(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2024年1月11日(11.01.2024)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2024/009458 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 23/48 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2022/026975

(22) 国際出願日： 2022年7月7日(07.07.2022)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(71) 出願人:三菱電機株式会社(**MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 増田 羽香奈 (**MASUDA, Wakana**); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 六分一 穂隆(**ROKUBUICHI, Hodaka**); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).

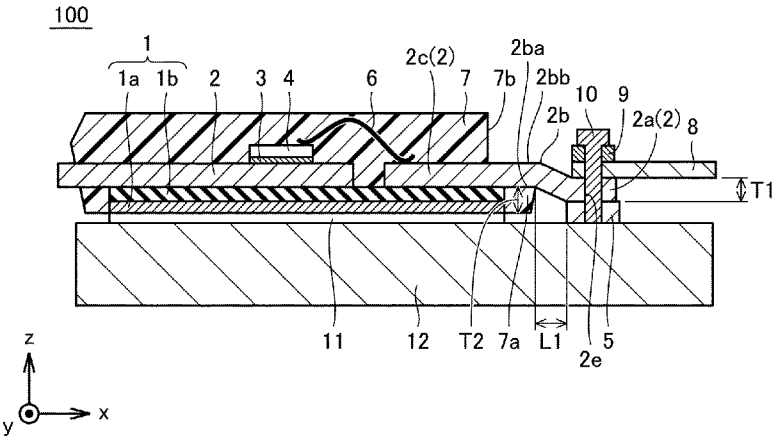
(74) 代理人:弁理士法人深見特許事務所(**FUKAMI PATENT OFFICE, P.C.**); 〒5300005 大阪府大阪市北区中之島三丁目2番4号 中之島フェスティバルタワー・ウエスト Osaka (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, 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,

(54) **Title:** SEMICONDUCTOR DEVICE AND POWER CONVERTER

(54) 発明の名称： 半導体装置および電力変換装置

図2



(57) **Abstract:** Provided are a semiconductor device and a power converter that are highly reliable. A semiconductor device (100) comprises: a semiconductor element (4), a lead frame (2), and an encapsulation resin (7). The semiconductor element (4) is mounted to the lead frame (2). The encapsulation resin (7) encapsulates the semiconductor element (4) and a portion of the lead frame (2). The lead frame (2) includes an internal part (2c) and an external connection terminal part (2a). The internal part (2c) is in contact with the encapsulation resin (7). The external connection terminal part (2a) protrudes outward from the surface of the encapsulation resin (7). The lead frame (2) includes a deformed part (2b). The deformed part (2b) is situated at the border between the internal part (2c) and the external connection terminal part (2a). The deformed part (2b) is configured so as to have stress concentrated therein in order to cause the lead frame (2) to bend. The deformed part (2b) and the surface of the encapsulation resin (7) intersect with each other.

WO 2024/009458 A1

[続葉有]

SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, 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)）

(57) 要約：高い信頼性を有する半導体装置および電力変換装置が得られる。半導体装置（１００）は、半導体素子（４）と、リードフレーム（２）と、封止樹脂（７）とを備える。半導体素子（４）はリードフレーム（２）に搭載されている。封止樹脂（７）は、半導体素子（４）とリードフレーム（２）の一部とを封止する。リードフレーム（２）は、内側部（２ｃ）と外部接続端子部（２ａ）とを含む。内側部（２ｃ）は封止樹脂（７）と接触する。外部接続端子部（２ａ）は、封止樹脂（７）の表面から外側に突出する。リードフレーム（２）は変形部（２ｂ）を含む。変形部（２ｂ）は、内側部（２ｃ）と外部接続端子部（２ａ）との境界部に位置する。変形部（２ｂ）は、リードフレーム（２）を屈曲させるために応力が集中するように構成されている。変形部（２ｂ）と封止樹脂（７）の表面とは交差している。

明　細　書

発明の名称 ： 半導体装置および電力変換装置

技術分野

[0001] 本開示は、半導体装置および電力変換装置に関する。

背景技術

[0002] 従来、半導体素子とリードフレームの一部とが封止樹脂により封止された半導体装置が知られている。たとえば、特開２００３－３１７６５号公報には、封止樹脂の外部に延在するリードフレームの一部である外部接続端子部に、固定用の穴が形成された半導体装置が開示されている。特開２００３－３１７６５号公報に開示された半導体装置は、外部接続端子部の穴に挿入されたネジにより、外部接続端子部と外部の端子台およびバスバーなどの導電体とが固定される。このような半導体装置は、たとえば電力変換装置に適用される。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開２００３－３１７６５号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 上述した従来の半導体装置では、外部接続端子部の穴が端子台と重なるように半導体装置を配置した時に、外部接続端子部と端子台との間に隙間が存在する場合がある。この場合、ネジによって外部接続端子部と端子台とを固定すると、外部接続端子部が弾性変形し、結果的に外部接続端子部に隣接する封止樹脂に応力が加わる。このような応力は、封止樹脂の割れ、封止樹脂とリードフレームとの剥離といった不良の原因となり、半導体装置の信頼性を低下させていた。

[0005] 本開示は、上記の様な課題を解決するために成されたものであり、高い信頼性を有する半導体装置および電力変換装置を提供することである。

課題を解決するための手段

[0006] 本開示に従った半導体装置は、半導体素子と、リードフレームと、封止樹脂とを備える。半導体素子はリードフレームに搭載されている。封止樹脂は、半導体素子とリードフレームの一部とを封止する。リードフレームは、内側部と外部接続端子部とを含む。内側部は封止樹脂と接触する。外部接続端子部は、封止樹脂の表面から外側に突出する。リードフレームは変形部を含む。変形部は、内側部と外部接続端子部との境界部に位置する。変形部は、リードフレームを屈曲させるために応力が集中するように構成されている。変形部と封止樹脂の表面とは交差している。

[0007] 本開示に従った電力変換装置は、主変換回路と、制御回路とを備える。主変換回路は、上記半導体装置を有し、入力される電力を変換して出力する。制御回路は、主変換回路を制御する制御信号を主変換回路に出力する。

発明の効果

[0008] 上記によれば、高い信頼性を有する半導体装置および電力変換装置が得られる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]実施の形態１に係る半導体装置の構成を説明するための平面模式図である。

[図2]図１の線分ＩＩ－ＩＩにおける断面模式図である。

[図3]図１に示された半導体装置の構成を説明するための断面模式図である。

[図4]図１に示された半導体装置の変形例の構成を説明するための断面模式図である。

[図5]実施の形態２に係る半導体装置の構成を説明するための断面模式図である。

[図6]図５の領域ＶＩの部分断面模式図である。

[図7]図５に示された半導体装置の構成を説明するための部分断面模式図である。

[図8]図５に示された半導体装置の変形例１の構成を説明するための部分断面

模式図である。

[図9]図５に示された半導体装置の変形例２の構成を説明するための部分断面模式図である。

[図10]図５に示された半導体装置の変形例３の構成を説明するための部分平面模式図である。

[図11]図５に示された半導体装置の変形例４の構成を説明するための部分平面模式図である。

[図12]実施の形態３に係る半導体装置の構成を説明するための断面模式図である。

[図13]図１２に示された半導体装置の構成を説明するための部分断面模式図である。

[図14]図１２に示された半導体装置の変形例の構成を説明するための断面模式図である。

[図15]図１４に示された半導体装置の構成を説明するための部分断面模式図である。

[図16]実施の形態４に係る半導体装置の構成を説明するための断面模式図である。

[図17]実施の形態５に係る電力変換装置を適用した電力変換システムの構成を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、本開示の実施の形態を説明する。なお、特に言及しない限り、以下の図面において同一または対応する部分には同一の参照番号を付し、その説明は繰り返さない。

[0011] 実施の形態１.

＜半導体装置の構成＞

図１から図３に示されるように、実施の形態１に係る半導体装置１００は、半導体素子４と、リードフレーム２と、熱伝導部材１と、ワイヤ６と、冷却器１２と、固定部５と、封止樹脂７とを主に備える。

[0012] 半導体素子４はリードフレーム２に搭載されている。半導体素子４は、リードフレーム２においてｚ方向での上側に位置する表面（上面）に搭載されている。半導体素子４の電極（図示せず）とリードフレーム２とを接続するように接続部材である導電性のワイヤ６が配置されている。ワイヤ６は、図２のｘ方向に伸びるように配置されている。リードフレーム２において半導体素子４が搭載された上面と反対側の裏面には、熱伝導部材１が接続されている。熱伝導部材１とリードフレーム２の一部と半導体素子４とワイヤ６とは、封止樹脂７によって封止されている。

[0013] 熱伝導部材１の表面は封止樹脂７から露出している。熱伝導部材１の表面にはグリース１１を介して冷却器１２が接続されている。リードフレーム２において半導体素子４が搭載された表面に垂直な方向から見た平面視において、冷却器１２のサイズは封止樹脂７のサイズより大きい。冷却器１２において、封止樹脂７と重ならない位置に固定部５が形成されている。当該固定部５は後述するようにリードフレーム２の外部接続端子部２ａを固定する部分である。

[0014] リードフレーム２は、内側部２ｃと外部接続端子部２ａとを含む。内側部２ｃは、封止樹脂７の内部に埋設され、封止樹脂７と接触する部分である。外部接続端子部２ａは、内側部２ｃと連なり、封止樹脂７の表面から外側に突出する部分である。外部接続端子部２ａの先端側には、貫通孔２ｅが形成されている。貫通孔２ｅは固定部材としてのネジ１０を挿通させるための孔である。貫通孔２ｅが固定部５と重なるように、外部接続端子部２ａが配置される。固定部５にはネジ１０を挿入するためのネジ穴が形成されている。外部接続端子部２ａの貫通孔２ｅと重なるように、バスバー８およびワッシャ９が配置される。バスバー８にはネジ１０を挿通させるための貫通孔が形成されている。バスバー８の貫通孔が外部接続端子部２ａの貫通孔２ｅと重なるように、バスバー８は位置決めされている。ワッシャ９も当該貫通孔２ｅと重なるように配置される。ネジ１０は、ワッシャ９の孔、バスバー８の貫通孔、外部接続端子部２ａの貫通孔２ｅに挿入され、固定部５のネジ穴に

固定される。このようにして、外部接続端子部２ａが固定部５に固定されるとともに、バスバー８と接続される。

[0015] 図２に示されるように、リードフレーム２は変形部２ｂを含む。変形部２ｂは、内側部２ｃと外部接続端子部２ａとの境界部に位置する。変形部２ｂは、リードフレーム２を屈曲させるために応力が集中するように構成されている。そのため、図２に示されるように、外部接続端子部２ａを固定部５に固定する際の応力により、変形部２ｂにおいてリードフレーム２が屈曲している。

[0016] 当該変形部２ｂには、封止樹脂７における支持部７ａの表面が交差するように接している。具体的には、変形部２ｂは、第１面２ｂａと第２面２ｂｂとを含む。第２面２ｂｂは、第１面２ｂａと反対側に位置する。第１面２ｂａは変形部２ｂにおいて熱伝導部材１と接続されたリードフレーム２の裏面の一部である。第２面２ｂｂは、リードフレーム２において半導体素子４が接続された表面上面の一部である。変形部２ｂにおいて、封止樹脂７は第１面２ｂａに接触しているが第２面２ｂｂと接触していない。つまり、封止樹脂７の変形部２ｂにおける第２面２ｂｂに面する部分に切欠き部７ｂが形成されているため、変形部２ｂにおいて第２面２ｂｂは封止樹脂７から露出した状態となっている。一方、変形部２ｂの第１面２ｂａは、封止樹脂７の支持部７ａが接触している。支持部７ａの表面は、変形部２ｂの第１面２ｂａにおいて、屈曲点に接するまたは屈曲点から１ｍｍ以内の近傍領域に接している。

[0017] 以下、半導体装置１００を構成する各部材について説明する。

熱伝導部材１は、金属箔１ａと、絶縁シート１ｂとを含む。絶縁シート１ｂは金属箔１ａの上面に形成されている。つまり、熱伝導部材１は、金属箔１ａと絶縁シート１ｂとを含む積層体である。熱伝導部材１は、放熱性の高い絶縁層として機能する。絶縁シート１ｂは、金属箔１ａとリードフレーム２とを絶縁する。また、絶縁シート１ｂを介して、半導体素子４で発生した熱が金属箔１ａへ放熱される。つまり、絶縁シート１ｂは伝熱部材としての

機能を有する。

[0018] 金属箔１ａとしては、たとえば銅板、アルミニウム板、銅箔、アルミニウム箔などの高熱伝導部材が用いられる。絶縁シート１ｂを構成する材料は、特に限定されないが、無機セラミック材料単体であってもよいし、微粒子及びフィラーの少なくともいずれかが分散された樹脂材料であってもよい。微粒子及びフィラーを構成する材料は、例えば、アルミナ（Al_2O_3）、窒化アルミニウム（ＡｌＮ）、窒化珪素（Si_3N_4）、二酸化珪素（SiO_2）、窒化ホウ素（ＢＮ）、ダイヤモンド（Ｃ）、炭化ケイ素（ＳｉＣ）または酸化ホウ素（B_2O_3）のような無機セラミックス材料でもよい。微粒子およびフィラーを構成する材料は、シリコーン樹脂またはアクリル樹脂のような樹脂材料であってもよい。微粒子及びフィラーの少なくともいずれかが分散される樹脂は、電気的絶縁性を有している。微粒子及びフィラーの少なくともいずれかが分散される樹脂は、特に限定されないが、エポキシ樹脂、ポリイミド樹脂、シリコーン樹脂またはアクリル樹脂を主成分としてもよい。

[0019] 図２に示されるように、熱伝導部材１上には、任意の配線構造（配線回路）が形成されたリードフレーム２が設けられている。リードフレーム２は、表面と裏面とを備える。変形部２ｂの第１面２ｂａを含むリードフレーム２の裏面は、熱伝導部材１の絶縁シート１ｂに接続される。変形部２ｂの第２面２ｂｂを含むリードフレーム２の表面には、配線回路に半導体素子４の裏面電極（図示せず）が、接合材であるはんだ３を介して接合されている。

[0020] 封止樹脂７から突き出すリードフレーム２の部分は、外部接続端子部２ａとしてバスバー８及び端子台である固定部５とネジ締め締結される。図３に示されるように、外部接続端子部２ａが固定部５に固定される前の段階では、外部接続端子部２ａは封止樹脂７の表面から直線状に伸びるように形成されている。そして、図２に示されるように、固定部５が冷却器１２と一体化しているとき、部材の寸法公差によって、外部接続端子部２ａの下面と固定部５の上面との高さにズレが発生し得る。たとえば、外部接続端子部２ａの下面が固定部５の上面より上方に間隔を隔てて位置する場合が考えられる。

この状態で、外部接続端子部２ａをネジ１０によって固定部５にネジ締め締結すると、外部接続端子部２ａは固定部５の上面方向に屈曲するように変形する。この結果、図２に示されるように外部接続端子部２ａの下面が固定部５の上面と接触した状態となる。このとき、外部接続端子部２ａがネジ締め締結時に応力集中する変形部２ｂを有しているので、封止樹脂７における樹脂割れ及び封止樹脂７と外部接続端子部２ａとの界面剥離を抑制することができる。

[0021] 半導体素子４としては、様々な種類の半導体素子を適用できる。たとえば、半導体素子４として、入力交流電力を直流電力に変換するコンバータ部に用いるダイオード、直流電力を交流電力に変換するインバータ部に用いるバイポーラトランジスタ、ＩＧＢＴ（Ｉｎｓｕｌａｔｅｄ Ｇａｔｅ Ｂｉｐｏｌａｒ Ｔｒａｎｓｉｓｔｏｒ）、ＭＯＳＦＥＴ（Ｍｅｔａｌ Ｏｘｉｄｅ ＳｅｍｌＣｏｎｄｕｃｔｏｒ Ｆｉｅｌｄ Ｅｆｆｅｃｔ Ｔｒａｎｓｉｓｔｏｒ）、ＧＴＯ（Ｇａｔｅ Ｔｕｒｎ-Ｏｆｆ Ｔｈｙｒｉｓｔｏｒ）などを用いることができる。

[0022] 封止樹脂７は、封止した半導体素子４およびリードフレーム２などの部材間の絶縁性を確保するとともに、半導体装置１００のケースとして機能する。封止樹脂７は、リードフレーム２と半導体素子４とを一体的に封止する。封止樹脂７の成型方法として、例えば、トランスファー成型、射出成型、コンプレッション成型などを用いることができる。また、封止樹脂７の材料としては、例えば、充填材を含有したエポキシ樹脂、フェノール樹脂などを用いることができる。

[0023] 次に、上述のように構成された本実施の形態に係る半導体装置１００の製造方法について説明する。

[0024] まず、リードフレーム２，半導体素子４など半導体装置１００を構成する部材を準備する工程を実施する。なお、準備されるリードフレーム２は、外周部に位置する型枠部により互いに接続された複数の部分を有している。次に、各部材を接続する工程を実施する。具体的には、リードフレーム２の表

面に、はんだ３を介して半導体素子４を接合する。次に、ワイヤボンディングによりリードフレーム２に形成された配線回路と半導体素子４とを接続するワイヤ６を形成する。

[0025] 次に、上述した工程を実施したリードフレーム２を、封止樹脂７により封止する工程（樹脂封止工程）を実施する。樹脂封止工程では、熱伝導部材１と上述の工程によりワイヤボンディングまで完了したリードフレーム２とを金型内に配置する。その後、金型内部に封止樹脂７となる樹脂を注入する。この工程では、トランスファー成型、コンプレッション成型、射出成型などの成型方法を適用できる。成型後にリードフレーム２の一部を切断する。具体的には、たとえばリードフレーム２の外周部から型枠部を切断して除去する。このようにして、図３に示された半導体装置１００が得られる。

[0026] 次に、成形後の半導体装置１００は、グリース１１を介して冷却器１２へ組付けられる。その後、半導体装置１００はたとえば電力変換装置の内部へと搭載される。外部接続端子部２ａは、図２に示されるように電力変換装置内のバスバー８と電気的に接続（締結）される。図１および図２に示されるように、外部接続端子部２ａとバスバー８との接続部構造は、ワッシャ９とネジ１０とを用いたネジ締結構造であるが、これに限定されず、他の構造を採用してもよい。たとえば、外部接続端子部２ａとバスバー８とを超音波接合などにより接続してもよい。

[0027] 例えば、外部接続端子部２ａの厚みＴ１が０．５ｍｍであるとき、封止樹脂７とバスバー８間の距離が３．５ｍｍ以下である場合を考える。この場合、封止樹脂７と固定部５との間の距離Ｌ１も実質的に３．５ｍｍ以下となる。つまり、外部接続端子部２ａが固定部５に固定された場合に、固定部５と、封止樹脂７の表面との間の距離Ｌ１は、外部接続端子部２ａの厚みＴ１の７倍以下である場合を考える。

[0028] この状態で、固定部５の上面が外部接続端子部２ａの下面より下側に位置する場合、樹脂封止された半導体装置１００における外部接続端子部２ａ上面（変形部２ｂの第２面２ｂｂに連なる表面）には、封止樹脂７が存在しな

い部分である切欠き部７ｂが形成されている。当該切欠き部７ｂでは、外部接続端子部２ａの上面の少なくとも一部が封止樹脂７によって覆われていない。外部接続端子部２ａの上面において封止樹脂７が接触していない部分は、外部接続端子部２ａの下面と接触する封止樹脂７の支持部７ａの表面（エッジ部）より、例えば３．５ｍｍ程度内側の位置にまで延びていてもよい。なお、封止樹脂７がない部分である切欠き部７ｂは、好ましくは外部接続端子部２ａ上に位置する領域のみに形成されているが、当該切欠き部７ｂが外部接続端子部２ａの延在方向と交差する方向（たとえば図２の紙面に垂直な方向）に広がっていてもよい。この場合、切欠き部７ｂの底面は外部接続端子部２ａの上面と同一平面を構成していてもよい。たとえば、図２に示された切欠き部７ｂの側壁が、図２の紙面に垂直な方向における封止樹脂７の全幅に渡って形成されていてもよい。また、外部接続端子部２ａの厚みＴ１が０．５ｍｍであるとき、外部接続端子部２ａの下面に接するように位置する封止樹脂７の支持部７ａの厚みＴ２は好ましくは１．２５ｍｍ以上である。つまり、第１面２ｂａから第２面２ｂｂに向かう方向である厚み方向において、第１面２ｂａに接触している封止樹脂７の部分である支持部７ａの厚みＴ２は、外部接続端子部２ａの厚みＴ１の２．５倍以上である。なお、外部接続端子部２ａの厚みＴ１は０．５ｍｍ以上であってもよい。

[0029] 外部接続端子部２ａを、固定部５及びバスバー８と接続（締結）すると、図２に示されるように変形部２ｂにおいて締結方向（固定部５に向かう方向：－ｚ方向）に外部接続端子部２ａが屈曲した構造となる。このとき、支持部７ａの端部（封止樹脂７の表面と支持部７ａの上面とが交差する角部）が変形部２ｂに下面側から接触するので、変形部２ｂに応力が集中する。つまり、変形部２ｂが変形起点となる。このため、当該変形部２ｂが優先的に変形する（屈曲する）ため、変形部２ｂ以外でのリードフレーム２と封止樹脂７との界面に過剰な応力が加わることを抑制できる。このため、封止樹脂７における割れ、および封止樹脂７と外部接続端子部２ａとの接続界面における剥離の発生を抑制できる。

[0030] 以上のように構成された半導体装置１００においては、外部接続端子部２ａの片面に封止樹脂７による支持部７ａがある形状となり、封止樹脂７の支持部７ａの端部と外部接続端子部２ａとの接点が変形起点（変形部２ｂ）となる。このため、変形部２ｂに応力集中することにより、当該変形部２ｂが優先的に変形し、他の部分での封止樹脂７の樹脂割れ及び封止樹脂７と外部接続端子部２ａとの界面剥離を抑制できる。このため、外部接続端子部２ａの長さを長くすることなく、上記の樹脂割れまたは界面剥離した部分から半導体装置１００内部に水分が侵入することを抑制できる。また、上記樹脂割れ及び界面剥離が進展することによる絶縁不良を抑制することもできる。この結果、半導体装置１００の信頼性を向上しつつ大型化を抑制することができる。

[0031] ＜変形例＞

図４に示される半導体装置１００は、基本的には図１および図２に示された半導体装置１００と同様の構成を備えるが、固定部５の上面と外部接続端子部２ａの下面との相対的な位置関係および封止樹脂７の形状が図１および図２に示された半導体装置１００と異なっている。すなわち、図４に示された半導体装置１００では、冷却器１２の表面からの固定部５の上面の高さが、冷却器１２の表面からの外部接続端子部２ａの下面の高さより高くなっている。このため、図４においては、外部接続端子部２ａを固定部５に固定することにより、外部接続端子部２ａは冷却器１２から離れる側（半導体素子４が搭載されたリードフレーム２の上面側）に屈曲している。

[0032] 図４では、変形部２ｂの第１面２ｂａはリードフレーム２の上面に含まれ、第２面２ｂｂはリードフレーム２の下面に含まれる。また、封止樹脂７における切欠き部７ｂは、リードフレーム２の下面側に形成されている。封止樹脂７の支持部７ａは、リードフレーム２の上面（半導体素子４が搭載された面）に接触している。このように、図４に示された半導体装置１００では、変形部２ｂ近傍の構造が図２に示された半導体装置１００と上下方向において逆になっている。この場合も、変形部２ｂが屈曲する方向と反対側に封

止樹脂７の切欠き部７ｂが形成されているため、変形部２ｂの変形方向と逆側に位置する領域（リードフレーム２の下面において切欠き部７ｂからリードフレーム２が露出している領域）では封止樹脂７が破損するといった問題の発生を抑制できる。

[0033] ＜作用＞

本開示に従った半導体装置１００は、半導体素子４と、リードフレーム２と、封止樹脂７とを備える。半導体素子４はリードフレーム２に搭載されている。封止樹脂７は、半導体素子４とリードフレーム２の一部とを封止する。リードフレーム２は、内側部２ｃと外部接続端子部２ａとを含む。内側部２ｃは封止樹脂７と接触する。外部接続端子部２ａは、封止樹脂７の表面から外側に突出する。リードフレーム２は変形部２ｂを含む。変形部２ｂは、内側部２ｃと外部接続端子部２ａとの境界部に位置する。変形部２ｂは、リードフレーム２を屈曲させるために応力が集中するように構成されている。変形部２ｂと封止樹脂７の表面とは交差している。

[0034] このようにすれば、外部接続端子部２ａに外力が加わった場合に、当該外力により変形部２ｂが優先的に変形する。このため、当該外力がリードフレーム２の内側部２ｃと封止樹脂７との接触部に作用して当該接触部での封止樹脂７が剥離または破損する、といった問題の発生を抑制できる。このため、半導体装置１００の信頼性を向上させることができる。また、変形部２ｂと封止樹脂７の表面とが交差している、つまり変形部２ｂが封止樹脂７の表面と部分的に重なるように配置されているので、外部接続端子部２ａにおいて封止樹脂７から離れた位置に変形部２ｂを形成する場合より、外部接続端子部２ａの寸法を小さくできる。このため、小型の半導体装置に対しても適用できる。

[0035] 上記半導体装置１００において、変形部２ｂは、第１面２ｂａと第２面２ｂｂとを含む。第２面２ｂｂは、第１面２ｂａと反対側に位置する。変形部２ｂにおいて、封止樹脂７は第１面２ｂａに接触し第２面２ｂｂと接触していない。

[0036] この場合、変形部２ｂの第１面２ｂａには封止樹脂７が接触しているため、変形部２ｂの片面（第１面２ｂａ）のみに封止樹脂７による支持部７ａが配置された状態となる。そのため、当該第１面２ｂａ側に外部接続端子部２ａが屈曲するように外力が加わるときに、封止樹脂７の支持部７ａが変形部２ｂを第１面２ｂａ側から支持する（押圧する）ことになる。この結果、変形部２ｂにおいてリードフレーム２を容易に屈曲させることができる。また、変形部２ｂの第２面２ｂｂには封止樹脂７が接触していないので、変形部２ｂが屈曲するときに、変形部２ｂの第２面２ｂｂが封止樹脂７に対して応力を加え、封止樹脂７が破損するといった問題は発生しない。

[0037] 上記半導体装置１００では、第１面２ｂａから第２面２ｂｂに向かう方向である厚み方向において、第１面２ｂａに接触している封止樹脂７の部分である支持部７ａの厚みＴ２は、外部接続端子部２ａの厚みＴ１の２．５倍以上である。

[0038] この場合、封止樹脂７の支持部７ａが十分な厚みＴ２を有するので、当該支持部７ａがリードフレーム２の変形部２ｂを押圧し、当該変形部２ｂへの応力の集中および変形を促進できる。

[0039] 上記半導体装置１００において、外部接続端子部２ａが封止樹脂７の外側に位置する固定部５に固定された場合に、固定部５と、封止樹脂７の表面との間の距離Ｌ１は、外部接続端子部２ａの厚みＴ１の７倍以下である。

[0040] このように、本開示に従った上記構成は、固定部５と封止樹脂７の表面との間の距離Ｌ１が比較的小さい半導体装置１００に適用することで、外部接続端子部２ａと固定部５との位置にズレがある場合であっても、リードフレーム２と封止樹脂７との剥離や封止樹脂７の破損を効果的に抑制できる。

[0041] 上記半導体装置１００において、外部接続端子部２ａの厚みＴ１は０．５ｍｍ以上である。この場合、外部接続端子部２ａがある程度剛性を有するため、当該外部接続端子部２ａに対して応力が加えられたときに、リードフレーム２に接触する封止樹脂７に対して当該応力が伝えられやすい。しかし、本開示に従った構成を採用することで当該応力に起因する封止樹脂７の破損

などを効果的に抑制できる。

[0042] 実施の形態２.

＜半導体装置の構成＞

図５から図７に示された半導体装置２００は、基本的には図１および図２に示された半導体装置１００と同様の構成を備えるが、変形部２ｂおよび封止樹脂７の形状が図１および図２に示された半導体装置１００と異なっている。すなわち、図５から図７に示された半導体装置２００において、変形部２ｂでは、外部接続端子部２ａの延在方向に垂直な断面における断面積が局所的に小さくなるように、リードフレーム２の上面（半導体素子４が搭載された側の面）に凹部２１が形成されている。凹部２１と封止樹脂７の表面とが交差するように、変形部２ｂである凹部２１は封止樹脂７の表面と重なる位置に形成されている。つまり、図５から図７に示された半導体装置２００では、図１および図２に示されたような封止樹脂７の切欠き部７ｂは形成されていない。凹部２１は、リードフレーム２が屈曲する方向（図５における熱伝導部材１が位置する下側）と反対側に位置するリードフレーム２の表面（上面）に形成されている。

[0043] 凹部２１は、たとえばリードフレーム２が部分的に削除された切欠き部である。凹部２１は、たとえばローレット加工により形成されてもよい。このような凹部２１を、図７に示されるようにリードフレーム２が屈曲される前の半導体装置２００において形成しておく。そして、当該半導体装置２００における外部接続端子部２ａを、図５に示されるように固定部５及びバスバー８と接続（締結）すると、変形部２ｂとしての凹部２１が形成された部分において締結方向（固定部５に向かう方向）に外部接続端子部２ａが屈曲した構造となる。このとき、凹部２１が形成されているため、リードフレーム２の断面積が局所的に小さくなった部分（凹部２１が形成された部分）でリードフレーム２が容易に屈曲する。さらに、凹部２１の一部に封止樹脂７が接触しているので、凹部２１の一部が封止樹脂７によって固定された状態となっている。このため、凹部２１が形成された部分においてリードフレーム

２がより容易に屈曲される。凹部２１の断面形状は任意の形状であってもよく、図６に示されたようなV字状であってもよく、U字状であってもよい。凹部２１の内周面は曲面で構成されていてもよい。凹部２１はリードフレーム２の延在方向に直交する幅方向全体に形成されていてもよいし、当該幅方向の一部に形成されていてもよい。

[0044] 図５に示されるように、外部接続端子部２ａの厚みＴ１はたとえば１ｍｍである。封止樹脂７と固定部５との間の距離Ｌ１または封止樹脂７とバスバー８との間の距離はたとえば７ｍｍ以下である。

[0045] 上述した半導体装置２００は、基本的には実施の形態１に係る半導体装置１００の製造方法と同様の製造方法により製造できる。具体的には、半導体装置２００を構成する部材を準備する工程、各部材を接続する工程、封止樹脂７により封止する工程を実施して、図７に示す構造を有する半導体装置２００を得る。当該半導体装置２００は冷却器１２へ組付けられる。その後、半導体装置２００はたとえば電力変換装置などの電気機器の内部へ搭載される。

[0046] 外部接続端子部２ａは、図５に示されるように電力変換装置内のバスバー８と電気的に接続（締結）される。実施の形態１に係る半導体装置１００と同様に、外部接続端子部２ａとバスバー８との接続部構造は、ワッシャ９とネジ１０とを用いたネジ締結構造である。

[0047] ここで、固定部５の上面が外部接続端子部２ａの下面より下側に位置する場合、外部接続端子部２ａを固定部５及びバスバー８と接続（締結）すると、図５に示されるように変形部２ｂにおいて締結方向（固定部５に向かう方向）に外部接続端子部２ａが屈曲した構造となる。このとき、変形部２ｂでは凹部２１が形成されることで断面積が局所的に小さくなり、当該変形部２ｂの強度が局所的に小さくなっている。また、変形部２ｂの凹部２１が部分的に封止樹脂７と接触している。つまり凹部２１が封止樹脂７に部分的に（たとえば半分）内包されている。このため、変形部２ｂは容易に変形することが可能である。このことから、樹脂割れ及び封止樹脂７とリードフレーム

２との界面剥離が発生しうる応力が封止樹脂７にかかることなく、外部接続端子部２ａをバスバー８に締結することが可能である。

[0048] ＜変形例＞

図８から図１１に示されるように、リードフレーム２において変形部２ｂとして形成される凹部２１は、リードフレーム２の上面以外の表面に形成されてもよい。図８および図９は、図５から図７に示された半導体装置２００の変形例１および変形例２を示す部分断面模式図である。図８から図１１は図７に対応する。図１０および図１１は、図５から図７に示された半導体装置２００の変形例３および変形例４を示す部分平面模式図である。図１０および図１１は、リードフレーム２の上面に垂直な方向から見た平面視における変形部２ｂの構成を示している。

[0049] 図８に示された半導体装置２００の変形例１は、基本的には図５から図７に示された半導体装置２００と同様の構成を備えるが、リードフレーム２における凹部２１の配置が図５から図７に示された半導体装置２００と異なっている。図８に示された半導体装置２００では、変形部２ｂとしての凹部２１がリードフレーム２の下面に形成されている。そして、リードフレーム２の上面には凹部が形成されていない。図８においても、凹部２１は封止樹脂７の表面と部分的に重なる位置に配置されている。

[0050] 図９に示された半導体装置２００の変形例２は、基本的には図５から図７に示された半導体装置２００と同様の構成を備えるが、リードフレーム２における凹部２１の構成が図５から図７に示された半導体装置２００と異なっている。図９に示された半導体装置２００では、変形部２ｂとして凹部２１ａおよび凹部２１ｂがリードフレーム２に形成されている。凹部２１ａがリードフレーム２の上面に形成されている。凹部２１ｂがリードフレーム２の下面に形成されている。図９においても、凹部２１ａおよび凹部２１ｂは、それぞれ封止樹脂７の表面と部分的に重なる位置に配置されている。図９において、凹部２１ａと凹部２１ｂとは、リードフレーム２の厚み方向において互いに対向する位置に形成されている。ただし、リードフレーム２の上面

に垂直な方向から見た平面視において、凹部２１ａと凹部２１ｂとは一部のみが重なるようにずれて配置されている。

[0051] 図１０に示された半導体装置２００の変形例３は、基本的には図５から図７に示された半導体装置２００と同様の構成を備えるが、リードフレーム２における変形部２ｂの配置が図５から図７に示された半導体装置２００と異なっている。図１０に示された半導体装置２００では、変形部２ｂとして凹部２１ｃおよび凹部２１ｄがリードフレーム２に形成されている。凹部２１ｃがリードフレーム２の上面と下面とを繋ぐ２つの側面のうちの一方に形成されている。凹部２１ｄがリードフレーム２の２つの側面のうちの他方に形成されている。図１０においても、凹部２１ｃおよび凹部２１ｄは、それぞれ封止樹脂７の表面と部分的に重なる位置に配置されている。図１０において、凹部２１ｃと凹部２１ｄとは、リードフレーム２の厚み方向と垂直な方向であって、外部接続端子部２ａの伸びる方向に垂直な方向である幅方向において、互いに対向する位置に形成されている。

[0052] 図１１に示された半導体装置２００の変形例４は、基本的には図１０に示された半導体装置２００と同様の構成を備えるが、リードフレーム２における変形部２ｂの構成が図１０に示された半導体装置２００と異なっている。図１１に示された半導体装置２００では、変形部２ｂとして１つの凹部２１ｃがリードフレーム２に形成されている。凹部２１ｃは、リードフレーム２の上面と下面とを繋ぐ２つの側面のうちの一方に形成されている。リードフレーム２の２つの側面のうちの他方には凹部が形成されていない。図１１においても、凹部２１ｃは封止樹脂７の表面と部分的に重なる位置に配置されている。

[0053] 上記の様に、変形部２ｂとしての凹部をリードフレーム２に１つまたは２つ形成してもよいが、凹部の数を３以上としてもよい。たとえば、リードフレーム２の上面、下面、一方の側面、他方の側面のうちの３つまたは４つの面に凹部を形成してもよい。凹部２１ａ～凹部２１ｄは、好ましくはリードフレーム２において互いに対向する表面の組に形成される。

[0054] ＜作用＞

上記半導体装置２００において、変形部２ｂでは、外部接続端子部２ａの延在方向に垂直な断面における断面積が局所的に小さくなるように凹部２１が形成されている。凹部２１と封止樹脂７の表面とが交差している。

[0055] この場合、外部接続端子部２ａに対して外力が加えられたときに、変形部２ｂとしての凹部２１においてリードフレーム２が容易に変形できる。また、凹部２１と封止樹脂７の表面とが交差しているので、凹部２１が部分的に封止樹脂７によって固定されている。このため、凹部２１の内部において応力が集中する領域を容易に形成できるので、確実に凹部２１においてリードフレーム２を屈曲させることができる。

[0056] 上記半導体装置２００において、外部接続端子部２ａが封止樹脂７の外側に位置する固定部５に固定された場合に、固定部５と、封止樹脂７の表面との間の距離Ｌ１は、外部接続端子部２ａの厚みＴ１の７倍以下である。

[0057] このように、実施の形態２に係る半導体装置の構成を、固定部５と封止樹脂７の表面との間の距離Ｌ１が比較的小さい半導体装置２００に適用することで、外部接続端子部２ａと固定部５との位置にズレがある場合であっても、凹部２１でリードフレーム２が容易に屈曲することで、封止樹脂７の破損などを効果的に抑制できる。

[0058] 上記半導体装置２００において、外部接続端子部２ａの厚みＴ１は０．５ｍｍ以上である。この場合、外部接続端子部２ａがある程度剛性を有するため、当該外部接続端子部２ａに対して応力が加えられたときに、リードフレーム２に接触する封止樹脂７に対して当該応力が伝えられやすい。しかし、本開示に従った構成を採用することで、凹部２１においてリードフレーム２が容易に屈曲するため、当該応力に起因する封止樹脂７の破損などを効果的に抑制できる。

[0059] 実施の形態３．

＜半導体装置の構成＞

図１２および図１３に示された半導体装置３００は、基本的には図５から

図７に示された半導体装置２００と同様の構成を備えるが、リードフレーム２における外部接続端子部２ａに追加変形部２ｄが形成されている点が、図５から図７に示された半導体装置２００と異なっている。図１２および図１３に示された半導体装置３００において、追加変形部２ｄは、外部接続端子部２ａにおいて、封止樹脂７からみて変形部２ｂよりも離れた位置に形成されている。追加変形部２ｄは外部接続端子部２ａの下面に形成された凹部２１ｅである。追加変形部２ｄは、外部接続端子部２ａの断面積が局所的に小さくなることで、外部接続端子部２ａを屈曲させるために応力が集中するように構成されている。

[0060] 図１２に示されるように、外部接続端子部２ａには固定部材としてのネジ１０を挿通するための貫通孔２ｅが形成されている。貫通孔２ｅは、封止樹脂７から見て追加変形部２ｄよりも離れた位置に形成されている。図５に示された半導体装置２００と同様に、固定部材としてのネジ１０は、ワッシャ９の孔、バスバー８の貫通孔、外部接続端子部２ａの貫通孔２ｅに挿入され、固定部５のネジ穴に固定される。ネジ１０が貫通孔２ｅに挿通された状態で、追加変形部２ｄである凹部２１ｅはワッシャ９の外周と重なる位置に配置されている。外部接続端子部２ａは、変形部２ｂにおいて下向き（固定部５に向かう方向）に屈曲する。また、外部接続端子部２ａは、追加変形部２ｄにおいて変形部２ｂの変形方向と逆向き（固定部５から離れる方向）に屈曲する。外部接続端子部２ａにおいて追加変形部２ｄより先端側に位置する部分（貫通孔２ｅが形成された部分）は、固定部５の上面に沿った方向に伸びるように配置される。

[0061] 上述した半導体装置３００は、基本的には実施の形態２に係る半導体装置２００の製造方法と同様の製造方法により製造できる。具体的には、半導体装置３００を構成する部材を準備する工程、各部材を接続する工程、封止樹脂７により封止する工程を実施して、図１３に示す構造を有する半導体装置３００を得る。当該半導体装置３００は冷却器１２へ組付けられる。その後、半導体装置３００はたとえば電力変換装置などの電気機器の内部へ搭載さ

れる。

[0062] 外部接続端子部２ａは、図１２に示されるように電力変換装置内のバスバー８と電気的に接続（締結）される。実施の形態２に係る半導体装置１００と同様に、外部接続端子部２ａとバスバー８との接続部構造は、ワッシャ９とネジ１０とを用いたネジ締結構造である。

[0063] ここで、固定部５の上面が外部接続端子部２ａの下面より下側に位置する場合、外部接続端子部２ａを固定部５及びバスバー８と接続（締結）すると、図１２に示されるように変形部２ｂにおいて締結方向（固定部５に向かう方向）に外部接続端子部２ａが屈曲する。さらに、追加変形部２ｄにおいて変形部２ｂにおける屈曲方向と逆方向に外部接続端子部２ａが屈曲する。このとき、追加変形部２ｄでは凹部２１ｅが形成されることで断面積が局所的に小さくなり、当該追加変形部２ｄの強度が局所的に小さくなっている。このため、追加変形部２ｄは容易に変形することが可能である。このことから、ネジ１０により外部接続端子部２ａとバスバー８とを接続する際に発生する応力が封止樹脂７に過剰にかかることなく、外部接続端子部２ａをバスバー８に締結することが可能である。

[0064] 追加変形部２ｄを構成する凹部２１ｅの断面形状は任意の形状であってもよく、図１２に示されたようなV字状であってもよく、U字状であってもよい。凹部２１ｅの内周面は曲面で構成されていてもよい。凹部２１ｅは外部接続端子部２ａの延在方向に直交する幅方向全体に形成されていてもよいし、当該幅方向の一部に形成されていてもよい。凹部２１ｅは、外部接続端子部２ａの下面に複数形成されてもよい。追加変形部２ｄとしての凹部を外部接続端子部２ａに１つまたは２つ形成してもよいが、凹部の数を３以上としてもよい。たとえば、外部接続端子部２ａの上面、下面、一方の側面、他方の側面のうちの３つまたは４つの面に凹部２１ｅを形成してもよい。凹部２１ｅは、好ましくは外部接続端子部２ａにおいて互いに対向する表面の組に形成される。凹部２１ｅは、たとえば外部接続端子部２ａが部分的に削除された切欠き部である。凹部２１ｅは、たとえばローレット加工により形成され

てもよい。凹部２１ｂと凹部２１ｅとは、リードフレーム２の上面と下面とのうちの互いに異なる面に形成されているが、凹部２１ｂと凹部２１ｅとは同じ面に形成されてもよい。

[0065] ＜変形例＞

図１４および図１５に示される半導体装置３００は、基本的には図１２および図１３に示された半導体装置３００と同様の構成を備えるが、固定部５の上面と外部接続端子部２ａの下面との相対的な位置関係および変形部２ｂと追加変形部２ｄとの配置が図１２および図１３に示された半導体装置３００と異なっている。なお、図１４が図１２に対応し、図１５が図１３に対応する。

[0066] 図１４および図１５に示された半導体装置３００では、変形部２ｂとしてリードフレーム２の下面（熱伝導部材１に面する面）に凹部２１ｂが形成されている。また、追加変形部２ｄとして、外部接続端子部２ａの上面（半導体素子４が位置する側の面）に凹部２１ｆが形成されている。つまり、図１４および図１５に示された半導体装置３００では、変形部２ｂおよび追加変形部２ｄの配置が図１２および図１３に示された半導体装置３００と逆になっている。

[0067] 図１４および図１５に示された半導体装置３００では、冷却器１２の表面からの固定部５の上面の高さが、冷却器１２の表面からの外部接続端子部２ａの下面の高さより高くなっている。このため、図１４においては、外部接続端子部２ａを固定部５に固定することにより、外部接続端子部２ａは変形部２ｂにおいて冷却器１２から離れる側（半導体素子４が搭載されたリードフレーム２の上面側：＋ｚ方向）に屈曲している。また、外部接続端子部２ａは追加変形部２ｄにおいて冷却器１２に向かう方向（－ｚ方向）に屈曲している。

[0068] このように、図１４および図１５に示された半導体装置３００では、変形部２ｂおよび追加変形部２ｄの構造が図１２および図１３に示された半導体装置３００と上下方向において逆になっている。この場合も、図１２および

図１３に示された半導体装置３００と同様の効果を得ることができる。

[0069] ＜作用＞

上記半導体装置３００において、外部接続端子部２ａは、追加変形部２ｄを含む。追加変形部２ｄは、外部接続端子部２ａにおいて、封止樹脂７からみて変形部２ｂよりも離れた位置に形成されている。追加変形部２ｄは、外部接続端子部２ａを屈曲させるために応力が集中するように構成されている。

[0070] この場合、外部接続端子部２ａにおいて少なくとも２カ所に、外部接続端子部２ａに加えられる応力を吸収するように屈曲可能な部分（変形部２ｂおよび追加変形部２ｄ）が形成されている。このため、当該応力が当該部分の屈曲により容易に吸収されるため、当該応力に起因する封止樹脂７の破損などを抑制できる。

[0071] 上記半導体装置３００において、外部接続端子部２ａには貫通孔２ｅが形成されている。貫通孔２ｅは、封止樹脂７から見て追加変形部２ｄよりも離れた位置に形成されている。貫通孔２ｅは固定部材を挿通させるための孔である。固定部材は、ネジ１０とワッシャ９とを含む。ネジ１０は貫通孔２ｅに挿通される。ワッシャ９は貫通孔２ｅに重なるように配置される。ワッシャ９にはネジ１０が挿通される。ネジ１０が貫通孔２ｅに挿通された状態で、追加変形部２ｄはワッシャ９の外周と重なる位置に配置されている。

[0072] この場合、固定部材により外部接続端子部２ａを固定部５に固定したときに、当該固定部材のワッシャ９により押圧される部分近傍に追加変形部２ｄが配置されている。このため、当該固定部材による応力により追加変形部２ｄにおいて外部接続端子部２ａを容易に屈曲させることができる。このため、当該応力に起因する封止樹脂７の破損などを抑制できる。

[0073] 上記半導体装置３００において、外部接続端子部２ａが封止樹脂７の外側に位置する固定部５に固定された場合に、固定部５と、封止樹脂７の表面との間の距離Ｌ１は、外部接続端子部２ａの厚みＴ１の７倍以下である。

[0074] このように、実施の形態３に係る半導体装置の構成を、固定部５と封止樹

脂７の表面との間の距離Ｌ１が比較的小さい半導体装置３００に適用することで、外部接続端子部２ａと固定部５との位置にズレがある場合であっても、追加変形部２ｄおよび変形部２ｂにおいて外部接続端子部２ａを容易に屈曲させることができる。このため、封止樹脂７の破損などを効果的に抑制できる。

[0075] 上記半導体装置３００において、外部接続端子部２ａの厚みＴ１は０．５ｍｍ以上である。この場合、外部接続端子部２ａがある程度剛性を有するため、当該外部接続端子部２ａに対して応力が加えられたときに、リードフレーム２に接触する封止樹脂７に対して当該応力が伝えられやすい。しかし、本開示に従った構成を採用することで、追加変形部２ｄおよび変形部２ｂにおいて外部接続端子部２ａが容易に屈曲するため、当該応力に起因する封止樹脂７の破損などを効果的に抑制できる。

[0076] 実施の形態４．

＜半導体装置の構成＞

図１６に示される半導体装置４００は、基本的には図１および図２に示された半導体装置１００と同様の構成を備えるが、熱伝導部材１、冷却器１２および封止樹脂７の構造が図１および図２に示された半導体装置１００と異なっている。すなわち、図１６に示された半導体装置４００では、熱伝導部材１が絶縁シート１ｂにより構成されている。また、熱伝導部材１と冷却器１２の一部とは、封止樹脂７により封止されている。

[0077] 熱伝導部材１を構成する絶縁シート１ｂは、放熱性の高い絶縁層である。絶縁シート１ｂは、冷却器１２とリードフレーム２との間を電気的に絶縁する。また、熱伝導部材１としての絶縁シート１ｂは、半導体素子４で発生した熱を、絶縁シート１ｂを介して冷却器１２へ放熱する役割を有する。絶縁シート１ｂを構成する材料としては、図１および図２に示された半導体装置１００における絶縁シート１ｂを構成する材料と同じ材料を適用できる。

[0078] 封止樹脂７は、リードフレーム２と熱伝導部材１との接続部を覆うと共に、熱伝導部材１と冷却器１２との接続部上を介して冷却器１２の側面上にま

で伸びている。つまり熱伝導部材１と冷却器１２の一部とが、封止樹脂７により封止されている。このため、図２に示される半導体装置１００とは異なり、熱伝導部材１の金属箔１ａおよびグリース１１を用いることなく、熱伝導部材１と冷却器１２とが封止樹脂７により直接接続・固定されている。

[0079] ＜作用＞

上記半導体装置４００は、熱伝導部材１と、冷却器１２とを備える。熱伝導部材１は、リードフレーム２と接続される。冷却器１２は、熱伝導部材１と接続される。熱伝導部材１と冷却器１２の一部とは、封止樹脂７により封止されている。

[0080] この場合、熱伝導部材１を介してリードフレーム２と接続された冷却器１２の一部が封止樹脂７により封止されているので、熱伝導部材１と冷却器１２とを接続するためのグリース１１（図２参照）などが不要となり、半導体装置４００の部品点数を削減できる。また、封止樹脂７による封止工程により、熱伝導部材１と冷却器１２との接続も実施するので、封止樹脂７による封止工程と、冷却器１２を熱伝導部材１に接続する工程を別工程として実施する場合より半導体装置の製造工程を簡略化できる。

[0081] なお、構成の半導体装置４００においても、実施の形態１に係る半導体装置１００と同様にリードフレーム２に変形部２ｄが形成されることで封止樹脂７の破損などを抑制できる。この結果、信頼性の向上した半導体装置４００を実現できる。

[0082] 上記半導体装置４００において、外部接続端子部２ａが封止樹脂７の外側に位置する固定部５に固定された場合に、固定部５と、封止樹脂７の表面との間の距離Ｌ１は、外部接続端子部２ａの厚みＴ１の７倍以下である。

[0083] このように、実施の形態４に係る半導体装置の構成を、固定部５と封止樹脂７の表面との間の距離Ｌ１が比較的小さい半導体装置４００に適用することで、外部接続端子部２ａと固定部５との位置にズレがある場合であっても、変形部２ｂにおいてリードフレーム２を容易に屈曲させることができる。このため、封止樹脂７の破損などを効果的に抑制できる。

[0084] 上記半導体装置４００において、外部接続端子部２ａの厚みＴ１は０．５ｍｍ以上である。この場合、外部接続端子部２ａがある程度剛性を有するため、当該外部接続端子部２ａに対して応力が加えられたときに、リードフレーム２に接触する封止樹脂７に対して当該応力が伝えられやすい。しかし、本開示に従った構成を採用することで、変形部２ｂにおいてリードフレーム２が容易に屈曲するため、当該応力に起因する封止樹脂７の破損などを効果的に抑制できる。

[0085] 実施の形態５．

本実施の形態は、上述した実施の形態１から実施の形態４のいずれかに係る半導体装置を電力変換装置に適用したものである。本開示は特定の電力変換装置に限定されるものではないが、以下、実施の形態５として、三相のインバータに本開示を適用した場合について説明する。

[0086] 図１７は、本実施の形態に係る電力変換装置を適用した電力変換システムの構成を示すブロック図である。

[0087] 図１７に示す電力変換システムは、電源１１００、電力変換装置１２００、負荷１３００から構成される。電源１１００は、直流電源であり、電力変換装置１２００に直流電力を供給する。電源１１００は種々のもので構成することが可能であり、例えば、直流系統、太陽電池、蓄電池で構成することができるし、交流系統に接続された整流回路やＡＣ／ＤＣコンバータで構成することとしてもよい。また、電源１１００を、直流系統から出力される直流電力を所定の電力に変換するＤＣ／ＤＣコンバータによって構成することとしてもよい。

[0088] 電力変換装置１２００は、電源１１００と負荷１３００の間に接続された三相のインバータであり、電源１１００から供給された直流電力を交流電力に変換し、負荷１３００に交流電力を供給する。電力変換装置１２００は、図１７に示すように、直流電力を交流電力に変換して出力する主変換回路１２０１と、主変換回路１２０１を制御する制御信号を主変換回路１２０１に出力する制御回路１２０３とを備えている。

[0089] 負荷１３００は、電力変換装置１２００から供給された交流電力によって駆動される三相の電動機である。なお、負荷１３００は特定の用途に限られるものではなく、各種電気機器に搭載された電動機であり、例えば、ハイブリッド自動車や電気自動車、鉄道車両、エレベーター、もしくは、空調機器向けの電動機として用いられる。

[0090] 以下、電力変換装置１２００の詳細を説明する。主変換回路１２０１は、スイッチング素子と還流ダイオードを備えており（図示せず）、スイッチング素子がスイッチングすることによって、電源１１００から供給される直流電力を交流電力に変換し、負荷１３００に供給する。主変換回路１２０１の具体的な回路構成は種々のものがあるが、本実施の形態にかかる主変換回路１２０１は２レベルの三相フルブリッジ回路であり、６つのスイッチング素子とそれぞれのスイッチング素子に逆並列された６つの還流ダイオードから構成することができる。主変換回路１２０１の各スイッチング素子および各還流ダイオードの少なくともいずれかは、上述した実施の形態１から実施の形態４のいずれかの半導体装置に相当する半導体装置１２０２が有するスイッチング素子又は還流ダイオードである。６つのスイッチング素子は２つのスイッチング素子ごとに直列接続され上下アームを構成し、各上下アームはフルブリッジ回路の各相（Ｕ相、Ｖ相、Ｗ相）を構成する。そして、各上下アームの出力端子、すなわち主変換回路１２０１の３つの出力端子は、負荷１３００に接続される。

[0091] また、主変換回路１２０１は、各スイッチング素子を駆動する駆動回路（図示なし）を備えているが、駆動回路は半導体装置１２０２に内蔵されていてもよいし、半導体装置１２０２とは別に駆動回路を備える構成であってもよい。駆動回路は、主変換回路１２０１のスイッチング素子を駆動する駆動信号を生成し、主変換回路１２０１のスイッチング素子の制御電極に供給する。具体的には、後述する制御回路１２０３からの制御信号に従い、スイッチング素子をオン状態にする駆動信号とスイッチング素子をオフ状態にする駆動信号とを各スイッチング素子の制御電極に出力する。スイッチング素子

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

[0092] 制御回路１２０３は、負荷１３００に所望の電力が供給されるよう主変換回路１２０１のスイッチング素子を制御する。具体的には、負荷１３００に供給すべき電力に基づいて主変換回路１２０１の各スイッチング素子がオン状態となるべき時間（オン時間）を算出する。例えば、出力すべき電圧に応じてスイッチング素子のオン時間を変調するＰＷＭ制御によって主変換回路１２０１を制御することができる。そして、各時点においてオン状態となるべきスイッチング素子にはオン信号を、オフ状態となるべきスイッチング素子にはオフ信号が出力されるよう、主変換回路１２０１が備える駆動回路に制御指令（制御信号）を出力する。駆動回路は、この制御信号に従い、各スイッチング素子の制御電極にオン信号又はオフ信号を駆動信号として出力する。

[0093] 本実施の形態に係る電力変換装置では、主変換回路１２０１を構成する半導体装置１２０２として実施の形態１から実施の形態４のいずれかにかかる半導体装置を適用するため、高い信頼性を得ることができる。

[0094] 本実施の形態では、２レベルの三相インバータに本開示を適用する例を説明したが、本開示は、これに限られるものではなく、種々の電力変換装置に適用することができる。本実施の形態では、２レベルの電力変換装置としたが３レベルやマルチレベルの電力変換装置であっても構わないし、単相負荷に電力を供給する場合には単相のインバータに本開示を適用しても構わない。また、直流負荷等に電力を供給する場合にはＤＣ／ＤＣコンバータやＡＣ／ＤＣコンバータに本開示を適用することも可能である。

[0095] また、本開示を適用した電力変換装置は、上述した負荷が電動機の場合に限定されるものではなく、例えば、放電加工機やレーザー加工機、又は誘導加熱調理器や非接触給電システムの電源装置として用いることもでき、さら

には太陽光発電システムや蓄電システム等のパワーコンディショナーとして用いることも可能である。

[0096] 今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。矛盾のない限り、今回開示された実施の形態の少なくとも２つを組み合わせてもよい。本開示の基本的な範囲は、上記した説明ではなく請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることを意図される。

符号の説明

[0097] １　熱伝導部材、１ａ　金属箔、１ｂ　絶縁シート、２　リードフレーム、２ａ　外部接続端子部、２ｂ　変形部、２ｂａ　第１面、２ｂｂ　第２面、２ｃ　内側部、２ｄ　追加変形部、２ｅ　貫通孔、３　はんだ、４　半導体素子、５　固定部、６　ワイヤ、７　封止樹脂、７ａ　支持部、７ｂ　切欠き部、８　バスバー、９　ワッシャ、１０　ネジ、１１　グリース、１２　冷却器、２１，２１ａ，２１ｂ，２１ｃ，２１ｄ，２１ｅ，２１ｆ　凹部、１００，２００，３００，４００，１２０２　半導体装置、１１００　電源、１２００　電力変換装置、１２０１　主変換回路、１２０３　制御回路、１３００　負荷。

請求の範囲

[請求項1] 半導体素子と、

前記半導体素子が搭載されたリードフレームと、

前記半導体素子と前記リードフレームの一部とを封止する封止樹脂とを備え、

前記リードフレームは、前記封止樹脂と接触する内側部と、前記封止樹脂の表面から外側に突出する外部接続端子部とを含み、

前記リードフレームは、前記内側部と前記外部接続端子部との境界部に、前記リードフレームを屈曲させるために応力が集中するように構成された変形部を含み、

前記変形部と前記封止樹脂の前記表面とは交差している、半導体装置。

[請求項2] 前記変形部は、第１面と、前記第１面と反対側に位置する第２面とを含み、

前記変形部において、前記封止樹脂は前記第１面に接触し前記第２面と接触していない、請求項１に記載の半導体装置。

[請求項3] 前記第１面から前記第２面に向かう方向である厚み方向において、前記第１面に接触している前記封止樹脂の部分の厚みは、前記外部接続端子部の厚みの２．５倍以上である、請求項２に記載の半導体装置。

[請求項4] 前記変形部では、前記外部接続端子部の延在方向に垂直な断面における断面積が局所的に小さくなるように凹部が形成され、

前記凹部と前記封止樹脂の前記表面とが交差している、請求項１に記載の半導体装置。

[請求項5] 前記外部接続端子部は、前記封止樹脂からみて前記変形部よりも離れた位置に、前記外部接続端子部を屈曲させるために応力が集中するように構成された追加変形部を含む、請求項１から請求項４のいずれか１項に記載の半導体装置。

[請求項6] 前記外部接続端子部には、前記封止樹脂から見て前記追加変形部よりも離れた位置に、固定部材を挿通させるための貫通孔が形成され、

前記固定部材は、前記貫通孔に挿通されるネジと、前記貫通孔に重なるように配置されるとともに前記ネジが挿通されるワッシャとを含み、

前記ネジが前記貫通孔に挿通された状態で、前記追加変形部は前記ワッシャの外周と重なる位置に配置されている、請求項５に記載の半導体装置。

[請求項7] 前記外部接続端子部が前記封止樹脂の外側に位置する固定部に固定された場合に、前記固定部と、前記封止樹脂の前記表面との間の距離は、前記外部接続端子部の厚みの７倍以下である、請求項１から請求項６のいずれか１項に記載の半導体装置。

[請求項8] 前記外部接続端子部の厚みは０．５ｍｍ以上である、請求項１から請求項７のいずれか１項に記載の半導体装置。

[請求項9] 前記リードフレームと接続される熱伝導部材と、

前記熱伝導部材と接続される冷却器とを備え、

前記熱伝導部材と前記冷却器の一部とは、前記封止樹脂により封止されている、請求項１から請求項８のいずれか１項に記載の半導体装置。

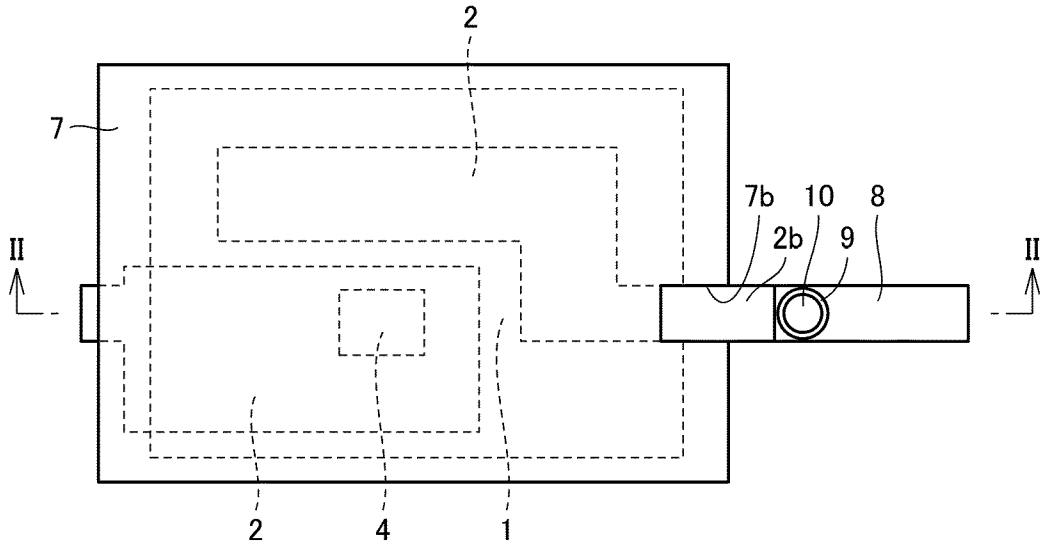
[請求項10] 請求項１に記載の半導体装置を有し、入力される電力を変換して出力する主変換回路と、

前記主変換回路を制御する制御信号を前記主変換回路に出力する制御回路と、

を備えた電力変換装置。

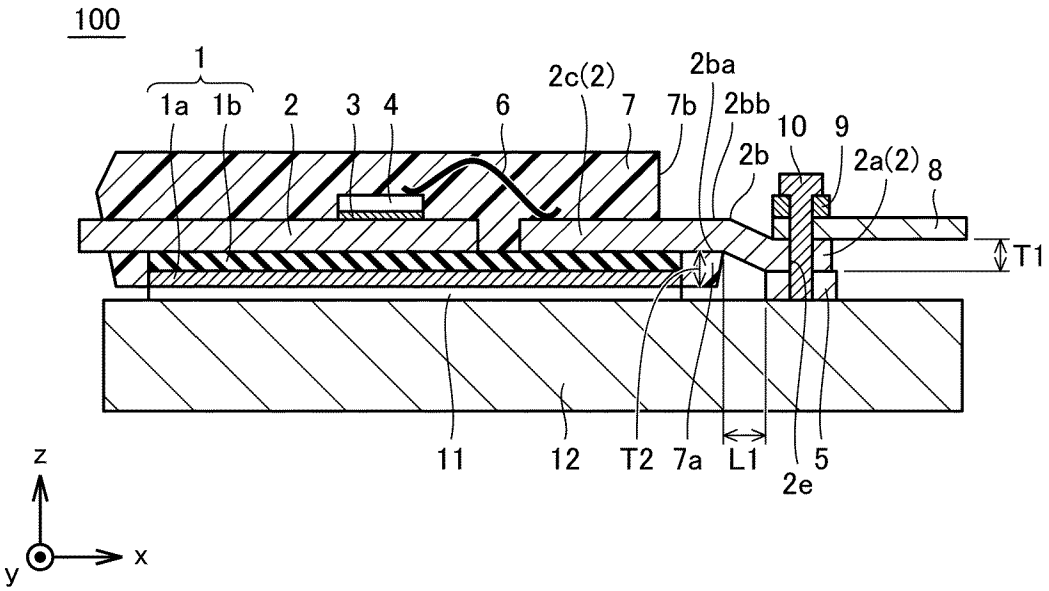
[図1]

図1



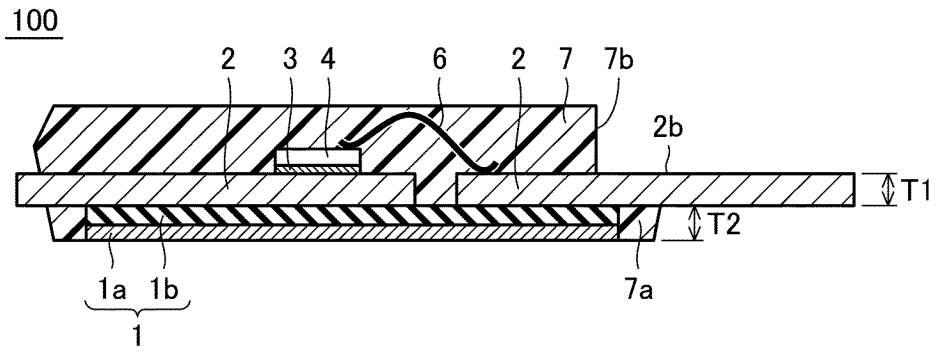
[図2]

図2



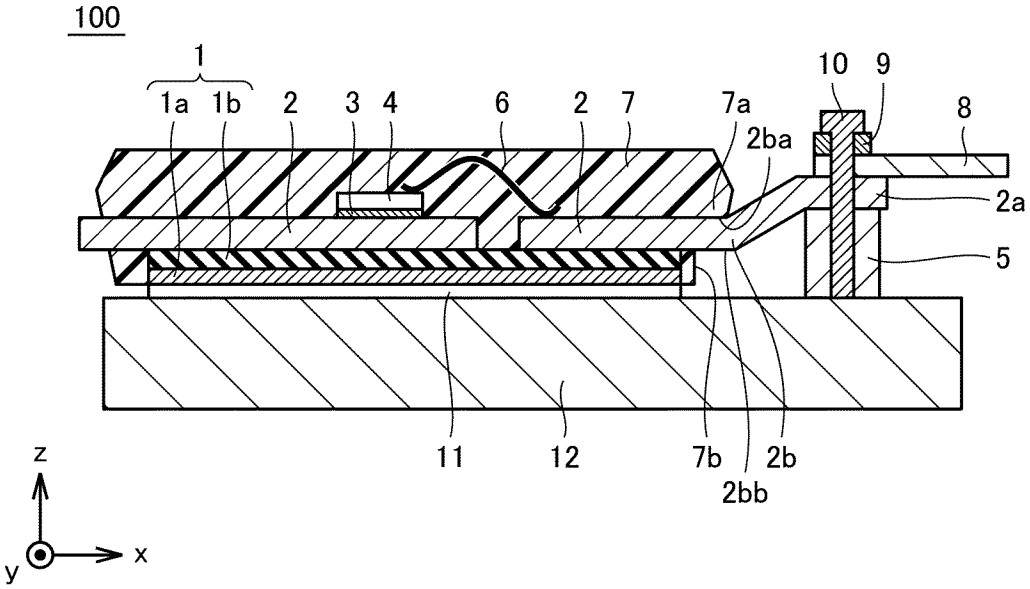
[図3]

図3



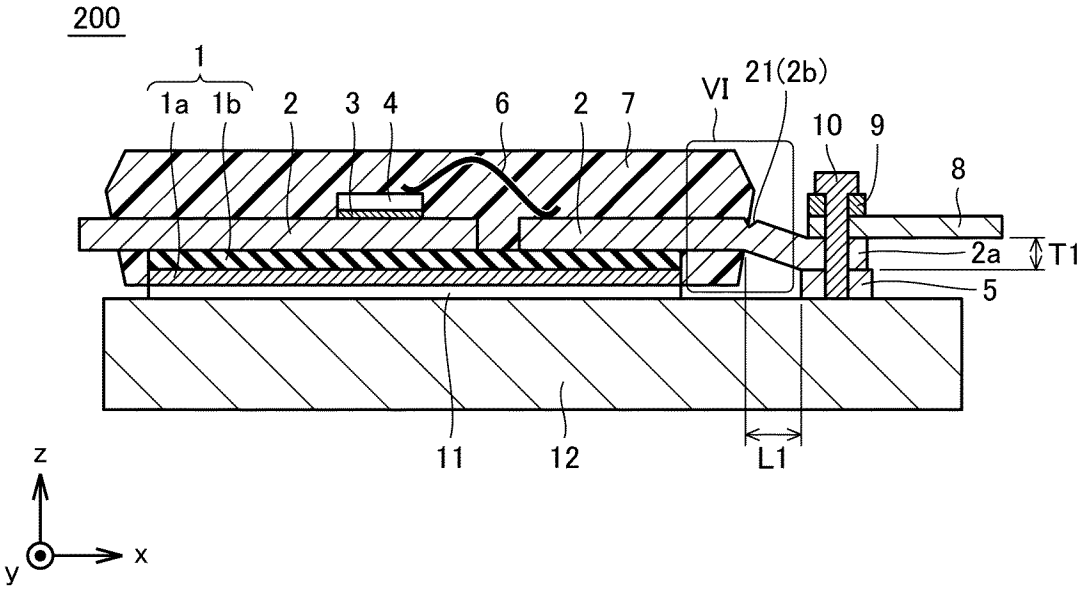
[図4]

図4



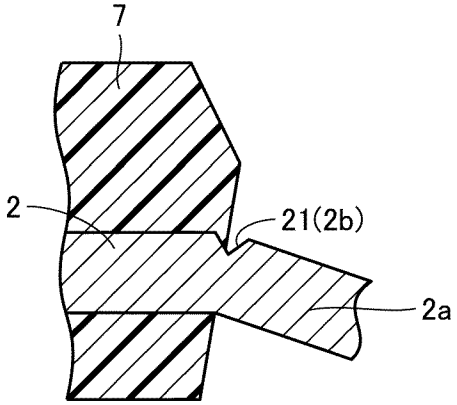
[図5]

図5



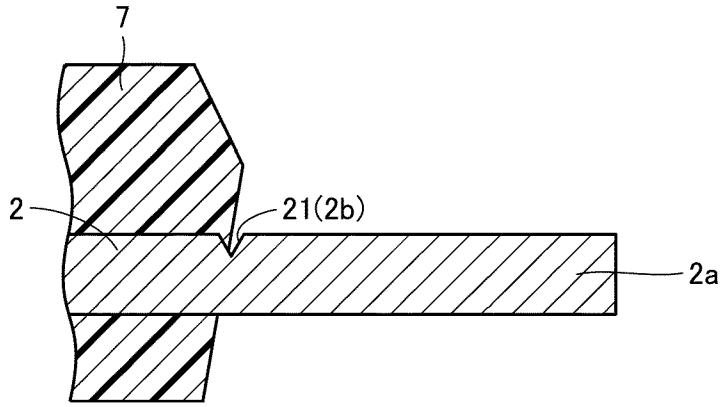
[図6]

図6



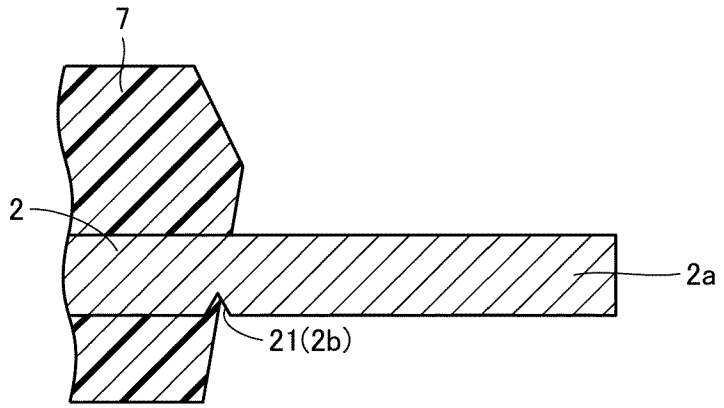
[図7]

図7



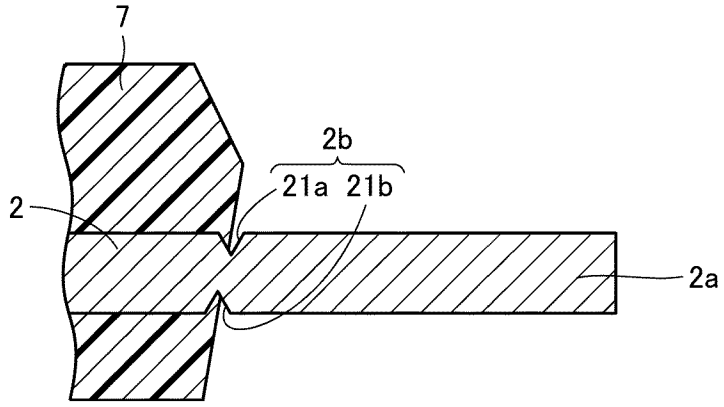
[図8]

図8



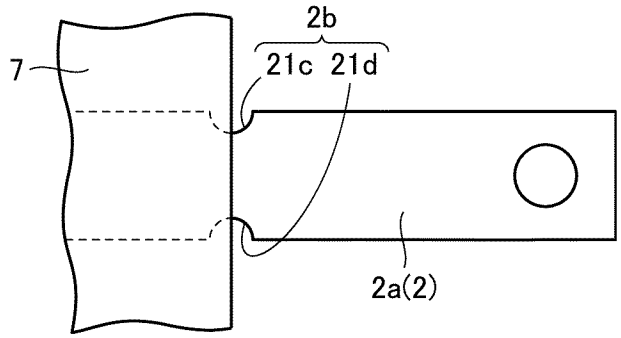
[図9]

図9



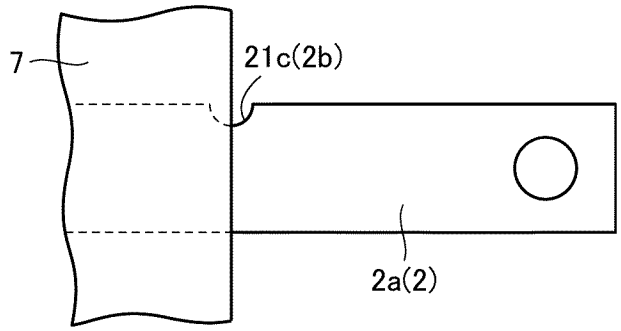
[図10]

図10



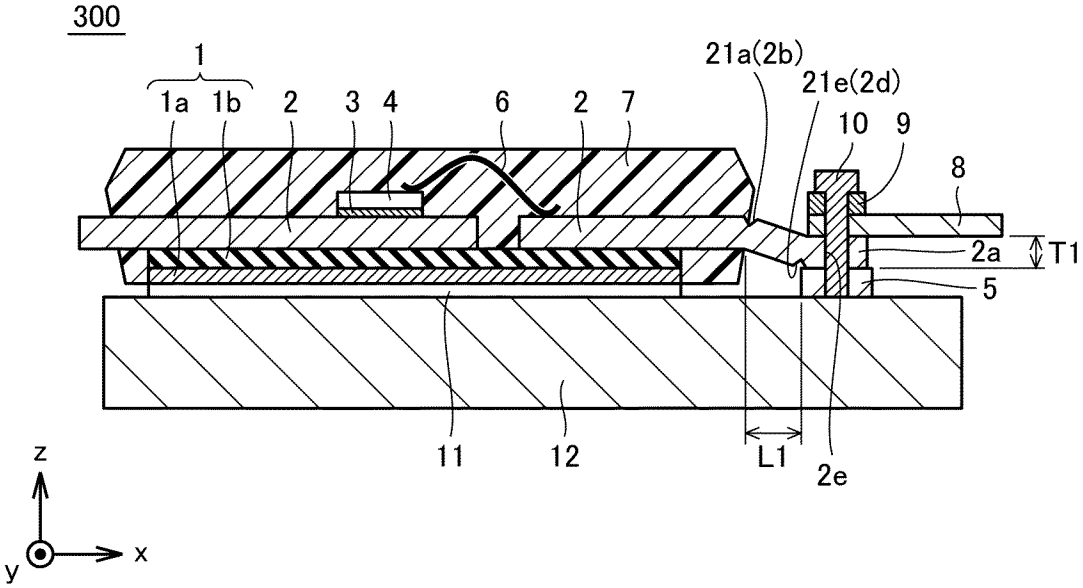
[図11]

図11



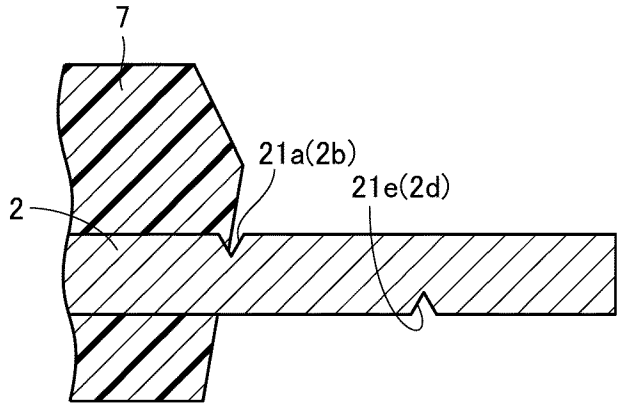
[図12]

図12



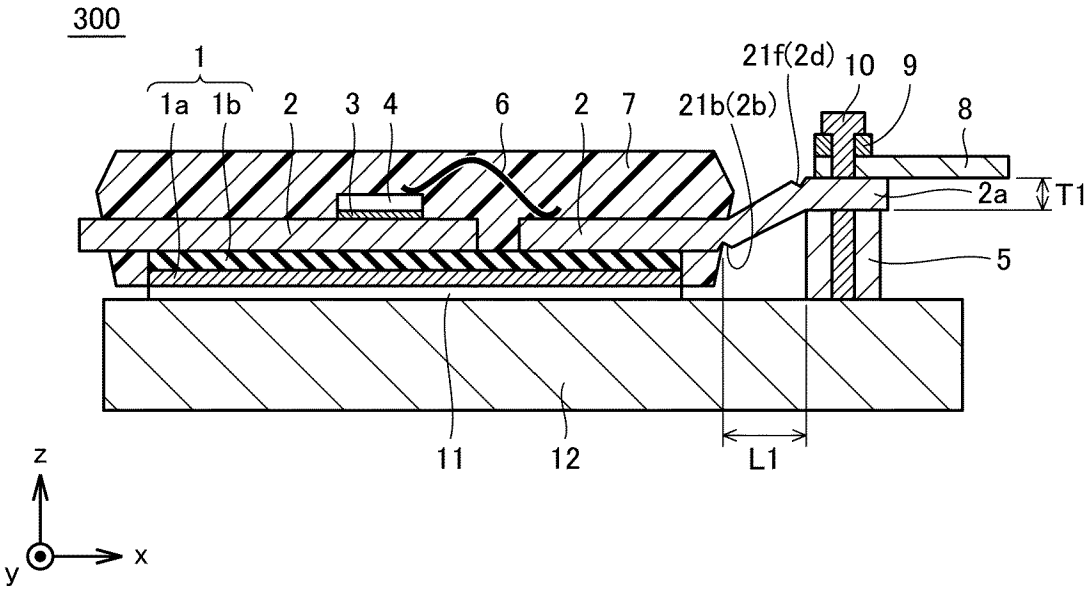
[図13]

図13



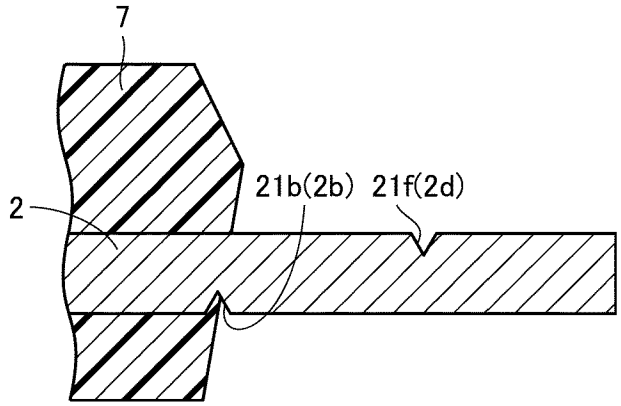
[図14]

図14



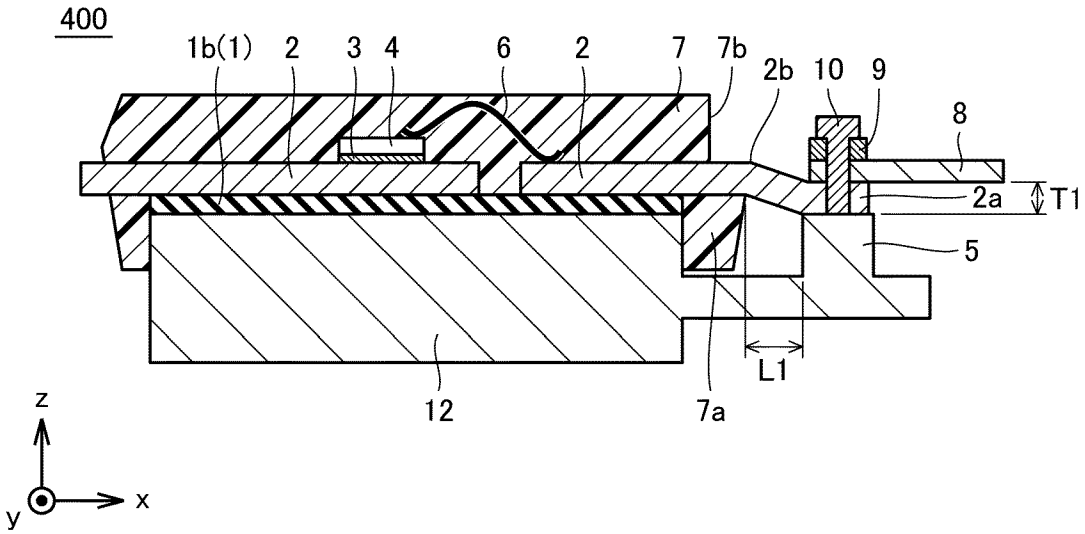
[図15]

図15



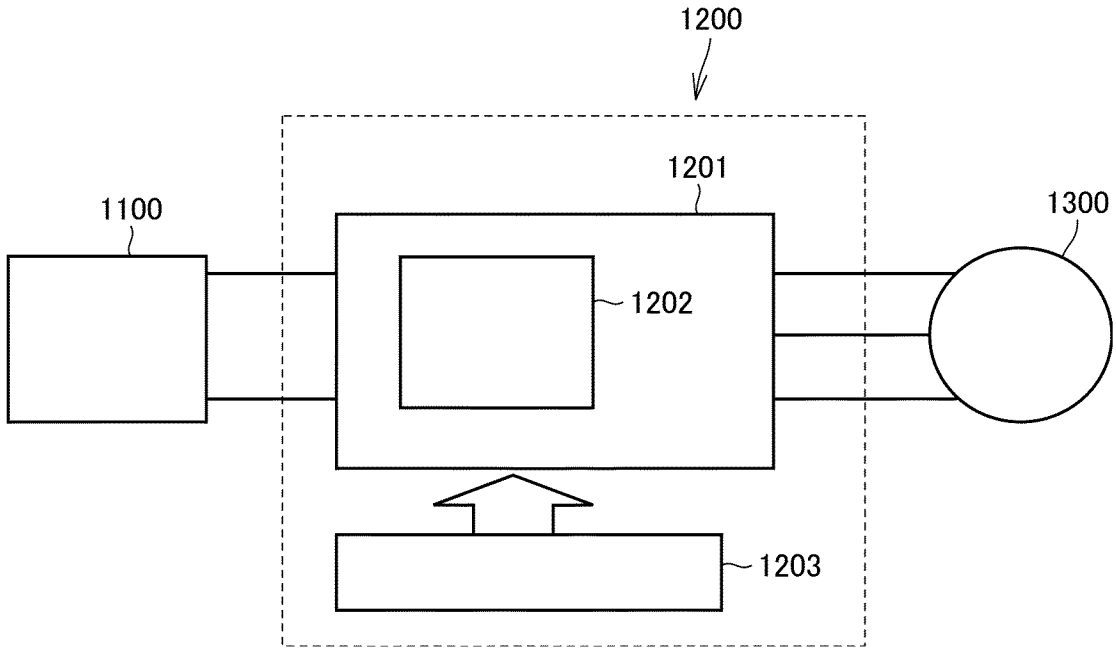
[図16]

図16



[図17]

図17



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2022/026975

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L 23/48(2006.01)i
FI: H01L23/48 G

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L23/48

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2022
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.
Y	JP 2007-165426 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 28 June 2007 (2007-06-28) paragraphs [0013]-[0046], fig. 1-5	1, 7-10
A		2-6
Y	JP 2003-234442 A (HITACHI LTD) 22 August 2003 (2003-08-22) paragraph [0064], fig. 5	1, 7-10
A		2-6
Y	JP 7026861 B1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 28 February 2022 (2022-02-28) fig. 19	10
A	WO 2015/012180 A1 (ROHM CO., LTD.) 29 January 2015 (2015-01-29) entire text, all drawings	1-10

☐ 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
07 September 2022	**20 September 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.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2022/026975

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2007-165426 A	28 June 2007	(Family: none)	
JP 2003-234442 A	22 August 2003	US 2003/0153128 A1 paragraph [0131], fig. 5	
JP 7026861 B1	28 February 2022	(Family: none)	
WO 2015/012180 A1	29 January 2015	US 2016/0141231 A1 entire text, all drawings EP 3026701 A1	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2022/026975

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

H01L 23/48(2006.01)i
FI: H01L23/48 G

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

H01L23/48

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０２２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
Y	JP 2007-165426 A (三菱電機株式会社) 28.06.2007 (2007-06-28) 段落[0013]-[0046],図1-5	1,7-10
A		2-6
Y	JP 2003-234442 A (株式会社日立製作所) 22.08.2003 (2003-08-22) 段落[0064],図5	1,7-10
A		2-6
Y	JP 7026861 B1 (三菱電機株式会社) 28.02.2022 (2022-02-28) 図19	10
A	WO 2015/012180 A1 (ローム株式会社) 29.01.2015 (2015-01-29) 全文,全図	1-10

☐ 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
07.09.2022	20.09.2022

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）
佐藤　靖史 5F 5895

電話番号 03-3581-1101 内線 3516

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2022/026975

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2007-165426 A	28.06.2007	（ファミリーなし）	
JP 2003-234442 A	22.08.2003	US 2003/0153128 A1 段落[0131],図5	
JP 7026861 B1	28.02.2022	（ファミリーなし）	
WO 2015/012180 A1	29.01.2015	US 2016/0141231 A1 全文,全図 EP 3026701 A1	