(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7月18日(18.07.2024)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2024/150303 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 25/07 (2006.01) *H01L 25/18* (2023.01)
H01L 23/12 (2006.01) *H05K 3/46* (2006.01)
H01L 23/29 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2023/000401

(22) 国際出願日： 2023年1月11日(11.01.2023)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(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:原田 耕三(**HARADA, Kozo**); 〒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).

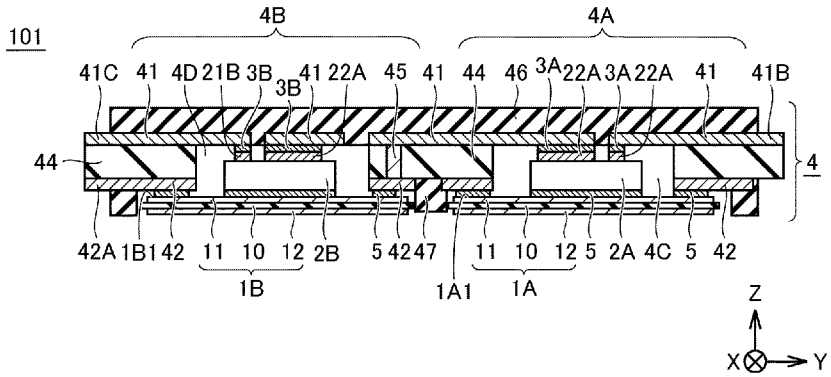
(74) 代理人:弁理士法人深見特許事務所(**FUKAMI PATENT OFFICE, P.C.**); 〒5300005 大阪府大阪市北区中之島三丁目2番4号 中之島フェスティバルタワー・ウエスト Osaka (JP).

(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, 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,

(54) **Title:** POWER MODULE

(54) 発明の名称： パワーモジュール

[図3]



(57) **Abstract:** A power module (101) comprises: a first substrate (1A) that has a first surface (1A1); a first power semiconductor element (2A) that is mounted on the first surface; a printed circuit board (4) that has a first facing section (4A) disposed so as to overlap with the first surface of the first substrate in a first direction (Z) perpendicular to the first surface; and a first conductor post (3A) that electrically connects the first power semiconductor element and the first facing section. A first recessed portion (4C) is formed in the first facing section and accommodates the first power semiconductor element and the first conductor post therein.

(57) 要約：パワーモジュール（１０１）は、第１面（１Ａ１）を有する第１基板（１Ａ）と、第１面に実装されている第１パワー半導体素子（２Ａ）と、第１面と直交する第１方向（Ｚ）において第１基板の第１面と重なるように配置されている第１対向部分（４Ａ）を有するプリント基板（４）と、第１パワー半導体素子と第１対向部分との間を電気的に接続する第１導体ポスト（３Ａ）とを備える。第１対向部分には、第１パワー半導体素子及び第１導体ポストを内部に収容する第１凹部（４Ｃ）が形成されている。

WO 2024/150303 A1

[続葉有]

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))

明　細　書

発明の名称 ： パワーモジュール

技術分野

[0001]　本開示は、パワーモジュールに関する。

背景技術

[0002]　縦型のパワー半導体素子を備えるパワーモジュールは、電力変換装置として、産業機器、自動車、鉄道など、幅広い分野において用いられている。

[0003]　一般的なパワーモジュールにおいて、パワー半導体素子の電極は外部端子としてのリードフレームの一端とボンディングワイヤを介して接続されており、パワー半導体素子、リードフレームの上記一端、及びボンディングワイヤは樹脂封止されている。

[0004]　他方、特開２００９－６４８５２号公報（特許文献１）には、絶縁基板に実装された半導体素子の主電極と、半導体素子の上方に配置されたプリント基板の金属箔とが複数のポスト電極を介して電気的に接続されている半導体装置が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開２００９－６４８５２号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006]　近年、パワーモジュールを備える機器の高性能化及び小型軽量化に伴い、従来から要求されてきたパワーモジュールの定格電圧および定格電流の増加及び使用温度範囲の拡大に加え、高速スイッチング動作に伴う配線インダクタンスの低下、小型化、及び薄型化への要求が高まっている。

[0007]　しかしながら、上述した一般的なパワーモジュールでは、パワー半導体素子の電極とリードフレームの他端との間の長さを短くすることには構造上の限界があるため、配線インダクタンスを十分に低下させることは困難である

。また、上述した一般的なパワーモジュールでは、ボンディングワイヤを介して接続されるパワー半導体素子の電極とリードフレームの上記一端とが平面視において間隔を空けて配置されている必要があるため、平面視における寸法の小型化にも構造上の限界がある。

[0008] また、特許文献１に記載の半導体装置では、絶縁基板、半導体素子、ポスト電極、及びプリント基板がそれぞれの厚さ方向に並んで配置されているため、薄型化には構造上の限界がある。

[0009] 本開示の主たる目的は、従来のパワーモジュールに対して、高速スイッチング動作に伴う配線インダクタンスの低下、小型化、及び薄型化が同時に実現されているパワーモジュールを提供することにある。

課題を解決するための手段

[0010] 本開示に係るパワーモジュールは、第１面を有する第１基板と、第１面に実装されている第１パワー半導体素子と、第１面と直交する第１方向において第１基板の第１面と重なるように配置されている第１対向部分を有するプリント基板と、第１パワー半導体素子と第１対向部分との間を電気的に接続する第１導体ポストとを備える。第１対向部分には、第１パワー半導体素子及び第１導体ポストを内部に収容する第１凹部が形成されている。

発明の効果

[0011] 本開示によれば、従来のパワーモジュールに対して、高速スイッチング動作に伴う配線インダクタンスの低下、小型化、及び薄型化が同時に実現されているパワーモジュールを提供できる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]実施の形態１に係るパワーモジュールを示す平面透視図である。

[図2]図１に示されるパワーモジュールを示す底面透視図である。

[図3]図１中の矢印ＩＩＩ－ＩＩＩから視た断面図である。

[図4]図１に示されるパワーモジュールの製造方法の一工程を説明するための断面図である。

[図5]実施の形態１に係るパワーモジュールの変形例を示す平面透視図である

。

[図6]図５に示されるパワーモジュールの製造方法の一工程を説明するための断面図である。

[図7]実施の形態２に係るパワーモジュールを示す平面透視図である。

[図8]図７に示されるパワーモジュールを示す底面透視図である。

[図9]図７中の矢印ＩＸ－ＩＸから視た断面図である。

[図10]図７に示されるパワーモジュールの製造方法の一工程を説明するための断面図である。

[図11]実施の形態３に係るパワーモジュールを示す断面図である。

[図12]図１１に示されるパワーモジュールが備える半導体パッケージを説明するための断面図である。

[図13]実施の形態４に係るパワーモジュールを示す断面図である。

[図14]実施の形態４に係るパワーモジュールの変形例を示す断面図である。

[図15]実施の形態５に係るパワーモジュールを示す断面図である。

[図16]実施の形態６に係るパワーモジュールを示す断面図である。

[図17]実施の形態６に係るパワーモジュールの変形例を示す断面図である。

[図18]実施の形態７に係るパワーモジュールを示す断面図である。

[図19]実施の形態８に係るパワーモジュールを示す断面図である。

[図20]比較例１に係るパワーモジュールを示す平面透視図である。

[図21]図２０に示される比較例１を示す断面図である。

[図22]比較例２に係るパワーモジュールを示す平面透視図である。

[図23]図２２に示される比較例２を示す断面図である。

[図24]比較例３に係るパワーモジュールを示す平面透視図である。

[図25]図２４に示される比較例３を示す断面図である。

[図26]比較例４に係るパワーモジュールを示す平面透視図である。

[図27]図２６に示される比較例４を示す断面図である。

発明を実施するための形態

[0013] 以下、図面を参照して、本開示の実施の形態について説明する。なお、以

下では、同一または相当する部分に同一の符号を付すものとし、重複する説明は繰り返さない。

[0014] 実施の形態１．

＜パワーモジュールの構成＞

図１及び図２に示されるように、実施の形態１に係るパワーモジュール１０１は、第１絶縁基板１Ａ（第１基板）、第２絶縁基板１Ｂ（第２基板）、第１パワー半導体素子２Ａ、第２パワー半導体素子２Ｂ、複数の第１導体ポスト３Ａ、複数の第２導体ポスト３Ｂ、及びプリント基板４を備える。

[0015] 第１絶縁基板１Ａは、第１パワー半導体素子２Ａが実装されている第１面１Ａ１を有する。本明細書では、第１面１Ａ１と直交する方向を第１方向Ｚと記載する。第１絶縁基板１Ａは、基材１０、第１導体層１１、及び第２導体層１２を含む。第１導体層１１及び第２導体層１２は、第１方向Ｚにおいて基材１０を挟むように配置されている。第１導体層１１及び第２導体層１２の各々は、例えば基材１０に接合されている。第１面１Ａ１は、第１絶縁基板１Ａの第１導体層１１において基材１０と接合されている面とは反対側の面により構成されている。

[0016] 基材１０を構成する材料は、電気的絶縁性を有する任意の材料であればよい。基材１０は、例えばセラミック板である。第１導体層１１及び第２導体層１２を構成する材料は、導電性を有する任意の材料であればよいが、例えば金属材料である。

[0017] 第２絶縁基板１Ｂは、第２パワー半導体素子２Ｂが実装されている第２面１Ｂ１を有している。第２絶縁基板１Ｂは、例えば第１絶縁基板１Ａと同様の構成を有している。第２絶縁基板１Ｂは、基材１０、第１導体層１１、及び第２導体層１２を含む。第２面１Ｂ１は、第２絶縁基板１Ｂの第１導体層１１において基材１０と接合されている面とは反対側の面により構成されている。

[0018] 第１絶縁基板１Ａ及び第２絶縁基板１Ｂは、第１面１Ａ１に沿った第１方向において互いに並んで配置されている。パワーモジュール１０１において

、第２面１Ｂ１は、第１面１Ａ１と同じ側を向いている。

[0019] 第１パワー半導体素子２Ａ及び第２パワー半導体素子２Ｂは、例えば縦型のパワー半導体素子である。第１パワー半導体素子２Ａ及び第２パワー半導体素子２Ｂは、例えばＩＧＢＴ（Insulated Gate Bipolar Transistor）、ＭＯＳＦＥＴ（Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor）、バイポーラトランジスタ、又は還流ダイオードである。第１パワー半導体素子２Ａ及び第２パワー半導体素子２Ｂは、例えば互いに同種の半導体素子である。なお、第１パワー半導体素子２Ａ及び第２パワー半導体素子２Ｂは、互いに異種の半導体素子であってもよい。

[0020] 第１パワー半導体素子２Ａは、第１方向Ｚにおいて第１絶縁基板１Ａ側を向いている裏面と、裏面とは反対側に位置し第１方向Ｚにおいてプリント基板４側を向いている表面とを有している。第１パワー半導体素子２Ａの裏面には、図示しない裏面電極が形成されている。裏面電極は、接合材５を介して第１絶縁基板１Ａの第１導体層１１と接合されている。第１パワー半導体素子２Ａの表面には、主電極２１Ａ及び制御電極２２Ａが形成されている。第１パワー半導体素子２Ａの主電極２１Ａ及び制御電極２２Ａの各々は、第１導体ポスト３Ａと電気的に接続されている。主電極２１Ａは、第１導体ポスト３Ａを介して、後述するプリント基板４の第１配線層４１と電気的に接続されている。制御電極２２Ａは、第１導体ポスト３Ａを介して、後述するプリント基板４の第１配線層４１に電気的に接続されている。

[0021] 第２パワー半導体素子２Ｂは、第１方向Ｚにおいて第２絶縁基板１Ｂ側を向いている裏面と、裏面とは反対側に位置し第１方向Ｚにおいてプリント基板４側を向いている表面とを有している。第２パワー半導体素子２Ｂの裏面には、図示しない裏面電極が形成されている。裏面電極は、接合材５を介して第２絶縁基板１Ｂの第１導体層１１と接合されている。第２パワー半導体素子２Ｂの表面には、例えば主電極２１Ｂ及び制御電極２２Ｂが形成されている。第２パワー半導体素子２Ｂの主電極２１Ｂ及び制御電極２２Ｂの各々は、第２導体ポスト３Ｂと電気的に接続されている。主電極２１Ｂは、第２

導体ポスト３Ｂを介して、後述するプリント基板４の第１配線層４１と電気的に接続されている。制御電極２２Ｂは、第２導体ポスト３Ｂを介して、後述するプリント基板４の第１配線層４１に電気的に接続されている。

[0022] 複数の第１導体ポスト３Ａ及び複数の第２導体ポスト３Ｂの各々は、第１方向Ｚに沿って延びる柱状体である。複数の第１導体ポスト３Ａ及び複数の第２導体ポスト３Ｂの各々を構成する材料は、導電性を有する任意の材料であればよい。

[0023] 複数の第１導体ポスト３Ａの各々の第１方向Ｚの一端は、はんだ等の図示しない接合材を介して、第１パワー半導体素子２Ａの主電極２１Ａ又は制御電極２２Ａに接合されている。複数の第１導体ポスト３Ａの各々の第１方向Ｚの他端は、はんだ等の図示しない接合材を介して、後述するプリント基板４の第１配線層４１に接合されている。

[0024] 複数の第２導体ポスト３Ｂの各々の第１方向Ｚの一端は、はんだ等の図示しない接合材を介して、第２パワー半導体素子２Ｂの主電極２１Ｂ又は制御電極２２Ｂに接合されている。複数の第２導体ポスト３Ｂの各々の第１方向Ｚの他端は、はんだ等の図示しない接合材を介して、後述するプリント基板４の第１配線層４１に接合されている。

[0025] プリント基板４は、第１配線層４１、第２配線層４２、絶縁体層４４、貫通ビア４５、並びに第１保護層４６及び第２保護層４７を含む。第１保護層４６、第１配線層４１、絶縁体層４４、第２配線層４２、並びに第２保護層４７は、第１方向Ｚに上記記載順に積層している。第１配線層４１は、第１方向Ｚと直交する同一平面上において互いに間隔を空けて配置されており、互いに電気的に分離されている複数のパターンを含む。第１配線層４１の各パターンは、同一の導体層がパターニングされることにより形成されており、互いに電気的に分離されている。第２配線層４２は、第１方向Ｚと直交する同一平面上において互いに間隔を空けて配置されており、互いに電気的に分離されている複数のパターンを含む。第２配線層４２の各パターンは、同一の導体層がパターニングされることにより形成されている。第１配線層４

１と第２配線層４２とは、貫通ビア４５を介して電気的に接続されている。第１保護層４６及び第２保護層４７は、第１配線層４１、及び第２配線層４２の表面を保護するためのものである。貫通ビア４５は、例えば絶縁体層４４を貫通する貫通孔の全体を埋め込むように形成されている。貫通ビア４５は、例えば絶縁体層４４の貫通孔に圧入された金属材である。なお、貫通ビア４５は、絶縁体層４４の貫通孔の壁面にメッキにより形成された金属薄膜であってもよい。第１保護層４６及び第２保護層４７は、例えばレジスト層である。第１保護層４６は、第１対向部分４Ａに含まれる部分と、第２対向部分４Ｂに含まれる部分とを含み、両部分が第２方向Ｙ及び第３方向Ｘに連なるように形成されている。第２保護層４７は、平面視において第１凹部４Ｃの周囲に配置されている。

[0026] プリント基板４は、第１方向Ｚにおいて第１絶縁基板１Ａの第１面１Ａ１と重なるように配置されている第１対向部分４Ａと、第１方向Ｚにおいて第２絶縁基板１Ｂの第２面１Ｂ１と重なるように配置されている第２対向部分４Ｂとを含む。第１対向部分４Ａは、第２対向部分４Ｂと第２方向Ｙにおいて並んで配置されている。

[0027] 第１対向部分４Ａは、第１配線層４１、第２配線層４２、絶縁体層４４、第１保護層４６，及び第２保護層４７の各々の一部を含む。第２対向部分４Ｂは、第１配線層４１、第２配線層４２、絶縁体層４４、第１保護層４６，及び第２保護層４７の各々の他の一部を含む。

[0028] 第１対向部分４Ａには、第１パワー半導体素子２Ａ及び複数の第１導体ポスト３Ａを内部に収容する第１凹部４Ｃ（座繰り）が形成されている。第１凹部４Ｃは、第１方向Ｚにおいて第１絶縁基板１Ａ側を向いている第１対向部分４Ａの下面に対して凹んでいる。第１対向部分４Ａの上記下面は、第１絶縁基板１Ａの第１面１Ａ１と接合されている。

[0029] 第１凹部４Ｃは、第１方向Ｚにおいて第１パワー半導体素子２Ａを介して第１面１Ａ１と対向する底面と、底面の外周縁から第１方向Ｚに突出しており第２方向Ｙ及び第３方向Ｘの各々において第１パワー半導体素子２Ａ及び

複数の第１導体ポスト３Ａの各々の側面と対向している壁面とを有する。第１凹部４Ｃの上記壁面の下端は、第１対向部分４Ａの上記下面の内周縁と接続されている。第１対向部分４Ａの上記下面、第１凹部４Ｃの底面及び壁面の各々は、単一の平面又は曲面であってもよいし、複数の平面又は曲面が互いに接続されてなる凹凸面であってもよい。

[0030] 第１対向部分４Ａにおいて、第１凹部４Ｃの底面上には、少なくとも、第１配線層４１及び第１保護層４６が形成されていればよい。例えば、第１凹部４Ｃの底面上には、第１方向Ｚにおいて第１配線層４１と積層された他の配線層、並びに当該配線層と第１配線層４１とを隔てる絶縁体層が形成されていない。

[0031] 第１凹部４Ｃの上記底面には、例えば第１配線層４１及び第１保護層４６の各々の一部が露出している。第１凹部４Ｃの底面に露出している第１配線層４１は、はんだ等の接合材を介して、複数の第１導体ポスト３Ａの各々の第１方向Ｚの上記他端と接合されている。第１凹部４Ｃの壁面には、例えば絶縁体層４４及び第２配線層４２の各々の一部が露出している。

[0032] 第１対向部分４Ａの上記下面には、例えば絶縁体層４４及び第２配線層４２の各々の他の一部が露出している。第１対向部分４Ａの上記下面に露出している第２配線層４２は、はんだ等の接合材を介して、第１絶縁基板１Ａの導体層１１と接合されている。平面視において、第１対向部分４Ａの上記下面に露出している第２配線層４２は、第１凹部４Ｃの全周を囲むように連続して配置されている。平面視において、第１絶縁基板１Ａの導体層１１は、第１パワー半導体素子２Ａの全周を囲むように連続して配置されている。平面視において、第２配線層４２と導体層１１とを接合する接合材は、第１パワー半導体素子２Ａ及びこれを収容する第１凹部４Ｃの全周を囲むように連続して配置されている。これにより、第１凹部４Ｃの内部は、第１絶縁基板１Ａ及び上記接合材によって密閉されている。

[0033] 第２対向部分４Ｂには、第２パワー半導体素子２Ｂ及び複数の第２導体ポスト３Ｂを内部に収容する第２凹部４Ｄ（座繰り）が形成されている。第２

凹部４Ｄは、第１方向Ｚにおいて第２絶縁基板１Ｂ側を向いている第２対向部分４Ｂの下面に対して凹んでいる。第２対向部分４Ｂの上記下面は、第２パワー半導体素子２Ｂを介さずに第２絶縁基板１Ｂの第２面１Ｂ１と対向する。第２凹部４Ｄは、第１方向Ｚにおいて第２パワー半導体素子２Ｂを介して第２面１Ｂ１と対向する底面と、底面の外周縁から第１方向Ｚに突出しており第２方向Ｙ及び第３方向Ｘの各々において第２パワー半導体素子２Ｂ及び複数の第２導体ポスト３Ｂの各々の側面と対向している壁面とを有する。第２凹部４Ｄの上記壁面の下端は、第２対向部分４Ｂの上記下面の内周縁と接続されている。第２対向部分４Ｂの上記下面、第２凹部４Ｄの底面及び壁面の各々は、単一の平面又は曲面であってもよいし、複数の平面又は曲面が互いに接続されてなる凹凸面であってもよい。

[0034] 第２対向部分４Ｂは、第１配線層４１、第２配線層４２，絶縁体層４４、並びに第１保護層４６及び第２保護層４７を含む。第２対向部分４Ｂにおいて、第１保護層４６、第１配線層４１、絶縁体層４４、第２配線層４２、及び第２保護層４７は、第１方向Ｚにおいて上記記載順に積層している。

[0035] 第２対向部分４Ｂにおいて、第２凹部４Ｄの底面上には、少なくとも、第１配線層４１、及び第１保護層４６が形成されていればよい。例えば、第２凹部４Ｄの底面上には、第１方向Ｚにおいて第１配線層４１と積層された他の配線層、並びに当該配線層と第１配線層４１とを隔てる絶縁体層が形成されていない。

[0036] 第２凹部４Ｄの上記底面には、例えば第１配線層４１及び第１保護層４６の各々の一部が露出している。第２凹部４Ｄの底面に露出している第１配線層４１の各々は、はんだ等の接合材を介して、複数の第２導体ポスト３Ｂの各々の第１方向Ｚの上記他端と接合されている。第２凹部４Ｄの壁面には、例えば絶縁体層４４及び第２配線層４２の各々の一部が露出している。

[0037] 第２対向部分４Ｂの上記下面には、例えば絶縁体層４４及び第２配線層４２の各々の他の一部が露出している。第２対向部分４Ｂの上記下面に露出している第２配線層４２は、はんだ等の接合材を介して、第２絶縁基板１Ｂの

導体層１１と接合されている。平面視において、第２対向部分４Ｂの上記下面に露出している第２配線層４２は、第２凹部４Ｄの全周を囲むように連続して配置されている。平面視において、第２絶縁基板１Ｂの導体層１１は、第２パワー半導体素子２Ｂの全周を囲むように連続して配置されている。平面視において、第２配線層４２と導体層１１とを接合する接合材は、第２パワー半導体素子２Ｂ及びこれを収容する第２凹部４Ｄの全周を囲むように連続して配置されている。これにより、第２凹部４Ｄの内部は、第２絶縁基板１Ｂ及び上記接合材によって密閉されている。

[0038] 第１凹部４Ｃ及び第２凹部４Ｄの内部には、例えば空気等の気体が充填されている。

プリント基板４の第１配線層４１の一部は、第１保護層４６及び第２保護層４７から露出して、パワーモジュール１０１において外部機器と接続される第１外部接続端子４１Ａを成している。第１配線層４１の一部は、第１保護層４６及び第２保護層４７から露出して、パワーモジュール１０１において外部機器と接続される第２外部接続端子４１Ｂ，４１Ｃを成している。第２外部接続端子４１Ａ，４１Ｂは、制御外部端子である。プリント基板４の第２配線層４２の一部は、第１保護層４６及び第２保護層４７から露出して、パワーモジュール１０１において外部機器と接続される第３外部接続端子４２Ａ，４２Ｂを成している。

[0039] なお、本実施形態では、パワーモジュール１０１に含まれる各接合材としてはんだを例示しているが、これに限られるものではない。パワーモジュール１０１に含まれる各部材間の接合には、焼結銀、導電性接着剤、液槽拡散接合技術等が用いられてもよい。

[0040] 次に、パワーモジュール１０１における主な電気信号の流れを説明する。第１に、第３外部接続端子４２Ａに入力した信号は、第２配線層４２及び第１絶縁基板１Ａの導体層１１を経て、第１パワー半導体素子２Ａの裏面電極に至り、第１パワー半導体素子２Ａの主電極２１Ａから出力される。第１パワー半導体素子２Ａの主電極２１Ａから出力された信号は、第１導体ポスト

３Ａ、第１配線層４１、及び貫通ビア４５、第２絶縁基板１Ｂの導体層１１を経て、第２パワー半導体素子２Ｂの裏面電極に至り、第２パワー半導体素子２Ｂの主電極２１Ｂから出力される。第２パワー半導体素子２Ｂの主電極２１Ｂから出力された信号は、第２導体ポスト３Ｂ及び第１配線層４１を経て、第１外部接続端子４１Ａに達し、外部機器に出力される。

[0041] また、第１パワー半導体素子２Ａ及び第２パワー半導体素子２Ｂの各々の制御電極２２Ａ、２２Ｂには、第２外部接続端子４１Ｂ，４１Ｃ、第１配線層４１、及び第１導体ポスト３Ａ又は第２導体ポスト３Ｂを介して外部機器から制御信号が入力する。

[0042] ＜パワーモジュールの製造方法＞

以下、図４を参照して、パワーモジュール１０１の製造方法の一例を説明する。図４に示されるように、第１に、第１半完成品２０１、第２半完成品２０２、及びプリント基板４が準備される。

[0043] 第１半完成品２０１は、第１絶縁基板１Ａ、第１パワー半導体素子２Ａ、及び複数の第１導体ポスト３Ａの一体物である。第１半完成品２０１において、第１パワー半導体素子２Ａは第１絶縁基板１Ａの導体層１１にはんだ等によって接合されており、複数の第１導体ポスト３Ａの各々は第１パワー半導体素子２Ａの主電極２１Ａ又は制御電極２２Ａにはんだ等によって接合されている。

[0044] 第２半完成品２０２は、第２絶縁基板１Ｂ、第２パワー半導体素子２Ｂ、及び複数の第２導体ポスト３Ｂの一体物である。第２半完成品２０２において、第２パワー半導体素子２Ｂは第２絶縁基板１Ｂの導体層１１にはんだ等によって接合されており、複数の第２導体ポスト３Ｂの各々は第２パワー半導体素子２Ｂの主電極２１Ｂ又は制御電極２２Ｂにはんだ等によって接合されている。

[0045] プリント基板４は、第１対向部分４Ａと、第２対向部分４Ｂとを含む。第１対向部分４Ａは、第１方向Ｚにおいて第１絶縁基板１Ａの第１面１Ａ１と重なるように配置されることが予定されている部分である。第２対向部分４

Ｂは、第１方向Ｚにおいて第２絶縁基板１Ｂの第２面１Ｂ１と重なるように配置されることが予定されている部分である。

[0046] 第１対向部分４Ａには第１凹部４Ｃが形成されている。第１凹部４Ｃの上記底面には、例えば第１配線層４１及び第１保護層４６の各々の一部が露出している。第１凹部４Ｃの壁面には、例えば絶縁体層４４及び第３配線層の各々の一部が露出している。第１対向部分４Ａの上記下面には、例えば絶縁体層４４及び第３配線層の各々の他の一部が露出している。平面視において、第１対向部分４Ａの上記下面に露出している第２配線層４２は、第１凹部４Ｃの全周を囲むように連続して配置されている。平面視において、第１絶縁基板１Ａの導体層１１は、第１パワー半導体素子２Ａの全周を囲むように連続して配置されている。

[0047] 第２対向部分４Ｂには、第２凹部４Ｄが形成されている。第２凹部４Ｄの上記底面には、例えば第１配線層４１及び第１保護層４６の各々の一部が露出している。第２凹部４Ｄの壁面には、例えば絶縁体層４４及び第３配線層の各々の一部が露出している。第２対向部分４Ｂの上記下面には、例えば絶縁体層４４及び第３配線層の各々の他の一部が露出している。平面視において、第２対向部分４Ｂの上記下面に露出している第２配線層４２は、第２凹部４Ｄの全周を囲むように連続して配置されている。平面視において、第２絶縁基板１Ｂの導体層１１は、第２パワー半導体素子２Ｂの全周を囲むように連続して配置されている。

[0048] 第２に、はんだ等の接合材が導体層１１上に第１パワー半導体素子２Ａの全周を囲むように連続して配置される。さらに、はんだ等の接合材が第１パワー半導体素子２Ａの主電極２１Ａ及び制御電極２２Ａ上に配置される。同様に、はんだ等の接合材が導体層１１上に第２パワー半導体素子２Ｂの全周を囲むように連続して配置される。はんだ等の接合材が第２パワー半導体素子２Ｂの主電極２１Ｂ及び制御電極２２Ｂ上に配置される。

[0049] 第３に、図４に示されるように、第１対向部分４Ａが第１方向Ｚにおいて第１絶縁基板１Ａの第１面１Ａ１と重なるように配置され、かつ第２対向部

分４Ｂが第１方向Ｚにおいて第２絶縁基板１Ｂの第２面１Ｂ１と重なるように配置される。このとき、第１凹部４Ｃは第１方向Ｚにおいて第１パワー半導体素子２Ａ及び複数の第１導体ポスト３Ａと重なるように配置される。さらに、第２凹部４Ｄは第１方向Ｚにおいて第２パワー半導体素子２Ｂ及び複数の第２導体ポスト３Ｂと重なるように配置される。

[0050] その後、図４中の矢印に示されるように、第１半完成品２０１及び第２半完成品２０２がプリント基板４に対して第１方向Ｚに相対的に移動する。さらに、複数の第１導体ポスト３Ａの各々が第１凹部４Ｃの底面に露出している第１配線層４１と上記接合材により接合され、かつ第１絶縁基板１Ａの導体層１１が第１対向部分４Ａの下面に露出している第２配線層４２と上記接合材により接合される。さらに、複数の第２導体ポスト３Ｂの各々が第２凹部４Ｄの底面に露出している第１配線層４１と上記接合材により接合され、かつ第２絶縁基板１Ｂの導体層１１が第２対向部分４Ｂの下面に露出している第２配線層４２と上記接合材により接合される。

[0051] このようにして、第１半完成品２０１及び第２半完成品２０２がプリント基板４と一体とされる。第１凹部４Ｃは、第１絶縁基板１Ａ及び上記接合材によって密閉される。第２凹部４Ｄは、第２絶縁基板１Ｂ及び上記接合材によって密閉される。第１パワー半導体素子２Ａ及び複数の第１導体ポスト３Ａは第１凹部４Ｃ内に収容される。第２パワー半導体素子２Ｂ及び複数の第２導体ポスト３Ｂは第２凹部４Ｄ内に収容される。

[0052] ＜パワーモジュールの効果＞

パワーモジュール１０１の効果を、比較例に係るパワーモジュールとの対比に基づいて説明する。

[0053] 図２０及び図２１に示される比較例１に係るパワーモジュール３００は、複数の絶縁基板３０１、複数のパワー半導体素子３０２、複数のボンディングワイヤ３０３、及び複数のリードフレーム３０４を備える。各ボンディングワイヤ３０３は、パワー半導体素子３０２と絶縁基板３０１の導体層との間、又はパワー半導体素子３０２とリードフレーム３０４との間を電気的に

接続している。また、一般的に、複数のリードフレーム３０４は、銅又は鉄からなる金属板を打ち抜いて製造されているため、複数のリードフレーム３０４の各々においてボンディングワイヤ３０３との接合領域となるインナーリード３０４Ａは、互いに同一平面上に配置される。このような複数のリードフレーム３０４を備えるパワーモジュール３００では、平面視において各リードフレーム３０４がパワー半導体素子３０２と重ならないように配置され、さらに平面視において複数のリードフレーム３０４の各々において外部接続端子を成す部分３０４ＢがインナーリードＡよりも外側に配置されるため、平面視におけるパワーモジュール３００の面積を小さくすることは困難である。

[0054] また、パワーモジュール３００では、パワー半導体素子と外部接続端子との間の電気経路は、互いに直列に接続されているボンディングワイヤ３０３及びリードフレーム３０４を含むため、長くなる。そのため、パワーモジュール３００の配線インダクタンスＬを低下させることは困難である。

[0055] 図２２及び図２３に示される比較例２に係るパワーモジュール３１０、図２４及び図２５に示される比較例３に係るパワーモジュール３２０、及び図２６及び図２７に示される比較例４に係るパワーモジュール３３０の各々は、パワーモジュール１０１と同様に、絶縁基板３１１、第１パワー半導体素子３１２Ａ、第２パワー半導体素子３１２Ｂ、導体ポスト３１３、及びプリント基板３１４を備えるが、プリント基板３１４に凹部が形成されていない点で、パワーモジュール１０１とは異なっている。

[0056] パワーモジュール３１０では、プリント基板３１４中の配線層３１５が外部接続端子を成しており、各パワー半導体素子と配線層３１５との間の電気経路が、ボンディングワイヤ及びインナーリードを含まず、これらに代えて導体ポスト３１３を含む。導体ポスト３１３は、平面視において互いに重なるように配置されている第１パワー半導体素子３１２Ａ又は第２パワー半導体素子３１２Ｂとプリント基板３１４中の配線層との間を電気的に接続するものである。そのため、パワーモジュール３１０では、導体ポスト３１３の

長さをボンディングワイヤ及びインナーリードの長さの合計よりも短くすることができ、配線インダクタンスＬがパワーモジュール３００のそれと比べて低くなり得る。

[0057] 他方、パワーモジュール３１０では、プリント基板３１４の全体がパワー半導体素子３１２上に配置される。そのため、第１方向Ｚにおけるパワーモジュール３１０の寸法を小型化することは困難であり、場合によっては第１方向Ｚにおけるパワーモジュール３１０の寸法がパワーモジュール３００のそれと比べて大きくなる。

[0058] また、パワーモジュール３１０では、パワー半導体素子３１２を介さずに対向する絶縁基板３１１とプリント基板３１４の配線層３１５との間を電気的に接続するための導体ブロック３１７も必要とされる。この導体ブロック３１７の第１方向Ｚの長さは、導体ポスト３１３のそれよりもパワー半導体素子の厚み分長くなる。そのため、パワーモジュール３１０の製造コストを低減することは困難である。

[0059] さらに、パワーモジュール３１０では、プリント基板３１４が、第１方向Ｚに積層している配線層３１５と配線層３１６との間を電気的に接続するための導体ビア３１８を含む。そのため、導体ブロック３１７及び導体ビア３１８を同時に備えるパワーモジュール３１０の製造コストは、高い。

[0060] なお、平面視において、パワーモジュール３１０の第２方向Ｙの一方の端辺側に、パワーモジュール１０１の第３外部接続端子４２Ａに相当する外部接続端子３１５Ａと、パワーモジュール１０１の第１外部接続端子４１Ａに相当する外部接続端子３１６Ａとが配置される。パワーモジュール３１０では、外部接続端子３１５Ａ、導体ブロック３１７、絶縁基板３１４の第１導体層、パワー半導体素子３１２Ａ、配線層３１５、導体ブロック３１７、絶縁体層３１４の第２導体層、パワー半導体素子３１２Ｂ、導体ビア３１８、配線層３１６、及び外部接続端子３１６Ａが順に電気的に接続されている。

[0061] 図２４及び図２５に示される比較例３に係るパワーモジュール３２０は、プリント基板３１４が導体ビア３１８を含んでいない点でパワーモジュール

３１０と異なっている。このようなパワーモジュール３２０の内部には、パワーモジュール３１０の内部に形成されている電流経路の一部のみが形成され、当該電流経路の残部はパワーモジュール３２０の外部において形成される必要がある。図２４中の矢印Ｃは、パワーモジュール３２０内の電流経路を模式的に示している。パワーモジュール３２０では、上記電流経路の残部を成す外部配線と接続するための外部接続端子３１５Ｃが、パワーモジュール１０１の第３外部接続端子４２Ａに相当する外部接続端子３１５Ａとは反対側の端辺側に配置される。パワーモジュール３１０では、外部接続端子３１５Ａ、導体ブロック３１７、絶縁基板３１４の第１導体層、パワー半導体素子３１２Ａ、配線層３１５、導体ブロック３１７、絶縁体層３１４の第２導体層、パワー半導体素子３１２Ｂ、配線層３１５、及び外部接続端子３１５Ｃが順に電気的に接続されている。そのため、パワーモジュール３２０内の電流経路と外部配線との長さの総和は、パワーモジュール３１０において外部接続端子３１５Ａと外部接続端子３１６Ａとの間を電気的に接続する電流経路の長さよりも長くなる。

[0062] 図２６及び図２７に示される比較例４に係るパワーモジュール３３０は、プリント基板３１４が導体ビア３１８を含んでいない点で、パワーモジュール３１０と異なっている。さらにパワーモジュール３３０は、パワーモジュール３１０の内部に形成されている電流経路と同等の電流経路がその内部に形成されている点で、パワーモジュール３２０とも異なっている。図２６及び図２７に示される矢印Ｃは、パワーモジュール３３０内の電流経路を模式的に示している。パワーモジュール３３０では、外部接続端子３１５Ａ、導体ブロック３１７、絶縁基板３１４の第１導体層、パワー半導体素子３１２Ａ、配線層３１５Ｄ、導体ブロック３１７、絶縁体層３１４の第２導体層、パワー半導体素子３１２Ｂ、配線層３１５Ｅ、及び外部接続端子３１５Ｆが順に電気的に接続されている。

[0063] パワーモジュール３３０では、第１パワー半導体素子３１２Ａと第２パワー半導体素子３１２Ｂとが並んで配置されている方向（図２６では第３方向

Ｘ）において第１パワー半導体素子３１２Ａと第２パワー半導体素子３１２Ｂとの間の電流経路の一部を成す配線層３１５Ｄの寸法Ｗ１を小さくすることは困難である。さらに、パワーモジュール３３０では、配線層３１５Ｄ及び配線層３１５Ｅが、第１パワー半導体素子３１２Ａに接続される制御端子３１５Ｇと第２パワー半導体素子３１２Ｂに接続される制御端子３１５Ｇとの間に並んで配置されるため、配線層３１５Ｄの第３方向Ｘの寸法Ｗ２を大きくして配線インダクタンスを低く抑えるには、パワーモジュール３３０の第３方向Ｘの寸法を大きくする必要がある。

[0064] これに対し、パワーモジュール１０１はボンディングワイヤ３０３及びリードフレーム３０４に代えて第１導体ポスト３Ａ及び第２導体ポスト３Ｂを備えるため、パワーモジュール１０１の配線インダクタンスＬは、パワーモジュール３００の配線インダクタンスＬよりも低くなり得る。

[0065] さらに、パワーモジュール１０１では、第１凹部４Ｃの底面上には、第１方向Ｚにおいて第１配線層４１と積層された他の配線層、並びに当該配線層と第１配線層４１とを隔てる絶縁体層が形成されていない。そのため、パワーモジュール１０１において、第１方向Ｚにおいて第１パワー半導体素子２Ａと重なるように配置される第１対向部分４Ａの一部領域の厚みは、パワーモジュール３１０～３３０においてパワー半導体素子３１２Ａ，３１２Ｂと重なるように配置されるプリント基板３１４の厚みと比べて、薄くなる。

[0066] そのため、パワーモジュール１０１では、パワーモジュール３００と比べて高速スイッチング動作に伴う配線インダクタンスの低下及び小型化が同時に実現されているとともに、パワーモジュール３１０～３３０と比べて高速スイッチング動作に伴う配線インダクタンスの低下及び薄型化が同時に実現されている。

[0067] さらにパワーモジュール１０１では、プリント基板４に第１凹部４Ｃ及び第２凹部４Ｄが形成されているため、第１凹部４Ｃ及び第２凹部４Ｄが形成されていないパワーモジュール３１０～３３０において必要とされていた導体ブロック３１７が不要となる。そのため、パワーモジュール１０１の製造

コストは、パワーモジュール３１０～３３０と比べて、低減され得る。

[0068] ＜変形例＞

図５に示されるパワーモジュール１０１は、図１～図３に示されるパワーモジュール１０１と基本的に同様の構成を備えるが、貫通ビア４５を含むプリント基板４に代えて、貫通ビア４５を含まないプリント基板４と導体ブロック４８とを備えている点で、図１～図３に示されるパワーモジュール１０１とは異なる。図５において、導体ブロック４８が第２凹部４Ｄのみに示されているが、導体ブロック４８は、第１凹部４Ｃ及び第２凹部４Ｄの少なくともいずれかの内部に配置されていればよい。

[0069] 図６に示されるように、図５に示されるパワーモジュール１０１の製造方法では、導体ブロック４８を含む第２半完成品２０２が準備され、導体ブロック４８がプリント基板４の第１配線層４１とはんだ等の接合材により接合される。

[0070] 貫通ビア４５を含むプリント基板４の製造コストは、貫通ビア４５を含まないプリント基板４の製造コストと導体ブロック４８の製造コストとの合計よりも高くなる傾向がある。具体的には、大電流に耐え得るように貫通ビア４５が上述のようにプリント基板４の貫通孔に圧入された柱状の金属体とされる場合、当該貫通ビア４５を含むプリント基板４の製造コストは、貫通ビア４５を含まないプリント基板と比べて非常に高くなり、さらには一般的な導体ビアを含まないプリント基板と導体ブロックとの製造コストの合計よりも高くなる傾向がある。そのため、図５に示されるパワーモジュール１０１では、図１～図３に示されるパワーモジュール１０１と比べて、製造コストが低減され得る。

[0071] なお、図５に示されるパワーモジュール１０１においても、図１～図３に示されるパワーモジュール１０１と同様に、パワーモジュール３００と比べて高速スイッチング動作に伴う配線インダクタンスの低下及び小型化が同時に実現されているとともに、パワーモジュール３１０～３３０と比べて高速スイッチング動作に伴う配線インダクタンスの低下及び薄型化が同時に実現

されている。

[0072] 実施の形態２.

図７～図９に示されるように、実施の形態２に係るパワーモジュール１０２は、実施の形態１に係るパワーモジュール１０１と基本的に同様の構成を備えるが、

第２絶縁基板１Ｂの第２面１Ｂ１が第１絶縁基板１Ａの第１面１Ａ１とは反対側を向いている点で、パワーモジュール１０１とは異なる。以下では、パワーモジュール１０２がパワーモジュール１０１とは異なる点を主に説明する。

[0073] 第１凹部４Ｃは、第１面１Ａ１と対向している。第２凹部４Ｄは、第２面１Ｂ１と対向している。プリント基板４の第１保護層４６は、第２絶縁基板１Ｂと対向する第２対向部分４Ｂに含まれない。第１保護層４６は、第２方向Ｙ及び第３方向Ｘにおいて第２絶縁基板１Ｂと並んで配置されている。第２保護層４７は、第１絶縁基板１Ａと対向する第１対向部分４Ａに含まれない。第２保護層４７は、第２方向Ｙ及び第３方向Ｘにおいて第１絶縁基板１Ａと並んで配置されている。

[0074] 第２絶縁基板１Ｂの導体層１１は、はんだ等の接合材により第１配線層４１と接合されている。第２パワー半導体素子２Ｂの主電極２１Ｂ及び制御電極２２Ｂの各々は、第２導体ポスト３Ｂを介して第２配線層４２の各パターンと電気的に接続されている。第２配線層４２の一部は、外部接続端子４２Ｃを成している。第２配線層４２の他の一部は、制御外部端子としての外部接続端子４２Ｄを成している。

[0075] 第１配線層４１の各々は、第２配線層４２と電気的に接続されていない。言い換えると、プリント基板４は、第１配線層４１の少なくともいずれかと第２配線層４２との間を電気的に接続するための貫通ビア４５を含まない。

[0076] パワーモジュール１０２では、第１配線層４１の各々と第２配線層４２とは、第１パワー半導体素子２Ａ又は第２パワー半導体素子２Ｂを介してのみ電気的に接続されている。第２パワー半導体素子２Ｂの主電極２１Ｂは、第

２導体ポスト３Ｂを介して第２配線層４２と電気的に接続されている。

[0077] 図９に示されるように、パワーモジュール１０２は、例えば第３方向Ｘに直交する断面の中心周りに２回の回転対称性を有している。この場合、パワーモジュール１０２の当該中心は、プリント基板４の絶縁体層４４内に配される。

[0078] 次に、パワーモジュール１０２における主な電気信号の流れを説明する。第１に、第３外部接続端子４２Ａに入力した信号は、第２配線層４２及び第１絶縁基板１Ａの導体層１１を経て、第１パワー半導体素子２Ａの裏面電極に至り、第１パワー半導体素子２Ａの主電極２１Ａから出力される。第１パワー半導体素子２Ａの主電極２１Ａから出力された信号は、第１導体ポスト３Ａ、第１配線層４１、及び第２絶縁基板１Ｂの導体層１１を経て、第２パワー半導体素子２Ｂの裏面電極に至り、第２パワー半導体素子２Ｂの主電極２１Ｂから出力される。第２パワー半導体素子２Ｂの主電極２１Ｂから出力された信号は、第２導体ポスト３Ｂ及び第２配線層４２を経て、外部接続端子４２Ｃに達し、外部機器に出力される。

[0079] パワーモジュール１０２の製造方法はパワーモジュール１０１の製造方法と基本的に同様の構成を備えるが、図１０に示されるように、パワーモジュール１０２の製造方法では、第１半完成品２０１及び第２半完成品２０２がプリント基板４に対して互いに逆方向を向いて配置される点で、パワーモジュール１０１の製造方法とは異なる。他方、パワーモジュール１０２の製造方法においても、第１対向部分４Ａが第１方向Ｚにおいて第１絶縁基板１Ａの第１面１Ａ１と重なるように配置され、かつ第２対向部分４Ｂが第１方向Ｚにおいて第２絶縁基板１Ｂの第２面１Ｂ１と重なるように配置される点で、パワーモジュール１０１の製造方法と同じである。

[0080] パワーモジュール１０２は、パワーモジュール１０１と同様の効果を奏することができる。さらに貫通ビア４５を含まないプリント基板４を備えるパワーモジュール１０２の製造コストは、貫通ビア４５を含むプリント基板４を備えるパワーモジュール１０１の製造コストと比べて、低減され得る。つ

まり、パワーモジュール１０２の製造コストは、パワーモジュール３１０～３３０と比べて、大幅に低減され得る。

[0081] 実施の形態３．

図１１に示されるように、実施の形態３に係るパワーモジュール１０３は、実施の形態２に係るパワーモジュール１０２と基本的に同様の構成を備えるが、第１パワー半導体素子２Ａが樹脂６に埋め込まれている点で、パワーモジュール１０２とは異なる。以下では、パワーモジュール１０３がパワーモジュール１０２とは異なる点を主に説明する。

[0082] 第２パワー半導体素子２Ｂも、第１パワー半導体素子２Ａが埋め込まれている樹脂６とは別の樹脂６に埋め込まれていてもよい。

[0083] 第１導体ポスト３Ａは、第１パワー半導体素子２Ａを覆うように形成されている樹脂６から露出している露出部３１Ａを有している。第２導体ポスト３Ｂは、第２パワー半導体素子２Ｂを覆うように形成されている樹脂６から露出している露出部３１Ｂを有している。露出部３１Ａ，３１Ｂは、例えば第１導体ポスト３Ａ及び第２導体ポスト３Ｂの各々の上面を含む。露出部３１Ａは、図示しない接合材を介して第１対向部分４Ａの第１配線層４１と電気的に接続されている。露出部３１Ｂは、図示しない接合材を介して第２対向部分４Ｂの第２配線層４２と電気的に接続されている。図示しない接合材は、樹脂６に埋め込まれていない。

[0084] パワーモジュール１０３では、第１パワー半導体素子２Ａ及び第２パワー半導体素子２Ｂの少なくともいずれかが樹脂に埋め込まれていればよい。第１導体ポスト３Ａ及び第２導体ポスト３Ｂの各々の全体が、樹脂６から露出していてもよい。

[0085] 樹脂６を構成する材料は、電気的絶縁性を有する任意の樹脂材料であればよい。第１パワー半導体素子２Ａを覆うように形成されている樹脂６は、例えば第１対向部分４Ａの第１配線層４１と接していない。第２パワー半導体素子２Ｂを覆うように形成されている樹脂６は、例えば第２対向部分４Ｂの第２配線層４２と接していない。

[0086] パワーモジュール１０３の製造方法は、パワーモジュール１０２の製造方法と基本的に同様の構成を備えるが、半完成品２０１，２０２の各々に代えて図１２に示される半完成品２０３が準備される点で、それとは異なっている。半完成品２０３では、樹脂６が第１パワー半導体素子２Ａ又は第２パワー半導体素子２Ｂの全体と、第１導体ポスト３Ａ又は第２導体ポスト３Ｂの露出部３１Ａ，３１Ｂを以外の他の部分とを埋め込むように形成されている。

[0087] 半完成品２０３は、複数の第１パワー半導体素子２Ａ又は複数の第２パワー半導体素子２Ｂを含んでいてもよい。

[0088] 好ましくは、複数の半完成品２０３を備えるパワーモジュール１０３を組み立てる前に、各半完成品２０３に対して樹脂６に埋め込まれているパワー半導体素子の特性を検査する工程が行われ、本工程において良品と判断された半完成品２０３のみを用いてパワーモジュール１０３が組み立てられる。このようにすれば、複数の半完成品２０３のうちの一部のパワー半導体素子の特性不良を理由に、パワーモジュール１０３が不良品と判断されることがない。検査する工程では、任意の検査が行われればよいが、例えば耐圧試験が行われる。半完成品２０３に対する耐圧試験では、樹脂６に埋め込まれているパワー半導体素子に高電圧を印加するため、気中で放電が発生することなく、適切な検査を行うことができる。

[0089] パワーモジュール１０３によれば、第１パワー半導体素子２Ａ及び第２パワー半導体素子２Ｂの各々が樹脂６に埋め込まれているため、第１パワー半導体素子２Ａ及び第２パワー半導体素子２Ｂの各々が外部環境（湿度や汚染）の影響を受けにくい。したがって、パワーモジュール１０３の信頼性は高い。

[0090] さらに、パワーモジュール１０３は、検査により良品であることが確認された半完成品２０３のみを備えるものとして製造され得る。そのため、パワーモジュール１０３では、信頼性と生産効率とが、同時に高められ得る。

[0091] パワーモジュール１０３の第１パワー半導体素子２Ａ及び第２パワー半導

体素子２Ｂの各々の半導体材料は、特に制限されないが、炭化ケイ素（ＳｉＣ）であってもよい。ＳｉＣはケイ素（Ｓｉ）と比較して高価であるが、上述のようにパワーモジュール１０３の生産効率は高いため、パワーモジュール１０３中に組み込まれた一部のパワー半導体素子が不良であることを理由に他の良品までもが廃棄されることに伴う製造コストの増大が抑制される。

[0092] なお、パワーモジュール１０３は、第１パワー半導体素子２Ａが樹脂６に埋め込まれている点を除き、実施の形態１に係るパワーモジュール１０１と同様の構成を備えていてもよい。

[0093] 実施の形態４．

図１３に示されるように、実施の形態４に係るパワーモジュール１０４は、実施の形態２に係るパワーモジュール１０２と基本的に同様の構成を備えるが、第１基板として第１絶縁基板に代えて第１導体板１Ｅを備える点で、パワーモジュール１０２とは異なる。以下では、パワーモジュール１０４がパワーモジュール１０２とは異なる点を主に説明する。

[0094] 第１導体板１Ｅを構成する材料は、例えば熱伝導率が高い金属材料である。第１導体１Ｅは、例えばヒートスプレッダとして作用する金属板である。第１導体板１Ｅは、第１対向部分４Ａと対向する第１面１Ｅ１を有している。第１パワー半導体素子２Ａは、第１面１Ｅ１上に実装されている。

[0095] パワーモジュール１０４は、例えば、第２基板としての第２導体板１Ｆをさらに備える。第２導体板１Ｆを構成する材料は、任意の金属材料であればよいが、例えば熱伝導率が高い金属材料である。第２導体板１Ｆは、ヒートスプレッダとして作用する。第２導体板１Ｆは、第２対向部分４Ｂと対向する第２面１Ｆ１を有している。第２パワー半導体素子２Ｂは、第２面１Ｆ１上に実装されている。

[0096] 第１導体板１Ｅの厚みは、例えば第１パワー半導体素子２Ａを介して対向する第１配線層４１の厚みと等しい。第２導体板１Ｆの厚みは、例えば第２パワー半導体素子２Ｂを介して対向する第２配線層４２の厚みと等しい。このようにすれば、パワーモジュール１０４の反りが低減される。なお、第１

導体板１Ｅ及び第２導体板１Ｆの各々は単体の金属板であるため、それぞれの厚みの調整が容易である。

[0097] パワーモジュール１０４は第１絶縁基板１Ａよりも安価な第１導体板１Ｅを備えるため、パワーモジュール１０４の製造コストはパワーモジュール１０１～１０３と比べて低くなる。

[0098] パワーモジュール１０４は、第２基板として第２絶縁基板１Ｂを備えていてもよい。また、パワーモジュール１０４は、第１基板として第１絶縁基板に代えて第１導体板１Ｅを備える点を除き、実施の形態１に係るパワーモジュール１０１と同様の構成を備えていてもよい。

[0099] ＜変形例＞

図１４に示されるように、第１導体板１Ｅは、厚肉部１３と薄肉部１４とを含んでいてもよい。厚肉部１３は、第１方向Ｚにおいて薄肉部１４よりもプリント基板４側に突出している。第１面１Ｅ１は、厚肉部１３の頂面として、第１導体板１Ｅの表面のうち第１対向部分４Ａと最も近い位置に配置されている。薄肉部１４は、平面視において厚肉部１３の全周囲を囲むように配置されている。厚肉部１３は、第１凹部４Ｃの内部に配置される。好ましくは、厚肉部１３が第１凹部４Ｃと嵌め合うように形成されている。第２導体板１Ｆも、同様に、厚肉部と薄肉部とを含んでいてもよい。図１４に示されるパワーモジュール１０４では、図１３に示されるパワーモジュール１０３と比べて、プリント基板４の第１凹部４Ｃと第１導体板１Ｅとの位置合わせが容易である。

[0100] 実施の形態５．

図１５に示されるように、実施の形態５に係るパワーモジュール１０５は、実施の形態２に係るパワーモジュール１０２と基本的に同様の構成を備えるが、第１パワー半導体素子２Ａ、複数の第１導体ポスト３Ａ、及び第１対向部分４Ａにおいて第１導体ポスト３Ａと接続されている部分が、樹脂７に埋め込まれている点で、パワーモジュール１０５とは異なる。以下では、パワーモジュール１０５がパワーモジュール１０２とは異なる点を主に説明す

る。

[0101] パワーモジュール１０５では、第１パワー半導体素子２Ａ、複数の第１導体ポスト３Ａ、第１対向部分４Ａにおいて図示しない接合材を介して第１導体ポスト３Ａと接続されている部分、及び当該接合材が、樹脂７に埋め込まれている。

[0102] 第２パワー半導体素子２Ｂ、複数の第２導体ポスト３Ｂ、第２対向部分４Ｂにおいて図示しない接合材を介して第２導体ポスト３Ｂと接続されている部分、及び当該接合材も、第１パワー半導体素子２Ａが埋め込まれている樹脂７とは別の樹脂７に埋め込まれていてもよい。

[0103] 樹脂７を構成する材料は、電気的絶縁性を有する任意の樹脂材料であればよいが、例えばアンダーフィル樹脂である。

[0104] パワーモジュール１０５の製造方法では、第１に、複数の第１導体ポスト３Ａが主電極２１Ａ及び制御電極２２Ａの各々に接合されている第１パワー半導体素子２Ａ、複数の第２導体ポスト３Ｂが主電極２１Ｂ及び制御電極２２Ｂの各々に接合されている第２パワー半導体素子２Ｂ、及びプリント基板４が準備される。第１パワー半導体素子２Ａ及び第２パワー半導体素子２Ｂは、第１絶縁基板１Ａ又は第２絶縁基板１Ｂに実装されていない。

[0105] 第２に、プリント基板４の第１配線層４１と複数の第１導体ポスト３Ａの各々とが図示しない接合材により接合され、かつ第２配線層４２と複数の第１導体ポスト３Ａの各々とが図示しない接合材により接合される。

[0106] 第３に、先の工程にて一体とされた、第１パワー半導体素子２Ａ、複数の第１導体ポスト３Ａ、及び第１対向部分４Ａにおいて図示しない接合材を介して第１導体ポスト３Ａと接続されている部分、及び当該接合材を覆うように、樹脂７が形成される。同様に、第２パワー半導体素子２Ｂ、複数の第２導体ポスト３Ｂ、第２対向部分４Ｂにおいて図示しない接合材を介して第２導体ポスト３Ｂと接続されている部分、及び当該接合材を覆うように、樹脂７が形成される。樹脂７は、第１パワー半導体素子２Ａ及び第２パワー半導体素子２Ｂの各々の裏面電極を露出するように形成される。

[0107] 第４に、樹脂７から露出する第１パワー半導体素子２Ａの裏面電極と第１絶縁基板１Ａの導体層１１とが接合材５により接合され、樹脂７から露出する第２パワー半導体素子２Ｂの裏面電極と第２絶縁基板１Ｂとが接合材５により接合される。

[0108] このようにして、パワーモジュール１０５が製造される。

パワーモジュール１０５では、第１パワー半導体素子２Ａ及び第２パワー半導体素子２Ｂの各々が樹脂６に埋め込まれているため、第１パワー半導体素子２Ａ及び第２パワー半導体素子２Ｂの各々が外部環境（湿度や汚染）の影響を受けにくい。したがって、パワーモジュール１０５の信頼性は高い。

[0109] なお、パワーモジュール１０５は、第１パワー半導体素子２Ａ、複数の第１導体ポスト３Ａ、及び第１対向部分４Ａにおいて第１導体ポスト３Ａと接続されている部分が、樹脂７に埋め込まれている点を除き、実施の形態１，３，４に係るパワーモジュール１０１，１０３，１０４のいずれかと同様の構成を備えていてもよい。

[0110] 実施の形態６.

図１６に示されるように、実施の形態６に係るパワーモジュール１０６は、実施の形態２に係るパワーモジュール１０２と基本的に同様の構成を備えるが、第１パワー半導体素子２Ａ及び第１導体ポスト３Ａに面する第１絶縁基板１Ａと第１対向部分４Ａとの間の空間が樹脂８で充填されている点で、パワーモジュール１０２とは異なる。以下では、パワーモジュール１０６がパワーモジュール１０２とは異なる点を主に説明する。

[0111] 樹脂８は、第１凹部４Ｃ内において、第１絶縁基板１Ａ、第１パワー半導体素子２Ａ、複数の第１導体ポスト３Ａ、及び接合材の周囲に形成される空間を満たしている。

[0112] 第２凹部４Ｄ内において、第２絶縁基板１Ｂ、第２パワー半導体素子２Ｂ、複数の第２導体ポスト３Ｂ、及び接合材の周囲に形成される空間も、樹脂８で充填されていてもよい。

[0113] 樹脂８を構成する材料は、例えばアンダーフィル樹脂である。樹脂８を構

成する材料は、例えば熱硬化性又は紫外線硬化性を有する。

[0114] 第１対向部分４Ａには、第１凹部４Ｃの内部に連なる第１貫通孔５０Ａが形成されている。例えば、第１貫通孔５０Ａは、第１凹部４Ｃの底面に面する第１配線層４１及び第１保護層４６を貫通するように形成されている。

[0115] 第２対向部分４Ｂには、第２凹部４Ｄの内部に連なる第２貫通孔５０Ｂが形成されている。例えば、第２貫通孔５０Ｂは、第２凹部４Ｄの底面に面する第２配線層４２及び第２保護層４７を貫通するように形成されている。

[0116] 第１貫通孔５０Ａ及び第２貫通孔５０Ｂは、樹脂８を第１凹部４Ｃ又は第２凹部４Ｄ内に導入するための通路として形成されている。

[0117] パワーモジュール１０６の製造方法では、第１貫通孔５０Ａ及び第２貫通孔５０Ｂが形成されているプリント基板４が準備される。その後、パワーモジュール１０２の製造方法と同様に、プリント基板４、第１半完成品２０１及び第２半完成品２０２が組み立てられた後に、液状硬化性樹脂材料が第１貫通孔５０Ａ及び第２貫通孔５０Ｂの各々から第１凹部４Ｃ及び第２凹部４Ｄ内に導入される。その後、液状硬化性樹脂材料が硬化することにより、樹脂８が形成され、パワーモジュール１０６が製造される。

[0118] パワーモジュール１０６では、パワーモジュール１０５と同様に、第１パワー半導体素子２Ａ及び第２パワー半導体素子２Ｂの各々が樹脂６に埋め込まれているため、第１パワー半導体素子２Ａ及び第２パワー半導体素子２Ｂの各々が外部環境（湿度や汚染）の影響を受けにくい。したがって、パワーモジュール１０６の信頼性は高い。

[0119] さらにパワーモジュール１０６では、樹脂８を構成する材料を第１凹部４Ｃ及び第２凹部４Ｄ内に導入するための第１貫通孔５０Ａ及び第２貫通孔５０Ｂが形成されているため、パワーモジュール１０２の製造方法と同様の手順によりプリント基板４、第１半完成品２０１及び第２半完成品２０２を組み立てた後に、樹脂８を形成できる。そのため、パワーモジュール１０６によれば、パワーモジュール１０５と比べて、容易に製造され得る。

[0120] さらにパワーモジュール１０６では、第１絶縁基板１Ａと第１パワー半導

体素子２Ａととを接合する接合材５が樹脂８に覆われているため、パワーモジュール１０６が温度サイクル環境下に置かれたときにも接合材５の破断が抑制される。したがって、パワーモジュール１０６の信頼性は高い。

[0121] ＜変形例＞

図１７に示されるように、パワーモジュール１０６では、第１凹部４Ｃ内において、少なくとも、第１パワー半導体素子２Ａ、第１パワー半導体素子２Ａと第１絶縁基板１Ａとを接合する接合材５、複数の第１導体ポスト３Ａ、及び複数の第１導体ポスト３Ａと第１対向部分４Ａとを接合する接合材が、樹脂８に埋め込まれていればよい。

[0122] パワーモジュール１０６は、第１パワー半導体素子２Ａ及び第１導体ポスト３Ａに面する第１絶縁基板１Ａと第１対向部分４Ａとの間の空間が樹脂８で充填されている点を除き、実施の形態１，３，４に係るパワーモジュール１０１，１０３，１０４のいずれかと同様の構成を備えていてもよい。

[0123] 実施の形態７．

図１８に示されるように、実施の形態７に係るパワーモジュール１０７は、実施の形態２に係るパワーモジュール１０２と基本的に同様の構成を備えるが、プリント基板４がセラミック基板である点で、パワーモジュール１０６とは異なる。以下では、パワーモジュール１０７がパワーモジュール１０２とは異なる点を主に説明する。

[0124] プリント基板４は、セラミック基板であり、セラミックからなる基材４９Ａと、基材４９Ａ上に積層された第１配線層４１及び第２配線層４２（導体層）とを含む。第１配線層４１は、基材４９Ａの一方の表面上に配置されている。第２配線層４２は、基材４９Ａの他方の表面上に配置されている。プリント基板４は、例えば、基材４９Ａ、第１配線層４１及び第２配線層４２を第１方向Ｚから挟むように、基材４９Ｂ及び基材４９Ｃをさらに含んでいてもよい。

[0125] 基材４９Ａ，４９Ｂ，４９Ｃを構成する材料は、例えばアルミナ（Al_2O_3）、窒化アルミニウム（ＡｌＮ）、及び窒化珪素（Si_3N_4）からなる群から

選択される少なくともいずれかを含む。このようなセラミック材料の熱伝導率は、上記絶縁体層４４を構成する樹脂材料と比べて、高い。

[0126] 第１凹部４Ｃは、基材４９Ａに形成された貫通孔と当該貫通孔を塞ぐ基材４９Ｂによって形成されている。第２凹部４Ｄは、基材４９Ａに形成された貫通孔と当該貫通孔を塞ぐ基材４９Ｃによって形成されている。

[0127] パワーモジュール１０７のプリント基板４の熱伝導性はパワーモジュール１０２のプリント基板４のそれと比べて高いため、第１パワー半導体素子２Ａに生じた熱はプリント基板４を介して外部に放出されやすい。その結果、パワーモジュール１０７の信頼性は高い。さらに、パワーモジュール１０７のプリント基板４の耐震性及び耐衝撃性は、パワーモジュール１０２のプリント基板４のそれと比べて高いため、高い耐震性及び耐衝撃性が求められるより過酷な環境下においてもパワーモジュール１０７の信頼性は高い。パワーモジュール１０７の適用範囲は、パワーモジュール１０２のそれと比べて、広い。

[0128] パワーモジュール１０７は、プリント基板４がセラミック基板である点を除き、実施の形態１に係るパワーモジュール１０１、又は実施の形態３～６に係るパワーモジュール１０３～１０６のいずれかと同様の構成を備えていてもよい。

[0129] 実施の形態８.

図１９に示される実施の形態７に係るパワーモジュール１０８は、実施の形態６に係るパワーモジュール１０６と基本的に同様の構成を備えるが、第１絶縁基板１Ａに接続された冷却器９Ａと、第１対向部分４Ａに接続された冷却器９Ｂとをさらに備える点で、パワーモジュール１０６とは異なる。以下では、パワーモジュール１０８がパワーモジュール１０６とは異なる点を主に説明する。

[0130] 第１絶縁基板１Ａは、第１面１Ａ１とは反対側に位置する第３面１Ａ２をさらに有する。第１対向部分４Ａは、第１凹部４Ｃが形成されている面とは反対側に位置する第４面４Ａ２をさらに有する。第４面４Ａ２は、第１保護

層４６の表面である。

[0131] 第２絶縁基板１Ｂは、第２面１Ｂ１とは反対側に位置する第５面１Ｂ２をさらに有する。第２対向部分４Ｂは、第２凹部４Ｄが形成されている面とは反対側に位置する第６面４Ｂ２をさらに有する。第６面４Ｂ２は、第２保護層４７の表面である。

[0132] 第５面１Ｂ２は、例えば第４面４Ａ２と同一平面上に配置されている。第６面４Ｂ２は、例えば第３面１Ａ２と同一平面上に配置されている。

[0133] 冷却器９Ａは、例えば第１絶縁基板１Ａの第３面１Ａ２及び第２対向部分４Ｂの第６面４Ｂ２と接続されている。冷却器９Ａは、例えば接合材９０により第３面１Ａ２及び第６面４Ｂ２と接合されている。

[0134] 冷却器９Ｂは、例えば第２絶縁基板１Ｂの第５面１Ｂ２及び第１対向部分４Ａの第４面４Ａ２と接続されている。冷却器９Ｂは、例えば接合材９０により第５面１Ｂ２及び第４面４Ａ２と接合されている。

[0135] 冷却器９Ａ及び冷却器９Ｂの各々は、第１パワー半導体素子２Ａ及び第２パワー半導体素子２Ｂにて生じた熱を外部に放熱し得る限りにおいて任意の構造を有していればよいが、例えばベース部９１とベース部９１に接続されている複数のフィン９２とを含むヒートシンクである。冷却器９Ａ及び冷却器９Ｂを構成する材料は、熱伝導率の高い任意の材料であればよいが、例えば銅（Ｃｕ）又はアルミニウム（ＡｌＩ）を含む。

[0136] 接合材９０を構成する材料は、プリント基板４の絶縁体層４４を構成する材料よりも高い熱伝導率を有する任意の接合材料であればよい。パワーモジュール１０８が第１基板及び第２基板として第１絶縁基板１Ａ及び第２絶縁基板１Ｂを備える場合、接合材９０を構成する材料は導電性接着剤であってもよい。このようにしても、第１パワー半導体素子２Ａと冷却器９Ａとの間には、電気的絶縁性を有する材料で構成されている第１絶縁基板１Ａの基材１０が介在するため、第１パワー半導体素子２Ａは冷却器９Ａと電気的に絶縁され得る。

[0137] なお、パワーモジュール１０８は、冷却器９Ａと冷却器９Ｂの少なくとも

いずれかを備えていればよい。また、冷却器９Ａと冷却器９Ｂとを備えるパワーモジュール１０８では、冷却器９Ａが少なくとも第１絶縁基板１Ａの一部と接続され、冷却器９Ｂが少なくとも第２絶縁基板１Ｂの一部と接続されていればよい。

[0138] また、パワーモジュール１０８は、冷却器９Ａと冷却器９Ｂの少なくともいずれかを備えている点を除き、実施の形態１～５に係るパワーモジュール１０１～１０５、実施の形態７に係るパワーモジュール１０７のいずれかと同様の構成を備えていてもよい。パワーモジュール１０７が、パワーモジュール１０４と同様に第１基板として第１導体板１Ｅを備えている場合には、接合材９０を構成する材料は、電気的絶縁性を有し、かつプリント基板４の絶縁体層４４を構成する材料よりも高い熱伝導率を有する材料から選択されればよい。

[0139] 以上のように本開示の実施の形態について説明を行なったが、上述の実施の形態を様々に変形することも可能である。また、本開示の範囲は上述の実施の形態に限定されるものではない。本開示の範囲は、請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更を含むことが意図される。

符号の説明

[0140] １Ａ 第１絶縁基板、１Ａ１，１Ｅ１ 第１面、１Ａ２ 第３面、１Ｂ 第２絶縁基板、１Ｂ１，１Ｆ１ 第２面、１Ｂ２ 第５面、１Ｅ 第１導体板、１Ｆ 第２導体板、２Ａ 第１パワー半導体素子、２Ｂ 第２パワー半導体素子、３Ａ 第１導体ポスト、３Ｂ 第２導体ポスト、４ プリント基板、４Ａ 第１対向部分、４Ａ２ 第４面、４Ｂ 第２対向部分、４Ｂ２ 第６面、４Ｃ 第１凹部、４Ｄ 第２凹部、５，９０ 接合材、６，７，８ 樹脂、９Ａ，９Ｂ 冷却器、１０，４９Ａ，４９Ｂ，４９Ｃ 基材、１１ 第１導体層、１２ 第２導体層、１３ 厚肉部、１４ 薄肉部、２１Ａ，２１Ｂ 主電極、２２Ａ，２２Ｂ 制御電極、３１Ａ，３１Ｂ 露出部、４１ 第１配線層、４２ 第２配線層、４１Ａ，４１Ｂ，４１Ｃ，４２Ａ，４

２Ｂ，４２Ｃ，４２Ｄ　第２外部接続端子、４４　絶縁体層、４５　貫通ビア、４６　第１保護層、４７　第２保護層、４８　導体ブロック、５０Ａ　第１貫通孔、５０Ｂ　第２貫通孔、９１　ベース部、９２　フィン、１０１，１０２，１０３，１０４，１０５，１０６，１０７，１０８，３００，３１０，３２０，３３０　パワーモジュール、２０１，２０２，２０３　半完成品。

請求の範囲

[請求項1] 第１面を有する第１基板と、

前記第１面に実装されている第１パワー半導体素子と、

前記第１面と直交する第１方向において前記第１基板の前記第１面と重なるように配置されている第１対向部分を有するプリント基板と、

前記第１パワー半導体素子と前記第１対向部分との間を電気的に接続する第１導体ポストとを備え、

前記第１対向部分には、前記第１パワー半導体素子及び前記第１導体ポストを内部に収容する第１凹部が形成されている、パワーモジュール。

[請求項2] 第２面を有する第２基板と、

前記第２面に実装されている第２パワー半導体素子とを備え、

前記プリント基板は、前記第１方向において前記第２基板の前記第２面と重なるように配置されている第２対向部分をさらに有し、

前記第２パワー半導体素子と前記第２対向部分との間を電気的に接続する第２導体ポストをさらに備え、

前記第２対向部分には、前記第２パワー半導体素子及び前記第２導体ポストを内部に収容する第２凹部が形成されている、請求項１に記載のパワーモジュール。

[請求項3] 前記第２面は、前記第１面と反対側を向いており、

前記第１凹部は、前記第１面と対向し、

前記第２凹部は、前記第２面と対向し、かつ前記第１面に沿った方向において前記第１凹部と並んで配置されている、請求項２に記載のパワーモジュール。

[請求項4] 前記第２面は、前記第１面と同じ側を向いており、

前記第１凹部は、前記第１面と対向し、

前記第２凹部は、前記第２面と対向し、かつ前記第１面に沿った方

向において前記第１凹部と並んで配置されている、請求項２に記載のパワーモジュール。

[請求項5] 前記第１基板は、前記第１面を有する導体層と、前記第１方向において前記導体層と積層している絶縁体層とを含む絶縁基板である、請求項１～４のいずれか１項に記載のパワーモジュール。

[請求項6] 前記第１基板は、前記第１面と前記第１面とは反対側に位置する裏面とを有する導体板である、請求項１～５のいずれか１項に記載のパワーモジュール。

[請求項7] 前記第１基板は、前記第１パワー半導体素子を介さずに前記プリント基板の前記第１対向部分と対向する薄肉部と、前記薄肉部に対して前記第１方向に突出している厚肉部とを含み、

前記第１面は、前記厚肉部の表面である、請求項６に記載のパワーモジュール。

[請求項8] 前記第１パワー半導体素子が、樹脂に埋め込まれており、

前記第１導体ポストは、前記樹脂から露出している露出部を有し、

前記露出部が前記第１対向部分と電気的に接続されている、請求項１～７のいずれか１項に記載のパワーモジュール。

[請求項9] 前記第１パワー半導体素子、前記第１導体ポスト、及び前記第１対向部分において前記第１導体ポストと接続されている部分が、樹脂に埋め込まれている、請求項１～７のいずれか１項に記載のパワーモジュール。

[請求項10] 前記第１パワー半導体素子及び前記第１導体ポストに面する前記第１基板と前記第１対向部分との間の空間が前記樹脂で充填されている、請求項９に記載のパワーモジュール。

[請求項11] 前記プリント基板は、セラミックスからなる基材と、前記基材上に積層された導体層とを含むセラミック基板である、請求項１～１０のいずれか１項に記載のパワーモジュール。

[請求項12] 前記第１基板は、前記第１方向において前記第１面とは反対側に位

置する第３面をさらに有し、

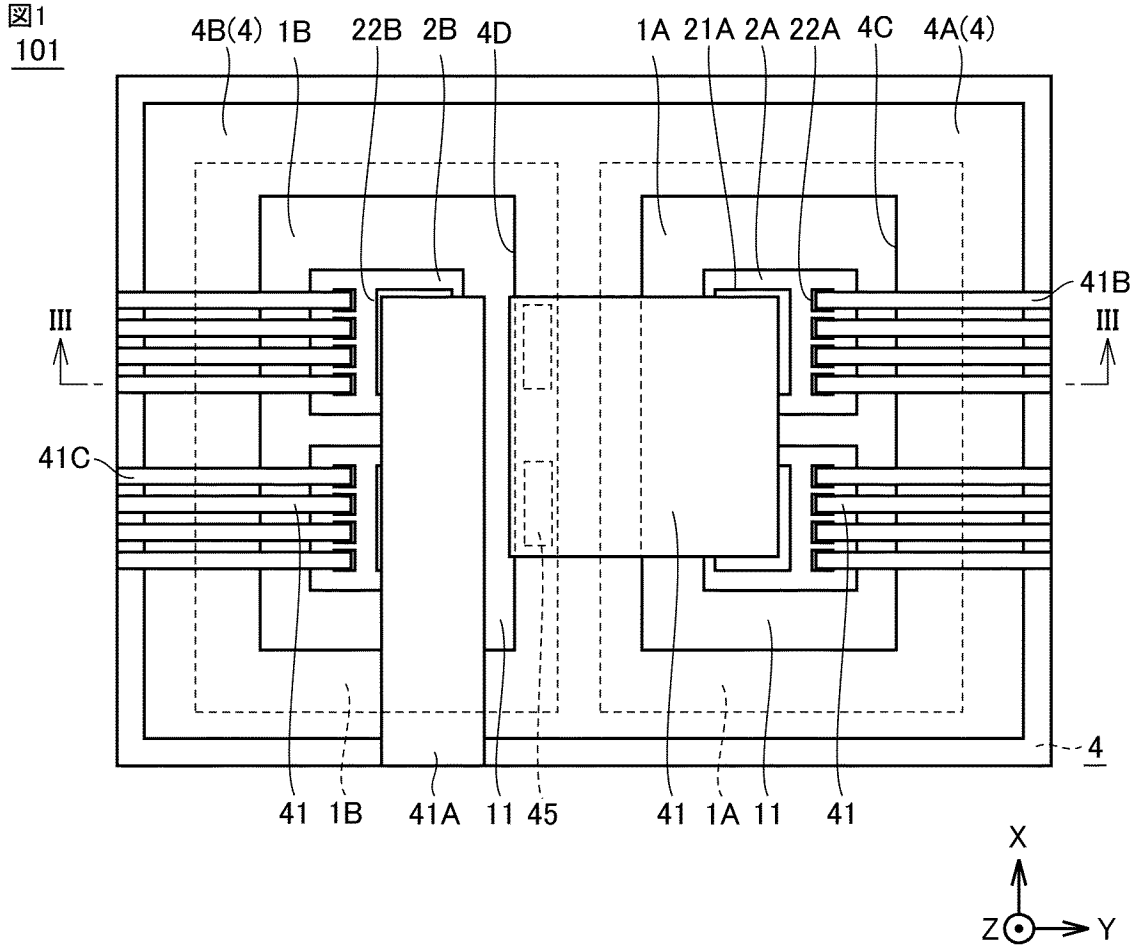
前記第１対向部分は、前記第１方向において前記第１凹部とは反対側に位置する第４面を有し、

前記第３面又は前記第４面に接続された冷却器をさらに備える、請求項１～１１のいずれか１項に記載のパワーモジュール。

[請求項13] 前記第１対向部分は、前記第１パワー半導体素子を介さずに前記第１面と対向する対向面を有し、

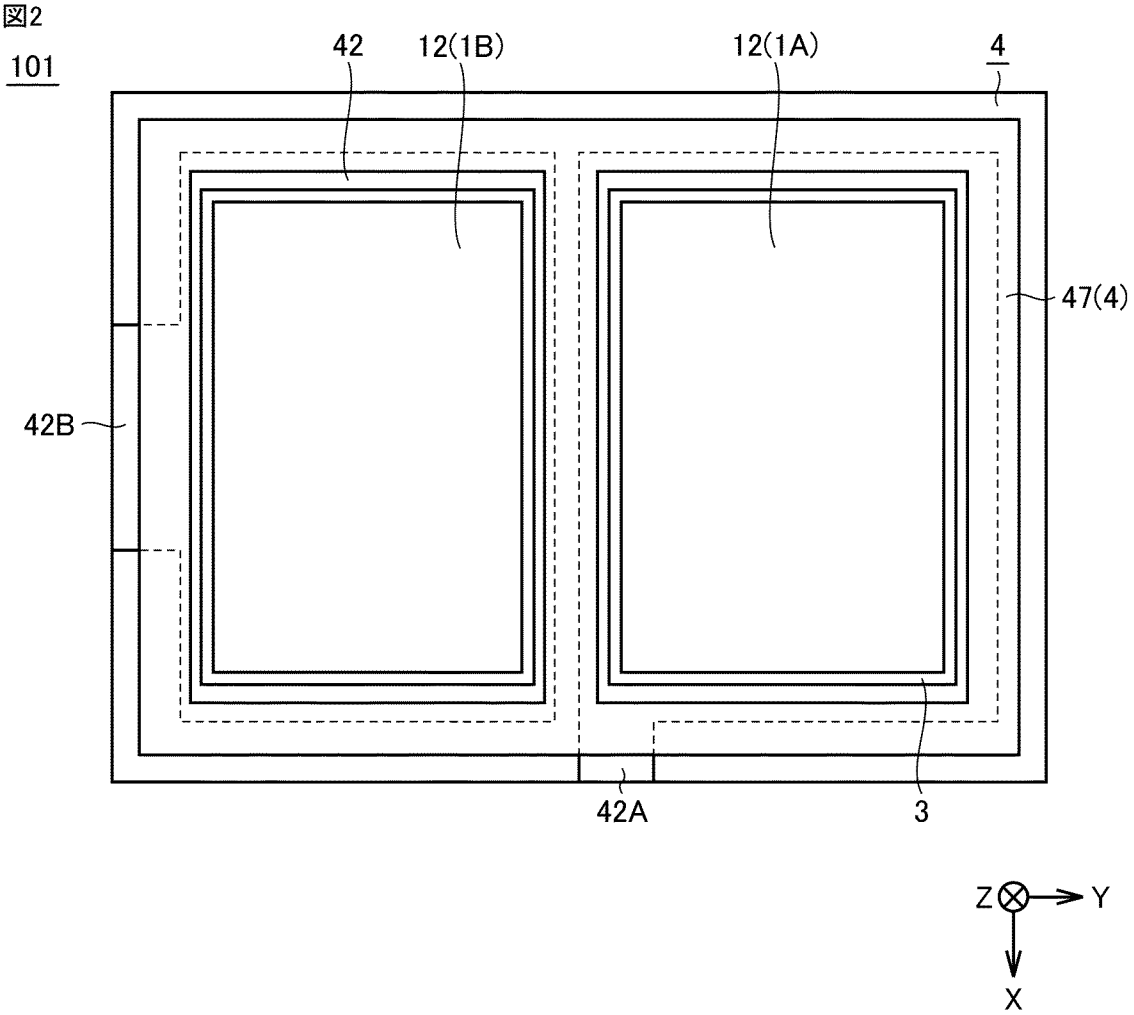
前記対向面と前記第１面との間を接合する接合部材をさらに備える、請求項１～１２のいずれか１項に記載のパワーモジュール。

[図1]


図1
101
4B(4)
1B
22B
2B
4D
1A
21A
2A
22A
4C
4A(4)
41B
III
III
41C
4
41
1B
41A
11
45
41
1A
11
41
X
Z
Y

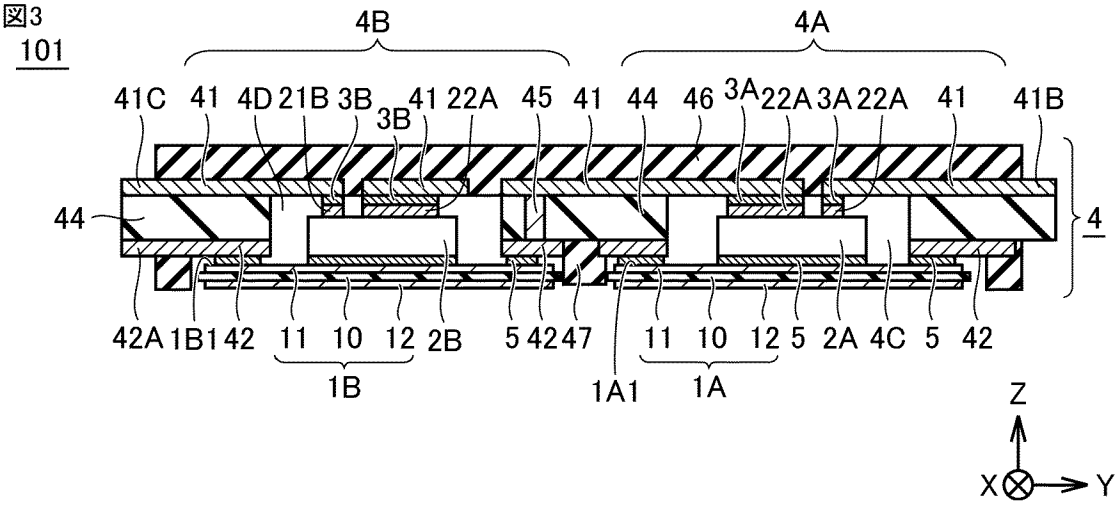
[図2]

図2


101
42
12(1B)
12(1A)
4
47(4)
42B
42A
3
Z
Y
X

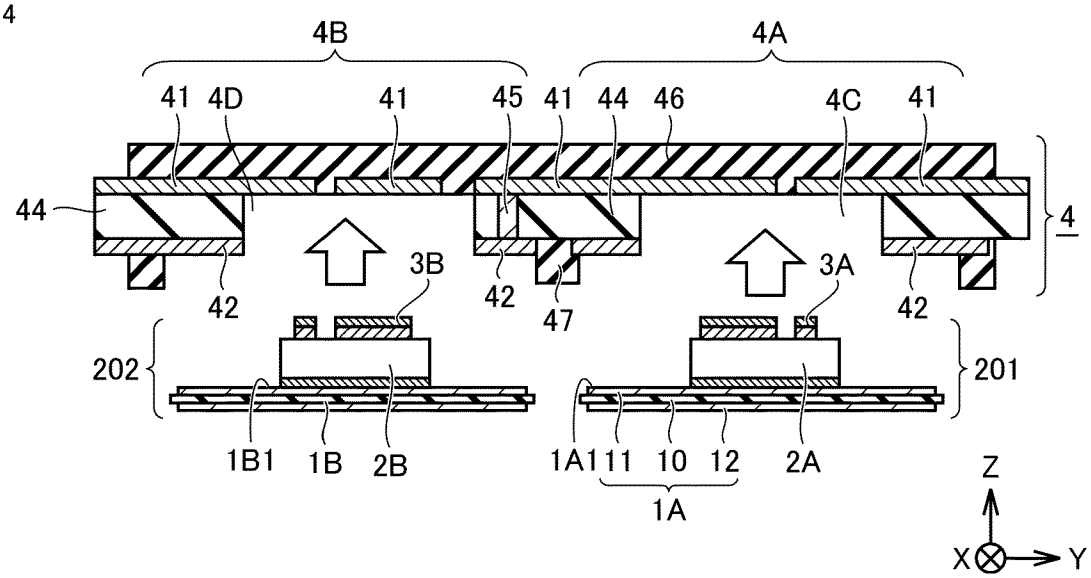
[図3]

図3


101
4B
4A
41C
41
4D
21B
3B
3B
41
22A
45
41
44
46
3A
22A
3A
22A
41
41B
44
4
42A
1B1
42
11
10
12
2B
5
42
47
11
10
12
5
2A
4C
5
42
1B
1A1
1A
Z
X
Y

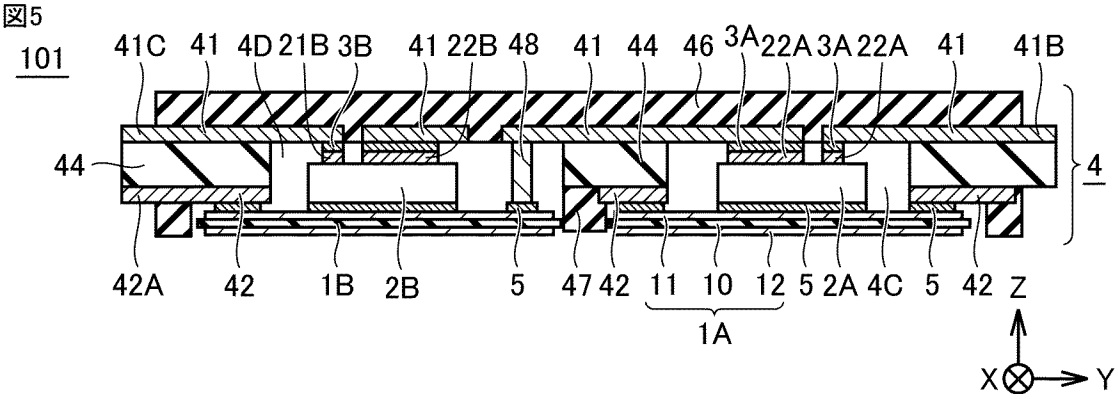
[図4]

図4



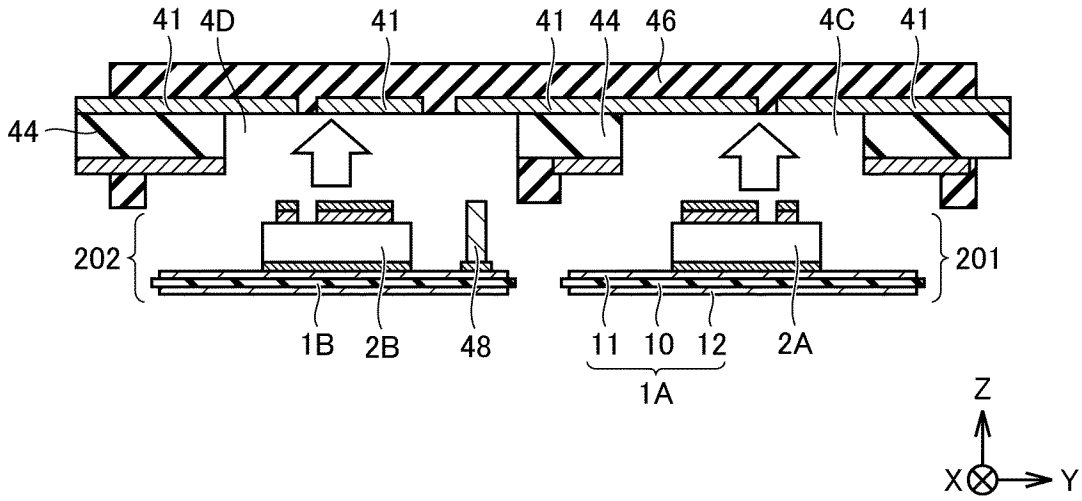
[図5]

図5



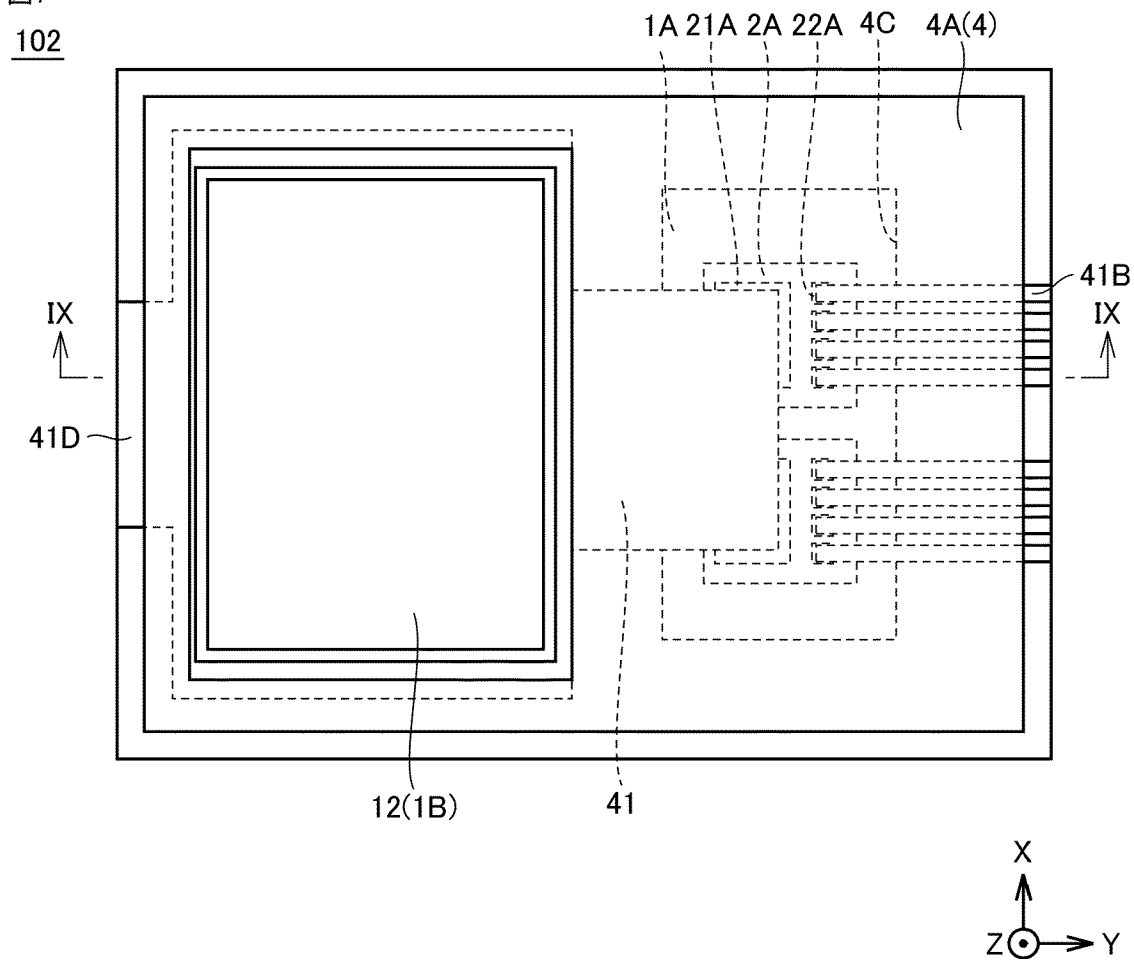
[図6]

図6



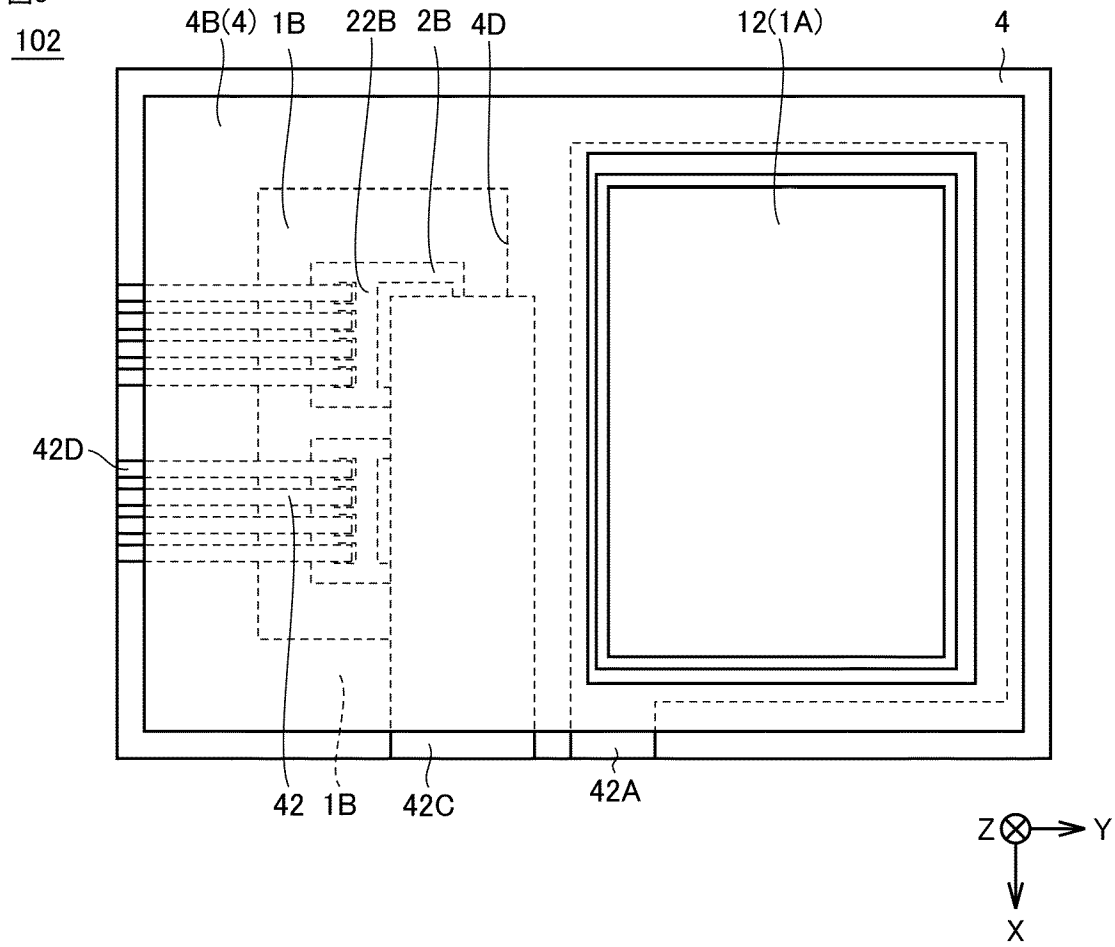
[図7]

図7



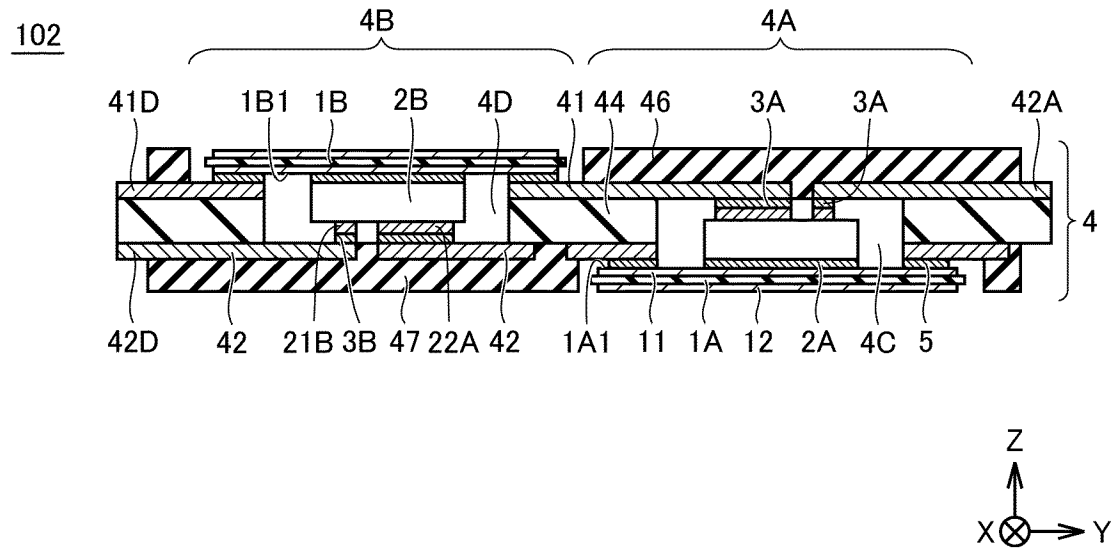
[図8]

図8


102
4B(4)
1B
22B
2B
4D
12(1A)
4
42D
42
1B
42C
42A
Z
Y
X

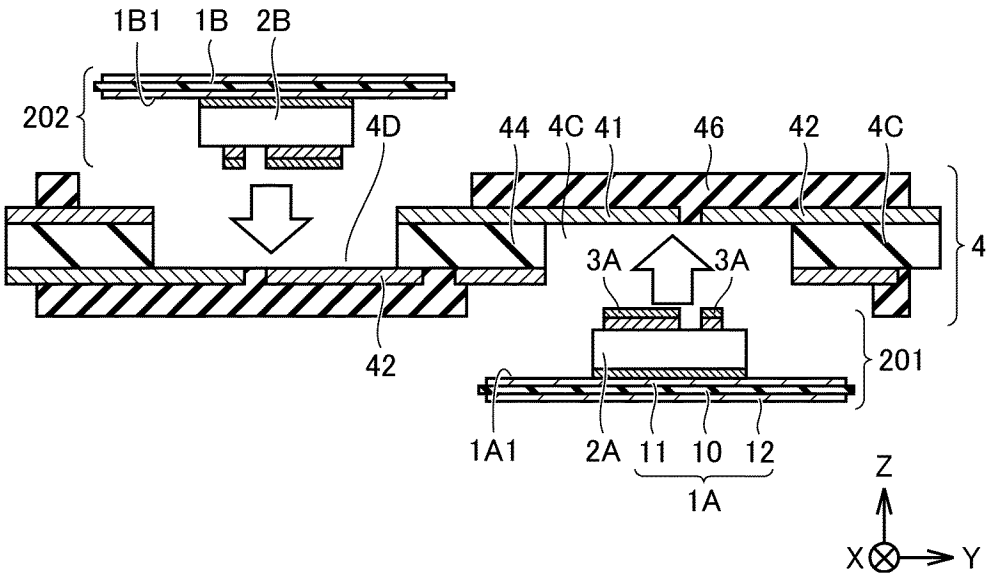
[図9]

図9


102
4B
4A
41D
1B1
1B
2B
4D
41
44
46
3A
3A
42A
4
42D
42
21B
3B
47
22A
42
1A1
11
1A
12
2A
4C
5
Z
X
Y

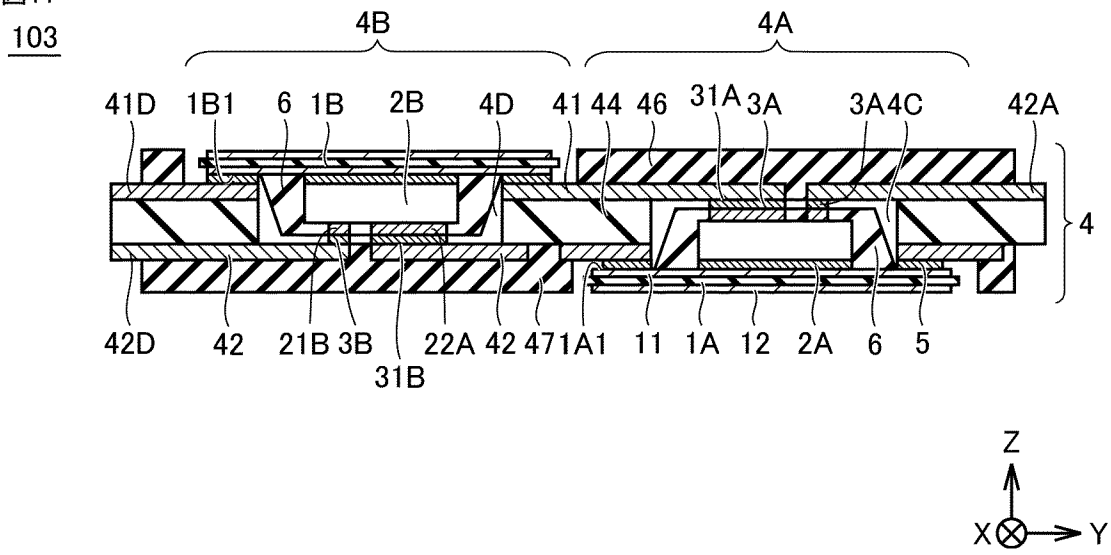
[図10]

図10



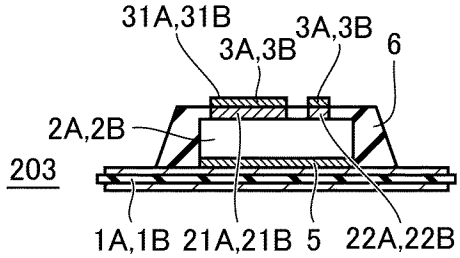
[図11]

図11



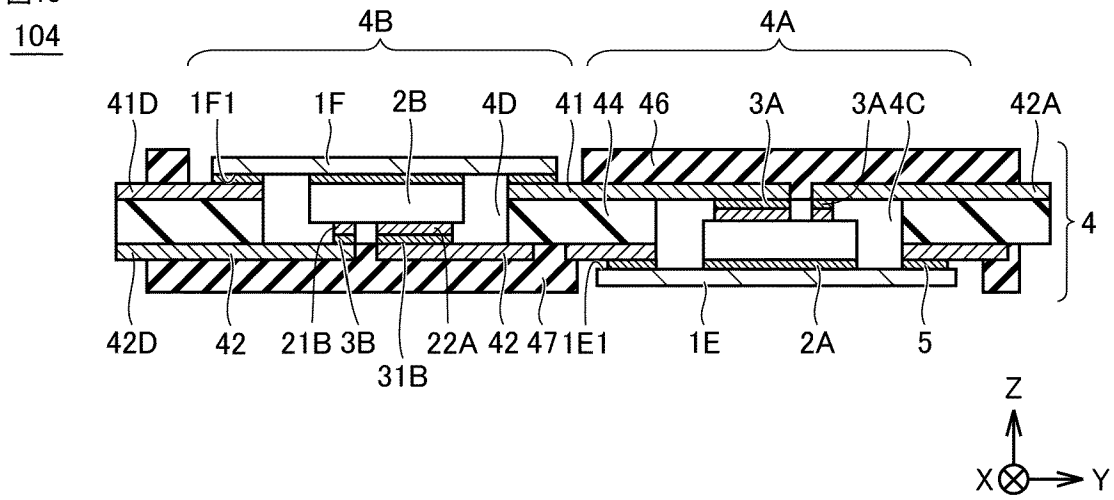
[図12]

図12



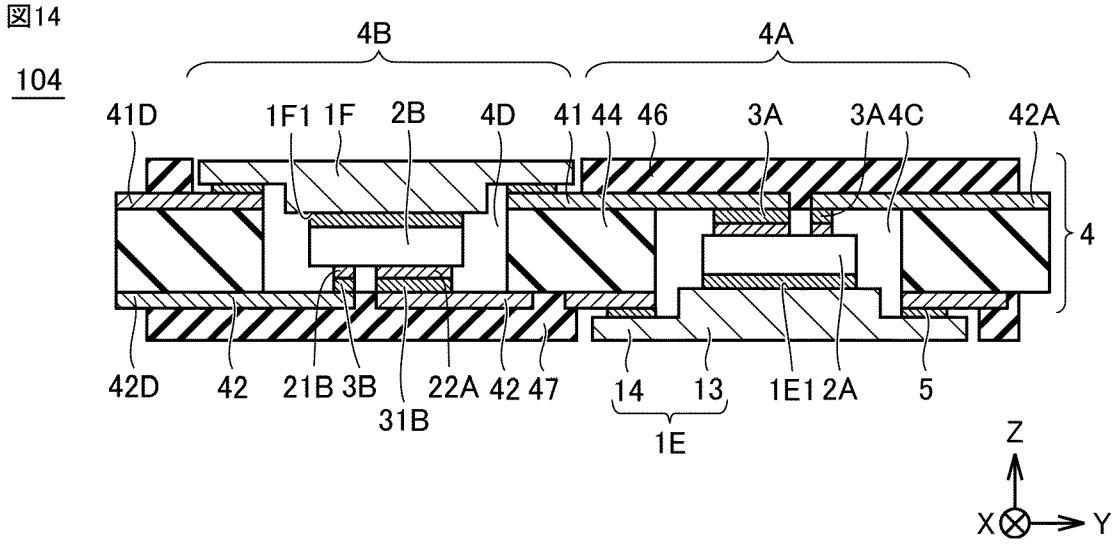
[図13]

図13



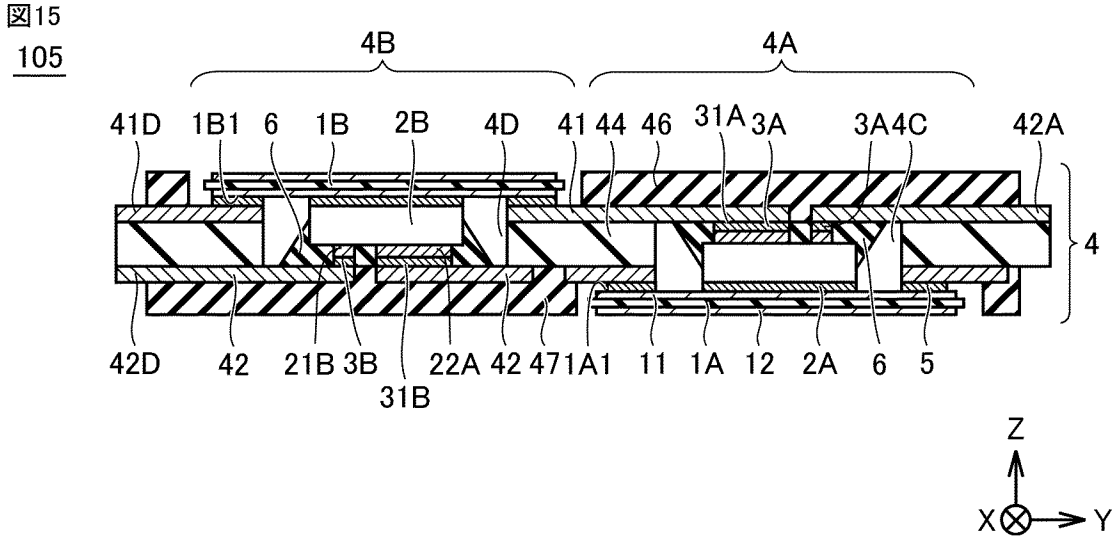
[図14]

図14



[図15]

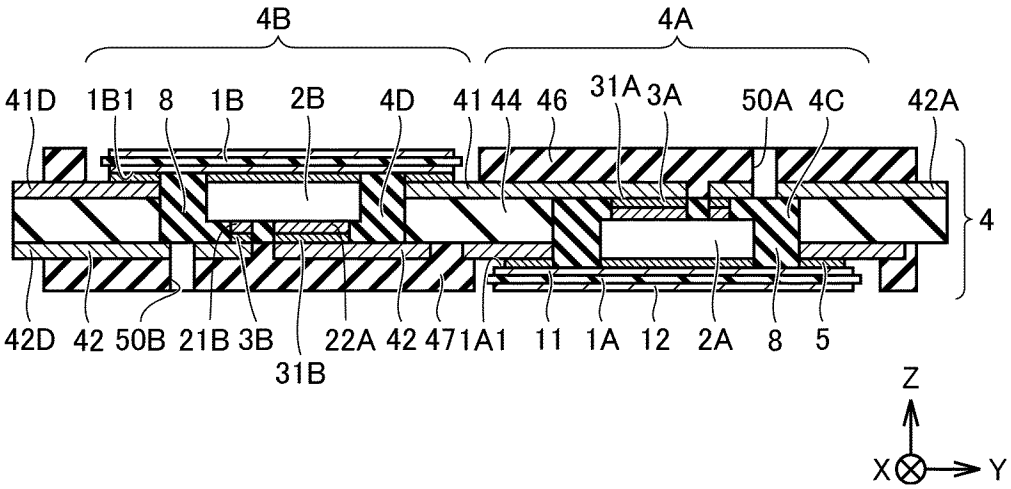
図15



[図16]

図16

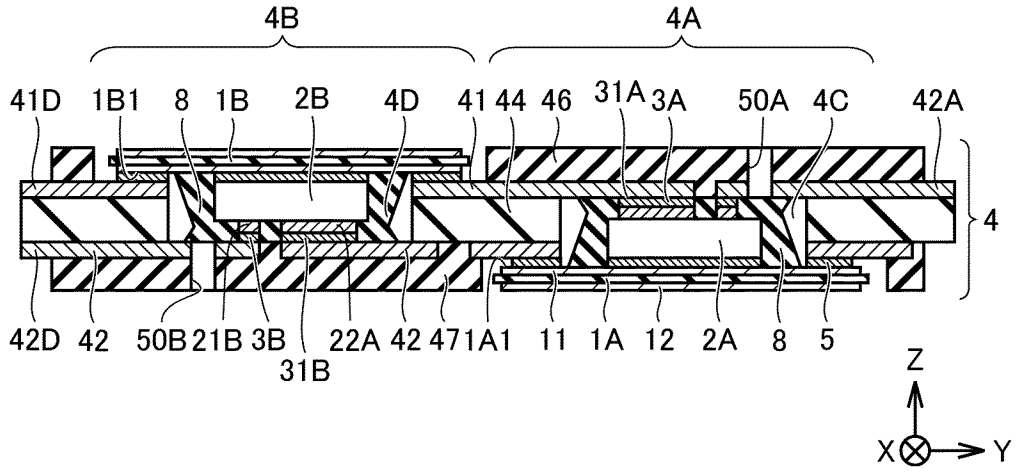
106



[図17]

図17

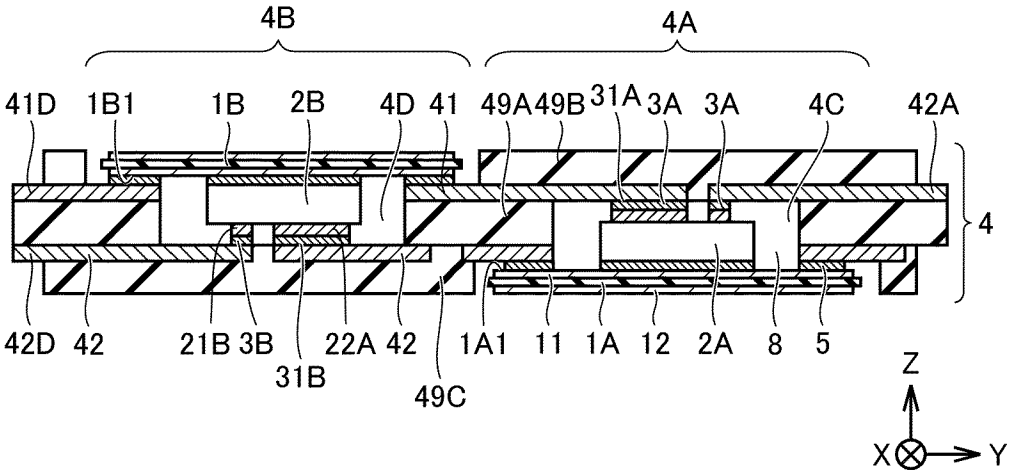
106



[図18]

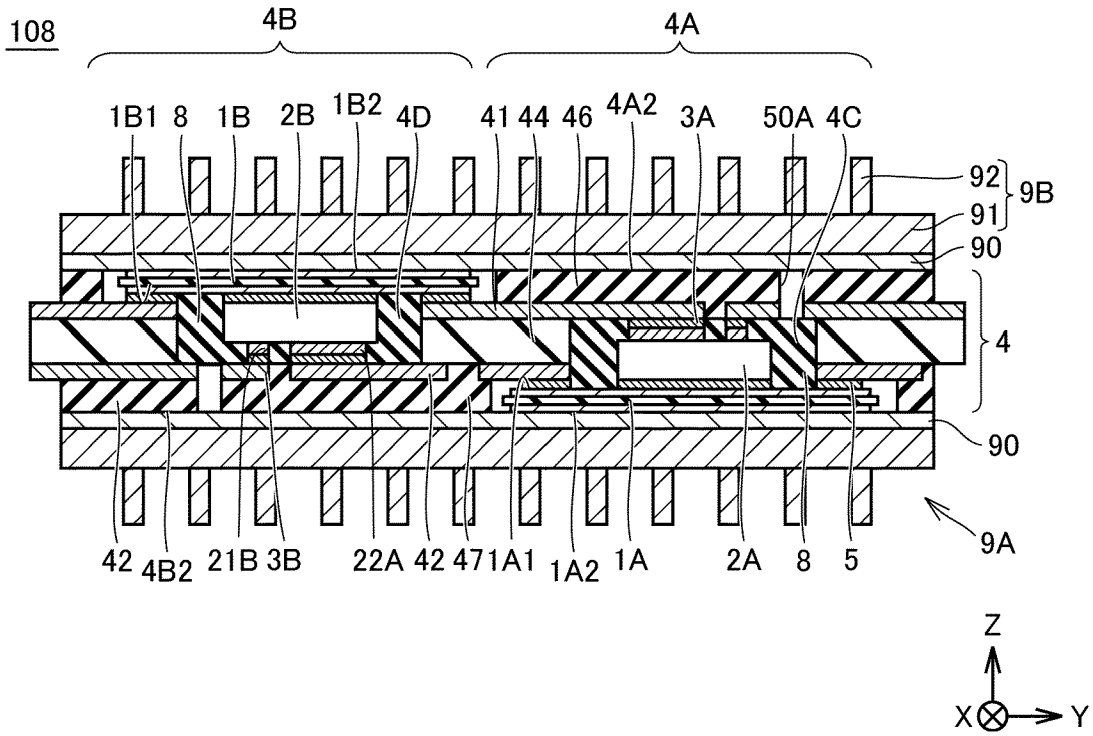
図18

107



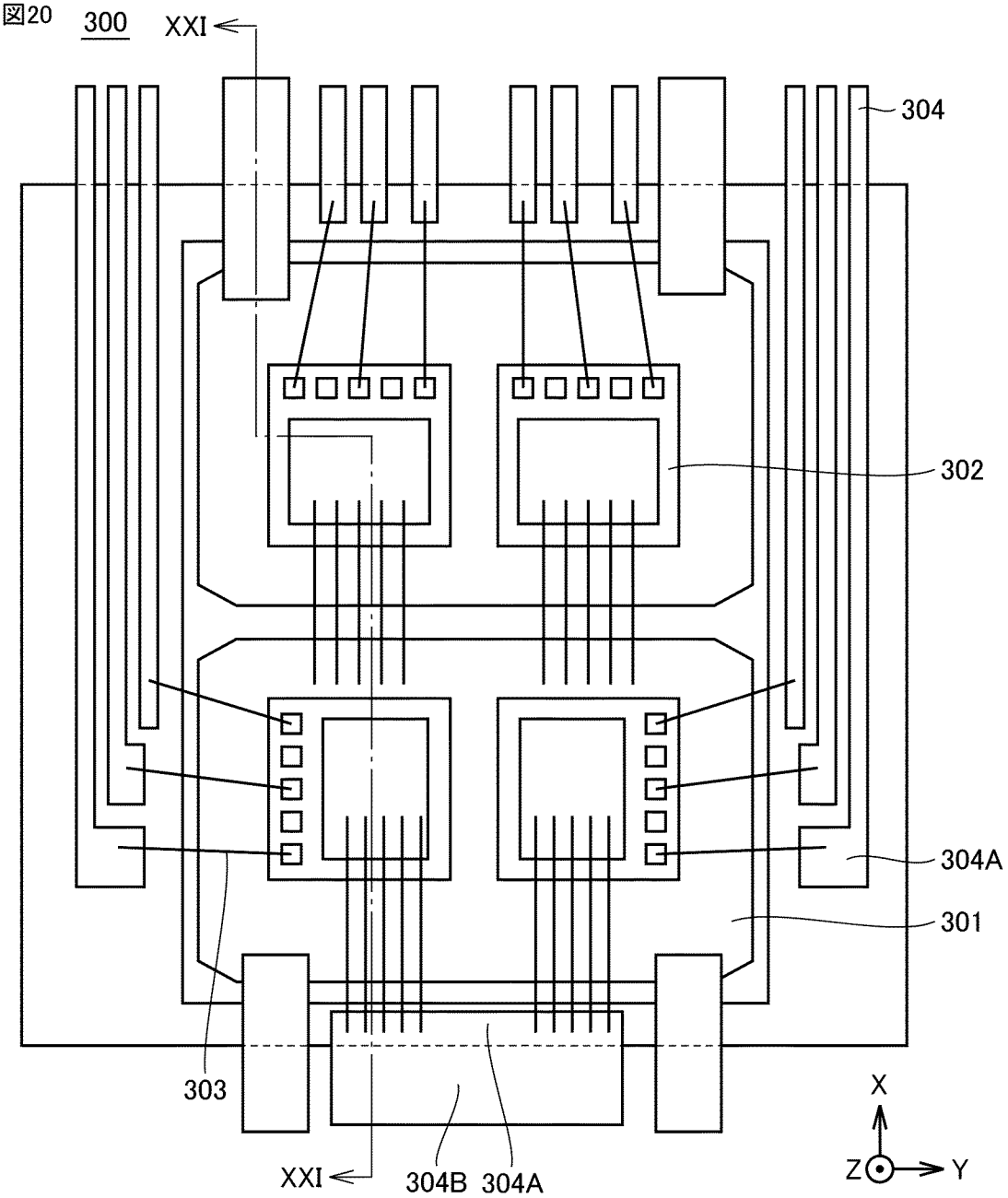
[図19]

図19


108
4B
4A
1B1
8
1B
2B
1B2
4D
41
44
46
4A2
3A
50A
4C
92
91
9B
90
4
90
9A
42
4B2
21B
3B
22A
42
47
1A1
1A2
1A
2A
8
5
Z
X
Y

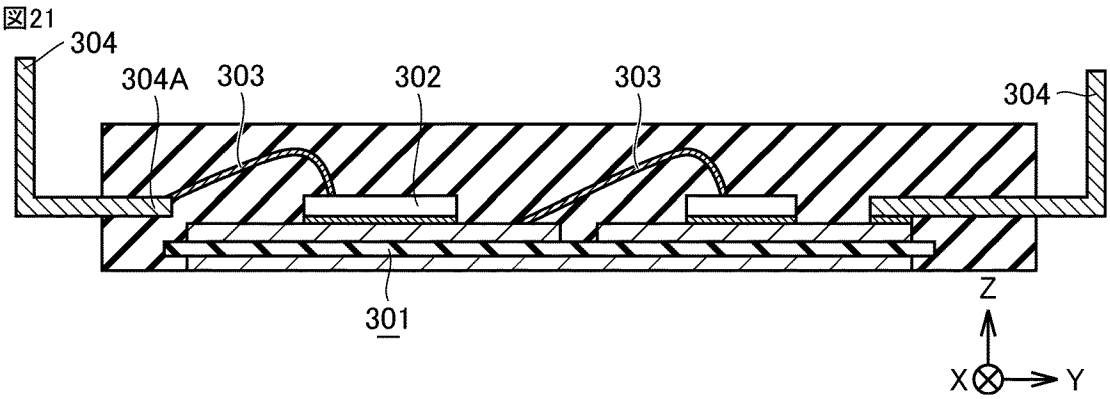
[図20]

図20



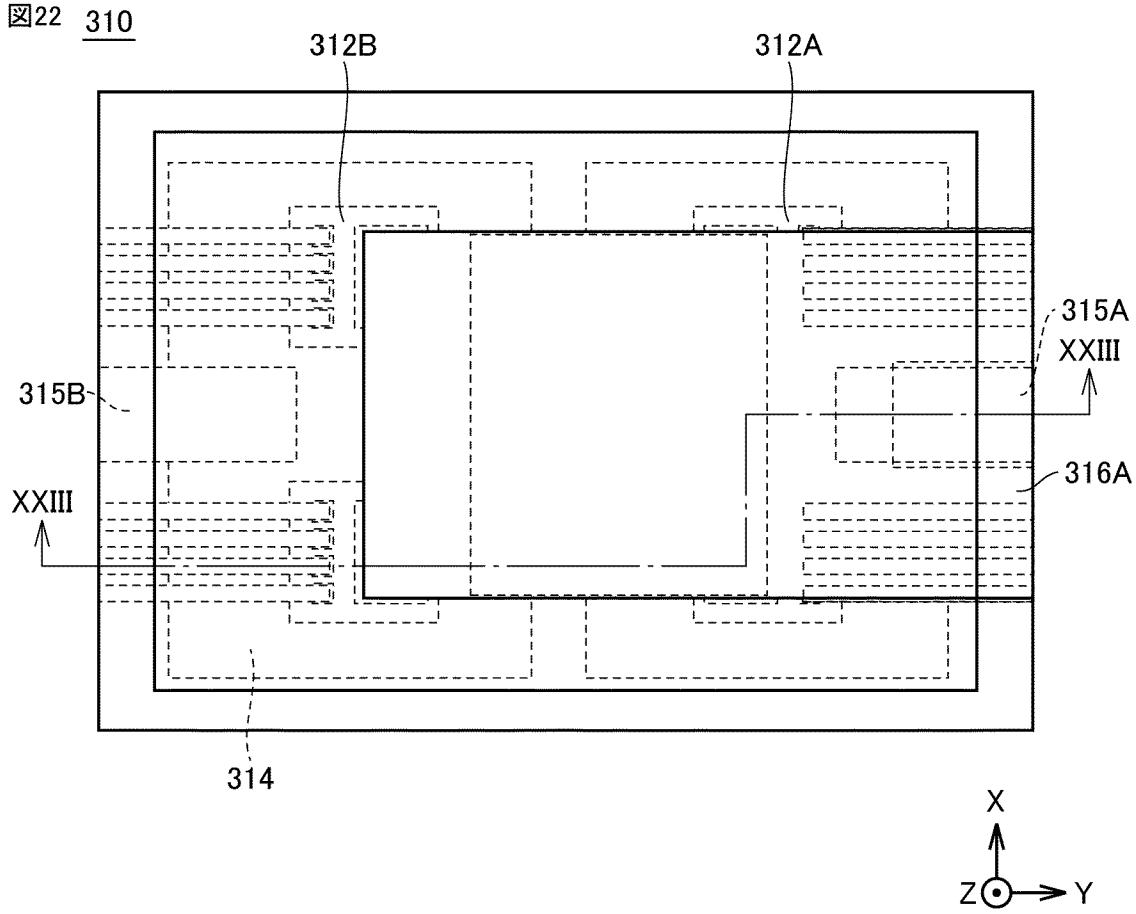
[図21]

図21



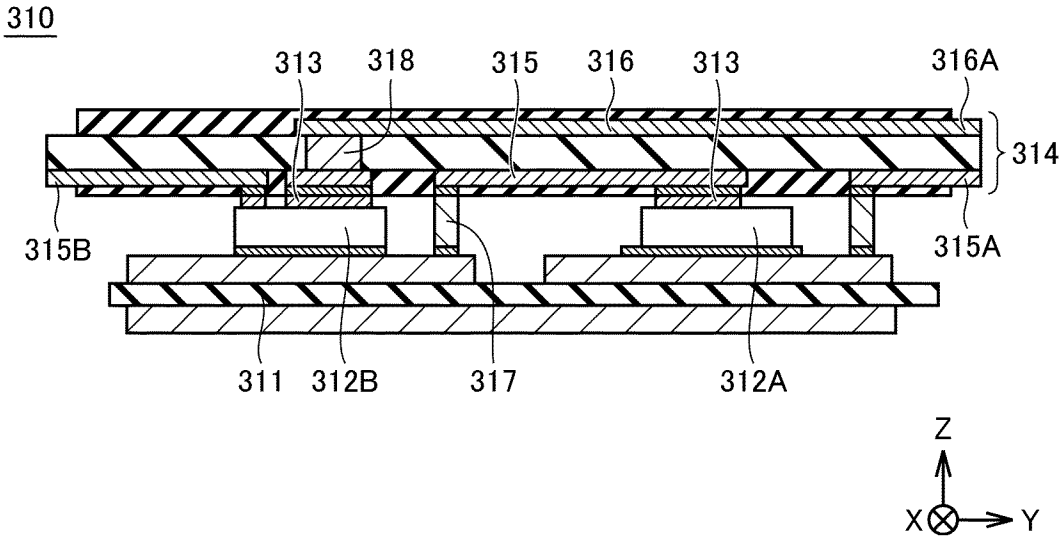
[図22]

図22



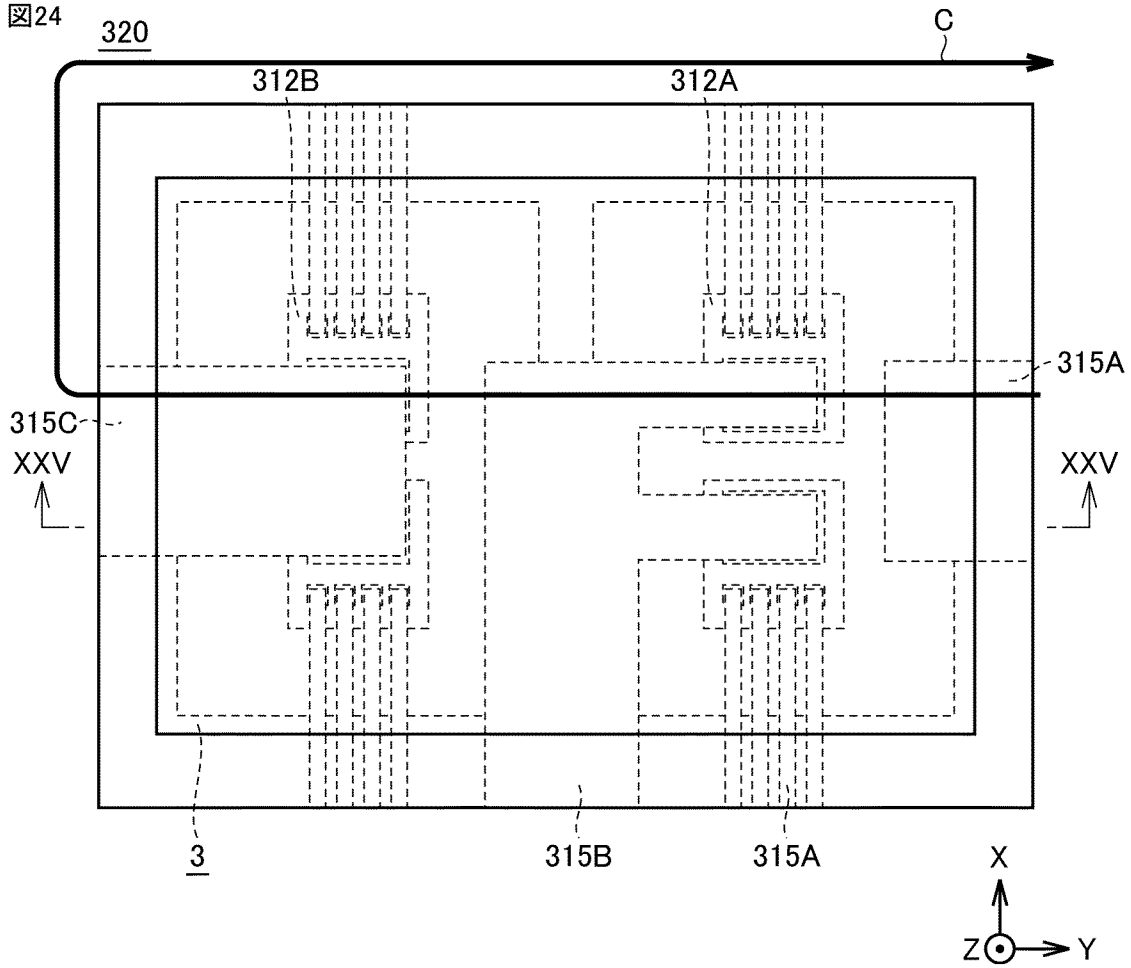
[図23]

図23



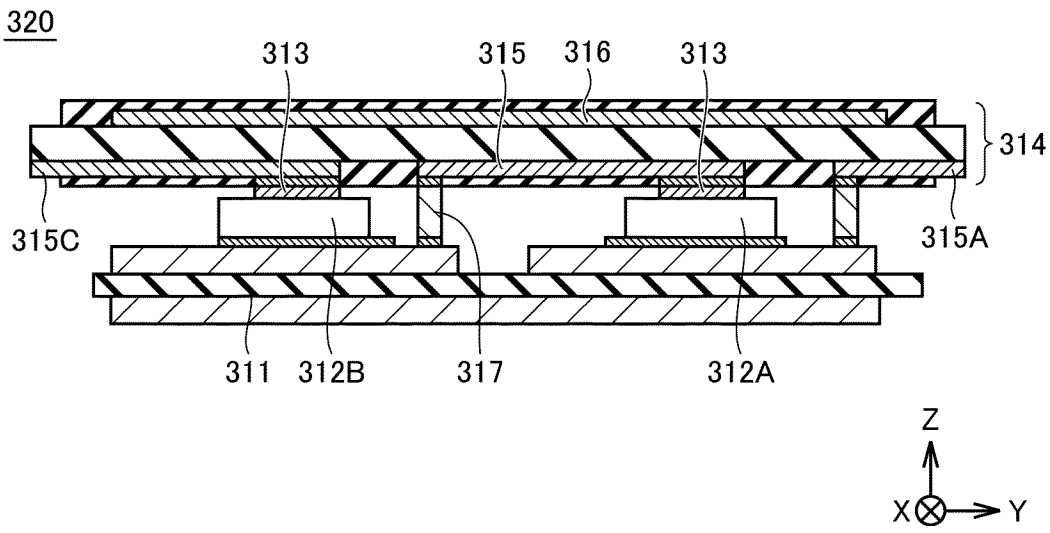
[図24]

図24



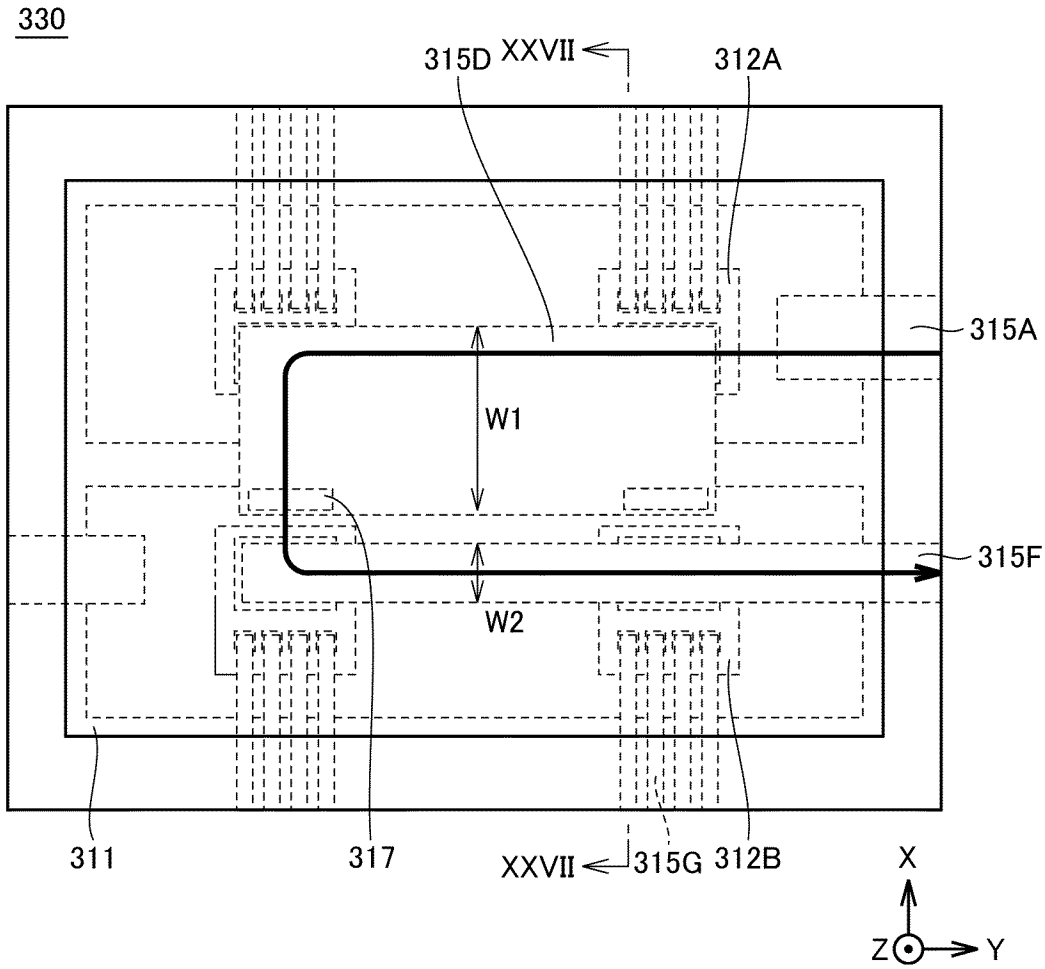
[図25]

図25



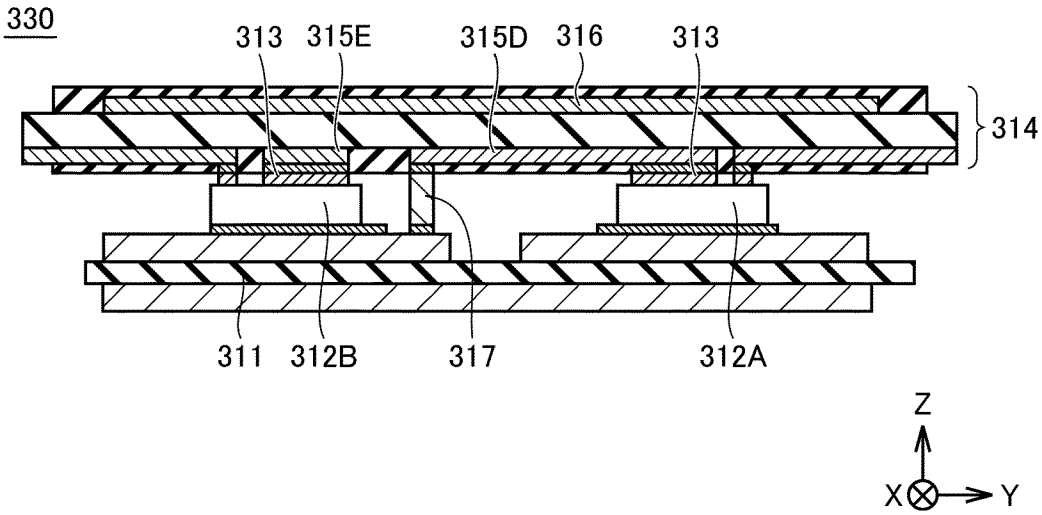
[図26]

図26



[図27]

図27



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2023/000401

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L 25/07(2006.01)i; ***H01L 23/12***(2006.01)i; ***H01L 23/29***(2006.01)i; ***H01L 25/18***(2023.01)i; ***H05K 3/46***(2006.01)i
FI: H01L25/04 C; H05K3/46 Q; H01L23/12 N; H01L23/36 A

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)

H01L25/07; H01L23/12; H01L23/29; H01L25/18; H05K3/46

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 1971-2023
Registered utility model specifications of Japan 1996-2023
Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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	JP 2013-197258 A (NGK SPARK PLUG CO., LTD.) 30 September 2013 (2013-09-30) paragraphs [0029]-[0066], fig. 1-10	1-2, 4-5, 9-12
Y	paragraphs [0029]-[0066], fig. 1-10	6-7, 13
A	paragraphs [0029]-[0066], fig. 1-10	3, 8
Y	JP 2018-011005 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 18 January 2018 (2018-01-18) paragraphs [0029]-[0031], fig. 1-2, 4, 8-9	6-7
Y	JP 2019-067949 A (TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA) 25 April 2019 (2019-04-25) paragraph [0046], fig. 3, 15	6-7
Y	JP 2009-064852 A (OCTEC INC) 26 March 2009 (2009-03-26) fig. 8	13
A	JP 2016-162977 A (EASTERN CO LTD) 05 September 2016 (2016-09-05) paragraphs [0069]-[0070], fig. 25	3

☑ 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	Date of mailing of the international search report
15 March 2023	**04 April 2023**
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/JP2023/000401

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2009-260318 A (NGK SPARK PLUG CO., LTD.) 05 November 2009 (2009-11-05) entire text, all drawings	1-13
A	WO 2017/187559 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 02 November 2017 (2017-11-02) entire text, all drawings	1-13
A	US 2016/0005684 A1 (INFINEON TECHNOLOGIES AUSTRIA AG) 07 January 2016 (2016-01-07) entire text, all drawings	1-13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2023/000401

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2013-197258 A	30 September 2013	US 2014/0217608 A1 paragraphs [0030]-[0084], fig. 1-11 WO 2013/035337 A1 DE 112012003759 T CN 103782379 A KR 10-2014-0070584 A	
JP 2018-011005 A	18 January 2018	US 2018/0019181 A1 paragraphs [0036]-[0038], fig. 1-2, 4, 8-9 DE 102017211606 A1 CN 107622987 A	
JP 2019-067949 A	25 April 2019	US 2019/0103340 A1 paragraph [0065], fig. 3, 15 DE 102018124171 A1 CN 109599383 A	
JP 2009-064852 A	26 March 2009	(Family: none)	
JP 2016-162977 A	05 September 2016	(Family: none)	
JP 2009-260318 A	05 November 2009	US 2009/0237900 A1 entire text, all drawings	
WO 2017/187559 A1	02 November 2017	US 2019/0159332 A1 entire text, all drawings EP 3432353 A1	
US 2016/0005684 A1	07 January 2016	US 2016/0322271 A1 entire text, all drawings DE 102015110530 A1 CN 105244328 A	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2023/000401

A.　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

H01L 25/07(2006.01)i; H01L 23/12(2006.01)i; H01L 23/29(2006.01)i; H01L 25/18(2023.01)i; H05K 3/46(2006.01)i
FI: H01L25/04 C; H05K3/46 Q; H01L23/12 N; H01L23/36 A

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））

H01L25/07; H01L23/12; H01L23/29; H01L25/18; H05K3/46

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	１９７１－２０２３年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２３年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２３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	JP 2013-197258 A (日本特殊陶業株式会社) 30.09.2013 (2013-09-30) [0029]-[0066],図1-10	1-2,4-5,9-12
Y	[0029]-[0066],図1-10	6-7,13
A	[0029]-[0066],図1-10	3,8
Y	JP 2018-011005 A (三菱電機株式会社) 18.01.2018 (2018-01-18) [0029]-[0031],図1-2,4,8-9	6-7
Y	JP 2019-067949 A (トヨタ自動車株式会社) 25.04.2019 (2019-04-25) [0046],図3,15	6-7
Y	JP 2009-064852 A (株式会社オクテック) 26.03.2009 (2009-03-26) 図8	13
A	JP 2016-162977 A (株式会社イースタン) 05.09.2016 (2016-09-05) [0069]-[0070],図25	3
A	JP 2009-260318 A (日本特殊陶業株式会社) 05.11.2009 (2009-11-05) 全文,全図	1-13

☑ 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	国際調査報告の発送日
15.03.2023	04.04.2023

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）
多賀　和宏 5F 4451
電話番号 03-3581-1101 内線 3516

C.　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	WO 2017/187559 A1 (三菱電機株式会社) 02.11.2017 (2017-11-02) 全文,全図	1-13
A	US 2016/0005684 A1 (INFINEON TECHNOLOGIES AUSTRIA AG) 07.01.2016 (2016-01-07) 全文,全図	1-13

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/JP2023/000401

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2013-197258 A	30.09.2013	US 2014/0217608 A1 [0030]-[0084],図1-11 WO 2013/035337 A1 DE 112012003759 T CN 103782379 A KR 10-2014-0070584 A	
JP 2018-011005 A	18.01.2018	US 2018/0019181 A1 [0036]-[0038],図1-2,4,8-9 DE 102017211606 A1 CN 107622987 A	
JP 2019-067949 A	25.04.2019	US 2019/0103340 A1 [0065],図3,15 DE 102018124171 A1 CN 109599383 A	
JP 2009-064852 A	26.03.2009	（ファミリーなし）	
JP 2016-162977 A	05.09.2016	（ファミリーなし）	
JP 2009-260318 A	05.11.2009	US 2009/0237900 A1 全文,全図	
WO 2017/187559 A1	02.11.2017	US 2019/0159332 A1 全文,全図 EP 3432353 A1	
US 2016/0005684 A1	07.01.2016	US 2016/0322271 A1 全文,全図 DE 102015110530 A1 CN 105244328 A	