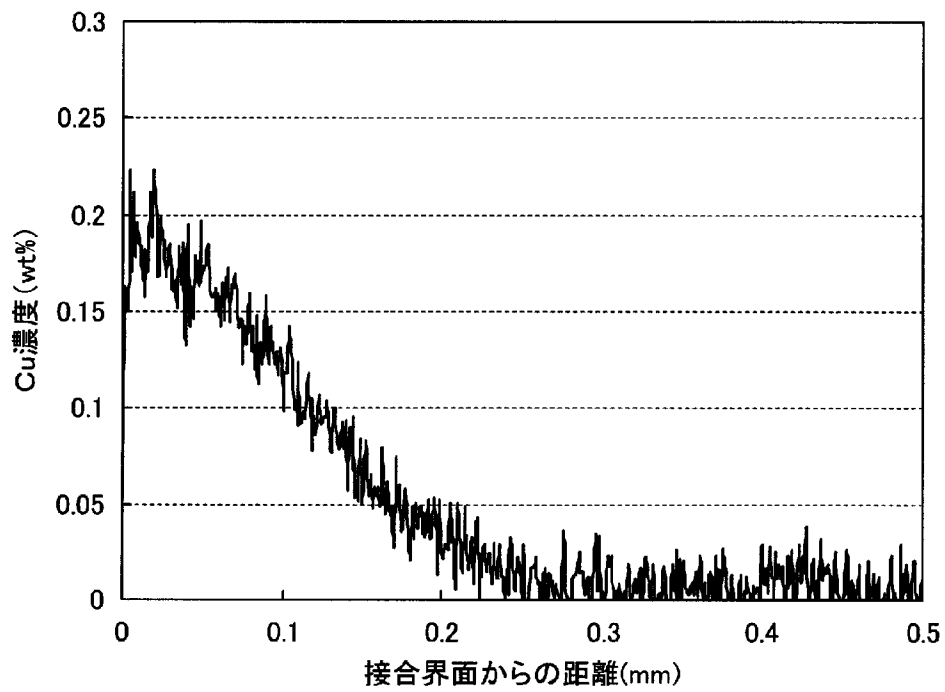
[図1]



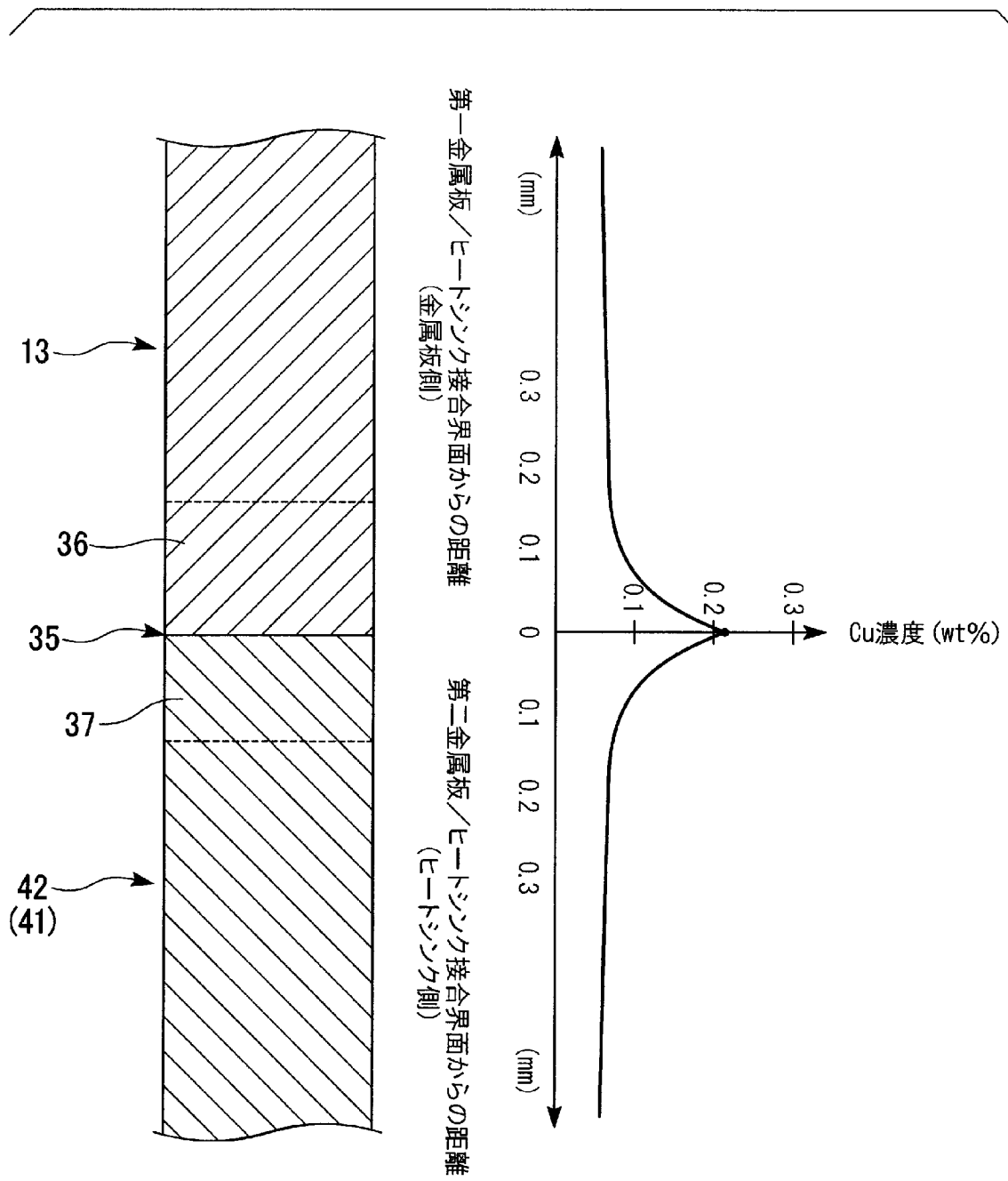
[図2A]



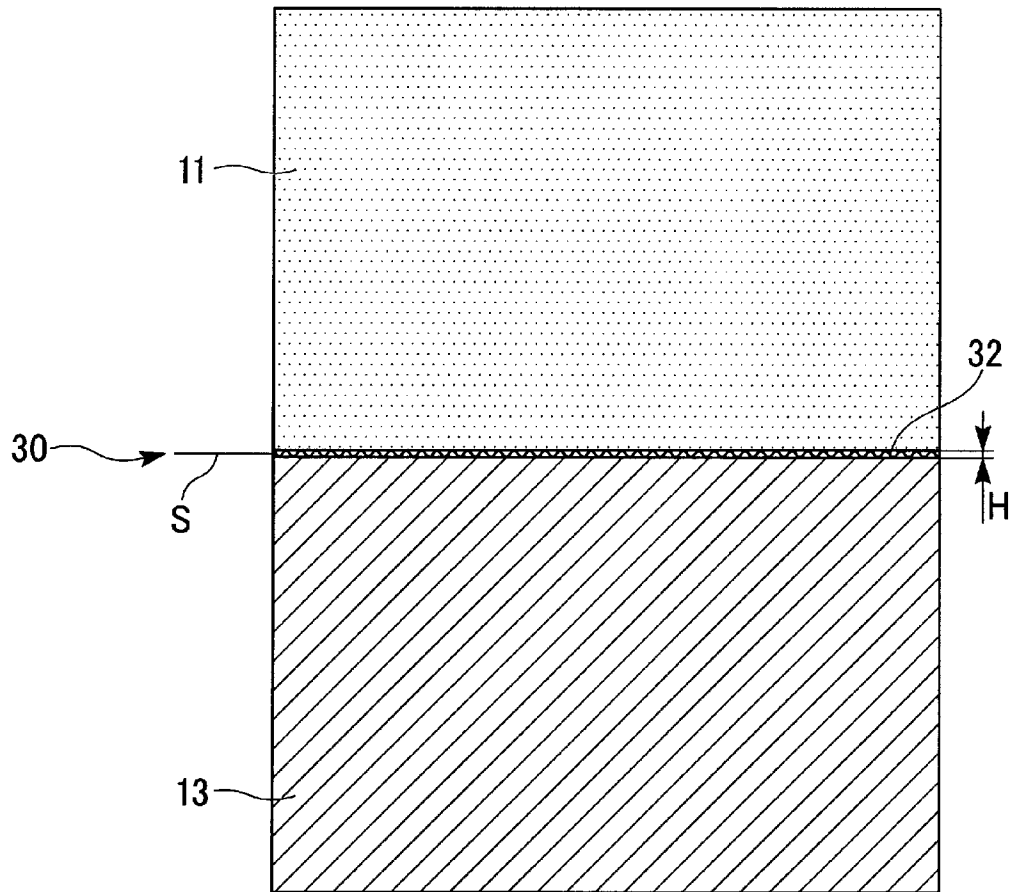
[図2B]



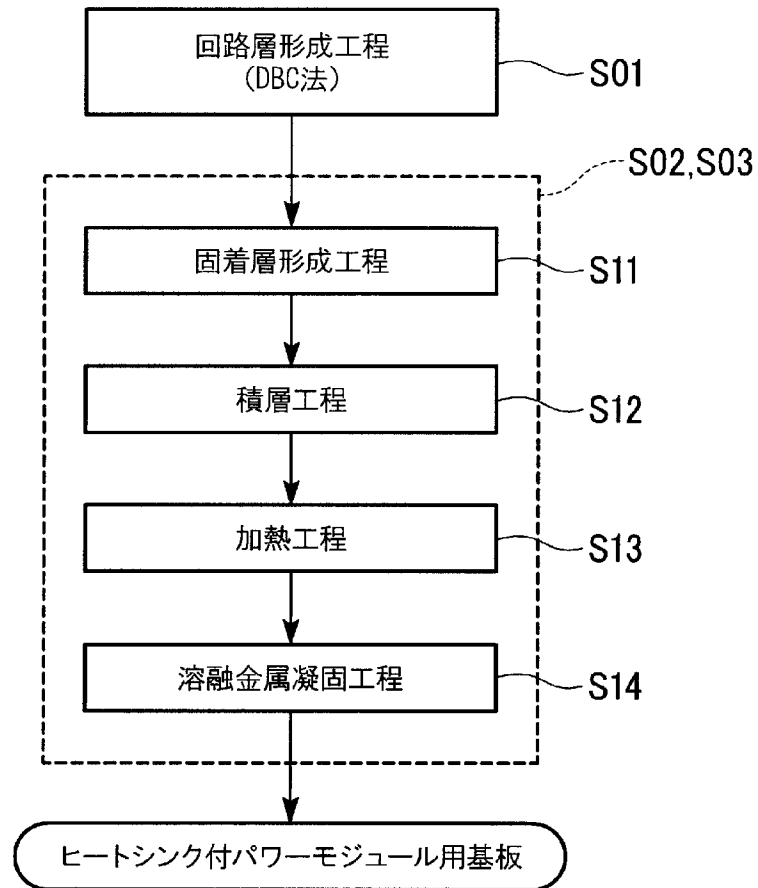
[図3]



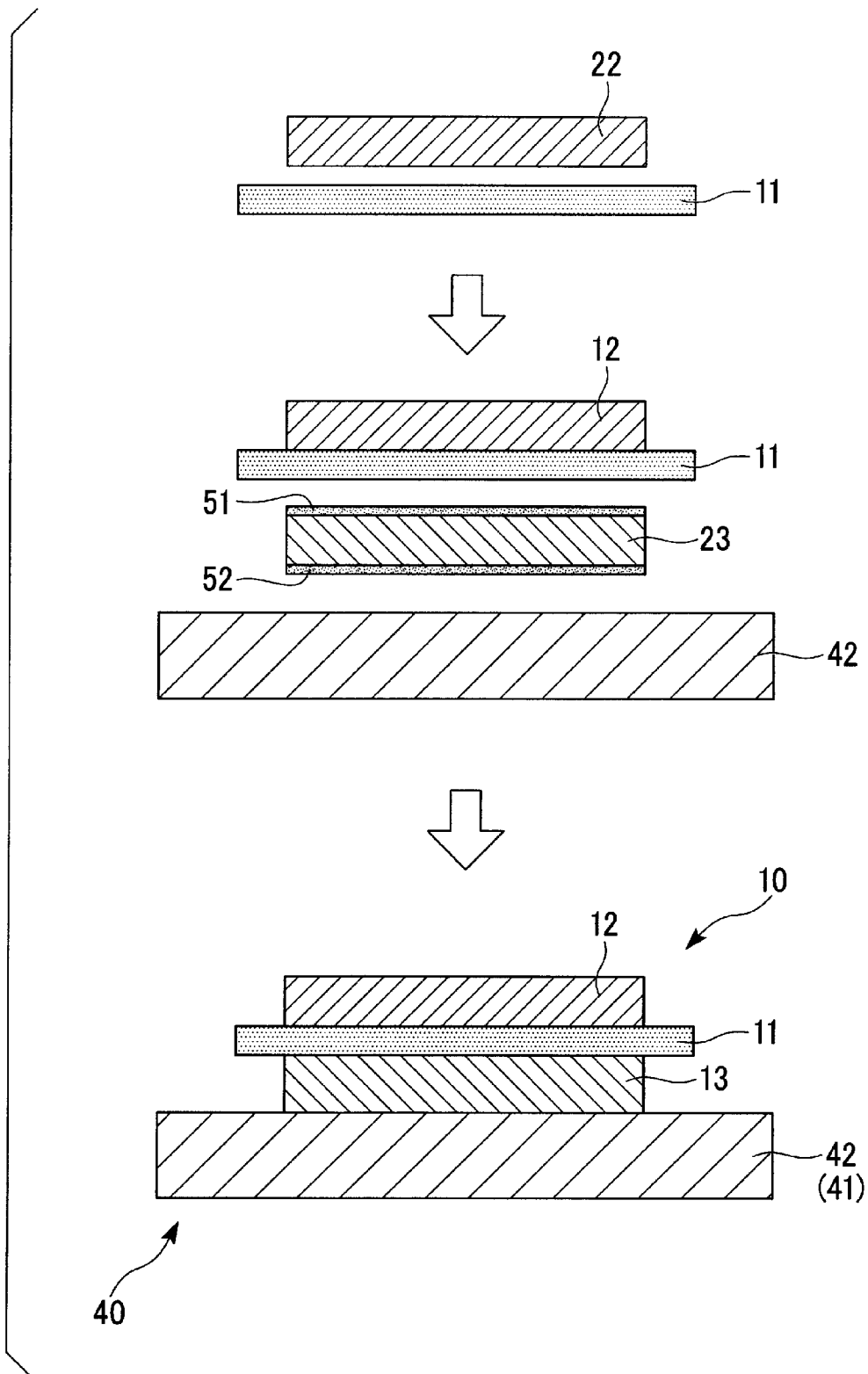
[図4]



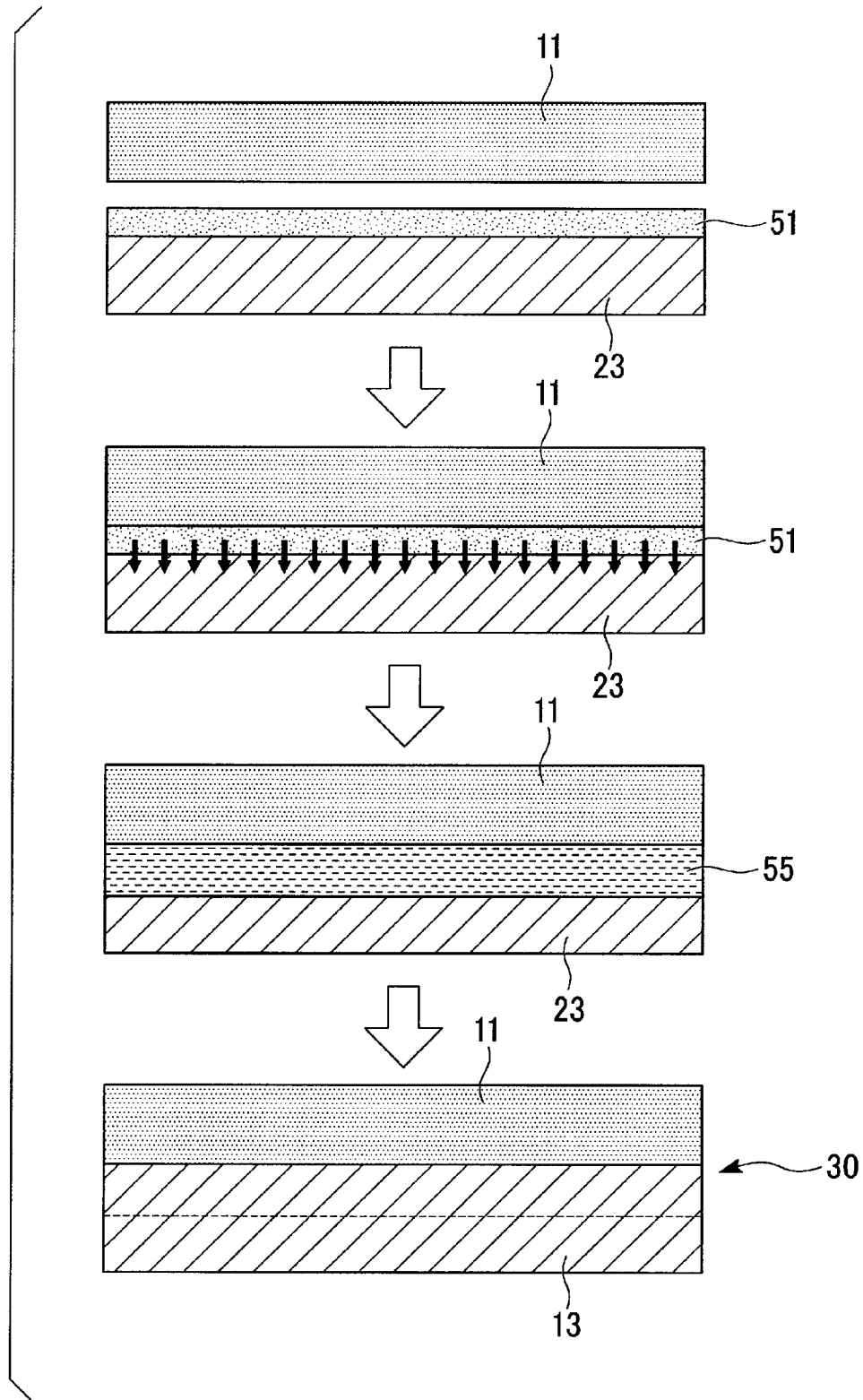
[図5]



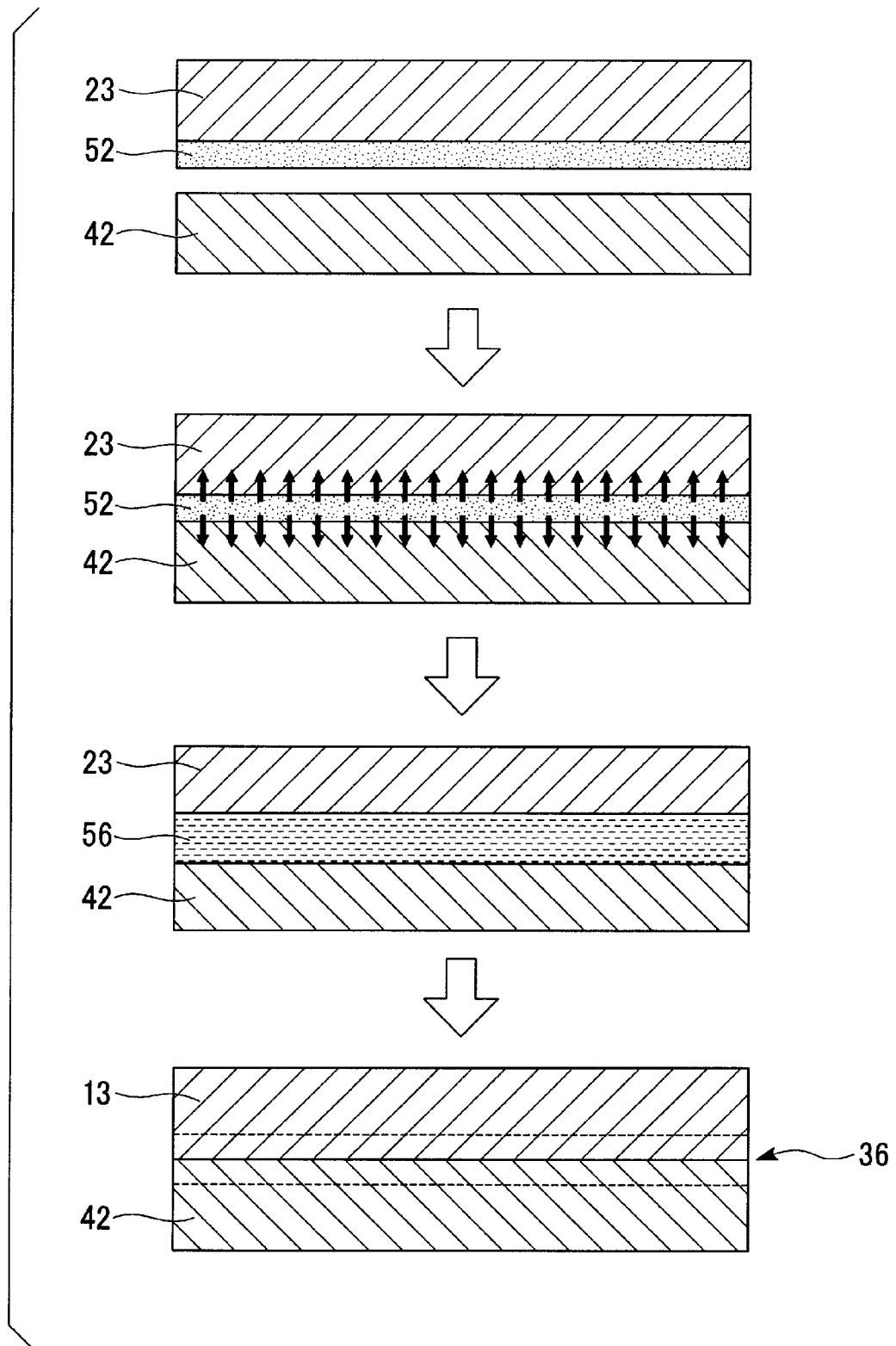
[図6]



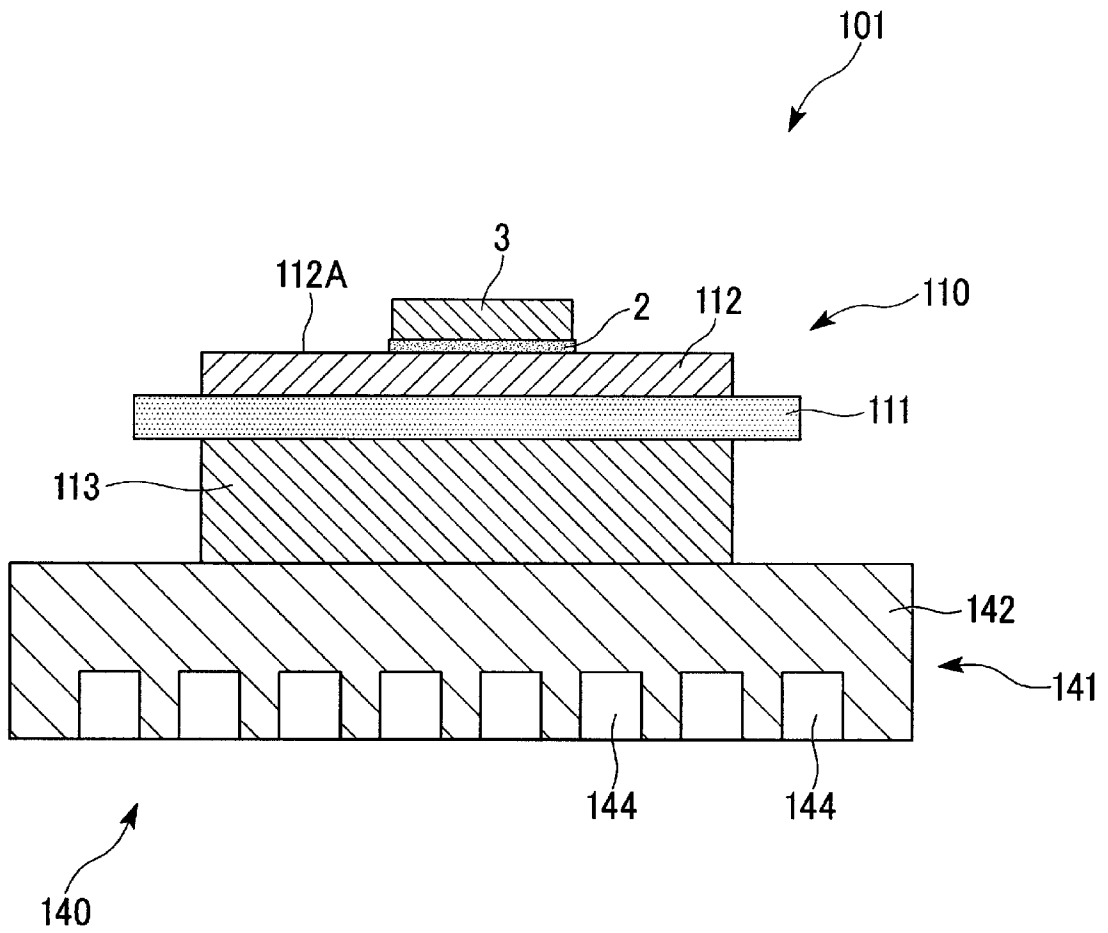
[図7]



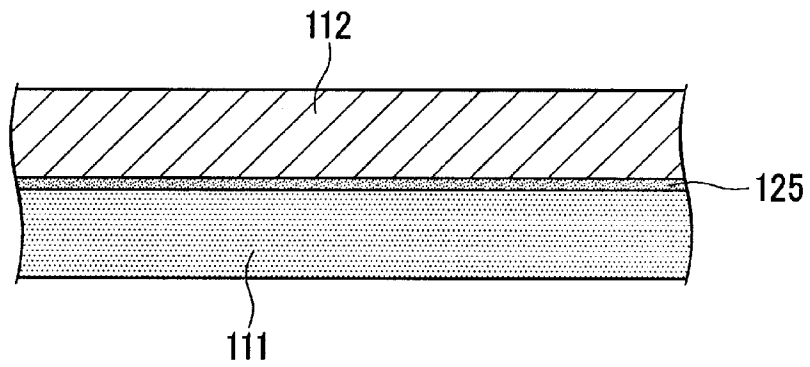
[図8]



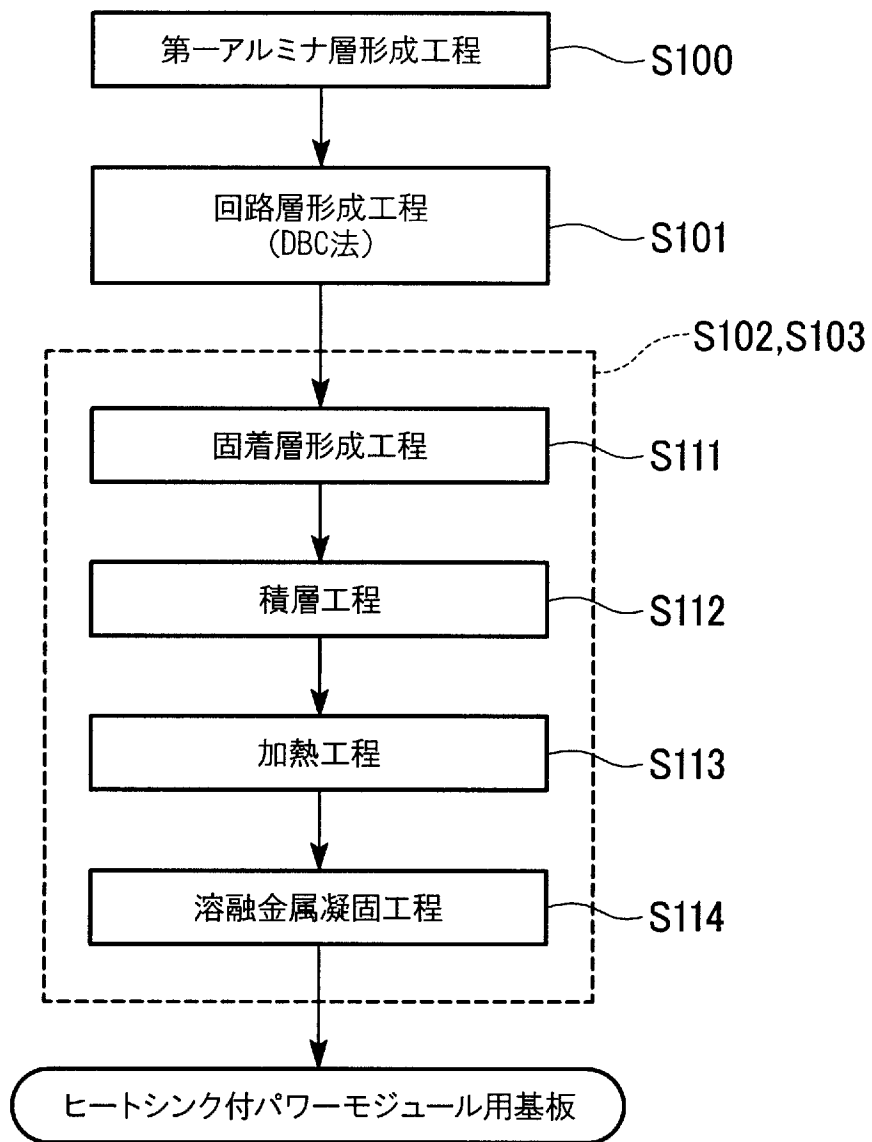
[図9]



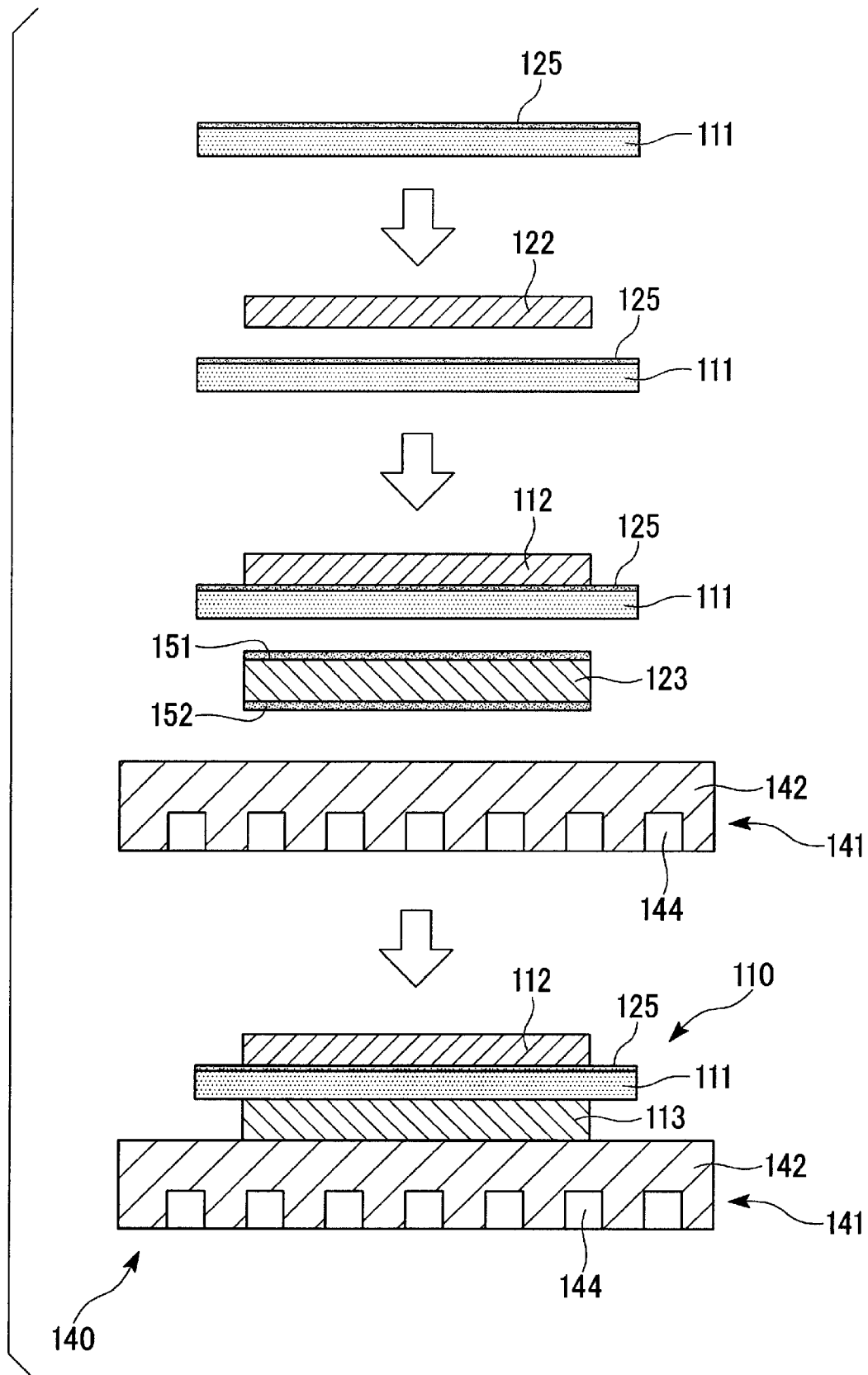
[図10]



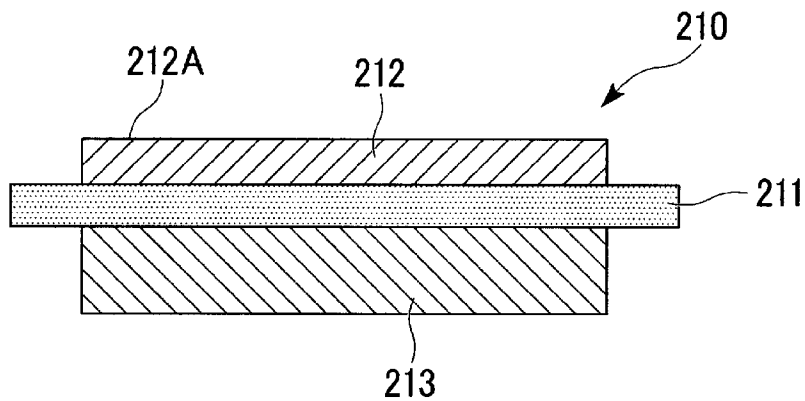
[図11]



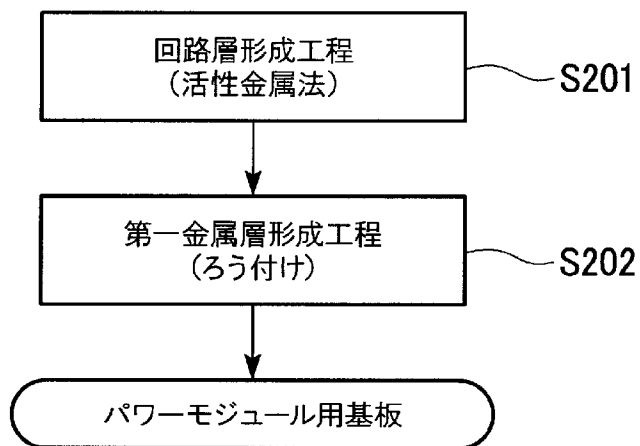
[図12]



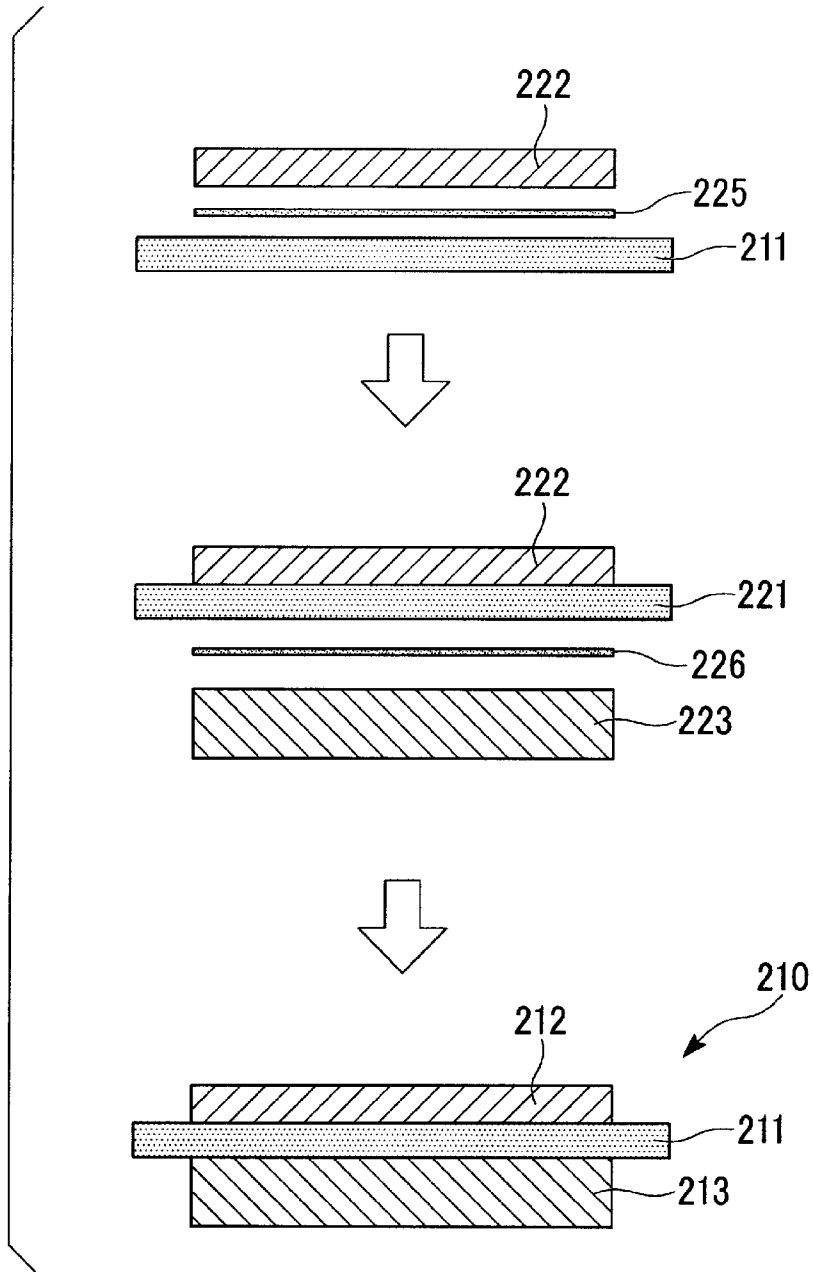
[図13]



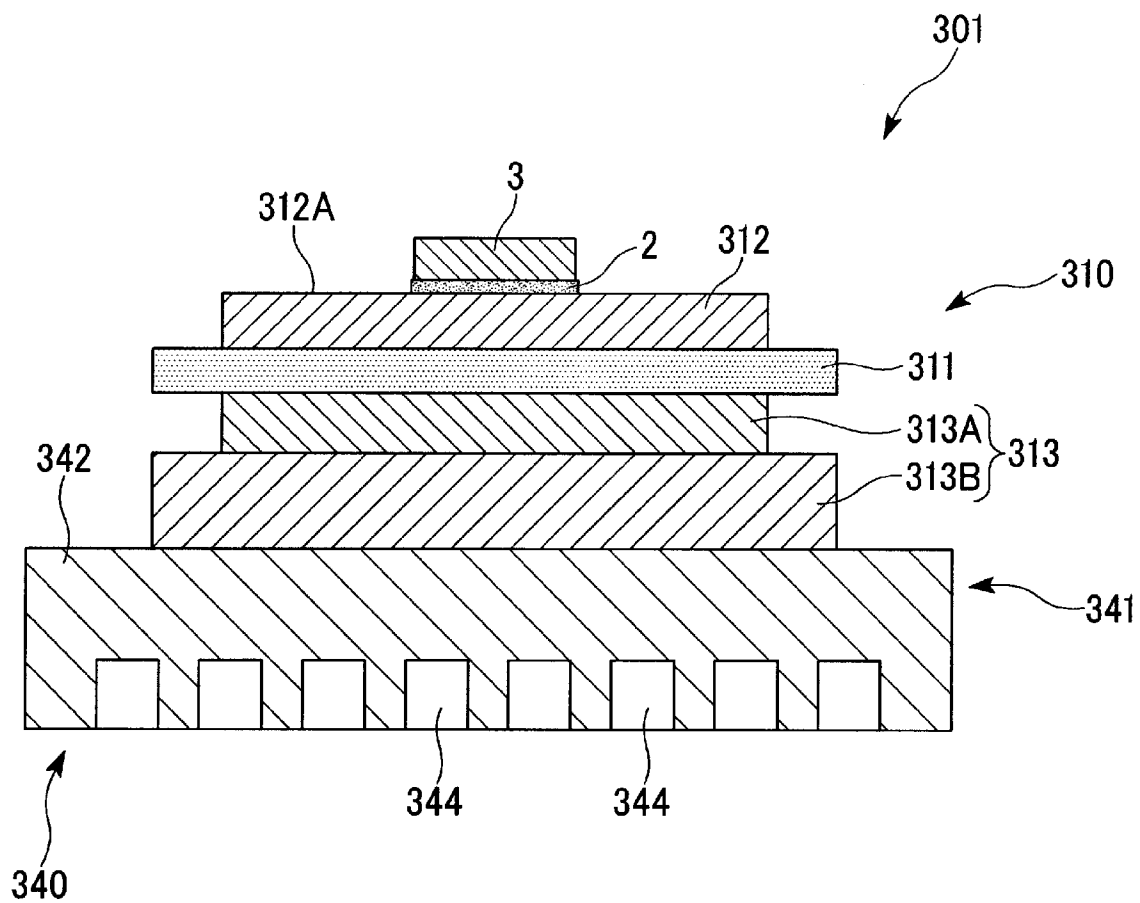
[図14]



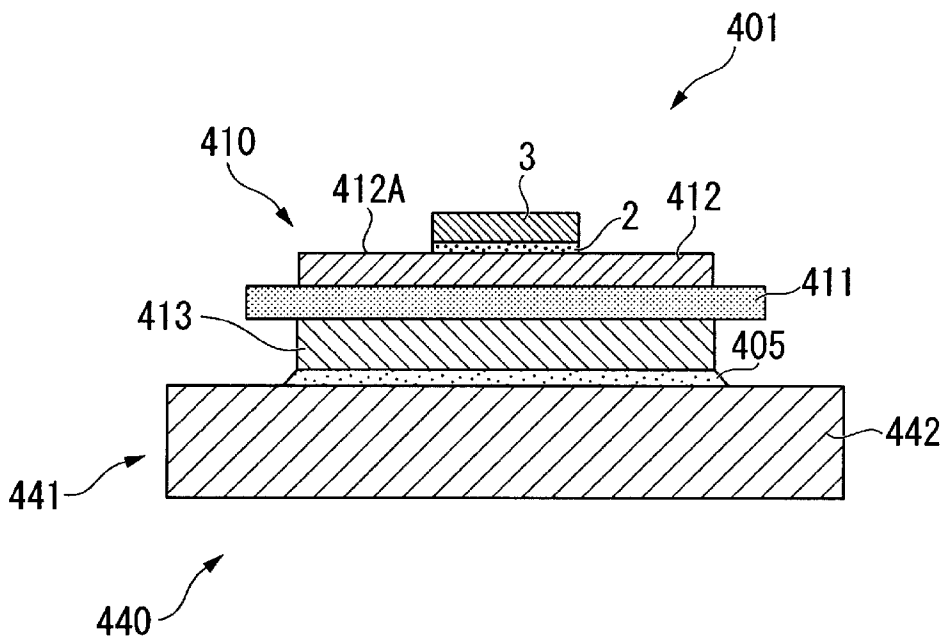
[図15]



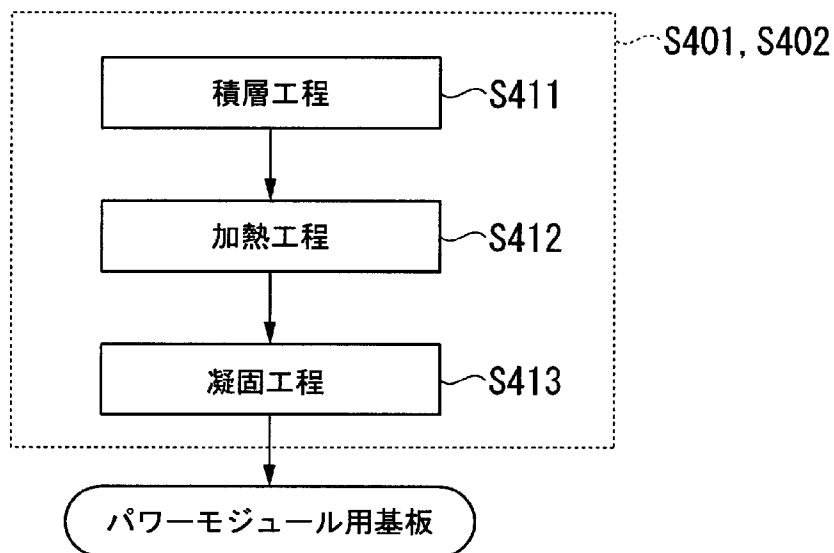
[図16]



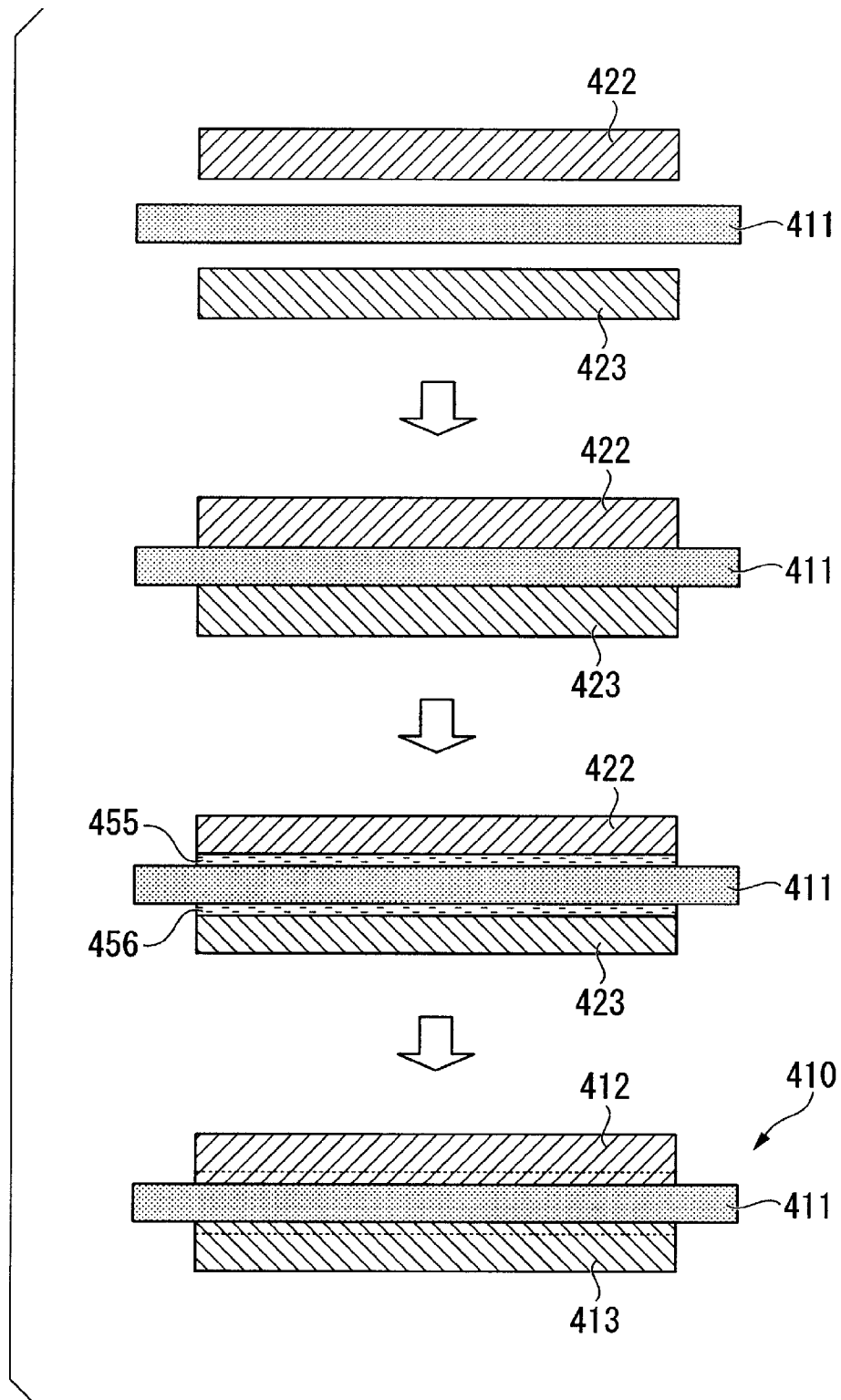
[図17]



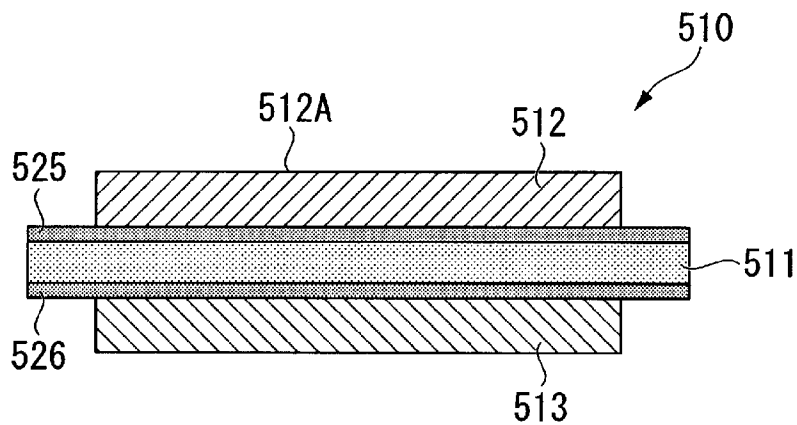
[図18]



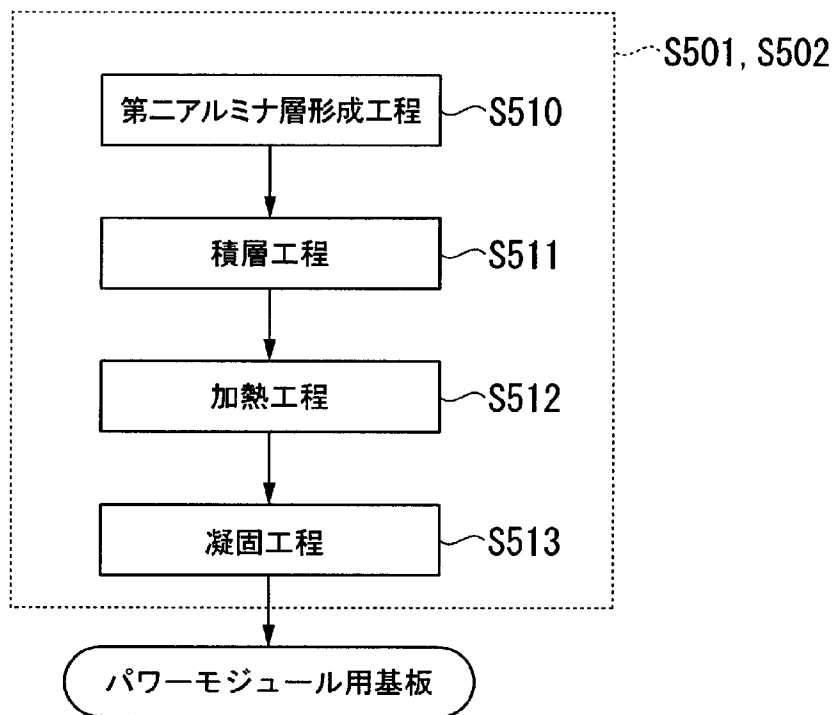
[図19]



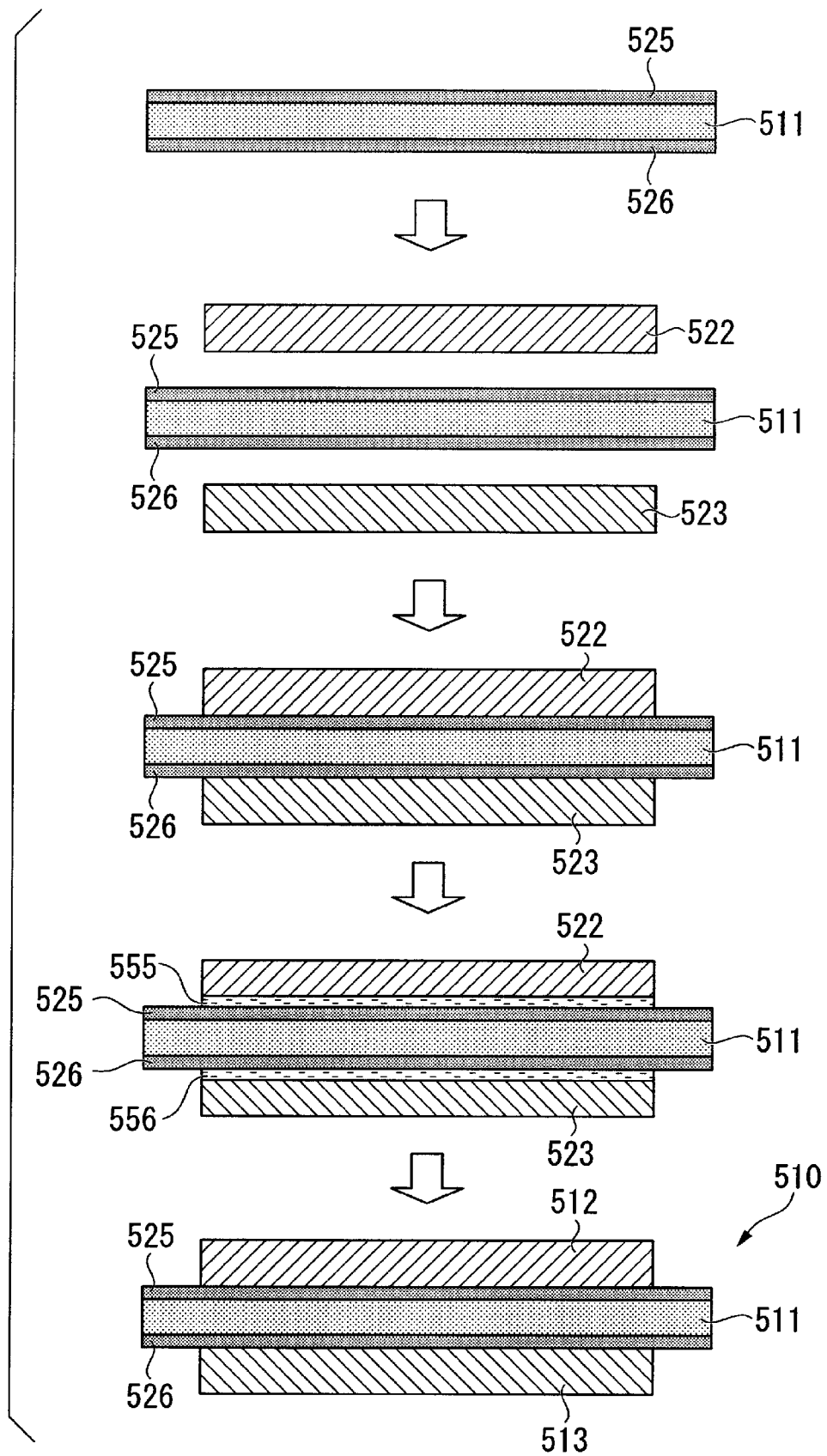
[図20]



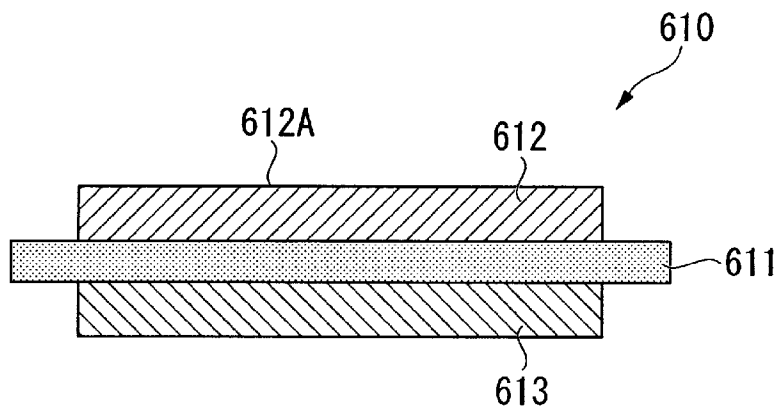
[図21]



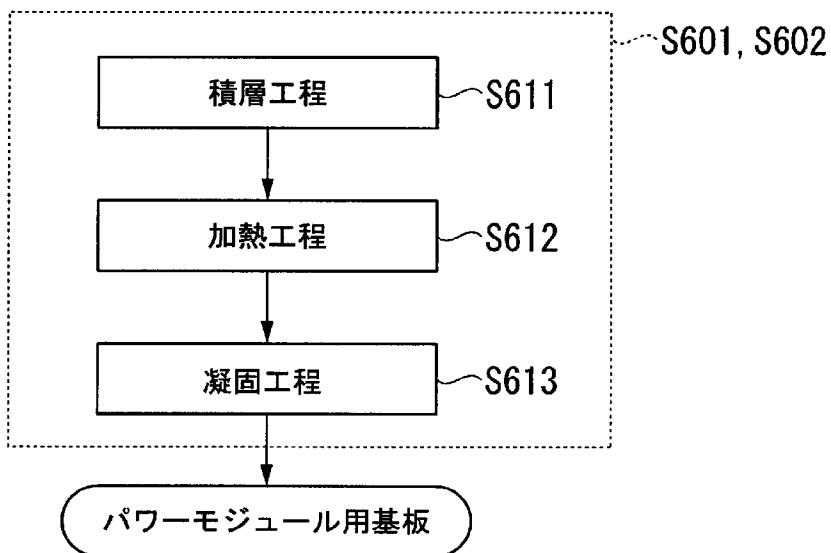
[図22]



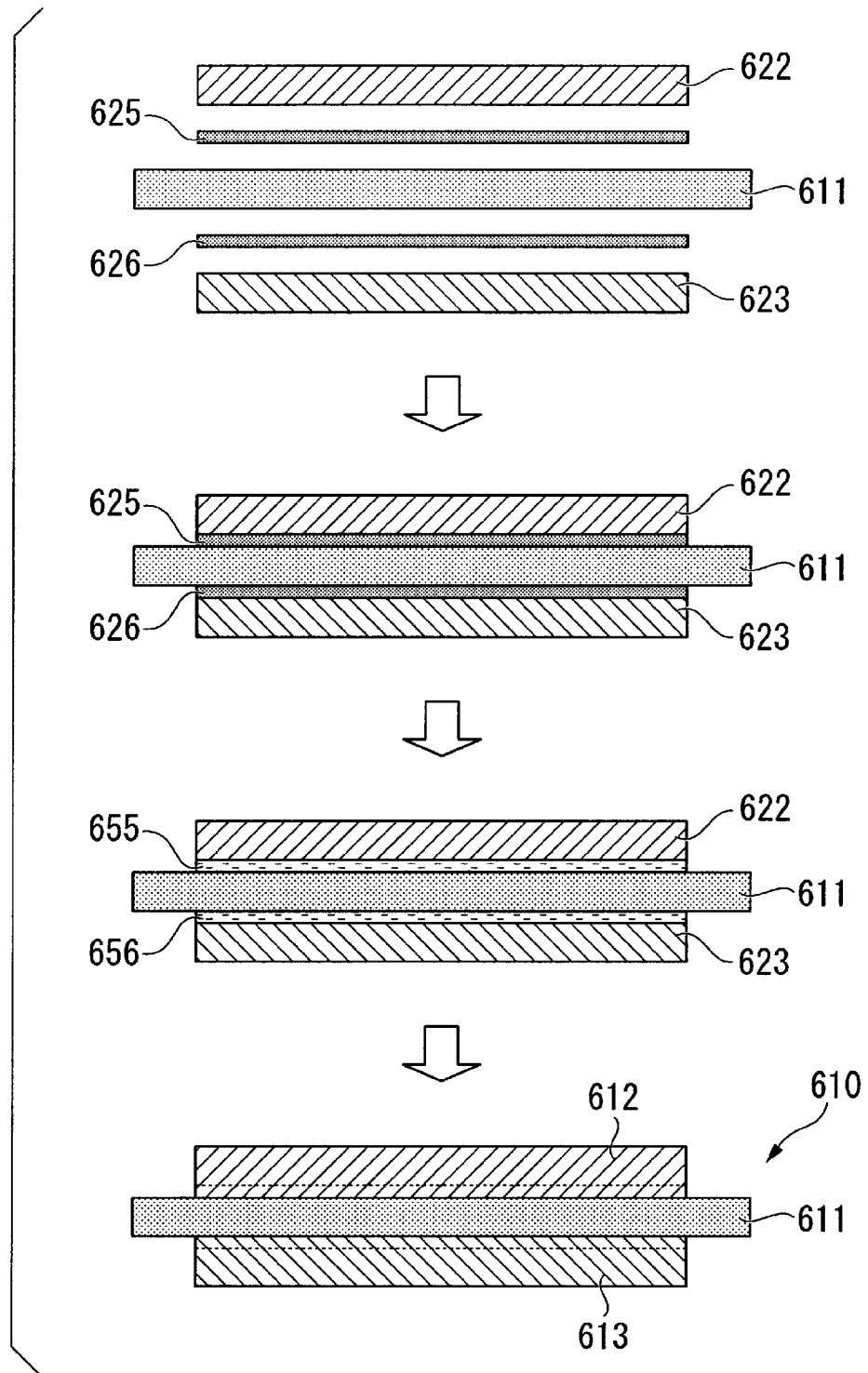
[図23]



[図24]



[図25]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/070484

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L23/13(2006.01)i, H01L23/36(2006.01)i, H05K1/02(2006.01)i, H05K1/05(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)

H01L23/13, H01L23/36, H05K1/02, H05K1/05

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 | 1996-2012 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2012 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2012 |

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 3-114289 A (Denki Kagaku Kogyo Kabushiki Kaisha), 15 May 1991 (15.05.1991), entire text (Family: none) | 1-13 |
| Y | JP 3-060185 A (Hitachi Cable, Ltd.), 15 March 1991 (15.03.1991), entire text; all drawings (Family: none) | 1-13 |
| Y | JP 2011-066385 A (Mitsubishi Materials Corp.), 31 March 2011 (31.03.2011), paragraphs [0021] to [0059]; fig. 1 to 10 & US 2011/0074010 A1 & EP 2296177 A1 & CN 102047413 A & KR 10-2011-0033117 A | 2, 5, 6, 13 |

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

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
28 September, 2012 (28.09.12)Date of mailing of the international search report
09 October, 2012 (09.10.12)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/070484

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 2011-066405 A (Mitsubishi Materials Corp.), 31 March 2011 (31.03.2011), paragraphs [0031] to [0084]; fig. 1 to 11 (Family: none) | 2, 5, 6, 13 |
| Y | JP 3-060184 A (Hitachi Cable, Ltd.), 15 March 1991 (15.03.1991), entire text; all drawings (Family: none) | 4, 9 |
| Y | JP 5-170564 A (Kawasaki Steel Corp.), 09 July 1993 (09.07.1993), paragraph [0006] (Family: none) | 7, 8 |
| A | JP 4-056754 A (Hitachi Cable, Ltd.), 24 February 1992 (24.02.1992), entire text (Family: none) | 1-13 |
| A | JP 2000-212660 A (Nippon Mining & Metals Co., Ltd.), 02 August 2000 (02.08.2000), entire text & US 6197433 B1 & DE 10001137 A1 & TW 487738 B & KR 10-2000-0052542 A & CN 1262335 A | 1-13 |

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
 Int.Cl. H01L23/13(2006.01)i, H01L23/36(2006.01)i, H05K1/02(2006.01)i, H05K1/05(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. H01L23/13, H01L23/36, H05K1/02, H05K1/05

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 1971-2012年
 日本国実用新案登録公報 1996-2012年
 日本国登録実用新案公報 1994-2012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 3-114289 A (電気化学工業株式会社) 1991.05.15, 全文 (ファミリーなし) | 1-13 |
| Y | JP 3-060185 A (日立電線株式会社) 1991.03.15, 全文, 全図 (ファミリーなし) | 1-13 |
| Y | JP 2011-066385 A (三菱マテリアル株式会社) 2011.03.31, 段落 【0021】 - 【0059】, 第1-10図 & US 2011/0074010 A1 & EP 2296177 A1 & CN 102047413 A & KR 10-2011-0033117 A | 2, 5, 6, 13 |

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

* 引用文献のカテゴリー
 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願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 28.09.2012 国際調査報告の発送日 09.10.2012

| | | | |
|---|-----------------------------------|-----|------|
| 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) | 4 R | 3838 |
| | 関根 崇 電話番号 03-3581-1101 内線 3471 | | |

| 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 |
| Y | JP 2011-066405 A (三菱マテリアル株式会社) 2011. 03. 31, 段落【0031】 - 【0084】, 第1-11 図 (ファミリーなし) | 2, 5, 6, 13 |
| Y | JP 3-060184 A (日立電線株式会社) 1991. 03. 15, 全文, 全図 (ファミリーなし) | 4, 9 |
| Y | JP 5-170564 A (川崎製鉄株式会社) 1993. 07. 09, 段落【0006】 (ファミリーなし) | 7, 8 |
| A | JP 4-056754 A (日立電線株式会社) 1992. 02. 24, 全文 (ファミリーなし) | 1-13 |
| A | JP 2000-212660 A (日鉱金属株式会社) 2000. 08. 02, 全文 & US 6197433 B1 & DE 10001137 A1 & TW 487738 B & KR 10-2000-0052542 A & CN 1262335 A | 1-13 |