

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7111140号

(P7111140)

(45)発行日 令和4年8月2日(2022.8.2)

(24)登録日 令和4年7月25日(2022.7.25)

(51)国際特許分類

F I

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 29/78

6 5 2 T

H 0 1 L 29/12 (2006.01)

H 0 1 L 29/78

6 5 5 Z

H 0 1 L 29/78 (2006.01)

H 0 1 L 29/78

6 5 7 D

H 0 1 L 29/739(2006.01)

H 0 1 L 29/78

6 5 2 Q

請求項の数 16 (全44頁)

(21)出願番号 特願2020-158041(P2020-158041)

(22)出願日 令和2年9月22日(2020.9.22)

(65)公開番号 特開2021-61393(P2021-61393A)

(43)公開日 令和3年4月15日(2021.4.15)

審査請求日 令和3年9月1日(2021.9.1)

(31)優先権主張番号 特願2019-184066(P2019-184066)

(32)優先日 令和1年10月4日(2019.10.4)

(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 100106149

弁理士 矢作 和行

(74)代理人 100121991

弁理士 野々部 泰平

(74)代理人 100145595

弁理士 久保 貴則

(72)発明者 福岡 大輔

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 奥村 知巳

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式

会社デンソー内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 半導体装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

主電極として、表面に形成された表面電極(31)と、板厚方向において前記表面とは反対の裏面に形成され、前記表面電極よりも面積の大きい裏面電極(32)と、を有する半導体素子(30)と、

第1対向面と第2対向面との間に介在して接合部を形成する接合部材と、

前記接合部材を介して前記主電極と電氣的に接続された配線部材と、

前記接合部材内に配置され、前記第1対向面に固定されて前記第1対向面から突起する複数のワイヤ片(90)と、を備え、

前記配線部材は、前記裏面側に配置され、前記裏面電極と接続された裏側配線部材(40)を含み、

前記接合部材は、前記裏面電極と前記裏側配線部材との接合部を形成し、複数の前記ワイヤ片が配置された裏側接合部材(80)を含み、

前記裏側接合部材は、前記板厚方向の平面視において、素子中心を含む前記半導体素子の中央部分と重なる中央領域(80a)と、前記中央部分を取り囲む前記半導体素子の外周部分と重なる部分を含み、前記中央領域を取り囲む外周領域(80b)と、を有し、

前記外周領域には、4つ以上の前記ワイヤ片が少なくとも前記半導体素子の四隅のそれぞれに対応して配置され、

前記ワイヤ片の少なくともひとつが、前記平面視において前記素子中心に向けて延びており、

10

20

前記ワイヤ片は、

前記主電極と前記配線部材との接合部において前記配線部材に固定されており、

前記板厚方向において前記主電極と対向する側に、前記配線部材における固定面と平行な平坦部（ 9 2 ）を有し、

前記板厚方向において前記配線部材と対向する側に、前記配線部材との固定部（ 9 1 ）と、前記固定部に連なり、前記配線部材に固定されていない部分である非固定部（ 9 3 ）と、を有している半導体装置。

【請求項 2】

前記平坦部は、前記平面視において前記非固定部と重なる位置に設けられている請求項 1 に記載の半導体装置。

【請求項 3】

主電極として、表面に形成された表面電極（ 3 1 ）と、板厚方向において前記表面とは反対の裏面に形成され、前記表面電極よりも面積の大きい裏面電極（ 3 2 ）と、を有する半導体素子（ 3 0 ）と、

第 1 対向面と第 2 対向面との間に介在して接合部を形成する接合部材と、

前記接合部材を介して前記主電極と電氣的に接続された配線部材と、

前記接合部材内に配置され、前記第 1 対向面に固定されて前記第 1 対向面から突起する複数のワイヤ片（ 9 0 ）と、を備え、

前記配線部材は、前記裏面側に配置され、前記裏面電極と接続された裏側配線部材（ 4 0 ）を含み、

前記接合部材は、前記裏面電極と前記裏側配線部材との接合部を形成し、複数の前記ワイヤ片が配置された裏側接合部材（ 8 0 ）を含み、

前記裏側接合部材は、前記板厚方向の平面視において、素子中心を含む前記半導体素子の中央部分と重なる中央領域（ 8 0 a ）と、前記中央部分を取り囲む前記半導体素子の外周部分と重なる部分を含み、前記中央領域を取り囲む外周領域（ 8 0 b ）と、を有し、

前記外周領域には、4 つ以上の前記ワイヤ片が少なくとも前記半導体素子の四隅のそれぞれに対応して配置され、

前記ワイヤ片の少なくともひとつが、前記平面視において前記素子中心に向けて延びており、

前記ワイヤ片は、前記主電極と前記配線部材との接合部において前記配線部材に固定されており、

前記ワイヤ片それぞれの体積が、 $1.0 \times 10^{-7} \mu\text{m}^3$ 以下であり、

前記ワイヤ片は、前記配線部材に接合された部分である接合部（ 9 4 ）と、前記接合部に連なるとともに前記ワイヤ片の延設方向の両端にそれぞれ設けられ、前記配線部材に接合されていない部分である非接合部（ 9 5、9 6 ）と、を有する半導体装置。

【請求項 4】

前記延設方向において、前記ワイヤ片の長さが $400 \mu\text{m}$ 以上、 $450 \mu\text{m}$ 以下であり、前記非接合部それぞれの長さが $100 \mu\text{m}$ 以下である請求項 3 に記載の半導体装置。

【請求項 5】

前記配線部材の接合面からの前記非接合部の高さが、 $80 \mu\text{m}$ 以上、 $100 \mu\text{m}$ 以下である請求項 4 に記載の半導体装置。

【請求項 6】

前記延設方向において、前記接合部の長さに対する前記非接合部の長さの比が、 0.1 以上、 0.65 以下である請求項 3 ～ 5 いずれか 1 項に記載の半導体装置。

【請求項 7】

前記接合部の前記延設方向の長さに対する前記接合部の幅の比が、 0.2 以上、 0.7 以下である請求項 3 ～ 6 いずれか 1 項に記載の半導体装置。

【請求項 8】

主電極として、表面に形成された表面電極（ 3 1 ）と、板厚方向において前記表面とは反対の裏面に形成され、前記表面電極よりも面積の大きい裏面電極（ 3 2 ）と、を有する

10

20

30

40

50

半導体素子（３０）と、

第１対向面と第２対向面との間に介在して接合部を形成する接合部材と、

前記接合部材を介して前記主電極と電氣的に接続された配線部材と、

前記接合部材内に配置され、前記第１対向面に固定されて前記第１対向面から突起する複数のワイヤ片（９０）と、を備え、

前記配線部材は、前記裏面側に配置され、前記裏面電極と接続された裏側配線部材（４０）を含み、

前記接合部材は、前記裏面電極と前記裏側配線部材との接合部を形成し、複数の前記ワイヤ片が配置された裏側接合部材（８０）を含み、

前記裏側接合部材は、前記板厚方向の平面視において、素子中心を含む前記半導体素子の中央部分と重なる中央領域（８０ａ）と、前記中央部分を取り囲む前記半導体素子の外周部分と重なる部分を含み、前記中央領域を取り囲む外周領域（８０ｂ）と、を有し、

前記外周領域には、４つ以上の前記ワイヤ片が少なくとも前記半導体素子の四隅のそれぞれに対応して配置され、

前記ワイヤ片の少なくともひとつが、前記平面視において前記素子中心に向けて延びており、

前記中央領域には、３つ以上の前記ワイヤ片が前記素子中心を取り囲むように配置されている半導体装置。

【請求項９】

前記配線部材は、前記表面側に配置され、前記表面電極と電氣的に接続された表側配線部材（５０、５５）を含み、

前記接合部材は、前記表面電極と前記表側配線部材との接合部を形成し、複数の前記ワイヤ片が配置された表側接合部材（８１）を含む請求項１～８いずれか１項に記載の半導体装置。

【請求項１０】

前記半導体素子は、前記表面に形成されたゲートパッド（３３ｇ）と、前記表面側に形成され、前記ゲートパッドに連なるゲート配線（３４）と、前記表面に形成された保護膜の一部であり、前記ゲート配線を保護するゲート配線保護部（３５）と、を有し、

前記表側接合部材において、前記ワイヤ片は、前記ゲート配線保護部と重ならない位置に配置されている請求項９に記載の半導体装置。

【請求項１１】

主電極として、表面に形成された表面電極（３１）と、板厚方向において前記表面とは反対の裏面に形成され、前記表面電極よりも面積の大きい裏面電極（３２）と、を有する半導体素子（３０）と、

第１対向面と第２対向面との間に介在して接合部を形成する接合部材と、

前記接合部材を介して前記主電極と電氣的に接続された配線部材と、

前記接合部材内に配置され、前記第１対向面に固定されて前記第１対向面から突起する複数のワイヤ片（９０）と、を備え、

前記配線部材は、前記裏面側に配置され、前記裏面電極と接続された裏側配線部材（４０）を含み、

前記接合部材は、前記裏面電極と前記裏側配線部材との接合部を形成し、複数の前記ワイヤ片が配置された裏側接合部材（８０）を含み、

前記裏側接合部材は、前記板厚方向の平面視において、素子中心を含む前記半導体素子の中央部分と重なる中央領域（８０ａ）と、前記中央部分を取り囲む前記半導体素子の外周部分と重なる部分を含み、前記中央領域を取り囲む外周領域（８０ｂ）と、を有し、

前記外周領域には、４つ以上の前記ワイヤ片が少なくとも前記半導体素子の四隅のそれぞれに対応して配置され、

前記ワイヤ片の少なくともひとつが、前記平面視において前記素子中心に向けて延びており、

前記配線部材は、前記表面側に配置され、前記表面電極と電氣的に接続された表側配線部

10

20

30

40

50

材（５０、５５）を含み、

前記接合部材は、前記表面電極と前記表側配線部材との接合部を形成し、複数の前記ワイヤ片が配置された表側接合部材（８１）を含み、

前記半導体素子は、前記表面に形成されたゲートパッド（３３ｇ）と、前記表面側に形成され、前記ゲートパッドに連なるゲート配線（３４）と、前記表面に形成された保護膜の一部であり、前記ゲート配線を保護するゲート配線保護部（３５）と、を有し、
前記表側接合部材において、前記ワイヤ片は、前記ゲート配線保護部と重ならない位置に配置されている半導体装置。

【請求項１２】

前記表側接合部材内の前記ワイヤ片は、前記裏側接合部材内の前記ワイヤ片と重ならない位置に配置されている請求項９～１１いずれか１項に記載の半導体装置。

10

【請求項１３】

主電極として、表面に形成された表面電極（３１）と、板厚方向において前記表面とは反対の裏面に形成され、前記表面電極よりも面積の大きい裏面電極（３２）と、を有する半導体素子（３０）と、

第１対向面と第２対向面との間に介在して接合部を形成する接合部材と、

前記接合部材を介して前記主電極と電氣的に接続された配線部材と、

前記接合部材内に配置され、前記第１対向面に固定されて前記第１対向面から突起する複数のワイヤ片（９０）と、を備え、

前記配線部材は、前記裏面側に配置され、前記裏面電極と接続された裏側配線部材（４０）を含み、

20

前記接合部材は、前記裏面電極と前記裏側配線部材との接合部を形成し、複数の前記ワイヤ片が配置された裏側接合部材（８０）を含み、

前記裏側接合部材は、前記板厚方向の平面視において、素子中心を含む前記半導体素子の中央部分と重なる中央領域（８０ａ）と、前記中央部分を取り囲む前記半導体素子の外周部分と重なる部分を含み、前記中央領域を取り囲む外周領域（８０ｂ）と、を有し、

前記外周領域には、４つ以上の前記ワイヤ片が少なくとも前記半導体素子の四隅のそれぞれに対応して配置され、

前記ワイヤ片の少なくともひとつが、前記平面視において前記素子中心に向けて延びており、

30

前記配線部材は、前記表面側に配置され、前記表面電極と電氣的に接続された表側配線部材（５０、５５）を含み、

前記接合部材は、前記表面電極と前記表側配線部材との接合部を形成し、複数の前記ワイヤ片が配置された表側接合部材（８１）を含み、

前記表側接合部材内の前記ワイヤ片は、前記裏側接合部材内の前記ワイヤ片と重ならない位置に配置されている半導体装置。

【請求項１４】

前記表側配線部材は、第１配線部材（５５）と、前記第１配線部材を介して前記表面電極と接続された第２配線部材（５０）と、を含み、

前記接合部材は、前記表面側に配置された接合部材として、前記表側接合部材である第１接合部材（８１）と、前記第２配線部材と前記第１配線部材との接合部を形成し、複数の前記ワイヤ片が配置された第２接合部材（８２）と、を含み、

40

前記ワイヤ片の数が、前記裏側接合部材、前記第１接合部材、および前記第２接合部材において互いに異なり、前記裏側接合部材が最も多く、前記第２接合部材が最も少ない請求項９～１３いずれか１項に記載の半導体装置。

【請求項１５】

主電極として、表面に形成された表面電極（３１）と、板厚方向において前記表面とは反対の裏面に形成され、前記表面電極よりも面積の大きい裏面電極（３２）と、を有する半導体素子（３０）と、

第１対向面と第２対向面との間に介在して接合部を形成する接合部材と、

50

前記接合部材を介して前記主電極と電氣的に接続された配線部材と、
前記接合部材内に配置され、前記第 1 対向面に固定されて前記第 1 対向面から突起する複数のワイヤ片（ 9 0 ）と、を備え、
前記配線部材は、前記裏面側に配置され、前記裏面電極と接続された裏側配線部材（ 4 0 ）を含み、
前記接合部材は、前記裏面電極と前記裏側配線部材との接合部を形成し、複数の前記ワイヤ片が配置された裏側接合部材（ 8 0 ）を含み、
前記裏側接合部材は、前記板厚方向の平面視において、素子中心を含む前記半導体素子の中央部分と重なる中央領域（ 8 0 a ）と、前記中央部分を取り囲む前記半導体素子の外周部分と重なる部分を含み、前記中央領域を取り囲む外周領域（ 8 0 b ）と、を有し、
前記外周領域には、4 つ以上の前記ワイヤ片が少なくとも前記半導体素子の四隅のそれぞれに対応して配置され、
前記ワイヤ片の少なくともひとつが、前記平面視において前記素子中心に向けて延びており、
前記配線部材は、前記表面側に配置され、前記表面電極と電氣的に接続された表側配線部材（ 5 0 、 5 5 ）を含み、
前記接合部材は、前記表面電極と前記表側配線部材との接合部を形成し、複数の前記ワイヤ片が配置された表側接合部材（ 8 1 ）を含み、
前記表側配線部材は、第 1 配線部材（ 5 5 ）と、前記第 1 配線部材を介して前記表面電極と接続された第 2 配線部材（ 5 0 ）と、を含み、
前記接合部材は、前記表面側に配置された接合部材として、前記表側接合部材である第 1 接合部材（ 8 1 ）と、前記第 2 配線部材と前記第 1 配線部材との接合部を形成し、複数の前記ワイヤ片が配置された第 2 接合部材（ 8 2 ）と、を含み、
前記ワイヤ片の数が、前記裏側接合部材、前記第 1 接合部材、および前記第 2 接合部材において互いに異なり、前記裏側接合部材が最も多く、前記第 2 接合部材が最も少ない半導体装置。

【請求項 1 6】

前記第 1 対向面を基準とする前記ワイヤ片の高さは、前記第 1 対向面と前記第 2 対向面との間に接合部を形成する前記接合部材の厚み未満である請求項 1 ～ 1 5 いずれか 1 項に記載の半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

この明細書における開示は、半導体装置に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

特許文献 1 は、はんだ厚を確保する N i ボールを開示する。先行技術文献の記載内容は、この明細書における技術的要素の説明として、参照により援用される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0 0 0 3】

【文献】特許第 5 5 1 0 6 2 3 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 0 4】

N i ボールは、適用対象が限定される。たとえばソルダダイボンドの場合、N i ボールは、はんだの溶融炉内において少なからず溶ける。よって、はんだ（接合部材）の最低保証厚みを確保できない虞がある。上述の観点において、または言及されていない他の観点において、半導体装置にはさらなる改良が求められている。

【0 0 0 5】

開示されるひとつの目的は、信頼性の高い半導体装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

ここに開示された半導体装置は、主電極として、表面に形成された表面電極（31）と、板厚方向において表面とは反対の裏面に形成され、表面電極よりも面積の大きい裏面電極（32）と、を有する半導体素子（30）と、第1対向面と第2対向面との間に介在して接合部を形成する接合部材と、接合部材を介して主電極と電氣的に接続された配線部材と、接合部材内に配置され、第1対向面に固定されて第1対向面から突起する複数のワイヤ片（90）と、を備え、配線部材は、裏面側に配置され、裏面電極と接続された裏側配線部材（40）を含み、接合部材は、裏面電極と裏側配線部材との接合部を形成し、複数のワイヤ片が配置された裏側接合部材（80）を含み、裏側接合部材は、板厚方向の平面視において、素子中心を含む半導体素子の中央部分と重なる中央領域（80a）と、中央部分を取り囲む半導体素子の外周部分と重なる部分を含み、中央領域を取り囲む外周領域（80b）と、を有し、外周領域には、4つ以上のワイヤ片が少なくとも半導体素子の四隅のそれぞれに対応して配置され、ワイヤ片の少なくともひとつが、平面視において素子中心に向けて延びている。そして、半導体装置のひとつにおいて、ワイヤ片は、主電極と配線部材との接合部において配線部材に固定されており、板厚方向において主電極と対向する側に、配線部材における固定面と平行な平坦部（92）を有し、板厚方向において配線部材と対向する側に、配線部材との固定部（91）と、固定部に連なり、配線部材に固定されていない部分である非固定部（93）と、を有している。半導体装置の他のひとつにおいて、ワイヤ片は、主電極と配線部材との接合部において配線部材に固定されており、ワイヤ片それぞれの体積が、 $1.0 \times 10^{-7} \mu\text{m}^3$ 以下であり、ワイヤ片は、配線部材に接合された部分である接合部（94）と、接合部に連なるとともにワイヤ片の延設方向の両端にそれぞれ設けられ、配線部材に接合されていない部分である非接合部（95、96）と、を有する。半導体装置の他のひとつにおいて、中央領域には、3つ以上のワイヤ片が素子中心を取り囲むように配置されている。半導体装置の他のひとつにおいて、配線部材は、表面側に配置され、表面電極と電氣的に接続された表側配線部材（50、55）を含み、接合部材は、表面電極と表側配線部材との接合部を形成し、複数のワイヤ片が配置された表側接合部材（81）を含み、半導体素子は、表面に形成されたゲートパッド（33g）と、表面側に形成され、ゲートパッドに連なるゲート配線（34）と、表面に形成された保護膜の一部分であり、ゲート配線を保護するゲート配線保護部（35）と、を有し、表側接合部材において、ワイヤ片は、ゲート配線保護部と重ならない位置に配置されている。半導体装置の他のひとつにおいて、配線部材は、表面側に配置され、表面電極と電氣的に接続された表側配線部材（50、55）を含み、接合部材は、表面電極と表側配線部材との接合部を形成し、複数のワイヤ片が配置された表側接合部材（81）を含み、表側接合部材内のワイヤ片は、裏側接合部材内のワイヤ片と重ならない位置に配置されている。半導体装置の他のひとつにおいて、配線部材は、表面側に配置され、表面電極と電氣的に接続された表側配線部材（50、55）を含み、接合部材は、表面電極と表側配線部材との接合部を形成し、複数のワイヤ片が配置された表側接合部材（81）を含み、表側配線部材は、第1配線部材（55）と、第1配線部材を介して表面電極と接続された第2配線部材（50）と、を含み、接合部材は、表面側に配置された接合部材として、表側接合部材である第1接合部材（81）と、第2配線部材と第1配線部材との接合部を形成し、複数のワイヤ片が配置された第2接合部材（82）と、を含み、ワイヤ片の数が、裏側接合部材、第1接合部材、および第2接合部材において互いに異なり、裏側接合部材が最も多く、第2接合部材が最も少ない。

【0007】

開示の半導体装置によると、ワイヤ片は、第1対向面に固定されている。第1対向面から突起するワイヤ片により、接合部材の厚みを確保することができる。両面に主電極を有する半導体素子に反りが生じていても、外周領域に設けたワイヤ片によって、接合部材の厚みを確保することができる。また、素子中心に向けて延びるワイヤ片は、はんだが濡れ

10

20

30

40

50

拡がる際に流れを阻害し難い。以上より、信頼性の高い半導体装置を提供することができる。

【 0 0 0 8 】

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

【図面の簡単な説明】

【 0 0 0 9 】

【図 1】第 1 実施形態に係る半導体装置が適用される電力変換装置の回路図である。

【図 2】半導体装置の平面図である。

【図 3】図 2 の III-III 線に沿う断面図である。

【図 4】図 2 の IV-IV 線に沿う断面図である。

【図 5】封止樹脂体を省略した平面図である。

【図 6】エミッタ電極側のヒートシンクを省略した平面図である。

【図 7】半導体素子とワイヤ片との位置関係を示す平面図である。

【図 8】ワイヤ片の配置を示す斜視図である。

【図 9】図 7 の IX-IX 線に沿う断面図である。

【図 10】半導体素子の反りとワイヤ片の効果を示す斜視図である。

【図 11】第 2 実施形態に係る半導体装置において、ワイヤ片の高さを示す平面図である。

【図 12】第 3 実施形態に係る半導体装置において、半導体素子とワイヤ片の位置関係を示す平面図である。

【図 13】図 12 の XIII-XIII 線に沿う断面図である。

【図 14】半導体素子が傾いて配置されたときの断面図である。

【図 15】第 4 実施形態に係る半導体装置において、ワイヤ片の配置を示す平面図である。

【図 16】変形例を示す平面図である。

【図 17】第 5 実施形態に係る半導体装置において、半導体素子とワイヤ片との位置関係を示す平面図である。

【図 18】ワイヤ片の配置を示す平面図である。

【図 19】図 17 の XIX-XIX 線に沿う断面図である。

【図 20】変形例を示す平面図である。

【図 21】第 6 実施形態に係る半導体装置において、半導体素子とワイヤ片との位置関係を示す平面図である。

【図 22】上下でのワイヤ片の位置関係による影響を示す模式的な断面図である。

【図 23】第 7 実施形態に係る半導体装置において、一方のアームの積層構造を示す模式的な断面図である。

【図 24】各はんだにおけるワイヤ片の配置を示す平面図である。

【図 25】第 8 実施形態に係る半導体装置と比較例との、ターミナルの違いを示す図である。

【図 26】第 9 実施形態に係る半導体装置において、半導体素子とヒートシンクとの接続構造の一例を示す斜視図である。

【図 27】図 26 の XXVII-XXVII 線に沿う断面図である。

【図 28】ワイヤ片を示す斜視図である。

【図 29】ワイヤ片の別例を示す断面図である。

【図 30】半導体装置の製造方法を示す断面図である。

【図 31】半導体装置の製造方法を示す断面図である。

【図 32】半導体装置の製造方法を示す断面図である。

【図 33】半導体装置の製造方法を示す断面図である。

【図 34】半導体装置の製造方法を示す断面図である。

10

20

30

40

50

【図 3 5】反りなしの半導体素子の例を示す断面図である。

【図 3 6】上に凸の反りが生じた半導体素子の例を示す断面図である。

【図 3 7】下に凸の反りが生じた半導体素子の例を示す断面図である。

【図 3 8】両端に平坦部を有する効果を示す断面図である。

【図 3 9】半導体装置の別例を示す断面図である。

【図 4 0】第 1 0 実施形態に係る半導体装置において、ワイヤ片の体積とはんだ歪との関係を示すシミュレーション結果である。

【図 4 1】ワイヤ片の構造を示す図である。

【図 4 2】コレクタ電極とヒートシンクとの間において、ワイヤ片の高さを説明するための断面図である。

10

【図 4 3】エミッタ電極とターミナルとの間において、ワイヤ片の高さを説明するための断面図である。

【図 4 4】ワイヤ片の製造方法を示す断面図である。

【図 4 5】ワイヤ片の製造方法を示す断面図である。

【図 4 6】ワイヤ片の製造方法を示す断面図である。

【図 4 7】ワイヤ片の製造方法を示す断面図である。

【図 4 8】ワイヤ片の製造方法を示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、図面に基づいて複数の実施形態を説明する。複数の実施形態において、機能的におよび／または構造的に対応する部分および／または関連付けられる部分には同一の参照符号が付される場合がある。対応する部分および／または関連付けられる部分については、他の実施形態の説明を参照することができる。

20

【0011】

(第 1 実施形態)

まず、図 1 に基づき、半導体装置が適用される電力変換装置について説明する。

【0012】

<電力変換装置>

図 1 に示す電力変換装置 1 は、たとえば電気自動車やハイブリッド自動車に搭載される。電力変換装置 1 は、直流電源 2 とモータジェネレータ 3 との間で電力変換を行う。電力変換装置 1 は、直流電源 2 およびモータジェネレータ 3 とともに、車両の駆動システムを構成する。

30

【0013】

直流電源 2 は、リチウムイオン電池やニッケル水素電池などの充放電可能な二次電池である。モータジェネレータ 3 は、三相交流方式の回転電機である。モータジェネレータ 3 は、車両の走行駆動源、すなわち電動機として機能する。モータジェネレータ 3 は、回生時に発電機として機能する。

【0014】

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

40

【0015】

インバータ 5 は、三相分の上下アーム回路 6 を備えて構成されている。上下アーム回路 6 は、レグと称されることがある。各相の上下アーム回路 6 は、正極側の電源ラインである高電位電源ライン 7 と、負極側の電源ラインである低電位電源ライン 8 の間で、2 つのアーム 6 H、6 L が直列に接続されてなる。各相の上下アーム回路 6 において、上アーム 6 H と下アーム 6 L の接続点は、モータジェネレータ 3 への出力ライン 9 に接続されてい

50

る。

【 0 0 1 6 】

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

10

【 0 0 1 7 】

電力変換装置 1 は、上記した平滑コンデンサ 4 およびインバータ 5 に加えて、インバータ 5 とは別の電力変換器であるコンバータ、インバータ 5 やコンバータを構成するスイッチング素子の駆動回路、フィルタコンデンサなどを備えてもよい。コンバータは、直流電圧を異なる値の直流電圧に変換する DC - DC 変換部である。コンバータは、直流電源 2 と平滑コンデンサ 4 との間に設けられる。フィルタコンデンサは、直流電源 2 に並列に接続される。フィルタコンデンサは、たとえば直流電源 2 からの電源ノイズを除去する。

【 0 0 1 8 】

<半導体装置>

次に、図 2 ~ 図 6 に基づき、半導体装置の一例について説明する。図 3、図 4 は、図 2 の III-III 線、IV-IV 線に沿う断面図である。図 5 は、図 2 に対して封止樹脂体を省略した図である。図 6 は、図 5 に対してエミッタ電極側のヒートシンクを省略した図である。半導体装置を構成する要素の一部について、符号末尾に上アーム 6 H 側を示す「H」を付与し、下アーム 6 L 側を示す「L」を付与している。要素の他の一部について、便宜上、上アーム 6 H と下アーム 6 L とで共通の符号を付与している。

20

【 0 0 1 9 】

以下では、半導体素子の板厚方向を Z 方向、Z 方向に直交する一方向、具体的には 2 つの半導体素子の並び方向を X 方向と示す。また、Z 方向および X 方向の両方向に直交する方向を Y 方向と示す。特に断わりのない限り、Z 方向から平面視した形状、換言すれば X 方向および Y 方向により規定される XY 面に沿う形状を平面形状とする。また、Z 方向からの平面視を単に平面視と示す。

30

【 0 0 2 0 】

図 2 ~ 図 6 に示すように、半導体装置 1 0 は、封止樹脂体 2 0 と、半導体素子 3 0 と、ヒートシンク 4 0 と、ヒートシンク 5 0 およびターミナル 5 5 と、継手部 6 0 ~ 6 2 と、主端子 7 0 ~ 7 2 および信号端子 7 5 を備えている。半導体装置 1 0 は、上記した一相分の上下アーム回路 6 を構成する。

【 0 0 2 1 】

封止樹脂体 2 0 は、半導体装置 1 0 を構成する他の要素の一部を封止している。他の要素の残りの部分は、封止樹脂体 2 0 の外に露出している。封止樹脂体 2 0 は、たとえばエポキシ系樹脂を材料とする。封止樹脂体 2 0 は、たとえばトランスファモールディング法により成形されている。図 2 ~ 図 4 に示すように、封止樹脂体 2 0 は平面略矩形状をなしている。封止樹脂体 2 0 は、表面 2 0 a と、Z 方向において表面 2 0 a とは反対の裏面 2 0 b を有している。表面 2 0 a および裏面 2 0 b は、たとえば平坦面となっている。

40

【 0 0 2 2 】

半導体素子 3 0 は、シリコン (Si)、シリコンよりもバンドギャップが広いワイドバンドギャップ半導体などを材料とする半導体基板に、素子が形成されてなる。ワイドバンドギャップ半導体としては、たとえばシリコンカーバイド (SiC)、窒化ガリウム (GaN)、酸化ガリウム (Ga₂O₃)、ダイヤモンドがある。半導体素子 3 0 は、半導体チップと称されることがある。

【 0 0 2 3 】

50

素子は、Z方向に主電流が流れるように縦型構造をなしている。縦型素子として、I G B T、M O S F E T、ダイオードなどを採用することができる。本実施形態では、縦型素子として、ひとつのアームを構成するI G B T 6 iおよびF W D 6 dが形成されている。縦型素子は、R C (Reverse Conducting) - I G B Tである。半導体素子30は、図示しないゲート電極を有している。ゲート電極は、たとえばトレンチ構造をなしている。半導体素子30は、自身の板厚方向、すなわちZ方向における両面に、素子の主電極を有している。具体的には、主電極として、表面側にエミッタ電極31を有し、裏面側にコレクタ電極32を有している。エミッタ電極31は、F W D 6 dのアノード電極を兼ねている。コレクタ電極32は、F W D 6 dのカソード電極を兼ねている。エミッタ電極31が表面電極に相当し、コレクタ電極32が裏面電極に相当する。

10

【0024】

半導体素子30は、平面略矩形状をなしている。図6に示すように、半導体素子30は、表面においてエミッタ電極31とは異なる位置に形成されたパッド33を有している。エミッタ電極31およびパッド33は、半導体基板の表面の図示しない保護膜からそれぞれ露出している。エミッタ電極31は、半導体素子30の表面の一部分に形成されている。コレクタ電極32は、裏面のほぼ全面に形成されている。平面視において、コレクタ電極32は、エミッタ電極31よりも面積が大きい。

【0025】

パッド33は、信号用の電極である。パッド33は、エミッタ電極31と電氣的に分離されている。パッド33は、Y方向において、エミッタ電極31の形成領域とは反対側の端部に形成されている。パッド33は、ゲート電極用のゲートパッド33gを含む。本実施形態において、半導体素子30は、5つのパッド33を有している。具体的には、上記したゲートパッド33g、エミッタ電極31の電位を検出するケルビンエミッタ用、電流センス用、半導体素子30の温度を検出する温度センサ(感温ダイオード)のアノード電位用、同じくカソード電位用を有している。5つのパッド33は、平面略矩形状の半導体素子30において、Y方向の一端側にまとめて形成されるとともに、X方向に並んで形成されている。

20

【0026】

半導体装置10は、2つの半導体素子30を備えている。具体的には、上アーム6Hを構成する半導体素子30Hと、下アーム6Lを構成する半導体素子30Lを備えている。半導体素子30H、30Lは、互いに同様の構成を有している。半導体素子30H、30Lは、X方向に並んでいる。半導体素子30H、30Lは、Z方向において互いにほぼ同じ位置に配置されている。

30

【0027】

ヒートシンク40は、Z方向において半導体素子30の裏面側に配置され、はんだ80を介して、コレクタ電極32と電氣的に接続された配線部材である。はんだ80は、ヒートシンク40とコレクタ電極32とを接続(接合)している。ヒートシンク40が裏側配線部材に相当し、はんだ80が裏側接合部材に相当する。ヒートシンク40は、半導体素子30との対向面である実装面40aと、実装面40aとは反対の面である裏面40bを有している。ヒートシンク40の実装面40aと半導体素子30のコレクタ電極32との間にはんだ80が介在し、はんだ接合部が形成されている。

40

【0028】

ヒートシンク40は、半導体素子30の熱を外部に放熱する。ヒートシンク40としては、たとえばCu、Cu合金などを材料とする金属板、DBC(Direct Bonded Copper)基板などを採用することができる。表面に、NiやAuなどのめっき膜を備えてもよい。本実施形態において、ヒートシンク40は、Cuを材料とする金属板である。ヒートシンク40は、放熱部材、導電部材、リードフレームと称されることがある。半導体装置10は、2つのヒートシンク40を備えている。具体的には、上アーム6Hを構成するヒートシンク40Hと、下アーム6Lを構成するヒートシンク40Lを備えている。

【0029】

50

図 6 に示すように、ヒートシンク 40 H、40 L は、平面略矩形状をなしている。ヒートシンク 40 H、40 L は、X 方向に並んでいる。図 3 および図 4 に示すように、ヒートシンク 40 H、40 L は、互いにほぼ同じ厚みを有し、Z 方向において互いにほぼ同じ位置に配置されている。ヒートシンク 40 H の実装面 40 a と半導体素子 30 H のコレクタ電極 32 との間、および、ヒートシンク 40 L の実装面 40 a と半導体素子 30 L のコレクタ電極 32 との間のそれぞれに、はんだ接合部が形成されている。

【0030】

ヒートシンク 40 H、40 L は、Z 方向からの平面視において、対応する半導体素子 30 を内包している。ヒートシンク 40 H、40 L の裏面 40 b は、封止樹脂体 20 から露出している。裏面 40 b は、放熱面、露出面と称されることがある。裏面 40 b は、封止樹脂体 20 の裏面 20 b と略面一である。ヒートシンク 40 H、40 L の裏面 40 b は、X 方向に並んでいる。

10

【0031】

ヒートシンク 50 およびターミナル 55 は、Z 方向において半導体素子 30 の表面側に配置され、はんだ 81、82 を介して、エミッタ電極 31 と電氣的に接続された配線部材である。ターミナル 55 は、Z 方向において半導体素子 30 とヒートシンク 50 との間に介在している。はんだ 81 は、ターミナル 55 とエミッタ電極 31 とを接続（接合）している。はんだ 82 は、ヒートシンク 50 とターミナル 55 とを接続（接合）している。

【0032】

ターミナル 55 は、半導体素子 30 との対向面である第 1 端面 55 a と、第 1 端面 55 a とは反対の面である第 2 端面 55 b を有している。ヒートシンク 50 は、第 2 端面 55 b との対向面である実装面 50 a と、実装面 50 a とは反対の面である裏面 50 b を有している。実装面 50 a は、ヒートシンク 50 において半導体素子 30 側の面である。ターミナル 55 の第 1 端面 55 a と半導体素子 30 のエミッタ電極 31 との間にはんだ 81 が介在し、はんだ接合部が形成されている。ターミナル 55 の第 2 端面 55 b とヒートシンク 50 の実装面 50 a との間にはんだ 82 が介在し、はんだ接合部が形成されている。ヒートシンク 50 およびターミナル 55 が、表側配線部材に相当する。はんだ 81 が、表側接合部材に相当する。

20

【0033】

ターミナル 55 は、半導体素子 30（エミッタ電極 31）とヒートシンク 50 との電気伝導、熱伝導経路の途中に位置する。ターミナル 55 は、Cu、Cu 合金などの金属材料を含んでいる。表面に、めっき膜を備えてもよい。ターミナル 55 H、55 L は、平面視においてエミッタ電極 31 とほぼ同じ大きさを有する平面略矩形状の柱状体である。ターミナル 55 は、金属ブロック体、中継部材と称されることがある。半導体装置 10 は、2 つのターミナル 55 を備えている。具体的には、上アーム 6 H を構成するターミナル 55 H と、下アーム 6 L を構成するターミナル 55 L を備えている。ターミナル 55 H の第 1 端面 55 a と半導体素子 30 H のエミッタ電極 31 との間、および、ターミナル 55 L の第 1 端面 55 a と半導体素子 30 L のエミッタ電極 31 との間に、はんだ接合部がそれぞれ形成されている。

30

【0034】

ヒートシンク 50 は、半導体素子 30 の熱を外部に放熱する。ヒートシンク 50 は、ヒートシンク 40 と同様の構成を有している。本実施形態において、ヒートシンク 50 は、Cu を材料とする金属板である。半導体装置 10 は、2 つのヒートシンク 50 を備えている。具体的には、上アーム 6 H を構成するヒートシンク 50 H と、下アーム 6 L を構成するヒートシンク 50 L を備えている。

40

【0035】

図 5 に示すように、ヒートシンク 50 H、50 L は、平面略矩形状をなしている。ヒートシンク 50 H、50 L は、X 方向に並んでいる。図 3 および図 4 に示すように、ヒートシンク 50 H、50 L は、互いにほぼ同じ厚みを有し、Z 方向において互いにほぼ同じ位置に配置されている。ヒートシンク 50 H の実装面 50 a とターミナル 55 H の第 2 端面

50

５５ｂとの間、および、ヒートシンク５０Ｌの実装面５０ａとターミナル５５Ｌの第２端面５５ｂとの間のそれぞれに、はんだ接合部が形成されている。

【００３６】

ヒートシンク５０Ｈ、５０Ｌは、Ｚ方向からの平面視において、対応する半導体素子３０およびターミナル５５を内包している。ヒートシンク５０Ｈ、５０Ｌの実装面５０ａには、溢れたはんだ８２を収容する溝５１が形成されている。溝５１は、実装面５０ａにおいてははんだ接合部を取り囲んでいる。溝５１は、たとえば環状に形成されている。ヒートシンク５０Ｈ、５０Ｌの裏面５０ｂは、封止樹脂体２０から露出している。裏面５０ｂは、放熱面、露出面と称されることがある。裏面５０ｂは、封止樹脂体２０の表面２０ａと略面一である。ヒートシンク５０Ｈ、５０Ｌの裏面５０ｂは、Ｘ方向に並んでいる。

10

【００３７】

継手部６０～６２は、上下アーム回路６を構成する要素間をつないでいる。継手部は、半導体装置１０を構成する要素間をつないでいる。図３および図６に示すように、継手部６０は、ヒートシンク４０Ｌに連なっている。継手部６０の厚みは、ヒートシンク４０Ｌよりも薄い。継手部６０は、ヒートシンク４０Ｌの実装面４０ａと略面一の状態、ヒートシンク４０Ｈとの対向面（側面）に連なっている。継手部６０は、２つの屈曲部を有することで、ＺＸ平面において略クランク状をなしている。継手部６０は、封止樹脂体２０によって覆われている。継手部６０は、ヒートシンク４０Ｌに対して一体的に設けられることで連なってもよいし、別部材として設けられ、接続により連なってもよい。本実施形態において、継手部６０は、リードフレームの一部として、ヒートシンク４０Ｌと一体的に設けられている。

20

【００３８】

図３および図５に示すように、継手部６１、６２は、対応するヒートシンク５０に連なっている。継手部６１は、ヒートシンク５０Ｈに連なっている。継手部６２は、ヒートシンク５０Ｌに連なっている。継手部６１、６２の厚みは、対応するヒートシンク５０よりも薄い。継手部６１、６２は、封止樹脂体２０によって覆われている。継手部６１、６２は、ヒートシンク５０に対して一体的に設けられることで連なってもよいし、別部材として設けられ、接続により連なってもよい。本実施形態において、継手部６１、６２は、対応するヒートシンク５０Ｈ、５０Ｌに対して一体的に設けられている。継手部６１、６２は、２つのヒートシンク５０Ｈ、５０Ｌにおいて、互いに対向する側面からＸ方向に延設されている。

30

【００３９】

継手部６１を含むヒートシンク５０Ｈと、継手部６２を含むヒートシンク５０Ｌとが共通部材となっている。継手部６１を含むヒートシンク５０Ｈと、継手部６２を含むヒートシンク５０Ｌとの配置は、Ｚ軸を回転軸とする２回対称となっている。継手部６０と継手部６１との対向面間にはんだ８３が介在し、はんだ接合部が形成されている。

【００４０】

継手部６１の接合面には、溢れたはんだ８３を収容する溝６３が形成されている。溝６３は、はんだ接合部を取り囲むように環状に形成されている。同様に、継手部６２の接合面にも、溢れたはんだを収容する溝６３が形成されている。本実施形態において、溝６３がプレス加工により形成されている。このため、継手部６１、６２は、溝６３の裏面側に凸部６４を有している。

40

【００４１】

主端子７０～７２および信号端子７５は、外部接続端子である。主端子７０、７１は、電源端子である。主端子７０は、平滑コンデンサ４の正極端子と電氣的に接続される。主端子７１は、平滑コンデンサ４の負極端子と電氣的に接続される。このため、主端子７０はＰ端子、主端子７１はＮ端子と称されることがある。

【００４２】

図５および図６に示すように、主端子７０は、ヒートシンク４０ＨにおけるＹ方向の一端に連なっている。主端子７０の厚みは、ヒートシンク４０Ｈよりも薄い。主端子７０は

50

、実装面 40a と略面一でヒートシンク 40H に連なっている。主端子 70 は、ヒートシンク 40H から Y 方向に延設され、封止樹脂体 20 の側面 20c から外部に突出している。主端子 70 は、封止樹脂体 20 により覆われる部分の途中に屈曲部を有し、側面 20c において Z 方向の中央付近から突出している。

【0043】

図 4 および図 5 に示すように、主端子 71 は、継手部 62 に接続されている。主端子 71 と継手部 62 との対向面間にはんだ 84 が介在し、はんだ接合部が形成されている。主端子 71 は、Y 方向に延設されて、主端子 70 と同じ側面 20c から封止樹脂体 20 の外に突出している。主端子 71 は、Y 方向の一端付近に継手部 62 との接続部 71a を有している。主端子 71 のうち、接続部 71a を含む一部分が封止樹脂体 20 により覆われ、残りの部分が封止樹脂体 20 から突出している。接続部 71a は、封止樹脂体 20 から突出した部分よりも板厚が厚い。接続部 71a の板厚は、たとえばヒートシンク 40 とほぼ同じ厚みである。主端子 71 も、主端子同様に屈曲部を有し、側面 20c において Z 方向の中央付近から突出している。

【0044】

主端子 72 は、上アーム 6H と下アーム 6L との接続点に接続されている。主端子 72 は、モータジェネレータ 3 の対応する相の巻線（固定子コイル）と電氣的に接続される。主端子 72 は、出力端子、交流端子、O 端子とも称される。主端子 72 は、ヒートシンク 40L における Y 方向の一端に連なっている。主端子 72 の厚みは、ヒートシンク 40L よりも薄い。主端子 72 は、実装面 40a と略面一でヒートシンク 40L に連なっている。主端子 72 は、ヒートシンク 40L から Y 方向に延設され、主端子 70 と同じ側面 20c から封止樹脂体 20 の外に突出している。主端子 72 も、主端子 71 同様に屈曲部を有し、側面 20c において Z 方向の中央付近から突出している。3 本の主端子 70 ~ 72 は、X 方向において主端子 70、主端子 71、主端子 72 の順に配置されている。

【0045】

信号端子 75 は、対応する半導体素子 30 のパッド 33 に電氣的に接続されている。本実施形態では、ボンディングワイヤ 87 を介して電氣的に接続されている。信号端子 75 は、Y 方向に延設されており、封止樹脂体 20 の側面 20d から外部に突出している。側面 20d は、Y 方向において側面 20c とは反対の面である。本実施形態では、ひとつの半導体素子 30 に対して 5 本の信号端子 75 が設けられている。

【0046】

なお、図 2、図 5、および図 6 に示す符号 88 は、吊りリードである。ヒートシンク 40（40H、40L）と、継手部 60 と、主端子 70 ~ 72 と、信号端子 75 は、共通部材であるリードフレームに構成されている。このリードフレームは部分的に厚みが異なる異形条である。信号端子 75 は、カット前の状態で、タイバーを介して吊りリード 88 に接続される。タイバーなど、リードフレームの不要部分は、封止樹脂体 20 の成形後にカット（除去）されている。

【0047】

上記したように、半導体装置 10 では、封止樹脂体 20 によって一相分の上下アーム回路 6 を構成する複数の半導体素子 30 が封止されている。封止樹脂体 20 は、複数の半導体素子 30、ヒートシンク 40 それぞれの一部、ヒートシンク 50 それぞれの一部、ターミナル 55、継手部 60 ~ 62、主端子 70 ~ 72 および信号端子 75 それぞれの一部を、一体的に封止している。

【0048】

Z 方向において、ヒートシンク 40、50 の間に、半導体素子 30 が配置されている。これにより、半導体素子 30 の熱を、Z 方向において両側に放熱することができる。半導体装置 10 は、両面放熱構造をなしている。ヒートシンク 40 の裏面 40b は、封止樹脂体 20 の裏面 20b と略面一となっている。ヒートシンク 50 の裏面 50b は、封止樹脂体 20 の表面 20a と略面一となっている。裏面 40b、50b が露出面であるため、放熱性を高めることができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 9 】

< ワイヤ片 >

次に、図 7 ~ 図 9 に基づき、ワイヤ片について説明する。図 7 は、図 6 において上アーム 6 H 側の半導体素子 3 0 H 周辺を拡大した平面図である。図 7 は、半導体素子とワイヤ片との位置関係を示している。図 7 では、便宜上、ターミナル 5 5 H、はんだ 8 1、エミッタ電極 3 1、パッド 3 3、およびボンディングワイヤ 8 7 を省略して図示している。図 8 は、ワイヤ片の配置を示す斜視図である。図 9 は、図 7 の I X - I X 線に沿う断面図である。

【 0 0 5 0 】

図 7 ~ 図 9 に示すように、半導体装置 1 0 は、ワイヤ片 9 0 をさらに備えている。ワイヤ片 9 0 は、主電極と配線部材とを電氣的に接続するはんだ接合部の少なくともひとつに設けられている。ワイヤ片 9 0 は、はんだ内に配置されている。ひとつ（単一）のはんだに対して、複数のワイヤ片 9 0 が分散配置されている。複数のワイヤ片 9 0 は、はんだ接合部を構成する対向面のひとつである第 1 対向面に固定（接合）され、対向面の他のひとつである第 2 対向面に向けて突起している。

【 0 0 5 1 】

ワイヤ片 9 0 は、はんだの最低膜厚を確保すべく、所定高さを有している。複数のワイヤ片 9 0 が第 2 対向面に接触した状態においても、第 1 対向面と第 2 対向面との最短距離が最低膜厚以上となるように、ワイヤ片 9 0 の高さが設定されている。最低膜厚とは、所望の接続信頼性を確保するために必要な最低限の厚みである。ワイヤ片 9 0 の高さは、たとえば最低膜厚にマージンを加味した値である。ワイヤ片 9 0 は、ボンディングワイヤの小片部である。ワイヤ片 9 0 は、突起部、スタッドボンディングと称されることがある。

【 0 0 5 2 】

本実施形態では、複数のワイヤ片 9 0 が、半導体素子 3 0 H のコレクタ電極 3 2 とヒートシンク 4 0 H の実装面 4 0 a との間のはんだ 8 0 に配置されている。複数のワイヤ片 9 0 は、そのすべてがヒートシンク 4 0 H の実装面 4 0 a に固定（接合）されており、半導体素子 3 0 H の裏面、すなわちコレクタ電極 3 2 上には固定されていない。ヒートシンク 4 0 H の実装面 4 0 a が第 1 対向面に相当し、半導体素子 3 0 H の裏面が第 2 対向面に相当する。実装面 4 0 a には、複数のワイヤ片 9 0 が固定されている。ワイヤ片 9 0 は、アルミニウムやアルミニウム合金を材料とするボンディングワイヤの小片部である。実装面 4 0 a に固定されたすべてのワイヤ片 9 0 が、はんだ 8 0 内に配置されている。

【 0 0 5 3 】

はんだ 8 0 は、平面視において、半導体素子 3 0 H の中央部分と重なる中央領域 8 0 a と、中央領域 8 0 a を取り囲む外周領域 8 0 b を有している。半導体素子 3 0 H の中央部分は、素子中心 3 0 c とその周囲部分である。半導体素子 3 0 H は、中央部分を取り囲む外周部分を有している。外周部分は、たとえば平面矩形形状の 4 辺のそれぞれから所定範囲の部分である。たとえば中央部分は素子が形成されたアクティブ領域であり、外周部分はアクティブ領域を取り囲む外周耐圧領域である。外周領域 8 0 b は、半導体素子 3 0 H の外周部分と重なる部分を含んでいる。中央領域 8 0 a および外周領域 8 0 b のそれぞれに、複数のワイヤ片 9 0 が配置されている。

【 0 0 5 4 】

実装面 4 0 a に固定されたワイヤ片 9 0 の一部である複数のワイヤ片 9 0 a は、平面視において素子中心 3 0 c を取り囲むように、中央領域 8 0 a に配置されている。図 7 に示す中心線 C L は、素子中心 3 0 c を通り、Z 方向に延びる仮想線である。中央領域 8 0 a のワイヤ片 9 0 a は、この中心線 C L を取り囲んでいる。素子中心 3 0 c を取り囲むために、中央領域 8 0 a には 3 つ以上のワイヤ片 9 0 a が配置されている。本実施形態では、中央領域 8 0 a に 3 つのワイヤ片 9 0 a が配置されている。3 つのワイヤ片 9 0 a は、素子中心 3 0 c に対して 3 回対称の位置関係となっている。

【 0 0 5 5 】

実装面 4 0 a に固定されたワイヤ片 9 0 の他の一部である複数のワイヤ片 9 0 b は、平面視において素子中心 3 0 c を取り囲むように、外周領域 8 0 b に配置されている。複数

10

20

30

40

50

のワイヤ片 90b は、少なくとも平面矩形状をなす半導体素子 30H の四隅のそれぞれに対応して配置されている。このため、外周領域 80b には、4 つ以上のワイヤ片 90b が配置されている。本実施形態では、外周領域 80b に 4 つのワイヤ片 90b が配置されている。ワイヤ片 90b は、半導体素子 30H の四隅と重なる部分に配置されている。なお、四隅とは、平面矩形状の 4 つの角（頂点）を指すのではなく、頂点を含む所定範囲の部分（角周辺の部分）である。

【0056】

なお、下アーム 6L 側も同様の構成を有している。すなわち、半導体素子 30L のコレクタ電極 32 とヒートシンク 40L の実装面 40a との間のはんだ 80 に、複数のワイヤ片 90 が配置されている。複数のワイヤ片 90 は、実装面 40a に固定されている。このため、説明を省略する。

【0057】

< 半導体装置の製造方法 >

次に、上記した半導体装置 10 の製造方法について説明する。本実施形態では、ソルダダイボンド法を用いて、半導体装置 10 を形成する。

【0058】

まず、ワイヤ片 90 を形成する。リードフレームにおけるヒートシンク 40 の実装面 40a に、アルミニウム系のボンディングワイヤを超音波接合する。ボンディングワイヤは通常、2 つの部分を電氣的に接続すべく、1st ボンド部と 2nd ボンド部を有する。ここでは、1st ボンド部を形成した時点でワイヤをカットし、ワイヤ片 90 とする。

【0059】

次いで、溶融はんだを塗布して積層体を形成する。まず、実装面 40a 上に溶融はんだ（はんだ 80）を塗布し、コレクタ電極 32 が実装面 40a 側となるように、溶融はんだ上に半導体素子 30 を配置する。次いで、半導体素子 30 のエミッタ電極 31 上に溶融はんだ（はんだ 81）を塗布し、第 1 端面 55a が半導体素子 30 側となるように、溶融はんだ上にターミナル 55 を配置する。さらにターミナル 55 の第 2 端面 55b 上に溶融はんだ（はんだ 82）を塗布する。また、継手部 60 および接続部 71a 上にも溶融はんだ（はんだ 83、84）を塗布する。溶融はんだは、たとえば転写法を用いて塗布することができる。塗布した溶融はんだが固化（凝固）することで、ヒートシンク 40、半導体素子 30、およびターミナル 55 の積層体を得られる。

【0060】

すべてののはんだ 80 ~ 84 を一括で固化（凝固）させてもよいし、積層順に固化（凝固）させてもよい。一括で行うことで、製造工程を簡素化（たとえば製造時間を短縮）することができる。ボンディングワイヤ 87 の接続は、積層体の状態で行ってもよいし、はんだ 80 が固化した状態で、はんだ 81 を塗布する前に行ってもよい。すべてののはんだ 80 ~ 84 の塗布が完了した積層体の状態でのボンディングのほうが、塗布装置の接触等による不良を抑制できるため好ましい。

【0061】

両面放熱構造の半導体装置 10 は、たとえば図示しない冷却器によって Z 方向の両面側から挟まれる。よって、Z 方向において表面の高い平行度と表面間の高い寸法精度が求められる。このため、はんだ 82 については、半導体装置 10 の高さばらつきを吸収可能な量を配置する。すなわち、多めのはんだ 82 を配置する。たとえば、はんだ 82 は、はんだ 80、81 よりも厚くなる。

【0062】

次いで、実装面 50a が上になるように、ヒートシンク 50 を図示しない台座上に配置する。そして、はんだ 82 がヒートシンク 50 の実装面 50a と対向するように、積層体をヒートシンク 50 上に配置し、リフローを実施する。リフローでは、ヒートシンク 40 側から Z 方向に荷重（白抜き矢印）を加えることで、半導体装置 10 の高さが所定高さとなるようにする。詳しくは、荷重を加えることで、図示しないスペーサを、ヒートシンク 40 の実装面 40a と台座の載置面との両方に接触させる。このようにして、半導体装置

10の高さが所定高さとなるようにする。

【0063】

リフローにより、はんだ82を介して、ターミナル55とヒートシンク50が接続（接合）される。すなわち、エミッタ電極31とヒートシンク50とが電氣的に接続される。はんだ82は、半導体装置10を構成する要素の寸法公差や組み付け公差による高さばらつきを吸収する。たとえば、半導体装置10の高さを所定高さにするために、はんだ82の全量が必要な場合には、はんだ82の全量が溝51よりも内側の接続領域に留まる。一方、所定高さにするために、はんだ82の一部が溢れた場合、溢れたはんだ82は溝51内に収容される。はんだ83、84についても同様であるため、説明を省略する。

【0064】

次いで、トランスファモールド法により封止樹脂体20の成形を行う。図示を省略するが、本実施形態では、ヒートシンク40、50が完全に被覆されるように封止樹脂体20を成形し、成形後に切削を行う。封止樹脂体20をヒートシンク40、50の一部ごと切削する。これにより、裏面40b、50bを露出させる。裏面40bは裏面20bと略面一となり、裏面50bは表面20aと略面一となる。なお、裏面40b、50bを成形金型のキャビティ壁面に押し当て、密着させた状態で、封止樹脂体20を成形してもよい。この場合、封止樹脂体20を成形した時点で、裏面40b、50bが封止樹脂体20から露出する。このため、成形後の切削が不要となる。

【0065】

次いで、図示しないタイバーなどを除去することで、半導体装置10を得ることができる。

【0066】

なお、積層体を形成後に、ヒートシンク50を配置し、リフローを実施する例を示したが、これに限定されない。ターミナル55の第2端面55b上に溶融はんだ（はんだ82）を塗布した後、溶融はんだ上にヒートシンク50を配置してもよい。また、すべてのはんだ80～84を一括で固化（凝固）させ、ヒートシンク50まで含む積層体を一括で形成してもよい。すなわち、リフローを実施せずに、半導体装置10を得ることもできる。

【0067】

<第1実施形態のまとめ>

ヒートシンク40を、種々（複数品番）の半導体素子30に対する共通部品とすることで、部品点数の削減、コストの低減等を図ることがある。半導体素子30は、表面にエミッタ電極31を有し、裏面にコレクタ電極32を有しており、エミッタ電極31とコレクタ電極32の面積が異なる。このような構成では、膜厚、成膜方法、チップサイズ、電極面積等により、品種によって異なる方向に反りが生じ得る。たとえば、ある品種ではヒートシンク40側に凸、すなわち下に凸の反りを生じ、別の品種ではヒートシンク40とは反対側に凸、すなわち上に凸の反りを生じる。同等の素子サイズ（チップサイズ）でも、たとえば成膜方法（膜構成）が異なることで、反りの方向が異なることがある。さらには、製造条件のばらつきにより、同一品種において反りの方向が異なることがある。

【0068】

これに対し、本実施形態では、半導体素子30のコレクタ電極32とヒートシンク40との間のはんだ接合部に、複数のワイヤ片90を設けている。ワイヤ片90は、第1対向面であるヒートシンク40の実装面40aに固定されており、第2対向面である半導体素子30の裏面側に突起している。はんだ80の中央領域80aには、素子中心30cを取り囲むように3つ以上のワイヤ片90aが配置されている。はんだ80の外周領域80bには、少なくとも半導体素子30の四隅のそれぞれに対応するように、4つ以上のワイヤ片90bが配置されている。

【0069】

よって、図10に示すように、半導体素子30が下に凸の反りを生じている場合、素子中心30cを取り囲むように配置されたワイヤ片90aにより、はんだ80の最低膜厚を確保することができる。たとえば、素子中心30cを取り囲むように配置された3つ以上

10

20

30

40

50

のワイヤ片 90 a により半導体素子 30 を支持することができる。これにより半導体素子 30 の傾きを抑制し、全面において最低膜厚を確保することができる。

【0070】

また、半導体素子 30 が上に凸の反りを生じている場合、少なくとも半導体素子 30 の四隅に対応して配置されたワイヤ片 90 b により、はんだ 80 の最低膜厚を確保することができる。たとえば、少なくとも四隅に配置されたワイヤ片 90 b により半導体素子 30 を支持することができる。これにより半導体素子 30 の傾きを抑制し、全面において最低膜厚を確保することができる。このように、ワイヤ片 90 がコレクタ電極 32 に接触する場合でも、ワイヤ片 90 の高さによってはんだ 80 の最低膜厚を確保することができる。

【0071】

さらに、ワイヤ片 90 は、ヒートシンク 40 に固定されている。すなわち、はんだの溶融炉内に投入し、溶融はんだとともに塗布するものではない。ワイヤ片 90 は、溶融はんだが塗布されても、その形状を維持できる。

【0072】

以上より、半導体素子 30 に下に凸、上に凸のいずれの反りが生じても、はんだ 80 の膜厚を保証することができる。種々の半導体素子 30 を用いても、はんだ 80 の膜厚を保証することができる。これにより、信頼性の高い半導体装置 10 を提供することができる。また、はんだ厚を確保できるため超音波探傷装置 (SAT: Scanning Acoustic Tomograph) によるボイドの検出精度を高めることもできる。さらに、Ni ボールを用いる方法に較べて、コストを低減することもできる。なお、図 10 では、便宜上、はんだ 80 を省略して図示している。

【0073】

ワイヤ片 90 を、ヒートシンク 40 の実装面 40 a に固定する例を示したがこれに限定されない。ワイヤ片 90 を、半導体素子 30 のコレクタ電極 32 に固定してもよい。すなわち、半導体素子 30 の裏面を第 1 対向面としてもよい。しかしながら、ワイヤ片 90 をヒートシンク 40 (裏側配線部材) に固定する構造のほうが、ワイヤ片 90 を接合する際の影響が小さいため、好ましい。

【0074】

ワイヤ片 90 の個数および配置は、上記した例に限定されない。半導体素子 30 の反りに応じて、中央領域 80 a のみにワイヤ片 90 を配置してもよいし、外周領域 80 b のみにワイヤ片 90 を配置してもよい。また、中央領域 80 a に、素子中心 30 c を取り囲むように 4 つ以上のワイヤ片 90 a を配置してもよい。また、外周領域 80 b において、四隅とともに、四隅以外の部分にもワイヤ片 90 b を配置してもよい。すなわち、素子中心 30 c を取り囲むように 5 つ以上のワイヤ片 90 b を配置してもよい。ワイヤ片 90 の位置を、半導体素子 30 の大きさ (サイズ) に合わせて、ワイヤ片 90 を設ける際に調整してもよい。

【0075】

半導体装置 10 の構成は、上記した例に限定されない。たとえばターミナル 55 を備えない構成としてもよい。この場合、エミッタ電極 31 とヒートシンク 50 の実装面 50 a とを接続すればよい。ヒートシンク 50 の実装面 50 a に凸部を設け、凸部の先端とエミッタ電極 31 との間に、はんだ接合部を形成してもよい。

【0076】

表側配線部材、すなわちターミナル 55 およびヒートシンク 50 を備えない構成にも適用が可能である。たとえばエミッタ電極 31 にボンディングワイヤを接続し、上アーム 6 H と下アーム 6 L との接続、主端子との接続を行ってもよい。ワイヤ片 90 を、上アーム 6 H 側のはんだ 80 および下アーム 6 L 側のはんだ 80 の一方のみに設けてもよい。

【0077】

(第 2 実施形態)

この実施形態は、先行する実施形態を基礎的形態とする変形例であり、先行実施形態の記載を援用できる。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 8 】

先行実施形態に示したように、半導体装置 1 0 において、ワイヤ片 9 0 は第 2 対向面に接触していてもよいし、非接触でもよい。好ましくは、図 1 1 に示すように、ワイヤ片 9 0 を第 2 対向面であるコレクタ電極 3 2 に対して非接触するとよい。図 1 1 は、本実施形態の半導体装置 1 0 において、半導体素子とヒートシンクとの接続部周辺を示す断面図である。図 1 1 は、図 9 に対応している。図 1 1 では、便宜上、半導体素子 3 0 の表面側の電極を省略して図示している。半導体装置 1 0 の構成は、たとえば第 1 実施形態と同様である。図 1 1 に示す構成は、上アーム 6 H 側と下アーム 6 L 側とで同じである。

【 0 0 7 9 】

ワイヤ片 9 0 は、ヒートシンク 4 0 の実装面 4 0 a に固定され、はんだ 8 0 内に配置されている。はんだ 8 0 による接合部において、実装面 4 0 a が第 1 対向面をなし、コレクタ電極 3 2 の表面が第 2 対向面をなしている。そして、実装面 4 0 a を基準とするワイヤ片 9 0 の突起高さ H 1 が、はんだ 8 0 の厚み T 1 未満となっている。ワイヤ片 9 0 は、コレクタ電極 3 2 に接触しておらず、コレクタ電極 3 2 との間には間隙がある。突起高さ H 1 は、上記したように最低膜厚を確保できる高さである。突起高さ H 1 は、たとえば 5 0 ~ 1 0 0 μm 程度である。はんだ 8 0 の狙い値は、たとえば 1 5 0 μm 程度である。

【 0 0 8 0 】

< 第 2 実施形態のまとめ >

本実施形態によれば、ワイヤ片 9 0 の突起高さ H 1 がはんだ 8 0 の厚み T 1 未満である。よって、半導体装置 1 0 の形成時において、ワイヤ片 9 0 が第 2 対向面に接触しない。接触によるワイヤ片 9 0 の潰れを抑制し、ひいては、所定のはんだ厚を確保することができる。

【 0 0 8 1 】

また、本実施形態では、主電極が第 2 対向面となっている。すなわち主電極と対向する面にワイヤ片 9 0 が固定されている。このため、突起高さ H 1 がはんだ 8 0 の厚み T 1 未満との条件を満たすことで、ワイヤ片 9 0 がコレクタ電極 3 2 に接触し、コレクタ電極 3 2 を傷つけるのを抑制することもできる。

【 0 0 8 2 】

上記した関係を、第 1 実施形態の構成に適用する例を示したが、これに限定されない。たとえば、はんだ 8 0 に配置されるワイヤ片 9 0 の個数が、第 1 実施形態とは異なる個数（たとえば総数 3 個）の構成にも適用することができる。なお、はんだ 8 0 内に配置するワイヤ片 9 0 は、複数、好ましくは 3 つ以上とするとよい。より好ましくは第 1 実施形態に記載の構成である。

【 0 0 8 3 】

また、はんだ 8 0 内のワイヤ片 9 0 に限定されない。ワイヤ片 9 0 が配置されるはんだであれば適用が可能である。特に主電極のはんだ接合部に好適である。たとえば、はんだ 8 1 内にワイヤ片 9 0 を設け、ターミナル 5 5 にワイヤ片 9 0 を固定する構成に適用すると、所定のはんだ厚を確保するとともに、エミッタ電極 3 1 を傷つけるのを抑制することができる。なお、上記した関係を、上アーム 6 H 側および下アーム 6 L 側の一方のみで満たすようにしてもよい。

【 0 0 8 4 】

（第 3 実施形態）

この実施形態は、先行する実施形態を基礎的形態とする変形例であり、先行実施形態の記載を援用できる。

【 0 0 8 5 】

本実施形態において、ワイヤ片 9 0 は、図 1 2 に示すように外周領域 8 0 b のみに配置されている。図 1 2 は、本実施形態の半導体装置 1 0 において、半導体素子 3 0 とワイヤ片 9 0 との位置関係を示す平面図である。図 1 2 は、図 7 に対応している。ワイヤ片 9 0 は、外周領域 8 0 b において、少なくとも半導体素子 3 0 の四隅のそれぞれに対応する位置に配置されている。図 1 2 では、ワイヤ片 9 0 が、四隅のみに配置されている。ワイヤ

片 9 0 は、中央領域 8 0 a には配置されていない。図 1 2 に示す構成は、上アーム 6 H 側と下アーム 6 L 側とで同じである。

【 0 0 8 6 】

図示を省略するが、半導体素子 3 0 のエミッタ電極 3 1 は、A l S i などの A l 系材料を用いて半導体基板の表面上に形成された下地電極部と、下地電極部上に形成された接続電極部を有している。下地電極部は、たとえばスパッタ法により形成されている。接続電極部は、めっき法により形成されている。接続電極部は、たとえば下地電極部上に形成された N i 層と、N i 層上に形成された A u 層を含む。コレクタ電極 3 2 は、スパッタ法により形成されている。コレクタ電極 3 2 は、A l S i などの A l 系材料を用いて半導体基板の裏面上に形成された A l 層と、A l 層上に形成された N i 層を含む。めっき法を用いるエミッタ電極 3 1 のほうがコレクタ電極 3 2 よりも厚い。

10

【 0 0 8 7 】

< 第 3 実施形態のまとめ >

図 1 3 は、図 1 2 の X I I I - X I I I 線に沿う断面図であり、半導体素子 3 0 とヒートシンク 4 0 との接続構造を示している。上記した電極構成において、半導体素子 3 0 は、図 1 3 に示すように下に凸の反りを生じうる。本実施形態では、はんだ 8 0 の最低膜厚を確保するように、はんだ 8 0 の供給量が設定されている。はんだ 8 0 は、半導体素子 3 0 (コレクタ電極 3 2) とヒートシンク 4 0 との接合部を濡れ拡がった状態で、最低膜厚以上の所定の厚みを確保できるように供給される。図 1 3 に示すように、半導体素子 3 0 は、はんだ 8 0 に支持され、ワイヤ片 9 0 に対して非接触である。はんだ付け時において、半導体素子 3 0 は、溶融はんだに浮いている。はんだ 8 0 は、半導体素子 3 0 の凸先端、つまり素子中心と、ヒートシンク 4 0 との間のはんだ厚が最低膜厚を確保できるように、供給されている。図 1 3 は、ヒートシンク 4 0 に対する半導体素子 3 0 の配置に傾きのない理想的な状態を示している。

20

【 0 0 8 8 】

図 1 4 は、半導体素子 3 0 が傾いて配置されたときの断面図である。図 1 4 に示すように、下に凸の反りを生じた半導体素子 3 0 が傾いて配置された場合、半導体素子 3 0 は、複数のワイヤ片 9 0 の一部に接触する。ワイヤ片 9 0 が半導体素子 3 0 を支持することで、はんだ 8 0 の最低膜厚が確保される。ワイヤ片 9 0 は、反りが生じた半導体素子 3 0 が傾いて配置された場合に、はんだ 8 0 の最低膜厚を確保できる高さを有している。ワイヤ片 9 0 を外周領域 8 0 b の少なくとも四隅に配置しているため、半導体素子 3 0 がいずれの方向に傾いても、ワイヤ片 9 0 の少なくともひとつにより支持することができる。以上より、本実施形態の半導体装置 1 0 によれば、半導体素子 3 0 に下に凸の反りが生じて、はんだ 8 0 の膜厚を保証することができる。これにより、信頼性 (接続信頼性) の高い半導体装置 1 0 を提供することができる。

30

【 0 0 8 9 】

半導体素子 3 0 が下に凸の反りを生じる電極構成は、上記した例に限定されない。

【 0 0 9 0 】

外周領域 8 0 b において、四隅とともに、四隅以外の部分にもワイヤ片 9 0 を配置してもよい。すなわち、素子中心 3 0 c を取り囲むように 5 つ以上のワイヤ片 9 0 b を配置してもよい。

40

【 0 0 9 1 】

(第 4 実施形態)

この実施形態は、先行する実施形態を基礎的形態とする変形例であり、先行実施形態の記載を援用できる。

【 0 0 9 2 】

ワイヤ片 9 0 の延設方向は、第 1 対向面において特に制限されない。任意の方向に延設することができる。好ましくは、図 1 5 に示す所定の方向に、ワイヤ片 9 0 を延設するのとよい。図 1 5 は、本実施形態の半導体装置 1 0 において、半導体素子とヒートシンクとの接続部周辺を示す平面図である。図 1 5 は、図 7 に対応している。図 1 5 では、ワイヤ

50

片 9 0 の明確化のため、半導体素子 3 0 を一点鎖線で示し、ワイヤ片 9 0 を実線で示している。半導体装置 1 0 の構成は、たとえば第 1 実施形態と同様である。図 1 5 に示す構成は、上アーム 6 H 側と下アーム 6 L 側とで同じである。

【 0 0 9 3 】

ワイヤ片 9 0 は、ヒートシンク 4 0 の実装面 4 0 a に固定されている。ワイヤ片 9 0 の個数および配置は、第 1 実施形態（図 7 参照）と同様である。本実施形態では、ワイヤ片 9 0 が、平面視において素子中心 3 0 c に向けて延びている。すなわち、ワイヤ片 9 0 の延設方向（長手方向）が、該ワイヤ片 9 0 と素子中心 3 0 c とを結ぶ仮想線に略平行である。ワイヤ片 9 0 は、この仮想線に沿って延びている。ワイヤ片 9 0 のうち、はんだ 8 0 の中央領域 8 0 a に配置された 3 つのワイヤ片 9 0 a は、いずれも素子中心 3 0 c に向けて延びている。はんだ 8 0 の外周領域 8 0 b に配置された 4 つのワイヤ片 9 0 b は、いずれも素子中心 3 0 c に向けて延びている。

10

【 0 0 9 4 】

< 第 4 実施形態のまとめ >

本実施形態によれば、ワイヤ片 9 0 が素子中心 3 0 c に向けて延びているため、塗布した溶融はんだが濡れ拡がる際に、ワイヤ片 9 0 がその流れを阻害し難い。これにより、はんだ 8 0 にボイドが生じたり、対向面間に未充填部分が生じるのを抑制することができる。なお、複数のワイヤ片 9 0 の少なくともひとつを上記した延設方向とすることで、少なからず効果を奏することができる。本実施形態では、はんだ 8 0 に配置されたすべてのワイヤ片 9 0 が、素子中心 3 0 c に向けて延びている。これにより、上記した効果を高め、ひいては接続信頼性を高めることができる。

20

【 0 0 9 5 】

上記した関係を、第 1 実施形態の構成に適用する例を示したが、これに限定されない。たとえば、はんだ 8 0 に配置されるワイヤ片 9 0 の個数や配置が、第 1 実施形態とは異なる構成にも適用することができる。たとえば図 1 6 に示す変形例のように、第 3 実施形態（図 1 2 参照）の構成に適用してもよい。はんだ 8 0 の外周領域 8 0 b に配置されたワイヤ片 9 0 は、素子中心 3 0 c に向けて延びている。よって、第 3 実施形態に記載した効果を奏しつつ、接続信頼性を高めることができる。なお、複数のワイヤ片 9 0 の少なくともひとつを上記した延設方向とすることで、少なからず効果を奏することができる。図 1 6 では、外周領域 8 0 b に配置されたすべてのワイヤ片 9 0 が、素子中心 3 0 c に向けて延びている。よって、接続信頼性をより高めることができる。

30

【 0 0 9 6 】

また、延設方向の制御は、はんだ 8 0 内のワイヤ片 9 0 に限定されない。ワイヤ片 9 0 が配置されるはんだであれば適用が可能である。たとえば、はんだ 8 1 にワイヤ片 9 0 を配置する場合、このワイヤ片 9 0 に適用してもよい。はんだ 8 2 にワイヤ片 9 0 を配置する場合、このワイヤ片 9 0 に適用してもよい。また、上記した延設方向を、上アーム 6 H 側および下アーム 6 L 側の一方のみで満たすようにしてもよい。

【 0 0 9 7 】

また、はんだ歪を考慮すると、延設長さを以下のように設定するとよい。平面視において、ワイヤ片 9 0 の延設長さが所定長さ以下では、はんだ 8 0 の端部（外周端）においてはんだ歪が最大となる。一方、延設長さが所定長さを超えると、ワイヤ片 9 0 の端部においてはんだ歪が最大となる。延設長さが長くなるとワイヤ片端部のはんだ歪が増加し、所定長さを超えるとワイヤ片端部とはんだ端部とはんだ歪の大小関係が逆転する。よって、ワイヤ片 9 0 の端部のはんだ歪が、はんだ 8 0 の端部のはんだ歪を超えない範囲で、延設長さを設定するのが好ましい。たとえばワイヤ片 9 0 を形成するアルミニウム系のボンディングワイヤの直径 8 0 μm に対し、ワイヤ片 9 0 の長さを 3 5 0 μm 以下にするとよい。具体的には、2 0 0 ~ 3 5 0 μm の範囲内で設定するとよい。

40

【 0 0 9 8 】

（第 5 実施形態）

この実施形態は、先行する実施形態を基礎的形態とする変形例であり、先行実施形態の

50

記載を援用できる。

【 0 0 9 9 】

図 1 7 ~ 図 1 9 に示すように、ワイヤ片 9 0 を、表面電極と表側配線部材とを接合するはんだ 8 1 に配置してもよい。その際、図 1 7 ~ 図 1 9 に示す位置にワイヤ片 9 0 を配置するとよい。図 1 7 は、本実施形態の半導体装置 1 0 において、はんだ 8 1 に配置されたワイヤ片 9 0 と半導体素子 3 0 との位置関係を示している。図 1 8 は、ターミナル 5 5 におけるワイヤ片 9 0 の配置を示している。図 1 9 は、図 1 7 の XIX-XIX 線に沿う断面図である。図 1 9 では、便宜上、ゲート配線 3 4 を省略して図示している。本実施形態の半導体装置 1 0 の構成は、たとえば第 1 実施形態と同様である。はんだ 8 1 に配置されたワイヤ片 9 0 の構成は、上アーム 6 H 側と下アーム 6 L 側とで同じである。

10

【 0 1 0 0 】

複数のワイヤ片 9 0 は、半導体素子 3 0 のエミッタ電極 3 1 とターミナル 5 5 の第 1 端面 5 5 a との間のはんだ接合部に設けられている。複数のワイヤ片 9 0 は、そのすべてがターミナル 5 5 の第 1 端面 5 5 a に固定（接合）されており、半導体素子 3 0 のエミッタ電極 3 1 上、すなわち表面には固定されていない。ターミナル 5 5 の第 1 端面 5 5 a が第 1 対向面に相当し、半導体素子 3 0 の表面が第 2 対向面に相当する。第 1 端面 5 5 a には、複数のワイヤ片 9 0 が固定されている。第 1 端面 5 5 a に固定されたすべてのワイヤ片 9 0 が、はんだ 8 1 内に配置されている。

【 0 1 0 1 】

半導体素子 3 0 は、上記したようにゲートパッド 3 3 g を有している。半導体素子 3 0 は、表面側に形成され、ゲートパッド 3 3 g に連なるゲート配線 3 4 と、表面に形成された保護膜の一部分であり、ゲート配線 3 4 を保護するゲート配線保護部 3 5 を有している。エミッタ電極 3 1 は X 方向において二分割され、隣り合うエミッタ電極 3 1 の間に、アルミニウム等を材料としてゲート配線 3 4 が形成されている。

20

【 0 1 0 2 】

半導体素子 3 0 の表面には、ポリイミドなどを材料とする保護膜が形成されており、エミッタ電極 3 1 およびパッド 3 3 は保護膜から露出している。ゲート配線保護部 3 5 は、この保護膜の一部分であり、ゲート配線 3 4 を覆う部分である。図 1 7 では、ゲート配線保護部 3 5 のうち、平面視においてターミナル 5 5 と重なる部分を、破線の領域として示している。図 1 8 では、位置関係を示すため、ターミナル 5 5 の第 1 端面 5 5 a に、ゲート配線保護部 3 5 を一点鎖線の領域として示している。

30

【 0 1 0 3 】

ワイヤ片 9 0 は、平面視においてゲート配線保護部 3 5 と重ならない位置に配置されている。図 1 7 および図 1 8 に示すように、第 1 端面 5 5 a の中心付近であって、ゲート配線保護部 3 5 と重ならない位置に、ひとつのワイヤ片 9 0 が固定されている。また、平面略矩形状をなす第 1 端面 5 5 a の四隅のそれぞれに、ワイヤ片 9 0 が固定されている。このように、5 つのワイヤ片 9 0 が第 1 端面 5 5 a に固定されている。

【 0 1 0 4 】

< 第 5 実施形態のまとめ >

本実施形態では、はんだ 8 1 内に複数のワイヤ片 9 0 を配置している。これにより、はんだ 8 1 の最低膜厚を確保することができる。

40

【 0 1 0 5 】

また、はんだ 8 1 内のワイヤ片 9 0 のすべてを、平面視においてゲート配線保護部 3 5 と重ならない位置に設けている。これにより、半導体装置 1 0 を形成する際に、ワイヤ片 9 0 がゲート配線保護部 3 5 に接触して保護膜を傷つけるのを抑制することができる。よって、保護膜の傷ついた部分からはんだ 8 1 がゲート配線 3 4 側に侵入し、ゲート電極とエミッタ電極 3 1 とのショート、すなわちゲートリーク不良が生じるのを抑制することができる。

【 0 1 0 6 】

エミッタ電極 3 1 はコレクタ電極 3 2 よりも面積が小さい。換言すれば、はんだ 8 1 の

50

接合部は、平面視においてはんだ 8 0 の接合部よりも小さい。よって、半導体素子 3 0 に上に凸の反りが生じても、第 1 端面 5 5 a の中心付近に設けたひとつのワイヤ片 9 0 により、半導体素子 3 0 を支持することができる。これにより、はんだ 8 1 の最低膜厚を確保することができる。また、半導体素子 3 0 に下に凸の反りが生じても、四隅に配置されたワイヤ片 9 0 により半導体素子 3 0 を支持することができる。これにより、はんだ 8 1 の最低膜厚を確保することができる。以上より、信頼性の高い半導体装置 1 0 を提供することができる。

【0107】

ワイヤ片 9 0 を、ターミナル 5 5 の第 1 端面 5 5 a に固定する例を示したがこれに限定されない。ワイヤ片 9 0 を、半導体素子 3 0 のエミッタ電極 3 1 に固定してもよい。すなわち、半導体素子 3 0 の表面を第 1 対向面としてもよい。しかしながら、ワイヤ片 9 0 をターミナル 5 5 (表側配線部材) に固定する構造のほうが、ワイヤ片 9 0 を接合する際の影響が小さいため、好ましい。

10

【0108】

はんだ 8 1 におけるワイヤ片 9 0 の個数および配置は、上記した例に限定されない。平面視においてゲート配線保護部 3 5 と重ならない条件を満たす範囲で配置できる。たとえば第 1 端面 5 5 a の中心付近に複数のワイヤ片 9 0 を配置してもよい。また、第 1 端面 5 5 a の外周端近傍において、四隅とともに、四隅以外の部分にもワイヤ片 9 0 を配置してもよい。また、上記した配置を、上アーム 6 H 側および下アーム 6 L 側の一方のみで満たすようにしてもよい。

20

【0109】

上記した関係を、第 1 実施形態の構成に適用する例を示したが、これに限定されない。はんだ 8 1 に配置されるワイヤ片 9 0 に、第 2 実施形態の構成、第 3 実施形態の構成、および第 4 実施形態の構成の少なくともひとつを組み合わせてもよい。たとえば、はんだ 8 0 に配置されるワイヤ片 9 0 の個数が、第 1 実施形態とは異なる個数の構成にも適用することができる。たとえば、はんだ 8 0、8 1 に配置されるワイヤ片 9 0 の数を同数としてもよい。

【0110】

図 2 0 に示す変形例では、はんだ 8 0 における外周領域 8 0 b の四隅にワイヤ片 9 0 が配置され、はんだ 8 1 における四隅にワイヤ片 9 0 が配置されている。つまり、はんだ 8 0、8 1 にそれぞれ 4 つのワイヤ片 9 0 が配置されている。半導体素子 3 0 に下に凸の反りが生じても、はんだ 8 1 に配置されたワイヤ片 9 0 により半導体素子 3 0 を支持することができる。これにより、はんだ 8 1 の最低膜厚を確保することができる。はんだ 8 1 におけるワイヤ片 9 0 は、ゲート配線保護部 3 5 と重ならない位置に配置されている。はんだ 8 0、8 1 に配置された各ワイヤ片 9 0 は、図 1 6 に示した構成同様、素子中心 3 0 c に向けて延びている。図 2 0 は、ターミナル 5 5 を第 2 端面側から見た平面図である。図 2 0 では、はんだ 8 0 に配置されるワイヤ片 9 0 を破線、はんだ 8 1 に配置されるワイヤ片 9 0 を一点鎖線で示している。

30

【0111】

また、はんだ 8 0 にワイヤ片 9 0 を配置せず、上記したようにはんだ 8 1 にワイヤ片 9 0 を配置してもよい。本実施形態の構成は、裏側配線部材、すなわちヒートシンク 4 0 を備えない構成にも適用が可能である。

40

【0112】

半導体装置 1 0 がターミナル 5 5 を備える例を示したが、これに限定されない。ターミナル 5 5 を備えない構成においても適用が可能である。たとえば、エミッタ電極 3 1 とヒートシンク 5 0 の実装面 5 0 a とのはんだ接合部において、ヒートシンク 5 0 の実装面 5 0 a にワイヤ片 9 0 を固定してもよい。

【0113】

(第 6 実施形態)

この実施形態は、先行する実施形態を基礎的形態とする変形例であり、先行実施形態の

50

記載を援用できる。

【0114】

はんだ80、81の両方にワイヤ片90を配置する場合、ワイヤ片90の配置は特に制限されない。図21に示すようにワイヤ片90を配置してもよい。図21は、本実施形態の半導体装置10において、ターミナルを第2端面側から見た平面図である。図21は、図7に対応している。半導体装置10の構成は、たとえば第1実施形態と同様である。図21に示す構成は、上アーム6H側と下アーム6L側とで同じである。

【0115】

半導体装置10は、はんだ80に配置された複数のワイヤ片90と、はんだ81に配置された複数のワイヤ片90を備えている。以下では、はんだ80に配置されたワイヤ片90をワイヤ片900、はんだ81に配置されたワイヤ片90をワイヤ片901と示すことがある。図21では、ワイヤ片900を破線、ワイヤ片901を一点鎖線で示している。

10

【0116】

ワイヤ片900は、第1実施形態に記載のワイヤ片90（図7参照）と同様の配置となっている。ワイヤ片900は、たとえばヒートシンク40の実装面40aに固定されている。はんだ80の中央領域80aには、素子中心30cを取り囲むように3つのワイヤ片900が配置されている。外周領域80bには、半導体素子30の四隅のそれぞれに対応して4つのワイヤ片900が配置されている。

【0117】

ワイヤ片901は、第5実施形態に記載のワイヤ片90（図17参照）と同様の配置となっている。ワイヤ片901は、たとえばターミナル55の第1端面55aに固定されている。第1端面55aの中心付近にひとつのワイヤ片901が配置されている。第1端面55aの四隅にワイヤ片901が配置されている。図21に示すように、ワイヤ片900とワイヤ片901とは、平面視において互いに重ならない位置に配置されている。

20

【0118】

<第6実施形態のまとめ>

図22は、比較例と本例（本実施形態）との違いを示す模式的な図である。比較例において、本実施形態（本例）の要素と同一又は関連する要素について、本実施形態の符号の末尾にrを付け加えて示している。図22では、便宜上、半導体素子の主電極を省略して図示している。

30

【0119】

ワイヤ片900r、901rは、上記したようにアルミニウム系の材料を用いて形成されており、はんだ80r、81rに対する濡れ性が、半導体素子30rの図示しない主電極、ヒートシンク40r、およびターミナル55rよりも低い。このため、ワイヤ片900r、901rとはんだ80r、81rとの間に、空隙86rが形成される。空隙86rは熱伝導を妨げる。比較例のように、平面視においてワイヤ片900r、901rが重なると、空隙86rも重なる。半導体素子30rに対してZ方向の両側に空隙86rが存在するため、空隙86r（ワイヤ片900r、901r）と重なる半導体素子30rの部分からZ方向へ熱を逃がしにくい。よって、熱抵抗が増加する。

【0120】

40

本実施形態（本例）でも、比較例同様、ワイヤ片900とはんだ80との間、ワイヤ片901とはんだ81との間に、空隙86がそれぞれ形成される。しかしながら、ワイヤ片900、901が、平面視において互いに重ならない位置に配置されているため、はんだ80、81中の空隙86が、平面視において互いに重ならない、若しくは、重なってもごく一部である。よって、半導体素子30の熱をZ方向における少なくとも一方へ逃がすことができる。これにより、比較例に較べて熱抵抗を小さくし、放熱性を高めることができる。なお、他の実施形態では、空隙86を省略して図示している。

【0121】

本実施形態では、ワイヤ片900が、第1実施形態と同様の構成となっている。このため、本実施形態に記載の効果に加え、第1実施形態に記載の効果も奏することができる。

50

また、ワイヤ片 901 が、第 5 実施形態と同様の構成配置となっている。このため、本実施形態に記載の効果に加え、第 5 実施形態に記載の効果も奏することができる。しかしながら、ワイヤ片 900、901 の個数、配置は、平面視においてワイヤ片 900、901 が互いに重ならない条件を満たす範囲内で選択が可能である。すなわち、個数および配置は、上記した例に限定されない。

【0122】

たとえば、ワイヤ片 900 のみ第 1 実施形態同様の構成とし、ワイヤ片 901 は第 5 実施形態とは異なる構成としてもよい。ワイヤ片 901 のみ第 4 実施形態同様の構成とし、ワイヤ片 900 は第 1 実施形態とは異なる構成としてもよい。また、ワイヤ片 900、901 を同数としてもよい。図 20 に示した構成では、はんだ 80、81 のワイヤ片 90 が同数である。ワイヤ片 900 に相当するはんだ 80 側のワイヤ片 90 と、ワイヤ片 901 に相当するはんだ 81 側のワイヤ片 90 とが、平面視において互いに重ならない位置に配置されている。

10

【0123】

ワイヤ片 900 をヒートシンク 40 に固定する例を示したが、半導体素子 30 の裏面（コレクタ電極 32）に固定してもよい。ワイヤ片 901 をターミナル 55 に固定する例を示したが、半導体素子 30 の表面（エミッタ電極 31）に固定してもよい。ワイヤ片 900 をヒートシンク 40 に固定し、ワイヤ片 901 を半導体素子 30 に固定してもよい。また、ワイヤ片 900 を半導体素子 30 に固定し、ワイヤ片 901 をターミナル 55 に固定してもよい。また、ターミナル 55 を備えない構成としてもよい。この場合、ワイヤ片 901 は、ヒートシンク 50 と半導体素子 30（エミッタ電極 31）とのはんだ接合部に設けられる。

20

【0124】

本実施形態の構成と、第 2 実施形態の構成、第 3 実施形態の構成、および第 4 実施形態の構成の少なくともひとつを組み合わせてもよい。ワイヤ片 900、901 の少なくとも一方に、第 2 実施形態の構成を組み合わせてもよい。ワイヤ片 900、901 の少なくとも一方に、第 3 実施形態の構成を組み合わせてもよい。ワイヤ片 900、901 の少なくとも一方に、第 4 実施形態の構成を組み合わせてもよい。また、本実施形態の構成を、上アーム 6H 側および下アーム 6L 側の一方のみで満たすようにしてもよい。

【0125】

（第 7 実施形態）

この実施形態は、先行する実施形態を基礎的形態とする変形例であり、先行実施形態の記載を援用できる。

30

【0126】

図 23 に示すように、ワイヤ片 90 を、はんだ 82 に配置してもよい。その際、各はんだ 80、81、82 のワイヤ片 90 を、図 24 に示すように配置するとよい。図 23 は、本実施形態の半導体装置 10 において、ヒートシンク 40、50 間の積層体を示す模式的な断面図である。図 24 は、各はんだ 80、81、82 におけるワイヤ片 90 の好ましい配置の一例を示す平面図である。図 24 は、図 21 に対応している。図 24 では、ワイヤ片 900 を破線、ワイヤ片 901 を一点鎖線で示している。本実施形態の半導体装置 10 の構成は、たとえば第 1 実施形態と同様である。図 23 および図 24 に示す構成は、上アーム 6H 側と下アーム 6L 側とでほぼ同じである。

40

【0127】

図 23 に示すように、はんだ 80、81、82 のそれぞれに複数のワイヤ片 90 が配置されている。以下では、はんだ 80 に配置されたワイヤ片 90 をワイヤ片 900、はんだ 81 に配置されたワイヤ片 90 をワイヤ片 901、はんだ 82 に配置されたワイヤ片 90 をワイヤ片 902 と示すことがある。ワイヤ片 90 の個数は、はんだ 80、81、82 において互いに異なっている。ワイヤ片 900 が最も多く、ワイヤ片 902 が最も少ない。ワイヤ片 901 は、ワイヤ片 900 よりも少なく、ワイヤ片 902 よりも多い。

【0128】

50

図 2 3 では、ワイヤ片 9 0 0 がヒートシンク 4 0 に固定されている。また、ワイヤ片 9 0 1 がターミナル 5 5 の第 1 端面 5 5 a に固定され、ワイヤ片 9 0 2 が第 2 端面 5 5 b に固定されている。

【 0 1 2 9 】

図 2 4 に示すように、ワイヤ片 9 0 0 は、第 1 実施形態に記載のワイヤ片 9 0 (図 7 参照) と同様の配置となっている。ワイヤ片 9 0 0 は、ヒートシンク 4 0 の実装面 4 0 a に固定されている。はんだ 8 0 の中央領域 8 0 a には、素子中心 3 0 c を取り囲むように 3 つのワイヤ片 9 0 0 が配置されている。外周領域 8 0 b には、半導体素子 3 0 の四隅のそれぞれに対応して 4 つのワイヤ片 9 0 0 が配置されている。

【 0 1 3 0 】

ワイヤ片 9 0 1 は、第 5 実施形態に記載のワイヤ片 9 0 (図 1 7 参照) と同様の配置となっている。ワイヤ片 9 0 1 は、ターミナル 5 5 の第 1 端面 5 5 a に固定されている。第 1 端面 5 5 a の中心付近にひとつのワイヤ片 9 0 1 が配置されている。第 1 端面 5 5 a の四隅にワイヤ片 9 0 1 が配置されている。

【 0 1 3 1 】

ワイヤ片 9 0 2 は、ターミナル 5 5 の第 2 端面 5 5 b に固定されている。第 2 端面 5 5 b には、3 つのワイヤ片 9 0 2 が固定されている。複数のワイヤ片 9 0 2 は、素子中心 3 0 c を取り囲むように配置されている。図 2 4 に示すように、ワイヤ片 9 0 0 、 9 0 1 、 9 0 2 は、平面視において互いに重ならない位置に配置されている。なお、ターミナル 5 5 が第 1 配線部材に相当し、ヒートシンク 5 0 が第 2 配線部材に相当する。はんだ 8 1 が、表側接合部材である第 1 接合部材に相当し、はんだ 8 2 が第 2 接合部材に相当する。

【 0 1 3 2 】

< 第 7 実施形態のまとめ >

本実施形態では、はんだ 8 2 に複数のワイヤ片 9 0 が配置されている。これにより、はんだ 8 2 の最低膜厚を確保することができる。また、はんだ 8 0 、 8 1 、 8 2 のそれぞれに、複数のワイヤ片 9 0 が配置されている。これにより、半導体素子 3 0 から Z 方向両側のヒートシンク 4 0 、 5 0 までの電気伝導経路、熱伝導経路を構成するはんだ 8 0 、 8 1 、 8 2 のすべてについて、最低膜厚を確保することができる。

【 0 1 3 3 】

本実施形態では、はんだ 8 0 、 8 1 、 8 2 ごとにワイヤ片 9 0 の配置数が異なっている。電極面積の大きいコレクタ電極 3 2 側のはんだ 8 0 に、最も多いワイヤ片 9 0 (ワイヤ片 9 0 0) が配置されている。また、コレクタ電極 3 2 よりも電極面積が小さいエミッタ電極 3 1 側において、半導体素子 3 0 に近い側のはんだ 8 1 に、ワイヤ片 9 0 0 よりも少ない数のワイヤ片 9 0 (ワイヤ片 9 0 1) が配置されている。また、半導体素子 3 0 に対して遠い側のはんだ 8 2 には、最も少ないワイヤ片 9 0 (ワイヤ片 9 0 2) が配置されている。具体的には、半導体装置 1 0 が、ワイヤ片 9 0 として、7 つのワイヤ片 9 0 0 と、5 つのワイヤ片 9 0 1 と、3 つのワイヤ片 9 0 2 を備えている。

【 0 1 3 4 】

はんだ 8 0 、 8 1 は、半導体素子 3 0 の反りの影響がある。コレクタ電極 3 2 に接続されることで平面視の面積が最も大きいのはんだ 8 0 に、最も多いワイヤ片 9 0 を配置するため、はんだ 8 0 の最低膜厚を確保することができる。ワイヤ片 9 0 0 の配置を第 1 実施形態と同様とすることで、半導体素子 3 0 の反りに対しても最低膜厚を確保することができる。はんだ 8 1 は、コレクタ電極 3 2 よりも面積の小さいエミッタ電極 3 1 と、金属ブロック体であるターミナル 5 5 とを接続している。中心付近にひとつのワイヤ片 9 0 を設けることで、半導体素子 3 0 の上に凸の反りに対応することができる。はんだ 8 0 よりも少ないワイヤ片 9 0 の配置にて、はんだ 8 1 の最低膜厚を確保することができる。ワイヤ片 9 0 1 の配置を第 5 実施形態と同様とすることで、半導体素子 3 0 の反りに対しても最低膜厚を確保することができる。

【 0 1 3 5 】

はんだ 8 2 は、ターミナル 5 5 とヒートシンク 5 0 とを接続している。ターミナル 5 5

10

20

30

40

50

およびヒートシンク 5 0 には、半導体素子 3 0 のような反りは生じない。また、半導体素子 3 0 との間にターミナル 5 5 が存在するため、半導体素子 3 0 の反りの影響を受けない。よって、最も少ないワイヤ片 9 0 にて、はんだ 8 2 の最低膜厚を確保することができる。ワイヤ片 9 0 1、9 0 2 の数をワイヤ片 9 0 0 よりも少なくすることで、ワイヤ片 9 0 0 と同数の構成に較べて、はんだ 8 1、8 2 中の空隙 8 6 を低減することができる。よって、最低膜厚を確保しつつ、放熱性を高めることができる。さらに、ワイヤ片 9 0 2 の数をワイヤ片 9 0 1 よりも少なくするため、ワイヤ片 9 0 1 と同数の構成に較べて、放熱性を高めることができる。また、半導体装置 1 0 全体のワイヤ片 9 0 の個数を低減することもできる。

【0136】

また、ワイヤ片 9 0 0、9 0 1、9 0 2 は、平面視において互いに重ならない位置に配置されている。Z 方向において空隙 8 6 が互いに重ならない、若しくは、重なってもごく一部であるため、放熱性を高めることができる。

【0137】

はんだ 8 0、8 1、8 2 においてワイヤ片 9 0 の数を互いに異ならせる場合、その個数は上記した例に限定されない。ワイヤ片 9 0 0 の数 > ワイヤ片 9 0 1 の数 > ワイヤ片 9 0 2 の数、の関係を満たせばよい。なお、ワイヤ片 9 0 0 の数 > ワイヤ片 9 0 1 の数 = ワイヤ片 9 0 2 の数としてもよい。ワイヤ片 9 0 0 の数 = ワイヤ片 9 0 1 の数 > ワイヤ片 9 0 2 の数としてもよい。はんだ 8 0、8 1、8 2 の一部のワイヤ片 9 0 を、残りのワイヤ片 9 0 と異ならせることにより、効果は弱まるが、放熱性の向上およびワイヤ片 9 0 の低減を図ることができる。

【0138】

各はんだ 8 0、8 1、8 2 において最低膜厚を確保するのであれば、ワイヤ片 9 0 の数はより自由に設定できる。はんだ 8 0、8 1、8 2 においてワイヤ片 9 0 を同数としてもよい。それぞれに複数、好ましくは 3 つ以上のワイヤ片 9 0 を配置することで、はんだ厚を確保しやすくなる。

【0139】

また、本実施形態の構成を、上アーム 6 H 側および下アーム 6 L 側の一方のみで満たすようにしてもよい。ワイヤ片 9 0 を、はんだ 8 0、8 1、8 2 に配置する例を示したが、さらにはんだ 8 3、8 4 の少なくとも一方に配置してもよい。

【0140】

(第 8 実施形態)

この実施形態は、先行する実施形態を基礎的形態とする変形例であり、先行実施形態の記載を援用できる。

【0141】

ターミナル 5 5 の形状は特に限定されない。好ましくは、ワイヤ片 9 0 を、図 2 5 に本例として示す形状にするとよい。図 2 5 は、ターミナルについて比較例と本例(本実施形態)との違いを示す模式的な図である。比較例において、本実施形態(本例)の要素と同一又は関連する要素について、本実施形態の符号の末尾に r を付け加えて示している。比較例、本例ともに紙面上方が側面図、A 面視の平面図である。本実施形態の半導体装置 1 0 は、たとえば第 1 実施形態と同様である。図 2 5 に示す構成は、上アーム 6 H 側と下アーム 6 L 側とでほぼ同じである。

【0142】

ターミナルは、プレス加工により金属板から打ち抜いて形成される。ワイヤ片は、ターミナルの端面をカメラで撮像して端面の角部を認識し、角部を位置基準として所定位置にボンディングワイヤを超音波接合することで形成される。比較例のターミナル 5 5 r は、Z 方向における一方の端面の角に、打ち抜きによる R 部 5 5 0 r を有する。このため、R 部 5 5 0 r 側の端面にワイヤ片 9 0 r を形成する際、R 部 5 5 0 r がない側の端面に較べて、ワイヤ片 9 0 r の形成位置の精度が低くなる虞がある。

【0143】

本実施形態（本例）でも、打ち抜いた状態のターミナル５５は、比較例同様、一方の端面の角に図示しないＲ部を有する。しかしながら、打ち抜き後に、Ｒ部の面取り、たとえばＣ面取りを行う。Ｃ面取りとは、面取り角度が略４５度の面取りである。ターミナル５５は、面取り部５５０を有する。

【０１４４】

<第８実施形態のまとめ>

上記したように、本実施形態のターミナル５５は、面取り部５５０を有している。このため、打ち抜き時にＲ部が形成される側の端面にワイヤ片９０を形成する際、撮像により角部を精度よく認識することができる。よって、ワイヤ片９０を位置精度よく形成することができる。

10

【０１４５】

本実施形態の構成は、ターミナル５５を備える構成において適用が可能である。先行実施形態のそれぞれとの組み合わせが可能である。また、ワイヤ片９０の接続対象は、ターミナル５５に限定されない。金属板を打ち抜いて形成され、打ち抜き時にＲ部が形成される部材について適用が可能である。打ち抜き後にＲ部を面取りすることで、打ち抜き時にＲ部が形成される側の面に、ワイヤ片９０を位置精度よく形成することができる。

【０１４６】

（第９実施形態）

この実施形態は、先行する実施形態を基礎的形態とする変形例であり、先行実施形態の記載を援用できる。この実施形態では、ワイヤ片９０の構造および製造方法に特徴がある。

20

【０１４７】

ワイヤ片９０は、上記したように、アルミニウム系のボンディングワイヤを超音波接合し、１ｓｔボンドを行った時点でワイヤカットすることで形成される。このようなワイヤ片９０として、好ましい形態のひとつを、図２６～図２９に示す。

【０１４８】

図２６は、本実施形態の半導体装置１０において、半導体素子３０とヒートシンク４０との接続構造を示している。図２７は、図２６のXXVII-XXVII線に沿う断面図である。図２８は、図２６および図２７に適用しているワイヤ片９０を示す斜視図である。図２９は、ワイヤ片９０の別例を示している。図２６および図２７では、ワイヤ片９０の数を３つにしている。図２６、図２７、および図２８では、便宜上、主電極の図示を省略している。本実施形態の半導体装置１０は、たとえば第１実施形態と同様である。図２６～図２８に示す構成は、上アーム６Ｈ側と下アーム６Ｌ側とでほぼ同じである。

30

【０１４９】

半導体素子３０は、図示しないエミッタ電極３１が形成された表面３０ａと、図示しないコレクタ電極３２が形成された裏面３０ｂを有している。コレクタ電極３２が裏面３０ｂをなしている。図２１および図２２に示すように、はんだ８０に複数のワイヤ片９０が配置されている。ワイヤ片９０は、ヒートシンク４０の実装面４０ａに接合（固定）されている。実装面４０ａが、配線部材における固定面に相当する。ワイヤ片９０は、実装面４０ａから裏面３０ｂに向けて突起している。ワイヤ片９０は、ヒートシンク４０に保持されている。このため、ヒートシンク４０は、保持体と称されることがある。ワイヤ片９０は、固定部９１と、平坦部９２と、非固定部９３を有している。固定部９１は、ワイヤ片９０のヒートシンク４０と対向する側において、ヒートシンク４０との固定部分（接合箇所）である。

40

【０１５０】

平坦部９２は、ワイヤ片９０において、半導体素子３０の裏面３０ｂと対向する側に形成され、ヒートシンクの実装面４０ａと略平行な部分である。非固定部９３は、ワイヤ片９０のヒートシンク４０と対向する側において、固定部９１に連なり、ヒートシンク４０に固定されていない部分である。非固定部９３は、Ｚ方向において実装面４０ａから離れている。非固定部９３は、固定部９１を基準として浮いている。ワイヤ片９０は、Ｚ方向に弾性変形可能に設けられている。非固定部９３と実装面４０ａとの隙間には、はんだ８

50

0が入り込んでいる。ワイヤ片90は、Z方向においてヒートシンク40側に固定部91および非固定部93を有し、固定部91および非固定部93とは反対側に平坦部92を有している。

【0151】

ワイヤ片90は、X方向に延設されている。図27および図28に示すワイヤ片90は、延設方向の両端に、平坦部92および非固定部93を有している。平坦部92は、平面視において非固定部93と重なる位置に設けられている。実装面40aから両端の平坦部92までの高さは、互いに略等しい。ワイヤ片90は、ZX平面において略U字状、若しくは、略C字状をなしている。両端の平坦部92は、半導体素子30の裏面30bにそれぞれ接触している。

10

【0152】

図29は、ワイヤ片90の別例を示している。このワイヤ片90は、両端ではなく、延設方向の一端にのみ平坦部92を有している。非固定部93は、延設方向の両端に設けられている。ワイヤ片90において、実装面40aから両端の上部までの高さが異なっている。平坦部92は、実装面40aからの突起高さが高い側の端部に形成されている。ワイヤ片90は、ZX平面において略J字状をなしている。平坦部92、図示しない素子中心30cに対して遠い側の端部に形成されている。

【0153】

<製造方法>

次に、半導体装置10の製造方法、特に半導体素子30とヒートシンク40との接続体の製造方法について説明する。ここでは、図29に示したワイヤ片90の例を示す。

20

【0154】

まず、図30に示すように、ヒートシンク40の実装面40aにワイヤ片90を形成する。図示しないツールからの超音波により、ボンディングワイヤをヒートシンク40に接合し、固定部91を形成する。この固定部91は、1stボンド部である。そして、超音波の印加完了後に、固定部91に対して延設方向前後に非固定部93が残るようにボンディングワイヤを切断する。このように、2ndボンド部を形成せずに、ボンディングワイヤを切断する。1stボンド側のみを用いてワイヤ片90を形成するため、2点の接合体、すなわち1stボンド部と2ndボンド部を有する構造に較べて、形成時間を短縮することができる。また、ワイヤ片90の体格を小型化、たとえば延設長さを短くすることができる。よって、上記したはんだ歪の観点でも有利である。

30

【0155】

なお、ボンディングワイヤは、上記したようにアルミニウム、アルミニウム合金を材料とするワイヤであり、半導体素子30のサイズやはんだ80の厚みに応じて選択することができる。ここでは、直径80μmのボンディングワイヤを用い、実装面40aからの突起高さが110μm、延設長さが350μmのワイヤ片90を形成した。

【0156】

次に、図31および図32に示すように、ワイヤ片90に平坦部92を形成する。つまり、レベリング加工を行う。具体的には、実装面40aと平行な面（以下、接触面と示す）を有する治具98を用いて、図31の白抜き矢印で示すようにワイヤ片90に荷重をかける。たとえばプレス機に治具98を取り付け、ワイヤ片90に荷重をかける。接触面と実装面40aとの平行状態を維持して治具98をワイヤ片90に押し付ける。治具98は、略J字状をなすワイヤ片90の一端に接触する。また、ワイヤ片90が弾性変形し、非固定部93の少なくとも一部が実装面40aに接触する。さらに治具98を押し込むと、ワイヤ片90が塑性変形し、平坦部92が形成される。ワイヤ片90は、押し込み量に応じて塑性変形する。平坦部92は、治具98と最初に接触する一端側に平坦部92が形成される。

40

【0157】

平坦部92の形成後、荷重の開放によりワイヤ片90が弾性変形状態から復元し、接触していた非固定部93の部分が実装面40aから離れる。これにより、図32に示すよう

50

に、平面視において非固定部 9 3 と重なる位置に平坦部 9 2 を備えたワイヤ片 9 0 が得られる。平坦化により、ワイヤ片 9 0 の高さは図 3 0 の状態に対して低くなる。ここでは、 $75\text{ }\mu\text{m}$ 程度とした。上記した工程により、複数のワイヤ片 9 0 を実装面 4 0 a 上に形成する。半導体素子 3 0 の傾きを抑制するためには、複数、より好ましくは 3 つ以上のワイヤ片 9 0 を形成するとよい。さらに好ましくは、先行実施形態に記載の構成とするとよい。
【 0 1 5 8 】

次に、図 3 3 に示すように、溶融はんだ 8 0 S を塗布する。ヒートシンク 4 0 の実装面 4 0 a 上に、溶融はんだ 8 0 S を塗布する。ワイヤ片 9 0 は、塗布された溶融はんだ 8 0 S により覆われる。溶融はんだ 8 0 S に対して半導体素子 3 0 を配置する必要があるため、必要に応じてヒートシンク 4 0 を加熱（加温）する。ここでは、転写法により、溶融はんだ 8 0 S を塗布した。

10

【 0 1 5 9 】

次に、図 3 4 に示すように、半導体素子 3 0 を搭載する。半導体素子 3 0 を図示しない治具にて保持し、実装面 4 0 a の上方から溶融はんだ 8 0 S に向けて下降させる。下降により、半導体素子 3 0 の裏面 3 0 b が溶融はんだ 8 0 S に接触し、溶融はんだ 8 0 S を押し拡げる。所定位置まで下降すると、治具による保持状態が解除される。溶融はんだ 8 0 S は、裏面 3 0 b および実装面 4 0 a を濡れ拡がる。ヒートシンク 4 0 の厚み、半導体素子 3 0 の厚みおよび反り、搭載精度のばらつきなどにより、半導体素子 3 0 はワイヤ片 9 0 に押し当てられることがある。

【 0 1 6 0 】

20

そして、図示しない冷却を経て、図 2 9 に示す接続構造体を得ることができる。なお、図 2 7 および図 2 8 に示したワイヤ片 9 0 についても同様の方法にて形成することができる。具体的には、固定部 9 1 の形成後、両端の高さがほぼ等しくなるようにボンディングワイヤを切断してワイヤ片 9 0 を形成し、治具 9 8 にて両端に平坦部 9 2 を形成すればよい。

【 0 1 6 1 】

< 第 9 実施形態のまとめ >

平坦部を有さないワイヤ片 9 0、すなわち図 3 0 に示した状態のワイヤ片 9 0 を用いると、半導体素子 3 0 がワイヤ片 9 0 に接触した際に、半導体素子 3 0 に応力が集中する。特に、ワイヤ片 9 0 の高さばらつきが大きいと、半導体素子 3 0 がワイヤ片 9 0 に接触する可能性が高まる。これに対し、本実施形態のワイヤ片 9 0 によれば、半導体素子 3 0 が平坦部 9 2 に接触するため、応力集中を抑制することができる。また、平坦部 9 2 を形成することで、ワイヤ片 9 0 の高さばらつきが小さくなる。これにより、はんだ 8 0 の厚みが安定し、接続信頼性を高めることができる。たとえば、温度サイクル環境下ではのはんだクラック寿命を確保することができる。平坦部 9 2 を有するワイヤ片 9 0 は、ワイヤボンディング技術と簡単な押し込みで形成することができるため、コストを低減することもできる。

30

【 0 1 6 2 】

さらに、ワイヤ片 9 0 は、非固定部 9 3 を有している。これにより、ワイヤ片 9 0 は、弾性変形が可能である。よって、半導体素子 3 0 がワイヤ片 9 0 に接触しても、ワイヤ片 9 0 が弾性変化するることにより、半導体素子 3 0 の応力集中を抑制することができる。特に本実施形態では、平面視において非固定部 9 3 と重なる位置に平坦部 9 2 が形成されている。これにより、半導体素子 3 0 と接触する平坦部 9 2 が、応力を逃がす方向に変形しやすい。したがって、応力集中の抑制により効果的である。

40

【 0 1 6 3 】

ワイヤ片 9 0 の配置は、上記した例に限定されない。他の例を、図 3 5 ~ 図 3 8 に示す。図 3 5 ~ 図 3 8 に示す例は、いずれも、Z 方向を含む一断面に、2 つのワイヤ片 9 0 を配置している。また、ワイヤ片 9 0 が半導体素子 3 0 に接触する。

【 0 1 6 4 】

図 3 5 ~ 図 3 7 に示す例では、2 つのワイヤ片 9 0 が、図 2 9 に示したワイヤ片 9 0 同

50

様、平坦部 92 をそれぞれひとつのみ有している。平坦部 92 は、2 つのワイヤ片 90 の並び方向（X 方向）において、外側の端部にそれぞれ形成されている。図 35 に示すように、半導体素子 30 の反りが生じていない場合、いずれのワイヤ片 90 も、平坦部 92 が半導体素子 30 に接触する。よって、半導体素子の応力集中を抑制することができる。

【0165】

図 36 に示すように、半導体素子 30 に上に凸の反りが生じている場合も、ワイヤ片 90 の平坦部 92 が半導体素子 30 にそれぞれ接触する。よって、半導体素子の応力集中を抑制することができる。一方、図 37 に示すように、半導体素子 30 に下に凸の反りが生じている場合、図中に実線矢印で示すように、ワイヤ片 90 の内側の端部が半導体素子 30 に接触してしまう。このように、反り量によっては、平坦部 92 が形成されていない側の端部に半導体素子 30 が当たる虞がある。

10

【0166】

なお、平坦部 92 をワイヤ片 90 の端部に形成してもよい。これによれば、図 37 に示す反りが生じていても、内側端部に設けた平坦部 92 が半導体素子 30 に接触するため、応力集中を抑制することができる。しかしながら、同一の組み付けロット内に、上に凸の半導体素子 30 と下に凸の半導体素子 30 が混在する場合、たとえば上に凸の半導体素子 30 に平坦部 92 の位置を合わせると、下に凸の半導体素子 30 において応力が集中する虞がある。

【0167】

これに対し、図 38 に示す例では、2 つのワイヤ片 90 が、図 27 および図 28 に示したワイヤ片 90 同様、両端に平坦部 92 を有している。よって、半導体素子 30 に下に凸の反りが生じている場合、内側の平坦部 92 が半導体素子 30 に接触する。図示しないが、半導体素子 30 に上に凸の反りが生じている場合、外側の平坦部 92 が半導体素子 30 に接触する。したがって、半導体素子 30 の反りがいずれの方向であっても、応力集中を抑制することができる。

20

【0168】

本実施形態のワイヤ片 90 の構成は、はんだ 80 に配置されたワイヤ片 90 に限定されない。主電極と配線部材とののはんだ接合部に設けられるワイヤ片 90 であれば適用が可能である。たとえば図 39 に示す例では、図示しないエミッタ電極 31 とターミナル 55 との間のはんだ 81 にワイヤ片 90 が配置されており、このワイヤ片 90 にも平坦部 92 が形成されている。なお、図 39 では、ワイヤ片 90 の一端のみに平坦部 92 を形成しているが、両端に平坦部 92 を形成してもよいのは言うまでもない。

30

【0169】

ターミナル 55 を備えず、ヒートシンク 50 とエミッタ電極 31 との間にはんだ接合部が形成される構成にも適用することができる。この場合、実装面 50a に接合されたワイヤ片 90 が平坦部 92 を有せばよい。また、表側配線部材および裏側配線部材のうち、一方のみを備える構成にも適用することができる。

【0170】

本実施形態に記載のワイヤ片 90 の構造は、先行実施形態のワイヤ片 90 との組み合わせが可能である。また、本実施形態に記載のワイヤ片 90 の製造方法を、先行実施形態に記載のワイヤ片 90 の形成に適用することができる。ワイヤ片 90 が、非固定部 93 を有する例を示したが、これに限定されない。少なくとも平坦部 92 を有せばよい。また、平坦部 92 を、平面視において非固定部 93 と重ならない位置に設けてもよい。本実施形態は、半導体素子の主電極と配線部材との接合部に配置されるワイヤ片に適用が可能である。ワイヤ片の配置は、先行実施形態に示した配置に限定されない。

40

【0171】

（第 10 実施形態）

この実施形態は、先行する実施形態を基礎的形態とする変形例であり、先行実施形態の記載を援用できる。本実施形態でも、ワイヤ片 90 の好ましい形態について示す。

【0172】

50

<ワイヤ片の大きさ>

先ず、図40～図43に基づき、ワイヤ片90の好ましい大きさについて説明する。ワイヤ片90は、半導体素子30の主電極と配線部材とを接続するはんだに配置されている。ここでのはんだとは、たとえばはんだ80、81である。

【0173】

図40は、ワイヤ片90の体積と、はんだ歪との関係を示すシミュレーション結果である。横軸は、ワイヤ片90の体積($\times 10^7 \mu\text{m}^3$)を示し、縦軸は、はんだ歪(任意単位)を示している。横軸は、対数軸である。図41は、本実施形態のワイヤ片90を示す図である。図41において、紙面上方が側面図、紙面下方が上面視平面図である。図42は、はんだ80に配置されるワイヤ片90の最大高さを説明するための断面図である。図43は、はんだ81に配置されるワイヤ片90の最大高さを説明するための断面図である。

10

【0174】

図40に示すシミュレーション結果より、ワイヤ片90の体積が大きいと、ワイヤ片90とはんだとの線膨張係数差に基づく熱応力、つまりはんだ歪が増大し、所定の体積を超えると、クラックなどの素子ダメージが生じることが明らかとなった。はんだ歪が図40に示す破線以上の値になると、素子ダメージが生じる。よって、素子ダメージを抑制するには、ワイヤ片90の体積を、 $1.0 \times 10^7 \mu\text{m}^3$ 以下にすることが好ましい。本実施形態の半導体装置10において、各ワイヤ片90の体積は、 $1.0 \times 10^7 \mu\text{m}^3$ 以下に設定されている。

【0175】

20

次に、上記した体積の関係を満たしつつ、レベリング加工をせずにワイヤ片90の高さばらつきを抑制できる構成について説明する。以下では、ヒートシンク40に接続されるワイヤ片90について例示する。

【0176】

図41に示すように、ワイヤ片90は、延設方向において3つの部分に分けられる。ワイヤ片90は、ボンド部94と、フィード部95と、テール部96を有している。ボンド部94は、ワイヤ片90の延設方向において、フィード部95とテール部96の間に位置する。ボンド部94は、ヒートシンク40に接合された部分である。ボンド部94は、ヒートシンク40と対向する側に固定部91を有している。ボンド部94は、固定部91を含み、平面視において固定部91と重なる部分である。つまり、ボンド部94は、固定部91、および、固定部91の直上部分である。ボンド部94が、接合部に相当する。ボンド部94は、超音波接合時にツールからの荷重を受けて潰れている。このため、ボンド部94は、フィード部95およびテール部96よりも幅が広い。

30

【0177】

フィード部95は、ワイヤ片90の先端側において、ボンド部94に連なっている。フィード部95は、ヒートシンク40に接合されていない部分である。フィード部95は、ヒートシンク40と対向する側に、非固定部93を有している。フィード部95は、先端側において、非固定部93を含み、平面視において非固定部93と重なる部分である。つまり、フィード部95は、先端側の非固定部93、および、該非固定部93の直上部分である。フィード部95は、図示しない半導体素子30と対向する側に、平坦部92を有していない。

40

【0178】

テール部96は、ワイヤ片90の後端側において、ボンド部94に連なっている。テール部96も、フィード部95同様、ヒートシンク40に接合されていない部分である。テール部96は、ヒートシンク40と対向する側に、非固定部93を有している。テール部96は、後端側において、非固定部93を含み、平面視において非固定部93と重なる部分である。つまり、テール部96は、後端側の非固定部93、および、該非固定部93の直上部分である。テール部96は、図示しない半導体素子30と対向する側に、平坦部92を有していない。

【0179】

50

フィード部 95 およびテール部 96 が、非接合部に相当する。先端側とは、超音波接合する前に端部（カット端）を有している側である。後端側とは、超音波接合後にボンディングワイヤの切断で形成される端部側である。図示を省略するが、ヒートシンク 40 は、ボンディングワイヤを切断する際に生じるカッター痕を、ワイヤ片 90 の後端の直下に有している。

【0180】

以下では、ボンド部 94 の延設方向の長さを L_B 、フィード部 95 の延設方向の長さを L_F 、テール部 96 の延設方向の長さを L_T と示すことがある。ワイヤ片 90 の延設方向の長さ（全長）を L_W 、ボンド部 94 の幅を W_B と示すことがある。幅 W_B は、ボンド部 94 において延設方向に直交する方向の長さである。また、ボンド部 94 の高さを H_B 、フィード部 95 の高さを H_F 、テール部 96 の高さを H_T と示すことがある。なお、フィード部 95 の長さ L_F とテール部 96 の長さ L_T は、図 41 に示すように、ヒートシンク 40 との対向側（下面側）ではなく、半導体素子 30 との対向側（上面側）の長さである。高さとは、接合面である第 1 対向面から Z 方向にもっとも離れた部分の高さである。

【0181】

直径 $80\ \mu\text{m}$ のボンディングワイヤを用いてワイヤ片 90 を形成する場合、ボンド部 94 の長さ L_B は、平坦部 92 を備える構成と本実施形態とで互いにほぼ同じである。たとえば、長さ L_B は、 $260\ \mu\text{m} \pm 100\ \mu\text{m}$ である。ワイヤ片 90 の体積を $1.0 \times 10^7\ \mu\text{m}^3$ 以下にするには、ワイヤ片 90 の全長 L_W を $400\ \mu\text{m}$ 以上、 $450\ \mu\text{m}$ 以下、フィード部 95 およびテール部 96 の長さ L_F 、 L_T を $100\ \mu\text{m}$ 以下にするとよい。

【0182】

平坦部 92 を設ける構成では、延設方向において平坦部 92 を確保するための長さが必要である。両端側に平坦部 92 を設けるとワイヤ片 90 の全長は $450\ \mu\text{m}$ を超え、たとえば $500\ \mu\text{m}$ 程度となる。本実施形態では、平坦部 92 を設けないため、非接合部であるフィード部 95 とテール部 96 の長さ L_F 、 L_T のそれぞれを、 $100\ \mu\text{m}$ 以下と短くすることができる。このため、長さ L_B がばらついても、ワイヤ片 90 の全長 L_W を $450\ \mu\text{m}$ 以下にすることができる。つまり、ワイヤ片 90 を小型化することができる。したがって、ワイヤ片 90 の体積を $1.0 \times 10^7\ \mu\text{m}^3$ 以下にしやすい。また、長さ L_F 、 L_T が短いため、高さ H_F 、 H_T のばらつきを抑制することができる。

【0183】

さらに、フィード部 95 の高さ H_F およびテール部 96 の高さ H_T を、 $80\ \mu\text{m}$ 以上、 $100\ \mu\text{m}$ 以下とするとよい。高さ $80\ \mu\text{m}$ はワイヤ径と等しい。この場合、フィード部 95 およびテール部 96 は、ヒートシンク 40 の実装面 40a に接触するものの、接合していない。

【0184】

半導体素子 30 が下に凸の反りを生じ得る場合、図 42 に示すように反りが生じていない半導体素子 30 とヒートシンク 40 との対向空間の体積が最大となる。対向空間の体積が最大するとき、コレクタ電極 32 のほぼ全面にはんだが濡れ拡がる接合面積を確保するためのはんだ 80 として、もっとも多くのはんだを必要とする。この必要はんだの体積は、半導体素子 30 がワイヤ片 90 に支持された状態で最小となる。必要はんだ体積の最小値は、はんだ 80 の厚みが高さ H_F 、 H_T に等しいときの、平面視において半導体素子 30（コレクタ電極 32）と重なる部分の体積から、はんだ 80 のひけ分を除外した値である。

【0185】

高さ H_F 、 H_T を $110\ \mu\text{m}$ 以上にすると、はんだ 80 の所定供給量が、必要はんだ体積の最小値を下回る虞がある。このことは、シミュレーション結果より明らかである。この場合、コレクタ電極 32 の一部にしか、はんだ 80 が濡れ拡がらない虞がある。はんだ高さ H_F 、 H_T を $100\ \mu\text{m}$ 以下にすると、はんだ 80 の所定供給量が、必要はんだ体積の最小値を上回る。これにより、コレクタ電極 32 のほぼ全面をはんだ 80 が濡れ拡がり、接続信頼性を確保することができる。

【0186】

エミッタ電極 31 側のはんだ 81 についても同様である。半導体素子 30 が下に凸の反りを生じ得る場合、図 43 に示すように反りが最大（たとえば $0.1 \mu\text{m}$ ）のときに半導体素子 30 とターミナル 55 との対向空間の体積が最大となる。対向空間の体積が最大するとき、エミッタ電極 31 のほぼ全面にはんだが濡れ拡がる接合面積を確保するためのはんだ 81 として、もっとも多くのはんだを必要とする。この必要はんだの体積は、半導体素子 30 がワイヤ片 90 に支持された状態で最小となる。

【0187】

高さ HF、HT を $110 \mu\text{m}$ 以上にすると、はんだ 80 の所定供給量が、必要はんだ体積の最小値を下回る虞がある。このことは、シミュレーション結果より明らかである。この場合、エミッタ電極 31 の一部にしか、はんだ 81 が濡れ拡がらない虞がある。はんだ 10

【0188】

なお、先行実施形態（図 14 参照）に示したように、下に凸の半導体素子 30 が傾いて配置された場合でも、高さ HF、HT が $70 \mu\text{m}$ 以上であれば、少なくとも四隅に配置したワイヤ片 90（図 12 および図 20 参照）によって、はんだ 80、81 の最低膜厚を保証することができる。接続信頼性を確保できる最低膜厚は、たとえば $43 \mu\text{m}$ である。本実施形態では、ワイヤ直径が $80 \mu\text{m}$ であり、高さ HF、HT の最小値が $80 \mu\text{m}$ である。よって、下に凸の半導体素子 30 が傾いて配置された場合でも、接続信頼性を確保する 20

【0189】

上記したように長さ LF、LT を短くすると、ボンド部 94 の長さ LB に対するフィード部 95 またはテール部 96 の長さ LF、LT の比（ LF/LB 、 LT/LB ）は、平坦部 92 を設ける構成よりも小さくなる。ワイヤ片 90 の体積を $1.0 \times 10^7 \mu\text{m}^3$ 以下にするには、 LF/LB 、 LT/LB を 0.1 以上、0.65 以下にするとよい。この関係を満たすことで、ボンド部 94 に対してフィード部 95、テール部 96 の長さをおさえ、ワイヤ片 90 を小型化することができる。また、高さ HF、HT のばらつきを抑制することができる。

【0190】

また、ボンド部 94 の長さ LB に対するボンド部 94 の幅 WB の比（ WB/LB ）を、0.2 以上、0.7 以下にするとよい。つまり、幅 WB を狭くするとよい。これにより、ワイヤ片 90 の体積を小さくすることができる。また、高さ HF、HT のばらつきを抑制することができる。

【0191】

より具体的には、下記寸法を満たすように、ワイヤ片 90 を形成するとよい。ワイヤ片 90 の全長 LW を $420 \mu\text{m} \pm 20 \mu\text{m}$ 、フィード部 95 の長さ LF を $85 \mu\text{m} \pm 15 \mu\text{m}$ 、テール部 96 の長さ LT を $70 \pm 30 \mu\text{m}$ にするとよい。ボンド部 94 の長さ LB を、 $260 \mu\text{m} \pm 100 \mu\text{m}$ 、ボンド部の高さ HB を $70 \mu\text{m} \pm 5 \mu\text{m}$ 、ボンド部 94 の幅 WB を $90 \mu\text{m} + 15 \mu\text{m} - 5 \mu\text{m}$ にするとよい。フィード部 95 の高さ HF を $85 \mu\text{m} + 15 \mu\text{m} - 5 \mu\text{m}$ 、テール部 96 の高さ HT を $85 \mu\text{m} \pm 5 \mu\text{m}$ にするとよい。 40

【0192】

<ワイヤ片の製造方法>

次に、図 44 ~ 図 48 に基づき、上記した体積、寸法を満たすワイヤ片 90 の製造方法について説明する。以下では、ワイヤ片 90 をヒートシンク 40 上に設ける例を示すが、ターミナル 55 上についても同様である。

【0193】

図 44 に示すように、超音波接合装置は、ワイヤガイド 100、ツール 101、およびカッター 102 を有している。まず、ワイヤガイド 100 から引き出したボンディングワイヤ 99 を、ヒートシンク 40 の実装面 40a の所定位置に配置する。このとき、ツール 50

101による接合箇所を基準として、上記した所定長さのフィード部95を確保できるように、ボンディングワイヤ99を配置する。

【0194】

次いで図45に示すように、ツール101により超音波接合を行う。超音波接合により、ボンド部94を形成する。ボンディングワイヤ99は、超音波接合のパワー、ツール101による荷重によって、少なからず潰れる。これにより、ボンド部94の幅が広がる。本実施形態では、ボンド部94の幅WBが広がりすぎず、 $90\mu\text{m} + 15\mu\text{m} - 5\mu\text{m}$ 、つまり $85\mu\text{m} \sim 105\mu\text{m}$ の範囲内に入るように、パワーおよび荷重を調整する。

【0195】

超音波接合によって、図45に矢印で示すように、フィード部95の上面側には圧縮応力が作用する。一方、フィード部95の下面側、つまりヒートシンク40側には、引張応力が作用する。これにより、フィード部95は、ヒートシンク40の実装面40aに対してはね上がる。接触していた非固定部93の部分が実装面40aから離れる。

10

【0196】

超音波接合の終了後、図46に示すように、ツール101（超音波接合装置）を後退させる。図46に白抜き矢印で示すツール101の後退量は、カッター102の切断位置、すなわちテール部96の長さに応じて決定される。具体的には、テール部96の長さLTおよびワイヤ片90の全長がそれぞれ所定長さとなるように、後退量を決定する。

【0197】

次いで、図47に示すように、ワイヤカットを行う。上記した後退位置でツール101がボンディングワイヤ99を押さえた状態で、カッター102により、ボンディングワイヤ99を切断する。ワイヤカットにより、ワイヤ片90が形成される。ワイヤカット後、図48に示すように、ツール101を含む超音波接合装置を退避させる。カットにより荷重が解放され、ワイヤ片90のテール部96が弾性変形状態から復元し、ヒートシンク40の実装面40aに対してはね上がる。接触していた非固定部93の部分が実装面40aから離れる。

20

【0198】

ワイヤカットにより、ヒートシンク40には、図48に示すようにカッター痕41が形成される。カッター痕41は、ワイヤ片90の延設方向の両端のうち、テール部96の直下に形成される。

30

【0199】

<第10実施形態のまとめ>

本実施形態では、ワイヤ片90の体積を、 $1.0 \times 10^7 \mu\text{m}^3$ 以下に設定している。これにより、熱応力を低減し、ひいては素子ダメージを抑制することができる。つまり、半導体装置10の信頼性を向上することができる。

【0200】

なお、先行実施形態（図28参照）において、上記した体積の関係を満たすようにしてもよい。ただし、両端側に平坦部92を設けると、ワイヤ片90の全長LWが長くなる。また、レベリング加工しないと、ワイヤ高さ、つまり高さHF、HTのばらつきが大きい。レベリング加工が必要な分、工程数、ひいては製造コストが増加する。

40

【0201】

本実施形態では、上記した体積の関係を満たすために、ワイヤ片90の全長LWを $400\mu\text{m}$ 以上、 $450\mu\text{m}$ 以下にし、フィード部95およびテール部96の長さLF、LTを $100\mu\text{m}$ 以下にする。平坦部92を設けないため、フィード部95およびテール部96の長さLF、LTおよびワイヤ片90の全長LWを短くすることができる。また、レベリング加工が不要であり、たとえば製造コストを低減することができる。

【0202】

特に、ボンド部94の長さLBに対してフィード部95およびテール部96の長さLF、LTを短くする。具体的には、 LF/LB 、 LT/LB を0.1以上、0.65以下にする。これにより、高さHF、HTのばらつきを抑制することができる。

50

【 0 2 0 3 】

本実施形態では、フィード部 9 5 の高さ H F およびテール部 9 6 の高さ H T を、 $80\text{ }\mu\text{m}$ 以上、 $100\text{ }\mu\text{m}$ 以下にする。これにより、接続信頼性を確保することができる。

【 0 2 0 4 】

本実施形態では、ボンド部 9 4 の長さ L B に対するボンド部 9 4 の幅 W B の比 ($W B / L B$) を、 0.2 以上、 0.7 以下にする。幅 W B を狭くするため、ワイヤ片 9 0 の体積を小さくすることができる。また、幅 W B を狭くするために、超音波接合時のパワーや荷重を、接合強度が確保できる範囲で抑える。これにより、潰し量を低減し、ひいては高さ H F、H T のばらつきを抑制することができる。

【 0 2 0 5 】

本実施形態に示した平坦部 9 2 を有さないワイヤ片 9 0 については、第 1 実施形態～第 8 実施形態との組み合わせが可能である。たとえば、図 1 2 や図 2 0 に示した四隅にのみワイヤ片 9 0 を配置する構成に好適である。本実施形態は、半導体素子の主電極と配線部材との接合部に配置されるワイヤ片に適用が可能である。ワイヤ片の配置は、先行実施形態に示した配置に限定されない。

【 0 2 0 6 】

(他の実施形態)

この明細書及び図面等における開示は、例示された実施形態に制限されない。開示は、例示された実施形態と、それらに基づく当業者による変形態様を包含する。たとえば、開示は、実施形態において示された部品及び / 又は要素の組み合わせに限定されない。開示は、多様な組み合わせによって実施可能である。開示は、実施形態に追加可能な追加的な部分をもつことができる。開示は、実施形態の部品及び / 又は要素が省略されたものを包含する。開示は、ひとつの実施形態と他の実施形態との間における部品及び / 又は要素の置き換え、又は組み合わせを包含する。開示される技術的範囲は、実施形態の記載に限定されない。開示されるいくつかの技術的範囲は、請求の範囲の記載によって示され、さらに請求の範囲の記載と均等の意味及び範囲内でのすべての変更を含むものと解されるべきである。

【 0 2 0 7 】

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

【 0 2 0 8 】

半導体装置 1 0 をインバータ 5 に適用する例を示したが、これに限定されない。たとえばコンバータに適用することもできる。また、インバータ 5 およびコンバータの両方に適用することもできる。

【 0 2 0 9 】

半導体素子 3 0 が、ひとつのアームを構成する I G B T 6 i および F W D 6 d を有する例を示したが、これに限定されない。I G B T 6 i および F W D 6 d を別チップ (別の素子) としてもよい。スイッチング素子として I G B T 6 i の例を示したが、これに限定されない。たとえば M O S F E T を採用することもできる。また、両面に主電極を有する縦型構造の素子としてダイオードを採用することもできる。

【 0 2 1 0 】

半導体素子 3 0 H を複数備え、複数の半導体素子 3 0 H が並列接続されて上アーム 6 H のひとつを構成してもよい。半導体素子 3 0 L を複数備え、複数の半導体素子 3 0 L が並列接続されて下アーム 6 L のひとつを構成してもよい。

【 0 2 1 1 】

ヒートシンク 4 0、5 0 の裏面 4 0 b、5 0 b が、封止樹脂体 2 0 から露出する例を示したが、これに限定されない。裏面 4 0 b、5 0 b の少なくとも一方が、封止樹脂体 2 0

10

20

30

40

50

によって覆われた構成としてもよい。裏面 40b、50b の少なくとも一方が、封止樹脂体 20 とは別の図示しない絶縁部材によって覆われた構成としてもよい。半導体装置 10 が封止樹脂体 20 を備える例を示したが、これに限定されない。封止樹脂体 20 を備えない構成としてもよい。

【0212】

半導体装置 10 が、一相分の上下アーム回路 6 を構成する複数の半導体素子 30 を備える例を示したが、これに限定されない。ひとつのアームを構成する半導体素子のみを備えてもよい。半導体装置 10 は、たとえば、ひとつのアームを構成する半導体素子 30 と、半導体素子 30 を挟むように配置された一对のヒートシンク 40、50 を備えればよい。また、三相分の上下アーム回路 6 を構成する半導体素子をひとつのパッケージとして備えてもよい。

10

【0213】

信号端子 75 がボンディングワイヤ 87 を介してパッド 33 に接続される例を示したが、これに限定されない。たとえば信号端子 75 を、はんだを介してパッド 33 に接続してもよい。ボンディングワイヤ 87 のスペースが不要となるため、ターミナル 55 を備えない構成とすることが可能である。

【0214】

ヒートシンク 50 に溝 51 を設け、継手部 61、62 に溝 63 を設ける例を示したが、これに限定されない。溝 51、63 の少なくとも一方を排除した構成としてもよい。上アーム 6H と下アーム 6L とをつなぐ連結部分を、2つの継手部 60、61 の接続構造により実現する例を示したが、これに限定されない。ヒートシンク 40L、50H の一方に連なる継手部が、他方に接続される構成としてもよい。また、継手部 62 を備える例を示したが、これに限定されない。主端子 71 が、継手部 62 を介さず、ヒートシンク 50L に連なる構成としてもよい。

20

【符号の説明】

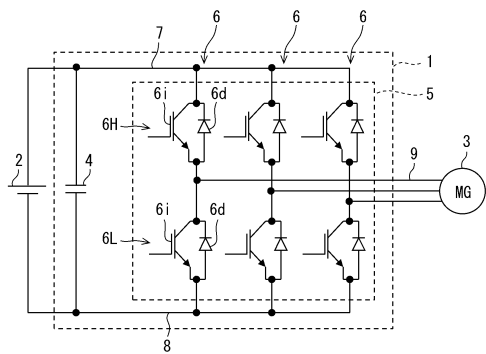
【0215】

1 ... 電力変換装置、2 ... 直流電源、3 ... モータジェネレータ、4 ... 平滑コンデンサ、5 ... インバータ、6 ... 上下アーム回路、6H ... 上アーム、6L ... 下アーム、6i ... IGBT、6d ... FWD、7 ... 高電位電源ライン、8 ... 低電位電源ライン、9 ... 出力ライン、10 ... 半導体装置、20 ... 封止樹脂体、20a ... 表面、20b ... 裏面、20c、20d ... 側面、30、30H、30L ... 半導体素子、30a ... 表面、30b ... 裏面、30c ... 素子中心、31 ... エミッタ電極、32 ... コレクタ電極、33 ... パッド、33g ... ゲートパッド、34 ... ゲート配線、35 ... ゲート配線保護部、40、40H、40L ... ヒートシンク、40a ... 実装面、40b ... 裏面、41 ... カッター痕、50、50H、50L ... ヒートシンク、50a ... 実装面、50b ... 裏面、51 ... 溝、55、55H、55L ... ターミナル、55a ... 第1端面、55b ... 第2端面、550 ... 面取り部、60、61、62 ... 継手部、63 ... 溝、64 ... 凸部、70、71、72 ... 主端子、71a ... 接続部、75 ... 信号端子、80、81、82、83、84 ... はんだ、80a ... 中央領域、80b ... 外周領域、80S ... 溶融はんだ、86 ... 空隙、87 ... ボンディングワイヤ、88 ... 吊りリード、90、90a、90b、900、901、902 ... ワイヤ片、91 ... 固定部、92 ... 平坦部、93 ... 非固定部、94 ... ボンド部、95 ... フィード部、96 ... テール部、98 ... 治具、99 ... ボンディングワイヤ、100 ... ワイヤガイド、101 ... ツール、102 ... カッター

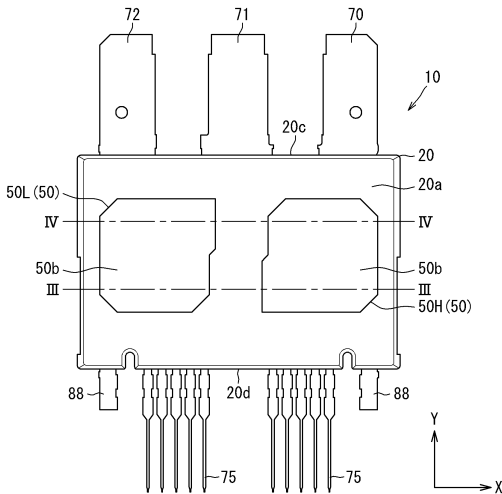
30

40

【図面】
【図 1】
図1

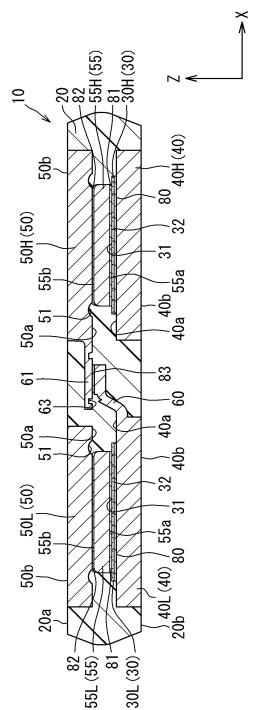


【図 2】
図2

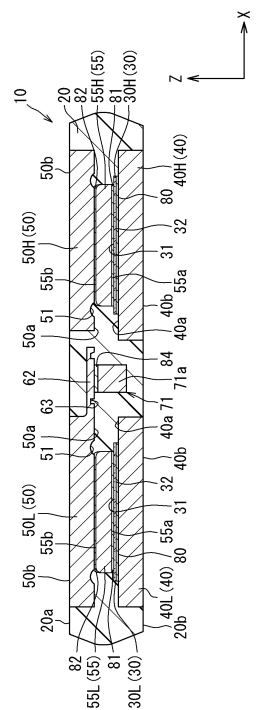


10

【図 3】
図3



【図 4】
図4



20

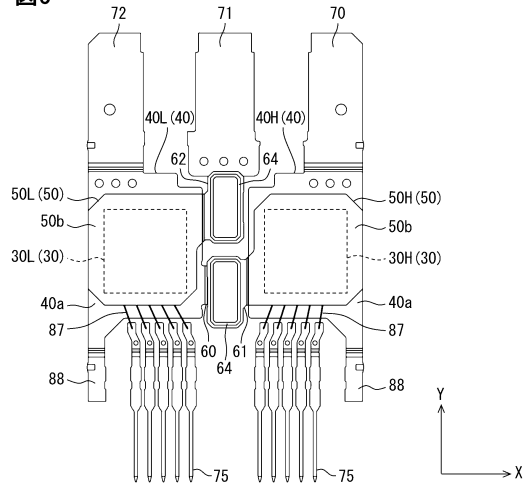
30

40

50

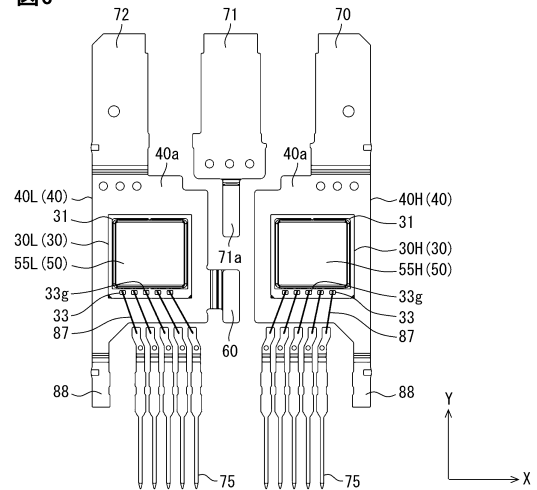
【 図 5 】

図5



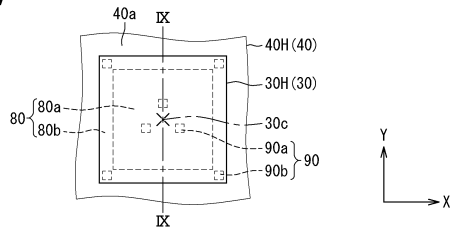
【圖 6】

图6



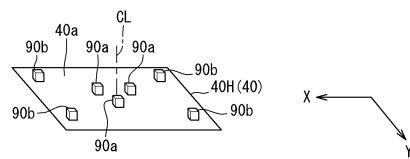
【圖 7】

图7



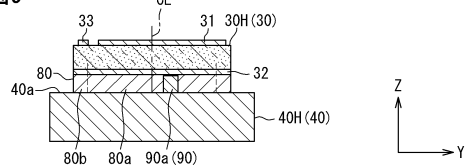
【圖 8】

图8



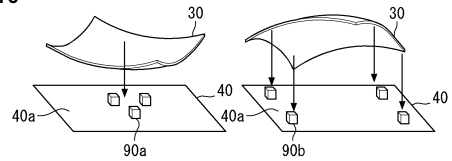
【 図 9 】

图9

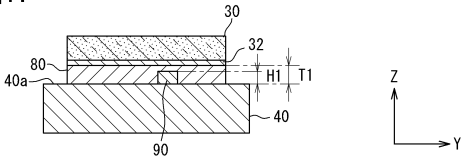


【 図 1 0 】

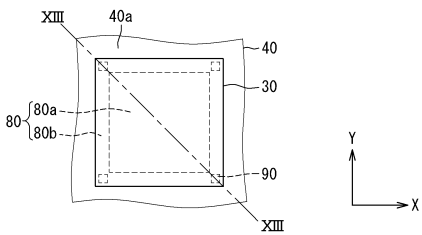
图10



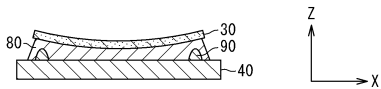
【図 1 1】
図 11



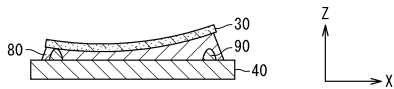
【図 1 2】
図 12



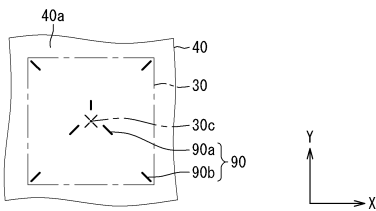
【図 1 3】
図 13



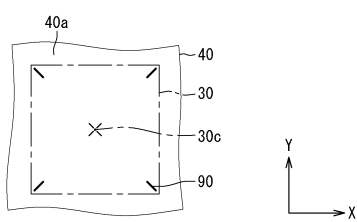
【図 1 4】
図 14



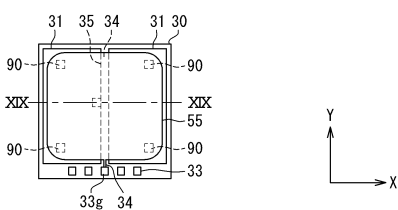
【図 1 5】
図 15



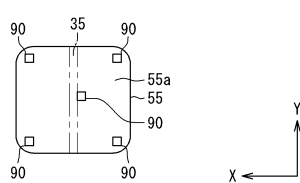
【図 1 6】
図 16



【図 1 7】
図 17



【図 1 8】
図 18



10

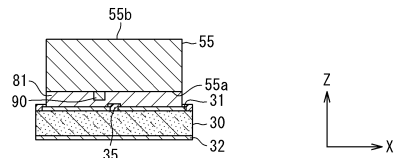
20

30

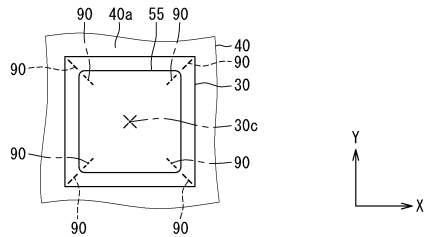
40

50

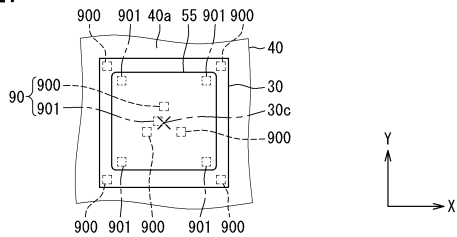
【図 19】
図19



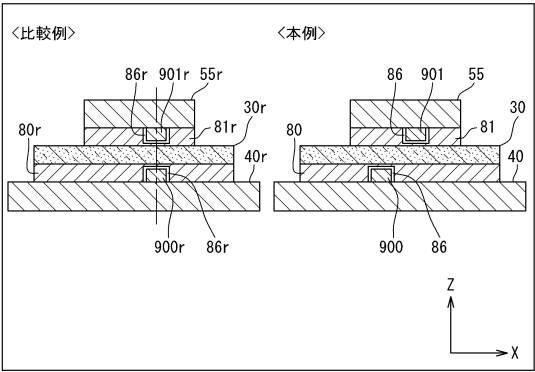
【図 20】
図20



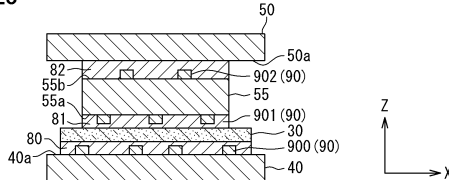
【図 21】
図21



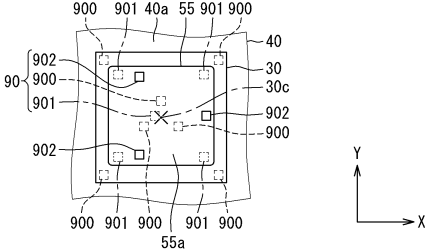
【図 22】
図22



【図 23】
図23



【図 24】
図24



10

20

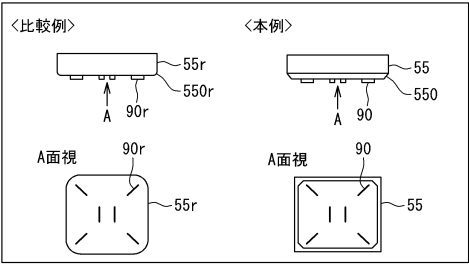
30

40

50

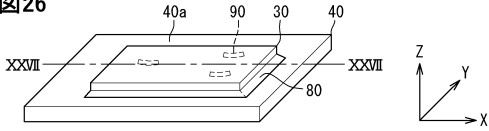
【図 25】

図25



【図 26】

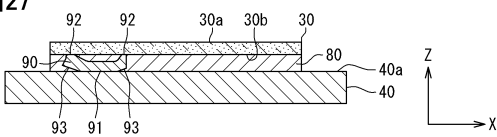
図26



10

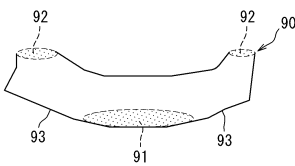
【図 27】

図27



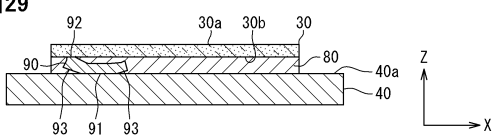
【図 28】

図28



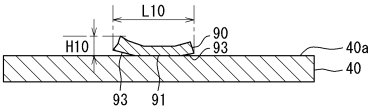
【図 29】

図29



【図 30】

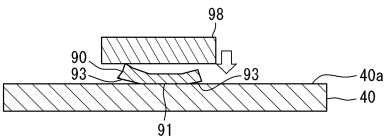
図30



20

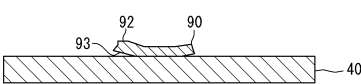
【図 31】

図31



【図 32】

図32



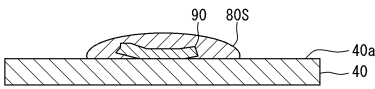
30

40

50

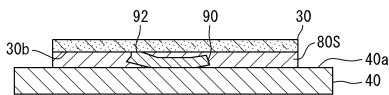
【図 3 3】

図33



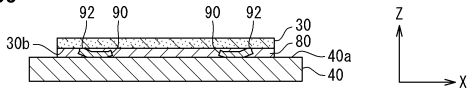
【図 3 4】

図34



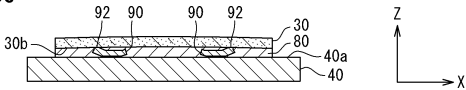
【図 3 5】

図35



【図 3 6】

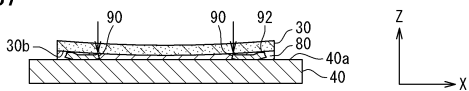
図36



10

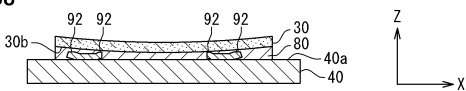
【図 3 7】

図37



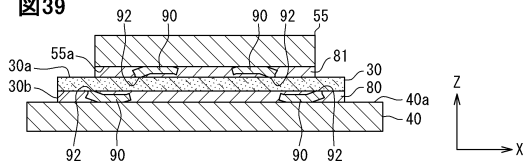
【図 3 8】

図38



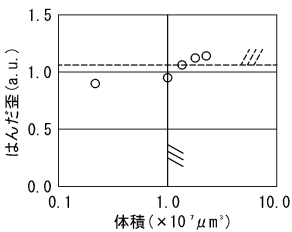
【図 3 9】

図39



【図 4 0】

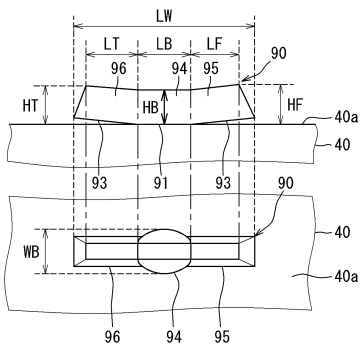
図40



20

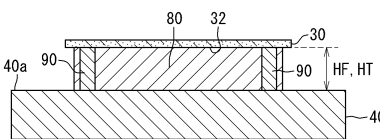
【図 4 1】

図41



【図 4 2】

図42

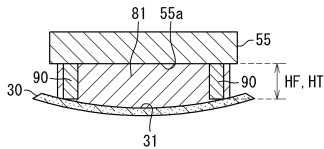


30

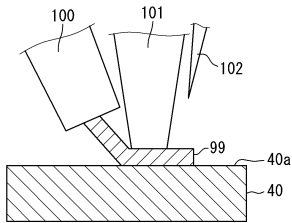
40

50

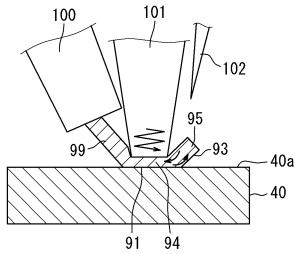
【図 4 3】
図43



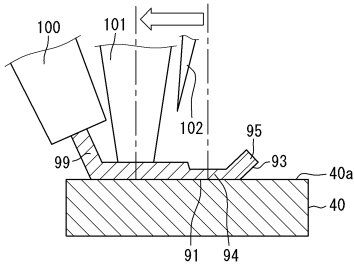
【図 4 4】
図44



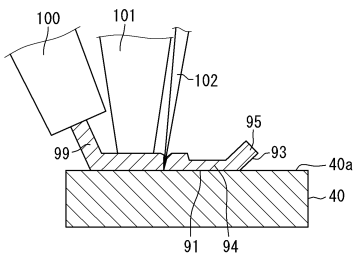
【図 4 5】
図45



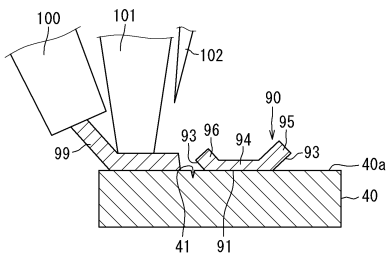
【図 4 6】
図46



【図 4 7】
図47



【図 4 8】
図48



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (72)発明者 大谷 祐司
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 小林 渉
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 野村 匠
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 満永 智明
愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株式会社内
- (72)発明者 平野 敬洋
愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株式会社内
- (72)発明者 坂井 孝充
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 岡 賢吾
愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会社デンソー内

審査官 川原 光司

- (56)参考文献 特開平 0 3 - 0 9 7 2 3 4 (J P , A)
特開 2 0 0 8 - 1 5 3 4 3 2 (J P , A)
特開 2 0 0 7 - 3 1 1 5 7 7 (J P , A)
国際公開第 2 0 1 7 / 1 8 7 9 9 8 (W O , A 1)
特開 2 0 1 4 - 1 1 2 6 0 8 (J P , A)
特開 2 0 1 2 - 0 6 9 7 0 3 (J P , A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)

H 0 1 L 2 1 / 3 3 6
H 0 1 L 2 1 / 7 6
H 0 1 L 2 5 / 0 0 - 2 5 / 0 7
H 0 1 L 2 5 / 1 0 - 2 5 / 1 1
H 0 1 L 2 5 / 1 6 - 2 5 / 1 8
H 0 1 L 2 9 / 0 6
H 0 1 L 2 9 / 1 2
H 0 1 L 2 9 / 7 3 9
H 0 1 L 2 9 / 7 8