

(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
2024年11月21日(21.11.2024)



(10) 国際公開番号

WO 2024/237110 A1

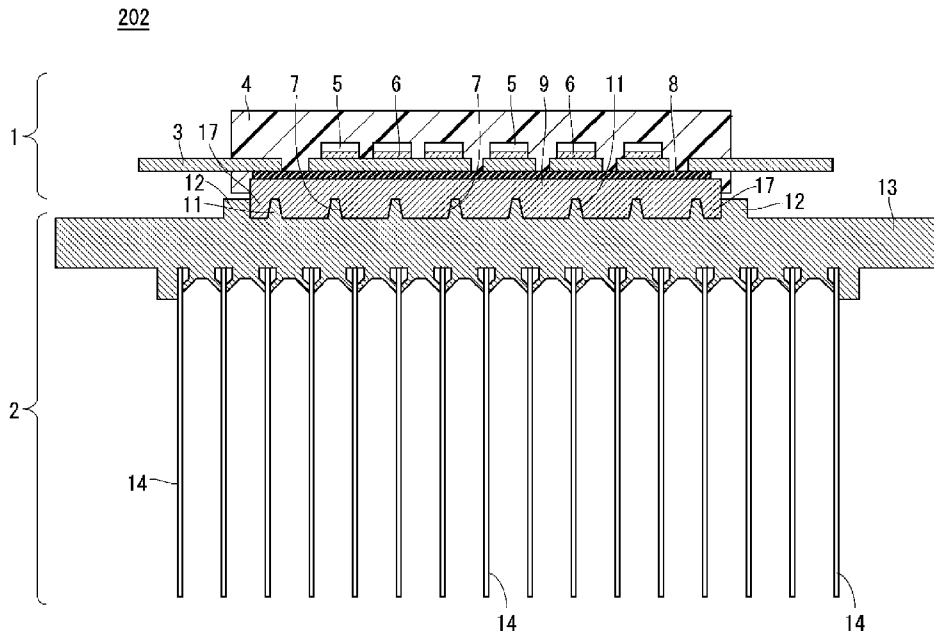
- (51) 国際特許分類:
H01L 23/40 (2006.01) *H02M 7/48* (2007.01)
H01L 23/36 (2006.01) *H05K 7/20* (2006.01)
H01L 25/07 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2024/016811
- (22) 国際出願日: 2024年5月1日(01.05.2024)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2023-080518 2023年5月16日(16.05.2023) JP
- (71) 出願人:三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東

京都千代田区丸の内二丁目7番3号Tokyo (JP).

- (72) 発明者: 多田 晴菜(TADA Haruna); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号三菱電機株式会社内Tokyo (JP). 三田 泰之(SANDA Yasuyuki); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号三菱電機株式会社内Tokyo (JP). 伊藤 嘉教(ITO Yoshinori); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号三菱電機株式会社内Tokyo (JP). 後藤 正喜(GOTO Masaki); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号三菱電機株式会社内Tokyo (JP). 森貞 達志(MORISADA Tatsushi); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号三菱電機株式会社内Tokyo (JP). 寺田 隼人(TERADA

(54) Title: POWER MODULE, METHOD FOR MANUFACTURING POWER MODULE, AND POWER CONVERSION DEVICE

(54) 発明の名称: パワーモジュール、パワーモジュールの製造方法、および電力変換装置



(57) Abstract: The purpose of the present invention is to provide a power module in which a power module unit and a heat sink are integrated, wherein an increase in contact thermal resistance and a decrease in retention strength can be suppressed. The power module comprises: a power module unit having a module base, a semiconductor element mounted on one side of the module base, and a molded section that seals the semiconductor element; a heat sink base integrated with the other side of the module base exposed from the molded section; and a plurality of heat dissipation fins protruding from

WO 2024/237110 A1

Hayato); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 六分一穂隆(**ROKUBUICHI Hodaka**); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 吉竹 英俊, 外(**YOSHITAKE Hidetoshi et al.**); 〒5400001 大阪府大阪市中央区城見1丁目4番70号住友生命OBPプラザビル10階 Osaka (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

the heat sink base in the direction opposite the module base and fixed to a crimping section of the heat sink base. A first uneven section is provided on the other side of the module base, and the surface on the module base-side of the heat sink base is provided with a second uneven section that interlocks with the first uneven section, and a wall section that protrudes toward the module base from a position closer to the outer periphery than the portion facing the first uneven section.

(57) 要約: パワーモジュール部とヒートシンクとを一体化したパワーモジュールにおいて、接触熱抵抗の増大と保持強度の低下を抑制可能な技術を提供することを目的とする。パワーモジュールは、モジュールベースとモジュールベースの一方側面に搭載された半導体素子と半導体素子を封止するモールド部を有するパワーモジュール部と、モールド部から露出したモジュールベースの他方面と一体化されたヒートシンクベースと、ヒートシンクベースにおけるモジュールベースとは反対側に突出し、ヒートシンクベースのかしめ部に固定された複数の放熱フィンとを備える。モジュールベースの他方面には、第1凹凸部が設けられ、ヒートシンクベースにおけるモジュールベース側の面には、第1凹凸部と嵌合する第2凹凸部と、第1凹凸部に対向する部分よりも外周側の位置にモジュールベース側に突出する壁部が設けられる。

明 細 書

発明の名称：

パワーモジュール、パワーモジュールの製造方法、および電力変換装置

技術分野

[0001] 本開示は、パワーモジュール、パワーモジュールの製造方法、および電力変換装置に関するものである。

背景技術

[0002] 一般的なパワーモジュールでは、半導体素子からの発熱はパワーモジュールと熱伝導グリスを介して接続されたヒートシンクから放熱される。熱伝導グリスの熱伝導率は小さいため、パワーモジュール全体の熱抵抗が大きくなり、パワーモジュールが大型化するという問題があった。

[0003] そこで、パワーモジュールの小型化を実現するために熱伝導グリスを使用せず、パワーモジュールと一体化したフィンベースに平板フィンをかしめ加工により一体化した、ヒートシンク一体型のパワーモジュールが開発されている（例えば、特許文献1参照）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：国際公開第2018/097027号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、特許文献1に記載の技術では、凹凸部の外周側の端部はかしめ後も固定されないため、凹凸部の外周側の端部が大きく塑性変形した場合、凹凸部の外周側の端部と接触する箇所にかかる面圧が低下し、接触熱抵抗の増大と保持強度の低下が起こる可能性がある。

[0006] また、熱応力などでそれぞれの部材が変形するとき、凹凸部の外周側の端部が外側に開くような挙動を示して上記と同様の状態になる可能性がある。この状態は、特にモジュールベースとヒートシンクを一体化する際に位置ズ

レが生じた場合、またはモジュールベースの凹凸部と、ヒートシンクの凹凸部の公差がバラついた場合に発生すると考えられる。

[0007] そこで、本開示は、パワーモジュール部とヒートシンクとを一体化したパワーモジュールにおいて、接触熱抵抗の増大と保持強度の低下を抑制可能な技術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] 本開示に係るパワーモジュールは、モジュールベースと、前記モジュールベースの一方面側に搭載された半導体素子と、前記半導体素子を封止するモールド部とを有するパワーモジュール部と、前記モールド部から露出した前記モジュールベースの他方面と一体化されたヒートシンクベースと、前記ヒートシンクベースにおける前記モジュールベースとは反対側に突出し、前記ヒートシンクベースのかしめ部に固定された複数の放熱フィンと、を備え、前記モジュールベースの前記他方面には、第1凹凸部が設けられ、前記ヒートシンクベースにおける前記モジュールベース側の面には、前記第1凹凸部と嵌合する第2凹凸部と、前記第1凹凸部に対向する部分よりも外周側の位置に前記モジュールベース側に突出する壁部が設けられた。

発明の効果

[0009] 本開示によれば、壁部により、第1凹凸部の外周側の端部の変形量を減少させることができるため、接触熱抵抗の増大と保持強度の低下を抑制することができる。

[0010] この開示の目的、特徴、局面、および利点は、以下の詳細な説明と添付図面とによって、より明白となる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]実施の形態1に係るパワーモジュールの一体化前を示す断面図である。

[図2]実施の形態1に係るパワーモジュールの断面図である。

[図3]実施の形態1の変形例に係るパワーモジュールの一体化前を示す断面図である。

[図4]実施の形態1の変形例に係るパワーモジュールの一体化前を示す断面図

である。

[図5]実施の形態1においてヒートシンクかしめ加工を実施する工程を示す断面図である。

[図6]実施の形態1の変形例に係るパワーモジュールの一体化前を示す断面図である。

[図7]実施の形態1の変形例に係るパワーモジュールの一体化前を示す断面図である。

[図8]実施の形態1の変形例に係るパワーモジュールの一体化前を示す断面図である。

[図9]実施の形態1に係るパワーモジュールの製造方法を示す断面図である。

[図10]実施の形態1に係るパワーモジュールの製造方法を示す断面図である。
。

[図11]実施の形態1に係るパワーモジュールの製造方法を示す断面図である。
。

[図12]実施の形態1に係るパワーモジュールが備えるヒートシンクを下方から視た図である。

[図13]実施の形態1に係るパワーモジュールの他の製造方法を示す断面図である。

[図14]実施の形態2に係るパワーモジュールの一体化前を示す断面図である。
。

[図15]実施の形態2に係るパワーモジュールの断面図である。

[図16]実施の形態3に係るパワーモジュールの一体化前を示す断面図である。
。

[図17]実施の形態3に係るパワーモジュールの断面図である。

[図18]実施の形態3においてヒートシンクかしめ加工を実施する工程を示す断面図である。

[図19]実施の形態4に係る電力変換装置を適用した電力変換システムの構成を示すブロック図である。

[図20]関連技術においてヒートシンクかしめ加工を実施する工程を示す断面図である。

発明を実施するための形態

[0012] <実施の形態1>

<パワーモジュールの構造>

実施の形態1について、図面を用いて以下に説明する。図1は、実施の形態1に係るパワーモジュール202の一体化前を示す断面図である。図2は、実施の形態1に係るパワーモジュール202の断面図である。

[0013] 図1と図2に示すように、パワーモジュール202は、ヒートシンク一体型のパワーモジュールであり、パワーモジュール部1と、ヒートシンク2とを備えている。パワーモジュール部1は、複数の半導体チップ5（半導体素子）と、リードフレーム3と、絶縁シート8と、モジュールベース9と、モールド部4とを備えている。

[0014] 複数の半導体チップ5は、はんだ6を介してリードフレーム3の上面（一方面）に搭載されている。リードフレーム3は、モジュールベース9の上面（一方面）に貼り付けられた絶縁シート8を介して配置されている。

[0015] 半導体チップ5の材質は、例えばシリコンである。なお、半導体チップ5の材質は、シリコンに限定されず、例えば、炭化珪素、窒化ガリウム、またはダイヤモンド等のワイドバンドギャップ半導体材料であってもよい。ワイドバンドギャップ半導体材料は、シリコンのバンドギャップよりも広いバンドギャップを有する材料である。ワイドバンドギャップ半導体材料で構成される半導体チップ5は、大電流を使用した動作、および高温環境下における動作等を行うことが可能になる。このため、半導体チップ5の材質は、ワイドバンドギャップ半導体材料であることが好ましい。

[0016] モールド部4は、モールド樹脂からなり、リードフレーム3の一端側および他端側とモジュールベース9の下面（他方面）が露出するように、半導体チップ5、リードフレーム3、絶縁シート8、およびモジュールベース9を封止している。

- [0017] モジュールベース9の下面（他方面）には、第1凹凸部7が設けられている。第1凹凸部7は、複数の凹部から構成され、モジュールベース9の幅方向（図1の左右方向）に渡って設けられている。
- [0018] ヒートシンク2は、モジュールベース9の下面（他方面）と一体化されたヒートシンクベース13と、ヒートシンクベース13の下方（モジュールベース9とは反対側）に突出する複数の放熱フィン14とを有している。
- [0019] ヒートシンクベース13における外周部を除く部分の上面（モジュールベース9側の面）には、第1凹凸部7と嵌合可能な第2凹凸部11が設けられている。第2凹凸部11は、複数の凸部から構成され、ヒートシンクベース13における外周部を除く部分の幅方向（図1の左右方向）に渡って設けられている。
- [0020] また、ヒートシンクベース13における外周部を除く部分の上面において、第1凹凸部7に対向する部分よりも外周側の位置、つまり、第2凹凸部11よりも外周側の位置には、モジュールベース9側に突出する壁部12が設けられている。図2に示すように、モジュールベース9とヒートシンク2が一体化した状態では、壁部12は、第1凹凸部7の外周側の端部17と接触している。
- [0021] 図1と図2に示すように、複数の放熱フィン14は、ヒートシンクベース13に形成された複数の放熱フィン挿入溝23a（図9参照）にそれぞれ挿入されることで、ヒートシンクベース13に取り付けされている。
- [0022] モジュールベース9とヒートシンク2は、かしめ加工によって第1凹凸部7と第2凹凸部11が嵌合することで一体化されている。第1凹凸部7と第2凹凸部11は、それぞれモジュールベース9とヒートシンクベース13の奥行方向（図1の奥行方向）に延在するように連続的に設けられていても良いし、不連続な部分が設けられていても良い。なお、本明細書では、かしめ加工によってモジュールベース9の第1凹凸部7とヒートシンク2の第2凹凸部11とを一体化する工程を「ヒートシンクかしめ加工」ということとする。

- [0023] 半導体チップ5を内蔵したパワーモジュール部1とヒートシンク2とを加圧（ヒートシンクかしめ加工）により一体化するため、ヒートシンクかしめ加工時の加圧による半導体チップ5の割れ、半導体チップ5へのダメージ、加圧前後での半導体チップ5の特性変化、モールド部4の割れ、絶縁耐圧の低下、および各構成部材間の剥離などが懸念される。このため、パワーモジュール部1とヒートシンク2を一体化するヒートシンクかしめ加工はできる限り低荷重で実施されることが望ましい。
- [0024] モジュールベース9は、アルミニウムまたはアルミニウム合金で形成され、切削加工、ダイキャスト加工、鍛造加工、または押出加工などで作製される。
- [0025] ヒートシンクベース13は、アルミニウムまたはアルミニウム合金で形成され、切削加工、ダイキャスト加工、鍛造加工、または押出加工などで作製される。
- [0026] また、放熱フィン14として、材質がアルミニウムまたはアルミニウム合金などの板材（圧延材）を採用することで、加工性と放熱性を両立させることが可能である。さらに、放熱フィン14の表面に微小な凹みを持つエンボス加工を施すことで、放熱フィン14の放熱面積が増加するため、放熱性能が向上する。なお、放熱フィン14を所定の寸法にプレス加工する際の金型を用いることで、放熱フィン14の表面にエンボス加工を施すことが可能であるため、コストアップすることなく放熱フィン14の表面にエンボス加工を施すことが可能である。
- [0027] また、放熱フィン14の表面に微小なエンボス加工を施すことで、放熱フィン14が積層された場合において隣接する放熱フィン14同士の接触面積が減少するため、表面摩擦が低減する。放熱フィン14を積層した場合に隣接する放熱フィン14同士の表面摩擦が低減することで、ヒートシンクベース13と放熱フィン14とを一体化するフィンかしめ加工の生産設備の簡略化および生産タクトの短縮を図ることができるため、生産性が向上する。放熱フィン14の表面に微小な凹みを持つエンボス加工を施すことで、ヒート

シンクベース13と放熱フィン14をかしめ加工により一体化した際に、放熱フィン14の表面のエンボス加工を施した部分はエンボス加工を施していない箇所と比べて、ヒートシンクベース13における隣り合う放熱フィン14の間の箇所（以下、「ヒートシンクベース13のかしめ部」ともいう）が放熱フィン14へ更に深く侵入する。その結果、アンカー効果が発揮される。

[0028] よって、放熱フィン14とヒートシンクベース13のかしめ部との間の高さ方向（図1の上下方向）、つまり、垂直方向の摩擦が大きくなるため、フィンかしめ加工後の放熱フィン14の垂直引張強度が向上する。特に、ヒートシンクベース13の硬さよりも放熱フィン14の硬さが硬い場合、フィンかしめ加工後のヒートシンクベース13のかしめ部は放熱フィン14の表面に喰い込まずに塑性変形するため、エンボス加工を施すことでフィンかしめ加工後の放熱フィン14の垂直引張強度が向上する。

[0029] 一方、ヒートシンクベース13の硬さが放熱フィン14の硬さよりも硬い場合には、フィンかしめ加工後のヒートシンクベース13のかしめ部が放熱フィン14の表面に喰い込み、フィンかしめ加工後のヒートシンクベース13のかしめ部が放熱フィン14を塑性変形させ、塑性変形したヒートシンクベース13のかしめ部と放熱フィン14とでアンカー効果が発揮される。

[0030] よって、ヒートシンクベース13の硬さが放熱フィン14の硬さよりも硬い場合には、放熱フィン14の表面に設けたエンボス加工の効果は小さい。このため、フィンかしめ加工後の放熱フィン14の強度の観点では、次の2つの点を考慮することが望ましい。1つ目の点は、放熱フィン14の表面に微小な凹みを持つエンボス加工を施すことである。2つ目の点は、ヒートシンクベース13と放熱フィン14の材質を互いに異なる材質とし、ヒートシンクベース13の硬さ>放熱フィン14の硬さとすることである。1つ目の点と2つ目の点の少なくとも1つが満たされればフィンかしめ加工後の放熱フィン14の垂直引張強度が向上する。具体的には、ヒートシンクベース13の材質をアルミニウム6000系、放熱フィン14の材質をアルミニウム

1000系とした場合、ヒートシンクベース13と放熱フィン14の材質がともにアルミニウム1000系の場合と比較して、かしめ加工後の放熱フィン14の強度（垂直引張強度）は約2.5～3.6倍となった。

[0031] ただし、モジュールベース9、ヒートシンクベース13、および放熱フィン14の材質は、アルミニウムに限定されるものではなく、各々が異なる材料の組み合わせであっても良い。例えば、放熱能力の観点では、放熱フィン14をアルミニウム系よりも熱伝導率が高い銅系の板材にすることで、アルミニウム系板材の場合よりも更に放熱能力が向上する。

[0032] 図1と図2に示すように、ヒートシンク2をヒートシンクベース13と放熱フィン14をフィンかしめ加工により一体化したかしめヒートシンクの場合、ダイキャスト加工または押出加工を実施した場合のような加工制約（アスペクト比）がないため、放熱フィン14を自由に設計でき、ヒートシンク2の放熱能力を向上させることができる。

[0033] ただし、ヒートシンク2は、図1と図2に示すかしめヒートシンクに限定されることはない。図3と図4は、実施の形態1の変形例に係るパワーモジュール202の一体化前を示す断面図である。図3に示すように、ヒートシンク2は、押出加工、切削加工、または鍛造で作製したヒートシンクであっても良いし、図4に示すように、ダイキャスト加工で作製したヒートシンクであっても良い。

[0034] なお、パワーモジュール202では、モジュールベース9のサイズは1つのパワーモジュール部1で決まっているため、発熱密度が大きくなった場合、換言すると、半導体チップ5からの発熱量が大きくなった場合には発熱密度に応じて、ヒートシンクベース13の厚み方向以外のサイズ（幅方向および奥行方向）、放熱フィン14の枚数、および放熱フィン14のサイズを変更することで、それぞれの発熱密度に応じた放熱能力を確保することができる。つまり、1つのパワーモジュール部1で様々な発熱量に対応できるヒートシンク2を構成することができるため、パワーモジュール部1の共通化を図ることができることから、パワーモジュール部1の生産性が向上する。

[0035] <壁部の特徴>

次に、壁部12の特徴について説明する。ここでは、ヒートシンク2に壁部12を設けた場合（実施の形態1）と、設けていない場合（関連技術）との違いについて説明する。図5（a）、（b）は、実施の形態1においてヒートシンクかしめ加工を実施する工程を示す断面図である。図20（a）、（b）は、関連技術においてヒートシンクかしめ加工を実施する工程を示す断面図である。

[0036] まず、壁部12が設けられていない場合（関連技術）について説明する。図20（a）、（b）に示すように、関連技術では、ヒートシンクかしめ加工を実施した際に、モジュールベース9の第1凹凸部7の外周側の端部17（以下、「モジュールベース9の端部17」ともいう）はかしめ後も固定されないため、印加された荷重の分だけ塑性変形し、モジュールベース9の端部17とヒートシンクベース13の第2凹凸部11との接触する部分にかかる面圧はそれ以外の箇所の面圧と比較して小さくなる。このため、モジュールベース9の端部17と隣接する部分は片側のみ面圧がかかっている状態、または、両側とも面圧が小さい状態になり、接触熱抵抗の増大、放熱性能の悪化、および保持強度（垂直引張強度）の低下が起こる可能性がある。

[0037] 一方、図5に示すように、ヒートシンクベース13におけるモジュールベース9側の面において、第1凹凸部7に対向する部分よりも外周側の位置に壁部12が設けられた場合（実施の形態1）、ヒートシンクかしめ加工を実施した際に、モジュールベース9の端部17を壁部12によって固定することができる。これにより、第1凹凸部7の外周側の端部17の変形量を減少させることができるため、モジュールベース9の端部17とヒートシンクベース13の第2凹凸部11との接触する部分にかかる面圧を保持することができる。その結果、接触熱抵抗の増大と保持強度の低下を抑制することができる。

[0038] このように、壁部12は、モジュールベース9の端部17の変形抑制のために設けられている。壁部12をヒートシンク2の2箇所に設けることでヒ

ートシンクかしめ加工を実施するために必要なプレス荷重を増やすことなく、仕様を満たす熱抵抗および保持強度を確保することができる。なお、モジュールベース9とヒートシンクベース13の硬度の関係がモジュールベース9<ヒートシンクベース13の場合、上記の効果は更に大きくなる。また、壁部12はモジュールベース9の一方向（幅方向または奥行方向）に延在するように連続的に設けられている場合、または不連続な部分が設けられている場合など、どちらの場合においても同様の効果が発揮される。

[0039] 図6～図8は、実施の形態1の変形例に係るパワーモジュール202の一体化前を示す断面図である。また、図6に示すように、第1凹凸部7が複数の凹部から構成されるとともに、第2凹凸部11が複数の凸部から構成されており、第1凹凸部7の複数の凹部のうち少なくとも1つの凹部の深さ、およびこれに対向する第2凹凸部11の複数の凸部のうち少なくとも1つの凸部の高さ位置をそれ以外の部分よりも大きくすることで、ヒートシンクかしめ加工時にパワーモジュール部1をヒートシンク2にセットする際、ヒートシンク2に対するパワーモジュール部1の大雑把な位置決めを行うことができる。

[0040] パワーモジュール部1とヒートシンク2とを加圧することで、ヒートシンクベース13の第2凹凸部11がモジュールベース9の第1凹凸部7のテーパ部分と接触し、その後、テーパ部分に沿ってスライドし、ヒートシンクかしめ加工が実施される。このため、ヒートシンクかしめ加工時のパワーモジュール部1とヒートシンク2との幅方向の位置決めを簡易化できる。ヒートシンクかしめ加工に用いられるヒートシンクかしめ治具を簡易化できるため、ヒートシンクかしめ加工の生産性も向上する。

[0041] ここで、図6に示すように、第1凹凸部7の複数の凹部のうち幅方向両端の2箇所の凹部の高さ位置が幅方向両端以外の箇所の凹部の高さ位置よりも大きく形成されているとともに、第2凹凸部11の複数の凸部のうち幅方向両端の2箇所の凸部の高さ位置が幅方向両端以外の箇所の凸部の高さ位置よりも大きく形成されている。第1凹凸部7の2箇所の凹部を第2凹凸部11

の2箇所の凸部にセットすることで、パワーモジュール部1のセットが可能となるため、ヒートシンクかしめ治具の簡易化、およびヒートシンクかしめの生産性の向上が可能となる。

[0042] なお、壁部12を設けることで、ヒートシンクかしめ加工の実施に必要なプレス荷重が増大する。要求仕様を満足しない場合は、壁部12および第2凹凸部11の寸法を調整することで、ヒートシンクかしめ加工の実施に必要なプレス荷重を調整することが可能である。

[0043] ここで、図1～図6では、ヒートシンクベース13に壁部12が設けられているが、これに限定されない。図7に示すように、第1凹凸部7が複数の凸部から構成されるとともに、第2凹凸部11が複数の凹部から構成され、モジュールベース9の下面における第2凹凸部11に対向する部分よりも外周側の位置に、ヒートシンクベース13側に突出する壁部12が設けられていても良い。なお、図7において、符号17はヒートシンクベース13の第2凹凸部11の外周側の端部である。

[0044] このとき、モジュールベース9とヒートシンクベース13との硬度の関係は、モジュールベース9>ヒートシンクベース13であると更に大きな効果を得ることができる。また、モジュールベース9とヒートシンクベース13が同等の硬度である場合、図8に示すように壁部12の幅を大きくして、壁部12が変形しないようにすればよい。パワーモジュール202では、第1凹凸部7、第2凹凸部11、および壁部12が奥行方向に延在するように連続的に設けられていても、不連続な部分が設けられていても同様の効果を発揮することが可能である。

[0045] <パワーモジュールの製造方法>

次に、パワーモジュール202の製造方法について説明する。図9～図11は、実施の形態1に係るパワーモジュール202の製造方法を示す断面図である。

[0046] 図示しないが、最初に、モジュールベース9に半導体チップ5を搭載し、半導体チップ5が搭載されている側とは反対側のモジュールベース9の部分

を露出させた状態で半導体チップ5をモールド部4によって封止したパワーモジュール部1を形成する。次に、複数の放熱フィン挿入溝23aが形成されたヒートシンク2を用意する。

[0047] 次に、図9に示すように、モジュールベース9におけるモールド部4から露出している部分と、ヒートシンクベース13が対向するように、パワーモジュール部1およびヒートシンクベース13を配置するとともに、複数の放熱フィン14を複数の放熱フィン挿入溝23aに配置する。

[0048] 次に、図10と図11に示すように、フィンかしめツール15をヒートシンクベース13のかしめ部に接触させた状態で、パワーモジュール部1をヒートシンクベース13に向けてプレス荷重により押圧する。モジュールベース9におけるモールド部4から露出している部分と、ヒートシンクベース13とを接合し、ヒートシンクベース13のかしめ部をかしめて複数の放熱フィン14をヒートシンクベース13に装着し、パワーモジュール部1、ヒートシンクベース13、および複数の放熱フィン14を一体化する。

[0049] なお、放熱フィン14とヒートシンクベース13が予めフィンかしめ加工で一体化されているかしめヒートシンクを用いることも可能である。また、かしめヒートシンクではなく、ダイキャスト加工、または押出加工で作製されたヒートシンクベース13と放熱フィン14が一体化されたヒートシンク2を用いる場合は、フィンかしめツール15の先端形状がフラット（平坦）に形成されたものを用いることで、図9～図11の場合と同様の工程および治具により、パワーモジュール部1とヒートシンク2とをヒートシンクかしめで一体化することが可能である。

[0050] 図12(a)、(b)は、実施の形態1に係るパワーモジュール202が備えるヒートシンク2を下方から見た図である。図13は、実施の形態1に係るパワーモジュール202の他の製造方法を示す断面図である。

[0051] 図10と図11ではプレス荷重をフィンかしめツール15で受けていたが、図12(a)に示すように、ヒートシンクベース13に対して、放熱フィン14が奥行方向に渡って延在していない場合、つまり、ヒートシンクベー

ス13の周縁部には放熱フィン14が配置されていない場合は、図12(b)に示すように、ヒートシンクベース13における第2凹凸部11が設けられた面とは反対側の面、つまり、放熱フィン14が配置された面にプレス荷重受け部20を設けていても良い。具体的には、プレス荷重受け部20は、ヒートシンクベース13の下面の周縁部に設けられる。

[0052] 図13に示すように、プレス荷重受け部20にヒートシンクセット治具21が当接するようにヒートシンク2をセットし、その後パワーモジュール部1をセットすることでヒートシンクかしめが可能となる。その他の工程については、図9～図11に示す製造方法と同様であるため説明を省略する。図13に示す製造方法の方が図9～図11に示す製造方法よりも、更に簡易かつ生産性が良い製造方法である。

[0053] <効果>

以上のように、実施の形態1では、パワーモジュール202は、モジュールベース9と、モジュールベース9の一方面側に搭載された半導体チップ5と、半導体チップ5を封止するモールド部4とを有するパワーモジュール部1と、モールド部4から露出したモジュールベース9の他方面と一体化されたヒートシンクベース13と、ヒートシンクベース13におけるモジュールベース9とは反対側に突出し、ヒートシンクベース13のかしめ部に固定された複数の放熱フィン14とを備えている。モジュールベース9の他方面には、第1凹凸部7が設けられ、ヒートシンクベース13におけるモジュールベース9側の面には、第1凹凸部7と嵌合する第2凹凸部11と、第1凹凸部7に対向する部分よりも外周側の位置にモジュールベース9側に突出する壁部12が設けられている。

[0054] したがって、壁部12により、第1凹凸部7の外周側の端部17の変形量を減少させることができるため、接触熱抵抗の増大と保持強度の低下を抑制することができる。

[0055] また、図7では、壁部12は、ヒートシンクベース13ではなく、モジュールベース9の他方面における第2凹凸部11に対向する部分よりも外周側

の位置にヒートシンクベース13側に突出するように設けられている。

[0056] したがって、壁部12により、第2凹凸部11の外周側の端部の変形量を減少させることができるため、接触熱抵抗の増大と保持強度の低下を抑制することができる。

[0057] また、上記のように、第1凹凸部7、第2凹凸部11、および壁部12は、同じ方向に延在するように形成されていても良いし、第1凹凸部7、第2凹凸部11、および壁部12のいずれかに、不連続な部分が設けられていても良い。この場合にも、接触熱抵抗の増大と保持強度の低下を抑制することが可能となる。

[0058] <実施の形態2>

次に、実施の形態2に係るパワーモジュール202について説明する。図14は、実施の形態2に係るパワーモジュール202の一体化前を示す断面図である。図15は、実施の形態2に係るパワーモジュール202の断面図である。なお、実施の形態2において、実施の形態1で説明したものと同一の構成要素については同一符号を付して説明は省略する。

[0059] 図14と図15に示すように、実施の形態2では、ヒートシンクベース13は、モジュールベース9に対向する部分であるかしめ部22と、複数の放熱フィン14が設けられた放熱拡散部23とを有している。ヒートシンクベース13は、かしめ部22と放熱拡散部23とで構成されており、かしめ部22の厚みを変更することで、リードフレーム3とヒートシンク2間、具体的には、リードフレーム3と放熱拡散部23との間の絶縁距離28を自由に設計することが可能となる。ヒートシンクベース13は、切削加工、鍛造加工、押出加工、またはダイキャスト加工で作製されるため、生産性を低下させることなく、必要な絶縁距離28を確保することが可能となる。

[0060] 一方、ヒートシンクベース13が、かしめ部22と放熱拡散部23とで構成されていない場合、必要な絶縁距離を確保するためには、パワーモジュール部1のモジュールベース9の厚みを大きくする必要がある。モジュールベース9の厚みを大きくすることで、熱容量が大きくなり、温度上昇速度が低

下するため、パワーモジュール部 1 を形成するためのモールド工程の生産性が低下する可能性がある。

[0061] なお、図 7 と同様に、第 1 凹凸部 7 が複数の凸部から構成されるとともに、第 2 凹凸部 1 1 が複数の凹部から構成され、モジュールベース 9 の下面における第 2 凹凸部 1 1 に対向する部分よりも外周側の位置に、ヒートシンクベース 1 3 側に突出する壁部 1 2 が設けられていても良い。

[0062] 以上のように、実施の形態 2 では、ヒートシンクベース 1 3 は、モジュールベース 9 に対向する部分であるかしめ部 2 2 と、複数の放熱フィン 1 4 が設けられた放熱拡散部 2 3 とを有し、かしめ部 2 2 には、第 2 凹凸部 1 1 と壁部 1 2 が設けられている。

[0063] また、図 7 の構成に実施の形態 2 の構成を採用した場合、ヒートシンクベース 1 3 は、モジュールベース 9 に対向する部分であるかしめ部 2 2 と、複数の放熱フィン 1 4 が設けられた放熱拡散部 2 3 とを有し、かしめ部 2 2 には、第 2 凹凸部 1 1 が設けられている。

[0064] したがって、放熱拡散部 2 3 により熱拡散を行うことができるため、更に冷却効果を向上させることができるとともに、リードフレーム 3 と放熱拡散部 2 3 との間において必要な絶縁距離 2 8 を確保することができる。さらに、放熱拡散部 2 3 により、ヒートシンクかしめ加工時に生じるヒートシンクベース 1 3 全体の変形を抑制することができる。

[0065] <実施の形態 3>

次に、実施の形態 3 に係るパワーモジュール 2 0 2 について説明する。図 1 6 は、実施の形態 3 に係るパワーモジュール 2 0 2 の一体化前を示す断面図である。図 1 7 は、実施の形態 3 に係るパワーモジュール 2 0 2 の断面図である。図 1 8 は、実施の形態 3 においてヒートシンクかしめ加工を実施する工程を示す断面図である。なお、実施の形態 3 において、実施の形態 1, 2 で説明したものと同一の構成要素については同一符号を付して説明は省略する。

[0066] 図 1 6 と図 1 7 に示すように、実施の形態 3 では、図 1 に対して、壁部 1

2は、ヒートシンクベース13側へ行く程幅が小さくなるように形成されている。具体的には、壁部12におけるモジュールベース9の端部17と接触する側の面は、ヒートシンクベース13側へ行く程壁部12の幅が小さくなるようにテーパ状に形成されている。

[0067] 図18に示すように、ヒートシンクかしめ加工によりパワーモジュール部1とヒートシンク2を一体化する場合、このテーパ状の部分にモジュールベース9の端部17が入り込むことになる。その結果、モジュールベース9の端部17はアンカーとして機能する。

[0068] 例えば、搬送上のミス、ヒートシンクかしめ加工完了時のスプリングバック、または温度変化に起因する形状変化などにより、第2凹凸部11が外れる側に力が作用した場合でも、モジュールベース9の端部17が壁部12に引っ掛かるため、第1凹凸部7と第2凹凸部11との接合部分にかかる面圧の低下、および両者が分離することを抑制することが可能となる。

[0069] なお、このとき、モジュールベース9とヒートシンクベース13の硬度差がモジュールベース9<ヒートシンクベース13とすると、プレス荷重を増大させることなく、モジュールベース9の端部17をかしめることができる。

[0070] また、硬度差がモジュールベース9>ヒートシンクベース13の場合は、図7に対して、壁部12は、モジュールベース9側へ行く程幅が小さくなるように形成されていれば良い。具体的には、壁部12におけるヒートシンクベース13における第2凹凸部11の外周側の端部と接触する側の面は、モジュールベース9側へ行く程壁部12の幅が小さくなるようにテーパ状に形成されていれば良い。これにより、上記の場合と同様の効果が得られる。

[0071] また、硬度差がモジュールベース9≒ヒートシンクベース13の場合、第1凹凸部7と第2凹凸部11のうち凹部の外周側の端部の厚みを薄くするとともに、壁部12の幅を厚くすることで、上記の場合と同様の効果が得られる。

[0072] 以上のように、実施の形態3では、壁部12は、ヒートシンクベース13

側へ行く程幅が小さくなるように形成されている。また、壁部12は、モジュールベース9側へ行く程幅が小さくなるように形成されている。

[0073] したがって、例えば、搬送上のミス、ヒートシンクかしめ加工完了時のプリングバック、または温度変化に起因する形状変化などにより、第2凹凸部11が外れる側に力が作用した場合でも、アンカー効果により第1凹凸部7と第2凹凸部11との接合部分にかかる面圧の低下、および両者が分離することを抑制することができる。

[0074] <実施の形態4>

本実施の形態は、上述した実施の形態1～3に係るパワーモジュール202を電力変換装置に適用したものである。実施の形態1～3に係るパワーモジュール202の適用は特定の電力変換装置に限定されるものではないが、以下、実施の形態4として、三相のインバータに実施の形態1～3に係るパワーモジュール202を適用した場合について説明する。

[0075] 図19は、本実施の形態にかかる電力変換装置を適用した電力変換システムの構成を示すブロック図である。

[0076] 図19に示す電力変換システムは、電源100、電力変換装置200、負荷300から構成される。電源100は、直流電源であり、電力変換装置200に直流電力を供給する。電源100は種々のもので構成することが可能であり、例えば、直流系統、太陽電池、蓄電池で構成することができるし、交流系統に接続された整流回路やAC/DCコンバータで構成することとしてもよい。また、電源100を、直流系統から出力される直流電力を所定の電力に変換するDC/DCコンバータによって構成することとしてもよい。

[0077] 電力変換装置200は、電源100と負荷300の間に接続された三相のインバータであり、電源100から供給された直流電力を交流電力に変換し、負荷300に交流電力を供給する。電力変換装置200は、図19に示すように、直流電力を交流電力に変換して出力する主変換回路201と、主変換回路201を制御する制御信号を主変換回路201に出力する制御回路203とを備えている。

[0078] 負荷300は、電力変換装置200から供給された交流電力によって駆動される三相の電動機である。なお、負荷300は特定の用途に限られるものではなく、各種電気機器に搭載された電動機であり、例えば、ハイブリッド自動車や電気自動車、鉄道車両、エレベーター、もしくは、空調機器向けの電動機として用いられる。

[0079] 以下、電力変換装置200の詳細を説明する。主変換回路201は、スイッチング素子（図示せず）と還流ダイオード（図示せず）を備えており、スイッチング素子がスイッチングすることによって、電源100から供給される直流電力を交流電力に変換し、負荷300に供給する。主変換回路201の具体的な回路構成は種々のものがあるが、本実施の形態にかかる主変換回路201は2レベルの三相フルブリッジ回路であり、6つのスイッチング素子とそれぞれのスイッチング素子に逆並列された6つの還流ダイオードから構成することができる。主変換回路201の各スイッチング素子と各還流ダイオードの少なくともいずれかに、上述した実施の形態1～3のいずれかに係るパワーモジュール202を適用する。6つのスイッチング素子は2つのスイッチング素子ごとに直列接続され上下アームを構成し、各上下アームはフルブリッジ回路の各相（U相、V相、W相）を構成する。そして、各上下アームの出力端子、すなわち主変換回路201の3つの出力端子は、負荷300に接続される。

[0080] また、主変換回路201は、各スイッチング素子を駆動する駆動回路（図示せず）を備えているが、駆動回路はパワーモジュール202に内蔵されていてもよいし、パワーモジュール202とは別に駆動回路を備える構成であってもよい。駆動回路は、主変換回路201のスイッチング素子を駆動する駆動信号を生成し、主変換回路201のスイッチング素子の制御電極に供給する。具体的には、後述する制御回路203からの制御信号に従い、スイッチング素子をオン状態にする駆動信号とスイッチング素子をオフ状態にする駆動信号とを各スイッチング素子の制御電極に出力する。スイッチング素子をオン状態に維持する場合、駆動信号はスイッチング素子の閾値電圧以上の

電圧信号（オン信号）であり、スイッチング素子をオフ状態に維持する場合、駆動信号はスイッチング素子の閾値電圧以下の電圧信号（オフ信号）となる。

[0081] 制御回路203は、負荷300に所望の電力が供給されるよう主変換回路201のスイッチング素子を制御する。具体的には、負荷300に供給すべき電力に基づいて主変換回路201の各スイッチング素子がオン状態となるべき時間（オン時間）を算出する。例えば、出力すべき電圧に応じてスイッチング素子のオン時間を変調するPWM制御によって主変換回路201を制御することができる。そして、各時点においてオン状態となるべきスイッチング素子にはオン信号を、オフ状態となるべきスイッチング素子にはオフ信号が出力されるよう、主変換回路201が備える駆動回路に制御指令（制御信号）を出力する。駆動回路は、この制御信号に従い、各スイッチング素子の制御電極にオン信号又はオフ信号を駆動信号として出力する。

[0082] 本実施の形態に係る電力変換装置では、主変換回路201のスイッチング素子と還流ダイオードとして実施の形態1～3に係るパワーモジュール202を適用するため、信頼性の向上を実現することができる。

[0083] 本実施の形態では、2レベルの三相インバータに実施の形態1～3に係るパワーモジュール202を適用する例を説明したが、実施の形態1～3に係るパワーモジュール202の適用は、これに限られるものではなく、種々の電力変換装置に適用することができる。本実施の形態では、2レベルの電力変換装置としたが3レベルやマルチレベルの電力変換装置であっても構わないし、単相負荷に電力を供給する場合には単相のインバータに実施の形態1～3に係るパワーモジュール202を適用しても構わない。また、直流負荷等に電力を供給する場合にはDC/DCコンバータやAC/DCコンバータに実施の形態1～3に係るパワーモジュール202を適用することも可能である。

[0084] また、実施の形態1～3に係るパワーモジュール202を適用した電力変換装置は、上述した負荷が電動機の場合に限定されるものではなく、例えば

、放電加工機やレーザー加工機、又は誘導加熱調理器や非接触給電システムの電源装置として用いることもでき、さらには太陽光発電システムや蓄電システム等のパワーコンディショナーとして用いることも可能である。

[0085] この開示は詳細に説明されたが、上記した説明は、すべての局面において、例示であって、限定的なものではない。例示されていない無数の変形例が、想定され得るものと解される。

[0086] なお、各実施の形態を自由に組み合わせたり、各実施の形態を適宜、変形、省略することが可能である。

[0087] 以下、本開示の諸態様を付記としてまとめて記載する。

[0088] (付記1)

モジュールベースと、前記モジュールベースの一方面側に搭載された半導体素子と、前記半導体素子を封止するモールド部とを有するパワーモジュール部と、

前記モールド部から露出した前記モジュールベースの他方面と一体化されたヒートシンクベースと、

前記ヒートシンクベースにおける前記モジュールベースとは反対側に突出し、前記ヒートシンクベースのかしめ部に固定された複数の放熱フィンと、を備え、

前記モジュールベースの前記他方面には、第1凹凸部が設けられ、

前記ヒートシンクベースにおける前記モジュールベース側の面には、前記第1凹凸部と嵌合する第2凹凸部と、前記第1凹凸部に対向する部分よりも外周側の位置に前記モジュールベース側に突出する壁部が設けられた、パワーモジュール。

[0089] (付記2)

モジュールベースと、前記モジュールベースの一方面側に搭載された半導体素子と、前記半導体素子を封止するモールド部とを有するパワーモジュール部と、

前記モールド部から露出した前記モジュールベースの他方面と一体化され

たヒートシンクベースと、

前記ヒートシンクベースにおける前記モジュールベースとは反対側に突出し、前記ヒートシンクベースのかしめ部に固定された複数の放熱フィンと、を備え、

前記モジュールベースの前記他方面には、第1凹凸部が設けられ、

前記ヒートシンクベースにおける前記モジュールベース側の面には、前記第1凹凸部と嵌合する第2凹凸部が設けられ、

前記モジュールベースの前記他方面における前記第2凹凸部に対向する部分よりも外周側の位置に前記ヒートシンクベース側に突出する壁部が設けられた、パワーモジュール。

[0090] (付記3)

前記ヒートシンクベースは、前記モジュールベースに対向する部分である前記かしめ部と、複数の前記放熱フィンが設けられた放熱拡散部とを有し、

前記かしめ部には、前記第2凹凸部と前記壁部が設けられた、付記1に記載のパワーモジュール。

[0091] (付記4)

前記ヒートシンクベースは、前記モジュールベースに対向する部分である前記かしめ部と、複数の前記放熱フィンが設けられた放熱拡散部とを有し、

前記かしめ部には、前記第2凹凸部が設けられた、付記2に記載のパワーモジュール。

[0092] (付記5)

前記壁部は、前記ヒートシンクベース側へ行く程幅が小さくなるように形成された、付記1に記載のパワーモジュール。

[0093] (付記6)

前記壁部は、前記モジュールベース側へ行く程幅が小さくなるように形成された、付記2に記載のパワーモジュール。

[0094] (付記7)

前記第1凹凸部、前記第2凹凸部、および前記壁部は、同じ方向に延在す

るように形成された、付記 1 から付記 6 のいずれか 1 項に記載のパワーモジュール。

[0095] (付記 8)

前記第 1 凹凸部、前記第 2 凹凸部、および前記壁部のいずれかに、不連続な部分が設けられた、付記 1 から付記 6 のいずれか 1 項に記載のパワーモジュール。

[0096] (付記 9)

モジュールベースに半導体素子を搭載し、前記半導体素子が搭載されている側とは反対側の前記モジュールベースの部分を露出させた状態で前記半導体素子をモールド部によって封止したパワーモジュール部を形成する工程と、

複数の放熱フィン挿入溝が形成されたヒートシンクベースを用意する工程と、

前記モジュールベースにおける前記モールド部から露出している部分と、前記ヒートシンクベースが対向するように、前記パワーモジュール部および前記ヒートシンクベースを配置するとともに、複数の放熱フィンを複数の前記放熱フィン挿入溝に配置する工程と、

フィンかしめツールを前記ヒートシンクベースに接触させた状態で、前記パワーモジュール部を前記ヒートシンクベースに向けて押圧することにより、前記モジュールベースにおける前記モールド部から露出している部分と、前記ヒートシンクベースとを接合し、前記ヒートシンクベースをかしめて複数の前記放熱フィンを前記ヒートシンクベースに装着し、前記パワーモジュール部、前記ヒートシンクベース、および複数の前記放熱フィンを一体化する工程と、

を備えた、パワーモジュールの製造方法。

[0097] (付記 10)

モジュールベースに半導体素子を搭載し、前記半導体素子が搭載されている側とは反対側の前記モジュールベースの部分を露出させた状態で前記半導

体素子をモールド部によって封止したパワーモジュール部を形成する工程と、

、
ヒートシンクベースと放熱フィンが一体化されたヒートシンクを用意する工程と、

前記モジュールベースにおける前記モールド部から露出している部分と、前記ヒートシンクベースが対向するように、前記パワーモジュール部および前記ヒートシンクベースを配置するとともに、フィンかしめツールを前記ヒートシンクベースに接触させた状態で、前記パワーモジュール部を前記ヒートシンクベースに向けて押圧することにより、前記モジュールベースにおける前記モールド部から露出している部分と、前記ヒートシンクベースとを接合する工程と、

を備えた、パワーモジュールの製造方法。

[0098] (付記11)

モジュールベースに半導体素子を搭載し、前記半導体素子が搭載されている側とは反対側の前記モジュールベースの部分を露出させた状態で前記半導体素子をモールド部によって封止したパワーモジュール部を形成する工程と、

、
ヒートシンクベースと放熱フィンが一体化されたヒートシンクを用意する工程と、

前記ヒートシンクをヒートシンクセット治具にセットする工程と、

前記モジュールベースにおける前記モールド部から露出している部分と、前記ヒートシンクベースが対向するように、前記パワーモジュール部および前記ヒートシンクベースを配置し、前記パワーモジュール部を前記ヒートシンクベースに向けて押圧することにより、前記モジュールベースにおける前記モールド部から露出している部分と、前記ヒートシンクベースとを接合する工程と、

を備えた、パワーモジュールの製造方法。

[0099] (付記12)

付記 1 から付記 8 のいずれか 1 項に記載のパワーモジュールを有し、入力される電力を変換して出力する主変換回路と、

前記主変換回路を制御する制御信号を前記主変換回路に出力する制御回路と、

を備えた、電力変換装置。

符号の説明

[0100] 1 パワーモジュール部、2 ヒートシンク、4 モールド部、5 半導体素子、7 第 1 凹凸部、11 第 2 凹凸部、12 壁部、13 ヒートシンクベース、14 放熱フィン、22 かしめ部、23 放熱拡散部、23a 放熱フィン挿入溝、200 電力変換装置、201 主変換回路、202 パワーモジュール、203 制御回路。

請求の範囲

[請求項1]

モジュールベースと、前記モジュールベースの一方面側に搭載された半導体素子と、前記半導体素子を封止するモールド部とを有するパワーモジュール部と、

前記モールド部から露出した前記モジュールベースの他方面と一体化されたヒートシンクベースと、

前記ヒートシンクベースにおける前記モジュールベースとは反対側に突出し、前記ヒートシンクベースのかしめ部に固定された複数の放熱フィンと、を備え、

前記モジュールベースの前記他方面には、第1凹凸部が設けられ、前記ヒートシンクベースにおける前記モジュールベース側の面には、前記第1凹凸部と嵌合する第2凹凸部と、前記第1凹凸部に対向する部分よりも外周側の位置に前記モジュールベース側に突出する壁部が設けられた、パワーモジュール。

[請求項2]

モジュールベースと、前記モジュールベースの一方面側に搭載された半導体素子と、前記半導体素子を封止するモールド部とを有するパワーモジュール部と、

前記モールド部から露出した前記モジュールベースの他方面と一体化されたヒートシンクベースと、

前記ヒートシンクベースにおける前記モジュールベースとは反対側に突出し、前記ヒートシンクベースのかしめ部に固定された複数の放熱フィンと、を備え、

前記モジュールベースの前記他方面には、第1凹凸部が設けられ、前記ヒートシンクベースにおける前記モジュールベース側の面には、前記第1凹凸部と嵌合する第2凹凸部が設けられ、

前記モジュールベースの前記他方面における前記第2凹凸部に対向する部分よりも外周側の位置に前記ヒートシンクベース側に突出する壁部が設けられた、パワーモジュール。

- [請求項3] 前記ヒートシンクベースは、前記モジュールベースに対向する部分である前記かしめ部と、複数の前記放熱フィンが設けられた放熱拡散部とを有し、
- 前記かしめ部には、前記第2凹凸部と前記壁部が設けられた、請求項1に記載のパワーモジュール。
- [請求項4] 前記ヒートシンクベースは、前記モジュールベースに対向する部分である前記かしめ部と、複数の前記放熱フィンが設けられた放熱拡散部とを有し、
- 前記かしめ部には、前記第2凹凸部が設けられた、請求項2に記載のパワーモジュール。
- [請求項5] 前記壁部は、前記ヒートシンクベース側へ行く程幅が小さくなるように形成された、請求項1に記載のパワーモジュール。
- [請求項6] 前記壁部は、前記モジュールベース側へ行く程幅が小さくなるように形成された、請求項2に記載のパワーモジュール。
- [請求項7] 前記第1凹凸部、前記第2凹凸部、および前記壁部は、同じ方向に延在するように形成された、請求項1から請求項6のいずれか1項に記載のパワーモジュール。
- [請求項8] 前記第1凹凸部、前記第2凹凸部、および前記壁部のいずれかに、不連続な部分が設けられた、請求項1から請求項6のいずれか1項に記載のパワーモジュール。
- [請求項9] モジュールベースに半導体素子を搭載し、前記半導体素子が搭載されている側とは反対側の前記モジュールベースの部分を露出させた状態で前記半導体素子をモールド部によって封止したパワーモジュール部を形成する工程と、
- 複数の放熱フィン挿入溝が形成されたヒートシンクベースを用意する工程と、
- 前記モジュールベースにおける前記モールド部から露出している部分と、前記ヒートシンクベースが対向するように、前記パワーモジュ

ール部および前記ヒートシンクベースを配置するとともに、複数の放熱フィンを複数の前記放熱フィン挿入溝に配置する工程と、

フィンかしめツールを前記ヒートシンクベースに接触させた状態で、前記パワーモジュール部を前記ヒートシンクベースに向けて押圧することにより、前記モジュールベースにおける前記モールド部から露出している部分と、前記ヒートシンクベースとを接合し、前記ヒートシンクベースをかしめて複数の前記放熱フィンを前記ヒートシンクベースに装着し、前記パワーモジュール部、前記ヒートシンクベース、および複数の前記放熱フィンを一体化する工程と、

を備えた、パワーモジュールの製造方法。

[請求項10]

モジュールベースに半導体素子を搭載し、前記半導体素子が搭載されている側とは反対側の前記モジュールベースの部分を露出させた状態で前記半導体素子をモールド部によって封止したパワーモジュール部を形成する工程と、

ヒートシンクベースと放熱フィンが一体化されたヒートシンクを用意する工程と、

前記モジュールベースにおける前記モールド部から露出している部分と、前記ヒートシンクベースが対向するように、前記パワーモジュール部および前記ヒートシンクベースを配置するとともに、フィンかしめツールを前記ヒートシンクベースに接触させた状態で、前記パワーモジュール部を前記ヒートシンクベースに向けて押圧することにより、前記モジュールベースにおける前記モールド部から露出している部分と、前記ヒートシンクベースとを接合する工程と、

を備えた、パワーモジュールの製造方法。

[請求項11]

モジュールベースに半導体素子を搭載し、前記半導体素子が搭載されている側とは反対側の前記モジュールベースの部分を露出させた状態で前記半導体素子をモールド部によって封止したパワーモジュール部を形成する工程と、

ヒートシンクベースと放熱フィンが一体化されたヒートシンクを用意する工程と、

前記ヒートシンクをヒートシンクセット治具にセットする工程と、

前記モジュールベースにおける前記モールド部から露出している部分と、前記ヒートシンクベースが対向するように、前記パワーモジュール部および前記ヒートシンクベースを配置し、前記パワーモジュール部を前記ヒートシンクベースに向けて押圧することにより、前記モジュールベースにおける前記モールド部から露出している部分と、前記ヒートシンクベースとを接合する工程と、

を備えた、パワーモジュールの製造方法。

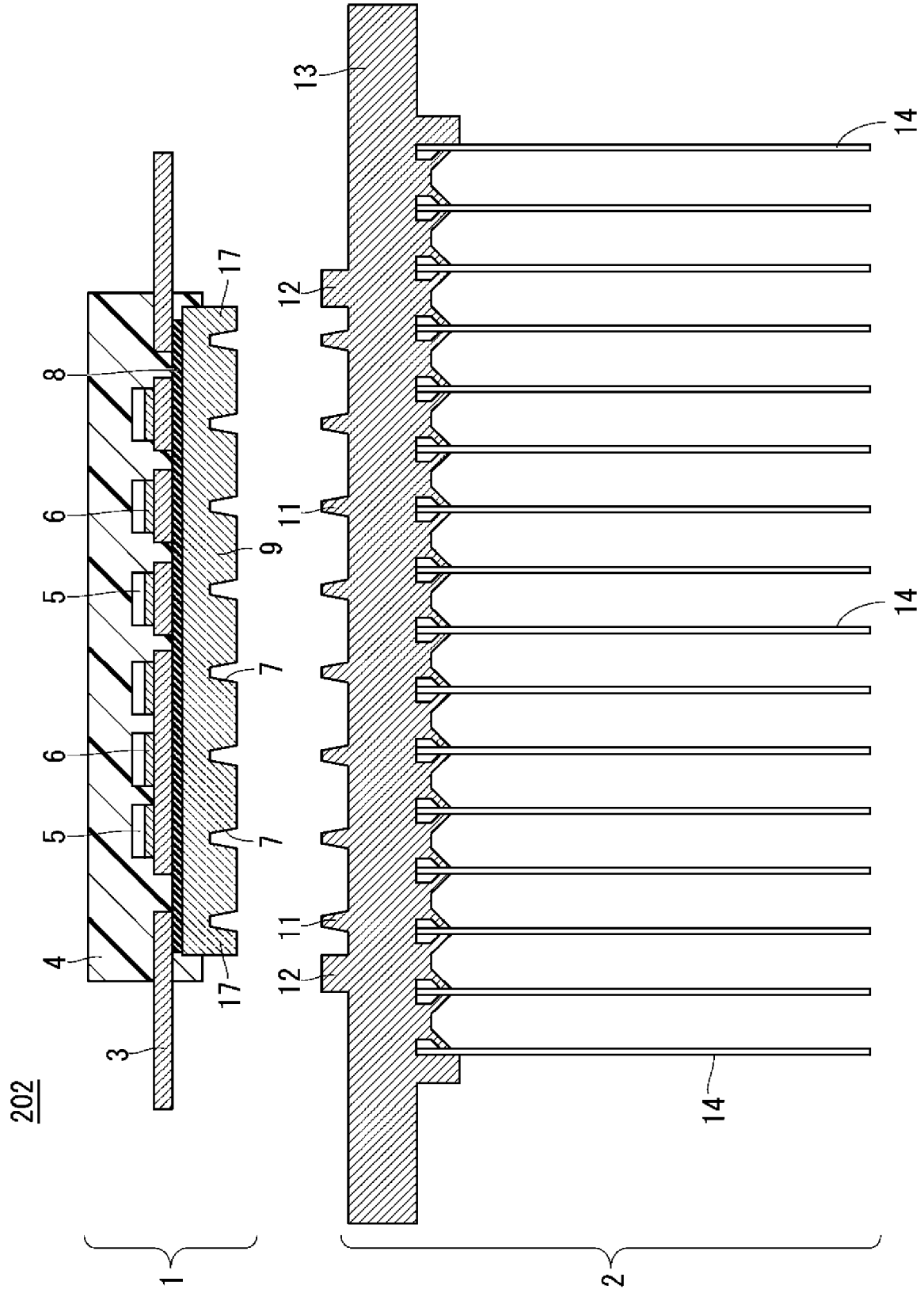
[請求項12]

請求項1から請求項8のいずれか1項に記載のパワーモジュールを有し、入力される電力を変換して出力する主変換回路と、

前記主変換回路を制御する制御信号を前記主変換回路に出力する制御回路と、

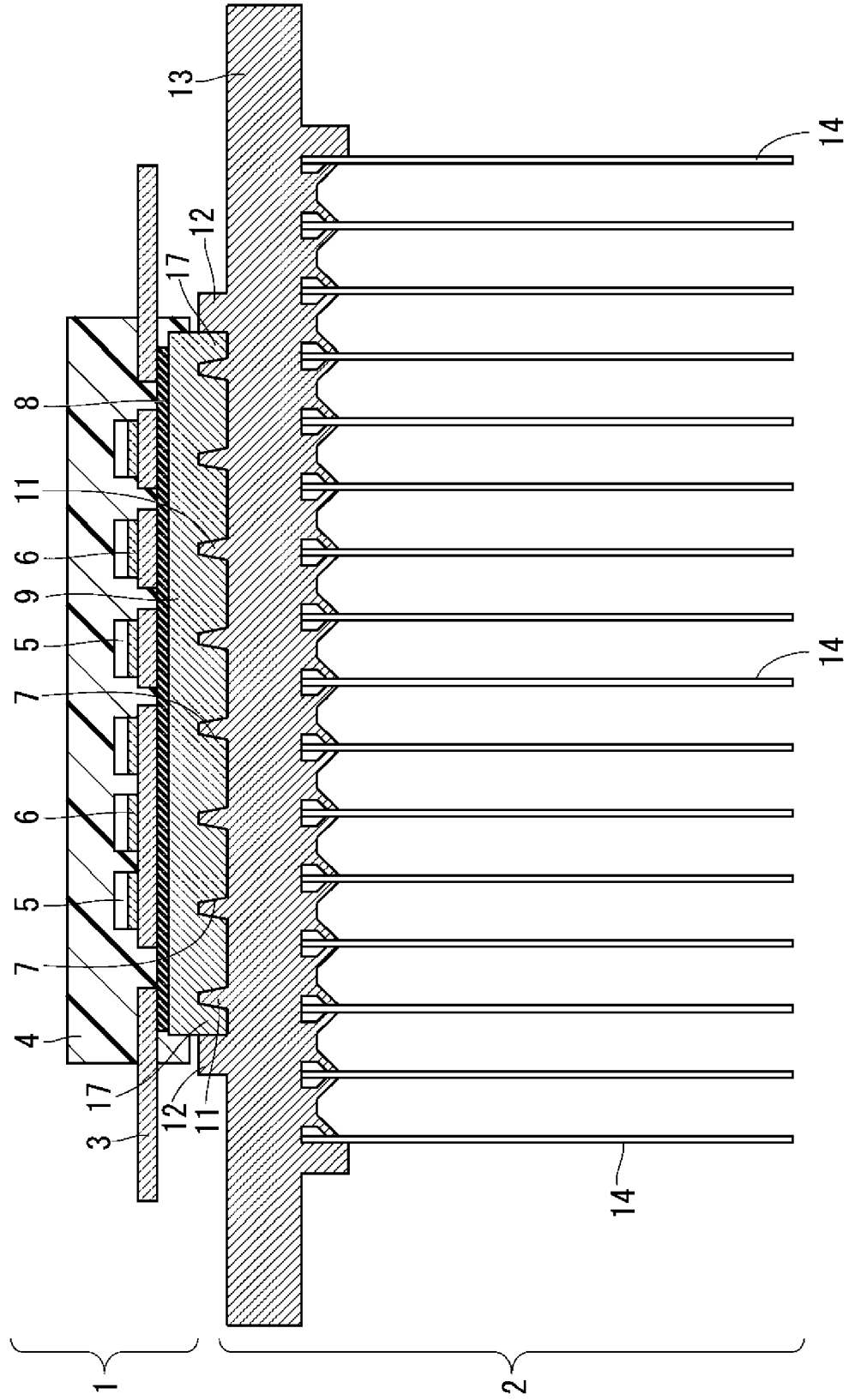
を備えた、電力変換装置。

[図1]

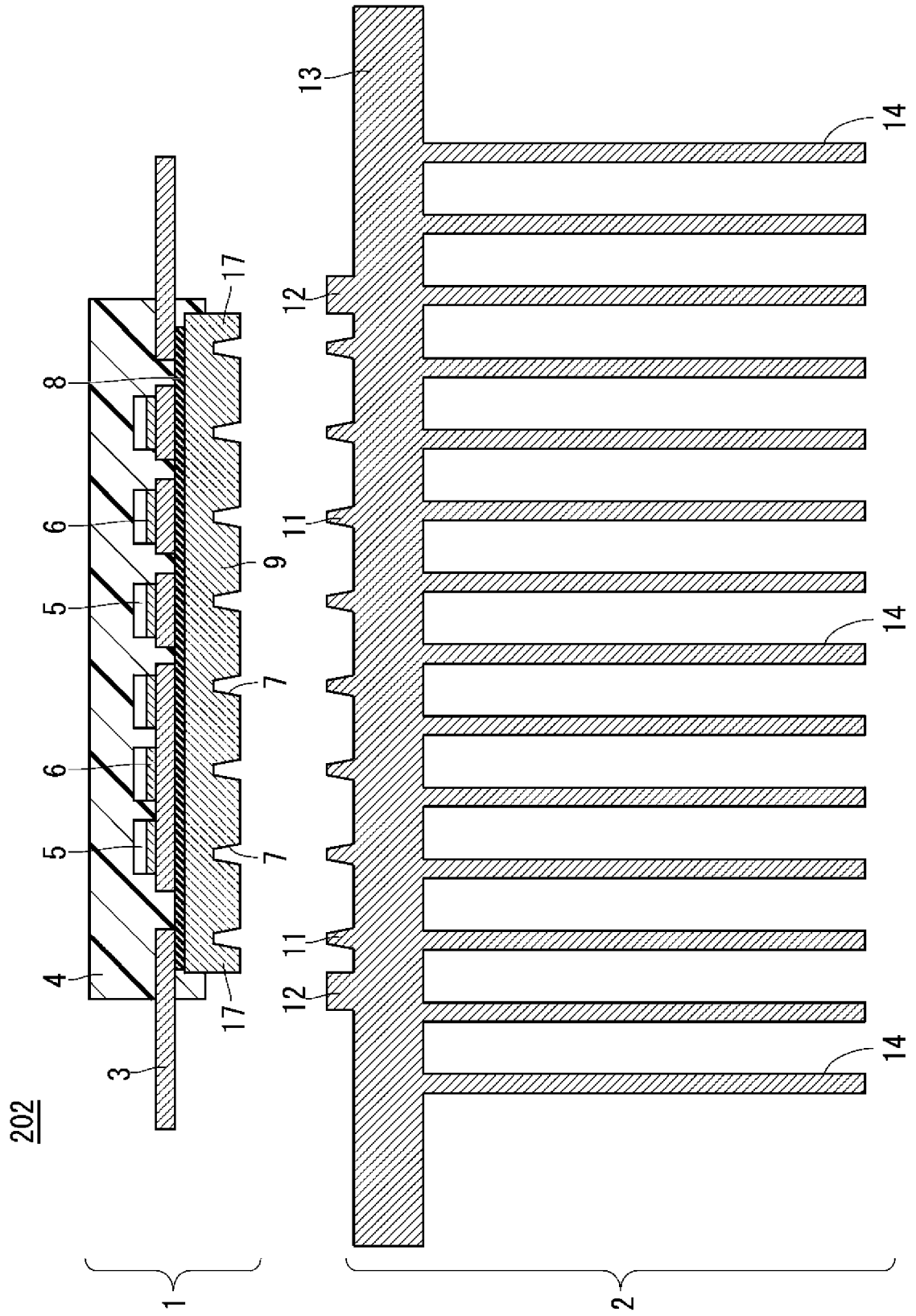


[図2]

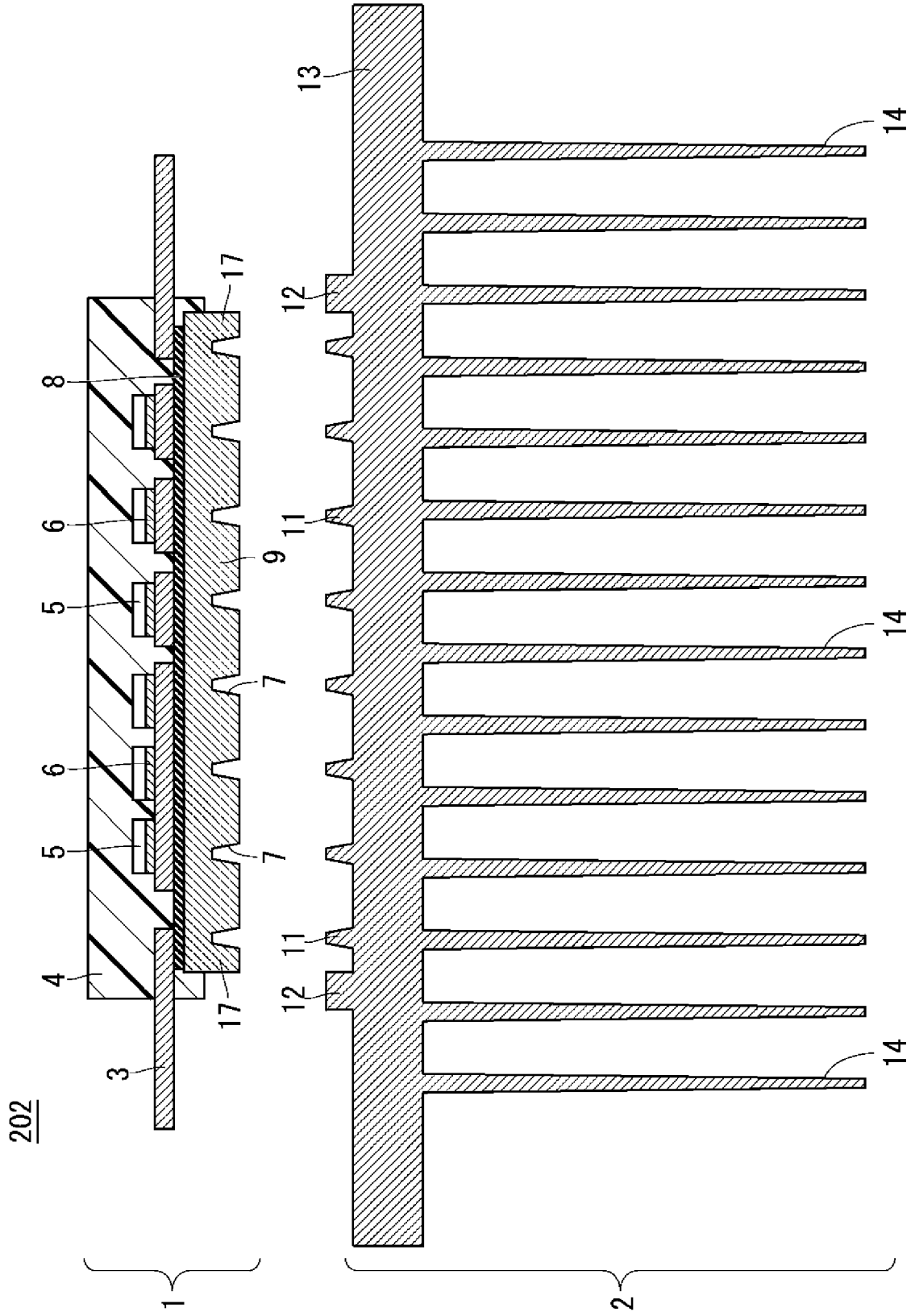
202



[図3]

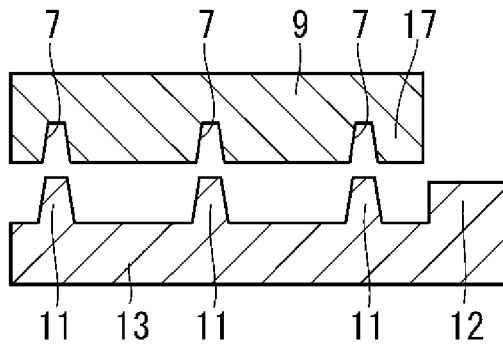


[図4]

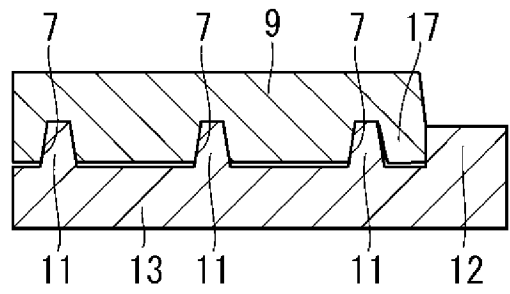


[図5]

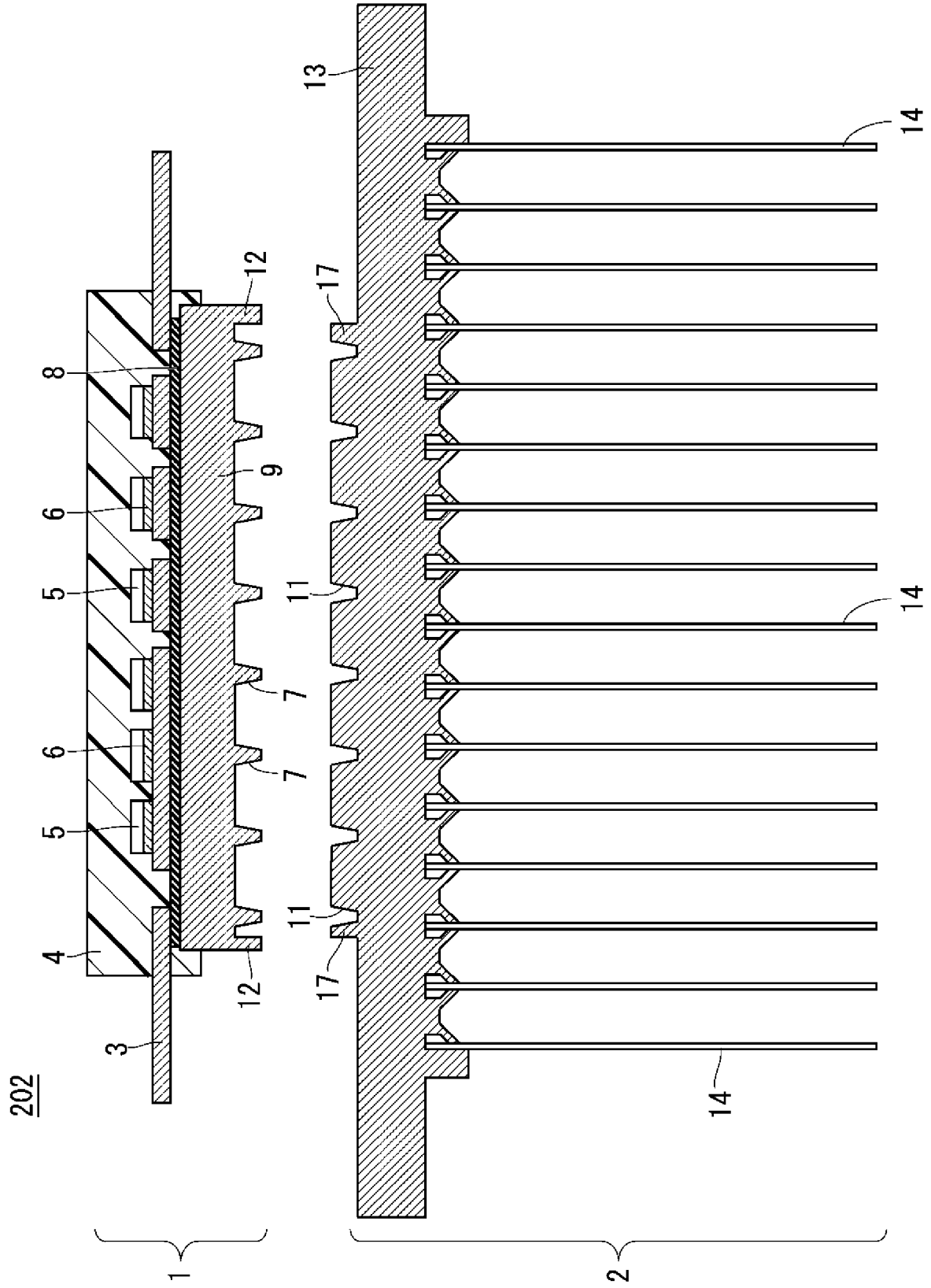
(a)



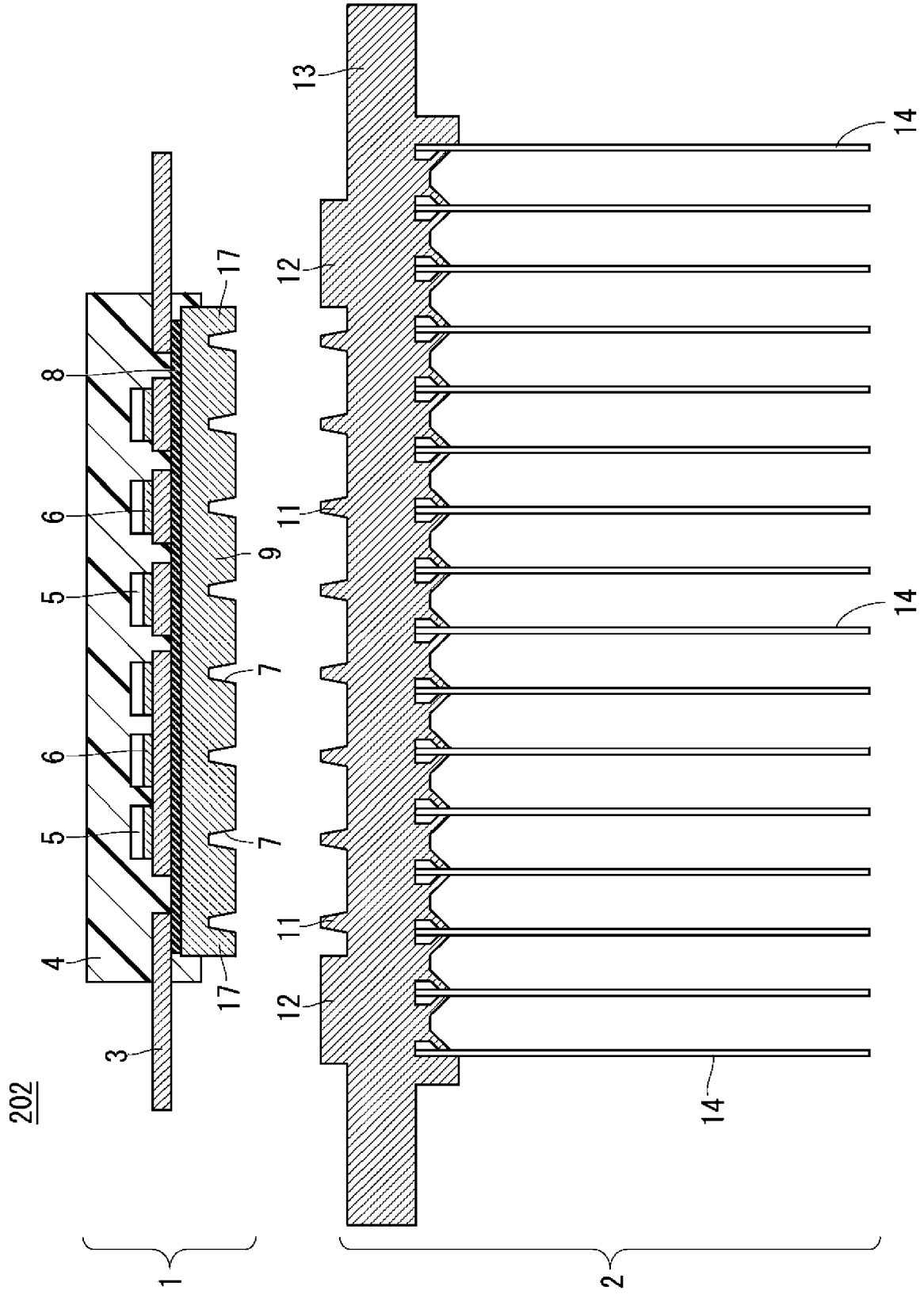
(b)



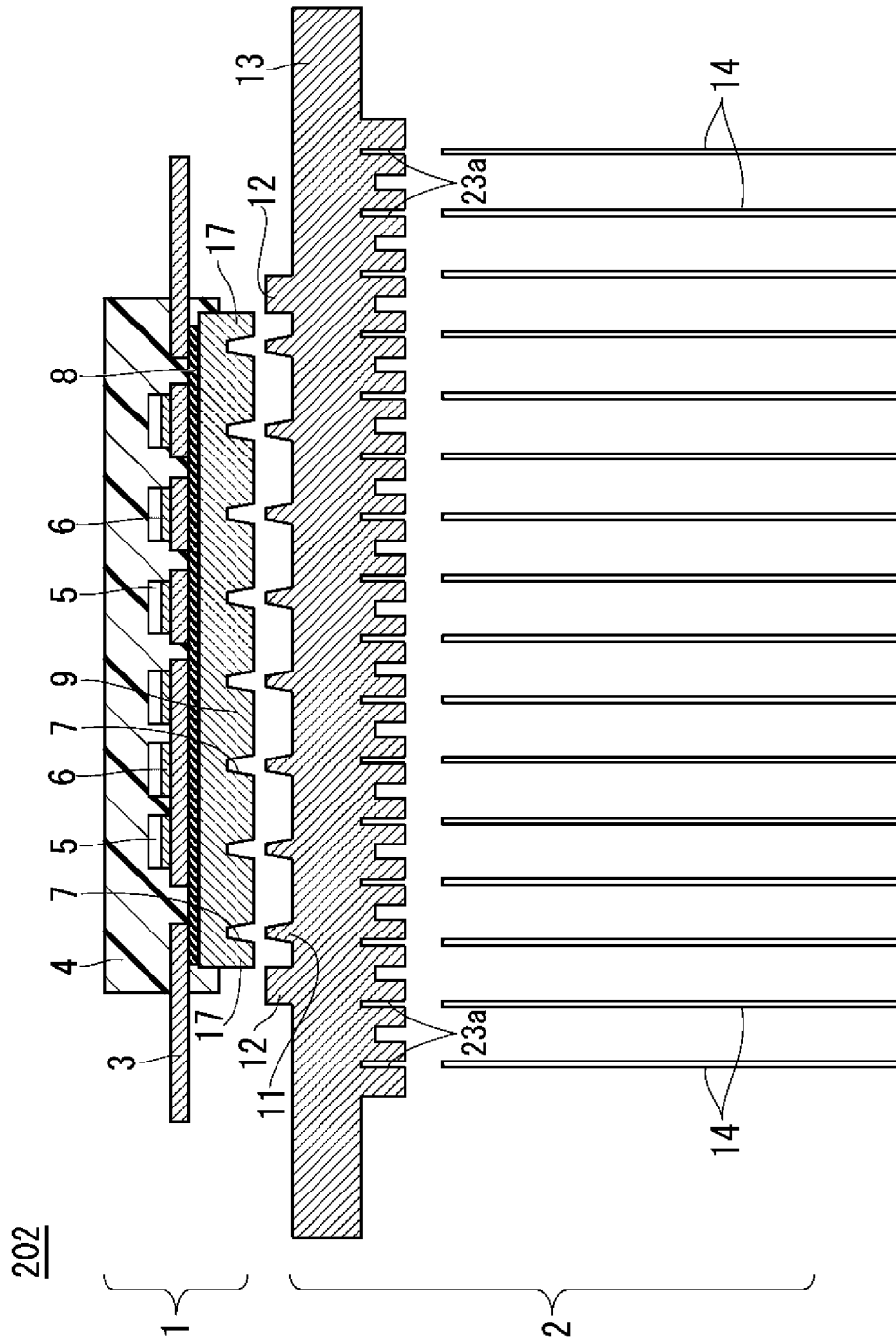
[図7]



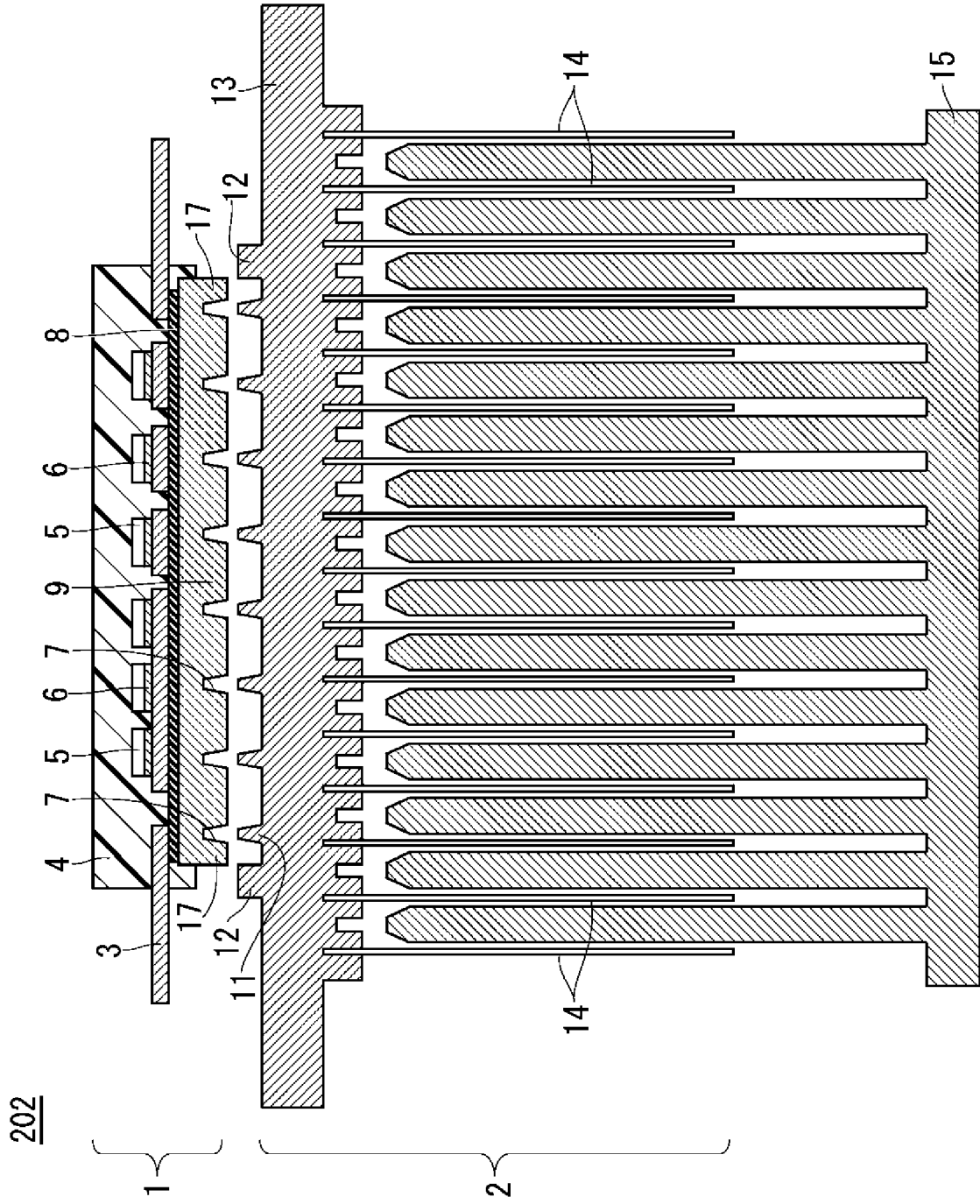
[図8]



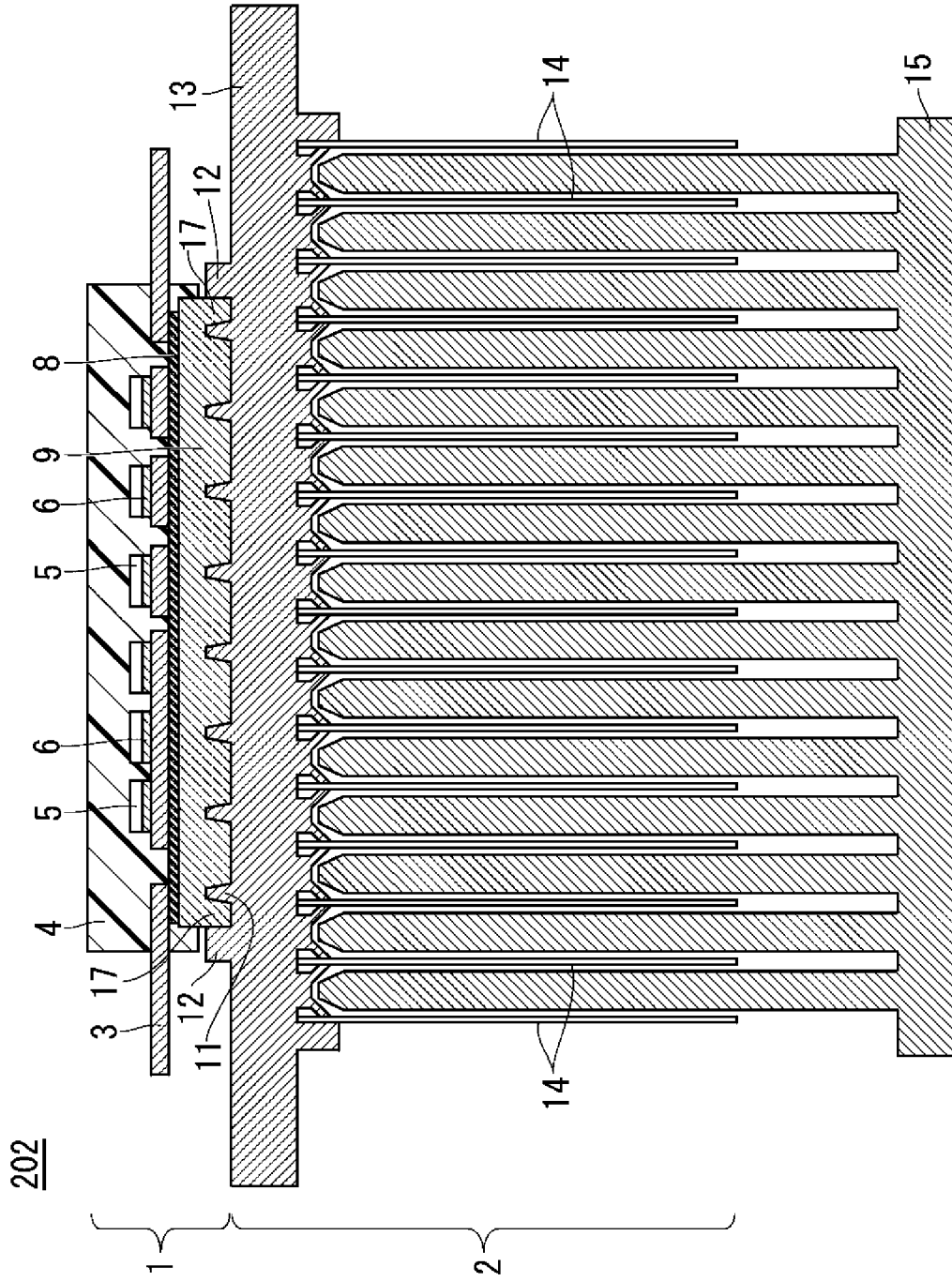
[図9]



[図10]

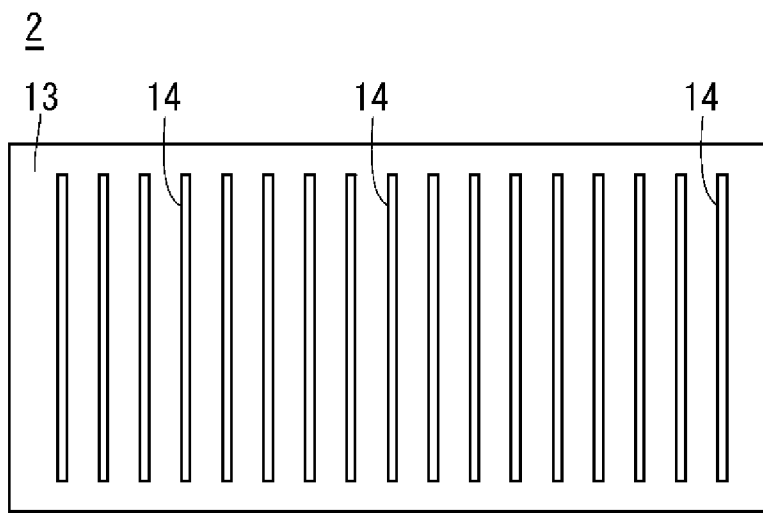


[図11]

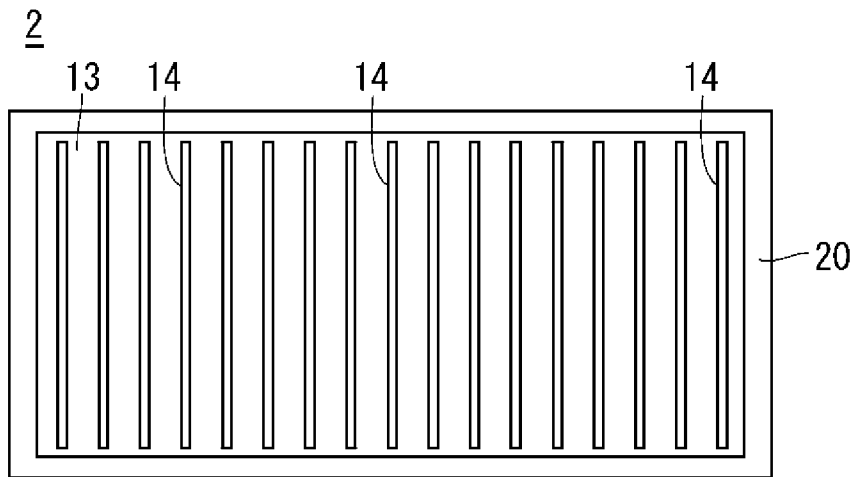


[図12]

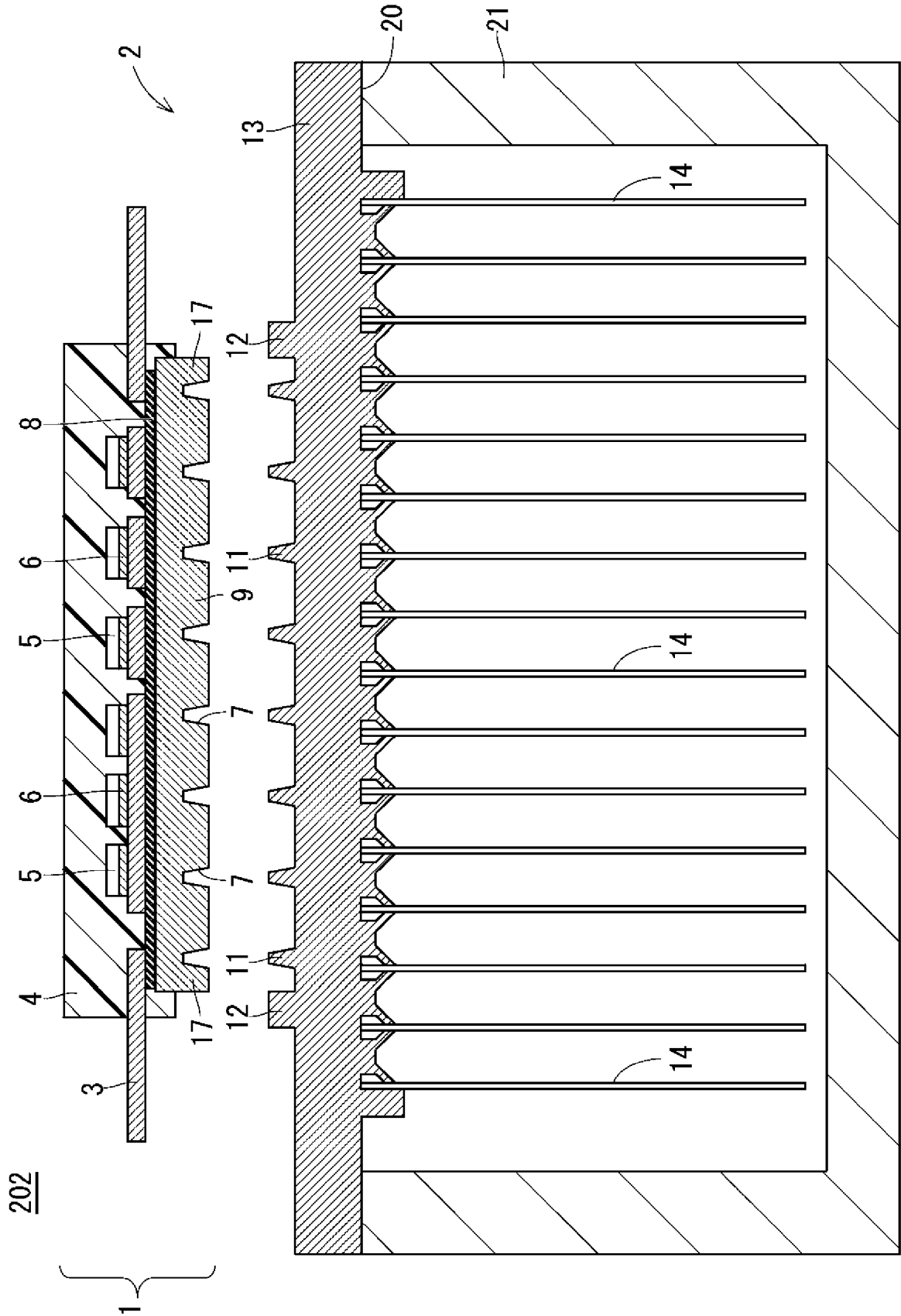
(a)



(b)

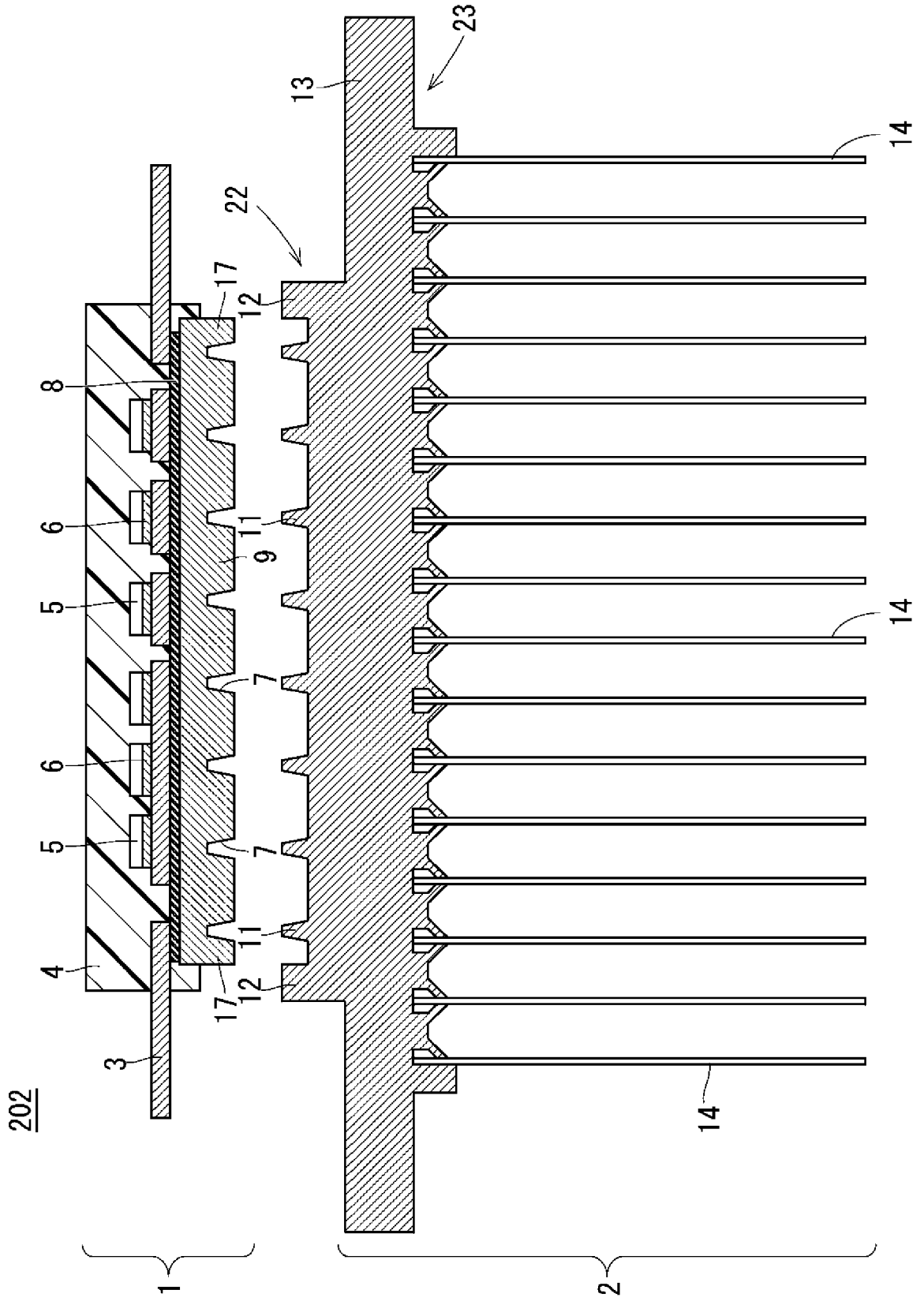


[図13]



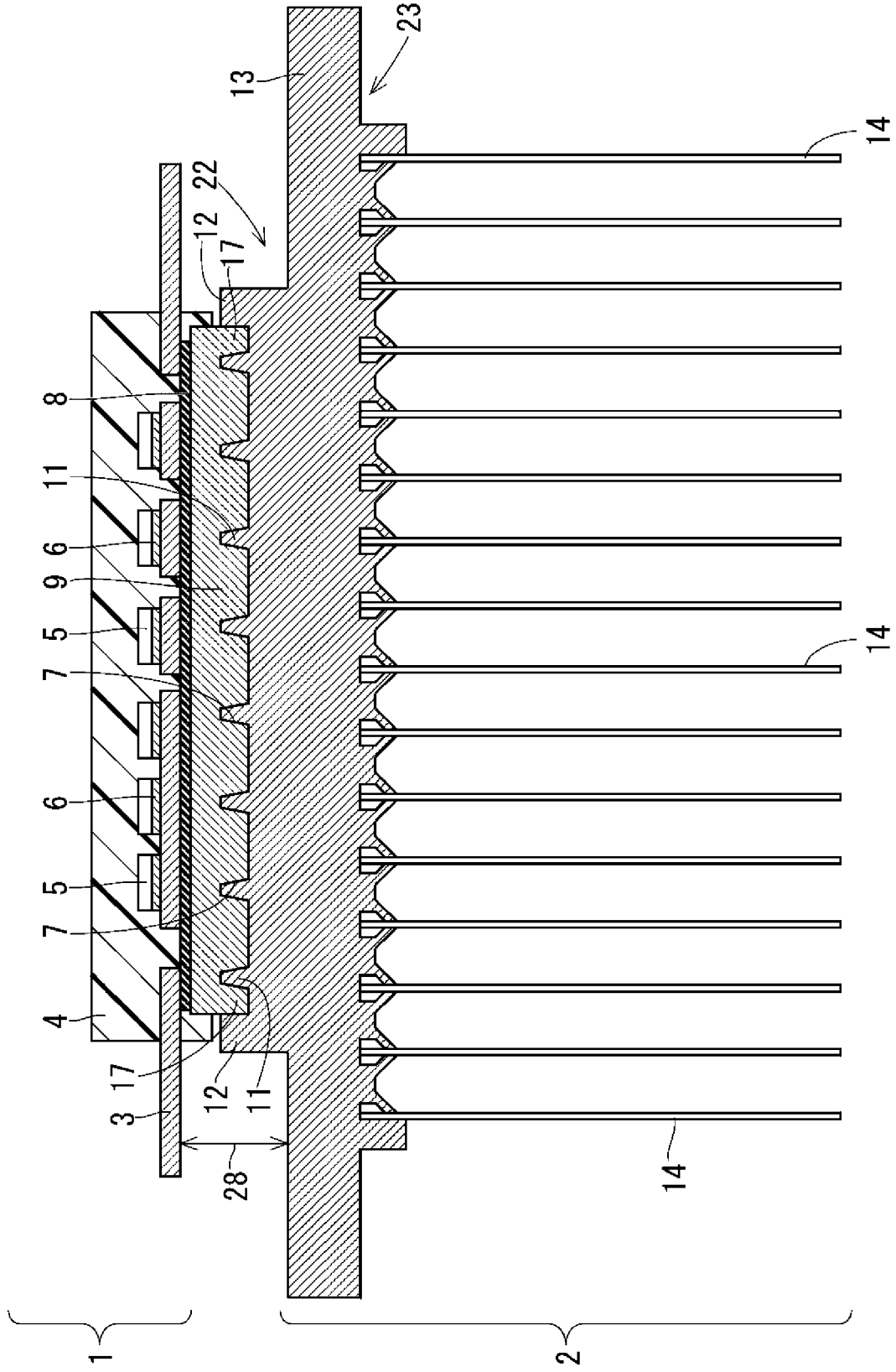
202

[図14]

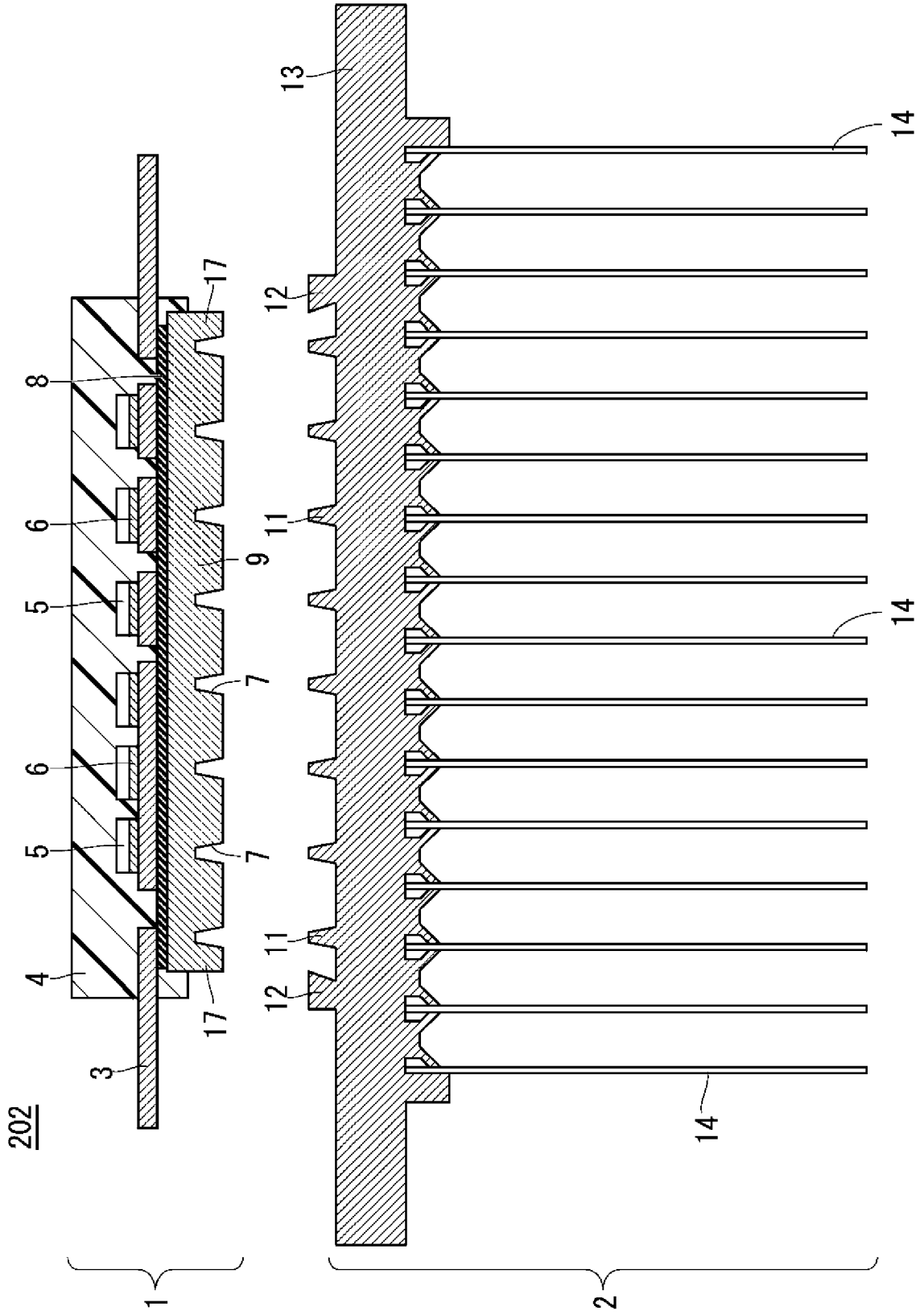


[図15]

202

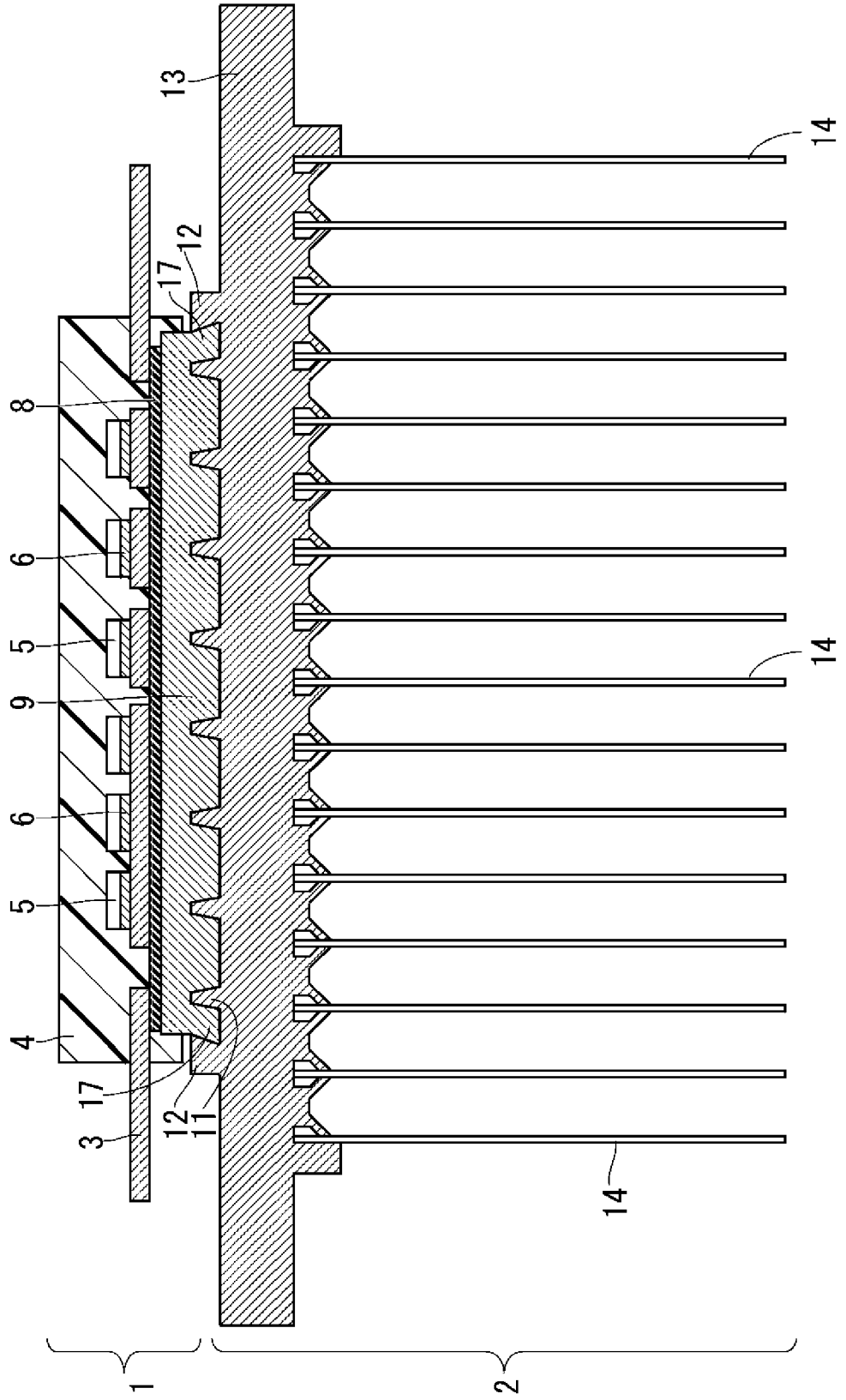


[図16]



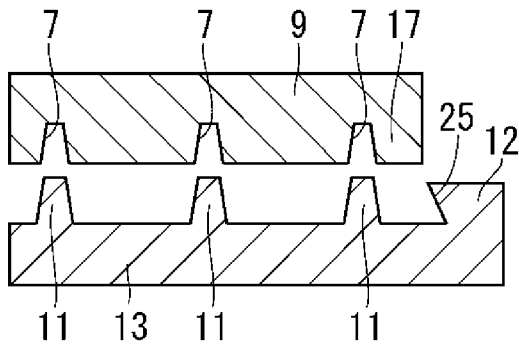
[図17]

202

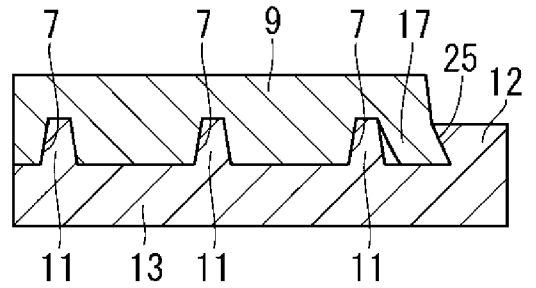


[図18]

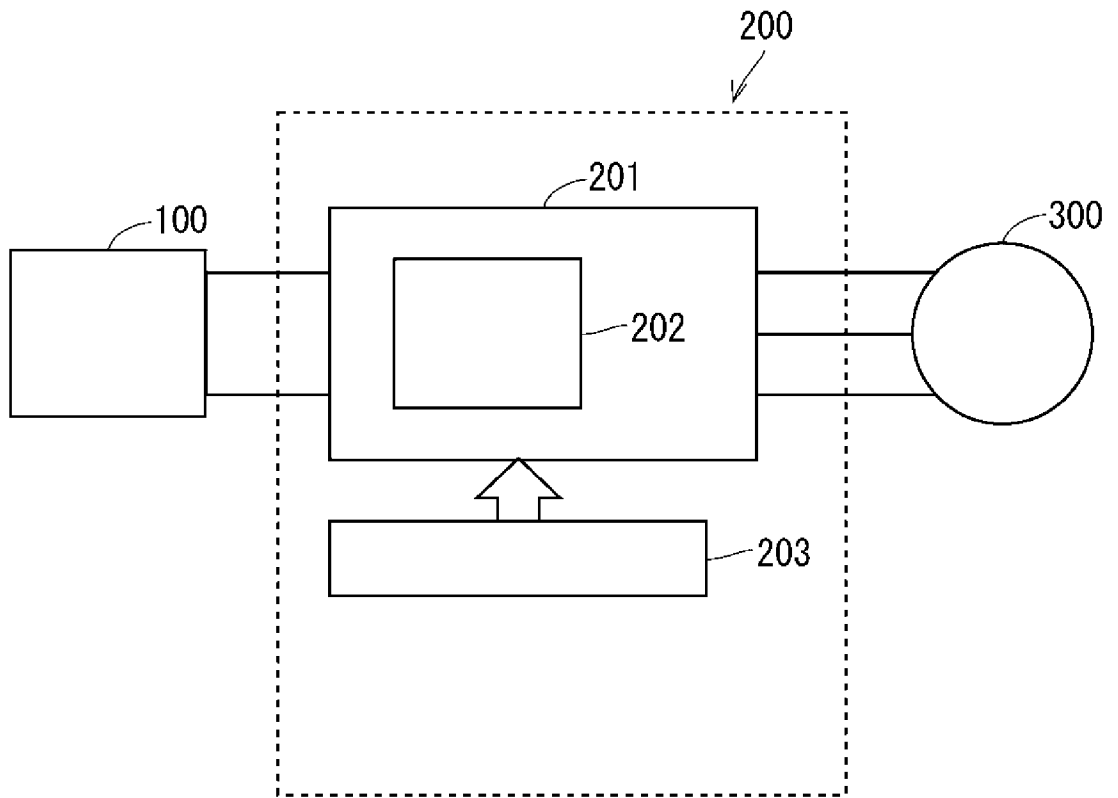
(a)



(b)

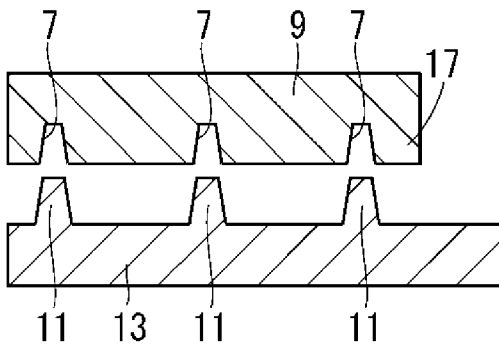


[図19]

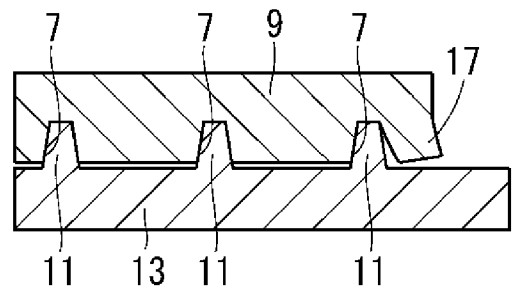


[図20]

(a)



(b)



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/016811

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>H01L 23/40</i> (2006.01)i; <i>H01L 23/36</i> (2006.01)i; <i>H01L 25/07</i> (2006.01)i; <i>H02M 7/48</i> (2007.01)i; <i>H05K 7/20</i> (2006.01)i FI: H01L23/40 C; H02M7/48 Z; H01L25/04 C; H05K7/20 E; H01L23/36 Z		
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; H01L23/36; H01L25/07; H02M7/48; H05K7/20		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2024 Registered utility model specifications of Japan 1996-2024 Published registered utility model applications of Japan 1994-2024		
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	WO 2018/079396 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 03 May 2018 (2018-05-03) paragraphs [0015], [0018], [0048], [0106], [0113]-[0120], fig. 6-8, 13-14, 46-49	11
Y		1-8, 12
X	WO 2018/097027 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 31 May 2018 (2018-05-31) paragraphs [0008]-[0009], [0014]-[0016], [0035]-[0039], fig. 16-18	9, 10
Y		1-8, 12
A	JP 2016-86134 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 19 May 2016 (2016-05-19)	1-12
A	JP 2014-179394 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 25 September 2014 (2014-09-25)	1-12
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 "D" document cited by the applicant in the international application "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 08 July 2024		Date of mailing of the international search report 23 July 2024
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/016811

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, X	WO 2024/014410 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 18 January 2024 (2024-01-18) paragraphs [0012], [0040]-[0043], fig. 1	9-11

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The present application has the three inventions below.

The invention as in claim 1 is classified as invention 1 as a result of having the special technical feature "a power module comprising:

a power module unit having a module base, a semiconductor element mounted on one surface side of the module base, and a mold part for sealing the semiconductor element;

a heat sink base integrated with the other surface of the module base exposed from the mold part; and

a plurality of heat dissipating fins that protrude to the side of the heat sink base opposite to the module base, and that are fixed to a caulking part of the heat sink base, wherein

the other surface of the module base is provided with a first recess/protrusion,

the surface of the heat sink base on the module base side is provided with a second recess/protrusion that fits with the first recess/protrusion, and a wall part that protrudes more to the module base side at a position on the outer periphery side than a portion facing the first recess/protrusion".

Claims 3-8 and 12 citing claim 1 are also classified as invention 1.

The invention in claim 2 has a special technical feature that differs from the special technical feature of invention 1 in terms of a wall part being provided to a module base. However, the invention in claim 2 is considered to be closely related to invention 1 in terms of both providing a wall part, and thus the invention in claim 2 is classified as invention 1.

Claim 9 lacks novelty in the light of document 2.

Claim 9 does not specify the providing of

"a first recess/protrusion on the other surface of the module base" and "a second recess/protrusion that fits with the first recess/protrusion on the surface on the module base side", etc.

Thus, it cannot be said that claim 9 is substantially identical to or similarly closely related to the invention as in the claims classified as invention 1.

Therefore, claim 9 is classified as invention 2.

Claim 10 lacks novelty in the light of document 2.

Claim 10 is a method for manufacturing a power module,

and is considered to be closely related to the invention in claim 9 classified as invention 2 in terms of having a step for "joining (integrating) the module base and heat sink base by pressing the power module unit toward the heat sink base in a state where the caulking tool has been brought into contact with the heat sink base". Therefore, claim 10 is classified as invention 2.

Claim 11 lacks novelty in the light of document 1.

Claim 11 does not have the aforementioned special technical features and does not specify having the step described above. Thus, claim 11 cannot be said to be substantially identical to or similarly closely related to the inventions as in invention 1 and invention 2.

Therefore, claim 11 is classified as invention 3.

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

1. As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

- Remark on Protest**
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
 - The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
 - No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2024/016811

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO	2018/079396	A1	03 May 2018	US 2020/0043824 A1 paragraphs [0069], [0072], [0102], [0161], [0168]-[0175], fig. 6-8, 13-14, 46-49 DE 112017005498 B4 CN 109891579 A	
WO	2018/097027	A1	31 May 2018	US 2019/0295919 A1 paragraphs [0010]-[0011], [0084]-[0086], [0105]-[0109], fig. 16-18 CN 110024119 A	
JP	2016-86134	A	19 May 2016	(Family: none)	
JP	2014-179394	A	25 September 2014	(Family: none)	
WO	2024/014410	A1	18 January 2024	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H01L 23/40(2006.01)i; H01L 23/36(2006.01)i; H01L 25/07(2006.01)i; H02M 7/48(2007.01)i; H05K 7/20(2006.01)i FI: H01L23/40 C; H02M7/48 Z; H01L25/04 C; H05K7/20 E; H01L23/36 Z		
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）） H01L23/40; H01L23/36; H01L25/07; H02M7/48; H05K7/20 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 1971-2024年 日本国実用新案登録公報 1996-2024年 日本国登録実用新案公報 1994-2024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	WO 2018/079396 A1 (三菱電機株式会社) 03.05.2018 (2018-05-03) 段落[0015], [0018], [0048], [0106], [0113]-[0120], 図6-8, 13-14, 46-49	11 1-8, 12
X Y	WO 2018/097027 A1 (三菱電機株式会社) 31.05.2018 (2018-05-31) 段落[0008]-[0009], [0014]-[0016], [0035]-[0039], 図16-18	9, 10 1-8, 12
A	JP 2016-86134 A (三菱電機株式会社) 19.05.2016 (2016-05-19)	1-12
A	JP 2014-179394 A (三菱電機株式会社) 25.09.2014 (2014-09-25)	1-12
P, X	WO 2024/014410 A1 (三菱電機株式会社) 18.01.2024 (2024-01-18) 段落[0012], [0040]-[0043], 図1	9-11
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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、一般的技术水準を示すもの “D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献 “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抵触するものではなく、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	08.07.2024	国際調査報告の発送日 23.07.2024
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 鹿野 博司 5D 8392 電話番号 03-3581-1101 内線 3549	

第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

本願は、以下の通り3つの発明を有する。

請求項1に係る発明は、

「モジュールベースと、前記モジュールベースの一方面側に搭載された半導体素子と、前記半導体素子を封止するモールド部とを有するパワーモジュール部と、

前記モールド部から露出した前記モジュールベースの他方面と一体化されたヒートシンクベースと、前記ヒートシンクベースにおける前記モジュールベースとは反対側に突出し、前記ヒートシンクベースのかしめ部に固定された複数の放熱フィンと、を備え、

前記モジュールベースの前記他方面には、第1凹凸部が設けられ、

前記ヒートシンクベースにおける前記モジュールベース側の面には、前記第1凹凸部と嵌合する第2凹凸部と、前記第1凹凸部に対向する部分よりも外周側の位置に前記モジュールベース側に突出する壁部が設けられた、パワーモジュール」

という、特別な技術的特徴を有するため、発明1に区分する。

請求項1を引用する請求項3-8、12も発明1に区分する。

請求項2に係る発明は、壁部がモジュールベースに設けられる点で発明1が有する特別な技術的特徴と異なる特別な技術的特徴を有するが、共に壁部を設ける点で発明1に準ずる関係にあると認められるため、発明1に区分する。

請求項9は文献2より新規性を有しない。

請求項9は、

「モジュールベースの前記他方面には、第1凹凸部」及び「モジュールベース側の面には、前記第1凹凸部と嵌合する第2凹凸部」、

を設けることを特定していない点等から、発明1に区分した請求項に係る発明と、実質同一又はそれに準ずる関係にあるとはいえない。

そのため、請求項9を発明2に区分する。

請求項10は文献2より新規性を有しない。

そして、請求項10は、パワーモジュールの製造方法であって、

「かしめツールを前記ヒートシンクベースに接触させた状態で、前記パワーモジュール部を前記ヒートシンクベースに向けて押圧することにより、前記モジュールベースと、前記ヒートシンクベースとを接合（一体化）する」工程を有する点で、発明2に区分した請求項9に係る発明に準ずる関係にあると認められるため、請求項10を発明2に区分する。

請求項11は文献1より新規性を有しない。

そして、請求項11は、上記の特別な技術的特徴を有さず、上記の工程を有することを特定していないため、発明1及び発明2に係る発明と、実質同一又はそれに準ずる関係にあるとはいえない。

そのため、請求項11を発明3に区分する。

第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

1. 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の
申立てに関する注意

- 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
 PCT/JP2024/016811

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO	2018/079396	A1	03.05.2018	US 2020/0043824 A1 段落[0069], [0072], [0102], [0161], [0168]- [0175], 図6-8, 13-14, 46-49 DE 112017005498 B4 CN 109891579 A	
WO	2018/097027	A1	31.05.2018	US 2019/0295919 A1 段落[0010]-[0011], [0084]-[0086], [0105]- [0109], 図16-18 CN 110024119 A	
JP	2016-86134	A	19.05.2016	(ファミリーなし)	
JP	2014-179394	A	25.09.2014	(ファミリーなし)	
WO	2024/014410	A1	18.01.2024	(ファミリーなし)	