

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7088224号

(P7088224)

(45)発行日 令和4年6月21日(2022.6.21)

(24)登録日 令和4年6月13日(2022.6.13)

(51)国際特許分類

F I

H 0 1 L 23/12 (2006.01)

H 0 1 L

23/12

5 0 1 P

H 0 1 L 25/07 (2006.01)

H 0 1 L

25/04

C

H 0 1 L 25/18 (2006.01)

H 0 1 L

23/48

G

H 0 1 L 23/48 (2006.01)

H 0 1 L

23/34

A

H 0 1 L 23/34 (2006.01)

請求項の数 22 (全33頁)

(21)出願番号 特願2020-27188(P2020-27188)

(22)出願日 令和2年2月20日(2020.2.20)

(65)公開番号 特開2020-161807(P2020-161807
A)

(43)公開日 令和2年10月1日(2020.10.1)

審査請求日 令和3年2月2日(2021.2.2)

(31)優先権主張番号 特願2019-51516(P2019-51516)

(32)優先日 平成31年3月19日(2019.3.19)

(33)優先権主張国・地域又は機関
日本国(JP)

(73)特許権者 000004260

株式会社デンソー

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地

(74)代理人 110001128弁理士法人ゆうあい特許事
務所

(72)発明者 大澤 青吾

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式
会社デンソー内

(72)発明者 大倉 康嗣

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式
会社デンソー内

(72)発明者 中野 貴博

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式
会社デンソー内

(72)発明者 水野 直仁

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 半導体モジュールおよびこれに用いられる半導体装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1放熱部材(1、7)と、

半導体素子(20)と、その周囲を覆う封止材(21)と、前記半導体素子と電氣的に接続された第1配線(26)および第2配線(27)を備え、前記半導体素子および前記封止材の上に形成された再配線層(24)と、を有してなり、前記第1放熱部材上に搭載された半導体装置(2)と、

前記半導体装置上に配置された第2放熱部材(3、7)と、

前記半導体装置と接合材(5)を介して電氣的に接続されたリードフレーム(4)と、

前記第1放熱部材の一部、前記半導体装置、および前記第2放熱部材の一部を覆う封止材(6)とを備え、

前記半導体装置は、前記第2放熱部材のうち前記半導体装置と向き合う他面(3b)の外郭から一部がはみ出しており、

前記第2配線は、その一端が、前記半導体装置のうち前記他面の外郭からはみ出した部分まで延設されており、前記一端が前記接合材を介して前記リードフレームと電氣的に接続されている、半導体モジュール。

【請求項2】

前記半導体装置は、前記第1放熱部材のうち前記半導体装置と向き合う上面(1a)の外郭内側に配置されている、請求項1に記載の半導体モジュール。

【請求項3】

前記第 1 放熱部材および前記第 2 放熱部材は、それぞれヒートシンク（ 1、 3 ）であり、少なくとも 1 つは導電経路を構成している請求項 1 または 2 に記載の半導体モジュール。

【請求項 4】

前記第 1 放熱部材および前記第 2 放熱部材は、それぞれ伝熱絶縁基板（ 7 ）である請求項 1 または 2 に記載の半導体モジュール。

【請求項 5】

前記第 1 放熱部材および前記第 2 放熱部材は、それぞれヒートシンク（ 1、 3 ）と伝熱絶縁基板（ 7 ）とが積層されたものであり、前記伝熱絶縁基板が前記半導体装置と前記接合材を介して接続されている、請求項 1 または 2 に記載の半導体モジュール。

【請求項 6】

前記半導体素子を第 1 半導体素子（ 2 0 1 ）として、前記半導体装置は、前記他面の外郭からはみ出した部分に、中継部材（ 2 9 ）と第 2 半導体素子（ 2 0 2 ）とを有しており、前記第 2 半導体素子を挟んで対向配置された第 3 放熱部材（ 7、 8 ）および第 4 放熱部材（ 7、 9 ）をさらに有し、

前記半導体装置のうち前記第 2 放熱部材と向き合う面を表面（ 2 a ）とし、その反対面を裏面（ 2 b ）として、

前記第 3 放熱部材は、前記裏面と向き合うと共に、前記第 1 放熱部材と前記封止材を隔てて配置され、

前記第 4 放熱部材は、前記表面と向き合うと共に、前記第 2 放熱部材と前記封止材を隔てて配置され、

少なくとも 1 つの前記中継部材は、前記表面と前記裏面とを繋ぐ方向に延設されると共に、一端が接合材を介して前記第 1 放熱部材と電氣的に接続され、他端が接合材を介して前記第 4 放熱部材と電氣的に接続されている、請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 つに記載の半導体モジュール。

【請求項 7】

前記中継部材は、前記表面に対する法線方向から見て、前記表面において前記再配線層から露出した部分と前記裏面において前記封止材から露出した部分とがオフセットされている、請求項 6 に記載の半導体モジュール。

【請求項 8】

前記中継部材は、前記表面と前記裏面とを繋ぐ方向において、少なくとも 1 つの段差部を有する断面形状とされている、請求項 7 に記載の半導体モジュール。

【請求項 9】

前記第 3 放熱部材および前記第 4 放熱部材は、それぞれヒートシンク（ 8、 9 ）である、請求項 6 ないし 8 のいずれか 1 つに記載の半導体モジュール。

【請求項 10】

前記第 3 放熱部材および前記第 4 放熱部材は、それぞれ伝熱絶縁基板（ 7 ）である、請求項 6 ないし 8 のいずれか 1 つに記載の半導体モジュール。

【請求項 11】

前記リードフレームの両端のうち前記第 2 配線に前記接合材を介して接続される側の端部を第 1 端部（ 4 a ）とし、前記第 1 端部とは反対側の端部を第 2 端部（ 4 b ）とし、前記第 1 端部から前記第 2 端部に向かう方向を延設方向として、

前記リードフレームは、前記第 1 端部と前記第 2 端部との間に前記延設方向の向きが変化する境界部分である境界部（ 4 1 ）を有し、かつ、前記第 1 端部と前記境界部との間における一部が、前記リードフレームの厚み、幅および前記延設方向の向きのうち少なくとも 1 つが前記リードフレームの他の部分とは異なる応力緩和部（ 4 2 ）である、請求項 1 ないし 10 のいずれか 1 つに記載の半導体モジュール。

【請求項 12】

前記リードフレームのうち前記第 1 端部と前記境界部との間の部分は、同一平面上に位置するフラットな形状とされており、

前記応力緩和部は、前記延設方向の向きが前記他の部分とは異なっている、請求項 11 に

10

20

30

40

50

記載の半導体モジュール。

【請求項 1 3】

前記第 2 放熱部材のうち前記他面の反対側の面を一面 (3 a) とし、前記第 2 放熱部材の前記他面のうち前記半導体装置と前記接合材を介して接合された領域を接合領域 (3 b a) とし、残部を非接合領域 (3 b b) とし、前記非接合領域のうち前記接合領域の近傍に位置する一部の領域を接合近傍領域 (3 b c) として

前記第 2 放熱部材は、ヒートシンクであって、前記非接合領域の少なくとも一部が前記他面から前記一面に向かって凹んだ凹部 (3 1) とされており、

前記非接合領域のうち前記他面の外郭側における前記半導体装置との隙間 (D 2) は、前記接合近傍領域における前記半導体装置との隙間 (D 1) よりも大きい、請求項 1 または 2 に記載の半導体モジュール。

10

【請求項 1 4】

前記凹部は、前記接合近傍領域から前記他面の外郭側に向かって傾斜した、テーパ形状である、請求項 1 3 に記載の半導体モジュール。

【請求項 1 5】

前記凹部の表面を傾斜面とし、前記傾斜面と前記接合領域のなす面とのなす角度のうち鋭角のものをテーパ角度 () として、前記テーパ角度は 4 5 ° 以下である、請求項 1 4 に記載の半導体モジュール。

【請求項 1 6】

前記凹部は、前記他面の外郭を含み、前記他面の外郭側から前記接合近傍領域に向かう階段形状とされている、請求項 1 3 に記載の半導体モジュール。

20

【請求項 1 7】

前記第 1 配線のうち前記再配線層を構成する絶縁層 (2 5) から露出した部分は、粗化された粗化部 (2 6 1) であり、

前記第 2 配線のうち前記絶縁層に覆われた部分および前記絶縁層から露出する部分は、粗化された粗化部 (2 7 1) である、請求項 1 ないし 1 6 のいずれか 1 つに記載の半導体モジュール。

【請求項 1 8】

前記リードフレームの両端のうち前記第 2 配線に前記接合材を介して接続される側の端部を第 1 端部 (4 a) とし、前記第 1 端部とは反対側の端部を第 2 端部 (4 b) として、

30

前記リードフレームのうち前記第 1 端部の側の一部が、それ以外の領域よりも前記接合材の濡れ性が高い領域であり、

前記リードフレームは、前記濡れ性が高い領域を介して前記半導体装置に接続されている、請求項 1 ないし 1 7 のいずれか 1 つに記載の半導体モジュール。

【請求項 1 9】

前記第 2 配線のうち前記再配線層を構成する絶縁層 (2 5) から露出する部分を露出部として、

前記リードフレームのうち前記露出部と向き合う部分である対向部よりも前記第 2 端部側の部分には、前記半導体装置とは反対側に凹んだ溝部 (4 4) が形成されており、

前記溝部、および前記対向部から前記溝部までの領域は、前記リードフレームの他の領域よりも前記濡れ性が高い領域である、請求項 1 8 に記載の半導体モジュール。

40

【請求項 2 0】

前記半導体装置の外表面のうち前記第 2 放熱部材と向き合う面を表面 (2 a) とし、前記表面の外郭近傍、かつ前記第 2 放熱部材の前記他面と向き合う一部の領域を外縁領域 (2 a a) として、

前記半導体装置は、前記外縁領域に、前記第 2 放熱部材の前記他面と前記半導体装置との接触を抑制する突起部 (2 c) を備える、請求項 1 ないし 1 2、1 6 ないし 1 9 のいずれか 1 つに記載の半導体モジュール。

【請求項 2 1】

前記突起部は、はんだを含んだ構成とされると共に、前記第 2 放熱部材の前記他面に接合

50

される、請求項 20 に半導体モジュール。

【請求項 22】

第 1 放熱部材 (1 、 7) と第 2 放熱部材 (3 、 7) とを備える両面放熱構造の半導体モジュールに用いられ、前記第 1 放熱部材と前記第 2 放熱部材との間に配置される半導体装置であって、

一面とその反対面の他面とを有する半導体素子 (20) と、

前記半導体素子の周囲を囲む封止材 (21) と、

前記半導体素子の前記一面と前記封止材の一部とを覆う再配線層 (24) とを備え、

前記再配線層は、絶縁層 (25) と、第 1 配線 (26) と、第 2 配線 (27) とを有してなり、

前記第 1 配線は、前記絶縁層内に形成されると共に、前記半導体素子に一端が接続され、上面視にて、前記半導体素子の外郭内側に配置され、

前記第 2 配線は、前記絶縁層内に形成されると共に、前記半導体素子に一端が接続され、上面視にて、他端が前記半導体素子の外郭よりも外側の領域にまで延設されている、半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、パワー半導体素子を挟んで対向配置された 2 つの放熱部材を介した両面放熱構造の半導体モジュールおよびこれに用いられる半導体装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、IGBT 等のパワー半導体素子と、これを挟んで対向配置された 2 つの放熱部材とを備える両面放熱構造の半導体モジュールとして、例えば特許文献 1 に記載のものが挙げられる。特許文献 1 に記載の半導体モジュールは、下部ヒートシンクと、パワー半導体素子と、放熱ブロックと、上部ヒートシンクとがはんだを介してこの順に積層されている。また、この半導体モジュールは、リードフレームと、当該リードフレームとパワー半導体素子のゲートとを電気的に接続するワイヤと、これらを覆う封止材とを有してなる。そして、この半導体モジュールは、下部ヒートシンクおよび上部ヒートシンクのうちパワー半導体素子とは反対側の面が封止材から露出している。つまり、この半導体モジュールは、

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開 2001 - 156225 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上記の半導体モジュールにおいては、放熱ブロックは、2 つの放熱部材間の隙間を所定以上とし、これらの放熱部材とワイヤとが接触して短絡することを防止するために配置される。

【0005】

しかしながら、この放熱ブロックは、半導体モジュールの薄型化の阻害要因であると共に、パワー半導体素子から放熱部材までの熱抵抗を大きくする要因になっている。

【0006】

本発明は、上記の点に鑑み、パワー半導体素子と、これを挟んで対向配置された 2 つの放熱部材とを備え、従来よりも薄型化および低熱抵抗化した両面放熱構造の半導体モジュール並びにこれに用いられる半導体装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 7 】

上記目的を達成するため、請求項 1 に記載の半導体モジュールは、第 1 放熱部材（ 1、 7 ）と、半導体素子（ 2 0 ）と、その周囲を覆う封止材（ 2 1 ）と、半導体素子と電氣的に接続された第 1 配線（ 2 6 ）および第 2 配線（ 2 7 ）を備え、半導体素子および封止材の上に形成された再配線層（ 2 4 ）と、を有してなり、第 1 放熱部材上に搭載された半導体装置（ 2 ）と、半導体装置上に配置された第 2 放熱部材（ 3、 7 ）と、半導体装置と接合材（ 5 ）を介して電氣的に接続されたリードフレーム（ 4 ）と、第 1 放熱部材の一部、半導体装置、および第 2 放熱部材の一部を覆う封止材（ 6 ）とを備え、半導体装置は、第 2 放熱部材のうち半導体装置と向き合う他面（ 3 b ）の外郭から一部がはみ出しており、第 2 配線は、その一端が、半導体装置のうち他面の外郭からはみ出した部分まで延設されており、一端がはんだを介してリードフレームと電氣的に接続されている。

10

【 0 0 0 8 】

これにより、半導体装置と第 2 放熱部材、および半導体装置とリードフレームが、それぞれ接合材を介して接続された両面放熱構造の半導体モジュールとなる。そのため、この半導体モジュールは、従来構造では必要であった放熱ブロックおよびワイヤが不要となり、その分だけ厚みと熱抵抗が小さくなることから、従来よりも薄型化および低熱抵抗化される。

【 0 0 0 9 】

請求項 2 2 に記載の半導体装置は、第 1 放熱部材（ 1、 7 ）と第 2 放熱部材（ 3、 7 ）とを備える両面放熱構造の半導体モジュールに用いられ、第 1 放熱部材と第 2 放熱部材との間に配置される半導体装置であって、一面とその反対面の他面とを有する半導体素子（ 2 0 ）と、半導体素子の周囲を囲む封止材（ 2 1 ）と、半導体素子の一面と封止材の一部とを覆う再配線層（ 2 4 ）とを備え、再配線層は、絶縁層（ 2 5 ）と、第 1 配線（ 2 6 ）と、第 2 配線（ 2 7 ）とを有してなり、第 1 配線は、絶縁層内に形成されると共に、半導体素子に一端が接続され、上面視にて、半導体素子の外郭内側に配置され、第 2 配線は、絶縁層内に形成されると共に、半導体素子に一端が接続され、上面視にて、他端が半導体素子の外郭よりも外側の領域にまで延設されている。

20

【 0 0 1 0 】

これによれば、上記の半導体装置は、放熱ブロックおよびワイヤを用いずに、第 2 放熱部材およびリードフレームとはんだ接合が可能となり、従来よりも薄型化および低熱抵抗化された半導体モジュールを製造するために適した構成となる。

30

【 0 0 1 1 】

なお、各構成要素等に付された括弧付きの参照符号は、その構成要素等と後述する実施形態に記載の具体的な構成要素等との対応関係の一例を示すものである。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 2 】

【図 1】第 1 実施形態の半導体モジュールの構成を示す断面図である。

【図 2】図 1 中の半導体装置の構成を示す断面図である。

【図 3】図 2 の半導体装置を示す斜視図である。

【図 4】従来の半導体モジュールの構成を示す断面図である。

40

【図 5 A】図 1 の半導体モジュールの製造工程のうち半導体装置の製造工程であって、半導体基板の準備工程を示す断面図である。

【図 5 B】図 5 A に続く半導体装置の製造工程を示す断面図である。

【図 5 C】図 5 B に続く半導体装置の製造工程を示す断面図である。

【図 5 D】図 5 C に続く半導体装置の製造工程を示す断面図である。

【図 5 E】図 5 D に続く半導体装置の製造工程を示す断面図である。

【図 5 F】図 5 E に続く半導体装置の製造工程を示す断面図である。

【図 5 G】図 5 F に続く半導体装置の製造工程を示す断面図である。

【図 5 H】図 5 G に続く半導体装置の製造工程を示す断面図である。

【図 5 I】図 5 H に続く半導体装置の製造工程を示す断面図である。

50

- 【図 5 J】図 5 I に続く半導体装置の製造工程を示す断面図である。
- 【図 5 K】図 5 J に続く半導体装置の製造工程を示す断面図である。
- 【図 5 L】図 5 K に続く半導体装置の製造工程を示す断面図である。
- 【図 5 M】図 5 L に続く半導体装置の製造工程を示す断面図である。
- 【図 6 A】図 1 の半導体モジュールの製造工程であって、半導体装置の搭載工程を示す断面図である。
- 【図 6 B】図 6 A に続く半導体モジュールの製造工程を示す断面図である。
- 【図 6 C】図 6 B の製造工程を示す平面図である。
- 【図 6 D】図 6 B に続く半導体モジュールの製造工程を示す断面図である。
- 【図 7】第 2 実施形態の半導体モジュールの構成を示す断面図である。
- 【図 8】第 3 実施形態の半導体モジュールの構成を示す断面図である。
- 【図 9】図 8 の半導体モジュールのうち半導体装置を示す斜視図である。
- 【図 10】図 8 の半導体モジュールにおける各構成要素の配置例を示す平面図である。
- 【図 11】第 3 実施形態の半導体モジュールの変形例の構成を示す断面図である。
- 【図 12】第 4 実施形態の半導体モジュールにおけるリードフレームの構成例を示す断面図である。
- 【図 13】図 12 に示す XIII の方向から見た矢視図である。
- 【図 14】応力緩和部を備えないリードフレームに生じる応力を説明するための図である。
- 【図 15】応力緩和部の第 1 の変形例を示す図であって、図 13 に相当する矢視図である。
- 【図 16】応力緩和部の第 2 の変形例を示す図であって、図 12 に相当する断面図である。
- 【図 17】図 16 に示す XVII の方向から見た矢視図である。
- 【図 18】第 5 実施形態の半導体モジュールの構成を示す断面図である。
- 【図 19】ヒートシンクのうち半導体装置に対向する面について説明するための図である。
- 【図 20】ヒートシンクの他面と半導体装置の一面との隙間について説明するための図である。
- 【図 21】第 5 実施形態の半導体モジュールの変形例の構成を示す断面図である。
- 【図 22】第 6 実施形態の半導体モジュールにおける半導体装置の構成例を示す断面図である。
- 【図 23】第 7 実施形態の半導体モジュールにおけるリードフレームの構成例を示す断面図である。
- 【図 24】第 7 実施形態に係るリードフレームの変形例の構成を示す断面図である。
- 【図 25】第 8 実施形態の半導体モジュールにおける半導体装置の構成例を示す断面図である。
- 【図 26】第 8 実施形態に係る半導体装置における突起部の配置例を示す平面図である。
- 【図 27】第 8 実施形態に係る半導体装置における突起部の他の配置例を示す平面図である。
- 【図 28】第 3 実施形態の他の変形例の構成を示す断面図である。
- 【図 29】他の実施形態における半導体装置の変形例の構成を示す断面図である。
- 【図 30】第 2 実施形態の変形例の構成を示す断面図である。
- 【図 31】第 3 実施形態の別の変形例の構成を示す断面図である。
- 【図 32】第 1 実施形態の変形例の構成を示す断面図である。
- 【図 33】図 32 に示す半導体モジュールの製造工程のうち封止材の成形工程を示す図である。
- 【図 34】第 5 実施形態の他の変形例の構成を示す断面図である。
- 【図 35】段差部を備える伝熱絶縁基板を用いた半導体モジュールの構成例を示す断面図である。
- 【発明を実施するための形態】
- 【0013】

以下、本発明の実施形態について図に基づいて説明する。なお、以下の各実施形態相互において、互いに同一もしくは均等である部分には、同一符号を付して説明を行う。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 4 】

(第 1 実施形態)

第 1 実施形態の半導体モジュール S 1 について、図 1 ~ 図 3 を参照して説明する。半導体モジュール S 1 は、例えば、自動車の走行用モータに電力を供給するために直流電流を交流電流に変換する電力変換装置等に用いられると好適であり、「パワーカード」と称され得る。

【 0 0 1 5 】

図 1 では、後述する第 2 ヒートシンク 3 のうち別断面において外部に接続される配線部分を破線で示している。図 2 では、後述する絶縁層 2 5 を便宜的に区画した領域の境界を破線で示している。また、図 2 は、図 3 に一点鎖線で示す II-II 間の断面図に相当する。

10

【 0 0 1 6 】

(構成)

本実施形態の半導体モジュール S 1 は、図 1 に示すように、第 1 ヒートシンク 1 と、半導体装置 2 と、第 2 ヒートシンク 3 と、リードフレーム 4 と、接合材 5 と、封止材 6 とを有してなる。半導体モジュール S 1 は、2 つのヒートシンク 1、3 が半導体装置 2 を挟んで対向配置されており、半導体装置 2 で生じる熱がこれらのヒートシンク 1、3 を介して両面から外部に放出される両面放熱構造とされている。

【 0 0 1 7 】

第 1 ヒートシンク 1 は、図 1 に示すように、表裏の関係にある上面 1 a および下面 1 b を備える板状とされ、例えば Cu (銅) や Fe (鉄) 等の金属材料等により構成される。第 1 ヒートシンク 1 は、上面 1 a 上にはんだによりなる接合材 5 を介して半導体装置 2 が搭載されると共に、下面 1 b が封止材 6 から露出している。第 1 ヒートシンク 1 は、本実施形態では、半導体装置 2 の通電における電流経路とされており、例えば図 1 に示すように、上面 1 a 側の一部が封止材 6 の外部まで延設されている。つまり、第 1 ヒートシンク 1 は、本実施形態では、放熱部材および配線の 2 つの役割を果たす。なお、第 1 ヒートシンク 1 は、「第 1 放熱部材」と称し得る。

20

【 0 0 1 8 】

半導体装置 2 は、図 2 に示すように、表面 2 a と裏面 2 b とを有する板状とされ、半導体素子 2 0 と、封止材 2 1 と、第 1 電極 2 2 と、第 2 電極 2 3 と、再配線層 2 4 とを有してなる。半導体装置 2 は、第 2 電極 2 3 に接続された第 2 配線 2 7 を再配線層 2 4 の一部として有すると共に、第 2 配線 2 7 の一端が半導体素子 2 0 の外郭よりも外側にまで延設された、ファンアウト型のパッケージ構造 (以下「FO パッケージ構造」という) とされている。なお、半導体装置 2 は、FO パッケージ構造とされていればよく、ウェハレベルのパッケージ構造であってもよいし、パネルレベルのパッケージ構造であってもよい。

30

【 0 0 1 9 】

半導体装置 2 は、図 1 に示すように、第 1 ヒートシンク 1 の上面 1 a の外郭内側に配置されている。また、半導体装置 2 は、その一部が第 2 ヒートシンク 3 のうち対向する他面 3 b の外郭よりも外側にはみ出しており、そのはみ出した部分にまで第 2 配線 2 7 の一端が延設された構造とされている。これは、リードフレーム 4 とのワイヤ接続、および半導体装置 2 と第 2 ヒートシンク 3 との間の放熱ブロックを不要とし、従来よりも薄型化および低熱抵抗化を可能とするためである。この詳細については、後述する。

40

【 0 0 2 0 】

半導体素子 2 0 は、主としてシリコン、シリコンカーバイド等の半導体材料により構成され、例えば MOS トランジスタ、IGBT (絶縁ゲートバイポーラトランジスタ) 等のパワー半導体素子であり、通常の半導体プロセスにより製造される。半導体素子 2 0 は、第 1 電極 2 2 および第 2 電極 2 3 が形成された面の反対面に図示しない第 3 電極が形成されており、第 3 電極が接合材 5 を介して第 1 ヒートシンク 1 の上面 1 a と電氣的に接続されている。

【 0 0 2 1 】

封止材 2 1 は、図 2 に示すように、半導体素子 2 0 の周囲を覆う部材であり、例えばエポ

50

キシ樹脂等の任意の樹脂材料により構成される。封止材 21 は、半導体素子 20 の端面を覆いつつ、半導体素子 20 のうち第 1 電極 22 が形成された面とは反対側の面と共に半導体装置 2 の裏面 2b を構成している。

【0022】

第 1 電極 22、第 2 電極 23 および図示しない第 3 電極は、例えば、Cu 等の金属材料で構成され、電解メッキ等により半導体素子 20 の一面上に形成される。第 1 電極 22 および第 3 電極は、一対とされ、半導体素子 20 の主な電流経路とされている。第 1 電極 22 は、例えばエミッタ電極とされる。第 2 電極 23 は、複数形成され、そのうちの少なくとも 1 つが、例えばゲート電極とされ、第 1 電極 22 と第 3 電極との間の電流のオンオフを制御するために用いられる。また、複数の第 2 電極 23 のうちゲート電極とは異なるものは、例えば、他にも素子上のセンサー用端子等として用いられる。

10

【0023】

なお、第 1 電極 22、第 2 電極 23 は、後述する製造方法にて、第 1 配線 26、第 2 配線 27 と同様に、電解メッキにより Cu 等の金属材料で構成されることで、Al (アルミニウム) 等の材料で構成された場合に比べ、放熱性が向上する。

【0024】

再配線層 24 は、図 2 に示すように、絶縁層 25 と、第 1 電極 22 に接続された第 1 配線 26 と、第 2 電極 23 に接続された第 2 配線 27 とを有してなり、半導体素子 20 および封止材 21 の上に通常の再配線技術により形成される。

【0025】

絶縁層 25 は、例えば、ポリイミド等の絶縁性材料によりなり、任意の塗布工程等により形成される。

20

【0026】

第 1 配線 26 および第 2 配線 27 は、例えば、Cu の金属材料等によりなり、電解メッキ等により形成される。第 1 配線 26 は、上面視にて、半導体素子 20 の外郭内側に形成され、その一端が接合材 5 を介して第 2 ヒートシンク 3 に電気的および熱的に接続されている。第 2 配線 27 は、上面視にて、一端が半導体素子 20 の外郭よりも外側に延設されると共に、接合材 5 を介してリードフレーム 4 と電気的に接続されている。第 2 配線 27 は、例えば図 3 に示すように、複数形成され、いずれも一端が半導体素子 20 の外郭の外側に延設される。なお、図 3 では、第 2 配線 27 が 5 つ形成され、それぞれが異なる第 2 電極 23 に接続された例を示しているが、第 2 電極 23 および第 2 配線 27 の数については任意である。

30

【0027】

第 2 ヒートシンク 3 は、図 1 に示すように、表裏の関係にある一面 3a および他面 3b を備える板状とされ、第 1 ヒートシンク 1 と同様の材料により構成される。第 2 ヒートシンク 3 は、本実施形態では、半導体装置 2 の表面 2a の一部と対向配置されている。第 2 ヒートシンク 3 は、本実施形態では、接合材 5 を介して第 1 配線 26 と電気的に接続されることで、第 1 ヒートシンク 1 と同様に半導体素子 20 の電流経路とされており、図 1 の別断面において、他面 3b 側の一部が封止材 6 の外部まで延設されている。つまり、第 2 ヒートシンク 3 は、本実施形態では、放熱部材および配線の 2 つの役割を果たす。なお、第 2 ヒートシンク 3 は、「第 2 放熱部材」と称し得る。

40

【0028】

リードフレーム 4 は、例えば、Cu や Fe 等の金属材料によりなり、図 1 に示すように、半導体装置 2 のうち第 2 配線 27 と接合材 5 を介して電気的に接続される。リードフレーム 4 は、例えば第 2 電極 23 と同数の複数のリードを備える。なお、これらのリードは、封止材 6 の形成までは、図示しないタイバーにより隣接する複数のリードが連結されているが、封止材 6 の形成後にプレス打ち抜き等によりタイバーが除去されることで分離した状態となる。また、リードフレーム 4 は、第 2 ヒートシンク 3 と同一の部材として構成され、封止材 6 の形成まで図示しないタイバーにより連結されていてもよい。この場合であっても、リードフレーム 4 は、封止材 6 の形成後にプレス打ち抜き等によりタイバーが除

50

去されることで、第 2 ヒートシンク 3 と分離した状態となる。

【 0 0 2 9 】

接合材 5 は、半導体モジュール S 1 の構成要素同士を接合する接合材であり、電氣的に接続するために導電性を有する材料、例えばはんだなどが用いられる。なお、接合材 5 は、はんだに限定されるものではないが、少なくともワイヤとは異なるものが用いられる。

【 0 0 3 0 】

封止材 6 は、例えばエポキシ樹脂等の熱硬化性樹脂等によりなり、図 1 に示すように、ヒートシンク 1、3 の一部、半導体装置 2、リードフレーム 4 の一部および接合材 5 を覆っている。

【 0 0 3 1 】

以上が、本実施形態の半導体モジュール S 1 の基本的な構成である。

【 0 0 3 2 】

(効果)

次に、本実施形態の半導体モジュール S 1 の効果について、図 4 に示す従来構造の半導体モジュール S 1 0 0 と対比して説明する。

【 0 0 3 3 】

まず、従来構造の半導体モジュール S 1 0 0 について、簡単に説明する。なお、半導体モジュール S 1 0 0 の構造については公知のため、ここでは、半導体装置 2 との相違点について主に述べる。

【 0 0 3 4 】

従来構造の半導体モジュール S 1 0 0 は、図 4 に示すように、半導体装置 1 0 1 と、これを挟んで対向配置されたヒートシンク 1、3 と、放熱ブロック 1 0 2 と、ワイヤ 1 0 3 と、リードフレーム 4 と、接合材 5 と、封止材 6 とを有してなる。

【 0 0 3 5 】

半導体装置 1 0 1 は、図 4 に示すように、第 1 電極 2 2、第 2 電極 2 3 および図示しない第 3 電極を備える半導体素子 2 0 によりなり、半導体装置 2 と異なり、封止材 2 1 および再配線層 2 4 を有していない。半導体装置 1 0 1 は、接合材 5 を介して第 1 ヒートシンク 1 上に搭載されると共に、第 1 ヒートシンク 1 の上面 1 a の外郭内側かつ第 2 ヒートシンク 3 の他面 3 b の外郭内側に配置されている。

【 0 0 3 6 】

放熱ブロック 1 0 2 は、Cu 等の金属材料によりなり、図 4 に示すように、その一方の面が半導体素子 2 0 の第 1 電極 2 2 と接合材 5 を介して接続され、他方の面が接合材 5 を介して第 2 ヒートシンク 3 に接続されている。放熱ブロック 1 0 2 は、半導体素子 2 0 の電流経路を構成すると共に、半導体素子 2 0 で生じる熱を第 2 ヒートシンク 3 に伝搬する役割を果たす。また、放熱ブロック 1 0 2 は、半導体素子 2 0 と第 2 ヒートシンク 3 との隙間を所定以上とし、第 2 電極 2 3 に接続されたワイヤ 1 0 3 が、第 2 ヒートシンク 3 に接触して短絡することを防止するために配置される。

【 0 0 3 7 】

ワイヤ 1 0 3 は、Al (アルミ)、Au (金) 等の金属材料により構成され、第 2 電極 2 3 およびリードフレーム 4 にワイヤボンディングにより接合され、これらを電氣的に接続している。

【 0 0 3 8 】

上記した従来 of 半導体モジュール S 1 0 0 は、半導体装置 1 0 1 と第 2 ヒートシンク 3 との間に放熱ブロック 1 0 2 を配置して隙間を確保する必要があるため、これ以上の薄型化が難しい構造である。また、半導体モジュール S 1 0 0 は、半導体装置 1 0 1 と第 2 ヒートシンク 3 との間に、2 層の接合材および 1 つの放熱ブロック 1 0 2 が介在しており、その分だけ熱抵抗が大きくなってしまふ。

【 0 0 3 9 】

これに対して、本実施形態の半導体モジュール S 1 は、半導体装置 2 が、再配線層 2 4 を有する構成とされると共に、その一部が第 2 ヒートシンク 3 の他面 3 b の外郭よりも外側

10

20

30

40

50

にはみ出すように配置されている。また、半導体モジュール S 1 は、半導体装置 2 のうち第 2 ヒートシンク 3 の他面 3 b の外郭よりも外側に延設された第 2 配線 2 7 が、はんだによりなる接合材 5 を介してリードフレーム 4 と接合された構造である。よって、半導体モジュール S 1 では、半導体装置 2 と第 2 ヒートシンク 3 とを直接はんだ接合することが可能となり、放熱ブロック 1 0 2 およびワイヤ 1 0 3 が不要となる。

【 0 0 4 0 】

その結果、半導体装置 2 と第 2 ヒートシンク 3 とを接続するものが 1 層の接合材 5 ののみとなり、放熱ブロック 1 0 2 および 1 層の接合材 5 の分だけ厚みが小さくなり、かつ、熱抵抗が小さい構造の半導体モジュールとなる。別の観点では、半導体装置 2 は、F O パッケージ構造とされることで、リードフレーム 4 とのはんだ接合が可能となり、両面放熱構造の半導体モジュールの薄型化および低熱抵抗化に適した構造となるとも言える。また、半導体装置 2 は、再配線層 2 4 を有する構成とされることで、第 1 電極 2 2 や第 2 電極 2 3 の平面サイズ、ひいては半導体素子 2 0 の平面サイズを小さくでき、コスト面を改善する効果も期待される。

10

【 0 0 4 1 】

なお、単に第 2 ヒートシンク 3 の面積を小さくし、再配線層 2 4 を形成していない半導体素子 2 0 の第 2 電極 2 3 を第 2 ヒートシンク 3 の外郭よりも外側に配置して、ワイヤ 1 0 3 で第 2 電極 2 3 とリードフレーム 4 とを接続することも考えられる。

【 0 0 4 2 】

しかしながら、この方法の場合、放熱ブロック 1 0 2 が不要となり、その分の熱抵抗が小さくなるものの、第 2 ヒートシンク 3 の平面サイズについても小さくなり、その分だけ熱抵抗が大きくなってしまふ。その結果、このような構造とされた半導体モジュールは、従来に比べて放熱性能が変わらないか、むしろ悪化するおそれがある。また、ワイヤ 1 0 3 を接続するために、第 2 電極 2 3 の平面サイズを大きくしなければならず、これに伴い、半導体素子 2 0 の平面サイズが大きくなるため、コスト面の悪化が懸念される。さらに、ワイヤ 1 0 3 を用いる場合、短絡を防ぐために配線長が必要となると共に、インダクタンスが大きくなるため、交流電源と接続するとき、高周波信号にノイズが生じやすくなる。

20

【 0 0 4 3 】

したがって、F O パッケージ構造とされた半導体装置 2 を用いる半導体モジュール S 1 は、従来よりも、薄型化および低熱抵抗化された構造となることに加え、高周波信号のノイズ低減や半導体素子 2 0 の小型化によるコスト低減の効果も期待される。

30

【 0 0 4 4 】

(製造方法)

次に、本実施形態の半導体モジュール S 1 の製造方法の一例について、図 5 A ~ 図 6 C を参照して説明する。

【 0 0 4 5 】

まず、図 5 A に示すように、通常の半導体プロセスで製造された半導体素子 2 0 を用意し、半導体素子 2 0 のうち後ほど第 1 電極 2 2 および第 2 電極 2 3 を形成する面を支持基板 1 1 0 に貼り付けて保持する。なお、この支持基板 1 1 0 としては、例えば、表面にシリコンとの密着性の高い図示しない粘着性シートを備える任意のものが使用される。

40

【 0 0 4 6 】

続いて、図示しない金型を用意し、コンプレッション成形等により、支持基板 1 1 0 に保持された半導体素子 2 0 をエポキシ樹脂等の樹脂材料で覆い、加熱等により硬化することで、図 5 B に示すように、封止材 2 1 を成形する。その後、封止材 2 1 により覆われた半導体素子 2 0 を支持基板 1 1 0 から剥離する。

【 0 0 4 7 】

次いで、半導体素子 2 0 が露出した面上に、ポリイミド等の感光性の樹脂材料を含む溶液をスピンコート法等により塗布して乾燥し、図 5 C に示すように、絶縁層 2 5 を構成する第 1 層 2 5 1 を形成する。

【 0 0 4 8 】

50

そして、図 5 D に示すように、フォトリソグラフィエッチング法により、第 1 層 2 5 1 のパターンニングを行った後、スパッタリング等の真空成膜法により Cu 等によりなる第 1 のシード層 2 8 1 を形成する。

【 0 0 4 9 】

その後、図 5 E に示すように、第 1 層 2 5 1 および第 1 のシード層 2 8 1 を覆うレジスト層 2 5 3 を形成する。レジスト層 2 5 3 は、感光性の樹脂材料を用い、第 1 層 2 5 1 と同様にスピンコート法等により形成されることができる。

【 0 0 5 0 】

続いて、第 1 層 2 5 1 のパターンニングと同様の工程により、レジスト層 2 5 3 のパターンニングを行い、図 5 F に示すように、第 1 層 2 5 1 が除去された領域を含む開口部を形成する。

10

【 0 0 5 1 】

次いで、電解メッキ等により Cu 等によるメッキ層を形成し、図 5 G に示すように、第 1 電極 2 2 および第 2 電極 2 3 を形成し、続けて、第 1 配線 2 6 の一部と第 2 配線 2 7 の一部を形成する。

【 0 0 5 2 】

そして、図 5 H に示すように、レジスト層 2 5 3 を剥離液等により除去した後、エッチング液により第 1 のシード層 2 8 1 のうちレジスト層 2 5 3 の除去によって露出した部分を除去する。

【 0 0 5 3 】

20

その後、図 5 I に示すように、第 1 層 2 5 1 と同じように感光性の樹脂材料を用い、スピンコート法により、絶縁層 2 5 を構成する第 2 層 2 5 2 を形成した後、フォトリソグラフィエッチング法によりパターンニングを行う。

【 0 0 5 4 】

続いて、図 5 J に示すように、スパッタリング等の真空成膜法により Cu 等によりなる第 2 のシード層 2 8 2 を形成する。第 2 のシード層 2 8 2 を形成後、上記と同様の工程により、第 2 層 2 5 2 上にレジスト層 2 5 3 を成膜し、パターンニングを行うことで、図 5 K に示すように、第 2 層 2 5 2、第 1 配線 2 6 の一部および第 2 配線 2 7 の一部を覆うレジスト層 2 5 3 を形成する。

【 0 0 5 5 】

30

次いで、電解メッキ等により Cu 等によりなる、第 1 配線 2 6 および第 2 配線 2 7 の残部を形成した後、剥離液によりレジスト層 2 5 3 を除去し、レジスト層 2 5 3 の除去によって露出した第 2 のシード層 2 8 2 をエッチング液等で除去する。これにより、図 5 L に示すように、半導体素子 2 0 および封止材 2 1 上に、第 1 配線 2 6 と第 2 配線 2 7 とを備える再配線層 2 4 が形成される。

【 0 0 5 6 】

そして、図 5 M に示すように、封止材 2 1 のうち再配線層 2 4 の反対側の面を研磨等により薄肉化し、半導体素子 2 0 を露出させる。その後、半導体素子 2 0 の露出面に、スパッタリング等の真空成膜法により、図示しない第 3 電極を形成する。なお、図示しない第 3 電極は、半導体素子 2 0 の露出面だけに形成されてもよいし、当該露出面に加えて、封止材 2 1 のうち再配線層 2 4 の反対側の面を含めた研磨面の全面に形成されてもよい。前者の場合、図示しないメタルマスクを用いることで、半導体素子 2 0 の露出面のみに第 3 電極を形成することができる。

40

【 0 0 5 7 】

上記の工程により、半導体装置 2 を製造することができるが、上記以外の他の任意の半導体プロセスが採用されてもよい。例えば、図 5 A に示した半導体素子 2 0 を用意する工程において、第 3 電極が形成された半導体素子 2 0 を用意してもよい。この場合、第 3 電極を封止材 2 1 で覆った後に、封止材 2 1 を薄肉化することで第 3 電極を露出させることとなるが、特に支障はない。このように、半導体装置 2 の製造工程については、適宜変更されてもよい。

50

【 0 0 5 8 】

続いて、図 6 A に示すように、C u 等の金属材料によりなる第 1 ヒートシンク 1 を用意し、半導体装置 2 をその上にはんだ接合する。なお、第 1 ヒートシンク 1 は、例えば、C u によりなる金属板にプレス打ち抜き加工を施した後、ドライエッチングにより外部の電源等に接続する配線部分を形成すること等の任意の工程により得られる。

【 0 0 5 9 】

次いで、図 6 B に示すように、半導体装置 2 の第 1 配線 2 6 および第 2 配線 2 7 上にはんだを塗布した後、第 1 配線 2 6 上に別途用意した第 2 ヒートシンク 3 を載せ、第 2 配線 2 7 上にリードフレーム 4 を載せて、はんだ接合をする。これにより、図 6 C に示すように、半導体装置 2 は、平面視にて、第 1 ヒートシンク 1 の外郭内側に配置され、かつ第 2 ヒートシンク 3 の外郭から一部がはみ出すと共に、当該はみ出した部分でリードフレーム 4 が接続された状態となる。なお、半導体装置 2 は、図 6 C に示すように、少なくとも一方のヒートシンクのうち半導体装置 2 に接続される部分よりも大きい平面寸法とされることが好ましい。これは、次に説明する封止材 6 の成形において、樹脂材料を充填し易くなり、ボイドが生じることが抑制されるためである。また、第 2 ヒートシンク 3 は、第 1 ヒートシンク 1 と同様の工程により得られる。さらに、リードフレーム 4 は、例えば、C u によりなる金属板にプレス打ち抜き加工を施す等の任意の工程により得られる。加えて、半導体装置 2 と、第 2 ヒートシンク 3 およびリードフレーム 4 とをはんだ接合した後に、半導体装置 2 と第 1 ヒートシンク 1 とをはんだ接合しても構わない。

【 0 0 6 0 】

そして、図 6 D に示すように、上型 3 0 1 と下型 3 0 2 とによりなり、封止材 6 の外形に相当するキャビティ 3 0 3 を有する金型 3 0 0 を用意する。その後、このキャビティ 3 0 3 内にヒートシンク 1、3 およびリードフレーム 4 がはんだ接合された半導体装置 2 を投入する。このワークを投入後、エポキシ樹脂等の樹脂材料を図示しない注入口からキャビティ 3 0 3 内に注入し、加熱等により硬化させて封止材 6 を成形する。封止材 6 の成形後、ワークを金型 3 0 0 から離型し、プレス打ち抜き加工等によりリードフレーム 4 のタイバーを除去することで、本実施形態の半導体モジュール S 1 を製造することができる。

【 0 0 6 1 】

本実施形態によれば、半導体装置 2 が F O パッケージ構造とされ、半導体装置 2 と、第 2 ヒートシンク 3 およびリードフレーム 4 とが直接はんだ接合されることで、放熱ブロック 1 0 2 およびワイヤ 1 0 3 を必要としない両面放熱構造の半導体モジュール S 1 となる。そのため、放熱ブロック 1 0 2 およびワイヤ 1 0 3 を備える従来の半導体モジュール S 1 0 0 に比べ、薄型化および低熱抵抗化がされた半導体モジュール S 1 となる。

【 0 0 6 2 】

(第 2 実施形態)

第 2 実施形態の半導体モジュール S 2 について、図 7 を参照して説明する。図 7 では、別断面において、後述する伝熱絶縁基板 7 から外部に延設された配線を破線で示している。

【 0 0 6 3 】

本実施形態の半導体モジュール S 2 は、図 7 に示すように、第 1 ヒートシンク 1 と半導体装置 2 との間、および半導体装置 2 と第 2 ヒートシンク 3 との間のそれぞれに、伝熱絶縁基板 7 が合計 2 つ配置されている点で上記第 1 実施形態と相違する。本実施形態では、この相違点について主に説明する。

【 0 0 6 4 】

伝熱絶縁基板 7 は、図 7 に示すように、電気伝導部 7 1 と、絶縁部 7 2 と、熱伝導部 7 3 とがこの順に積層された構成とされている。一方の伝熱絶縁基板 7 は、電気伝導部 7 1 が半導体装置 2 と接合材 5 を介して接続されると共に、熱伝導部 7 3 が図示しないはんだ等を介して第 1 ヒートシンク 1 と接続されている。他方の伝熱絶縁基板 7 は、電気伝導部 7 1 が半導体装置 2 と接合材 5 を介して接続されると共に、熱伝導部 7 3 が図示しないはんだ等を介して第 2 ヒートシンク 3 と接続されている。

【 0 0 6 5 】

伝熱絶縁基板 7 は、電気伝導部 7 1、絶縁部 7 2 および熱伝導部 7 3 がいずれも熱伝導性の高い材料により構成され、全体として熱伝導性が高められる一方で、電気伝導部 7 1 と熱伝導部 7 3 とが絶縁部 7 2 により電氣的に独立した構成とされている。この伝熱絶縁基板 7 を介することで、半導体モジュール S 2 は、半導体装置 2 が第 1 ヒートシンク 1 および第 2 ヒートシンク 3 と電氣的には独立しつつも、熱的に接続された構成とされている。言い換えると、本実施形態の半導体モジュール S 2 は、第 1 放熱部材が第 1 ヒートシンク 1 と伝熱絶縁基板 7 とにより、第 2 放熱部材が第 2 ヒートシンク 3 と伝熱絶縁基板 7 とにより構成され、伝熱絶縁基板 7 側が半導体装置 2 に接続された構造とも言える。

【0066】

伝熱絶縁基板 7 は、例えば、電気伝導部 7 1 が主に Cu 等の金属材料で、絶縁部 7 2 が主に Al₂O₃（アルミナ）や AlN（窒化アルミニウム）等の絶縁性材料で、熱伝導部 7 3 が主に Cu 等の金属材料で、それぞれ構成される。伝熱絶縁基板 7 としては、例えば、DBC（Direct Bonded Copper の略）基板が用いられる。

【0067】

伝熱絶縁基板 7 のうち電気伝導部 7 1 は、一部が外部の電源等に接続する配線とされているか、またはリードフレーム 4 などの他の配線が接続されており、半導体素子 20 との電氣的なやり取りが可能とされている。

【0068】

本実施形態によっても、放熱ブロック 102 およびワイヤ 103 が不要な構造であるため、上記第 1 実施形態と同様の効果が得られる。

【0069】

また、半導体モジュール S 2 は、伝熱絶縁基板 7 により半導体装置 2 とヒートシンク 1、3 とが絶縁されており、外部の冷却器等に接続する際、冷却器等と半導体モジュール S 2 との間に絶縁層を別途介在させる必要がない構造である。そのため、この半導体モジュール S 2 は、外部の冷却器等に接続する際の信頼性が高くなるとの効果が期待される。

【0070】

（第 3 実施形態）

第 3 実施形態の半導体モジュール S 3 について、図 8 ～ 図 10 を参照して説明する。

【0071】

本実施形態の半導体モジュール S 3 は、図 8 に示すように、半導体装置 2 が 2 つの半導体素子 20 と中継部材 29 と有してなり、ヒートシンク 1、3 に加えて、ヒートシンク 8、9 をさらに有して構成とされている点で上記第 1 実施形態と相違する。本実施形態では、この相違点について主に説明する。

【0072】

半導体装置 2 は、本実施形態では、各種電極を備える半導体素子 20 と、その上に形成された第 1 配線 26 および第 2 配線 27 とを有する部分（以下、便宜的に「素子部」という）を 2 つ有してなる。また、半導体装置 2 は、これら 2 つの素子部の間に厚み方向において貫通する中継部材 29 を有した構成とされている。

【0073】

以下の説明において、2 つの半導体素子 20 を区別して分かりやすくするため、図 8 に示すように、便宜的に、ヒートシンク 1、3 に接続された半導体素子 20 を「第 1 半導体素子 201」と称し、他方を「第 2 半導体素子 202」と称する。なお、本実施形態では、これらの半導体素子 201、202 が、同一の構成とされた例について説明する。

【0074】

第 1 半導体素子 201 および第 2 半導体素子 202 には、例えば、図 9 に示すように、いずれも第 1 配線 26 および複数の第 2 配線 27 が形成されており、2 つの素子部は、その向きを揃えて配置されている。なお、図 9 の一点鎖線で示す II - II 間における、断面構成およびヒートシンク 1、3 との接続については、上記第 1 実施形態における半導体装置 2 と同じである。

【0075】

10

20

30

40

50

中継部材 29 は、例えば図 8 に示すように、第 1 部材 29 a と第 2 部材 29 b とを有してなり、半導体装置 2 の厚み方向において、ヒートシンクと当該ヒートシンクとは異なる部材とを電氣的に接続する部材である。中継部材 29 は、例えば、Cu などの金属材料により構成され、電解メッキ等により形成される。具体的には、例えば、離間した 2 つの半導体素子 201、202 の間に第 2 部材 29 b として Cu ピラーを配置し、これらを封止材 21 で覆う。この第 2 部材 29 b は、図 8 に示す例では、厚み方向の寸法が、第 1 電極 22 が形成された半導体素子 201、202 と同じとされており、封止材 21 で覆った後においては、半導体素子 201、202 のうち第 1 電極 22 が形成される側の面と共に露出している。その後、再配線層 24 の形成時に、Cu ピラー上において残部である第 1 部材 29 a を再配線層 24 と同様の方法で延設することで、中継部材 29 を形成することができる。なお、封止材 21 で覆うピラーは、導電性を有する材料で構成されればよく、Cu 以外でも構わない。中継部材 29 は、例えば、図 8 に示すように、第 1 ヒートシンク 1 および第 4 ヒートシンク 9 を接続するために用いられ、2 つの半導体素子 20 の間の電流経路となる。中継部材 29 は、図 8 に示す例では、半導体装置 2 のうち第 2 ヒートシンク 3 から露出する部分、かつ第 1 ヒートシンク 1 の外郭内側に位置する部分に配置される。この中継部材 29 の平面レイアウトの例については、後述する。

10

【0076】

第 3 ヒートシンク 8 は、図 8 に示すように、第 1 ヒートシンク 1 と同様に、表裏の関係にある上面 8 a と下面 8 b とを有する板状とされ、Cu 等の金属材料により構成される。第 3 ヒートシンク 8 は、上面 8 a 上に、半導体装置 2 のうち第 2 半導体素子 202 を備える素子部が接合材 5 を介して搭載されると共に、下面 8 b が封止材 6 から露出している。第 3 ヒートシンク 8 は、第 1 ヒートシンク 1 と直接的に接続されないよう、すなわち短絡しないように、第 1 ヒートシンク 1 とは所定以上の間隔を隔てて配置される。つまり、第 3 ヒートシンク 8 は、半導体装置 2 のうち第 1 ヒートシンク 1 と向き合う裏面 2 b に向き合いつつ、第 1 ヒートシンク 1 と封止材 6 を隔てて配置される。なお、第 3 ヒートシンク 8 は、「第 3 放熱部材」と称され得る。

20

【0077】

第 4 ヒートシンク 9 は、図 8 に示すように、第 2 ヒートシンク 3 と同様に、表裏の関係にある一面 9 a と他面 9 b とを有する板状とされ、Cu 等の金属材料により構成される。第 4 ヒートシンク 9 は、他面 9 b が、半導体装置 2 のうち第 2 半導体素子 202 を備える素子部と向き合う配置とされると共に、接合材 5 を介して第 2 半導体素子 202 と電氣的に接続されている。第 4 ヒートシンク 9 は、一面 9 a が封止材 6 から露出している。第 4 ヒートシンク 9 は、第 2 ヒートシンク 3 と直接的に接続されて短絡しないようにする観点から、第 2 ヒートシンク 3 とは所定以上の間隔を隔てて配置されている。つまり、第 4 ヒートシンク 9 は、半導体装置 2 のうち第 2 ヒートシンク 3 と向き合う表面 2 a と向き合いつつ、第 2 ヒートシンク 3 と封止材 6 を隔てて配置される。なお、第 4 ヒートシンク 9 は、「第 4 放熱部材」と称され得る。

30

【0078】

なお、半導体装置 2 のうち第 2 半導体素子 202 を備える素子部は、第 3 ヒートシンク 8 の上面 8 a の外郭内側に配置されている。また、当該素子部のうち第 2 配線 27 の一端は、第 4 ヒートシンク 9 の他面 9 b の外郭よりも外側に配置され、上記第 1 実施形態と同様に、図 8 の別断面において、リードフレーム 4 とはんだ接合されている。

40

【0079】

つまり、本実施形態の半導体モジュール S3 は、封止材 6 内に両面放熱構造とされた 2 つの素子部を備え、これらが中継部材 29 を介して電氣的に直列に接続された構成とされている。このような半導体モジュール S3 は、「2 in 1 構造」と称され得る。

【0080】

次に、4 つのヒートシンク 1、3、8、9 と中継部材 29 との平面レイアウトの一例について、図 10 を参照して説明する。

【0081】

50

例えば、半導体モジュールS 3は、図10に示すように、2つの半導体素子20を備える半導体装置2が、対向配置されたヒートシンク1、3、および対向配置されたヒートシンク8、9のそれぞれの間に配置された構成とされる。また、半導体モジュールS 3は、さらに、第1ヒートシンク1と第3ヒートシンク8との間に配置され、中継部材29を介して第2ヒートシンク3と電氣的に接続された第5ヒートシンク10を備えている。

【0082】

このような構成において、半導体装置2は、2つの中継部材291、292を備えている。例えば、第1の中継部材291は、図10に示すように、一面3aに対する法線方向から見て、第1ヒートシンク1と第4ヒートシンク9とが重畳している部分に配置され、それぞれのヒートシンクと接合材5を介して接続される。第2の中継部材292は、一面3aに対する法線方向から見て、第2ヒートシンク3と第5ヒートシンク10とが重畳している部分に配置され、それぞれのヒートシンクと接合材5を介して接続される。このようなレイアウトとされた半導体モジュールS 3は、2つの半導体素子20それぞれについてオンオフの制御により、電流値を適宜変更される構成となる。

10

【0083】

また、図10に示すように、複数のリードフレーム4は、2つの素子部に形成された図示しない第2配線27と、第2ヒートシンク3および第4ヒートシンク9の外郭外側で接続されている。そのため、本実施形態のように2in1構造であっても、放熱ブロック102およびワイヤ103が不要であり、従来よりも薄型化および低熱抵抗化される。

【0084】

本実施形態によれば、上記第1実施形態と同様の効果が得られる。

20

【0085】

(第3実施形態の変形例)

第3実施形態の変形例である半導体モジュールS 4について、図11を参照して説明する。半導体モジュールS 4は、図11に示すように、中継部材29の断面形状が変更されている点で、上記第3実施形態と相違する。

【0086】

中継部材29は、本変形例では、断面視にて、少なくとも1箇所の段差部を有する形状とされている。また、中継部材29は、図11に示すように、第2部材29bが段差部を有する形状とされ、第1部材29aが位置をずらして延設されることで、半導体装置2の表面2aから露出する部分と、半導体装置2の裏面2bから露出する部分とが、オフセットされている。中継部材29は、基本的には、上記第3実施形態で上述した方法により形成される。例えば、まず、第2部材29bとして段差部を有するCuピラーの一部を封止材21で覆う。このとき、第2部材29bは、上記第3実施形態と同様に、半導体素子201、202のうち第1電極22が形成される側の面と共に、これと同じ側の面が封止材21から露出している。その後、平面視にて、当該Cuピラーのうち裏面2bから露出する部分とオフセットした位置において、第1部材29aを再配線層24と同様の方法で厚み方向に延設する。これにより、中継部材29は、段差部を有する形状になると共に、表面2aから露出する部分と裏面2bから露出する部分とがオフセットされる。なお、本変形例において、封止材21で覆うピラーは、柱状であってもよいし、段差部を有する形状(例えば断面視でL字状等)であってもよく、任意である。また、中継部材29は、ピラーが前者の場合には、平面視にてピラーの外郭からはみ出す部分を形成した後、当該はみ出した部分上にて残部を厚み方向に延設されることで形成される。中継部材29は、ピラーが後者の場合、ピラーの再配線層24を形成する側の面であって、封止材21の裏面側で露出する部分とはオフセットした位置にて残部を厚み方向に延設されることで形成される。上記した方法により、半導体装置2の表面2aから露出する部分と、裏面2b側から露出する部分とがオフセットされるように形成された中継部材29は、少なくとも1つの段差部を有する断面形状となる。これにより、薄型化だけでなく、平面サイズの小型化の効果が得られる。

30

40

【0087】

50

具体的には、上記第3実施形態のように、中継部材29の断面形状が長方形とされた場合には、中継部材29と第2ヒートシンク3との短絡を防止するためには、第1ヒートシンク1の幅寸法を第2ヒートシンク3よりも大きくする必要がある。また、図11に示すように、第1ヒートシンク1と第3ヒートシンク8との間隔、および第2ヒートシンク3と第4ヒートシンク9との間隔は、これらの間における短絡防止の観点から、いずれも所定以上のXとされる必要がある。これらを考慮すると、上記第3実施形態では、第1ヒートシンク1の幅寸法は、第2ヒートシンク3に少なくとも第4ヒートシンク9との間隔Xに加えて、中継部材29を接続するためのスペース分を加味したものとなる。

【0088】

これに対して、本変形例では、中継部材29は、半導体装置2内で折り曲げられた形状とされ、第4ヒートシンク9と接続される部分が、第1ヒートシンク1と接続される部分とオフセットされている。その結果、図11に示すように、中継部材29は、その一端側を第1ヒートシンク1のうち第2ヒートシンク3からXの幅だけはみ出した部分に接続したとしても、一端側からオフセットされた他端側が第4ヒートシンク9と接続できる。

【0089】

したがって、本変形例では、第1ヒートシンク1の幅寸法は、上記第3実施形態よりも小さくされることができる。また、この中継部材29の他端側が接続される第4ヒートシンク9は、同様の理由で、第3ヒートシンク8に比べて余分に幅寸法を大きくする必要がなくなり、上記第3実施形態よりも幅寸法小さくされることができる。これにより、半導体モジュールS4は、第1ヒートシンク1および第4ヒートシンク9の幅寸法が小さくされることで、平面サイズが上記第3実施形態よりも小さくなる。

【0090】

本変形例によれば、上記第3実施形態と同様の効果に加えて、さらに平面サイズについても小型化できるとの効果が得られる半導体モジュールS4となる。

【0091】

(第4実施形態)

第4実施形態の半導体モジュールについて、図12、図13を参照して説明する。

【0092】

図12では、後述するリードフレーム4の応力緩和部42を見易くするため、本実施形態に係る半導体モジュールの構成要素のうち半導体装置2の一部、第2ヒートシンク3の一部およびリードフレーム4以外のものを省略している。また、図12では、説明の便宜上、紙面左右方向に沿った方向をX方向とし、紙面平面に対して直交する方向をY方向とし、紙面平面においてX方向に直行する方向をZ方向として、これらの方向を矢印等で示している。これは、後述する図16についても同様である。

【0093】

図13では、図12と同様の理由により、半導体装置2の一部、リードフレーム4および接合材5以外の部材については省略すると共に、図12に示したX、Y、Zの各方向を矢印等で示している。これは、後述する図14、図15、図17についても同様である。

【0094】

本実施形態に係る半導体モジュールは、例えば図12に示すように、半導体装置2の第2配線27に接合材5を介して接続されるリードフレーム4が応力緩和部42を備える構成である点において、上記第1実施形態と相違する。本実施形態では、この相違点について主に説明する。

【0095】

以下、説明の便宜上、図12に示すように、リードフレーム4の両端のうち第2配線27に接続される側の端部を「第1端部4a」と称し、その反対側の端部を「第2端部4b」と称する。また、リードフレーム4に沿って第1端部4aから第2端部4bに向かう方向を「延設方向」と称する。

【0096】

リードフレーム4は、本実施形態では、製造工程においてリードフレーム4のうち第1端

10

20

30

40

50

部 4 a 側に生じる応力を緩和し、第 2 配線 2 7 とリードフレーム 4 とを接続する接合材 5 にかかる負荷を低減する応力緩和部 4 2 を備える。具体的には、半導体モジュールを製造する工程のうちリードフレーム 4 を第 2 配線 2 7 に接合材 5 を介して接続した後の冷却工程において、リードフレーム 4 の熱収縮に起因して第 1 端部 4 a に応力が生じ、当該応力により接合材 5 に負荷がかかる。この負荷により接合材 5 にクラックが発生し得るため、接合信頼性の確保の観点から、第 1 端部 4 a 側に生じる応力を低減することが好ましい。つまり、応力緩和部 4 2 に応力を集中させ、その個所を弾性または塑性変形させることで上記の応力ひいては接合材 5 への負荷を低減し、接合材 5 にクラックが生じることを防ぐ。

【 0 0 9 7 】

リードフレーム 4 は、例えば図 1 2 に示すように、第 1 端部 4 a と第 2 端部 4 b との間に延設方向が変わる境界部分である境界部 4 1 を有する形状とされる。具体的には、リードフレーム 4 は、例えば、第 1 端部 4 a を含む一部および第 2 端部 4 b を含む一部が X 方向に沿っており、その間の一部が Z 方向に沿う形状とされうる。この場合、リードフレーム 4 の延設方向が X 方向から Z 方向に変化することとなり、この境界が境界部 4 1 である。

【 0 0 9 8 】

また、リードフレーム 4 は、第 1 端部 4 a と境界部 4 1 との間における一部が、延設方向が他の部分とは異なる応力緩和部 4 2 とされている。具体的には、例えば図 1 3 に示すように、リードフレーム 4 は、第 1 端部 4 a を含む所定の部分の延設方向が X 方向に沿っているが、境界部 4 1 に至る途中において延設方向が Y 方向側に变化した応力緩和部 4 2 とされている。言い換えると、リードフレーム 4 は、本実施形態では、応力緩和部 4 2 が設けられることにより、第 1 端部 4 a から境界部 4 1 までの部分が略 L 形状とされる。また、リードフレーム 4 は、平面視にて、第 1 端部 4 a から境界部 4 1 までの部分と第 2 端部 4 b から境界部 4 1 までの部分とが同一直線状に配置されないフラットな形状となっている。つまり、リードフレーム 4 は、第 1 端部 4 a から境界部 4 1 までの部分が直線状とは異なる形状とされた構成である。

【 0 0 9 9 】

第 1 端部 4 a から境界部 4 1 までの部分が直線状である場合、リードフレーム 4 を接合材 5 で半導体装置 2 に接続した後の冷却工程において、リードフレーム 4 が延設方向に沿って熱収縮し、図 1 4 の白抜き矢印に示す応力が生じる。この熱応力が大きいと、接合材 5 にクラックが生じ、半導体モジュールの信頼性が低下するおそれがある。応力緩和部 4 2 は、第 1 端部 4 a から境界部 4 1 までの部分においてその延設方向を変化させることで、接合材 5 にかかる熱応力を緩和する役割を果たす。なお、応力緩和部 4 2 は、例えば、金属材料によりなる板材にプレス打ち抜き加工を施すことにより形成される。

【 0 1 0 0 】

本実施形態によれば、上記第 1 実施形態の効果に加え、半導体装置 2 の第 2 配線 2 7 とリードフレーム 4 とを接続する接合材 5 にクラックが生じることが抑制され、さらに信頼性が向上する効果も得られる半導体モジュールとなる。

【 0 1 0 1 】

(第 4 実施形態の変形例)

応力緩和部 4 2 は、第 1 端部 4 a 側に生じる応力を緩和できる構造であればよく、上記の例に限られるものではない。応力緩和部 4 2 は、例えば図 1 5 に示すように、上面視にて X Y 平面上において略 U 字形状とされてもよい。

【 0 1 0 2 】

また、応力緩和部 4 2 は、例えば図 1 6 に示すように、断面視にて Z 方向に変形した略 U 字形状とされてもよい。この場合、リードフレーム 4 は、例えば図 1 7 に示すように、上面視にて、第 1 端部 4 a から境界部 4 1 までの部分と第 2 端部 4 b から境界部 4 1 までの部分とが同一直線上に位置する構成となる。しかし、応力緩和部 4 2 により境界部 4 1 から第 1 端部 4 a に至る途中においてリードフレーム 4 の延設方向が変化するため、半導体装置 2 に接続後の冷却工程において第 1 端部 4 a に生じる熱応力が低減される。

【 0 1 0 3 】

なお、応力緩和部 4 2 は、加工精度の観点からは、第 1 端部 4 a から境界部 4 1 までの部分と同一平面に位置するように形成されることが好ましい。また、応力緩和部 4 2 に応力を集中させ、その個所に弾性または塑性変形させる目的であれば、上記したように、応力緩和部 4 2 はリードフレーム 4 の延設方向の向きだけでなく、幅や厚みが部分的に他の部位と異なる形状とされてもよい。言い換えると、応力緩和部 4 2 は、第 1 端部 4 a から境界部 4 1 までの間において、リードフレーム 4 の厚み、幅および延設方向のうち少なくとも 1 つが他の部位とは異なる状態とされる部位である。また、ここでいうリードフレーム 4 の幅とは、延設方向に対して直交する方向における寸法を意味する。

【 0 1 0 4 】

本変形例によっても、上記第 4 実施形態と同様の効果が得られる。

10

【 0 1 0 5 】

(第 5 実施形態)

第 5 実施形態の半導体モジュールについて、図 1 8 ~ 図 2 0 を参照して説明する。

【 0 1 0 6 】

図 1 8 では、後述する第 2 ヒートシンク 3 に形成される凹部 3 1 を見易くするため、封止材 6 を省略すると共に、その外郭を二点鎖線で示している。

【 0 1 0 7 】

本実施形態の半導体モジュールは、例えば図 1 8 に示すように、半導体装置 2 の第 1 配線 2 6 に接続される第 2 ヒートシンク 3 の他面 3 b に凹部 3 1 が形成されている点で上記第 1 実施形態と相違する。本実施形態では、この相違点について主に説明する。

20

【 0 1 0 8 】

第 2 ヒートシンク 3 は、本実施形態では、他面 3 b のうち半導体装置 2 の第 1 配線 2 6 に接合される領域とは異なる領域に一面 3 a に向かって凹んだ凹部 3 1 が形成されており、半導体装置 2 と第 2 ヒートシンク 3 との間の隙間を確保できる形状とされている。具体的には、第 2 ヒートシンク 3 は、図 1 9 に示すように、他面 3 b が半導体装置 2 に接合される接合領域 3 b a と接合領域 3 b a よりも他面 3 b の外郭側の領域である非接合領域 3 b b によりなり、非接合領域 3 b b の少なくとも一部が凹部 3 1 となっている。

【 0 1 0 9 】

凹部 3 1 は、例えば、非接合領域 3 b b のうち接合領域 3 b a の近傍に位置する一部の領域を接合近傍領域 3 b c として、接合近傍領域 3 b c の端部から他面 3 b の外郭に向かって傾斜したテーパ形状とされる。凹部 3 1 は、例えば、プレス、切削、鋳造やエッチングなどの任意の加工方法により形成されうる。凹部 3 1 は、例えば図 2 0 に示すように、凹部 3 1 のなす面を傾斜面とし、接合領域 3 b a のなす面と傾斜面とのなす角度のうち鋭角のものをテーパ角度 として、テーパ角度 が 45° 以下とされることが好ましい。これは、半導体装置 2 からの伝熱を外部に拡散させるための第 2 ヒートシンク 3 の領域を確保し、半導体装置 2 の放熱性が低下することを防ぐためである。

30

【 0 1 1 0 】

凹部 3 1 は、非接合領域 3 b b のうち他面 3 b の外郭側における半導体装置 2 と隙間 D 2 が、接合近傍領域 3 b c における半導体装置 2 との隙間 D 1 よりも大きい形状とされる。これは、封止材 6 の形成の際、半導体装置 2 と第 2 ヒートシンク 3 との隙間に封止材が流れ込みやすくし、封止材の充填性を確保するためである。

40

【 0 1 1 1 】

例えば、他面 3 b 全体が平坦面である場合、接合材 5 の厚みが $100\ \mu\text{m}$ もしくはそれ以下であって、フィラーを含む封止材を流し込むとき、フィラーが半導体装置 2 と第 2 ヒートシンク 3 との隙間に入りにくくなり、ボイドが生じるおそれがある。このようなボイドが封止材 6 に生じると、半導体モジュールにおける発熱 / 冷却のサイクルが繰り返された際、接合材 5 における熱応力を緩和する作用が弱まり、クラックが発生する可能性があり、信頼性確保の観点から好ましくない。

【 0 1 1 2 】

これに対して、本実施形態では、第 2 ヒートシンク 3 は、他面 3 b に凹部 3 1 を備え、半

50

半導体装置 2 と第 2 ヒートシンク 3 との隙間が接合近傍領域 3 b c から外側に向かうほど広くなる構造とされている。そのため、接合材 5 の厚みが薄く、かつフィラーを含む封止材を用いた場合であっても、半導体装置 2 と第 2 ヒートシンク 3 との隙間に当該封止材が流れ込みやすく、充填性が向上し、封止材 6 におけるボイドの発生が抑制される。

【 0 1 1 3 】

本実施形態によれば、上記第 1 実施形態の効果に加え、半導体装置 2 と第 2 ヒートシンク 3 との隙間における封止材 6 の充填性をより向上し、封止材 6 でのボイド発生が抑制され、信頼性がさらに向上する効果が得られる半導体モジュールとなる。

【 0 1 1 4 】

(第 5 実施形態の変形例)

第 2 ヒートシンク 3 における凹部 3 1 は、封止材 6 を形成する際に、封止材 6 を構成する樹脂材料が半導体装置 2 と第 2 ヒートシンク 3 との隙間に充填される形状であればよく、上記したテーパ形状に限られるものではない。凹部 3 1 は、例えば図 2 1 に示すように、階段形状とされてもよい。この場合であっても、第 2 ヒートシンク 3 の他面 3 b の非接合領域 3 b b における半導体装置 2 との隙間は、他面 3 b の外縁部分のほうが接合近傍領域 3 b c よりも大きくなる。そのため、半導体装置 2 と第 2 ヒートシンク 3 との隙間における封止材の充填性を確保することができる。

【 0 1 1 5 】

本変形例によっても、上記第 5 実施形態と同様の効果が得られる。

【 0 1 1 6 】

(第 6 実施形態)

第 6 実施形態の半導体モジュールについて、図 2 2 を参照して説明する。

【 0 1 1 7 】

本実施形態の半導体モジュールは、例えば図 2 2 に示すように、半導体装置 2 のうち第 1 配線 2 6 および第 2 配線 2 7 の一部が粗化された粗化部 2 6 1、2 7 1 とされている点で上記第 1 実施形態と相違する。本実施形態では、この相違点について主に説明する。

【 0 1 1 8 】

第 1 配線 2 6 は、本実施形態では、図 2 2 に示すように、再配線層 2 4 を構成する絶縁層 2 5 から露出する部分が粗化された粗化部 2 6 1 とされている。第 2 配線 2 7 は、本実施形態では、絶縁層 2 5 に覆われた部分および絶縁層 2 5 から露出する部分が粗化された粗化部 2 7 1 とされている。粗化部 2 6 1、2 7 1 は、例えば、特開 2 0 1 9 - 1 8 1 7 1 0 号公報などに記載の粗化めっき法や通常のめっき形成工程により配線を形成した後にレーザ光照射などの後処理工程により粗化する方法などの任意の方法により形成され得る。

【 0 1 1 9 】

粗化部 2 6 1、2 7 1 は、粗化されていない場合に比べ、接合材 5 や絶縁層 2 5 との界面における比表面積を大きくし、接触する材料との密着性を高めることにより、半導体モジュールの信頼性を向上させる役割を果たす。

【 0 1 2 0 】

なお、ここでいう「粗化部」とは、例えば、日本工業規格 (J I S) で定める算出平均表面粗さ R_a (単位 : μm) が 0 . 3 以上となることを意味する。

【 0 1 2 1 】

本実施形態によれば、上記第 1 実施形態の効果に加え、半導体装置 2 の再配線層 2 4 内における第 2 配線 2 7 の密着性、および配線 2 6、2 7 と接合材 5 との密着性が高められ、接合信頼性がさらに向上する効果が得られる半導体モジュールとなる。

【 0 1 2 2 】

(第 7 実施形態)

第 7 実施形態の半導体モジュールについて、図 2 3 を参照して説明する。

【 0 1 2 3 】

図 2 3 では、後述するリードフレーム 4 のカバー層 4 3 を見易くするため、本実施形態に係る半導体モジュールの構成要素のうち半導体装置 2 の一部、第 2 ヒートシンク 3 の一部

10

20

30

40

50

およびリードフレーム 4 以外のものを省略している。

【 0 1 2 4 】

本実施形態の半導体モジュールは、リードフレーム 4 にカバー層 4 3 が設けられている点で上記第 1 実施形態と相違する。本実施形態では、この相違点について主に説明する。

【 0 1 2 5 】

リードフレーム 4 は、本実施形態では、第 1 端部 4 a 側の一部の領域、すなわち第 2 配線 2 7 に接続される部分を含む所定の領域を覆うカバー層 4 3 を備えた構成とされている。カバー層 4 3 は、接合材 5 によりリードフレーム 4 を第 2 配線 2 7 に接続する際に、熔融した接合材 5 が例えば第 2 ヒートシンク 3 側などの意図しない領域にはみ出し、リードフレーム 4 と意図しない領域との短絡が生じることを防ぐために形成される。例えば、接合材 5 が半導体装置 2 に塗布され、熔融した接合材 5 が第 2 ヒートシンク 3 側にはみ出した場合には、はみ出した接合材 5 が第 2 ヒートシンク 3 とリードフレーム 4 とを直接接続し、短絡が生じ得る。カバー層 4 3 は、このような意図しない領域への接合材 5 の濡れ広がりを抑制する構成とされる。

10

【 0 1 2 6 】

具体的には、カバー層 4 3 は、接合材 5 の濡れ性がリードフレーム 4 よりも高い任意の材料により構成されることで、熔融した接合材 5 の濡れ広がる方向を制御する役割を果たす。例えば、リードフレーム 4 が Cu で構成され、接合材 5 がはんだである場合には、カバー層 4 3 は、例えば、Au (金)、Ag (銀)、Sn (錫) やこれらの合金などにより構成される。カバー層 4 3 は、例えば、蒸着やスパッタリングなどの任意の方法により形成される。

20

【 0 1 2 7 】

第 2 配線 2 7 のうち絶縁層から露出する部分を露出部とし、リードフレーム 4 のうち第 2 配線 2 7 の露出部と向き合う部分を対向部として、カバー層 4 3 は、対向部から第 2 端部 4 b 側の所定の領域を連続的に覆っている。これにより、熔融した接合材 5 がカバー層 4 3 に接触したとき、接合材 5 は、カバー層 4 3 に沿って第 2 端部 4 b 側に濡れ広がるため、第 2 ヒートシンク 3 側にはみ出すことが抑制される。

【 0 1 2 8 】

本実施形態によれば、上記第 1 実施形態の効果に加えて、製造工程において接合材 5 が意図しない方向に流れることを防ぎ、絶縁不良が抑制される効果が得られる構造の半導体モジュールとなる。

30

【 0 1 2 9 】

なお、上記では、半導体装置 2 に接合材 5 を塗布した後、カバー層 4 3 を備えるリードフレーム 4 を接続する製造工程を例に説明した。しかしながら、この製造工程に限定されるものではなく、予め半導体装置 2 の裏面 2 b と第 1 配線 2 6 および第 2 配線 2 7 に接合材 5 を塗布しておき、カバー層 4 3 を備えるリードフレーム 4 を半導体装置 2 に接続してもよい。この場合には、半導体装置 2 と、第 1 ヒートシンク 1、第 2 ヒートシンク 3 およびリードフレーム 4 とを一括で接合することができ、製造工程の簡略化が可能となる。

また、リードフレーム 4 は、接合材 5 の濡れ広がりを抑制可能な構成であればよく、カバー層 4 3 を有しない構成であってもよい。例えば、リードフレーム 4 は、カバー層 4 3 が形成されておらず、カバー層 4 3 に相当する領域以外の濡れ性を他の領域よりも悪化させた状態とすることで接合材 5 の濡れ広がりを抑制する構成であってもよい。リードフレーム 4 における接合材 5 の濡れ性を部分的に悪化させる手段としては、例えばレーザ照射等が挙げられる。すなわち、リードフレーム 4 は、接合材 5 の濡れ性が相対的に高い領域と低い領域とを備え、接合材 5 の濡れ性が相対的に高い領域が第 1 端部 4 a から第 2 端部 4 b 側に延びる構成であればよい。これは、次に述べる変形例においても同様である。

40

【 0 1 3 0 】

(第 7 実施形態の変形例)

リードフレーム 4 は、例えば図 2 4 に示すように、第 2 配線 2 7 と向き合う対向部よりも第 2 端部 4 b 側であって、対向部から所定の間隔を隔てた箇所に溝部 4 4 が形成されてい

50

てもよい。この場合、カバー層 4 3 は、リードフレーム 4 のうち少なくとも対向部から溝部 4 4 に至るまでの領域を覆うように形成される。

【 0 1 3 1 】

溝部 4 4 は、例えば図 2 4 に示すように、第 2 配線 2 7 に余剰な量の接合材 5 が塗布された際にその余剰分を吸収し、意図しない領域に接合材 5 が流れることを防ぐ役割を果たす。溝部 4 4 は、例えば、V 溝加工やハーフエッチング法などの任意の加工方法により略 V 字状の溝とされるが、接合材 5 のうち余剰なものが流れ込める形状であればよく、その形状や深さなどについては任意である。溝部 4 4 は、対向部から離れすぎると、接合材 5 の余剰分を吸収しにくくなるため、例えば、境界部 4 1 よりも第 1 端部 4 a 側であって、対向部から所定の範囲内に形成される。

10

【 0 1 3 2 】

本変形例によれば、余剰な接合材 5 が半導体装置 2 に塗布された場合であっても、溝部 4 4 でその余剰分を吸収し、意図しない領域に接合材 5 がはみ出すことを抑制でき、上記第 7 実施形態での効果がさらに高められた構造の半導体モジュールとなる。

【 0 1 3 3 】

(第 8 実施形態)

第 8 実施形態の半導体モジュールについて、図 2 5 ~ 図 2 7 を参照して説明する。

【 0 1 3 4 】

図 2 5 では、後述する突起部 2 c を見易くするため、第 1 ヒートシンク 1 の一部および封止材 6 を省略している。

20

【 0 1 3 5 】

本実施形態の半導体モジュールは、例えば図 2 5 に示すように、半導体装置 2 に突起部 2 c が形成されており、半導体装置 2 と第 2 ヒートシンク 3 とが意図しない部位で接触しない構成とされている点で上記第 1 実施形態と相違する。本実施形態では、この相違点について主に説明する。

【 0 1 3 6 】

半導体装置 2 は、本実施形態では、例えば図 2 6 に示すように、第 1 配線 2 6 側の表面 2 a の外郭近傍の領域に突起部 2 c が複数形成されている。これは、製造工程において半導体装置 2 の端部が第 2 ヒートシンク 3 側に向かうように反った場合、半導体装置 2 の表面 2 a と第 2 ヒートシンク 3 の他面 3 b の端部とが広範囲で接触し、これらの隙間を塞ぐことによる封止材 6 の充填不良を防ぐためである。

30

【 0 1 3 7 】

つまり、突起部 2 c は、半導体装置 2 のうち反りによる変動が大きい外郭近傍に形成され、半導体装置 2 が反った場合に半導体装置 2 の表面 2 a より先に第 2 ヒートシンク 3 の他面 3 b に当接する部位である。これにより、突起部 2 c は、半導体装置 2 と第 2 ヒートシンク 3 との隙間を確保し、これらの隙間に封止材が流れ込むのを助け、封止材 6 にボイドが生じることを防ぐ役割を果たす。

【 0 1 3 8 】

突起部 2 c は、樹脂材料や金属材料などの任意の材料で構成される。突起部 2 c は、樹脂材料で構成される場合には、例えば、ポッティングなどの任意の湿式成膜法により形成され得る。突起部 2 c は、金属材料で構成される場合には、例えば、電解めっきなどの任意の方法により形成され得る。突起部 2 c は、後者の場合には、半導体装置 2 のうち例えば高周波信号などの電気信号を伝送する回路部分とは電氣的に独立した構成とされる。

40

【 0 1 3 9 】

なお、突起部 2 c は、第 2 ヒートシンク 3 に当接するだけでもよいし、第 2 ヒートシンク 3 に接合されてもよい。例えば、突起部 2 c は、はんだを含んだ構成とされ、第 2 ヒートシンク 3 に接合されてもよく、この場合には、半導体装置 2 側にはんだが接合する構造を設けてもよい。これにより半導体装置 2 の放熱性をより高める効果も期待される。

【 0 1 4 0 】

突起部 2 c は、例えば、柱状とされ、図 2 6 に示すように、半導体装置 2 のうち反りが大

50

きい領域であって、第2ヒートシンク3に当接し得る領域に複数配置される。具体的には、半導体装置2の表面2aのうち外郭近傍の所定の領域であって、第2ヒートシンク3の他面3bと向き合う領域を外縁領域2aaとして、突起部2cは、外縁領域2aaに形成される。突起部2cは、例えば、第1配線26よりも外側の外縁領域2aaに点在しており、第1配線26を囲むような配置とされる。

【0141】

なお、突起部2cは、半導体装置2の反りにより半導体装置2の表面2aと第2ヒートシンク3の他面3bとの接触を抑制し、封止材の流入を阻害しなければよく、上記の配置や形状の例に限定されない。例えば、突起部2cは、図27に示すように、壁状とされてもよいし、他の任意の形状とされ、外縁領域2aa内において適宜配置が変更されてもよい。

10

【0142】

本実施形態によれば、上記第1実施形態の効果に加え、製造工程にて半導体装置2の反りが生じて、半導体装置2と第2ヒートシンク3との隙間を確保し、封止材6でのボイド発生を抑制し、信頼性がより向上する効果が得られる半導体モジュールとなる。

【0143】

(他の実施形態)

本発明は、実施例に準拠して記述されたが、本発明は当該実施例や構造に限定されるものではないと理解される。本発明は、様々な変形例や均等範囲内の変形をも包含する。加えて、様々な組み合わせや形態、さらには、それらの一要素のみ、それ以上、あるいはそれ以下、を含む他の組み合わせや形態をも、本発明の範疇や思想範囲に入るものである。

20

【0144】

(1) 例えば、上記第3実施形態およびその変形例において、図28に示すように、半導体装置2と各ヒートシンク1、3、8、9との間に伝熱絶縁基板7を配置した構成とされてもよい。この場合、中継部材29は、伝熱絶縁基板7の電気伝導部71に電氣的に接続され、各ヒートシンク1、3、8、9とは電氣的には独立するものの、熱的には接続される。

【0145】

(2) また、上記第3実施形態およびその変形例では、2つの素子部が1つの封止材6に覆われた2in1構造について説明したが、素子部の数が3以上とされても構わない。この場合であっても、従来よりも薄型化および低熱抵抗化の効果が得られる半導体モジュールとなる。

30

【0146】

(3) 上記各実施形態では、半導体装置2の第1配線26および第2配線27が、絶縁層25の外表面よりも外側に突出した形状とされた例について説明したが、図29に示すように、絶縁層25の外表面よりも内側に凹んだ形状とされてもよい。

【0147】

(4) 上記第2実施形態では、第1放熱部材が第1ヒートシンク1および伝熱絶縁基板7により、第2放熱部材が第2ヒートシンク3および伝熱絶縁基板7により、それぞれ構成された例について説明した。しかしながら、図30に示すように、第1放熱部材および第2放熱部材が、伝熱絶縁基板7のみで構成されてもよい。

40

【0148】

また、上記(1)で説明した上記第3実施形態の他の変形例についても同様に、図31に示すように、第1ないし第4放熱部材が伝熱絶縁基板7のみで構成されてもよい。この場合、半導体モジュールは、1つの伝熱絶縁基板7のみで第1、第3放熱部材が構成されると共に、1つの伝熱絶縁基板7のみで第2、第4放熱部材が構成された構造となる。この伝熱絶縁基板7は、電気伝導部71のうち半導体素子201に接続される部分と半導体素子202に接続される部分とが電氣的に独立した構成とされるが、熱伝導部73についてはパターンニングされていなくてもよい。

【0149】

(5) 上記第1、第2実施形態では、半導体装置2内の半導体素子20が厚み方向の電流

50

が生じる、いわゆる縦型の構成とされた例を前提に説明したが、半導体素子 20 は、これに限定されるものではない。例えば、半導体素子 20 は、第 1 電極 22、第 2 電極 23 および第 3 電極が同一面内に形成された構成であってもよい。

【0150】

(6) 上記第 1 実施形態において、第 2 ヒートシンク 3 は、例えば図 32 に示すように、半導体装置 2 と接合される領域よりも外側の位置に一面 3a と他面 3b とを繋ぐ貫通孔 32 が形成されていてもよい。貫通孔 32 は、封止材 6 を成形する際に、封止材 6 を構成する樹脂材料（以下「封止材料」という）を半導体装置 2 と第 2 ヒートシンク 3 との間に充填させるための充填経路としての役割を果たす。

【0151】

具体的には、貫通孔 32 は、例えば図 33 に示すように、第 1 ヒートシンク 1、半導体装置 2、第 2 ヒートシンク 3 およびリードフレーム 4 が接合されてなるワークを金型 310 にセットした後、封止材料を投入した際に当該封止材料が流れ込む経路となる。なお、ワークは、第 2 ヒートシンク 3 の一面 3a が金型 310 の内壁に接しないように配置される。そして、封止材料は、図 33 にて矢印で示すように、一面 3a から他面 3b に向かって流れ、半導体装置 2 と第 2 ヒートシンク 3 との隙間を充填する。また、封止材を硬化後に例えば研削により第 2 ヒートシンク 3 の一面 3a を露出させることで、図 32 に示す半導体モジュールを製造できる。これにより、上記第 5 実施形態と同様に、封止材 6 の充填性が向上した構成の半導体モジュールとなる。

【0152】

また、貫通孔 32 は、例えば図 34 に示すように、上記第 5 実施形態およびその変形例における第 2 ヒートシンク 3 に形成されてもよい。この場合、貫通孔 32 は、第 2 ヒートシンク 3 の凹部 31 に形成され、凹部 31 と共に、半導体装置 2 と第 2 ヒートシンク 3 との隙間における封止材 6 の充填性を向上させる役割を果たす。

【0153】

なお、貫通孔 32 は、上記第 3 実施形態およびその変形例における第 2 ヒートシンク 3 に形成されてもよい。この場合、第 4 ヒートシンク 9 に貫通孔 32 に相当する貫通孔が形成されると、より封止材 6 の充填性が向上するため、好ましい。

【0154】

(7) 第 2 放熱部材および第 4 放熱部材の一部または全部が伝熱絶縁基板 7 で構成された場合には、伝熱絶縁基板 7 は、例えば図 35 に示すように、電気伝導部 71 の外周部分に段差部 74 が形成されていてもよい。これにより、伝熱絶縁基板 7 と半導体装置 2 の表面 2a との隙間に封止材 6 が入り込みやすくなり、封止材 6 の充填性が向上した構成の半導体モジュールとなる。

【符号の説明】

【0155】

- 1 第 1 ヒートシンク（第 1 放熱部材）
- 2 半導体装置
- 20 半導体素子
- 24 再配線層
- 26 第 1 配線
- 27 第 2 配線
- 3 第 2 ヒートシンク（第 2 放熱部材）
- 4 リードフレーム
- 5 接合材
- 6 封止材

10

20

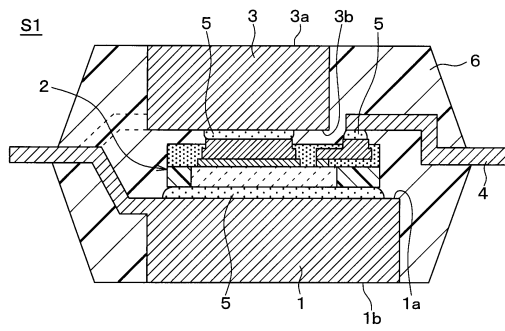
30

40

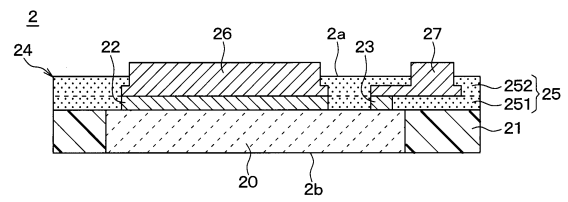
50

【図面】

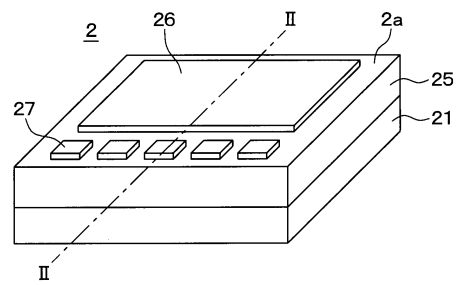
【 図 1 】



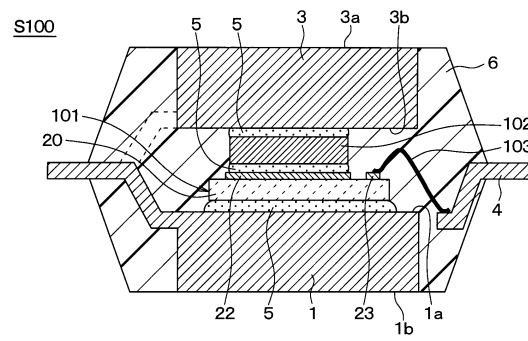
【圖 2】



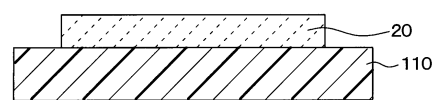
【 図 3 】



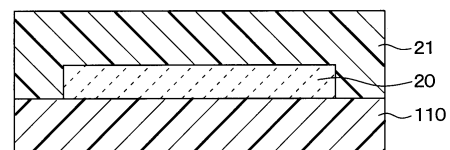
【 図 4 】



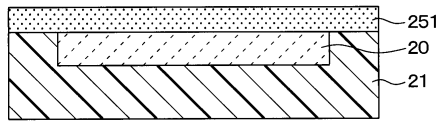
【 図 5 A 】



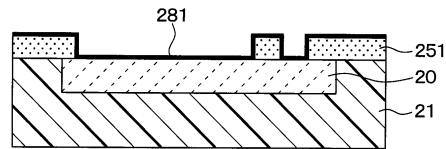
【 図 5 B 】



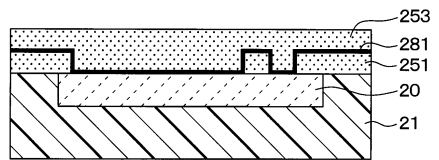
【図 5 C】



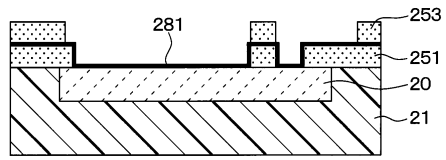
【図 5 D】



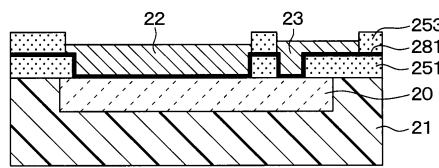
【図 5 E】



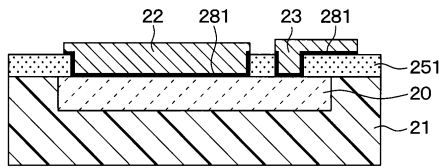
【図 5 F】



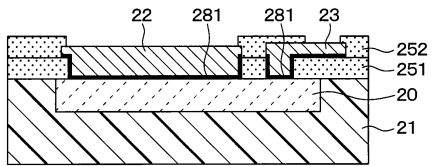
【図 5 G】



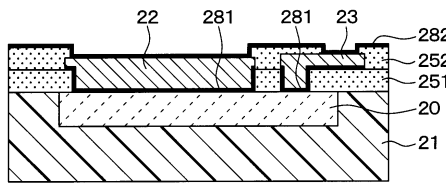
【図 5 H】



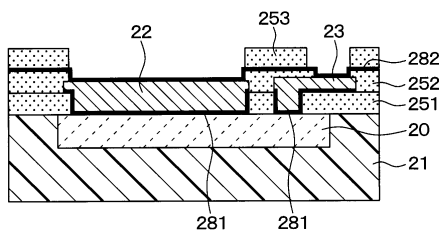
【図 5 I】



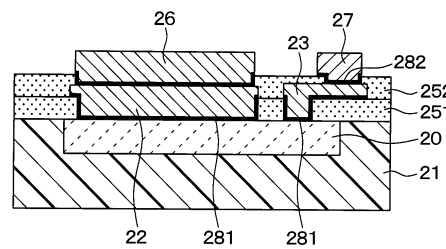
【図 5 J】



【図 5 K】



【図 5 L】



10

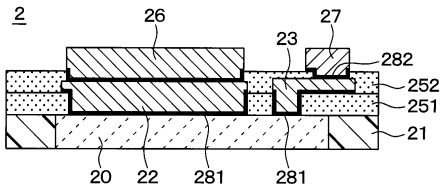
20

30

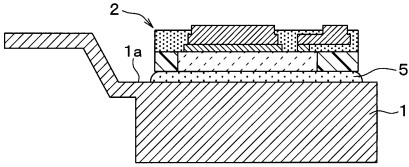
40

50

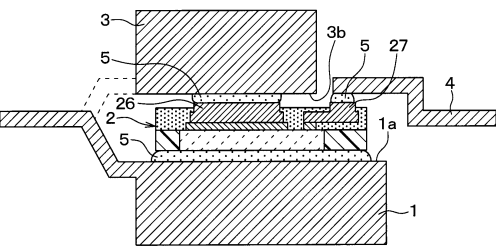
【図 5 M】



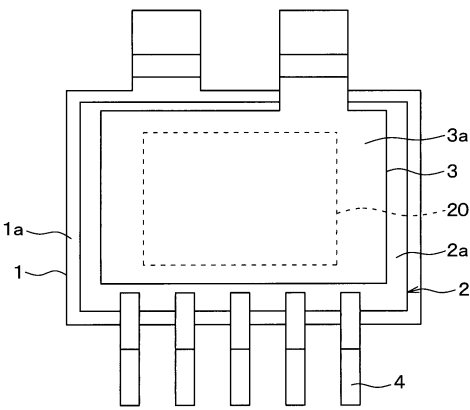
【図 6 A】



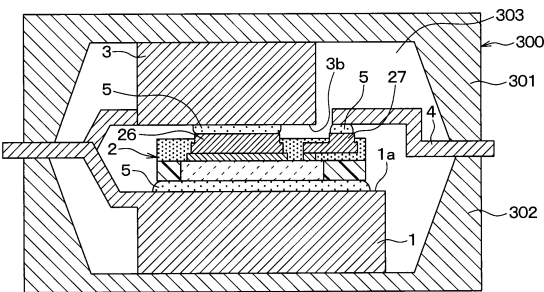
【図 6 B】



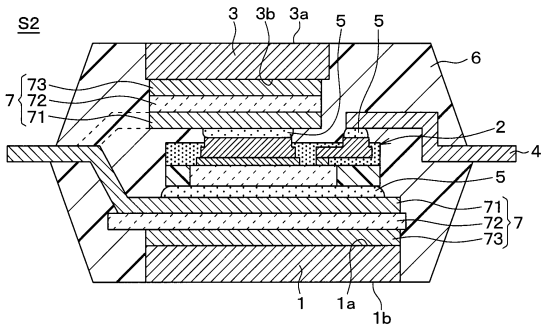
【図 6 C】



【図 6 D】



【図 7】



10

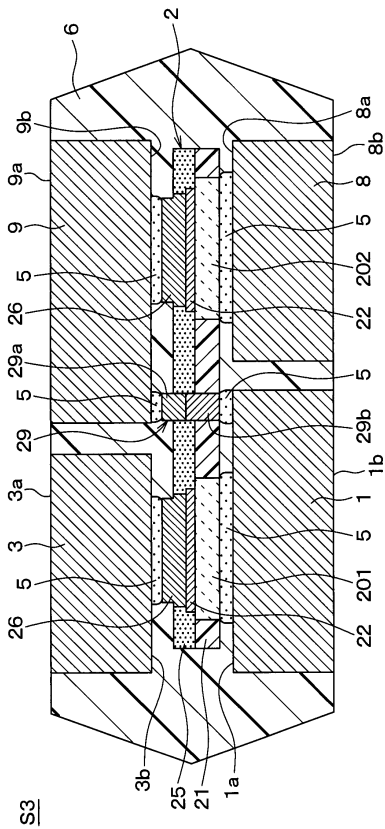
20

30

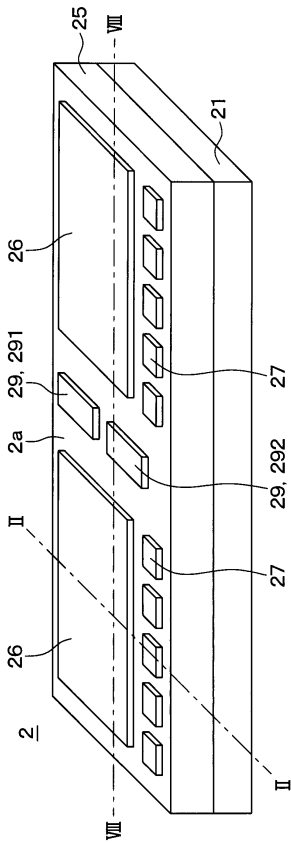
40

50

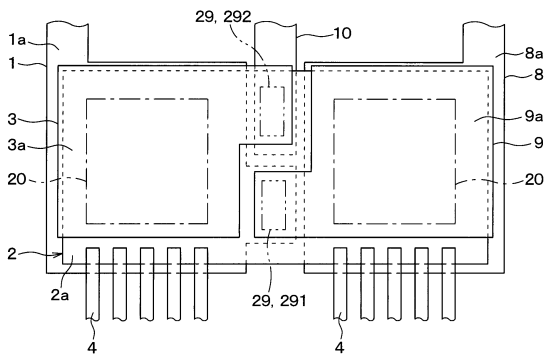
【図 8】



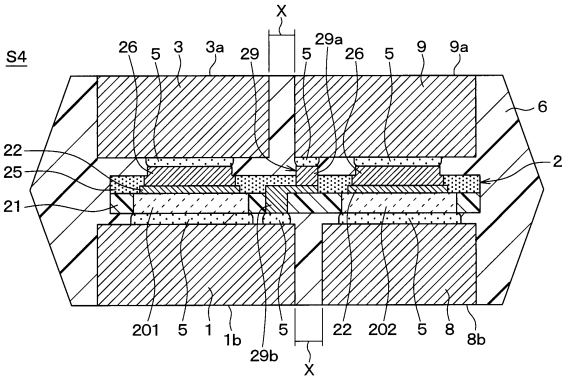
【図 9】



【図 10】



【図 11】



10

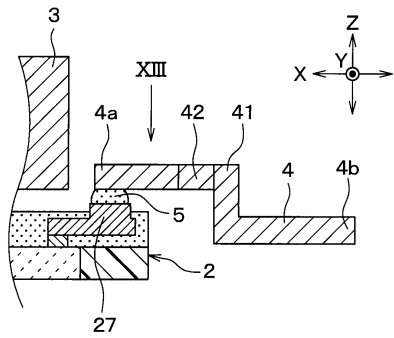
20

30

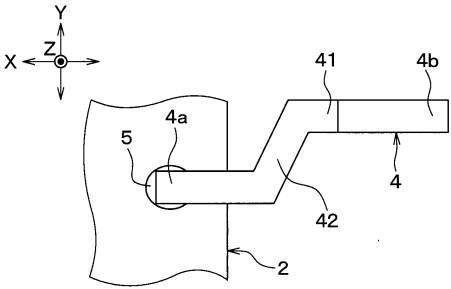
40

50

【図 1 2】

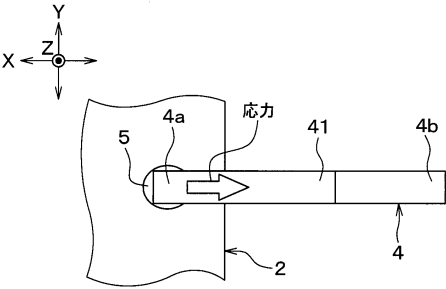


【図 1 3】

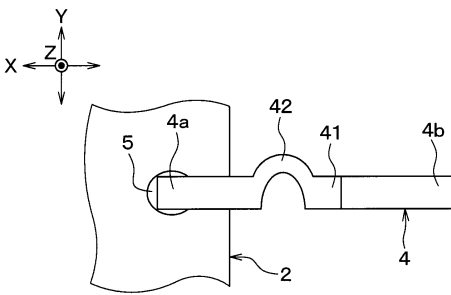


10

【図 1 4】

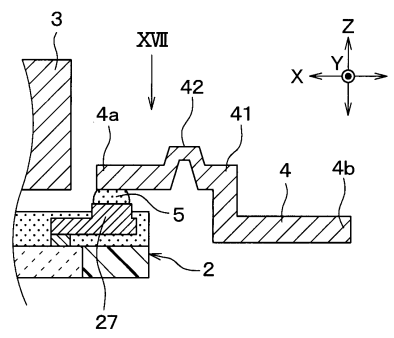


【図 1 5】

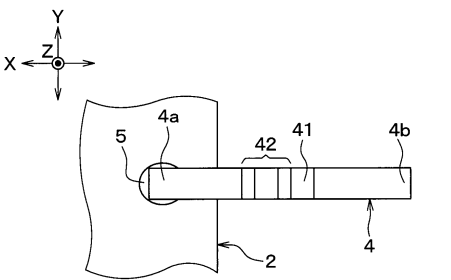


20

【図 1 6】



【図 1 7】

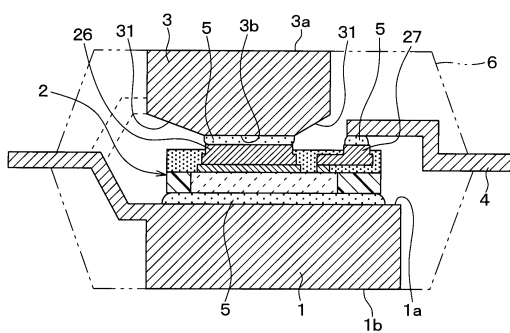


30

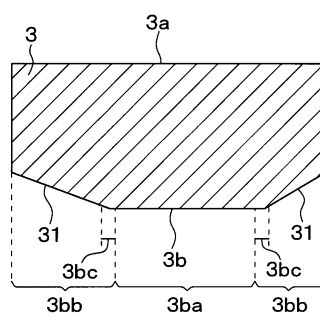
40

50

【 図 1 8 】

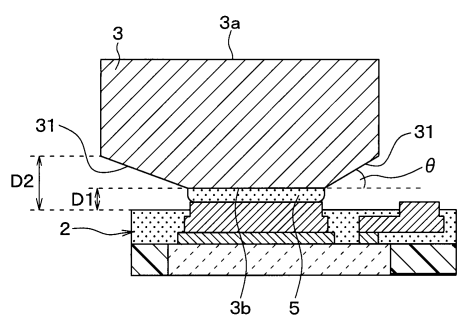


【 圖 1 9 】

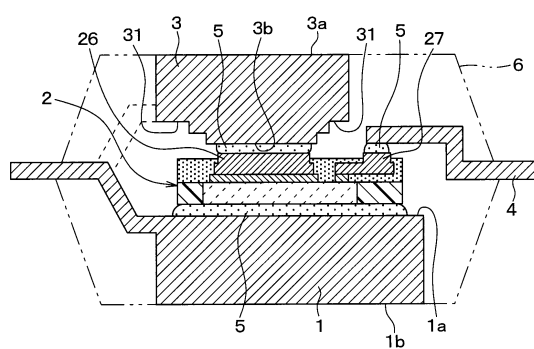


10

【 図 20 】

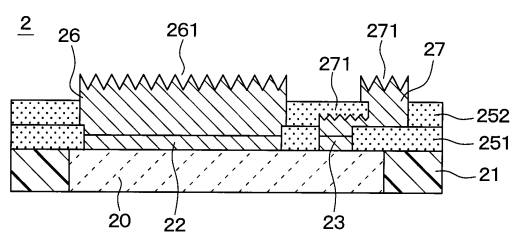


【圖 2 1】

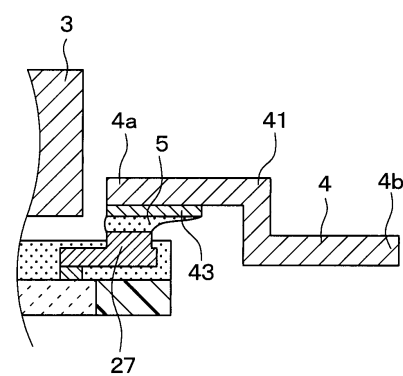


20

【 図 2 2 】



【 図 2 3 】

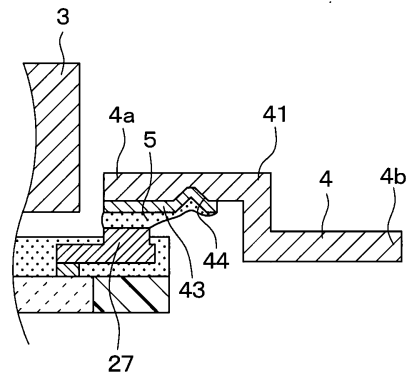


30

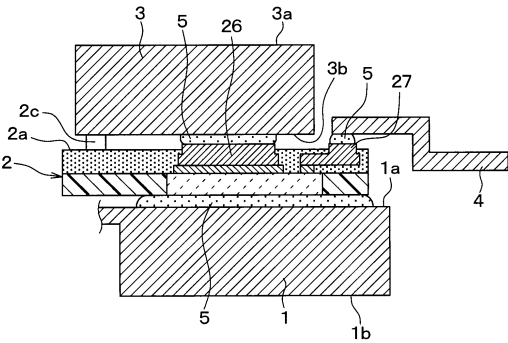
40

50

【図 2 4】

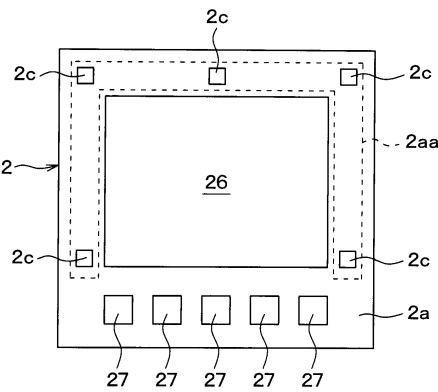


【図 2 5】

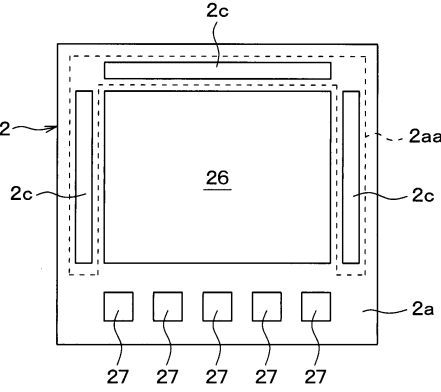


10

【図 2 6】



【図 2 7】



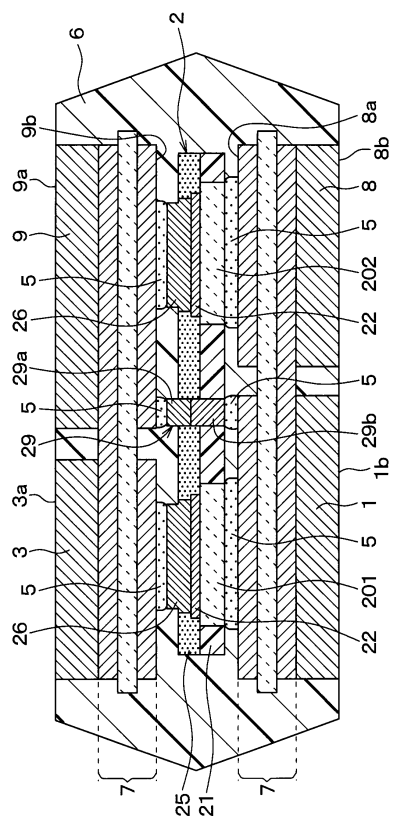
20

30

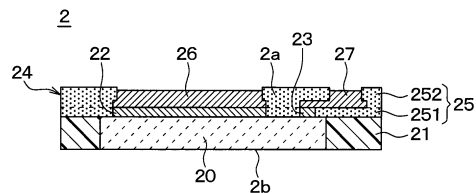
40

50

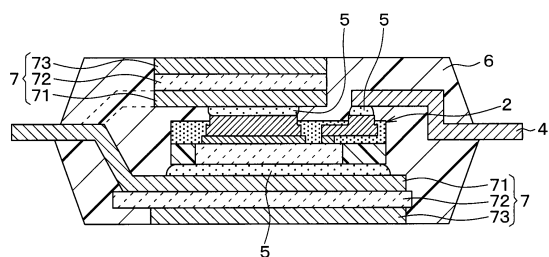
【图 28】



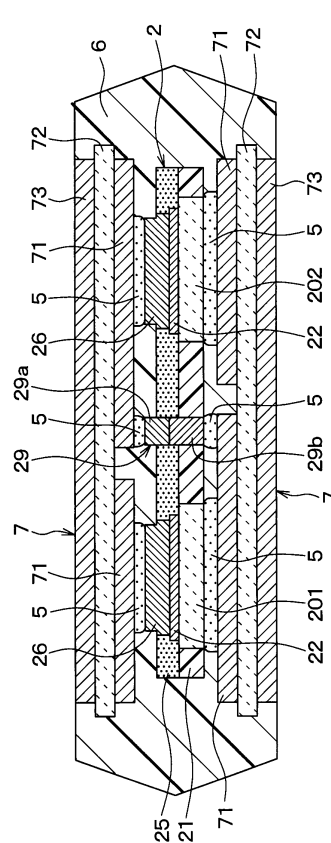
【圖 29】



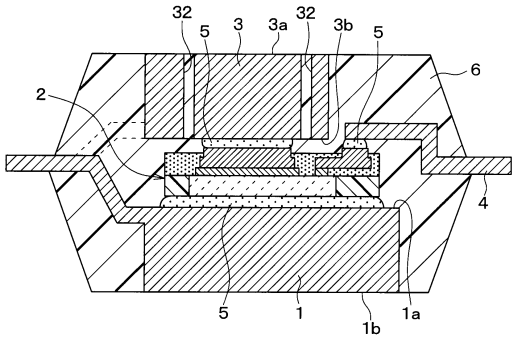
【 図 3 0 】



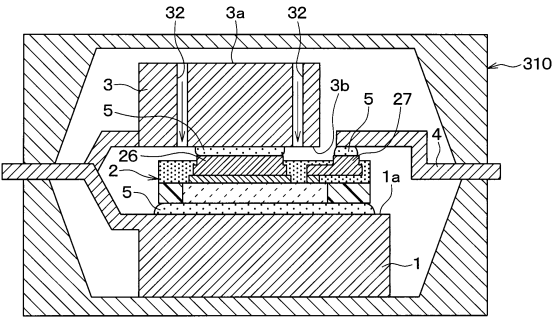
【圖 3 1】



【図 3 2】

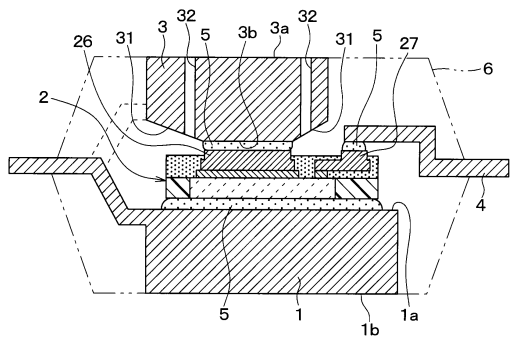


【図 3 3】

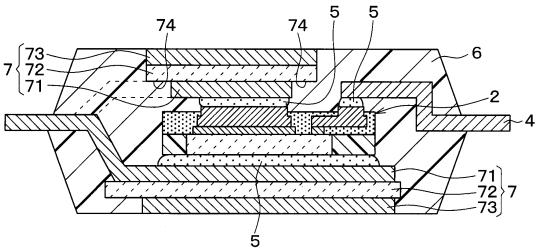


10

【図 3 4】



【図 3 5】



20

30

40

50

フロントページの続き

- 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会社デンソー内
(72)発明者 竹中 正幸
愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会社デンソー内
(72)発明者 犬塚 仁浩
愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会社デンソー内
審査官 正山 旭
(56)参考文献 特開 2 0 0 6 - 2 2 2 1 2 1 (J P , A)
特開 2 0 1 6 - 1 0 5 5 2 3 (J P , A)
特開 2 0 1 9 - 2 9 4 1 0 (J P , A)
特開 2 0 1 0 - 2 8 7 6 5 1 (J P , A)
特開 2 0 1 2 - 2 4 3 8 9 0 (J P , A)
国際公開第 2 0 1 5 / 0 2 9 5 1 1 (W O , A 1)
国際公開第 2 0 2 0 / 0 1 7 4 6 5 (W O , A 1)
特開 2 0 1 4 - 1 5 7 9 2 7 (J P , A)
特開 2 0 1 1 - 1 8 1 8 7 9 (J P , A)
米国特許出願公開第 2 0 2 0 / 0 1 7 6 3 4 8 (U S , A 1)
特開 2 0 1 3 - 1 7 2 1 0 5 (J P , A)
(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
H 0 1 L 2 3 / 1 2
H 0 1 L 2 5 / 0 7
H 0 1 L 2 3 / 4 8
H 0 1 L 2 3 / 3 4