

(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
2020年9月17日(17.09.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/184052 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 23/29 (2006.01) *H01L 23/48* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2020/005570

(22) 国際出願日: 2020年2月13日(13.02.2020)

(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 2019-043885 2019年3月11日(11.03.2019) JP

(71) 出願人: 株式会社デンソー (DENSO CORPORATION) [JP/JP]; 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 Aichi (JP).

(72) 発明者: 石野 寛 (ISHINO Hiroshi); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会

社デンソー内 Aichi (JP). 三輪 亮太 (MIWA Ryota); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP). 大前 翔一郎 (OMAE Shoichiro); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP). 長瀬 拓生 (NAGASE Takuo); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP).

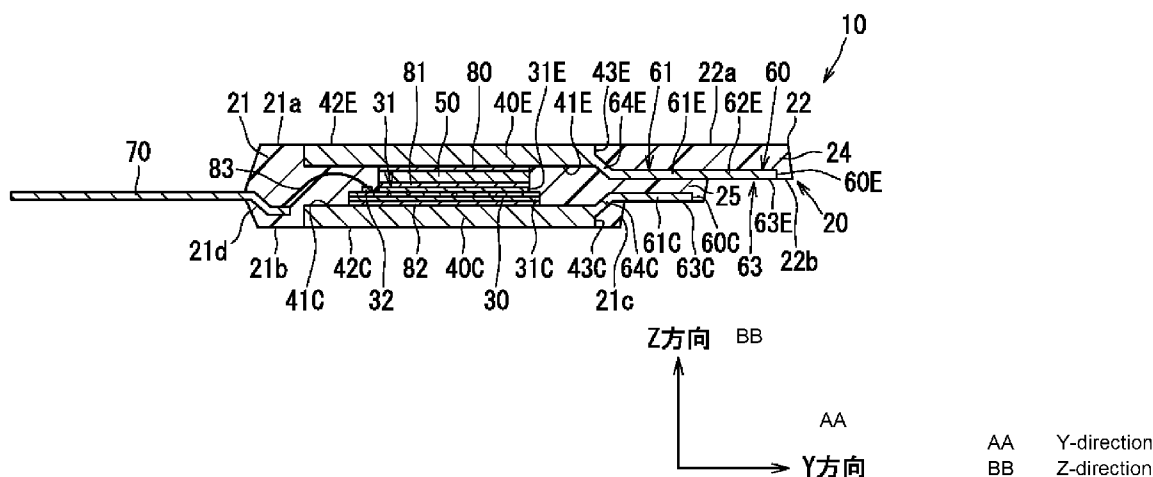
(74) 代理人: 金 順 姫 (JIN Shunji); 〒4600003 愛知県名古屋市中区錦2丁目13番19号 瀧定ビル6階 Aichi (JP).

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

(54) Title: SEMICONDUCTOR MODULE

(54) 発明の名称: 半導体モジュール

図6



(57) Abstract: This semiconductor module is provided with: a semiconductor element (30) having a first main electrode (31E) on one surface side and a second main electrode (31C) on a back surface side; a first conductive member (40E) disposed on the one surface side and connected to the first main electrode; a second conductive member (40C) disposed on the back surface side and connected to the second main electrode; and main terminals (60) which extend from the conductive members and include a first main terminal (60E) continuous with the first conductive member and a second main terminal (60C) continuous with the second conductive member. The main terminals are disposed so as to mutually cancel out a magnetic flux which is generated when a main electric current flows, and include: an opposing portion

DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, 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, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, 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, 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))

(61) in which the first main terminal and the second main terminal are spaced apart from and opposite each other; a non-opposing portion (62E) opposite the first conductive member side and continuous with the opposing portion of the first main terminal; a first connecting portion (63E) formed in the non-opposing portion of the first main terminal; and a second connecting portion (63C) formed in the opposing portion of the second main terminal in such a way that the position in which the second connecting portion (63C) is formed overlaps the first connecting portion in a width direction.

(57) 要約: 半導体モジュールは、一面側に第1主電極(31E)を有し、裏面側に第2主電極(31C)を有する半導体素子(30)と、一面側に配置され、第1主電極と接続された第1導電部材(40E)、及び、裏面側に配置され、第2主電極と接続された第2導電部材(40C)と、導電部材から延設された主端子(60)であって、第1導電部材に連なる第1主端子(60E)、及び、第2導電部材に連なる第2主端子(60C)と、を備える。主端子は、主電流が流れたときに生じる磁束をお互いに打ち消すように配置され、第1主端子と第2主端子が離間して対向する対向部(61)と、第1導電部材側とは反対で、第1主端子の対向部に連なる非対向部(62E)と、第1主端子の非対向部に形成された第1接続部(63E)、及び、幅方向における形成位置が第1接続部と重複するように、第2主端子の対向部に形成された第2接続部(63C)と、を有する。

明 細 書

発明の名称：半導体モジュール

関連出願の相互参照

[0001] 本出願は、2019年3月11日に出願された日本国特許出願2019-43885号に基づくものであり、ここにその記載内容を参照により援用する。

技術分野

[0002] 本開示は、半導体モジュールに関する。

背景技術

[0003] 特許文献1には、両面に主電極が形成された半導体素子、導電部材、及び主端子を備える半導体モジュールが提案されている。半導体モジュールは、導電部材として第1導電部材及び第2導電部材を備えている。第1導電部材及び第2導電部材は、半導体素子を挟むように配置されている。主端子は、導電部材から延設されている。第1導電部材に第1主端子が連なり、第2導電部材に第2主端子が連なっている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：JP 2015-82614 A

発明の概要

[0005] 上記した半導体モジュールでは、第1主端子及び第2主端子が、幅方向において横並びで配置されている。第1主端子と第2主端子とは、板面同士ではなく、側面同士が対向するように配置されている。インダクタンスのさらなる低減が望まれている。

[0006] 本開示の目的は、インダクタンスを低減できる半導体モジュールを提供することにある。

[0007] 本開示の一態様によると、半導体モジュールは、一面側に第1主電極を有し、一面とは反対の裏面側に第2主電極を有する少なくとも一つの半導体

素子と、半導体素子を挟むように配置された導電部材であって、一面側に配置され、第1主電極と接続された第1導電部材、及び、裏面側に配置され、第2主電極と接続された第2導電部材と、導電部材から延設された主端子であって、第1導電部材に連なる第1主端子、及び、第2導電部材に連なる第2主端子と、を備えている。

[0008] そして、主端子は、主電流が流れたときに生じる磁束をお互いに打ち消すように配置され、第1主端子と第2主端子との板面同士が離間して対向する部分である対向部と、第1導電部材側とは反対で、第1主端子の対向部に連なる非対向部と、主端子の板面に形成された外部との接続部であって、第1主端子の非対向部に形成された第1接続部、及び、第1主端子の対向部と非対向部との並び方向に直交する幅方向において形成位置が第1接続部と重複するように、第1主端子との対向面とは反対の板面であって第2主端子の少なくとも対向部に形成された第2接続部と、を有している。

[0009] この半導体モジュールによれば、対向部において、第1主端子及び第2主端子の板面同士が離間しつつ対向している。板面同士の対向により、インダクタンスを低減することができる。

[0010] また、第1主端子に非対向部が設けられ、非対向部に第1接続部が形成されている。これにより、上記した対向部を確保しつつ、幅方向において接続部の形成位置を、第1接続部と第2接続部とで重複させることができる。第1接続部と第2接続部との重複により、重複しない構成に較べてインダクタンスを低減することができる。

図面の簡単な説明

[0011] 本開示についての上記および他の目的、特徴や利点は、添付図面を参照した下記詳細な説明から、より明確になる。添付図面において、

[図1]図1は、第1実施形態に係る半導体モジュールが適用される電力変換装置の概略構成を示す図である。

[図2]図2は、半導体モジュールを示す斜視図である。

[図3]図3は、半導体モジュールを示す斜視図である。

[図4]図4は、半導体モジュールを主端子側から見た平面図である。

[図5]図5は、半導体モジュールの側面図である。

[図6]図6は、図2のV1-V1線に沿う断面図である。

[図7]図7は、主端子及び露出部の位置関係を示す平面図である。

[図8]図8は、封止樹脂体を成形する型を示す斜視図である。

[図9]図9は、電流経路角 θ とインダクタンスとの関係を示す図である。

[図10]図10は、変形例を示す平面図である。

[図11]図11は、変形例を示す断面図である。

[図12]図12は、変形例を示す平面図である。

[図13]図13は、変形例を示す断面図である。

[図14]図14は、第2実施形態に係る半導体モジュールにおいて、主端子の形状及び位置関係を示す平面図である。

[図15]図15は、第3実施形態に係る半導体モジュールを示す断面図であり、図6に対応している。

[図16]図16は、主端子とバスバーとの接続部周辺を示す平面図である。

[図17]図17は、電流経路を示す模式図である。

[図18]図18は、変形例を示す断面図である。

[図19]図19は、変形例を示す断面図である。

発明を実施するための形態

[0012] 図面を参照しながら、複数の実施形態を説明する。複数の実施形態において、機能的に及び／又は構造的に対応する部分には同一の参照符号を付与する。以下において、半導体素子の厚み方向をZ方向、Z方向に直交する一方向をX方向と示す。また、Z方向及びX方向の両方向に直交する方向をY方向と示す。特に断わりのない限り、上記したX方向及びY方向により規定されるXY面に沿う形状を平面形状とする。

[0013] (第1実施形態)

先ず、図1に基づき、半導体モジュールが適用される電力変換装置について説明する。

[0014] <電力変換装置の概略構成>

図1に示す電力変換装置1は、たとえば電気自動車やハイブリッド自動車に搭載される。電力変換装置1は、車両に搭載された直流電源2から供給される直流電圧を、三相交流に変換して、三相交流方式のモータ3に出力する。モータ3は、車両の走行駆動源として機能する。電力変換装置1は、モータ3により発電された電力を、直流に変換して直流電源2に充電することもできる。電力変換装置1は、双方向の電力変換が可能となっている。

[0015] 電力変換装置1は、平滑コンデンサ4と、電力変換器であるインバータ5を有している。平滑コンデンサ4の正極側端子は、直流電源2の高電位側の電極である正極に接続され、負極側端子は、直流電源2の低電位側の電極である負極に接続されている。インバータ5は、入力された直流電力を所定周波数の三相交流に変換し、モータ3に出力する。インバータ5は、モータ3により発電された交流電力を、直流電力に変換する。インバータ5は、DC-AC変換部である。

[0016] インバータ5は、三相分の上下アーム回路6を備えて構成されている。各相の上下アーム回路6は、正極側の電源ラインである高電位電源ライン7と、負極側の電源ラインである低電位電源ライン8の間で、2つのアームが直列に接続されてなる。各相の上下アーム回路6において、上アームと下アームの接続点は、モータ3への出力ライン9に接続されている。

[0017] 本実施形態では、各アームを構成するスイッチング素子として、 n チャンネル型の絶縁ゲートバイポーラトランジスタ6i（以下、IGBT6iと示す）を採用している。IGBT6iのそれぞれには、還流用のダイオードであるFWD6dが逆並列に接続されている。一相分の上下アーム回路6は、2つのIGBT6iを有して構成されている。上アームにおいて、IGBT6iのコレクタ電極が、高電位電源ライン7に接続されている。下アームにおいて、IGBT6iのエミッタ電極が、低電位電源ライン8に接続されている。そして、上アームにおけるIGBT6iのエミッタ電極と、下アームにおけるIGBT6iのコレクタ電極が相互に接続されている。

[0018] 電力変換装置 1 は、上記した平滑コンデンサ 4 及びインバータ 5 に加えて、インバータ 5 とは別の電力変換器であるコンバータ、インバータ 5 やコンバータを構成するスイッチング素子の駆動回路などを備えてもよい。コンバータは、直流電圧を異なる値の直流電圧に変換する DC-DC 変換部である。

[0019] <半導体モジュールの概略構成>

次に、図 2～図 6 に基づき、半導体モジュールの概略構成について説明する。

[0020] 図 2～図 6 に示すように、半導体モジュール 10 は、封止樹脂体 20、半導体素子 30、ヒートシンク 40、ターミナル 50、主端子 60、及び信号端子 70 を備えている。図 4 では、封止樹脂体 20 を簡素化して図示している。

[0021] 封止樹脂体 20 は、本体部 21 と、本体部 21 に連なる端子被覆部 22 を有している。本体部 21 は、半導体素子 30 を封止している。本体部 21 は、ヒートシンク 40 それぞれの少なくとも一部を封止している。端子被覆部 22 は、主端子 60 の一部を封止している。本体部 21 と端子被覆部 22 とは、一体的に成形されてもよい。本体部 21 を一次成形体とし、端子被覆部 22 を本体部 21 に対する二次成形体としてもよい。

[0022] 本実施形態では、本体部 21 と端子被覆部 22 とが、同じ材料を用いて一体的に成形されている。封止樹脂体 20 は、たとえばエポキシ系樹脂からなる。封止樹脂体 20 は、たとえばトランスファモールディング法により成形されている。

[0023] 本体部 21 は、平面略矩形状をなしている。本体部 21 は、Z 方向において、一面 21a と、一面 21a と反対の裏面 21b を有している。一面 21a 及び裏面 21b は、たとえば平坦面となっている。本体部 21 は、一面 21a と裏面 21b とをつなぐ側面を有している。本体部 21 は、主端子 60 が外部に突出する側面 21c と、信号端子 70 が外部に突出する側面 21d を有している。側面 21d は、側面 21c とは反対の面である。端子被覆部

22は、側面21cに連なっている。端子被覆部22の詳細については後述する。

[0024] 半導体素子30は、Si、SiC、GaNなどの半導体基板に、素子が形成されてなる。半導体素子30は、一对のヒートシンク40の間に配置される。半導体モジュール10は、少なくともひとつの半導体素子30を備えている。本実施形態では、IGBT6i及びFWD6dが、同じ半導体基板に形成されている。このように、半導体素子30として、RC(Reverse Conducting) - IGBTを採用している。半導体素子30は、上記したアームのひとつを構成する。半導体素子30は、半導体チップと称されることがある。

[0025] 半導体素子30は、Z方向に主電流が流れるように縦型構造をなしている。図示を省略するが、半導体素子30は、ゲート電極を有している。ゲート電極は、たとえばトレンチ構造をなしている。また、半導体素子30は、自身の厚み方向、すなわちZ方向における両面に主電極31を有している。具体的には、主電極31として、一面側にエミッタ電極31Eを有し、一面と反対の裏面側にコレクタ電極31Cを有している。エミッタ電極31Eは、FWD6dのアノード電極も兼ねている。コレクタ電極31Cは、FWD6dのカソード電極も兼ねている。エミッタ電極31Eが第1主電極に相当し、コレクタ電極31Cが第2主電極に相当する。

[0026] 半導体素子30は、平面略矩形状をなしている。半導体素子30において、エミッタ電極31Eの形成面には、信号用の電極であるパッド32が形成されている。パッド32は、エミッタ電極31Eとは別の位置に形成されている。パッド32は、エミッタ電極31Eと電氣的に分離されている。パッド32は、Y方向において、エミッタ電極31Eの形成領域とは反対側の端部に形成されている。

[0027] 半導体素子30は、たとえば5つのパッド32を有している。具体的には、5つのパッド32として、ゲート電極用、エミッタ電極31Eの電位を検出するケルビンエミッタ用、電流センス用、半導体素子30の温度を検出す

る温度センサ（感温ダイオード）のアノード電位用、同じくカソード電位用を有している。5つのパッド32は、平面略矩形状の半導体素子30において、Y方向の一端側にまとめて形成されるとともに、X方向に並んで形成されている。

[0028] ヒートシンク40は、Z方向において半導体素子30を挟むように配置された導電部材である。ヒートシンク40は、半導体素子30の熱を半導体モジュール10の外部に放熱する機能を果たす。ヒートシンク40は、主電極31の配線としての機能も果たす。このため、熱伝導性及び電気伝導性を確保すべく、少なくとも金属材料を用いて形成されている。ヒートシンク40としては、たとえば金属板、DBC（Direct Bonded Copper）基板などを採用することができる。ヒートシンク40は、Z方向からの投影視において、半導体素子30を内包するように設けられている。ヒートシンク40は、平面略矩形状をなしている。ヒートシンク40の厚みはほぼ一定とされ、その板厚方向はZ方向に略平行とされている。

[0029] ヒートシンク40は、半導体素子30を挟むように対をなして設けられている。半導体モジュール10は、一对のヒートシンク40として、エミッタ電極31E側に配置されたヒートシンク40Eと、コレクタ電極31C側に配置されたヒートシンク40Cを有している。ヒートシンク40Eが第1導電部材に相当し、ヒートシンク40Cが第2導電部材に相当する。ヒートシンク40C、40Eは、Z方向からの投影視において、互いにほぼ一致している。

[0030] ヒートシンク40Eは、Z方向において、半導体素子30側の接続面41Eと、接続面41Eとは反対の放熱面42Eを有している。ヒートシンク40Cは、Z方向において、半導体素子30側の接続面41Cと、接続面41Cとは反対の放熱面42Cを有している。

[0031] ヒートシンク40Eの接続面41Eには、はんだ80を介してターミナル50が接続されている。ターミナル50は、半導体素子30とヒートシンク40Eとの間に介在している。ターミナル50は、半導体素子30のエミッ

タ電極 31E とヒートシンク 40E との熱伝導、電気伝導経路の途中に位置するため、熱伝導性及び電気伝導性を確保すべく、少なくとも金属材料を用いて形成されている。ターミナル 50 は、エミッタ電極 31E に対向配置されている。ターミナル 50 は、平面略矩形状をなしている。ターミナル 50 におけるヒートシンク 40E 側の面とは反対の面に、はんだ 81 を介してエミッタ電極 31E が接続されている。ヒートシンク 40C の接続面 41C には、はんだ 82 を介して半導体素子 30 のコレクタ電極 31C が接続されている。

[0032] ヒートシンク 40C, 40E それぞれの少なくとも一部は、封止樹脂体 20 の本体部 21 によって封止されている。本実施形態では、ヒートシンク 40E の放熱面 42E が、封止樹脂体 20 から露出されている。放熱面 42E は、一面 21a と略面一となっている。ヒートシンク 40E の表面のうち、はんだ 80 との接続部と、放熱面 42E と、主端子 60 の連なる部分と、を除く部分が、封止樹脂体 20 によって覆われている。同様に、ヒートシンク 40C の放熱面 42C が、封止樹脂体 20 から露出されている。放熱面 42C は、裏面 21b と略面一となっている。ヒートシンク 40C の表面のうち、はんだ 82 との接続部と、放熱面 42C と、主端子 60 の連なる部分と、を除く部分が、封止樹脂体 20 によって覆われている。

[0033] 主端子 60 は、半導体モジュール 10 と外部機器とを電氣的に接続するための外部接続端子のうち、主電流が流れる端子である。主端子 60 は、対応するヒートシンク 40 に連なっている。本実施形態では、主端子 60 が、封止樹脂体 20 の本体部 21 の内部でヒートシンク 40 に連なっている。主端子 60 は、対応するヒートシンク 40 から延設され、本体部 21 の外へ突出している。

[0034] 主端子 60 は、半導体素子 30 の主電極 31 と電氣的に接続された端子である。半導体モジュール 10 は、主端子 60 として、エミッタ電極 31E と電氣的に接続された主端子 60E と、コレクタ電極 31C と電氣的に接続された主端子 60C を有している。主端子 60E が第 1 主端子に相当し、主端

子60Cが第2主端子に相当する。主端子60Eはエミッタ端子、主端子60Cはコレクタ端子と称されることがある。

[0035] 主端子60Eは、ヒートシンク40Eに連なっている。主端子60Eは、ヒートシンク40EからY方向に延設され、側面21cから本体部21の外へ突出している。主端子60Cは、ヒートシンク40Cに連なっている。主端子60Cは、ヒートシンク40CからY方向であって主端子60Eと同じ方向に延設され、主端子60Eと同じ側面21cから本体部21の外へ突出している。

[0036] 本実施形態では、主端子60C、60Eが、対応するヒートシンク40C、40Eの側面43C、43Eにそれぞれ連なっている。側面43C、43Eは、Y方向において側面21c側の面である。主端子60C、60Eは、Y方向において互いに同じ側で、ヒートシンク40C、40Eに連なっている。主端子60C、60Eは、その全長においてほぼ同じ方向に延設されている。

[0037] 主端子60は、たとえば、同一の金属板を加工することで対応するヒートシンク40と一体的に設けられている。主端子60は、接合によって、対応するヒートシンク40に連なってもよい。主端子60Eは、ヒートシンク40Eよりも厚みが薄くされている。主端子60Cは、ヒートシンク40Cよりも厚みが薄くされている。主端子60C、60Eの板厚は全域でほぼ一定とされており、主端子60C、60Eではほぼ同じ板厚とされている。主端子60の詳細については後述する。

[0038] 信号端子70は、外部接続端子のうち、半導体素子30のパッド32と電氣的に接続された端子である。本実施形態の信号端子70は、ボンディングワイヤ83を介して、パッド32に接続されている。信号端子70は、本体部21の内部でボンディングワイヤ83と接続されている。信号端子70は、側面21dから本体部21（封止樹脂体20）の外へ突出している。信号端子70は、半導体素子30に対し、Y方向であって主端子60とは反対方向に延設されている。なお、符号71は、吊りリードである。タイバー除去

前のリードフレームにおいて、信号端子70は、図示しないタイバーを介して、吊りリード71に固定されている。

[0039] 以上のように構成される半導体モジュール10では、封止樹脂体20により、半導体素子30、ヒートシンク40それぞれの一部、ターミナル50、主端子60それぞれの一部、及び信号端子70の一部が、一体的に封止されている。すなわち、ひとつのアームを構成する要素が封止されている。このため、半導体モジュール10は、1 in 1パッケージと称されることがある。

[0040] また、ヒートシンク40Eの放熱面42Eが、封止樹脂体20の本体部21の一面21aと略面一とされている。ヒートシンク40Cの放熱面42Cが、本体部21の裏面21bと略面一とされている。半導体モジュール10は、放熱面42C、42Eがともに封止樹脂体20から露出された両面放熱構造をなしている。このような半導体モジュール10は、たとえば、ヒートシンク40を、封止樹脂体20とともに切削加工することで形成することができる。また、封止樹脂体20を成形する型のキャビティ壁面に放熱面42C、42Eを接触させた状態で、封止樹脂体20を成形してもよい。

[0041] <主端子及び端子被覆部>

次に、図2～図8に基づき、主端子60及び端子被覆部22について、詳細に説明する。図7は、露出部を含む主端子の位置関係を示す模式的な平面図である。図7では、素子的中心と露出部との位置関係を示すために、便宜上、半導体素子30も図示している。

[0042] 図3、図4、図6、及び図7に示すように、主端子60C、60Eは、Z方向において互いに異なる位置に配置されている。主端子60Eは、主端子60Cよりも本体部21の一面21aに近い位置に配置され、主端子60Cは本体部21の裏面21bに近い位置に配置されている。主端子60は、対向部61と、非対向部62と、露出部63を有している。

[0043] 対向部61は、主端子60C、60Eの板面同士が離間して対向する部分である。図7において、二点鎖線で囲まれた部分が、対向部61である。以

下において、対向部61を構成する主端子60C, 60Eの部分を、対向部61C, 61Eと示すことがある。対向部61C, 61Eは、主電流が流れたときに生じる磁束をお互いに打ち消すように配置されている。磁束打ち消しの効果を高めるには、主電流の向きが略逆向きとなるように配置するとよい。すなわち、主端子60C, 60Eの延設の向きを、対向部61において略一致させるとよい。板面とは、主端子60それぞれの板厚方向の面である。対向部61は、Z方向の投影視において主端子60C, 60Eが互いにオーバーラップする部分である。対向部61は、重なり部（オーバーラップ部）、積層部と称されることがある。

[0044] 本実施形態では、対向部61C, 61Eにおける主端子60C, 60Eの延設方向が、いずれもY方向に略平行とされている。主端子60C, 60Eと対応するヒートシンク40C, 40Eとの境界は、Y方向において互いにほぼ同じ位置とされている。対向部61C, 61Eは対応するヒートシンク40C, 40Eに連なっており、対向部61C, 61Eとヒートシンク40C, 40Eと間に、非対向部が存在していない。すなわち、ヒートシンク40に隣接して対向部61が設けられている。

[0045] 主端子60は屈曲部を有している。対向部61の主たる部分において、対向部61C, 61EのZ方向に沿う対向距離は、ヒートシンク40C, 40Eの対向距離、すなわち接続面41C, 41E間の距離より短くされている。本実施形態では、主端子60C, 60Eが、2つの屈曲部をそれぞれ有している。屈曲部は、いずれも本体部21内に配置されている。互いにオーバーラップする部分であって、ヒートシンク40に対して遠い側の屈曲部64C, 64Eより突出先端側の部分が、対向部61の主たる部分とされている。屈曲部64C, 64Eより突出先端側において、主端子60C, 60Eの板厚方向はZ方向に略平行とされており、主端子60C, 60E間のギャップは、ほぼ一定とされている。

[0046] 屈曲部の他のひとつは、ヒートシンク40側の端部に設けられている。主端子60C, 60Eは、接続面41C, 41Eと略面一で、対応するヒート

シンク４０Ｃ，４０Ｅに連なっている。これにより、互いにオーバーラップする部分であって、ヒートシンク４０Ｃ，４０Ｅから屈曲部６４Ｃ，６４Ｅまでの部分も、対向部６１Ｃ，６１Ｅの対向距離がヒートシンク４０Ｃ，４０Ｅの対向距離以下とされている。

[0047] 非対向部６２は、主端子６０において、板面同士が対向しない部分である。非対向部６２は、Ｚ方向の平面視において、主端子６０Ｃ，６０Ｅの一方のみが配置された部分である。非対向部６２は、非重なり部、非積層部と称されることがある。非対向部６２は、対向部６１に連なっている。

[0048] 主端子６０は、非対向部６２として、対向部６１Ｅに連なる非対向部６２Ｅを少なくとも有している。非対向部６２Ｅは、ヒートシンク４０Ｅ側とは反対で、対向部６１Ｅに連なっている。非対向部６２Ｅが、第１主端子の非対向部、第１非対向部に相当する。図７では、主端子６０Ｅ上であって一点鎖線で囲まれた部分が、非対向部６２Ｅである。

[0049] Ｚ方向において、非対向部６２Ｅの直上には、主端子６０Ｃが配置されていない。主端子６０Ｅは、主端子６０Ｃと対向しない領域まで延びている。非対向部６２Ｅは、対向部６１ＥからＹ方向に延設されている。対向部６１Ｅと非対向部６２Ｅとの並び方向は、Ｙ方向に略平行とされている。対向部６１Ｅと非対向部６２Ｅとの並び方向は、主端子６０Ｅの延設方向に一致している。非対向部６２Ｅの板厚方向は、Ｚ方向に略平行とされている。主端子６０Ｅは、幅がほぼ一定で延設されている。主端子６０Ｅは、平面略矩形状をなしている。主端子６０Ｅにおいて、ヒートシンク４０Ｅ側の部分是对向部６１Ｅを構成し、残りの部分である突出先端側の部分は非対向部６２Ｅを構成している。図７に示すように、主端子６０Ｅの延設長さ L_e は、主端子６０Ｃの延設長さ L_c よりも長くされている。

[0050] 本実施形態では、主端子６０が、対向部６１Ｃに連なる非対向部６２Ｃを有している。非対向部６２Ｃは、対向部６１を挟むように、幅方向において対向部６１Ｃの両側に連なっている。幅方向とは、対向部６１Ｅと非対向部６２Ｅとの並び方向に直交する方向である。本実施形態では、幅方向がＸ方

向に略平行とされている。非対向部 6 2 C のひとつは、X 方向において対向部 6 1 C の一端側に連なっており、非対向部 6 2 C の他のひとつは、対向部 6 1 C の他端側に連なっている。図 7 では、主端子 6 0 C 上であって一点鎖線で囲まれた部分が、非対向部 6 2 C である。

[0051] Z 方向において、非対向部 6 2 C の直上には、主端子 6 0 E が配置されていない。非対向部 6 2 C は、対向部 6 1 C の両端から X 方向に延びている。非対向部 6 2 C の板厚方向は、Z 方向に略平行とされている。Y 方向において、非対向部 6 2 C の一端は、ヒートシンク 4 0 C に連なっている。Y 方向において、非対向部 6 2 C の延設長さは、対向部 6 1 C と延設長さと略等しくされている。主端子 6 0 C は、幅がほぼ一定で延設されている。主端子 6 0 C は、平面略矩形状をなしている。主端子 6 0 C において、X 方向の中央部分が対向部 6 1 C を構成し、残りの部分である両端部分が非対向部 6 2 C を構成している。図 7 に示すように、主端子 6 0 C の幅 W_c は、主端子 6 0 E の幅 W_e よりも長くされている。

[0052] 露出部 6 3 は、主端子 6 0 の板面に形成された外部との接続部分である。露出部 6 3 は、主端子 6 0 のうち、封止樹脂体 2 0 の端子被覆部 2 2 から局所的に露出され、外部との接続領域とされている。主端子 6 0 は、露出部 6 3 として、主端子 6 0 E に形成された露出部 6 3 E と、主端子 6 0 C に形成された露出部 6 3 C を有している。半導体素子 3 0 が上アームを構成する場合、露出部 6 3 C に高電位電源ライン 7 を構成するバスバーが接続され、露出部 6 3 E に出力ライン 9 に対応するバスバーが接続される。半導体素子 3 0 が下アームを構成する場合、露出部 6 3 C に出力ライン 9 を構成するバスバーが接続され、露出部 6 3 E に低電位電源ライン 8 に対応するバスバーが接続される。露出部 6 3 が接続部に相当する。露出部 6 3 E が第 1 接続部に相当し、露出部 6 3 C が第 2 接続部に相当する。

[0053] 露出部 6 3 E は、非対向部 6 2 E の板面に形成されている。露出部 6 3 E は、主端子 6 0 C と重ならない位置に形成されている。Y 方向において、露出部 6 3 E は、露出部 6 3 C よりも半導体素子 3 0 に対して離れた位置に形

成されている。本実施形態では、非対向部 6 2 E のうち、主端子 6 0 E の突出先端から所定範囲の部分が露出部 6 3 E とされ、対向部 6 1 E 側の残りの部分が、端子被覆部 2 2 によって覆われている。露出部 6 3 E は、裏面 2 1 b 側の板面に形成されている。露出部 6 3 E の幅は、非対向部 6 2 E の幅、すなわち主端子 6 0 E の幅と略一致している。

[0054] 露出部 6 3 C は、主端子 6 0 C において、少なくとも対向部 6 1 C の板面に形成されている。露出部 6 3 C は、対向部 6 1 C の板面のうち、主端子 6 0 E との対向面とは反対の板面に形成されている。Y 方向において、露出部 6 3 C は、露出部 6 3 E よりも半導体素子 3 0 に近い位置に形成されている。露出部 6 3 C は、幅方向である X 方向の形成位置、換言すれば X 座標が、露出部 6 3 E と重複するように形成されている。

[0055] 本実施形態では、露出部 6 3 C が、露出部 6 3 E 同様、裏面 2 1 b 側の板面に形成されている。主端子 6 0 C のうち、突出先端から所定範囲の部分が露出部 6 3 C とされ、ヒートシンク 4 0 C 側の残りの部分が、端子被覆部 2 2 によって覆われている。露出部 6 3 C は、対向部 6 1 C だけでなく、両端の非対向部 6 2 C にわたって一体的に形成されている。露出部 6 3 C の幅は、主端子 6 0 C の幅と略一致している。

[0056] Z 方向からの投影視において、露出部 6 3 C は、X 方向に対向部 6 1 E を跨いでいる。すなわち、露出部 6 3 C の X 方向の形成位置は、露出部 6 3 E の X 方向の形成位置と重複している。特に本実施形態では、X 方向において、露出部 6 3 E の幅の中心位置と、露出部 6 3 C の幅の中心位置とが略一致している。さらには、露出部 6 3 E の幅の中心位置と、露出部 6 3 C の幅の中心位置とが、半導体素子 3 0 の素子的中心を通る中心線 C L 上に位置している。素子的中心とは、本実施形態のように半導体素子 3 0 がひとつの場合、半導体素子 3 0 の中心である。半導体素子 3 0 がたとえば 2 つの場合、2 つの半導体素子 3 0 の並び方向において中心間の中央位置である。中心線 C L は、幅方向に直交し、素子的中心を通る仮想線である。

[0057] 端子被覆部 2 2 は、上記したように、主端子 6 0 の一部を覆っている。端

子被覆部 22 を含む封止樹脂体 20 は、少なくとも対向部 61C, 61E の間に介在している。封止樹脂体 20 は、対向部 61C, 61E の対向領域全域に配置されている。対向部 61 は、対向部 61C, 61E と封止樹脂体 20 との積層体とされている。主端子 60 のうち、突出先端側の部分が端子被覆部 22 によって覆われ、ヒートシンク 40 側の根元部分が本体部 21 によって覆われている。

[0058] 露出部 63C, 63E は、端子被覆部 22 から露出されている。端子被覆部 22 は、一面 22a と、Z 方向において一面 22a と反対の裏面 22b を有している。一面 22a は、Z 方向において放熱面 42E 側の面であり、裏面 22b は放熱面 42C 側の面である。端子被覆部 22 は裏面 22b 側に開口しており、この開口部を介して露出部 63C, 63E が外部と接続可能に露出されている。露出部 63C, 63E は、裏面 22b に対して略面一で露出されている。

[0059] 端子被覆部 22 は、上記した開口部とは別に、凹部 23 を有している。凹部 23 は、露出部 63 が開口する裏面 22b とは反対の一面 22a に開口し、一面 22a に対して凹んでいる。凹部 23 は、封止樹脂体 20 を成形する際に、型のクランプによって生じるクランプ痕である。本実施形態の凹部 23 は、主端子 60 における露出部 63 が形成された面と反対の板面が底部をなすように形成されている。底部をなす板面の部分は、凹部 23 を介して外部に露出されている。凹部 23 は、孔、又は、切り欠きである。

[0060] 図 2 及び図 5 に示すように、端子被覆部 22 は、凹部 23 として、主端子 60E の非対向部 62E 上に設けられた凹部 23E と、主端子 60C の非対向部 62C 上に設けられた凹部 23C を有している。凹部 23E が第 1 凹部に相当し、凹部 23C が第 2 凹部に相当する。凹部 23E は、一面 22a に開口し、非対向部 62E が底部をなすように形成されている。凹部 23E は、幅方向である X 方向において、非対向部 62E の両端付近にそれぞれ設けられている。凹部 23E は、切り欠きとして提供されており、端子被覆部 22 の側面にも開口している。

[0061] 凹部23Cは、一面22aに開口し、非対向部62Cが底部をなすように形成されている。凹部23Cは、幅方向であるX方向において、非対向部62Eのそれぞれに設けられている。凹部23Cは、X方向において、主端子60Cの両端付近にそれぞれ設けられている。凹部23Cは、切り欠きとして提供されており、端子被覆部22の側面にも開口している。

[0062] 端子被覆部22は、Z方向において段差を有している。端子被覆部22は、主端子60Eを保持する第1保持部24と、主端子60Cを保持する第2保持部25を有している。第1保持部24は、本体部21の側面21cに連なっている。第1保持部24は、側面21cからY方向に延設されている。第1保持部24は、半導体素子30を基準として第2保持部25よりも遠い位置まで延設されている。第1保持部24は、幅がほぼ一定で延設されている。第1保持部24の厚みは、ほぼ一定とされている。第1保持部24は、平面略矩形状をなしている。第1保持部24の幅は、主端子60Eの幅よりも広く、且つ、主端子60Cの幅よりも細くされている。非対向部62Cのそれぞれの一部分が、第1保持部24よりもX方向において外側に位置している。第1保持部24は、主端子60Eの露出部63Eとは反対側の板面と、側面とを覆っている。

[0063] 第1保持部24において、一面22aは、本体部21の一面21aと略面一とされている。第1保持部24において、裏面22bは、本体部21の裏面21bよりもZ方向において一面21aに近い位置とされている。第1保持部24の裏面22bは、主端子60Eの露出部63E側の板面と略面一とされている。露出部63Eは、第1保持部24の裏面22bに対して略面一で露出されている。

[0064] 第2保持部25も、本体部21の側面21cに連なっている。第2保持部25は、裏面21b側において第1保持部24上に設けられている。第2保持部25は、側面21cからY方向に延設されている。第2保持部25は、幅がほぼ一定で延設されている。第2保持部25の厚みは、ほぼ一定とされている。第2保持部25は、平面略矩形状をなしている。第2保持部25の

延設長さは、第1保持部24の延設長さよりも短くされている。第2保持部25の突出先端位置は、露出部63Eのヒートシンク40E側の端部と一致している。第2保持部25によって、主端子60Eの露出部63E側の板面の一部が覆われている。

[0065] 第2保持部25の幅は、第1保持部24及び主端子60Cの幅よりも広くされている。第2保持部25は、主端子60Cの露出部63Cとは反対側の板面と、側面とを覆っている。第2保持部25において、一面22aは、第1保持部24の裏面22bと略面一とされている。第2保持部25において、裏面22bは、Z方向において本体部21の裏面21bと第1保持部24の裏面22bとの間に設けられている。第2保持部25の裏面22bは、主端子60Cの露出部63C側の板面と略面一とされている。露出部63Cは、第2保持部25の裏面22bに対して略面一で露出されている。露出部63Cは、Z方向において露出部63Eとは異なる位置に設けられている。

[0066] 図8は、封止樹脂体20を成形する型の一例である。図8(a)はヒートシンク40C側の下型100、図8(b)はヒートシンク40E側の上型110を示している。下型100及び上型110を用いて、端子被覆部22を含む封止樹脂体20が成形される。

[0067] 下型100は、凹部101と、支持部102～104を有している。凹部101には、ヒートシンク40Cが配置される。ヒートシンク40Cの放熱面42Cを凹部111の底面に接触させてもよいし、底面に対して離れた状態としてもよい。離れた状態の場合、成形後にたとえば切削することで放熱面42Cを露出させればよい。支持部102は、信号端子70、吊りリード71の一部、及び図示しないタイバーを支持する。

[0068] 支持部103は、凹部101の底面から突出した部分である。支持部103は、凹部101のうち、段差によって底面が高い部分である。支持部103は、凹部101の周辺部分よりも低い位置とされている。支持部103は、端子被覆部22の第2保持部25に対応して設けられている。支持部103に対して、主端子60Cの露出部63Cが接触配置される。支持部103

は、露出部 6 3 C（主端子 6 0 C）よりも広い幅とされている。支持部 1 0 4 は、凹部 1 0 1 の周辺であって、延設方向において支持部 1 0 3 に隣接する部分である。支持部 1 0 4 に対して、主端子 6 0 E の露出部 6 3 E が接触配置される。

[0069] 上型 1 1 0 は、凹部 1 1 1，1 1 2 と、凸部 1 1 3，1 1 4 を有している。凹部 1 1 1 には、ヒートシンク 4 0 E が配置される。ヒートシンク 4 0 E の放熱面 4 2 E を凹部 1 1 1 の底面に接触させてもよいし、底面に対して離れた状態としてもよい。離れた状態の場合、成形後にたとえば切削することで放熱面 4 2 E を露出させればよい。凹部 1 1 2 は、凹部 1 1 1 に連なっている。凹部 1 1 2 は、端子被覆部 2 2 の第 1 保持部 2 4 に対応して設けられている。凹部 1 1 2 の深さは、凹部 1 1 1 とほぼ同じである。凹部 1 1 2 の底面は、凹部 1 1 1 の底面と略面一で連なっている。凹部 1 1 2 の幅は、凹部 1 1 1 の幅よりも狭くされている。

[0070] 凸部 1 1 3 は、凹部 1 1 2 の底面から突出している。凸部 1 1 3 は、端子被覆部 2 2 の凹部 2 3 E に対応して設けられている。上型 1 1 0 は、2 つの凸部 1 1 3 を有している。凸部 1 1 3 は、主端子 6 0 E の非対向部 6 2 E を、露出部 6 3 E と反対の板面側から押さえる部分である。型締め状態において、凸部 1 1 3 は、Z 方向からの投影視で支持部 1 0 4 と重なる位置に設けられている。成形時において、支持部 1 0 4 と凸部 1 1 3 とにより、板厚方向の両側から主端子 6 0 E がクランプされる。

[0071] 凸部 1 1 4 は、凹部 1 1 1，1 1 2 の周辺部分から突出している。凸部 1 1 4 は、幅方向において凹部 1 1 2 の両サイドにそれぞれ設けられている。上型 1 1 0 は、2 つの凸部 1 1 4 を有している。凸部 1 1 4 は、主端子 6 0 C の非対向部 6 2 C を、露出部 6 3 C と反対の板面側から押さえる部分である。型締め状態において、凸部 1 1 4 は、Z 方向からの投影視で支持部 1 0 3 の両端付近と重なる位置に設けられている。成形時において、支持部 1 0 3 と凸部 1 1 4 とにより、板厚方向の両側から主端子 6 0 C がクランプされる。

[0072] なお、成形時において主端子60を押さえる（クランプする）ために、固定式の凸部113，114に代えて、可動式のピンを用いてもよい。

[0073] <第1実施形態のまとめ>

本実施形態では、主端子60が対向部61を有している。対向部61では、主端子60C，60Eの板面同士が離間しつつ対向している。離間配置、すなわち所定のギャップを有した配置としているため、主端子60C，60E間の絶縁を確保することができる。板面同士が対向するため、主電流が流れたときに生じる磁束を互いに打ち消す効果が高い。これにより、インダクタンスを低減することができる。

[0074] 図9は、上下アーム回路6を構成するひとつのアームのインダクタンス、具体的には、主端子60C，60E間のインダクタンスの磁場解析結果である。図9は、主端子60C，60Eを対向配置させたときの磁場解析結果である。この磁場解析では、電流経路角 θ を3水準設けた。電流経路角 θ とは、Z方向からの平面視において、露出部63C、半導体素子30、露出部63Eの間で形成される電流経路の角度である。

[0075] 図9に示すように、電流経路角 θ が小さいほど、インダクタンスを低減できることが明らかとなった。対向配置によりインダクタンスを低減できるものの、電流経路角 θ が大きいほど低減の効果が弱まることが明らかとなった。

[0076] 本実施形態では、主端子60Eが、ヒートシンク40Eとは反対側で対向部61Eに連なる非対向部62Eを有している。すなわち、主端子60Eを、主端子60Cよりも遠くまで延設している。そして、非対向部62Eに、外部との接続部である露出部63Eが形成されている。主端子60Cの露出部63Cは、対向部61Cに形成されている。露出部63C，63Eの位置を、主端子60の延設方向においてずらしたため、対向部61を確保しつつ、露出部63C，63Eの幅方向の形成位置を、露出部63C，63Eとで重複させることができる。露出部63C，63Eの重複により、重複しない構成に較べて、上記した電流経路角 θ を小さくすることができる。

[0077] 以上により、本実施形態に係る半導体モジュール10によれば、インダクタンスを低減することができる。

[0078] 図10に示す変形例のように、露出部63C、63Eを、幅方向であるX方向にずらしてもよい。図10は、図7をさらに簡素化しており、露出部63C、63Eと半導体素子30のみを示している。図10に示す破線矢印が、幅方向において露出部63C、63Eが重複している領域である。重複により、電流経路角 θ を小さくすることができる。図10では、幅方向において、露出部63Eの中心位置と、露出部63Cの中心位置とがずれている。また、一例として、露出部63Cの中心位置が中心線CLから外れた位置とされている。

[0079] これに対し、本実施形態では、幅方向において、露出部63Eの中心位置と、露出部63Cの中心位置とが略一致している。これにより、中心位置がずれて設けられる構成に較べて、電流経路角 θ を小さくすることができる。したがって、インダクタンスを効果的に低減することができる。

[0080] 特に、本実施形態では、露出部63Eの幅の中心位置と、露出部63Cの幅の中心位置とが、半導体素子30の素子的中心を通る中心線CL上に位置している。これにより、電流経路角 θ が理想的には、ほぼ0(°)となる。したがって、インダクタンスをより効果的に低減することができる。

[0081] 図11に示す変形例のように、露出部63C、63Eを、主端子60C、60Eにおいて互いに異なる側の板面に設けてもよい。第2主端子に相当する主端子60Cにおいて、露出部63Cは、主端子60Eとの対向面とは反対の板面に形成されている。図11では、露出部63Eについても、主端子60Cとの対向面とは反対の板面に形成されている。露出部63Eは、非対向部62Eにおいて、放熱面42E側の板面に形成されている。露出部63C、63Eを互いに異なる側の板面に設けた場合にも、露出部63C、63Eの形成位置の重複により、インダクタンスを低減することができる。

[0082] これに対し、本実施形態では、露出部63C、63Eが、主端子60C、60Eにおいて互いに同じ側の板面、具体的には放熱面42C側の板面にそ

れぞれ形成されている。たとえば、露出部 63C, 63E のそれぞれについて、Z 方向の同じ側からたとえばバスバーを接続することができる。したがって、主端子 60 と外部との接続性を向上することができる。また、封止樹脂体 20 を備える構成において、封止樹脂体 20 を成形する型の構造を簡素化することができる。

[0083] 図示を省略するが、たとえば端子被覆部 22 を設けず、対向部 61 において、主端子 60C, 60E の対向面間に空気（気体）が介在する構成としてもよい。この場合、主端子 60C, 60E 間の絶縁のために、対向面間に所定のギャップ（空間距離）を確保することとなる。使用する電圧領域によっては適用が可能である。

[0084] これに対し、本実施形態では、半導体モジュール 10 が、封止樹脂体 20 を備えている。そして、対向部 61 を構成する主端子 60C, 60E の間に、封止樹脂体 20 が介在している。このように、対向面間に樹脂が充填されている、空間絶縁ではなく、層間絶縁となるため、樹脂の絶縁能力により、主端子 60C, 60E の対向面を近づけることができる。したがって、インダクタンスをさらに低減することができる。

[0085] 図 12 に示す変形例のように、第 2 主端子である主端子 60C が、非対向部 62C を備えない構成としてもよい。図 12 では、主端子 60C の幅が、主端子 60E の幅と略等しくされている。そして、露出部 63C の幅も、露出部 63E の幅と略等しくされている。幅方向において、露出部 63C, 63E の形成位置がほぼ一致している。電流経路角 θ が小さくなり、インダクタンスを低減することができる。端子被覆部 22 を含む封止樹脂体 20 を成形する際、主端子 60C を両面側からクランプするには、主端子 60E の対向部 61E に貫通孔を設ければよい。

[0086] これに対し、本実施形態では、主端子 60C が、対向部 61C を挟むように、幅方向において対向部 61C の両側にそれぞれ連なる非対向部 62C を有している。成形時において、露出部 63C の形成面とは反対の板面を、非対向部 62 において押さえることができる。したがって、主端子 60E だけ

でなく、主端子60Cについても両面側からクランプすることができる。これにより、樹脂漏れなどが生じるのを抑制することができる。すなわち、封止樹脂体20の成形性を向上することができる。

[0087] 本実施形態では、成形時に露出部63の形成面とは反対の板面を押さえている痕跡として、端子被覆部22が、一面22a側に開口する凹部23C、23Eを有している。これに代えて、凹部23（23C、23E）の少なくともひとつを、二次的に封止してもよい。また、主端子60の板面が底をなすように凹部23が形成されている例を示したが、これに限定されない。凹部23の底を樹脂がなし、板面が露出しない構成としてもよい。たとえば可動式のピンを引き抜いた後に、完全に硬化する前の樹脂が流れ込み、板面におけるピンの接触部分が覆われると、凹部23を有しつつ、板面が露出されない構成となる。

[0088] 本実施形態では、露出部63C、63Eが、Z方向において互いに異なる位置に設けられる例を示したが、これに限定されない。たとえば図13に示す変形例のように、露出部63C、63Eが略面一とされてもよい。図13では、非対向部62Eが、露出部63Eと対向部61Eとの間に屈曲部を有している。この屈曲部により、露出部63EのZ方向の位置が、露出部63CのZ方向の位置と略等しくされている。

[0089] 本実施形態では、主端子60Eが主端子60Cよりも遠くまで延設される例を示したが、これに限定されない。図示を省略するが、逆の構成としてもよい。この場合、主端子60Cが主端子60Eよりも遠くまで延設される。主端子60Cは、ヒートシンク40Cとは反対側で対向部61Cに連なる非対向部62Cを有する。露出部63Cは、非対向部62Cの板面に形成される。主端子60Eは、幅方向の両側で対向部61Eに連なる非対向部62Eを有する。露出部63Eは、幅方向の形成位置が露出部63Cと重複するように、少なくとも対向部61Eにおいて主端子60Cとの対向面とは反対の板面に形成される。

[0090] この構成では、コレクタ電極31Cが第1主電極に相当し、エミッタ電極

31Eが第2主電極に相当する。ヒートシンク40Cが第1導電部材に相当し、ヒートシンク40Eが第2導電部材に相当する。主端子60Cが第1端子、主端子60Eが第2端子に相当する。非対向部62Cが第1主端子の非対向部、第1非対向部に相当し、非対向部62Eが第2非対向部に相当する。露出部63Cが第1接続部に相当し、露出部63Eが第2接続部に相当する。

[0091] はんだ80, 81, 82を用いる例を示したが、接合部材としてはこれに限定されない。たとえばAgペーストを用いてもよい。

[0092] (第2実施形態)

この実施形態は、先行する実施形態を基礎的形態とする変形例である。上記実施形態では、第2主端子が、幅をほぼ一定として延設されている。これに代えて、第2非対向部に切り欠きを設けてもよい。

[0093] 図14は、本実施形態の半導体モジュール10のうち、主端子60を示している。先行実施形態同様、主端子60Eは、ヒートシンク40Eとは反対側で、対向部61Eに連なる非対向部62Eを有している。主端子60Cは、幅方向において対向部61Cの両側にそれぞれ連なる非対向部62Cを有している。すなわち、主端子60Eが第1主端子に相当し、主端子60Cが第2主端子に相当する。

[0094] そして、第2非対向部に相当する非対向部62Cに、切り欠き65Cが形成されている。図14では、非対向部62Cのそれぞれに、切り欠き65Cが形成されている。切り欠き65Cは、主端子60Cの幅方向の端部に形成されている。切り欠き65Cは、Y方向において、半導体素子30に近い位置に形成されている。切り欠き65Cは、平面略円弧状とされている。

[0095] <第2実施形態のまとめ>

スイッチング時に流れる電流、すなわちAC電流は、表皮効果の影響により、主端子60の表面、たとえば幅方向の表面に集中しやすい。周波数が高くなるほど、電流が表面に集中する。幅方向の端部に非対向部62Cを有する構成では、非対向部62Cにおいて電流が集中するため、磁束打ち消しの

効果が弱まるおそれがある。

[0096] これに対し、本実施形態では、非対向部 6 2 C に切り欠き 6 5 C が形成されている。これにより、切り欠き 6 5 C が形成された部分において、主端子 6 0 C の端部は、主端子 6 0 E (対向部 6 1 E) の端部に近づいている。これにより、切り欠き 6 5 C を有さない構成に較べて、表皮効果の影響を低減することができる。すなわち、磁束打ち消しの効果を高めることができる。

[0097] 特に本実施形態では、半導体素子 3 0 寄りに、切り欠き 6 5 C が形成されている。これにより、半導体素子 3 0 の電流経路において、表皮効果の影響をより低減することができる。

[0098] 本実施形態では、幅方向の両端に切り欠き 6 5 C が形成される例を示したが、これに限定されない。非対向部 6 2 C の一方のみに、切り欠き 6 5 C が形成されてもよい。

[0099] 切り欠き 6 5 C の形状は、上記した例に限定されるものではない。切り欠きが主端子 6 0 C に形成される例を示したが、これに限定されない。主端子 6 0 E を第 2 主端子とする構成では、主端子 6 0 E に切り欠きが形成されることとなる。

[0100] (第 3 実施形態)

この実施形態は、先行する実施形態を基礎的形態とする変形例である。上記実施形態では、半導体モジュール 1 0 が、主端子 6 0 の接続対象を備えていない。これに代えて、半導体モジュール 1 0 が、接続対象であるバスバーを備えてもよい。

[0101] 図 1 5 及び図 1 6 に示すように、本実施形態の半導体モジュール 1 0 は、バスバー 9 0 をさらに備えている。半導体モジュール 1 0 は、バスバー 9 0 として、主端子 6 0 E に接続されたバスバー 9 0 E と、主端子 6 0 C に接続されたバスバー 9 0 C を備えている。半導体モジュール 1 0 のうち、バスバー 9 0 を除く部分について、半導体装置と称されることがある。バスバー 9 0 E が第 1 バスバーに相当し、バスバー 9 0 C が第 2 バスバーに相当する。バスバー 9 0 と対応する主端子 6 0 との接続には、溶接、はんだなどの接合

部材を用いた接合、超音波接合、摩擦攪拌接合などを用いることができる。

[0102] バスバー 90 は、対向部 91 と、非対向部 92 C を有している。対向部 91 は、バスバー 90 C, 90 E が離間して対向する部分である。バスバー 90 C, 90 E は、板面同士が対向している。以下において、対向部 91 を構成するバスバー 90 C, 90 E の部分を、対向部 91 C, 91 E と示すことがある。対向部 91 C, 91 E は、主電流が流れたときに生じる磁束をお互いに打ち消すように配置されている。非対向部 92 C は、バスバー 90 C の対向部 91 C に連なっている。非対向部 92 C は、主端子 60 C の露出部 63 C に接続されている。

[0103] 本実施形態では、バスバー 90 のそれぞれが、主端子 60 側の端部から所定の範囲において、Y 方向に延設されている。バスバー 90 の板厚方向は、Z 方向に略平行とされている。バスバー 90 は、Z 方向からの投影視において、半導体装置の外側まで Y 方向に沿って延びている。対向部 91 C, 91 E の間には、バスバー 90 C, 90 E 間を電氣的絶縁する絶縁部材 93 が介在している。絶縁部材 93 としては、絶縁紙、PEEK などの樹脂シートなどを用いることができる。対向部 91 において、バスバー 90 E、絶縁部材 93、バスバー 90 C の順に積層されている。

[0104] バスバー 90 E は、対向部 91 を有している。バスバー 90 E の主端子 60 E 側の端部は、対向部 91 E とされている。Z 方向からの投影視において、対向部 91 E の端部は、主端子 60 E の露出部 63 E と重なっている。主端子 60 E とバスバー 90 E は、板面同士が対向している。バスバー 90 E は、対向部 91 E にて、露出部 63 E に接続されている。対向部 91 E は、露出部 63 E との接続部位から、Y 方向であって半導体素子 30 から離反する方向に延びている。このように、バスバー 90 E は、露出部 63 E に接続される非対向部を有していない。

[0105] バスバー 90 C は、上記したように、対向部 91 C と、非対向部 92 C を有している。Z 方向からの投影視において、対向部 91 C は、バスバー 90 E と対向している。対向部 91 C も、Z 方向からの投影視において、露出部

63Eと重なっている。対向部91Cは、対向部91E同様、露出部63Eと重なる部位から、Y方向であって半導体素子30から離反する方向に延びている。

[0106] 非対向部62Cは、Z方向においてバスバー90Eと対向していない部分である。バスバー90Cの主端子60C側の端部は、非対向部62Cとされている。非対向部62Cは、Y方向において、対向部91Cにおける主端子60C側の端部に連なっている。非対向部92Cは、主端子60Cの露出部63Cと重なっている。主端子60Cとバスバー90Cは、板面同士が対向している。バスバー90Cは、非対向部92Cにて、露出部63Cに接続されている。バスバー90Cは、露出部63Cとの接続部位から、Y方向であって半導体素子30から離反する方向に延びている。バスバー90Cは、Z方向からの投影視において、主端子60Eの非対向部62Cと重なっている。

[0107] <第3実施形態のまとめ>

本実施形態では、バスバー90が、対向部91を有しつつ、非対向部92Cを有している。したがって、先行実施形態に示した構造の主端子60の効果損なうことなく、バスバー90を接続することができる。また、対向部91を有することで、バスバー90C、90Eに主電流が流れたときに生じる磁束を互いに打ち消すことができる。これにより、バスバー90を含めた主回路配線のインダクタンスを低減することができる。

[0108] 図示を省略するが、バスバー90において、主端子60の露出部63からの引き出し方向は、特に限定されない。たとえば、露出部63Eとの接続部からX方向に引き出してもよい。

[0109] これに対し、本実施形態では、バスバー90Cにおいて、非対向部92C、及び、対向部91Cにおける非対向部92C側の端部から少なくとも一部が、Y方向に沿って延設されている。そして、Z方向からの投影視において、バスバー90Cは、主端子60Eの非対向部62Cと重なっている。すなわち、主端子60Cが対向していない非対向部62Cに対して、バスバー9

OCを対向させている。したがって、図17に示すように、主端子60Eの非対向部62Cとバスバー90Cとの間に逆向きの主電流が流れ、主電流が流れたときに生じる磁束を互いに打ち消すことができる。これにより、主回路配線のインダクタンスを効果的に低減することができる。

[0110] 図18に示す変形例のように、半導体モジュール10に、二次封止体94を設けてもよい。二次封止体94は、主端子60とバスバー90との接続部の周辺を封止している。二次封止体94が、封止部材に相当する。二次封止体94としては、封止樹脂体20を成形した後に、形成されている。二次封止体94は、封止樹脂体20の端子被覆部22に連なっている。このような構成では、封止樹脂体20が一次封止体と称されることがある。

[0111] 二次封止体94としては、エポキシ系やシリコン系などの樹脂、ゲルを用いることができる。二次封止体94として、封止樹脂体20と異なる材料を用いてもよい。主端子60、バスバー90に対する剥離を抑制するには、封止樹脂体20よりも弾性率の低い材料を用いるとよい。剥離抑制のために、主端子60、バスバー90における接続部の周辺に、粗化处理やプライマー処理を施してもよい。粗化处理としては、レーザー照射、ショットブラストなどがある。プライマー処理としては、ポリアミド、ポリイミドなどの被膜形成がある。

[0112] 上記では、絶縁紙などの絶縁部材93を、バスバー90C、90Eの対向面間に配置する例を示したが、これに限定されない。図19に示す変形例のように、エナメルなどの絶縁被膜95によって覆われたバスバー90を用いてもよい。絶縁被膜95の厚みは、たとえば数 μm ～数百 μm の範囲内とされている。

[0113] 絶縁被膜95は、バスバー90における主端子60との接続部位及びその裏面部位を露出させる開口部を有している。バスバー90Eを覆う絶縁被膜95は、開口部95Eを有している。バスバー90Cを覆う絶縁被膜95は、開口部95Cを有している。図19に示す符号96Eは、バスバー90Eと主端子60Eとの接合部を示し、符号96Cは、バスバー90Eと主端子

60Eとの接合部を示している。接合部96C、96Eは、主端子60とバスバー90の金属接合によって形成されている。

[0114] 図19に示す構造では、開口部95C、95Eの周りに絶縁被膜95が存在している。これにより、E（エミッタ）電位とC（コレクタ）電位との間の沿面距離が、厚み T_m と、長さ L_m との和によって決定される。厚み T_m は、主端子60Eの露出部63Eから、バスバー90Cを覆う絶縁被膜95までの、Z方向に沿う長さである。換言すれば、第2保持部25の厚みである。長さ L_m は、主端子60Cの露出部63Cから、第2保持部25の先端位置までの長さである。開口部95C、95Eは、Y方向においてずれて設けられ、Z方向からの投影視において互いに重ならない位置とされている。よって、主端子60側の距離で、バスバー90を含めた半導体モジュール10全体の沿面距離を決定することができる。沿面距離を確保したい場合には、たとえば長さ L_m を長くすればよい。これによれば、インダクタンス低減の効果が弱まるのを抑制することができる。

[0115] 第3実施形態及びその変形例として示した構成を、先行実施形態及びその変形例として示した構成とを組み合わせることができる。

[0116] （他の実施形態）

半導体モジュール10をインバータ5に適用する例を示したが、これに限定されない。たとえばコンバータに適用することもできる。また、インバータ5及びコンバータの両方に適用することもできる。

[0117] 半導体素子30に、IGBT6iとFWD6dとが一体的に形成される例を示したが、これに限定されない。IGBT6iとFWD6dとを別チップとしてもよい。

[0118] 半導体素子30に形成されたスイッチング素子としてIGBT6iの例を示したが、これに限定されない。たとえばMOSFETを採用することもできる。

[0119] 両面放熱構造の半導体モジュール10として、ターミナル50を備える例を示したが、これに限定されない。ターミナル50を備えない構成としても

よい。たとえば、ターミナル50の代わりに、ヒートシンク40Eに、エミッタ電極31Eに向けて突出する凸部を設けてもよい。

[0120] また、放熱面42C、42Eが、封止樹脂体20から露出される例を示したが、封止樹脂体20から露出されない構成としてもよい。

[0121] ヒートシンク40C、40E間に配置される半導体素子30がひとつの例を示したが、これに限定されない。複数の半導体素子30が配置されてもよい。たとえば、複数のIGBT6iが並列接続されてひとつのアームが構成されてもよい。

[0122] 以上、本開示の一態様に係る半導体モジュールの実施形態、構成、態様を例示したが、本開示に係る実施形態、構成、態様は、上述した各実施形態、各構成、各態様に限定されるものではない。例えば、異なる実施形態、構成、態様にそれぞれ開示された技術的部を適宜組み合わせて得られる実施形態、構成、態様についても本開示に係る実施形態、構成、態様の範囲に含まれる。

請求の範囲

[請求項1] 一面側に第1主電極（31E）を有し、前記一面とは反対の裏面側に第2主電極（31C）を有する少なくともひとつの半導体素子（30）と、

前記半導体素子を挟むように配置された導電部材（40）であって、前記一面側に配置され、前記第1主電極と接続された第1導電部材（40E）、及び、前記裏面側に配置され、前記第2主電極と接続された第2導電部材（40C）と、

前記導電部材から延設された主端子（60）であって、前記第1導電部材に連なる第1主端子（60E）、及び、前記第2導電部材に連なる第2主端子（60C）と、

を備え、

前記主端子は、主電流が流れたときに生じる磁束をお互いに打ち消すように配置され、前記第1主端子と前記第2主端子との板面同士が離間して対向する部分である対向部（61）と、

前記第1導電部材側とは反対で、前記第1主端子の前記対向部に連なる非対向部（62E）と、

前記主端子の板面に形成された外部との接続部（63）であって、前記第1主端子の前記非対向部に形成された第1接続部（63E）、及び、前記第1主端子の前記対向部と前記非対向部との並び方向に直交する幅方向において、形成位置が前記第1接続部と重複するように、前記第1主端子との対向面とは反対の板面であって前記第2主端子の少なくとも前記対向部に形成された第2接続部（63C）と、を有している半導体モジュール。

[請求項2] 前記幅方向において、前記第1接続部の中心と前記第2接続部の中心とが一致している請求項1に記載の半導体モジュール。

[請求項3] 前記第1接続部と前記第2接続部とは、同じ側の前記板面に形成さ

れている請求項 1 又は請求項 2 に記載の半導体モジュール。

[請求項4] 前記導電部材それぞれの少なくとも一部、前記主端子それぞれの一部、及び前記半導体素子を一体的に封止する封止樹脂体（20）をさらに備え、

前記封止樹脂体は、前記対向部を構成する前記第 1 主端子と前記第 2 主端子との間に介在している請求項 1 ～ 3 いずれか 1 項に記載の半導体モジュール。

[請求項5] 前記第 2 主端子は、前記幅方向において前記第 1 主端子を跨ぐように配置され、

前記主端子は、前記第 1 主端子に設けられた前記非対向部としての第 1 非対向部とは別に、前記幅方向において前記第 2 主端子の前記対向部の両側にそれぞれ連なる第 2 非対向部（62C）をさらに有し、

前記接続部は、前記外部との接続領域として、前記主端子の板面が前記封止樹脂体から露出された部分である請求項 4 に記載の半導体モジュール。

[請求項6] 前記封止樹脂体は、前記接続部側の面とは反対の面に開口する凹部（23）であって、前記第 1 非対向部上に設けられた第 1 凹部（23E）、及び、前記第 2 非対向部上に設けられた第 2 凹部（23C）を有している請求項 5 に記載の半導体モジュール。

[請求項7] 前記第 2 主端子は、前記第 2 非対向部に切り欠き（65C）を有している請求項 5 又は請求項 6 に記載の半導体モジュール。

[請求項8] 前記主端子の前記接続部に接続されたバスバー（90）であって、前記第 1 主端子に接続された第 1 バスバー（90E）、及び、前記第 2 主端子に接続された第 2 バスバー（90C）をさらに備え、

前記バスバーは、

主電流が流れたときに生じる磁束をお互いに打ち消すように配置され、前記第 1 バスバーと前記第 2 バスバーとが離間して対向する部分である対向部（91）と、

前記第2バスバーの前記対向部に連なり、前記第2接続部に接続された非対向部（92C）と、を有している請求項1～7いずれか1項に記載の半導体モジュール。

[請求項9] 前記第2バスバーにおいて、前記非対向部、及び、前記対向部における前記非対向部側の端部から少なくとも一部が、前記並び方向に沿って延設されており、

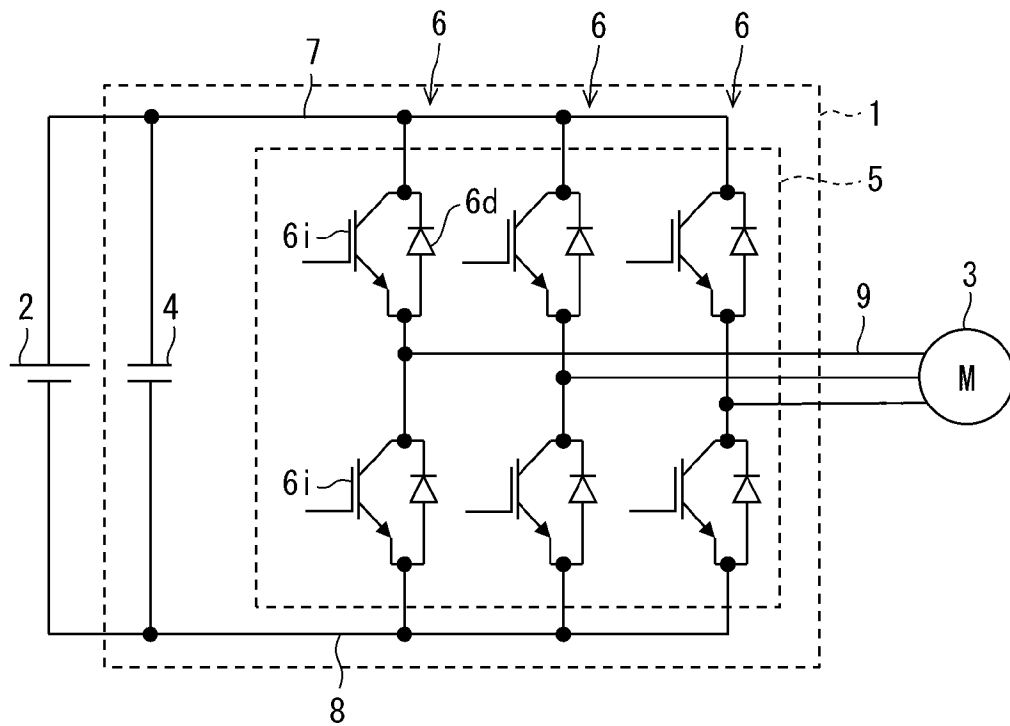
前記並び方向及び前記幅方向に直交する方向からの投影視において、前記第2バスバーは、前記第1主端子の前記非対向部と重なっている請求項8に記載の半導体モジュール。

[請求項10] 前記主端子と前記バスバーとの接続部の周辺を封止する封止部材（94）をさらに備える請求項8又は請求項9に記載の半導体モジュール。

[請求項11] 前記バスバーは、絶縁被膜（95）によって覆われており、
前記絶縁被膜は、前記バスバーにおける前記主端子との接続部位及び該接続部位の裏面部位を露出させる開口部（95C, 95E）を有している請求項8又は請求項9に記載の半導体モジュール。

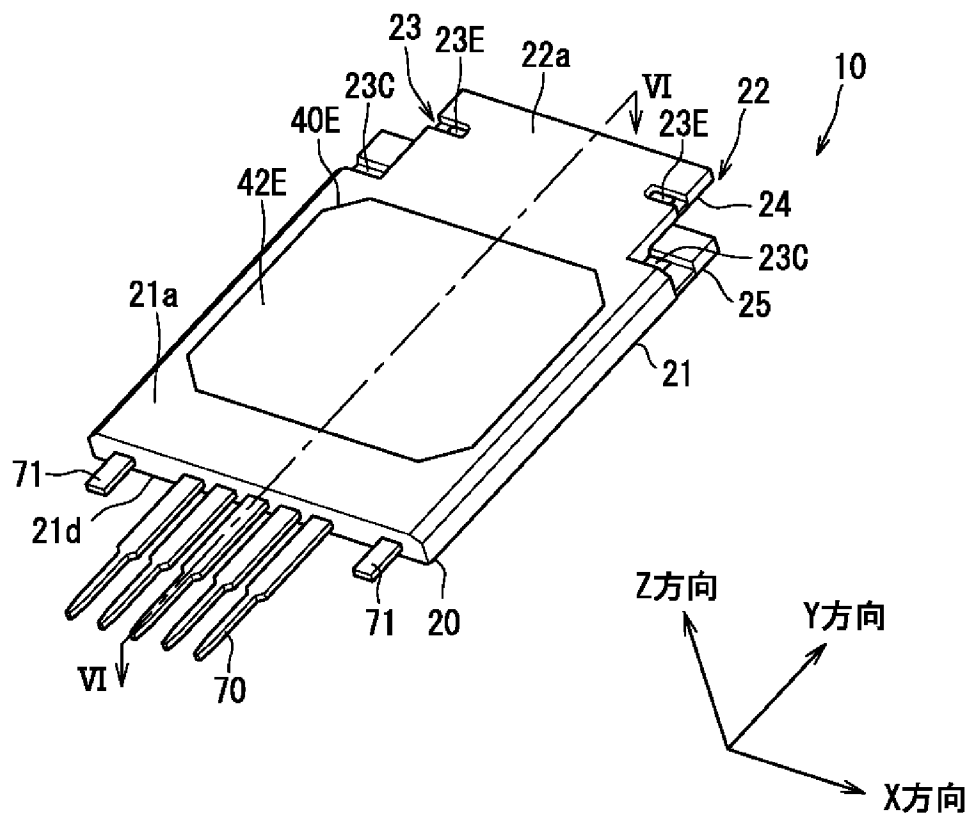
[図1]

図1



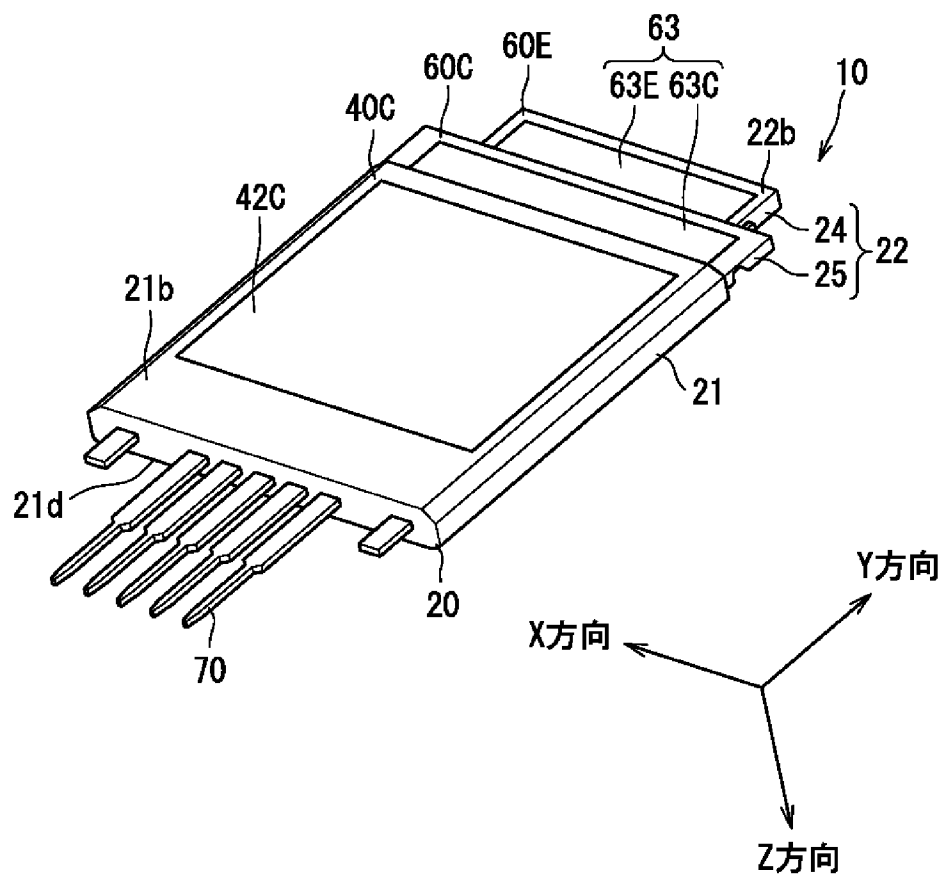
[図2]

図2



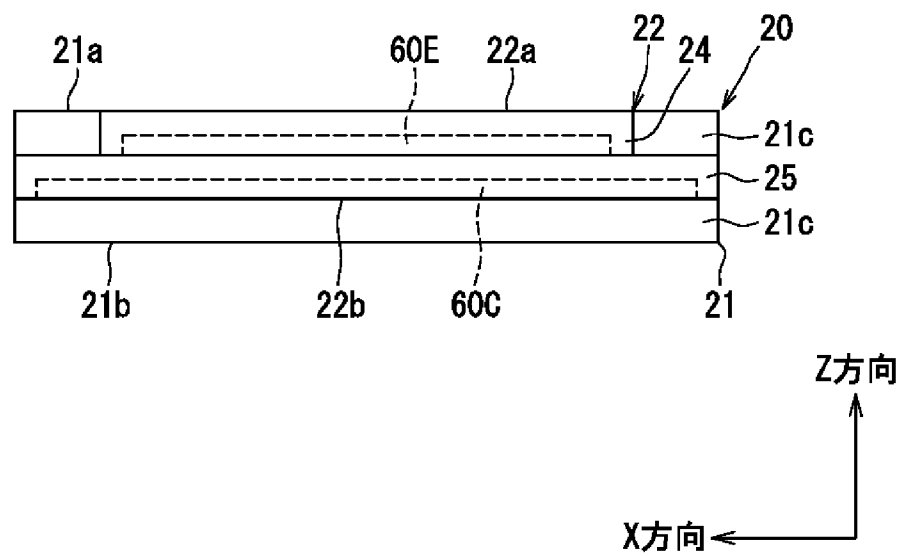
[図3]

図3



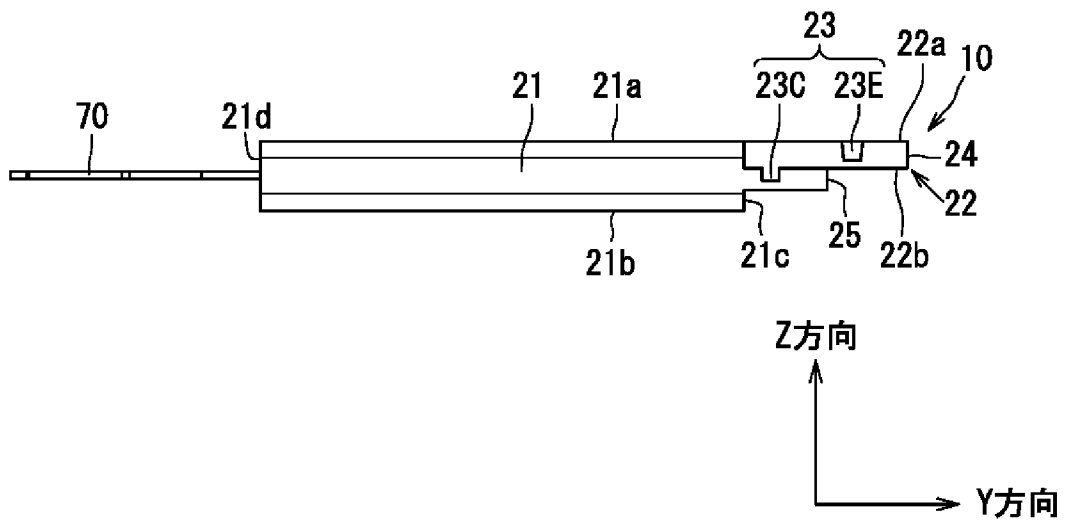
[図4]

図4



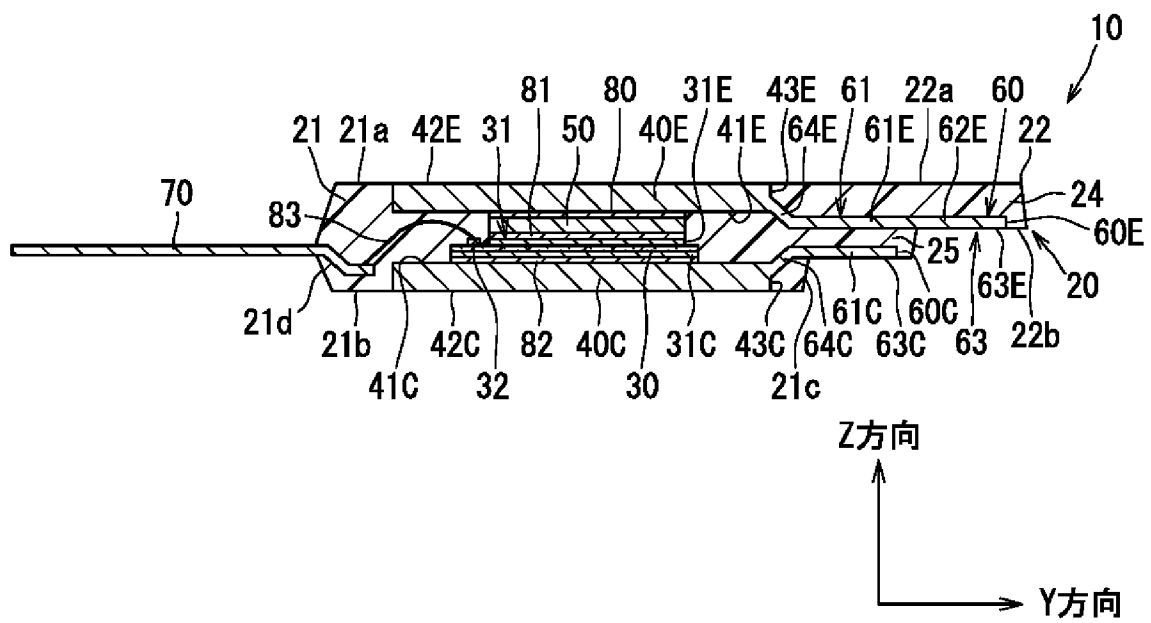
[図5]

図5



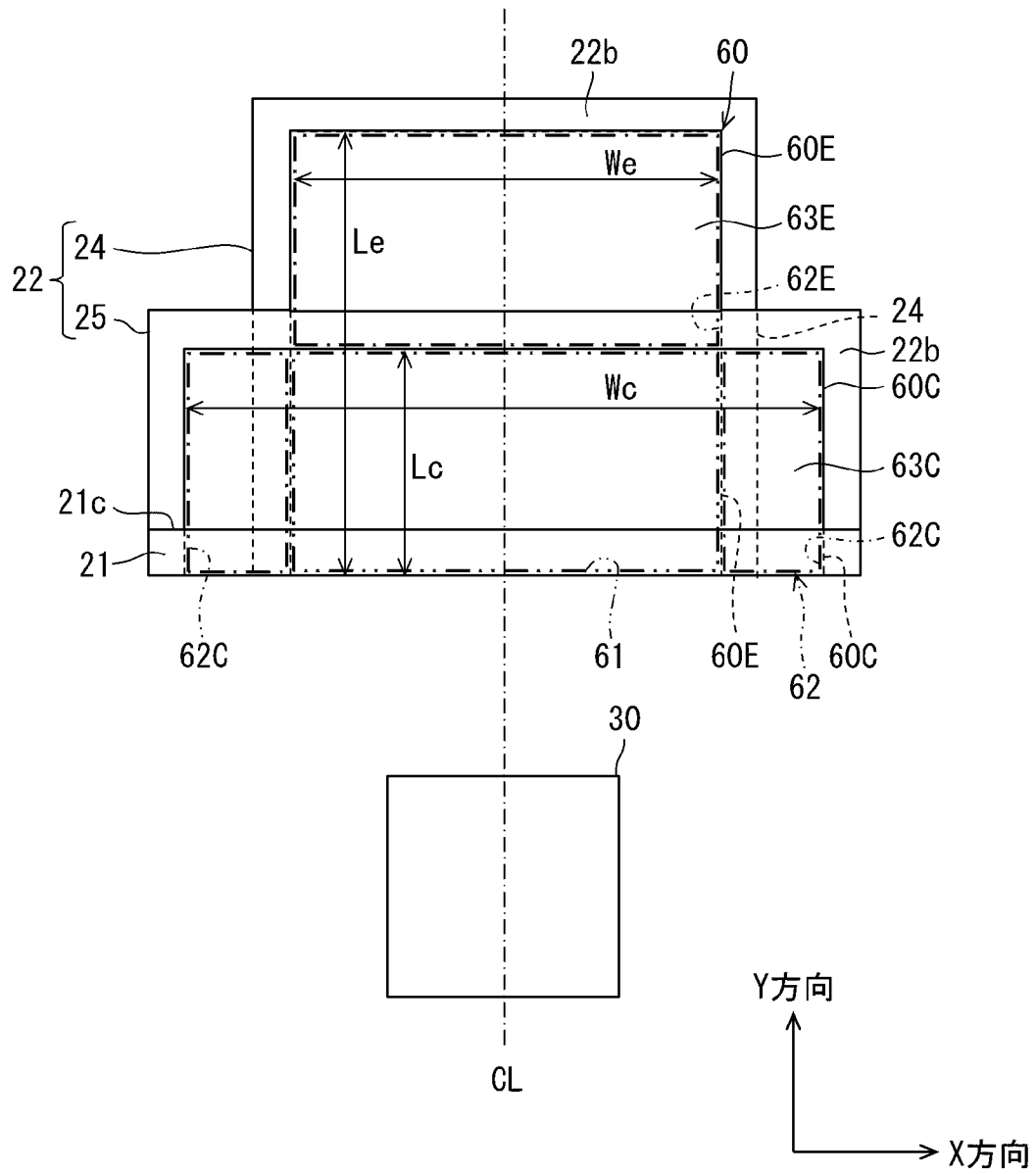
[図6]

図6



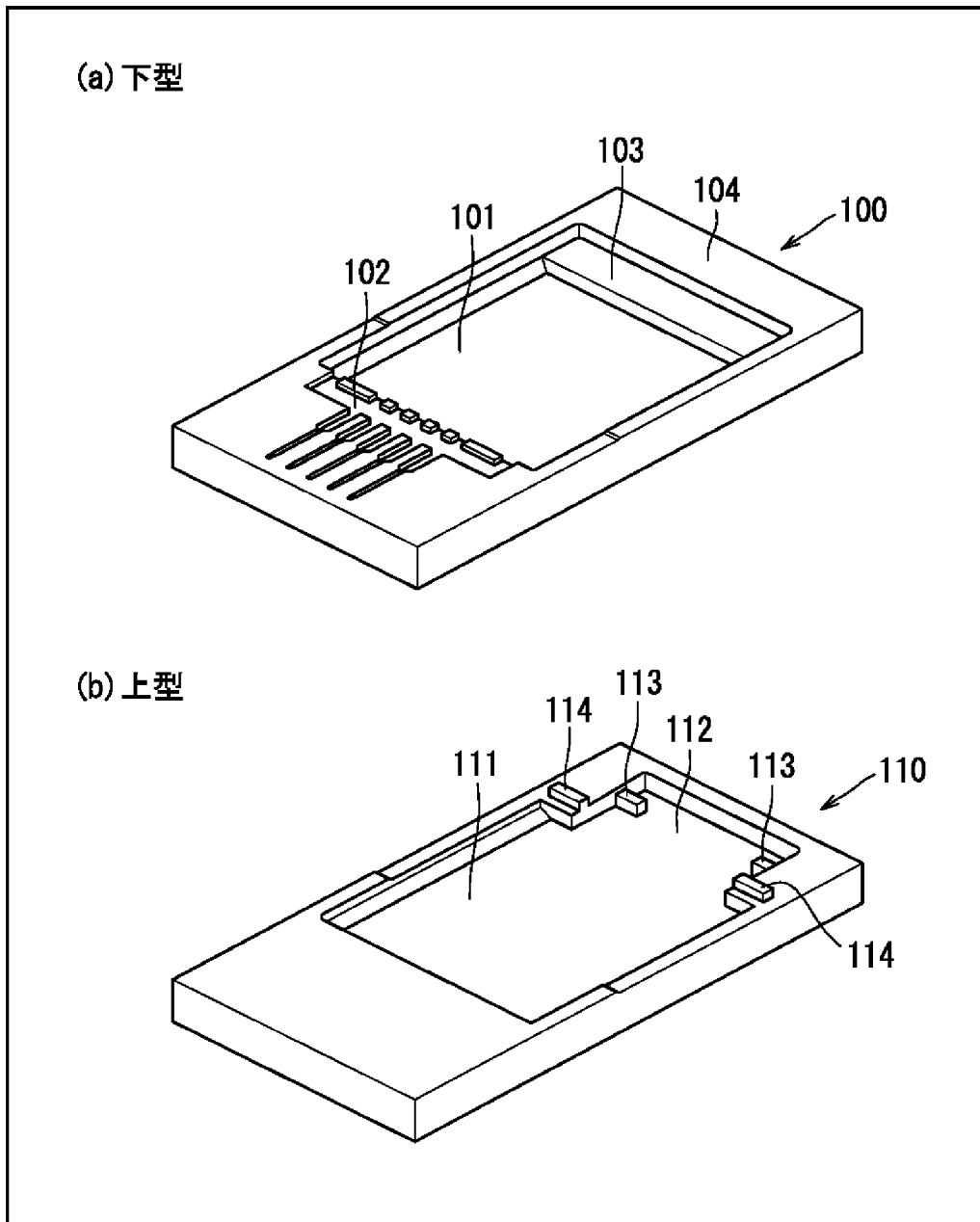
[図7]

図7



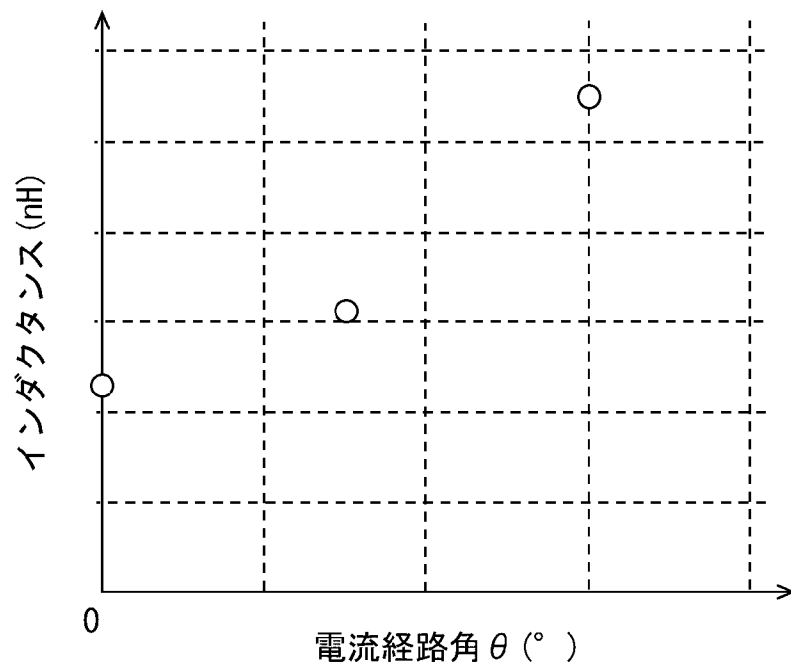
[図8]

図8



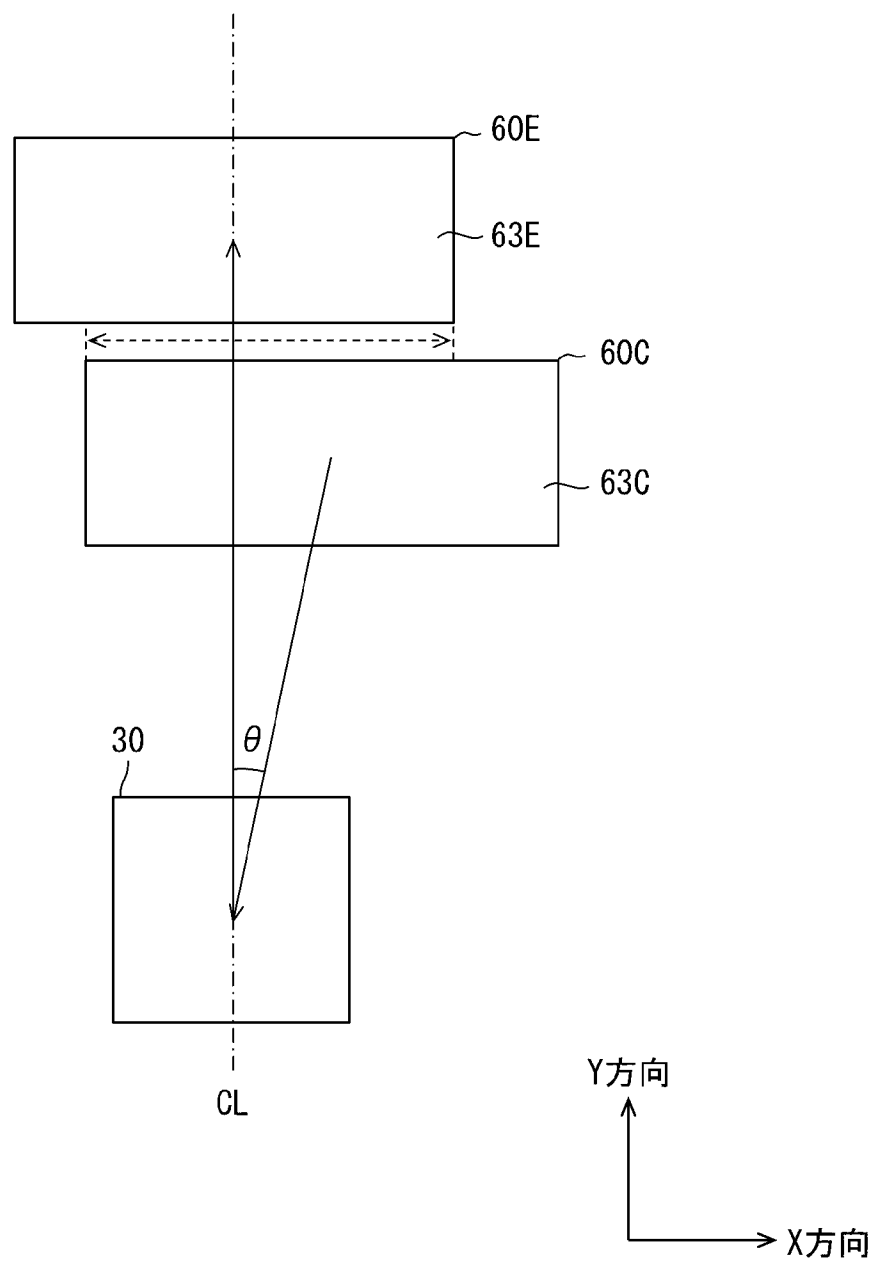
[図9]

図9



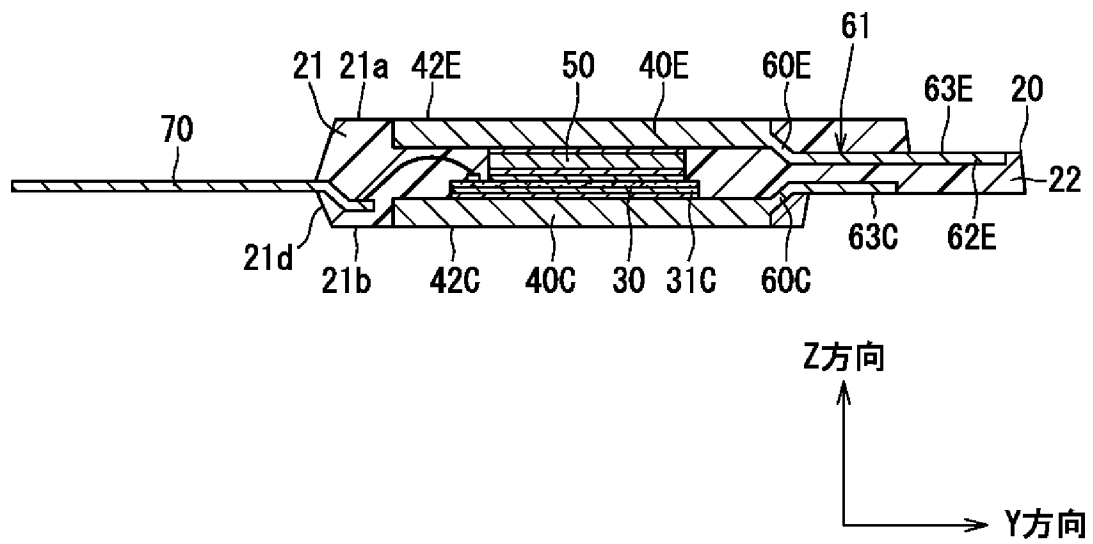
[図10]

図10



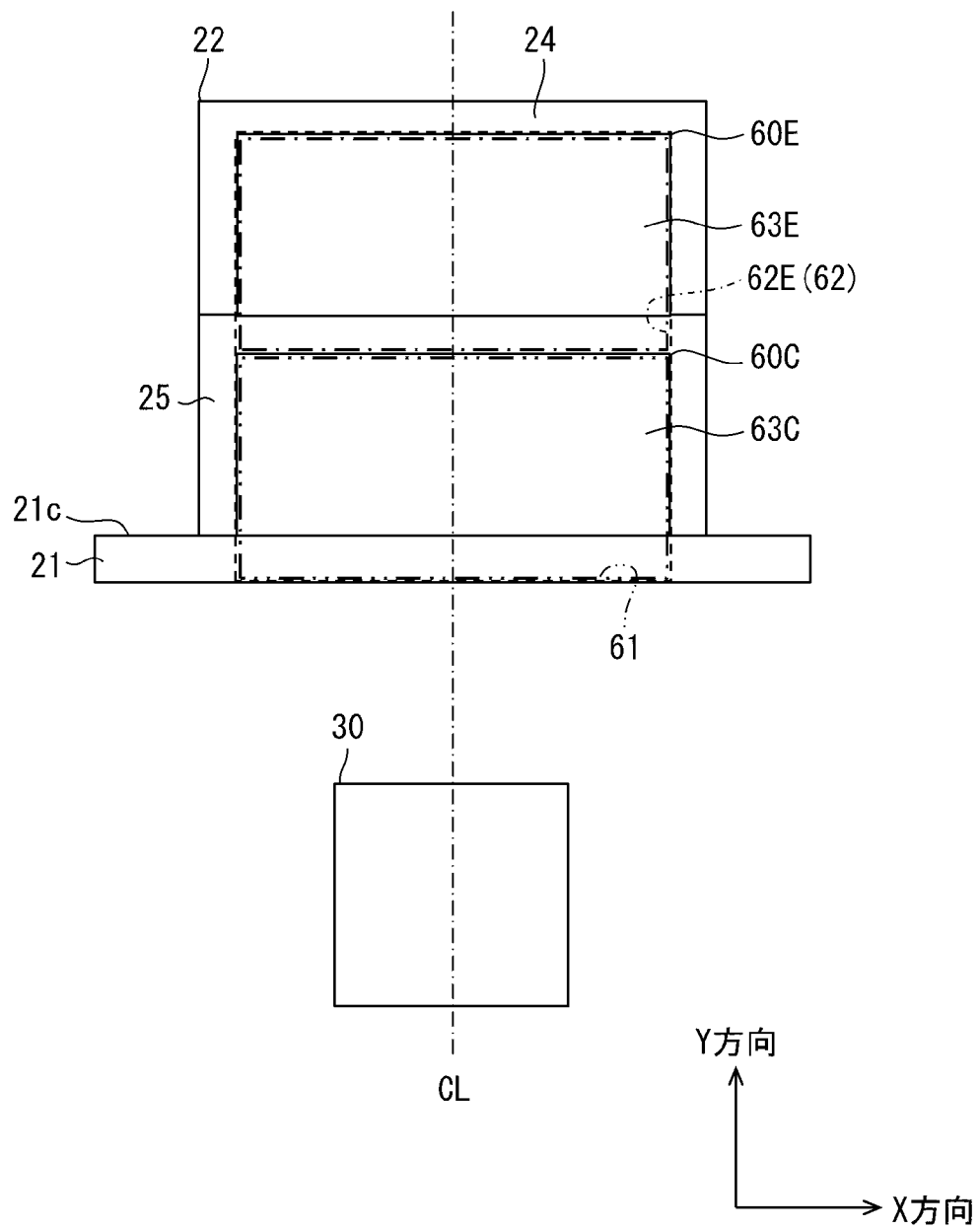
[図11]

図11



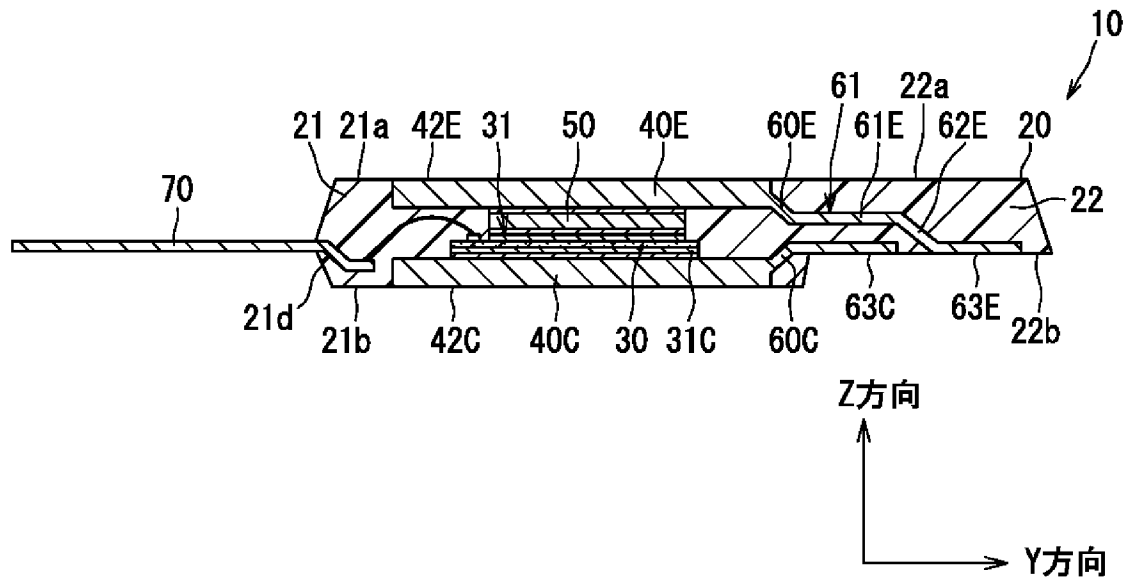
[図12]

図12



[図13]

図13



[図14]

図14

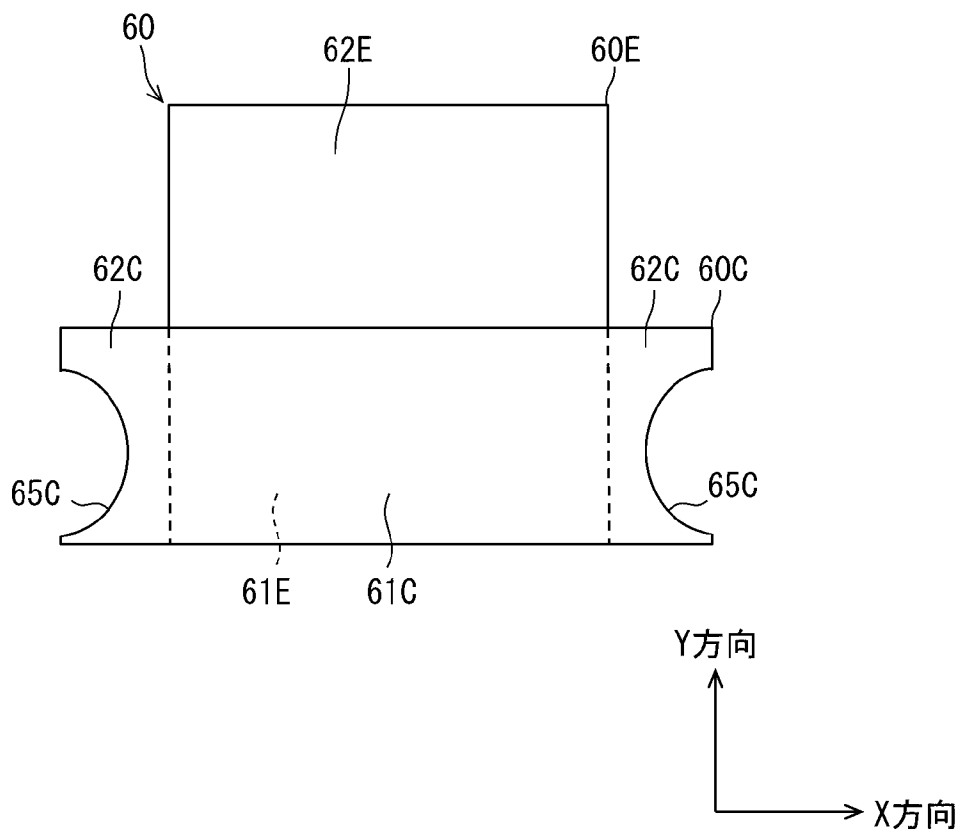
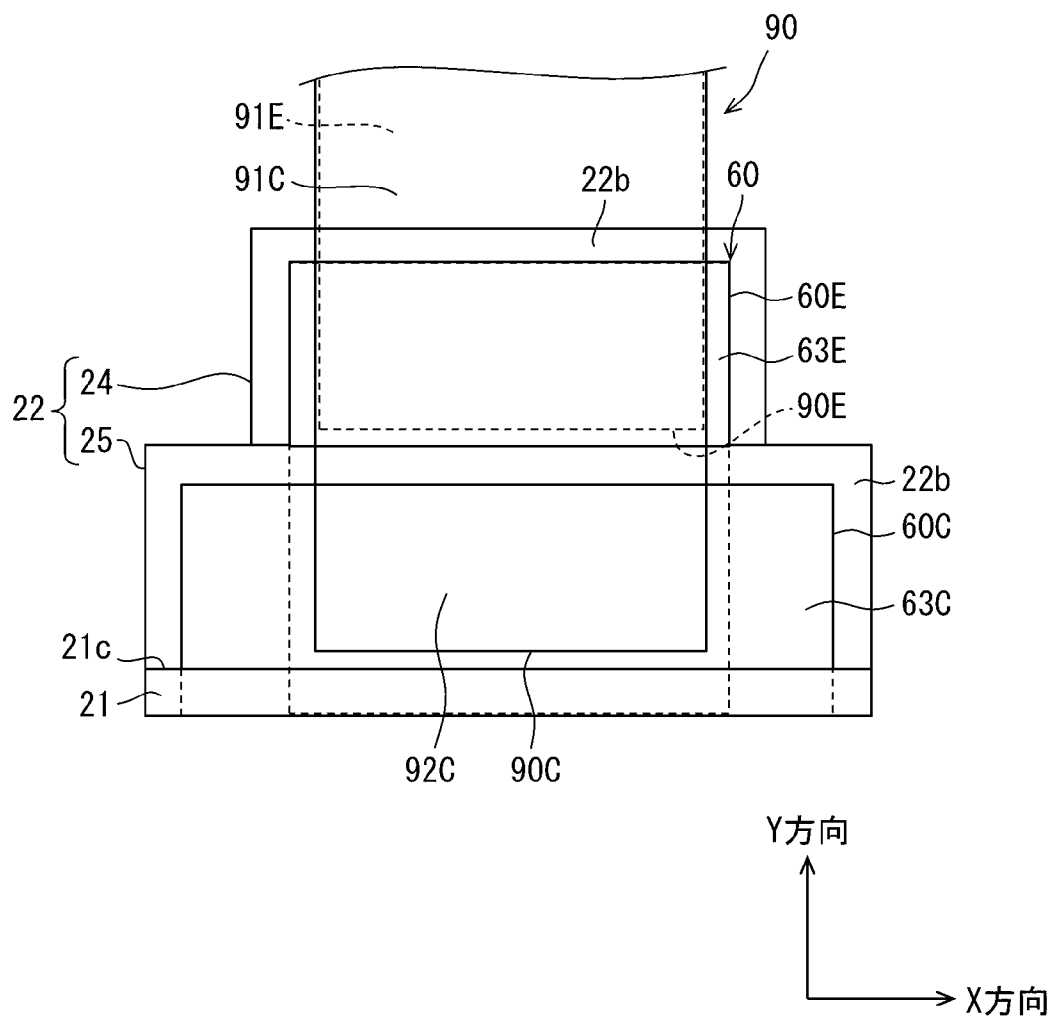
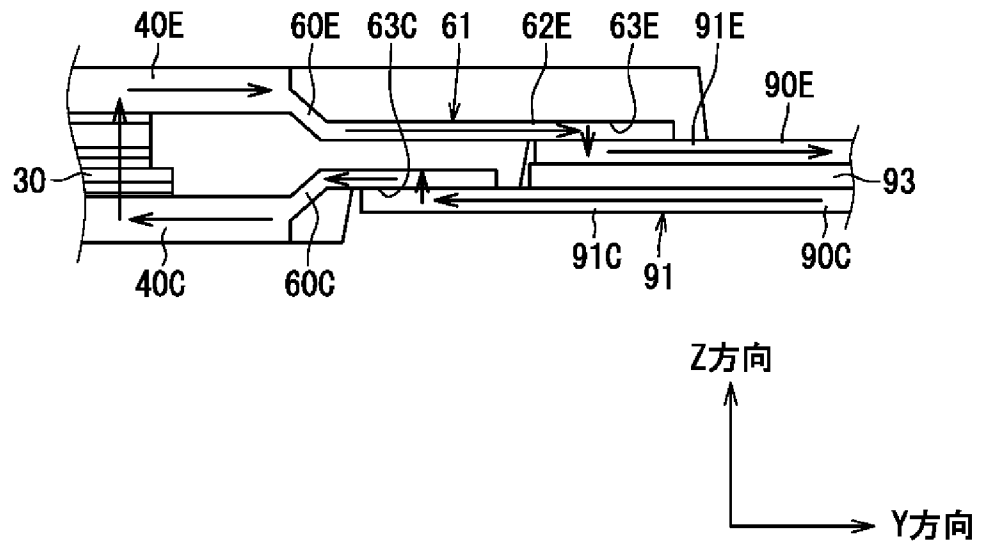


图15



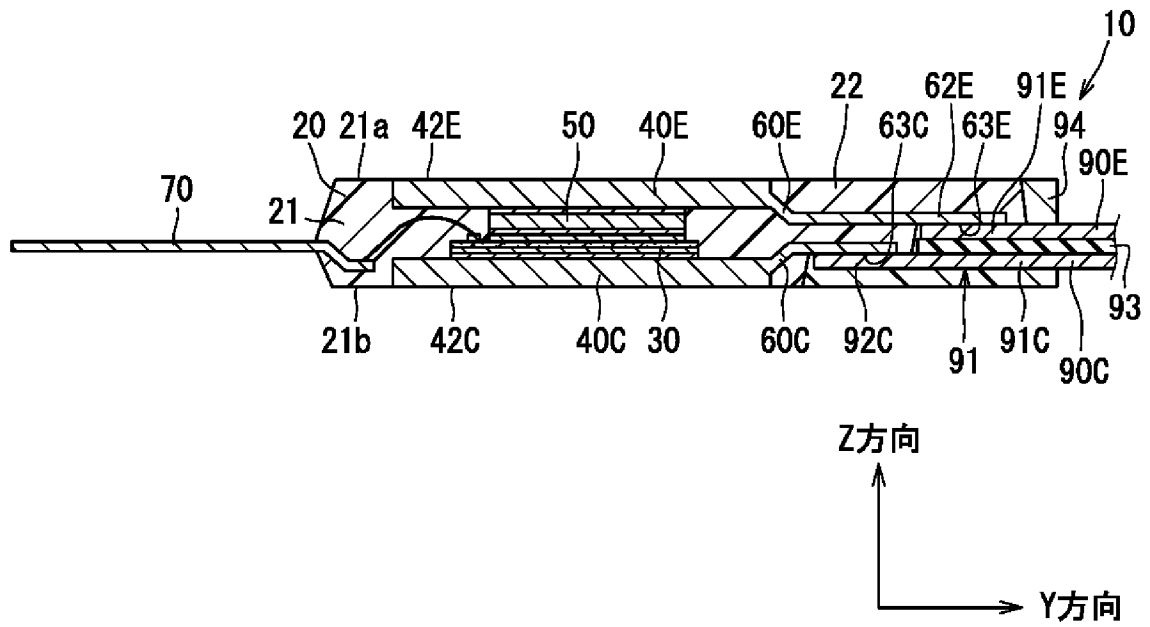
[図17]

図17

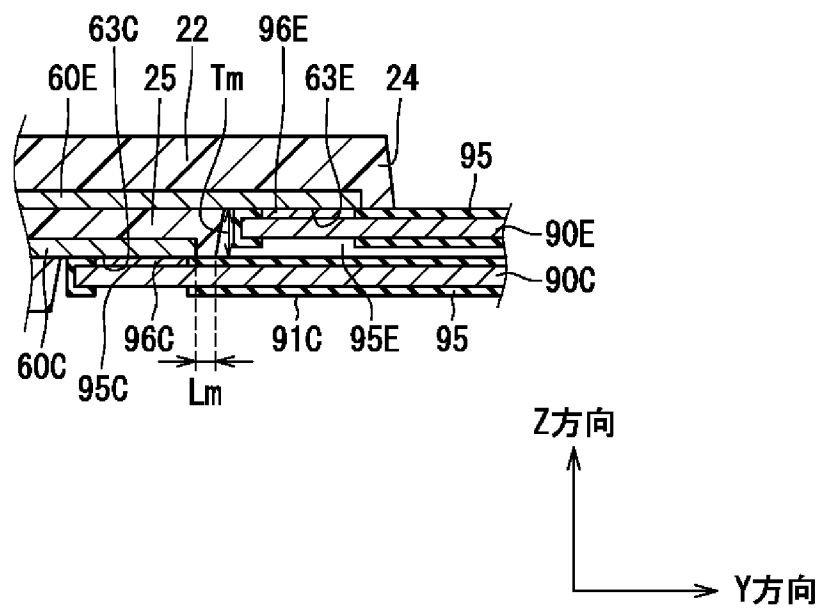


[図18]

図18



[図19]

図19

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/005570

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L 23/29(2006.01)i; H01L 23/48(2006.01)i
FI: H01L23/48 P; H01L23/36 A; H01L23/48 G

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)

H01L23/29; H01L23/48

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	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

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 A	JP 2015-15301 A (DENSO CORP.) 22.01.2015 (2015-01-22) paragraphs [0015]-[0022], [0044]-[0045], fig. 1-2, 9	1-4, 8-10 5-7, 11
Y A	JP 2009-5512 A (HITACHI, LTD.) 08.01.2009 (2009-01-08) paragraphs [0053]-[0060], [0073]-[0076], fig. 1, 4	1-4, 8-10 5-7, 11
Y A	WO 2015/145711 A1 (HITACHI, LTD.) 01.10.2015 (2015-10-01) paragraphs [0116]-[0120], fig. 35-37	10 5-7, 11

☐ 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

"I" 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
23 April 2020 (23.04.2020)

Date of mailing of the international search report
12 May 2020 (12.05.2020)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2020/005570

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2015-15301 A	22 Jan. 2015	US 2016/0133597 A1 paragraphs [0037]- [0044], [0066]- [0067], fig. 1-2, 9 CN 105359269 A	
JP 2009-5512 A	08 Jan. 2009	US 2009/0002956 A1 paragraphs [0067]- [0074], [0087]- [0090], fig. 1, 4	
WO 2015/145711 A1	01 Oct. 2015	US 2017/0069562 A1 paragraphs [0157]- [0161], fig. 35-37	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H01L 23/29(2006.01)i; H01L 23/48(2006.01)i FI: H01L23/48 P; H01L23/36 A; H01L23/48 G		
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）） H01L23/29; H01L23/48		
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 1971-2020年 日本国実用新案登録公報 1996-2020年 日本国登録実用新案公報 1994-2020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 2015-15301 A（株式会社デンソー）22.01.2015（2015-01-22） 段落[0015]-[0022], [0044]-[0045]、図1-2, 9	1-4, 8-10
A		5-7, 11
Y	JP 2009-5512 A（株式会社日立製作所）08.01.2009（2009-01-08） 段落[0053]-[0060], [0073]-[0076]、図1, 4	1-4, 8-10
A		5-7, 11
Y	WO 2015/145711 A1（株式会社日立製作所）01.10.2015（2015-10-01） 段落[0116]-[0120]、図35-37	10
A		5-7, 11
☐ 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、一般的な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 23.04.2020		国際調査報告の発送日 12.05.2020
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） 豊島 洋介 5F 9850 電話番号 03-3581-1101 内線 3516

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/JP2020/005570

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2015-15301	A	22.01.2015	US 2016/0133597 A1 段落[0037]-[0044], [0066]- [0067]、図1-2, 9 CN 105359269 A	
JP	2009-5512	A	08.01.2009	US 2009/0002956 A1 段落[0067]-[0074], [0087]- [0090]、図1, 4	
WO	2015/145711	A1	01.10.2015	US 2017/0069562 A1 段落[0157]-[0161]、図 35-37	