(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
2022年12月1日(01.12.2022)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2022/249805 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 21/60 (2006.01)　*H01L 23/36* (2006.01)
H01L 21/52 (2006.01)　*H01L 25/07* (2006.01)
H01L 23/12 (2006.01)　*H01L 25/18* (2006.01)

(21) 国際出願番号：　PCT/JP2022/018365

(22) 国際出願日：　2022年4月21日(21.04.2022)

(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 2021-088985　2021年5月27日(27.05.2021)　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).

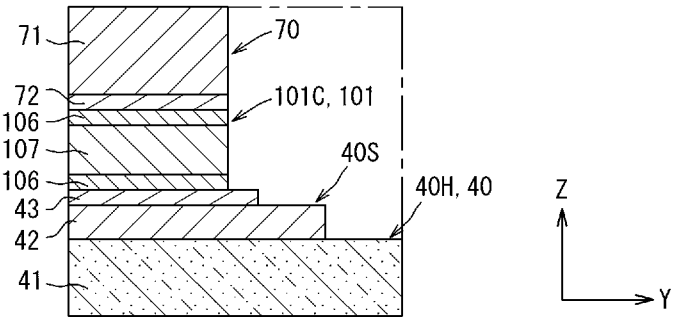
(72) 発明者：小嶌 悠嗣(**KOJIMA Yuji**)；〒4488661 愛知県刈谷市昭和町１丁目１番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP). 奥村 知巳(**OKUMURA Tomomi**)；〒4488661 愛知県刈谷市昭和町１丁目１番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP). 坂本 善次(**SAKAMOTO Yoshitsugu**)；〒4488661 愛知県刈谷市昭和町１丁目１番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP). 佐藤 敬(**SATO Takashi**)；〒4488661 愛知県刈谷市昭和町１丁目１番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP). 木村 良(**KIMURA Ryo**)；〒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：矢作 和行，外 (**YAHAGI Kazuyuki** et al.)；〒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).

(54) **Title:** SEMICONDUCTOR DEVICE

(54) 発明の名称： 半導体装置

図106



(57) **Abstract:** This semiconductor device comprises: a semiconductor element (40) that has a principal electrode on either surface; a conductive spacer (70) that constitutes a wiring member; and a joining material (101C) that joins the conductive spacer (70) and a source electrode (40S) that is a principal electrode. The joining material (101C) is a multilayer structure comprising: a sintered layer (106) that has a higher Young's modulus and/or yield stress than the source electrode (40S); and a fragile layer (107) that is adjacent to the sintered layer (106) and has a lower Young's modulus and/or yield stress than the source electrode (40S).

(57) 要約：半導体装置は、両面に主電極を有する半導体素子（４０）、配線部材を構成する導電スペーサ（７０）、主電極であるソース電極（４０Ｓ）と導電スペーサ（７０）とを接合する接合材（１０１Ｃ）を備える。接合材（１０１Ｃ）は、ソース電極（４０Ｓ）よりもヤング率および／または降伏応力が大きい焼結層（１０６）と、焼結層（１０６）に隣接し、ソース電極（４０Ｓ）よりもヤング率および／または降伏応力が小さい脆弱層（１０７）と、を備えた多層構造である。

WO 2022/249805 A1

［続葉有］

(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, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JM, 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)）

明　細　書

発明の名称 ： 半導体装置

関連出願の相互参照

[0001] この出願は、２０２１年５月２７日に日本に出願された特許出願第２０２１－８８９８５号を基礎としており、基礎の出願の内容を、全体的に、参照により援用している。

技術分野

[0002] この明細書における開示は、半導体装置に関する。

背景技術

[0003] 特許文献１は、両面に主電極を有する半導体素子（半導体チップ）と、半導体素子を挟むように配置された一対の配線部材（支持部材およびターミナル）と、接合材である焼結部材を備える半導体装置を開示している。先行技術文献の記載内容は、この明細書における技術的要素の説明として、参照により援用される。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開２０２１－２５６３号公報

発明の概要

[0005] 特許文献１では、焼結部材が、半導体素子の主電極と、配線部材をなすターミナルとを接合している。この構成では、熱応力の集中により主電極にクラックを生じるなど、半導体素子がダメージを受ける虞がある。上記した観点において、または言及されていない他の観点において、半導体装置にはさらなる改良が求められている。

[0006] 開示されるひとつの目的は、素子ダメージを抑制できる半導体装置を提供することにある。

[0007] ここに開示された半導体装置は、

半導体基板と、前記半導体基板の一面に設けられた高電位側の第１主電極

と、板厚方向において第１主電極とは反対の面に設けられた低電位側の第２主電極と、を有する半導体素子と、

第１主電極が電気的に接続された第１配線部材と、

板厚方向において第１配線部材との間に前記半導体素子を挟むように配置され、第２主電極が接続された第２配線部材と、

第２主電極と第２配線部材の間に介在し、第２主電極と第２配線部材とを接合する接合材と、を備え、

接合材は、第２主電極よりもヤング率および／または降伏応力が大きい焼結層と、板厚方向において焼結層に隣接し、第２主電極よりもヤング率および／または降伏応力が小さい脆弱層と、を備えた多層構造である。

[0008] 開示された半導体装置によれば、第２主電極と第２配線部材を接合する接合材が、焼結層とともに、脆弱層を有している。熱応力は、脆弱層に集中する。たとえば第２主電極にクラックが生じる前に、脆弱層にクラックが生じる。この結果、素子ダメージを抑制できる半導体装置を提供することができる。

[0009] この明細書における開示された複数の態様は、それぞれの目的を達成するために、互いに異なる技術的手段を採用する。請求の範囲およびこの項に記載した括弧内の符号は、後述する実施形態の部分との対応関係を例示的に示すものであって、技術的範囲を限定することを意図するものではない。この明細書に開示される目的、特徴、および効果は、後続の詳細な説明、および添付の図面を参照することによってより明確になる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]第１実施形態に係る半導体装置が適用される電力変換装置の回路構成を示す図である。

[図2]半導体装置を示す斜視図である。

[図3]半導体装置を示す斜視図である。

[図4]半導体装置を示す平面図である。

[図5]図４のV-V線に沿う断面図である。

[図6]図４のVI-VI線に沿う断面図である。

[図7]図４のVII-VII線に沿う断面図である。

[図8]図４のVIII-VIII線に沿う断面図である。

[図9]図８に示す領域IXを拡大した図である。

[図10]半導体装置を説明するための分解斜視図である。

[図11]ドレイン電極側の基板に半導体素子が実装された状態を示す平面図である。

[図12]ドレイン電極側の基板の回路パターンを示す平面図である。

[図13]ソース電極側の基板の回路パターンを示す平面図である。

[図14]ドレイン電極側の回路パターン、半導体素子、および端子の配置を示す図である。

[図15]ソース電極側の回路パターン、半導体素子、および端子の配置を示す図である。

[図16]参考例の電流ループを示す平面図である。

[図17]電流ループを示す平面図である。

[図18]電流ループを示す側面図である。

[図19]参考例について電流密度を示す図である。

[図20]本実施形態について電流密度を示す図である。

[図21]変形例を示す平面図である。

[図22]変形例を示す平面図である。

[図23]変形例において、ドレイン電極側の基板の回路パターンを示す平面図である。

[図24]変形例において、ソース電極側の基板の回路パターンを示す平面図である。

[図25]第２実施形態に係る半導体装置を示す断面図である。

[図26]インダクタンスＬｓの効果を説明するための図である。

[図27]インダクタンスＬｓの効果を説明するための図である。

[図28]ソース電極側の基板の回路パターンを示す平面図である。

[図29]電流経路を示す図である。

[図30]アーム接続部を示す断面図である。

[図31]ソース電極側の基板の変形例を示す平面図である。

[図32]ドレイン電極側の基板に半導体素子が実装された状態を示す平面図である。

[図33]電流経路を示す図である。

[図34]ドレイン電極側の基板の変形例を示す平面図である

[図35]電流経路を示す図である。

[図36]アーム接続部の変形例を示す断面図である。

[図37]アーム接続部の変形例を示す断面図である。

[図38]変形例において、ソース電極側の基板の回路パターンを示す平面図である。

[図39]高温時の反りを示す断面図である。

[図40]第３実施形態に係る半導体装置を示す断面図である。

[図41]室温時の半導体装置を示す断面図である。

[図42]高温時の半導体装置を示す断面図である。

[図43]厚みＴ１、Ｔ２の比と反り量との関係を示す図である。

[図44]変形例を示す断面図である。

[図45]変形例を示す断面図である。

[図46]第４実施形態に係る半導体装置において、信号端子周辺を拡大した平面図である。

[図47]図４６のXLVII-XLVII線に沿う断面図である。

[図48]ワイヤボンディングを説明する図である。

[図49]変形例を示す断面図である。

[図50]変形例を示す断面図である。

[図51]変形例を示す断面図である。

[図52]変形例を示す断面図である。

[図53]変形例を示す平面図である。

[図54]中継基板を示す断面図である。

[図55]図５３のLV-LV線に沿う断面図である。

[図56]変形例を示す断面図である。

[図57]第５実施形態に係る半導体装置を示す断面図である。

[図58]図５７に示すLVIII方向から見た平面図である。

[図59]図５７に示す領域LVIXを拡大した図である。

[図60]図５９に対して、接合材を省略した図である。

[図61]変形例を示す平面図である。

[図62]図６１に示すLXII方向から見た平面図である。

[図63]変形例を示す平面図である。

[図64]変形例を示す断面図である。

[図65]図６４に示す領域LXVを拡大した図である。

[図66]変形例を示す断面図である。

[図67]図６６に示す領域LXVIIを拡大した図である。

[図68]変形例を示す断面図である。

[図69]第６実施形態に係る半導体装置を示す断面図である。

[図70]封止体および絶縁基材について、ガラス転移点および線膨張係数の関係を示す図である。

[図71]参考例の反りを示す図である。

[図72]高温時の反りを示す図である。

[図73]第７実施形態に係る半導体装置を示す断面図である。

[図74]図７３の領域LXXIVを拡大した図である。

[図75]粗化部の形成方法を示す図である。

[図76]変形例を示す断面図である。

[図77]変形例を示す断面図である。

[図78]変形例を示す断面図である。

[図79]第８実施形態に係る半導体装置を示す断面図である。

[図80]図７９の領域LXXXを拡大した図である。

[図81]間隔、厚みとインダクタンスとの関係を示す図である。

[図82]間隔＜厚みの場合のシミュレーション結果を示す図である。

[図83]間隔＞厚みの場合のシミュレーション結果を示す図である。

[図84]第９実施形態に係る半導体装置を示す断面図である。

[図85]基板中心を示す平面図である。

[図86]図８４の領域LXXXVIを拡大した図である。

[図87]寸法および角度を示す図である。

[図88]積層体の側面図である。

[図89]第１０実施形態に係る半導体装置を示す断面図である。

[図90]半導体素子を示す平面図である。

[図91]図８９の領域XCIを拡大した図である。

[図92]焼結部材の配置を示す断面図である。

[図93]接合方法を示す断面図である。

[図94]保護膜の内周面と焼結部材との距離と下地電極の歪振幅との関係を示す図である。

[図95]接合材であるはんだの配置を示す断面図である。

[図96]第１１実施形態に係る半導体装置を示す断面図である。

[図97]図９６の領域XCVIIを拡大した図である。

[図98]半導体素子、焼結部材、凹凸酸化膜の配置を示す平面図である。

[図99]図９７の領域XCIXを拡大した図である。

[図100]変形例を示す断面図である。

[図101]半導体素子、焼結部材、凹凸酸化膜の配置を示す平面図である。

[図102]変形例を示す断面図である。

[図103]半導体素子、焼結部材、凹凸酸化膜の配置を示す平面図である。

[図104]変形例を示す断面図である。

[図105]第１２実施形態に係る半導体装置を示す断面図である。

[図106]図１０５の領域CVIを拡大した図である。

[図107]下地電極、焼結層、脆弱層のヤング率、降伏応力の関係を示す図であ

る。

[図108]変形例を示す断面図である。

[図109]変形例を示す断面図である。

[図110]変形例を示す断面図である。

[図111]第１３実施形態に係る半導体装置が適用される電力変換装置の回路構成を示す図である。

[図112]半導体装置を示す斜視図である。

[図113]半導体装置を示す平面図である。

[図114]ドレイン電極側の基板に半導体素子が実装された状態を示す平面図である。

[図115]ドレイン電極側の基板の回路パターンを示す平面図である。

[図116]ソース電極側の基板の回路パターンを示す平面図である。

[図117]図１１３のCXVII-CXVII線に沿う断面図である。

[図118]図１１３のCXVIII-CXVIII線に沿う断面図である。

[図119]図１１３のCXIX-CXIX線に沿う断面図である。

[図120]図１１３のCXX-CXX線に沿う断面図である。

[図121]図１２０の領域CXXIを拡大した図である。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、図面に基づいて複数の実施形態を説明する。なお、各実施形態において対応する構成要素には同一の符号を付すことにより、重複する説明を省略する場合がある。各実施形態において構成の一部分のみを説明している場合、当該構成の他の部分については、先行して説明した他の実施形態の構成を適用することができる。また、各実施形態の説明において明示している構成の組み合わせばかりではなく、特に組み合わせに支障が生じなければ、明示していなくても複数の実施形態の構成同士を部分的に組み合せることができる。

[0012] 本実施形態の半導体装置は、たとえば、回転電機を駆動源とする移動体の電力変換装置に適用される。移動体は、たとえば、電気自動車（ＥＶ）、ハ

イブリッド自動車（ＨＶ）、プラグインハイブリッド自動車（ＰＨＶ）などの電動車両、ドローンなどの飛行体、船舶、建設機械、農業機械である。以下では、車両に適用される例について説明する。

[0013] （第１実施形態）

まず、図１に基づき、車両の駆動システム１の概略構成について説明する。

[0014] ＜車両の駆動システム＞

図１に示すように、車両の駆動システム１は、直流電源２と、モータジェネレータ３と、電力変換装置４を備えている。

[0015] 直流電源２は、充放電可能な二次電池で構成された直流電圧源である。二次電池は、たとえばリチウムイオン電池、ニッケル水素電池である。モータジェネレータ３は、三相交流方式の回転電機である。モータジェネレータ３は、車両の走行駆動源、すなわち電動機として機能する。モータジェネレータ３は、回生時に発電機として機能する。電力変換装置４は、直流電源２とモータジェネレータ３との間で電力変換を行う。

[0016] ＜電力変換装置＞

次に、図１に基づき、電力変換装置４の回路構成について説明する。電力変換装置４は、電力変換回路を備えている。本実施形態の電力変換装置４は、平滑コンデンサ５と、電力変換回路であるインバータ６を備えている。

[0017] 平滑コンデンサ５は、主として、直流電源２から供給される直流電圧を平滑化する。平滑コンデンサ５は、高電位側の電源ラインであるＰライン７と低電位側の電源ラインであるＮライン８とに接続されている。Ｐライン７は直流電源２の正極に接続され、Ｎライン８は直流電源２の負極に接続されている。平滑コンデンサ５の正極は、直流電源２とインバータ６との間において、Ｐライン７に接続されている。平滑コンデンサ５の負極は、直流電源２とインバータ６との間において、Ｎライン８に接続されている。平滑コンデンサ５は、直流電源２に並列に接続されている。

[0018] インバータ６は、ＤＣ－ＡＣ変換回路である。インバータ６は、図示しな

い制御回路によるスイッチング制御にしたがって、直流電圧を三相交流電圧に変換し、モータジェネレータ３へ出力する。これにより、モータジェネレータ３は、所定のトルクを発生するように駆動する。インバータ６は、車両の回生制動時、車輪からの回転力を受けてモータジェネレータ３が発電した三相交流電圧を、制御回路によるスイッチング制御にしたがって直流電圧に変換し、Ｐライン７へ出力する。このように、インバータ６は、直流電源２とモータジェネレータ３との間で双方向の電力変換を行う。

[0019] インバータ６は、三相分の上下アーム回路９を備えて構成されている。上下アーム回路９は、レグと称されることがある。上下アーム回路９は、上アーム９Ｈと、下アーム９Ｌをそれぞれ有している。上アーム９Ｈおよび下アーム９Ｌは、上アーム９ＨをＰライン７側として、Ｐライン７とＮライン８との間で直列接続されている。上アーム９Ｈと下アーム９Ｌとの接続点は、出力ライン１０を介して、モータジェネレータ３における対応する相の巻線３ａに接続されている。インバータ６は、６つのアームを有している。各アームは、スイッチング素子を備えて構成されている。Ｐライン７、Ｎライン８、および出力ライン１０それぞれの少なくとも一部は、たとえばバスバーなどの導電部材により構成される。

[0020] 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チャネル型のＭＯＳＦＥＴ１１を採用している。各アームを構成するスイッチング素子の数は特に限定されない。ひとつでもよいし、複数でもよい。ＭＯＳＦＥＴは、Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistorの略称である。

[0021] 一例として、本実施形態では、各アームが２つのＭＯＳＦＥＴ１１を有している。ひとつのアームを構成する２つのＭＯＳＦＥＴ１１は、並列接続されている。上アーム９Ｈにおいて、並列接続された２つのＭＯＳＦＥＴ１１のドレインが、Ｐライン７に接続されている。下アーム９Ｌにおいて、並列接続された２つのＭＯＳＦＥＴ１１のソースが、Ｎライン８に接続されている。上アーム９Ｈにおいて並列接続された２つのＭＯＳＦＥＴ１１のソース

と、下アーム９Ｌにおいて並列接続された２つのＭＯＳＦＥＴ１１のドレインが、相互に接続されている。並列接続された２つのＭＯＳＦＥＴ１１は、共通のゲート駆動信号（駆動電圧）により、同じタイミングでオン駆動、オフ駆動する。

[0022] ＭＯＳＦＥＴ１１のそれぞれには、還流用のダイオード１２が逆並列に接続されている。ダイオード１２は、ＭＯＳＦＥＴ１１の寄生ダイオード（ボディダイオード）でもよいし、寄生ダイオードとは別に設けたものでもよい。ダイオード１２のアノードは対応するＭＯＳＦＥＴ１１のソースに接続され、カソードはドレインに接続されている。一相分の上下アーム回路９は、ひとつの半導体装置２０により提供される。半導体装置２０の詳細については後述する。

[0023] 電力変換装置４は、電力変換回路として、コンバータをさらに備えてもよい。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変換回路である。コンバータは、直流電源２と平滑コンデンサ５との間に設けられる。コンバータは、たとえばリアクトルと、上記した上下アーム回路９を備えて構成される。この構成によれば、昇降圧が可能である。電力変換装置４は、直流電源２からの電源ノイズを除去するフィルタコンデンサを備えてもよい。フィルタコンデンサは、直流電源２とコンバータとの間に設けられる。

[0024] 電力変換装置４は、インバータ６などを構成するスイッチング素子の駆動回路を備えてもよい。駆動回路は、制御回路の駆動指令に基づいて、対応するアームのＭＯＳＦＥＴ１１のゲートに駆動電圧を供給する。駆動回路は、駆動電圧の印加により、対応するＭＯＳＦＥＴ１１を駆動、すなわちオン駆動、オフ駆動させる。駆動回路は、ドライバと称されることがある。

[0025] 電力変換装置４は、スイッチング素子の制御回路を備えてもよい。制御回路は、ＭＯＳＦＥＴ１１を動作させるための駆動指令を生成し、駆動回路に出力する。制御回路は、たとえば図示しない上位ＥＣＵから入力されるトルク要求、各種センサにて検出された信号に基づいて、駆動指令を生成する。

ＥＣＵは、Electronic Control Unitの略称である。

[0026] 各種センサとして、たとえば電流センサ、回転角センサ、電圧センサがある。電流センサは、各相の巻線３ａに流れる相電流を検出する。回転角センサは、モータジェネレータ３の回転子の回転角を検出する。電圧センサは、平滑コンデンサ５の両端電圧を検出する。制御回路は、駆動指令として、たとえばＰＷＭ信号を出力する。制御回路は、たとえばプロセッサおよびメモリを備えて構成されている。ＰＷＭは、Pulse Width Modulationの略称である。

[0027] ＜半導体装置＞

次に、図２～図１３に基づき、半導体装置について説明する。図２は、半導体装置２０の斜視図である。図３は、図２同様に半導体装置２０の斜視図である。図３は、内部構造を示す透過図である。図４は、半導体装置２０の平面図である。図４は、内部構造を示す透過図である。図５は、図４のV-V線に沿う断面図である。図６は、図４のVI-VI線に沿う断面図である。図７は、図４のVII-VII線に沿う断面図である。図８は、図４のVIII-VIII線に沿う断面図である。図９は、図８に一点鎖線で示す領域IXを拡大した図である。

[0028] 図１０は、半導体装置２０を説明するための分解斜視図である。図１０では、便宜上、リードフレーム９４を示している。図１１は、基板５０に半導体素子４０が実装された状態を示す平面図である。図１２は、基板５０において表面金属体５２の回路パターンを示す平面図である。図１３は、基板６０において表面金属体６２の回路パターンを示す平面図である。

[0029] 以下において、半導体素子（半導体基板）の板厚方向をＺ方向とする。Ｚ方向に直交し、上アーム９Ｈを構成する半導体素子と、下アーム９Ｌを構成する半導体素子の並び方向をＹ方向とする。Ｚ方向およびＹ方向の両方向に直交する方向をＸ方向とする。特に断わりのない限り、Ｚ方向から平面視した形状、換言すればＸ方向および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。Ｚ方向からの平面視を、単に平面視と示すことがある。また、配置とは搭載面に限定されず、平面視において重なる位置関係にある

場合に、配置と示すことがある。

[0030] 図２～図１３に示すように、半導体装置２０は、上記した上下アーム回路９のひとつ、つまり一相分の上下アーム回路９を構成する。半導体装置２０は、封止体３０と、半導体素子４０と、基板５０、６０と、導電スペーサ７０と、アーム接続部８０と、外部接続端子９０を備えている。

[0031] 封止体３０は、半導体装置２０を構成する他の要素の一部を封止している。他の要素の残りの部分は、封止体３０の外に露出している。封止体３０は、たとえば樹脂を材料とする。樹脂の一例は、エポキシ系樹脂である。封止体３０は、樹脂を材料として、たとえばトランスファモールド法により成形されている。このような封止体３０は、封止樹脂体、モールド樹脂、樹脂成形体と称されることがある。封止体３０は、たとえばゲルを用いて形成されてもよい。ゲルは、たとえば一対の基板５０、６０の対向領域に充填（配置）される。

[0032] 図２～図４に示すように、封止体３０は平面略矩形状をなしている。封止体３０は、外郭をなす表面として、一面３０ａと、Ｚ方向において一面３０ａとは反対の面である裏面３０ｂを有している。一面３０ａおよび裏面３０ｂは、たとえば平坦面である。また、一面３０ａと裏面３０ｂとをつなぐ面である側面を有している。側面は、外部接続端子９０が突出する２つの側面３０ｃ、３０ｄを含んでいる。側面３０ｄは、Ｘ方向において側面３０ｃとは反対の面である。

[0033] 半導体素子４０は、シリコン（Ｓｉ）、シリコンよりもバンドギャップが広いワイドバンドギャップ半導体などを材料とする半導体基板に、スイッチング素子が形成されてなる。ワイドバンドギャップ半導体としては、たとえばシリコンカーバイド（ＳｉＣ）、窒化ガリウム（ＧａＮ）、酸化ガリウム（Ga_2O_3）、ダイヤモンドがある。半導体素子４０は、パワー素子、半導体チップと称されることがある。

[0034] 本実施形態の半導体素子４０は、ＳｉＣを材料とする半導体基板に、上記したｎチャネル型のＭＯＳＦＥＴ１１が形成されてなる。ＭＯＳＦＥＴ１１

は、半導体素子４０（半導体基板）の板厚方向、つまりＺ方向に主電流が流れるように縦型構造をなしている。半導体素子４０は、自身の板厚方向、すなわちＺ方向における両面に、スイッチング素子の主電極を有している。具体的には、主電極として、一面にドレイン電極４０Ｄを有し、一面とはＺ方向において反対の面である裏面にソース電極４０Ｓを有している。

[0035] ダイオード１２が寄生ダイオードの場合、ソース電極４０Ｓがアノード電極を兼ね、ドレイン電極４０Ｄがカソード電極を兼ねる。ダイオード１２は、ＭＯＳＦＥＴ１１とは別チップに構成されてもよい。ドレイン電極４０Ｄは高電位側の主電極（第１主電極）であり、ソース電極４０Ｓは低電位側の主電極（第２主電極）である。以下では、ドレイン電極４０Ｄ、ソース電極４０Ｓを、主電極４０Ｄ、４０Ｓと示すことがある。

[0036] 半導体素子４０は、平面略矩形状をなしている。図１１に示すように、半導体素子４０は、裏面においてソース電極４０Ｓとは異なる位置に形成されたパッド４０Ｐを有している。ソース電極４０Ｓおよびパッド４０Ｐは、半導体基板の裏面上に形成された図示しない保護膜から露出している。ドレイン電極４０Ｄは、一面のほぼ全面に形成されている。ソース電極４０Ｓは、半導体素子４０の裏面の一部分に形成されている。平面視において、ドレイン電極４０Ｄは、ソース電極４０Ｓよりも面積が大きい。

[0037] パッド４０Ｐは、信号用の電極である。パッド４０Ｐは、ソース電極４０Ｓと電気的に分離されている。パッド４０Ｐは、Ｙ方向において、ソース電極４０Ｓの形成領域とは反対側の端部に形成されている。パッド４０Ｐは、ゲート電極用のパッドを含む。

[0038] 半導体装置２０は、上記構成の半導体素子４０を複数備えている。各半導体素子４０の構成は、互いに共通である。複数の半導体素子４０は、上アーム９Ｈを構成する半導体素子４０Ｈと、下アーム９Ｌを構成する半導体素子４０Ｌを含む。半導体素子４０Ｈは、上アーム素子、半導体素子４０Ｌは下アーム素子と称されることがある。半導体素子４０Ｈ、４０Ｌのそれぞれは、ひとつのアームを構成するアーム素子である。本実施形態の半導体装置２

０は、２つの半導体素子４０Ｈと、２つの半導体素子４０Ｌを備えている。２つの半導体素子４０Ｈは、Ｘ方向に並んでいる。同様に、２つの半導体素子４０Ｌは、Ｘ方向に並んでいる。半導体素子４０Ｈと半導体素子４０Ｌは、Ｙ方向に並んでいる。Ｙ方向は、半導体素子４０の板厚方向であるＺ方向に直交する第１方向である。Ｘ方向は、Ｚ方向および第１方向（Ｙ方向）に直交する第２方向である。半導体装置２０は、半導体素子４０Ｈと半導体素子４０ＬとによるＹ方向に沿う列を、２列有している。

[0039] 各半導体素子４０は、Ｚ方向において互いにほぼ同じ位置に配置されている。各半導体素子４０のドレイン電極４０Ｄは、基板５０に対向している。各半導体素子４０のソース電極４０Ｓは、基板６０に対向している。

[0040] 基板５０、６０は、Ｚ方向において、複数の半導体素子４０を挟むように配置されている。基板５０、６０は、Ｚ方向において互いに少なくとも一部が対向するように配置されている。基板５０、６０は、平面視において複数の半導体素子４０（４０Ｈ、４０Ｌ）のすべてを内包している。

[0041] 基板５０は、半導体素子４０に対して、ドレイン電極４０Ｄ側に配置されている。基板６０は、半導体素子４０に対して、ソース電極４０Ｓ側に配置されている。基板５０は、後述するようにドレイン電極４０Ｄと電気的に接続され、配線機能を提供する。同様に、基板６０は、ソース電極４０Ｓに電気的に接続され、配線機能を提供する。このため、基板５０、６０は、配線基板と称されることがある。基板５０はドレイン基板と称され、基板６０はソース基板と称されることがある。基板５０、６０は、半導体素子４０の生じた熱を放熱する放熱機能を提供する。このため、基板５０、６０は、放熱部材と称されることがある。半導体素子４０をＺ方向に挟む一対の基板５０、６０のうち、基板５０は第１基板であり、基板６０は第２基板である。

[0042] 基板５０は、半導体素子４０と対向する対向面５０ａと、対向面５０ａとは反対の面である裏面５０ｂを有している。基板５０は、絶縁基材５１と、表面金属体５２と、裏面金属体５３を備えている。基板５０は、絶縁基材５１と金属体５２、５３とが積層された基板である。基板６０は、半導体素子

４０と対向する対向面６０ａと、対向面６０ａとは反対の面である裏面６０ｂを有している。基板６０は、絶縁基材６１と、表面金属体６２と、裏面金属体６３を備えている。基板６０は、絶縁基材６１と金属体６２、６３とが積層された基板である。第１基板である基板５０において、絶縁基材５１は第１絶縁基材、表面金属体５２は第１表面金属体、裏面金属体５３は第１裏面金属体である。第２基板である基板６０において、絶縁基材６１は第２絶縁基材、表面金属体６２は第２表面金属体、裏面金属体６３は第２裏面金属体である。以下では、表面金属体５２、６２、および、裏面金属体５３、６３を、単に金属体５２、５３、６２、６３と示すことがある。

[0043] 絶縁基材５１は、表面金属体５２と裏面金属体５３とを電気的に分離する。同様に、絶縁基材６１は、表面金属体６２と裏面金属体６３とを電気的に分離する。絶縁基材５１、６１は、絶縁層と称されることがある。絶縁基材５１、６１の材料は、樹脂、または、無機材料のセラミックである。樹脂としては、たとえばエポキシ系樹脂、ポリイミド系樹脂などを用いることができる。セラミックとしては、たとえばAl_2O_3（alumina）、Si_3N_4（silicon nitride）などを用いることができる。絶縁基材５１、６１が樹脂の場合、基板５０、６０は、金属樹脂基板と称されることがある。絶縁基材５１、６１がセラミックの場合、基板５０、６０は、金属セラミック基板と称されることがある。

[0044] 樹脂材料を用いた絶縁基材５１、６１の場合、放熱性、絶縁性などを向上させるために、樹脂内に無機系のフィラー（無機系充填材）を含んでもよい。フィラーの添加により、線膨張係数を調整してもよい。フィラーとしては、たとえばAl_2O_3、SiO_2（silicon dioxide）、ＡｌＮ（aluminum nitride）、ＢＮ（boron nitride）などを用いることができる。絶縁基材５１、６１は、フィラーを１種類のみ含んでもよいし、複数種類含んでもよい。

[0045] 放熱性や絶縁性を考慮すると、樹脂系の場合、絶縁基材５１、６１それぞれの厚み、つまりＺ方向の長さは、５０μｍ～３００μｍ程度が好ましい。セラミック系の場合、絶縁基材５１、６１の厚みは、２００μｍ～５００μ

ｍ程度が好ましい。Ｚ方向において、絶縁基材５１、６１の表面は内面、つまり半導体素子４０側の面であり、Ｚ方向において表面と反対の面である裏面は外面である。絶縁基材５１、６１は、材料構成を共通（同一）としてもよいし、互いに異ならせてもよい。本実施形態では、樹脂系の絶縁基材５１、６１を採用しており、材料構成は共通である。絶縁基材５１、６１の線膨張係数は、樹脂にフィラーを添加することで、封止体３０とほぼ同じ値に調整されている。樹脂にフィラーを添加することで、絶縁基材５１、６１および封止体３０の線膨張係数は、金属体５２、５３、６２、６３を構成する金属（Ｃｕ）に近い値となっている。

[0046] 金属体５２、５３、６２、６３は、たとえば、金属板または金属箔として提供される。金属体５２、５３、６２、６３は、ＣｕやＡｌなどの導電性、熱伝導性が良好な金属を材料として形成されている。金属体５２、５３、６２、６３それぞれの厚みは、たとえば０．１ｍｍ～３ｍｍ程度である。表面金属体５２は、Ｚ方向において、絶縁基材５１の表面に配置されている。裏面金属体５３は、絶縁基材５１の裏面に配置されている。同様に、表面金属体６２は、Ｚ方向において、絶縁基材６１の表面に配置されている。裏面金属体６３は、絶縁基材６１の裏面に配置されている。絶縁基材５１、６１は，Ｚ方向において半導体素子４０との対向面である。図５～図９などに示すように、本実施形態では、表面金属体５２が、裏面金属体５３よりも厚い。表面金属体６２が、裏面金属体６３よりも厚い。ドレイン電極４０Ｄ側の表面金属体５２が、ソース電極４０Ｓ側の表面金属体６２よりも厚い。この構成に代えて、裏面金属体５３、６３を対応する表面金属体５２、６２より厚くしてもよい。表面金属体５２と裏面金属体５３との厚みをほぼ等しくしてもよいし、表面金属体６２と裏面金属体６３との厚みをほぼ等しくしてもよい。

[0047] 表面金属体５２、６２は、パターニングされている。表面金属体５２、６２は、配線、つまり回路を提供する。このため、表面金属体５２、６２は、回路パターン、配線層、回路導体と称されることがある。表面金属体５２、

６２は、金属表面に、Ｎｉ系やＡｕなどのめっき膜を備えてもよい。以下では、表面金属体５２、６２のパターンを、回路パターンと示すことがある。表面金属体５２と、絶縁基材５１の表面における表面金属体５２の非配置領域とが、基板５０の対向面５０ａをなしている。同様に、表面金属体６２と、絶縁基材６１の表面における表面金属体６２の非配置領域とが、基板６０の対向面６０ａをなしている。

[0048] たとえば、プレス加工やエッチングなどにより所定形状にパターニングした表面金属体５２、６２を準備し、絶縁基材５１、６１と裏面金属体５３、６３との二層構造の積層体に密着させて、基板５０、６０を形成してもよい。表面金属体５２、６２、絶縁基材５１、６１、裏面金属体５３、６３の三層構造の積層体を形成した後、切削やエッチングにより、表面金属体５２、６２をパターニングしてもよい。

[0049] 表面金属体５２は、図１１などに示すように、Ｐ配線５４と、中継配線５５を有している。Ｐ配線５４と中継配線５５は、所定の間隔（ギャップ）により、電気的に分離されている。このギャップには、封止体３０が充填されている。

[0050] Ｐ配線５４は、後述するＰ端子９１Ｐおよび半導体素子４０Ｈのドレイン電極４０Ｄに接続されている。Ｐ配線５４は、Ｐ端子９１Ｐと半導体素子４０Ｈのドレイン電極４０Ｄとを電気的に接続している。Ｐ配線５４は、正極配線、高電位電源配線と称されることがある。中継配線５５は、半導体素子４０Ｌのドレイン電極４０Ｄ、アーム接続部８０、および出力端子９２に接続されている。中継配線５５は、アーム接続部８０と半導体素子４０Ｌのドレイン電極４０Ｄとを電気的に接続している。中継配線５５は、半導体素子４０Ｈのソース電極４０Ｓおよび半導体素子４０Ｌのドレイン電極と出力端子９２とを電気的に接続する。表面金属体５２（第１表面金属体）において、Ｐ配線５４は第１電源配線であり、中継配線５５は第１中継配線である。

[0051] Ｐ配線５４と中継配線５５は、Ｙ方向に並んで配置されている。Ｙ方向において、Ｐ配線５４は電源端子９１側に配置され、中継配線５５は出力端子

９２側に配置されている。換言すると、Ｐ配線５４は封止体３０の側面３０ｃに対して近い位置に配置され、中継配線５５は側面３０ｄに対して近い位置に配置されている。

[0052] Ｐ配線５４は、切り欠き５４０を有している。切り欠き５４０は、Ｘ方向を長手方向とする平面略矩形状の４辺のひとつに開口している。切り欠き５４０は、側面３０ｃと対向する辺において、Ｘ方向における略中央に設けられている。Ｐ配線５４は、基部５４１と、一対の延設部５４２を有している。基部５４１および一対の延設部５４２が、切り欠き５４０を規定している。Ｐ配線５４は、平面略Ｕ字状（凹字状）をなしている。

[0053] 基部５４１は、切り欠き５４０および延設部５４２よりも中継配線５５側の部分であり、平面略矩形状をなしている。基部５４１は、平面視において半導体素子４０Ｈに重なっている。つまり、半導体素子４０Ｈは、基部５４１に配置されている。半導体素子４０Ｈのドレイン電極４０Ｄは、基部５４１に接続されている。

[0054] ２つの延設部５４２は、基部５４１から、互いに同じ方向、具体的にはＹ方向であって封止体３０の側面３０ｃ側に延びている。延設部５４２のひとつは基部５４１におけるＸ方向の一端付近に連なっており、他のひとつは、基部５４１の他端付近に連なっている。Ｐ配線５４のＵ字の両端部、つまり、２つの延設部５４２における基部５４１とは反対側の端部は、Ｙ方向において互いにほぼ同じ位置である。一対の延設部５４２は、Ｘ方向において切り欠き５４０を挟んでいる。Ｙ方向の長さは、基部５４１のほうが、切り欠き５４０の深さおよび延設部５４２よりも長い。

[0055] 中継配線５５も、切り欠き５５０を有している。切り欠き５５０は、平面略矩形状の４辺のひとつに開口している。切り欠き５５０は、側面３０ｄと対向する辺において、Ｘ方向における略中央に設けられている。つまり、表面金属体５２において、Ｙ方向の端部のひとつに切り欠き５４０が設けられ、端部の他のひとつに切り欠き５５０が設けられている。

[0056] 中継配線５５は、基部５５１と、一対の延設部５５２を有している。基部

５５１および一対の延設部５５２が、切り欠き５５０を規定している。中継配線５５は、平面略Ｕ字状（凹字状）をなしている。基部５５１は、切り欠き５５０および延設部５５２よりもＰ配線５４側の部分であり、平面略矩形状をなしている。基部５５１は、平面視において半導体素子４０Ｌに重なっている。つまり、半導体素子４０Ｌは、基部５５１に配置されている。半導体素子４０Ｌのドレイン電極４０Ｄは、基部５５１に接続されている。

[0057] ２つの延設部５５２は、基部５５１から、互いに同じ方向、具体的にはＹ方向であって封止体３０の側面３０ｄ側に延びている。延設部５５２のひとつは基部５５１におけるＸ方向の一端付近に連なっており、他のひとつは、基部５５１の他端付近に連なっている。中継配線５５のＵ字の両端部、つまり、２つの延設部５５２における基部５５１とは反対側の端部は、Ｙ方向において互いにほぼ同じ位置である。一対の延設部５５２は、Ｘ方向において切り欠き５５０を挟んでいる。Ｙ方向の長さは、基部５５１のほうが、切り欠き５５０の深さおよび延設部５５２よりも長い。

[0058] 一方、表面金属体６２は、図１０および図１３などに示すように、Ｎ配線６４と、中継配線６５を有している。Ｎ配線６４と中継配線６５は、所定の間隔（ギャップ）により、電気的に分離されている。このギャップには、封止体３０が充填されている。

[0059] Ｎ配線６４は、後述するＮ端子９１Ｎおよび半導体素子４０Ｌのソース電極４０Ｓに接続されている。Ｎ配線６４は、Ｎ端子９１Ｎと半導体素子４０Ｌのソース電極４０Ｓとを電気的に接続している。Ｎ配線６４は、Ｎ配線と称されることがある。中継配線６５は、半導体素子４０Ｈのソース電極４０Ｓおよびアーム接続部８０に接続されている。中継配線６５は、半導体素子４０Ｈのソース電極４０Ｓとアーム接続部８０とを電気的に接続している。表面金属体６２（第２表面金属体）において、Ｎ配線６４は第２電源配線であり、中継配線６５は第２中継配線である。

[0060] Ｎ配線６４は、基部６４０と、一対の延設部６４１を有している。Ｎ配線６４は、平面略Ｕ字状をなしている。基部６４０は、Ｙ方向において中継配

線６５と並んで配置されている。基部６４０は、Ｙ方向において側面３０ｄ側に配置されている。基部６４０は、Ｘ方向を長手方向とする平面略矩形状をなしている。図１５に示すように、基部６４０は、平面視において半導体素子４０Ｌに重なっている。つまり、半導体素子４０Ｌは、基部６４０に配置されている。半導体素子４０Ｌのソース電極４０Ｓは、基部６４０に接続されている。

[0061] ２つの延設部６４１は、基部６４０から、互いに同じ方向、具体的にはＹ方向であって封止体３０の側面３０ｃ側に延びている。延設部６４１のひとつは基部６４０におけるＸ方向の一端付近に連なっており、他のひとつは、基部６４０の他端付近に連なっている。Ｎ配線６４のＵ字の両端部、つまり、２つの延設部６４１における基部６４０とは反対側の端部は、Ｙ方向において互いにほぼ同じ位置である。

[0062] 一対の延設部６４１は、Ｘ方向において表面金属体６２の両端をなしている。一対の延設部６４１は、基板６０の端部付近に配置されている。平面視において、一対の延設部６４１のそれぞれの一部が、Ｐ配線５４に重なっている。Ｙ方向の長さは、延設部６４１のほうが、基部６４０よりも長い。Ｎ配線６４も、切り欠き６４２を有している。切り欠き６４２は、Ｙ方向を長手方向とする平面略矩形状の４辺のひとつに開口している。切り欠き６４２は、側面３０ｃと対向する辺において、Ｘ方向における略中央に設けられている。基部６４０および一対の延設部６４１が、切り欠き６４２を規定している。

[0063] 中継配線６５は、上記したように、Ｎ配線６４、具体的には基部６４０とＹ方向に並んで配置されている。Ｙ方向において、中継配線６５は、封止体３０の側面３０ｃに対して近い位置に配置され、基部６４０は側面３０ｄに対して近い位置に配置されている。中継配線６５は、Ｘ方向において一対の延設部６４１の間に配置されている。中継配線６５は、一対の延設部６４１により挟まれている。中継配線６５は、切り欠き６４２内に配置されている。中継配線６５は、Ｎ配線６４との間に所定の間隔（ギャップ）を有して配

置されている。平面視において、中継配線６５の一部はＰ配線５４に重なり、他の一部は中継配線５５に重なっている。

[0064] 図１５に示すように、中継配線６５は、平面視において半導体素子４０Ｈに重なっている。つまり、半導体素子４０Ｈは、中継配線６５に配置されている。半導体素子４０Ｈのソース電極４０Ｓは、中継配線６５に接続されている。表面金属体６２の回路パターンのより詳細な例については後述する。

[0065] 裏面金属体５３、６３は、絶縁基材５１、６１により、半導体素子４０を含む回路とは電気的に分離されている。裏面金属体５３、６３は、金属ベース基板と称されることがある。半導体素子４０の生じた熱は、表面金属体５２、６２および絶縁基材５１、６１を介して、裏面金属体５３、６３に伝わる。裏面金属体５３、６３は、放熱機能を提供する。本実施形態の裏面金属体５３、６３は、平面略矩形状をなしており、その外形輪郭が表面金属体５２、６２の外形輪郭とほぼ一致している。裏面金属体５３、６３は、絶縁基材５１、６１の裏面のほぼ全域に配置された、いわゆるベタ導体である。上記したように、フィラーの添加により絶縁基材５１、６１の線膨張係数を調整しているため、表裏でパターンを変えても反りを抑制することができる。もちろん、裏面金属体５３、６３を、平面視において表面金属体５２、６２と一致するように、パターニングしてもよい。

[0066] 本実施形態の裏面金属体５３、６３は、対応する絶縁基材５１、６１の裏面のほぼ全域に配置されている。放熱効果をさらに高めるために、裏面金属体５３、６３の少なくともひとつは、封止体３０から露出してもよい。本実施形態では、裏面金属体５３が封止体３０の一面３０ａから露出し、裏面金属体６３が裏面３０ｂから露出している。裏面金属体５３の露出面は、一面３０ａと略面一である。裏面金属体６３の露出面は、裏面３０ｂと略面一である。裏面金属体５３、６３が、基板５０、６０の裏面５０ｂ、６０ｂをなしている。

[0067] 導電スペーサ７０は、半導体素子４０と基板６０との間に、所定の間隔を確保するスペーサ機能を提供する。たとえば導電スペーサ７０は、半導体素

子４０のパッド４０Ｐに、対応する信号端子９３を電気的に接続するための高さを確保する。導電スペーサ７０は、半導体素子４０のソース電極４０Ｓと基板６０との電気伝導、熱伝導経路の途中に位置し、配線機能および放熱機能を提供する。導電スペーサ７０は、Ｃｕなどの導電性、熱伝導性が良好な金属材料を含んでいる。導電スペーサ７０は、表面にめっき膜を備えてもよい。導電スペーサ７０は、平面視においてソース電極４０Ｓとほぼ同じ大きさを有する平面略矩形状の柱状体である。

[0068] 導電スペーサ７０は、ターミナル、ターミナルブロック、金属ブロック体と称されることがある。半導体装置２０は、半導体素子４０と同数の導電スペーサ７０を備えている。具体的には、４つの導電スペーサ７０を備えている。導電スペーサ７０は、半導体素子４０に個別に接続されている。

[0069] アーム接続部８０は、中継配線５５、６５を電気的に接続する。つまり、アーム接続部８０は、上アーム９Ｈと下アーム９Ｌとを電気的に接続する。アーム接続部８０は，Ｙ方向において、半導体素子４０Ｈと半導体素子４０Ｌの間に設けられている。アーム接続部８０は、平面視において中継配線５５と中継配線６５との重なり領域に設けられている。本実施形態のアーム接続部８０は、継手部８１と、後述する接合材１０３を備えて構成される。

[0070] 継手部８１は、表面金属体５２、６２とは別に設けられた金属柱状体である。このような継手部８１は、継手ターミナルと称されることがある。Ｚ方向において、継手部８１の端部のひとつと中継配線５５との間に接合材１０３が介在し、端部の他のひとつと中継配線６５との間に接合材１０３が介在している。

[0071] これに代えて、継手部８１は、表面金属体５２、６２の少なくともひとつに一体的に連なるものでもよい。つまり、継手部８１は、基板５０、６０の一部として表面金属体５２、６２と一体的に設けたものでもよい。アーム接続部８０は、継手部８１を備えない構成としてもよい。つまり、アーム接続部８０が、接合材１０３のみを備える構成としてもよい。

[0072] 外部接続端子９０は、半導体装置２０を外部機器と電気的に接続するため

の端子である。外部接続端子９０は、銅などの導電性が良好な金属材料を用いて形成されている。外部接続端子９０は、たとえば板材である。外部接続端子９０は、リードと称されることがある。外部接続端子９０は、電源端子９１と、出力端子９２と、信号端子９３を備えている。電源端子９１は、Ｐ端子９１Ｐと、Ｎ端子９１Ｎを備えている。Ｐ端子９１Ｐ、Ｎ端子９１Ｎ、および出力端子９２は、半導体素子４０の主電極と電気的に接続される主端子である。信号端子９３は、上アーム９Ｈ側の信号端子９３Ｈと、下アーム９Ｌ側の信号端子９３Ｌを備えている。

[0073] 電源端子９１は、上記した電源ライン７、８に電気的に接続される外部接続端子９０である。Ｐ端子９１Ｐは、平滑コンデンサ５の正極端子に電気的に接続される。Ｐ端子９１Ｐは、正極端子、高電位電源端子と称されることがある。Ｐ端子９１Ｐは、表面金属体５２のＰ配線５４に接続されている。つまり、Ｐ端子９１Ｐは、上アーム９Ｈを構成する半導体素子４０Ｈのドレイン電極４０Ｄに接続されている。

[0074] Ｐ端子９１Ｐは、Ｐ配線５４におけるＹ方向の一端付近に接続されている。Ｐ端子９１Ｐは、Ｐ配線５４との接続部（接合部）からＹ方向に延び、側面３０ｃにおいてＺ方向の中央付近から封止体３０の外に突出している。本実施形態の半導体装置２０は、２本のＰ端子９１Ｐを備えている。図１１に示すように、Ｐ端子９１Ｐのひとつは一対の延設部５４２のひとつに接続され、他のひとつは一対の延設部５４２の他のひとつに接続されている。Ｐ端子９１Ｐは、平面視においてＮ端子９１Ｎと隣り合うように、延設部５４２のそれぞれにおいて切り欠き５４０に近い位置、つまり内寄りに配置されている。２つのＰ端子９１Ｐは、Ｘ方向に並んで配置されている。２つのＰ端子９１Ｐは、Ｚ方向においてほぼ同じ位置に配置されている。

[0075] Ｎ端子９１Ｎは、平滑コンデンサ５の負極端子に電気的に接続される。Ｎ端子９１Ｎは負極端子、低電位電源端子と称されることがある。Ｎ端子９１Ｎは、表面金属体６２のＮ配線６４に接続されている。つまり、Ｎ端子９１Ｎは、下アーム９Ｌを構成する半導体素子４０Ｌのソース電極４０Ｓに接続

されている。

[0076] Ｎ端子９１Ｎは、Ｎ配線６４におけるＹ方向の一端付近に接続されている。Ｎ端子９１Ｎは、Ｎ配線６４との接合部からＹ方向に延び、側面３０ｃにおいてＺ方向の中央付近から封止体３０の外に突出している。半導体装置２０は、２本のＮ端子９１Ｎを備えている。図１５などに示すように、Ｎ端子９１Ｎのひとつは一対の延設部６４１のひとつに接続され、他のひとつは一対の延設部６４１の他のひとつに接続されている。２つのＮ端子９１Ｎは、Ｙ方向に並んで配置されている。２つのＮ端子９１Ｎは、Ｚ方向においてほぼ同じ位置に配置されている。

[0077] ２つのＮ端子９１Ｎは、Ｘ方向において２つのＰ端子９１Ｐの外側に配置されている。平面視において、Ｎ端子９１Ｎのひとつは Ｐ端子９１Ｐのひとつの近傍に配置され、Ｎ端子９１Ｎの他のひとつはＰ端子９１Ｐの他のひとつの近傍に配置されている。Ｘ方向において隣り合うＮ端子９１ＮとＰ端子９１Ｐは、封止体３０から突出した部分を含む一部分において、互いに側面が対向している。

[0078] 出力端子９２は、モータジェネレータ３の対応する相の巻線３ａ（固定子コイル）に電気的に接続される。出力端子９２は、Ｏ端子、交流端子などと称されることがある。図３および図７に示すように、出力端子９２は、基板５０における表面金属体５２の中継配線５５に接続されている。つまり、出力端子９２は、上アーム９Ｈと下アーム９Ｌとの接続点に接続されている。

[0079] 出力端子９２は、中継配線５５におけるＹ方向の一端付近に接続されている。出力端子９２は、中継配線５５との接合部からＹ方向に延び、側面３０ｄにおいてＺ方向の中央付近から封止体３０の外に突出している。半導体装置２０は、２本の出力端子９２を備えている。出力端子９２のひとつは一対の延設部５５２のひとつに接続され、他のひとつは一対の延設部５５２の他のひとつに接続されている。２つの出力端子９２は、Ｘ方向に並んで配置されている。２つの出力端子９２は、Ｚ方向においてほぼ同じ位置に配置されている。

[0080] 信号端子９３は、図示しない駆動回路（ドライバ）と電気的に接続される。信号端子９３Ｈは、ボンディングワイヤ１１０などの接続部材を介して、半導体素子４０Ｈのパッド４０Ｐに電気的に接続されている。信号端子９３Ｈの本数は特に限定されるものではない。信号端子９３Ｈは、少なくとも半導体素子４０Ｈのゲート電極に駆動電圧を印加するための端子を少なくとも含めばよい。本実施形態の半導体装置２０は、２本の信号端子９３Ｈを備えている。信号端子９３Ｈのひとつは、ゲート電極用の端子である。ゲート電極用の信号端子９３Ｈには、２つの半導体素子４０Ｈのゲート電極用のパッド４０Ｐが電気的に接続されている。信号端子９３Ｈは、平面視においてＰ配線５４の切り欠き５４０に重なる位置に配置されている。信号端子９３Ｈにおいて、ボンディングワイヤ１１０との接合部は、表面金属体５２ではなく、絶縁基材５１と対向している。２本の信号端子９３Ｈは、Ｘ方向に横並びで配置されている。

[0081] 信号端子９３Ｈは、ボンディングワイヤ１１０との接合部からＹ方向に延び、側面３０ｃにおいてＺ方向の中央付近から封止体３０の外に突出している。信号端子９３Ｈの突出部の少なくとも一部は、電源端子９１と同方向に延びている。信号端子９３Ｈは、Ｘ方向において、２つのＰ端子９１Ｐの間に配置されている。つまり、側面３０ｃから突出する外部接続端子９０は、Ｘ方向において、Ｎ端子９１Ｎ、Ｐ端子９１Ｐ、２本の信号端子９３Ｈ、Ｐ端子９１Ｐ、Ｎ端子９１Ｎの順に配置されている。

[0082] 信号端子９３Ｌは、ボンディングワイヤ１１０などの接続部材を介して、半導体素子４０Ｌのパッド４０Ｐに電気的に接続されている。信号端子９３Ｌの本数は特に限定されるものではない。信号端子９３Ｌは、少なくとも半導体素子４０Ｌのゲート電極に駆動電圧を印加するための端子を少なくとも含めばよい。本実施形態の半導体装置２０は、４本の信号端子９３Ｌを備えている。信号端子９３Ｌのひとつは、ゲート電極用の端子である。ゲート電極用の信号端子９３Ｌには、２つの半導体素子４０Ｌのゲート電極用のパッド４０Ｐが電気的に接続されている。信号端子９３Ｌは、平面視において中

継配線５５の切り欠き５５０に重なる位置に配置されている。信号端子９３Ｌにおいて、ボンディングワイヤ１１０との接合部は、表面金属体５２ではなく、絶縁基材５１と対向している。４本の信号端子９３Ｌは、Ｘ方向に横並びで配置されている。

[0083] 信号端子９３Ｌは、ボンディングワイヤ１１０との接合部からＹ方向に延び、側面３０ｄにおいてＺ方向の中央付近から封止体３０の外に突出している。信号端子９３Ｌの突出部の少なくとも一部は、出力端子９２と同方向に延びている。信号端子９３Ｌは、Ｘ方向において、２つの出力端子９２の間に配置されている。つまり、側面３０ｄから突出する外部接続端子９０は、Ｘ方向において、出力端子９２、４本の信号端子９３Ｌ、出力端子９２の順に配置されている。

[0084] 半導体素子４０のドレイン電極４０Ｄは、接合材１００を介して表面金属体５２に接合されている。半導体素子４０のソース電極４０Ｓは、接合材１０１を介して導電スペーサ７０に接合されている。導電スペーサ７０は、接合材１０２を介して表面金属体６２に接合されている。継手部８１は、接合材１０３を介して金属体５２、６２に接合されている。外部接続端子９０のうち、主端子であるＰ端子９１Ｐ、Ｎ端子９１Ｎ、および出力端子９２は、接合材１０４を介して対応する表面金属体５２、６２に接合されている。

[0085] 接合材１００～１０４は、導電性を有する接合材である。たとえば、接合材１００～１０４として、はんだを採用することができる。はんだの一例は、Ｓｎの他に、Ｃｕ、Ｎｉなどを含む多元系の鉛フリーはんだである。はんだに代えて、焼結銀などのシンター系の接合材を用いてもよい。Ｐ端子９１Ｐ、Ｎ端子９１Ｎ、および出力端子９２は、接合材１０４を介さずに、対応する表面金属体５２、６２に直接的に接合されてもよい。Ｐ端子９１Ｐ、Ｎ端子９１Ｎ、および出力端子９２は、たとえば超音波接合、摩擦撹拌接合、レーザ溶接などにより、表面金属体５２、６２に直接接合されてもよい。継手部８１が基板５０、６０とは別に設けられる場合、継手部８１は、表面金属体５２、６２に直接接合されてもよい。

[0086] 上記したように、半導体装置２０では、封止体３０によって一相分の上下アーム回路９を構成する複数の半導体素子４０が封止されている。封止体３０は、複数の半導体素子４０、基板５０の一部、基板６０の一部、複数の導電スペーサ７０、アーム接続部８０、および外部接続端子９０それぞれの一部を、一体的に封止している。封止体３０は、基板５０、６０において、絶縁基材５１、６１および表面金属体５２、６２を封止している。

[0087] 半導体素子４０は、Ｚ方向において、基板５０、６０の間に配置されている。半導体素子４０は、対向配置された基板５０、６０によって挟まれている。これにより、半導体素子４０の熱を、Ｚ方向において両側に放熱することができる。半導体装置２０は、両面放熱構造をなしている。基板５０の裏面５０ｂは、封止体３０の一面３０ａと略面一となっている。基板６０の裏面６０ｂは、封止体３０の裏面３０ｂと略面一となっている。裏面５０ｂ、６０ｂが露出面であるため、放熱性を高めることができる。

[0088] ＜製造方法＞

次に、図１０に基づき、半導体装置２０の製造方法の一例について説明する。図１０では、その後の組付けが分かり易いように、基板５０、と基板６０とを対向させて図示している。

[0089] まず、半導体素子４０、基板５０、６０、導電スペーサ７０、継手部８１、およびリードフレーム９４をそれぞれ準備する。リードフレーム９４は、図１０に示すように、外部接続端子９０を備えている。リードフレーム９４は、金属板にプレスなどの加工を施すことで形成されている。外部接続端子９０は、タイバー９４ａを介して外周フレーム９４ｂに支持されている。

[0090] 次いで、基板５０に対して、半導体素子４０、継手部８１、および外部接続端子９０を接合（接続）する。また、半導体素子４０に導電スペーサ７０を接合する。

[0091] このとき、基板５０上に、リードフレーム９４および半導体素子４０を配置する。また、半導体素子４０のソース電極４０Ｓ上に導電スペーサ７０を配置する。リードフレーム９４については、外部接続端子９０のそれぞれの

一部が平面視において基板５０に重なるように配置する。具体的には、Ｐ端子９１ＰおよびＮ端子９１Ｎが、表面金属体５２のＰ配線５４に重なり、出力端子９２が中継配線５５に重なるように配置する。また、信号端子９３Ｈが切り欠き５４０から露出する絶縁基材５１に重なり、信号端子９３Ｌが切り欠き５５０から露出する絶縁基材５１に重なるように配置する。

[0092] そして、接合材１００により、半導体素子４０のドレイン電極４０Ｄと表面金属体５２とを接合する。接合材１０１により、ソース電極４０Ｓと導電スペーサ７０とを接合する。接合材１０３により、継手部８１と表面金属体５２とを接合する。接合材１０４により、Ｐ端子９１Ｐおよび出力端子９２と表面金属体５２とを接合する。たとえば、はんだの場合、リフローによって一括で接合を行うことができる。図１０は、この接合状態を示している。

[0093] 次いで、半導体素子４０Ｈのパッド４０Ｐと信号端子９３Ｈとを、ボンディングワイヤ１１０により電気的に接続する。同様に、半導体素子４０Ｌのパッド４０Ｐと信号端子９３Ｌとを、ボンディングワイヤ１１０により電気的に接続する。

[0094] 次いで、基板６０を接合（接続）する。接合材１０２を介して、半導体素子４０のソース電極４０Ｓと表面金属体６２とを接合する。接合材１０３を介して、継手部８１と表面金属体６２とを接合する。接合材１０４を介して、Ｎ端子９１Ｎと表面金属体６２とを接合する。たとえば、はんだの場合、リフローによって一括で接合を行うことができる。

[0095] 次いで、トランスファモールド法により封止体３０の成形を行う。図示を省略するが、本実施形態では、基板５０、６０が完全に被覆されるように封止体３０を成形し、成形後に切削を行う。封止体３０を基板５０、６０の裏面金属体５３、６３の一部ごと切削する。これにより、裏面５０ｂ、６０ｂを露出させる。裏面５０ｂは封止体３０の一面３０ａと略面一となり、裏面６０ｂは裏面３０ｂと略面一となる。なお、裏面５０ｂ、６０ｂを成形金型のキャビティ壁面に押し当て、密着させた状態で、封止体３０を成形してもよい。この場合、封止体３０を成形した時点で、裏面５０ｂ、６０ｂが封止

体３０から露出する。このため、成形後の切削が不要となる。

[0096] 次いで、リードフレーム９４において、タイバー９４ａ、外周フレーム９４ｂなどの不要部分を除去する。以上により、半導体装置２０を得ることができる。

[0097] ＜位置関係＞

次に、図１４および図１５に基づき、半導体素子４０、表面金属体５２、６２の回路パターン、アーム接続部８０、および回路パターンに接続される外部接続端子９０の位置関係について説明する。図１４は、表面金属体５２の回路パターン、半導体素子４０、端子の配置を示す図である。図１５は、表面金属体６２の回路パターン、半導体素子４０、端子の配置を示す図である。図１４および図１５では、便宜上、回路パターンに接続される外部接続端子９０のみを図示している。図１４では、表面金属体５２に接続される主電極（ドレイン電極４０Ｄ）が分かりやすいように、半導体素子４０の配置領域にＤと示している。同様に、図１５では、表面金属体６２に接続される主電極（ソース電極４０Ｓ）が分かりやすいように、半導体素子４０の配置領域にＳと示している。

[0098] 図１４に示す仮想線ＣＬ１は、ひとつのアームを構成する２つの半導体素子４０の中点を通る仮想的な線である。仮想線ＣＬ１は、２つの半導体素子４０の並び方向における中点（中央）を通り、Ｙ方向に延びている。仮想線ＣＬ１は、たとえば２つの半導体素子４０Ｈの中点を通る線である。半導体素子４０Ｈに代えて、半導体素子４０Ｌの中点を通る線としてもよい。

[0099] 図１４に示すように、２つの半導体素子４０Ｈの配置は、仮想線ＣＬ１に対して略線対称である。同様に、２つの半導体素子４０Ｌの配置も、仮想線ＣＬ１に対して略線対称である。ここで、略線対称とは、製造ばらつき程度の誤差を許容し得る。表面金属体５２の回路パターンも、仮想線ＣＬ１に対して略線対称である。つまり、Ｐ配線５４および中継配線５５のそれぞれが、仮想線ＣＬ１に対して略線対称である。

[0100] 中継配線５５に接続されるアーム接続部８０の配置も、仮想線ＣＬ１に対

して略線対称である。表面金属体５２に接続された外部接続端子９０の配置も、仮想線ＣＬ１に対して略線対称である。つまり、２つのＰ端子９１Ｐの配置も、仮想線ＣＬ１に対して略線対称である。２つの出力端子９２の配置も、仮想線ＣＬ１に対して略線対称である。

[0101] 図１４同様、図１５にも仮想線ＣＬ１を示している。半導体素子４０Ｈ、４０Ｌの配置は、図１４と同様である。図１５に示すように、表面金属体６２の回路パターンも、仮想線ＣＬ１に対して略線対称である。つまり、Ｎ配線６４および中継配線６５のそれぞれが、仮想線ＣＬ１に対して略線対称である。中継配線６５に接続されるアーム接続部８０の配置も、図１４同様、仮想線ＣＬ１に対して略線対称である。表面金属体６２に接続された外部接続端子９０である２つのＮ端子９１Ｎの配置も、仮想線ＣＬ１に対して略線対称である。

[0102] ＜回路パターン＞

次に、図１５に基づき、表面金属体６２の回路パターンについてさらに詳しく説明する。図１５に示す一点鎖線は、それぞれの領域の境界を示している。

[0103] 上記したように、基板６０の表面金属体６２は、Ｎ配線６４と、中継配線６５を有している。Ｎ配線６４は、基部６４０と、一対の延設部６４１を有している。一対の延設部６４１は、基部６４０からＹ方向であって封止体３０の側面３０ｃ側に延びている。Ｎ配線６４は、表面金属体６２の外形輪郭を規定している。中継配線６５は、一対の延設部６４１によって挟まれている。中継配線６５は、Ｎ配線６４の切り欠き６４２内に配置されている。

[0104] 図１５に示すように、中継配線６５は、Ｙ方向の一端として端部６５０を有している。端部６５０は、Ｙ方向において基部６４０側の端部である。一方、Ｎ配線６４の基部６４０は、端部６５０との対向辺６４０ａを有している。対向辺６４０ａは、基部６４０において、一対の延設部６４１の間の部分である。また、基部６４０は、半導体素子４０Ｌの配置領域６４０ｂを有している。配置領域６４０ｂは、図１５に二点鎖線で示すように、半導体素

子４０Ｌの外形輪郭によって規定される。配置領域６４０ｂは、平面視において半導体素子４０Ｌに重なる領域を含み、複数の半導体素子４０Ｌを含む場合には素子間の領域も含む。素子間の領域とは、半導体素子４０Ｌの並び方向において、半導体素子４０Ｌ同士の対向領域である。

[0105] ここで、Ｘ方向の長さＬ１、Ｌ２、Ｌ３を、以下のように定義する。長さＬ１は、図１５に示すように中継配線６５の端部６５０の長さである。長さＬ２は、基部６４０の対向辺６４０ａの長さである。長さＬ３は、基部６４０における配置領域６４０ｂの長さである。本実施形態では、Ｌ１＜Ｌ２＜Ｌ３の関係を満たしている。

[0106] 本実施形態の中継配線６５は、縮幅部６５１ａを有している。縮幅部６５１ａは、端部６５０を含む。縮幅部６５１ａは、端部６５０からＹ方向に所定範囲の部分である。縮幅部６５１ａのＸ方向の長さ、つまり幅は、端部６５０で最小である。縮幅部６５１ａにおいて、任意の第１位置の幅Ｗ１は、第１位置よりも端部６５０から離れた第２位置の幅Ｗ２以下である。

[0107] 縮幅部６５１ａの幅は、たとえばＹ方向に所定長さごと、段階的に縮小してもよい。つまり、縮幅部６５１ａのＸ方向の端部が、階段状に変化してもよい。本実施形態では、縮幅部６５１ａのＸ方向の長さが、基部６４０に近いほど短くなっている。つまり、縮幅部６５１ａの幅は、基部６４０に向けて連続的に縮小している。アーム接続部８０は、縮幅部６５１ａに配置されている。

[0108] 中継配線６５は、端部６５０を含む縮幅部６５１ａのみを有してもよい。この場合、半導体素子４０Ｈも縮幅部６５１ａに配置される。本実施形態の中継配線６５は、定幅部６５１ｂを有している。定幅部６５１ｂは、縮幅部６５１ａに連なっており、Ｙ方向の所定範囲にわたって幅が一定の部分である。そして、半導体素子４０Ｈは、定幅部６５１ｂに配置されている。

[0109] 本実施形態の中継配線６５は、さらに縮幅部６５１ｃを有している。縮幅部６５１ｃは、端部６５０とは反対の端部６５２を含む。縮幅部６５１ｃは、縮幅部６５１ａとは反対で、定幅部６５１ｂに連なっている。縮幅部６５

１ｃの幅は、端部６５２で最小である。縮幅部６５１ｃにおいて、任意の第１位置の幅は、第１位置よりも端部６５２から離れた第２位置の幅以下である。本実施形態において、縮幅部６５１ｃの幅は、端部６５２に向けて連続的に縮小している。中継配線６５において、縮幅部６５１ａ、６５１ｃは、定幅部６５１ｂから離れるほど、幅が狭くなっている。

[0110] 本実施形態では、Ｎ配線６４と中継配線６５との間隔が対向領域の全域でほぼ一定である。Ｎ配線６４の延設部６４１は、中継配線６５との間隔がほぼ一定となるようにパターニングされている。延設部６４１のそれぞれは、拡幅部６４１ａと、定幅部６４１ｂと、拡幅部６４１ｃを有している。

[0111] 拡幅部６４１ａは、基部６４０に連なり、基部６４０との境界からＹ方向に所定範囲の部分である。拡幅部６４１ａのＸ方向の長さ、つまり幅は、基部６４０との境界で最大である。拡幅部６４１ａにおいて、任意の第１位置の幅は、第１位置よりも基部６４０から離れた第２位置の幅以上である。本実施形態の拡幅部６４１ａの幅は、基部６４０に向けて連続的に拡大している。定幅部６４１ｂは、拡幅部６４１ａに連なり、Ｙ方向の所定範囲にわたって幅が一定の部分である。定幅部６４１ｂは、中継配線６５の定幅部６５１ｂに対向している。

[0112] 拡幅部６４１ｃは、拡幅部６４１ａとは反対で、定幅部６４１ｂに連なっている。拡幅部６４１ａは、縮幅部６５１ｃよりも側面３０ｃに近い位置まで延びている。拡幅部６４１ｃは、延設部６４１の先端部６４１ｄを含む。拡幅部６４１ｃの幅は、先端部６４１ｄで最大である。拡幅部６４１ｃにおいて、任意の第１位置の幅は、第１位置よりも先端部６４１ｄから離れた第２位置の幅以上である。本実施形態において、拡幅部６４１ｃの幅は、縮幅部６５１ｃとの対向部分において先端部６４１ｄに向けて連続的に拡大している。拡幅部６４１ｃにおいて、対向部分よりも先端部６４１ｄ側の部分は、定幅となっている。Ｎ配線６４において、拡幅部６４１ｃの一部および拡幅部６４１ａは、定幅部６４１ｂから離れるほど、幅が広くなっている。

[0113] ＜電流経路＞

次に、図１６～図２０に基づき、電流経路について説明する。図１６は、参考例のＰＮ電流ループを示す図である。参考例では、各要素の符号を、半導体装置２０の関連する要素の符号の末尾にｒを付加したものとしている。参考例の構成は、信号端子９３Ｌｒの本数と、Ｎ配線６４ｒおよび中継配線６５ｒのパターンが異なる点を除けば、半導体装置２０とほぼ同じである。図１７は、本実施形態の半導体装置２０におけるＰＮ電流ループを示す図である。図１８は、半導体装置２０をＸ方向から見た側面図において、ＰＮ電流ループを示す図である。ＰＮ電流ループとは、Ｐ端子９１ＰからＮ端子９１Ｎまでの電流経路のループ形状を指す。

[0114] インダクタンスを検討する上では、Ｐ端子９１Ｐ→Ｐ配線５４→半導体素子４０Ｈ→中継配線６５→アーム接続部８０→中継配線５５→半導体素子４０Ｌ→Ｎ配線６４→Ｎ端子９１ＮのＰＮ電流ループについて考慮する。このため、ＰＮ電流ループが分かりやすいように、Ｐ端子９１ＰからＮ端子９１Ｎまでを連続する実線で示している。実際は、同時にオンしないように、半導体素子４０Ｈ、４０Ｌが制御される。便宜上、半導体素子４０Ｈのひとつと半導体素子４０Ｌのひとつについての電流経路のみを示すが、半導体素子４０Ｈの他のひとつと半導体素子４０Ｌの他のひとつについても同様である。

[0115] 図１９および図２０は、電磁界シミュレーションの結果を示している。図１９は、図１８に示した参考例の電流密度を示している。図２０は、図１６に示した本実施形態の構成について電流密度を示している。電磁界シミュレーションの条件は、表面金属体６２の回路パターンが異なる点を除けば、互いに共通とした。図１９、図２０では、電流密度が低いほど粗（淡色）であり、高いほど密（濃色）である。

[0116] 図１６に示すように、参考例の半導体装置２０ｒにおいて、中継配線６５ｒは、平面略矩形状をなしている。中継配線６５ｒの端部６５０ｒの長さは、基部６４０ｒにおける半導体素子４０Ｌｒの配置領域６４０ｂｒの長さとほぼ等しい。基部６４０ｒにおける対向辺６４０ａｒの長さは、配置領域６

４０ｂｒよりも長い。このため、図１６の実線矢印で示すように、平面略矩形状の半導体素子４０Ｌｒに対して、ひとつの辺４００ｒから電流が入り、別の辺４０１ｒから電流が出る。辺４００ｒは、中継配線６５ｒとの対向辺である。辺４０１ｒは、２つの半導体素子４０Ｌｒが互いに対向する辺とは反対の辺である。このように、電流は、半導体素子４０ＬｒからＸ方向外側に流れるため、ＰＮ電流ループが大きい。図１９に示すシミュレーション結果からも、電流が、半導体素子４０Ｌｒから基部６４０ｒをＸ方向外側に流れることが明らかである。

[0117] 一方、本実施形態の半導体装置２０では、上記したように、Ｎ配線６４および中継配線６５がパターニングされ、半導体素子４０Ｌと所定の位置関係を満たしている。この位置関係により、図１７に示すように、Ｎ配線６４（延設部６４１）が、平面視において半導体素子４０Ｌのひとつの辺４００の上方にも存在する。辺４００は、中継配線６５との対向辺である。よって、半導体素子４０Ｌの辺４００から電流が入り、同じ辺４００から電流が出る。半導体素子４０ＬからＮ端子９１Ｎに向かう電流のうち、特に半導体素子４０Ｌの近傍においてＹ方向成分が増加する。図２０に示すシミュレーション結果からも、電流が、半導体素子４０ＬからＹ方向成分を有して流れることが明らかである。

[0118] このように、Ｎ配線６４を流れる電流が、中継配線６５に近づき、Ｎ配線６４による電流経路、つまり半導体素子４０ＬとＮ端子９１Ｎとの間の電流経路が短くなる。したがって、参考例に較べてＰＮ電流ループが小さい。図１８に示すように、ＰＮ電流ループは、Ｚ方向においても小さい。Ｐ配線５４とＮ配線６４が、Ｚ方向において対向している。また、中継配線５５とＮ配線６４が、Ｚ方向において対向している。

[0119] ＜第１実施形態のまとめ＞

主回路配線のインダクタンスが大きい場合、サージ電圧が大きくなる。耐圧を確保すべく半導体素子を厚くすると定常損失が増加する。定常損失を低減するためには、素子面積を大きくする必要がある。また、スイッチング速

度を抑えることで、サージ電圧を低減することもできる。この場合、モータジェネレータへの出力が小さくなる。このように、インダクタンスが大きいと、半導体素子の体格が大きくなる、または、出力が小さくなる。

[0120] 電流が互いに逆向きに流れる部材を対向配置すると、電流により生じる磁束の打ち消し効果により、インダクタンスを低減することができる。主回路配線のＰＮ電流ループがより小さいと、逆向きに電流が流れる部材が互いに近づき、磁束の打ち消し効果が高まるため、インダクタンスを低減することができる。

[0121] 本実施形態では、半導体素子４０Ｈ、４０ＬをＹ方向に並んで配置し、アーム接続部８０を半導体素子４０Ｈ、４０Ｌの間に配置している。主端子のうち、電源端子９１（９１Ｐ、９１Ｎ）を同一方向に引き出している。また、Ｙ方向において、Ｐ配線５４を電源端子９１側に配置し、中継配線５５を反対側に配置している。Ｙ方向において、中継配線６５を電源端子９１側に配置し、Ｎ配線６４の基部６４０を反対側に配置している。そして、Ｎ配線６４の延設部６４１を、中継配線６５を挟むように電源端子９１側に延ばしている。

[0122] このような構成により、ＰＮ電流ループが小さくなる。これにより、主回路配線のインダクタンスを低減することができる。たとえば、Ｐ端子９１ＰとＮ端子９１Ｎの並設により、インダクタンスを低減することができる。中継配線６５とＮ配線６４も所定の間隔を有して配置（並設）されている。これにより、インダクタンスを低減することができる。また、Ｎ配線６４の延設部６４１がＰ配線５４に対向している。これにより、インダクタンスを低減することができる。

[0123] 本実施形態では、基板５０の表面金属体５２および基板６０の表面金属体６２が、半導体素子４０に対する配線機能を提供する。表面金属体５２、６２は、封止体３０によって封止されている。従来のように沿面距離を確保しなくてもよいため、Ｎ配線６４と中継配線６５とを近づけて配置することができる。これにより、磁束打消しの効果が高まり、インダクタンスをさらに

低減することができる。

[0124] また、図１５に示したように、中継配線６５の端部６５０の長さＬ１、基部６４０の対向辺６４０ａの長さＬ２、基部６４０における半導体素子４０Ｌの配置領域６４０ｂの長さＬ３が、Ｌ１＜Ｌ２＜Ｌ３の関係を満たしている。この寸法関係を満たすことで、上記したように、半導体素子４０Ｌのひとつの辺４００から電流が入り、同じ辺４００から電流が出る。半導体素子４０ＬからＮ端子９１Ｎに向かう電流のうち、特に半導体素子４０Ｌの近傍においてＹ方向成分が増加する。これにより、Ｎ配線６４による電流経路、つまり半導体素子４０ＬとＮ端子９１Ｎとの間の電流経路が短くなり、ＰＮ電流ループが小さくなる。よって、主回路配線のインダクタンスをさらに低減することができる。

[0125] また、電流の周波数が高いほど、表皮効果により、Ｎ配線６４の延設部６４１と中継配線６５との対向辺に、電流が集中する。これにより、ＰＮ電流ループをさらに小さくし、ひいてはインダクタンスをさらに小さくすることができる。

[0126] 本実施形態では、図１５に示したように、中継配線６５が縮幅部６５１ａを有している。これにより、延設部６４１において、縮幅部６５１ａと対向する部分の幅を広くすることができる。よって、表面金属体６２、ひいては基板６０の体格を変えることなく、通電による発熱を抑制することができる。つまり、インダクタンスを低減しつつ、発熱を抑制することができる。

[0127] 特に本実施形態では、縮幅部６５１ａのＸ方向の長さが、基部６４０に近いほど短くなっている。つまり、縮幅部６５１ａの幅は、基部６４０に向けて連続的に縮小している。中継配線６５の縮幅部６５１ａは、テーパ形状である。これにより、中継配線６５と延設部６４１との間隔を一定としやすい。つまり、延設部６４１を中継配線６５により近づけ、ＰＮ電流ループを小さくすることができる。また、延設部６４１の幅を広くし、発熱を抑制することができる。

[0128] 本実施形態では、中継配線６５が、定幅部６５１ｂを有している。そして

、半導体素子４０Ｈは、定幅部６５１ｂに配置されている。縮幅部６５１ａおよび定幅部６５１ｂを有する中継配線６５は、平面視において野球のホームベースと同一または類似の形状を有している。これによれば、半導体素子４０Ｈが縮幅部６５１ａに配置される構成に較べて、延設部６４１の幅を広くすることができる。よって、表面金属体６２、ひいては基板６０の体格を変えることなく、通電による発熱を抑制することができる。つまり、インダクタンスを低減しつつ、発熱を抑制することができる。

[0129] 本実施形態では、半導体装置２０が、２つの半導体素子４０Ｈと、２つの半導体素子４０Ｌを備えている。２つの半導体素子４０Ｈは、Ｘ方向に並んで配置されている。同様に、２つの半導体素子４０Ｌは、Ｘ方向に並んで配置されている。このように、半導体素子４０Ｈと半導体素子４０Ｌの並び方向（Ｙ方向）に対して直交する方向（Ｘ方向）に、ひとつのアームを構成する半導体素子４０を並設している。Ｘ方向において、一対の延設部６４１が、中継配線６５を挟んでいる。これにより、電流偏りを抑制することができる。

[0130] 半導体装置２０は、一対の延設部６４１と個別に接続するように先端が２つに分岐したひとつのＮ端子９１Ｎを備えてもよい。本実施形態では、半導体装置２０が２本のＮ端子９１Ｎを備えており、Ｎ端子９１Ｎは、一対の延設部６４１に対して個別に接続されている。これによれば、２本のＮ端子９１Ｎの間に、他の外部接続端子９０を配置しやすい。間に配置した外部接続端子９０を避けなくてもよいので、体格を小型化することができる。

[0131] 半導体装置２０は、Ｐ端子９１Ｐをひとつのみ備えてもよい。本実施形態では、半導体装置２０が、２本のＰ端子９１Ｐを備えている。そして、Ｘ方向において、Ｎ端子９１Ｎ、Ｐ端子９１Ｐ、信号端子９３Ｈ、Ｐ端子９１Ｐ、Ｎ端子９１Ｎの順に配置されている。Ｘ方向の両端側において、Ｐ端子９１ＰとＮ端子９１Ｎが並設されている。よって、ＰＮ電流ループを小さくしやすい。また、外部接続端子９０がＸ方向に規則性をもって配置されているため、上記したように、半導体素子４０、表面金属体５２、６２の回路パタ

ーン、および外部接続端子９０について、線対称性を確保しやすくなる。これにより、電流偏りを抑制することができる。

[0132] 本実施形態では、封止体３０の側面３０ｃからＰ端子９１ＰおよびＮ端子９１Ｎが突出し、側面３０ｄから出力端子９２が突出している。このように、平滑コンデンサ５に接続されるＰ端子９１ＰおよびＮ端子９１Ｎを同一方向に引き出し、出力端子９２を反対方向に引き出している。これにより、平滑コンデンサ５との接続性およびモータジェネレータ３との接続性を向上することができる。また、Ｐ端子９１ＰとＮ端子９１Ｎとの並設により、インダクタンスを低減することができる。このような端子配列により、ＰＮ電流ループを小さくしやすい。

[0133] ＜変形例＞

半導体素子４０Ｈ、４０Ｌのそれぞれを複数備える例として、２つずつ備える例を示したが、これに限定されない。３つ以上備えてもよい。たとえば３つの半導体素子４０ＨがＸ方向に並んで配置され、３つの半導体素子４０ＬがＸ方向に並んで配置された構成としてもよい。表面金属体６２の回路パターンおよび半導体素子４０の配置は、上記した例に限定されない。たとえば図２１、図２２に示すようにしてもよい。図２１および図２２では、便宜上、絶縁基材５１よりも裏面３０ｂ側の封止体３０を省略して図示している。また、基板６０のうち、絶縁基材６１および裏面金属体６３を省略して図示している。図１７同様、ＰＮ電流ループを実線矢印で示している。図２１および図２２では、半導体装置２０が、２本の信号端子９３Ｌを備えている。

[0134] 図２１では、半導体装置２０が、２つのアーム接続部８０を備えている。中継配線６５は、平面略矩形状をなしている。２つのアーム接続部８０は、端部６５０の近傍で、Ｘ方向に並んで配置されている。２つの半導体素子４０Ｌの間隔は、上記した例（図１７参照）よりも大きい。半導体素子４０Ｌの配置領域６４０ｂの長さが、上記した例よりも長い。これにより、Ｌ１＜Ｌ２＜Ｌ３の関係を満たしている。よって、半導体素子４０Ｌの辺４００か

ら電流が入り、同じ辺４００から電流が出る。このような構成としても、Ｎ配線６４による電流経路が短くなり、ＰＮ電流ループを小さくすることができる。ただし、図１７に示した構成のほうが、Ｎ配線６４の幅、特に延設部６４１の幅を広くすることができる。また、図１７に示す構成の場合、アーム接続部８０はひとつでよい。

[0135] 図２２では、半導体装置２０が、半導体素子４０Ｈ、４０Ｌをそれぞれひとつのみ備えている。この例では、配置領域６４０ｂが、半導体素子４０Ｌの外形輪郭と一致する。ひとつの半導体素子４０Ｈ、４０ＬのＸ方向の長さは、上記した例（図１７参照）よりも長い。これにより、Ｌ１＜Ｌ２＜Ｌ３の関係を満たしている。よって、半導体素子４０Ｌの辺４００から電流が入り、同じ辺４００から電流が出る。このような構成としても、Ｎ配線６４による電流経路が短くなり、ＰＮ電流ループを小さくすることができる。

[0136] 外部接続端子９０の配置は上記した例に限定されない。たとえば、Ｐ端子９１ＰをＸ方向外側、Ｎ端子９１Ｎを内側に配置してもよい。この場合、図２３および図２４に示すように、半導体素子４０や回路パターンも逆となる。図２３は、基板５０を示している。図２４は、基板６０を示している。

[0137] 図２３に示すように、基板５０の表面金属体５２の回路パターンは、図１５に示した基板６０の表面金属体６２の回路パターンと同一である。Ｐ配線５４は、図１５に示したＮ配線６４と同一のパターンである。Ｎ配線６４上に半導体素子４０Ｈが配置されている。中継配線５５は、図１５に示した中継配線６５と同一のパターンである。中継配線５５上に、半導体素子４０Ｌおよびアーム接続部８０が配置されている。

[0138] 図２４に示すように、基板６０の表面金属体６２の回路パターンは、図１４に示した基板５０の表面金属体５２の回路パターンと同一である。Ｎ配線６４は、図１４に示したＰ配線５４と同一のパターンである。Ｎ配線６４上に半導体素子４０Ｌが配置されている。中継配線６５は、図１４に示した中継配線５５と同一のパターンである。中継配線６５上に、半導体素子４０Ｈおよびアーム接続部８０が配置されている。

[0139] 図２３および図２４に示す構成の場合、上記した第１と第２の関係性が逆となる。半導体素子４０Ｌが第１素子、半導体素子４０Ｈが第２素子である。ソース電極４０Ｓが第１主電極、ドレイン電極４０Ｄが第２主電極である。基板６０が第１基板、基板５０が第２基板である。絶縁基材６１が第１絶縁基材、表面金属体６２が第１表面金属体、裏面金属体６３が第１裏面金属体である。絶縁基材５１が第２絶縁基材、表面金属体５２が第２表面金属体、裏面金属体５３が第２裏面金属体である。

[0140] （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り、先行実施形態の記載を援用できる。スイッチング時の過渡電流アンバランスを抑制するため、本実施形態に記載のように、複数の半導体素子が並列接続される表面金属体を所定構造としてもよい。

[0141] ＜半導体装置＞

まず、図２５に基づき、本実施形態の半導体装置２０について説明する。図２５は、本実施形態に係る半導体装置２０を示す断面図である。図２５は、図８に対応している。

[0142] 本実施形態の半導体装置２０は、先行実施形態に記載の構成（図２～図１５参照）と同様の構成を有している。半導体装置２０は、一相分の上下アーム回路９を構成する。図２５に示すように、半導体装置２０は、上アーム素子である２つの半導体素子４０Ｈを含む複数の半導体素子４０と、半導体素子４０をＺ方向において挟むように配置された基板５０、６０と、封止体３０を備えている。基板５０の表面金属体５２は、半導体素子４０の高電位側の第１主電極であるドレイン電極４０Ｄに接続されている。基板６０の表面金属体６２は、半導体素子４０の低電位側の第２主電極であるソース電極４０Ｓに接続されている。図示しないが、半導体装置２０は、下アーム素子である２つの半導体素子４０Ｌを備えている。

[0143] 表面金属体６２は、先行実施形態同様、仮想線ＣＬ１に対して略線対称である。図２５に示すように、本実施形態では、表面金属体６２の中継配線６

５が、スリット６５３を有している。後述するように、Ｎ配線６４は、スリット６４３を有している。

[0144] ＜過渡電流アンバランスの抑制効果＞

次いで、図２６および図２７に基づき、スイッチング時の過渡電流アンバランスの抑制効果について説明する。図２６は、ひとつのアームを構成する２つの半導体素子４０（ＭＯＳＦＥＴ１１）の等価回路図である。図２７は、電位を分かりやすく示したイメージ図（電位図）である。

[0145] 図２６および図２７では、並列接続されたＭＯＳＦＥＴ１１のひとつをＭＯＳＦＥＴ１、他のひとつをＭＯＳＦＥＴ２と示している。ドレイン電極側の配線（以下、ドレイン配線と示す）のインダクタンスをＬｄ、ソース電極側の配線（以下、ソース配線）のインダクタンスをＬｓと示している。ゲート電位をＶｇ、ＭＯＳＦＥＴ１のソース電極の電位をＶｋｓ１、ＭＯＳＦＥＴ２のソース電極の電位をＶｋｓ１、共通のソース電位をＶｓと示している。電位Ｖｋｓ１と電位Ｖｋｓ２の中点電位をＶｍと示している。中点電位Ｖｍは一定である。Ｖｍ＝（Ｖｋｓ１＋Ｖｋｓ２）／２である。

[0146] また、ＭＯＳＦＥＴ１のゲート電圧をＶｇｓ１、ＭＯＳＦＥＴ２のゲート電圧をＶｇｓ２と示している。ターンオンによりＭＯＳＦＥＴ１に流れる電流をＩ１、電流Ｉ１が流れたときにインダクタンスＬｓの両端間に発生する電圧をΔＶｓ１と示している。同様に、ターンオンによりＭＯＳＦＥＴ２に流れる電流をＩ２、電流Ｉ２が流れたときにインダクタンスＬｓの両端間に発生する電圧をΔＶｓ２と示している。ΔＶｓ１＝Ｌｓ×ｄＩ１／ｄｔである。ΔＶｓ２＝Ｌｓ×ｄＩ２／ｄｔである。

[0147] ＭＯＳＦＥＴ１１の特性ばらつきにより、図２６に示すように、電流Ｉ１よりも大きい電流Ｉ２（Ｉ２＞Ｉ１）が流れるとする。このとき、インダクタンスＬｓに発生する電圧ΔＶｓは、ΔＶｓ１＜ΔＶｓ２となる。つまり、図２７に示すように、中点電位Ｖｍに対してソース電極の電位Ｖｋｓ２が持ち上がり、電位Ｖｋｓ１が下がる。よって、ゲート電圧Ｖｇｓ１＞ゲート電圧Ｖｇｓ２となる。ゲート電圧Ｖｇｓ２を絞るため、電流Ｉ２は小さくなる

。このように、ソース配線のインダクタンスＬｓは、並列接続された半導体素子４０（ＭＯＳＦＥＴ１１）の特性ばらつきによるスイッチング時の過渡電流アンバランスを抑制する機能を有する。

[0148] しかしながら、ソース配線のインダクタンスＬｓが小さいと、上記した過渡電流アンバランスを抑制する機能が損なわれる。これにより、スイッチング損失に偏りが生じ、熱設計にマージンをとる必要が生じてしまう。

[0149] ＜基板の回路パターン＞

次に、図２８に基づき、本実施形態の半導体装置２０における表面金属体６２の回路パターンについて説明する。図２８は、図１５に対応している。図２８では、図１５同様、接続される主電極を明確化するために、ソース電極４０ＳをＳと示している。

[0150] Ｎ配線６４および中継配線６５は、半導体素子４０のソース電極４０Ｓが接続されるソース配線である。Ｎ配線６４は、スリット６４３を有する点で、先行実施形態のパターンと異なっている。同様に、中継配線６５は、スリット６５３を有することで、先行実施形態のパターンと異なっている。スリット６４３、６５３を有する点を除けば、先行実施形態に記載の構成と同じである。

[0151] スリット６４３は、Ｎ配線６４をその厚み方向（Ｚ方向）に貫通している。スリット６４３は、基部６４０において２つの半導体素子４０Ｌの対向領域に重なる位置に設けられている。対向領域とは、半導体素子４０Ｌの並び方向において、半導体素子４０Ｌが互いに対向する領域である。つまりスリット６４３は、Ｚ方向の平面視において、下アーム素子である半導体素子４０Ｌの間に設けられている。スリット６４３は、基部６４０において、半導体素子４０Ｌとの電気的な接続部の間に設けられている。スリット６４３は、半導体素子４０Ｌの間から、半導体素子４０Ｈ、４０Ｌの並び方向であるＹ方向に延びている。スリット６４３は、基部６４０の対向辺６４０ａに開口している。スリット６４３は、Ｘ方向においてＮ配線６４の略中央位置に設けられている。

[0152] このように、スリット６４３は、半導体素子４０Ｌのソース電極４０Ｓからｙ方向において主端子であるＮ端子９１Ｎの配置側、つまり電流の流れる側に延びている。スリット６４３は、基部６４０の端部６４０ｃに開口していない。スリット６４３は、半導体素子４０Ｌの対向領域の下端近傍まで設けられている。スリット６４３は、Ｎ配線６４を半導体素子４０Ｌのひとつが接続された領域と、他のひとつが接続された領域とに区画している。スリット６４３は、半導体素子４０Ｌのソース電極４０Ｓの電流経路、つまりソース電流経路を分離している。

[0153] スリット６５３は、中継配線６５をその厚み方向（Ｚ方向）に貫通している。スリット６５３は、中継配線６５において、２つの半導体素子４０Ｈの対向領域に重なる位置に設けられている。つまりスリット６５３は、平面視において、半導体素子４０Ｈの間に設けられている。スリット６５３は、中継配線６５において、半導体素子４０Ｈとの電気的な接続部の間に設けられている。スリット６５３は、半導体素子４０Ｈの間からＹ方向に延びている。スリット６５３は、端部６５２に開口している。スリット６５３は、端部６５２から半導体素子４０Ｈの間（対向領域）を横切り、アーム接続部８０の近傍まで延びている。スリット６５３は、Ｘ方向において中継配線６５の略中央位置に設けられている。

[0154] このように、スリット６５３は、半導体素子４０Ｈのソース電極４０Ｓからｙ方向においてアーム接続部８０側に延びている。スリット６５３は、半導体素子４０Ｈのソース電極４０Ｓから電流の流れる側に延びている。スリット６５３は、端部６５０に開口していない。スリット６４３は、アーム接続部８０の手前まで設けられている。スリット６５３は、中継配線６５を半導体素子４０Ｈのひとつが接続された領域と、他のひとつが接続された領域とに区画している。スリット６５３は、半導体素子４０Ｈのソース電極４０Ｓの電流経路、つまりソース電流経路を分離している。

[0155] ＜第２実施形態のまとめ＞

図２９は、ソース電流経路を示している。実線矢印は半導体素子４０Ｈ側

のソース電流経路を示し、破線矢印は半導体素子４０Ｌ側のソース電流経路を示している。上記したように、本実施形態では、低電位側の主電極であるソース電極４０Ｓが接続される表面金属体６２に、スリット６４３、６５３を設けている。

[0156] スリット６４３は、半導体素子４０Ｌが並列接続されるＮ配線６４において、隣り合う半導体素子４０Ｌの間に設けられている。スリット６４３は、Ｎ配線６４を区画し、各半導体素子４０Ｌのソース電流経路を分離する。これにより、半導体素子４０Ｌのソース電極４０Ｓから出た電流（ソース電流）がソース電極４０Ｓの近傍で合流するのを抑制することができる。つまり、ソース電流の合流地点が、平面視においてソース電極４０Ｓから遠ざかる。したがって、２つの半導体素子４０Ｌ（ＭＯＳＦＥＴ１１）の並列回路において、ソース配線のインダクタンスＬｓを、スリット６４３を設けない構成に較べて大きくすることができる。インダクタンスＬｓが大きいため、２つの半導体素子４０Ｌの特性にばらつき（ずれ）があっても、スイッチング時の過渡電流アンバランスを抑制することができる。スリット６４３を設けることで、半導体素子４０Ｌの高集積化を維持したまま過渡電流アンバランスを抑制することができる。

[0157] 同様に、中継配線６５がスリット６５３を有している。スリット６５３は、２つの半導体素子４０Ｈの間に設けられている。スリット６５３は、中継配線６５を区画し、各半導体素子４０Ｈのソース電流経路を分離する。これにより、半導体素子４０Ｈのソース電極４０Ｓから出た電流（ソース電流）がソース電極４０Ｓの近傍で合流するのを抑制することができる。つまり、ソース電流の合流地点が、平面視においてソース電極４０Ｓから遠ざかる。したがって、２つの半導体素子４０Ｈの並列回路において、ソース配線のインダクタンスＬｓを、スリット６５３を設けない構成に較べて大きくすることができる。インダクタンスＬｓが大きいため、２つの半導体素子４０Ｈの特性にばらつき（ずれ）があっても、スイッチング時の過渡電流アンバランスを抑制することができる。スリット６５３を設けることで、半導体素子４

０Ｈの高集積化を維持したまま過渡電流アンバランスを抑制することができる。

[0158] 本実施形態では、スリット６４３が、隣り合う半導体素子４０Ｌの間から、Ｙ方向であってＮ端子９１Ｎ側に延びている。スリット６４３は、半導体素子４０Ｌのソース電極４０Ｓから電流の流れる側に延びている。これにより、各半導体素子４０Ｌのソース電流経路をより長い距離で分離することができる。したがって、半導体素子４０Ｌの並列回路において、ソース配線のインダクタンスＬｓをより大きくすることができる。つまり、過渡電流アンバランスの抑制効果を高めることができる。

[0159] 同様に、スリット６５３が、隣り合う半導体素子４０Ｈの間から、Ｙ方向であってアーム接続部８０側に延びている。スリット６５３は、半導体素子４０Ｈのソース電極４０Ｓから電流の流れる側に延びている。これにより、各半導体素子４０Ｌのソース電流経路をより長い距離で分離することができる。したがって、半導体素子４０Ｈの並列回路において、ソース配線のインダクタンスＬｓをより大きくすることができる。つまり、過渡電流アンバランスの抑制効果を高めることができる。

[0160] 図３０は、図２９のXXX-XXX線に沿う断面図である。本実施形態では、継手部８１、継手部８１と中継配線５５を接続する接合材１０３、継手部８１と中継配線６５を接続する接合材１０３が、中継配線５５、６５を電気的に接続するアーム接続部８０を構成する。継手部８１は、基板５０、６０とは別部材である。アーム接続部８０は、半導体素子４０Ｈのソース電極４０Ｓに接続された中継配線６５と、半導体素子４０Ｌのドレイン電極４０Ｄに接続された中継配線５５とを、電気的に接続する。

[0161] ＜変形例＞

上記した例では、複数の半導体素子４０が、半導体素子４０Ｈ、４０Ｌをそれぞれ２つずつ含む例を示したが、これに限定されない。半導体素子４０Ｈ、４０Ｌの一方を２つ含み、他方をひとつ含む構成としてもよい。この場合、表面金属体６２の２つの配線（６４、６５）のうち、複数の半導体素子

４０が並列接続されてひとつのアームを構成する配線にスリットを設ければよい。たとえば、半導体素子４０Ｈを２つ含み、半導体素子４０Ｌをひとつ含む構成の場合、Ｎ配線６４にスリット６４３を設けず、半導体素子４０Ｈが接続される中継配線６５にスリット６５３を設ければよい。このように、複数の半導体素子４０は、半導体素子４０Ｈ、４０Ｌのうちの少なくとも一方のアーム素子を２つ含んでもよい。

[0162] 並列接続される半導体素子４０の数は２つに限定されない。３つ以上の半導体素子４０が並列接続されて、ひとつのアームを構成してもよい。たとえば３つの半導体素子４０Ｈを含む構成の場合、Ｘ方向に並んで配置された３つの半導体素子４０Ｈに対し、平面視において隣り合う半導体素子４０Ｈの間にスリット６５３をそれぞれ設ければよい。複数の半導体素子４０は、半導体素子４０Ｈ、４０Ｌのうちの少なくとも一方のアーム素子を複数含めばよい。両方のアーム素子を複数含む、つまり複数の半導体素子４０Ｈと、複数の半導体素子４０Ｌを含んでもよい。

[0163] Ｎ端子９１Ｎの配置は、上記した例に限定されない。たとえばＰ端子９１Ｐが封止体３０の側面３０ｃから突出し、Ｎ端子９１Ｎが側面３０ｄから突出する構成としてもよい。この場合、Ｎ配線６４のパターンは、たとえばＰ配線５４や中継配線５５に類似の形状となる。つまり、基部６４０から封止体３０の側面３０ｄ側に、延設部６４１が延びる。この構成の場合にも、スリット６４３は、少なくとも半導体素子４０Ｌの間に設けられればよい。また、スリット６４３を、半導体素子４０Ｌの対向領域から、対向領域の外側であってＮ端子９１Ｎ側に延びる構成とすることで、インダクタンスＬｓをより大きくすることができる。

[0164] 半導体素子４０の間に設けるスリット６４３、６５３をひとつとしたが、これに限定されない。スリット６４３、６５３の少なくとも一方を複数としてもよい。

[0165] スリット６４３、６５３が、表面金属体６２の端部のひとつに開口する例を示したが、これに限定されない。たとえば図３１および図３２に示す例で

は、スリット６４３が、基部６４０の対向辺６４０ａから端部６４０ｃまで、Ｙ方向に延びている。スリット６４３は、基部６４０、ひいてはＮ配線６４を二分割している。スリット６４３は、半導体素子４０Ｌの対向領域を横切っている。分割されたＮ配線６４のひとつに半導体素子４０Ｌのひとつが配置され、Ｎ配線６４の他のひとつに半導体素子４０Ｌの他のひとつが配置されている。同様に、スリット６５３は、中継配線６５の端部６５２から端部６５０まで、Ｙ方向に延びている。スリット６５３は、中継配線６５を二分割している。分割された中継配線６５のひとつに半導体素子４０Ｈのひとつが配置され、中継配線６５の他のひとつに半導体素子４０Ｈの他のひとつが配置されている。

[0166] スリット６４３、６５３は互いに連なり、Ｙ方向に延びるひとつのスリットをなしている。表面金属体６２は、仮想線ＣＬ１に対して略線対称である。図３３は、ソース電流経路を示している。実線矢印は半導体素子４０Ｈのソース電流経路を示し、破線矢印は半導体素子４０Ｌのソース電流経路を示している。上記したように、スリット６４３が、Ｎ配線６４を二分割している。これにより、半導体素子４０Ｌのひとつのソース電流と、他のひとつのソース電流が、基板６０上において合流しない。ソース電流の合流地点がより遠ざかるため、ソース配線のインダクタンスＬｓをさらに大きくすることができる。

[0167] 同様に、スリット６５３が、中継配線６５を二分割している。これにより、半導体素子４０Ｈのソース電流と他のひとつソース電流が、基板６０上において合流しない。ソース電流の合流地点がより遠ざかるため、ソース配線のインダクタンスＬｓをさらに大きくすることができる。以上により、過渡電流アンバランスの抑制効果を高めることができる。図３１、図３２、および図３３は、変形例を示す図である。図３１は、図２８に対応している。図３２は、図１１に対応している。図３３は、図２９に対応している。

[0168] 図３１～図３３に示す例では、中継配線６５の分割に合わせて、アーム接続部８０を中継配線６５と同数に分割している。アーム接続部８０は、中継

配線６５に対して個別に接続されている。これによれば、アーム接続部８０においてもソース電流が合流しないため、インダクタンスＬｓをより大きくすることができる。

[0169] 上記した変形例の構成において、さらに基板５０の表面金属体５２にスリットを設けてもよい。図３４および図３５に示すように、表面金属体５２のうち、中継配線５５は、スリット５５３を有している。スリット５５３は、中継配線５５の端部５５１ａに開口している。端部５５１ａは、Ｙ方向においてＰ配線５４と対向している。スリット５５３は、Ｙ方向に延び、２つに分割されたアーム接続部８０を横切って、半導体素子４０Ｌの対向領域（間）に達している。スリット５５３は、半導体素子４０Ｌの対向領域の下端近傍まで設けられている。

[0170] このような構成を採用すると、図３５に示すように、一組の半導体素子４０Ｈ、４０Ｌによる第１の電流経路と、別の組の半導体素子４０Ｈ、４０Ｌによる第２の電流経路とが、半導体装置２０内において、ほぼ完全に分離される。電流の合流地点は、Ｎ端子９１Ｎの外に設けられる。このため、ソース配線のインダクタンスＬｓをさらに大きくすることができる。図３４および図３５は、変形例を示す図である。図３４は、図３２に対応している。図３５は、図３３に対応している。なお、半導体装置２０は、複数のＮ端子９１Ｎを接続するＮバスバーを備えてもよい。この場合、Ｎバスバーで電流が合流する。Ｎ端子９１Ｎを接続するＮバスバーを、たとえば平滑コンデンサ５側が備えてもよい。

[0171] アーム接続部８０が、継手部８１と、継手部８１の両端側に配置される接合材１０３により構成される例を示したが、これに限定されない。図３６に示す例では、継手部８１が、基板６０と一体的に設けられている。継手部８１は、中継配線６５からＺ方向に延びる突起部として設けられている。導電スペーサ７０も、継手部８１同様、突起部として表面金属体６２と一体的に設けられている。

[0172] 突起部を有する表面金属体６２は、たとえば異形条の金属板をプレス加工

によりパターニングし、絶縁基材６１に貼り付けることで形成してもよい。突起部を有する表面金属体６２は、厚Ｃｕをエッチングすることで形成してもよい。基板６０とは別部材の金属体を表面金属体６２に直接接合することで形成してもよい。図３６に示す構成では、中継配線６５の突起部である継手部８１と、継手部８１の先端と中継配線５５との間に介在する接合材１０３が、アーム接続部８０を構成する。図３６は、図３０に対応する図である。

[0173] 図３７に示す例では、継手部８１を排除した構成としている。接合材１０３が、中継配線５５、６５を電気的に接続している。接合材１０３が、アーム接続部８０を構成する。図３７では、導電スペーサ７０も排除しており、半導体素子４０のソース電極４０Ｓは、接合材１０１を介して表面金属体６２に接続されている。図示を省略するが、アーム接続部８０が、接合材１０３を備えず、継手部８１のみを備える構成としてもよい。この場合、継手部８１は、中継配線５５、６５に直接接合される。

[0174] 基板５０、６０の回路パターンは、上記した例に限定されない。図３８に示す基板６０は、図２４に示した回路パターンに、スリット６４３、６５３を適用した例を示している。図３８に示す例において、スリット６４３は、隣り合う半導体素子４０Ｌの間に設けられている。スリット６４３は、半導体素子４０Ｌの間から、Ｙ方向であってＮ端子９１Ｎ側、つまりソース電流の流れる側に延びている。スリット６５３は、隣り合う半導体素子４０Ｈの間に設けられている。スリット６５３は、半導体素子４０Ｈの間から、Ｙ方向であってアーム接続部８０側に延びている。

[0175] 本実施形態において、外部接続端子９０の配置は、図示した例に限定されない。Ｐ端子９１Ｐは、たとえばＸ方向の両端で、Ｐ配線５４に接続されてもよい。Ｎ端子９１Ｎは、たとえばＸ方向の両端でＮ配線６４に接続されてもよい。この場合、Ｎ端子９１Ｎは、延設部６４１に接続されてもよい。Ｎ配線６４から延設部６４１を排除し、基部６４０に接続されてもよい。出力端子９２は、たとえばＸ方向の両端で中継配線５５に接続されてもよい。

[0176] 本実施形態に記載の構成は、第１実施形態およびその変形例に記載の構成のいずれとも組み合わせが可能である。

[0177] （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り、先行実施形態の記載を援用できる。半導体素子の熱を効果的に逃がすため、本実施形態に記載のように、半導体素子よりも上方の厚みと下方の厚みとが所定の関係を満たすようにしてもよい。

[0178] ＜高温時の反り＞

鋭意検討により、樹脂を材料とする絶縁基材５１、６１を採用し、フィラーの添加によって線膨張係数を金属体５２、５３、６２、６３に近づけても、図３９に示すように半導体装置２０に反りが生じ得ることが明らかとなった。図３９は、半導体素子４０の動作時、つまり高温時の半導体装置２０の状態を示している。図中の一点鎖線は、反りの方向を示す参考線である。

[0179] 図３９に示す構成は、先行実施形態（図５参照）に記載の構成と同様である。図３９では、便宜上、外部接続端子９０を省略して図示している。図３９では、半導体装置２０と冷却器１２０の熱交換部１２１とが、所定方向であるＺ方向に並んで配置されている。熱交換部１２１は、半導体装置を挟むように、Ｚ方向において半導体装置２０の両側に配置されている。熱交換部１２１のそれぞれと半導体装置２０との間には、シリコーンゲルなどの熱伝導部材１３０が配置されている。冷却器１２０は、熱交換部１２１の流路内に冷媒が流通することで、半導体装置２０を冷却する。流路に流す冷媒としては、水やアンモニアなどの相変化する冷媒や、エチレングリコール系などの相変化しない冷媒を用いることができる。熱伝導部材１３０は、サーマルインターフェイスマテリアル（ＴＩＭ）と称されることがある。熱伝導部材１３０は、熱交換部１２１と半導体装置２０との対向面に追従し、対向面間の隙間を埋める。

[0180] 上記したように、半導体素子４０において、高電位側の主電極であるドレイン電極４０Ｄのほうが、低電位側の主電極であるソース電極４０Ｓよりも

電極面積が大きい。また、ソース電極４０Ｓと基板６０との間には導電スペーサ７０が介在するのに対し、ドレイン電極４０Ｄと基板５０との間には導電スペーサ７０が介在しない。つまり、熱抵抗は、半導体素子４０から基板５０への伝熱経路のほうが、半導体素子４０から基板６０への伝熱経路よりも小さい。このような構成の半導体装置２０においては、基板５０側への放熱を効果的に行うことが求められる。

[0181] 図３９に示すように基板５０側が凹、基板６０側が凸となる反りが生じると、露出面である基板５０の裏面５０ｂと熱交換部１２１との対向距離が長くなり、介在する熱伝導部材１３０が厚くなる。これにより、基板５０と熱交換部１２１との間の熱抵抗が増大し、半導体装置２０と冷却器１２０（熱交換部１２１）と間で熱伝達（熱交換）し難くなる。半導体素子４０の熱を効果的に逃がす、つまり半導体装置２０を効率よく冷やすには、図３９に示す反りの状態は好ましいものではない。図３９では、半導体装置２０の両面側に冷却器１２０（熱交換部１２１）を配置する両面冷却構造の例を示した。しかしながら、Ｚ方向において基板５０側にのみ冷却器１２０を配置した片面冷却構造についても、同様の課題がある。

[0182] ＜半導体装置の構造＞

鋭意検討により、半導体装置２０において半導体素子４０よりも基板５０側の部分の厚みと基板６０側の部分の厚みとの大小関係により、半導体装置２０の反りを制御できることが明らかとなった。本実施形態の半導体装置２０は、この知見に基づいた構成を有している。図４０は、本実施形態の半導体装置２０を示す断面図である。図４０では、半導体装置２０に反りのない理想的な状態を示している。

[0183] 本実施形態の半導体装置２０は、先行実施形態に記載の構成（図２～図１３参照）と同様の構成を有している。図４０では、図３９同様、半導体装置２０とともに、冷却器１２０の熱交換部１２１と、熱伝導部材１３０を示している。つまり、図４０は、半導体装置２０、冷却器１２０、および熱伝導部材１３０を備える半導体モジュール１４０を示している。半導体モジュー

ル１４０は、一例として、一対の熱交換部１２１にて半導体装置２０を挟む両面冷却構造を有している。半導体装置２０は、所定方向であるＺ方向において冷却器１２０（熱交換部１２１）と並んで配置されている。冷却器１２０は、半導体装置２０の両側に配置されている。

[0184] 裏面金属体５３、６３は、基板５０、６０の裏面５０ｂ、６０ｂとして、封止体３０から露出している。冷却器１２０の熱交換部１２１のひとつは、封止体３０の一面３０ａおよび裏面５０ｂに対向配置され、熱交換部１２１の他のひとつは封止体３０の裏面３０ｂおよび裏面６０ｂに対向配置されている。半導体装置２０と熱交換部１２１との対向面間には、熱伝導部材１３０がそれぞれ配置されている。熱伝導部材１３０は、半導体装置２０および熱交換部１２１に密着している。

[0185] 半導体装置２０は、半導体素子４０よりも基板５０側の厚みＴ１と、半導体素子４０よりも基板６０側の厚みＴ２とがＴ１≧Ｔ２の関係を満たすように構成されている。その他の構成については、先行実施形態（図５参照）に記載の構成と同様である。厚みＴ１は、接合材１０１、導電スペーサ７０、接合材１０２、および基板６０のそれぞれの厚みのトータルの厚みである。厚みＴ２は、接合材１００および基板５０のそれぞれの厚みのトータルの厚みである。Ｔ１≧Ｔ２の関係を満たすため、基板５０は、基板６０よりも厚い。基板５０は、導電スペーサ７０よりも厚い。基板５０において、金属体５２、５３は絶縁基材５１よりも厚い。基板６０において、金属体６２、６３は、絶縁基材６１よりも厚い。厚みの関係を除く部分の構成は、第１実施形態に記載の構成と同様である。

[0186] ＜シミュレーション結果＞

図４１～図４３は、熱応力シミュレーションの結果を示している。図４１は、図４０に示した半導体装置２０の室温（ＲＴ）時の状態を示している。図４２は、図４０に示した半導体装置２０の高温時の状態を示している。高温時とは、通電により半導体素子４０が発熱しているとき、つまり半導体素子４０の動作時である。図４１および図４２に示すように、高温時には半導

体装置２０に反りが生じる。本実施形態では、上記したようにＴ１≧Ｔ２の関係を満たしているため、図４２に破線矢印で示すように、基板５０側の膨張量のほうが基板６０側の膨張量よりも大きい。金属体５２、５３、６２、６３を構成するＣｕの線膨張係数がもっとも大きく、基板５０が厚いからである。これにより、第１基板である基板５０側に凸、第２基板である基板６０側に凹の反りが生じる。図４２中の一点鎖線は、反りの方向を示す参考線である。

[0187] 図４３は、厚みＴ１、Ｔ２の比と、高温時における反り量の関係を示している。このシミュレーションにおいて、半導体素子４０、導電スペーサ７０、および接合材１００、１０１、１０２については同一（共通）とし、基板５０および基板６０の厚みを調整して、厚み比Ｔ１：Ｔ２が所定値となるように調整した。材料構成については、同一（共通）とした。図４３に示す縦軸は反り量を示しており、任意単位（ａ．ｕ．）である。反り量は、０（ゼロ）よりも上方の場合に基板５０側に凸、基板６０側に凹の反りであることを示し、０（ゼロ）よりも下方の場合に基板５０側に凹、基板６０側に凸の反りであることを示してい・BR>驕BＴ１：Ｔ２は、１：２、１：１．３、１：１、１．５：１の４水準とした。

[0188] 図４３に示すように、Ｔ１：Ｔ２＝１：２の場合、基板５０側に凹、基板６０側に凸の反りが生じ、基板６０側に凸の反り量が４水準の中で最大であった。Ｔ１：Ｔ２＝１：１．３の場合、基板５０側に凹、基板６０側に凸の反りが生じ、基板６０側に凸の反り量はＴ１：Ｔ２＝１：２よりも小さくなった。Ｔ１：Ｔ２＝１：１にすると、基板５０側に凸、基板６０側に凹の反りに転じた。Ｔ１：Ｔ２＝１．５：１にすると、基板５０側に凸、基板６０側に凹の反りが生じ、基板５０側に凸の反り量が４水準の中で最大であった。

[0189] このように、Ｔ１＜Ｔ２の場合には、基板５０側に凹、基板６０側に凸の反りが生じ、Ｔ１≧Ｔ２の場合には、基板５０側に凸、基板６０側に凹の反りを生じることが明らかとなった。つまり、Ｔ１≧Ｔ２の関係を満たすこと

で、高温時に生じる反りを、基板５０側に凸、基板６０側に凹の反りに制御できることが明らかとなった。また、Ｔ１に対してＴ２が大きいほど基板６０側に凸の反り量が大きくなり、Ｔ２に対してＴ１が大きいほど基板５０側に凸の反り量が大きくなることが明らかとなった。

[0190] ＜第３実施形態のまとめ＞

本実施形態では、半導体装置２０が、上記した厚みＴ１≧厚みＴ２の関係を満たしている。半導体素子４０と基板５０との間に導電スペーサ７０を介さない側の厚みＴ１が、半導体素子４０と基板６０との間に導電スペーサ７０を介する側の厚みＴ２以上である。これにより、半導体素子４０の動作時（高温時）において、半導体装置２０に、基板５０側に凸、基板６０側に凹の反りが生じる。よって、放熱性に対する寄与率が高い基板５０側における半導体装置２０と冷却器１２０（熱交換部１２１）との対向距離を、厚みＴ１＜厚みＴ２の関係を満たす構成に較べて狭くすることができる。対向距離が狭くなるため、半導体装置２０と冷却器１２０との間の熱抵抗が小さくなる。これにより、半導体素子４０の生じた熱を半導体装置２０の外部に効率よく逃がすことができる。換言すれば、半導体装置２０の冷却効率を高めることができる。

[0191] 具体的には、半導体装置２０と冷却器１２０との間に介在する熱伝導部材１３０の厚みが、厚みＴ１＜厚みＴ２の関係を満たす構成に較べて薄くなる。これにより、半導体装置２０と冷却器１２０との間の熱抵抗が小さくなり、半導体装置２０と冷却器１２０との間で熱交換しやすくなる。よって、半導体素子４０の生じた熱を半導体装置２０の外部に効率よく逃がすことができる。

[0192] 本実施形態では、裏面金属体５３が封止体３０から露出している。裏面金属体５３が封止体３０により覆われる構成に較べて、放熱性を高めることができる。同様に、裏面金属体６３が封止体３０から露出している。裏面金属体６３が封止体３０により覆われる構成に較べて、放熱性を高めることができる。

[0193] ＜変形例＞

両面放熱構造の例を示したが、これに限定されない。半導体装置２０は、主として基板５０側から効率よく熱を逃がしたい。よって、半導体装置２０に対し、Ｚ方向において基板５０側のみに冷却器１２０（熱交換部１２１）を配置してもよい。このような片面放熱構造においても、Ｔ１≧Ｔ２の関係を満たすことで高温時に基板５０側に凸の反りとなる。これにより、半導体装置２０と冷却器１２０との間の熱抵抗を小さくなる。よって、半導体素子４０の生じた熱を効率よく逃がすことができる。

[0194] 裏面金属体５３、６３の両方が、封止体３０から露出する例を示したが、これに限定されない。たとえば裏面金属体５３のみが露出する構成としてもよい。

[0195] 半導体装置２０が、上アーム９Ｈを構成する半導体素子４０Ｈと、下アーム９Ｌを構成する半導体素子４０を備える例を示したが、これに限定されない。アームのひとつを構成する半導体素子４０のみを備えてもよい。半導体装置２０は、たとえばひとつの半導体素子４０のみを備えてもよい。半導体装置２０は、半導体素子４０と、半導体素子４０を挟むように配置された一対の基板５０、６０と、半導体素子４０と基板６０との間に介在する導電スペーサ７０を備えればよい。

[0196] 基板５０において、金属体５２、５３の厚みの関係については特に言及しなかった。たとえば図４４に示すように、表面金属体５２を裏面金属体５３より厚くしてもよい。半導体素子４０の第１主電極であるドレイン電極４０Ｄは表面金属体５２に接合されている。表面金属体５２と半導体素子４０との間の熱抵抗は小さい。半導体素子４０に近い表面金属体５２を厚くすることで、半導体素子４０の生じた熱を効果的に拡散させることができる。つまり、半導体素子４０の熱を、効率よく逃がすことができる。図４４は、変形例を示す断面図である。図４４は、図４１に対応している。

[0197] 図４４に示すように、表面金属体６２を裏面金属体６３より厚くしてもよい。半導体素子４０に近い表面金属体６２を厚くすることで、半導体素子４

０の生じた熱を効果的に拡散させることができる。

[0198] 上記したように、両面に主電極を有する半導体素子４０の熱は、主として熱抵抗の小さい基板５０側に伝わる。このため、図４５に示すように、表面金属体６２を裏面金属体６３より薄くしてもよい。これにより、基板６０の厚みを薄くし、ひいては半導体装置２０の体格を小型化することが可能となる。厚い金属体が不要となるため、コストを低減することもできる。図４５は、変形例を示す断面図である。図４５は、図４４に対応している。図４５では、表面金属体５２が裏面金属体５３よりも厚く、表面金属体６２が裏面金属体６３よりも薄い。よって、半導体素子４０の熱を効率よく逃がしつつ、体格小型化や低コスト化を図ることができる。

[0199] 本実施形態に記載の構成は、第１実施形態、第２実施形態、および変形例に記載の構成のいずれとも組み合わせが可能である。

[0200] （第４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り、先行実施形態の記載を援用できる。接続信頼性を高めるため、本実施形態に記載のように、基板と信号端子とが所定の位置関係を満たすようにしてもよい。

[0201] ＜半導体装置＞

まず、図４６および図４７に基づき、本実施形態の半導体装置２０について説明する。図４６は、本実施形態に係る半導体装置２０において、信号端子９３の周辺を示している。図４６では、基板５０と信号端子９３との位置関係を示すために、半導体装置２０の要素の一部を省略して図示している。図４７は、図４６のXLVII-XLVII線に沿う断面図である。図４６および図４７では、一例として、下アーム９Ｌ側の信号端子９３Ｌについて説明する。

[0202] 本実施形態の半導体装置２０は、先行実施形態に記載の構成（図２～図１３参照）と同様の構成を有している。図４６に示すように、半導体装置２０は、２つの半導体素子４０Ｌを備えている。半導体素子４０Ｌは、一面に第１主電極であるドレイン電極４０Ｄを有し、裏面に第２主電極であるソース

電極４０Ｓと信号用のパッド４０Ｐを有している。半導体装置２０は、信号端子９３Ｌを４本備えている。各信号端子９３Ｌは、Ｙ方向に延設されて、封止体３０の側面３０ｄから外部に突出している。４本の信号端子９３Ｌは、Ｚ方向の平面視において出力端子９２の間でＸ方向に並んで配置されている。

[0203] ＜信号端子の形状および配置＞

次に、図４６および図４７に基づき、信号端子９３の形状および配置などについて説明する。

[0204] 図４６に示すように、各信号端子９３Ｌは、平面視において基板５０に重なる重なり部９３０と、基板５０に重ならない非重なり部９３１を有している。重なり部９３０は、Ｚ方向において基板５０に対向している。

[0205] 重なり部９３０は、信号端子９３Ｌにおいて、半導体素子４０Ｌ側の端部から所定範囲の部分である。非重なり部９３１は、重なり部９３０を除く部分である。重なり部９３０は、ドレイン電極４０Ｄが電気的に接続される基板５０のうち、絶縁基材５１に重なっている。重なり部９３０の全域が絶縁基材５１に重なっている。重なり部９３０は、絶縁基材５１において表面金属体５２から露出する露出部５１０に重なっている。このように、信号端子９３Ｌは、基板５０上まで延設されている。つまり、信号端子９３Ｌは、平面視において基板５０に重なる位置まで差し込み配置されている。

[0206] ４本のうち、２本の信号端子９３Ｌは、重なり部９３０は、主部９３０ａと、突出部９３０ｂを有している。他の２本の信号端子９３Ｌは、突出部９３０ｂを有していない。主部９３０ａは、信号端子９３Ｌの主たる延設方向であるＹ方向に延びている。突出部９３０ｂは、主部９３０ａに連なっており、主部９３０ａから突出している。突出部９３０ｂは、主部９３０ａとは異なる方向に延びている。突出部９３０ｂは、分枝部と称されることがある。主部９３０ａの平面形状は、平面略Ｌ字状、略Ｙ字状、略Ｔ字状など多様な形状を採用できる。図４６に示す例では、信号端子９３Ｌのひとつが平面略Ｌ字状をなし、信号端子９３Ｌの他のひとつが平面略Ｔ字状をなしている

。

[0207] 先行実施形態（図１１参照）に記載したように、表面金属体５２の中継配線５５は、切り欠き５５０を有している。信号端子９３Ｌの重なり部９３０は、絶縁基材５１において、切り欠き５５０から露出する部分に重なっている。４本の信号端子９３Ｌは、平面視において出力端子９２の間でＸ方向に並んで配置されている。各信号端子９３Ｌは、タイバー痕９３ａを有している。タイバー痕９３ａは、先行実施形態に記載（図１０参照）したように、リードフレーム９４のタイバー９４ａを切除する際に、信号端子９３Ｌの側面に残る痕跡である。タイバー痕９３ａは、切断痕と称されることがある。各信号端子９３Ｌは、Ｘ方向における両側面にタイバー痕９３ａを有している。タイバー痕９３ａは、非重なり部９３１において、封止体３０の外部位置に設けられている。

[0208] 各信号端子９３Ｌは、図４７に示すように、接合部９３ｂと、先端部９３ｃと、屈曲部９３ｄと、延設部９３ｅを有している。接合部９３ｂは、接続部材であるボンディングワイヤ１１０が接合された部分である。接合部９３ｂは、好ましくは、ＸＹ平面に略平行な部分を含む。接合部９３ｂが、信号端子９３Ｌにおいて絶縁基材５１（露出部５１０）の表面にもっとも近い部分である。本実施形態の接合部９３ｂは、絶縁基材５１の表面に対して浮いている。接合部９３ｂは、絶縁基材５１に接触しておらず、接合部９３ｂの下面と絶縁基材５１の表面との隙間には、封止体３０が入り込んで隙間を埋めている。ボンディングワイヤ１１０は、ソース電極４０Ｓと同一面に形成されたパッド４０Ｐと信号端子９３Ｌとを電気的に接続している。

[0209] 先端部９３ｃは、接合部９３ｂよりも先端側、つまり半導体素子４０（４０Ｌ）側の部分である。先端部９３ｃは、接合部９３ｂよりも上方、つまりＺ方向において絶縁基材５１の表面から離れた位置に配置されている。先端部９３ｃは、接合部９３ｂから離れるほど上方に持ち上がっている。先端部９３ｃは、ＺＹ断面においてＲ形状を有している。屈曲部９３ｄは、接合部９３ｂと、接合部９３ｂよりも後端側の部分である延設部９３ｅとの間に設

けられている。屈曲部９３ｄは、延設部９３ｅを接合部９３ｂよりも上方、つまり絶縁基材５１の表面から離れた位置とするように屈曲している。屈曲部９３ｄは、曲げ加工により、信号端子９３の他の部分、具体的には接合部９３ｂ、先端部９３ｃ、および延設部９３ｅよりも断面積が小さい。つまり細い。延設部９３ｅは、接合部９３ｂよりも後端側の部分である。延設部９３ｅは、Ｙ方向に延び、封止体３０の内外にわたって配置されている。

[0210] 接合部９３ｂ、先端部９３ｃ、屈曲部９３ｄの少なくとも一部は、上記した重なり部９３０に含まれる。延設部９３ｅの少なくとも一部は、非重なり部９３１に含まれる。本実施形態では、延設部９３ｅの全域が非重なり部９３１に含まれている。各信号端子９３Ｌは、プレス打ち抜きにより形成されている。信号端子９３Ｌにおいて、絶縁基材５１との対向面がプレスＲ面９３ｆであり、対向面の裏面が打ち抜きによりバリの生じるバリ面９３ｇである。上記以外の構成は、第１実施形態に記載の構成と同様である。

[0211] ＜ボンディングワイヤの接続方法＞

次に、図４８に基づき、上記した構造の信号端子９３とボンディングワイヤ１１０との接続方法について説明する。図４８は、ワイヤボンディングを説明する図である。図４８に示す符号１１１は、信号端子９３Ｌを押さえる治具である。符号１１２は、超音波接合用のツールである。ツール１１２は、超音波接合装置と称されることがある。図４８に示す一点鎖線は、治具１１１に押されて撓んだ信号端子９３Ｌの位置を示している。

[0212] 図４８に示すように、まず、信号端子９３Ｌの重なり部９３０が絶縁基材５１に重なるように位置決めし、ワイヤ１１０ａを接合する部分にセットする。そして、治具１１１によりＺ方向に加圧して信号端子９３Ｌを弾性変形させ、重なり部９３０を絶縁基材５１の表面に接触させる。治具１１１は、信号端子９３Ｌの重なり部９３０またはその近傍を押さえる。

[0213] そして、信号端子９３Ｌが絶縁基材５１に接触した状態で、ツール１１２により超音波接合を行う。絶縁基材５１によって信号端子９３Ｌを受けるため、受け治具を別途用意しなくてもよい。超音波接合が完了してツール１１

２および治具１１１を信号端子９３Ｌから離すと、弾性変形状態から解放されて加圧前の位置に戻る。信号端子９３Ｌは、リードフレーム９４の一部である。信号端子９３Ｌはタイバー９４ａによって外周フレーム９４ｂに支持されているため、加圧力が解放されると元の位置に戻る。

[0214] 以上においては、信号端子９３Ｌを例に説明した。しかしながら、上記構成を上アーム９Ｈ側の信号端子９３Ｈに適用してもよい。信号端子９３Ｈ、９３Ｌがともに、上記構成を有してもよい。先行実施形態に記載の構成（図１１参照）では、信号端子９３Ｈ、９３Ｌのそれぞれが、絶縁基材５１の露出部に重なっている。表面金属体５２のＰ配線５４は切り欠き５４０を有しており、信号端子９３Ｈは切り欠き５４０から露出する絶縁基材５１の表面に重なっている。

[0215] ＜第４実施形態のまとめ＞

本実施形態では、信号端子９３（９３Ｌ）が、絶縁基材５１の露出部５１０に重なっている。しかしながら、信号端子９３は、露出部５１０に対して非接合である。つまり、信号端子９３は、絶縁基材５１、ひいては基板５０に固定されていない。これにより、信号端子９３は、半導体装置２０を構成する各要素の公差内での寸法ばらつき、各要素を組み付ける際の組付けばらつきなどを吸収することができる。したがって、封止体３０の成形時において、信号端子９３における半導体素子４０との電気的な接続部（接合部）に応力が集中するのを抑制することができる。この結果、接続信頼性の高い半導体装置２０を提供することができる。

[0216] 本実施形態では、信号端子９３を、基板５０に重なる位置まで、つまり基板５０上まで、差し込んで配置している。このような配置を採用することで、Ｙ方向において信号端子９３が半導体素子４０（４０Ｌ）のパッド４０Ｐに近づく。よって、基板５０と重ならない位置のみに信号端子９３を配置する構成に較べて、接続部材であるボンディングワイヤ１１０の長さを短くすることができる。ボンディングワイヤ１１０の長さを短くできるため、トランスファモールド法などによる封止体３０の成形時において、ワイヤ流れ、

ワイヤ流れによる短絡、ワイヤの断線などが生じるのを抑制することができる。

[0217] 本実施形態では、信号端子９３の重なり部９３０が、絶縁基材５１の露出部５１０の表面に対して浮いている。そして、重なり部９３０の下面と露出部５１０の表面との間に、封止体３０が介在している。封止体３０は、接合部９３ｂと露出部５１０との間にも介在している。これによれば、板厚方向において製造ばらつきが大きくても、ばらつきを吸収することができる。また、信号端子９３が絶縁基材５１の上方に位置するため、裏面金属体５３との絶縁距離を確保しやすくなる。

[0218] 本実施形態では、表面金属体５２が、切り欠き５５０（５４０）を有している。切り欠き５５０は、Ｚ方向に直交する一方向であるＹ方向の端部に開口している。そして、信号端子９３の重なり部９３０は、切り欠き５５０から露出する露出部５１０の表面に重なっている。このように、基板５０の表面金属体５２に切り欠き５５０を設けることで、表面金属体５２と信号端子９３との絶縁距離を確保しつつ、基板５０の体格の増大を抑制することができる。

[0219] 本実施形態では、信号端子９３の非重なり部９３１は、タイバー痕９３ａを有している。上記したように、信号端子９３Ｌは、リードフレーム９４の一部であり、タイバー９４ａによって外周フレーム９４ｂに支持されている。したがって、加圧によって信号端子９３を撓ませて絶縁基材５１の露出部５１０に接触させ、この接触状態で超音波接合によりボンディングワイヤ１１０を接合することができる。そして、接合完了後に加圧力を開放することで、元の位置に戻る。

[0220] 本実施形態では、信号端子９３が、接合部９３ｂと延設部９３ｅの間に屈曲部９３ｄを有している。屈曲部９３ｄにより、延設部９３ｅは、Ｚ方向において接合部９３ｂよりも露出部５１０（絶縁基材５１）から離れた位置に配置されている。このように屈曲部９３ｄを有することで、Ｚ方向の体格増大を抑制しつつ、信号端子９３と裏面金属体５３との絶縁距離を確保するこ

とができる。

[0221] 本実施形態では、信号端子９３が先端部９３ｃを有している。先端部９３ｃは、Ｚ方向において接合部９３ｂよりも露出部５１０（絶縁基材５１）から離れている。これにより、上記した接合時（超音波接合時）などにおいて、信号端子９３の先端が絶縁基材５１に傷をつけるのを抑制することができる。つまり、絶縁性能が低下するのを抑制することができる。特に本実施形態では、先端部９３ｃが接合部９３ｂから離れるほど上方に持ち上がっているため、先端部９３ｃが絶縁基材５１により接触し難い。また、先端部９３ｃがＺＹ断面においてＲ形状を有しているため、仮に接触したとしても絶縁基材５１に傷がつくのを抑制することができる。

[0222] 対向面がバリ面９３ｇの場合、絶縁基材５１に傷がつき、絶縁性能が低下する虞がある。本実施形態では、露出部５１０との対向面側がプレスＲ面９３ｆとなり、対向面の裏面側がバリ面９３ｇとなるように、信号端子９３が構成されている。これにより、絶縁基材５１の絶縁性能が低下するのを抑制することができる。

[0223] ＜変形例＞

信号端子９３と露出部５１０との非接合の構成は、上記した例に限定されない。たとえば図４９では、信号端子９３の重なり部９３０が、露出部５１０の表面との間に封止体が入り込まない程度のわずかな高さの隙間を有して、絶縁基材５１上に浮いている。封止体３０は、重なり部９３０の下面と露出部５１０の表面との間に空隙３１を有している。信号端子９３は、絶縁基材５１（露出部５１０）に固定されていない。したがって、図４７に示した構成と同等の効果を奏することができる。図４９は、変形例を示す断面図であり、図４７に対応している。

[0224] 図５０では、信号端子９３の重なり部９３０が、露出部５１０の表面に接触している。信号端子９３は、絶縁基材５１（露出部５１０）に接触はしているものの、固定されていない。したがって、図４７に示した構成と同等の効果を奏することができる。図５０は、変形例を示す断面図であり、図４７

に対応している。なお、接合部９３ｂの下面の一部が絶縁基材５１に接触し、他の一部が非接触の配置としてもよい。

[0225] 図４７に示した例では、基板６０が、平面視において信号端子９３と重ならないように配置されていた。つまり、信号端子９３の上方には基板６０が配置されていなかった。このような配置を採用すると、基板６０の体格を小さくすることができる。また、表面金属体６２と信号端子９３との絶縁距離を確保しやすくなる。しかしながら、信号端子９３と基板６０の位置関係は、図４７に示す例に限定されない。たとえば図５１に示すように、信号端子９３の重なり部９３０が、基板６０とも重なっている。基板６０の表面金属体６２は、平面視において重なり部９３０および絶縁基材５１の露出部５１０と重なっている。これによれば、放熱性を向上することができる。図５１は、変形例を示す断面図であり、図４７に対応している。

[0226] 図５２では、図５１に対して、表面金属体６２を、信号端子９３の重なり部９３０と重ならないようにパターニングしている。絶縁基材６１および裏面金属体６３は、重なり部９３０の上方に位置している。これによれば、表面金属体６２を小さくすることで、表面金属体６２と信号端子９３との絶縁距離を確保しやすくなる。裏面金属体６３が大きいため、放熱性を高めることができる。図５２は、変形例を示す断面図であり、図４７に対応している。

[0227] 信号端子９３を基板５０上に差し込むことで、ボンディングワイヤ１１０（接続部材）の長さを短くできる例を示した。これに代えて、図５３～図５５に示す中継基板１５０を用いることで、ボンディングワイヤ１１０の長さを短くしてもよい。図５３は、変形例を示す平面図であり、図４６に対応している。図５３では、基板５０、信号端子９３、および中継基板１５０の位置関係を示すために、半導体装置２０の要素の一部を省略して図示している。図５４は、中継基板を示す断面図である。図５５は、図５３のLV-LV線に沿う断面図である。ここでは、一例として、中継配線５５および信号端子９３Ｌを示すが、Ｐ配線５４および信号端子９３Ｈについても同様の構成を採用

することができる。

[0228] 半導体装置２０は、中継基板１５０をさらに備えている。図５３および図５５に示すように、中継基板１５０は、基板５０の表面金属体５２（中継配線５５）上に配置されている。図５４に示すように、中継基板１５０は、絶縁基材１５１と、絶縁基材１５１に配置された導体部１５２を有している。導体部１５２の一部は、配線機能を提供する。中継基板１５０は、プリント基板、配線基板と称されることがある。

[0229] 導体部１５２は、ランド１５２ａ、１５２ｂを有している。ランド１５２ａ、１５２ｂは、中継基板１５０の一面に露出している。具体的には、絶縁基材１５１の一面１５１ａ上に設けられたソルダレジスト１５３から露出している。ランド１５２ａは、ボンディングワイヤ１１０を介して、パッド４０Ｐに電気的に接続されている。信号端子９３は、平面視において基板５０と重なっている。信号端子９３は、ランド１５２ｂに接続されている。

[0230] 導体部１５２は、ランド１５２ａ、１５２ｂ以外の配線１５２ｃおよびビア導体１５２ｄを有している。配線１５２ｃの少なくとも一部は、絶縁基材１５１の内部に配置された内層配線である。ランド１５２ａとランド１５２ｂとは、配線１５２ｃおよびビア導体１５２ｄを介して電気的に接続されている。複数のランド１５２ａは、２つの半導体素子４０のゲート電極用のパッド４０Ｐに個別に接続された２つのランド１５２ａを含む。ゲート電極用の２つのランド１５２ａは、配線１５２ｃおよびビア導体１５２ｄを介して、ゲート電極用のひとつのランド１５２ｂに電気的に接続されている。

[0231] このように、中継基板１５０を用いると、ボンディングワイヤ１１０の接続対象（ランド１５２ａ）をパッド４０Ｐに近づけることができる。これにより、パッド４０Ｐと信号端子９３とを電気的に接続するボンディングワイヤ１１０の長さを短くすることができる。また、中継基板１５０内において配線１５２ｃを自由に引き回すことができる。これにより、半導体素子４０が並列接続される構成において、ボンディングワイヤ１１０が交差するのを回避することができる。したがって、封止体３０の成形時にワイヤ同士の接

触が生じるのを抑制することができる。また、プリント基板の微細配線技術により、図４７に示した構成と同程度の体格小型化を図ることができる。

[0232] 導体部１５２は、さらに固定用ランド１５２ｅを有している。固定用ランド１５２ｅは、中継基板１５０を基板５０に固定するためのランドである。固定用ランド１５２ｅは、電気的な接続機能、つまり配線機能を提供しない。固定用ランド１５２ｅは、絶縁基材１５１の裏面１５１ｂに配置されている。固定用ランド１５２ｅ（中継基板１５０）は、接合材１５４を介して、表面金属体５２に接合されている。接合材１５４としては、たとえばはんだを用いることができる。

[0233] このように、中継基板１５０を表面金属体５２に固定するため、ワイヤボンディングを安定して行うことができる。接合材１５４として、Ｎｉボール入りのはんだを用いてもよい。この場合、Ｎｉボールにより、接合材１５４の厚みを制御することができる。また、中継基板１５０の傾きを抑制することができる。

[0234] 導体部１５２が提供する配線機能は、絶縁基材１５１により表面金属体５２と電気的に分離されている。たとえば絶縁基材１５１は、Ｚ方向において、導体部１５２が配置されない非配置領域１５１ｃと、導体部１５２が配置された配置領域１５１ｄを有してもよい。Ｚ方向において、非配置領域１５１ｃは、絶縁基材１５１の中央に設けられており、両面側の表層に配置領域１５１ｄが設けられている。非配置領域１５１ｃは、コア層と称されることがある。このように、絶縁基材１５１が非配置領域１５１ｃを有することで、一面１５１ａ側に配置された、配線機能を提供する導体部１５２を、固定用ランド１５２ｅ、ひいては表面金属体５２と電気的に分離することができる。

[0235] ソルダレジスト１５３は、封止体３０との密着性が低い。また、熱応力による封止体３０の剥離は、中継基板１５０の外周端を起点に進展する。たとえば絶縁基材１５１は、ソルダレジスト１５３から露出する露出部１５１ｅを有してもよい。露出部１５１ｅは、絶縁基材１５１の一面１５１ａにおい

て外周縁部に設けられる。絶縁基材１５１は、ソルダレジスト１５３に較べて封止体３０に対する密着性が高い。露出部１５１ｅにおいて、封止体３０は、中継基板１５０に密着する。これにより、中継基板１５０に対する封止体３０の剥離を抑制することができる。外周縁部において封止体３０が密着するため、ソルダレジスト１５３から露出する、ランド１５２ａ、１５２ｂなどの導体部１５２を保護することができる。

[0236] 図５５に示すように、信号端子９３（９３Ｌ）は、第１延設部９３ｈと、第２延設部９３ｉと、屈曲部９３ｊを有している。第１延設部９３ｈおよび第２延設部９３ｉはＹ方向に延びている。第１延設部９３ｈは、封止体３０の内部に配置されている。第２延設部９３ｉは、封止体３０の内外にわたって配置されている。屈曲部９３ｊは、第１延設部９３ｈと第２延設部９３ｉとの間に設けられている。第１延設部９３ｈは屈曲部９３ｊよりも先端側の部分であり、第２延設部９３ｉは屈曲部９３ｊよりも後端側の部分である。

[0237] 信号端子９３は、突起部９３ｋを有してもよい。突起部９３ｋは、信号端子９３の先端付近に設けられている。突起部９３ｋは、第１延設部９３ｈから、Ｚ方向であってランド１５２ｂ側に突出している。突起部９３ｋは、ランド１５２ｂに接合されている。信号端子９３において、第１延設部９３ｈの先端部および突起部９３ｋは、Ｚ方向の平面視においてランド１５２ｂと重なる。第１延設部９３ｈの先端部と突起部９３ｋの連なる部分は厚肉部であり、信号端子９３の他の部分は薄肉部である。このように突起部９３ｋを設けることで、信号端子９３（第１延設部９３ｈ）が表面金属体５２から遠ざかるため、表面金属体５２との間に絶縁距離が確保しやすくなる。

[0238] 図５６は、図５４とは別の例を示している。図５６は、図５４に対応している。図５６では、中継基板１５０が絶縁基材５１の露出部５１０に固定されている。この場合、接合材１５４および中継基板１５０の厚みにより、信号端子９３と裏面金属体５３との絶縁距離を確保することができる。接合材１５４として、上記したＮｉボール入りのはんだを用いると所定厚を確保できるため、絶縁距離を確保しやすくなる。また、中継基板１５０の傾きを抑

制することができる。

[0239] 表面金属体５２（中継配線５５）は、たとえば図４６に示したように切り欠き５５０を有することで、絶縁基材５１を露出させる。たとえば表面金属体５２は、面取り部５５４を有してもよい。面取り部５５４は、切り欠き５５０を規定する端面のうち、半導体素子４０と中継基板１５０とを結ぶ仮想的な直線が交わる面に少なくとも設けられる。面取り部５５４は、端面の上端に設けられる。これにより、ボンディングワイヤ１１０と表面金属体５２との絶縁距離を確保することができる。

[0240] 半導体装置２０が、ソース電極４０Ｓと電気的に接続される基板６０を備える例を示した。つまり、一対の基板５０、６０を備える両面放熱構造の半導体装置２０の例を示した。しかしながら、これに例に限定されない。ドレイン電極４０Ｄ（第１主電極）が接続される基板５０のみを備える、片面放熱構造の半導体装置２０にも適用が可能である。裏面金属体５３、６３の両方が、封止体３０から露出する例を示したが、これに限定されない。

[0241] 半導体装置２０が、上アーム９Ｈを構成する半導体素子４０Ｈと、下アーム９Ｌを構成する半導体素子４０を備える例を示したが、これに限定されない。アームのひとつを構成する半導体素子４０のみを備えてもよい。半導体装置２０は、たとえばひとつの半導体素子４０のみを備えてもよい。

[0242] 本実施形態に記載の構成は、第１実施形態、第２実施形態、第３実施形態、および変形例に記載の構成のいずれとも組み合わせが可能である。

[0243] （第５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り、先行実施形態の記載を援用できる。絶縁信頼性の確保と体格小型化とを両立するため、本実施形態に記載のように、接合材を介した金属部材と表面金属体との接続部を所定構造としてもよい。

[0244] ＜半導体装置＞

まず、図５７に基づき、本実施形態の半導体装置２０について説明する。図５７は、図５に対応している。

[0245] 本実施形態の半導体装置２０は、先行実施形態に記載の構成（図２～図１３参照）と同様の構成を有している。図５７に示すように、半導体装置２０は、半導体素子４０（４０Ｈ、４０Ｌ）と、半導体素子４０をＺ方向において挟むように配置された基板５０、６０と、封止体３０を備えている。基板５０の表面金属体５２は、半導体素子４０の主電極であるドレイン電極４０Ｄに接続されている。表面金属体５２は、接合材１０４を介して、主端子であるＰ端子９１Ｐ、出力端子９２に接続されている。基板６０の表面金属体６２は、半導体素子４０の主電極であるソース電極４０Ｓに電気的に接続されている。表面金属体６２は、接合材１０４を介して、主端子であるＮ端子９１Ｎ（図示せず）に接続されている。封止体３０は、半導体素子４０、基板５０、６０、主端子それぞれの一部、およい接合材１０４を封止している。

[0246] ＜主端子の接合構造＞

次に、図５７～図６０に基づき、主端子の接合構造について説明する。図５８は、図５７の出力端子９２の周辺をLVIII方向から見た平面図である。図５８では、明確化のために、一部ハッチングを付している。図５９は、図５７に一点鎖線で示す領域LVIXを拡大した図である。図６０は、図５９から接合材１０４を排除した状態を示す図である。図５９および図６０では、便宜上、封止体３０を省略して図示している。

[0247] 図５７に示すように、主端子であるＰ端子９１Ｐおよび出力端子９２の基板５０との接合構造が、先行実施形態に記載の構成（図５参照）とは異なる。図示しないが、主端子であるＮ端子９１Ｎの接合構造も異なる。その他の構成については、先行実施形態に記載の構成と同様である。以下では、出力端子９２を例に説明する。接合材１０４は、接合時に金属表面を濡れ拡がる。一例として、接合材１０４は、はんだである。

[0248] 図５７に示すように、基板５０は、Ｙ方向において端部５０ｃ、５０ｄを有している。端部５０ｃは封止体３０の側面３０ｃ側の端部であり、端部５０ｄは側面３０ｄ側の端部である。出力端子９２は、基板５０の端部５０ｄ

を跨いで、Ｙ方向に延びている。Ｚ方向の平面視において、出力端子９２の一部は、表面金属体５２（中継配線５５）と重なっており、他の一部は重なっていない。図５８～図６０に示すように、出力端子９２は、対向面９２０と、収容部９２１を有している。

[0249] 対向面９２０は、出力端子９２の下面のうち、Ｚ方向において基板５０の表面金属体５２（中継配線５５）と対向する部分である。対向面９２０は、マクロ的には平坦面であり、理想的には全面で表面金属体５２の上面５２ａに接触する。対向面９２０は、ミクロ的には表面に微小な凹凸を有しており、少なくとも一部が上面５２ａに接触する。対向面９２０は、メタルタッチ面と称されることがある。対向面９２０は、平面視において、表面金属体５２の端部５２ｂと重なる位置からＹ方向に所定範囲の部分である。端部５２ｂは、Ｙ方向において封止体３０の側面３０ｄ側の端面（側面）であり、上面５２ａに連なっている。端部５２ｂは、端部５０ｄの一部をなしている。対向面９２０は、平面略矩形状をなしている。

[0250] 収容部９２１は、対向面９２０に隣接して設けられ、接合材１０４の収容空間を提供する。たとえば収容部９２１は、対向面９２０に対して上面５２ａから離れる方向に凹んだ凹部である。凹部である収容部９２１は、Ｚ方向成分を含む面であり、対向面９２０に連なる側面９２１ａと、側面９２１ａに連なる底面９２１ｂを有している。側面９２１ａは、たとえばＺ方向に略平行な面である。収容部９２１は、Ｙ方向において出力端子９２の先願側の側面である先端面９２２に開口している。収容部９２１は、Ｘ方向において出力端子９２の両側の側面９２３、９２４に開口している。収容部９２１は、Ｙ方向において出力端子９２の先端面９２２から所定の範囲に設けられている。収容部９２１は、平面略矩形状をなしている。収容部９２１は、Ｙ方向においてＸ方向と並んで設けられている。

[0251] 出力端子９２は、対向面９２０を表面金属体５２に接触させた状態で、接合材１０４を収容部９２１内に収容している。接合材１０４は、収容部９２１内のみに配置されてもよいし、図５９に示すように、接合材１０４の一部

が収容部９２１の外に配置されてもよい。図５９では、接合材１０４が先端面９２２に対してフィレットを形成している。出力端子９２は、収容部９２１に配置された接合材１０４を介して、表面金属体５２に接続（接合）されている。

[0252] ＜主端子の接合方法＞

出力端子９２と表面金属体５２との接合構造は、たとえば以下のようにして形成される。収容部９２１に接合材１０４（はんだ）が配置された状態で、対向面９２０が上面５２ａに強く接触するように、出力端子９２における対向面９２０の上方部分をＺ方向であって基板５０側に加圧する。対向面９２０が上面５２ａに強く接触した状態で、リフローを行う。このため、リフロー時に接合材１０４は、対向面９２０側に濡れ拡がらないか、濡れ拡がったとしても、対向面９２０の表面の微小凹凸の凹に入り込む程度である。

[0253] ＜第５実施形態のまとめ＞

本実施形態では、金属部材である出力端子９２の対向面９２０が、表面金属体５２の上面５２ａに接触（メタルタッチ）する。これにより、収容部９２１から対向面９２０側への接合材１０４の溢れを抑制することができる。これにより、意図せぬ方向への接合材１０４の濡れ拡がりを抑制し、絶縁信頼性を確保することができる。また、単一の部材である出力端子９２に、収容部９２１と対向面９２０の両方を持たせている。この結果、絶縁信頼性と体格の小型化を両立できる半導体装置２０を提供することができる。

[0254] 基板５０を備える構成では、接合材１０４が、表面金属体５２の端部５２ｂ（端面）、ひいては絶縁基材５１上に濡れ拡がると、表面金属体５２と同電位の部分が広がり、裏面金属体５３との距離が近くなる。接合材１０４は、裏面金属体５３に接触する虞もある。本実施形態では、対向面９２０が、収容部９２１よりも基板５０の端部５０ｄ、つまり表面金属体５２の端部５２ｂに近い位置に設けられている。対向面９２０を端部５２ｂ側に配置することで、接合材１０４が、出力端子９２および／または表面金属体５２の表面を濡れ拡がり、端部５２ｂ、ひいては絶縁基材５１まで到達するのを抑

制することができる。これにより、体格を増大せずに、絶縁信頼性を高めることができる。

[0255] 上記したように、対向面および収容部を備える金属部材は、他の主端子であるＰ端子９１Ｐ、Ｎ端子９１Ｎにも適用することができる。Ｐ端子９１Ｐは、接合材１０４を介して、基板５０の表面金属体５２（Ｐ配線５４）に接続される。Ｐ端子９１Ｐの対向面が表面金属体５２に接触することで、Ｐ端子９１Ｐの収容部から対向面側への接合材１０４の溢れを抑制することができる。図５７に示すように、対向面を基板５０の端部５０ｃ側に設けることで、接合材１０４が、表面金属体５２の端部や絶縁基材５１上に濡れ拡がるのを抑制できる。

[0256] Ｎ端子９１Ｎは、接合材１０４を介して、基板６０の表面金属体６２（Ｎ配線６４）に接続される。Ｎ端子９１Ｎの対向面が表面金属体６２に接触することで、Ｎ端子９１Ｎの収容部から対向面側への接合材１０４の溢れを抑制することができる。また、対向面を、図５７に示す基板６０の端部６０ｃ側に設けることで、接合材１０４が、表面金属体６２の端部や絶縁基材６１上に濡れ拡がるのを抑制できる。端部６０ｃは、Ｙ方向において封止体３０の側面３０ｃ側の端面（側面）である。

[0257] ＜変形例＞

対向面９２０と収容部９２１の配置は、上記した例に限定されない。たとえば図６１および図６２に示す構成を採用してもよい。図６１は変形例を示す平面図であり、図５８に対応している。図６２は、図６１に示すLXII方向から見た平面図である。この例では、収容部９２１が、側面９２３、９２４には開口せず、先端面９２２のみに開口している。収容部９２１は、側面である先端面９２２に開口９２１ｃを有している。

[0258] 対向面９２０は、第１対向部９２０ａと、第２対向部９２０ｂを有している。第１対向部９２０ａは、収容部９２１に対して開口９２１ｃとは反対側に設けられている。出力端子９２の延設方向であるＹ方向において、第１対向部９２０ａは、収容部９２１に隣接している。第２対向部９２０ｂは、Ｘ

方向において収容部に隣接している。図６１および図６２に示す例では、対向面９２０が、一対の第２対向部９２０ｂを有している。一対の第２対向部９２０ｂは、Ｘ方向において収容部９２１を挟んでいる。対向面９２０は、平面略コの字状（略Ｕ字状）をなしている。対向面９２０が収容部９２１に対して三方に配置されているため、接合材１０４の収容部９２１からの溢れ方向を、開口９２１ｃ側の一方向に制限することができる。これにより、絶縁信頼性をさらに高めることができる。

[0259] なお、対向面９２０が、第２対向部９２０ｂをひとつのみを備える構成としてもよい。この場合、対向面９２０は、平面略Ｌ字状をなす。対向面９２０が収容部９２１に対して二方に配置されているため、接合材１０４の収容部９２１からの溢れ方向を、図５８の配置に対して制限することができる。これにより、絶縁信頼性を高めることができる。

[0260] 収容部９２１が、出力端子９２の側面に開口する例を示したが、これに限定されない。また、収容部９２１の平面形状は、略矩形状に限定されない。たとえば図６３に示すように、側面に開口を有さない収容部９２１を備えてもよい。図６３は変形例を示す平面図であり、図５８に対応している。図６３において、収容部９２１は、平面略円形状をなしている。収容部９２１は、出力端子９２の下面に開口する孔である。図６３に示す収容部９２１は、未貫通の孔である。未貫通孔である収容部９２１は、上記した収容部９２１と同様に、対向面９２０に連なる側面９２１ａと底面９２１ｂを有する。これに代えて、出力端子９２の上面に開口する貫通孔を採用してもよい。貫通孔である収容部９２１は、底面９２１ｂを有さず、側面９２１ａを有する。

[0261] 対向面および収容部を備える金属部材は、主端子に限定されない。たとえば図６４および図６５に示すように、上下アーム回路９を構成する半導体装置２０において、継手部８１に、対向面および収容部を設けてもよい。図６４は変形例を示す断面図であり、図５７に対応している。図６５は、図６４に一点鎖線で示す領域LXVを拡大した図である。図６５では、便宜上、封止体３０を省略して図示している。

[0262] 先行実施形態に記載したように、半導体装置２０は、上アーム９Ｈを構成する第１半導体素子である半導体素子４０Ｈと、下アーム９Ｌを構成する第２半導体素子である半導体素子４０Ｌを備えている。継手部８１は、半導体素子４０Ｈのソース電極４０Ｓと、半導体素子４０Ｌのドレイン電極４０Ｄを電気的に接続している。継手部８１は、Ｚ方向に延びる金属柱状体である。継手部８１の端部８１ａは、接合材１０３を介して、基板５０の第１配線である中継配線５５に接続されている。端部８１ａとは反対の端部８１ｂは、接合材１０３を介して、基板６０の第３配線である中継配線６５に接続されている。表面金属体５２は、中継配線５５との間に所定の間隔を有して設けられた第２配線であるＰ配線５４を有している。表面金属体６２は、中継配線６５との間に所定の間隔を有して設けられた第４配線であるＮ配線６４を有している。

[0263] 図６４および図６５に示す例では、継手部８１の端部８１ａ、８１ｂのそれぞれに、対向面８１０および収容部８１１を設けている。対向面８１０および収容部８１１の構成は、上記した対向面９２０および収容部９２１と同様である。端部８１ａにおいて、対向面８１０は、表面金属体５２（中継配線５５）の上面５２ａに対向している。対向面８１０は、上面５２ａに接触している。収容部８１１は、対向面８１０に対して凹んだ凹部である。収容部８１１は、対向面８１０に連なる側面８１１ａと、底面８１１ｂを有している。収容部８１１は、接合材１０３を収容している。

[0264] 対向面８１０および収容部８１１は、Ｙ方向に並んで設けられている。対向面８１０は、中継配線５５とＰ配線５４を隔てる配線間ギャップ５２Ｇ側、つまり継手部８１が接続された中継配線５５とは別の配線であるＰ配線５４に近い位置に設けられている。収容部８１１は、Ｙ方向において継手部８１の側面８１２に開口しており、側面８１２とは反対の側面８１３には開口していない。収容部８１１は、側面８１２のみに開口してもよいし、側面８１２に隣接する２つの側面を含む３つの側面に開口してもよい。

[0265] このように、継手部８１の対向面８１０が、表面金属体５２に接触（メタ

ルタッチ）する。これにより、収容部８１１から対向面８１０側への接合材１０３の溢れを抑制することができる。よって、絶縁信頼性と体格の小型化を両立できる半導体装置２０を提供することができる。

[0266] また、接合材１０３が、表面金属体５２の配線間ギャップ５２Ｇ内に濡れ拡がると、中継配線５５と同電位の部分が広がり、Ｐ配線５４との距離が近くなる。接合材１０３は、Ｐ配線５４に接触する虞もある。これに対し、上記した例では、対向面８１０が、収容部８１１よりもＰ配線５４、つまり配線間ギャップ５２Ｇに近い位置に設けられている。これにより、接合材１０３が、配線間ギャップ５２Ｇに到達するのを抑制することができる。よって、体格を増大せずに、絶縁信頼性を高めることができる。

[0267] 端部８１ｂの構成は、端部８１ａ側と同様である。端部８１ｂにおいて、対向面８１０は、表面金属体６２（中継配線６５）の上面６２ａに対向している。対向面８１０は、上面５２ａに接触している。収容部８１１は、凹部である。収容部８１１は、接合材１０３を収容している。対向面８１０および収容部８１１は、Ｙ方向に並んで設けられている。対向面８１０は、中継配線６５とＮ配線６４を隔てる配線間ギャップ６２Ｇ側、つまり継手部８１が接続された中継配線６５とは別の配線であるＮ配線６４に近い位置に設けられている。収容部８１１は、Ｙ方向において継手部８１の側面８１３に開口しており、側面８１２には開口していない。収容部８１１は、側面８１３のみに開口してもよいし、側面８１３に隣接する２つの側面を含む３つの側面に開口してもよい。

[0268] このように、継手部８１の対向面８１０が、表面金属体６２に接触（メタルタッチ）する。これにより、収容部８１１から対向面８１０側への接合材１０３の溢れを抑制することができる。よって、絶縁信頼性と体格の小型化を両立できる半導体装置２０を提供することができる。また、対向面８１０が、収容部８１１よりもＮ配線６４、つまり配線間ギャップ６２Ｇに近い位置に設けられている。これにより、接合材１０３が、配線間ギャップ６２Ｇに到達するのを抑制することができる。よって、体格を増大せずに、絶縁信

頼性を高めることができる。

[0269] 上記した例では、金属部材の対向面による表面金属体の接触により、接合材の溢れを抑制した。この構成に、レーザ照射により形成される凹凸酸化膜をさらに追加することで、溢れを抑制する機能を高めてもよい。一例を、図６６および図６７に示す。図６６は、図６５に対応する断面図であり、便宜上、封止体３０を省略している。図６７は、図６６に一点鎖線で示す領域LXVIIを拡大した図であり、表面金属体５２のみを図示している。

[0270] 図６６に示す例では、継手部８１に対応して、表面金属体５２、６２のそれぞれに凹凸酸化膜５２０、６２０を設けている。以下では、凹凸酸化膜５２０を例に説明する。図６７に示すように、表面金属体５２は、母材５２１と、母材５２１の表面上に設けられた金属膜５２２および凹凸酸化膜５２０を有している。母材５２１は、表面金属体５２の主たる部分をなしている。母材５２１は、たとえばＣｕ系の材料を用いて形成されている。金属膜５２２は、母材５２１よりもはんだに対する濡れ性が高い材料を含んで形成されている。金属膜５２２は、上面５２ａの全域に形成されている。本実施形態の金属膜５２２は、母材５２１の表面の全域に形成されている。凹凸酸化膜５２０は、上面５２ａにおいて局所的に形成されている。

[0271] 凹凸酸化膜５２０は、金属膜５２２にレーザ光を照射することで、上面５２ａにおいて金属膜５２２上に局所的に形成されている。金属膜５２２は、Ｎｉ（ニッケル）を主成分とする下地膜と、Ａｕ（金）を主成分とする上地膜を有している。本実施形態では、下地膜として、Ｐ（リン）を含む無電解Ｎｉめっき膜を採用している。接合材１０３がはんだの場合、凹凸酸化膜５２０から露出する金属膜５２２のうち、接合材１０３が接触する部分の上地膜（Ａｕ）は、リフロー時にはんだ中に拡散する。金属膜５２２のうち、凹凸酸化膜５２０が形成される部分の上地膜（Ａｕ）は、凹凸酸化膜５２０を形成する際にレーザ光の照射により除去される。凹凸酸化膜５２０は、Ｎｉを主成分とする酸化物の膜である。たとえば、凹凸酸化膜５２０を構成する成分のうち、８０％がNI_2O_3、１０％がＮｉＯ、１０％がＮｉとなってい

る。

[0272] 金属膜５２２の表面の凹部５２３は、パルス発振のレーザ光の照射により形成される。１パルスごとに、ひとつの凹部５２３が形成される。凹凸酸化膜５２０は、レーザ光の照射により、金属膜５２２の表層部分が溶融、気化し、蒸着することで形成される。凹凸酸化膜５２０は、金属膜５２２由来の酸化膜である。凹凸酸化膜５２０は、金属膜５２２の主成分の金属（Ｎｉ）の酸化物の膜である。凹凸酸化膜５２０は、凹部５２３を有する金属膜５２２の表面の凹凸に倣って形成されている。凹凸酸化膜５２０の表面には、凹部５２３の幅よりも細かいピッチで凹凸が形成されている。すなわち、非常に微細な凹凸（粗化部）が形成されている。

[0273] このような凹凸酸化膜５２０は、以下に示す工程により、形成することができる。まず、母材５２１上に金属膜５２２が形成された表面金属体５２の上面５２ａに対して、パルス発振のレーザ光を照射し、金属膜５２２の表面を溶融および蒸発させる。パルス発振のレーザ光は、エネルギー密度が０Ｊ／ｃｍ^{2}より大きく１００Ｊ／ｃｍ^{2}以下で、パルス幅が１μ秒以下となるように調整される。この条件を満たすには、ＹＡＧレーザ、ＹＶＯ$_4$レーザ、ファイバレーザなどを採用することができる。たとえばＹＡＧレーザの場合、エネルギー密度が１Ｊ／ｃｍ^{2}以上であればよい。無電解Ｎｉめっきの場合、たとえば５Ｊ／ｃｍ^{2}程度でも金属膜５２２を加工することができる。

[0274] このとき、レーザ光の光源と表面金属体５２とを相対的に移動させることにより、レーザ光を走査し、複数の位置に順に照射する。レーザ光を照射し、金属膜５２２の表面を溶融、気化させることで、金属膜５２２の表面には、凹部５２３が形成される。金属膜５２２のうち、レーザ光を照射した部分の平均厚みは、レーザ光を照射しない部分の平均厚みよりも薄くなる。また、レーザ光のスポットに対応して形成される複数の凹部５２３は連なり、たとえば鱗状となる。スポットとは、１パルスによる照射範囲である。たとえば、Ｘ方向において隣り合うレーザ光のスポットが一部重なるとともに、Ｙ方向において隣り合うレーザ光のスポットが一部重なるように、レーザ光を

走査する。

[0275] 次いで、溶融した金属膜５２２の部分を凝固させる。具体的には、溶融して気化した金属膜５２２を、レーザ光が照射された部分やその周辺部分に蒸着させる。このように、溶融して気化した金属膜５２２を蒸着させることにより、金属膜５２２の表面上に凹凸酸化膜５２０を形成する。

[0276] 図６６において、凹凸酸化膜５２０は、表面金属体５２の上面５２ａのうち、平面視において継手部８１の収容部８１１と重なる第１領域５２４には設けられていない。凹凸酸化膜５２０は、対向面８１０と重なる第２領域５２５に選択的に設けられている。表面金属体６２および凹凸酸化膜６２０の構成は、表面金属体５２および凹凸酸化膜５２０と同様である。凹凸酸化膜６２０は、表面金属体６２の上面６２ａのうち、平面視において継手部８１の収容部８１１と重なる第１領域６２４には設けられていない。凹凸酸化膜６２０は、対向面８１０と重なる第２領域６２５に選択的に設けられている。

[0277] 酸化膜（凹凸酸化膜５２０、６２０）は、金属膜に較べて、接合材１０３に対する濡れ性が低い。凹凸酸化膜５２０、６２０は、表面に微細な凹凸を有しているため、接合材１０３との接触面積が小さくなり、接合材１０３の一部は表面張力によって球状になる。つまり、接触角が大きくなる。これにより、接合材１０３に対する濡れ性が低い。したがって、凹凸酸化膜５２０、６２０による濡れ性低下の効果と、対向面８１０による接触の効果により、接合材１０３が対向面８１０と第２領域５２５、６２５の間を通過し難い。これにより、接合材１０３の溢れをより効果的に抑制することができる。凹凸酸化膜５２０、６２０の形成には、上記したようにレーザ光を用いるため、パターニングが容易である。

[0278] 図６８に示すように、凹凸酸化膜５２０、６２０を、周辺領域５２６、６２６に設けてもよい。周辺領域５２６は、平面視において第２領域５２５の周辺の領域であって、第１領域５２４を除く領域である。周辺領域６２６は、平面視において第２領域６２５の周辺の領域であって、第１領域６２４を

除く領域である。万が一、接合材１０３が継手部８１の対向面８１０の直下を通過したとしても、凹凸酸化膜５２０、６２０にて堰き止めることができる。また、凹凸酸化膜５２０、６２０の表面には、非常に微細な凹凸が形成されているため、封止体３０が絡みつき、アンカー効果が生じる。また、封止体３０との接触面積が増える。よって、表面金属体５２、６２の封止体３０に対する密着力を高めることができる。

[0279] なお、凹凸酸化膜５２０、６２０を、第２領域５２５、６２５と周辺領域５２６、６２６に設けてもよい。凹凸酸化膜５２０、６２０の一方のみを設けてもよい。凹凸酸化膜５２０、６２０を、金属部材である主端子、つまりＰ端子９１Ｐ、Ｎ端子９１Ｎ、出力端子９２との接合部に用いてもよい。

[0280] 半導体装置２０が、ソース電極４０Ｓ（第２主電局）と電気的に接続される基板６０を備える例を示した。つまり、一対の基板５０、６０を備える両面放熱構造の半導体装置２０の例を示した。しかしながら、これに例に限定されない。ドレイン電極４０Ｄ（第１主電極）が接続される基板５０のみを備える、片面放熱構造の半導体装置２０にも適用が可能である。一対の基板５０、６０を備える半導体装置２０において、基板５０、６０の一方と金属部材との接合部のみに、上記構造を適用してもよい。裏面金属体５３、６３の両方が、封止体３０から露出する例を示したが、これに限定されない。

[0281] 半導体装置２０が半導体素子４０Ｈ、４０Ｌを備える例を示したが、これに限定されない。アームのひとつを構成する半導体素子４０のみを備えてもよい。半導体装置２０は、たとえばひとつの半導体素子４０のみを備えてもよい。

[0282] 本実施形態に記載の構成は、第１実施形態、第２実施形態、第３実施形態、第４実施形態、および変形例に記載の構成のいずれとも組み合わせが可能である。

[0283] （第６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り、先行実施形態の記載を援用できる。半導体装置の信頼性を高めるため、本実施

形態に記載のように、封止体の物性と絶縁基材の物性とが所定の関係を満たすようにしてもよい。

[0284] ＜半導体装置および放熱構造＞

図６９に基づき、本実施形態の半導体装置２０およびその放熱構造について説明する。図６９は、本実施形態に係る半導体装置２０を示す断面図である。図６９は、図５の一部分を拡大した図である。図６９では、便宜上、外部接続端子９０を省略している。

[0285] 本実施形態の半導体装置２０は、先行実施形態に記載の構造（図２～図１３参照）と同様の構造を有している。図６９に示すように、半導体装置２０は、半導体素子４０（４０Ｈ）と、半導体素子４０をＺ方向において挟むように配置された基板５０、６０と、封止体３０を備えている。基板５０の表面金属体５２は、半導体素子４０の主電極であるドレイン電極４０Ｄに接続されている。基板６０の表面金属体６２は、半導体素子４０の主電極であるソース電極４０Ｓに接続されている。裏面金属体５３、６３は、封止体３０から露出している。絶縁基材５１、６１は、樹脂を含んでいる。封止体３０は樹脂を含んでいる。図示しないが、半導体装置２０は、半導体素子４０Ｌを備えている。

[0286] 図６９では、半導体装置２０とともに、冷却器１２０の熱交換部１２１と、放熱ゲルなどの熱伝導部材１３０を示している。つまり、図６９は、半導体装置２０、冷却器１２０、および熱伝導部材１３０を備える半導体モジュール１４０を示している。半導体モジュール１４０は、一例として、一対の熱交換部１２１にて半導体装置２０を挟む両面冷却構造を有している。半導体装置２０は、所定方向であるＺ方向において冷却器１２０（熱交換部１２１）と並んで配置されている。冷却器１２０は、半導体装置２０の両側に配置されている。

[0287] 裏面金属体５３、６３は、基板５０、６０の裏面５０ｂ、６０ｂとして、封止体３０から露出している。冷却器１２０の熱交換部１２１のひとつは、封止体３０の一面３０ａおよび裏面５０ｂに対向配置され、熱交換部１２１

の他のひとつは封止体３０の裏面３０ｂおよび裏面６０ｂに対向配置されている。半導体装置２０と熱交換部１２１との対向面間には、熱伝導部材１３０がそれぞれ配置されている。熱伝導部材１３０は、半導体装置２０および熱交換部１２１に密着している。

[0288] ＜ガラス転移点の関係＞

次に、図６９および図７０に基づき、封止体３０と絶縁基材５１、６１のガラス転移点の関係について説明する。

[0289] 図７０は、封止体３０のガラス転移点Ｔｇｓ、線膨張係数αｓと、絶縁基材５１、６１のガラス転移点Ｔｇｉ、線膨張係数αｉの関係の一例を示す図である。図７０は、縦軸が線膨張係数α、横軸が温度を示している。図７０において、実線が封止体３０の線膨張係数αｓ、破線が絶縁基材５１、６１の線膨張係数αｉを示している。線膨張係数αｓのうち、α１ｓは、ガラス転移点Ｔｇｓよりも低い温度における線膨張係数、つまりα１領域の線膨張係数を示している。α２ｓは、ガラス転移点Ｔｇｓよりも高い温度における線膨張係数、つまりα２領域の線膨張係数を示している。線膨張係数αｉについても同様であり、α１ｉはα１領域の線膨張係数を示し、α２ｓはα２領域の線膨張係数を示している。

[0290] 図６９に示すように、封止体３０は、半導体素子４０に密着している。絶縁基材５１、６１は、接合材１００、１０１、１０２や表面金属体５２、６２を介して半導体素子４０と熱的に接続されている。このため、半導体素子４０の動作時（発熱時）において、封止体３０における半導体素子４０の周辺位置ＭＰ１の温度は、絶縁基材５１、６１において半導体素子４０と重なる位置ＭＰ２、ＭＰ３の温度よりも高い。このように、封止体３０のほうが絶縁基材５１、６１よりも高温となる。

[0291] 封止体３０の温度がガラス転移点Ｔｇｓを超えるとヤング率が小さくなり、封止体３０の封止機能が低下する。封止機能の低下により、熱応力がドレイン電極４０Ｄ、ソース電極４０Ｓ、それらの接合部に集中し、クラック等が生じる虞がある。つまり、接続信頼性が低下する虞がある。これに対し、

本実施形態では、図７０に示すように、Ｔｇｓ＞Ｔｇｉの関係を満たしている。

[0292] ＜線膨張係数の関係＞

次に、図７０～図７２に基づき、封止体３０と絶縁基材５１、６１の線膨張係数の関係について説明する。図７１および図７２は、半導体装置２０の反りを示すイメージ図である。図７１および図７２では、半導体装置２０を構成する樹脂要素のみ、つまり、封止体３０と絶縁基材５１、６１のみを図示している。

[0293] 半導体素子４０の動作時（発熱時）において、封止体３０の線膨張係数αｓが絶縁基材５１、６１の線膨張係数αｉよりも大きいと、図７１に破線矢印で示すように、封止体３０の膨張量が絶縁基材５１、６１の膨張量よりも大きくなる。つまり、Ｚ方向の中央で膨張量が大きくなり、両端で膨張量が小さくなる。したがって、Ｚ方向の両端が凹んだ凹形状となる。

[0294] 本実施形態では、図７０に示すように、αｉ＞αｓの関係を満たしている。具体的には、α１領域においてα１ｉ＞α１ｓの関係を満たし、α２領域においてα２ｉ＞α２ｓの関係を満たしている。上記したように、Ｔｇｓ＞Ｔｇｉの関係を満たしているため、使用温度範囲の全域においてαｉ＞αｓの関係を満たしている。このため、半導体素子４０の動作時（発熱時）において、図７２に破線矢印で示すように、絶縁基材５１、６１の膨張量が封止体３０の膨張量よりも大きくなる。つまり、Ｚ方向の中央で膨張量が小さくなり、両端で膨張量が大きくなる。したがって、図７２に示すように、半導体装置２０の形状は、Ｚ方向の両端に凸となる。

[0295] ＜第６実施形態のまとめ＞

本実施形態によれば、封止体３０のガラス転移点Ｔｇｓが、絶縁基材５１、６１のガラス転移点Ｔｇｉよりも大きい。これにより、半導体素子４０の動作時に、より高い温度となる封止体３０について、温度がガラス転移点Ｔｇｓを超え難くなる。封止体３０の温度は、ガラス転移点Ｔｇｓを超えないか、超えてもわずかである。したがって、封止体３０のヤング率が小さくな

り、封止機能が低下するのを抑制することができる。封止機能の低下を抑制できるため、主電極であるドレイン電極４０Ｄ、ソース電極４０Ｓ、その接合部に応力が集中するのを抑制することができる。つまり、接続信頼性を高めることができる。

[0296] 封止体３０のガラス転移点Ｔｇｓを、絶縁基材５１、６１のガラス転移点Ｔｇｉとほぼ等しくしてもよい。Ｔｇｓ＜Ｔｇｉに較べて、発熱時により高温となる封止体３０の温度が、ガラス転移点Ｔｇｓを超え難くなる。

[0297] また、絶縁基材５１、６１の線膨張係数αｉが、封止体３０の線膨張係数αｓよりも大きい。これにより、半導体素子４０の動作時に、絶縁基材５１、６１の膨張量が、封止体３０の膨張量よりも大きくなる。つまり、Ｚ方向の中央において膨張量が小さく、両端において膨張量が大きくなる。これにより、半導体装置２０にＺ方向において外側に凸の反りが生じる。よって、半導体装置２０と冷却器１２０（１２１）との対向距離が狭くなり、半導体装置２０と冷却器１２０との間の熱抵抗が小さくなる。具体的には、熱伝導部材１３０の厚みが薄くなり、熱抵抗が小さくなる。半導体素子４０の熱を効率よく逃がすことができるため、半導体素子４０が過熱状態となるのを抑制することができる。つまり、放熱性を高めることができる。

[0298] 絶縁基材５１、６１の線膨張係数αｉを、封止体３０の線膨張係数αｓとほぼ等しくしてもよい。この場合、Ｚ方向の中央と両端とで膨張量がほぼ等しくなり、Ｚ方向の両端が凹んだ凹形状となるのを抑制することができる。つまり、凹形状となることで半導体装置２０と冷却器１２０との間の熱抵抗が増大するのを抑制することができる。

[0299] このように、Ｔｇｓ≧Ｔｇｉ、かつ、αｉ≧αｓの関係を満たすことで、信頼性の高い半導体装置２０を提供することができる。

[0300] ＜変形例＞

一対の基板５０、６０を備える両面放熱構造の半導体装置２０の例を示したが、これに限定されない。ドレイン電極４０Ｄ（第１主電極）が接続される基板５０のみを備える、片面放熱構造の半導体装置２０にも適用が可能で

ある。

[0301] 半導体装置２０が半導体素子４０Ｈ、４０Ｌを備える例を示したが、これに限定されない。アームのひとつを構成する半導体素子４０のみを備えてもよい。半導体装置２０は、たとえばひとつの半導体素子４０のみを備えてもよい。

[0302] 本実施形態に記載の構成は、第１実施形態、第２実施形態、第３実施形態、第４実施形態、第５実施形態、および変形例に記載の構成のいずれとも組み合わせが可能である。

[0303] （第７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り、先行実施形態の記載を援用できる。封止体の剥離を抑制するため、本実施形態に記載のように、表面金属体を所定の構造としてもよい。

[0304] ＜半導体装置＞

図７３は、本実施形態に係る半導体装置２０を示す断面図である。図７３は、図８に対応している。

[0305] 本実施形態の半導体装置２０は、先行実施形態に記載の構成（図２～図１３参照）と同様の構成を有している。図７３に示すように、半導体装置２０は、２つの半導体素子４０（４０Ｈ）と、半導体素子４０をＺ方向において挟むように配置された基板５０、６０と、封止体３０を備えている。基板５０の表面金属体５２は、接合材１００を介して、半導体素子４０の主電極であるドレイン電極４０Ｄに接続されている。基板６０の表面金属体６２は、接合材１０２を介して、半導体素子４０の主電極であるソース電極４０Ｓに電気的に接続されている。封止体３０は、半導体素子４０、基板５０、６０、および接合材１００、１０２を封止している。基板５０、６０のうち、裏面金属体５３、６３は、封止体３０から露出している。図示しないが、半導体装置２０は、２つの半導体素子４０Ｌを備えている。

[0306] 図７３に示すように、表面金属体５２、６２は、粗化部５２７、６２７と、非粗化部５２８、６２８を有している。

[0307] ＜凹凸酸化膜＞

次に、図７４および図７５に基づき、粗化部５２７を構成する凹凸酸化膜５２０について詳細に説明する。図７４は、図７３の領域LXXIVを拡大した図である。図７５は、粗化部の形成方法を示す図である。

[0308] 表面金属体５２、６２は、第５実施形態の変形例に記載した構成（図６６および図６７参照）と同様に、凹凸酸化膜５２０、６２０を有している。凹凸酸化膜５２０、６２０は、表面金属体５２、６２の表面において粗化部５２７、６２７を提供する。表面金属体５２、６２の表面のうち、凹凸酸化膜５２０、６２０が形成されていない部分は、非粗化部５２８、６２８を提供する。以下では、表面金属体５２を例に説明する。

[0309] 図７４に示すように、表面金属体５２は、母材５２１と、母材５２１の表面上に設けられためっき膜５２２ｐおよび凹凸酸化膜５２０を有している。母材５２１は、表面金属体５２の主たる部分をなしている。母材５２１は、たとえばＣｕ系の材料を用いて形成されている。めっき膜５２２ｐは、はんだなどの接合材１００に対する濡れ性が母材５２１よりも高い材料を含んで形成されている。めっき膜５２２ｐは、表面金属体５２の上面５２ａの全域と側面５２ｃの全域に形成されている。側面５２ｃは、表面金属体５２において、上面５２ａと、絶縁基材５１に対向する下面５２ｄとをつなぐ面である。

[0310] 凹凸酸化膜５２０は、第５実施形態の変形例に記載したように、めっき膜５２２ｐにレーザ光を照射することで形成される。本実施形態では、表面金属体５２の上面５２ａおよび側面５２ｃにレーザ光を照射する。凹凸酸化膜５２０が提供する粗化部５２７は、上面５２ａにおいて非粗化部５２８を除く部分である。粗化部５２７は、一例として、側面５２ｃの全域に形成されている。表面金属体５２の端部において、粗化部５２７は、側面５２ｃから上面５２ａにわたって連続的に設けられている。粗化部５２７は、上面５２ａの一部と側面５２ｃに設けられている。粗化部５２７は、上面５２ａの縁部のみに設けられてもよい。非粗化部５２８は、上面５２ａの一部に設けら

れており、接合材１００の配置領域（接合領域）を少なくとも含む。非粗化部５２８は、接合領域のみに設けられてもよいし、接合領域以外の領域を含んでもよい。粗化部５２７は、側面５２ｃの少なくとも一部に設けられる。粗化部５２７は、側面５２ｃの一部のみに設けられてもよい。たとえば、凹凸酸化膜５２０が絶縁基材５１に接触しないように、粗化部５２７は、側面５２ｃの一部のみに設けられてもよい。

[0311] 本実施形態のめっき膜５２２ｐは、Ｎｉ（ニッケル）を主成分とする下地膜と、Ａｕ（金）を主成分とする上地膜を有している。具体的には、下地膜として、Ｐ（リン）を含む無電解Ｎｉめっき膜を採用している。接合材１００がはんだの場合、凹凸酸化膜５２０から露出するめっき膜５２２ｐのうち、接合材１００が接触する部分の上地膜（Ａｕ）は、リフロー時にはんだ中に拡散する。めっき膜５２２ｐのうち、凹凸酸化膜５２０が形成される部分の上地膜（Ａｕ）は、凹凸酸化膜５２０を形成する際にレーザ光の照射により除去される。凹凸酸化膜５２０は、Ｎｉを主成分とする酸化物の膜である。凹凸酸化膜５２０は、表面金属体５２の端部において、側面５２ｃから上面５２ａにわたって連続的に設けられている。

[0312] 第５実施形態の変形例に記載したように、凹凸酸化膜５２０は、レーザ光の照射により、めっき膜５２２ｐの表層部分が溶融、気化し、蒸着することで形成される。凹凸酸化膜５２０は、めっき膜５２２ｐ由来の酸化膜である。凹凸酸化膜５２０は、めっき膜５２２ｐの主成分の金属（Ｎｉ）の酸化物の膜である。凹凸酸化膜５２０の表面には、常に微細な凹凸（粗化部）が形成されている。凹凸酸化膜５２０は、表面が連続して凹凸をなしている。

[0313] 本実施形態において、表面金属体５２は、上面５２ａにおける面積よりも下面５２ｄにおける面積のほうが大きい。このため、図７４に示すように、下面５２ｄが、上面５２ａに対して迫り出している。つまり、Ｚ方向の平面視において、側面５２ｃの少なくとも一部が上面５２ａの外側に位置している。よって、図７５に示すように、レーザ光をＺ方向に照射することで、上面５２ａおよび側面５２ｃに凹凸酸化膜５２０を形成することができる。

[0314] ＜第７実施形態のまとめ＞

表面金属体５２の上面５２ａおよび側面５２ｃにめっき膜５２２ｐを設けた構成では、熱応力によって、表面金属体５２の端部、つまり、側面５２ｃから封止体３０の剥離が生じやすい。これに対し、本実施形態では、非粗化部５２８を除く上面５２ａの部分と側面５２ｃに、粗化部５２７を設けている。これにより、表面金属体５２の側面５２ｃにおける封止体３０との密着力が、粗化部５２７を設けない構成に較べて高い。したがって、表面金属体５２の側面５２ｃにおいて、封止体３０の剥離が生じるのを抑制することができる。剥離の抑制により、表面金属体５２における接合材１００などの接合部に、熱応力が集中するのを抑制することができる。この結果、信頼性の高い半導体装置２０を提供することができる。

[0315] 表面金属体６２は、表面金属体５２と同様の構成を有している。表面金属体６２は、非粗化部６２８を除く上面６２ａの部分と側面６２ｃに、粗化部６２７を有している。これにより、表面金属体６２の側面６２ｃにおいて、封止体３０の剥離が生じるのを抑制することができる。

[0316] 本実施形態では、粗化部５２７、６２７が、側面５２ｃ、６２ｃと上面５２ａ、６２ａとにわたって連続的に設けられている。これにより、表面金属体５２、６２の端部近傍において、封止体３０の剥離が生じるのを抑制することができる。

[0317] 粗化部５２７、６２７を形成する粗化処理としては、粗化めっき、サンドブラスト、薬液処理などが可能である。本実施形態では、レーザ粗化を採用している。めっき膜にレーザ光を照射することで、凹凸酸化膜５２０、６２０が形成される。表面金属体５２，６２は、粗化部５２７、６２７に凹凸酸化膜５２０、６２０を有している。

[0318] 凹凸酸化膜５２０、６２０の表面は、連続した凹凸をなしており、封止体３０が絡みついてアンカー効果を生じる。また、封止体３０との接触面積が増える。よって、粗化部５２７、６２７において封止体３０に対する密着力を高めることができる。また、凹凸酸化膜５２０、６２０は、めっき膜（め

っき膜５２２ｐ）に較べて、接合材１００、１０２に対する濡れ性が低い。凹凸酸化膜５２０、６２０は、表面に微細な凹凸を有しているため、接合材１００、１０２との接触面積が小さくなり、接合材１００、１０２の一部は表面張力によって球状になる。つまり、接触角が大きくなる。したがって、接合材１００、１０２が溢れるのを抑制することができる。このように、凹凸酸化膜５２０、６２０を採用することで、封止体３０に対する密着力を高めるとともに、接合部からの接合材１００、１０２の溢れを抑制することができる。

[0319] 本実施形態では、表面金属体５２、６２の面積が、下面５２ｄ、６２ｄにおいて上面５２ａ、６２ａよりも大きい。下面５２ｄ、６２ｄが、上面５２ａ、６２ａに対して迫り出している。よって、側面５２ｃ、６２ｃに対して、Ｚ方向から物理的な粗化を行いやすい。上記したレーザ粗化の場合、レーザ光をＺ方向に照射することで、上面５２ａ、６２ａだけでなく側面５２ｃ、６２ｃにも、凹凸酸化膜５２０、６２０を形成することができる。

[0320] ＜変形例＞

表面金属体５２、６２の側面形状は、上記した例に限定されない。プレス加工、エッチング、切削などによって表面金属体５２、６２をパターニングする際に、側面を所定形状に加工することができる。図７６は、側面形状の変形例を示す断面図である。図７６では、一例として表面金属体５２を示しており、便宜上、めっき膜５２２ｐを省略して図示している。図示を省略するが、表面金属体６２についても同様の構成を採用することができる。

[0321] 図７６に示す例では、表面金属体５２が、Ｚ方向に略平行な側面５２ｃを有している。つまり、表面金属体５２の面積が、Ｚ方向においてほぼ一定である。このような表面金属体５２を物理的に粗化するには、たとえば上面５２ａと側面５２ｃとで粗化を分けて行えばよい。レーザ粗化の場合、上面５２ａに対するレーザ光の照射方向とは異なる方向、たとえばＺ方向に対して傾いた方向から、側面５２ｃに対してレーザ光を照射する。これにより、側面５２ｃに凹凸酸化膜５２０を設けることができる。

[0322] 図７７は、側面形状の変形例を示す断面図であり、図７６に対応している。図７７に示す例では、表面金属体５２のＺ方向に直交する面積が、下面５２ｄに近づくほど大きくなっている。側面５２ｃは、Ｒ形状をなしている。この場合、平面視において側面５２ｃの全域が上面５２ａの外側に位置する。したがって、側面５２ｃに対す・BR>驍Y方向からの物理的な粗化、たとえばレーザ粗化を、図７５に示した構成よりも行いやすい。

[0323] 図７８は、側面形状の変形例を示す断面図であり、図７６に対応している。図７８に示す例でも、表面金属体５２のＺ方向に直交する面積が、下面５２ｄに近づくほど大きくなっている。表面金属体５２は、たとえばＺＹ平面において略台形状をなしている。この場合も、平面視において側面５２ｃの全域が上面５２ａの外側に位置するため、側面５２ｃをＺ方向から物理的に粗化しやすい。

[0324] 一対の基板５０、６０を備える両面放熱構造の半導体装置２０の例を示したが、これに限定されない。ドレイン電極４０Ｄ（第１主電極）が接続される基板５０のみを備える、片面放熱構造の半導体装置２０にも適用が可能である。一対の基板５０、６０を備える構成において、基板５０、６０の一方のみに、上記した側面を含む粗化部の構造を適用してもよい。

[0325] 半導体装置２０が半導体素子４０Ｈ、４０Ｌを備える例を示したが、これに限定されない。アームのひとつを構成する半導体素子４０のみを備えてもよい。半導体装置２０は、たとえばひとつの半導体素子４０のみを備えてもよい。

[0326] 本実施形態に記載の構成は、第１実施形態、第２実施形態、第３実施形態、第４実施形態、第５実施形態、第６実施形態、および変形例に記載の構成のいずれとも組み合わせが可能である。

[0327] （第８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り、先行実施形態の記載を援用できる。インダクタンスの低減のため、本実施形態に記載のように、表面金属体の厚みと配線の間隔とが所定の関係を満たすよ

うにしてもよい。

[0328] ＜半導体装置＞

まず、図７９に基づき、本実施形態に係る半導体装置２０、特に表面金属体５２、６２の回路パターンについて説明する。図７９は、本実施形態に係る半導体装置２０を示す断面図である。図７９では、先行実施形態に記載の構成（図８参照）の一部分を図示している。

[0329] 本実施形態の半導体装置２０は、先行実施形態に記載の構成（図２～図１３参照）と同様の構成を有している。図７９に示すように、半導体装置２０は、半導体素子４０（４０Ｈ）と、半導体素子４０をＺ方向において挟むように配置された基板５０、６０と、封止体３０を備えている。基板５０の表面金属体５２は、半導体素子４０の主電極であるドレイン電極４０Ｄに電気的に接続されている。基板６０の表面金属体６２は、半導体素子４０の主電極であるソース電極４０Ｓに電気的に接続されている。封止体３０は、半導体素子４０、基板５０、６０、および接合材１００、１０２を封止している。基板５０、６０のうち、裏面金属体５３、６３は、封止体３０から露出している。図示しないが、半導体装置２０は、下アーム９Ｌを構成する半導体素子４０Ｌを備えている。

[0330] ＜配線間隔と厚みの関係＞

次に、図７９および図８０に基づき、配線間隔と厚みとの関係について説明する。図８０は、図７９の領域LXXXを拡大した図である。図８０では、基板６０のみを図示している。

[0331] 表面金属体５２、６２は、先行実施形態に記載の構成（図６５参照）と同様に、配線間ギャップ５２Ｇ、６２Ｇを有している。図７９および図８０に示すように、配線間ギャップ６２Ｇは、隣り合うＮ配線６４と中継配線６５とを隔てている。配線間ギャップ６２Ｇは、表面金属体６２において、電位が異なる配線の間に設けられた所定の空隙である。

[0332] 図８０に示すように、本実施形態では、Ｎ配線６４と中継配線６５との間隔Ｌ１０が、表面金属体６２の厚みＴ１０以下（Ｌ１０≦Ｔ１０）である。

間隔Ｌ１０は、配線間ギャップ６２Ｇの長さ、つまりＮ配線６４と中継配線６５とのパターン間距離である。図７９および図８０では、表面金属体６２における間隔Ｌ１０と厚みＴ１０が、Ｌ１０＜Ｔ１０の関係を満たしている。図示を省略するが、表面金属体５２を備える基板５０は、基板６０と同様の構成を有している。表面金属体５２において、Ｐ配線５４と中継配線５５との間隔Ｌ１０は、表面金属体５２の厚みＴ１０以下（Ｌ１０≦Ｔ１０）である。

[0333] ＜シミュレーション結果＞

図８１～図８３は、電磁界シミュレーションの結果を示している。図８１は、シミュレーション結果を、長さ（間隔、厚み）とインダクタンスとの関係にまとめた図である。測定点の丸（〇）は、間隔Ｌ１０を１．５ｍｍで固定したときの、厚みＴ１０の３つの水準（０．３ｍｍ、１．５ｍｍ、２．５ｍｍ）の結果を示している。図中の実線は、間隔Ｌ１０を固定したときの、厚みＴ１０の変化にともなうインダクタンスの変化を示している。測定点の四角（□）は、厚みＴ１０を１．５ｍｍで固定したときの、間隔Ｌ１０の３つの水準（０．５ｍｍ、１．５ｍｍ、２．５ｍｍ）の結果を示している。図中の破線は、厚みＴ１０を固定したときの、間隔Ｌ１０の変化にともなうインダクタンスの変化を示している。図８１に示す横軸の長さは、間隔Ｌ１０を固定の場合に厚みＴ１０の長さを示し、厚みＴ１０を固定の場合に間隔Ｌ１０の長さを示す。

[0334] 図８２は、Ｌ１０＞Ｔ１０の場合のシミュレーション結果を示す図である。図８２は、図８１に示す第１条件Ｃ１、具体的には間隔Ｌ１０＝１．５ｍｍ、厚みＴ１０＝０．３ｍｍのときのシミュレーション結果を示している。図８３は、Ｌ１０＜Ｔ１０の場合のシミュレーション結果を示す図である。図８３は、図８１に示す第２条件Ｃ２、具体的には間隔Ｌ１０＝１．５ｍｍ、厚みＴ１０＝２．５ｍｍのときのシミュレーション結果を示している。シミュレーションにおいて、間隔Ｌ１０と厚みＴ１０以外の条件は共通である。

[0335] 図８１に示す結果より、Ｌ１０≦Ｔ１０の関係を満たす範囲において、インダクタンスを低減できることが明らかである。特に、Ｌ１０＜Ｔ１０の関係を満たす範囲において、インダクタンスを効果的に低減できることが明らかである。

[0336] 図８２に示すように、Ｌ１０＞Ｔ１０の場合、電流は、Ｎ配線６４の延設部６４１において幅方向に分散しているものの、表面金属体６２（基板６０）の端部側に偏って流れる。このため、先行実施形態に記載したＰＮ電流ループ（図１７参照）が大きい。延設部４２１を流れる電流経路が中継配線６５に対して遠いため、逆方向成分の電流による磁束の打ち消し効果が弱まる。図８２は、Ｌ１０≦Ｔ１０の関係を満たす場合に較べて、インダクタンスが大きくなることを示している。

[0337] 図８３に示すように、Ｌ１０＜Ｔ１０の場合、電流は、延設部６４１の幅方向において中継配線６５側の端部に偏って流れる。このため、ＰＮ電流ループが小さい。延設部４２１を流れる電流経路が中継配線６５に対して近いため、逆方向成分の電流による磁束の打ち消し効果が強まる。図８３は、Ｌ１０＞Ｔ１０の関係を満たす場合に較べて、インダクタンスが小さくなることを示している。

[0338] ＜第８実施形態のまとめ＞

本実施形態では、表面金属体５２が、第１配線であるＰ配線５４と、第１配線とは電位の異なる第２配線である中継配線５５を有している。そして、Ｐ配線５４と中継配線５５との間隔Ｌ１０と、表面金属体５２の厚みＴ１とが、Ｌ１０≦Ｔ１０の関係を満たしている。同様に、表面金属体６２が、第１配線であるＮ配線６４と、第１配線とは電位の異なる第２配線である中継配線６５を有している。そして、Ｎ配線６４と中継配線６５との間隔Ｌ１０と、表面金属体６２の厚みＴ１とが、Ｌ１０≦Ｔ１０の関係を満たしている。

[0339] Ｌ１０≦Ｔ１０の関係を満たすと、隣り合う配線の間隔が狭いため、第１配線に流れる電流による磁束と、第２配線に流れる電流による磁束との打ち

消し効果が高まり、インダクタンスを低減することができる。また、表面金属体が厚いため、電流経路の断面積が大きくなり、インダクタンスを低減することができる。以上により、本実施形態の半導体装置２０は、インダクタンスを低減することができる。特に、Ｌ１＜Ｔ１０の関係を満たすと、上記した効果が高まり、インダクタンスをより効果的に低減することができる。

[0340] ＜変形例＞

一対の基板５０、６０を備える両面放熱構造の半導体装置２０の例を示したが、これに限定されない。ドレイン電極４０Ｄ（第１主電極）が接続される基板５０のみを備える、片面放熱構造の半導体装置２０にも適用が可能である。一対の基板５０、６０を備える構成において、表面金属体５２、６２の一方のみが上記したＬ１０≦Ｔ１０の関係を満たすようにしてもよい。つまり、半導体素子の主電極と電気的に接続される少なくともひとつの基板において、表面金属体が第１配線と第２配線を有し、Ｌ１０≦Ｔ１０の関係を満たせばよい。また、第１配線であるＮ配線６４と、第１配線とは電位の異なる第２配線である中継配線６５との対向領域のすべてにおいて、Ｌ１０≦Ｔ１０の関係を満たす例を示したが、これに限定されない。対向領域の少なくとも一部において、Ｌ１０≦Ｔ１０の関係を満たせばよい。第１配線であるＰ配線５４と、第１配線とは電位の異なる第２配線である中継配線５５との対向領域についても同様である。

[0341] 半導体装置２０が半導体素子４０Ｈ、４０Ｌを備える例を示したが、これに限定されない。アームのひとつを構成する半導体素子４０のみを備えてもよい。半導体装置２０は、たとえばひとつの半導体素子４０のみを備えてもよい。

[0342] 本実施形態に記載の構成は、第１実施形態、第２実施形態、第３実施形態、第４実施形態、第５実施形態、第６実施形態、第７実施形態、および変形例に記載の構成のいずれとも組み合わせが可能である。

[0343] （第９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り、先

行実施形態の記載を援用できる。放熱性および信頼性の向上のため、本実施形態に記載のように、基板の側面形状を所定形状にしてもよい。

[0344] ＜半導体装置＞

まず、図８４に基づき、本実施形態に係る半導体装置２０について説明する。図８４は、図５に対応する断面図である。図８４では、便宜上、外部接続端子９０の図示を省略している。

[0345] 本実施形態の半導体装置２０は、先行実施形態に記載の構成（図２～図１３参照）と同様の構成を有している。図８４に示すように、半導体装置２０は、半導体素子４０（４０Ｈ、４０Ｌ）と、半導体素子４０をＺ方向において挟むように配置された基板５０、６０と、封止体３０を備えている。基板５０の表面金属体５２は、半導体素子４０の主電極であるドレイン電極４０Ｄに電気的に接続されている。基板６０の表面金属体６２は、半導体素子４０の主電極であるソース電極４０Ｓに電気的に接続されている。封止体３０は、半導体素子４０、基板５０、６０、および接合材１００、１０２を封止している。

[0346] ＜基板＞

次に、図８４～図８６に基づき、基板５０、６０について説明する。図８５は、基板の中心を示す平面図である。図８５は、図１２に対応している。図８６は、図８４に一点鎖線で示す領域LXXXVIを拡大した図である。以下において、「内側」、「外側」とは、Ｚ方向の平面視における基板５０、６０の中心５０ｓｃ、６０ｓｃを基準位置とする相対的な位置関係を示す。中心に近い側が内側、遠い側が外側である。図８５では、一例として、基板５０の中心５０ｓｃを示している。図８４は断面図であるが、説明の都合上、中心５０ｓｃ、６０ｓｃを示している。

[0347] 本実施形態の基板５０、６０において、絶縁基材５１、６１は、樹脂を含む。表面金属体５２、６２は、絶縁基材５１，６１の表面５１ａ、６１ａに配置されている。表面金属体５２、６２は、先行実施形態に記載したようにパターニングされている。これにより、絶縁基材５１、６１は、表面金属体

５２、６２から露出する露出部５１０、６１０を有している。第１露出部である絶縁基材５１の露出部５１０と、第２露出部である絶縁基材６１の露出部６１０は、Ｚ方向の平面視において少なくとも一部が互いに重なっている。露出部５１０、６１０は、オーバーラップしている。つまり、露出部５１０の少なくとも一部は、Ｚ方向において露出部６１０と対向している。

[0348] 裏面金属体５３、６３は、絶縁基材５１、６１の裏面５１ｂ、６１ｂに配置されている。裏面金属体５３、６３は、封止体３０から露出している。裏面金属体５３、６３において、絶縁基材５１との対向面５３ａ、６３ａとは反対の面が、露出面５３ｂ、６３ｂとなっている。露出面５３ｂは、封止体３０の一面３０ａに対して略面一で露出している。露出面６３ｂは、封止体３０の裏面３０ｂに対して略面一で露出している。露出面５３ｂ、６３ｂは、基板５０、６０の裏面５０ｂ、６０ｂをなしている。封止体３０は、第１面である一面３０ａおよび裏面３０ｂに連なる第２面として、側面３０ｅを有している。側面３０ｅは、Ｙ方向の側面３０ｃ、３０ｄを含むとともに、Ｘ方向の側面も含む。側面３０ｅは、すべての側面を含む。第２面である側面３０ｅは、成形時の型抜きのために、Ｚ方向に対して傾斜するテーパ面である。側面３０ｅは、抜き勾配を有している。先行実施形態では、便宜上、抜き勾配を省略して図示している。側面３０ｅは、Ｚ方向の略中央付近に屈曲部分を有し、屈曲部分から一面３０ａ、裏面３０ｂに近づくほど、Ｚ方向の平面視において半導体素子４０に近づく。つまり、平面視において、屈曲部分が外側、一面３０ａおよび裏面３０ｂが内側の位置関係である。以下では、封止体３０の一面３０ａ、裏面３０ｂを第１面３０ａ、３０ｂと称することがある。

[0349] 図８４および図８６に示すように、基板５０、６０は、積層体５００、６００を有している。積層体５００は、絶縁基材５１と裏面金属体５３との二層構造の積層体である。同様に、積層体６００は、絶縁基材６１と裏面金属体６３との二層構造の積層体である。積層体５００、６００において、絶縁基材５１、６１の表面５１ａ、６１ａと裏面金属体５３、６３の露出面５３

ｂ、６３ｂとをつなぐ側面は、いわゆるＶカット形状をなしている。積層体５００、６００の側面は、上端である表面５１ａ、６１ａ、および、下端である露出面５３ｂ、６３ｂに対して、中央部分が外側に凸の形状をなしている。

[0350] 積層体５００、６００の側面は、第１傾斜部５０１、６０１と、第２傾斜部５０２、６０２と、中間部５０３、６０３を有している。まず、積層体５００について説明する。

[0351] 第１傾斜部５０１は、表面５１ａから所定範囲の部分である。第１傾斜部５０１は、平面視において中心５０ｓｃとの距離が表面５１ａ側の上端においてもっとも近く、下端において上端側より離れた傾斜を有している。つまり、第１傾斜部５０１において、下端は上端の外側に位置している。図８５に示すように、第１傾斜部５０１は、基板５０の縁部に設けられている。第１傾斜部５０１は、表面金属体５２を取り囲むように、環状をなしている。

[0352] 本実施形態において、第１傾斜部５０１は、Ｚ方向において表面５１ａから離れるほど、平面視において中心５０ｓｃから離れる傾斜を有している。つまり、積層体５００は、第１傾斜部５０１を含む上部において、表面５１ａでＺ方向に直交する面積がもっとも小さく、表面５１ａから離れるほど面積が大きい。第１傾斜部５０１の傾斜は、製造上のばらつきを許容し得る。第１傾斜部５０１は、マクロ的に、上記した傾斜を有する。第１傾斜部５０１は、テーパ面である。

[0353] 第２傾斜部５０２は、露出面５３ｂから所定範囲の部分である。第２傾斜部５０２は、平面視において中心５０ｓｃとの距離が露出面５３ｂ側の下端においてもっとも近く、上端において下端側より離れた傾斜を有している。つまり、第２傾斜部５０２において、上端は下端の外側に位置している。第２傾斜部５０２は、第１傾斜部５０１同様、基板５０の縁部に設けられている。第２傾斜部５０２は、裏面金属体５３を取り囲むように、環状をなしている。

[0354] 本実施形態において、第２傾斜部５０２は、Ｚ方向において露出面５３ｂ

から離れるほど、平面視において中心５０ｓｃから離れる傾斜を有している。つまり、積層体５００は、第２傾斜部５０２を含む下部において、露出面５３ｂで面積がもっとも小さく、露出面５３ｂから離れるほど面積が大きい。第２傾斜部５０２の傾斜は、製造上のばらつきを許容し得る。第２傾斜部５０２は、マクロ的に、上記した傾斜を有する。第２傾斜部５０２は、テーパ面である。第１傾斜部５０１を順テーパとすると、第２傾斜部５０２は逆テーパである。

[0355] 中間部５０３は、第１傾斜部５０１と第２傾斜部５０２とに連なっている。中間部５０３は、第１傾斜部５０１と第２傾斜部５０２とをつなぐ部分であり、Ｚ方向に所定の長さを有している。中間部５０３は、積層体５００の側面の頂点部分である。積層体５００の側面は、中間部５０３において中心５０ｓｃからもっとも離れている。中間部５０３は、平面視において積層体５００の最外部である。積層体５００は、中間部５０３において、Ｚ方向に直交する面積がもっとも大きい。中間部５０３において、積層体５００の面積は、ほぼ一定である。第１傾斜部５０１は、中間部５０３から離れるほど、平面視における中心５０ｓｃとの距離が短い。第２傾斜部５０２は、中間部５０３から離れるほど、平面視における中心５０ｓｃとの距離が短い。

[0356] 積層体６００は、積層体５００と同様の構成を有している。第１傾斜部６０１は、表面６１ａから所定範囲の部分である。第１傾斜部６０１は、平面視において中心６０ｓｃとの距離が表面６１ａ側の上端においてもっとも近く、下端において上端より離れた傾斜を有している。つまり、第１傾斜部６０１において、下端は上端の外側に位置している。第１傾斜部６０１は、基板６０の縁部に設けられている。第１傾斜部６０１は、表面金属体６２を取り囲むように、環状をなしている。

[0357] 本実施形態において、第１傾斜部６０１は、Ｚ方向において表面６１ａから離れるほど、平面視において中心６０ｓｃから離れる傾斜を有している。つまり、積層体６００は、第１傾斜部６０１を含む上部において、表面６１ａでＺ方向に直交する面積がもっとも小さく、表面６１ａから離れるほど面

積が大きくなっている。第１傾斜部６０１の傾斜は、製造上のばらつきを許容し得る。第１傾斜部６０１は、マクロ的に、上記した傾斜を有する。第１傾斜部６０１は、テーパ面である。

[0358] 第２傾斜部６０２は、露出面６３ｂから所定範囲の部分である。第２傾斜部６０２は、平面視において中心６０ｓｃとの距離が露出面６３ｂ側の下端においてもっとも近く、上端において下端より離れた傾斜を有している。つまり、第２傾斜部６０２において、上端は下端の外側に位置している。第２傾斜部６０２は、第１傾斜部５０１同様、基板６０の縁部に設けられている。第２傾斜部６０２は、裏面金属体６３を取り囲むように、環状をなしている。

[0359] 本実施形態において、第２傾斜部６０２は、Ｚ方向において露出面６３ｂから離れるほど、平面視において中心６０ｓｃから離れる傾斜を有している。つまり、積層体６００は、第２傾斜部６０２を含む下部において、露出面６３ｂで面積がもっとも小さく、露出面６３ｂから離れるほど面積が大きい。第２傾斜部６０２の傾斜は、製造上のばらつきを許容し得る。第２傾斜部６０２は、マクロ的に、上記した傾斜を有する。第２傾斜部６０２は、テーパ面である。第１傾斜部６０１を順テーパとすると、第２傾斜部６０２は逆テーパである。

[0360] 中間部６０３は、第１傾斜部６０１と第２傾斜部６０２とに連なっている。中間部６０３は、第１傾斜部６０１と第２傾斜部６０２とをつなぐ部分であり、Ｚ方向に所定の長さを有している。中間部６０３は、積層体６００の側面の頂点部分である。積層体６００の側面は、中間部６０３において中心６０ｓｃからもっとも離れている。中間部６０３は、平面視において積層体６００の最外部である。積層体６００は、中間部６０３においてもっとも面積が大きい。中間部６０３において、積層体６００の面積は、ほぼ一定である。第１傾斜部６０１は、中間部６０３から離れるほど、平面視における中心６０ｓｃとの距離が短い。第２傾斜部６０２は、中間部６０３から離れるほど、平面視における中心６０ｓｃとの距離が短い。

[0361] ＜寸法および角度＞

次に、図８７に基づいて、積層体５００、６００の寸法や角度について説明する。図８７は、図８６に対応する図であり、寸法や角度を示している。以下では、積層体５００を例に説明する。

[0362] 図８７に示す長さＬ１１は、平面視において第１傾斜部５０１の長さ、つまり環状をなす第１傾斜部５０１の幅である。長さＬ１２は、平面視において第２傾斜部５０２の長さ、つまり環状をなす第２傾斜部５０２の幅である。長さＬ２１は、Ｚ方向において第１傾斜部５０１の長さ、つまり第１傾斜部５０１の高さである。長さＬ２２は、Ｚ方向において第２傾斜部５０２の長さ、つまり第２傾斜部５０２の高さである。長さＬ２３は、Ｚ方向において中間部５０３の長さ、つまり中間部５０３の高さである。長さＬ２４は、Ｚ方向において絶縁基材５１の長さ、つまり絶縁基材５１の厚みである。長さＬ２５は、Ｚ方向において裏面金属体５３の長さ、つまり裏面金属体５３の厚みである。

[0363] 角度Ｒ１は、第１傾斜部５０１において、半導体素子４０の板厚方向であるＺ方向に対する裏面金属体５３の傾斜角である。角度Ｒ２は、第２傾斜部５０２において、Ｚ方向に対する裏面金属体５３の傾斜角である。角度Ｒ３は、第１傾斜部５０１において、Ｚ方向に対する絶縁基材５１の傾斜角である。角度Ｒ４は、裏面金属体５３の露出面５３ｂに対する第２傾斜部５０２の傾斜角である。角度Ｒ５は、封止体３０の一面３０ａに対する側面３０ｅの傾斜角である。

[0364] 図８７に示すように、本実施形態では、第２傾斜部５０２の長さが第１傾斜部５０１の長さよりも短い。つまり、Ｌ１１＞Ｌ１２の関係を満たしている。角度Ｒ１は０°＜Ｒ１≦４５°の関係を満たし、角度Ｒ２は０°＜Ｒ２＜４５°の関係を満たしている。角度Ｒ１は４５°に近いほど、半導体素子４０の生じた熱を効果的に拡散することができる。角度Ｒ２は４５°に近いほど、後述するように熱抵抗を小さくすることができる。

[0365] さらに、第１傾斜部５０１が絶縁基材５１から裏面金属体５３にわたって

設けられ、第２傾斜部５０２は裏面金属体５３に設けられている。つまり、Ｌ２１＞Ｌ２４、Ｌ２２＜Ｌ２５の関係を満たしている。中間部５０３を備える構成において、中間部５０３は、裏面金属体５３に設けられている。つまり、Ｌ２４＜（Ｌ２４＋Ｌ２５－Ｌ２３）／２の関係を満たしている。

[0366] さらに、第１傾斜部５０１が絶縁基材５１から裏面金属体５３にわたって設けられる構成において、裏面金属体５３の傾斜角と絶縁基材５１の傾斜角とがほぼ等しい。つまり、Ｒ１＝Ｒ３の関係を満たしている。

[0367] さらに、裏面金属体５３の露出面５３ｂに対する第２傾斜部５０２の傾斜角が、封止体３０の一面３０ａ（第１面）に対する側面３０ｅ（第２面）の傾斜角よりも小さい。つまり、Ｒ４＜Ｒ５の関係を満たしている。説明を省略するが、積層体６００も、積層体５００と同様の構成を有している。

[0368] ＜積層体の製造方法＞

次に、上記した積層体５００の製造方法の一例について説明する。まず、樹脂を含む絶縁基材５１と裏面金属体５３との二層構造の母基板を形成する。次いで、ブレードにより、絶縁基材５１の表面５１ａと露出面５３ｂの両側から、同時に切断（Ｖカット）する。この切断では、母基板を完全に切り離さずに、第１傾斜部５０１と第２傾斜部５０２を形成する。母基板において、隣り合う積層体５００は、中間部５０３でつながった状態となる。そして、隣り合う積層体５００を中間部５０３で分離する（切り離す）ことで、Ｖカット形状の側面を有する積層体５００を得ることができる。

[0369] 図８８は、上記した製造方法により得られる積層体５００の側面図である。ブレードを用いた切断（切削）により、第１傾斜部５０１は、周方向に沿う切削痕５０１ａを有している。同様に、第２傾斜部５０２は、周方向に沿う切削痕５０２ａを有している。隣り合う積層体５００を中間部５０３で分離するため、中間部５０３は凹凸部５０３ａを有している。説明を省略するが、積層体６００も、積層体５００と同様の方法により形成される。

[0370] ＜第９実施形態のまとめ＞

本実施形態では、積層体５００、６００の側面が第１傾斜部５０１、６０

１と第２傾斜部５０２、６０２を有している。つまり側面は、屈曲形状（略Ｖ字状）をなしている。これにより、露出面５３ｂ、６３ｂとの界面を起点として封止体３０に生じた剥離が第２傾斜部５０２、６０２に沿って進展したとしても、屈曲形状により、第１傾斜部５０１、６０１への進展を抑制することができる。したがって、表面金属体５２、６２、半導体素子４０、表面金属体５２、６２と半導体素子４０などとの接合部へ、剥離が進展するのを抑制することができる。つまり、上記した表面金属体５２、６２や半導体素子４０などに熱応力が集中し、接続信頼性などが低下するのを抑制することができる。よって、信頼性を確保することができる。

[0371] 第２傾斜部５０２、６０２を有するため、上記した剥離が生じたときに、裏面金属体５３、６３が封止体３０から抜け落ちる（落下する）のを抑制することもできる。

[0372] 熱は、理想的には４５度の角度で拡がる。本実施形態では、積層体５００、６００が、Ｚ方向において半導体素子４０側に第１傾斜部５０１、６０１を有している。これにより、半導体素子４０の生じた熱が、屈曲部分よりも上方、つまり第１傾斜部５０１、６０１に対応する部分において拡散する。一方、第２傾斜部５０２、６０２を有することで、第２傾斜部５０２、６０２に対応する部分の伝熱経路は、第１傾斜部５０１、６０１に対応する部分の伝熱経路よりも狭い。伝熱経路が狭いことで熱抵抗が大きくなる。本実施形態では、第２傾斜部５０２、６０２の長さＬ１２を第１傾斜部５０１、６０１の長さＬ１１よりも短くする（Ｌ１１＞Ｌ１２）。これにより、Ｌ１１≦Ｌ１２を満たす構成に較べて、第２傾斜部５０２、６０２のＺ方向の長さＬ２２を短くし、ひいては屈曲部分よりも下方における熱抵抗を小さくすることができる。つまり、積層体５００、６００の上方部分で拡散した熱を露出面５３ｂ、６３ｂから効率よく放熱することができる。以上より、本実施形態の半導体装置２０は、放熱性を高めつつ信頼性を確保することができる。

[0373] 第１傾斜部５０１、６０１を絶縁基材５１、６１に設け、第２傾斜部５０

２、６０２を裏面金属体５３、６３に設けてもよい。第１傾斜部５０１、６０１を絶縁基材５１、６１に設け、第２傾斜部５０２、６０２を絶縁基材５１、６１と裏面金属体５３、６３とにわたって設けてもよい。本実施形態では、第１傾斜部５０１、６０１を絶縁基材５１、６１と裏面金属体５３、６３とにわたって設け、第２傾斜部５０２、６０２を裏面金属体５３、６３に設けている。つまり、屈曲部分が、裏面金属体５３、６３内に存在する。したがって、露出面５３ｂ、６３ｂとの界面を起点として封止体３０に生じた剥離が第２傾斜部５０２、６０２に沿って進展したとしても、剥離が絶縁基材５１、６１との界面まで進展するのを抑制することができる。これにより、熱応力が絶縁基材５１、６１に集中し、絶縁信頼性が低下するのを抑制することができる。つまり、信頼性をさらに高めることができる。

[0374] 第１傾斜部５０１、６０１と第２傾斜部５０２、６０２とが連なる構成としてもよい。本実施形態では、第１傾斜部５０１、６０１と第２傾斜部５０２、６０２との間に、中間部５０３、６０３を設けている。この構成では、中間部５０３、６０３が屈曲部分をなす。中間部５０３、６０３を設けることで、上記したように、絶縁基材５１、６１の表面５１ａ、６１ａと、裏面金属体５３、６３の露出面５３ｂ、６３ｂの両方から同時に切断（切削）しても、ブレード同士の接触を避けることができる。また、中間部５０３、６０３を裏面金属体５３、６３に設けるため、上記同様、剥離が絶縁基材５１、６１との界面まで進展するのを抑制することができる。

[0375] 第１傾斜部５０１、６０１が絶縁基材５１、６１から裏面金属体５３、６３にわたって設けられる構成において、裏面金属体５３、６３の傾斜角Ｒ１と絶縁基材５１、６１の傾斜角Ｒ３とを異ならせてもよい。たとえばＲ１＜Ｒ３の場合、樹脂を含む絶縁基材５１、６１の端部に熱応力が集中するため、絶縁性能が低下する虞がある。Ｒ１＞Ｒ３の場合、絶縁基材５１、６１と裏面金属体５３、６３との界面に熱応力が集中し、界面剥離が生じる虞がある。本実施形態では、傾斜角Ｒ１と傾斜角Ｒ３をほぼ等しい角度（Ｒ１＝Ｒ３）にする。つまり、第１傾斜部５０１、６０１において絶縁基材５１、６

１の傾斜面と裏面金属体５３、６３の傾斜面とが略面一で連なる。絶縁基材５１、６１の傾斜面と裏面金属体５３、６３の傾斜面とが連続し、ひとつの平坦面をなす。これにより、封止体３０、絶縁基材５１、６１、および裏面金属体５３、６３の三重点に熱応力が集中するのを抑制することができる。

[0376] 露出面５３ｂ、６３ｂに対する第２傾斜部５０２、６０２の傾斜角Ｒ４を、封止体３０の第１面３０ａ、３０ｂに対する側面３０ｅ（第２面）の傾斜角Ｒ５以上としてもよい。本実施形態では、傾斜角Ｒ４を傾斜角Ｒ５より小さくしている（Ｒ４＜Ｒ５）。先行実施形態に記載（たとえば図７２参照）したように、半導体素子４０の発熱時には、半導体装置２０に反りが生じる。上記したように、放熱性の高い反り形状となる構成を採用すると、Ｚ方向に凸の反りにより、裏面金属体５３、６３と封止体３０との界面に剥離が生じやすくなる。Ｒ４＜Ｒ５の関係を満たす構成とすることで、剥離が生じても、裏面金属体５３、６３が封止体３０から抜け落ちるのを抑制することができる。

[0377] 本実施形態では、第１露出部である絶縁基材５１の露出部５１０と、第２露出部である絶縁基材６１の露出部６１０とが、Ｚ方向の平面視において互いに重なる。これにより、第１基板である基板５０の表面金属体５２と第２基板である基板６０の表面金属体６２との配置のアンバランスを抑制し、ひいては半導体装置２０の反りのアンバランスを抑制することができる。反りが偏ることで変形が大きい側で、裏面金属体５３、６３と封止体３０との界面剥離が生じやすくなるのを抑制することができる。

[0378] 本実施形態では、第１傾斜部５０１および第２傾斜部５０２が、周方向に沿う切削痕５０１ａ、５０２ａを有する。切削痕５０１ａ、５０２ａを有することでアンカー効果が生じ、封止体３０との密着力が高まる。これにより、積層体５００、６００から封止体３０が剥離するのを抑制することができる。なお、第１傾斜部５０１および第２傾斜部５０２の一方のみに、周方向に沿う切削痕を設けてもよい。本実施形態では、中間部５０３も凹凸部５０３ａを有するため、アンカー効果による剥離抑制が期待できる。

[0379] ＜変形例＞

一対の基板５０、６０を備える両面放熱構造の半導体装置２０の例を示したが、これに限定されない。ドレイン電極４０Ｄ（第１主電極）が接続される基板５０のみを備える、片面放熱構造の半導体装置２０にも適用が可能である。一対の基板５０、６０を備える構成において、基板５０、６０の一方のみに、上記した構造（Ｖカット形状）を適用してもよい。

[0380] 半導体装置２０が半導体素子４０Ｈ、４０Ｌを備える例を示したが、これに限定されない。アームのひとつを構成する半導体素子４０のみを備えてもよい。半導体装置２０は、たとえばひとつの半導体素子４０のみを備えてもよい。

[0381] 本実施形態に記載の構成は、第１実施形態、第２実施形態、第３実施形態、第４実施形態、第５実施形態、第６実施形態、第７実施形態、第８実施形態、および変形例に記載の構成のいずれとも組み合わせが可能である。

[0382] （第１０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り、先行実施形態の記載を援用できる。接続信頼性を高めるために、本実施形態に記載のように、接合材である焼結部材を所定の配置にしてもよい。

[0383] ＜半導体装置＞

まず、図８９に基づき、本実施形態に係る半導体装置２０について説明する。図８９は、図５に対応する断面図である。図８９では、便宜上、外部接続端子９０の図示を省略している。

[0384] 本実施形態の半導体装置２０は、先行実施形態に記載の構成（図２～図１３参照）と同様の構成を有している。図８９に示すように、半導体装置２０は、半導体素子４０（４０Ｈ、４０Ｌ）と、半導体素子４０をＺ方向において挟むように配置された配線部材である基板５０、６０と、封止体３０を備えている。第１配線部材である基板５０の表面金属体５２は、半導体素子４０の第１主電極であるドレイン電極４０Ｄに接続されている。第２配線部材である基板６０の表面金属体６２は、第２配線部材である導電スペーサ７０

を介して、半導体素子４０の第２主電極であるソース電極４０Ｓに接続されている。封止体３０は、半導体素子４０、基板５０、６０、および導電スペーサ７０を封止している。ソース電極４０Ｓと導電スペーサ７０とは、接合材１０１である焼結部材１０１Ａにより接合されている。

[0385] ＜半導体素子＞

次に、図９０および図９１に基づき、半導体素子４０について説明する。図９０は、半導体素子４０（４０Ｈ）を示す平面図である。図９１は、図８９の領域XCIを拡大した図である。図９１は、図９０のXCI-XCI線に対応する断面図である。図９１では、半導体素子４０Ｈを例示しているが、半導体素子４０Ｌも同様の構成を有しているため、以下では半導体素子４０として説明する。

[0386] 半導体素子４０は、上記したように、スイッチング素子が形成された半導体基板４１を有している。半導体基板４１は、平面略矩形状をなしている。ドレイン電極は半導体基板４１の一面に設けられ、ソース電極４０Ｓおよびパッド４０Ｐは半導体基板４１の裏面に設けられている。ソース電極４０Ｓは、多層構造をなしている。ソース電極４０Ｓは、下地電極４２と、接続電極４３を有している。パッド４０Ｐも、ソース電極４０Ｓと同様の構成を有している。

[0387] 半導体素子４０は、さらに保護膜４４を有している。保護膜４４は、ソース電極４０Ｓの周縁部を覆うように、半導体基板４１の裏面上に設けられた絶縁膜である。絶縁膜の材料として、たとえばポリイミド、シリコン窒化膜などを採用することができる。保護膜４４は、ソース電極４０Ｓにおける接続領域を規定する開口部４４０を有している。開口部４４０は、ソース電極４０Ｓを接合可能に露出させる。保護膜４４は、パッド４０Ｐにおける接続領域を規定する開口部４４１を有している。開口部４４０、４４１は、いずれも保護膜４４をＺ方向に貫通する貫通孔である。ソース電極４０Ｓ（接続電極４３）のうち、保護膜４４の開口部４４０から露出する部分が、焼結部材１０１Ａとの間に接合部を形成する。

[0388] 本実施形態の保護膜４４は、ポリイミドを材料としている。保護膜４４は、下地電極４２の後述する周縁部４２０を覆っている。保護膜４４は、たとえば半導体基板４１の外周端から所定範囲のスクライブ領域には設けられていない。開口部４４０の開口形状、すなわち開口部４４０を規定する保護膜４４の内周面４４２は、平面略矩形状をなしている。内周面４４２は、内周端、開口端と称されることがある。

[0389] 下地電極４２は、多層構造のソース電極４０Ｓにおいて、半導体基板４１に隣接して形成された金属層である。下地電極４２は、下部電極、下層電極、配線電極、下地層、第１金属層などと称されることがある。下地電極４２は、半導体基板４１の裏面に接続している。下地電極４２は、たとえばＡｌ（アルミニウム）を主成分とする材料を用いて形成されている。本実施形態では、ＡｌＳｉ、ＡｌＳｉＣｕなどのＡｌＳｉ系の合金を材料とする。

[0390] 下地電極４２は、平面視において、半導体基板４１の図示しない素子領域（アクティブ領域）を内包しつつ、そし素子領域を取り囲む外周領域上まで延設されている。下地電極４２の周縁部４２０は、平面略矩形環状をなしている。周縁部４２０は、保護膜４４によって覆われている。

[0391] 接続電極４３は、下地電極４２上に積層配置されている。接続電極４３は、上地電極、上部電極、上層電極、上地層、第２金属層とも称される。接続電極４３は、焼結部材１０１Ａとの接合のために、Ａｕ（金）、Ａｇ（銀）、Ｐｔ（プラチナ）、Ｐｄ（パラジウム）などの貴金属を少なくとも含む。接続電極４３は、貴金属とともに、卑金属を含んでもよい。

[0392] 本実施形態の接続電極４３は、Ｎｉ（ニッケル）を含む。Ｎｉは、下地電極４２を構成するＡｌ合金よりも硬い。接続電極４３は、Ｎｉと貴金属、たとえばＡｕまたはＡｇを含む。接続電極４３は、たとえばめっき法によって多層に形成される。接続電極４３の貴金属の少なくとも一部は、接合時において焼結部材１０１Ａに拡散する。

[0393] 接続電極４３は、保護膜４４の開口部４４０において、下地電極４２に積層配置されている。接続電極４３の外周端は、全周で保護膜４４の内周面４

４２に接触している。

[0394] ＜接合構造＞

次に、図９０～図９２に基づいて、半導体素子４０の接合構造について説明する。図９０では、焼結部材１０１Ａの外周端を破線で示し、導電スペーサ７０の外周端を二点鎖線で示している。図９２は、焼結部材１０１Ａの配置を示す断面図である。図９２は、図９１に対応している。以下において、「内側」、「外側」とは、半導体素子４０の中心を基準位置とする相対的な位置関係を示す。中心に近い側が内側、遠い側が外側である。

[0395] 本実施形態では、基板６０と導電スペーサ７０が、ソース電極４０Ｓに電気的に接続される配線部材（第２配線部材）である。図９０および図９１に示すように、焼結部材１０１Ａは、半導体素子４０のソース電極４０Ｓと導電スペーサ７０との間に介在している。焼結部材１０１Ａは、ソース電極４０Ｓと導電スペーサ７０を接合している。

[0396] 焼結部材１０１Ａは、ＡｇまたはＣｕを材料とする。焼結部材１０１Ａは、Ａｇ粒子またはＣｕ粒子による焼結体である。焼結部材１０１Ａは、はんだに較べて低温での接合が可能である。図９２に示すように、焼結部材１０１Ａは、保護膜４４の内周面４４２との間に所定の距離Ｌ３０を有して配置されている。図９０～図９２に示すように、焼結部材１０１Ａは、内周面４４２よりも内側に配置されている。焼結部材１０１Ａは、たとえば平面略矩形状をなしている。焼結部材１０１Ａの外周端は、全周で保護膜４４に非接触である。つまり、保護膜４４の内周面４４２は、平面視において焼結部材１０１Ａを内包している。

[0397] 導電スペーサ７０は、焼結部材１０１Ａとの接合面に、図示しない金属膜を有している。金属膜は、接続電極４３同様、貴金属を少なくとも含む。本実施形態では、金属膜がＮｉと貴金属、たとえばＡｕまたはＡｇを含むめっき膜である。

[0398] 図９０～図９２に示すように、導電スペーサ７０は、内周面４４２よりも内側に配置されている。導電スペーサ７０は、たとえば平面略矩形状をなし

ている。導電スペーサ７０の外周端は、平面視において焼結部材１０１Ａの外周端よりも外側、もしくは、ほぼ一致するように配置されている。つまり、導電スペーサ７０は、平面視において焼結部材１０１Ａを内包、もしくは、焼結部材１０１Ａとほぼ一致するように配置されている。本実施形態では、導電スペーサ７０が焼結部材１０１Ａを内包している。

[0399] ＜接合方法＞

次に、図９３に基づき、上記した接合構造の形成方法、つまり接合方法について説明する。図９３は、接合方法を示す断面図である。図９３は、図９１に対応している。

[0400] 本実施形態では、焼結部材１０１Ａを形成するために、焼結シート１０５を用いる。焼結シート１０５は、焼結フィルムと称されることがある。焼結シート１０５は、ＡｇまたはＣｕを含んでいる。図９３に示すように、焼結シート１０５を、半導体素子４０のソース電極４０Ｓ（接続電極４３）上に配置する。焼結シート１０５は、平面視において保護膜４４に接触しない所定のサイズを有している。

[0401] 次いで、焼結シート１０５上に導電スペーサ７０を配置する。そして、加熱しながら、図示しない加圧装置で導電スペーサ７０側から加圧する。これにより、焼結シート１０５は接続電極４３と導電スペーサ７０との対向面間で押し拡げられて厚みが薄くなるとともに、焼結して焼結部材１０１Ａとなる。焼結部材１０１Ａが保護膜４４の内周面４４２、導電スペーサ７０に対して、上記した所定の位置関係となるように、焼結シート１０５のサイズが決定される。

[0402] ＜シミュレーション結果＞

図９４は、熱応力シミュレーションの結果を示している。このシミュレーションでは、室温と１５０℃を交互に繰り返すパワーサイクル試験において、下地電極４２に発生する歪振幅を測定した。図９４は、上記した距離Ｌ３０と歪振幅との関係を示している。図９４において、距離Ｌ３０が０（ゼロ）は、平面視において保護膜４４の内周面４４２に一致する位置である。距

離Ｌ３０がマイナスの数値は内周面４４２から内側への距離を示し、プラスの数値は外側への数値を示している。

[0403] 図９４に示すように、距離Ｌ３０が５μｍ以上において、下地電極４２に発生する歪振幅がほぼ０（ゼロ）となることが明らかとなった。本実施形態では、この知見に基づき、所定距離Ｌ３０を５μｍとしている。

[0404] ＜第１０実施形態のまとめ＞

図９５は、接合材１０１として、はんだ１０１Ｂを用いた接続構造を示している。図９５は、図９３に対応している。はんだ１０１Ｂの場合、はんだ１０１Ｂをリフローして接合を行う。接合時において、溶融したはんだ１０１Ｂは接続電極４３の表面上を濡れ拡がる。このため、図９５に一点鎖線で示すように、封止体３０、ソース電極４０Ｓ（接続電極４３）、はんだ１０１Ｂ（接合材１０１）の三重点が形成される。三重点には、線膨張係数の差に基づく熱応力が集中する。熱応力は、下地電極４２において、接続電極４３の外周端の直下部分に集中する。よって、下地電極４２にクラックに生じたり、ひいては半導体基板４１にダメージが生じる虞がある。

[0405] 本実施形態では、はんだ１０１Ｂに代えて、焼結部材１０１Ａを採用している。焼結部材１０１Ａは、融点よりも低い温度の加熱により形成される。焼結部材１０１Ａは、接合時においてはんだ１０１Ｂのように溶融状態にならない。焼結部材１０１Ａは、はんだ１０１Ｂに較べると接続電極４３や導電スペーサ７０に対する濡れ性が低い。このため、焼結部材１０１Ａは、接合時において接続電極４３の表面や導電スペーサ７０の表面を、はんだ１０１Ｂのように濡れ拡がらない。

[0406] 焼結部材１０１Ａは、所定の位置に保持しやすいため、保護膜４４の内周面４４２との間に所定の距離Ｌ３０を有して配置することができる。これにより、封止体３０、ソース電極４０Ｓ（接続電極４３）、焼結部材１０１Ａ（接合材１０１）の三重点が形成されない。したがって、熱応力の集中を抑制し、接続信頼性の高い半導体装置２０を提供することができる。また、焼結部材１０１Ａは、はんだ１０１Ｂより熱伝導率が高い。これにより、放熱

性を高めることもできる。

[0407] 距離Ｌ３０は特に限定されない。焼結部材１０１Ａは、少なくとも内周面４４２に対して離れていればよい。本実施形態では、焼結部材１０１Ａと保護膜４４の内周面４４２との距離Ｌ３０を５μｍ以上としている。これによれば、熱応力による下地電極４２の歪振幅を効果的に低減することができる。つまり、接続信頼性をさらに高めることができる。

[0408] 平面視において、導電スペーサ７０と焼結部材１０１Ａとの位置関係は特に限定されない。たとえば平面視において焼結部材１０１Ａが導電スペーサ７０からはみ出してもよい。上記したように、焼結部材１０１Ａは、加熱・加圧によりＡｇ粒子またはＣｕ粒子が焼結して形成される。導電スペーサ７０からはみ出した部分は加圧されないため、焼結せずに残り、導電性の異物として落下する虞がある。つまり、短絡等が生じる虞がある。

[0409] 本実施形態では、平面視において、保護膜４４の内周面４４２が導電スペーサ７０を内包し、導電スペーサ７０が焼結部材１０１Ａと一致もしくは焼結部材１０１Ａを内包する。これにより、導電スペーサ７０を介して焼結前の焼結部材１０１Ａ（焼結シート１０５）の全域に圧をかけることができる。したがって、焼結部材１０１Ａと保護膜４４との接触を避けつつ、焼結残りが生じるのを抑制することができる。

[0410] ＜変形例＞

焼結部材１０１Ａを形成するために焼結シート１０５を用いる例を示したが、これに限定されない。たとえば溶剤中にＡｇ粒子やＣｕ粒子を分散させた焼結ペーストを用いてもよい。焼結シート１０５のほうが、焼結ペーストよりも所定位置に保持しやすい。

[0411] ソース電極４０Ｓが接続される第２配線部材が、配線板である基板６０と、導電スペーサ７０を備える例を示したが、これに限定されない。導電スペーサ７０に代えて、表面金属体６２に凸部を設けてもよい。つまり、第２配線部材が、導電スペーサ７０を備えず、基板６０のみを備える構成としてもよい。この場合、焼結部材１０１Ａは、表面金属体６２の凸部の先端面とソ

ース電極４０Ｓ（接続電極４３）との間に介在する。

[0412] 第１配線部材として基板５０の例を示したがこれに限定されない。基板５０に代えて、金属板（リードフレーム）を採用してもよい。第２配線部材として基板６０の例を示したがこれに限定されない。基板６０に代えて、金属板（リードフレーム）を採用してもよい。第２配線部材は、金属板と導電スペーサ７０を有してもよいし、導電スペーサ７０に代えて、金属板に凸部を設けてもよい。

[0413] 半導体装置２０が半導体素子４０Ｈ、４０Ｌを備える例を示したが、これに限定されない。アームのひとつを構成する半導体素子４０のみを備えてもよい。半導体装置２０は、たとえばひとつの半導体素子４０のみを備えてもよい。

[0414] 本実施形態に記載の構成は、第１実施形態、第２実施形態、第３実施形態、第４実施形態、第５実施形態、第６実施形態、第７実施形態、第８実施形態、第９実施形態、および変形例に記載の構成のいずれとも組み合わせが可能である。

[0415] （第１１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り、先行実施形態の記載を援用できる。放熱性を高めるために、本実施形態に記載のように、主電極と配線部材との接合部に焼結部材を用いてもよい。

[0416] ＜半導体装置＞

まず、図９６に基づき、本実施形態に係る半導体装置２０について説明する。図９６は、図５に対応する断面図である。図９６では、便宜上、外部接続端子９０の図示を省略している。

[0417] 本実施形態の半導体装置２０は、先行実施形態に記載の構成（図２～図１３参照）と同様の構成を有している。図９６に示すように、半導体装置２０は、半導体素子４０（４０Ｈ、４０Ｌ）と、半導体素子４０をＺ方向において挟むように配置された配線部材である基板５０、６０と、封止体３０を備えている。基板５０の表面金属体５２は、半導体素子４０の第１主電極であ

るドレイン電極４０Ｄに接続されている。基板６０の表面金属体６２は、導電スペーサ７０を介して、半導体素子４０の第２主電極であるソース電極４０Ｓに接続されている。封止体３０は、半導体素子４０、基板５０、６０、および導電スペーサ７０を封止している。ドレイン電極４０Ｄと基板５０の表面金属体５２とは、接合材１００である焼結部材１００Ａにより接合されている。

[0418] ＜焼結部材および凹凸酸化膜の配置＞

次に、図９７～図９９に基づき、半導体素子４０に対する焼結部材１００Ａおよび凹凸酸化膜５２０の配置について説明する。図９７は、図９６の領域XCVIIを拡大した図である。図９８は、半導体素子４０、焼結部材１００Ａ、および凹凸酸化膜５２０の位置関係を示す平面図である。図９９は、図９７の領域XCVIXを拡大した図である。

[0419] 図９７および図９８に示すように、表面金属体５２の上面５２ａは、実装部５２９ａと、外周部５２９ｂと、中間部５２９ｃを有している。凹凸酸化膜５２０は、実装部５２９ａには設けられず、外周部５２９ｂおよび中間部５２９ｃに設けられている。

[0420] 実装部５２９ａは、Ｚ方向の平面視において半導体素子４０（ドレイン電極４０Ｄ）と重なる部分を含み、焼結部材１００Ａを介してドレイン電極４０Ｄが接合される部分である。外周部５２９ｂは、平面視において半導体素子４０の外周端４０２よりも外側の部分を含み、半導体素子４０を取り囲む部分である。中間部５２９ｃは、実装部５２９ａと外周部５２９ｂの間の部分であり、実装部５２９ａを取り囲んでいる。本実施形態では、実装部５２９ａは、平面視において半導体素子４０（ドレイン電極４０Ｄ）とほぼ一致している。中間部５２９ｃは平面略矩形環状をなしており、中間部５２９ｃの内周端は半導体素子４０の外周端４０２とほぼ一致している。中間部５２９ｃは、その全域が平面視において半導体素子４０の外側に位置している。

[0421] 図９７～図９９に示すように、基板５０の表面金属体５２は、先行実施形態に記載した構成（図６７および図７４参照）と同様に、凹凸酸化膜５２０

を有している。図９９に示すように、表面金属体５２は、母材５２１と、母材５２１の表面上に設けられた金属膜５２２および凹凸酸化膜５２０を有している。

[0422] 本実施形態の金属膜５２２は、Ｎｉを主成分とする下地膜と、焼結部材１００Ａとの接合が可能な貴金属、たとえばＡｕやＡｇを主成分とする上地膜を有している。具体的には、下地膜として、Ｐを含むＮｉめっき膜とＡｕめっき膜を採用している。金属膜５２２の上面５２ａのうち、外周部５２９ｂには、複数の凹部５２３が形成されている。実装部５２９ａ及び中間部５２９ｃには、凹部５２３が形成されていない。凹部５２３が形成されていない部分において、金属膜５２２の膜厚は、たとえば１０μｍ程度である。つまり、レーザ光の照射前の膜厚が、１０μｍ程度である。凹部５２３は、パルス発振のレーザ光の照射により形成されている。１パルスごとに１つの凹部５２３が形成されている。外周部５２９ｂにおいて、金属膜５２２の表面は、複数の凹部５２３により鱗状をなしている。外周部５２９ｂはレーザ光の照射エリアであり、実装部５２９ａ及び中間部５２９ｃは非照射エリアである。

[0423] 凹凸酸化膜５２０は、金属膜５２２上に形成されている。凹凸酸化膜５２０は、実装部５２９ａには形成されず、実装部５２９ａの周囲の部分である外周部５２９ｂおよび中間部５２９ｃに形成されている。先行実施形態に記載したように、凹凸酸化膜５２０は、金属膜５２２にレーザ光を照射することで形成されている。凹凸酸化膜５２０は、レーザ光の照射により形成されたレーザ照射膜である。凹凸酸化膜５２０の主成分は、金属膜５２２の主成分金属の酸化物である。

[0424] 外周部５２９ｂ、つまりレーザ光の照射エリアにおいて、凹凸酸化膜５２０の平均膜厚は１０ｎｍ～数百ｎｍとされている。凹凸酸化膜５２０は、凹部５２３を有する金属膜５２２の表面の凹凸に倣って形成されている。また、凹凸酸化膜５２０の表面には、凹部５２３の幅よりも細かいピッチで凹凸が形成されている。すなわち、非常に微細な凹凸（粗化部）が形成されてい

る。換言すれば、複数の凸部５２０ａ（柱状体）が、細かいピッチで形成されている。たとえば凸部５２０ａの平均幅は１ｎｍ～３００ｎｍ、凸部５２０ａ間の平均間隔は１ｎｍ～３００ｎｍである。また、凸部５２０ａの平均高さは、１０ｎｍ～数百ｎｍである。

[0425] 凹凸酸化膜５２０は、金属膜５２２にレーザ光を照射し、金属膜５２２の表層の溶融および蒸着により形成されるため、レーザ光の照射エリアである外周部５２９ｂだけでなく、外周部５２９ｂの周辺（近傍）にも形成される。本実施形態では、レーザ光の非照射エリアのうち、中間部５２９ｃの全域に凹凸酸化膜５２０が形成されており、実装部５２９ａには凹凸酸化膜５２０が形成されていない。全域に凹凸酸化膜５２０を有する中間部５２９ｃの幅は、たとえば０．２ｍｍ～０．３ｍｍである。

[0426] 中間部５２９ｃにおける凹凸酸化膜５２０の平均膜厚は、直接的にレーザ光が照射されるわけではないため、外周部５２９ｂにおける凹凸酸化膜５２０の平均膜厚よりも薄く、且つ、自然酸化膜よりも厚くされている。具体的には、０．１ｎｍ～１０ｎｍである。また、凹凸酸化膜５２０の表面の凸部５２０ａの高さも、外周部５２９ｂより低くされている。具体的には、０．１ｎｍ～１０ｎｍである。なお、凸部５２０ａの平均幅および平均間隔は、外周部５２９ｂと同程度である。

[0427] このように、凹凸酸化膜５２０は、厚膜部５２０Ｘと、薄膜部５２０Ｙを有している。厚膜部５２０Ｘは、凹凸酸化膜５２０のうち、レーザ光の照射エリア、つまり外周部５２９ｂに設けられた部分である。薄膜部５２０Ｙは、凹凸酸化膜５２０のうち、レーザ光の非照射エリア、つまり中間部５２９ｃに設けられた部分である。薄膜部５２０Ｙは、厚膜部５２０Ｘよりも凹凸酸化膜５２０の膜厚が薄く、凸部５２０ａの高さが低い。厚膜部５２０Ｘは、外周部５２９ｂに設けられている。薄膜部５２０Ｙは、中間部５２９ｃに設けられている。

[0428] 厚膜部５２０Ｘは、薄膜部５２０Ｙよりも凸部５２０ａの高さが高いため、封止体３０が絡みつき、アンカー効果が生じる。また、封止体３０との接

触面積が増える。これにより、封止体３０は、外周部５２９ｂに密着している。厚膜部５２０Ｘは、粗化部、密着部と称されることがある。

[0429] 焼結部材１００Ａは、先行実施形態に記載の焼結部材１０１Ａと同様に、ＡｇまたはＣｕを材料とする。焼結部材１００Ａは、Ａｇ粒子またはＣｕ粒子による焼結体である。焼結部材１００Ａは、はんだに較べて低温での接合が可能である。焼結部材１００Ａは、焼結シートまたは焼結ペーストを加熱・加圧することで形成される。焼結部材１００Ａは、平面視において半導体素子４０の外周端４０２よりも外側にはみ出している。焼結部材１００Ａは、平面視において実装部５２９ａおよび中間部５２９ｃと重なるように配置されている。本実施形態において、焼結部材１００Ａの外周端は、中間部５２９ｃの外周端とほぼ一致している。焼結部材１００Ａは、平面視において実装部５２９ａの全域および中間部５２９ｃの全域と重なっている。

[0430] ＜第１１実施形態のまとめ＞

上記したように、中間部５２９ｃは、凹凸酸化膜５２０の薄膜部５２０Ｙを有している。薄膜部５２０Ｙを有することで、はんだに対する中間部５２９ｃの濡れ性は、実装部５２９ａよりも低い。これにより、はんだは、実装部５２９ａから中間部５２９ｃ側に濡れ拡がり難い。

[0431] 本実施形態では、はんだに代えて、焼結部材１００Ａを用いる。焼結部材１００Ａは、融点よりも低い温度の加熱により形成される。焼結部材１００Ａは、接合時においてはんだのように溶融状態にならない。焼結部材１００Ａは、接合時において表面金属体５２の表面を、はんだのように濡れ拡がらない。

[0432] 焼結部材１００Ａは、加圧焼結時にドレイン電極４０Ｄと表面金属体５２との対向面間において押し拡げられる。押し拡げられることで、焼結部材１００Ａは、実装部５２９ａだけでなく中間部５２９ｃ上にも配置される。焼結部材１００Ａは、濡れ拡がるのではなく、加圧によって押し拡げられて薄膜部５２０Ｙに接触する。これにより、焼結部材１００Ａと実装部５２９ａとの接合部だけでなく、焼結部材１００Ａと中間部５２９ｃとの接触部分も

放熱経路として機能する。この結果、放熱性の高い半導体装置２０を提供することができる。また、焼結部材１００Ａは、はんだより熱伝導率が高い。これにより、放熱性を高めることもできる。

[0433] また、薄膜部５２０Ｙの凸部５２０ａの高さは、厚膜部５２０Ｘよりも低い。つまり、封止体３０に対する中間部５２９ｃの密着力は、外周部５２９ｂよりも低い。これにより、封止体３０は、中間部５２９ｃに密着し難い。本実施形態では、焼結部材１００Ａが中間部５２９ｃに接触している。焼結部材１００Ａは、上面５２ａにおいて密着力の低い部分を覆っている。したがって、半導体素子４０の周辺（近傍）で封止体３０が上面５２ａから剥離するのを抑制することができる。これにより、熱応力が焼結部材１００Ａの接合部やドレイン電極４０Ｄに集中するのを抑制し、ひいては接続信頼性を高めることができる。

[0434] 本実施形態では、中間部５２９ｃの全体が、半導体素子４０よりも外側に位置している。これによれば、焼結部材１００Ａと実装部５２９ａとの接合部を大きくすることができる。また、半導体素子４０の外側に位置する焼結部材１００Ａと中間部５２９ｃとの接触部分も放熱経路として機能する。したがって、放熱性をより高めることができる。

[0435] ＜変形例＞

焼結部材１００Ａが、中間部５２９ｃの全域と重なる例を示したが、これに限定されない。焼結部材１００Ａは、中間部５２９ｃの少なくとも一部と重なればよい。つまり、焼結部材１００Ａは、凹凸酸化膜５２０の薄膜部５２０Ｙの少なくとも一部に接触すればよい。これにより、放熱経路を拡大し、放熱性を高めることができる。

[0436] 中間部５２９ｃの配置は上記した例に限定されない。中間部５２９ｃは、幅方向の一部のみが半導体素子４０よりも外側に位置してもよい。中間部５２９ｃの幅方向の少なくとも一部を半導体素子４０よりも外側に設けると、接合部を拡大するとともに、放熱経路を拡大することができる。よって、放熱性を高めることができる。

[0437] また、中間部５２９ｃは、幅方向の少なくとも一部が半導体素子４０の外周端４０２よりも内側に位置してもよい。これによれば、焼結部材１００Ａが薄膜部５２０Ｙ（中間部５２９ｃ）に接触することで放熱性を高めつつ、外周部５２９ｂの位置を半導体素子４０に近づけることができる。つまり、半導体素子４０の周辺において封止体３０の剥離が生じるのを抑制することができる。

[0438] 図１００および図１０１に示す例では、中間部５２９ｃが、平面視において半導体素子４０の外周端４０２を跨いでいる。つまり、中間部５２９ｃの幅方向の一部は外周端４０２よりも外側に位置し、他の一部は外周端４０２よりも内側に位置している。焼結部材１００Ａは、平面視において実装部５２９ａの全域および中間部５２９ｃの全域と重なっている。これによれば、上記したように、放熱性を高めつつ、半導体素子４０の周辺において封止体３０の剥離が生じるのを抑制することができる。図１００および図１０１は、変形例を示す図である。図１００は図９７に対応し、図１０１は図９８に対応している。

[0439] 図１０２および図１０３に示す例では、中間部５２９ｃの外周端が、平面視において半導体素子４０の外周端４０２とほぼ一致している。焼結部材１００Ａの外周端も、平面視において半導体素子４０の外周端４０２とほぼ一致している。これによれば、平面視において半導体素子４０に隣接して外周部５２９ｂ（厚膜部５２０Ｘ）が位置する。よって、中間部５２９ｃへの焼結部材１００Ａの接触により放熱性を高めつつ、半導体素子４０の周辺において封止体３０の剥離が生じるのを、より効果的に抑制することができる。図１０２および図１０３は、変形例を示す図である。図１０２は図９７に対応し、図１０３は図９８に対応している。

[0440] 図１０４に示す例では、外周部５２９ｂの一部が、平面視において半導体素子４０と重なっている。中間部５２９ｃは、半導体素子４０の外周端４０２よりも内側に位置している。図１０４は、変形例を示す図である。図１０４は、図９８に対応している。この場合、焼結部材１００Ａは、薄膜部５２

０Ｙのみに接触してもよい。焼結部材１００Ａは、薄膜部５２０Ｙと、厚膜部５２０Ｘにおける半導体素子４０の直下部分とに、接触してもよい。

[0441] 凹凸酸化膜５２０を、ドレイン電極４０Ｄが接続される表面金属体５２のみに設ける例を示したが、これに限定されない。表面金属体５２に加えて、ソース電極４０Ｓが接続される導電スペーサ７０の側面、および／または、基板６０の表面金属体６２に設けてもよい。上記したように、凹凸酸化膜５２０の厚膜部５２０Ｘは、封止体３０との密着力を高める機能と、接合材であるはんだの濡れ拡がりを抑制する機能を提供する。凹凸酸化膜５２０は、はんだの溢れを抑制したい場所や、封止体３０との密着力を高めたい場所に設けるとよい。

[0442] 配線部材として基板５０の例を示したがこれに限定されない。基板５０に代えて、金属板（リードフレーム）を採用してもよい。また、基板６０に代えて、金属板（リードフレーム）を採用してもよい。導電スペーサ７０に代えて、ソース電極４０Ｓ側の金属板に凸部を設けてもよい。

[0443] 半導体装置２０が半導体素子４０Ｈ、４０Ｌを備える例を示したが、これに限定されない。アームのひとつを構成する半導体素子４０のみを備えてもよい。半導体装置２０は、たとえばひとつの半導体素子４０のみを備えてもよい。

[0444] 本実施形態に記載の構成は、第１実施形態、第２実施形態、第３実施形態、第４実施形態、第５実施形態、第６実施形態、第７実施形態、第８実施形態、第９実施形態、第１０実施形態、および変形例に記載の構成のいずれとも組み合わせが可能である。

[0445] （第１２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り、先行実施形態の記載を援用できる。主電極に生じるクラックを抑制するために、本実施形態に記載のように、接合材である焼結部材を多層構造にしてもよい。

[0446] ＜半導体装置＞

まず、図１０５に基づき、本実施形態に係る半導体装置２０について説明する。図１０５は、図７（の一部分）に対応する断面図である。図１０５では、便宜上、外部接続端子９０およびボンディングワイヤ１１０の図示を省略している。

[0447] 本実施形態の半導体装置２０は、先行実施形態に記載の構成（図２～図１３参照）と同様の構成を有している。図１０５に示すように、半導体装置２０は、半導体素子４０（４０Ｈ）と、半導体素子４０をＺ方向において挟むように配置された配線部材である基板５０、６０と、封止体３０を備えている。半導体素子４０は、半導体基板４１の一面に第１主電極であるドレイン電極４０Ｄを有し、裏面に第２主電極であるソース電極４０Ｓを有している。ドレイン電極４０Ｄは高電位側の主電極であり、ソース電極４０Ｓは低電位側の主電極である。ソース電極４０Ｓは、パッド４０Ｐと同じ面に設けられている。

[0448] 第１配線部材である基板５０の表面金属体５２は、ドレイン電極４０Ｄに接続されている。第２配線部材である基板６０および導電スペーサ７０は、ソース電極４０Ｓに接続されている。封止体３０は、半導体素子４０、基板５０、６０、および導電スペーサ７０を封止している。図示しないが、半導体装置２０は、半導体素子４０Ｌを備えている。

[0449] ドレイン電極４０Ｄと基板５０の表面金属体５２とは、先行実施形態に記載の構成（図９７参照）と同様に、接合材１００である焼結部材１００Ａにより接合されている。ソース電極４０Ｓと導電スペーサ７０とは、接合材１０１である多層接合材１０１Ｃにより接合されている。

[0450] ＜多層接合材およびその周辺構造＞

次に、図１０６および図１０７に基づき、多層接合材１０１Ｃおよびその周辺構造について説明する。図１０６は、図１０５の領域CVIを拡大した図である。図１０６では、便宜上、パッドの図示を省略している。図１０７は、下地電極４２、焼結層１０６、脆弱層１０７のヤング率、降伏応力の関係を示す図である。図１０７に示す歪－応力線図において、実線は脆弱層１０７

、破線は焼結層１０６、一点鎖線は下地電極４２を示している。

[0451] 先行実施形態に記載の構成（図９１参照）と同様に、ソース電極４０Ｓは、半導体基板４１上に形成された下地電極４２と、下地電極４２上に形成された接続電極４３を有している。下地電極４２は、ＡｌＳｉ、ＡｌＳｉＣｕなどのＡｌＳｉ系の合金を材料とする。接続電極４３は、多層接合材１０１Ｃとの接合のために、貴金属を少なくとも含む。接続電極４３は、たとえばＡｕまたはＡｇとＮｉを含むめっき膜である。

[0452] 導電スペーサ７０は、Ｃｕなどの金属を含み、導電スペーサ７０の主たる部分をなす母材７１と、母材７１の表面に形成された金属膜７２を有している。金属膜７２は、多層接合材１０１Ｃとの接合のために、貴金属を少なくとも含む。金属膜７２は、たとえばＡｕまたはＡｇとＮｉを含むめっき膜である。金属膜７２は、たとえば半導体素子４０との対向面を含む接合面に設けられている。

[0453] 多層接合材１０１Ｃは、焼結層１０６と、脆弱層１０７を有している。焼結層１０６は、先行実施形態に記載した焼結部材１０１Ａと同様の構成を有している。焼結層１０６は、Ａｇ粒子またはＣｕ粒子の加圧焼結体である。脆弱層１０７は、熱応力が作用したときにソース電極４０Ｓ、特に下地電極４２よりも先にクラックが生じるように、意図的に強度が低くされている。

[0454] 図１０７に示すように、焼結層１０６のヤング率ＹＭ２は、下地電極４２のヤング率ＹＭ１より若干小さい。しかしながら、焼結層１０６の降伏応力ＹＳ２は、下地電極４２の降伏応力ＹＳ１よりも十分に大きい。焼結層１０６の降伏歪は、下地電極４２の降伏歪よりも大きい。一方、脆弱層１０７のヤング率ＹＭ３は、下地電極４２のヤング率ＹＭ１よりも小さい。さらに脆弱層１０７の降伏応力ＹＳ３は、下地電極４２の降伏応力ＹＳ１よりも小さい。脆弱層１０７のヤング率ＹＭ３は、焼結層１０６のヤング率ＹＭ２よりも小さい。脆弱層１０７の降伏応力ＹＳ３は、焼結層１０６の降伏応力ＹＳ２よりも小さい。

[0455] 本実施形態の脆弱層１０７は、焼結層１０６と同じ種類の粒子（たとえば

Ａｇ粒子）による焼結体である。脆弱層１０７は、焼結層１０６よりも低い加圧力で焼結された低圧焼結体である。脆弱層１０７は、たとえば加圧せずに焼結された無加圧焼結体である。低い加圧力での焼結により、脆弱層１０７は、焼結層１０６よりも粒子の間の空隙が大きい。脆弱層１０７は、焼結層１０６に較べて疎である。

[0456] 脆弱層１０７は、Ａｇ粒子またはＣｕ粒子による焼結体である。脆弱層１０７の熱伝導率は、２００Ｗ／ｍ・Ｋ以上である。脆弱層１０７よりも密である焼結層１０６の熱伝導率は、脆弱層１０７よりも大きい。

[0457] 図１０６に示すように、多層接合材１０１Ｃは、半導体素子４０の板厚方向であるＺ方向において、両端に焼結層１０６を有し、焼結層１０６の間に脆弱層１０７を有する三層構造をなしている。焼結層１０６上に脆弱層１０７が積層され、脆弱層１０７上に焼結層１０６が積層されている。焼結層１０６のひとつはソース電極４０Ｓの接続電極４３に接合し、焼結層１０６の他のひとつは導電スペーサ７０の金属膜７２に接合している。脆弱層１０７は、Ｚ方向において焼結層１０６により挟まれている。脆弱層１０７は上記したように低圧焼結体であるため、脆弱層１０７の厚みは、たとえば焼結層１０６それぞれの厚みよりも厚い。

[0458] ＜第１２実施形態のまとめ＞

先行実施形態に記載したように、ソース電極４０Ｓ、特に下地電極４２には、熱応力が集中しやすい。また、接合材１０１を介した接合構造において、接合材１０１として焼結部材のみを用いると、焼結部材はソース電極４０Ｓよりも降伏応力に到達し難いため、熱応力がソース電極４０Ｓ（下地電極４２）に集中しやすい。

[0459] 本実施形態では、ソース電極４０Ｓと導電スペーサ７０を接合する接合材１０１が、多層接合材１０１Ｃである。多層接合材１０１Ｃは、焼結層１０６と脆弱層１０７を有している。脆弱層１０７は、ヤング率および／または降伏応力がソース電極４０Ｓ（下地電極４２）よりも小さい。これにより、熱応力が脆弱層１０７に集中する。たとえばソース電極４０Ｓにクラックが

生じる前に、脆弱層１０７にクラックが生じる。したがって、素子ダメージを抑制することができる。

[0460] 本実施形態では、図１０７に示したように、ヤング率および降伏応力の両方について、脆弱層１０７がソース電極４０Ｓ（下地電極４２）よりも小さい。これにより、素子ダメージを効果的に抑制することができる。

[0461] また、多層接合材１０１Ｃ（接合材１０１）が焼結体を含む。焼結体の熱伝導率は、はんだに較べて十分に高い。したがって、放熱性を高めることができる。

[0462] 本実施形態では、脆弱層１０７が、焼結層１０６と同じ種類の粒子による焼結体である。脆弱層１０７は、焼結層１０６よりも粒子の間の空隙が大きい。脆弱層１０７は、焼結層１０６よりも低い加圧力で形成された焼結体である。加圧力を変えることで、焼結層１０６と脆弱層１０７を形成することができる。よって、構成を簡素化することができる。

[0463] 本実施形態では、多層接合材１０１Ｃが三層構造をなしている。多層接合材１０１Ｃは、両端に焼結層１０６を有し、焼結層１０６の間に脆弱層１０７を有している。焼結層１０６のひとつがソース電極４０Ｓとの間に接合部を形成し、焼結層１０６の他のひとつが第２配線部材である導電スペーサ７０との間に接合部を形成する。よって、ソース電極４０Ｓ、導電スペーサ７０との接合性を確保しつつ、素子ダメージを抑制することができる。

[0464] ＜変形例＞

脆弱層として、焼結層１０６よりも低い加圧力で焼結された脆弱層１０７の例を示したが、これに限定されない。焼結体である脆弱層１０７に代えて、図１０８に示すように、非焼結体である脆弱層１０８を採用してもよい。脆弱層１０８は、たとえばＡｌを含む。Ａｌを含む脆弱層１０８は、ヤング率および／または降伏応力がソース電極４０Ｓ（下地電極４２）よりも小さい。よって、脆弱層１０７と同様に、素子ダメージを抑制することができる。なお、Ａｌを含む脆弱層１０８の熱伝導率も、２００Ｗ／ｍ・Ｋ以上である。図１０８は、変形例を示す断面図であり、図１０６に対応している。

[0465] 多層接合材１０１Ｃが三層構造の例を示したが、これに限定されない。たとえば四層以上の構造としてもよい。また、図１０９に示すように、二層構造としてもよい。多層接合材１０１Ｃは、導電スペーサ７０側に焼結層１０６を有し、ソース電極４０Ｓ側に脆弱層１０７を有している。このように、脆弱層１０７を、半導体素子４０に対して近い位置に配置している。よって、素子ダメージを抑制する効果を高めることができる。図１０９は、変形例を示す断面図であり、図１０６に対応している。

[0466] 図１１０に示す例では、多層接合材１０１Ｃは、ソース電極４０Ｓ側に焼結層１０６を有し、導電スペーサ７０側に脆弱層１０７を有している。加圧焼結体であり、脆弱層１０７よりも放熱性に優れる焼結層１０６を半導体素子４０に対して近い位置に配置している。よって、放熱性を高めることができる。図１１０は、変形例を示す断面図であり、図１０６に対応している。

[0467] ソース電極４０Ｓが接続される第２配線部材が、配線板である基板６０と、導電スペーサ７０を備える例を示したが、これに限定されない。導電スペーサ７０に代えて、表面金属体６２に凸部を設けてもよい。つまり、第２配線部材が、導電スペーサ７０を備えず、基板６０のみを備える構成としてもよい。この場合、多層接合材１０１Ｃは、表面金属体６２の凸部の先端面とソース電極４０Ｓ（接続電極４３）との間に介在する。

[0468] 第１配線部材として基板５０の例を示したがこれに限定されない。基板５０に代えて、金属板（リードフレーム）を採用してもよい。第２配線部材として基板６０の例を示したがこれに限定されない。基板６０に代えて、金属板（リードフレーム）を採用してもよい。第２配線部材は、金属板と導電スペーサ７０を有してもよいし、導電スペーサ７０に代えて、金属板に凸部を設けてもよい。

[0469] 半導体装置２０が半導体素子４０Ｈ、４０Ｌを備える例を示したが、これに限定されない。アームのひとつを構成する半導体素子４０のみを備えてもよい。半導体装置２０は、たとえばひとつの半導体素子４０のみを備えてもよい。

[0470] 本実施形態に記載の構成は、第１実施形態、第２実施形態、第３実・BR>{形態、第４実施形態、第５実施形態、第６実施形態、第７実施形態、第８実施形態、第９実施形態、第１０実施形態、第１１実施形態、および変形例に記載の構成のいずれとも組み合わせが可能である。

[0471] （第１３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り、先行実施形態の記載を援用できる。本実施形態に記載のように、ひとつの半導体素子４０により各アームを構成してもよい。

[0472] ＜電力変換装置＞

まず、図１１１に基づき、半導体装置２０が適用される電力変換装置４の回路構成について説明する。図１１１は、電力変換装置４の等価回路を示す図である。

[0473] 図１１１に示す電力変換装置４も、車両の駆動システム１に用いられる。電力変換装置４の構成は、先行実施形態に記載の構成（図１参照）とほぼ同じである。異なる点は、各アームが、ひとつのＭＯＳＦＥＴ１１のみを有している。一相分の上下アーム回路９は、２つのＭＯＳＦＥＴ１１により構成される。一相分の上下アーム回路９は、ひとつの半導体装置２０により提供される。

[0474] ＜半導体装置＞

次に、図１１２～図１２１に基づき、半導体装置について説明する。図１１２は、半導体装置２０の斜視図である。図１１３は、半導体装置２０を示す平面図である。図１１３は、内部構造を示す透過図である。図１１４は、基板５０に半導体素子４０が実装された状態を示す平面図である。図１１４では、図１０では、便宜上、リードフレーム９４を示している。図１１５は、基板５０の回路パターンを示す平面図である。図１１５では、基板５０に半導体素子４０および継手部８１を実装した状態を示している。図１１５では、表面金属体５２に接合されるＰ端子９１Ｐ、出力端子９２、およびガイドフレーム９４ｃについても破線で図示している。

[0475] 図１１６は、基板６０の回路パターンを示す平面図である。図１１６では、表面金属体６２に接合される半導体素子４０、継手部８１、およびＮ端子９１Ｎについても破線で図示している。図１１７は、図１１３のCXVII-CXVII線に沿う断面図である。図１１８は、図１１３のCXVIII-CXVIII線に沿う断面図である。図１１９は、図１１３のCXIX-CXIX線に沿う断面図である。図１２０は、図１１３のCXX-CXX線に沿う断面図である。図１２１は、図１２０に一点鎖線で示す領域CXXIを拡大した図である。

[0476] 本実施形態でも、先行実施形態同様、半導体素子４０（半導体基板）の板厚方向をＺ方向とし、半導体素子４０Ｈ、４０Ｌの並び方向をＹ方向とする。Ｚ方向およびＹ方向の両方向に直交する方向をＸ方向とする。特に断わりのない限り、Ｚ方向から平面視した形状、換言すればＸ方向および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。以下において、「内側」、「外側」とは、半導体素子４０の中心を基準位置とする相対的な位置関係を示す。中心に近い側が内側、遠い側が外側である。

[0477] 本実施形態の半導体装置２０は、先行実施形態同様、上下アーム回路９のひとつ、つまり一相分の上下アーム回路９を構成する。半導体装置２０は、先行実施形態に記載の構成（図２～図１３参照）と同様の要素を備えている。図１１２～図１２１に示すように、半導体装置２０は、封止体３０と、半導体素子４０と、基板５０、６０と、導電スペーサ７０と、アーム接続部８０と、外部接続端子９０を備えている。以下では、主に、先行実施形態に記載の構成とは異なる部分について説明する。

[0478] 封止体３０は、先行実施形態同様、半導体装置２０を構成する他の要素の一部を封止している。図１１２および図１１３に示すように、封止体３０は平面略矩形状をなしている。封止体３０は、Ｚ方向において、一面３０ａと裏面３０ｂを有している。一面３０ａと裏面３０ｂをつなぐ側面は、外部接続端子９０が突出する２つの側面３０ｆ、３０ｇを含んでいる。側面３０ｇは、Ｘ方向において側面３０ｆとは反対の面である。

[0479] 半導体素子４０は、半導体基板に、スイッチング素子が形成されてなる。

本実施形態の半導体素子４０は、先行実施形態同様、ＳｉＣを材料とする半導体基板に、ｎチャネル型のＭＯＳＦＥＴ１１が形成されてなる。半導体素子４０は、主電極として、一面にドレイン電極４０Ｄを有し、裏面にソース電極４０Ｓを有している。半導体素子４０は、裏面にパッド４０Ｐを有している。

[0480] 半導体素子４０は、上アーム９Ｈを構成するひとつの半導体素子４０Ｈと、下アーム９Ｌを構成するひとつの半導体素子４０Ｌを含む。半導体素子４０Ｈ、４０Ｌの構成は、互いに共通である。図１１３および図１１４に示すように、半導体素子４０Ｈ、４０Ｌは、Ｙ方向に並んでいる。各半導体素子４０は、Ｚ方向において互いにほぼ同じ位置に配置されている。各半導体素子４０のドレイン電極４０Ｄは、基板５０に対向している。各半導体素子４０のソース電極４０Ｓは、基板６０に対向している。

[0481] 基板５０、６０は、Ｚ方向において、複数の半導体素子４０を挟むように配置されている。基板５０、６０は、Ｚ方向において互いに少なくとも一部が対向するように配置されている。基板５０、６０は、平面視において複数の半導体素子４０（４０Ｈ、４０Ｌ）のすべてを内包している。

[0482] 基板５０は、ドレイン電極４０Ｄ側に配置されている。基板６０は、ソース電極４０Ｓ側に配置されている。基板５０は、ドレイン電極４０Ｄと電気的に接続され、配線機能を提供する。基板６０は、ソース電極４０Ｓに電気的に接続され、配線機能を提供する。基板５０、６０は、半導体素子４０の生じた熱を放熱する放熱機能を提供する。

[0483] 基板５０は、絶縁基材５１と、表面金属体５２と、裏面金属体５３を備えている。基板６０は、絶縁基材６１と、表面金属体６２と、裏面金属体６３を備えている。基板６０は、絶縁基材６１と金属体６２、６３とが積層された基板である。以下では、表面金属体５２、６２、および、裏面金属体５３、６３を、単に金属体５２、５３、６２、６３と示すことがある。

[0484] 絶縁基材５１は、表面金属体５２と裏面金属体５３とを電気的に分離する。同様に、絶縁基材６１は、表面金属体６２と裏面金属体６３とを電気的に

分離する。本実施形態では、樹脂系の絶縁基材５１、６１を採用しており、材料構成は共通である。

[0485] 金属体５２、５３、６２、６３は、たとえば、金属板または金属箔として提供される。表面金属体５２、６２は、パターニングされている。表面金属体５２、６２は、金属表面に、Ｎｉ系やＡｕなどのめっき膜を備えてもよい。以下では、表面金属体５２、６２のパターンを、回路パターンと示すことがある。表面金属体５２は、先行実施形態同様、Ｐ配線５４と、中継配線５５を有している。Ｐ配線５４と中継配線５５は、所定の間隔（ギャップ）により、電気的に分離されている。このギャップには、封止体３０が充填されている。

[0486] Ｐ配線５４は、Ｐ端子９１Ｐおよび半導体素子４０Ｈのドレイン電極４０Ｄに接続されている。Ｐ配線５４は、Ｐ端子９１Ｐと半導体素子４０Ｈのドレイン電極４０Ｄとを電気的に接続している。Ｐ配線５４は、Ｘ方向を長手方向とする平面略矩形状をなしている。中継配線５５は、半導体素子４０Ｌのドレイン電極４０Ｄ、アーム接続部８０、および出力端子９２に接続されている。中継配線５５は、平面略矩形状をなしている。

[0487] Ｐ配線５４と中継配線５５は、Ｙ方向に並んで配置されている。半導体素子４０Ｌは、中継配線５５においてＹ方向の一端側、具体的にはＰ配線５４に遠い側に偏って実装されている。アーム接続部８０を構成する継手部８１は、中継配線５５においてＹ方向の他端側、具体的にはＰ配線５４に近い側に偏って実装されている。Ｐ端子９１Ｐは、Ｐ配線５４においてＸ方向の一端付近に接続されている。出力端子９２は、中継配線５５においてＸ方向の一端付近に接続されている。Ｐ端子９１Ｐおよび出力端子９２は、半導体素子４０に対してＸ方向の同じ側に配置されている。

[0488] 表面金属体６２は、先行実施形態同様、Ｎ配線６４と、中継配線６５を有している。Ｎ配線６４と中継配線６５は、所定の間隔（ギャップ）により、電気的に分離されている。このギャップには、封止体３０が充填されている。Ｎ配線６４は、Ｎ端子９１Ｎおよび半導体素子４０Ｌのソース電極４０Ｓ

に接続されている。中継配線６５は、半導体素子４０Ｈのソース電極４０Ｓおよびアーム接続部８０に接続されている。

[0489] Ｎ配線６４は、基部６４４と、延設部６４５を有している。Ｎ配線６４は、平面略Ｌ字状をなしている。基部６４４は、平面略矩形状をなしている。基部６４４は、平面視において半導体素子４０Ｌを内包している。延設部６４５は、平面略矩形状をなす基部６４４のひとつの辺に連なっている。延設部６４５は、基部６４４における中継配線６５との対向辺からＹ方向において基部６５４側に延びている。

[0490] 中継配線６５は、基部６５４と、延設部６５５を有している。中継配線６５は、平面略Ｌ字状をなしている。基部６５４は、平面略矩形状をなしている。基部６５４は、平面視において半導体素子４０Ｈを内包している。延設部６５５は、平面略矩形状をなす基部６５４のひとつの辺に連なっている。延設部６５５は、基部６５４におけるＮ配線６４との対向辺から、Ｙ方向において基部６４４側に延びている。延設部６５５の少なくとも一部は、平面視において中継配線５５と重なっている。

[0491] Ｎ配線６４と中継配線６５は、Ｙ方向に並んで配置されている。基部６４４、６５４は、Ｙ方向に並んでいる。半導体素子４０Ｌのソース電極４０Ｓは、基部６４４に電気的に接続されている。半導体素子４０Ｈのソース電極４０Ｓは、基部６５４に電気的に接続されている。延設部６４５、６５５は、Ｘ方向に並んでいる。Ｎ端子９１Ｎは、延設部６４５に接続されている。継手部８１は、延設部６５５に接続されている。

[0492] 裏面金属体５３、６３は、絶縁基材５１、６１により、表面金属体５２、６２と電気的に分離されている。本実施形態の裏面金属体５３、６３は、絶縁基材５１、６１の裏面のほぼ全域に配置された、いわゆるベタ導体である。裏面金属体５３は封止体３０の一面３０ａから露出し、裏面金属体６３は裏面３０ｂから露出している。裏面金属体５３の露出面は、一面３０ａと略面一である。裏面金属体６３の露出面は、裏面３０ｂと略面一である。

[0493] 導電スペーサ７０は、半導体素子４０のソース電極４０Ｓと基板６０との

間に介在する。導電スペーサ７０は、半導体素子４０のソース電極４０Ｓに個別に接続されている。半導体装置２０は、２つの導電スペーサ７０を備えている。導電スペーサ７０のひとつは、半導体素子４０Ｈのソース電極４０Ｓと中継配線６５とを電気的に接続する。導電スペーサ７０の他のひとつは、半導体素子４０Ｌのソース電極４０ＳとＮ配線６４とを電気的に接続する。

[0494] アーム接続部８０は、中継配線５５、６５を電気的に接続する。アーム接続部８０は，Ｙ方向において、半導体素子４０Ｈと半導体素子４０Ｌの間に設けられている。アーム接続部８０は、平面視において中継配線５５と中継配線６５（延設部６５５）との重なり領域に設けられている。本実施形態のアーム接続部８０は、先行実施形態同様、継手部８１と、接合材１０３を備えて構成される。継手部８１は、金属柱状体である。Ｚ方向において、継手部８１の端部のひとつと中継配線５５との間に接合材１０３が介在し、端部の他のひとつと中継配線６５との間に接合材１０３が介在している。

[0495] これに代えて、継手部８１は、表面金属体５２、６２の少なくともひとつに一体的に連なるものでもよい。つまり、継手部８１は、基板５０、６０の一部として表面金属体５２、６２と一体的に設けたものでもよい。アーム接続部８０は、継手部８１を備えない構成としてもよい。つまり、アーム接続部８０が、接合材１０３のみを備える構成としてもよい。

[0496] 外部接続端子９０は、電源端子９１と、出力端子９２と、信号端子９３を備えている。電源端子９１は、Ｐ端子９１Ｐと、Ｎ端子９１Ｎを備えている。以下では、Ｐ端子９１Ｐ、Ｎ端子９１Ｎ、および出力端子９２を主端子９１Ｐ、９１Ｎ、９２と示すことがある。信号端子９３は、上アーム９Ｈ側の信号端子９３Ｈと、下アーム９Ｌ側の信号端子９３Ｌを備えている。

[0497] Ｐ端子９１Ｐは、Ｐ配線５４におけるＸ方向の一端付近に接続されている。Ｐ端子９１Ｐは、Ｐ配線５４との接続部９１ａからＸ方向の外側に延びている。Ｐ端子９１Ｐのうち、接続部９１ａを含む一部分が封止体３０により覆われ、残りの部分が封止体３０から突出している。Ｐ端子９１Ｐは、側面

３０ｆにおいてＺ方向の中央付近から封止体３０の外に突出している。

[0498] Ｎ端子９１Ｎは、Ｎ配線６４におけるＸ方向の一端付近に接続されている。Ｎ端子９１Ｎは、Ｎ配線６４との接続部９１ｂからＸ方向の外側に延びている。Ｎ端子９１Ｎのうち、接続部９１ｂを含む一部分が封止体３０により覆われ、残りの部分が封止体３０から突出している。Ｎ端子９１Ｎは、側面３０ｆにおいてＺ方向の中央付近から封止体３０の外に突出している。

[0499] 出力端子９２は、中継配線５５におけるＸ方向の一端付近に接続されている。出力端子９２は、中継配線５５との接続部９２ａからＸ方向の外側に延びている。出力端子９２のうち、接続部９２ａを含む一部分が封止体３０により覆われ、残りの部分が封止体３０から突出している。出力端子９２は、側面３０ｆにおいてＺ方向の中央付近から封止体３０の外に突出している。

[0500] ３本の主端子９１Ｐ、９１Ｎ、９２は、Ｙ方向に並んで配置されている。主端子９１Ｐ、９１Ｎ、９２は、Ｙ方向においてＰ端子９１Ｐ、Ｎ端子９１Ｎ、出力端子９２の順に配置されている。電源端子９１であるＰ端子９１ＰとＮ端子９１Ｎは、封止体３０から突出した部分を含む一部分において、互いに側面が対向している。

[0501] 信号端子９３は、ボンディングワイヤ１１０などの接続部材を介して、対応する半導体素子４０のパッド４０Ｐに電気的に接続されている。信号端子９３Ｈは、ボンディングワイヤ１１０を介して半導体素子４０Ｈのパッド４０Ｐに接続されている。信号端子９３Ｌは、ボンディングワイヤ１１０を介して半導体素子４０Ｌのパッド４０Ｐに接続されている。信号端子９３は、Ｘ方向であって外側に延び、側面３０ｇにおいてＺ方向の中央付近から封止体３０の外に突出している。信号端子９３は、Ｘ方向において主端子９１Ｐ、９１Ｎ、９２とは反対側に延びている。

[0502] リードフレーム９４は、先行実施形態に記載した構成同様、外部接続端子９０と、タイバー９４ａと、外周フレーム９４ｂを備えている。本実施形態のリードフレーム９４は、ガイドフレーム９４ｃをさらに備えている。先行実施形態に記載したように、タイバー９４ａおよび外周フレーム９４ｂは、

半導体装置２０の製造過程において、不要部分として除去される。一方、ガイドフレーム９４ｃは、半導体装置２０の要素として外部接続端子９０とともに残る。

[0503] リードフレーム９４は、図１１４に示すように、２つのガイドフレーム９４ｃを備えている。ガイドフレーム９４ｃのひとつは、Ｐ端子９１Ｐに連なっている。ガイドフレーム９４ｃは、不要部分を削除する前の状態で、Ｐ端子９１Ｐと外周フレーム９４ｂとをつないでいる。ガイドフレーム９４ｃの他のひとつは、出力端子９２に連なっている。ガイドフレーム９４ｃは、不要部分を削除する前の状態で、出力端子９２と外周フレーム９４ｂとをつないでいる。

[0504] 図１１４、図１１９～図１２１に示すように、ガイドフレーム９４ｃは、接続部９４０と、第１連結部９４１と、第２連結部９４２を有している。接続部９４０は、ガイドフレーム９４ｃにおいて、表面金属体５２との接続部分である。Ｐ端子９１Ｐに連なるガイドフレーム９４ｃは、Ｐ配線５４に接続されている。具体的には、接続部９４０は、Ｐ配線５４において、Ｐ端子９１Ｐの接続部位とは反対の端部であって、Ｙ方向において中継配線５５とは反対側の端部付近に接続されている。接続部９４０は、平面略矩形状をなすＰ配線５４の四隅のひとつに接続されている。

[0505] 第１連結部９４１は、Ｐ端子９１Ｐと接続部９４０とを連結する。第１連結部９４１は、Ｐ端子９１Ｐの接続部９１ａから、Ｘ方向であって側面３０ｇ側に延びている。第１連結部９４１は、平面視においてＰ配線５４（表面金属体５２）と重なっていない。第１連結部９４１は、表面金属体５２の外側で、表面金属体５２の外周端に沿って延びている。第２連結部９４２は、接続部９４０と外周フレーム９４ｂとを連結する。第２連結部９４２は、接続部９４０からＸ方向であって外側に延びている。

[0506] 出力端子９２に連なるガイドフレーム９４ｃは、中継配線５５に接続されている。具体的には、接続部９４０は、中継配線５５において、出力端子９２の接続部位とは反対の端部であって、Ｙ方向においてＰ配線５４とは反対

側の端部付近に接続されている。接続部９４０は、平面略矩形状をなす中継配線５５の四隅のひとつに接続されている。

[0507] 第１連結部９４１は、出力端子９２と接続部９４０とを連結する。第１連結部９４１は、出力端子９２の接続部９２ａから、Ｘ方向であって側面３０ｇ側に延びている。第１連結部９４１は、平面視において中継配線５５（表面金属体５２）と重なっていない。第１連結部９４１は、表面金属体５２の外側で、表面金属体５２の外周端に沿って延びている。第２連結部９４２は、接続部９４０と外周フレーム９４ｂとを連結する。第２連結部９４２は、接続部９４０からＸ方向であって外側に延びている。

[0508] ガイドフレーム９４ｃは、主端子９１Ｐ、９１Ｎ、９２と同様の接続構造（接合構造）が可能である。ガイドフレーム９４ｃは、たとえば接合材１０４を介して表面金属体５２に接続される。接合材１０４としては、先行実施形態に記載したように、はんだや焼結部材を用いることができる。ガイドフレーム９４ｃは、接合材１０４を介さずに、表面金属体５２に直接的に接合されてもよい。たとえば超音波接合、摩擦撹拌接合、レーザ溶接などにより、表面金属体５２に直接接合されてもよい。

[0509] 上記したように、本実施形態の半導体装置２０では、封止体３０によって一相分の上下アーム回路９を構成する複数の半導体素子４０が封止されている。封止体３０は、複数の半導体素子４０、基板５０の一部、基板６０の一部、複数の導電スペーサ７０、アーム接続部８０、および外部接続端子９０それぞれの一部を、一体的に封止している。封止体３０は、基板５０、６０において、絶縁基材５１、６１および表面金属体５２、６２を封止している。

[0510] 半導体素子４０は、Ｚ方向において、基板５０、６０の間に配置されている。半導体素子４０は、対向配置された基板５０、６０によって挟まれている。これにより、半導体素子４０の熱を、Ｚ方向において両側に放熱することができる。半導体装置２０は、両面放熱構造をなしている。基板５０の裏面５０ｂは、封止体３０の一面３０ａと略面一となっている。基板６０の裏

面６０ｂは、封止体３０の裏面３０ｂと略面一となっている。裏面５０ｂ、６０ｂが露出面であるため、放熱性を高めることができる。

[0511] ＜第１３実施形態のまとめ＞

本実施形態に記載の構成は、先行実施形態の記載した種々の構成のうち、一部を除く構成との組み合わせが可能である。上記一部とは、表面金属体の一対の延設部のそれぞれに電源端子を接続する構成（図１５および図２３参照）と、並列接続された複数の半導体素子を分けるように表面金属体にスリットを設ける構成（図２８など参照）である。つまり、本実施形態に記載の構成は、第１実施形態のその他、第３実施形態、第４実施形態、第５実施形態、第６実施形態、第７実施形態、第８実施形態、第９実施形態、第１０実施形態、第１１実施形態、第１２実施形態、および変形例に記載の構成のいずれとも組み合わせが可能である。

[0512] 半導体装置２０が導電スペーサ７０を備える例を示したが、これに限定されない。導電スペーサ７０に代えて、表面金属体６２に凸部を設けてもよい。

[0513] ドレイン電極４０Ｄに接続される配線部材として基板５０の例を示したがこれに限定されない。基板５０に限定されない構成においては、基板５０に代えて、金属板（リードフレーム）を採用してもよい。ソース電極４０Ｓに接続される配線部材として基板６０の例を示したがこれに限定されない。基板６０に限定されない構成においては、基板６０に代えて、金属板（リードフレーム）を採用してもよい。

[0514] （他の実施形態）

この明細書および図面等における開示は、例示された実施形態に制限されない。開示は、例示された実施形態と、それらに基づく当業者による変形態様を包含する。たとえば、開示は、実施形態において示された部品および／または要素の組み合わせに限定されない。開示は、多様な組み合わせによって実施可能である。開示は、実施形態に追加可能な追加的な部分をもつことができる。開示は、実施形態の部品および／または要素が省略されたものを

包含する。開示は、ひとつの実施形態と他の実施形態との間における部品および／または要素の置き換え、または組み合わせを包含する。開示される技術的範囲は、実施形態の記載に限定されない。開示されるいくつかの技術的範囲は、請求の範囲の記載によって示され、さらに請求の範囲の記載と均等の意味および範囲内でのすべての変更を含むものと解されるべきである。

[0515] 明細書および図面等における開示は、請求の範囲の記載によって限定されない。明細書および図面等における開示は、請求の範囲に記載された技術的思想を包含し、さらに請求の範囲に記載された技術的思想より多様で広範な技術的思想に及んでいる。よって、請求の範囲の記載に拘束されることなく、明細書および図面等の開示から、多様な技術的思想を抽出することができる。

[0516] ある要素または層が「上にある」、「連結されている」、「接続されている」または「結合されている」と言及されている場合、それは、他の要素、または他の層に対して、直接的に上に、連結され、接続され、または結合されていることがあり、さらに、介在要素または介在層が存在していることがある。対照的に、ある要素が別の要素または層に「直接的に上に」、「直接的に連結されている」、「直接的に接続されている」または「直接的に結合されている」と言及されている場合、介在要素または介在層は存在しない。要素間の関係を説明するために使用される他の言葉は、同様のやり方で（例えば、「間に」対「直接的に間に」、「隣接する」対「直接的に隣接する」など）解釈されるべきである。この明細書で使用される場合、用語「および／または」は、関連する列挙されたひとつまたは複数の項目に関する任意の組み合わせ、およびすべての組み合わせを含む。

[0517] 空間的に相対的な用語「内」、「外」、「裏」、「下」、「低」、「上」、「高」などは、図示されているような、ひとつの要素または特徴の他の要素または特徴に対する関係を説明する記載を容易にするためにここでは利用されている。空間的に相対的な用語は、図面に描かれている向きに加えて、使用または操作中の装置の異なる向きを包含することを意図することができ

る。例えば、図中の装置をひっくり返すと、他の要素または特徴の「下」または「真下」として説明されている要素は、他の要素または特徴の「上」に向けられる。したがって、用語「下」は、上と下の両方の向きを包含することができる。この装置は、他の方向に向いていてもよく（９０度または他の向きに回転されてもよい）、この明細書で使用される空間的に相対的な記述子はそれに応じて解釈される。

[0518] 車両の駆動システム１は、上記した構成に限定されない。たとえば、モータジェネレータ３をひとつ備える例を示したが、これに限定されない。複数のモータジェネレータを備えてもよい。電力変換装置４が、電力変換回路としてインバータ６を備える例を示したが、これに限定されない。たとえば、複数のインバータを備える構成としてもよい。少なくともひとつのインバータと、コンバータを備える構成としてもよい。コンバータのみを備えてもよい。

[0519] 半導体素子４０が、スイッチング素子としてＭＯＳＦＥＴ１１を有する例を示したが、これに限定されない。たとえば、ＩＧＢＴを採用することもできる。ＩＧＢＴは、Insulated Gate Bipolar Transistorの略称である。

請求の範囲

[請求項1] 半導体基板（４１）と、前記半導体基板の一面に設けられた高電位側の第１主電極（４０Ｄ）と、板厚方向において前記第１主電極とは反対の面に設けられた低電位側の第２主電極（４０Ｓ）と、を有する半導体素子（４０）と、

前記第１主電極が電気的に接続された第１配線部材（５０）と、

前記板厚方向において前記第１配線部材との間に前記半導体素子を挟むように配置され、前記第２主電極が接続された第２配線部材（６０、７０）と、

前記第２主電極と前記第２配線部材の間に介在し、前記第２主電極と前記第２配線部材とを接合する接合材（１０１Ｃ、１０１）と、を備え、

前記接合材は、前記第２主電極よりもヤング率および／または降伏応力が大きい焼結層（１０６）と、前記板厚方向において前記焼結層に隣接し、前記第２主電極よりもヤング率および／または降伏応力が小さい脆弱層（１０７、１０８）と、を備えた多層構造である、半導体装置。

[請求項2] 前記第２主電極は、前記半導体基板の前記裏面上に形成された下地電極（４２）と、前記下地電極上に形成された接続電極（４３）と、を有し、

前記下地電極は、アルミニウムとシリコンを含む、請求項１に記載の半導体装置。

[請求項3] 前記脆弱層（１０７）は、前記焼結層と同じ種類の粒子による焼結体であり、前記焼結層よりも前記粒子の間隔が広い、請求項１または請求項２に記載の半導体装置。

[請求項4] 前記脆弱層（１０８）は、アルミニウムを含む、請求項１または請求項２に記載の半導体装置。

[請求項5] 前記接合材は、前記板厚方向の両端に前記焼結層を有し、前記焼結

層の間に前記脆弱層を有する三層構造である、請求項１～４いずれか１項に記載の半導体装置。

[請求項6] 前記接合材は、前記第２配線部材側に前記焼結層を有し、前記第２主電極側に前記脆弱層を有する二層構造である、請求項１～４いずれか１項に記載の半導体装置。

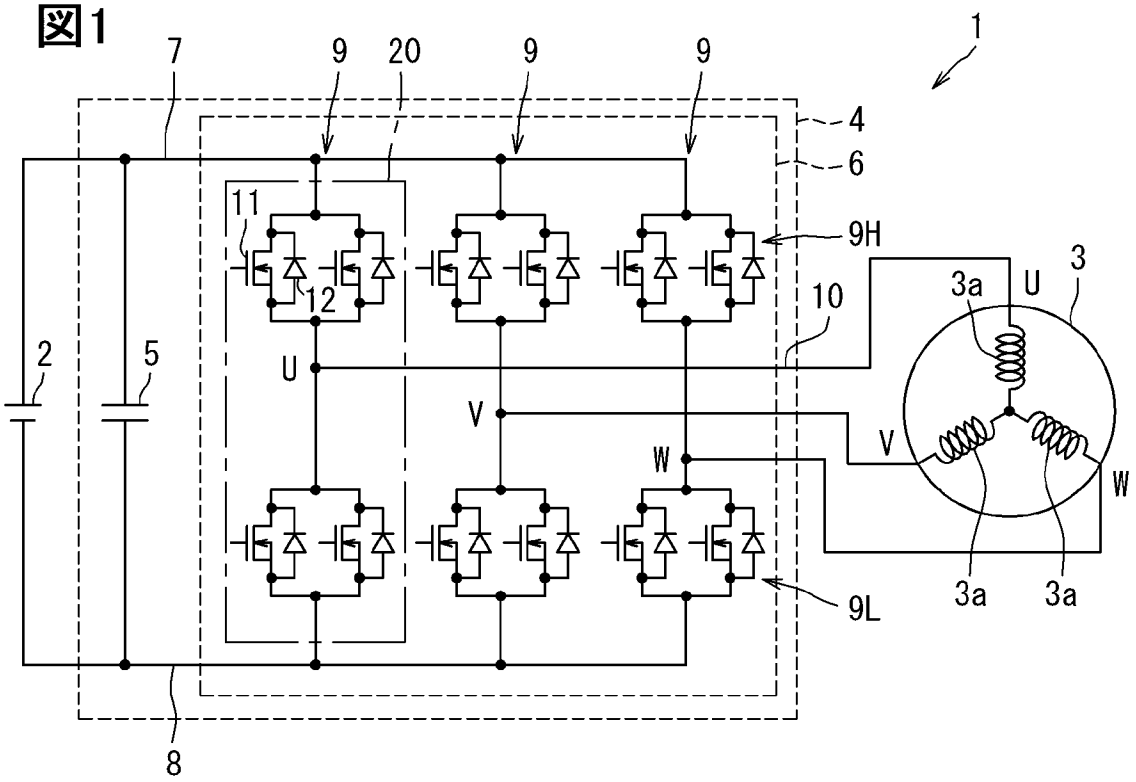
[請求項7] 前記接合材は、前記第２配線部材側に前記脆弱層を有し、前記第２主電極側に前記焼結層を有する二層構造である、請求項１～４いずれか１項に記載の半導体装置。

[請求項8] 前記第２配線部材は、配線板（６０）と、前記半導体素子と前記配線板との間に介在する導電スペーサ（７０）と、を有し、

前記接合材は、前記第２主電極と前記導電スペーサとを接合する、請求項１～７いずれか１項に記載の半導体装置。

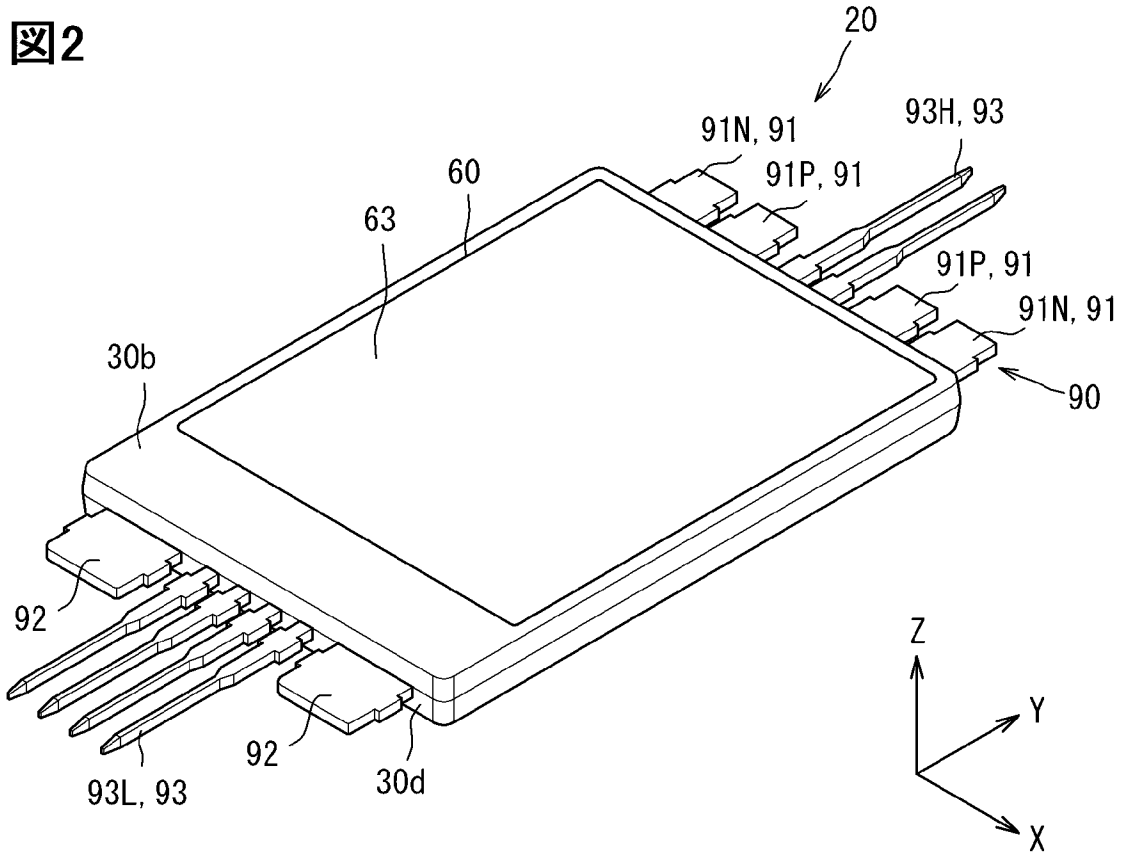
[図1]

図1


1
7
9
20
9
9
4
6
11
9H
12
10
3
3a
U
2
5
U
V
V
W
W
3a
3a
9L
8

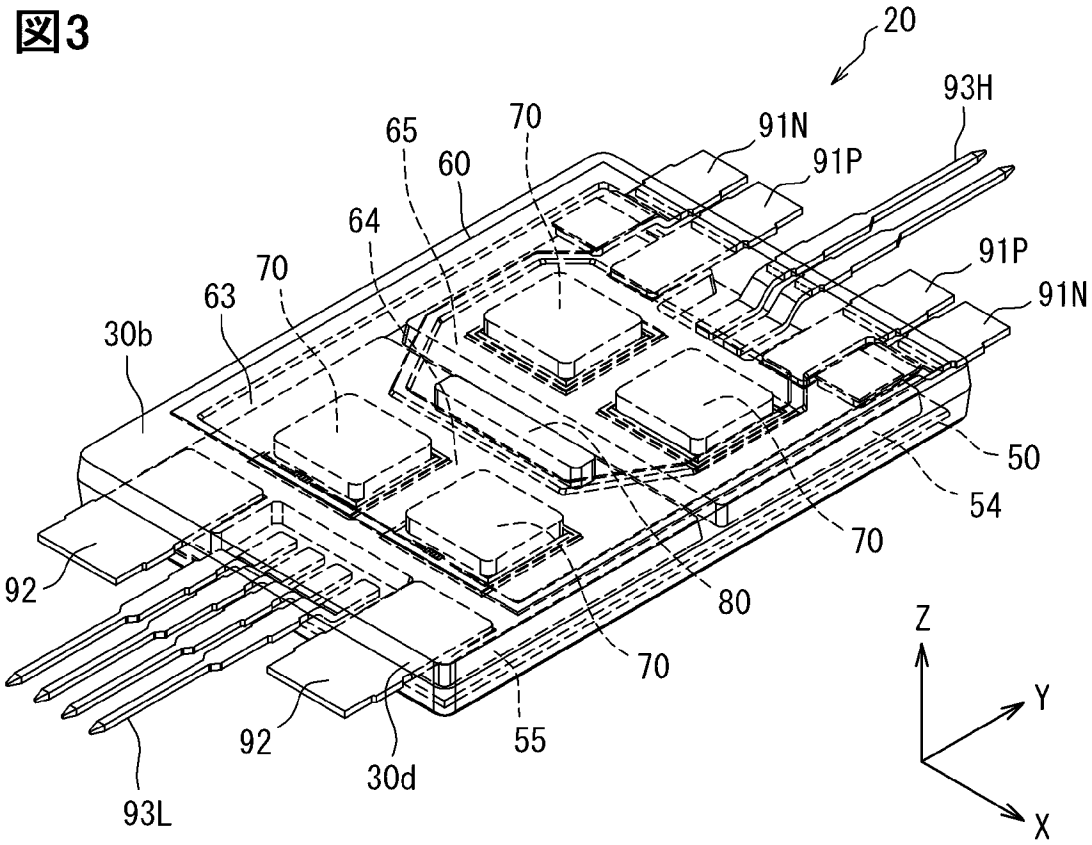
[図2]

図2


20
91N, 91
93H, 93
60
91P, 91
63
91P, 91
91N, 91
30b
90
92
Z
Y
92
93L, 93
30d
X

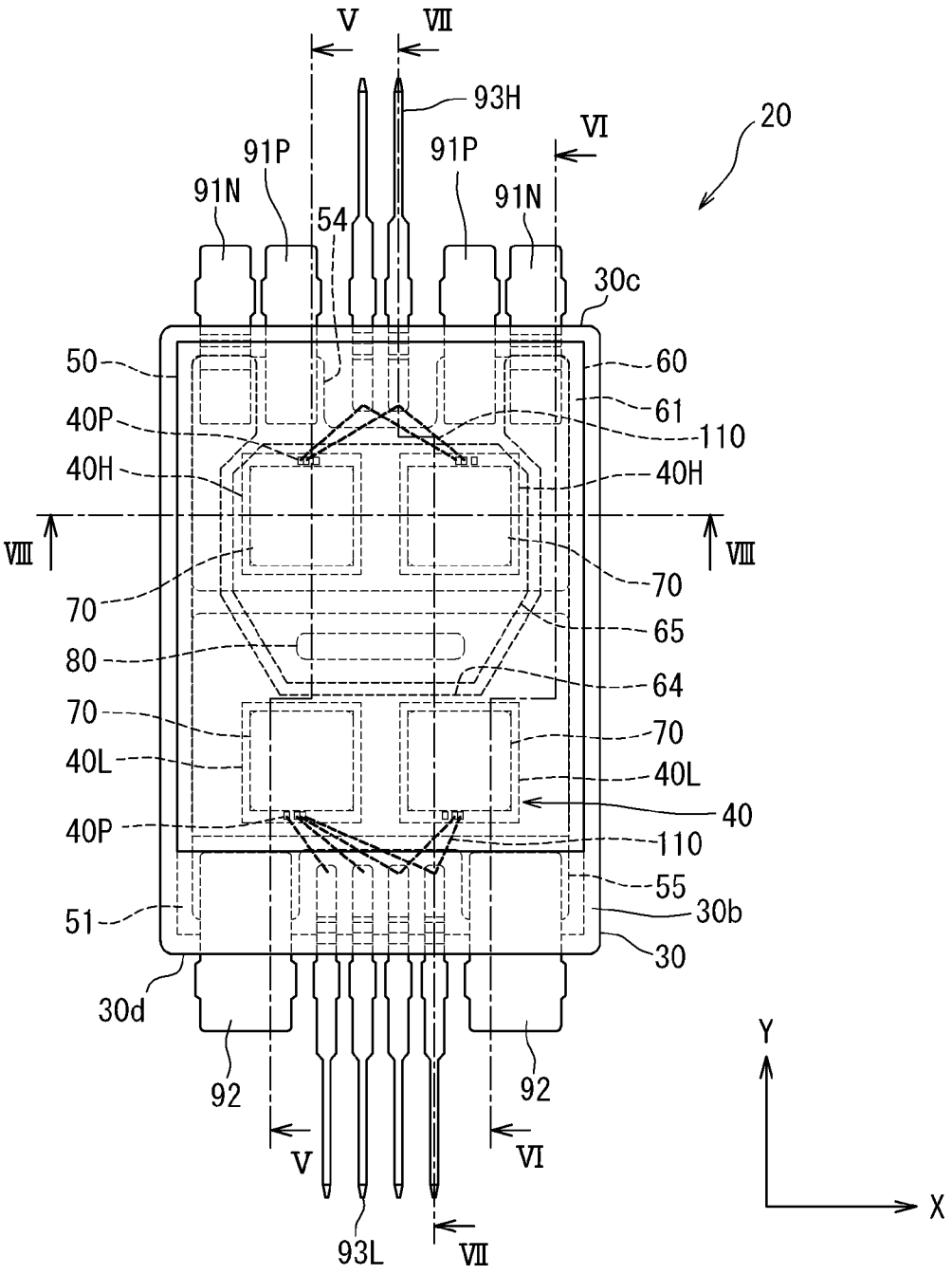
[図3]

図3


20
93H
91N
91P
65
70
60
64
63
70
30b
91P
91N
50
54
70
80
92
70
Z
Y
X
92
30d
55
93L

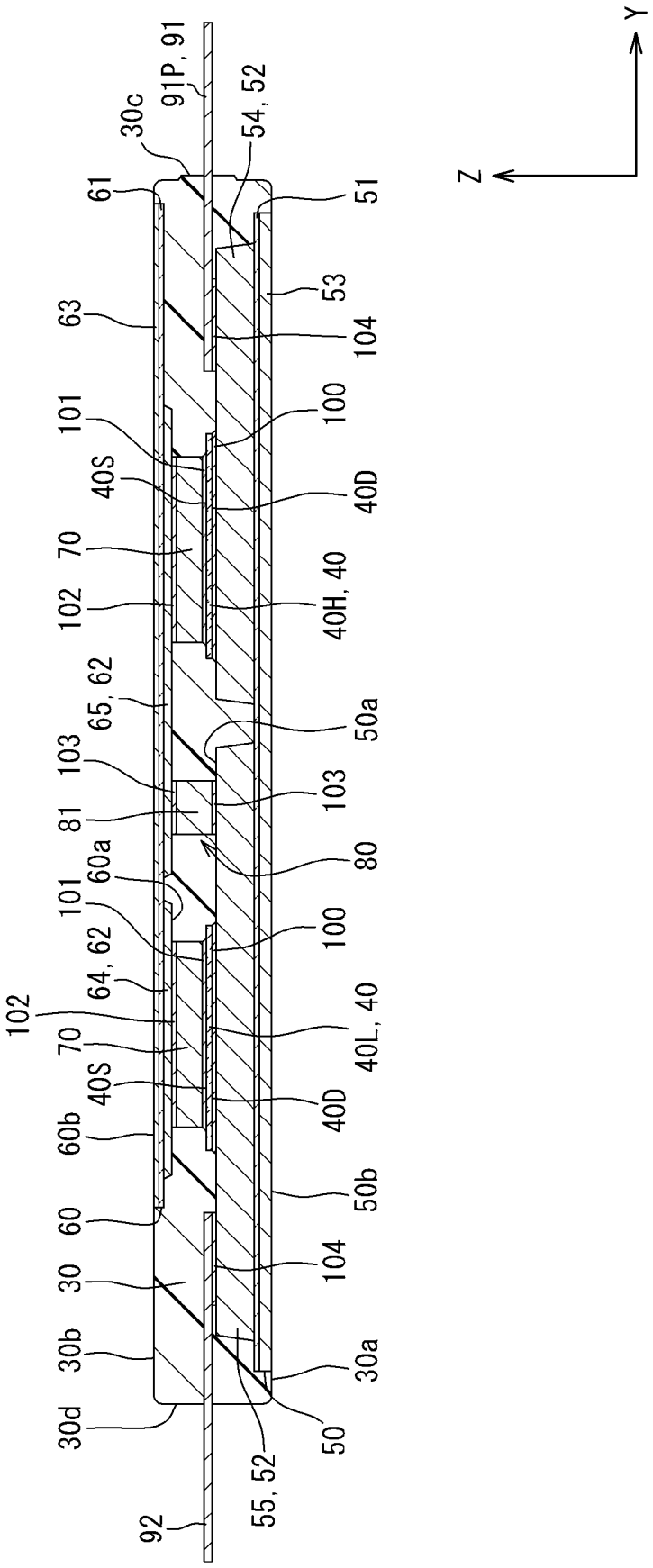
[図4]

図4


V
VII
93H
VI
20
91P
91P
91N
91N
54
30c
50
60
61
40P
110
40H
40H
VIII
VIII
70
70
65
80
64
70
70
40L
40L
40
40P
110
55
51
30b
30
30d
92
92
V
VI
93L
VII
Y
X

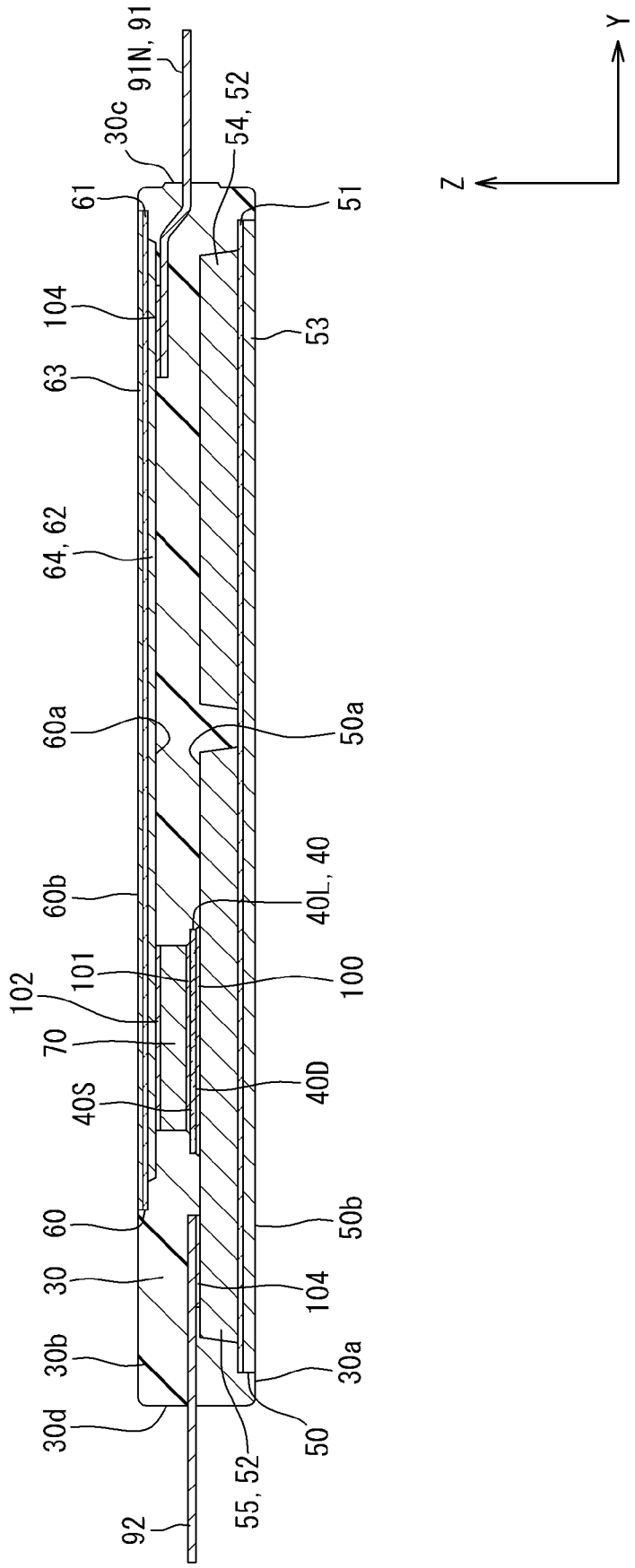
[図5]

図5


Y
Z
91P, 91
54, 52
30c
61
51
63
53
104
101
100
40S
40D
70
102
40H, 40
65, 62
50a
103
103
81
80
60a
101
100
64, 62
102
70
40L, 40
40S
40D
60b
50b
60
104
30
30b
30a
30d
50
55, 52
92

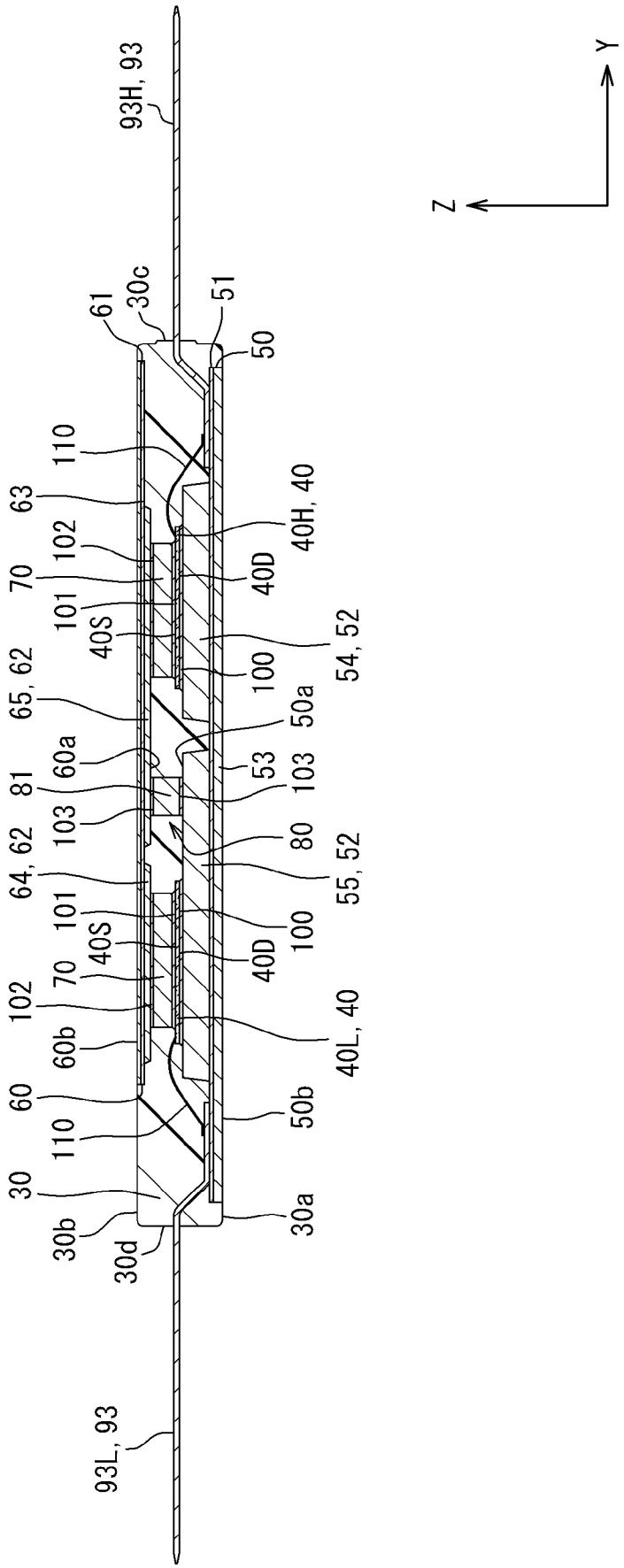
[図6]

図6


91N, 91
30c
54, 52
61
51
104
53
63
64, 62
60a
50a
60b
40L, 40
102
101
100
70
40S
40D
60
50b
30
104
30b
30a
30d
50
55, 52
92
Y
Z

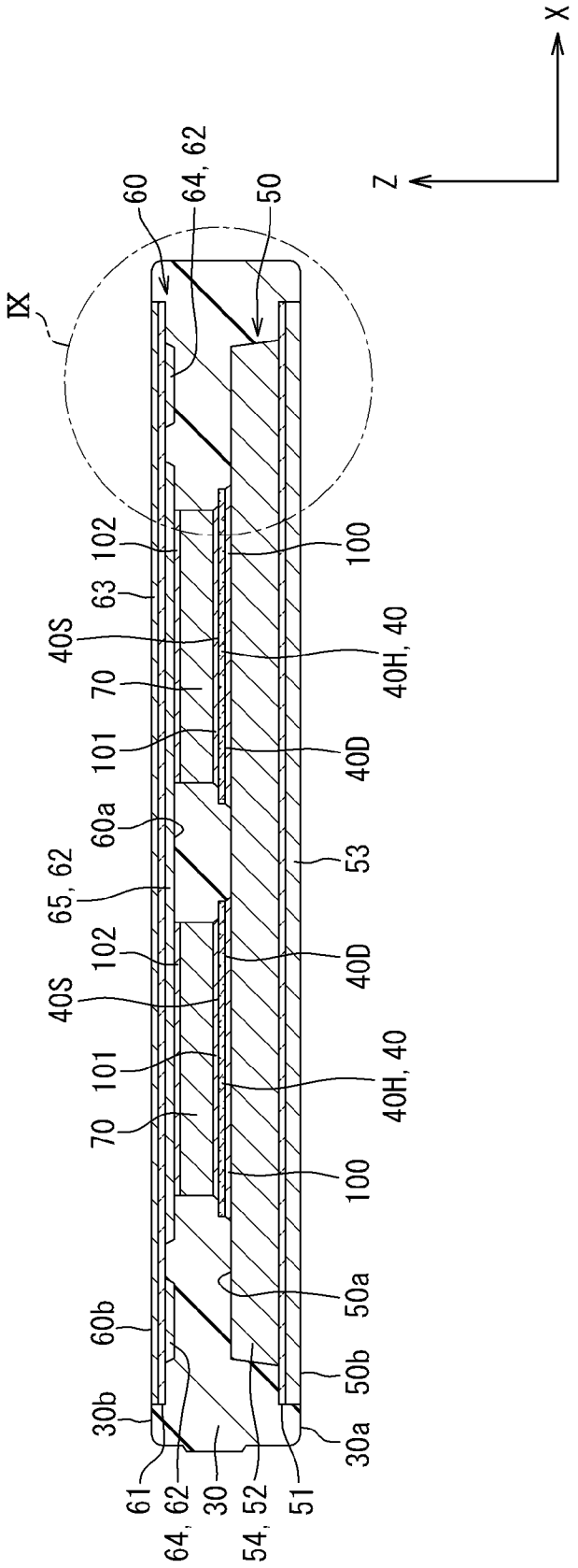
[図7]

図7


93H, 93
61
30c
51
50
110
63
40H, 40
102
70
40D
101
40S
54, 52
65, 62
100
50a
60a
53
81
103
64, 62
80
55, 52
101
100
40S
40D
70
102
40L, 40
60b
60
50b
110
30
30a
30b
30d
93L, 93
Z
Y

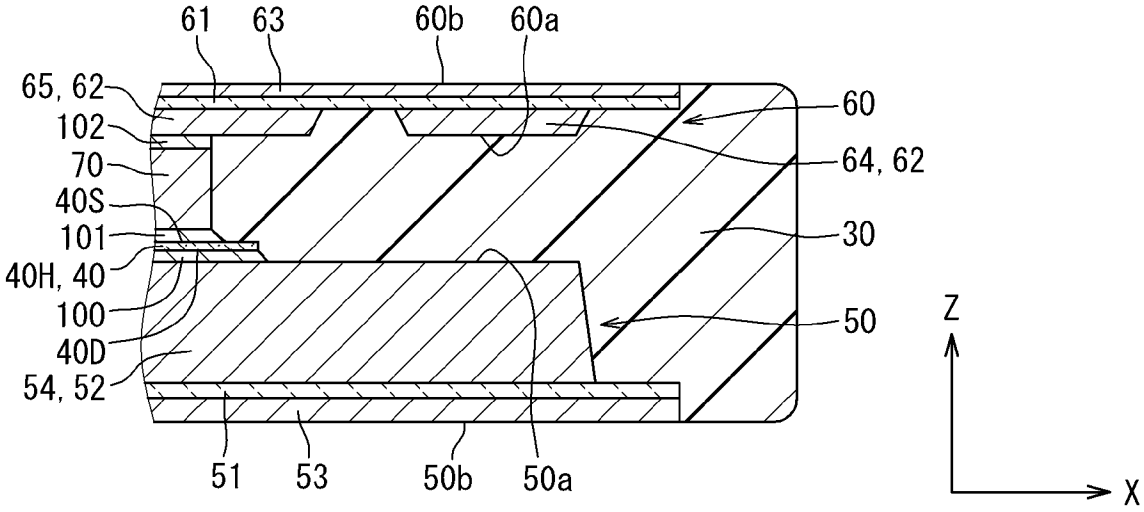
[図8]

図8


X
Z
IX
60
64, 62
50
63
102
100
40S
70
101
40H, 40
40D
60a
53
65, 62
102
40D
40S
101
40H, 40
70
100
50a
60b
50b
30b
30a
61
64, 62
30
54, 52
51

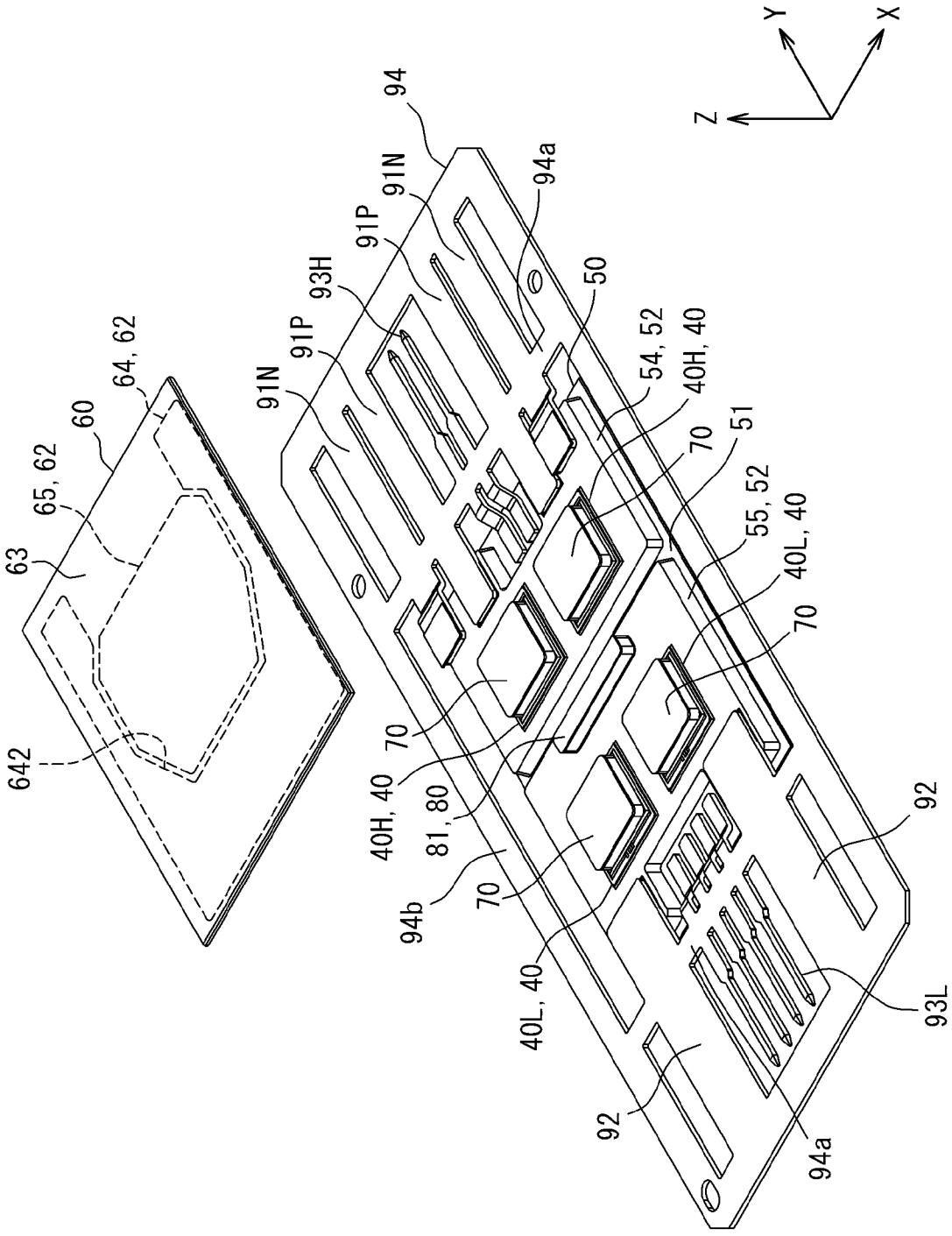
[図9]

図9


61
63
60b
60a
65, 62
102
70
40S
101
40H, 40
100
40D
54, 52
60
64, 62
30
50
Z
X
51
53
50b
50a

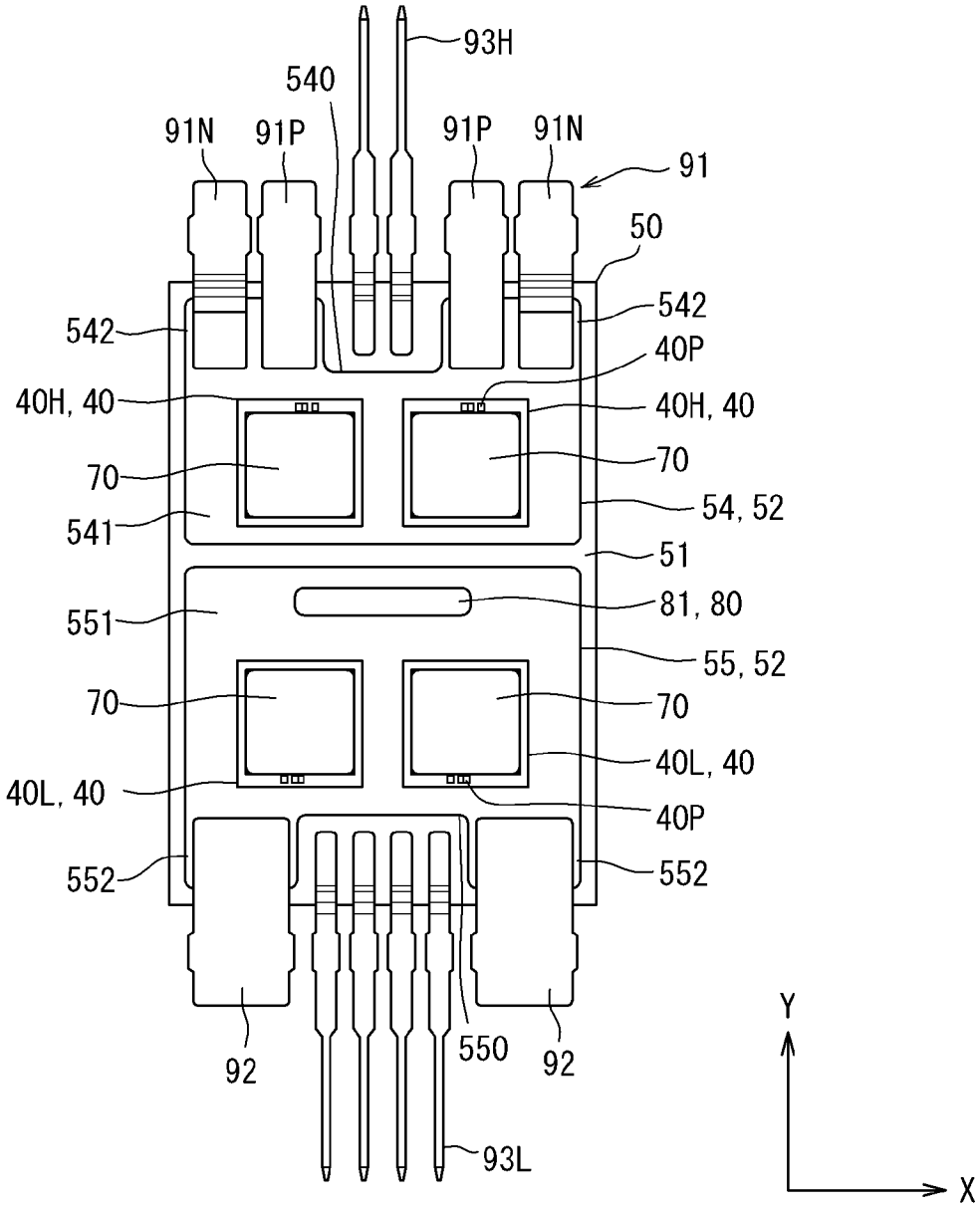
[図10]

図10


Y
X
Z
94
91N
91P
93H
91P
91N
94a
50
54, 52
40H, 40
70
51
55, 52
40L, 40
70
64, 62
60
65, 62
63
642
70
40H, 40
81, 80
94b
70
40L, 40
92
92
94a
93L

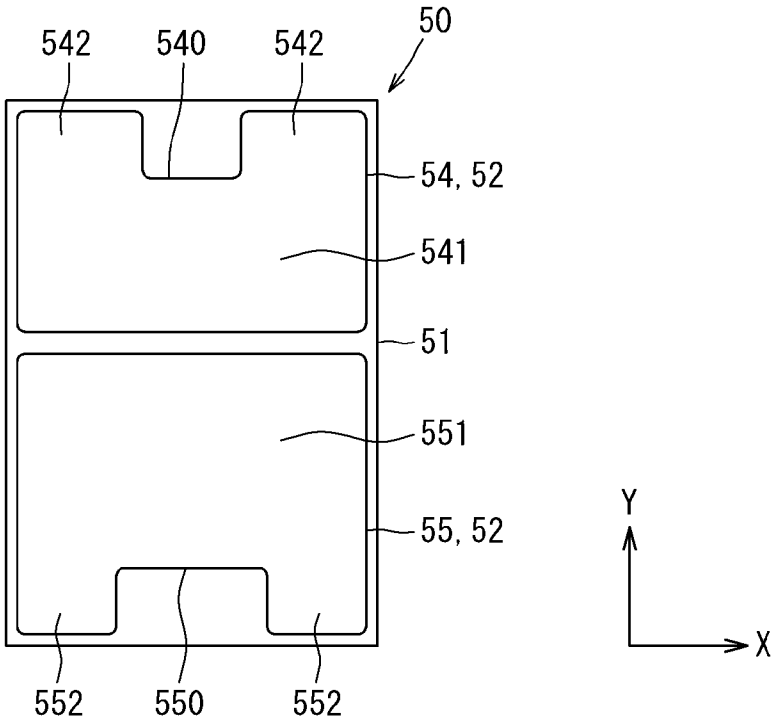
[図11]

図11


93H
540
91N
91P
91P
91N
91
50
542
542
40P
40H, 40
40H, 40
70
70
54, 52
541
51
551
81, 80
55, 52
70
70
40L, 40
40L, 40
40P
552
552
92
550
92
93L
Y
X

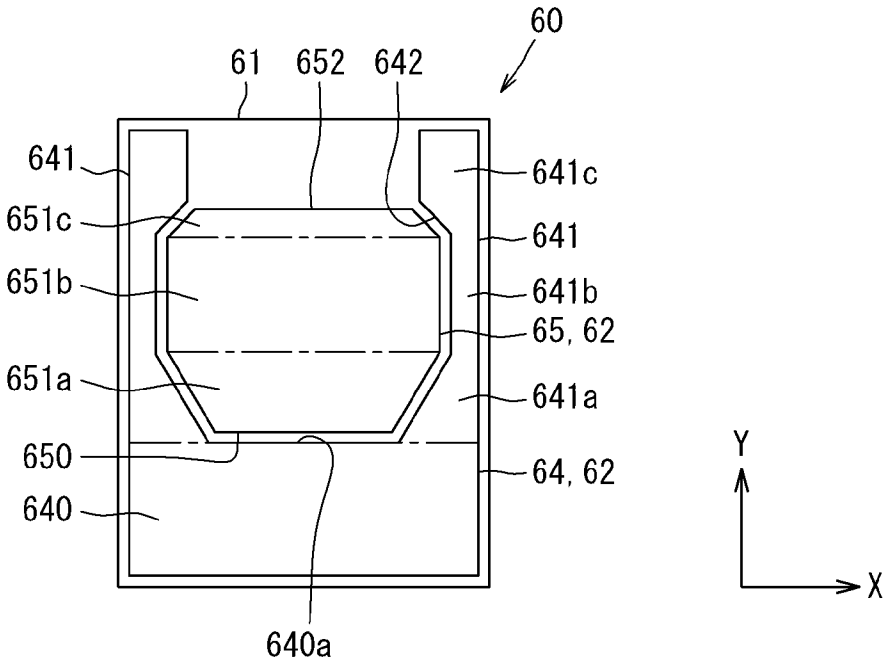
[図12]

図12



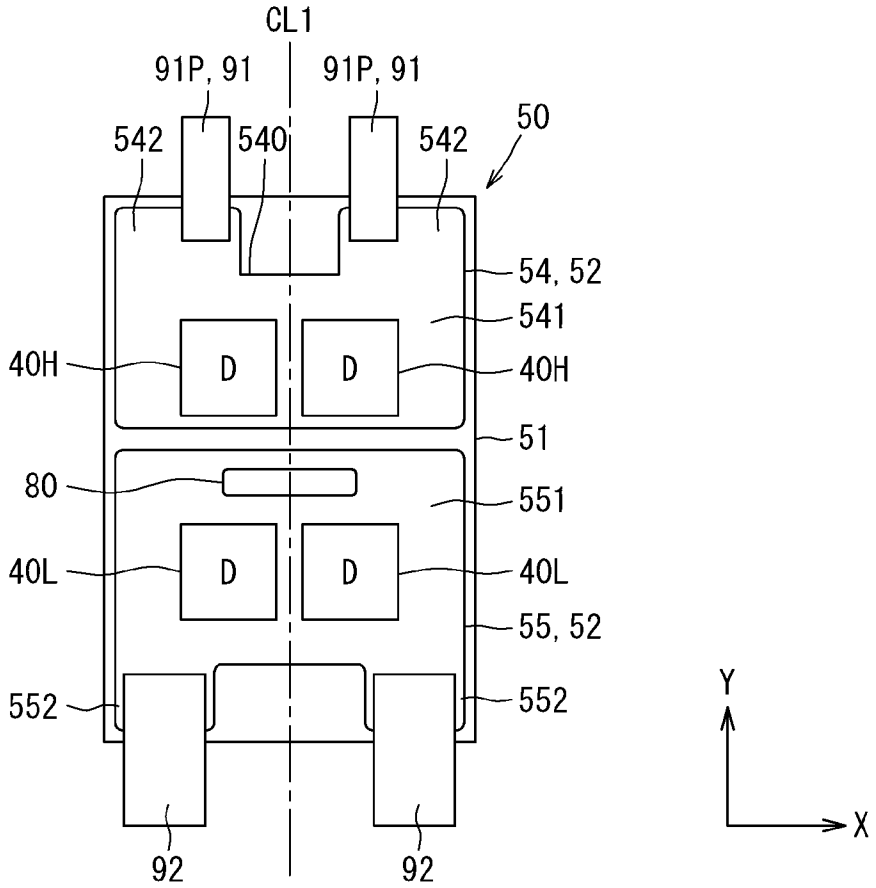
[図13]

図13



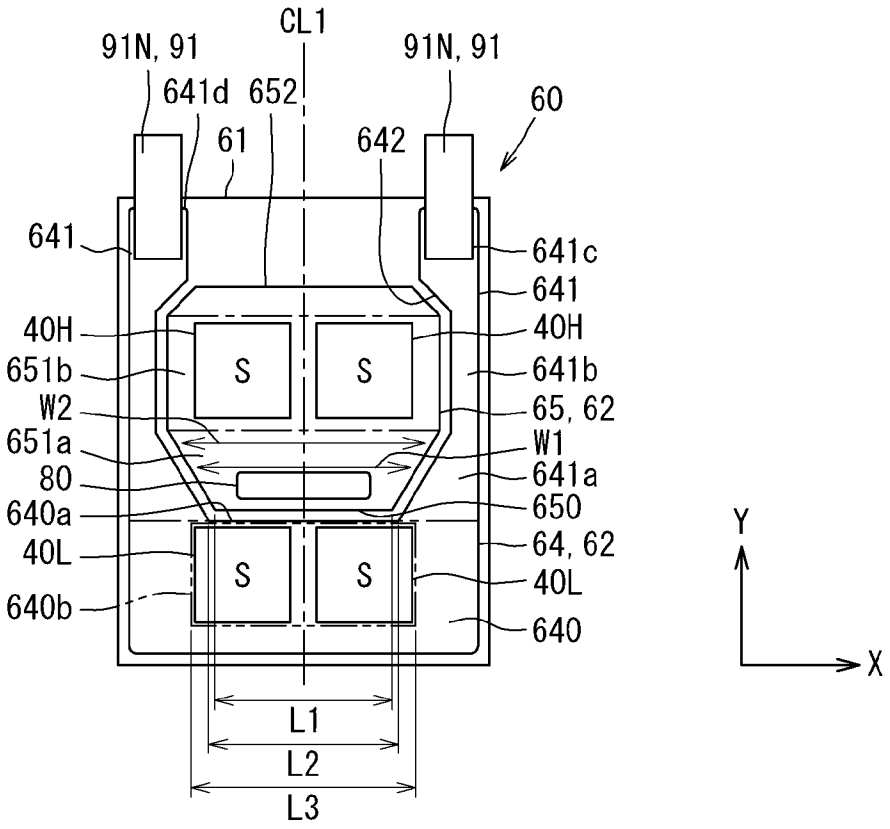
[図14]

図14



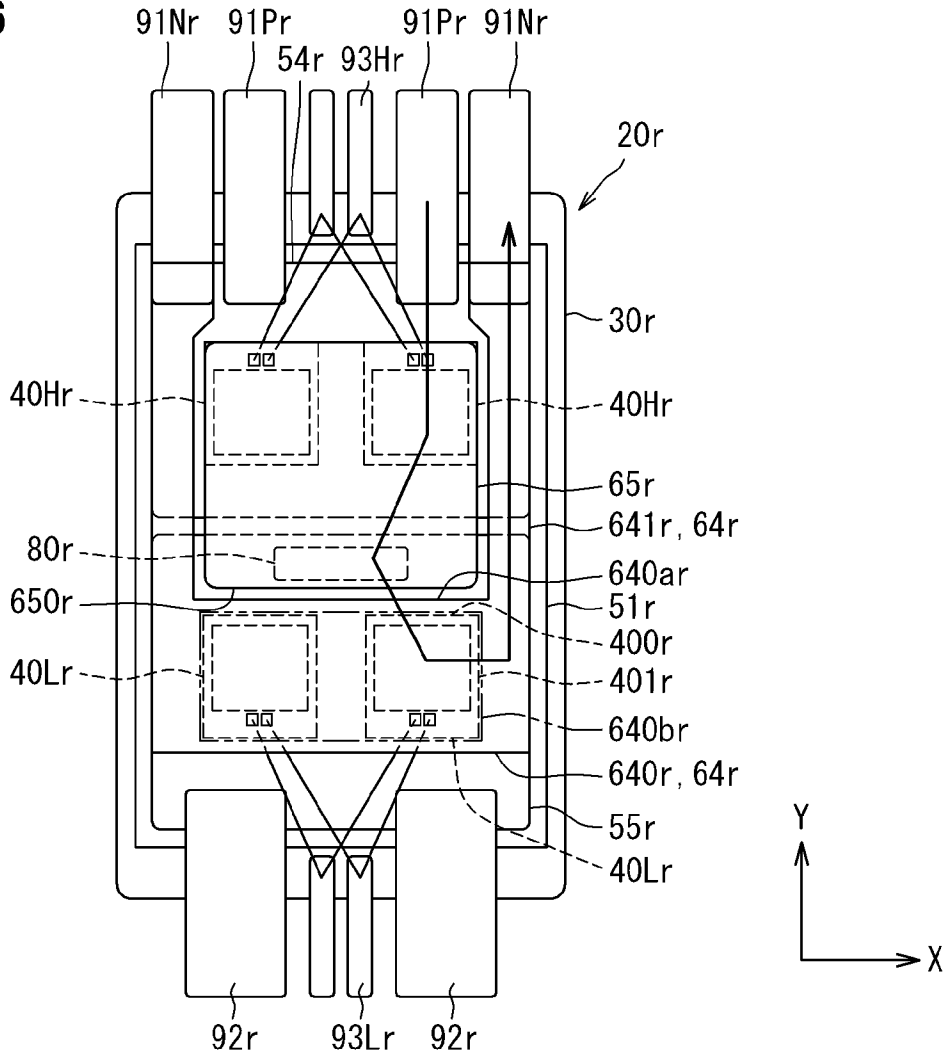
[図15]

図15



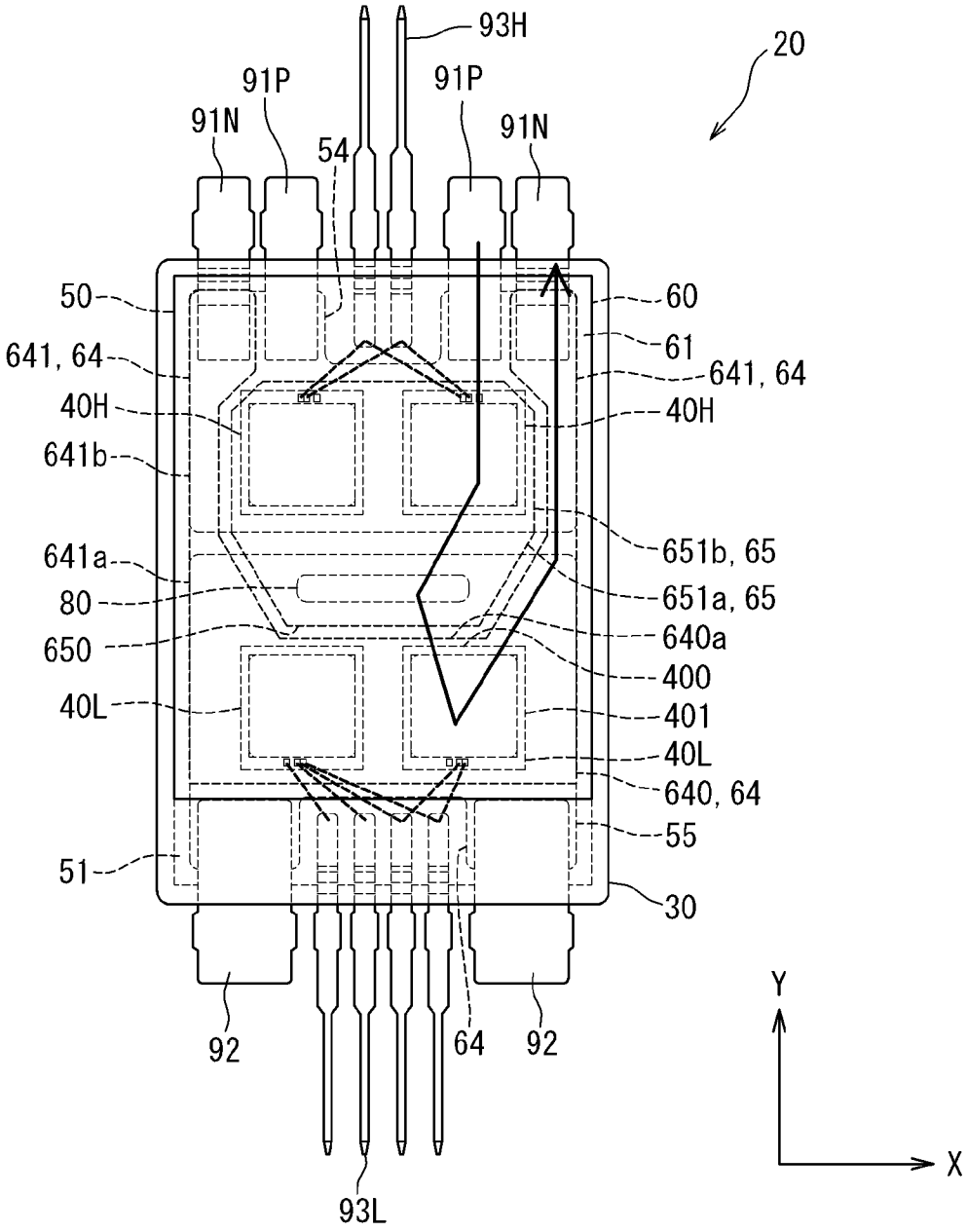
[図16]

図16


91Nr
91Pr
54r
93Hr
91Pr
91Nr
20r
30r
40Hr
40Hr
65r
641r, 64r
80r
640ar
650r
51r
400r
40Lr
401r
640br
640r, 64r
55r
40Lr
Y
X
92r
93Lr
92r

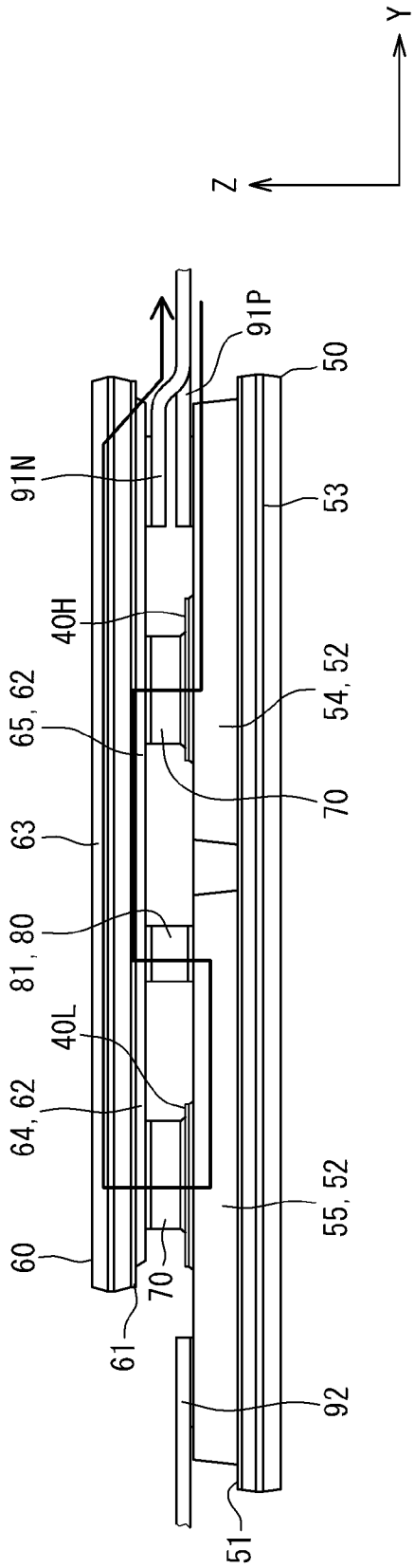
[図17]

図17


93H
20
91P
91P
91N
91N
54
50
60
641, 64
61
641, 64
40H
40H
641b
651b, 65
641a
651a, 65
80
640a
650
400
40L
401
40L
640, 64
55
51
30
92
64
92
93L
Y
X

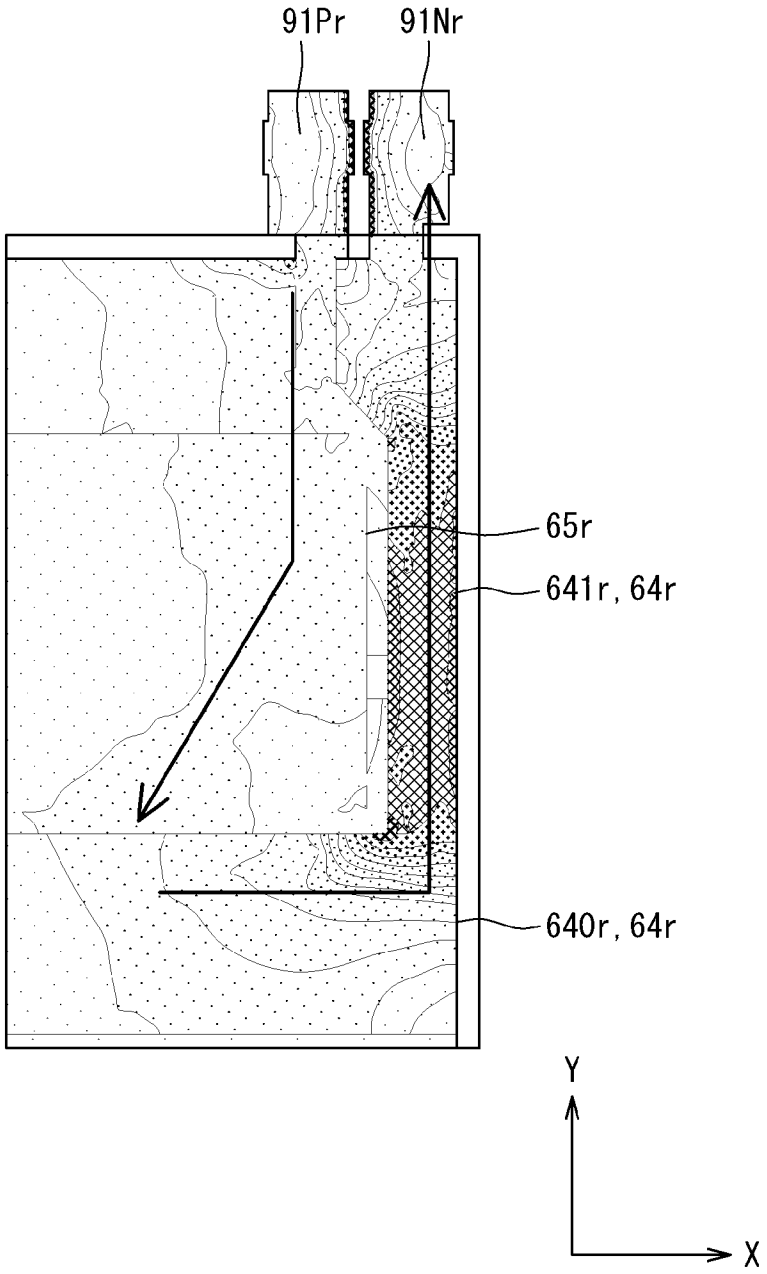
[図18]

図18


Y
Z
91P
50
91N
53
40H
54, 52
65, 62
70
63
81, 80
40L
64, 62
55, 52
60
70
61
92
51

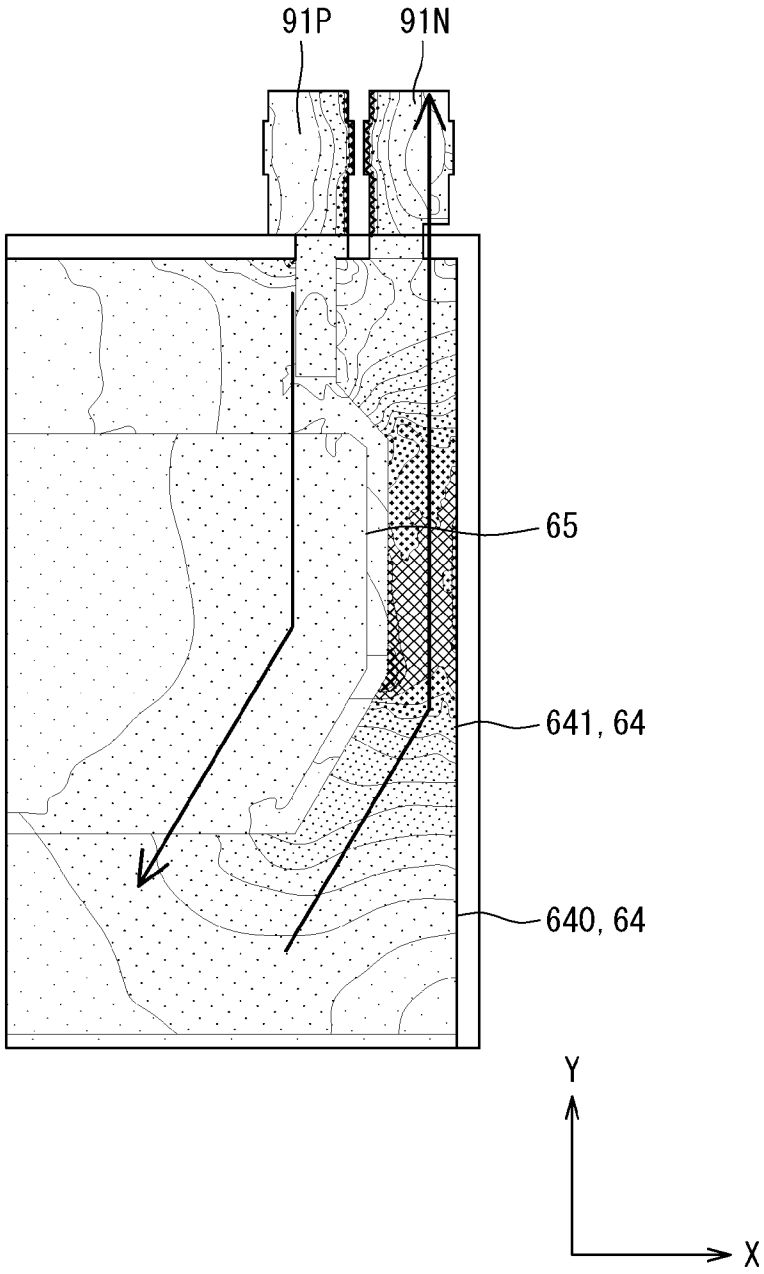
[図19]

図19



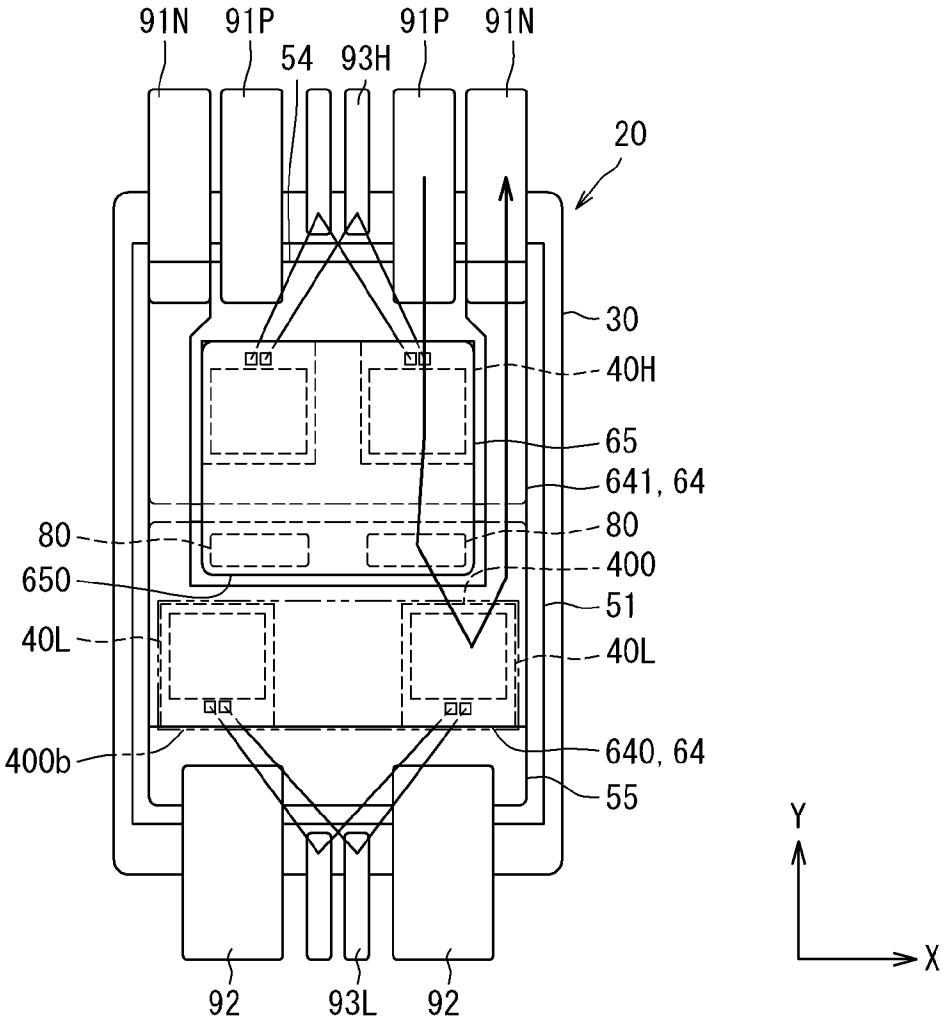
[図20]

図20



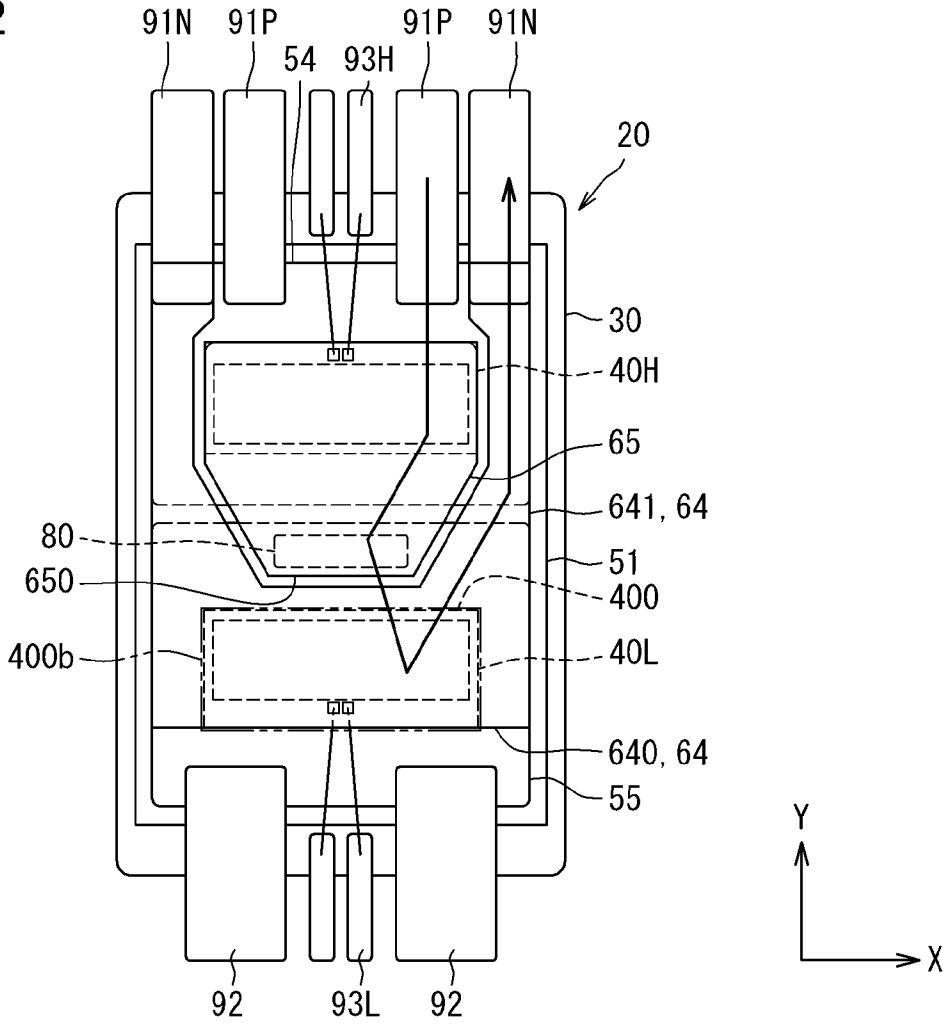
[図21]

図21


91N
91P
54
93H
91P
91N
20
30
40H
65
641, 64
80
80
400
650
51
40L
40L
400b
640, 64
55
92
93L
92
Y
X

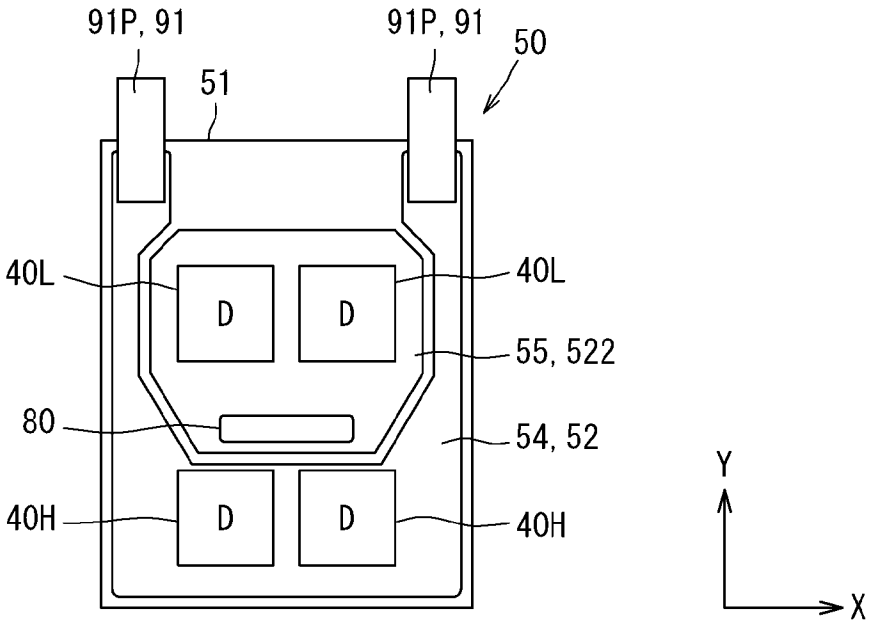
[図22]

図22



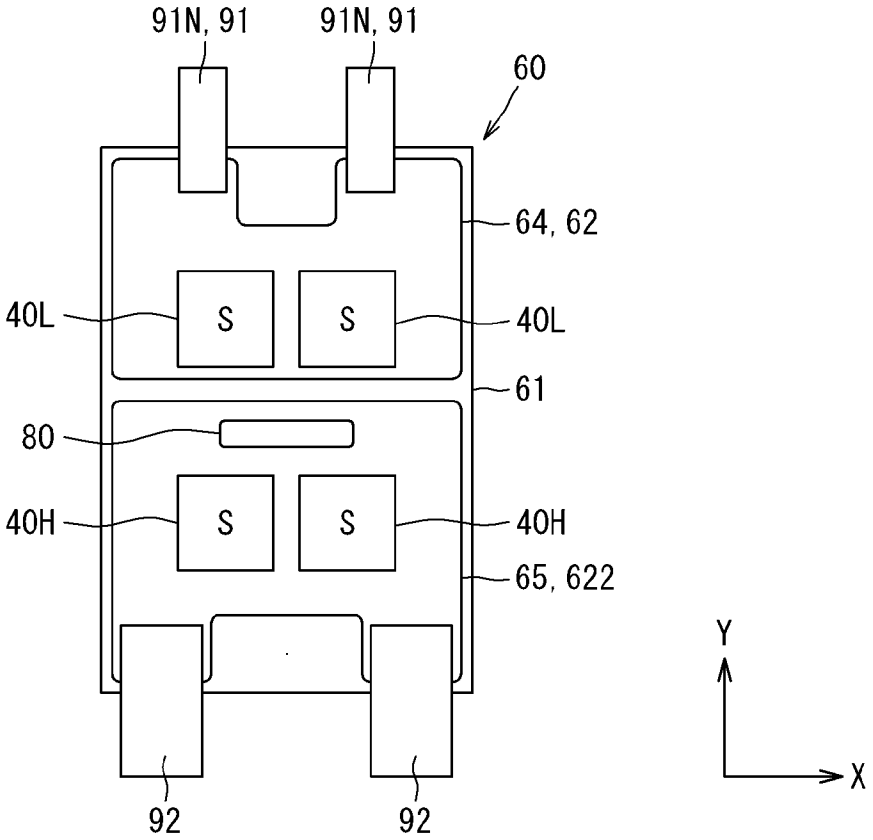
[図23]

図23



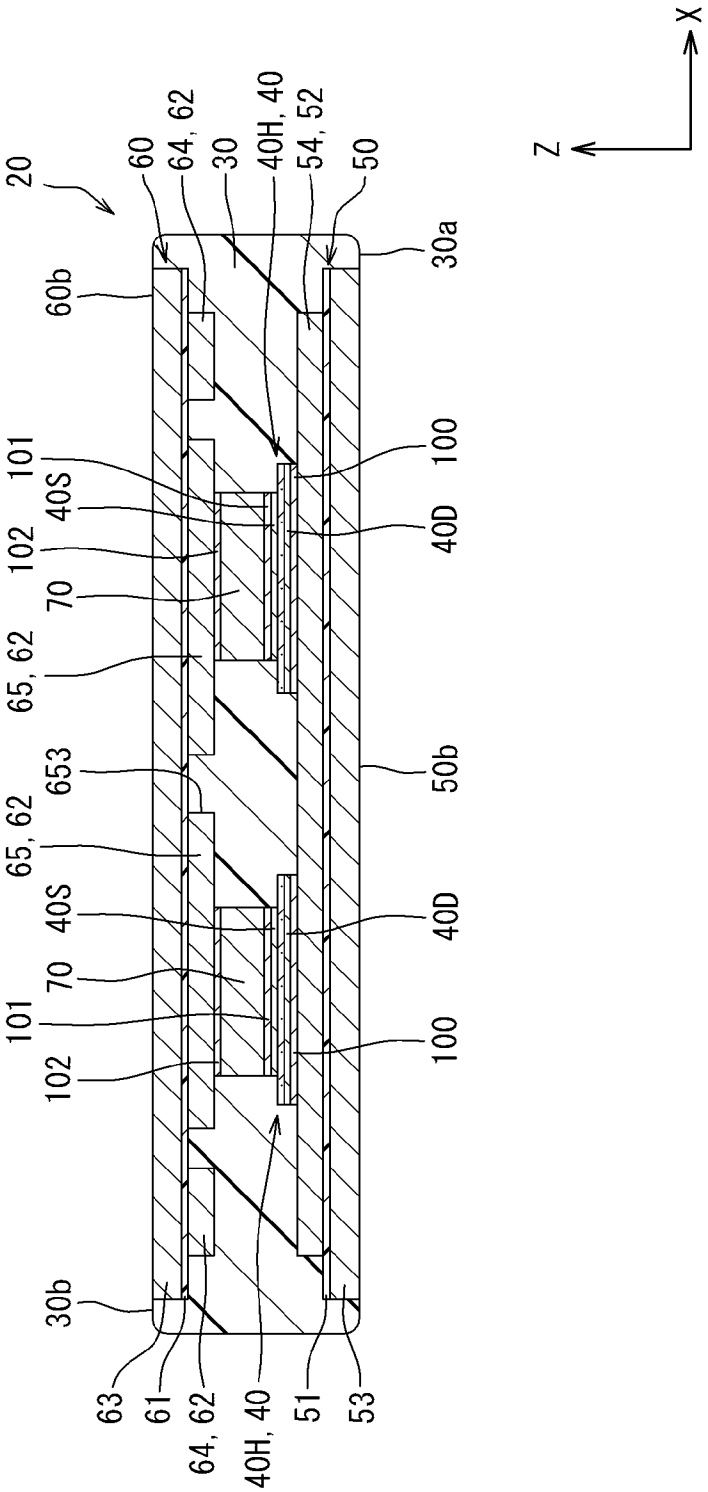
[図24]

図24



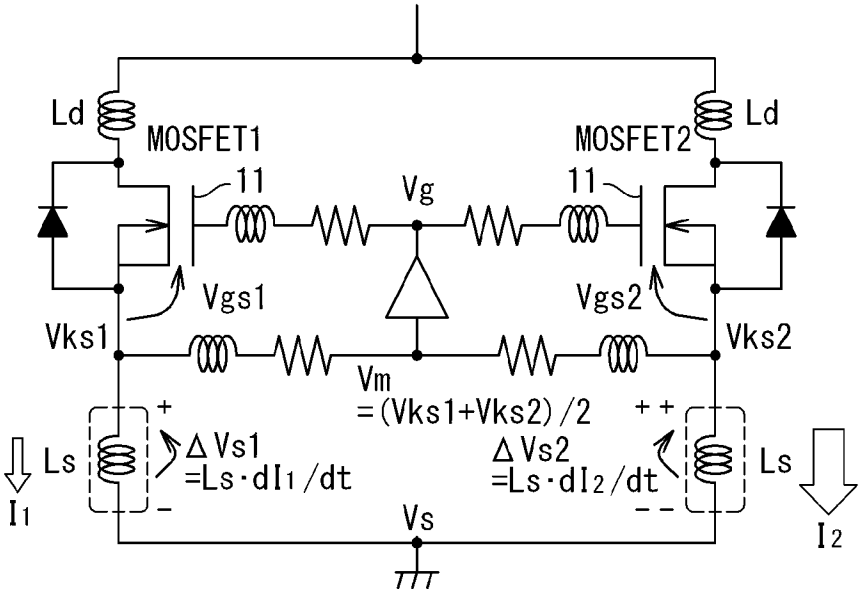
[図25]

図25


20
60
64, 62
30
40H, 40
54, 52
50
30a
60b
101
40S
102
70
65, 62
653
65, 62
40S
70
101
102
30b
63
61
64, 62
40H, 40
51
53
100
40D
50b
40D
100
X
Z

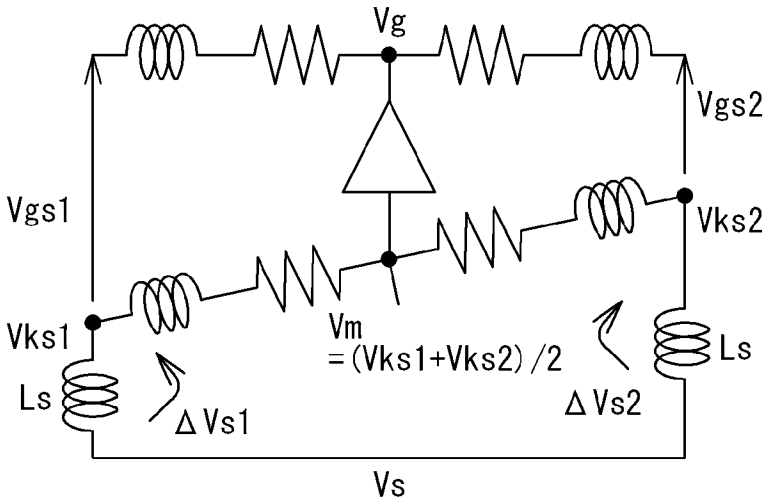
[図26]

図26



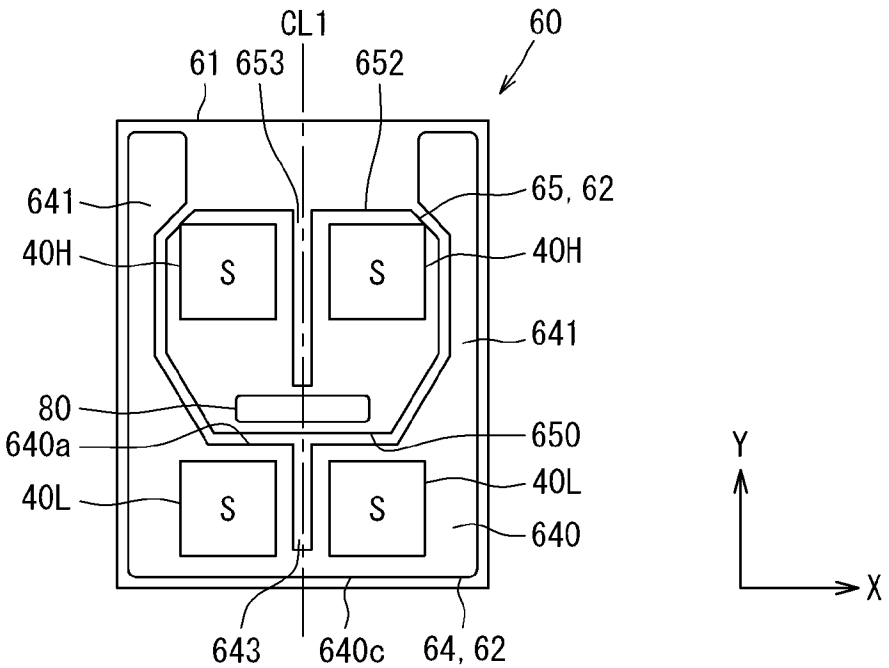
[図27]

図27



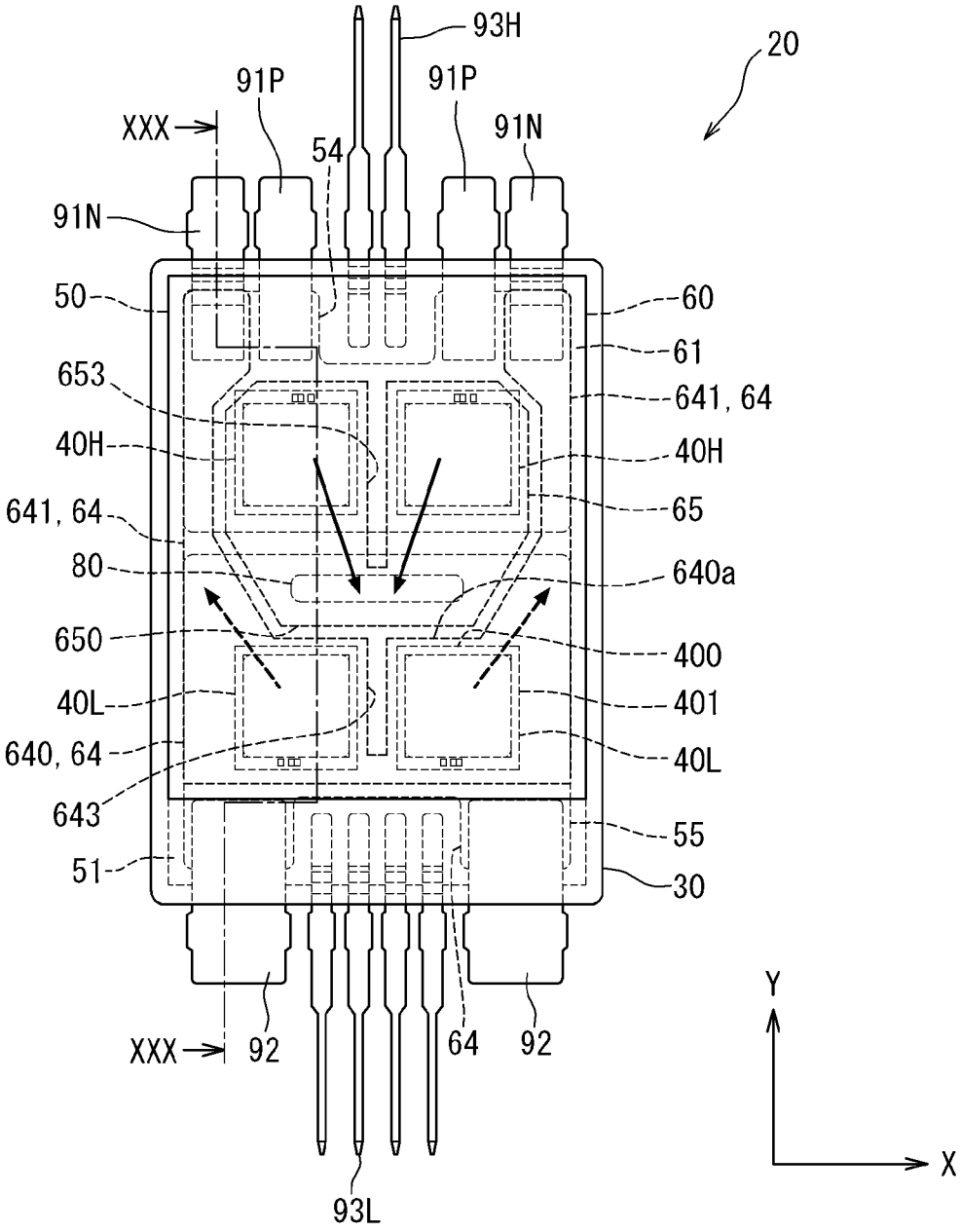
[図28]

図28



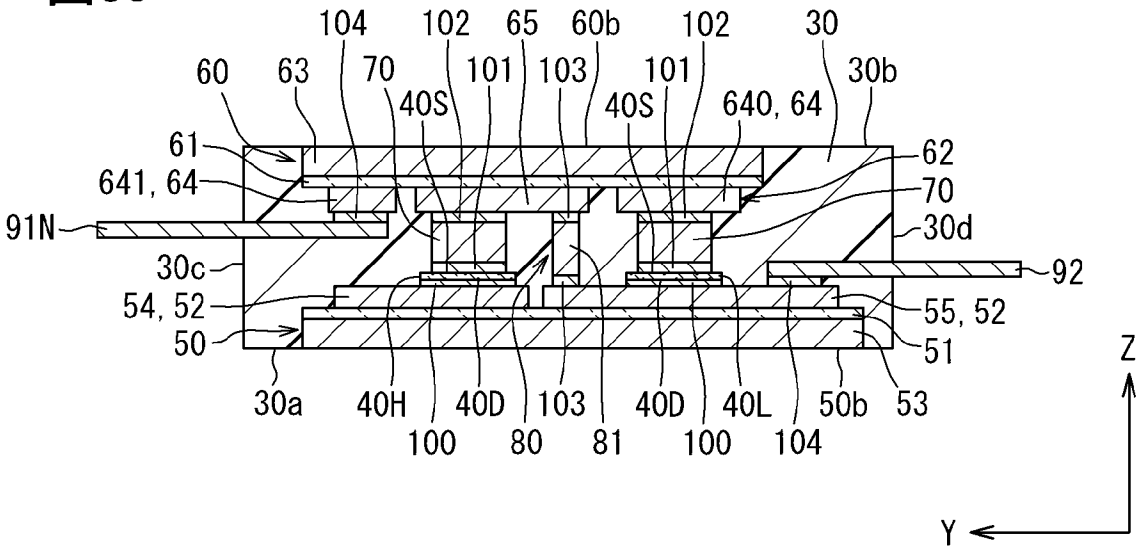
[図29]

図29


93H
20
91P
91P
XXX
54
91N
91N
50
60
61
653
641, 64
40H
40H
641, 64
65
80
640a
650
400
40L
401
640, 64
40L
643
55
51
30
XXX
92
64
92
Y
X
93L

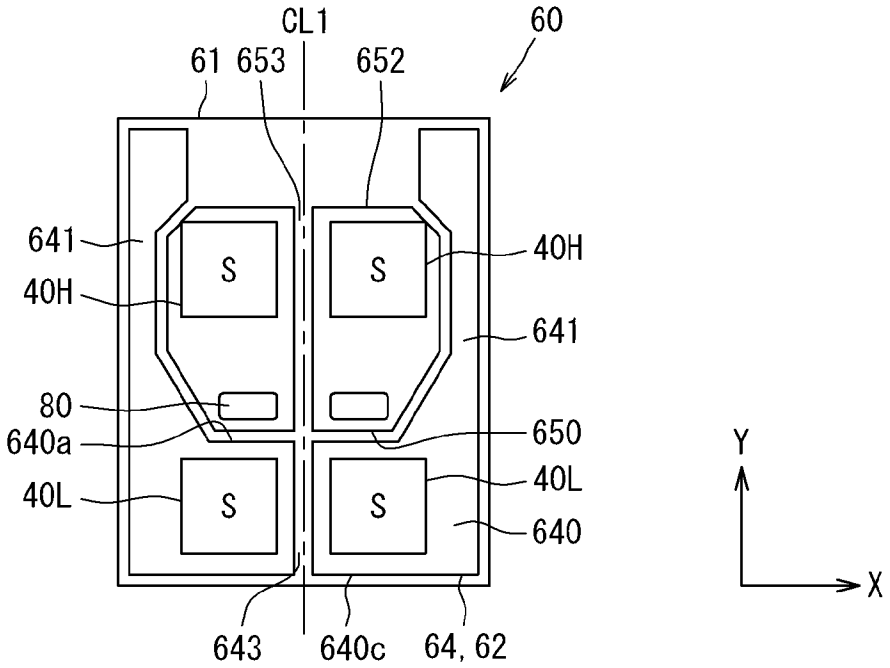
[図30]

図30



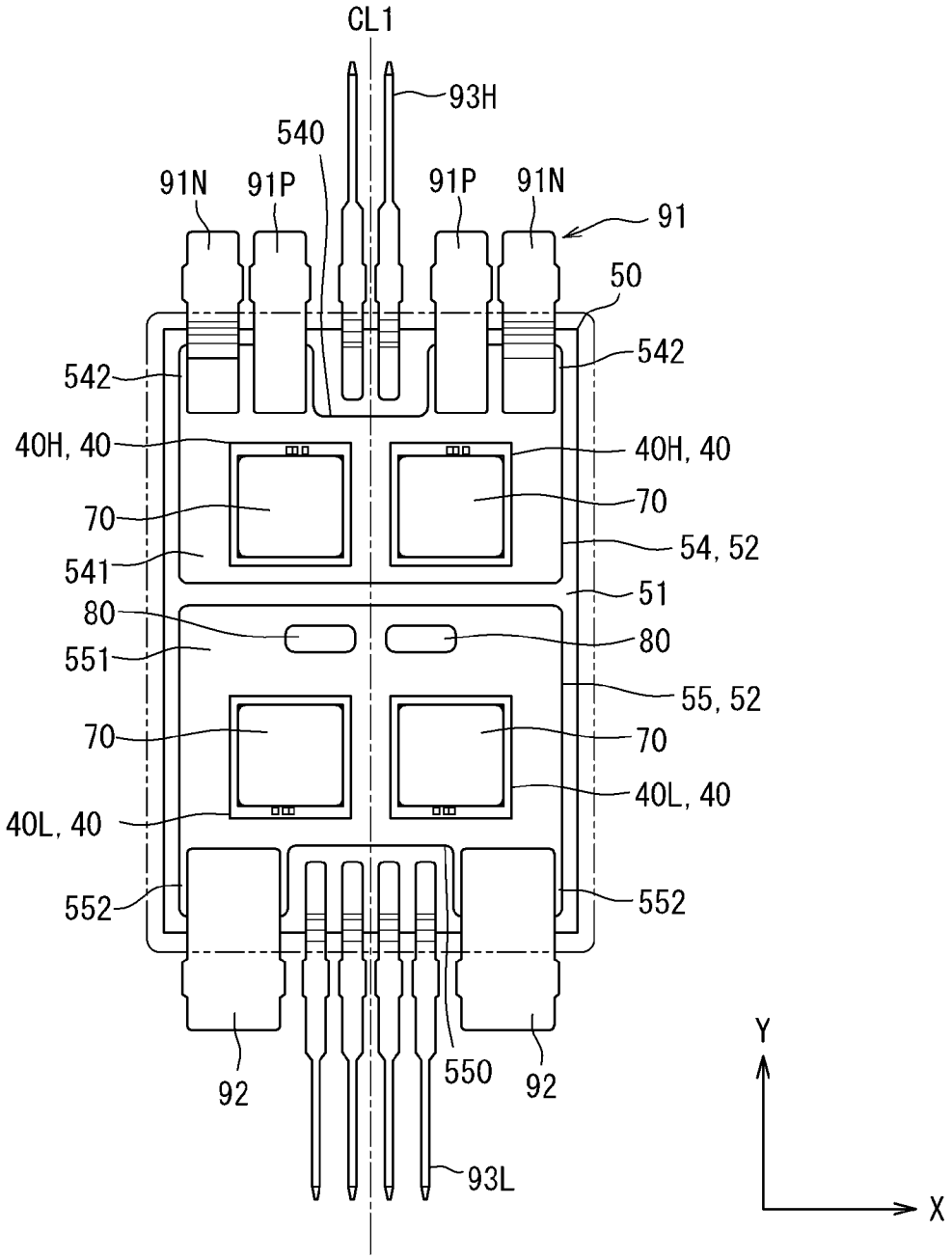
[図31]

図31



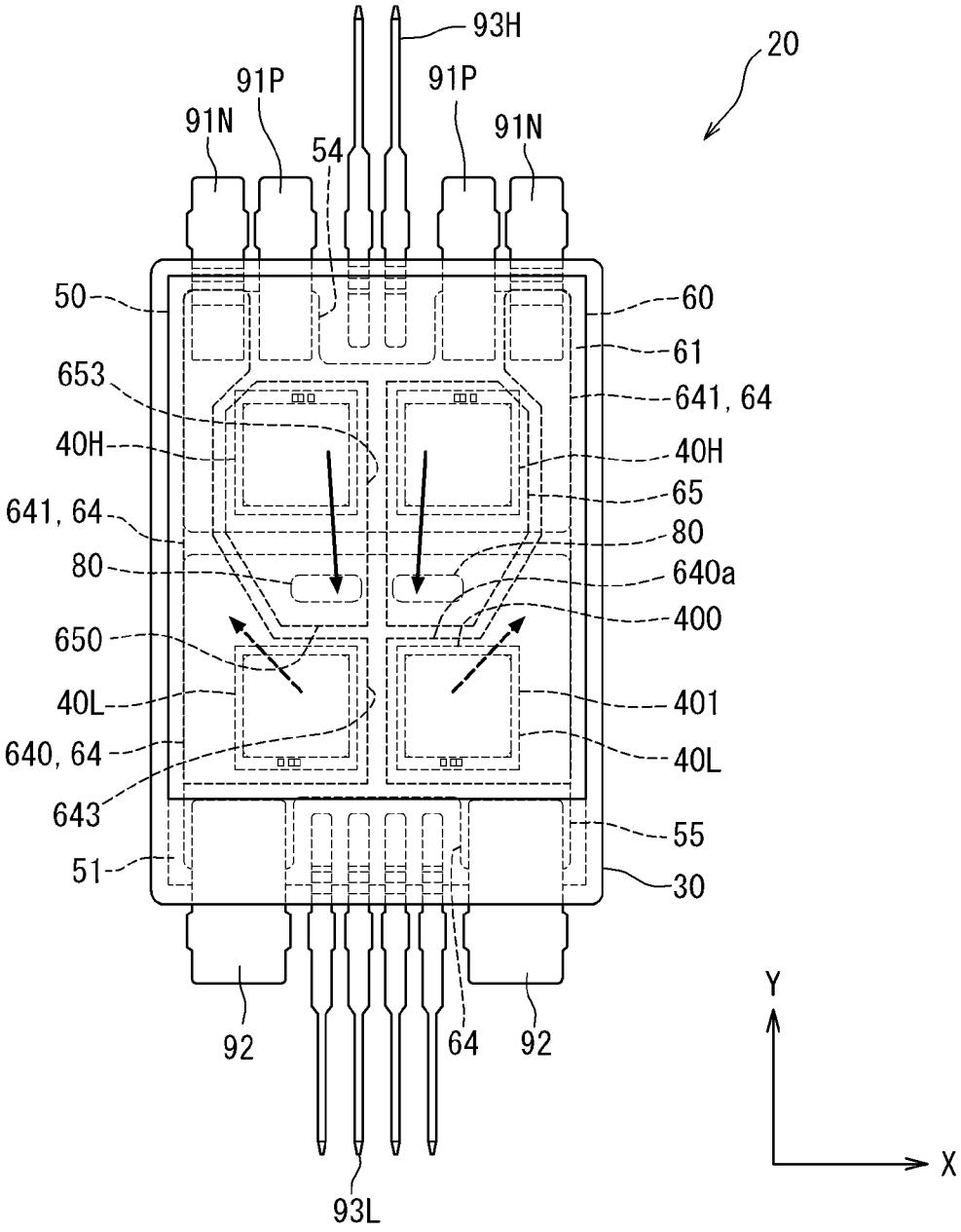
[図32]

図32


CL1
93H
540
91N
91P
91P
91N
91
50
542
542
40H, 40
40H, 40
70
70
54, 52
541
51
80
80
551
55, 52
70
70
40L, 40
40L, 40
552
552
92
550
92
93L
Y
X

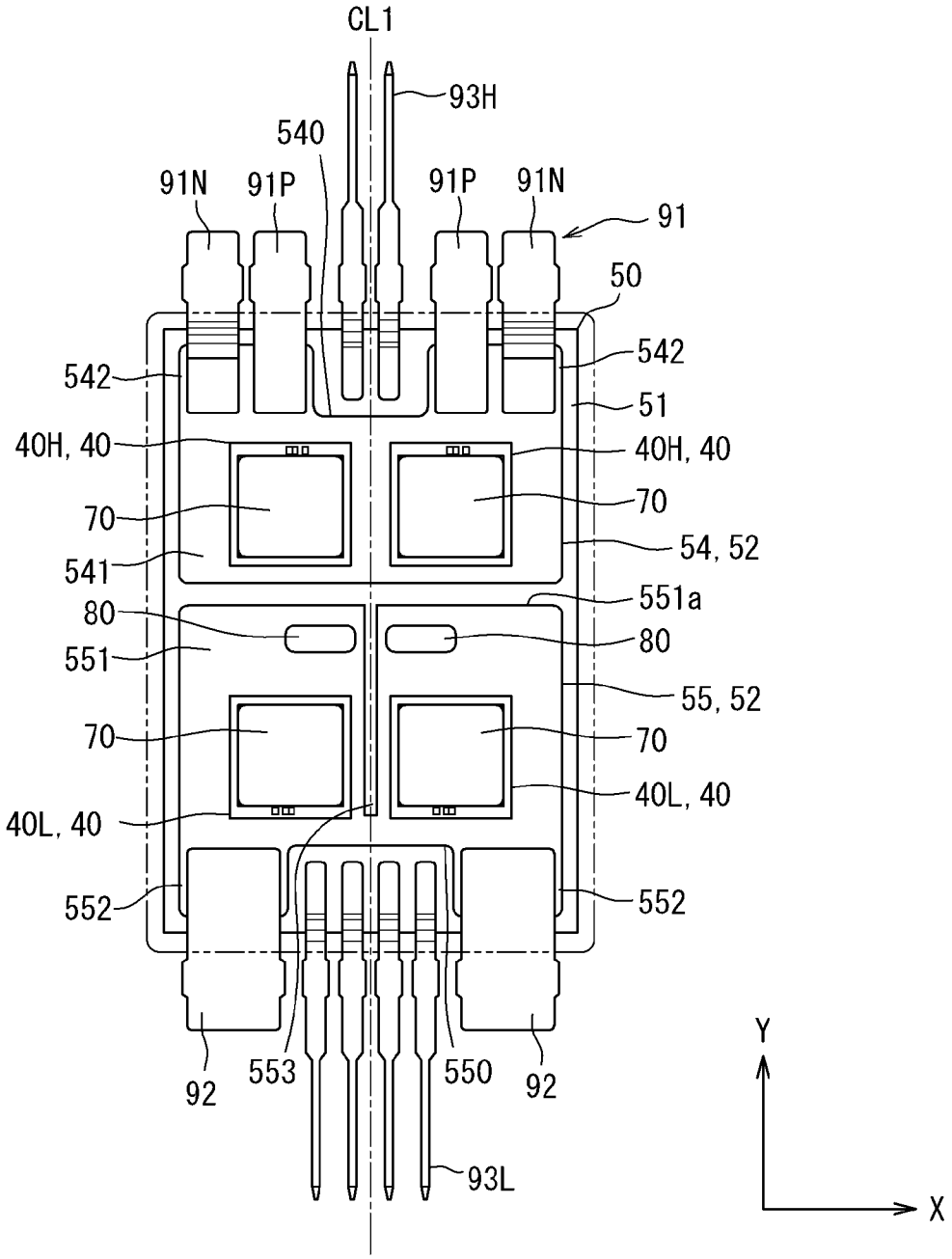
[図33]

図33


93H
20
91P
91P
91N
91N
54
50
60
61
653
641, 64
40H
40H
65
641, 64
80
80
640a
400
650
40L
401
640, 64
40L
643
55
51
30
92
64
92
93L
Y
X

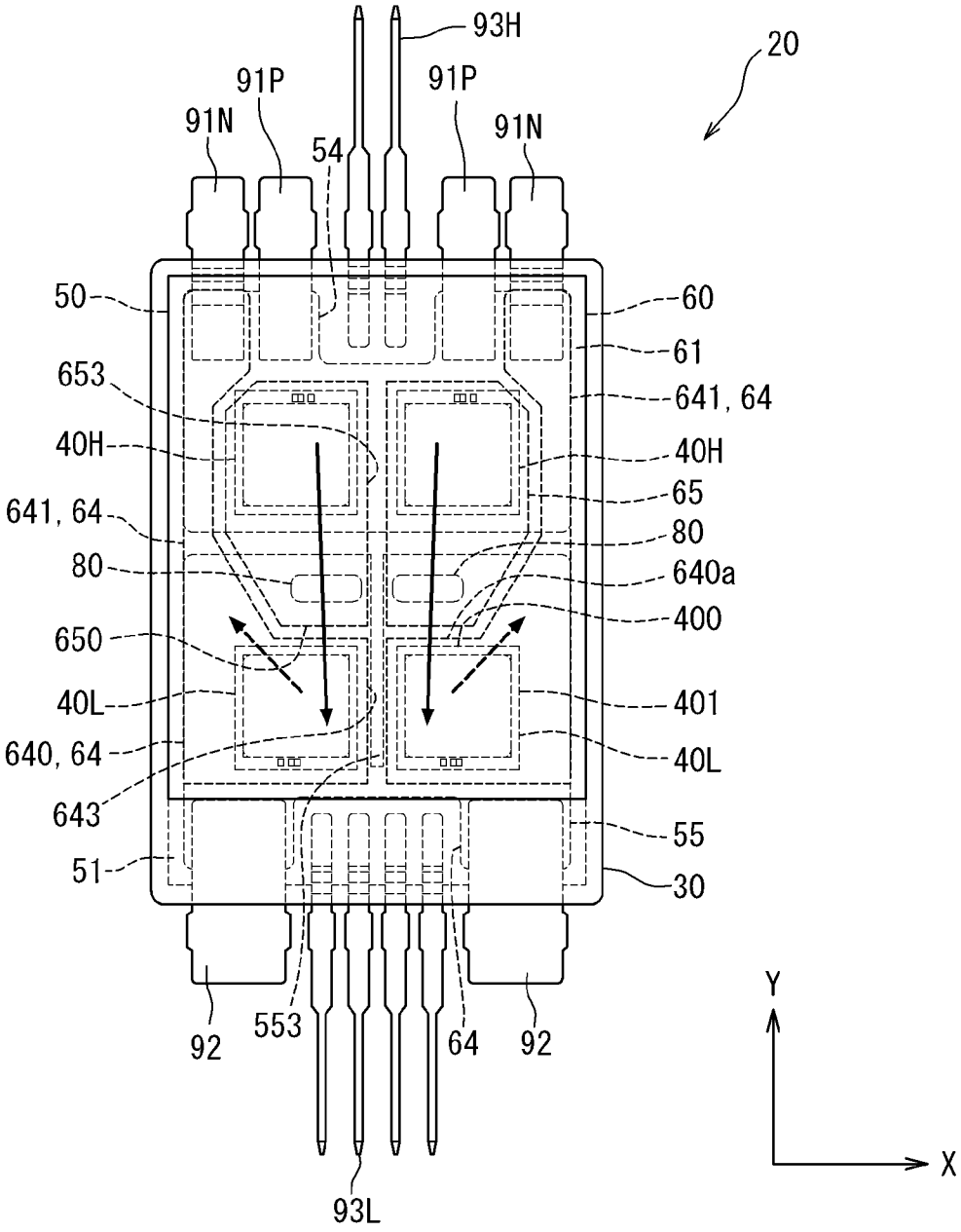
[図34]

図34


CL1
93H
540
91N
91P
91P
91N
91
50
542
542
51
40H, 40
40H, 40
70
70
54, 52
541
551a
80
80
551
55, 52
70
70
40L, 40
40L, 40
552
552
92
553
550
92
93L
Y
X

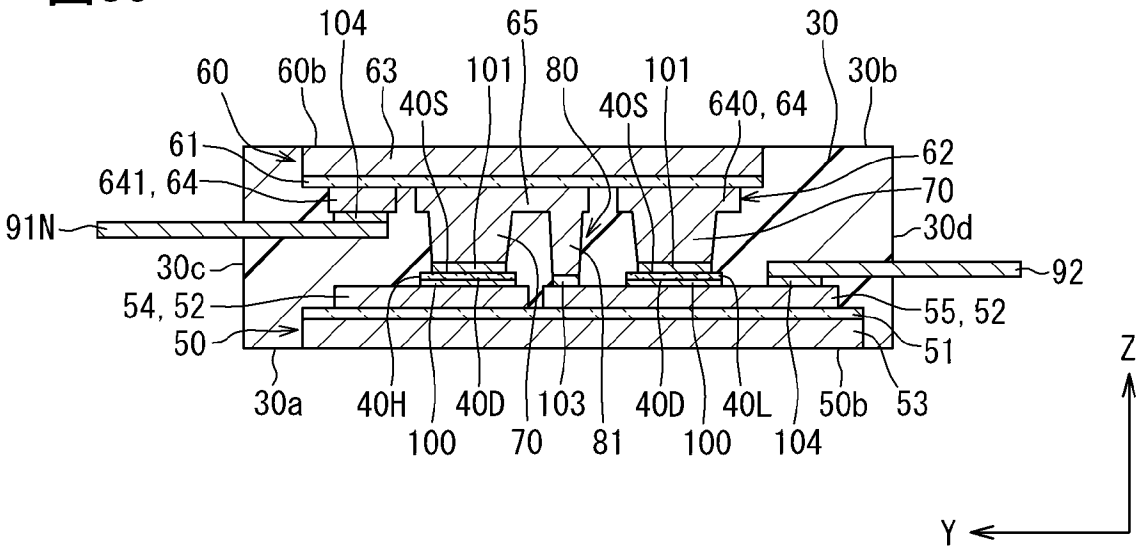
[図35]

図35


93H
20
91P
91P
91N
91N
54
50
60
61
653
641, 64
40H
40H
65
641, 64
80
80
640a
400
650
40L
401
640, 64
40L
643
55
51
30
92
553
64
92
93L
Y
X

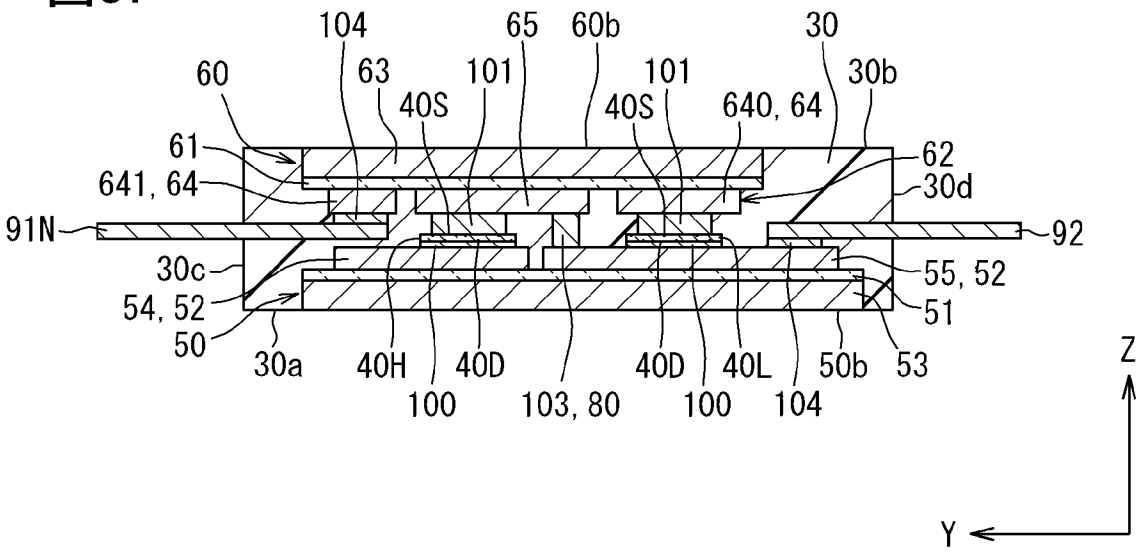
[図36]

図36



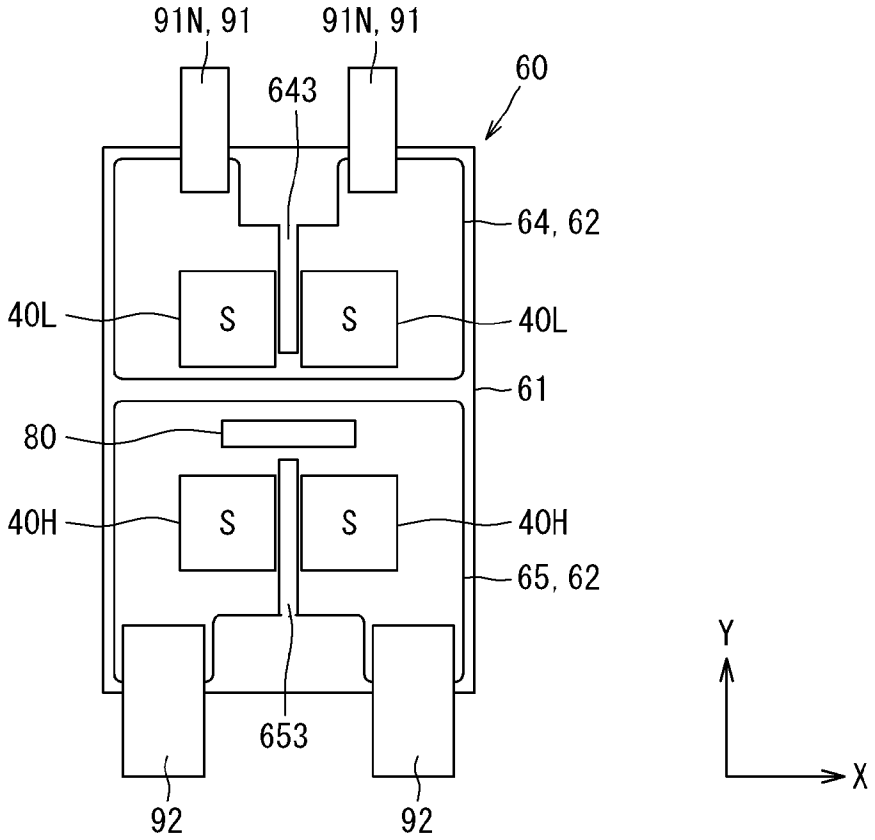
[図37]

図37



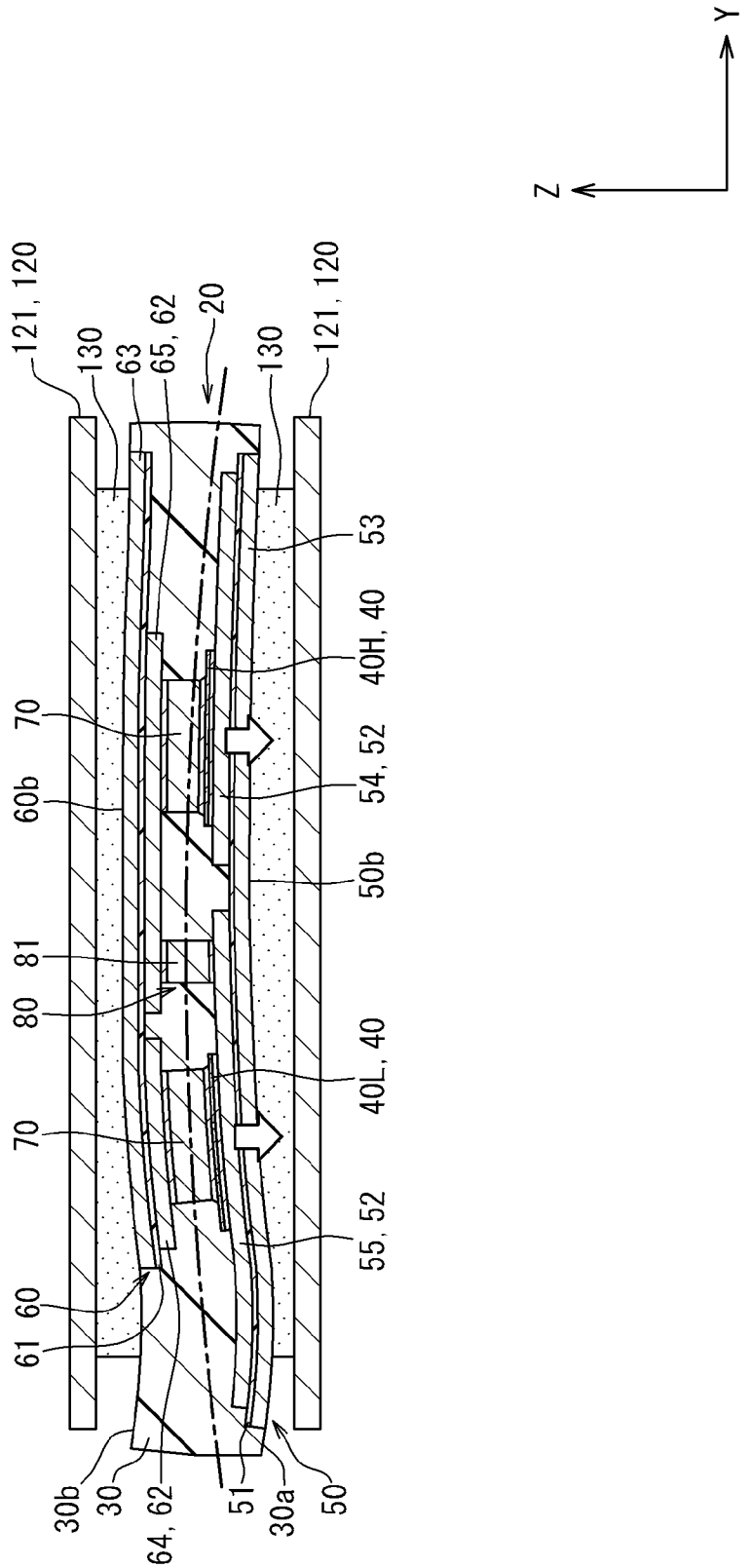
[図38]

図38


91N, 91
91N, 91
643
60
64, 62
40L
S
S
40L
61
80
40H
S
S
40H
65, 62
653
92
92
Y
X

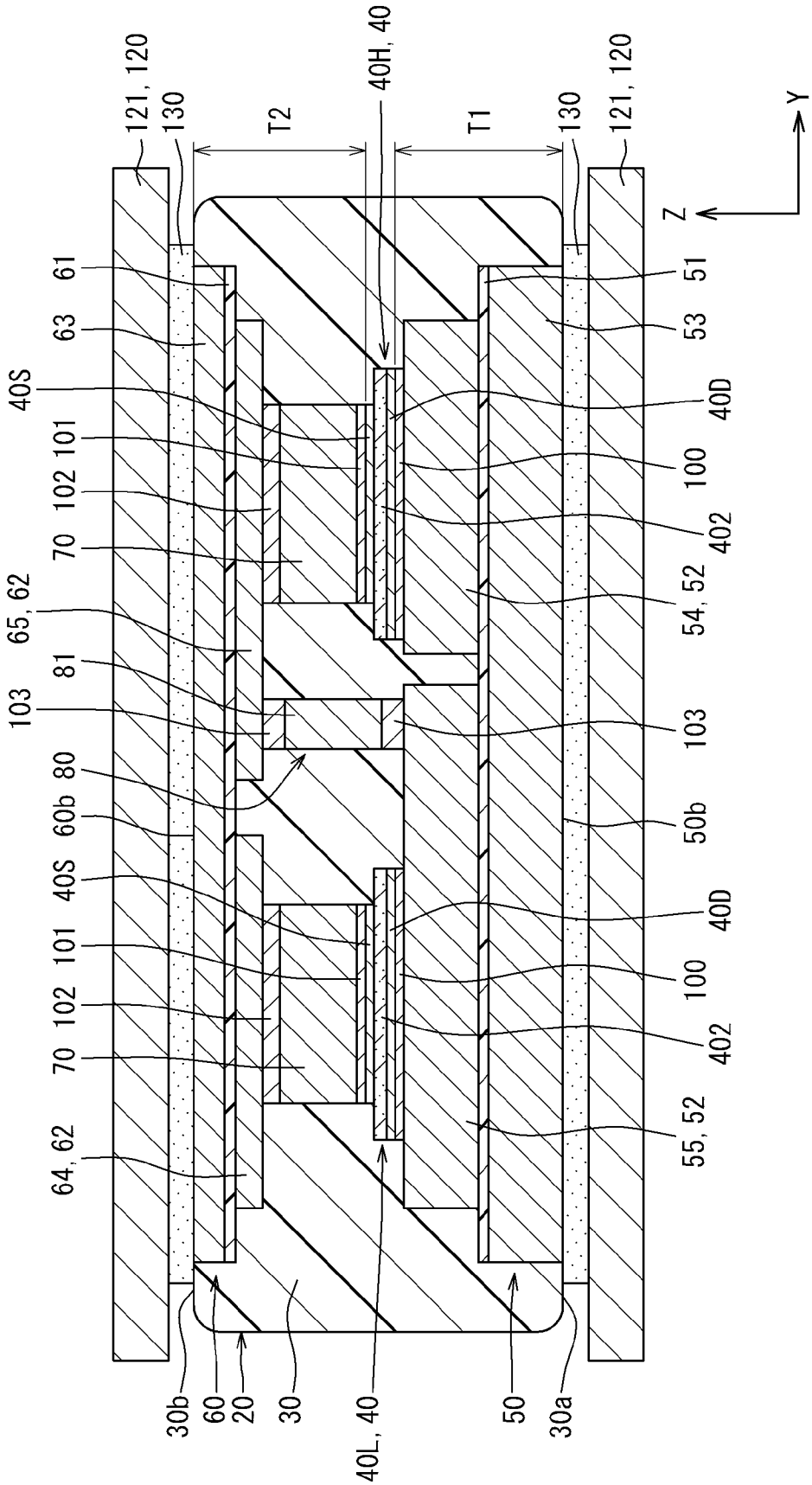
[図39]

図39


Y
Z
121, 120
130
63
65, 62
20
130
121, 120
53
40H, 40
54, 52
50b
40L, 40
55, 52
70
60b
81
80
70
60
61
30b
30
64, 62
51
30a
50

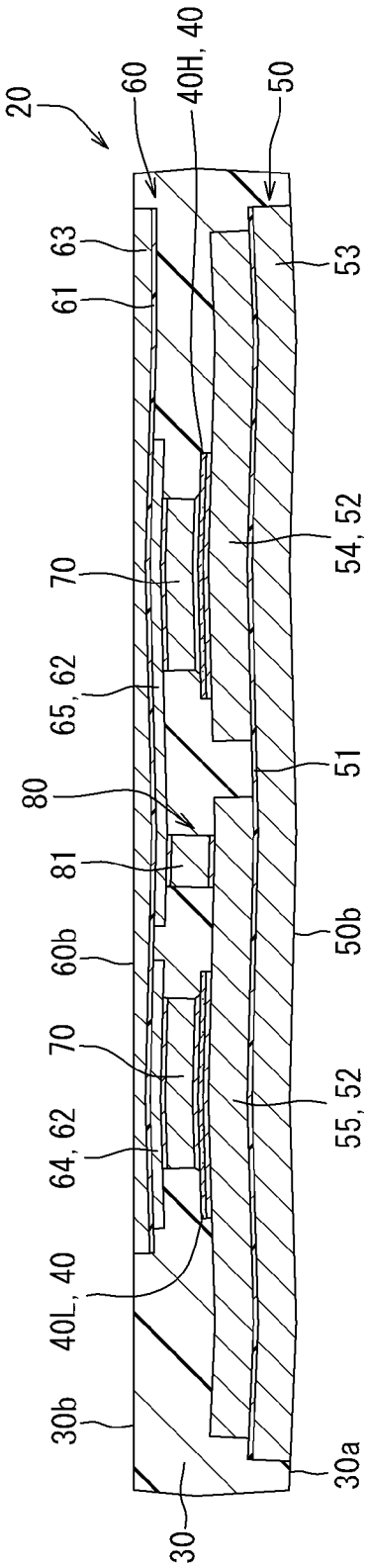
[図40]

図40


121, 120
130
T2
40H, 40
T1
130
121, 120
Y
Z
61
63
40S
101
102
70
65, 62
81
103
80
60b
40S
101
102
70
64, 62
51
53
40D
100
402
54, 52
103
50b
40D
100
402
55, 52
30b
60
20
30
40L, 40
50
30a

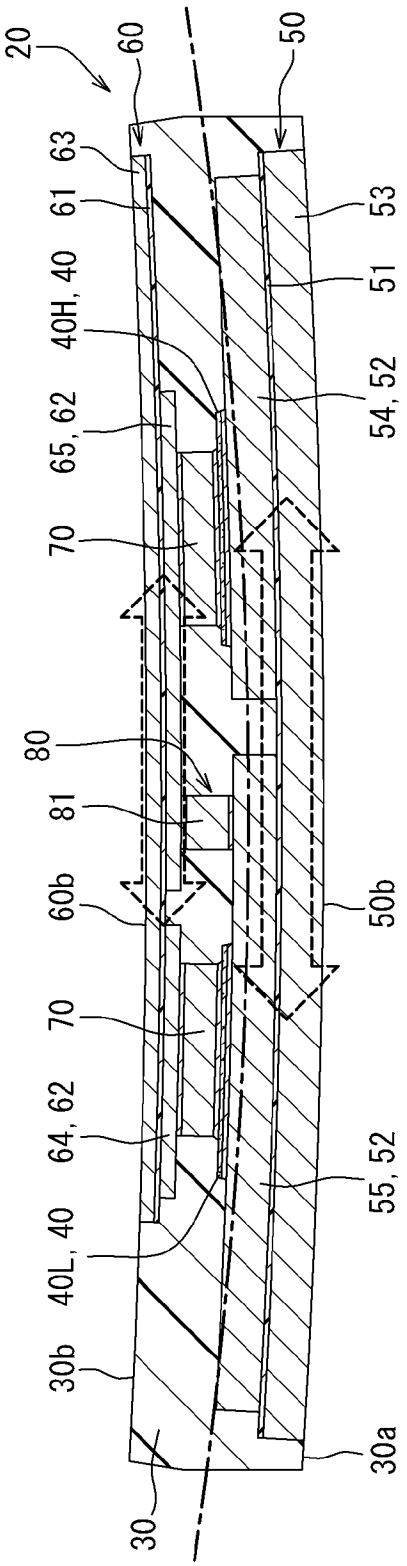
[図41]

図41


20
60
40H, 40
50
63
61
53
70
54, 52
65, 62
51
80
81
60b
50b
70
55, 52
64, 62
40L, 40
30b
30a
30

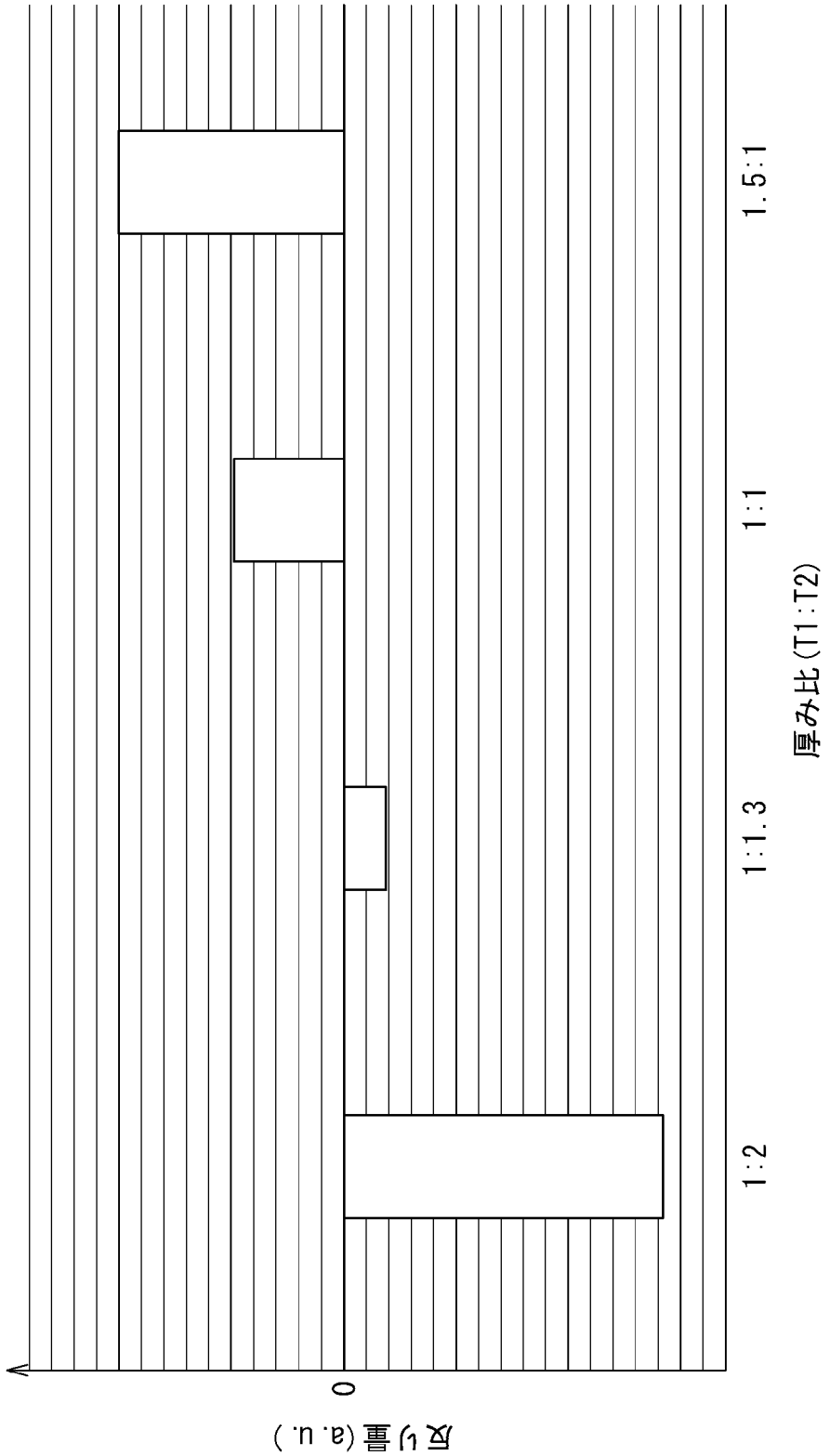
[図42]

図42


20
60
50
63
61
53
40
51
40H
54, 52
65, 62
70
80
81
60b
50b
70
64, 62
55, 52
40
40L
30b
30a
30

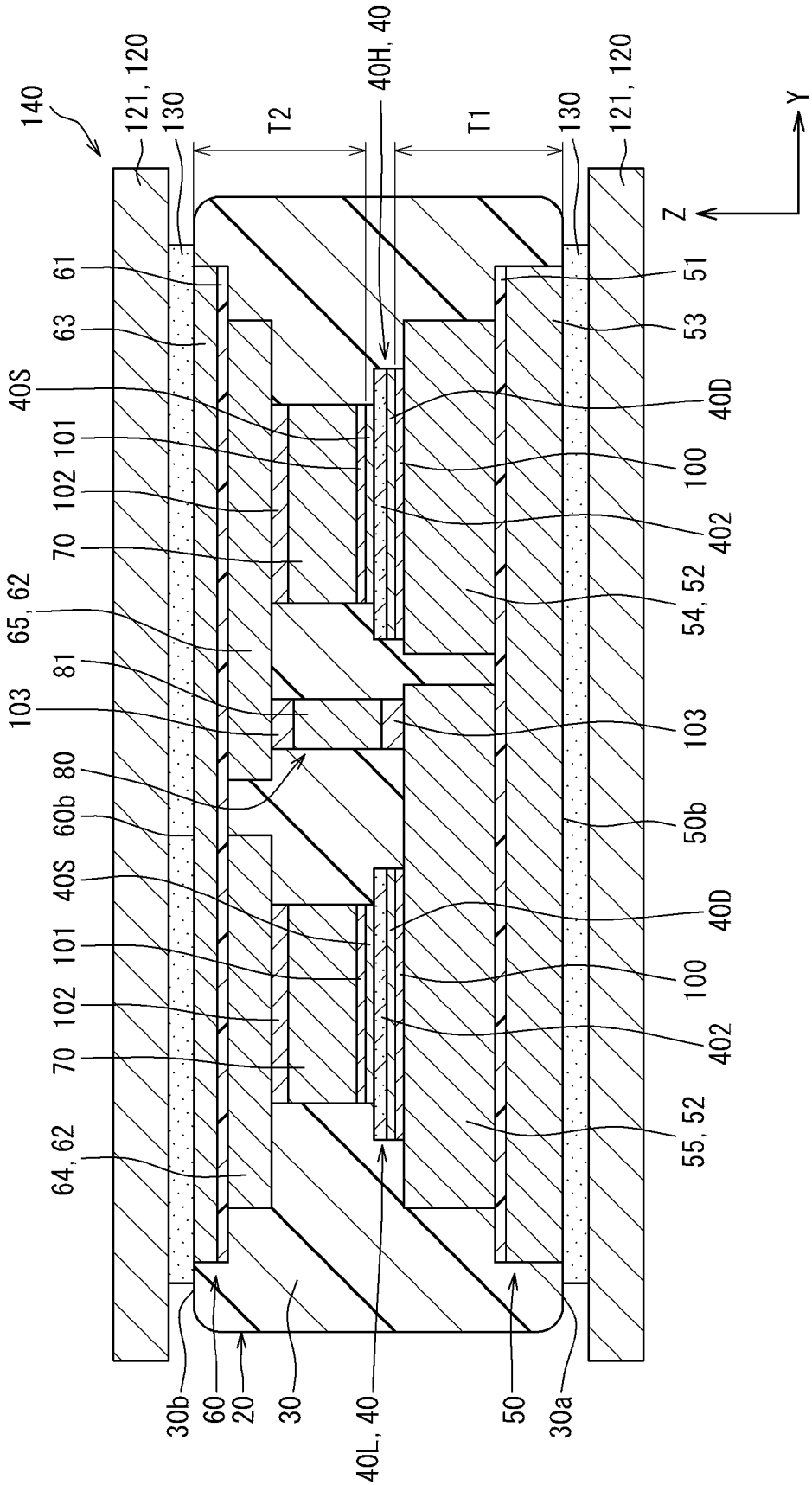
[図43]

図43



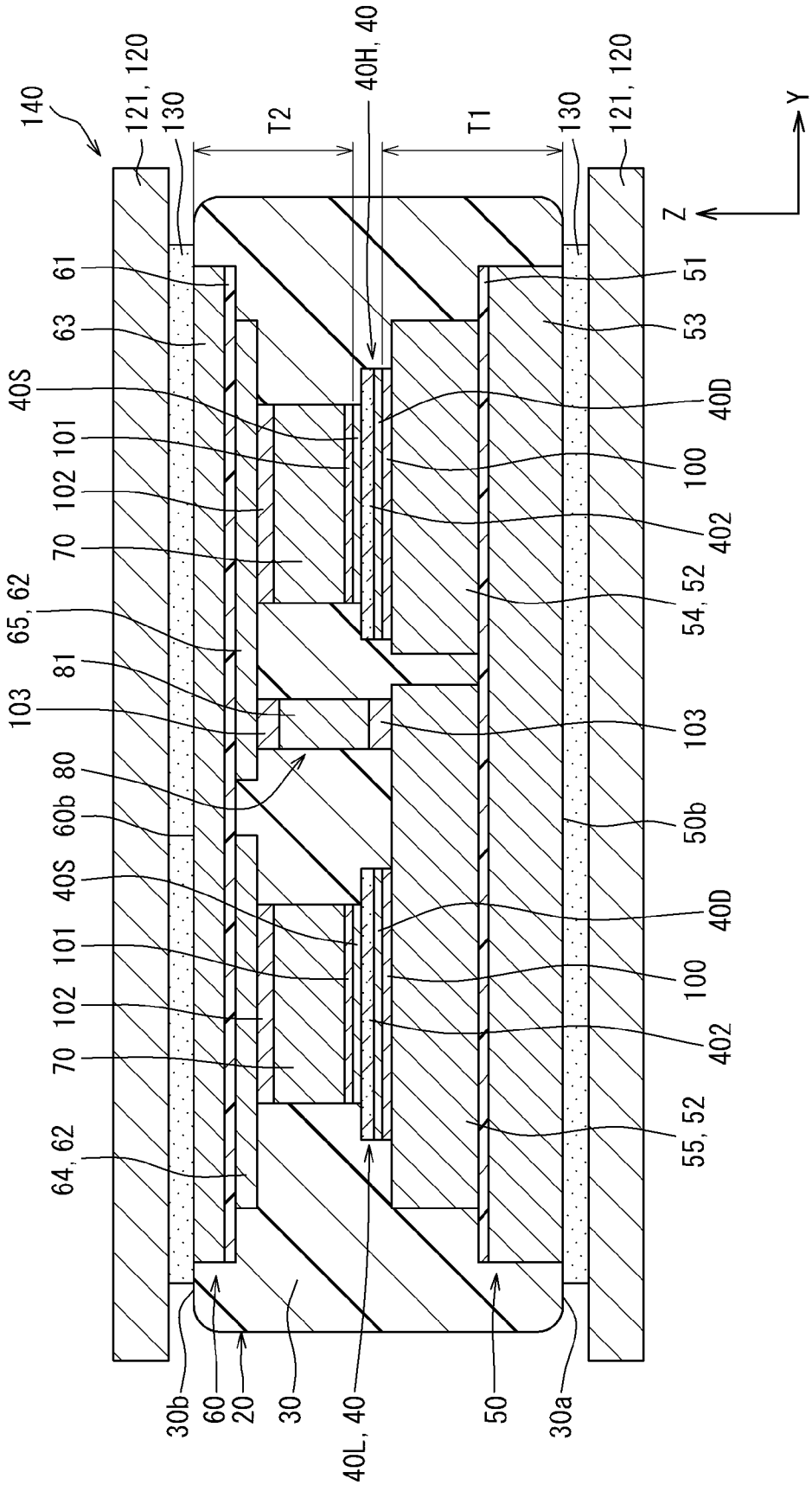
[図44]

図44


140
121, 120
130
T2
40H, 40
T1
130
121, 120
Y
Z
61
63
40S
101
102
70
65, 62
81
103
80
60b
40S
101
102
70
64, 62
51
53
40D
100
402
54, 52
103
50b
40D
100
402
55, 52
30b
60
20
30
40L, 40
50
30a

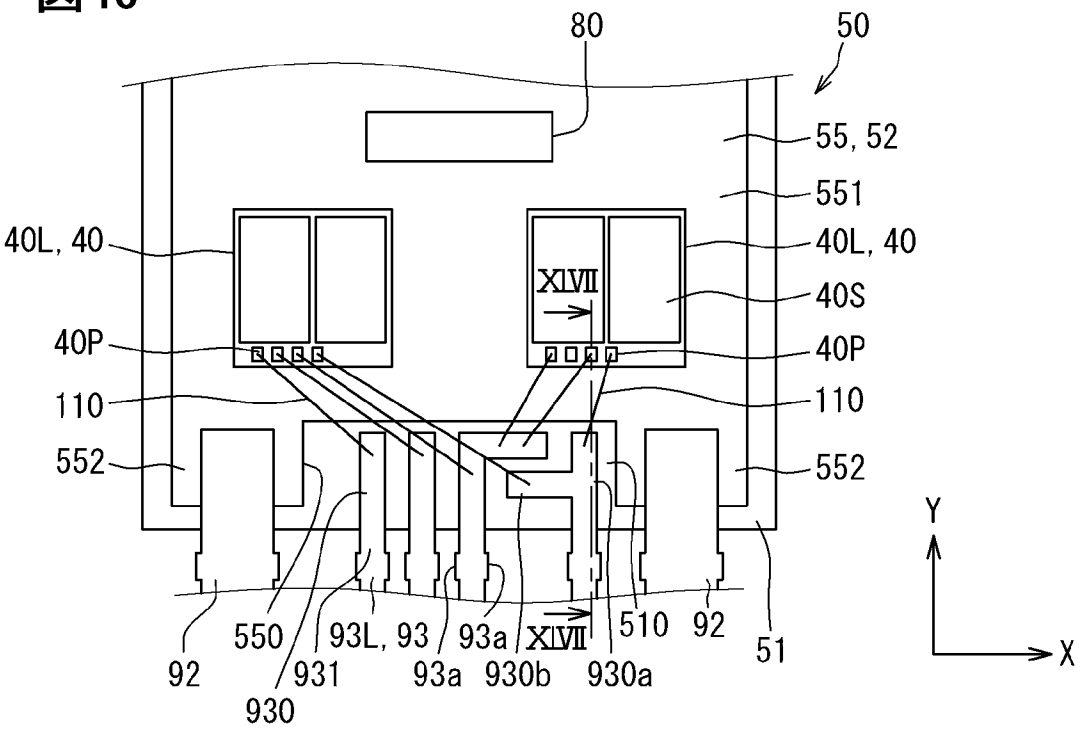
[図45]

図45


140
121, 120
130
T2
40H, 40
T1
130
121, 120
Y
Z
61
63
40S
101
102
70
65, 62
81
103
80
60b
40S
101
102
70
64, 62
51
53
40D
100
402
54, 52
103
50b
40D
100
402
55, 52
30b
60
20
30
40L, 40
50
30a

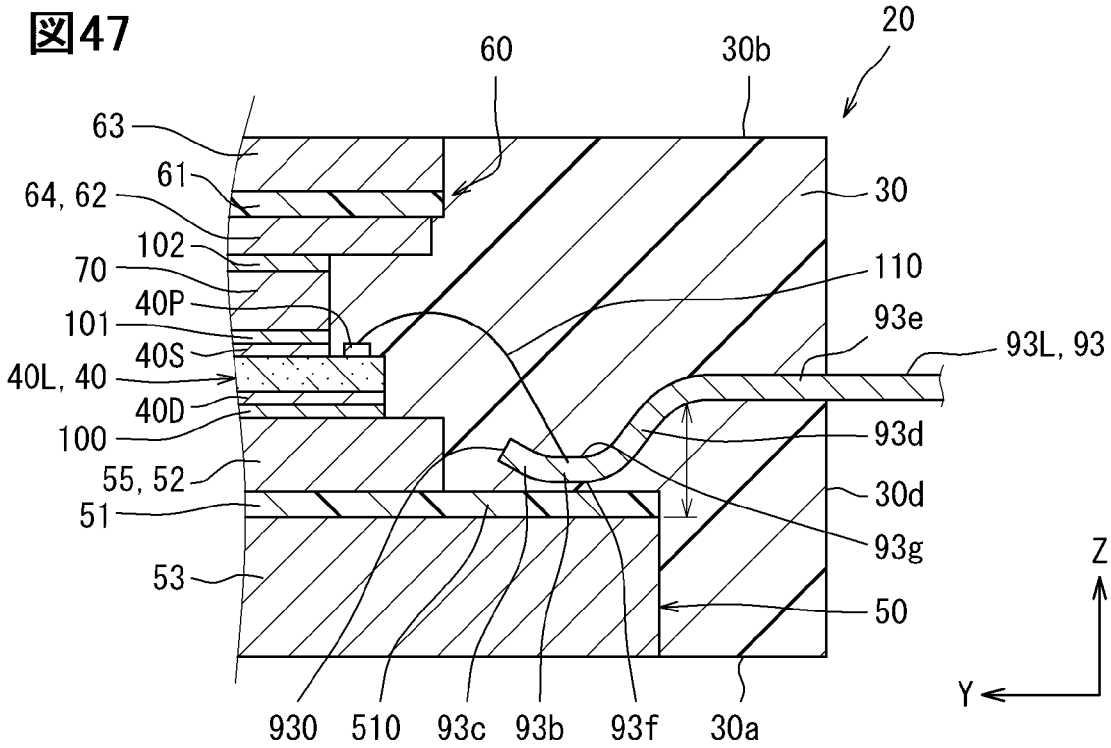
[図46]

図46



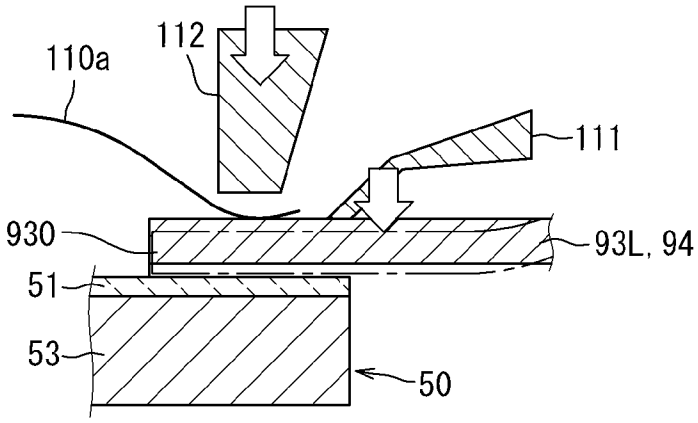
[図47]

図47



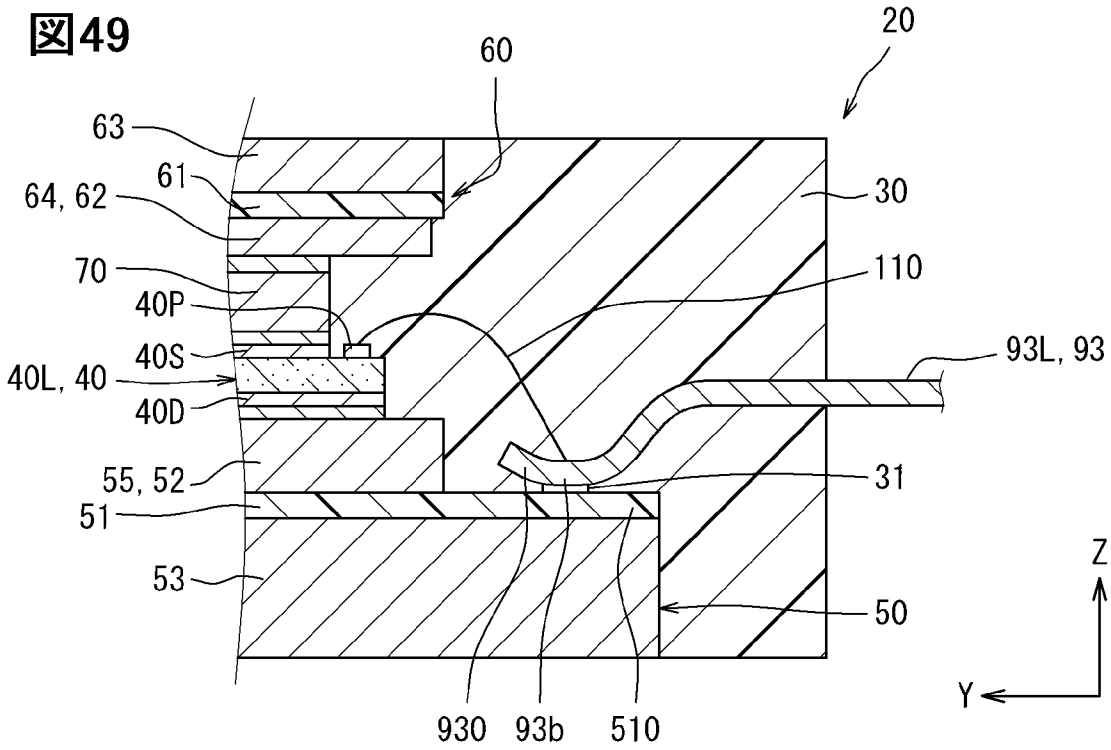
[図48]

図48



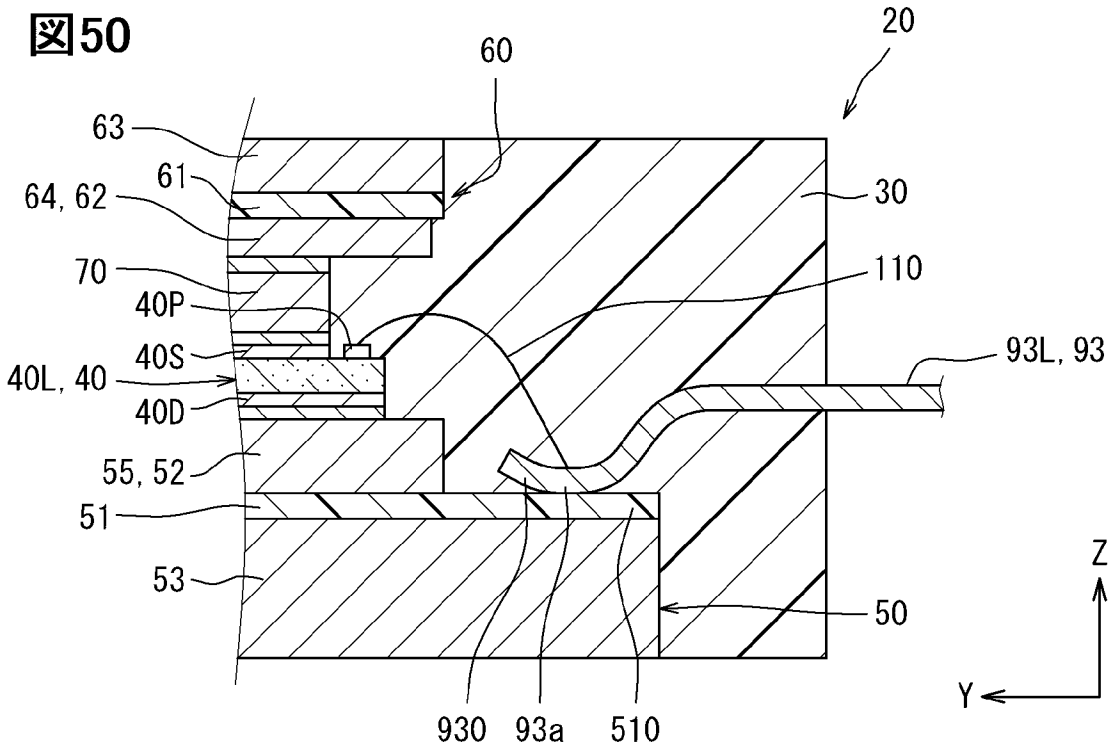
[図49]

図49



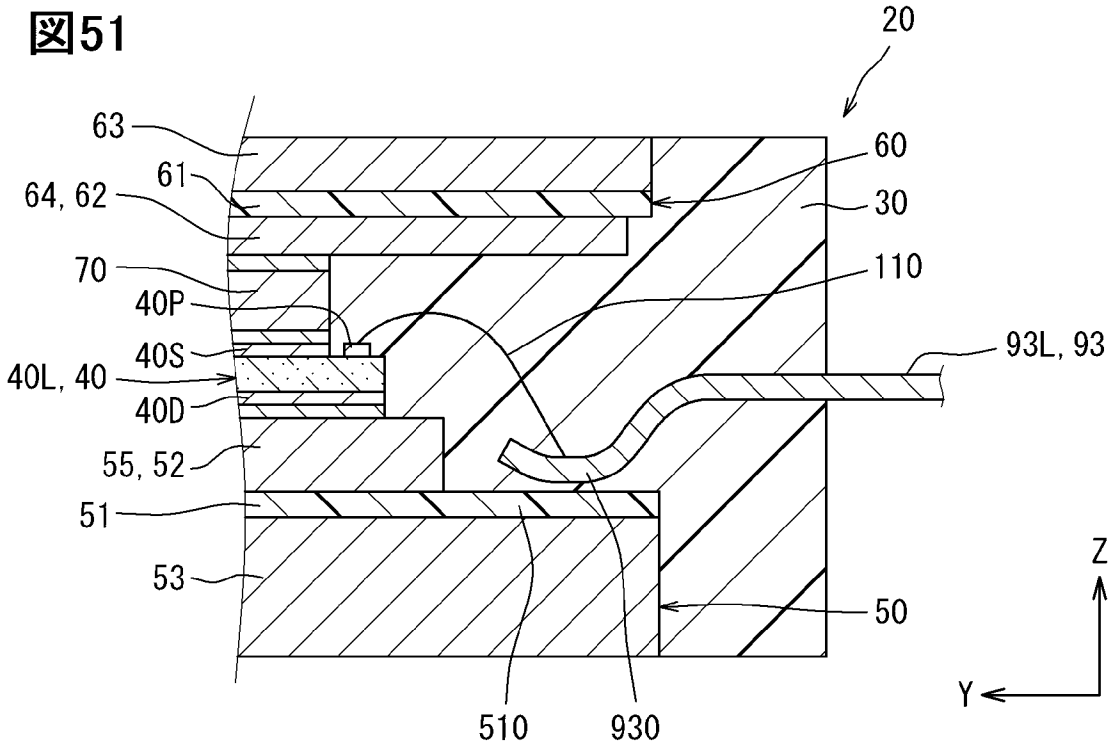
[図50]

図50



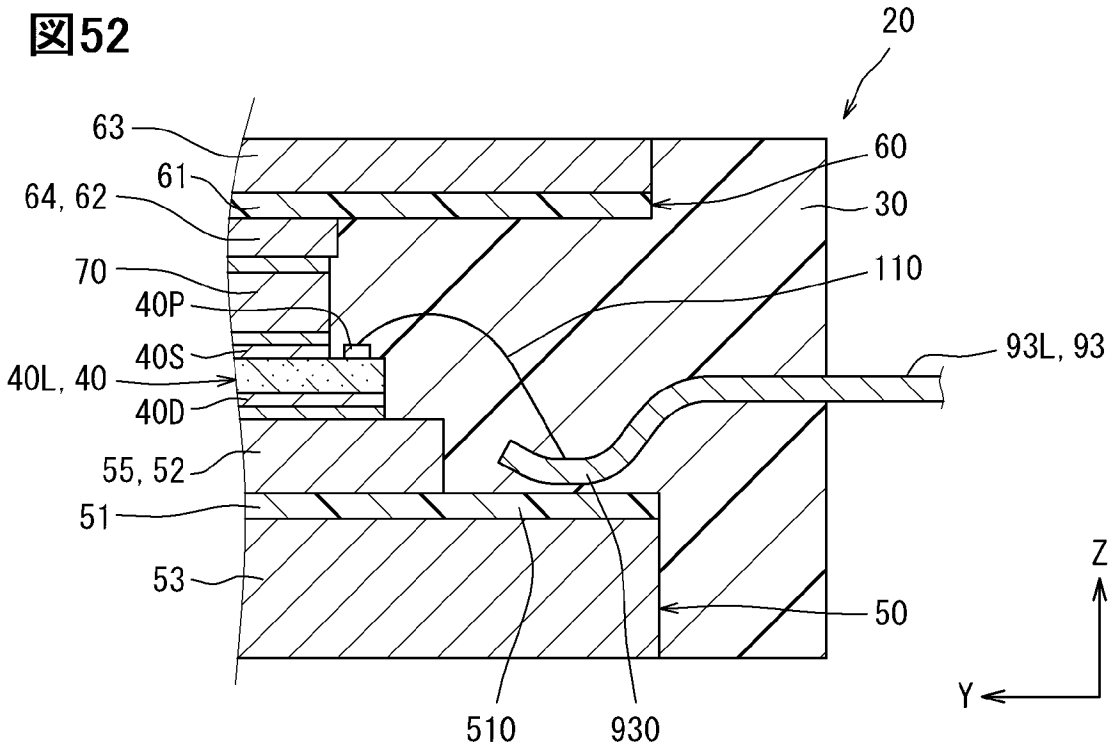
[図51]

図51



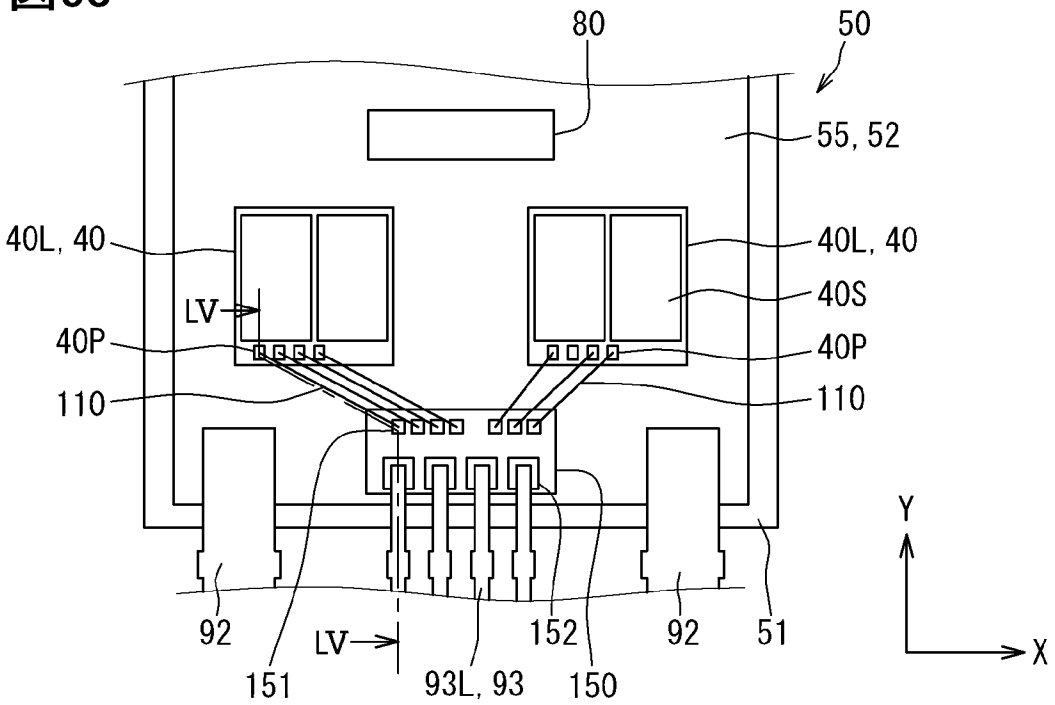
[図52]

図52



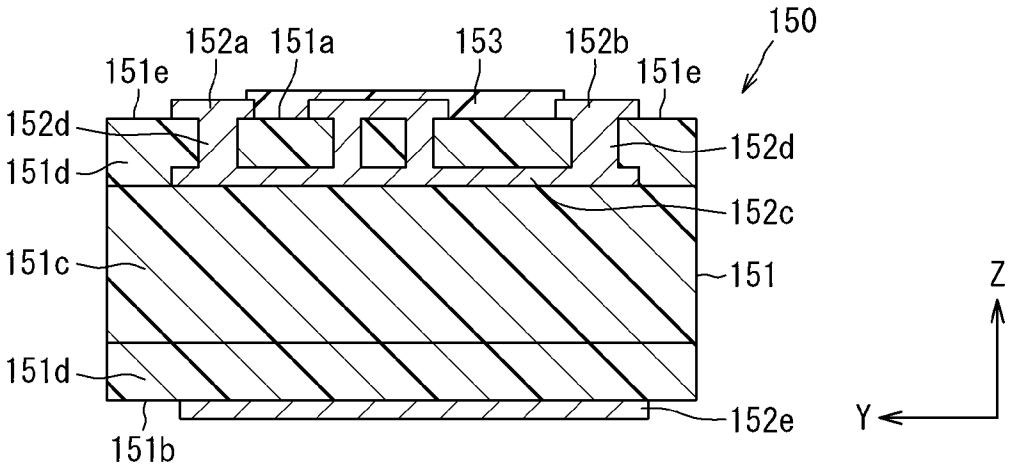
[図53]

図53



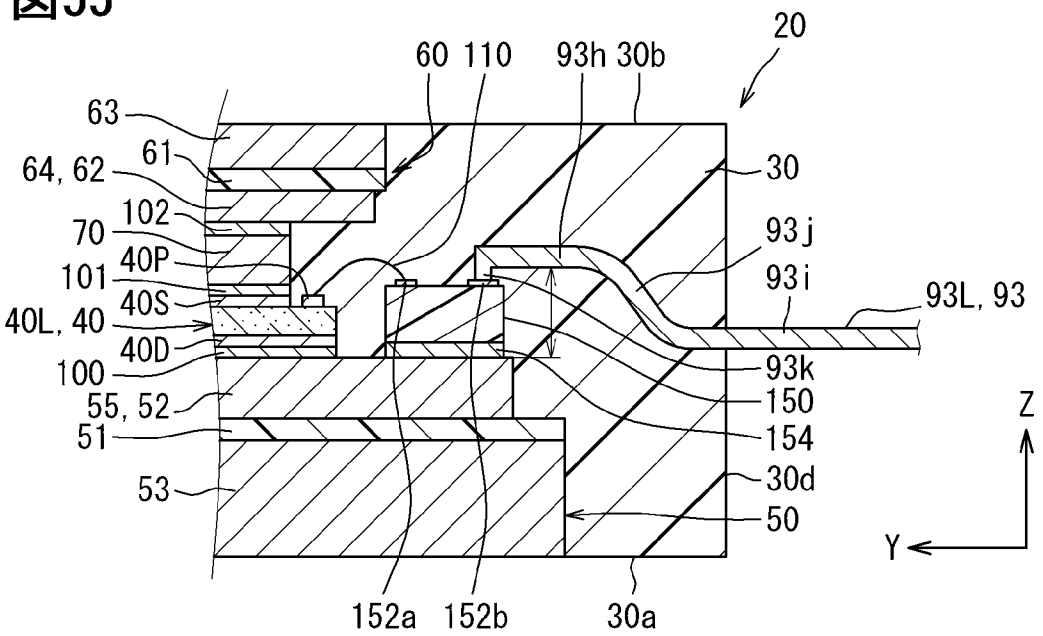
[図54]

図54



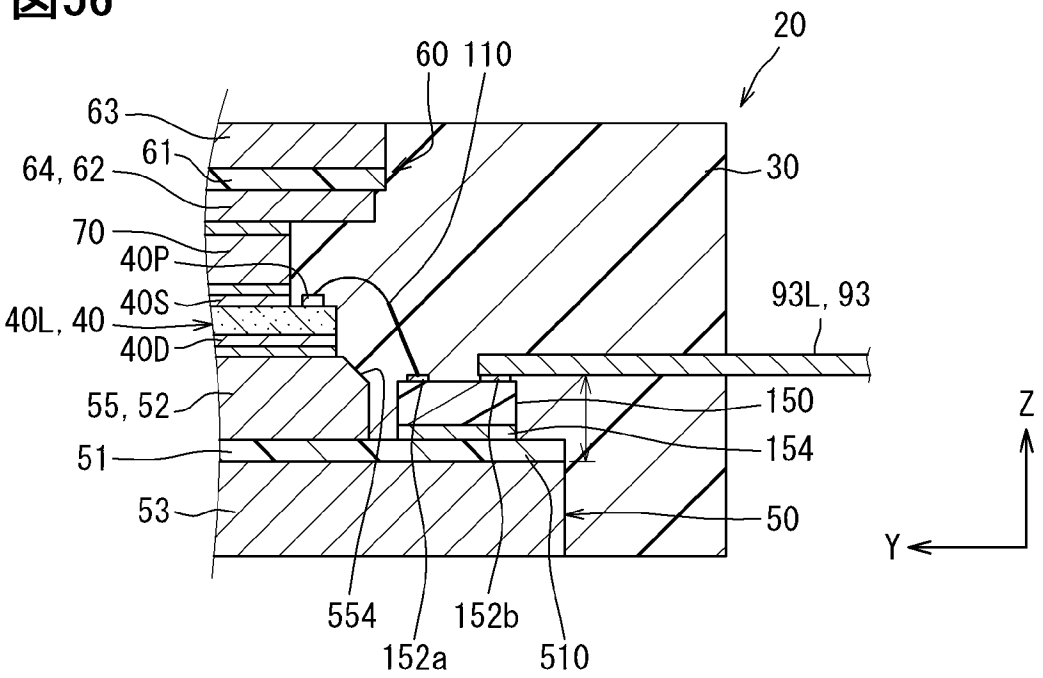
[図55]

図55



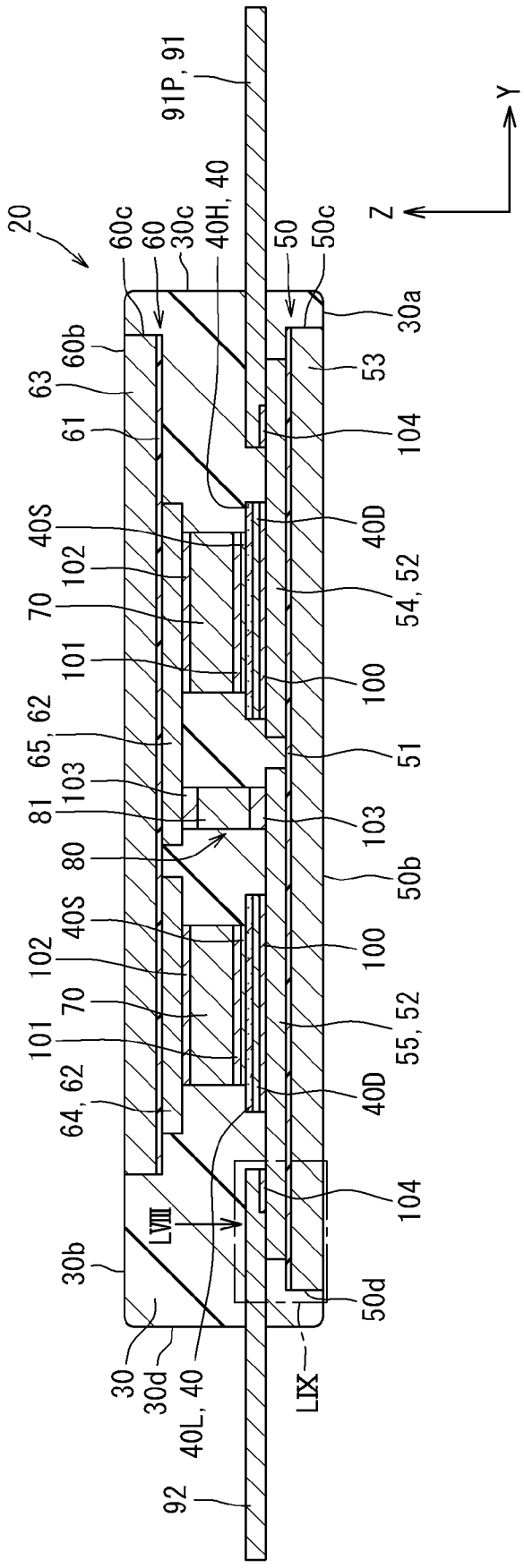
[図56]

図56


20
60
110
63
61
64, 62
30
70
40P
40S
93L, 93
40L, 40
40D
55, 52
150
154
51
53
50
Z
Y
554
152b
152a
510

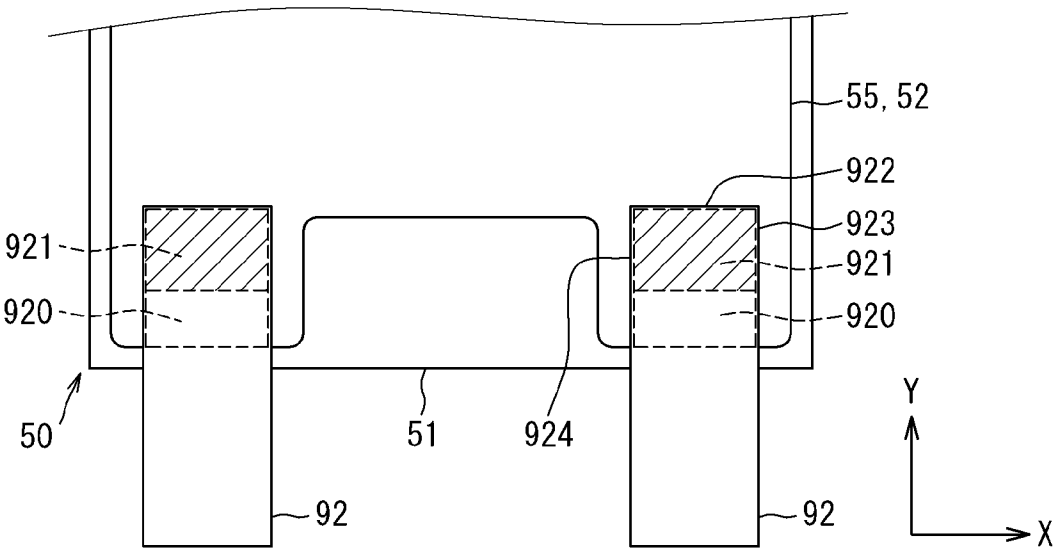
[図57]

図57


91P, 91
Y
Z
20
60c
60
30c
40H, 40
50
50c
30a
60b
63
61
53
104
40S
102
70
101
65, 62
103
81
80
40D
54, 52
100
51
103
50b
40S
102
70
101
64, 62
100
55, 52
40D
104
LVIII
30b
50d
30
30d
40L, 40
LIX
92

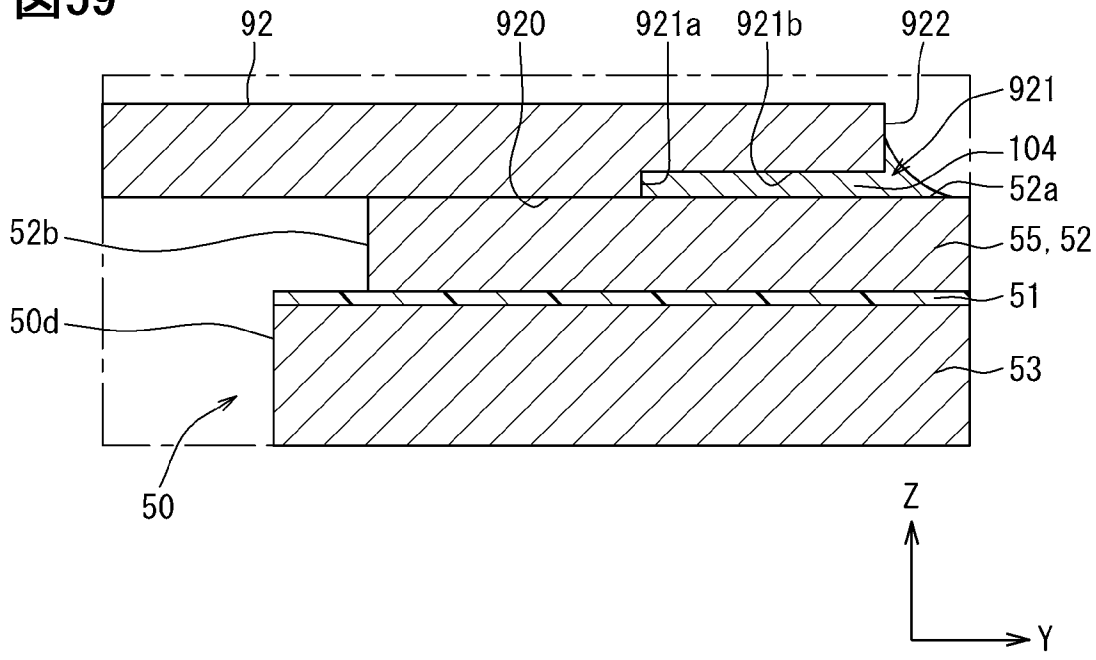
[図58]

図58



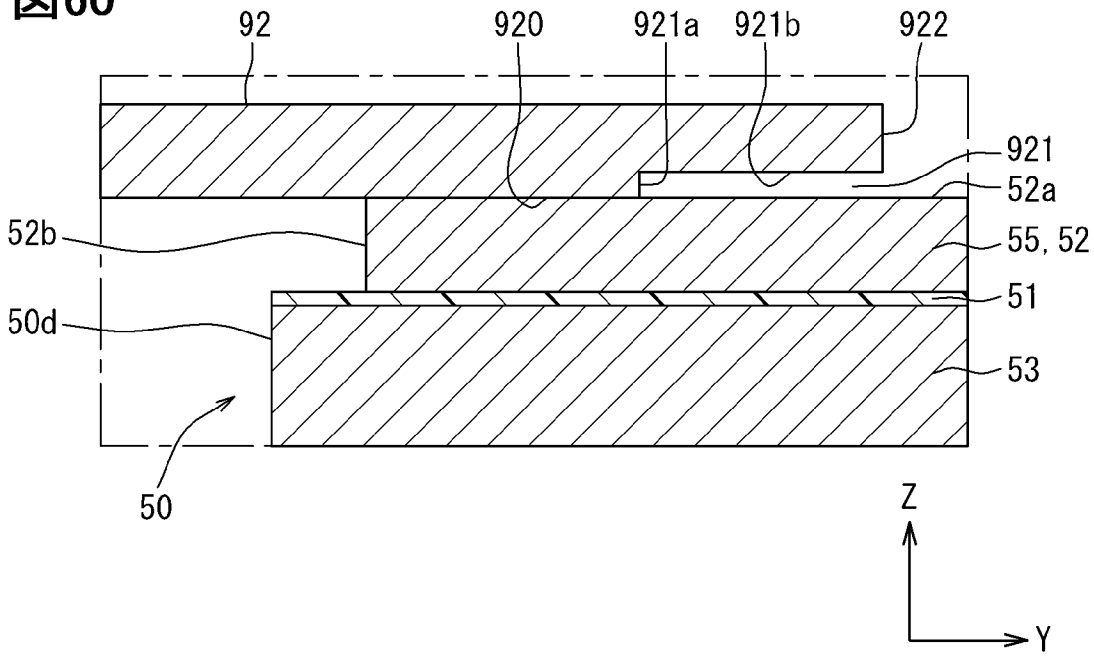
[図59]

図59



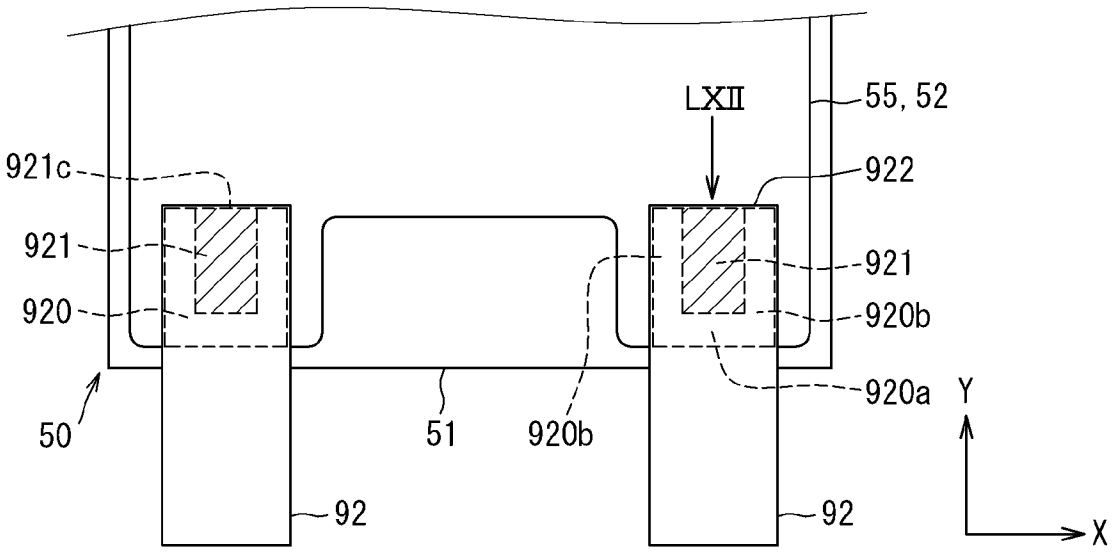
[図60]

図60



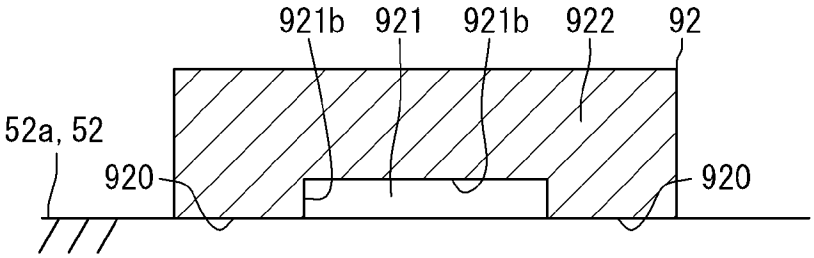
[図61]

図61



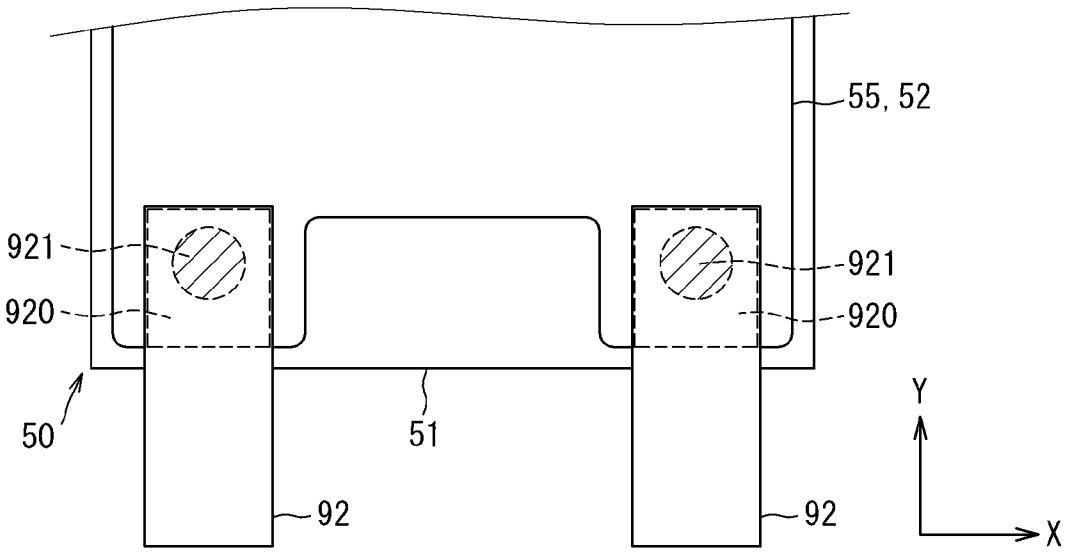
[図62]

図62



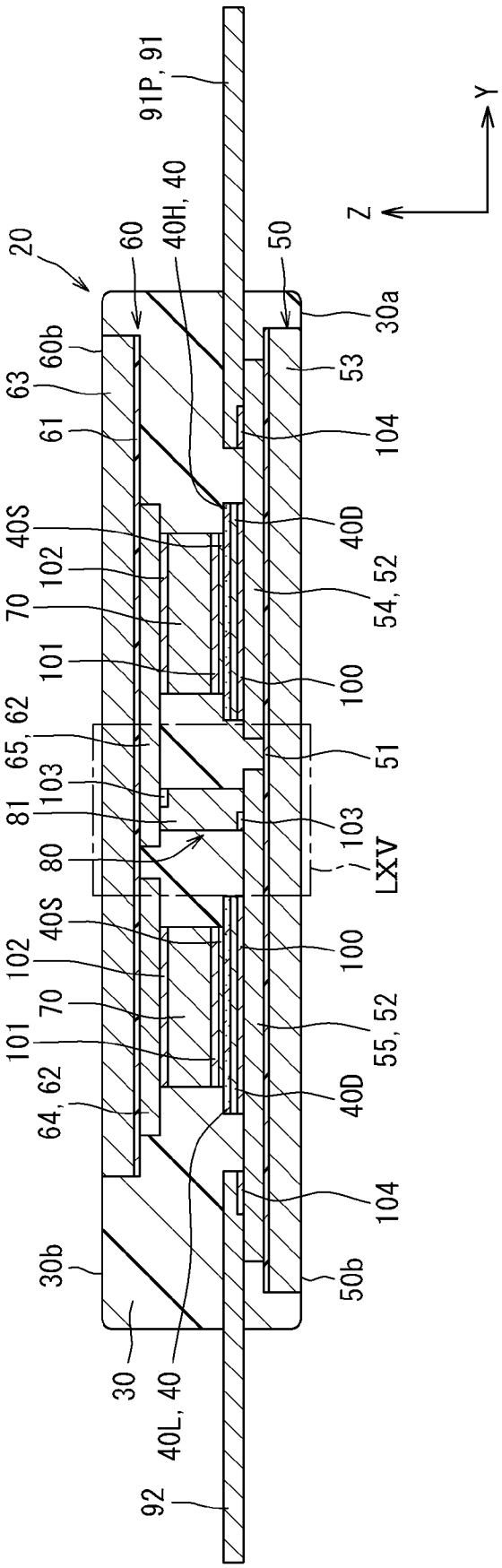
[図63]

図63



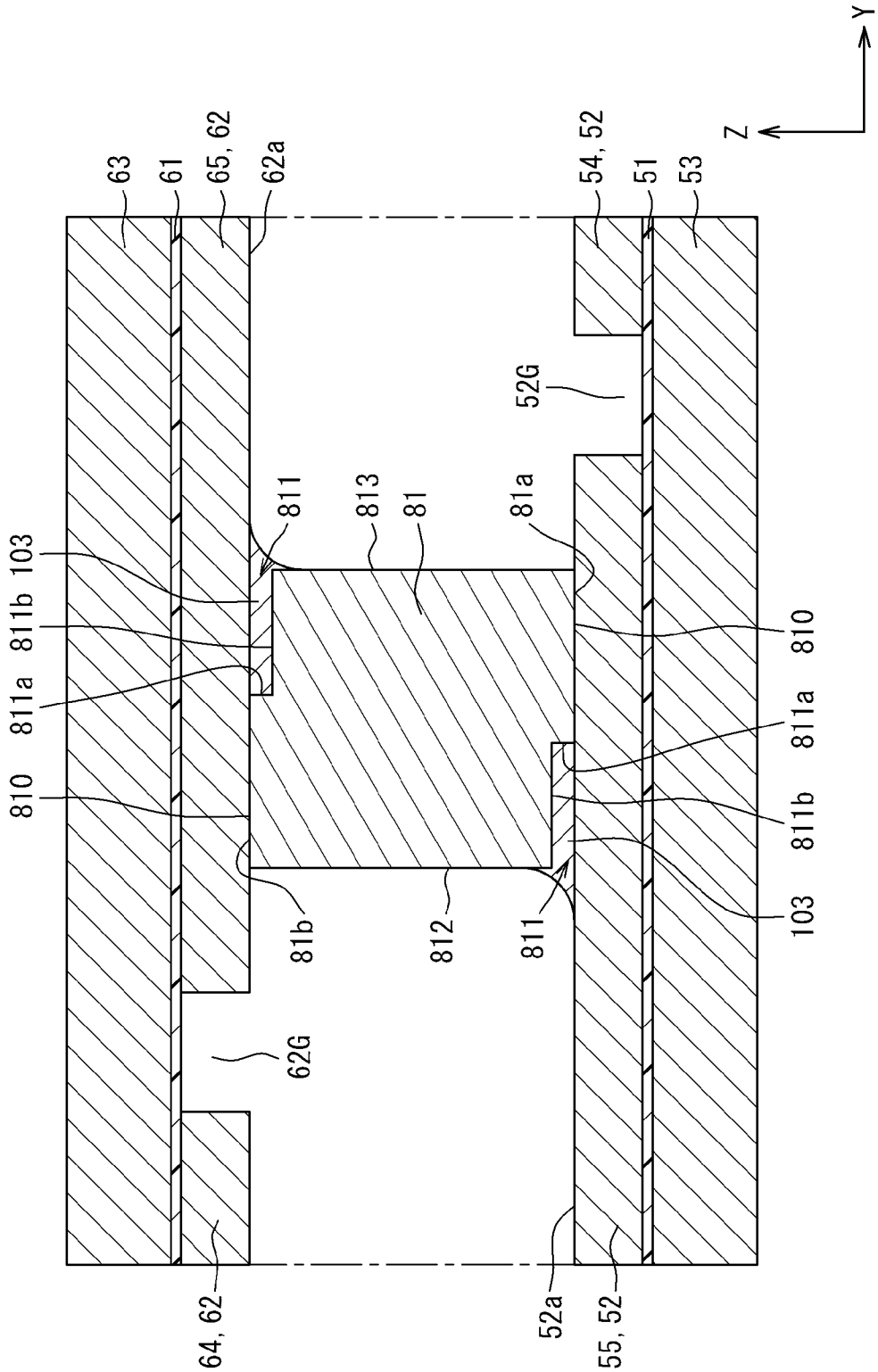
[図64]

図64


91P, 91
Y
Z
20
60
40H, 40
50
30a
60b
53
63
61
104
40S
40D
102
54, 52
70
101
100
65, 62
51
103
81
103
80
LXV
40S
102
100
70
101
55, 52
64, 62
40D
104
30b
50b
30
40L, 40
92

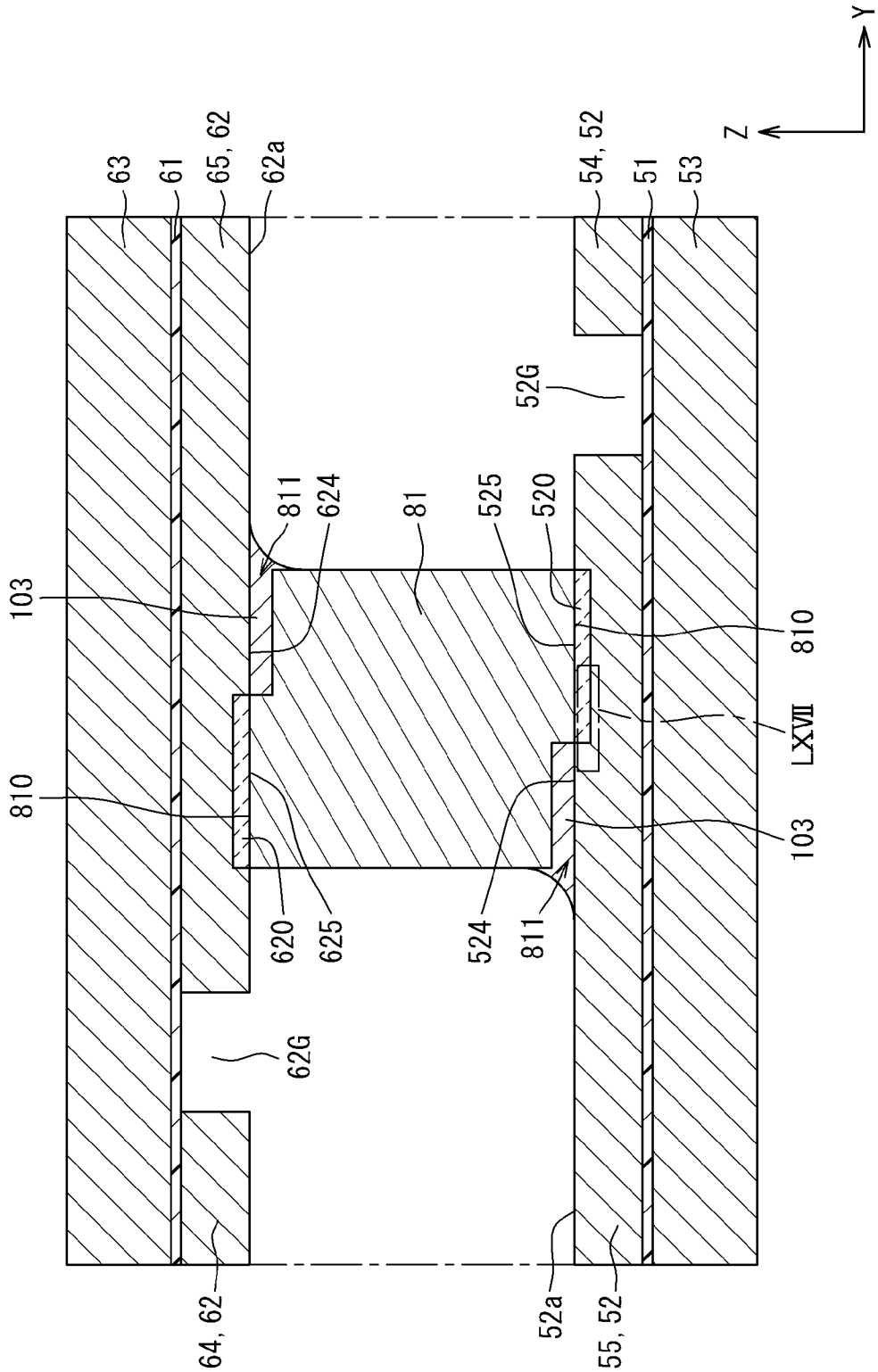
[図65]

図65


Y
Z
63
61
65, 62
62a
54, 52
51
53
52G
811
813
81
81a
103
811b
811a
810
810
811a
811b
103
81b
812
811
62G
64, 62
52a
55, 52

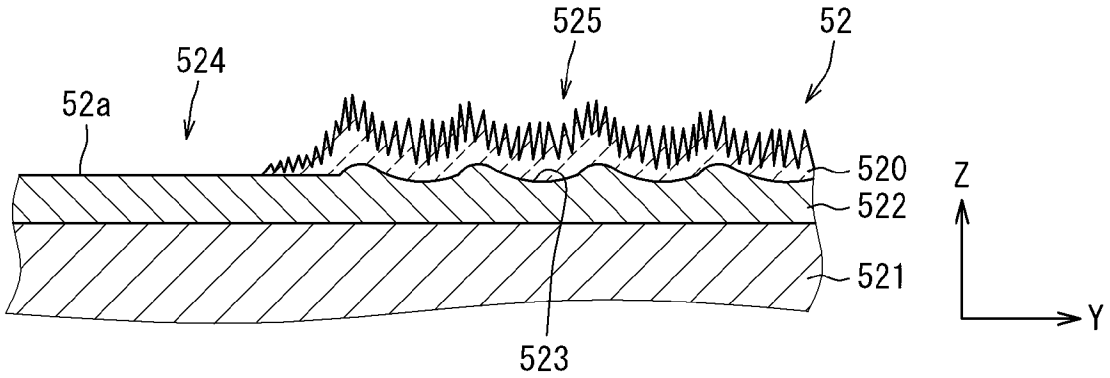
[図66]

図66


Y
Z
63
61
65, 62
62a
54, 52
51
53
52G
811
624
81
525
520
103
810
LXVIII
810
103
620
625
524
811
62G
64, 62
52a
55, 52

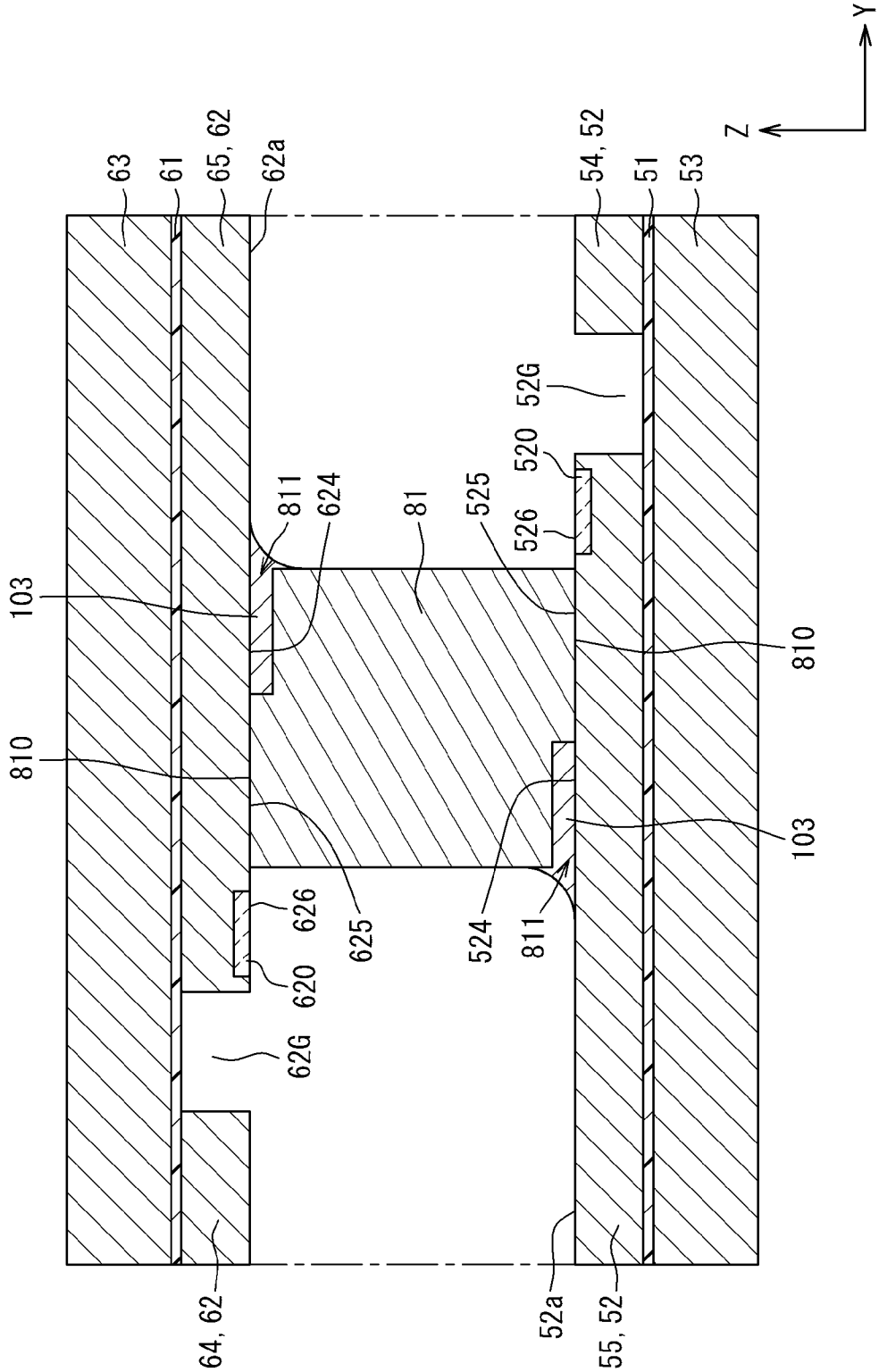
[図67]

図67



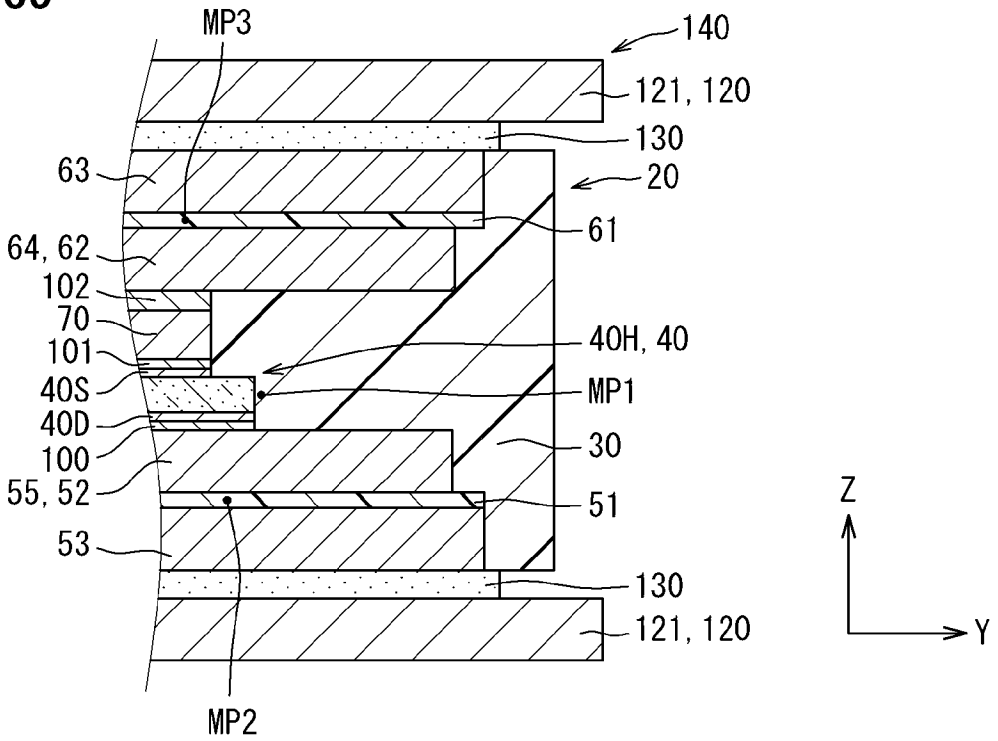
[図68]

図68


Y
Z
63
61
65, 62
62a
54, 52
51
53
52G
520
811
624
81
525
526
103
810
810
103
626
625
524
811
620
62G
64, 62
52a
55, 52

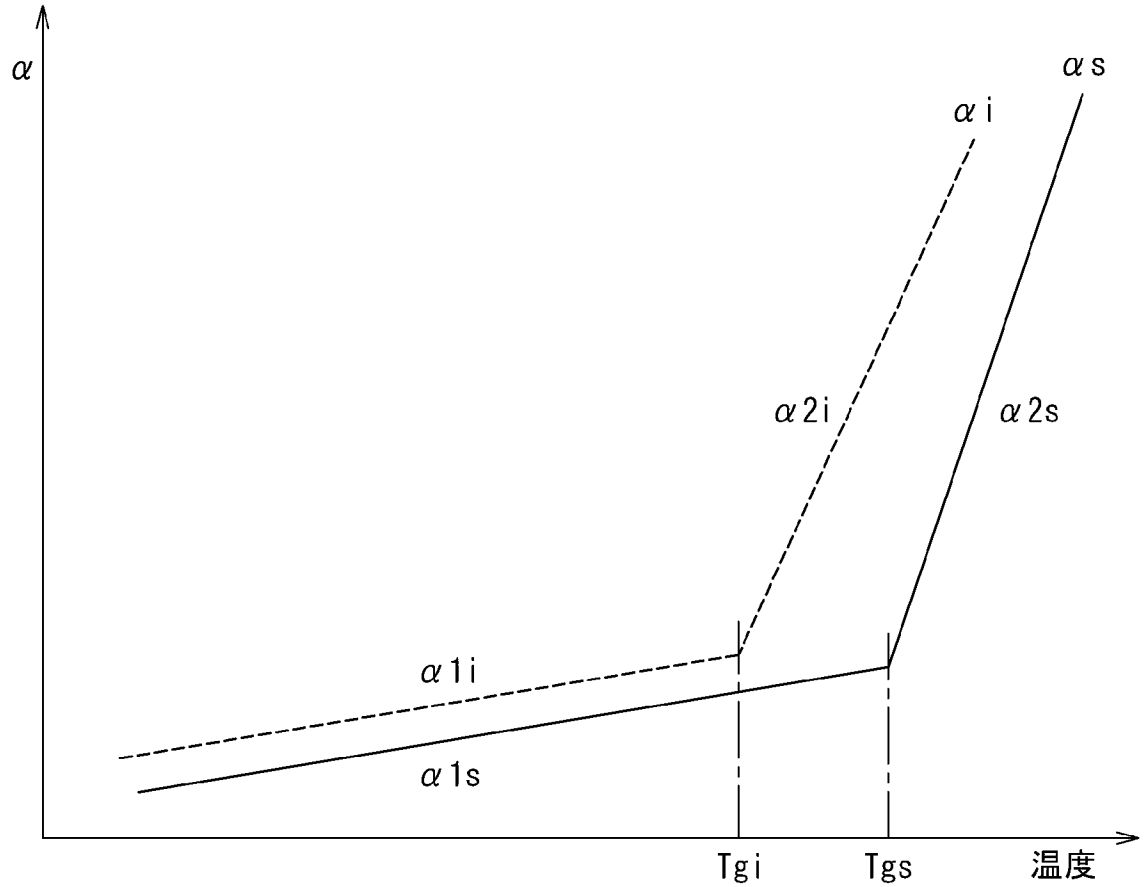
[図69]

図69



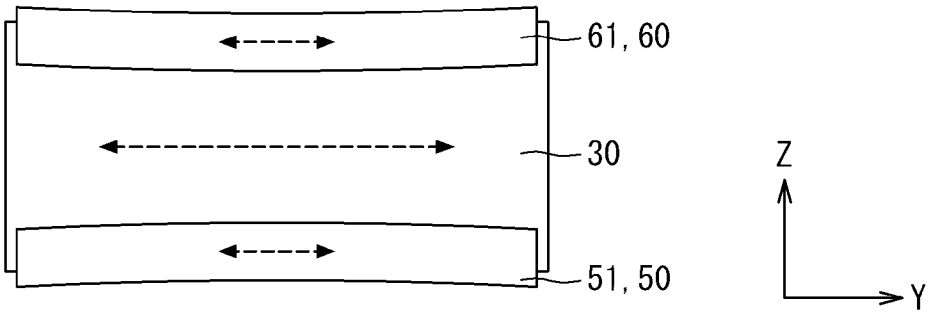
[図70]

図70



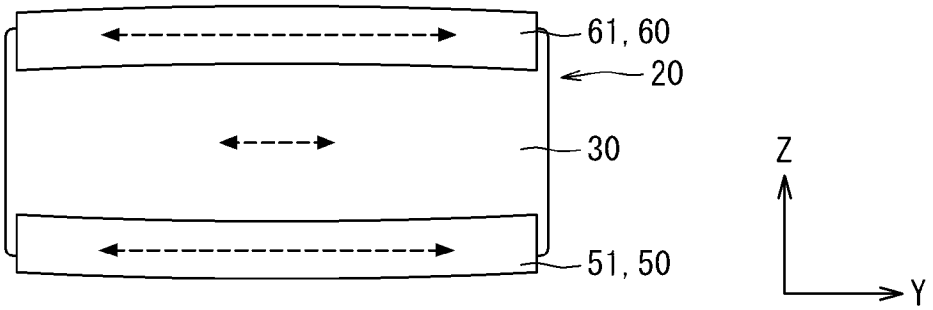
[図71]

図71



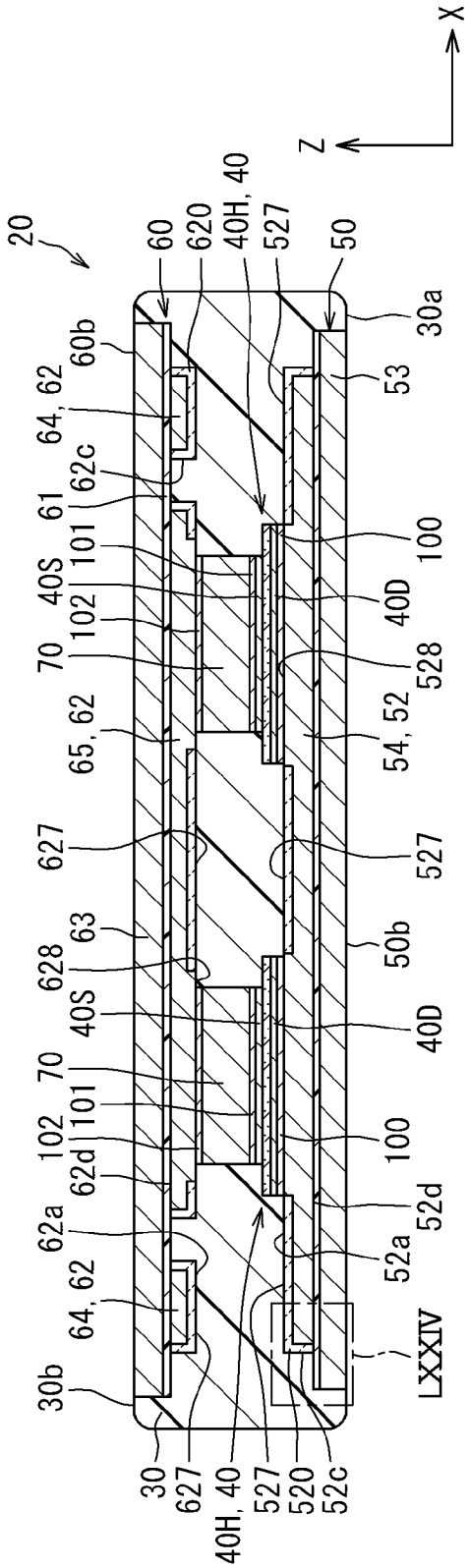
[図72]

図72



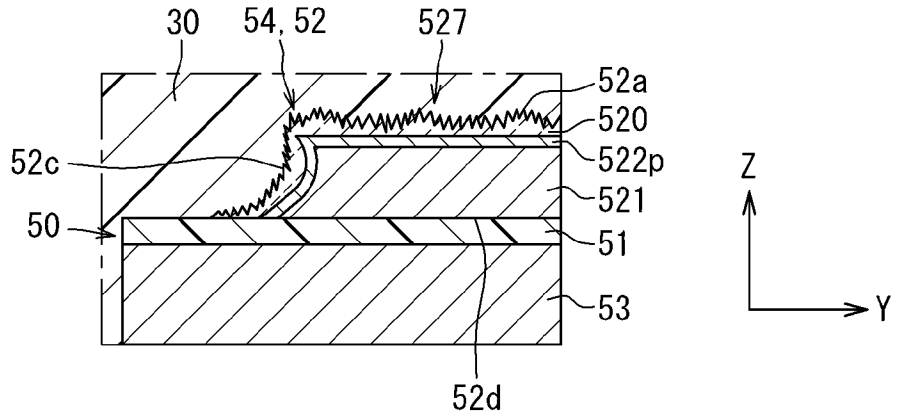
[図73]

図73


X
Z
20
60
620
40H, 40
527
50
30a
60b
64, 62
62c
61
101
40S
102
70
65, 62
627
63
628
40S
70
101
102
62d
62a
64, 62
30b
53
100
40D
528
54, 52
527
50b
40D
100
52d
52a
LXXIV
30
627
40H, 40
527
520
52c

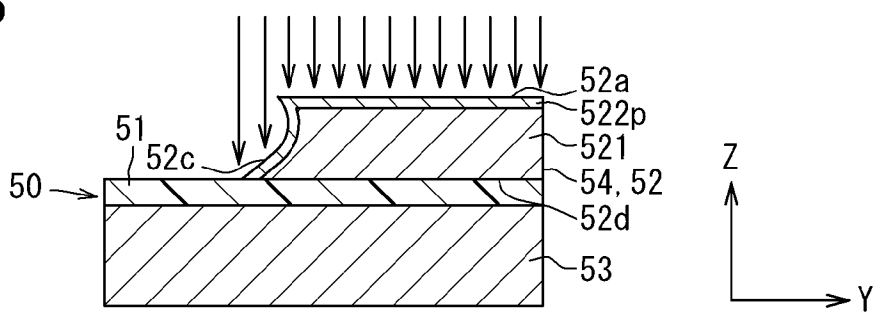
[図74]

図74



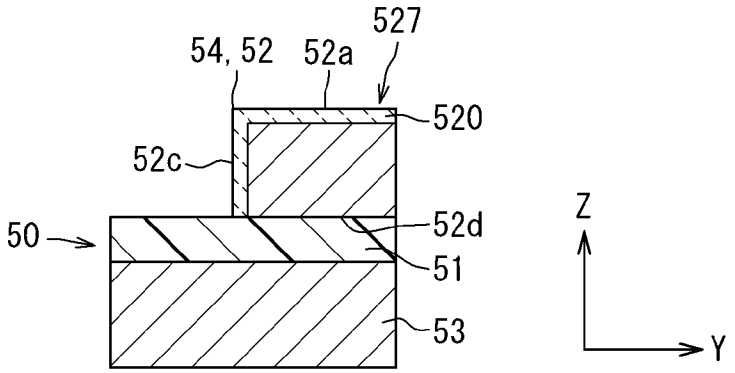
[図75]

図75



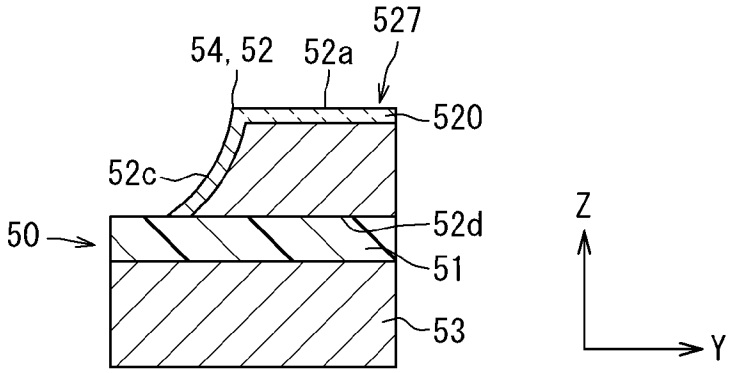
[図76]

図76



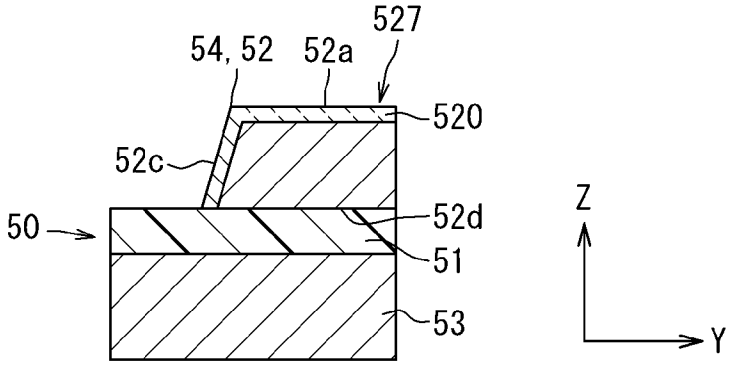
[図77]

図77



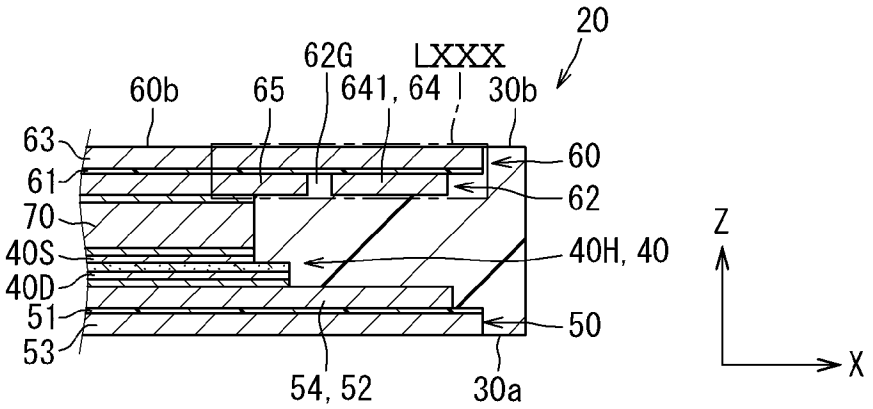
[図78]

図78



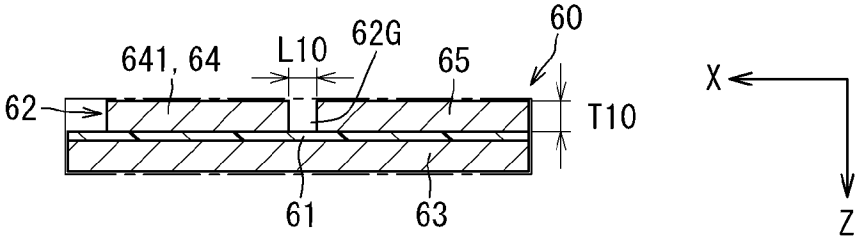
[図79]

図79



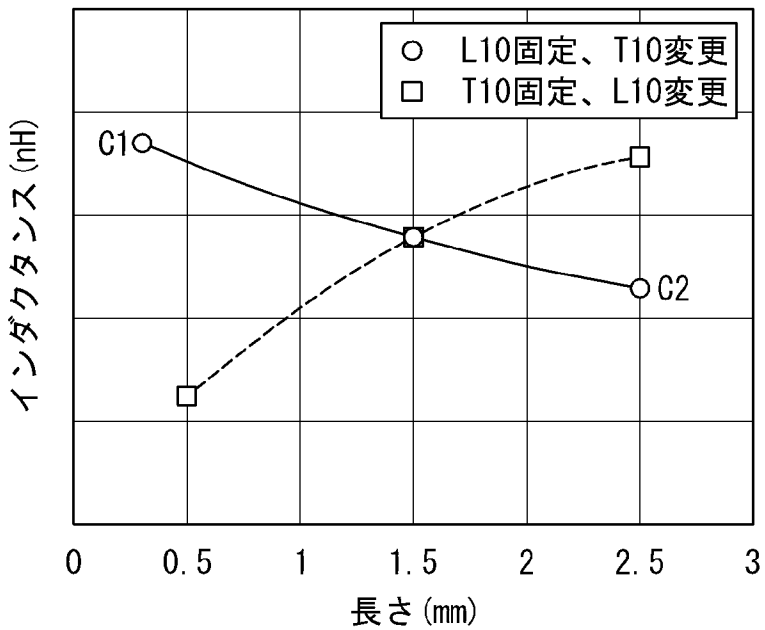
[図80]

図80



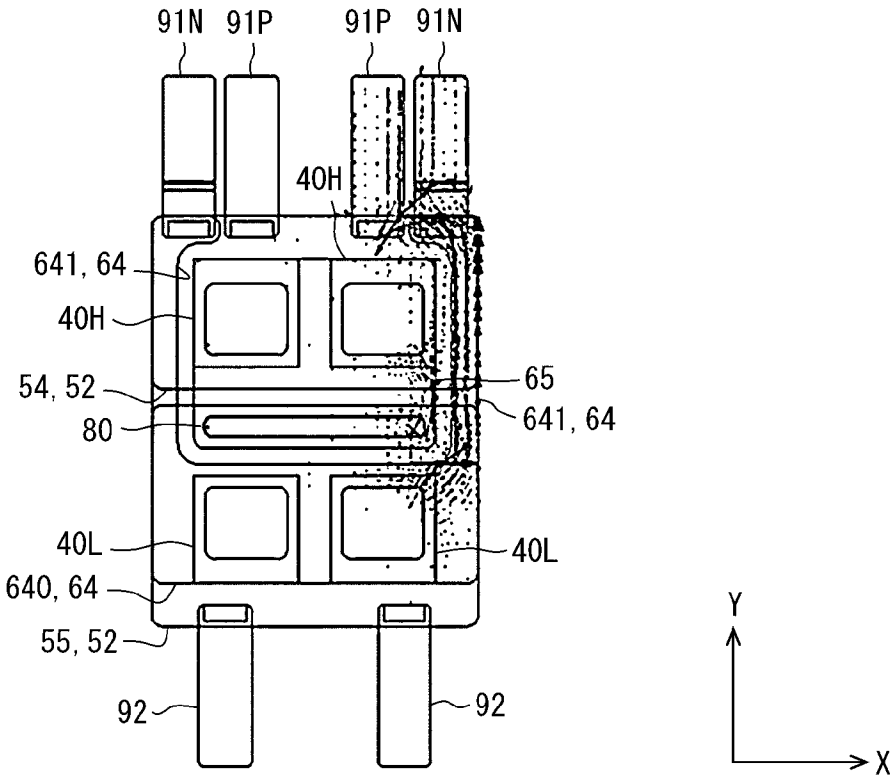
[図81]

図81



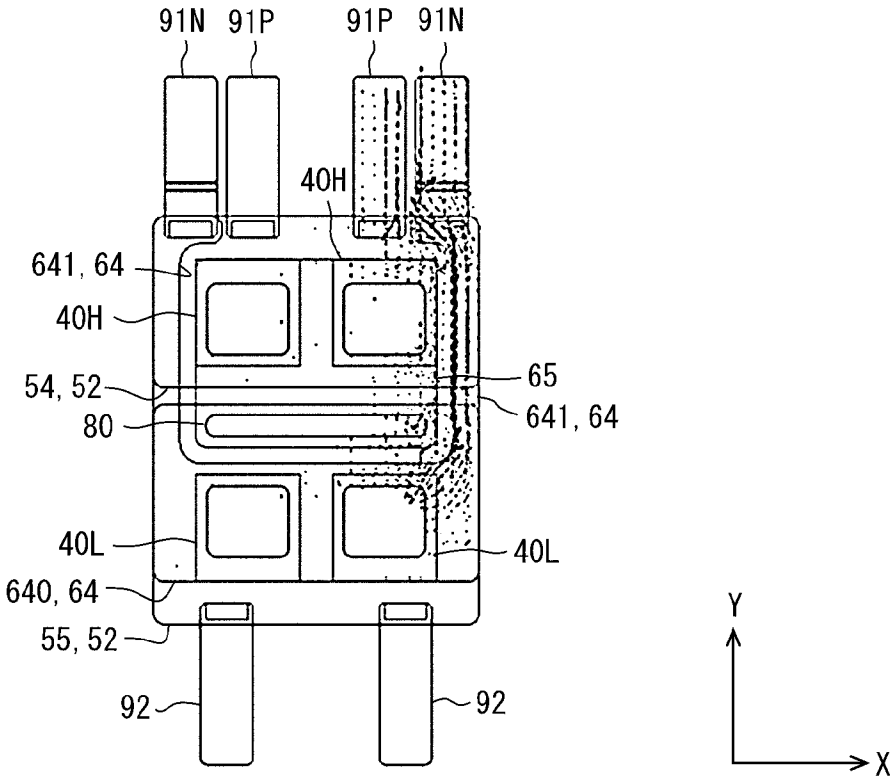
[図82]

図82



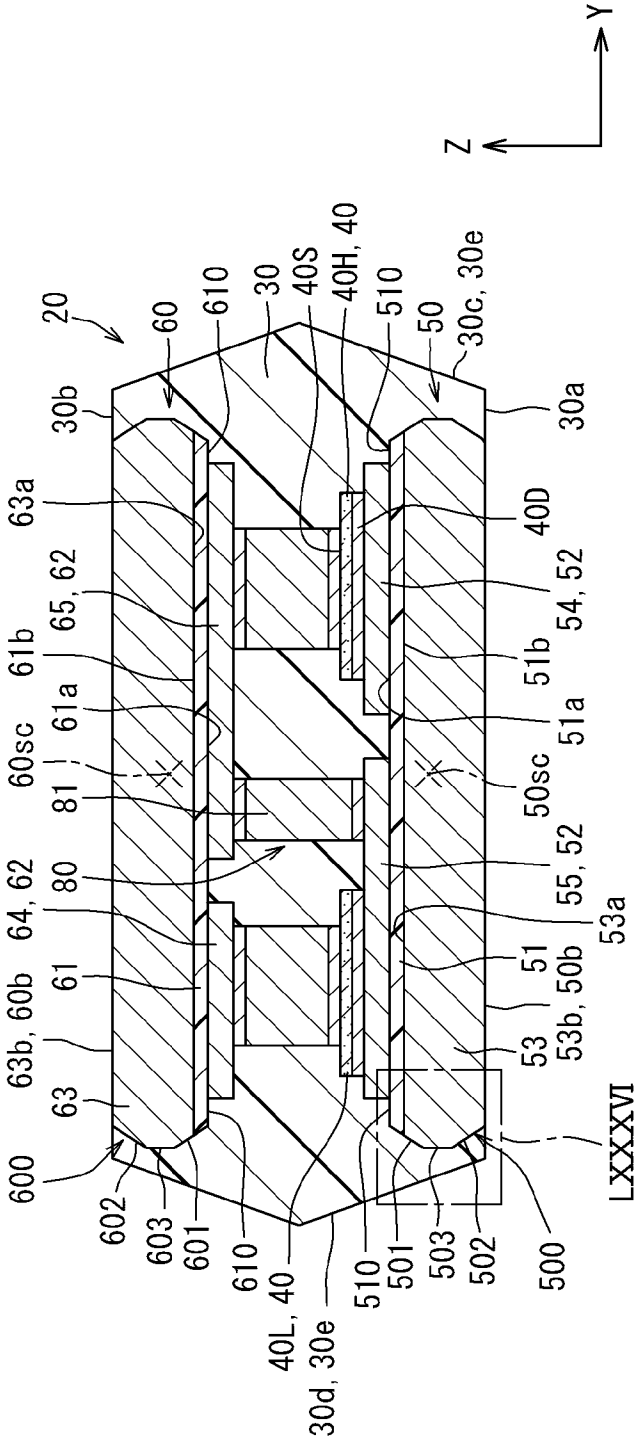
[図83]

図83



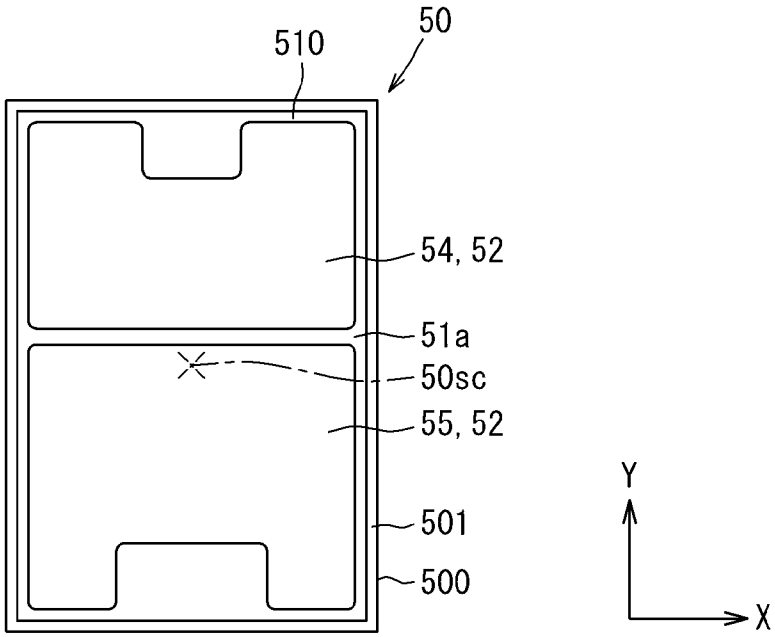
[図84]

図84


Y
Z
20
60
610
30
40S
40H, 40
510
50
30c, 30e
30a
30b
63a
40D
62
65, 62
54, 52
61b
51b
61a
51a
60sc
50sc
81
80
55, 52
64, 62
53a
61
51
60b
50b
63b, 60b
53
53b
63
LXXXVI
600
602
603
601
610
40L, 40
30d, 30e
510
501
503
502
500

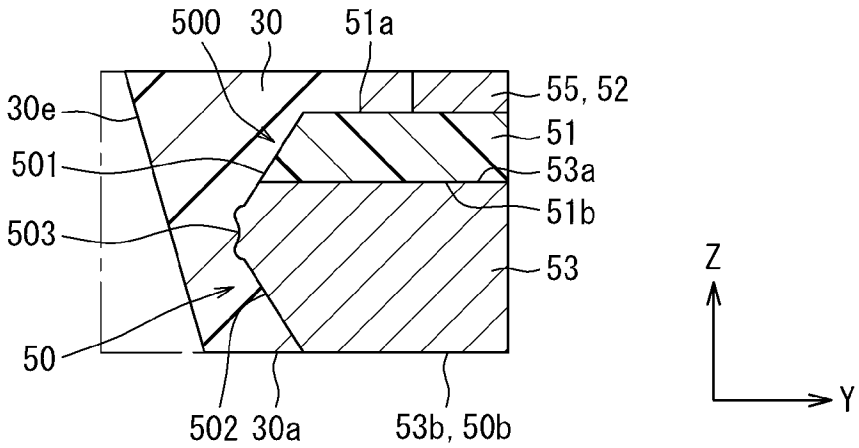
[図85]

図85



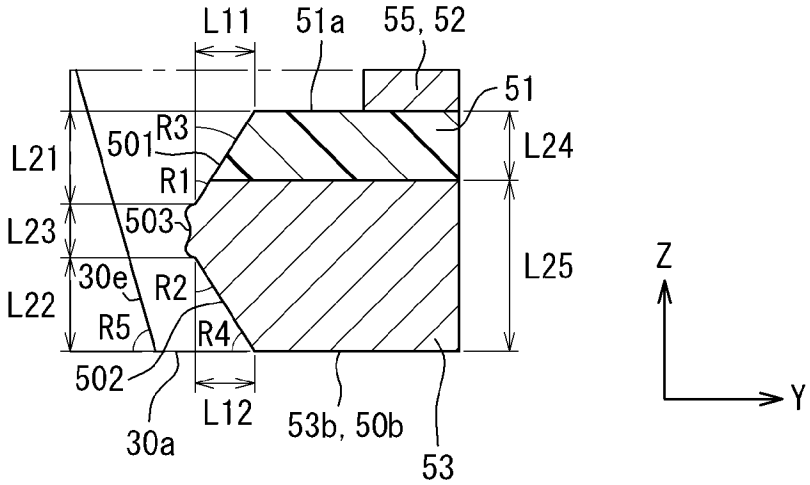
[図86]

図86



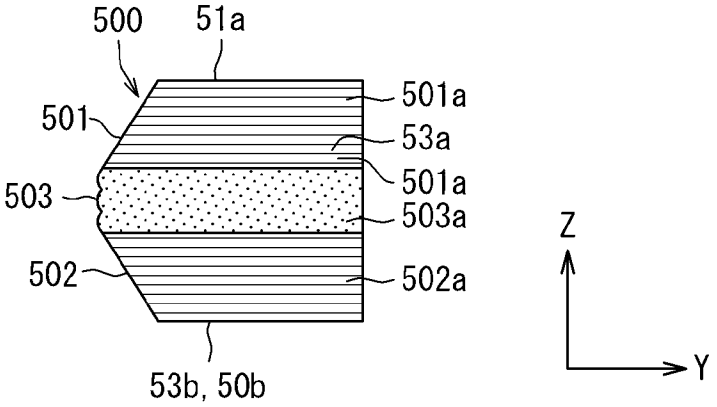
[図87]

図87



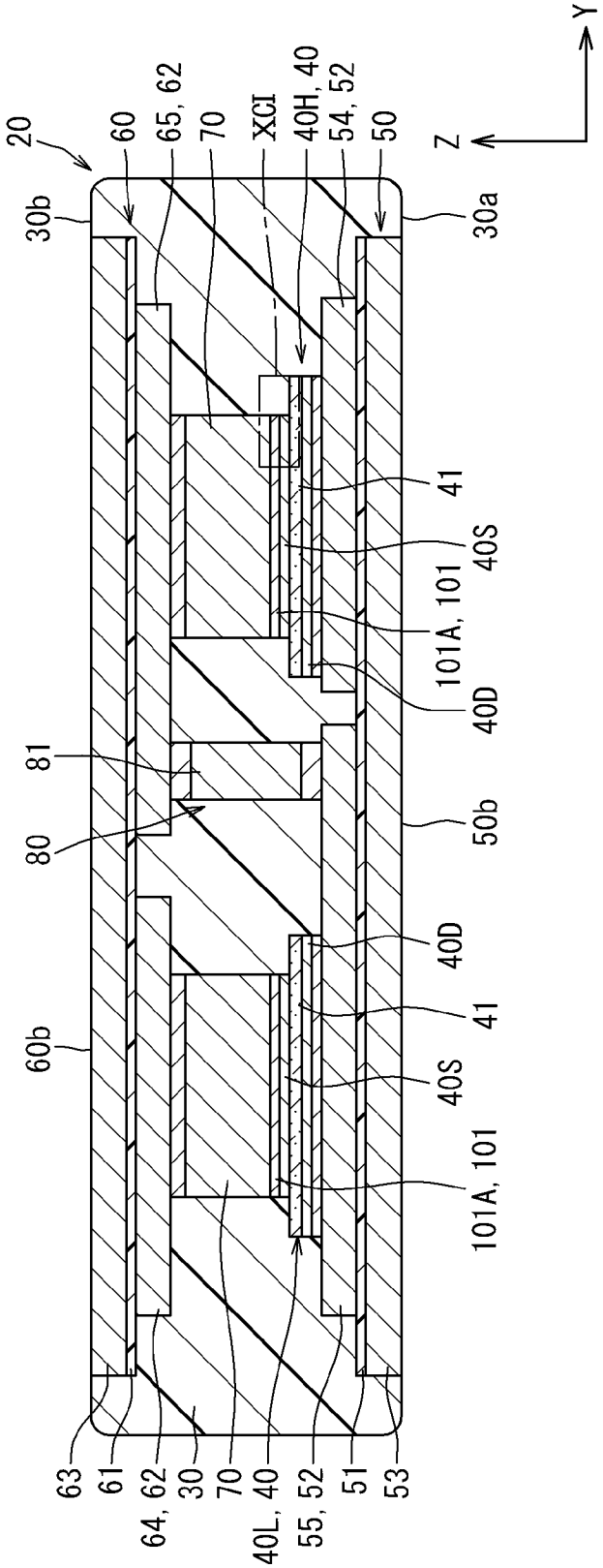
[図88]

図88



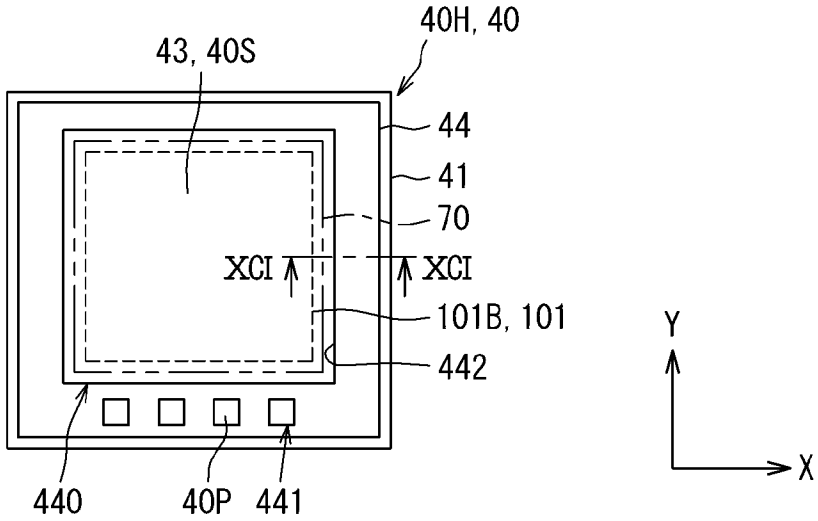
[図89]

図89


20
60
65, 62
70
XCI
40H, 40
54, 52
50
Y
Z
30b
30a
41
40S
101A, 101
40D
81
80
50b
40D
41
60b
40S
101A, 101
63
61
64, 62
30
70
40L, 40
55, 52
51
53

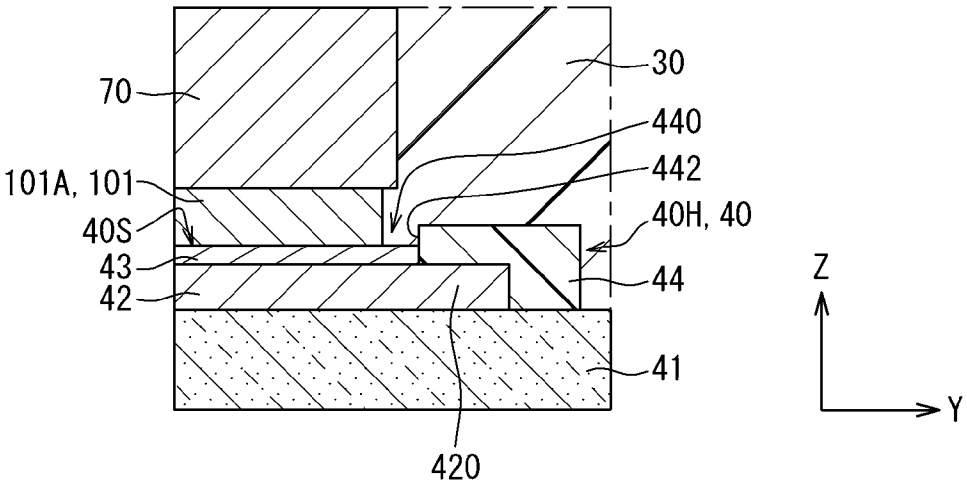
[図90]

図90



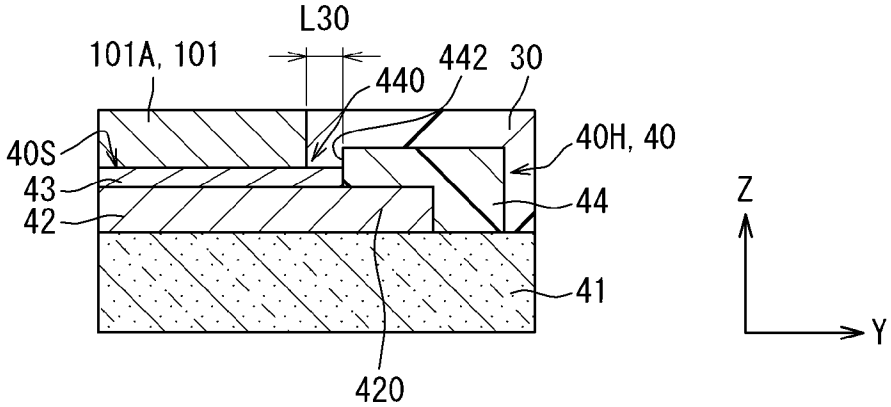
[図91]

図91



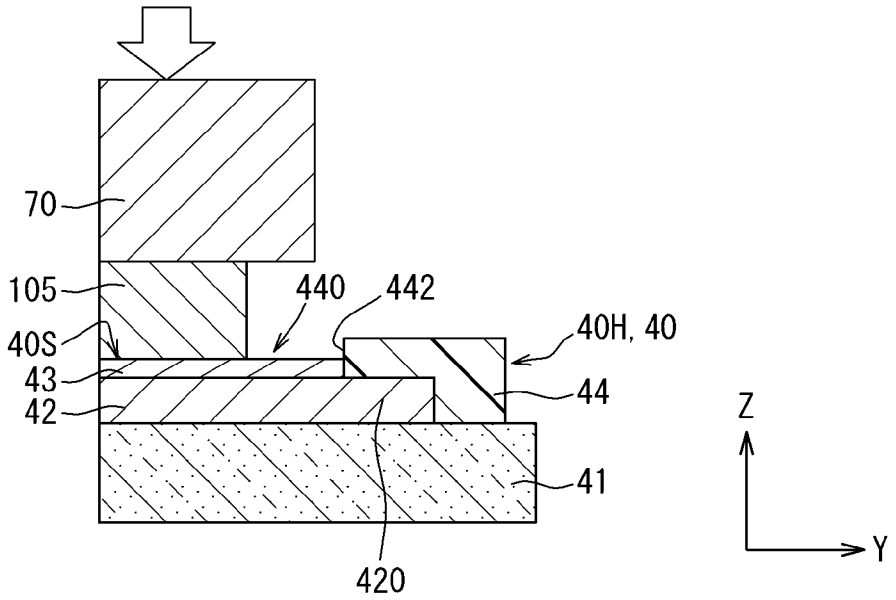
[図92]

図92



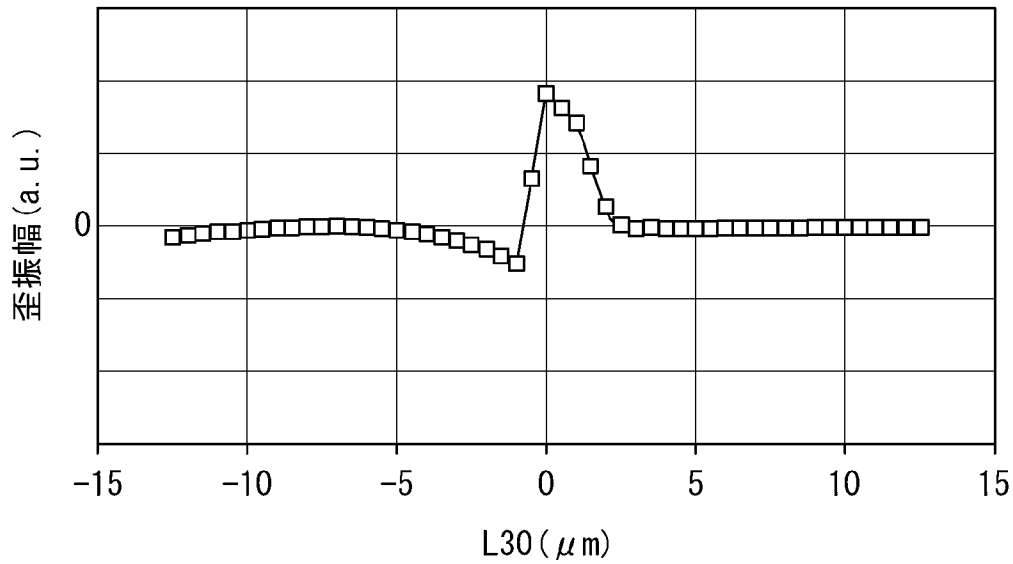
[図93]

図93



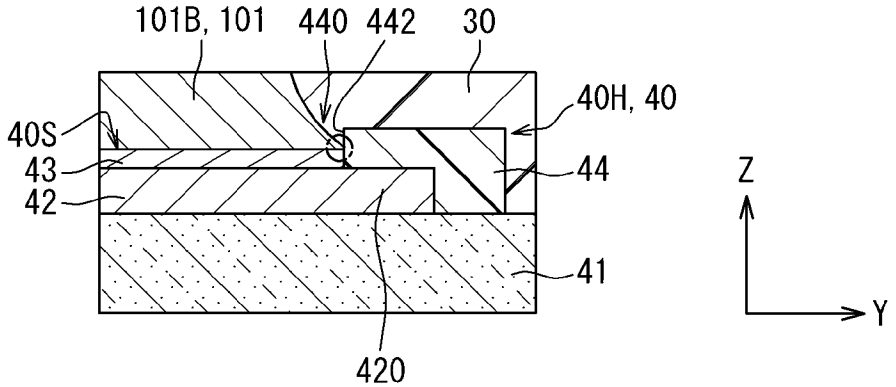
[図94]

図94



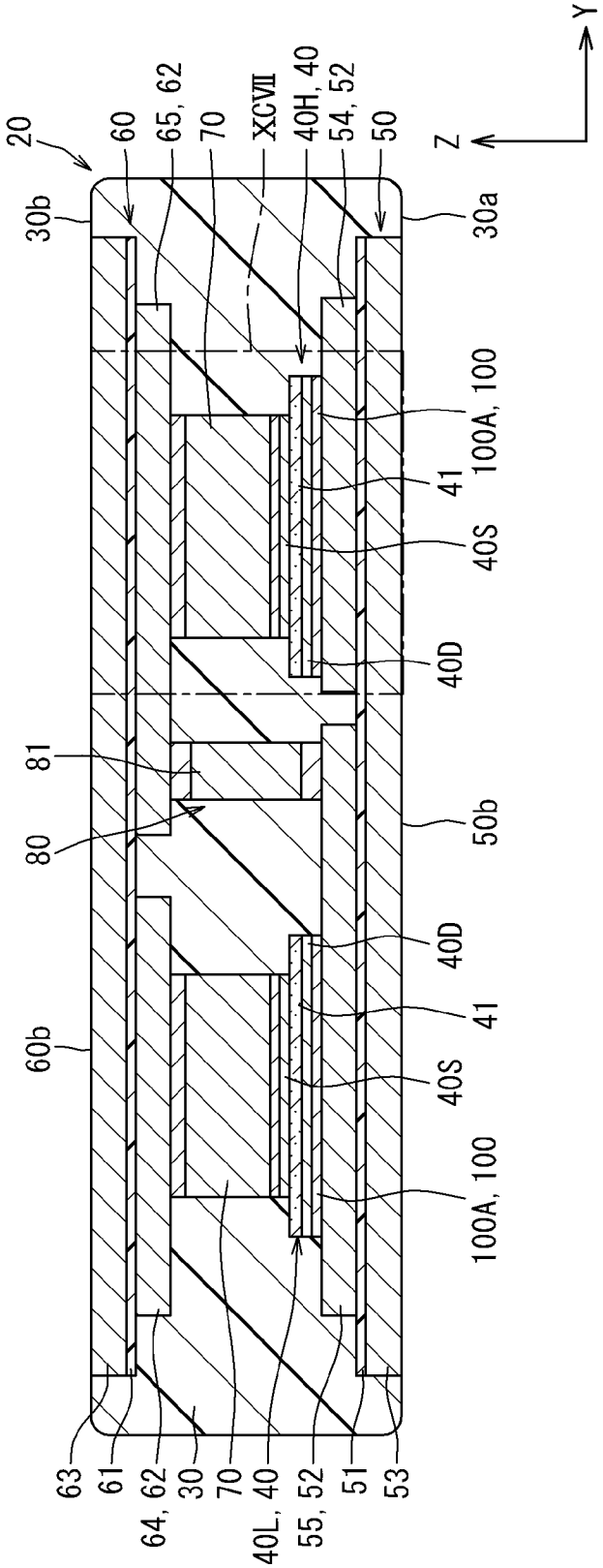
[図95]

図95



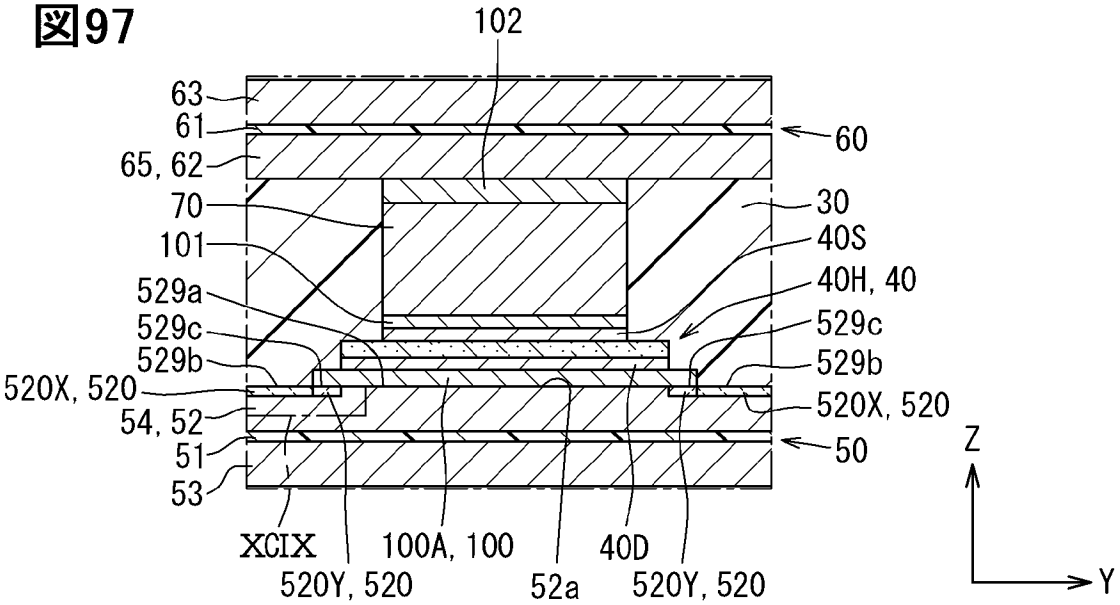
[図96]

図96


20
60
65, 62
70
XCVII
40H, 40
54, 52
50
Y
Z
30b
30a
100A, 100
41
40S
40D
81
80
50b
40D
41
60b
40S
100A, 100
63
61
64, 62
30
70
40L, 40
55, 52
51
53

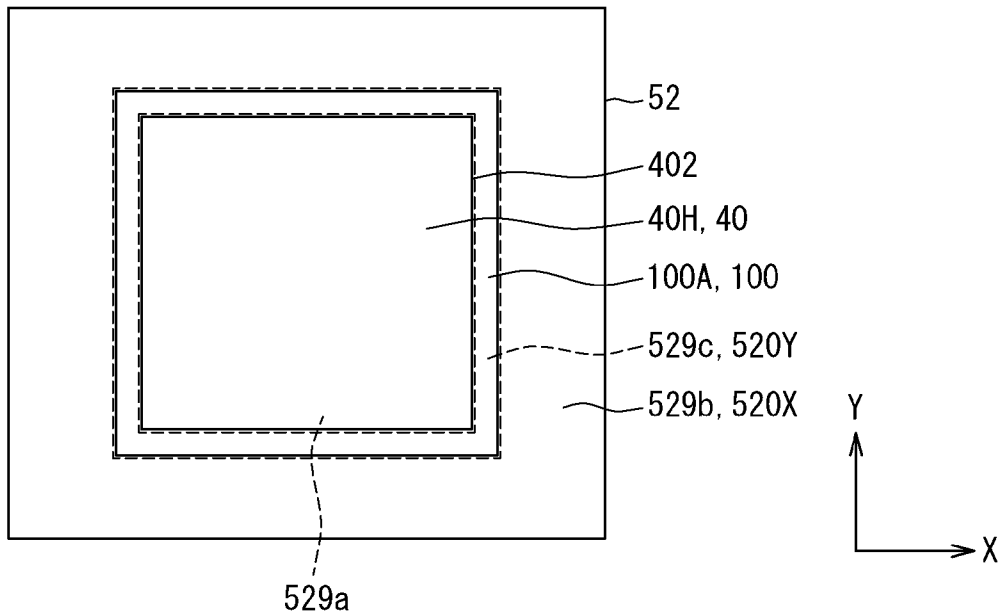
[図97]

図97



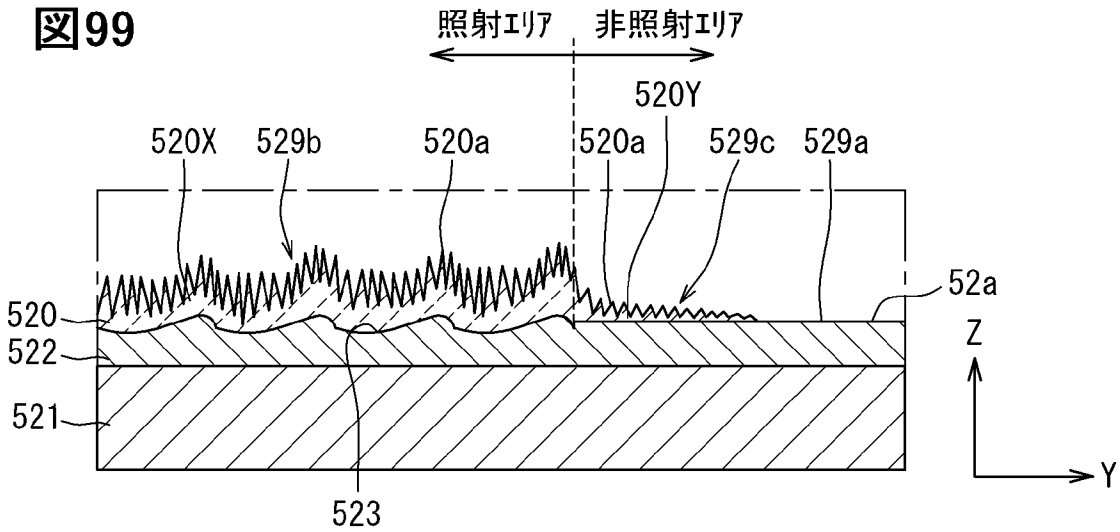
[図98]

図98



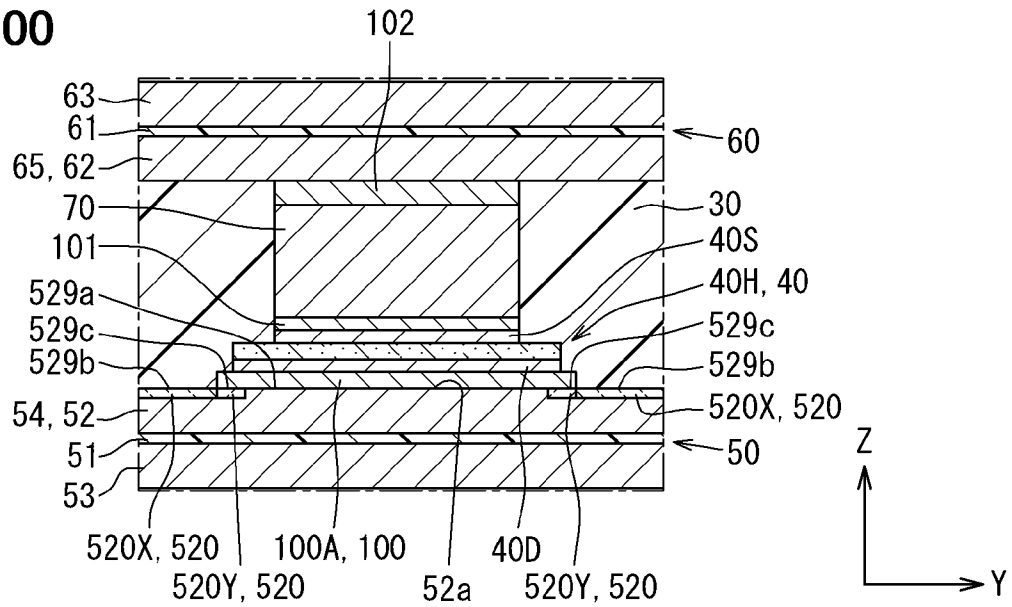
[図99]

図99



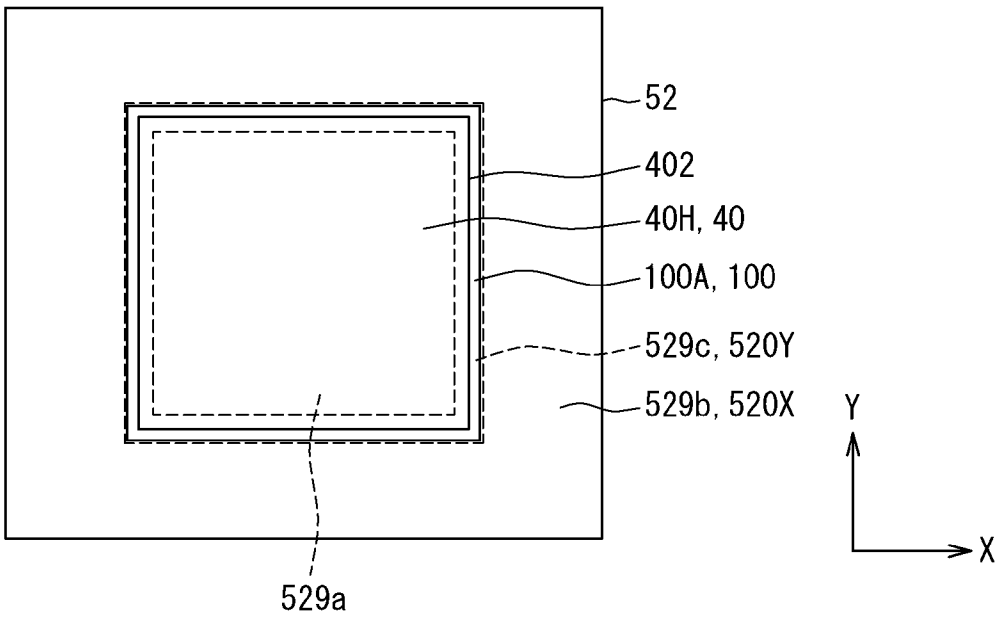
[図100]

図100



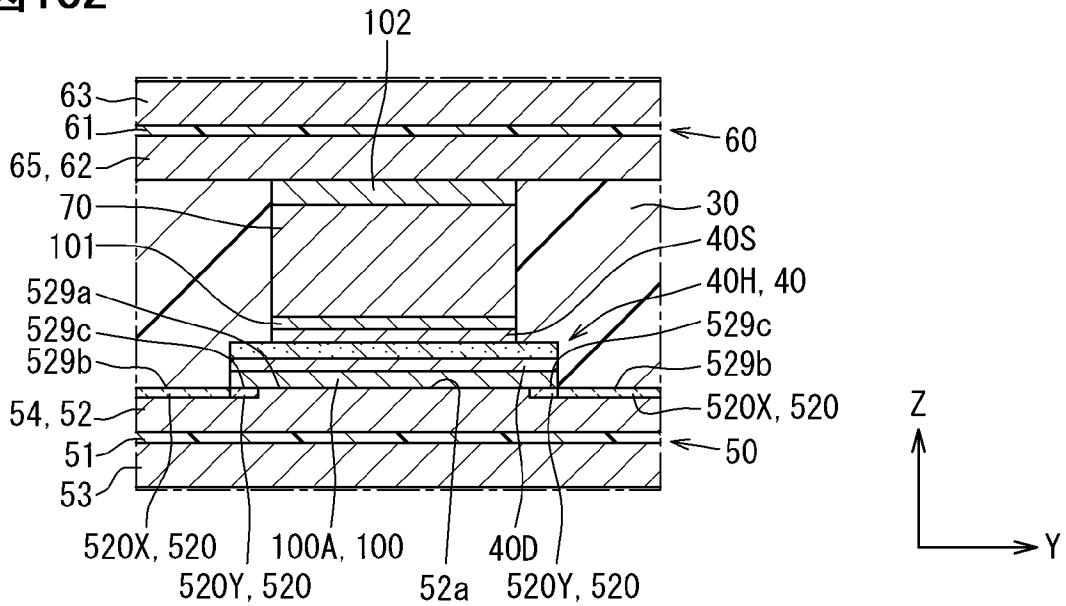
[図101]

図101



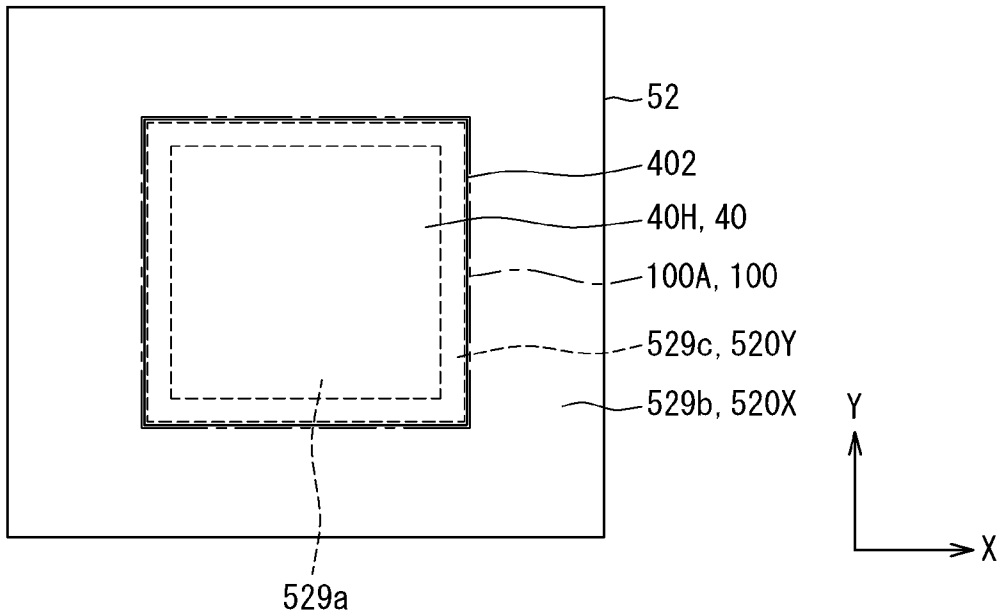
[図102]

図102



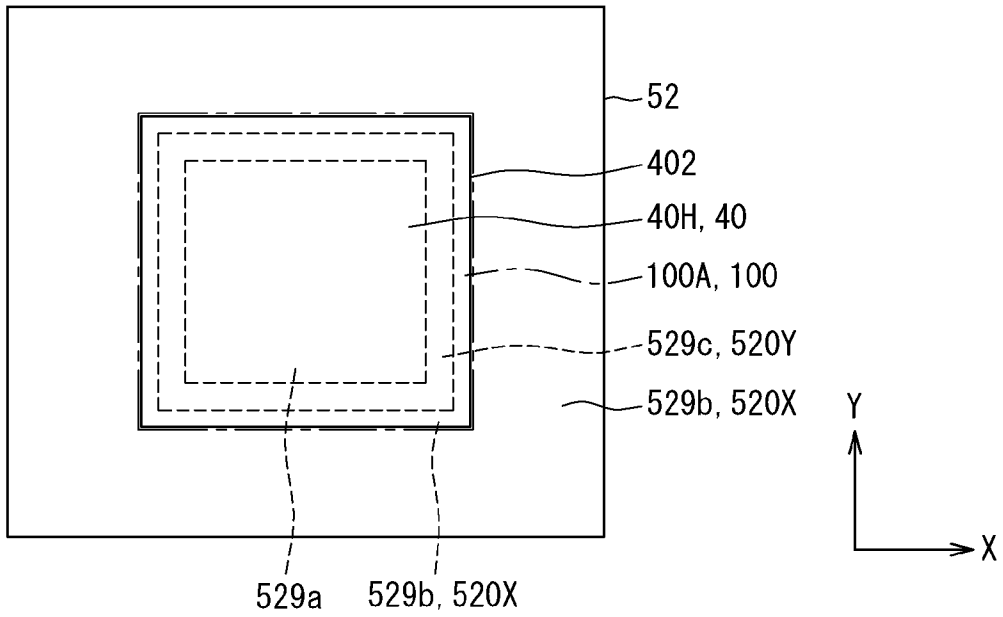
[図103]

図103



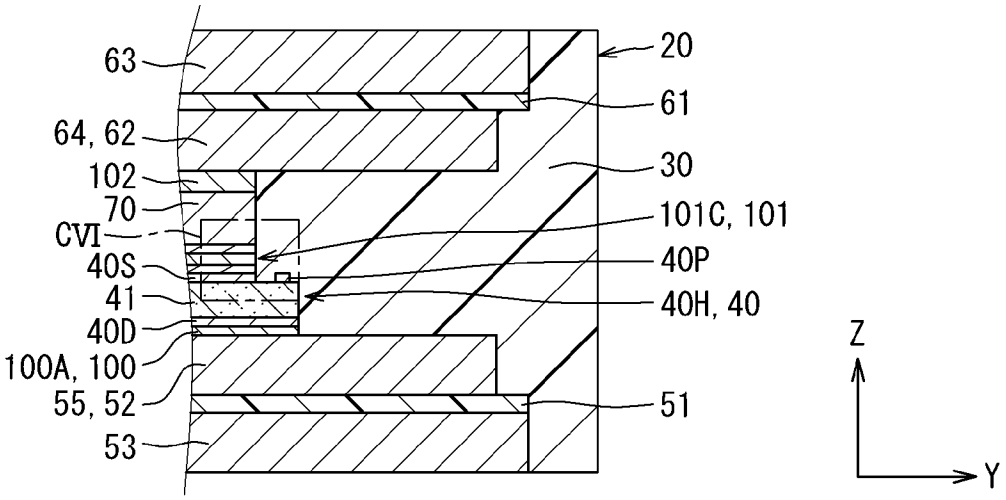
[図104]

図104



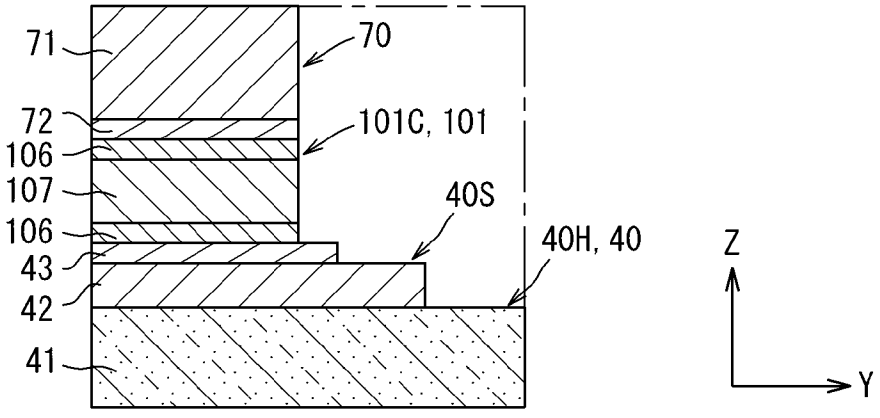
[図105]

図105



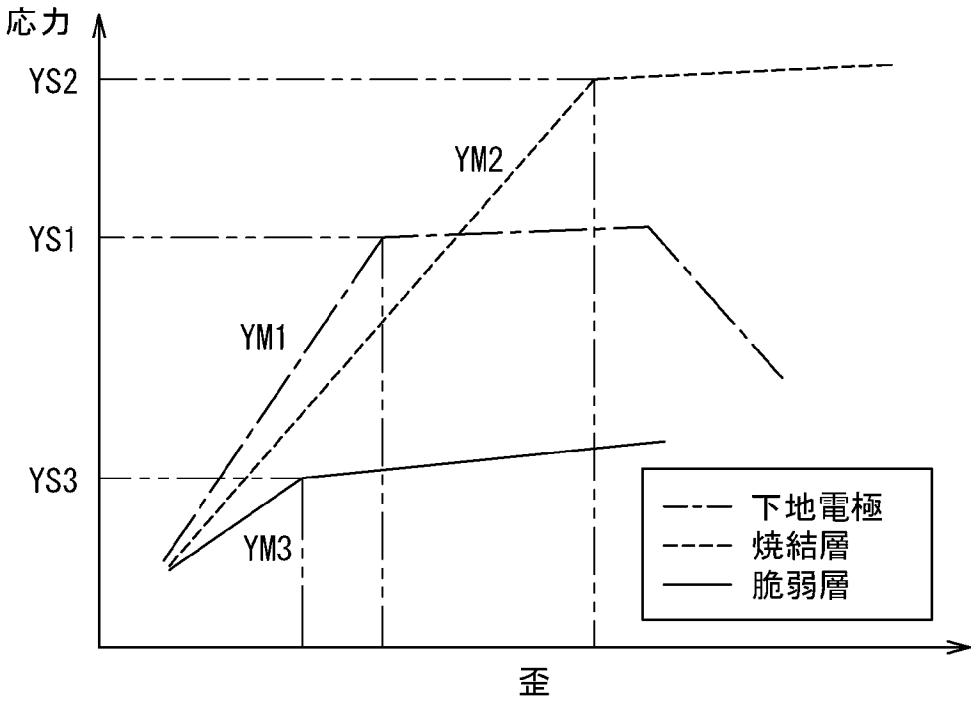
[図106]

図106



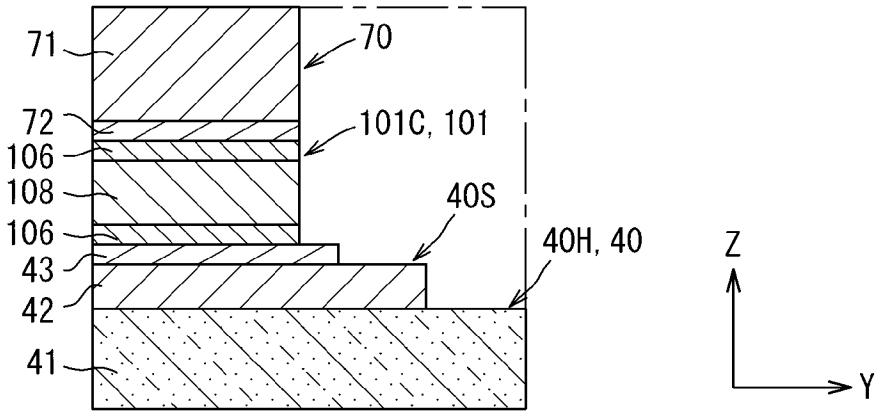
[図107]

図107



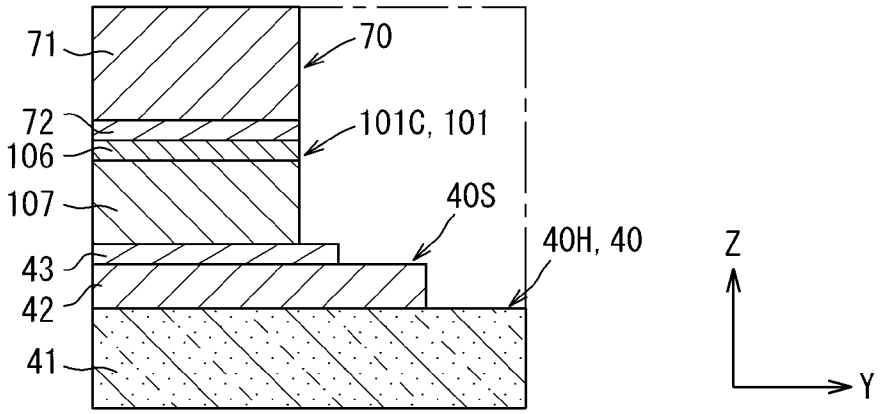
[図108]

図108



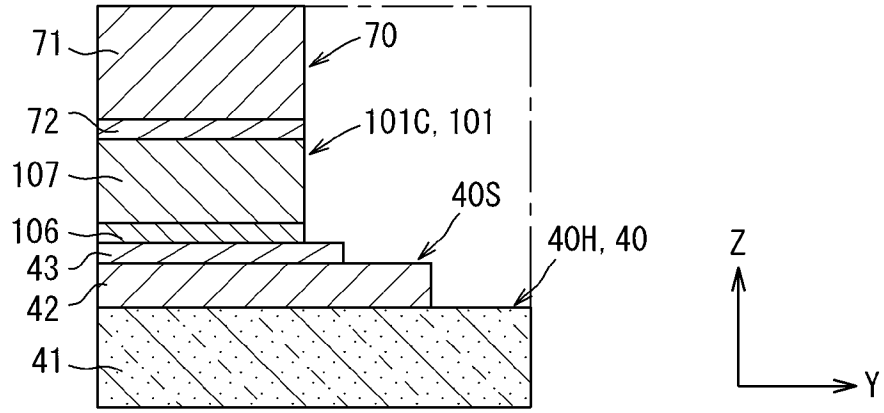
[図109]

図109



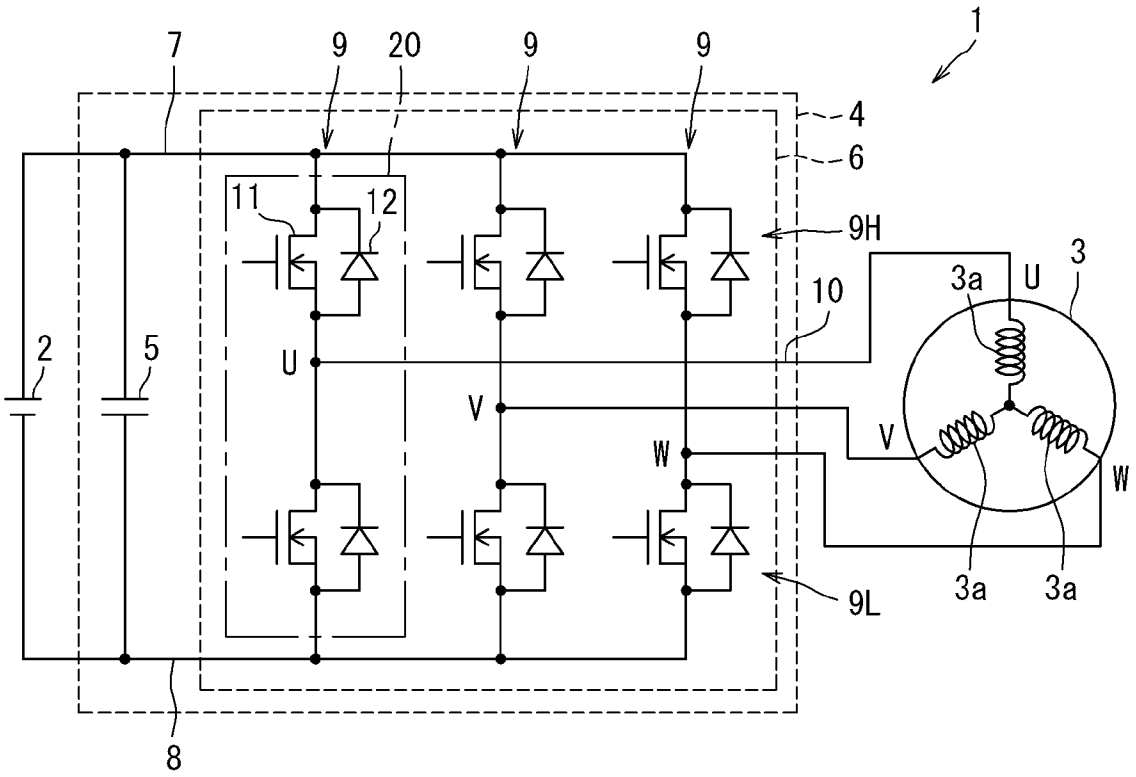
[図110]

図110



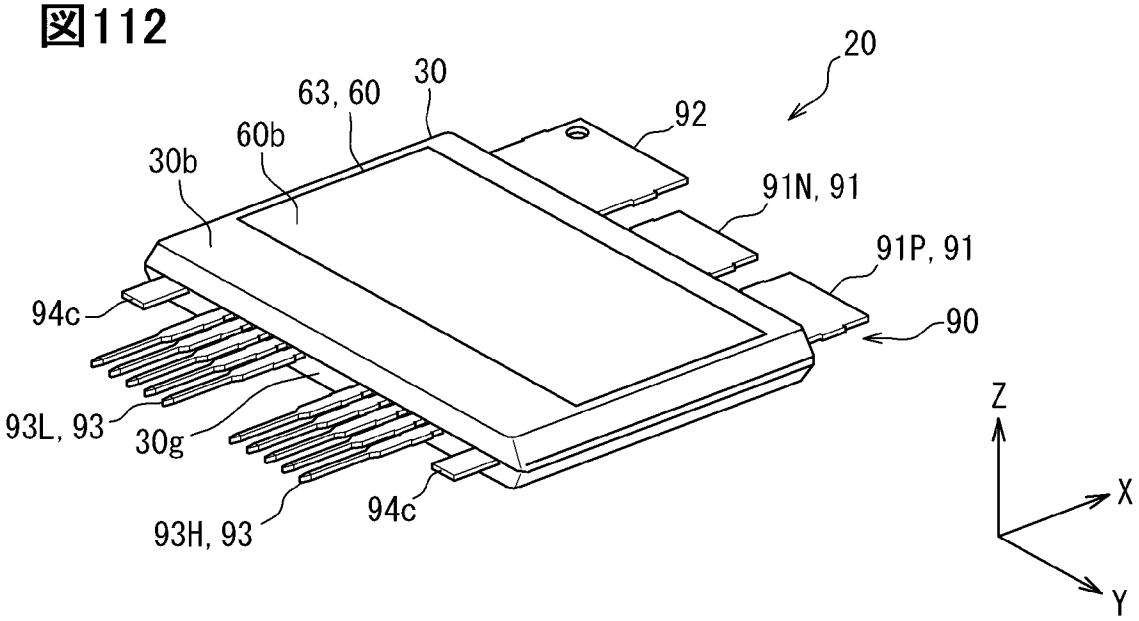
[図111]

図111



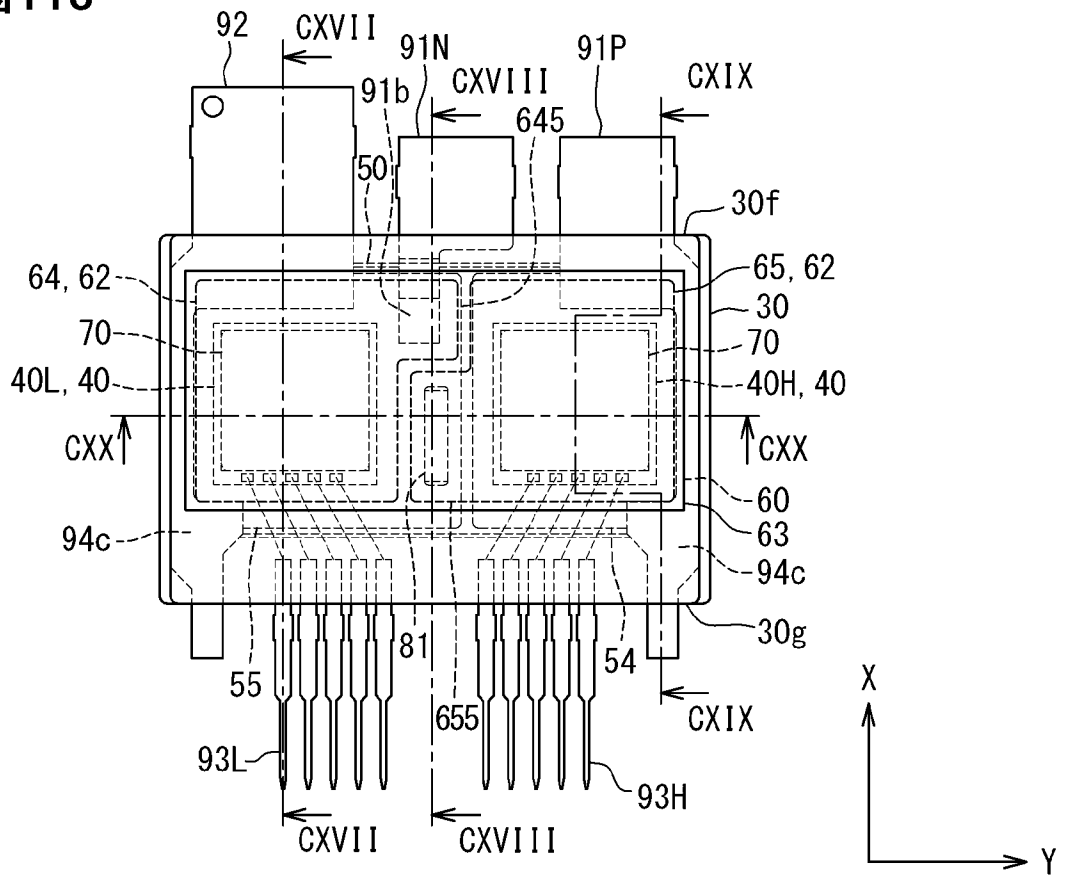
[図112]

図112



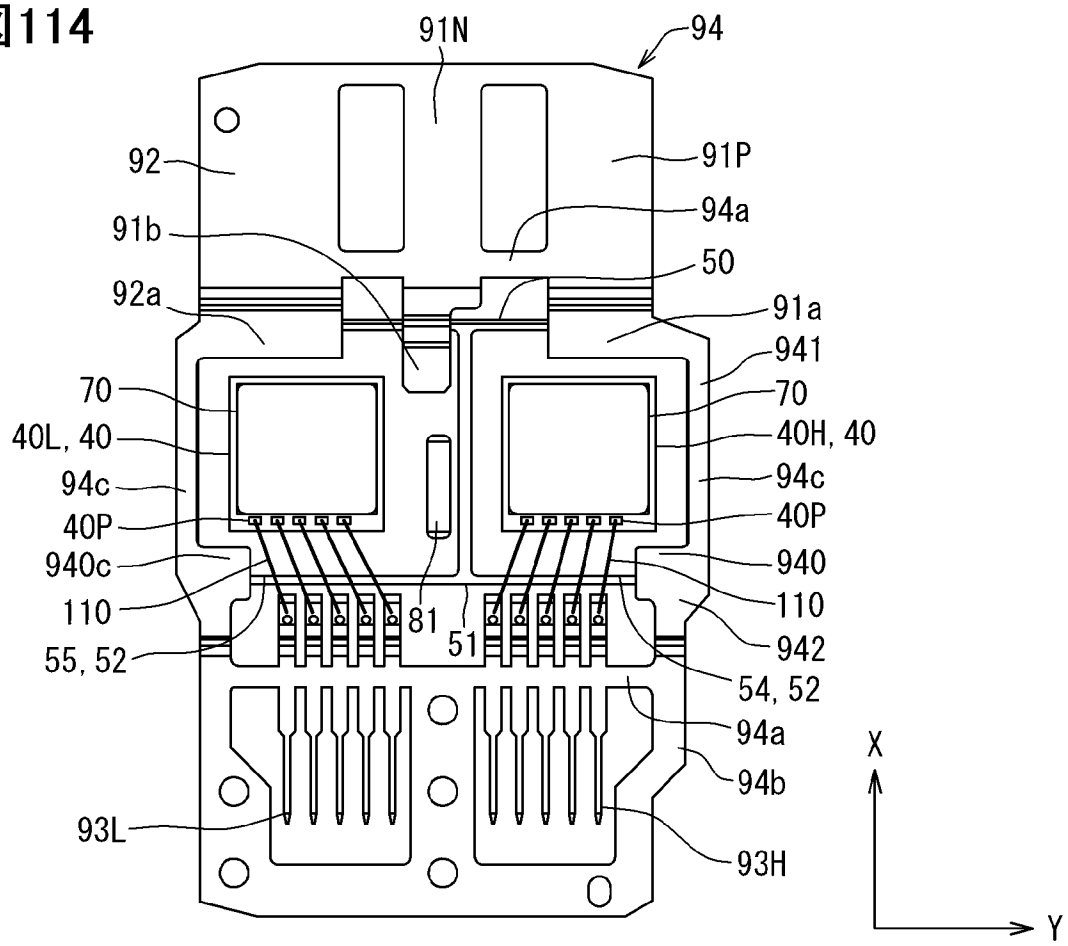
[図113]

図113



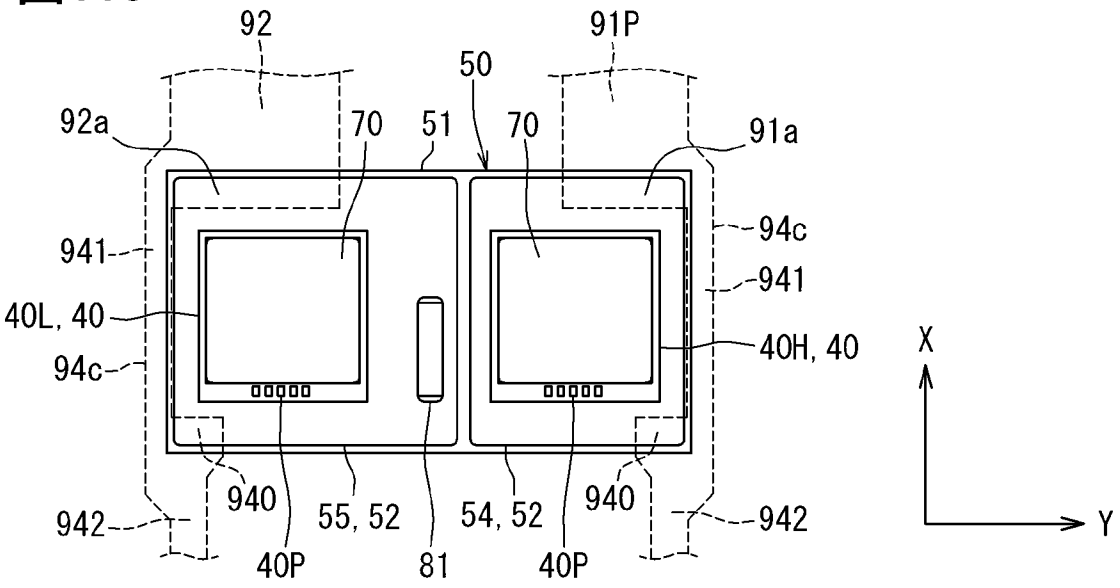
[図114]

図114



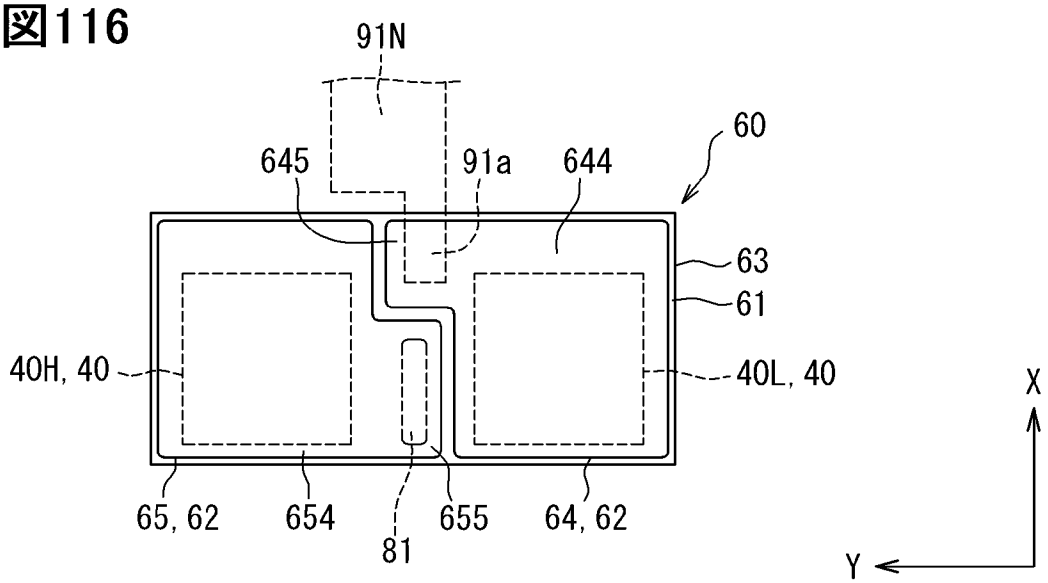
[図115]

図115



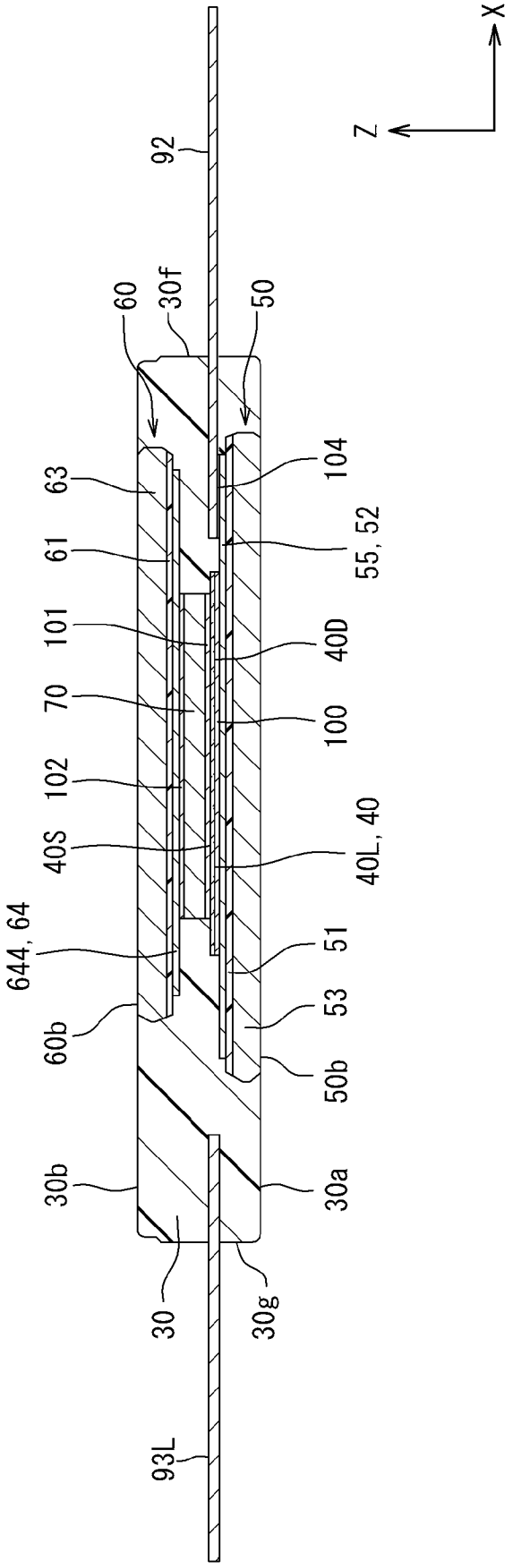
[図116]

図116



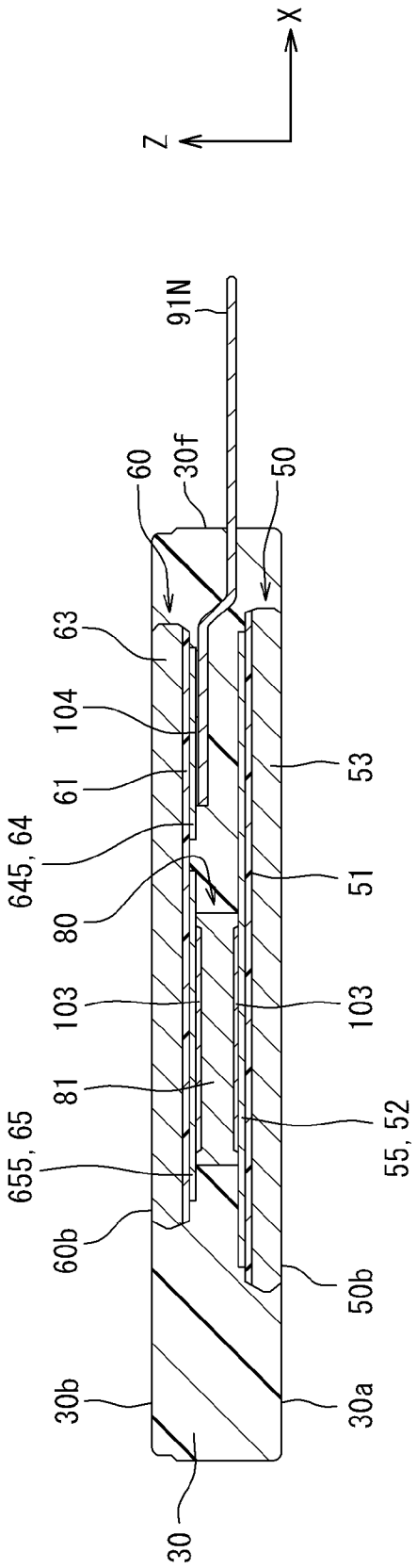
[図117]

図117


X
Z
92
60
30f
50
104
63
55, 52
61
101
40D
70
100
102
40S
40L, 40
644, 64
51
53
60b
50b
30b
30a
30
30g
93L

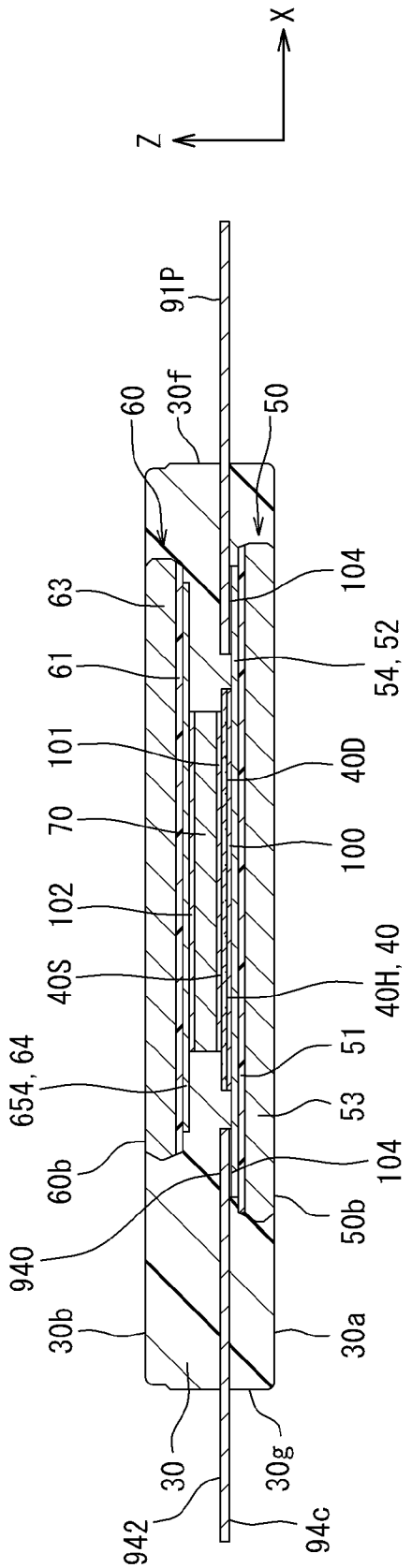
[図118]

図118


X
Z
91N
60
30f
50
63
104
61
645, 64
80
103
81
655, 65
60b
30b
30
53
51
103
55, 52
50b
30a

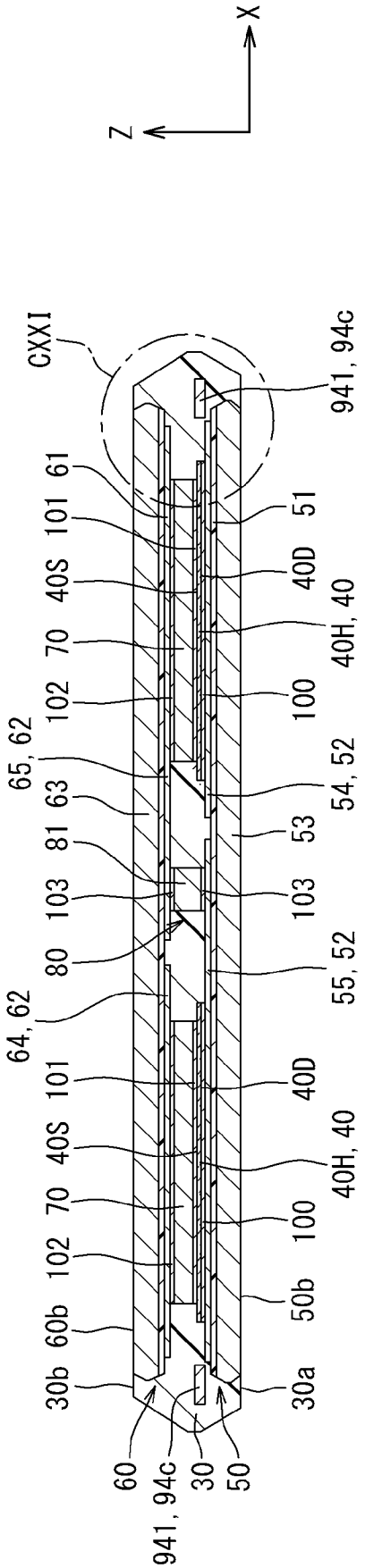
[図119]

図119


X
Z
91P
60
30f
50
104
63
54, 52
61
101
40D
70
100
102
40S
40H, 40
654, 64
51
53
60b
104
940
50b
30b
30a
30
30g
942
94c

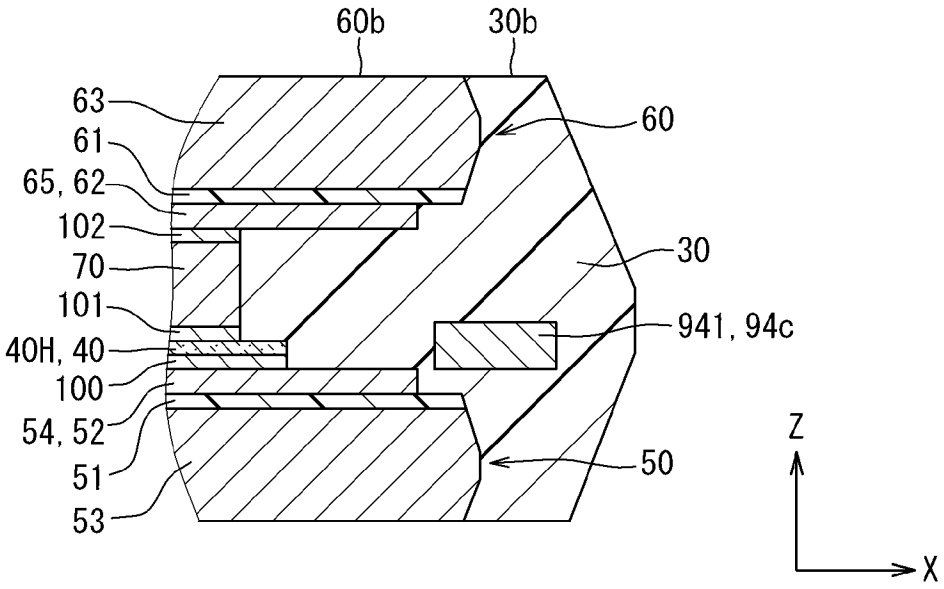
[図120]

図120


X
Z
CXXI
941, 94c
61
101
40S
70
102
65, 62
63
81
103
80
64, 62
101
40S
70
102
60b
30b
60
941, 94c
30
50
30a
50b
100
55, 52
40H, 40
40D
53
103
54, 52
51
40D
40H, 40
100

[図121]

図121


60b
30b
63
61
65, 62
102
70
101
40H, 40
100
54, 52
51
53
60
30
941, 94c
50
Z
X

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2022/018365

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L 21/60(2006.01)i; ***H01L 21/52***(2006.01)i; ***H01L 23/12***(2006.01)i; ***H01L 23/36***(2006.01)i; ***H01L 25/07***(2006.01)i; ***H01L 25/18***(2006.01)i
FI: H01L21/60 321E; H01L25/04 C; H01L21/52 E; H01L23/12 F; H01L23/36 D

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)

H01L21/60; H01L21/52; H01L23/12; H01L23/36; H01L25/07; H01L25/18

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 1971-2022
Registered utility model specifications of Japan 1996-2022
Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

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 2020/255773 A1 (FUJI ELECTRIC CO., LTD.) 24 December 2020 (2020-12-24) paragraphs [0013]-[0048], fig. 1-28	1-7
Y		1-3, 6-8
Y	JP 2015-177182 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 05 October 2015 (2015-10-05) paragraphs [0008]-[0042], fig. 1A-5	1-3, 6-8
Y	JP 2018-26417 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 15 February 2018 (2018-02-15) paragraphs [0011]-[0072], fig. 1-5	1-3, 6-8
Y	JP 2020-191367 A (DENSO CORP.) 26 November 2020 (2020-11-26) paragraphs [0008]-[0032], fig. 1-6	8
A	JP 2015-93295 A (NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORP.) 18 May 2015 (2015-05-18) entire text, all drawings	1-8
A	WO 2017/002793 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 05 January 2017 (2017-01-05) entire text, all drawings	1-8

☑ 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
04 July 2022	**12 July 2022**
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.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2017/077728 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 11 May 2017 (2017-05-11) entire text, all drawings	1-8
A	JP 2009-164208 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 23 July 2009 (2009-07-23) entire text, all drawings	1-8
A	JP 2019-212759 A (SHINKO ELECTRIC IND. CO., LTD.) 12 December 2019 (2019-12-12) entire text, all drawings	1-8
P, A	JP 2021-97113 A (DENSO CORP.) 24 June 2021 (2021-06-24) entire text, all drawings	1-8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2022/018365

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO 2020/255773 A1	24 December 2020	US 2021/0280534 A1 paragraphs [0038]-[0075], fig. 1-28	
JP 2015-177182 A	05 October 2015	(Family: none)	
JP 2018-26417 A	15 February 2018	(Family: none)	
JP 2020-191367 A	26 November 2020	WO 2020/235122 A1	
JP 2015-93295 A	18 May 2015	US 2016/0240505 A1 entire text, all drawings WO 2015/068853 A1 EP 3069811 A1 TW 201529294 A	
WO 2017/002793 A1	05 January 2017	US 2018/0190611 A1 entire text, all drawings DE 112016002967 T5 CN 107533984 A	
WO 2017/077728 A1	11 May 2017	(Family: none)	
JP 2009-164208 A	23 July 2009	(Family: none)	
JP 2019-212759 A	12 December 2019	US 2019/0371757 A1 entire text, all drawings	
JP 2021-97113 A	24 June 2021	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2022/018365

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

H01L 21/60(2006.01)i; H01L 21/52(2006.01)i; H01L 23/12(2006.01)i; H01L 23/36(2006.01)i; H01L 25/07(2006.01)i; H01L 25/18(2006.01)i
FI: H01L21/60 321E; H01L25/04 C; H01L21/52 E; H01L23/12 F; H01L23/36 D

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））

H01L21/60; H01L21/52; H01L23/12; H01L23/36; H01L25/07; H01L25/18

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	１９７１－２０２２年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２２年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２２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	WO 2020/255773 A1 (富士電機株式会社) 24.12.2020 (2020-12-24) 段落[0013]-[0048], 図1-28	1-7
Y		1-3, 6-8
Y	JP 2015-177182 A (三菱電機株式会社) 05.10.2015 (2015-10-05) 段落[0008]-[0042], 図1A-5	1-3, 6-8
Y	JP 2018-26417 A (三菱電機株式会社) 15.02.2018 (2018-02-15) 段落[0011]-[0072], 図1-5	1-3, 6-8
Y	JP 2020-191367 A (株式会社デンソー) 26.11.2020 (2020-11-26) 段落[0008]-[0032], 図1-6	8
A	JP 2015-93295 A (新日鐵住金株式会社) 18.05.2015 (2015-05-18) 全文全図	1-8
A	WO 2017/002793 A1 (三菱電機株式会社) 05.01.2017 (2017-01-05) 全文全図	1-8

☑ 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
04.07.2022	12.07.2022

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）
今井　聖和 5F 4666

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 2017/077728 A1 (三菱電機株式会社) 11.05.2017 (2017-05-11) 全文全図	1-8
A	JP 2009-164208 A (三菱電機株式会社) 23.07.2009 (2009-07-23) 全文全図	1-8
A	JP 2019-212759 A (新光電気工業株式会社) 12.12.2019 (2019-12-12) 全文全図	1-8
P, A	JP 2021-97113 A (株式会社デンソー) 24.06.2021 (2021-06-24) 全文全図	1-8

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/JP2022/018365

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO 2020/255773 A1	24.12.2020	US 2021/0280534 A1 段落[0038]-[0075], 図1-28	
JP 2015-177182 A	05.10.2015	（ファミリーなし）	
JP 2018-26417 A	15.02.2018	（ファミリーなし）	
JP 2020-191367 A	26.11.2020	WO 2020/235122 A1	
JP 2015-93295 A	18.05.2015	US 2016/0240505 A1 全文全図 WO 2015/068853 A1 EP 3069811 A1 TW 201529294 A	
WO 2017/002793 A1	05.01.2017	US 2018/0190611 A1 全文全図 DE 112016002967 T5 CN 107533984 A	
WO 2017/077728 A1	11.05.2017	（ファミリーなし）	
JP 2009-164208 A	23.07.2009	（ファミリーなし）	
JP 2019-212759 A	12.12.2019	US 2019/0371757 A1 全文全図	
JP 2021-97113 A	24.06.2021	（ファミリーなし）	