

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B1)

(11)特許番号
特許第7237258号
(P7237258)

(45)発行日 令和5年3月10日(2023.3.10)

(24)登録日 令和5年3月2日(2023.3.2)

(51)国際特許分類

F I

H O 1 L 23/48 (2006.01)

H O 1 L 23/48

G

請求項の数 9 (全22頁)

(21)出願番号	特願2022-576823(P2022-576823)	(73)特許権者	000006013
(86)(22)出願日	令和4年7月7日(2022.7.7)		三菱電機株式会社
(86)国際出願番号	PCT/JP2022/026975		東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
審査請求日	令和4年12月13日(2022.12.13)	(74)代理人	110001195
早期審査対象出願			弁理士法人深見特許事務所
		(72)発明者	増田 羽香奈
			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
		(72)発明者	六分一 穂隆
			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
		審査官	佐藤 靖史

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 半導体装置および電力変換装置

(57)【特許請求の範囲】

【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おり、
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、半導体装置。

【請求項2】

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1に記載の半導体装置。

【請求項3】

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 または請求項 2 に記載の半導体装置。

【請求項 4】

前記外部接続端子部の厚みは 0.5 mm 以上である、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 または請求項 2 に記載の半導体装置。

【請求項 6】

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。

【請求項 7】

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おり、

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、半導体装置。

【請求項 8】

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おり、

前記外部接続端子部は、前記封止樹脂から見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、半導体装置。

【請求項 9】

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 8 に記載の半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【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】

10

20

30

40

50

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】

【文献】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 I-I' 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 V-V' 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。

10

20

30

40

50

【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

10

20

30

40

50

孔、バスバー 8 の貫通孔、外部接続端子部 2 a の貫通孔 2 e 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 2 a 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 2 b を含む。変形部 2 b は、内側部 2 c と外部接続端子部 2 a との境界部に位置する。変形部 2 b 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 2 a を固定部 5 に固定する際の応力により、変形部 2 b 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 2 b には、封止樹脂 7 における支持部 7 a の表面が交差するように接している。具体的には、変形部 2 b は、第 1 面 2 b a と第 2 面 2 b b とを含む。第 2 面 2 b b は、第 1 面 2 b a と反対側に位置する。第 1 面 2 b a は変形部 2 b 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 2 b b 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 2 b において、封止樹脂 7 は第 1 面 2 b a に接触しているが第 2 面 2 b b と接触していない。つまり、封止樹脂 7 の変形部 2 b における第 2 面 2 b b に面する部分に切欠き部 7 b が形成されているため、変形部 2 b において第 2 面 2 b b 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 2 b の第 1 面 2 b a は、封止樹脂 7 の支持部 7 a が接触している。支持部 7 a の表面は、変形部 2 b の第 1 面 2 b a において、屈曲点に接するまたは屈曲点から 1 mm 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 1 a と、絶縁シート 1 b とを含む。絶縁シート 1 b は金属箔 1 a の上面に形成されている。つまり、熱伝導部材 1 は、金属箔 1 a と絶縁シート 1 b 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 1 b は、金属箔 1 a とリードフレーム 2 とを絶縁する。また、絶縁シート 1 b を介して、半導体素子 4 で発生した熱が金属箔 1 a へ放熱される。つまり、絶縁シート 1 b は伝熱部材としての機能を有する。

【0018】

金属箔 1 a 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 1 b 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 2 b の第 1 面 2 b a 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 1 b に接続される。変形部 2 b の第 2 面 2 b b 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 2 a としてバスバ

10

20

30

40

50

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 2 a が固定部 5 に固定される前の段階では、外部接続端子部 2 a 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 1 2 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 2 a 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 2 a 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 2 a をネジ 1 0 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 2 a 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 2 a 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 2 a がネジ締め締結時に応力集中する変形部 2 b を有しているため、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 2 a との界面剥離を抑制することができる。

10

【 0 0 2 1 】

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 Semiconductor Field Effect Transistor)、GTO (Gate Turn-Off Thyristor) などを用いることができる。

【 0 0 2 2 】

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 1 0 0 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。

20

【 0 0 2 3 】

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 1 0 0 の製造方法について説明する。

【 0 0 2 4 】

まず、リードフレーム 2、半導体素子 4 など半導体装置 1 0 0 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。

30

【 0 0 2 5 】

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 1 0 0 が得られる。

40

【 0 0 2 6 】

次に、成形後の半導体装置 1 0 0 は、グリース 1 1 を介して冷却器 1 2 へ組付けられる。その後、半導体装置 1 0 0 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 2 a 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 2 a とバスバー 8 との接続部構造は、ワッシャ 9 とネジ 1 0 とを用いたネジ締結構造であるが、これに限定されず、他

50

の構造を採用してもよい。たとえば、外部接続端子部 2 a 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 2 a の厚み T_1 が 0.5 mm であるとき、封止樹脂 7 とバスバー 8 間の距離が 3.5 mm 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 L_1 も実質的に 3.5 mm 以下となる。つまり、外部接続端子部 2 a 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 L_1 は、外部接続端子部 2 a の厚み T_1 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 2 a 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 2 a 上面（変形部 2 b の第 2 面 2 b b 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 7 b が形成されている。当該切欠き部 7 b では、外部接続端子部 2 a 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 2 a 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 2 a の下面と接触する封止樹脂 7 の支持部 7 a の表面（エッジ部）より、例えば 3.5 mm 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 7 b は、好ましくは外部接続端子部 2 a 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 7 b が外部接続端子部 2 a 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 7 b の底面は外部接続端子部 2 a 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 7 b 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 2 a の厚み T_1 が 0.5 mm であるとき、外部接続端子部 2 a の下面に接するように位置する封止樹脂 7 の支持部 7 a の厚み T_2 は好ましくは 1.25 mm 以上である。つまり、第 1 面 2 b a から第 2 面 2 b b に向かう方向である厚み方向において、第 1 面 2 b a に接触している封止樹脂 7 の部分である支持部 7 a の厚み T_2 は、外部接続端子部 2 a の厚み T_1 の 2.5 倍以上である。なお、外部接続端子部 2 a の厚み T_1 は 0.5 mm 以上であってもよい。

【0029】

外部接続端子部 2 a 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 2 b 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 2 a が屈曲した構造となる。このとき、支持部 7 a の端部（封止樹脂 7 の表面と支持部 7 a の上面とが交差する角部）が変形部 2 b に下面側から接触するので、変形部 2 b に応力が集中する。つまり、変形部 2 b が変形起点となる。このため、当該変形部 2 b が優先的に変形する（屈曲する）ため、変形部 2 b 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 2 a 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 2 a の片面に封止樹脂 7 による支持部 7 a がある形状となり、封止樹脂 7 の支持部 7 a の端部と外部接続端子部 2 a との接点に変形起点（変形部 2 b）となる。このため、変形部 2 b に応力集中することにより、当該変形部 2 b 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 2 a との界面剥離を抑制できる。このため、外部接続端子部 2 a 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 2 a の下面との相対的

10

20

30

40

50

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 2 a 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 2 a を固定部 5 に固定することにより、外部接続端子部 2 a 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 2 b の第 1 面 2 b a はリードフレーム 2 の上面に含まれ、第 2 面 2 b b 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 7 b 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 7 a 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 2 b 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 2 b が屈曲する方向と反対側に封止樹脂 7 の切欠き部 7 b が形成されているため、変形部 2 b 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 7 b 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 2 c と外部接続端子部 2 a とを含む。内側部 2 c は封止樹脂 7 と接触する。外部接続端子部 2 a 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 2 b を含む。変形部 2 b は、内側部 2 c と外部接続端子部 2 a との境界部に位置する。変形部 2 b 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 2 b 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 2 a に外力が加わった場合に、当該外力により変形部 2 b 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 2 c 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 2 b と封止樹脂 7 の表面とが交差している、つまり変形部 2 b 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 2 a において封止樹脂 7 から離れた位置に変形部 2 b を形成する場合より、外部接続端子部 2 a 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 2 b は、第 1 面 2 b a と第 2 面 2 b b とを含む。第 2 面 2 b b は、第 1 面 2 b a と反対側に位置する。変形部 2 b において、封止樹脂 7 は第 1 面 2 b a に接触し第 2 面 2 b b と接触していない。

【0036】

この場合、変形部 2 b の第 1 面 2 b a には封止樹脂 7 が接触しているため、変形部 2 b の片面（第 1 面 2 b a）のみに封止樹脂 7 による支持部 7 a が配置された状態となる。そのため、当該第 1 面 2 b a 側に外部接続端子部 2 a 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 7 a が変形部 2 b を第 1 面 2 b a 側から支持する（押圧する）ことになる。この結果、変形部 2 b 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 2 b の第 2 面 2 b b には封止樹脂 7 が接触していないので、変形部 2 b が屈曲するとき、変形部 2 b の第 2 面 2 b b 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 2 b a から第 2 面 2 b b に向かう方向である厚み方

10

20

30

40

50

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。

10

【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と電氣的に接続（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。

20

【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。

30

【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。

40

【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21

50

a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との位置にブ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 2 a がある程度剛性を有するため、当該外部接続端子部 2 a 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 2 1 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 1 2 および図 1 3 に示された半導体装置 3 0 0 は、基本的には図 5 から図 7 に示された半導体装置 2 0 0 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 2 a に追加変形部 2 d 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 2 0 0 と異なっている。図 1 2 および図 1 3 に示された半導体装置 3 0 0 において、追加変形部 2 d は、外部接続端子部 2 a において、封止樹脂 7 からみて変形部 2 b よりも離れた位置に形成されている。追加変形部 2 d は外部接続端子部 2 a の下面に形成された凹部 2 1 e である。追加変形部 2 d は、外部接続端子部 2 a の断面積が局所的に小さくなることで、外部接続端子部 2 a 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 1 2 に示されるように、外部接続端子部 2 a には固定部材としてのネジ 1 0 を挿通するための貫通孔 2 e が形成されている。貫通孔 2 e は、封止樹脂 7 から見て追加変形部 2 d 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 2 0 0 と同様に、固定部材としてのネジ 1 0 は、ワッシャ 9 の孔、バスバー 8 の貫通孔、外部接続端子部 2 a の貫通孔 2 e に挿入され、固定部 5 のネジ穴に固定される。ネジ 1 0 が貫通孔 2 e に挿通された状態で、追加変形部 2 d である凹部 2 1 e 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 2 a は、変形部 2 b 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 2 a は、追加変形部 2 d において変形部 2 b 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 2 a において追加変形部 2 d より先端側に位置する部分（貫通孔 2 e 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 3 0 0 は、基本的には実施の形態 2 に係る半導体装置 2 0 0 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 3 0 0 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 1 3 に示す構造を有する半導体装置 3 0 0 を得る。当該半導体装置 3 0 0 は冷却器 1 2 へ組付けられる。その後、半導体装置 3 0 0 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 2 a は、図 1 2 に示されるように電力変換装置内のバスバー 8 と電氣的に接続（締結）される。実施の形態 2 に係る半導体装置 1 0 0 と同様に、外部接続端子部 2 a とバスバー 8 との接続部構造は、ワッシャ 9 とネジ 1 0 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 2 a の下面より下側に位置する場合、外部接続端子部 2 a を固定部 5 及びバスバー 8 と接続（締結）すると、図 1 2 に示されるように変形部 2 b 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 2 a が屈曲する。さらに、追加変形部 2 d において変形部 2 b における屈曲方向と逆方向に外部接続端子部 2 a が屈曲する。このとき、追加変形部 2 d では凹部 2 1 e 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 2 d 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 2 d は容易に変形することが可能である。このことから、ネジ 1 0 により外部接続端子部 2 a 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 2 a 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。

10

【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。

20

【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。

30

【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。

40

【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

50

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 2 a には貫通孔 2 e が形成されている。貫通孔 2 e は、封止樹脂 7 から見て追加変形部 2 d よりも離れた位置に形成されている。貫通孔 2 e 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 2 e に挿通される。ワッシャ 9 は貫通孔 2 e 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 2 e に挿通された状態で、追加変形部 2 d 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 2 a 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 2 d 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 2 d において外部接続端子部 2 a 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 2 a 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 2 a 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 2 a と固定部 5 との位置にブレがある場合であっても、追加変形部 2 d および変形部 2 b において外部接続端子部 2 a 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 2 a の厚み T1 は 0.5 mm 以上である。この場合、外部接続端子部 2 a がある程度剛性を有するため、当該外部接続端子部 2 a 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 2 d および変形部 2 b において外部接続端子部 2 a 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 1 b 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 1 b は、放熱性の高い絶縁層である。絶縁シート 1 b は、冷却器 12 とリードフレーム 2 との間を電氣的に絶縁する。また、熱伝導部材 1 としての絶縁シート 1 b は、半導体素子 4 で発生した熱を、絶縁シート 1 b を介して冷却器 12 へ放熱する役割を有する。絶縁シート 1 b 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 1 b 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

10

20

30

40

50

導部材 1 と冷却器 1 2 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 1 0 0 とは異なり、熱伝導部材 1 の金属箔 1 a およびグリース 1 1 を用いることなく、熱伝導部材 1 と冷却器 1 2 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 4 0 0 は、熱伝導部材 1 と、冷却器 1 2 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 1 2 は、熱伝導部材 1 と接続される。熱伝導部材 1 と冷却器 1 2 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 1 2 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 1 2 とを接続するためのグリース 1 1 (図 2 参照) などが不要となり、半導体装置 4 0 0 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 1 2 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 1 2 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 4 0 0 においても、実施の形態 1 に係る半導体装置 1 0 0 と同様にリードフレーム 2 に変形部 2 d 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 4 0 0 を実現できる。

【0082】

上記半導体装置 4 0 0 において、外部接続端子部 2 a 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 L 1 は、外部接続端子部 2 a の厚み T 1 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 L 1 が比較的小さい半導体装置 4 0 0 に適用することで、外部接続端子部 2 a 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 2 b 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 4 0 0 において、外部接続端子部 2 a の厚み T 1 は 0.5 mm 以上である。この場合、外部接続端子部 2 a がある程度剛性を有するため、当該外部接続端子部 2 a 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 2 b 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 1 7 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 1 7 に示す電力変換システムは、電源 1 1 0 0、電力変換装置 1 2 0 0、負荷 1 3 0 0 から構成される。電源 1 1 0 0 は、直流電源であり、電力変換装置 1 2 0 0 に直流電力を供給する。電源 1 1 0 0 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

10

20

30

40

50

、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。

10

【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。

20

【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。

30

【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。

40

50

【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。

10

【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。

20

【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。

30

40

50

【要約】

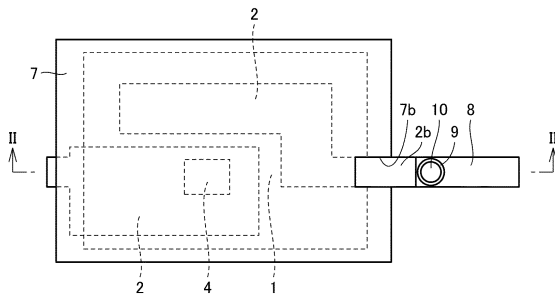
高い信頼性を有する半導体装置および電力変換装置が得られる。半導体装置（１００）は、半導体素子（４）と、リードフレーム（２）と、封止樹脂（７）とを備える。半導体素子（４）はリードフレーム（２）に搭載されている。封止樹脂（７）は、半導体素子（４）とリードフレーム（２）の一部とを封止する。リードフレーム（２）は、内側部（２ｃ）と外部接続端子部（２ａ）とを含む。内側部（２ｃ）は封止樹脂（７）と接触する。外部接続端子部（２ａ）は、封止樹脂（７）の表面から外側に突出する。リードフレーム（２）は変形部（２ｂ）を含む。変形部（２ｂ）は、内側部（２ｃ）と外部接続端子部（２ａ）との境界部に位置する。変形部（２ｂ）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。

10

【図面】

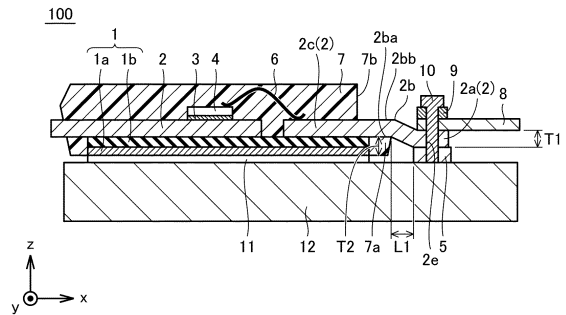
【図 １】

図1



【図 ２】

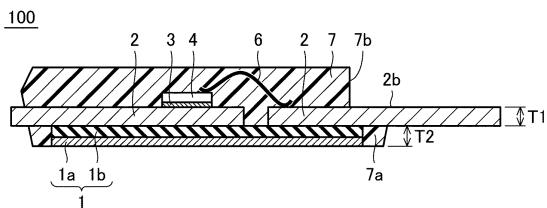
図2



20

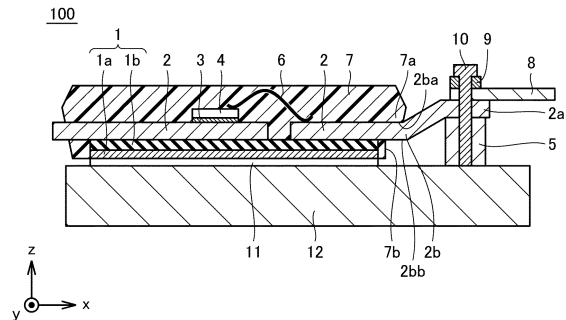
【図 ３】

図3



【図 ４】

図4



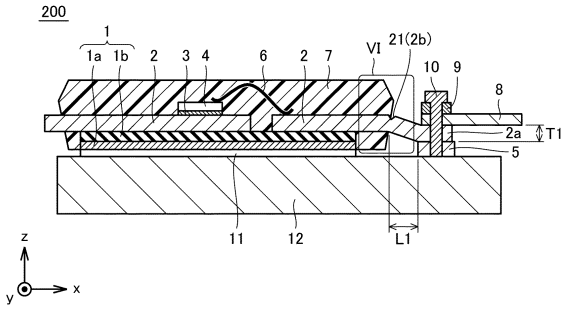
30

40

50

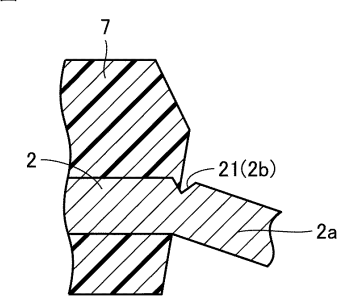
【図 5】

図5



【図 6】

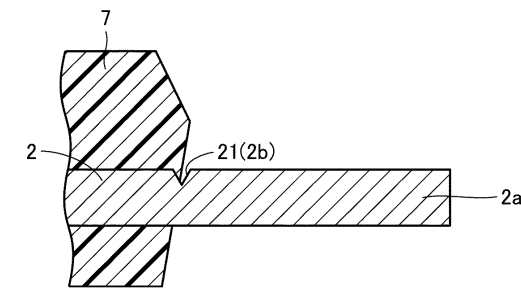
図6



10

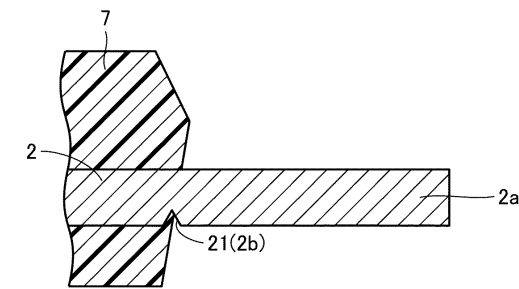
【図 7】

図7



【図 8】

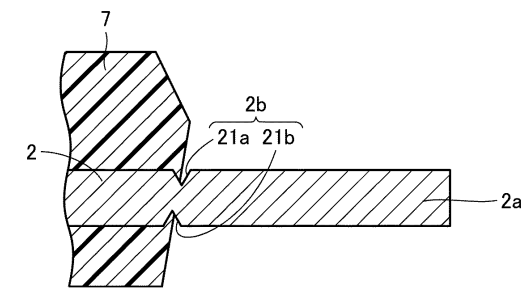
図8



20

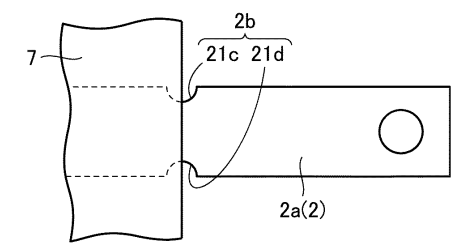
【図 9】

図9



【図 10】

図10



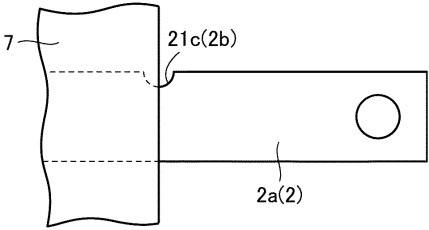
30

40

50

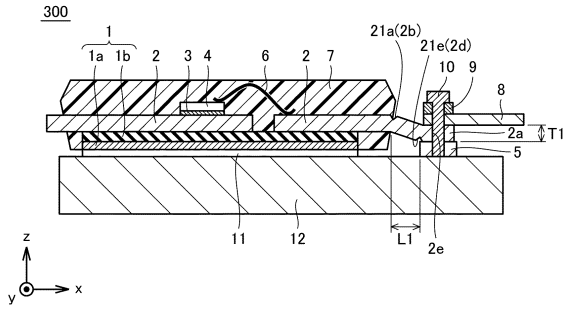
【図 1 1】

図11



【図 1 2】

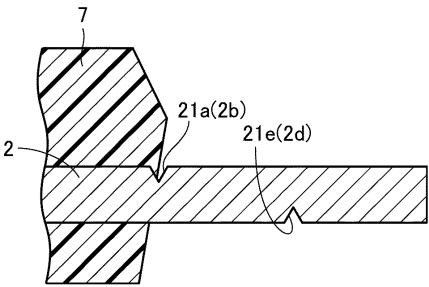
図12



10

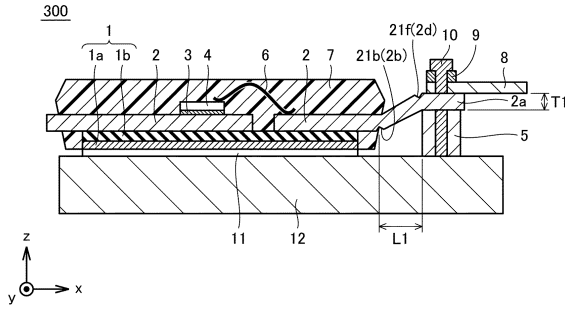
【図 1 3】

図13



【図 1 4】

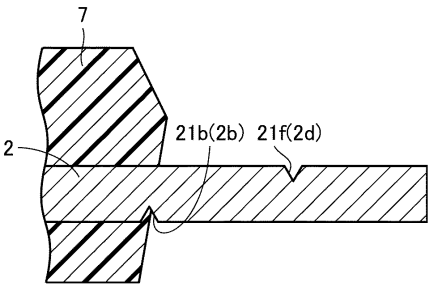
図14



20

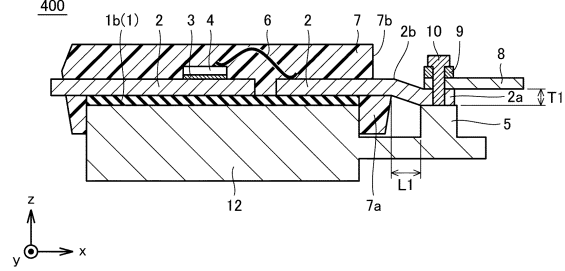
【図 1 5】

図15



【図 1 6】

図16



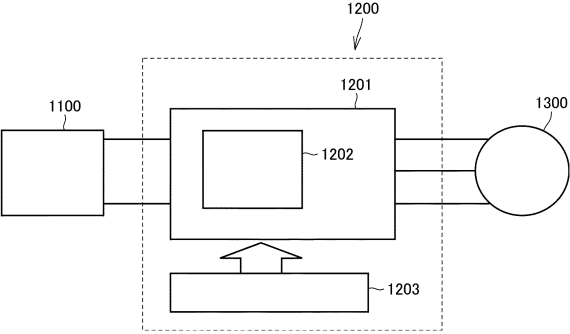
30

40

50

【図 17】

図 17



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2007-165426 (JP, A)
 特開 2003-234442 (JP, A)
 特許第 7026861 (JP, B1)
 国際公開第 2015/012180 (WO, A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
 H01L 23/48