

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7689653号
(P7689653)

(45)発行日 令和7年6月9日(2025.6.9)

(24)登録日 令和7年5月30日(2025.5.30)

(51)国際特許分類

F I

H 0 1 L 23/48 (2006.01)

H 0 1 L 23/48

S

請求項の数 6 (全112頁)

(21)出願番号	特願2022-23245(P2022-23245)	(73)特許権者	000004260
(22)出願日	令和4年2月17日(2022.2.17)		株式会社デンソー
(65)公開番号	特開2023-120061(P2023-120061 A)		愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
(43)公開日	令和5年8月29日(2023.8.29)	(74)代理人	矢作 和行
審査請求日	令和6年1月10日(2024.1.10)	(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	吉川 弘起
			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	井上 徳大
			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】

一面に設けられた第1主電極（40D）と、前記一面とは板厚方向において反対の裏面上に設けられた第2主電極（40S）と、前記裏面において前記第2主電極とは異なる位置に設けられた信号用のパッド（40P）と、前記裏面上に設けられ、前記第2主電極および前記パッドを個別に露出させる開口を備えた保護膜（44）と、を有する半導体素子（40）と、

前記板厚方向の平面視において前記半導体素子を内包するように、前記板厚方向において前記第1主電極側に配置され、前記第1主電極に電気的に接続された第1配線部材（50）と、

前記平面視において前記半導体素子を内包するように、前記板厚方向において前記第2主電極側に配置され、前記第2主電極に電気的に接続された第2配線部材（60）と、

前記パッドに接合されたボンディングワイヤ（110）と、

前記半導体素子、前記半導体素子との対向面を含む前記第1配線部材の少なくとも一部、前記半導体素子との対向面を含む前記第2配線部材の少なくとも一部、および前記ボンディングワイヤを封止する封止体（30）と、を備え、

前記第1配線部材および前記第2配線部材の少なくとも一方は、前記半導体素子との対向面に設けられ、前記封止体が密着する密着部（527、570、627）を有し、

前記第2配線部材は、前記半導体素子との対向面のうち、前記半導体素子との電気的な

接続部に連なり、前記接続部とともに平坦面を提供する領域であって、前記平面視において少なくとも前記パッドと重なる部分に設けられ、前記密着部よりも前記封止体に対する密着性が低くされた非密着部（６２８、６７１）を有し、
前記第２配線部材は、前記半導体素子との対向面に、前記非密着部と、前記非密着部とは異なる位置に設けられた前記密着部を有する、半導体装置。

【請求項２】

前記第２主電極と前記パッドとの並び方向において、前記密着部は、前記半導体素子との対向面の端部と前記非密着部との間に設けられている、請求項１に記載の半導体装置。

【請求項３】

前記第１配線部材は、前記半導体素子との対向面に前記密着部を有する、請求項１または請求項２に記載の半導体装置。

10

【請求項４】

前記密着部は粗化部であり、前記非密着部は非粗化部である、請求項１～３いずれか１項に記載の半導体装置。

【請求項５】

前記粗化部には、表面が連続して凹凸をなし、前記半導体素子との対向面をなす導体の主成分金属と同じ金属の酸化膜（６２０）が形成されている、請求項４に記載の半導体装置。

【請求項６】

前記密着部は、前記封止体との密着性を高める樹脂膜が形成されたコーティング部である請求項１～３いずれか１項に記載の半導体装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

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】

【０００２】

特許文献１は、両面放熱構造の半導体装置を開示している。先行技術文献の記載内容は、この明細書における技術的要素の説明として、参照により援用される。

【先行技術文献】

30

【特許文献】

【０００３】

【文献】米国特許第１０４５３７７１号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００４】

特許文献１では、半導体チップを挟むように一对のＤＣＢ基板が配置されている。ＤＣＢは、Direct Copper Bondingの略称である。ＤＣＢ基板のうち、銅層の表面は、粗化されている。そして、粗化された部分に封止体が密着している。これにより、封止体の剥離を抑制することができる。

40

【０００５】

しかしながら、銅層に封止体が密着しているため、変形する銅層に封止体が引っ張られ、ボンディングワイヤにおいて半導体チップのパッドとの接合部に作用する応力が増加するという問題がある。応力の増加は、たとえばクラックや破断を引き起こす。上記した観点において、または言及されていない他の観点において、半導体装置にはさらなる改良が求められている。

【０００６】

開示されるひとつの目的は、ボンディングワイヤにおいてパッドとの接合部に作用する応力を低減できる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】

50

【 0 0 0 7 】

ここに開示された半導体装置は、

一面に設けられた第 1 主電極 (4 0 D) と、一面とは板厚方向において反対の裏面上に設けられた第 2 主電極 (4 0 S) と、裏面において第 2 主電極とは異なる位置に設けられた信号用のパッド (4 0 P) と、裏面上に設けられ、第 2 主電極およびパッドを個別に露出させる開口を備えた保護膜 (4 4) と、を有する半導体素子 (4 0) と、

板厚方向の平面視において半導体素子を内包するように、板厚方向において第 1 主電極側に配置され、第 1 主電極に電氣的に接続された第 1 配線部材 (5 0) と、

平面視において半導体素子を内包するように、板厚方向において第 2 主電極側に配置され、第 2 主電極に電氣的に接続された第 2 配線部材 (6 0) と、

パッドに接合されたボンディングワイヤ (1 1 0) と、

半導体素子、半導体素子との対向面を含む第 1 配線部材の少なくとも一部、半導体素子との対向面を含む第 2 配線部材の少なくとも一部、およびボンディングワイヤを封止する封止体 (3 0) と、

を備え、

第 1 配線部材および第 2 配線部材の少なくとも一方は、半導体素子との対向面に設けられ、封止体が密着する密着部 (5 2 7、5 7 0、6 2 7) を有し、

第 2 配線部材は、半導体素子との対向面のうち、半導体素子との電氣的な接続部に連なり、接続部とともに平坦面を提供する領域であって、平面視において少なくともパッドと重なる部分に設けられ、密着部よりも封止体に対する密着性が低くされた非密着部 (6 2 8、6 7 1) を有し、

第 2 配線部材は、半導体素子との対向面に、非密着部と、非密着部とは異なる位置に設けられた密着部を有する。

【 0 0 0 8 】

開示された半導体装置によれば、密着部を有しつつ、意図的に所定位置を非密着部としている。具体的には、第 2 配線部材の対向面において少なくともパッドと重なる部分、つまりパッドの直上の部分を非密着部としている。これにより、半導体素子の熱や使用環境の温度変化などにより第 2 配線部材が変形しても、ボンディングワイヤにおけるパッドとの接合部の上方に位置する封止体が引っ張られるのを抑制することができる。この結果、接合部に作用する応力を低減することができる。

【 0 0 0 9 】

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 1 0 】

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

【図 2】半導体装置を示す斜視図である。

【図 3】半導体装置を示す斜視図である。

【図 4】半導体装置を示す平面図である。

【図 5】図 4 の V-V 線に沿う断面図である。

【図 6】図 4 の VI-VI 線に沿う断面図である。

【図 7】図 4 の VII-VII 線に沿う断面図である。

【図 8】図 4 の VIII-VIII 線に沿う断面図である。

【図 9】図 8 に示す領域 IX を拡大した図である。

【図 10】半導体装置を説明するための分解斜視図である。

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

10

20

30

40

50

- 【図 1 2】ドレイン電極側の基板の回路パターンを示す平面図である。
- 【図 1 3】ソース電極側の基板の回路パターンを示す平面図である。
- 【図 1 4】ドレイン電極側の回路パターン、半導体素子、および端子の配置を示す図である。
- 【図 1 5】ソース電極側の回路パターン、半導体素子、および端子の配置を示す図である。
- 【図 1 6】参考例の電流ループを示す平面図である。
- 【図 1 7】電流ループを示す平面図である。
- 【図 1 8】電流ループを示す側面図である。
- 【図 1 9】参考例について電流密度を示す図である。
- 【図 2 0】本実施形態について電流密度を示す図である。 10
- 【図 2 1】変形例を示す平面図である。
- 【図 2 2】変形例を示す平面図である。
- 【図 2 3】変形例において、ドレイン電極側の基板の回路パターンを示す平面図である。
- 【図 2 4】変形例において、ソース電極側の基板の回路パターンを示す平面図である。
- 【図 2 5】第 2 実施形態に係る半導体装置を示す断面図である。
- 【図 2 6】インダクタンス L_s の効果を説明するための図である。
- 【図 2 7】インダクタンス L_s の効果を説明するための図である。
- 【図 2 8】ソース電極側の基板の回路パターンを示す平面図である。
- 【図 2 9】電流経路を示す図である。
- 【図 3 0】アーム接続部を示す断面図である。 20
- 【図 3 1】ソース電極側の基板の変形例を示す平面図である。
- 【図 3 2】ドレイン電極側の基板に半導体素子を実装された状態を示す平面図である。
- 【図 3 3】電流経路を示す図である。
- 【図 3 4】ドレイン電極側の基板の変形例を示す平面図である
- 【図 3 5】電流経路を示す図である。
- 【図 3 6】アーム接続部の変形例を示す断面図である。
- 【図 3 7】アーム接続部の変形例を示す断面図である。
- 【図 3 8】変形例において、ソース電極側の基板の回路パターンを示す平面図である。
- 【図 3 9】高温時の反りを示す断面図である。
- 【図 4 0】第 3 実施形態に係る半導体装置を示す断面図である。 30
- 【図 4 1】室温時の半導体装置を示す断面図である。
- 【図 4 2】高温時の半導体装置を示す断面図である。
- 【図 4 3】厚み T_1 、 T_2 の比と反り量との関係を示す図である。
- 【図 4 4】変形例を示す断面図である。
- 【図 4 5】変形例を示す断面図である。
- 【図 4 6】第 4 実施形態に係る半導体装置において、信号端子周辺を拡大した平面図である。
- 【図 4 7】図 4 6 の XLVII-XLVII 線に沿う断面図である。
- 【図 4 8】ワイヤボンディングを説明する図である。
- 【図 4 9】変形例を示す断面図である。 40
- 【図 5 0】変形例を示す断面図である。
- 【図 5 1】変形例を示す断面図である。
- 【図 5 2】変形例を示す断面図である。
- 【図 5 3】変形例を示す平面図である。
- 【図 5 4】中継基板を示す断面図である。
- 【図 5 5】図 5 3 の LV-LV 線に沿う断面図である。
- 【図 5 6】変形例を示す断面図である。
- 【図 5 7】第 5 実施形態に係る半導体装置を示す断面図である。
- 【図 5 8】図 5 7 に示す LVIII 方向から見た平面図である。
- 【図 5 9】図 5 7 に示す領域 LVIX を拡大した図である。 50

【図 6 0】図 5 9 に対して、接合材を省略した図である。

【図 6 1】変形例を示す平面図である。

【図 6 2】図 6 1 に示す LXII 方向から見た平面図である。

【図 6 3】変形例を示す平面図である。

【図 6 4】変形例を示す断面図である。

【図 6 5】図 6 4 に示す領域 LXV を拡大した図である。

【図 6 6】変形例を示す断面図である。

【図 6 7】図 6 6 に示す領域 LXVII を拡大した図である。

【図 6 8】変形例を示す断面図である。

【図 6 9】第 6 実施形態に係る半導体装置を示す断面図である。

10

【図 7 0】封止体および絶縁基材について、ガラス転移点および線膨張係数の関係を示す図である。

【図 7 1】参考例の反りを示す図である。

【図 7 2】高温時の反りを示す図である。

【図 7 3】第 7 実施形態に係る半導体装置を示す断面図である。

【図 7 4】図 7 3 の領域 LXXIV を拡大した図である。

【図 7 5】粗化部の形成方法を示す図である。

【図 7 6】変形例を示す断面図である。

【図 7 7】変形例を示す断面図である。

【図 7 8】変形例を示す断面図である。

20

【図 7 9】第 8 実施形態に係る半導体装置を示す断面図である。

【図 8 0】図 7 9 の領域 LXXX を拡大した図である。

【図 8 1】間隔、厚みとインダクタンスとの関係を示す図である。

【図 8 2】間隔 < 厚みの場合のシミュレーション結果を示す図である。

【図 8 3】間隔 > 厚みの場合のシミュレーション結果を示す図である。

【図 8 4】第 9 実施形態に係る半導体装置を示す断面図である。

【図 8 5】基板中心を示す平面図である。

【図 8 6】図 8 4 の領域 LXXXVI を拡大した図である。

【図 8 7】寸法および角度を示す図である。

【図 8 8】積層体の側面図である。

30

【図 8 9】第 10 実施形態に係る半導体装置を示す断面図である。

【図 9 0】半導体素子を示す平面図である。

【図 9 1】図 8 9 の領域 XCI を拡大した図である。

【図 9 2】焼結部材の配置を示す断面図である。

【図 9 3】接合方法を示す断面図である。

【図 9 4】保護膜の内周面と焼結部材との距離と下地電極の歪振幅との関係を示す図である。

【図 9 5】接合材であるはんだの配置を示す断面図である。

【図 9 6】第 11 実施形態に係る半導体装置を示す断面図である。

【図 9 7】図 9 6 の領域 XCVII を拡大した図である。

40

【図 9 8】半導体素子、焼結部材、凹凸酸化膜の配置を示す平面図である。

【図 9 9】図 9 7 の領域 XCIX を拡大した図である。

【図 100】変形例を示す断面図である。

【図 101】半導体素子、焼結部材、凹凸酸化膜の配置を示す平面図である。

【図 102】変形例を示す断面図である。

【図 103】半導体素子、焼結部材、凹凸酸化膜の配置を示す平面図である。

【図 104】変形例を示す断面図である。

【図 105】第 12 実施形態に係る半導体装置を示す断面図である。

【図 106】図 105 の領域 CVI を拡大した図である。

【図 107】下地電極、焼結層、脆弱層のヤング率、降伏応力の関係を示す図である。

50

【図 1 0 8】変形例を示す断面図である。

【図 1 0 9】変形例を示す断面図である。

【図 1 1 0】変形例を示す断面図である。

【図 1 1 1】第 1 3 実施形態に係る半導体装置が適用される電力変換装置の回路構成を示す図である。

【図 1 1 2】半導体装置を示す斜視図である。

【図 1 1 3】半導体装置を示す平面図である。

【図 1 1 4】ドレイン電極側の基板に半導体素子が実装された状態を示す平面図である。

【図 1 1 5】ドレイン電極側の基板の回路パターンを示す平面図である。

【図 1 1 6】ソース電極側の基板の回路パターンを示す平面図である。

10

【図 1 1 7】図 1 1 3 の CXVII-CXVII 線に沿う断面図である。

【図 1 1 8】図 1 1 3 の CXVIII-CXVIII 線に沿う断面図である。

【図 1 1 9】図 1 1 3 の CXIX-CXIX 線に沿う断面図である。

【図 1 2 0】図 1 1 3 の CXX-CXX 線に沿う断面図である。

【図 1 2 1】図 1 2 0 の領域 CXXI を拡大した図である。

【図 1 2 2】第 1 4 実施形態に係る半導体装置において、ソース電極側の基板の回路パターンに設けられた非粗化部を示す平面図である。

【図 1 2 3】半導体装置を示す断面図である。

【図 1 2 4】図 1 2 3 の領域 CXXIV を拡大した図である。

【図 1 2 5】図 1 2 4 に対応する参考図である。

20

【図 1 2 6】パッド直上の粗化有無とワイヤ接合部の歪振幅との関係を示す図である。

【図 1 2 7】変形例を示す平面図である。

【図 1 2 8】変形例を示す断面図である。

【図 1 2 9】変形例を示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0 0 1 1】

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

30

【0 0 1 2】

本実施形態の半導体装置は、たとえば、回転電機を駆動源とする移動体の電力変換装置に適用される。移動体は、たとえば、電気自動車（BEV）、ハイブリッド自動車（HEV）、プラグインハイブリッド自動車（PHEV）などの電動車両、電動垂直離着陸機やドローンなどの飛行体、船舶、建設機械、農業機械である。以下では、車両に適用される例について説明する。

【0 0 1 3】

（第 1 実施形態）

まず、図 1 に基づき、車両の駆動システム 1 の概略構成について説明する。

40

【0 0 1 4】

<車両の駆動システム>

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

【0 0 1 5】

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

50

置 4 は、直流電源 2 とモータジェネレータ 3 との間で電力変換を行う。

【 0 0 1 6 】

< 電力変換装置 >

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

【 0 0 1 7 】

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

【 0 0 1 8 】

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

【 0 0 1 9 】

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

【 0 0 2 0 】

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 MOS FET 11 を採用している。各アームを構成するスイッチング素子の数は特に限定されない。ひとつでもよいし、複数でもよい。MOS FET は、Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor の略称である。

【 0 0 2 1 】

一例として、本実施形態では、各アームが 2 つの MOS FET 11 を有している。ひとつのアームを構成する 2 つの MOS FET 11 は、並列接続されている。上アーム 9 H において、並列接続された 2 つの MOS FET 11 のドレインが、P ライン 7 に接続されている。下アーム 9 L において、並列接続された 2 つの MOS FET 11 のソースが、N ライン 8 に接続されている。上アーム 9 H において並列接続された 2 つの MOS FET 11 のソースと、下アーム 9 L において並列接続された 2 つの MOS FET 11 のドレインが、相互に接続されている。並列接続された 2 つの MOS FET 11 は、共通のゲート駆動信号（駆動電圧）により、同じタイミングでオン駆動、オフ駆動する。

【 0 0 2 2 】

MOS FET 11 のそれぞれには、還流用のダイオード 12 が逆並列に接続されている。ダイオード 12 は、MOS FET 11 の寄生ダイオード（ボディダイオード）でもよいし、寄生ダイオードとは別に設けたものでもよい。ダイオード 12 のアノードは対応する

10

20

30

40

50

M O S F E T 1 1 のソースに接続され、カソードはドレインに接続されている。一相分の上下アーム回路 9 は、ひとつの半導体装置 2 0 により提供される。半導体装置 2 0 の詳細については後述する。

【 0 0 2 3 】

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

10

【 0 0 2 4 】

電力変換装置 4 は、インバータ 6 などを構成するスイッチング素子の駆動回路を備えてもよい。駆動回路は、制御回路の駆動指令に基づいて、対応するアームの M O S F E T 1 1 のゲートに駆動電圧を供給する。駆動回路は、駆動電圧の印加により、対応する M O S F E T 1 1 を駆動、すなわちオン駆動、オフ駆動させる。駆動回路は、ドライバと称されることがある。

【 0 0 2 5 】

電力変換装置 4 は、スイッチング素子の制御回路を備えてもよい。制御回路は、M O S F E T 1 1 を動作させるための駆動指令を生成し、駆動回路に出力する。制御回路は、たとえば図示しない上位 E C U から入力されるトルク要求、各種センサにて検出された信号

20

【 0 0 2 6 】

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

【 0 0 2 7 】

< 半導体装置 >

30

次に、図 2 ~ 図 1 3 に基づき、半導体装置について説明する。図 2 は、半導体装置 2 0 の斜視図である。図 3 は、図 2 同様に半導体装置 2 0 の斜視図である。図 3 は、内部構造を示す透過図である。図 4 は、半導体装置 2 0 の平面図である。図 4 は、内部構造を示す透過図である。図 5 は、図 4 の V - V 線に沿う断面図である。図 6 は、図 4 の VI - VI 線に沿う断面図である。図 7 は、図 4 の VII - VII 線に沿う断面図である。図 8 は、図 4 の VIII - VIII 線に沿う断面図である。図 9 は、図 8 に一点鎖線で示す領域 IX を拡大した図である。

【 0 0 2 8 】

図 1 0 は、半導体装置 2 0 を説明するための分解斜視図である。図 1 0 では、便宜上、リードフレーム 9 4 を示している。図 1 1 は、基板 5 0 に半導体素子 4 0 が実装された状態を示す平面図である。図 1 2 は、基板 5 0 において表面金属体 5 2 の回路パターンを示す平面図である。図 1 3 は、基板 6 0 において表面金属体 6 2 の回路パターンを示す平面図である。

40

【 0 0 2 9 】

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

50

【 0 0 3 0 】

図 2 ~ 図 1 3 に示すように、半導体装置 2 0 は、上記した上下アーム回路 9 のひとつ、つまり一相分の上下アーム回路 9 を構成する。半導体装置 2 0 は、封止体 3 0 と、半導体素子 4 0 と、基板 5 0、6 0 と、導電スペーサ 7 0 と、アーム接続部 8 0 と、外部接続端子 9 0 を備えている。

【 0 0 3 1 】

封止体 3 0 は、半導体装置 2 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、封止体 3 0 の外に露出している。封止体 3 0 は、たとえば樹脂を材料とする。樹脂の一例は、エポキシ系樹脂である。封止体 3 0 は、樹脂を材料として、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。このような封止体 3 0 は、封止樹脂体、10
モールド樹脂、樹脂成形体と称されることがある。封止体 3 0 は、たとえばゲルを用いて形成されてもよい。ゲルは、たとえば一对の基板 5 0、6 0 の対向領域に充填（配置）される。

【 0 0 3 2 】

図 2 ~ 図 4 に示すように、封止体 3 0 は平面略矩形状をなしている。封止体 3 0 は、外郭をなす表面として、一面 3 0 a と、Z 方向において一面 3 0 a とは反対の面である裏面 3 0 b を有している。一面 3 0 a および裏面 3 0 b は、たとえば平坦面である。また、一面 3 0 a と裏面 3 0 b とをつなぐ面である側面を有している。側面は、外部接続端子 9 0 が突出する 2 つの側面 3 0 c、3 0 d を含んでいる。側面 3 0 d は、X 方向において側面 3 0 c とは反対の面である。20

【 0 0 3 3 】

半導体素子 4 0 は、シリコン（S i）、シリコンよりもバンドギャップが広いワイドバンドギャップ半導体などを材料とする半導体基板に、スイッチング素子が形成されてなる。ワイドバンドギャップ半導体としては、たとえばシリコンカーバイド（S i C）、窒化ガリウム（G a N）、酸化ガリウム（G a₂O₃）、ダイヤモンドがある。半導体素子 4 0 は、パワー素子、半導体チップと称されることがある。

【 0 0 3 4 】

本実施形態の半導体素子 4 0 は、S i C を材料とする半導体基板に、上記した n チャネル型の M O S F E T 1 1 が形成されてなる。M O S F E T 1 1 は、半導体素子 4 0（半導体基板）の板厚方向、つまり Z 方向に主電流が流れるように縦型構造をなしている。半導体素子 4 0 は、自身の板厚方向、すなわち Z 方向における両面に、スイッチング素子の主電極を有している。具体的には、主電極として、一面にドレイン電極 4 0 D を有し、一面とは Z 方向において反対の面である裏面にソース電極 4 0 S を有している。30

【 0 0 3 5 】

ダイオード 1 2 が寄生ダイオードの場合、ソース電極 4 0 S がアノード電極を兼ね、ドレイン電極 4 0 D がカソード電極を兼ねる。ダイオード 1 2 は、M O S F E T 1 1 とは別チップに構成されてもよい。ドレイン電極 4 0 D は高電位側の主電極（第 1 主電極）であり、ソース電極 4 0 S は低電位側の主電極（第 2 主電極）である。以下では、ドレイン電極 4 0 D、ソース電極 4 0 S を、主電極 4 0 D、4 0 S と示すことがある。40

【 0 0 3 6 】

半導体素子 4 0 は、平面略矩形状をなしている。図 1 1 に示すように、半導体素子 4 0 は、裏面においてソース電極 4 0 S とは異なる位置に形成されたパッド 4 0 P を有している。ソース電極 4 0 S およびパッド 4 0 P は、半導体基板の裏面上に形成された図示しない保護膜から露出している。ドレイン電極 4 0 D は、一面のほぼ全面に形成されている。ソース電極 4 0 S は、半導体素子 4 0 の裏面の一部分に形成されている。平面視において、ドレイン電極 4 0 D は、ソース電極 4 0 S よりも面積が大きい。40

【 0 0 3 7 】

パッド 4 0 P は、信号用の電極である。パッド 4 0 P は、ソース電極 4 0 S と電気的に分離されている。パッド 4 0 P は、Y 方向において、ソース電極 4 0 S の形成領域とは反対側の端部に形成されている。パッド 4 0 P は、ゲート電極用のパッドを含む。50

【 0 0 3 8 】

半導体装置 20 は、上記構成の半導体素子 40 を複数備えている。各半導体素子 40 の構成は、互いに共通である。複数の半導体素子 40 は、上アーム 9H を構成する半導体素子 40H と、下アーム 9L を構成する半導体素子 40L を含む。半導体素子 40H は、上アーム素子、半導体素子 40L は下アーム素子と称されることがある。半導体素子 40H、40L のそれぞれは、ひとつのアームを構成するアーム素子である。本実施形態の半導体装置 20 は、2つの半導体素子 40H と、2つの半導体素子 40L を備えている。2つの半導体素子 40H は、X 方向に並んでいる。同様に、2つの半導体素子 40L は、X 方向に並んでいる。半導体素子 40H と半導体素子 40L は、Y 方向に並んでいる。Y 方向は、半導体素子 40 の板厚方向である Z 方向に直交する第 1 方向である。X 方向は、Z 方向および第 1 方向 (Y 方向) に直交する第 2 方向である。半導体装置 20 は、半導体素子 40H と半導体素子 40L とによる Y 方向に沿う列を、2 列有している。

10

【 0 0 3 9 】

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

【 0 0 4 0 】

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

20

【 0 0 4 1 】

基板 50 は、半導体素子 40 に対して、ドレイン電極 40D 側に配置されている。基板 60 は、半導体素子 40 に対して、ソース電極 40S 側に配置されている。基板 50 は、後述するようにドレイン電極 40D と電氣的に接続され、配線機能を提供する。同様に、基板 60 は、ソース電極 40S に電氣的に接続され、配線機能を提供する。このため、基板 50、60 は、配線基板と称されることがある。基板 50 はドレイン基板と称され、基板 60 はソース基板と称されることがある。基板 50、60 は、半導体素子 40 の生じた熱を放熱する放熱機能を提供する。このため、基板 50、60 は、放熱部材と称されることがある。半導体素子 40 を Z 方向に挟む一对の基板 50、60 のうち、基板 50 は第 1 基板であり、基板 60 は第 2 基板である。

30

【 0 0 4 2 】

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

40

【 0 0 4 3 】

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

50

、基板 5 0、6 0 は、金属樹脂基板と称されることがある。絶縁基材 5 1、6 1 がセラミックの場合、基板 5 0、6 0 は、金属セラミック基板と称されることがある。

【0044】

樹脂材料を用いた絶縁基材 5 1、6 1 の場合、放熱性、絶縁性を向上させるために、樹脂内に無機系のフィラー（無機系充填材）を含んでもよい。フィラーの添加により、線膨張係数を調整してもよい。フィラーとしては、たとえば Al_2O_3 、 SiO_2 （silicon dioxide）、 AlN （aluminum nitride）、 BN （boron nitride）などを用いることができる。絶縁基材 5 1、6 1 は、フィラーを 1 種類のみ含んでもよいし、複数種類含んでもよい。

【0045】

放熱性や絶縁性を考慮すると、樹脂系の場合、絶縁基材 5 1、6 1 それぞれの厚み、つまり Z 方向の長さは、 $50\mu m \sim 300\mu m$ 程度が好ましい。セラミック系の場合、絶縁基材 5 1、6 1 の厚みは、 $200\mu m \sim 500\mu m$ 程度が好ましい。Z 方向において、絶縁基材 5 1、6 1 の表面は内面、つまり半導体素子 4 0 側の面であり、Z 方向において表面と反対の面である裏面は外面である。絶縁基材 5 1、6 1 は、材料構成を共通（同一）としてもよいし、互いに異ならせてもよい。本実施形態では、樹脂系の絶縁基材 5 1、6 1 を採用しており、材料構成は共通である。絶縁基材 5 1、6 1 の線膨張係数は、樹脂にフィラーを添加することで、封止体 3 0 とほぼ同じ値に調整されている。樹脂にフィラーを添加することで、絶縁基材 5 1、6 1 および封止体 3 0 の線膨張係数は、金属体 5 2、5 3、6 2、6 3 を構成する金属（Cu）に近い値となっている。

【0046】

金属体 5 2、5 3、6 2、6 3 は、たとえば、金属板または金属箔として提供される。金属体 5 2、5 3、6 2、6 3 は、Cu や Al などの導電性、熱伝導性が良好な金属を材料として形成されている。金属体 5 2、5 3、6 2、6 3 それぞれの厚みは、たとえば $0.1mm \sim 3mm$ 程度である。表面金属体 5 2 は、Z 方向において、絶縁基材 5 1 の表面に配置されている。裏面金属体 5 3 は、絶縁基材 5 1 の裏面に配置されている。同様に、表面金属体 6 2 は、Z 方向において、絶縁基材 6 1 の表面に配置されている。裏面金属体 6 3 は、絶縁基材 6 1 の裏面に配置されている。絶縁基材 5 1、6 1 は、Z 方向において半導体素子 4 0 との対向面である。図 5 ～ 図 9 などに示すように、本実施形態では、表面金属体 5 2 が、裏面金属体 5 3 よりも厚い。表面金属体 6 2 が、裏面金属体 6 3 よりも厚い。ドレイン電極 4 0 D 側の表面金属体 5 2 が、ソース電極 4 0 S 側の表面金属体 6 2 よりも厚い。この構成に代えて、裏面金属体 5 3、6 3 を対応する表面金属体 5 2、6 2 より厚くしてもよい。表面金属体 5 2 と裏面金属体 5 3 との厚みをほぼ等しくしてもよいし、表面金属体 6 2 と裏面金属体 6 3 との厚みをほぼ等しくしてもよい。

【0047】

表面金属体 5 2、6 2 は、パターンニングされている。表面金属体 5 2、6 2 は、配線、つまり回路を提供する。このため、表面金属体 5 2、6 2 は、回路パターン、配線層、回路導体と称されることがある。表面金属体 5 2、6 2 は、金属表面に、Ni 系や Au などのめっき膜を備えてもよい。以下では、表面金属体 5 2、6 2 のパターンを、回路パターンと示すことがある。表面金属体 5 2 と、絶縁基材 5 1 の表面における表面金属体 5 2 の非配置領域とが、基板 5 0 の対向面 5 0 a をなしている。同様に、表面金属体 6 2 と、絶縁基材 6 1 の表面における表面金属体 6 2 の非配置領域とが、基板 6 0 の対向面 6 0 a をなしている。

【0048】

たとえば、プレス加工やエッチングなどにより所定形状にパターンニングした表面金属体 5 2、6 2 を準備し、絶縁基材 5 1、6 1 と裏面金属体 5 3、6 3 との二層構造の積層体に密着させて、基板 5 0、6 0 を形成してもよい。表面金属体 5 2、6 2、絶縁基材 5 1、6 1、裏面金属体 5 3、6 3 の三層構造の積層体を形成した後、切削やエッチングにより、表面金属体 5 2、6 2 をパターンニングしてもよい。

【0049】

表面金属体 5 2 は、図 1 1 などに示すように、P 配線 5 4 と、中継配線 5 5 を有している。P 配線 5 4 と中継配線 5 5 は、所定の間隔（ギャップ）により、電氣的に分離されている。このギャップには、封止体 3 0 が充填されている。

【 0 0 5 0 】

P 配線 5 4 は、後述する P 端子 9 1 P および半導体素子 4 0 H のドレイン電極 4 0 D に接続されている。P 配線 5 4 は、P 端子 9 1 P と半導体素子 4 0 H のドレイン電極 4 0 D とを電氣的に接続している。P 配線 5 4 は、正極配線、高電位電源配線と称されることがある。中継配線 5 5 は、半導体素子 4 0 L のドレイン電極 4 0 D、アーム接続部 8 0、および出力端子 9 2 に接続されている。中継配線 5 5 は、アーム接続部 8 0 と半導体素子 4 0 L のドレイン電極 4 0 D とを電氣的に接続している。中継配線 5 5 は、半導体素子 4 0 H のソース電極 4 0 S および半導体素子 4 0 L のドレイン電極と出力端子 9 2 とを電氣的に接続する。表面金属体 5 2（第 1 表面金属体）において、P 配線 5 4 は第 1 電源配線であり、中継配線 5 5 は第 1 中継配線である。

10

【 0 0 5 1 】

P 配線 5 4 と中継配線 5 5 は、Y 方向に並んで配置されている。Y 方向において、P 配線 5 4 は電源端子 9 1 側に配置され、中継配線 5 5 は出力端子 9 2 側に配置されている。換言すると、P 配線 5 4 は封止体 3 0 の側面 3 0 c に対して近い位置に配置され、中継配線 5 5 は側面 3 0 d に対して近い位置に配置されている。

【 0 0 5 2 】

P 配線 5 4 は、切り欠き 5 4 0 を有している。切り欠き 5 4 0 は、X 方向を長手方向とする平面略矩形状の 4 辺のひとつに開口している。切り欠き 5 4 0 は、側面 3 0 c と対向する辺において、X 方向における略中央に設けられている。P 配線 5 4 は、基部 5 4 1 と、一对の延設部 5 4 2 を有している。基部 5 4 1 および一对の延設部 5 4 2 が、切り欠き 5 4 0 を規定している。P 配線 5 4 は、平面略 U 字状（凹字状）をなしている。

20

【 0 0 5 3 】

基部 5 4 1 は、切り欠き 5 4 0 および延設部 5 4 2 よりも中継配線 5 5 側の部分であり、平面略矩形状をなしている。基部 5 4 1 は、平面視において半導体素子 4 0 H に重なっている。つまり、半導体素子 4 0 H は、基部 5 4 1 に配置されている。半導体素子 4 0 H のドレイン電極 4 0 D は、基部 5 4 1 に接続されている。

【 0 0 5 4 】

30

2 つの延設部 5 4 2 は、基部 5 4 1 から、互いに同じ方向、具体的には Y 方向であって封止体 3 0 の側面 3 0 c 側に延びている。延設部 5 4 2 のひとつは基部 5 4 1 における X 方向の一端付近に連なっており、他のひとつは、基部 5 4 1 の他端付近に連なっている。P 配線 5 4 の U 字の両端部、つまり、2 つの延設部 5 4 2 における基部 5 4 1 とは反対側の端部は、Y 方向において互いにほぼ同じ位置である。一对の延設部 5 4 2 は、X 方向において切り欠き 5 4 0 を挟んでいる。Y 方向の長さは、基部 5 4 1 のほうが、切り欠き 5 4 0 の深さおよび延設部 5 4 2 よりも長い。

【 0 0 5 5 】

中継配線 5 5 も、切り欠き 5 5 0 を有している。切り欠き 5 5 0 は、平面略矩形状の 4 辺のひとつに開口している。切り欠き 5 5 0 は、側面 3 0 d と対向する辺において、X 方向における略中央に設けられている。つまり、表面金属体 5 2 において、Y 方向の端部のひとつに切り欠き 5 4 0 が設けられ、端部の他のひとつに切り欠き 5 5 0 が設けられている。

40

【 0 0 5 6 】

中継配線 5 5 は、基部 5 5 1 と、一对の延設部 5 5 2 を有している。基部 5 5 1 および一对の延設部 5 5 2 が、切り欠き 5 5 0 を規定している。中継配線 5 5 は、平面略 U 字状（凹字状）をなしている。基部 5 5 1 は、切り欠き 5 5 0 および延設部 5 5 2 よりも P 配線 5 4 側の部分であり、平面略矩形状をなしている。基部 5 5 1 は、平面視において半導体素子 4 0 L に重なっている。つまり、半導体素子 4 0 L は、基部 5 5 1 に配置されている。半導体素子 4 0 L のドレイン電極 4 0 D は、基部 5 5 1 に接続されている。

50

【 0 0 5 7 】

2つの延設部552は、基部551から、互いに同じ方向、具体的にはY方向であって封止体30の側面30d側に延びている。延設部552のひとつは基部551におけるX方向の一端付近に連なっており、他のひとつは、基部551の他端付近に連なっている。中継配線55のU字の両端部、つまり、2つの延設部552における基部551とは反対側の端部は、Y方向において互いにほぼ同じ位置である。一对の延設部552は、X方向において切り欠き550を挟んでいる。Y方向の長さは、基部551のほうが、切り欠き550の深さおよび延設部552よりも長い。

【 0 0 5 8 】

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

10

【 0 0 5 9 】

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

20

【 0 0 6 0 】

N配線64は、基部640と、一对の延設部641を有している。N配線64は、平面略U字状をなしている。基部640は、Y方向において中継配線65と並んで配置されている。基部640は、Y方向において側面30d側に配置されている。基部640は、X方向を長手方向とする平面略矩形状をなしている。図15に示すように、基部640は、平面視において半導体素子40Lに重なっている。つまり、半導体素子40Lは、基部640に配置されている。半導体素子40Lのソース電極40Sは、基部640に接続されている。

【 0 0 6 1 】

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

30

【 0 0 6 2 】

一对の延設部641は、X方向において表面金属体62の両端をなしている。一对の延設部641は、基板60の端部付近に配置されている。平面視において、一对の延設部641のそれぞれの一部が、P配線54に重なっている。Y方向の長さは、延設部641のほうが、基部640よりも長い。N配線64も、切り欠き642を有している。切り欠き642は、Y方向を長手方向とする平面略矩形状の4辺のひとつに開口している。切り欠き642は、側面30cと対向する辺において、X方向における略中央に設けられている。基部640および一对の延設部641が、切り欠き642を規定している。

40

【 0 0 6 3 】

中継配線65は、上記したように、N配線64、具体的には基部640とY方向に並んで配置されている。Y方向において、中継配線65は、封止体30の側面30cに対して近い位置に配置され、基部640は側面30dに対して近い位置に配置されている。中継配線65は、X方向において一对の延設部641の間に配置されている。中継配線65は、一对の延設部641により挟まれている。中継配線65は、切り欠き642内に配置されている。中継配線65は、N配線64との間に所定の間隔（ギャップ）を有して配置されている。平面視において、中継配線65の一部はP配線54に重なり、他の一部は中継

50

配線 5 5 に重なっている。

【 0 0 6 4 】

図 1 5 に示すように、中継配線 6 5 は、平面視において半導体素子 4 0 H に重なっている。つまり、半導体素子 4 0 H は、中継配線 6 5 に配置されている。半導体素子 4 0 H のソース電極 4 0 S は、中継配線 6 5 に接続されている。表面金属体 6 2 の回路パターンのより詳細な例については後述する。

【 0 0 6 5 】

裏面金属体 5 3、6 3 は、絶縁基材 5 1、6 1 により、半導体素子 4 0 を含む回路とは電氣的に分離されている。裏面金属体 5 3、6 3 は、金属ベース基板と称されることがある。半導体素子 4 0 の生じた熱は、表面金属体 5 2、6 2 および絶縁基材 5 1、6 1 を介して、裏面金属体 5 3、6 3 に伝わる。裏面金属体 5 3、6 3 は、放熱機能を提供する。本実施形態の裏面金属体 5 3、6 3 は、平面略矩形状をなしており、その外形輪郭が表面金属体 5 2、6 2 の外形輪郭とほぼ一致している。裏面金属体 5 3、6 3 は、絶縁基材 5 1、6 1 の裏面のほぼ全域に配置された、いわゆるベタ導体である。上記したように、フィラーの添加により絶縁基材 5 1、6 1 の線膨張係数を調整しているため、表裏でパターンを変えても反りを抑制することができる。もちろん、裏面金属体 5 3、6 3 を、平面視において表面金属体 5 2、6 2 と一致するように、パターンニングしてもよい。

【 0 0 6 6 】

本実施形態の裏面金属体 5 3、6 3 は、対応する絶縁基材 5 1、6 1 の裏面のほぼ全域に配置されている。放熱効果をさらに高めるために、裏面金属体 5 3、6 3 の少なくともひとつは、封止体 3 0 から露出してもよい。本実施形態では、裏面金属体 5 3 が封止体 3 0 の一面 3 0 a から露出し、裏面金属体 6 3 が裏面 3 0 b から露出している。裏面金属体 5 3 の露出面は、一面 3 0 a と略面一である。裏面金属体 6 3 の露出面は、裏面 3 0 b と略面一である。裏面金属体 5 3、6 3 が、基板 5 0、6 0 の裏面 5 0 b、6 0 b をなしている。

【 0 0 6 7 】

導電スペーサ 7 0 は、半導体素子 4 0 と基板 6 0 との間に、所定の間隔を確保するスペーサ機能を提供する。たとえば導電スペーサ 7 0 は、半導体素子 4 0 のパッド 4 0 P に、対応する信号端子 9 3 を電氣的に接続するための高さを確保する。導電スペーサ 7 0 は、半導体素子 4 0 のソース電極 4 0 S と基板 6 0 との電気伝導、熱伝導経路の途中に位置し、配線機能および放熱機能を提供する。導電スペーサ 7 0 は、Cu などの導電性、熱伝導性が良好な金属材料を含んでいる。導電スペーサ 7 0 は、表面にめっき膜を備えてもよい。導電スペーサ 7 0 は、平面視においてソース電極 4 0 S 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。

【 0 0 6 8 】

導電スペーサ 7 0 は、ターミナル、ターミナルブロック、金属ブロック体と称されることがある。半導体装置 2 0 は、半導体素子 4 0 と同数の導電スペーサ 7 0 を備えている。具体的には、4 つの導電スペーサ 7 0 を備えている。導電スペーサ 7 0 は、半導体素子 4 0 に個別に接続されている。

【 0 0 6 9 】

アーム接続部 8 0 は、中継配線 5 5、6 5 を電氣的に接続する。つまり、アーム接続部 8 0 は、上アーム 9 H と下アーム 9 L とを電氣的に接続する。アーム接続部 8 0 は、Y 方向において、半導体素子 4 0 H と半導体素子 4 0 L の間に設けられている。アーム接続部 8 0 は、平面視において中継配線 5 5 と中継配線 6 5 との重なり領域に設けられている。本実施形態のアーム接続部 8 0 は、継手部 8 1 と、後述する接合材 1 0 3 を備えて構成される。

【 0 0 7 0 】

継手部 8 1 は、表面金属体 5 2、6 2 とは別に設けられた金属柱状体である。このような継手部 8 1 は、継手ターミナルと称されることがある。Z 方向において、継手部 8 1 の端部のひとつと中継配線 5 5 との間に接合材 1 0 3 が介在し、端部の他のひとつと中継配

10

20

30

40

50

線 6 5 との間に接合材 1 0 3 が介在している。

【 0 0 7 1 】

これに代えて、継手部 8 1 は、表面金属体 5 2、6 2 の少なくともひとつに一体的に連なるものでもよい。つまり、継手部 8 1 は、基板 5 0、6 0 の一部として表面金属体 5 2、6 2 と一体的に設けたものでもよい。アーム接続部 8 0 は、継手部 8 1 を備えない構成としてもよい。つまり、アーム接続部 8 0 が、接合材 1 0 3 のみを備える構成としてもよい。

【 0 0 7 2 】

外部接続端子 9 0 は、半導体装置 2 0 を外部機器と電氣的に接続するための端子である。外部接続端子 9 0 は、銅などの導電性が良好な金属材料を用いて形成されている。外部接続端子 9 0 は、たとえば板材である。外部接続端子 9 0 は、リードと称されることがある。外部接続端子 9 0 は、電源端子 9 1 と、出力端子 9 2 と、信号端子 9 3 を備えている。電源端子 9 1 は、P 端子 9 1 P と、N 端子 9 1 N を備えている。P 端子 9 1 P、N 端子 9 1 N、および出力端子 9 2 は、半導体素子 4 0 の主電極と電氣的に接続される主端子である。信号端子 9 3 は、上アーム 9 H 側の信号端子 9 3 H と、下アーム 9 L 側の信号端子 9 3 L を備えている。

10

【 0 0 7 3 】

電源端子 9 1 は、上記した電源ライン 7、8 に電氣的に接続される外部接続端子 9 0 である。P 端子 9 1 P は、平滑コンデンサ 5 の正極端子に電氣的に接続される。P 端子 9 1 P は、正極端子、高電位電源端子と称されることがある。P 端子 9 1 P は、表面金属体 5 2 の P 配線 5 4 に接続されている。つまり、P 端子 9 1 P は、上アーム 9 H を構成する半導体素子 4 0 H のドレイン電極 4 0 D に接続されている。

20

【 0 0 7 4 】

P 端子 9 1 P は、P 配線 5 4 における Y 方向の一端付近に接続されている。P 端子 9 1 P は、P 配線 5 4 との接続部（接合部）から Y 方向に延び、側面 3 0 c において Z 方向の中央付近から封止体 3 0 の外に突出している。本実施形態の半導体装置 2 0 は、2 本の P 端子 9 1 P を備えている。図 1 1 に示すように、P 端子 9 1 P のひとつは一对の延設部 5 4 2 のひとつに接続され、他のひとつは一对の延設部 5 4 2 の他のひとつに接続されている。P 端子 9 1 P は、平面視において N 端子 9 1 N と隣り合うように、延設部 5 4 2 のそれぞれにおいて切り欠き 5 4 0 に近い位置、つまり内寄りに配置されている。2 つの P 端子 9 1 P は、X 方向に並んで配置されている。2 つの P 端子 9 1 P は、Z 方向においてほぼ同じ位置に配置されている。

30

【 0 0 7 5 】

N 端子 9 1 N は、平滑コンデンサ 5 の負極端子に電氣的に接続される。N 端子 9 1 N は負極端子、低電位電源端子と称されることがある。N 端子 9 1 N は、表面金属体 6 2 の N 配線 6 4 に接続されている。つまり、N 端子 9 1 N は、下アーム 9 L を構成する半導体素子 4 0 L のソース電極 4 0 S に接続されている。

【 0 0 7 6 】

N 端子 9 1 N は、N 配線 6 4 における Y 方向の一端付近に接続されている。N 端子 9 1 N は、N 配線 6 4 との接合部から Y 方向に延び、側面 3 0 c において Z 方向の中央付近から封止体 3 0 の外に突出している。半導体装置 2 0 は、2 本の N 端子 9 1 N を備えている。図 1 5 などに示すように、N 端子 9 1 N のひとつは一对の延設部 6 4 1 のひとつに接続され、他のひとつは一对の延設部 6 4 1 の他のひとつに接続されている。2 つの N 端子 9 1 N は、Y 方向に並んで配置されている。2 つの N 端子 9 1 N は、Z 方向においてほぼ同じ位置に配置されている。

40

【 0 0 7 7 】

2 つの N 端子 9 1 N は、X 方向において 2 つの P 端子 9 1 P の外側に配置されている。平面視において、N 端子 9 1 N のひとつは P 端子 9 1 P のひとつの近傍に配置され、N 端子 9 1 N の他のひとつは P 端子 9 1 P の他のひとつの近傍に配置されている。X 方向において隣り合う N 端子 9 1 N と P 端子 9 1 P は、封止体 3 0 から突出した部分を含む一部分

50

において、互いに側面が対向している。

【 0 0 7 8 】

出力端子 9 2 は、モータジェネレータ 3 の対応する相の巻線 3 a (固定子コイル) に電氣的に接続される。出力端子 9 2 は、0 端子、交流端子などと称されることがある。図 3 および図 7 に示すように、出力端子 9 2 は、基板 5 0 における表面金属体 5 2 の中継配線 5 5 に接続されている。つまり、出力端子 9 2 は、上アーム 9 H と下アーム 9 L との接続点に接続されている。

【 0 0 7 9 】

出力端子 9 2 は、中継配線 5 5 における Y 方向の一端付近に接続されている。出力端子 9 2 は、中継配線 5 5 との接合部から Y 方向に延び、側面 3 0 d において Z 方向の中央付近から封止体 3 0 の外に突出している。半導体装置 2 0 は、2 本の出力端子 9 2 を備えている。出力端子 9 2 のひとつは一对の延設部 5 5 2 のひとつに接続され、他のひとつは一对の延設部 5 5 2 の他のひとつに接続されている。2 つの出力端子 9 2 は、X 方向に並んで配置されている。2 つの出力端子 9 2 は、Z 方向においてほぼ同じ位置に配置されている。

10

【 0 0 8 0 】

信号端子 9 3 は、図示しない駆動回路 (ドライバ) と電氣的に接続される。信号端子 9 3 H は、ボンディングワイヤ 1 1 0 などの接続部材を介して、半導体素子 4 0 H のパッド 4 0 P に電氣的に接続されている。信号端子 9 3 H の本数は特に限定されるものではない。信号端子 9 3 H は、少なくとも半導体素子 4 0 H のゲート電極に駆動電圧を印加するための端子を少なくとも含めばよい。本実施形態の半導体装置 2 0 は、2 本の信号端子 9 3 H を備えている。信号端子 9 3 H のひとつは、ゲート電極用の端子である。ゲート電極用の信号端子 9 3 H には、2 つの半導体素子 4 0 H のゲート電極用のパッド 4 0 P が電氣的に接続されている。信号端子 9 3 H は、平面視において P 配線 5 4 の切り欠き 5 4 0 に重なる位置に配置されている。信号端子 9 3 H において、ボンディングワイヤ 1 1 0 との接合部は、表面金属体 5 2 ではなく、絶縁基材 5 1 と対向している。2 本の信号端子 9 3 H は、X 方向に横並びで配置されている。

20

【 0 0 8 1 】

信号端子 9 3 H は、ボンディングワイヤ 1 1 0 との接合部から Y 方向に延び、側面 3 0 c において Z 方向の中央付近から封止体 3 0 の外に突出している。信号端子 9 3 H の突出部の少なくとも一部は、電源端子 9 1 と同方向に延びている。信号端子 9 3 H は、X 方向において、2 つの P 端子 9 1 P の間に配置されている。つまり、側面 3 0 c から突出する外部接続端子 9 0 は、X 方向において、N 端子 9 1 N、P 端子 9 1 P、2 本の信号端子 9 3 H、P 端子 9 1 P、N 端子 9 1 N の順に配置されている。

30

【 0 0 8 2 】

信号端子 9 3 L は、ボンディングワイヤ 1 1 0 などの接続部材を介して、半導体素子 4 0 L のパッド 4 0 P に電氣的に接続されている。信号端子 9 3 L の本数は特に限定されるものではない。信号端子 9 3 L は、少なくとも半導体素子 4 0 L のゲート電極に駆動電圧を印加するための端子を少なくとも含めばよい。本実施形態の半導体装置 2 0 は、4 本の信号端子 9 3 L を備えている。信号端子 9 3 L のひとつは、ゲート電極用の端子である。ゲート電極用の信号端子 9 3 L には、2 つの半導体素子 4 0 L のゲート電極用のパッド 4 0 P が電氣的に接続されている。信号端子 9 3 L は、平面視において中継配線 5 5 の切り欠き 5 5 0 に重なる位置に配置されている。信号端子 9 3 L において、ボンディングワイヤ 1 1 0 との接合部は、表面金属体 5 2 ではなく、絶縁基材 5 1 と対向している。4 本の信号端子 9 3 L は、X 方向に横並びで配置されている。

40

【 0 0 8 3 】

信号端子 9 3 L は、ボンディングワイヤ 1 1 0 との接合部から Y 方向に延び、側面 3 0 d において Z 方向の中央付近から封止体 3 0 の外に突出している。信号端子 9 3 L の突出部の少なくとも一部は、出力端子 9 2 と同方向に延びている。信号端子 9 3 L は、X 方向において、2 つの出力端子 9 2 の間に配置されている。つまり、側面 3 0 d から突出する

50

外部接続端子 90 は、X 方向において、出力端子 92、4 本の信号端子 93 L、出力端子 92 の順に配置されている。

【0084】

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

【0085】

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

【0086】

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

【0087】

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

【0088】

< 製造方法 >

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

【0089】

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

【0090】

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

【0091】

このとき、基板 50 上に、リードフレーム 94 および半導体素子 40 を配置する。また、半導体素子 40 のソース電極 40 S 上に導電スペーサ 70 を配置する。リードフレーム 94 については、外部接続端子 90 のそれぞれの一部が平面視において基板 50 に重なる

10

20

30

40

50

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

【0092】

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

10

【0093】

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

【0094】

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

20

【0095】

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

【0096】

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

30

【0097】

<位置関係>

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

40

【0098】

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

【0099】

50

図 1 4 に示すように、2つの半導体素子 4 0 H の配置は、仮想線 C L 1 に対して略線対称である。同様に、2つの半導体素子 4 0 L の配置も、仮想線 C L 1 に対して略線対称である。ここで、略線対称とは、製造ばらつき程度の誤差を許容し得る。表面金属体 5 2 の回路パターンも、仮想線 C L 1 に対して略線対称である。つまり、P 配線 5 4 および中継配線 5 5 のそれぞれが、仮想線 C L 1 に対して略線対称である。

【 0 1 0 0 】

中継配線 5 5 に接続されるアーム接続部 8 0 の配置も、仮想線 C L 1 に対して略線対称である。表面金属体 5 2 に接続された外部接続端子 9 0 の配置も、仮想線 C L 1 に対して略線対称である。つまり、2つの P 端子 9 1 P の配置も、仮想線 C L 1 に対して略線対称である。2つの出力端子 9 2 の配置も、仮想線 C L 1 に対して略線対称である。

10

【 0 1 0 1 】

図 1 4 同様、図 1 5 にも仮想線 C L 1 を示している。半導体素子 4 0 H、4 0 L の配置は、図 1 4 と同様である。図 1 5 に示すように、表面金属体 6 2 の回路パターンも、仮想線 C L 1 に対して略線対称である。つまり、N 配線 6 4 および中継配線 6 5 のそれぞれが、仮想線 C L 1 に対して略線対称である。中継配線 6 5 に接続されるアーム接続部 8 0 の配置も、図 1 4 同様、仮想線 C L 1 に対して略線対称である。表面金属体 6 2 に接続された外部接続端子 9 0 である 2つの N 端子 9 1 N の配置も、仮想線 C L 1 に対して略線対称である。

【 0 1 0 2 】

< 回路パターン >

20

次に、図 1 5 に基づき、表面金属体 6 2 の回路パターンについてさらに詳しく説明する。図 1 5 に示す一点鎖線は、それぞれの領域の境界を示している。

【 0 1 0 3 】

上記したように、基板 6 0 の表面金属体 6 2 は、N 配線 6 4 と、中継配線 6 5 を有している。N 配線 6 4 は、基部 6 4 0 と、一对の延設部 6 4 1 を有している。一对の延設部 6 4 1 は、基部 6 4 0 から Y 方向であって封止体 3 0 の側面 3 0 c 側に延びている。N 配線 6 4 は、表面金属体 6 2 の外形輪郭を規定している。中継配線 6 5 は、一对の延設部 6 4 1 によって挟まれている。中継配線 6 5 は、N 配線 6 4 の切り欠き 6 4 2 内に配置されている。

【 0 1 0 4 】

30

図 1 5 に示すように、中継配線 6 5 は、Y 方向の一端として端部 6 5 0 を有している。端部 6 5 0 は、Y 方向において基部 6 4 0 側の端部である。一方、N 配線 6 4 の基部 6 4 0 は、端部 6 5 0 との対向辺 6 4 0 a を有している。対向辺 6 4 0 a は、基部 6 4 0 において、一对の延設部 6 4 1 の間の部分である。また、基部 6 4 0 は、半導体素子 4 0 L の配置領域 6 4 0 b を有している。配置領域 6 4 0 b は、図 1 5 に二点鎖線で示すように、半導体素子 4 0 L の外形輪郭によって規定される。配置領域 6 4 0 b は、平面視において半導体素子 4 0 L に重なる領域を含み、複数の半導体素子 4 0 L を含む場合には素子間の領域も含む。素子間の領域とは、半導体素子 4 0 L の並び方向において、半導体素子 4 0 L 同士の対向領域である。

【 0 1 0 5 】

40

ここで、X 方向の長さ L 1、L 2、L 3 を、以下のように定義する。長さ L 1 は、図 1 5 に示すように中継配線 6 5 の端部 6 5 0 の長さである。長さ L 2 は、基部 6 4 0 の対向辺 6 4 0 a の長さである。長さ L 3 は、基部 6 4 0 における配置領域 6 4 0 b の長さである。本実施形態では、 $L 1 < L 2 < L 3$ の関係を満たしている。

【 0 1 0 6 】

本実施形態の中継配線 6 5 は、縮幅部 6 5 1 a を有している。縮幅部 6 5 1 a は、端部 6 5 0 を含む。縮幅部 6 5 1 a は、端部 6 5 0 から Y 方向に所定範囲の部分である。縮幅部 6 5 1 a の X 方向の長さ、つまり幅は、端部 6 5 0 で最小である。縮幅部 6 5 1 a において、任意の第 1 位置の幅 W 1 は、第 1 位置よりも端部 6 5 0 から離れた第 2 位置の幅 W 2 以下である。

50

【 0 1 0 7 】

縮幅部 6 5 1 a の幅は、たとえば Y 方向に所定長さごと、段階的に縮小してもよい。つまり、縮幅部 6 5 1 a の X 方向の端部が、階段状に変化してもよい。本実施形態では、縮幅部 6 5 1 a の X 方向の長さが、基部 6 4 0 に近いほど短くなっている。つまり、縮幅部 6 5 1 a の幅は、基部 6 4 0 に向けて連続的に縮小している。アーム接続部 8 0 は、縮幅部 6 5 1 a に配置されている。

【 0 1 0 8 】

中継配線 6 5 は、端部 6 5 0 を含む縮幅部 6 5 1 a のみを有してもよい。この場合、半導体素子 4 0 H も縮幅部 6 5 1 a に配置される。本実施形態の中継配線 6 5 は、定幅部 6 5 1 b を有している。定幅部 6 5 1 b は、縮幅部 6 5 1 a に連なっており、Y 方向の所定範囲にわたって幅が一定の部分である。そして、半導体素子 4 0 H は、定幅部 6 5 1 b に配置されている。

10

【 0 1 0 9 】

本実施形態の中継配線 6 5 は、さらに縮幅部 6 5 1 c を有している。縮幅部 6 5 1 c は、端部 6 5 0 とは反対の端部 6 5 2 を含む。縮幅部 6 5 1 c は、縮幅部 6 5 1 a とは反対で、定幅部 6 5 1 b に連なっている。縮幅部 6 5 1 c の幅は、端部 6 5 2 で最小である。縮幅部 6 5 1 c において、任意の第 1 位置の幅は、第 1 位置よりも端部 6 5 2 から離れた第 2 位置の幅以下である。本実施形態において、縮幅部 6 5 1 c の幅は、端部 6 5 2 に向けて連続的に縮小している。中継配線 6 5 において、縮幅部 6 5 1 a、6 5 1 c は、定幅部 6 5 1 b から離れるほど、幅が狭くなっている。

20

【 0 1 1 0 】

本実施形態では、N 配線 6 4 と中継配線 6 5 との間隔が対向領域の全域でほぼ一定である。N 配線 6 4 の延設部 6 4 1 は、中継配線 6 5 との間隔がほぼ一定となるようにパターンニングされている。延設部 6 4 1 のそれぞれは、拡幅部 6 4 1 a と、定幅部 6 4 1 b と、拡幅部 6 4 1 c を有している。

【 0 1 1 1 】

拡幅部 6 4 1 a は、基部 6 4 0 に連なり、基部 6 4 0 との境界から Y 方向に所定範囲の部分である。拡幅部 6 4 1 a の X 方向の長さ、つまり幅は、基部 6 4 0 との境界で最大である。拡幅部 6 4 1 a において、任意の第 1 位置の幅は、第 1 位置よりも基部 6 4 0 から離れた第 2 位置の幅以上である。本実施形態の拡幅部 6 4 1 a の幅は、基部 6 4 0 に向けて連続的に拡大している。定幅部 6 4 1 b は、拡幅部 6 4 1 a に連なり、Y 方向の所定範囲にわたって幅が一定の部分である。定幅部 6 4 1 b は、中継配線 6 5 の定幅部 6 5 1 b に対向している。

30

【 0 1 1 2 】

拡幅部 6 4 1 c は、拡幅部 6 4 1 a とは反対で、定幅部 6 4 1 b に連なっている。拡幅部 6 4 1 a は、縮幅部 6 5 1 c よりも側面 3 0 c に近い位置まで延びている。拡幅部 6 4 1 c は、延設部 6 4 1 の先端部 6 4 1 d を含む。拡幅部 6 4 1 c の幅は、先端部 6 4 1 d で最大である。拡幅部 6 4 1 c において、任意の第 1 位置の幅は、第 1 位置よりも先端部 6 4 1 d から離れた第 2 位置の幅以上である。本実施形態において、拡幅部 6 4 1 c の幅は、縮幅部 6 5 1 c との対向部分において先端部 6 4 1 d に向けて連続的に拡大している。拡幅部 6 4 1 c において、対向部分よりも先端部 6 4 1 d 側の部分は、定幅となっている。N 配線 6 4 において、拡幅部 6 4 1 c の一部および拡幅部 6 4 1 a は、定幅部 6 4 1 b から離れるほど、幅が広がっている。

40

【 0 1 1 3 】

< 電流経路 >

次に、図 1 6 ~ 図 2 0 に基づき、電流経路について説明する。図 1 6 は、参考例の P N 電流ループを示す図である。参考例では、各要素の符号を、半導体装置 2 0 の関連する要素の符号の末尾に r を付加したものとしている。参考例の構成は、信号端子 9 3 L r の本数と、N 配線 6 4 r および中継配線 6 5 r のパターンが異なる点を除けば、半導体装置 2 0 とほぼ同じである。図 1 7 は、本実施形態の半導体装置 2 0 における P N 電流ループを

50

示す図である。図 1 8 は、半導体装置 2 0 を X 方向から見た側面図において、P N 電流ループを示す図である。P N 電流ループとは、P 端子 9 1 P から N 端子 9 1 N までの電流経路のループ形状を指す。

【 0 1 1 4 】

インダクタンスを検討する上では、P 端子 9 1 P P 配線 5 4 半導体素子 4 0 H 中継配線 6 5 アーム接続部 8 0 中継配線 5 5 半導体素子 4 0 L N 配線 6 4 N 端子 9 1 N の P N 電流ループについて考慮する。このため、P N 電流ループが分かりやすいように、P 端子 9 1 P から N 端子 9 1 N までを連続する実線で示している。実際は、同時にオンしないように、半導体素子 4 0 H、4 0 L が制御される。便宜上、半導体素子 4 0 H のひとつと半導体素子 4 0 L のひとつについての電流経路のみを示すが、半導体素子 4 0 H の他のひとつと半導体素子 4 0 L の他のひとつについても同様である。

10

【 0 1 1 5 】

図 1 9 および図 2 0 は、電磁界シミュレーションの結果を示している。図 1 9 は、図 1 8 に示した参考例の電流密度を示している。図 2 0 は、図 1 6 に示した本実施形態の構成について電流密度を示している。電磁界シミュレーションの条件は、表面金属体 6 2 の回路パターンが異なる点を除けば、互いに共通とした。図 1 9、図 2 0 では、電流密度が低いほど粗（淡色）であり、高いほど密（濃色）である。

【 0 1 1 6 】

図 1 6 に示すように、参考例の半導体装置 2 0 r において、中継配線 6 5 r は、平面略矩形状をなしている。中継配線 6 5 r の端部 6 5 0 r の長さは、基部 6 4 0 r における半導体素子 4 0 L r の配置領域 6 4 0 b r の長さとはほぼ等しい。基部 6 4 0 r における対向辺 6 4 0 a r の長さは、配置領域 6 4 0 b r よりも長い。このため、図 1 6 の実線矢印で示すように、平面略矩形状の半導体素子 4 0 L r に対して、ひとつの辺 4 0 0 r から電流が入り、別の辺 4 0 1 r から電流が出る。辺 4 0 0 r は、中継配線 6 5 r との対向辺である。辺 4 0 1 r は、2 つの半導体素子 4 0 L r が互いに対向する辺とは反対の辺である。このように、電流は、半導体素子 4 0 L r から X 方向外側に流れるため、P N 電流ループが大きい。図 1 9 に示すシミュレーション結果からも、電流が、半導体素子 4 0 L r から基部 6 4 0 r を X 方向外側に流れることが明らかである。

20

【 0 1 1 7 】

一方、本実施形態の半導体装置 2 0 では、上記したように、N 配線 6 4 および中継配線 6 5 がパターンングされ、半導体素子 4 0 L と所定の位置関係を満たしている。この位置関係により、図 1 7 に示すように、N 配線 6 4（延設部 6 4 1）が、平面視において半導体素子 4 0 L のひとつの辺 4 0 0 の上方にも存在する。辺 4 0 0 は、中継配線 6 5 との対向辺である。よって、半導体素子 4 0 L の辺 4 0 0 から電流が入り、同じ辺 4 0 0 から電流が出る。半導体素子 4 0 L から N 端子 9 1 N に向かう電流のうち、特に半導体素子 4 0 L の近傍において Y 方向成分が増加する。図 2 0 に示すシミュレーション結果からも、電流が、半導体素子 4 0 L から Y 方向成分を有して流れることが明らかである。

30

【 0 1 1 8 】

このように、N 配線 6 4 を流れる電流が、中継配線 6 5 に近づき、N 配線 6 4 による電流経路、つまり半導体素子 4 0 L と N 端子 9 1 N との間の電流経路が短くなる。したがって、参考例に較べて P N 電流ループが小さい。図 1 8 に示すように、P N 電流ループは、Z 方向においても小さい。P 配線 5 4 と N 配線 6 4 が、Z 方向において対向している。また、中継配線 5 5 と N 配線 6 4 が、Z 方向において対向している。

40

【 0 1 1 9 】

< 第 1 実施形態のまとめ >

主回路配線のインダクタンスが大きい場合、サージ電圧が大きくなる。耐圧を確保すべく半導体素子を厚くすると定常損失が増加する。定常損失を低減するためには、素子面積を大きくする必要がある。また、スイッチング速度を抑えることで、サージ電圧を低減することもできる。この場合、モータジェネレータへの出力が小さくなる。このように、インダクタンスが大きいと、半導体素子の体格が大きくなる、または、出力が小さくなる。

50

【 0 1 2 0 】

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

【 0 1 2 1 】

本実施形態では、半導体素子 4 0 H、4 0 L を Y 方向に並んで配置し、アーム接続部 8 0 を半導体素子 4 0 H、4 0 L の間に配置している。主端子のうち、電源端子 9 1 (9 1 P、9 1 N) を同一方向に引き出している。また、Y 方向において、P 配線 5 4 を電源端子 9 1 側に配置し、中継配線 5 5 を反対側に配置している。Y 方向において、中継配線 6 5 を電源端子 9 1 側に配置し、N 配線 6 4 の基部 6 4 0 を反対側に配置している。そして、N 配線 6 4 の延設部 6 4 1 を、中継配線 6 5 を挟むように電源端子 9 1 側に延ばしている。

10

【 0 1 2 2 】

このような構成により、P N 電流ループが小さくなる。これにより、主回路配線のインダクタンスを低減することができる。たとえば、P 端子 9 1 P と N 端子 9 1 N の並設により、インダクタンスを低減することができる。中継配線 6 5 と N 配線 6 4 も所定の間隔を有して配置（並設）されている。これにより、インダクタンスを低減することができる。また、N 配線 6 4 の延設部 6 4 1 が P 配線 5 4 に対向している。これにより、インダクタンスを低減することができる。

20

【 0 1 2 3 】

本実施形態では、基板 5 0 の表面金属体 5 2 および基板 6 0 の表面金属体 6 2 が、半導体素子 4 0 に対する配線機能を提供する。表面金属体 5 2、6 2 は、封止体 3 0 によって封止されている。従来のように沿面距離を確保しなくてもよいため、N 配線 6 4 と中継配線 6 5 とを近づけて配置することができる。これにより、磁束打消しの効果が高まり、インダクタンスをさらに低減することができる。

【 0 1 2 4 】

また、図 1 5 に示したように、中継配線 6 5 の端部 6 5 0 の長さ L 1、基部 6 4 0 の対向辺 6 4 0 a の長さ L 2、基部 6 4 0 における半導体素子 4 0 L の配置領域 6 4 0 b の長さ L 3 が、 $L 1 < L 2 < L 3$ の関係を満たしている。この寸法関係を満たすことで、上記したように、半導体素子 4 0 L のひとつの辺 4 0 0 から電流が入り、同じ辺 4 0 0 から電流が出る。半導体素子 4 0 L から N 端子 9 1 N に向かう電流のうち、特に半導体素子 4 0 L の近傍において Y 方向成分が増加する。これにより、N 配線 6 4 による電流経路、つまり半導体素子 4 0 L と N 端子 9 1 N との間の電流経路が短くなり、P N 電流ループが小さくなる。よって、主回路配線のインダクタンスをさらに低減することができる。

30

【 0 1 2 5 】

また、電流の周波数が高いほど、表皮効果により、N 配線 6 4 の延設部 6 4 1 と中継配線 6 5 との対向辺に、電流が集中する。これにより、P N 電流ループをさらに小さくし、ひいてはインダクタンスをさらに小さくすることができる。

【 0 1 2 6 】

本実施形態では、図 1 5 に示したように、中継配線 6 5 が縮幅部 6 5 1 a を有している。これにより、延設部 6 4 1 において、縮幅部 6 5 1 a と対向する部分の幅を広くすることができる。よって、表面金属体 6 2、ひいては基板 6 0 の体格を変えることなく、通電による発熱を抑制することができる。つまり、インダクタンスを低減しつつ、発熱を抑制することができる。

40

【 0 1 2 7 】

特に本実施形態では、縮幅部 6 5 1 a の X 方向の長さが、基部 6 4 0 に近いほど短くなっている。つまり、縮幅部 6 5 1 a の幅は、基部 6 4 0 に向けて連続的に縮小している。中継配線 6 5 の縮幅部 6 5 1 a は、テーパ形状である。これにより、中継配線 6 5 と延設部 6 4 1 との間隔を一定としやすい。つまり、延設部 6 4 1 を中継配線 6 5 により近づけ

50

、PN電流ループを小さくすることができる。また、延設部641の幅を広くし、発熱を抑制することができる。

【0128】

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

10

【0129】

本実施形態では、半導体装置20が、2つの半導体素子40Hと、2つの半導体素子40Lを備えている。2つの半導体素子40Hは、X方向に並んで配置されている。同様に、2つの半導体素子40Lは、X方向に並んで配置されている。このように、半導体素子40Hと半導体素子40Lの並び方向(Y方向)に対して直交する方向(X方向)に、ひとつのアームを構成する半導体素子40を並設している。X方向において、一对の延設部641が、中継配線65を挟んでいる。これにより、電流偏りを抑制することができる。

【0130】

半導体装置20は、一对の延設部641と個別に接続するように先端が2つに分岐したひとつのN端子91Nを備えてもよい。本実施形態では、半導体装置20が2本のN端子91Nを備えており、N端子91Nは、一对の延設部641に対して個別に接続されている。これによれば、2本のN端子91Nの間に、他の外部接続端子90を配置しやすい。間に配置した外部接続端子90を避けなくてもよいので、体格を小型化することができる。

20

【0131】

半導体装置20は、P端子91Pをひとつのみ備えてもよい。本実施形態では、半導体装置20が、2本のP端子91Pを備えている。そして、X方向において、N端子91N、P端子91P、信号端子93H、P端子91P、N端子91Nの順に配置されている。X方向の両端側において、P端子91PとN端子91Nが並設されている。よって、PN電流ループを小さくしやすい。また、外部接続端子90がX方向に規則性をもって配置されているため、上記したように、半導体素子40、表面金属体52、62の回路パターン、および外部接続端子90について、線対称性を確保しやすくなる。これにより、電流偏りを抑制することができる。

30

【0132】

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

40

【0133】

<変形例>

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

50

20が、2本の信号端子93Lを備えている。

【0134】

図21では、半導体装置20が、2つのアーム接続部80を備えている。中継配線65は、平面略矩形状をなしている。2つのアーム接続部80は、端部650の近傍で、X方向に並んで配置されている。2つの半導体素子40Lの間隔は、上記した例(図17参照)よりも大きい。半導体素子40Lの配置領域640bの長さが、上記した例よりも長い。これにより、 $L1 < L2 < L3$ の関係を満たしている。よって、半導体素子40Lの辺400から電流が入り、同じ辺400から電流が出る。このような構成としても、N配線64による電流経路が短くなり、PN電流ループを小さくすることができる。ただし、図17に示した構成のほうが、N配線64の幅、特に延設部641の幅を広くすることができる。また、図17に示す構成の場合、アーム接続部80はひとつでよい。

10

【0135】

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

【0136】

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

20

【0137】

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

【0138】

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

30

【0139】

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

40

【0140】

(第2実施形態)

この実施形態は、先行する実施形態を基礎的形態とする変形例であり、先行実施形態の記載を援用できる。スイッチング時の過渡電流アンバランスを抑制するため、本実施形態に記載のように、複数の半導体素子が並列接続される表面金属体を所定構造としてもよい。

【0141】

<半導体装置>

まず、図25に基づき、本実施形態の半導体装置20について説明する。図25は、本

50

実施形態に係る半導体装置 20 を示す断面図である。図 25 は、図 8 に対応している。

【0142】

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

10

【0143】

表面金属体 62 は、先行実施形態同様、仮想線 CL1 に対して略線対称である。図 25 に示すように、本実施形態では、表面金属体 62 の中継配線 65 が、スリット 653 を有している。後述するように、N 配線 64 は、スリット 643 を有している。

【0144】

< 過渡電流アンバランスの抑制効果 >

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

20

【0145】

図 26 および図 27 では、並列接続された MOSFET11 のひとつを MOSFET1、他のひとつを MOSFET2 と示している。ドレイン電極側の配線（以下、ドレイン配線と示す）のインダクタンスを L_d 、ソース電極側の配線（以下、ソース配線）のインダクタンスを L_s と示している。ゲート電位を V_g 、MOSFET1 のソース電極の電位を V_{ks1} 、MOSFET2 のソース電極の電位を V_{ks2} 、共通のソース電位を V_s と示している。電位 V_{ks1} と電位 V_{ks2} の中点電位を V_m と示している。中点電位 V_m は一定である。

$V_m = (V_{ks1} + V_{ks2}) / 2$ である。

30

【0146】

また、MOSFET1 のゲート電圧を V_{gs1} 、MOSFET2 のゲート電圧を V_{gs2} と示している。ターンオンにより MOSFET1 に流れる電流を I_1 、電流 I_1 が流れたときにインダクタンス L_s の両端間に発生する電圧を V_{s1} と示している。同様に、ターンオンにより MOSFET2 に流れる電流を I_2 、電流 I_2 が流れたときにインダクタンス L_s の両端間に発生する電圧を V_{s2} と示している。

$V_{s1} = L_s \times dI_1 / dt$ である。

$V_{s2} = L_s \times dI_2 / dt$ である。

【0147】

MOSFET11 の特性ばらつきにより、図 26 に示すように、電流 I_1 よりも大きい電流 I_2 （ $I_2 > I_1$ ）が流れるとする。このとき、インダクタンス L_s に発生する電圧 V_s は、 $V_{s1} < V_{s2}$ となる。つまり、図 27 に示すように、中点電位 V_m に対してソース電極の電位 V_{ks2} が持ち上がり、電位 V_{ks1} が下がる。よって、ゲート電圧 $V_{gs1} > V_{gs2}$ となる。ゲート電圧 V_{gs2} を絞るため、電流 I_2 は小さくなる。このように、ソース配線のインダクタンス L_s は、並列接続された半導体素子 40（MOSFET11）の特性ばらつきによるスイッチング時の過渡電流アンバランスを抑制する機能を有する。

40

【0148】

しかしながら、ソース配線のインダクタンス L_s が小さいと、上記した過渡電流アンバランスを抑制する機能が損なわれる。これにより、スイッチング損失に偏りが生じ、熱設

50

計にマージンをとる必要が生じてしまう。

【 0 1 4 9 】

< 基板の回路パターン >

次に、図 2 8 に基づき、本実施形態の半導体装置 2 0 における表面金属体 6 2 の回路パターンについて説明する。図 2 8 は、図 1 5 に対応している。図 2 8 では、図 1 5 同様、接続される主電極を明確化するために、ソース電極 4 0 S を S と示している。

【 0 1 5 0 】

N 配線 6 4 および中継配線 6 5 は、半導体素子 4 0 のソース電極 4 0 S が接続されるソース配線である。N 配線 6 4 は、スリット 6 4 3 を有する点で、先行実施形態のパターンと異なっている。同様に、中継配線 6 5 は、スリット 6 5 3 を有することで、先行実施形態のパターンと異なっている。スリット 6 4 3、6 5 3 を有する点を除けば、先行実施形態に記載の構成と同じである。

10

【 0 1 5 1 】

スリット 6 4 3 は、N 配線 6 4 をその厚み方向 (Z 方向) に貫通している。スリット 6 4 3 は、基部 6 4 0 において 2 つの半導体素子 4 0 L の対向領域に重なる位置に設けられている。対向領域とは、半導体素子 4 0 L の並び方向において、半導体素子 4 0 L が互いに対向する領域である。つまりスリット 6 4 3 は、Z 方向の平面視において、下アーム素子である半導体素子 4 0 L の間に設けられている。スリット 6 4 3 は、基部 6 4 0 において、半導体素子 4 0 L との電気的な接続部の間に設けられている。スリット 6 4 3 は、半導体素子 4 0 L の間から、半導体素子 4 0 H、4 0 L の並び方向である Y 方向に延びている。スリット 6 4 3 は、基部 6 4 0 の対向辺 6 4 0 a に開口している。スリット 6 4 3 は、X 方向において N 配線 6 4 の略中央位置に設けられている。

20

【 0 1 5 2 】

このように、スリット 6 4 3 は、半導体素子 4 0 L のソース電極 4 0 S から Y 方向において主端子である N 端子 9 1 N の配置側、つまり電流の流れる側に延びている。スリット 6 4 3 は、基部 6 4 0 の端部 6 4 0 c に開口していない。スリット 6 4 3 は、半導体素子 4 0 L の対向領域の下端近傍まで設けられている。スリット 6 4 3 は、N 配線 6 4 を半導体素子 4 0 L のひとつが接続された領域と、他のひとつが接続された領域とに区画している。スリット 6 4 3 は、半導体素子 4 0 L のソース電極 4 0 S の電流経路、つまりソース電流経路を分離している。

30

【 0 1 5 3 】

スリット 6 5 3 は、中継配線 6 5 をその厚み方向 (Z 方向) に貫通している。スリット 6 5 3 は、中継配線 6 5 において、2 つの半導体素子 4 0 H の対向領域に重なる位置に設けられている。つまりスリット 6 5 3 は、平面視において、半導体素子 4 0 H の間に設けられている。スリット 6 5 3 は、中継配線 6 5 において、半導体素子 4 0 H との電気的な接続部の間に設けられている。スリット 6 5 3 は、半導体素子 4 0 H の間から Y 方向に延びている。スリット 6 5 3 は、端部 6 5 2 に開口している。スリット 6 5 3 は、端部 6 5 2 から半導体素子 4 0 H の間 (対向領域) を横切り、アーム接続部 8 0 の近傍まで延びている。スリット 6 5 3 は、X 方向において中継配線 6 5 の略中央位置に設けられている。

【 0 1 5 4 】

40

このように、スリット 6 5 3 は、半導体素子 4 0 H のソース電極 4 0 S から Y 方向においてアーム接続部 8 0 側に延びている。スリット 6 5 3 は、半導体素子 4 0 H のソース電極 4 0 S から電流の流れる側に延びている。スリット 6 5 3 は、端部 6 5 0 に開口していない。スリット 6 4 3 は、アーム接続部 8 0 の手前まで設けられている。スリット 6 5 3 は、中継配線 6 5 を半導体素子 4 0 H のひとつが接続された領域と、他のひとつが接続された領域とに区画している。スリット 6 5 3 は、半導体素子 4 0 H のソース電極 4 0 S の電流経路、つまりソース電流経路を分離している。

【 0 1 5 5 】

< 第 2 実施形態のまとめ >

図 2 9 は、ソース電流経路を示している。実線矢印は半導体素子 4 0 H 側のソース電流

50

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

【0156】

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

10

【0157】

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

20

【0158】

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

30

【0159】

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

40

【0160】

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

【0161】

<変形例>

50

上記した例では、複数の半導体素子 40 が、半導体素子 40 H、40 L をそれぞれ 2 つずつ含む例を示したが、これに限定されない。半導体素子 40 H、40 L の一方を 2 つ含む、他方をひとつ含む構成としてもよい。この場合、表面金属体 62 の 2 つの配線 (64、65) のうち、複数の半導体素子 40 が並列接続されてひとつのアームを構成する配線にスリットを設ければよい。たとえば、半導体素子 40 H を 2 つ含む、半導体素子 40 L をひとつ含む構成の場合、N 配線 64 にスリット 643 を設けず、半導体素子 40 H が接続される中継配線 65 にスリット 653 を設ければよい。このように、複数の半導体素子 40 は、半導体素子 40 H、40 L のうちの少なくとも一方のアーム素子を 2 つ含んでもよい。

【0162】

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

【0163】

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

【0164】

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

【0165】

スリット 643、653 が、表面金属体 62 の端部のひとつに開口する例を示したが、これに限定されない。たとえば図 31 および図 32 に示す例では、スリット 643 が、基部 640 の対向辺 640a から端部 640c まで、Y 方向に延びている。スリット 643 は、基部 640、ひいては N 配線 64 を二分割している。スリット 643 は、半導体素子 40 L の対向領域を横切っている。分割された N 配線 64 のひとつに半導体素子 40 L のひとつが配置され、N 配線 64 の他のひとつに半導体素子 40 L の他のひとつが配置されている。同様に、スリット 653 は、中継配線 65 の端部 652 から端部 650 まで、Y 方向に延びている。スリット 653 は、中継配線 65 を二分割している。分割された中継配線 65 のひとつに半導体素子 40 H のひとつが配置され、中継配線 65 の他のひとつに半導体素子 40 H の他のひとつが配置されている。

【0166】

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

【0167】

同様に、スリット 653 が、中継配線 65 を二分割している。これにより、半導体素子

10

20

30

40

50

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

【0168】

図31～図33に示す例では、中継配線65の分割に合わせて、アーム接続部80を中継配線65と同数に分割している。アーム接続部80は、中継配線65に対して個別に接続されている。これによれば、アーム接続部80においてもソース電流が合流しないため、インダクタンス L_s をより大きくすることができる。

10

【0169】

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

【0170】

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

20

【0171】

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

30

【0172】

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

40

【0173】

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

【0174】

基板50、60の回路パターンは、上記した例に限定されない。図38に示す基板60は、図24に示した回路パターンに、スリット643、653を適用した例を示している

50

。図 3 8 に示す例において、スリット 6 4 3 は、隣り合う半導体素子 4 0 L の間に設けられている。スリット 6 4 3 は、半導体素子 4 0 L の間から、Y 方向であって N 端子 9 1 N 側、つまりソース電流の流れる側に延びている。スリット 6 5 3 は、隣り合う半導体素子 4 0 H の間に設けられている。スリット 6 5 3 は、半導体素子 4 0 H の間から、Y 方向であってアーム接続部 8 0 側に延びている。

【 0 1 7 5 】

本実施形態において、外部接続端子 9 0 の配置は、図示した例に限定されない。P 端子 9 1 P は、たとえば X 方向の両端で、P 配線 5 4 に接続されてもよい。N 端子 9 1 N は、たとえば X 方向の両端で N 配線 6 4 に接続されてもよい。この場合、N 端子 9 1 N は、延設部 6 4 1 に接続されてもよい。N 配線 6 4 から延設部 6 4 1 を排除し、基部 6 4 0 に接続されてもよい。出力端子 9 2 は、たとえば X 方向の両端で中継配線 5 5 に接続されてもよい。

10

【 0 1 7 6 】

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

【 0 1 7 7 】

(第 3 実施形態)

この実施形態は、先行する実施形態を基礎的形態とする変形例であり、先行実施形態の記載を援用できる。半導体素子の熱を効果的に逃がすため、本実施形態に記載のように、半導体素子よりも上方の厚みと下方の厚みとが所定の関係を満たすようにしてもよい。

20

【 0 1 7 8 】

< 高温時の反り >

鋭意検討により、樹脂を材料とする絶縁基材 5 1、6 1 を採用し、フィラーの添加によって線膨張係数を金属体 5 2、5 3、6 2、6 3 に近づけても、図 3 9 に示すように半導体装置 2 0 に反りが生じ得ることが明らかとなった。図 3 9 は、半導体素子 4 0 の動作時、つまり高温時の半導体装置 2 0 の状態を示している。図中の一点鎖線は、反りの方向を示す参考線である。

【 0 1 7 9 】

図 3 9 に示す構成は、先行実施形態 (図 5 参照) に記載の構成と同様である。図 3 9 では、便宜上、外部接続端子 9 0 を省略して図示している。図 3 9 では、半導体装置 2 0 と冷却器 1 2 0 の熱交換部 1 2 1 とが、所定方向である Z 方向に並んで配置されている。熱交換部 1 2 1 は、半導体装置を挟むように、Z 方向において半導体装置 2 0 の両側に配置されている。熱交換部 1 2 1 のそれぞれと半導体装置 2 0 との間には、シリコンゲルなどの熱伝導部材 1 3 0 が配置されている。冷却器 1 2 0 は、熱交換部 1 2 1 の流路内に冷媒が流通することで、半導体装置 2 0 を冷却する。流路に流す冷媒としては、水やアンモニアなどの相変化する冷媒や、エチレングリコール系などの相変化しない冷媒を用いることができる。熱伝導部材 1 3 0 は、サーマルインターフェイスマテリアル (T I M) と称されることがある。熱伝導部材 1 3 0 は、熱交換部 1 2 1 と半導体装置 2 0 との対向面に追従し、対向面間の隙間を埋める。

30

【 0 1 8 0 】

上記したように、半導体素子 4 0 において、高電位側の主電極であるドレイン電極 4 0 D のほうが、低電位側の主電極であるソース電極 4 0 S よりも電極面積が大きい。また、ソース電極 4 0 S と基板 6 0 との間には導電スペーサ 7 0 が介在するのに対し、ドレイン電極 4 0 D と基板 5 0 との間には導電スペーサ 7 0 が介在しない。つまり、熱抵抗は、半導体素子 4 0 から基板 5 0 への伝熱経路のほうが、半導体素子 4 0 から基板 6 0 への伝熱経路よりも小さい。このような構成の半導体装置 2 0 においては、基板 5 0 側への放熱を効果的に行うことが求められる。

40

【 0 1 8 1 】

図 3 9 に示すように基板 5 0 側が凹、基板 6 0 側が凸となる反りが生じると、露出面である基板 5 0 の裏面 5 0 b と熱交換部 1 2 1 との対向距離が長くなり、介在する熱伝導部

50

材 1 3 0 が厚くなる。これにより、基板 5 0 と熱交換部 1 2 1 との間の熱抵抗が増大し、半導体装置 2 0 と冷却器 1 2 0 (熱交換部 1 2 1) と間で熱伝達 (熱交換) し難くなる。半導体素子 4 0 の熱を効果的に逃がす、つまり半導体装置 2 0 を効率よく冷やすには、図 3 9 に示す反りの状態は好ましいものではない。図 3 9 では、半導体装置 2 0 の両面側に冷却器 1 2 0 (熱交換部 1 2 1) を配置する両面冷却構造の例を示した。しかしながら、Z 方向において基板 5 0 側にのみ冷却器 1 2 0 を配置した片面冷却構造についても、同様の課題がある。

【 0 1 8 2 】

< 半導体装置の構造 >

鋭意検討により、半導体装置 2 0 において半導体素子 4 0 よりも基板 5 0 側の部分の厚みと基板 6 0 側の部分の厚みとの大小関係により、半導体装置 2 0 の反りを制御できることが明らかとなった。本実施形態の半導体装置 2 0 は、この知見に基づいた構成を有している。図 4 0 は、本実施形態の半導体装置 2 0 を示す断面図である。図 4 0 では、半導体装置 2 0 に反りのない理想的な状態を示している。

【 0 1 8 3 】

本実施形態の半導体装置 2 0 は、先行実施形態に記載の構成 (図 2 ~ 図 1 3 参照) と同様の構成を有している。図 4 0 では、図 3 9 同様、半導体装置 2 0 とともに、冷却器 1 2 0 の熱交換部 1 2 1 と、熱伝導部材 1 3 0 を示している。つまり、図 4 0 は、半導体装置 2 0、冷却器 1 2 0、および熱伝導部材 1 3 0 を備える半導体モジュール 1 4 0 を示している。半導体モジュール 1 4 0 は、一例として、一对の熱交換部 1 2 1 にて半導体装置 2 0 を挟む両面冷却構造を有している。半導体装置 2 0 は、所定方向である Z 方向において冷却器 1 2 0 (熱交換部 1 2 1) と並んで配置されている。冷却器 1 2 0 は、半導体装置 2 0 の両側に配置されている。

【 0 1 8 4 】

裏面金属体 5 3、6 3 は、基板 5 0、6 0 の裏面 5 0 b、6 0 b として、封止体 3 0 から露出している。冷却器 1 2 0 の熱交換部 1 2 1 のひとつは、封止体 3 0 の一面 3 0 a および裏面 5 0 b に対向配置され、熱交換部 1 2 1 の他のひとつは封止体 3 0 の裏面 3 0 b および裏面 6 0 b に対向配置されている。半導体装置 2 0 と熱交換部 1 2 1 との対向面間には、熱伝導部材 1 3 0 がそれぞれ配置されている。熱伝導部材 1 3 0 は、半導体装置 2 0 および熱交換部 1 2 1 に密着している。

【 0 1 8 5 】

半導体装置 2 0 は、半導体素子 4 0 よりも基板 5 0 側の厚み T_1 と、半導体素子 4 0 よりも基板 6 0 側の厚み T_2 とが $T_1 \geq T_2$ の関係を満たすように構成されている。その他の構成については、先行実施形態 (図 5 参照) に記載の構成と同様である。厚み T_1 は、接合材 1 0 1、導電スペーサ 7 0、接合材 1 0 2、および基板 6 0 のそれぞれの厚みのトータルの厚みである。厚み T_2 は、接合材 1 0 0 および基板 5 0 のそれぞれの厚みのトータルの厚みである。 $T_1 \geq T_2$ の関係を満たすため、基板 5 0 は、基板 6 0 よりも厚い。基板 5 0 は、導電スペーサ 7 0 よりも厚い。基板 5 0 において、金属体 5 2、5 3 は絶縁基材 5 1 よりも厚い。基板 6 0 において、金属体 6 2、6 3 は、絶縁基材 6 1 よりも厚い。厚みの関係を除く部分の構成は、第 1 実施形態に記載の構成と同様である。

【 0 1 8 6 】

< シミュレーション結果 >

図 4 1 ~ 図 4 3 は、熱応力シミュレーションの結果を示している。図 4 1 は、図 4 0 に示した半導体装置 2 0 の室温 (RT) 時の状態を示している。図 4 2 は、図 4 0 に示した半導体装置 2 0 の高温時の状態を示している。高温時とは、通電により半導体素子 4 0 が発熱しているとき、つまり半導体素子 4 0 の動作時である。図 4 1 および図 4 2 に示すように、高温時には半導体装置 2 0 に反りが生じる。本実施形態では、上記したように $T_1 \geq T_2$ の関係を満たしているため、図 4 2 に破線矢印で示すように、基板 5 0 側の膨張量のほうが基板 6 0 側の膨張量よりも大きい。金属体 5 2、5 3、6 2、6 3 を構成する Cu の線膨張係数がもっとも大きく、基板 5 0 が厚いからである。これにより、第 1 基板で

ある基板 50 側に凸、第 2 基板である基板 60 側に凹の反りが生じる。図 42 中の一点鎖線は、反りの方向を示す参考線である。

【0187】

図 43 は、厚み $T1$ 、 $T2$ の比と、高温時における反り量の関係を示している。このシミュレーションにおいて、半導体素子 40、導電スペーサ 70、および接合材 100、101、102 については同一（共通）とし、基板 50 および基板 60 の厚みを調整して、厚み比 $T1 : T2$ が所定値となるように調整した。材料構成については、同一（共通）とした。図 43 に示す縦軸は反り量を示しており、任意単位（a.u.）である。反り量は、0（ゼロ）よりも上方の場合に基板 50 側に凸、基板 60 側に凹の反りであることを示し、0（ゼロ）よりも下方の場合に基板 50 側に凹、基板 60 側に凸の反りであることを示している。 $T1 : T2$ は、1 : 2、1 : 1.3、1 : 1、1.5 : 1 の 4 水準とした。

10

【0188】

図 43 に示すように、 $T1 : T2 = 1 : 2$ の場合、基板 50 側に凹、基板 60 側に凸の反りが生じ、基板 60 側に凸の反り量が 4 水準の中で最大であった。 $T1 : T2 = 1 : 1.3$ の場合、基板 50 側に凹、基板 60 側に凸の反りが生じ、基板 60 側に凸の反り量は $T1 : T2 = 1 : 2$ よりも小さくなった。 $T1 : T2 = 1 : 1$ にすると、基板 50 側に凸、基板 60 側に凹の反りに転じた。 $T1 : T2 = 1.5 : 1$ にすると、基板 50 側に凸、基板 60 側に凹の反りが生じ、基板 50 側に凸の反り量が 4 水準の中で最大であった。

【0189】

このように、 $T1 < T2$ の場合には、基板 50 側に凹、基板 60 側に凸の反りが生じ、 $T1 = T2$ の場合には、基板 50 側に凸、基板 60 側に凹の反りを生じることが明らかとなった。つまり、 $T1 = T2$ の関係を満たすことで、高温時に生じる反りを、基板 50 側に凸、基板 60 側に凹の反りに制御できることが明らかとなった。また、 $T1$ に対して $T2$ が大きいほど基板 60 側に凸の反り量が大きくなり、 $T2$ に対して $T1$ が大きいほど基板 50 側に凸の反り量が大きくなることが明らかとなった。

20

【0190】

< 第 3 実施形態のまとめ >

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

30

【0191】

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

40

【0192】

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

【0193】

< 変形例 >

50

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

【0194】

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

【0195】

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

【0196】

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

【0197】

図 44 に示すように、表面金属体 62 を裏面金属体 63 より厚くしてもよい。半導体素子 40 に近い表面金属体 62 を厚くすることで、半導体素子 40 の生じた熱を効果的に拡散させることができる。

【0198】

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

【0199】

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

【0200】

（第 4 実施形態）

この実施形態は、先行する実施形態を基礎的形態とする変形例であり、先行実施形態の記載を援用できる。接続信頼性を高めるため、本実施形態に記載のように、基板と信号端子とが所定の位置関係を満たすようにしてもよい。

【0201】

<半導体装置>

まず、図 46 および図 47 に基づき、本実施形態の半導体装置 20 について説明する。図 46 は、本実施形態に係る半導体装置 20 において、信号端子 93 の周辺を示している。図 46 では、基板 50 と信号端子 93 との位置関係を示すために、半導体装置 20 の要

10

20

30

40

50

素の一部を省略して図示している。図 4 7 は、図 4 6 の XLVII-XLVII 線に沿う断面図である。図 4 6 および図 4 7 では、一例として、下アーム 9 L 側の信号端子 9 3 L について説明する。

【 0 2 0 2 】

本実施形態の半導体装置 2 0 は、先行実施形態に記載の構成（図 2 ～ 図 1 3 参照）と同様の構成を有している。図 4 6 に示すように、半導体装置 2 0 は、2 つの半導体素子 4 0 L を備えている。半導体素子 4 0 L は、一面に第 1 主電極であるドレイン電極 4 0 D を有し、裏面に第 2 主電極であるソース電極 4 0 S と信号用のパッド 4 0 P を有している。半導体装置 2 0 は、信号端子 9 3 L を 4 本備えている。各信号端子 9 3 L は、Y 方向に延設されて、封止体 3 0 の側面 3 0 d から外部に突出している。4 本の信号端子 9 3 L は、Z 方向の平面視において出力端子 9 2 の間で X 方向に並んで配置されている。

10

【 0 2 0 3 】

< 信号端子の形状および配置 >

次に、図 4 6 および図 4 7 に基づき、信号端子 9 3 の形状および配置などについて説明する。

【 0 2 0 4 】

図 4 6 に示すように、各信号端子 9 3 L は、平面視において基板 5 0 に重なる重なり部 9 3 0 と、基板 5 0 に重ならない非重なり部 9 3 1 を有している。重なり部 9 3 0 は、Z 方向において基板 5 0 に対向している。

【 0 2 0 5 】

重なり部 9 3 0 は、信号端子 9 3 L において、半導体素子 4 0 L 側の端部から所定範囲の部分である。非重なり部 9 3 1 は、重なり部 9 3 0 を除く部分である。重なり部 9 3 0 は、ドレイン電極 4 0 D が電氣的に接続される基板 5 0 のうち、絶縁基材 5 1 に重なっている。重なり部 9 3 0 の全域が絶縁基材 5 1 に重なっている。重なり部 9 3 0 は、絶縁基材 5 1 において表面金属体 5 2 から露出する露出部 5 1 0 に重なっている。このように、信号端子 9 3 L は、基板 5 0 上まで延設されている。つまり、信号端子 9 3 L は、平面視において基板 5 0 に重なる位置まで差し込み配置されている。

20

【 0 2 0 6 】

4 本のうち、2 本の信号端子 9 3 L は、重なり部 9 3 0 は、主部 9 3 0 a と、突出部 9 3 0 b を有している。他の 2 本の信号端子 9 3 L は、突出部 9 3 0 b を有していない。主部 9 3 0 a は、信号端子 9 3 L の主たる延設方向である Y 方向に延びている。突出部 9 3 0 b は、主部 9 3 0 a に連なっており、主部 9 3 0 a から突出している。突出部 9 3 0 b は、主部 9 3 0 a とは異なる方向に延びている。突出部 9 3 0 b は、分枝部と称されることがある。主部 9 3 0 a の平面形状は、平面略 L 字状、略 Y 字状、略 T 字状など多様な形状を採用できる。図 4 6 に示す例では、信号端子 9 3 L のひとつが平面略 L 字状をなし、信号端子 9 3 L の他のひとつが平面略 T 字状をなしている。

30

【 0 2 0 7 】

先行実施形態（図 1 1 参照）に記載したように、表面金属体 5 2 の中継配線 5 5 は、切り欠き 5 5 0 を有している。信号端子 9 3 L の重なり部 9 3 0 は、絶縁基材 5 1 において、切り欠き 5 5 0 から露出する部分に重なっている。4 本の信号端子 9 3 L は、平面視において出力端子 9 2 の間で X 方向に並んで配置されている。各信号端子 9 3 L は、タイバー痕 9 3 a を有している。タイバー痕 9 3 a は、先行実施形態に記載（図 1 0 参照）したように、リードフレーム 9 4 のタイバー 9 4 a を切除する際に、信号端子 9 3 L の側面に残る痕跡である。タイバー痕 9 3 a は、切断痕と称されることがある。各信号端子 9 3 L は、X 方向における両側面にタイバー痕 9 3 a を有している。タイバー痕 9 3 a は、非重なり部 9 3 1 において、封止体 3 0 の外部位置に設けられている。

40

【 0 2 0 8 】

各信号端子 9 3 L は、図 4 7 に示すように、接合部 9 3 b と、先端部 9 3 c と、屈曲部 9 3 d と、延設部 9 3 e を有している。接合部 9 3 b は、接続部材であるボンディングワイヤ 1 1 0 が接合された部分である。接合部 9 3 b は、好ましくは、X Y 平面に略平行な

50

部分を含む。接合部 9 3 b が、信号端子 9 3 L において絶縁基材 5 1 (露出部 5 1 0) の表面にもっとも近い部分である。本実施形態の接合部 9 3 b は、絶縁基材 5 1 の表面に対して浮いている。接合部 9 3 b は、絶縁基材 5 1 に接触しておらず、接合部 9 3 b の下面と絶縁基材 5 1 の表面との隙間には、封止体 3 0 が入り込んで隙間を埋めている。ボンディングワイヤ 1 1 0 は、ソース電極 4 0 S と同一面に形成されたパッド 4 0 P と信号端子 9 3 L とを電氣的に接続している。

【 0 2 0 9 】

先端部 9 3 c は、接合部 9 3 b よりも先端側、つまり半導体素子 4 0 (4 0 L) 側の部分である。先端部 9 3 c は、接合部 9 3 b よりも上方、つまり Z 方向において絶縁基材 5 1 の表面から離れた位置に配置されている。先端部 9 3 c は、接合部 9 3 b から離れるほど上方に持ち上がっている。先端部 9 3 c は、Z Y 断面において R 形状を有している。屈曲部 9 3 d は、接合部 9 3 b と、接合部 9 3 b よりも後端側の部分である延設部 9 3 e との間に設けられている。屈曲部 9 3 d は、延設部 9 3 e を接合部 9 3 b よりも上方、つまり絶縁基材 5 1 の表面から離れた位置とするように屈曲している。屈曲部 9 3 d は、曲げ加工により、信号端子 9 3 の他の部分、具体的には接合部 9 3 b、先端部 9 3 c、および延設部 9 3 e よりも断面積が小さい。つまり細い。延設部 9 3 e は、接合部 9 3 b よりも後端側の部分である。延設部 9 3 e は、Y 方向に延び、封止体 3 0 の内外にわたって配置されている。

10

【 0 2 1 0 】

接合部 9 3 b、先端部 9 3 c、屈曲部 9 3 d の少なくとも一部は、上記した重なり部 9 3 0 に含まれる。延設部 9 3 e の少なくとも一部は、非重なり部 9 3 1 に含まれる。本実施形態では、延設部 9 3 e の全域が非重なり部 9 3 1 に含まれている。各信号端子 9 3 L は、プレス打ち抜きにより形成されている。信号端子 9 3 L において、絶縁基材 5 1 との対向面がプレス R 面 9 3 f であり、対向面の裏面が打ち抜きによりバリの生じるバリ面 9 3 g である。上記以外の構成は、第 1 実施形態に記載の構成と同様である。

20

【 0 2 1 1 】

< ボンディングワイヤの接続方法 >

次に、図 4 8 に基づき、上記した構造の信号端子 9 3 とボンディングワイヤ 1 1 0 との接続方法について説明する。図 4 8 は、ワイヤボンディングを説明する図である。図 4 8 に示す符号 1 1 1 は、信号端子 9 3 L を押さえる治具である。符号 1 1 2 は、超音波接合用のツールである。ツール 1 1 2 は、超音波接合装置と称されることがある。図 4 8 に示す一点鎖線は、治具 1 1 1 に押されて撓んだ信号端子 9 3 L の位置を示している。

30

【 0 2 1 2 】

図 4 8 に示すように、まず、信号端子 9 3 L の重なり部 9 3 0 が絶縁基材 5 1 に重なるように位置決めし、ワイヤ 1 1 0 a を接合する部分にセットする。そして、治具 1 1 1 により Z 方向に加圧して信号端子 9 3 L を弾性変形させ、重なり部 9 3 0 を絶縁基材 5 1 の表面に接触させる。治具 1 1 1 は、信号端子 9 3 L の重なり部 9 3 0 またはその近傍を押さえる。

【 0 2 1 3 】

そして、信号端子 9 3 L が絶縁基材 5 1 に接触した状態で、ツール 1 1 2 により超音波接合を行う。絶縁基材 5 1 によって信号端子 9 3 L を受けるため、受け治具を別途用意しなくてもよい。超音波接合が完了してツール 1 1 2 および治具 1 1 1 を信号端子 9 3 L から離すと、弾性変形状態から解放されて加圧前の位置に戻る。信号端子 9 3 L は、リードフレーム 9 4 の一部である。信号端子 9 3 L はタイバー 9 4 a によって外周フレーム 9 4 b に支持されているため、加圧力が解放されると元の位置に戻る。

40

【 0 2 1 4 】

以上においては、信号端子 9 3 L を例に説明した。しかしながら、上記構成を上アーム 9 H 側の信号端子 9 3 H に適用してもよい。信号端子 9 3 H、9 3 L がともに、上記構成を有してもよい。先行実施形態に記載の構成 (図 1 1 参照) では、信号端子 9 3 H、9 3 L のそれぞれが、絶縁基材 5 1 の露出部に重なっている。表面金属体 5 2 の P 配線 5 4 は

50

切り欠き 540 を有しており、信号端子 93H は切り欠き 540 から露出する絶縁基材 51 の表面に重なっている。

【0215】

< 第 4 実施形態のまとめ >

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

10

【0216】

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

20

【0217】

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

【0218】

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

30

【0219】

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

40

【0220】

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

【0221】

本実施形態では、信号端子 93 が先端部 93c を有している。先端部 93c は、Z 方向において接合部 93b よりも露出部 510 (絶縁基材 51) から離れている。これにより

50

、上記した接合時（超音波接合時）などにおいて、信号端子 9 3 の先端が絶縁基材 5 1 に傷をつけるのを抑制することができる。つまり、絶縁性能が低下するのを抑制することができる。特に本実施形態では、先端部 9 3 c が接合部 9 3 b から離れるほど上方に持ち上がっているため、先端部 9 3 c が絶縁基材 5 1 により接触し難い。また、先端部 9 3 c が Z Y 断面において R 形状を有しているため、仮に接触したとしても絶縁基材 5 1 に傷がつくのを抑制することができる。

【 0 2 2 2 】

対向面がバリ面 9 3 g の場合、絶縁基材 5 1 に傷がつき、絶縁性能が低下する虞がある。本実施形態では、露出部 5 1 0 との対向面側がプレス R 面 9 3 f となり、対向面の裏面側がバリ面 9 3 g となるように、信号端子 9 3 が構成されている。これにより、絶縁基材 5 1 の絶縁性能が低下するのを抑制することができる。

10

【 0 2 2 3 】

< 変形例 >

信号端子 9 3 と露出部 5 1 0 との非接合の構成は、上記した例に限定されない。たとえば図 4 9 では、信号端子 9 3 の重なり部 9 3 0 が、露出部 5 1 0 の表面との間に封止体が入り込まない程度のわずかな高さの隙間を有して、絶縁基材 5 1 上に浮いている。封止体 3 0 は、重なり部 9 3 0 の下面と露出部 5 1 0 の表面との間に空隙 3 1 を有している。信号端子 9 3 は、絶縁基材 5 1（露出部 5 1 0）に固定されていない。したがって、図 4 7 に示した構成と同等の効果を奏することができる。図 4 9 は、変形例を示す断面図であり、図 4 7 に対応している。

20

【 0 2 2 4 】

図 5 0 では、信号端子 9 3 の重なり部 9 3 0 が、露出部 5 1 0 の表面に接触している。信号端子 9 3 は、絶縁基材 5 1（露出部 5 1 0）に接触はしているものの、固定されていない。したがって、図 4 7 に示した構成と同等の効果を奏することができる。図 5 0 は、変形例を示す断面図であり、図 4 7 に対応している。なお、接合部 9 3 b の下面の一部が絶縁基材 5 1 に接触し、他の一部が非接触の配置としてもよい。

【 0 2 2 5 】

図 4 7 に示した例では、基板 6 0 が、平面視において信号端子 9 3 と重ならないように配置されていた。つまり、信号端子 9 3 の上方には基板 6 0 が配置されていなかった。このような配置を採用すると、基板 6 0 の体格を小さくすることができる。また、表面金属体 6 2 と信号端子 9 3 との絶縁距離を確保しやすくなる。しかしながら、信号端子 9 3 と基板 6 0 の位置関係は、図 4 7 に示す例に限定されない。たとえば図 5 1 に示すように、信号端子 9 3 の重なり部 9 3 0 が、基板 6 0 と重なっている。基板 6 0 の表面金属体 6 2 は、平面視において重なり部 9 3 0 および絶縁基材 5 1 の露出部 5 1 0 と重なっている。これによれば、放熱性を向上することができる。図 5 1 は、変形例を示す断面図であり、図 4 7 に対応している。

30

【 0 2 2 6 】

図 5 2 では、図 5 1 に対して、表面金属体 6 2 を、信号端子 9 3 の重なり部 9 3 0 と重ならないようにパターニングしている。絶縁基材 6 1 および裏面金属体 6 3 は、重なり部 9 3 0 の上方に位置している。これによれば、表面金属体 6 2 を小さくすることで、表面金属体 6 2 と信号端子 9 3 との絶縁距離を確保しやすくなる。裏面金属体 6 3 が大きいいため、放熱性を高めることができる。図 5 2 は、変形例を示す断面図であり、図 4 7 に対応している。

40

【 0 2 2 7 】

信号端子 9 3 を基板 5 0 上に差し込むことで、ボンディングワイヤ 1 1 0（接続部材）の長さを短くできる例を示した。これに代えて、図 5 3～図 5 5 に示す中継基板 1 5 0 を用いることで、ボンディングワイヤ 1 1 0 の長さを短くしてもよい。図 5 3 は、変形例を示す平面図であり、図 4 6 に対応している。図 5 3 では、基板 5 0、信号端子 9 3、および中継基板 1 5 0 の位置関係を示すために、半導体装置 2 0 の要素の一部を省略して図示している。図 5 4 は、中継基板を示す断面図である。図 5 5 は、図 5 3 の LV-LV 線に沿う

50

断面図である。ここでは、一例として、中継配線 5 5 および信号端子 9 3 L を示すが、P 配線 5 4 および信号端子 9 3 H についても同様の構成を採用することができる。

【 0 2 2 8 】

半導体装置 2 0 は、中継基板 1 5 0 をさらに備えている。図 5 3 および図 5 5 に示すように、中継基板 1 5 0 は、基板 5 0 の表面金属体 5 2 (中継配線 5 5) 上に配置されている。図 5 4 に示すように、中継基板 1 5 0 は、絶縁基材 1 5 1 と、絶縁基材 1 5 1 に配置された導体部 1 5 2 を有している。導体部 1 5 2 の一部は、配線機能を提供する。中継基板 1 5 0 は、プリント基板、配線基板と称されることがある。

【 0 2 2 9 】

導体部 1 5 2 は、ランド 1 5 2 a、1 5 2 b を有している。ランド 1 5 2 a、1 5 2 b は、中継基板 1 5 0 の一面に露出している。具体的には、絶縁基材 1 5 1 の一面 1 5 1 a 上に設けられたソルダレジスト 1 5 3 から露出している。ランド 1 5 2 a は、ボンディングワイヤ 1 1 0 を介して、パッド 4 0 P に電氣的に接続されている。信号端子 9 3 は、平面視において基板 5 0 と重なっている。信号端子 9 3 は、ランド 1 5 2 b に接続されている。

10

【 0 2 3 0 】

導体部 1 5 2 は、ランド 1 5 2 a、1 5 2 b 以外の配線 1 5 2 c およびビア導体 1 5 2 d を有している。配線 1 5 2 c の少なくとも一部は、絶縁基材 1 5 1 の内部に配置された内層配線である。ランド 1 5 2 a とランド 1 5 2 b とは、配線 1 5 2 c およびビア導体 1 5 2 d を介して電氣的に接続されている。複数のランド 1 5 2 a は、2 つの半導体素子 4 0 のゲート電極用のパッド 4 0 P に個別に接続された 2 つのランド 1 5 2 a を含む。ゲート電極用の 2 つのランド 1 5 2 a は、配線 1 5 2 c およびビア導体 1 5 2 d を介して、ゲート電極用のひとつのランド 1 5 2 b に電氣的に接続されている。

20

【 0 2 3 1 】

このように、中継基板 1 5 0 を用いると、ボンディングワイヤ 1 1 0 の接続対象 (ランド 1 5 2 a) をパッド 4 0 P に近づけることができる。これにより、パッド 4 0 P と信号端子 9 3 とを電氣的に接続するボンディングワイヤ 1 1 0 の長さを短くすることができる。また、中継基板 1 5 0 内において配線 1 5 2 c を自由に引き回すことができる。これにより、半導体素子 4 0 が並列接続される構成において、ボンディングワイヤ 1 1 0 が交差するのを回避することができる。したがって、封止体 3 0 の成形時にワイヤ同士の接触が生じるのを抑制することができる。また、プリント基板の微細配線技術により、図 4 7 に示した構成と同程度の体格小型化を図ることができる。

30

【 0 2 3 2 】

導体部 1 5 2 は、さらに固定用ランド 1 5 2 e を有している。固定用ランド 1 5 2 e は、中継基板 1 5 0 を基板 5 0 に固定するためのランドである。固定用ランド 1 5 2 e は、電氣的な接続機能、つまり配線機能を提供しない。固定用ランド 1 5 2 e は、絶縁基材 1 5 1 の裏面 1 5 1 b に配置されている。固定用ランド 1 5 2 e (中継基板 1 5 0) は、接合材 1 5 4 を介して、表面金属体 5 2 に接合されている。接合材 1 5 4 としては、たとえばはんだを用いることができる。

【 0 2 3 3 】

このように、中継基板 1 5 0 を表面金属体 5 2 に固定するため、ワイヤボンディングを安定して行うことができる。接合材 1 5 4 として、Ni ボール入りのはんだを用いてもよい。この場合、Ni ボールにより、接合材 1 5 4 の厚みを制御することができる。また、中継基板 1 5 0 の傾きを抑制することができる。

40

【 0 2 3 4 】

導体部 1 5 2 が提供する配線機能は、絶縁基材 1 5 1 により表面金属体 5 2 と電氣的に分離されている。たとえば絶縁基材 1 5 1 は、Z 方向において、導体部 1 5 2 が配置されない非配置領域 1 5 1 c と、導体部 1 5 2 が配置された配置領域 1 5 1 d を有してもよい。Z 方向において、非配置領域 1 5 1 c は、絶縁基材 1 5 1 の中央に設けられており、両面側の表層に配置領域 1 5 1 d が設けられている。非配置領域 1 5 1 c は、コア層と称さ

50

れることがある。このように、絶縁基材 151 が非配置領域 151c を有することで、一面 151a 側に配置された、配線機能を提供する導体部 152 を、固定用ランド 152e、ひいては表面金属体 52 と電氣的に分離することができる。

【0235】

ソルダレジスト 153 は、封止体 30 との密着性が低い。また、熱応力による封止体 30 の剥離は、中継基板 150 の外周端を起点に進展する。たとえば絶縁基材 151 は、ソルダレジスト 153 から露出する露出部 151e を有してもよい。露出部 151e は、絶縁基材 151 の一面 151a において外周縁部に設けられる。絶縁基材 151 は、ソルダレジスト 153 に較べて封止体 30 に対する密着性が高い。露出部 151e において、封止体 30 は、中継基板 150 に密着する。これにより、中継基板 150 に対する封止体 30 の剥離を抑制することができる。外周縁部において封止体 30 が密着するため、ソルダレジスト 153 から露出する、ランド 152a、152b などの導体部 152 を保護することができる。

10

【0236】

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

20

【0237】

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

【0238】

30

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

【0239】

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

40

【0240】

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

【0241】

50

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

【0242】

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

【0243】

(第 5 実施形態)

この実施形態は、先行する実施形態を基礎的形態とする変形例であり、先行実施形態の記載を援用できる。絶縁信頼性の確保と体格小型化とを両立するため、本実施形態に記載のように、接合材を介した金属部材と表面金属体との接続部を所定構造としてもよい。

【0244】

<半導体装置>

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

【0245】

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

【0246】

<主端子の接合構造>

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

【0247】

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

【0248】

図 57 に示すように、基板 50 は、Y 方向において端部 50c、50d を有している。端部 50c は封止体 30 の側面 30c 側の端部であり、端部 50d は側面 30d 側の端部である。出力端子 92 は、基板 50 の端部 50d を跨いで、Y 方向に延びている。Z 方向の平面視において、出力端子 92 の一部は、表面金属体 52 (中継配線 55) と重なっており、他の一部は重なっていない。図 58 ~ 図 60 に示すように、出力端子 92 は、対向面 920 と、収容部 921 を有している。

【0249】

対向面 920 は、出力端子 92 の下面のうち、Z 方向において基板 50 の表面金属体 52 (中継配線 55) と対向する部分である。対向面 920 は、マクロ的には平坦面であり

10

20

30

40

50

、理想的には全面で表面金属体 5 2 の上面 5 2 a に接触する。対向面 9 2 0 は、ミクロ的には表面に微小な凹凸を有しており、少なくとも一部が上面 5 2 a に接触する。対向面 9 2 0 は、メタルタッチ面と称されることがある。対向面 9 2 0 は、平面視において、表面金属体 5 2 の端部 5 2 b と重なる位置から Y 方向に所定範囲の部分である。端部 5 2 b は、Y 方向において封止体 3 0 の側面 3 0 d 側の端面（側面）であり、上面 5 2 a に連なっている。端部 5 2 b は、端部 5 0 d の一部をなしている。対向面 9 2 0 は、平面略矩形状をなしている。

【 0 2 5 0 】

収容部 9 2 1 は、対向面 9 2 0 に隣接して設けられ、接合材 1 0 4 の収容空間を提供する。たとえば収容部 9 2 1 は、対向面 9 2 0 に対して上面 5 2 a から離れる方向に凹んだ凹部である。凹部である収容部 9 2 1 は、Z 方向成分を含む面であり、対向面 9 2 0 に連なる側面 9 2 1 a と、側面 9 2 1 a に連なる底面 9 2 1 b を有している。側面 9 2 1 a は、たとえば Z 方向に略平行な面である。収容部 9 2 1 は、Y 方向において出力端子 9 2 の先願側の側面である先端面 9 2 2 に開口している。収容部 9 2 1 は、X 方向において出力端子 9 2 の両側の側面 9 2 3、9 2 4 に開口している。収容部 9 2 1 は、Y 方向において出力端子 9 2 の先端面 9 2 2 から所定の範囲に設けられている。収容部 9 2 1 は、平面略矩形状をなしている。収容部 9 2 1 は、Y 方向において X 方向と並んで設けられている。

【 0 2 5 1 】

出力端子 9 2 は、対向面 9 2 0 を表面金属体 5 2 に接触させた状態で、接合材 1 0 4 を収容部 9 2 1 内に収容している。接合材 1 0 4 は、収容部 9 2 1 内のみに配置されてもよいし、図 5 9 に示すように、接合材 1 0 4 の一部が収容部 9 2 1 の外に配置されてもよい。図 5 9 では、接合材 1 0 4 が先端面 9 2 2 に対してフィレットを形成している。出力端子 9 2 は、収容部 9 2 1 に配置された接合材 1 0 4 を介して、表面金属体 5 2 に接続（接合）されている。

【 0 2 5 2 】

< 主端子の接合方法 >

出力端子 9 2 と表面金属体 5 2 との接合構造は、たとえば以下のようにして形成される。収容部 9 2 1 に接合材 1 0 4（はんだ）が配置された状態で、対向面 9 2 0 が上面 5 2 a に強く接触するように、出力端子 9 2 における対向面 9 2 0 の上方部分を Z 方向であって基板 5 0 側に加圧する。対向面 9 2 0 が上面 5 2 a に強く接触した状態で、リフローを行う。このため、リフロー時に接合材 1 0 4 は、対向面 9 2 0 側に濡れ拡がらないか、濡れ拡がったとしても、対向面 9 2 0 の表面の微小凹凸の凹に入り込む程度である。

【 0 2 5 3 】

< 第 5 実施形態のまとめ >

本実施形態では、金属部材である出力端子 9 2 の対向面 9 2 0 が、表面金属体 5 2 の上面 5 2 a に接触（メタルタッチ）する。これにより、収容部 9 2 1 から対向面 9 2 0 側への接合材 1 0 4 の溢れを抑制することができる。これにより、意図せぬ方向への接合材 1 0 4 の濡れ拡がりを抑制し、絶縁信頼性を確保することができる。また、単一の部材である出力端子 9 2 に、収容部 9 2 1 と対向面 9 2 0 の両方を持たせている。この結果、絶縁信頼性と体格の小型化を両立できる半導体装置 2 0 を提供することができる。

【 0 2 5 4 】

基板 5 0 を備える構成では、接合材 1 0 4 が、表面金属体 5 2 の端部 5 2 b（端面）、ひいては絶縁基材 5 1 上に濡れ拡がると、表面金属体 5 2 と同電位の部分が広がり、裏面金属体 5 3 との距離が近くなる。接合材 1 0 4 は、裏面金属体 5 3 に接触する虞もある。本実施形態では、対向面 9 2 0 が、収容部 9 2 1 よりも基板 5 0 の端部 5 0 d、つまり表面金属体 5 2 の端部 5 2 b に近い位置に設けられている。対向面 9 2 0 を端部 5 2 b 側に配置することで、接合材 1 0 4 が、出力端子 9 2 および / または表面金属体 5 2 の表面を濡れ拡がり、端部 5 2 b、ひいては絶縁基材 5 1 まで到達するのを抑制することができる。これにより、体格を増大せずに、絶縁信頼性を高めることができる。

【 0 2 5 5 】

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

【0256】

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

【0257】

<変形例>

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

【0258】

対向面920は、第1対向部920aと、第2対向部920bを有している。第1対向部920aは、収容部921に対して開口921cとは反対側に設けられている。出力端子92の延設方向であるY方向において、第1対向部920aは、収容部921に隣接している。第2対向部920bは、X方向において収容部に隣接している。図61および図62に示す例では、対向面920が、一对の第2対向部920bを有している。一对の第2対向部920bは、X方向において収容部921を挟んでいる。対向面920は、平面略コの字状（略U字状）をなしている。対向面920が収容部921に対して三方に配置されているため、接合材104の収容部921からの溢れ方向を、開口921c側の一方に制限することができる。これにより、絶縁信頼性をさらに高めることができる。

【0259】

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

【0260】

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

【0261】

対向面および収容部を備える金属部材は、主端子に限定されない。たとえば図64および図65に示すように、上下アーム回路9を構成する半導体装置20において、継手部81に、対向面および収容部を設けてもよい。図64は変形例を示す断面図であり、図57

10

20

30

40

50

に対応している。図 6 5 は、図 6 4 に一点鎖線で示す領域 L X V を拡大した図である。図 6 5 では、便宜上、封止体 3 0 を省略して図示している。

【 0 2 6 2 】

先行実施形態に記載したように、半導体装置 2 0 は、上アーム 9 H を構成する第 1 半導体素子である半導体素子 4 0 H と、下アーム 9 L を構成する第 2 半導体素子である半導体素子 4 0 L を備えている。継手部 8 1 は、半導体素子 4 0 H のソース電極 4 0 S と、半導体素子 4 0 L のドレイン電極 4 0 D を電氣的に接続している。継手部 8 1 は、Z 方向に延びる金属柱状体である。継手部 8 1 の端部 8 1 a は、接合材 1 0 3 を介して、基板 5 0 の第 1 配線である中継配線 5 5 に接続されている。端部 8 1 a とは反対の端部 8 1 b は、接合材 1 0 3 を介して、基板 6 0 の第 3 配線である中継配線 6 5 に接続されている。表面金属体 5 2 は、中継配線 5 5 との間に所定の間隔を有して設けられた第 2 配線である P 配線 5 4 を有している。表面金属体 6 2 は、中継配線 6 5 との間に所定の間隔を有して設けられた第 4 配線である N 配線 6 4 を有している。

10

【 0 2 6 3 】

図 6 4 および図 6 5 に示す例では、継手部 8 1 の端部 8 1 a、8 1 b のそれぞれに、対向面 8 1 0 および収容部 8 1 1 を設けている。対向面 8 1 0 および収容部 8 1 1 の構成は、上記した対向面 9 2 0 および収容部 9 2 1 と同様である。端部 8 1 a において、対向面 8 1 0 は、表面金属体 5 2 (中継配線 5 5) の上面 5 2 a に対向している。対向面 8 1 0 は、上面 5 2 a に接触している。収容部 8 1 1 は、対向面 8 1 0 に対して凹んだ凹部である。収容部 8 1 1 は、対向面 8 1 0 に連なる側面 8 1 1 a と、底面 8 1 1 b を有している。収容部 8 1 1 は、接合材 1 0 3 を収容している。

20

【 0 2 6 4 】

対向面 8 1 0 および収容部 8 1 1 は、Y 方向に並んで設けられている。対向面 8 1 0 は、中継配線 5 5 と P 配線 5 4 を隔てる配線間ギャップ 5 2 G 側、つまり継手部 8 1 が接続された中継配線 5 5 とは別の配線である P 配線 5 4 に近い位置に設けられている。収容部 8 1 1 は、Y 方向において継手部 8 1 の側面 8 1 2 に開口しており、側面 8 1 2 とは反対の側面 8 1 3 には開口していない。収容部 8 1 1 は、側面 8 1 2 のみに開口してもよいし、側面 8 1 2 に隣接する 2 つの側面を含む 3 つの側面に開口してもよい。

【 0 2 6 5 】

このように、継手部 8 1 の対向面 8 1 0 が、表面金属体 5 2 に接触 (メタルタッチ) する。これにより、収容部 8 1 1 から対向面 8 1 0 側への接合材 1 0 3 の溢れを抑制することができる。よって、絶縁信頼性と体格の小型化を両立できる半導体装置 2 0 を提供することができる。

30

【 0 2 6 6 】

また、接合材 1 0 3 が、表面金属体 5 2 の配線間ギャップ 5 2 G 内に濡れ拡がると、中継配線 5 5 と同電位の部分が広がり、P 配線 5 4 との距離が近くなる。接合材 1 0 3 は、P 配線 5 4 に接触する虞もある。これに対し、上記した例では、対向面 8 1 0 が、収容部 8 1 1 よりも P 配線 5 4、つまり配線間ギャップ 5 2 G に近い位置に設けられている。これにより、接合材 1 0 3 が、配線間ギャップ 5 2 G に到達するのを抑制することができる。よって、体格を増大せずに、絶縁信頼性を高めることができる。

40

【 0 2 6 7 】

端部 8 1 b の構成は、端部 8 1 a 側と同様である。端部 8 1 b において、対向面 8 1 0 は、表面金属体 6 2 (中継配線 6 5) の上面 6 2 a に対向している。対向面 8 1 0 は、上面 5 2 a に接触している。収容部 8 1 1 は、凹部である。収容部 8 1 1 は、接合材 1 0 3 を収容している。対向面 8 1 0 および収容部 8 1 1 は、Y 方向に並んで設けられている。対向面 8 1 0 は、中継配線 6 5 と N 配線 6 4 を隔てる配線間ギャップ 6 2 G 側、つまり継手部 8 1 が接続された中継配線 6 5 とは別の配線である N 配線 6 4 に近い位置に設けられている。収容部 8 1 1 は、Y 方向において継手部 8 1 の側面 8 1 3 に開口しており、側面 8 1 2 には開口していない。収容部 8 1 1 は、側面 8 1 3 のみに開口してもよいし、側面 8 1 3 に隣接する 2 つの側面を含む 3 つの側面に開口してもよい。

50

【 0 2 6 8 】

このように、継手部 8 1 の対向面 8 1 0 が、表面金属体 6 2 に接触（メタルタッチ）する。これにより、収容部 8 1 1 から対向面 8 1 0 側への接合材 1 0 3 の溢れを抑制することができる。よって、絶縁信頼性と体格の小型化を両立できる半導体装置 2 0 を提供することができる。また、対向面 8 1 0 が、収容部 8 1 1 よりも N 配線 6 4、つまり配線間ギャップ 6 2 G に近い位置に設けられている。これにより、接合材 1 0 3 が、配線間ギャップ 6 2 G に到達するのを抑制することができる。よって、体格を増大せずに、絶縁信頼性を高めることができる。

【 0 2 6 9 】

上記した例では、金属部材の対向面による表面金属体の接触により、接合材の溢れを抑制した。この構成に、レーザ照射により形成される凹凸酸化膜をさらに追加することで、溢れを抑制する機能を高めてもよい。一例を、図 6 6 および図 6 7 に示す。図 6 6 は、図 6 5 に対応する断面図であり、便宜上、封止体 3 0 を省略している。図 6 7 は、図 6 6 に一点鎖線で示す領域 LXVII を拡大した図であり、表面金属体 5 2 のみを図示している。

【 0 2 7 0 】

図 6 6 に示す例では、継手部 8 1 に対応して、表面金属体 5 2、6 2 のそれぞれに凹凸酸化膜 5 2 0、6 2 0 を設けている。以下では、凹凸酸化膜 5 2 0 を例に説明する。図 6 7 に示すように、表面金属体 5 2 は、母材 5 2 1 と、母材 5 2 1 の表面上に設けられた金属膜 5 2 2 および凹凸酸化膜 5 2 0 を有している。母材 5 2 1 は、表面金属体 5 2 の主たる部分をなしている。母材 5 2 1 は、たとえば Cu 系の材料を用いて形成されている。金属膜 5 2 2 は、母材 5 2 1 よりもはんだに対する濡れ性が高い材料を含んで形成されている。金属膜 5 2 2 は、上面 5 2 a の全域に形成されている。本実施形態の金属膜 5 2 2 は、母材 5 2 1 の表面の全域に形成されている。凹凸酸化膜 5 2 0 は、上面 5 2 a において局所的に形成されている。

【 0 2 7 1 】

凹凸酸化膜 5 2 0 は、金属膜 5 2 2 にレーザ光を照射することで、上面 5 2 a において金属膜 5 2 2 上に局所的に形成されている。金属膜 5 2 2 は、Ni（ニッケル）を主成分とする下地膜と、Au（金）を主成分とする上地膜を有している。本実施形態では、下地膜として、P（リン）を含む無電解 Ni めっき膜を採用している。接合材 1 0 3 がはんだの場合、凹凸酸化膜 5 2 0 から露出する金属膜 5 2 2 のうち、接合材 1 0 3 が接触する部分の上地膜（Au）は、リフロー時にはんだ中に拡散する。金属膜 5 2 2 のうち、凹凸酸化膜 5 2 0 が形成される部分の上地膜（Au）は、凹凸酸化膜 5 2 0 を形成する際にレーザ光の照射により除去される。凹凸酸化膜 5 2 0 は、Ni を主成分とする酸化物の膜である。たとえば、凹凸酸化膜 5 2 0 を構成する成分のうち、80%が Ni_2O_3 、10%が NiO 、10%が Ni となっている。

【 0 2 7 2 】

金属膜 5 2 2 の表面の凹部 5 2 3 は、パルス発振のレーザ光の照射により形成される。1 パルスごとに、ひとつの凹部 5 2 3 が形成される。凹凸酸化膜 5 2 0 は、レーザ光の照射により、金属膜 5 2 2 の表層部分が溶融、気化し、蒸着することで形成される。凹凸酸化膜 5 2 0 は、金属膜 5 2 2 由来の酸化膜である。凹凸酸化膜 5 2 0 は、金属膜 5 2 2 の主成分の金属（Ni）の酸化物の膜である。凹凸酸化膜 5 2 0 は、凹部 5 2 3 を有する金属膜 5 2 2 の表面の凹凸に倣って形成されている。凹凸酸化膜 5 2 0 の表面には、凹部 5 2 3 の幅よりも細かいピッチで凹凸が形成されている。すなわち、非常に微細な凹凸（粗化部）が形成されている。

【 0 2 7 3 】

このような凹凸酸化膜 5 2 0 は、以下に示す工程により、形成することができる。まず、母材 5 2 1 上に金属膜 5 2 2 が形成された表面金属体 5 2 の上面 5 2 a に対して、パルス発振のレーザ光を照射し、金属膜 5 2 2 の表面を溶融および蒸発させる。パルス発振のレーザ光は、エネルギー密度が $0 \text{ J} / \text{cm}^2$ より大きく $100 \text{ J} / \text{cm}^2$ 以下で、パルス幅が 1 μ 秒以下となるように調整される。この条件を満たすには、YAG レーザ、YVO

4 レーザ、ファイバレーザなどを採用することができる。たとえばYAGレーザの場合、エネルギー密度が 1 J/cm^2 以上であればよい。無電解Niめっきの場合、たとえば 5 J/cm^2 程度でも金属膜522を加工することができる。

【0274】

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

10

【0275】

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

【0276】

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

20

【0277】

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

30

【0278】

図68に示すように、凹凸酸化膜520、620を、周辺領域526、626に設けてもよい。周辺領域526は、平面視において第2領域525の周辺の領域であって、第1領域524を除く領域である。周辺領域626は、平面視において第2領域625の周辺の領域であって、第1領域624を除く領域である。万が一、接合材103が継手部81の対向面810の直下を通過したとしても、凹凸酸化膜520、620にて堰き止めることができる。また、凹凸酸化膜520、620の表面には、非常に微細な凹凸が形成されているため、封止体30が絡みつき、アンカー効果が生じる。また、封止体30との接触面積が増える。よって、表面金属体52、62の封止体30に対する密着力を高めることができる。

40

【0279】

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

【0280】

50

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

【0281】

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

10

【0282】

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

【0283】

(第 6 実施形態)

この実施形態は、先行する実施形態を基礎的形態とする変形例であり、先行実施形態の記載を援用できる。半導体装置の信頼性を高めるため、本実施形態に記載のように、封止体の物性と絶縁基材の物性とが所定の関係を満たすようにしてもよい。

【0284】

20

<半導体装置および放熱構造>

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

【0285】

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

30

【0286】

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

40

【0287】

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

【0288】

<ガラス転移点の関係>

50

次に、図 6 9 および図 7 0 に基づき、封止体 3 0 と絶縁基材 5 1、6 1 のガラス転移点の関係について説明する。

【0289】

図 7 0 は、封止体 3 0 のガラス転移点 T_{gs} 、線膨張係数 α_s と、絶縁基材 5 1、6 1 のガラス転移点 T_{gi} 、線膨張係数 α_i の関係の一例を示す図である。図 7 0 は、縦軸が線膨張係数、横軸が温度を示している。図 7 0 において、実線が封止体 3 0 の線膨張係数 α_s 、破線が絶縁基材 5 1、6 1 の線膨張係数 α_i を示している。線膨張係数 α_s のうち、 α_{s1} は、ガラス転移点 T_{gs} よりも低い温度における線膨張係数、つまり 1 領域の線膨張係数を示している。 α_{s2} は、ガラス転移点 T_{gs} よりも高い温度における線膨張係数、つまり 2 領域の線膨張係数を示している。線膨張係数 α_i についても同様であり、 α_{i1} は 1 領域の線膨張係数を示し、 α_{i2} は 2 領域の線膨張係数を示している。

10

【0290】

図 6 9 に示すように、封止体 3 0 は、半導体素子 4 0 に密着している。絶縁基材 5 1、6 1 は、接合材 1 0 0、1 0 1、1 0 2 や表面金属体 5 2、6 2 を介して半導体素子 4 0 と熱的に接続されている。このため、半導体素子 4 0 の動作時（発熱時）において、封止体 3 0 における半導体素子 4 0 の周辺位置 MP 1 の温度は、絶縁基材 5 1、6 1 において半導体素子 4 0 と重なる位置 MP 2、MP 3 の温度よりも高い。このように、封止体 3 0 のほうが絶縁基材 5 1、6 1 よりも高温となる。

【0291】

封止体 3 0 の温度がガラス転移点 T_{gs} を超えるとヤング率が小さくなり、封止体 3 0 の封止機能が低下する。封止機能の低下により、熱応力がドレイン電極 4 0 D、ソース電極 4 0 S、それらの接合部に集中し、クラック等が生じる虞がある。つまり、接続信頼性が低下する虞がある。これに対し、本実施形態では、図 7 0 に示すように、 $T_{gs} > T_{gi}$ の関係を満たしている。

20

【0292】

<線膨張係数の関係>

次に、図 7 0 ~ 図 7 2 に基づき、封止体 3 0 と絶縁基材 5 1、6 1 の線膨張係数の関係について説明する。図 7 1 および図 7 2 は、半導体装置 2 0 の反りを示すイメージ図である。図 7 1 および図 7 2 では、半導体装置 2 0 を構成する樹脂要素のみ、つまり、封止体 3 0 と絶縁基材 5 1、6 1 のみを図示している。

30

【0293】

半導体素子 4 0 の動作時（発熱時）において、封止体 3 0 の線膨張係数 α_s が絶縁基材 5 1、6 1 の線膨張係数 α_i よりも大きいと、図 7 1 に破線矢印で示すように、封止体 3 0 の膨張量が絶縁基材 5 1、6 1 の膨張量よりも大きくなる。つまり、Z 方向の中央で膨張量が大きくなり、両端で膨張量が小さくなる。したがって、Z 方向の両端が凹んだ凹形状となる。

【0294】

本実施形態では、図 7 0 に示すように、 $\alpha_i > \alpha_s$ の関係を満たしている。具体的には、1 領域において $\alpha_{i1} > \alpha_{s1}$ の関係を満たし、2 領域において $\alpha_{i2} > \alpha_{s2}$ の関係を満たしている。上記したように、 $T_{gs} > T_{gi}$ の関係を満たしているため、使用温度範囲の全域において $\alpha_i > \alpha_s$ の関係を満たしている。このため、半導体素子 4 0 の動作時（発熱時）において、図 7 2 に破線矢印で示すように、絶縁基材 5 1、6 1 の膨張量が封止体 3 0 の膨張量よりも大きくなる。つまり、Z 方向の中央で膨張量が小さくなり、両端で膨張量が大きくなる。したがって、図 7 2 に示すように、半導体装置 2 0 の形状は、Z 方向の両端に凸となる。

40

【0295】

<第 6 実施形態のまとめ>

本実施形態によれば、封止体 3 0 のガラス転移点 T_{gs} が、絶縁基材 5 1、6 1 のガラス転移点 T_{gi} よりも大きい。これにより、半導体素子 4 0 の動作時に、より高い温度となる封止体 3 0 について、温度がガラス転移点 T_{gs} を超え難くなる。封止体 3 0 の温度

50

は、ガラス転移点 T_{gs} を超えないか、超えてもわずかである。したがって、封止体 30 のヤング率が小さくなり、封止機能が低下するのを抑制することができる。封止機能の低下を抑制できるため、主電極であるドレイン電極 40D、ソース電極 40S、その接合部に応力が集中するのを抑制することができる。つまり、接続信頼性を高めることができる。

【0296】

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

【0297】

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

【0298】

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

【0299】

このように、 $T_{gs} = T_{gi}$ 、かつ、 $\alpha_i = \alpha_s$ の関係を満たすことで、信頼性の高い半導体装置 20 を提供することができる。

【0300】

<変形例>

一对の基板 50、60 を備える両面放熱構造の半導体装置 20 の例を示したが、これに限定されない。ドレイン電極 40D (第 1 主電極) が接続される基板 50 のみを備える、片面放熱構造の半導体装置 20 にも適用が可能である。

【0301】

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

【0302】

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

【0303】

(第 7 実施形態)

この実施形態は、先行する実施形態を基礎的形態とする変形例であり、先行実施形態の記載を援用できる。封止体の剥離を抑制するため、本実施形態に記載のように、表面金属体を所定の構造としてもよい。

【0304】

<半導体装置>

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

【0305】

本実施形態の半導体装置 20 は、先行実施形態に記載の構成 (図 2 ~ 図 13 参照) と同様の構成を有している。図 73 に示すように、半導体装置 20 は、2 つの半導体素子 40

10

20

30

40

50

(40H)と、半導体素子40をZ方向において挟むように配置された基板50、60と、封止体30を備えている。基板50の表面金属体52は、接合材100を介して、半導体素子40の主電極であるドレイン電極40Dに接続されている。基板60の表面金属体62は、接合材102を介して、半導体素子40の主電極であるソース電極40Sに電氣的に接続されている。封止体30は、半導体素子40、基板50、60、および接合材100、102を封止している。基板50、60のうち、裏面金属体53、63は、封止体30から露出している。図示しないが、半導体装置20は、2つの半導体素子40Lを備えている。

【0306】

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

10

【0307】

<凹凸酸化膜>

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

【0308】

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

20

【0309】

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

30

【0310】

凹凸酸化膜520は、第5実施形態の変形例に記載したように、めっき膜522pにレーザ光を照射することで形成される。本実施形態では、表面金属体52の上面52aおよび側面52cにレーザ光を照射する。凹凸酸化膜520が提供する粗化部527は、上面52aにおいて非粗化部528を除く部分である。粗化部527は、一例として、側面52cの全域に形成されている。表面金属体52の端部において、粗化部527は、側面52cから上面52aにわたって連続的に設けられている。粗化部527は、上面52aの一部と側面52cに設けられている。粗化部527は、上面52aの縁部のみに設けられてもよい。非粗化部528は、上面52aの一部に設けられており、接合材100の配置領域(接合領域)を少なくとも含む。非粗化部528は、接合領域のみに設けられてもよいし、接合領域以外の領域を含んでもよい。粗化部527は、側面52cの少なくとも一部に設けられる。粗化部527は、側面52cの一部のみに設けられてもよい。たとえば、凹凸酸化膜520が絶縁基材51に接触しないように、粗化部527は、側面52cの一部のみに設けられてもよい。

40

【0311】

本実施形態のめっき膜522pは、Ni(ニッケル)を主成分とする下地膜と、Au(金)を主成分とする上地膜を有している。具体的には、下地膜として、P(リン)を含む無電解Niめっき膜を採用している。接合材100がはんだの場合、凹凸酸化膜520から露出するめっき膜522pのうち、接合材100が接触する部分の上地膜(Au)は、リフロー時にはんだ中に拡散する。めっき膜522pのうち、凹凸酸化膜520が形成さ

50

れる部分の上地膜（Au）は、凹凸酸化膜520を形成する際にレーザ光の照射により除去される。凹凸酸化膜520は、Niを主成分とする酸化物の膜である。凹凸酸化膜520は、表面金属体52の端部において、側面52cから上面52aにわたって連続的に設けられている。

【0312】

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

10

【0313】

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

【0314】

<第7実施形態のまとめ>

20

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

【0315】

30

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

【0316】

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

【0317】

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

40

【0318】

凹凸酸化膜520、620の表面は、連続した凹凸をなしており、封止体30が絡みついてアンカー効果を生じる。また、封止体30との接触面積が増える。よって、粗化部527、627において封止体30に対する密着力を高めることができる。また、凹凸酸化膜520、620は、めっき膜（めっき膜522p）に較べて、接合材100、102に対する濡れ性が低い。凹凸酸化膜520、620は、表面に微細な凹凸を有しているため、接合材100、102との接触面積が小さくなり、接合材100、102の一部は表面

50

張力によって球状になる。つまり、接触角が大きくなる。したがって、接合材 100、102 が溢れるのを抑制することができる。このように、凹凸酸化膜 520、620 を採用することで、封止体 30 に対する密着力を高めるとともに、接合部からの接合材 100、102 の溢れを抑制することができる。

【0319】

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

10

【0320】

<変形例>

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

【0321】

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

20

【0322】

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

30

【0323】

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

【0324】

一对の基板 50、60 を備える両面放熱構造の半導体装置 20 の例を示したが、これに限定されない。ドレイン電極 40D (第 1 主電極) が接続される基板 50 のみを備える、片面放熱構造の半導体装置 20 にも適用が可能である。一对の基板 50、60 を備える構成において、基板 50、60 の一方のみに、上記した側面を含む粗化部の構造を適用してもよい。

40

【0325】

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

【0326】

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

50

可能である。

【0327】

(第8実施形態)

この実施形態は、先行する実施形態を基礎的形態とする変形例であり、先行実施形態の記載を援用できる。インダクタンスの低減のため、本実施形態に記載のように、表面金属体の厚みと配線の間隔とが所定の関係を満たすようにしてもよい。

【0328】

<半導体装置>

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

10

【0329】

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

20

【0330】

<配線間隔と厚みの関係>

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

【0331】

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

30

【0332】

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

40

【0333】

<シミュレーション結果>

図81～図83は、電磁界シミュレーションの結果を示している。図81は、シミュレーション結果を、長さ(間隔、厚み)とインダクタンスとの関係にまとめた図である。測定点の丸(○)は、間隔L10を1.5mmで固定したときの、厚みT10の3つの水準(0.3mm、1.5mm、2.5mm)の結果を示している。図中の実線は、間隔L10を固定したときの、厚みT10の変化にともなうインダクタンスの変化を示している。測定点の四角(□)は、厚みT10を1.5mmで固定したときの、間隔L10の3つの水準(0.5mm、1.5mm、2.5mm)の結果を示している。図中の破線は、厚みT10を固定したときの、間隔L10の変化にともなうインダクタンスの変化を示してい

50

る。図 8 1 に示す横軸の長さは、間隔 $L10$ を固定の場合に厚み $T10$ の長さを示し、厚み $T10$ を固定の場合に間隔 $L10$ の長さを示す。

【0334】

図 8 2 は、 $L10 > T10$ の場合のシミュレーション結果を示す図である。図 8 2 は、図 8 1 に示す第 1 条件 C 1、具体的には間隔 $L10 = 1.5 \text{ mm}$ 、厚み $T10 = 0.3 \text{ mm}$ のときのシミュレーション結果を示している。図 8 3 は、 $L10 < T10$ の場合のシミュレーション結果を示す図である。図 8 3 は、図 8 1 に示す第 2 条件 C 2、具体的には間隔 $L10 = 1.5 \text{ mm}$ 、厚み $T10 = 2.5 \text{ mm}$ のときのシミュレーション結果を示している。シミュレーションにおいて、間隔 $L10$ と厚み $T10$ 以外の条件は共通である。

【0335】

図 8 1 に示す結果より、 $L10$ と $T10$ の関係を満たす範囲において、インダクタンスを低減できることが明らかである。特に、 $L10 < T10$ の関係を満たす範囲において、インダクタンスを効果的に低減できることが明らかである。

【0336】

図 8 2 に示すように、 $L10 > T10$ の場合、電流は、N 配線 6 4 の延設部 6 4 1 において幅方向に分散しているものの、表面金属体 6 2 (基板 6 0) の端部側に偏って流れる。このため、先行実施形態に記載した P N 電流ループ (図 1 7 参照) が大きい。延設部 4 2 1 を流れる電流経路が中継配線 6 5 に対して遠いため、逆方向成分の電流による磁束の打ち消し効果が弱まる。図 8 2 は、 $L10$ と $T10$ の関係を満たす場合に較べて、インダクタンスが大きくなることを示している。

【0337】

図 8 3 に示すように、 $L10 < T10$ の場合、電流は、延設部 6 4 1 の幅方向において中継配線 6 5 側の端部に偏って流れる。このため、P N 電流ループが小さい。延設部 4 2 1 を流れる電流経路が中継配線 6 5 に対して近いため、逆方向成分の電流による磁束の打ち消し効果が強まる。図 8 3 は、 $L10 > T10$ の関係を満たす場合に較べて、インダクタンスが小さくなることを示している。

【0338】

< 第 8 実施形態のまとめ >

本実施形態では、表面金属体 5 2 が、第 1 配線である P 配線 5 4 と、第 1 配線とは電位の異なる第 2 配線である中継配線 5 5 を有している。そして、P 配線 5 4 と中継配線 5 5 との間隔 $L10$ と、表面金属体 5 2 の厚み $T1$ とが、 $L10$ と $T10$ の関係を満たしている。同様に、表面金属体 6 2 が、第 1 配線である N 配線 6 4 と、第 1 配線とは電位の異なる第 2 配線である中継配線 6 5 を有している。そして、N 配線 6 4 と中継配線 6 5 との間隔 $L10$ と、表面金属体 6 2 の厚み $T1$ とが、 $L10$ と $T10$ の関係を満たしている。

【0339】

$L10$ と $T10$ の関係を満たすと、隣り合う配線の間隔が狭いため、第 1 配線に流れる電流による磁束と、第 2 配線に流れる電流による磁束との打ち消し効果が高まり、インダクタンスを低減することができる。また、表面金属体が厚いため、電流経路の断面積が大きくなり、インダクタンスを低減することができる。以上により、本実施形態の半導体装置 2 0 は、インダクタンスを低減することができる。特に、 $L1 < T10$ の関係を満たすと、上記した効果が高まり、インダクタンスをより効果的に低減することができる。

【0340】

< 変形例 >

一对の基板 5 0、6 0 を備える両面放熱構造の半導体装置 2 0 の例を示したが、これに限定されない。ドレイン電極 4 0 D (第 1 主電極) が接続される基板 5 0 のみを備える、片面放熱構造の半導体装置 2 0 にも適用が可能である。一对の基板 5 0、6 0 を備える構成において、表面金属体 5 2、6 2 の一方のみが上記した $L10$ と $T10$ の関係を満たすようにしてもよい。つまり、半導体素子の主電極と電氣的に接続される少なくともひとつの基板において、表面金属体が第 1 配線と第 2 配線を有し、 $L10$ と $T10$ の関係を満たせばよい。また、第 1 配線である N 配線 6 4 と、第 1 配線とは電位の異なる第 2 配線であ

10

20

30

40

50

る中継配線 6 5 との対向領域のすべてにおいて、L 1 0 T 1 0 の関係を満たす例を示したが、これに限定されない。対向領域の少なくとも一部において、L 1 0 T 1 0 の関係を満たせばよい。第 1 配線である P 配線 5 4 と、第 1 配線とは電位の異なる第 2 配線である中継配線 5 5 との対向領域についても同様である。

【0341】

半導体装置 2 0 が半導体素子 4 0 H、4 0 L を備える例を示したが、これに限定されない。アームのひとつを構成する半導体素子 4 0 のみを備えてもよい。半導体装置 2 0 は、たとえばひとつの半導体素子 4 0 のみを備えてもよい。

【0342】

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

10

【0343】

(第 9 実施形態)

この実施形態は、先行する実施形態を基礎的形態とする変形例であり、先行実施形態の記載を援用できる。放熱性および信頼性の向上のため、本実施形態に記載のように、基板の側面形状を所定形状にしてもよい。

【0344】

<半導体装置>

まず、図 8 4 に基づき、本実施形態に係る半導体装置 2 0 について説明する。図 8 4 は、図 5 に対応する断面図である。図 8 4 では、便宜上、外部接続端子 9 0 の図示を省略している。

20

【0345】

本実施形態の半導体装置 2 0 は、先行実施形態に記載の構成(図 2 ~ 図 1 3 参照)と同様の構成を有している。図 8 4 に示すように、半導体装置 2 0 は、半導体素子 4 0 (4 0 H、4 0 L)と、半導体素子 4 0 を Z 方向において挟むように配置された基板 5 0、6 0 と、封止体 3 0 を備えている。基板 5 0 の表面金属体 5 2 は、半導体素子 4 0 の主電極であるドレイン電極 4 0 D に電氣的に接続されている。基板 6 0 の表面金属体 6 2 は、半導体素子 4 0 の主電極であるソース電極 4 0 S に電氣的に接続されている。封止体 3 0 は、半導体素子 4 0、基板 5 0、6 0、および接合材 1 0 0、1 0 2 を封止している。

30

【0346】

<基板>

次に、図 8 4 ~ 図 8 6 に基づき、基板 5 0、6 0 について説明する。図 8 5 は、基板の中心を示す平面図である。図 8 5 は、図 1 2 に対応している。図 8 6 は、図 8 4 に一点鎖線で示す領域 LXXXVI を拡大した図である。以下において、「内側」、「外側」とは、Z 方向の平面視における基板 5 0、6 0 の中心 5 0 s c、6 0 s c を基準位置とする相対的な位置関係を示す。中心に近い側が内側、遠い側が外側である。図 8 5 では、一例として、基板 5 0 の中心 5 0 s c を示している。図 8 4 は断面図であるが、説明の都合上、中心 5 0 s c、6 0 s c を示している。

【0347】

40

本実施形態の基板 5 0、6 0 において、絶縁基材 5 1、6 1 は、樹脂を含む。表面金属体 5 2、6 2 は、絶縁基材 5 1、6 1 の表面 5 1 a、6 1 a に配置されている。表面金属体 5 2、6 2 は、先行実施形態に記載したようにパターニングされている。これにより、絶縁基材 5 1、6 1 は、表面金属体 5 2、6 2 から露出する露出部 5 1 0、6 1 0 を有している。第 1 露出部である絶縁基材 5 1 の露出部 5 1 0 と、第 2 露出部である絶縁基材 6 1 の露出部 6 1 0 は、Z 方向の平面視において少なくとも一部が互いに重なっている。露出部 5 1 0、6 1 0 は、オーバーラップしている。つまり、露出部 5 1 0 の少なくとも一部は、Z 方向において露出部 6 1 0 と対向している。

【0348】

裏面金属体 5 3、6 3 は、絶縁基材 5 1、6 1 の裏面 5 1 b、6 1 b に配置されている

50

。裏面金属体 5 3、6 3 は、封止体 3 0 から露出している。裏面金属体 5 3、6 3 において、絶縁基材 5 1 との対向面 5 3 a、6 3 a とは反対の面が、露出面 5 3 b、6 3 b となっている。露出面 5 3 b は、封止体 3 0 の一面 3 0 a に対して略面一で露出している。露出面 6 3 b は、封止体 3 0 の裏面 3 0 b に対して略面一で露出している。露出面 5 3 b、6 3 b は、基板 5 0、6 0 の裏面 5 0 b、6 0 b をなしている。封止体 3 0 は、第 1 面である一面 3 0 a および裏面 3 0 b に連なる第 2 面として、側面 3 0 e を有している。側面 3 0 e は、Y 方向の側面 3 0 c、3 0 d を含むとともに、X 方向の側面も含む。側面 3 0 e は、すべての側面を含む。第 2 面である側面 3 0 e は、成形時の型抜きのために、Z 方向に対して傾斜するテーパ面である。側面 3 0 e は、抜き勾配を有している。先行実施形態では、便宜上、抜き勾配を省略して図示している。側面 3 0 e は、Z 方向の略中央付近に屈曲部分を有し、屈曲部分から一面 3 0 a、裏面 3 0 b に近づくほど、Z 方向の平面視において半導体素子 4 0 に近づく。つまり、平面視において、屈曲部分が外側、一面 3 0 a および裏面 3 0 b が内側の位置関係である。以下では、封止体 3 0 の一面 3 0 a、裏面 3 0 b を第 1 面 3 0 a、3 0 b と称することがある。

10

【0349】

図 8 4 および図 8 6 に示すように、基板 5 0、6 0 は、積層体 5 0 0、6 0 0 を有している。積層体 5 0 0 は、絶縁基材 5 1 と裏面金属体 5 3 との二層構造の積層体である。同様に、積層体 6 0 0 は、絶縁基材 6 1 と裏面金属体 6 3 との二層構造の積層体である。積層体 5 0 0、6 0 0 において、絶縁基材 5 1、6 1 の表面 5 1 a、6 1 a と裏面金属体 5 3、6 3 の露出面 5 3 b、6 3 b とをつなぐ側面は、いわゆる V カット形状をなしている。積層体 5 0 0、6 0 0 の側面は、上端である表面 5 1 a、6 1 a、および、下端である露出面 5 3 b、6 3 b に対して、中央部分が外側に凸の形状をなしている。

20

【0350】

積層体 5 0 0、6 0 0 の側面は、第 1 傾斜部 5 0 1、6 0 1 と、第 2 傾斜部 5 0 2、6 0 2 と、中間部 5 0 3、6 0 3 を有している。まず、積層体 5 0 0 について説明する。

【0351】

第 1 傾斜部 5 0 1 は、表面 5 1 a から所定範囲の部分である。第 1 傾斜部 5 0 1 は、平面視において中心 5 0 s c との距離が表面 5 1 a 側の下端においてもっとも近く、下端において上端側より離れた傾斜を有している。つまり、第 1 傾斜部 5 0 1 において、下端は上端の外側に位置している。図 8 5 に示すように、第 1 傾斜部 5 0 1 は、基板 5 0 の縁部に設けられている。第 1 傾斜部 5 0 1 は、表面金属体 5 2 を取り囲むように、環状をなしている。

30

【0352】

本実施形態において、第 1 傾斜部 5 0 1 は、Z 方向において表面 5 1 a から離れるほど、平面視において中心 5 0 s c から離れる傾斜を有している。つまり、積層体 5 0 0 は、第 1 傾斜部 5 0 1 を含む上部において、表面 5 1 a で Z 方向に直交する面積がもっとも小さく、表面 5 1 a から離れるほど面積が大きい。第 1 傾斜部 5 0 1 の傾斜は、製造上のばらつきを許容し得る。第 1 傾斜部 5 0 1 は、マクロ的に、上記した傾斜を有する。第 1 傾斜部 5 0 1 は、テーパ面である。

【0353】

第 2 傾斜部 5 0 2 は、露出面 5 3 b から所定範囲の部分である。第 2 傾斜部 5 0 2 は、平面視において中心 5 0 s c との距離が露出面 5 3 b 側の下端においてもっとも近く、上端において下端側より離れた傾斜を有している。つまり、第 2 傾斜部 5 0 2 において、上端は下端の外側に位置している。第 2 傾斜部 5 0 2 は、第 1 傾斜部 5 0 1 同様、基板 5 0 の縁部に設けられている。第 2 傾斜部 5 0 2 は、裏面金属体 5 3 を取り囲むように、環状をなしている。

40

【0354】

本実施形態において、第 2 傾斜部 5 0 2 は、Z 方向において露出面 5 3 b から離れるほど、平面視において中心 5 0 s c から離れる傾斜を有している。つまり、積層体 5 0 0 は、第 2 傾斜部 5 0 2 を含む下部において、露出面 5 3 b で面積がもっとも小さく、露出面

50

5 3 b から離れるほど面積が大きい。第 2 傾斜部 5 0 2 の傾斜は、製造上のばらつきを許容し得る。第 2 傾斜部 5 0 2 は、マクロ的に、上記した傾斜を有する。第 2 傾斜部 5 0 2 は、テーパ面である。第 1 傾斜部 5 0 1 を順テーパとすると、第 2 傾斜部 5 0 2 は逆テーパである。

【 0 3 5 5 】

中間部 5 0 3 は、第 1 傾斜部 5 0 1 と第 2 傾斜部 5 0 2 とに連なっている。中間部 5 0 3 は、第 1 傾斜部 5 0 1 と第 2 傾斜部 5 0 2 とをつなぐ部分であり、Z 方向に所定の長さを有している。中間部 5 0 3 は、積層体 5 0 0 の側面の頂点部分である。積層体 5 0 0 の側面は、中間部 5 0 3 において中心 5 0 s c からもっとも離れている。中間部 5 0 3 は、平面視において積層体 5 0 0 の最外部である。積層体 5 0 0 は、中間部 5 0 3 において、Z 方向に直交する面積がもっとも大きい。中間部 5 0 3 において、積層体 5 0 0 の面積は、ほぼ一定である。第 1 傾斜部 5 0 1 は、中間部 5 0 3 から離れるほど、平面視における中心 5 0 s c との距離が短い。第 2 傾斜部 5 0 2 は、中間部 5 0 3 から離れるほど、平面視における中心 5 0 s c との距離が短い。

10

【 0 3 5 6 】

積層体 6 0 0 は、積層体 5 0 0 と同様の構成を有している。第 1 傾斜部 6 0 1 は、表面 6 1 a から所定範囲の部分である。第 1 傾斜部 6 0 1 は、平面視において中心 6 0 s c との距離が表面 6 1 a 側の上端においてもっとも近く、下端において上端より離れた傾斜を有している。つまり、第 1 傾斜部 6 0 1 において、下端は上端の外側に位置している。第 1 傾斜部 6 0 1 は、基板 6 0 の縁部に設けられている。第 1 傾斜部 6 0 1 は、表面金属体 6 2 を取り囲むように、環状をなしている。

20

【 0 3 5 7 】

本実施形態において、第 1 傾斜部 6 0 1 は、Z 方向において表面 6 1 a から離れるほど、平面視において中心 6 0 s c から離れる傾斜を有している。つまり、積層体 6 0 0 は、第 1 傾斜部 6 0 1 を含む上部において、表面 6 1 a で Z 方向に直交する面積がもっとも小さく、表面 6 1 a から離れるほど面積が大きくなっている。第 1 傾斜部 6 0 1 の傾斜は、製造上のばらつきを許容し得る。第 1 傾斜部 6 0 1 は、マクロ的に、上記した傾斜を有する。第 1 傾斜部 6 0 1 は、テーパ面である。

【 0 3 5 8 】

第 2 傾斜部 6 0 2 は、露出面 6 3 b から所定範囲の部分である。第 2 傾斜部 6 0 2 は、平面視において中心 6 0 s c との距離が露出面 6 3 b 側の下端においてもっとも近く、上端において下端より離れた傾斜を有している。つまり、第 2 傾斜部 6 0 2 において、上端は下端の外側に位置している。第 2 傾斜部 6 0 2 は、第 1 傾斜部 5 0 1 同様、基板 6 0 の縁部に設けられている。第 2 傾斜部 6 0 2 は、裏面金属体 6 3 を取り囲むように、環状をなしている。

30

【 0 3 5 9 】

本実施形態において、第 2 傾斜部 6 0 2 は、Z 方向において露出面 6 3 b から離れるほど、平面視において中心 6 0 s c から離れる傾斜を有している。つまり、積層体 6 0 0 は、第 2 傾斜部 6 0 2 を含む下部において、露出面 6 3 b で面積がもっとも小さく、露出面 6 3 b から離れるほど面積が大きい。第 2 傾斜部 6 0 2 の傾斜は、製造上のばらつきを許容し得る。第 2 傾斜部 6 0 2 は、マクロ的に、上記した傾斜を有する。第 2 傾斜部 6 0 2 は、テーパ面である。第 1 傾斜部 6 0 1 を順テーパとすると、第 2 傾斜部 6 0 2 は逆テーパである。

40

【 0 3 6 0 】

中間部 6 0 3 は、第 1 傾斜部 6 0 1 と第 2 傾斜部 6 0 2 とに連なっている。中間部 6 0 3 は、第 1 傾斜部 6 0 1 と第 2 傾斜部 6 0 2 とをつなぐ部分であり、Z 方向に所定の長さを有している。中間部 6 0 3 は、積層体 6 0 0 の側面の頂点部分である。積層体 6 0 0 の側面は、中間部 6 0 3 において中心 6 0 s c からもっとも離れている。中間部 6 0 3 は、平面視において積層体 6 0 0 の最外部である。積層体 6 0 0 は、中間部 6 0 3 においてもっとも面積が大きい。中間部 6 0 3 において、積層体 6 0 0 の面積は、ほぼ一定である。

50

第1傾斜部601は、中間部603から離れるほど、平面視における中心60s cとの距離が短い。第2傾斜部602は、中間部603から離れるほど、平面視における中心60s cとの距離が短い。

【0361】

<寸法および角度>

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

【0362】

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

【0363】

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

【0364】

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

【0365】

さらに、第1傾斜部501が絶縁基材51から裏面金属体53にわたって設けられ、第2傾斜部502は裏面金属体53に設けられている。つまり、 $L21 > L24$ 、 $L22 < L25$ の関係を満たしている。中間部503を備える構成において、中間部503は、裏面金属体53に設けられている。つまり、 $L24 < (L24 + L25 - L23) / 2$ の関係を満たしている。

【0366】

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

【0367】

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

【0368】

<積層体の製造方法>

次に、上記した積層体500の製造方法の一例について説明する。まず、樹脂を含む絶縁基材51と裏面金属体53との二層構造の母基板を形成する。次いで、ブレードにより、絶縁基材51の表面51aと露出面53bの両側から、同時に切断（Vカット）する。

この切断では、母基板を完全に切り離さずに、第1傾斜部501と第2傾斜部502を形成する。母基板において、隣り合う積層体500は、中間部503でつながった状態となる。そして、隣り合う積層体500を中間部503で分離する（切り離す）ことで、Vカット形状の側面を有する積層体500を得ることができる。

【0369】

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

10

【0370】

<第9実施形態のまとめ>

本実施形態では、積層体500、600の側面が第1傾斜部501、601と第2傾斜部502、602を有している。つまり側面は、屈曲形状（略V字状）をなしている。これにより、露出面53b、63bとの界面を起点として封止体30に生じた剥離が第2傾斜部502、602に沿って進展したとしても、屈曲形状により、第1傾斜部501、601への進展を抑制することができる。したがって、表面金属体52、62、半導体素子40、表面金属体52、62と半導体素子40などとの接合部へ、剥離が進展するのを抑制することができる。つまり、上記した表面金属体52、62や半導体素子40などに熱応力が集中し、接続信頼性などが低下するのを抑制することができる。よって、信頼性を確保することができる。

20

【0371】

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

【0372】

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

30

【0373】

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

40

【0374】

50

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

【0375】

第1傾斜部501、601が絶縁基材51、61から裏面金属体53、63にわたって設けられる構成において、裏面金属体53、63の傾斜角 $R1$ と絶縁基材51、61の傾斜角 $R3$ とを異ならせてもよい。たとえば $R1 < R3$ の場合、樹脂を含む絶縁基材51、61の端部に熱応力が集中するため、絶縁性能が低下する虞がある。 $R1 > R3$ の場合、絶縁基材51、61と裏面金属体53、63との界面に熱応力が集中し、界面剥離が生じる虞がある。本実施形態では、傾斜角 $R1$ と傾斜角 $R3$ をほぼ等しい角度($R1 = R3$)にする。つまり、第1傾斜部501、601において絶縁基材51、61の傾斜面と裏面金属体53、63の傾斜面とが略面一で連なる。絶縁基材51、61の傾斜面と裏面金属体53、63の傾斜面とが連続し、ひとつの平坦面をなす。これにより、封止体30、絶縁基材51、61、および裏面金属体53、63の三重点に熱応力が集中するのを抑制することができる。

【0376】

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

【0377】

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

【0378】

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

【0379】

<変形例>

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

10

20

30

40

50

【 0 3 8 0 】

半導体装置 2 0 が半導体素子 4 0 H、4 0 L を備える例を示したが、これに限定されない。アームのひとつを構成する半導体素子 4 0 のみを備えてもよい。半導体装置 2 0 は、たとえばひとつの半導体素子 4 0 のみを備えてもよい。

【 0 3 8 1 】

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

【 0 3 8 2 】

(第 1 0 実施形態)

この実施形態は、先行する実施形態を基礎的形態とする変形例であり、先行実施形態の記載を援用できる。接続信頼性を高めるために、本実施形態に記載のように、接合材である焼結部材を所定の配置にしてもよい。

【 0 3 8 3 】

< 半導体装置 >

まず、図 8 9 に基づき、本実施形態に係る半導体装置 2 0 について説明する。図 8 9 は、図 5 に対応する断面図である。図 8 9 では、便宜上、外部接続端子 9 0 の図示を省略している。

【 0 3 8 4 】

本実施形態の半導体装置 2 0 は、先行実施形態に記載の構成 (図 2 ~ 図 1 3 参照) と同様の構成を有している。図 8 9 に示すように、半導体装置 2 0 は、半導体素子 4 0 (4 0 H、4 0 L) と、半導体素子 4 0 を Z 方向において挟むように配置された配線部材である基板 5 0、6 0 と、封止体 3 0 を備えている。第 1 配線部材である基板 5 0 の表面金属体 5 2 は、半導体素子 4 0 の第 1 主電極であるドレイン電極 4 0 D に接続されている。第 2 配線部材である基板 6 0 の表面金属体 6 2 は、第 2 配線部材である導電スペーサ 7 0 を介して、半導体素子 4 0 の第 2 主電極であるソース電極 4 0 S に接続されている。封止体 3 0 は、半導体素子 4 0、基板 5 0、6 0、および導電スペーサ 7 0 を封止している。ソース電極 4 0 S と導電スペーサ 7 0 とは、接合材 1 0 1 である焼結部材 1 0 1 A により接合されている。

【 0 3 8 5 】

< 半導体素子 >

次に、図 9 0 および図 9 1 に基づき、半導体素子 4 0 について説明する。図 9 0 は、半導体素子 4 0 (4 0 H) を示す平面図である。図 9 1 は、図 8 9 の領域 XCI を拡大した図である。図 9 1 は、図 9 0 の XCI-XCI 線に対応する断面図である。図 9 1 では、半導体素子 4 0 H を例示しているが、半導体素子 4 0 L も同様の構成を有しているため、以下では半導体素子 4 0 として説明する。

【 0 3 8 6 】

半導体素子 4 0 は、上記したように、スイッチング素子が形成された半導体基板 4 1 を有している。半導体基板 4 1 は、平面略矩形状をなしている。ドレイン電極は半導体基板 4 1 の一面に設けられ、ソース電極 4 0 S およびパッド 4 0 P は半導体基板 4 1 の裏面に設けられている。ソース電極 4 0 S は、多層構造をなしている。ソース電極 4 0 S は、下地電極 4 2 と、接続電極 4 3 を有している。パッド 4 0 P も、ソース電極 4 0 S と同様の構成を有している。

【 0 3 8 7 】

半導体素子 4 0 は、さらに保護膜 4 4 を有している。保護膜 4 4 は、ソース電極 4 0 S の周縁部を覆うように、半導体基板 4 1 の裏面上に設けられた絶縁膜である。絶縁膜の材料として、たとえばポリイミド、シリコン窒化膜などを採用することができる。保護膜 4 4 は、ソース電極 4 0 S における接続領域を規定する開口部 4 4 0 を有している。開口部 4 4 0 は、ソース電極 4 0 S を接合可能に露出させる。保護膜 4 4 は、パッド 4 0 P における接続領域を規定する開口部 4 4 1 を有している。開口部 4 4 0、4 4 1 は、いずれも

10

20

30

40

50

保護膜 44 を Z 方向に貫通する貫通孔である。ソース電極 40 S (接続電極 43) のうち、保護膜 44 の開口部 440 から露出する部分が、焼結部材 101 A との間に接合部を形成する。

【 0388 】

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

【 0389 】

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

【 0390 】

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

【 0391 】

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

【 0392 】

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

【 0393 】

接続電極 43 は、保護膜 44 の開口部 440 において、下地電極 42 に積層配置されている。接続電極 43 の外周端は、全周で保護膜 44 の内周面 442 に接触している。

【 0394 】

< 接合構造 >

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

【 0395 】

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

【 0396 】

焼結部材 101 A は、Ag または Cu を材料とする。焼結部材 101 A は、Ag 粒子または Cu 粒子による焼結体である。焼結部材 101 A は、はんだに較べて低温での接合が

10

20

30

40

50

可能である。図 9 2 に示すように、焼結部材 1 0 1 A は、保護膜 4 4 の内周面 4 4 2 との間に所定の距離 L 3 0 を有して配置されている。図 9 0 ~ 図 9 2 に示すように、焼結部材 1 0 1 A は、内周面 4 4 2 よりも内側に配置されている。焼結部材 1 0 1 A は、たとえば平面略矩形状をなしている。焼結部材 1 0 1 A の外周端は、全周で保護膜 4 4 に非接触である。つまり、保護膜 4 4 の内周面 4 4 2 は、平面視において焼結部材 1 0 1 A を内包している。

【 0 3 9 7 】

導電スペーサ 7 0 は、焼結部材 1 0 1 A との接合面に、図示しない金属膜を有している。金属膜は、接続電極 4 3 同様、貴金属を少なくとも含む。本実施形態では、金属膜が N i と貴金属、たとえば A u または A g を含むめっき膜である。

10

【 0 3 9 8 】

図 9 0 ~ 図 9 2 に示すように、導電スペーサ 7 0 は、内周面 4 4 2 よりも内側に配置されている。導電スペーサ 7 0 は、たとえば平面略矩形状をなしている。導電スペーサ 7 0 の外周端は、平面視において焼結部材 1 0 1 A の外周端よりも外側、もしくは、ほぼ一致するように配置されている。つまり、導電スペーサ 7 0 は、平面視において焼結部材 1 0 1 A を内包、もしくは、焼結部材 1 0 1 A とほぼ一致するように配置されている。本実施形態では、導電スペーサ 7 0 が焼結部材 1 0 1 A を内包している。

【 0 3 9 9 】

< 接合方法 >

次に、図 9 3 に基づき、上記した接合構造の形成方法、つまり接合方法について説明する。図 9 3 は、接合方法を示す断面図である。図 9 3 は、図 9 1 に対応している。

20

【 0 4 0 0 】

本実施形態では、焼結部材 1 0 1 A を形成するために、焼結シート 1 0 5 を用いる。焼結シート 1 0 5 は、焼結フィルムと称されることがある。焼結シート 1 0 5 は、A g または C u を含んでいる。図 9 3 に示すように、焼結シート 1 0 5 を、半導体素子 4 0 のソース電極 4 0 S (接続電極 4 3) 上に配置する。焼結シート 1 0 5 は、平面視において保護膜 4 4 に接触しない所定のサイズを有している。

【 0 4 0 1 】

次いで、焼結シート 1 0 5 上に導電スペーサ 7 0 を配置する。そして、加熱しながら、図示しない加圧装置で導電スペーサ 7 0 側から加圧する。これにより、焼結シート 1 0 5 は接続電極 4 3 と導電スペーサ 7 0 との対向面間で押し広げられて厚みが薄くなるとともに、焼結して焼結部材 1 0 1 A となる。焼結部材 1 0 1 A が保護膜 4 4 の内周面 4 4 2、導電スペーサ 7 0 に対して、上記した所定の位置関係となるように、焼結シート 1 0 5 のサイズが決定される。

30

【 0 4 0 2 】

< シミュレーション結果 >

図 9 4 は、熱応力シミュレーションの結果を示している。このシミュレーションでは、室温と 1 5 0 °C を交互に繰り返すパワーサイクル試験において、下地電極 4 2 に発生する歪振幅を測定した。図 9 4 は、上記した距離 L 3 0 と歪振幅との関係を示している。図 9 4 において、距離 L 3 0 が 0 (ゼロ) は、平面視において保護膜 4 4 の内周面 4 4 2 に一致する位置である。距離 L 3 0 がマイナスの数値は内周面 4 4 2 から内側への距離を示し、プラスの数値は外側への数値を示している。

40

【 0 4 0 3 】

図 9 4 に示すように、距離 L 3 0 が 5 μm 以上において、下地電極 4 2 に発生する歪振幅がほぼ 0 (ゼロ) となることが明らかとなった。本実施形態では、この知見に基づき、所定距離 L 3 0 を 5 μm としている。

【 0 4 0 4 】

< 第 1 0 実施形態のまとめ >

図 9 5 は、接合材 1 0 1 として、はんだ 1 0 1 B を用いた接続構造を示している。図 9 5 は、図 9 3 に対応している。はんだ 1 0 1 B の場合、はんだ 1 0 1 B をリフローして接

50

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

【0405】

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

10

【0406】

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

20

【0407】

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

【0408】

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

30

【0409】

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

【0410】

<変形例>

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

40

【0411】

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

【0412】

第1配線部材として基板50の例を示したがこれに限定されない。基板50に代えて、

50

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

【０４１３】

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

【０４１４】

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

【０４１５】

（第１１実施形態）

この実施形態は、先行する実施形態を基礎的形態とする変形例であり、先行実施形態の記載を援用できる。放熱性を高めるために、本実施形態に記載のように、主電極と配線部材との接合部に焼結部材を用いてもよい。

【０４１６】

<半導体装置>

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

【０４１７】

本実施形態の半導体装置２０は、先行実施形態に記載の構成（図２～図１３参照）と同様の構成を有している。図９６に示すように、半導体装置２０は、半導体素子４０（４０Ｈ、４０Ｌ）と、半導体素子４０をＺ方向において挟むように配置された配線部材である基板５０、６０と、封止体３０を備えている。基板５０の表面金属体５２は、半導体素子４０の第１主電極であるドレイン電極４０Ｄに接続されている。基板６０の表面金属体６２は、導電スペーサ７０を介して、半導体素子４０の第２主電極であるソース電極４０Ｓに接続されている。封止体３０は、半導体素子４０、基板５０、６０、および導電スペーサ７０を封止している。ドレイン電極４０Ｄと基板５０の表面金属体５２とは、接合材１００である焼結部材１００Ａにより接合されている。

【０４１８】

<焼結部材および凹凸酸化膜の配置>

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

【０４１９】

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

【０４２０】

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

10

20

30

40

50

素子 40 の外周端 402 とほぼ一致している。中間部 529c は、その全域が平面視において半導体素子 40 の外側に位置している。

【0421】

図 97 ~ 図 99 に示すように、基板 50 の表面金属体 52 は、先行実施形態に記載した構成（図 67 および図 74 参照）と同様に、凹凸酸化膜 520 を有している。図 99 に示すように、表面金属体 52 は、母材 521 と、母材 521 の表面上に設けられた金属膜 522 および凹凸酸化膜 520 を有している。

【0422】

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

【0423】

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

【0424】

外周部 529b、つまりレーザ光の照射エリアにおいて、凹凸酸化膜 520 の平均膜厚は 10 nm ~ 数百 nm とされている。凹凸酸化膜 520 は、凹部 523 を有する金属膜 522 の表面の凹凸に倣って形成されている。また、凹凸酸化膜 520 の表面には、凹部 523 の幅よりも細かいピッチで凹凸が形成されている。すなわち、非常に微細な凹凸（粗化部）が形成されている。換言すれば、複数の凸部 520a（柱状体）が、細かいピッチで形成されている。たとえば凸部 520a の平均幅は 1 nm ~ 300 nm、凸部 520a 間の平均間隔は 1 nm ~ 300 nm である。また、凸部 520a の平均高さは、10 nm ~ 数百 nm である。

【0425】

凹凸酸化膜 520 は、金属膜 522 にレーザ光を照射し、金属膜 522 の表層の溶融および蒸着により形成されるため、レーザ光の照射エリアである外周部 529b だけでなく、外周部 529b の周辺（近傍）にも形成される。本実施形態では、レーザ光の非照射エリアのうち、中間部 529c の全域に凹凸酸化膜 520 が形成されており、実装部 529a には凹凸酸化膜 520 が形成されていない。全域に凹凸酸化膜 520 を有する中間部 529c の幅は、たとえば 0.2 mm ~ 0.3 mm である。

【0426】

中間部 529c における凹凸酸化膜 520 の平均膜厚は、直接的にレーザ光が照射されるわけではないため、外周部 529b における凹凸酸化膜 520 の平均膜厚よりも薄く、且つ、自然酸化膜よりも厚くされている。具体的には、0.1 nm ~ 10 nm である。また、凹凸酸化膜 520 の表面の凸部 520a の高さも、外周部 529b より低くされている。具体的には、0.1 nm ~ 10 nm である。なお、凸部 520a の平均幅および平均間隔は、外周部 529b と同程度である。

【0427】

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

【0428】

厚膜部 520 X は、薄膜部 520 Y よりも凸部 520 a の高さが高いため、封止体 30 が絡みつき、アンカー効果が生じる。また、封止体 30 との接触面積が増える。これにより、封止体 30 は、外周部 529 b に密着している。厚膜部 520 X は、粗化部、密着部と称されることがある。

10

【0429】

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

20

【0430】

<第11実施形態のまとめ>

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

【0431】

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

30

【0432】

焼結部材 100 A は、加圧焼結時にドレイン電極 40 D と表面金属体 52 との対向面間において押し拡げられる。押し拡げられることで、焼結部材 100 A は、実装部 529 a だけでなく中間部 529 c 上にも配置される。焼結部材 100 A は、濡れ拡がるのではなく、加圧によって押し拡げられて薄膜部 520 Y に接触する。これにより、焼結部材 100 A と実装部 529 a との接合部だけでなく、焼結部材 100 A と中間部 529 c との接触部分も放熱経路として機能する。この結果、放熱性の高い半導体装置 20 を提供することができる。また、焼結部材 100 A は、はんだより熱伝導率が高い。これにより、放熱性を高めることもできる。

40

【0433】

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

50

る。

【0434】

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

【0435】

<変形例>

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

10

【0436】

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

【0437】

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

20

【0438】

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

30

【0439】

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

40

【0440】

図104に示す例では、外周部529bの一部が、平面視において半導体素子40と重なっている。中間部529cは、半導体素子40の外周端402よりも内側に位置している。図104は、変形例を示す図である。図104は、図98に対応している。この場合、焼結部材100Aは、薄膜部520Yのみに接触してもよい。焼結部材100Aは、薄膜部520Yと、厚膜部520Xにおける半導体素子40の直下部分とに、接触してもよい。

【0441】

凹凸酸化膜520を、ドレイン電極40Dが接続される表面金属体52のみに設ける例を示したが、これに限定されない。表面金属体52に加えて、ソース電極40Sが接続さ

50

れる導電スペーサ 70 の側面、および / または、基板 60 の表面金属体 62 に設けてもよい。上記したように、凹凸酸化膜 520 の厚膜部 520X は、封止体 30 との密着力を高める機能と、接合材であるはんだの濡れ拡がりを抑制する機能を提供する。凹凸酸化膜 520 は、はんだの溢れを抑制したい場所や、封止体 30 との密着力を高めたい場所に設けるとよい。

【0442】

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

10

【0443】

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

【0444】

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

【0445】

（第 12 実施形態）

20

この実施形態は、先行する実施形態を基礎的形態とする変形例であり、先行実施形態の記載を援用できる。主電極に生じるクラックを抑制するために、本実施形態に記載のように、接合材である焼結部材を多層構造にしてもよい。

【0446】

< 半導体装置 >

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

【0447】

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

30

【0448】

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

40

【0449】

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

【0450】

< 多層接合材およびその周辺構造 >

次に、図 106 および図 107 に基づき、多層接合材 101C およびその周辺構造について説明する。図 106 は、図 105 の領域 CVI を拡大した図である。図 106 では、便

50

宜上、パッドの図示を省略している。図 107 は、下地電極 42、焼結層 106、脆弱層 107 のヤング率、降伏応力の関係を示す図である。図 107 に示す歪 - 応力線図において、実線は脆弱層 107、破線は焼結層 106、一点鎖線は下地電極 42 を示している。

【0451】

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

【0452】

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

【0453】

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

【0454】

図 107 に示すように、焼結層 106 のヤング率 Y_{M2} は、下地電極 42 のヤング率 Y_{M1} より若干小さい。しかしながら、焼結層 106 の降伏応力 Y_{S2} は、下地電極 42 の降伏応力 Y_{S1} よりも十分に大きい。焼結層 106 の降伏歪は、下地電極 42 の降伏歪よりも大きい。一方、脆弱層 107 のヤング率 Y_{M3} は、下地電極 42 のヤング率 Y_{M1} よりも小さい。さらに脆弱層 107 の降伏応力 Y_{S3} は、下地電極 42 の降伏応力 Y_{S1} よりも小さい。脆弱層 107 のヤング率 Y_{M3} は、焼結層 106 のヤング率 Y_{M2} よりも小さい。脆弱層 107 の降伏応力 Y_{S3} は、焼結層 106 の降伏応力 Y_{S2} よりも小さい。

【0455】

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

【0456】

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

【0457】

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

【0458】

< 第 12 実施形態のまとめ >

10

20

30

40

50

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

【0459】

本実施形態では、ソース電極 40S と導電スペーサ 70 を接合する接合材 101 が、多層接合材 101C である。多層接合材 101C は、焼結層 106 と脆弱層 107 を有している。脆弱層 107 は、ヤング率および/または降伏応力がソース電極 40S (下地電極 42) よりも小さい。これにより、熱応力が脆弱層 107 に集中する。たとえばソース電極 40S にクラックが生じる前に、脆弱層 107 にクラックが生じる。したがって、素子ダメージを抑制することができる。

10

【0460】

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

【0461】

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

【0462】

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

20

【0463】

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

【0464】

<変形例>

脆弱層として、焼結層 106 よりも低い加圧力で焼結された脆弱層 107 の例を示したが、これに限定されない。焼結体である脆弱層 107 に代えて、図 108 に示すように、非焼結体である脆弱層 108 を採用してもよい。脆弱層 108 は、たとえば A1 を含む。A1 を含む脆弱層 108 は、ヤング率および/または降伏応力がソース電極 40S (下地電極 42) よりも小さい。よって、脆弱層 107 と同様に、素子ダメージを抑制することができる。なお、A1 を含む脆弱層 108 の熱伝導率も、 $200\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以上である。図 108 は、変形例を示す断面図であり、図 106 に対応している。

30

【0465】

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

40

【0466】

図 110 に示す例では、多層接合材 101C は、ソース電極 40S 側に焼結層 106 を有し、導電スペーサ 70 側に脆弱層 107 を有している。加圧焼結体であり、脆弱層 107 よりも放熱性に優れる焼結層 106 を半導体素子 40 に対して近い位置に配置している。よって、放熱性を高めることができる。図 110 は、変形例を示す断面図であり、図 1

50

06に対応している。

【0467】

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

【0468】

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

10

【0469】

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

【0470】

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

20

【0471】

（第13実施形態）

この実施形態は、先行する実施形態を基礎的形態とする変形例であり、先行実施形態の記載を援用できる。本実施形態に記載のように、ひとつの半導体素子40により各アームを構成してもよい。

【0472】

<電力変換装置>

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

30

【0473】

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

【0474】

<半導体装置>

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

40

【0475】

図116は、基板60の回路パターンを示す平面図である。図116では、表面金属体62に接合される半導体素子40、継手部81、およびN端子91Nについても破線で図

50

示している。図 1 1 7 は、図 1 1 3 の CXVII-CXVII 線に沿う断面図である。図 1 1 8 は、図 1 1 3 の CXVIII-CXVIII 線に沿う断面図である。図 1 1 9 は、図 1 1 3 の CXIX-CXIX 線に沿う断面図である。図 1 2 0 は、図 1 1 3 の CXX-CXX 線に沿う断面図である。図 1 2 1 は、図 1 2 0 に一点鎖線で示す領域 CXXI を拡大した図である。

【0476】

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

10

【0477】

本実施形態の半導体装置 20 は、先行実施形態同様、上下アーム回路 9 のひとつ、つまり一相分の上下アーム回路 9 を構成する。半導体装置 20 は、先行実施形態に記載の構成（図 2 ~ 図 1 3 参照）と同様の要素を備えている。図 1 1 2 ~ 図 1 2 1 に示すように、半導体装置 20 は、封止体 30 と、半導体素子 40 と、基板 50、60 と、導電スペーサ 70 と、アーム接続部 80 と、外部接続端子 90 を備えている。以下では、主に、先行実施形態に記載の構成とは異なる部分について説明する。

【0478】

封止体 30 は、先行実施形態同様、半導体装置 20 を構成する他の要素の一部を封止している。図 1 1 2 および図 1 1 3 に示すように、封止体 30 は平面略矩形状をなしている。封止体 30 は、Z 方向において、一面 30 a と裏面 30 b を有している。一面 30 a と裏面 30 b をつなぐ側面は、外部接続端子 90 が突出する 2 つの側面 30 f、30 g を含んでいる。側面 30 g は、X 方向において側面 30 f とは反対の面である。

20

【0479】

半導体素子 40 は、半導体基板に、スイッチング素子が形成されてなる。本実施形態の半導体素子 40 は、先行実施形態同様、SiC を材料とする半導体基板に、n チャネル型の MOSFET 11 が形成されてなる。半導体素子 40 は、主電極として、一面にドレイン電極 40 D を有し、裏面にソース電極 40 S を有している。半導体素子 40 は、裏面にパッド 40 P を有している。

30

【0480】

半導体素子 40 は、上アーム 9 H を構成するひとつの半導体素子 40 H と、下アーム 9 L を構成するひとつの半導体素子 40 L を含む。半導体素子 40 H、40 L の構成は、互いに共通である。図 1 1 3 および図 1 1 4 に示すように、半導体素子 40 H、40 L は、Y 方向に並んでいる。各半導体素子 40 は、Z 方向において互いにほぼ同じ位置に配置されている。各半導体素子 40 のドレイン電極 40 D は、基板 50 に対向している。各半導体素子 40 のソース電極 40 S は、基板 60 に対向している。

【0481】

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

40

【0482】

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

【0483】

基板 50 は、絶縁基材 51 と、表面金属体 52 と、裏面金属体 53 を備えている。基板 60 は、絶縁基材 61 と、表面金属体 62 と、裏面金属体 63 を備えている。基板 60 は

50

、絶縁基材 6 1 と金属体 6 2、6 3 とが積層された基板である。以下では、表面金属体 5 2、6 2、および、裏面金属体 5 3、6 3 を、単に金属体 5 2、5 3、6 2、6 3 と示すことがある。

【0484】

絶縁基材 5 1 は、表面金属体 5 2 と裏面金属体 5 3 とを電氣的に分離する。同様に、絶縁基材 6 1 は、表面金属体 6 2 と裏面金属体 6 3 とを電氣的に分離する。本実施形態では、樹脂系の絶縁基材 5 1、6 1 を採用しており、材料構成は共通である。

【0485】

金属体 5 2、5 3、6 2、6 3 は、たとえば、金属板または金属箔として提供される。表面金属体 5 2、6 2 は、パターンニングされている。表面金属体 5 2、6 2 は、金属表面に、Ni 系やAuなどのめっき膜を備えてもよい。以下では、表面金属体 5 2、6 2 のパターンを、回路パターンと示すことがある。表面金属体 5 2 は、先行実施形態同様、P 配線 5 4 と、中継配線 5 5 を有している。P 配線 5 4 と中継配線 5 5 は、所定の間隔（ギャップ）により、電氣的に分離されている。このギャップには、封止体 3 0 が充填されている。

10

【0486】

P 配線 5 4 は、P 端子 9 1 P および半導体素子 4 0 H のドレイン電極 4 0 D に接続されている。P 配線 5 4 は、P 端子 9 1 P と半導体素子 4 0 H のドレイン電極 4 0 D とを電氣的に接続している。P 配線 5 4 は、X 方向を長手方向とする平面略矩形状をなしている。中継配線 5 5 は、半導体素子 4 0 L のドレイン電極 4 0 D、アーム接続部 8 0、および出力端子 9 2 に接続されている。中継配線 5 5 は、平面略矩形状をなしている。

20

【0487】

P 配線 5 4 と中継配線 5 5 は、Y 方向に並んで配置されている。半導体素子 4 0 L は、中継配線 5 5 において Y 方向の一端側、具体的には P 配線 5 4 に遠い側に偏って実装されている。アーム接続部 8 0 を構成する継手部 8 1 は、中継配線 5 5 において Y 方向の他端側、具体的には P 配線 5 4 に近い側に偏って実装されている。P 端子 9 1 P は、P 配線 5 4 において X 方向の一端付近に接続されている。出力端子 9 2 は、中継配線 5 5 において X 方向の一端付近に接続されている。P 端子 9 1 P および出力端子 9 2 は、半導体素子 4 0 に対して X 方向の同じ側に配置されている。

【0488】

表面金属体 6 2 は、先行実施形態同様、N 配線 6 4 と、中継配線 6 5 を有している。N 配線 6 4 と中継配線 6 5 は、所定の間隔（ギャップ）により、電氣的に分離されている。このギャップには、封止体 3 0 が充填されている。N 配線 6 4 は、N 端子 9 1 N および半導体素子 4 0 L のソース電極 4 0 S に接続されている。中継配線 6 5 は、半導体素子 4 0 H のソース電極 4 0 S およびアーム接続部 8 0 に接続されている。

30

【0489】

N 配線 6 4 は、基部 6 4 4 と、延設部 6 4 5 を有している。N 配線 6 4 は、平面略 L 字状をなしている。基部 6 4 4 は、平面略矩形状をなしている。基部 6 4 4 は、平面視において半導体素子 4 0 L を内包している。延設部 6 4 5 は、平面略矩形状をなす基部 6 4 4 のひとつの辺に連なっている。延設部 6 4 5 は、基部 6 4 4 における中継配線 6 5 との対向辺から Y 方向において基部 6 5 4 側に延びている。

40

【0490】

中継配線 6 5 は、基部 6 5 4 と、延設部 6 5 5 を有している。中継配線 6 5 は、平面略 L 字状をなしている。基部 6 5 4 は、平面略矩形状をなしている。基部 6 5 4 は、平面視において半導体素子 4 0 H を内包している。延設部 6 5 5 は、平面略矩形状をなす基部 6 5 4 のひとつの辺に連なっている。延設部 6 5 5 は、基部 6 5 4 における N 配線 6 4 との対向辺から、Y 方向において基部 6 4 4 側に延びている。延設部 6 5 5 の少なくとも一部は、平面視において中継配線 5 5 と重なっている。

【0491】

N 配線 6 4 と中継配線 6 5 は、Y 方向に並んで配置されている。基部 6 4 4、6 5 4 は

50

、Y方向に並んでいる。半導体素子40Lのソース電極40Sは、基部644に電氣的に接続されている。半導体素子40Hのソース電極40Sは、基部654に電氣的に接続されている。延設部645、655は、X方向に並んでいる。N端子91Nは、延設部645に接続されている。継手部81は、延設部655に接続されている。

【0492】

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

10

【0493】

導電スペーサ70は、半導体素子40のソース電極40Sと基板60との間に介在する。導電スペーサ70は、半導体素子40のソース電極40Sに個別に接続されている。半導体装置20は、2つの導電スペーサ70を備えている。導電スペーサ70のひとつは、半導体素子40Hのソース電極40Sと中継配線65とを電氣的に接続する。導電スペーサ70の他のひとつは、半導体素子40Lのソース電極40SとN配線64とを電氣的に接続する。

【0494】

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

20

【0495】

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

30

【0496】

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

【0497】

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

40

【0498】

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

50

【0499】

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

【0500】

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

10

【0501】

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

20

【0502】

リードフレーム94は、先行実施形態に記載した構成同様、外部接続端子90と、タイバー94aと、外周フレーム94bを備えている。本実施形態のリードフレーム94は、ガイドフレーム94cをさらに備えている。先行実施形態に記載したように、タイバー94aおよび外周フレーム94bは、半導体装置20の製造過程において、不要部分として除去される。一方、ガイドフレーム94cは、半導体装置20の要素として外部接続端子90とともに残る。

【0503】

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

30

【0504】

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

40

【0505】

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

【0506】

出力端子92に連なるガイドフレーム94cは、中継配線55に接続されている。具体

50

的には、接続部 940 は、中継配線 55 において、出力端子 92 の接続部位とは反対の端部であって、Y 方向において P 配線 54 とは反対側の端部付近に接続されている。接続部 940 は、平面略矩形状をなす中継配線 55 の四隅のひとつに接続されている。

【0507】

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

10

【0508】

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

【0509】

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

20

【0510】

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

30

【0511】

<第 13 実施形態のまとめ>

本実施形態に記載の構成は、先行実施形態に記載した種々の構成のうち、一部を除く構成との組み合わせが可能である。上記一部とは、表面金属体の一对の延設部のそれぞれに電源端子を接続する構成（図 15 および図 23 参照）と、並列接続された複数の半導体素子を分けるように表面金属体にスリットを設ける構成（図 28 など参照）である。つまり、本実施形態に記載の構成は、第 1 実施形態のその他、第 3 実施形態、第 4 実施形態、第 5 実施形態、第 6 実施形態、第 7 実施形態、第 8 実施形態、第 9 実施形態、第 10 実施形態、第 11 実施形態、第 12 実施形態、および変形例に記載の構成のいずれとも組み合わせが可能である。

40

【0512】

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

【0513】

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

50

【 0 5 1 4 】

(第 1 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。ボンディングワイヤにおけるパッドとの接合部に作用する応力を低減するために、本実施形態に記載のように、ソース電極側の配線部材である基板に非密着部を設けてもよい。

【 0 5 1 5 】

< 半導体装置 >

図 1 2 2 は、本実施形態に係る半導体装置 2 0 において、基板 6 0 の表面金属体 6 2 側を示す平面図である。図 1 2 2 では、表面金属体 6 2 との位置関係を示すために、表面金属体 6 2 に電氣的に接続される他の要素についても破線で図示している。他の要素は、半導体素子 4 0 H、4 0 L、アーム接続部 8 0、および N 端子 9 1 N である。また、明確化のために、粗化部と非粗化部にハッチングを施している。図 1 2 3 は、半導体装置 2 0 を示す断面図である。図 1 2 3 では、ソース電極 4 0 S、パッド 4 0 P、および保護膜 4 4 を簡素化して図示している。

10

【 0 5 1 6 】

本実施形態の半導体装置 2 0 は、先行実施形態に記載の構成（図 2 ～ 図 1 3 参照）と同様の構成を有している。半導体装置 2 0 は、基板 5 0、6 0 の少なくとも一方に設けられた粗化部と、基板 6 0 に設けられた非粗化部 6 2 8 を有している。粗化部が密着部に相当し、非粗化部 6 2 8 が非密着部に相当する。半導体装置 2 0 は、粗化部（密着部）を有しつつ、意図的に所定位置に非粗化部 6 2 8（非密着部）を有している。

20

【 0 5 1 7 】

非粗化部 6 2 8 は、図 1 2 2 に示すように、基板 6 0（表面金属体 6 2）の対向面 6 0 a のうち、平面視において少なくともパッド 4 0 P と重なる部分に設けられている。非粗化部 6 2 8 は、少なくともパッド 4 0 P の直上に設けられている。非粗化部 6 2 8 は、粗化処理がされていないことで、粗化部よりも封止体 3 0 に対する密着性が低くされている。

【 0 5 1 8 】

一例として本実施形態の基板 5 0 の対向面 5 0 a には、粗化部 5 2 7 が設けられている。また、基板 6 0 の対向面 6 0 a には、粗化部 6 2 7 が設けられている。粗化部 5 2 7、6 2 7 を形成する粗化処理としては、粗化めっき、サンドブラスト、薬液処理などが可能である。本実施形態では、先行実施形態に記載の構成と同様、レーザ粗化を採用している。めっき膜にレーザ光を照射することで、凹凸酸化膜 5 2 0、6 2 0 が形成される。表面金属体 5 2、6 2 は、粗化部 5 2 7、6 2 7 に凹凸酸化膜 5 2 0、6 2 0 を有している。

30

【 0 5 1 9 】

一例として本実施形態の粗化部 5 2 7 は、表面金属体 5 2 において他の要素との接続部を除く部分に設けられている。粗化部 5 2 7 は、半導体素子 4 0 H、4 0 L との接続部、アーム接続部 8 0 との接続部、P 端子 9 1 P との接続部、および出力端子 9 2 との接続部を除く部分に設けられている。つまり、表面金属体 5 2 において他の要素との接続部には、粗化処理がされていない非粗化部 5 2 8 が設けられている。

【 0 5 2 0 】

一例として本実施形態の粗化部 6 2 7 は、表面金属体 6 2 の外周端に沿って設けられている。粗化部 6 2 7 は、N 配線 6 4 の外周端から所定の範囲と、中継配線 6 5 の外周端から所定の範囲に設けられている。非粗化部 6 2 8 は、粗化部 6 2 7 によって囲まれる領域に設けられている。粗化部 6 2 7 によって囲まれる領域が、非粗化部 6 2 8 である。非粗化部 6 2 8 は、上記したパッド 4 0 P と重なる部分に加えて、表面金属体 6 2 における他の要素との接続部を含む。非粗化部 6 2 8 は、半導体素子 4 0 H、4 0 L との接続部、アーム接続部 8 0 との接続部、および N 端子 9 1 N との接続部を含む。

40

【 0 5 2 1 】

パッド 4 0 P は、先行実施形態に記載したように、保護膜 4 4 の開口部 4 4 1 から露出している。封止体 3 0 は、保護膜 4 4 に密着している。封止体 3 0 は、粗化部 5 2 7、6

50

27に密着している。封止体30は、非粗化部628に密着していない。

【0522】

<第14実施形態のまとめ>

図124は、図123に一点鎖線で示す領域CXXIVを拡大した断面図である。図124では、便宜上、半導体素子40Lの構成を簡素化して図示している。また、凹凸酸化膜520を省略している。図125は、参考例を示す断面図であり、図124に対応している。参考例では、各要素の符号を、半導体装置20の関連する要素の符号の末尾にrを付加したものである。参考例の構成は、表面金属体62rにおいてパッド40Prと重なる部分に粗化部627rを設けた点を除けば、半導体装置20とほぼ同じである。粗化部627rは、たとえば粗化部527同様、レーザ粗化により形成されている。

10

【0523】

図125に示す参考例では、封止体30rが、半導体素子40rの図示しない保護膜に密着している。封止体30rは、パッド40Prの周囲において保護膜に密着している。また、封止体30rは、表面金属体62rの表面に設けられた粗化部627rにも密着している。半導体素子40r上に位置する封止体30rは、Z方向における端部のひとつが保護膜に密着し、端部の他のひとつが粗化部627r（表面金属体62r）に密着している。

【0524】

ところで、先行実施形態に記載したように、半導体素子40rの生じる熱、使用環境における温度変化などによって、基板60rに反り（変形）が生じる。図125に示す構成では、少なくともパッド40Prの直上部分において封止体30rが表面金属体62rに密着しているため、変形する基板60r（表面金属体62r）に封止体30rが引っ張られる。これにより、ボンディングワイヤ110rにおけるパッド40Prとの接合部113rに作用する応力F2が増加する。応力F2の増加は、たとえば接合部113rのクラックや破断を引き起こす虞がある。

20

【0525】

本実施形態でも、封止体30が半導体素子40の図示しない保護膜44に密着している。封止体30は、パッド40Pの周囲において保護膜44に密着している。封止体30は、表面金属体62の表面において、粗化部627に密着し、非粗化部628には密着しない。封止体30は、非粗化部628との間に空隙32を有する。半導体素子40上に位置する封止体30は、Z方向における端部のひとつが保護膜44に密着し、端部の他のひとつが表面金属体62に密着しない自由端となる。

30

【0526】

これにより、基板60に反り（変形）が生じて、変形する基板60に封止体30が引っ張られるのを抑制することができる。つまり、ボンディングワイヤ110におけるパッド40Pとの接合部113に作用する応力F1が増加するのを抑制することができる。パッド40Pの直上には非粗化部628が設けられているため、粗化部627を設けたとしても、応力F1は応力F2に比べて十分に小さくなる。

【0527】

図126は、熱応力シミュレーションの結果を示している。このシミュレーションでは、室温と150℃を交互に繰り返すパワーサイクル試験において、ボンディングワイヤ110の接合部113に発生する歪振幅を測定した。縦軸の歪振幅は、任意単位（a.u.）である。また、表面金属体62におけるパッド40Pの直上部分について、非粗化のものと粗化のものとを対比した。粗化したものが、上記した参考例に相当する。図126に示すように、表面金属体62におけるパッド40Pの直上部分を非粗化にすることで、粗化する構成に対して歪振幅を約50%低減できることが明らかとなった。

40

【0528】

本実施形態の半導体装置20は、非粗化部628に加えて、粗化部527、627を有している。これにより、表面金属体52、62の粗化部527、627において、封止体30の密着性を高め、剥離が生じるのを抑制することができる。

50

【 0 5 2 9 】

一例として本実施形態の表面金属体 5 2、6 2 は、粗化部 5 2 7、6 2 7 に凹凸酸化膜 5 2 0、6 2 0 を有している。凹凸酸化膜 5 2 0、6 2 0 は、先行実施形態に記載のように、表面金属体 5 2、6 2 にレーザ光を照射することで形成された酸化膜である。凹凸酸化膜 5 2 0、6 2 0 は、表面金属体 5 2、6 2 を構成する主成分金属と同じ金属の酸化膜である。これによれば、粗化部 5 2 7、6 2 7 を局所的に設けることが可能である。

【 0 5 3 0 】

凹凸酸化膜 5 2 0、6 2 0 の表面は、連続した凹凸をなしており、封止体 3 0 が絡みついてアンカー効果を生じる。また、封止体 3 0 との接触面積が増える。よって、粗化部 5 2 7、6 2 7 において封止体 3 0 の密着性を高めることができる。先行実施形態に記載したように、凹凸酸化膜 5 2 0、6 2 0 は、めっき膜（めっき膜 5 2 2 p）に較べて、接合材 1 0 0、1 0 2 に対する濡れ性が低い。凹凸酸化膜 5 2 0、6 2 0 は、表面に微細な凹凸を有しているため、接合材 1 0 0、1 0 2 との接触面積が小さくなり、接合材 1 0 0、1 0 2 の一部は表面張力によって球状になる。つまり、接触角が大きくなる。したがって、接合材 1 0 0、1 0 2 が溢れるのを抑制することができる。

10

【 0 5 3 1 】

一例として本実施形態の粗化部 6 2 7 は、表面金属体 6 2 の外周端に沿って設けられている。粗化部 6 2 7 は、ソース電極 4 0 S とパッド 4 0 P との並び方向（Y 方向）において、対向面 6 0 a をなす表面金属体 6 2 の端部と非粗化部 6 2 8 との間に設けられている。これにより、接合材 1 0 2 が非粗化部 6 2 8 上を濡れ拡がっても、粗化部 6 2 7 によって接合材 1 0 2 を堰き止めることができる。粗化部 6 2 7 により、接合材 1 0 2 の濡れ拡がりを抑制することができる。

20

【 0 5 3 2 】

< 変形例 >

配線部材が、基板 5 0、6 0 の例を示したがこれに限定されない。ドレイン電極 4 0 D 側に配置される配線部材（第 1 配線部材）として、金属板を採用してもよい。ソース電極 4 0 S 側に配置される配線部材（第 2 配線部材）として、金属板を採用してもよい。金属板材は、リードフレーム、ヒートシンクなどと称されることがある。

【 0 5 3 3 】

ボンディングワイヤ 1 1 0 の一端がパッド 4 0 P に接続され、他端が信号端子 9 3 に接続される例を示したが、これに限定されない。ボンディングワイヤ 1 1 0 がパッド 4 0 P に接続（接合）される構成に適用が可能である。たとえば先行実施形態に記載の中継基板 1 5 0 を備える構成に適用してもよい。この場合、ボンディングワイヤ 1 1 0 の一端がパッド 4 0 P に接続され、他端が中継基板 1 5 0 のランド 1 5 2 a に接続されてもよい。

30

【 0 5 3 4 】

非粗化部 6 2 8 の配置は、上記した例に限定されない。たとえば図 1 2 7 に示すように、非粗化部 6 2 8 を、表面金属体 6 2 のうち、平面視においてパッド 4 0 P と重なる部分のみに設けてもよい。図 1 2 7 では、明確化のために、非粗化部 6 2 8 にハッチングを施している。

【 0 5 3 5 】

非粗化部 6 2 8 は、半導体素子 4 0 の単位で複数のパッド 4 0 P を内包するように設けてもよい。共通する回路パターンに配置された半導体素子 4 0 の単位で複数のパッド 4 0 P を内包するように設けてもよい。非粗化部 6 2 8 は、たとえば複数の半導体素子 4 0 H のパッド 4 0 P を内包するように設けてもよい。

40

【 0 5 3 6 】

基板 5 0、6 0 に粗化部 5 2 7、6 2 7 を設ける例を示したが、これに限定されない。たとえば図 1 2 8 に示すように、基板 5 0 に粗化部 5 2 7 を設け、基板 6 0 に粗化部 6 2 7 を設けない構成としてもよい。図示しないが、基板 5 0 に粗化部 5 2 7 を設けず、基板 6 0 に粗化部 6 2 7 を設けてもよい。

【 0 5 3 7 】

50

粗化部 6 2 7 の配置は、上記した例に限定されない。粗化部 6 2 7 は、対向面 6 0 a をなす表面金属体 6 2 において、非粗化部 6 2 8 とは異なる位置に設けられればよい。

【 0 5 3 8 】

密着部として粗化部 5 2 7、6 2 7、非密着部として非粗化部 6 2 8 の例を示したが、これに限定されない。たとえば図 1 2 9 に示すように、基板 5 0 は、コーティング部 5 7 0 と、非コーティング部 5 7 1 を有している。基板 6 0 は、表面金属体 6 2 のうち、平面視において少なくともパッド 4 0 P と重なる部分に、非コーティング部 6 7 1 を有している。コーティング部 5 7 1 は、表面金属体 5 2 の表面に、封止体 3 0 との密着性を高める樹脂膜 5 7 2 が形成されてなる。樹脂膜 5 7 2 の材料は、ポリアミドやポリイミドなどである。これらの材料を用いた樹脂膜 5 7 2 は、樹脂膜 5 7 2 を設けない構成に較べて封止体 3 0 との密着性が高くなることが知られている。

10

【 0 5 3 9 】

非コーティング部 5 7 1 は、樹脂膜 5 7 2 を設けない部分である。非コーティング部 5 7 1 は、表面金属体 5 2 において他の要素との接続部に設けられている。非コーティング部 6 7 1 も、非コーティング部 5 7 1 同様に、封止体 3 0 との密着性を高める樹脂膜を設けない部分である。図 1 2 9 では、表面金属体 6 2 の表面の全域が、非コーティング部 6 7 1 となっている。パッド 4 0 P の直上に、非密着部である非コーティング部 6 7 1 を設けるため、ボンディングワイヤ 1 1 0 の接合部 1 1 3 に作用する応力を低減することができる。なお、表面金属体 6 2 において非コーティング部 6 7 1 とは異なる位置に、図示しないコーティング部を設けた構成としてもよい。

20

【 0 5 4 0 】

本実施形態に記載の構成は、先行する各実施形態、および変形例に記載の構成のいずれとも組み合わせが可能である。

【 0 5 4 1 】

(他の実施形態)

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

30

【 0 5 4 2 】

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

40

【 0 5 4 3 】

ある要素または層が「上にある」、「連結されている」、「接続されている」または「結合されている」と言及されている場合、それは、他の要素、または他の層に対して、直接的に上に、連結され、接続され、または結合されていることがあり、さらに、介在要素または介在層が存在していることがある。対照的に、ある要素が別の要素または層に「直接的に上に」、「直接的に連結されている」、「直接的に接続されている」または「直接的に結合されている」と言及されている場合、介在要素または介在層は存在しない。要素間の関係を説明するために使用される他の言葉は、同様のやり方で (例えば、「間に」対「直接的に間に」、「隣接する」対「直接的に隣接する」など) 解釈されるべきである。

50

この明細書で使用される場合、用語「および/または」は、関連する列挙されたひとつまたは複数の項目に関する任意の組み合わせ、およびすべての組み合わせを含む。

【0544】

空間的に相対的な用語「内」、「外」、「裏」、「下」、「低」、「上」、「高」などは、図示されているような、ひとつの要素または特徴の他の要素または特徴に対する関係を説明する記載を容易にするためにここでは利用されている。空間的に相対的な用語は、図面に描かれている向きに加えて、使用または操作中の装置の異なる向きを包含することを意図することができる。例えば、図中の装置をひっくり返すと、他の要素または特徴の「下」または「真下」として説明されている要素は、他の要素または特徴の「上」に向けられる。したがって、用語「下」は、上と下の両方の向きを包含することができる。この装置は、他の方向に向いていてもよく（90度または他の向きに回転されてもよい）、この明細書で使用される空間的に相対的な記述子はそれに応じて解釈される。

10

【0545】

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

【0546】

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

20

【符号の説明】

【0547】

1...駆動システム、2...直流電源、3...モータジェネレータ、4...電力変換装置、5...平滑コンデンサ、6...インバータ、7...Pライン、8...Nライン、9...上下アーム回路、9H...上アーム、9L...下アーム、10...出力ライン、11...MOSFET、12...ダイオード、20...半導体装置、30...封止体、30a...一面、30b...裏面、30c、30d、30e、30f、30g...側面、31、32...空隙、40、40H、40L...半導体素子、40D...ドレイン電極、40S...ソース電極、40P...パッド、400、401...辺、402...外周端、41...半導体基板、41a...一面、41b...裏面、42...下地電極、420...周縁部、43...接続電極、44...保護膜、440、441...開口部、442...内周面、50...基板、50a...対向面、50b...裏面、50c、50d...端部、50sc...中心、500...積層体、501...第1傾斜部、501a...切削痕、502...第2傾斜部、502a...切削痕、503...中間部、503a...凹凸部、51...絶縁基材、51a...表面、51b...裏面、510...露出部、52...表面金属体、52a...上面、52b...端部、52c...側面、52d...下面、52G...配線間ギャップ、520...凹凸酸化膜、520a...凸部、520X...厚膜部、520Y...薄膜部、521...母材、522...金属膜、522p...めっき膜、523...凹部、524...第1領域、525...第2領域、526...周辺領域、527...粗化部、528...非粗化部、529a...実装部、529b...外周部、529c...中間部、53...裏面金属体、53a...対向面、53b...露出面、54...P配線、540...切り欠き、541...基部、542...延設部、55...中継配線、550...切り欠き、551...基部、551a...対向辺、552...延設部、553...スリット、554...面取り部、56...積層体、570...コーティング部、571...非コーティング部、572...樹脂膜、60...基板、60a...対向面、60b...裏面、60c...端部、60sc...中心、600...積層体、601...第1傾斜部、602...第2傾斜部、603...中間部、61...絶縁基材、61a...表面、61b...裏面、610...露出部、62...表面金属体、62a...上面、62c...側面、62d...下面、62G...配線間ギャップ、620...凹凸酸化膜、624...第1領域、625...第2領域、626...周辺領域、627...粗化部、628...非粗化部、63...

30

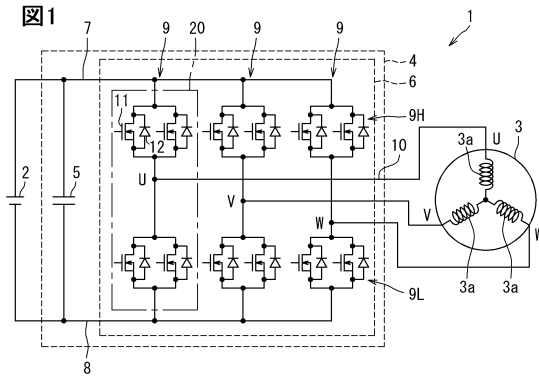
40

50

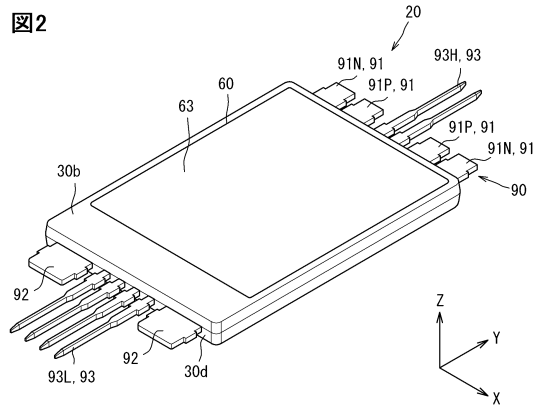
裏面金属体、63a...対向面、63b...露出面、64...N配線、640、644...基部、640a...対向辺、640b...配置領域、640c...端部、641、645...延設部、641a...拡幅部、641b...定幅部、641c...拡幅部、641d...先端部、642...切り欠き、643...スリット、65...中継配線、650、652...端部、651a...縮幅部、651b...定幅部、651c...縮幅部、653...スリット、654...基部、655...延設部、671...非コーティング部、70...導電スペーサ、700...凹凸酸化膜、71...母材、72...金属膜、80...アーム接続部、81...継手部、81a、81b...端部、81c、81d...側面、810...対向面、811...収容部、811a...側面、811b...底面、90...外部接続端子、91...電源端子、91a、91b...接続部、91N...N端子、91P...P端子、92...出力端子、92a...接続部、920...対向面、920a...第1対向部、920b...第2対向部、921...収容部、921a...側面、921b...底面、921c...開口、922...先端面、923、924...側面、93、93H、93L...信号端子、93a...タイパー痕、93b...接合部、93c...先端部、93d...屈曲部、93e...延設部、93f...プレスR面、93g...バリ面、93h...第1延設部、93i...第2延設部、93j...屈曲部、93k...突起部、930...重なり部、930a...主部、930b...突出部、931...非重なり部、94...リードフレーム、94a...タイパー、94b...外周フレーム、94c...ガイドフレーム、940...接続部、941...第1連結部、941a...第1延設部、941b...第2延設部、942...第2連結部、100、101、102、103、104...接合材、101A...焼結部材、101B...はんだ、101C...多層接合材、105...焼結シート、106...焼結層、107、108...脆弱層、110...ボンディングワイヤ、111...治具、112...ツール、113...接合部、120...冷却器、121...熱交換部、130...熱伝導部材、140...半導体モジュール、150...中継基板、151...絶縁基材、151a...一面、151b...裏面、151c...非配置領域、151d...配置領域、151e...露出部、152...導体部、152a、152b...ランド、152c...配線、152d...ビア導体、152e...固定用ランド、153...ソルダレジスト、154...接合材

【図面】

【図1】



【図2】



10

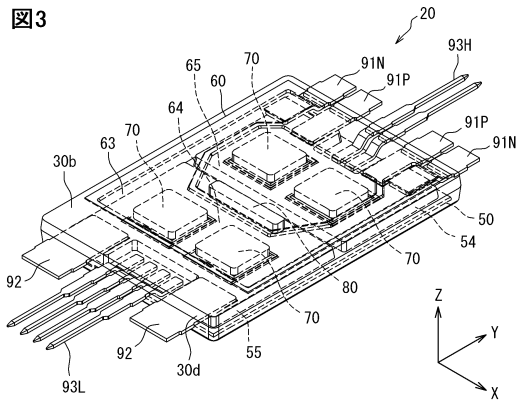
20

30

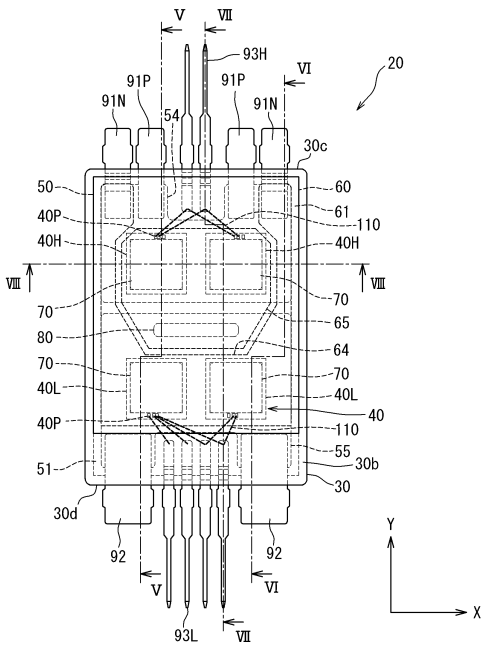
40

50

【図 3】
図 3



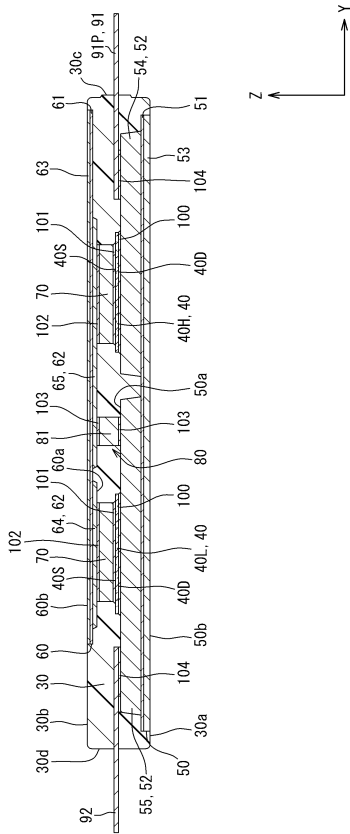
【図 4】
図 4



10

20

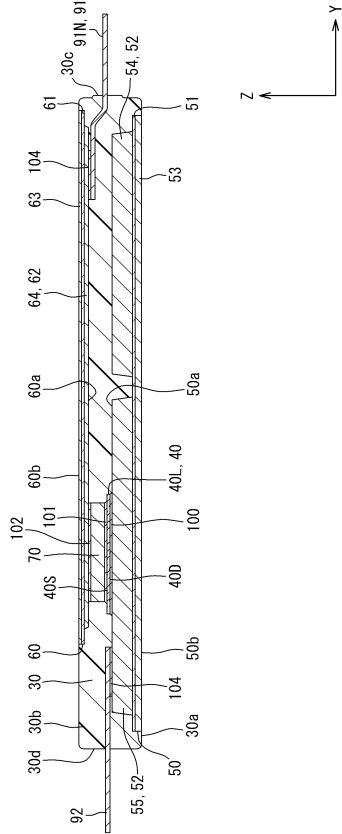
【図 5】
図 5



30

40

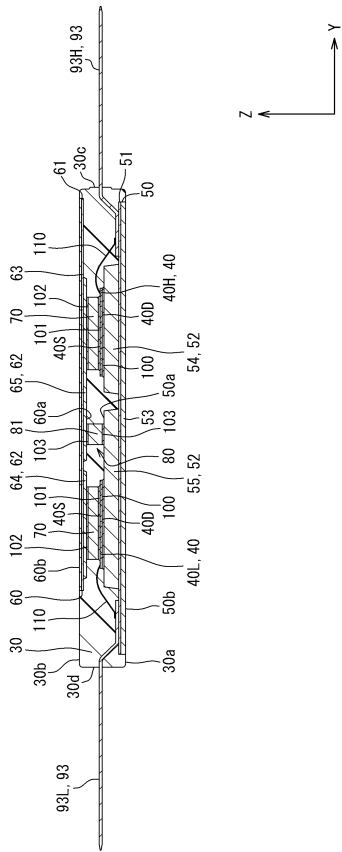
【図 6】
図 6



50

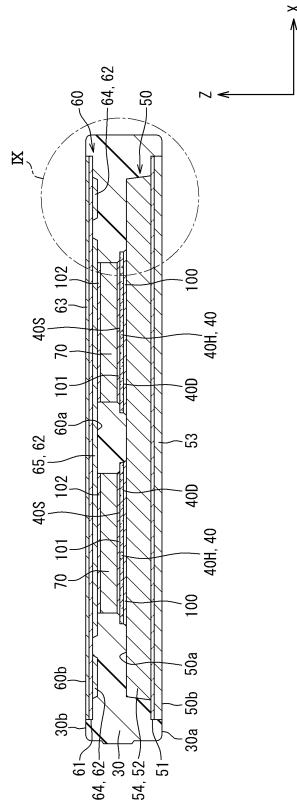
【図 7】

図 7



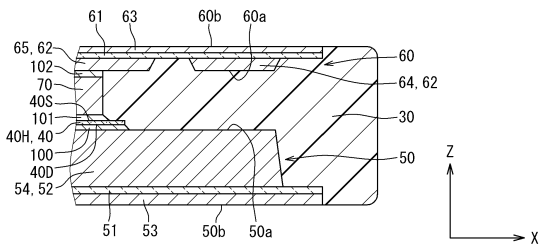
【図 8】

図 8



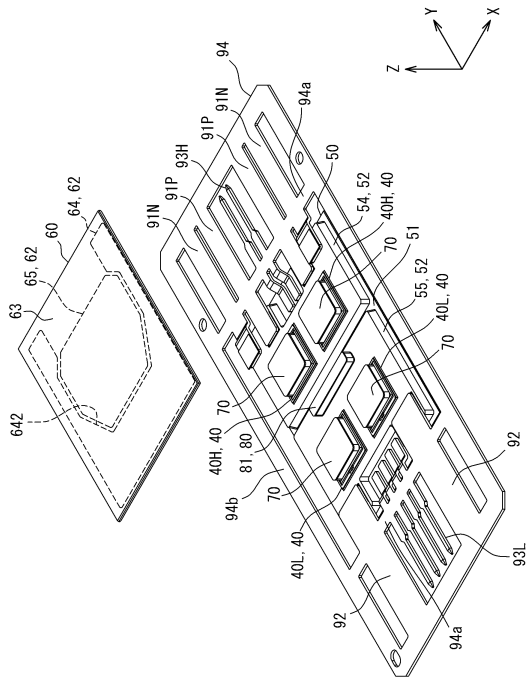
【図 9】

図 9



【図 10】

図 10



10

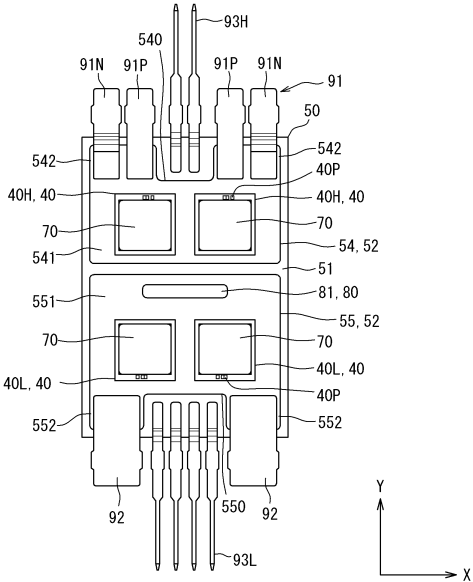
20

30

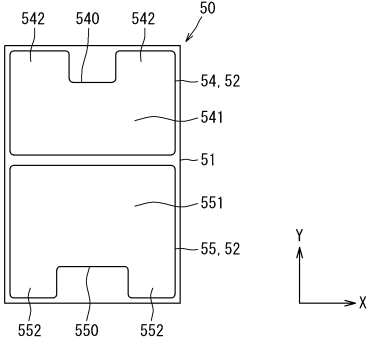
40

50

【図 1 1】
図 11

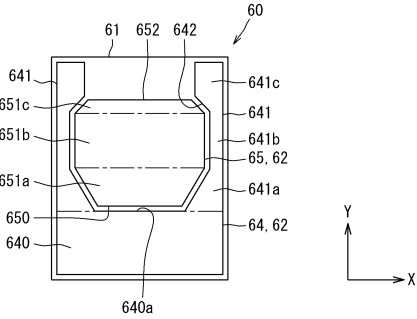


【図 1 2】
図 12

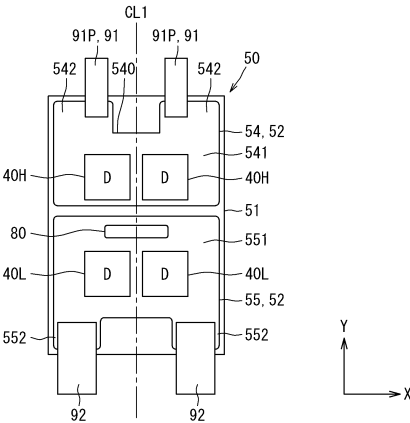


10

【図 1 3】
図 13



【図 1 4】
図 14



20

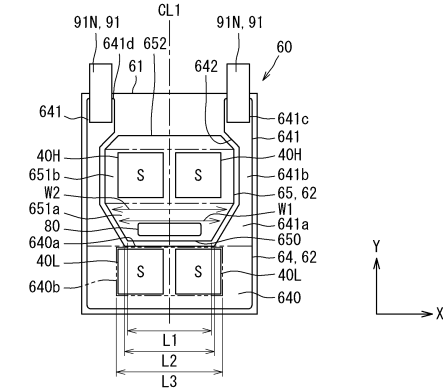
30

40

50

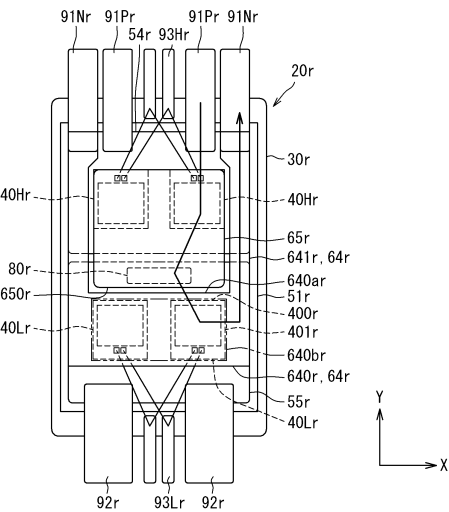
【図 15】

図 15



【図 16】

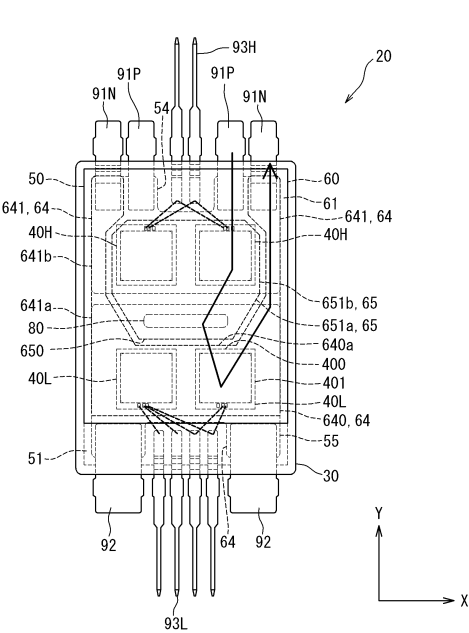
図 16



10

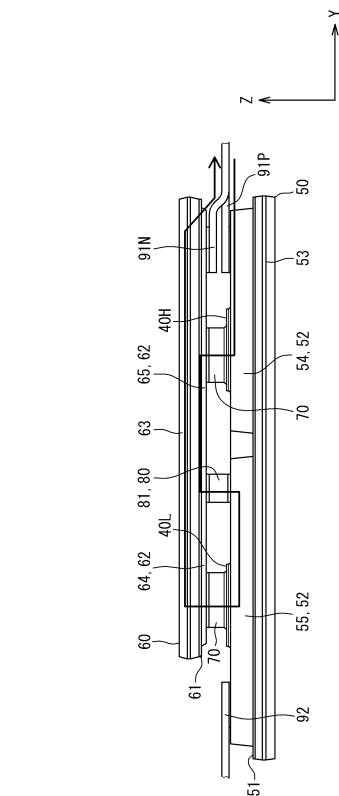
【図 17】

図 17



【図 18】

図 18



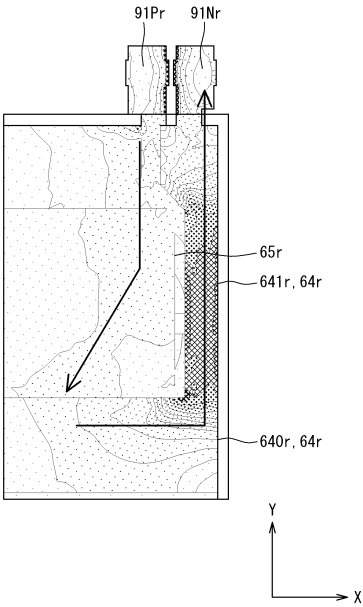
20

30

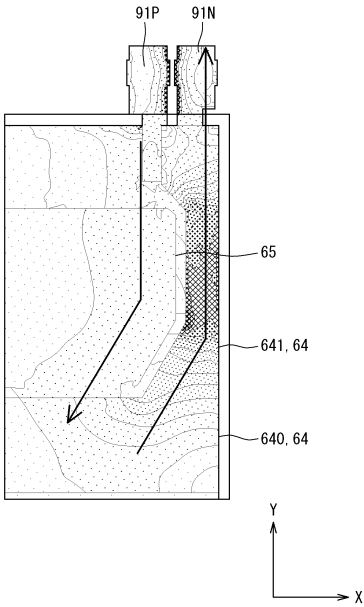
40

50

【図 19】
図19

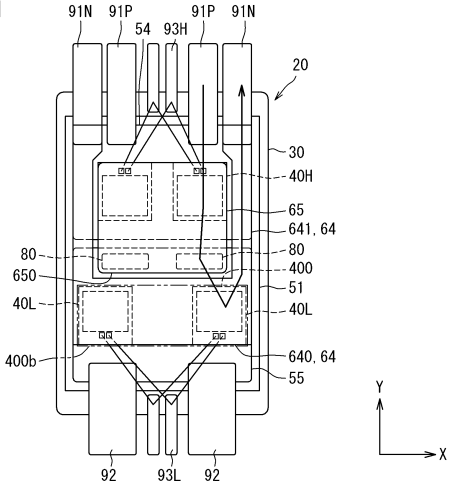


【図 20】
図20

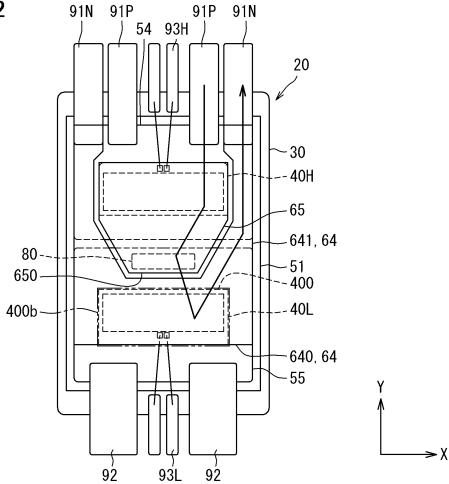


10

【図 21】
図21



【図 22】
図22



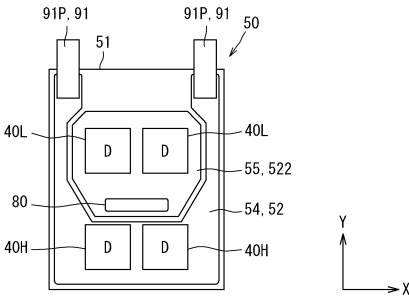
20

30

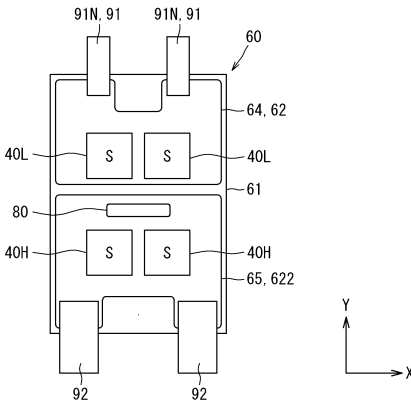
40

50

【図 2 3】
図 23

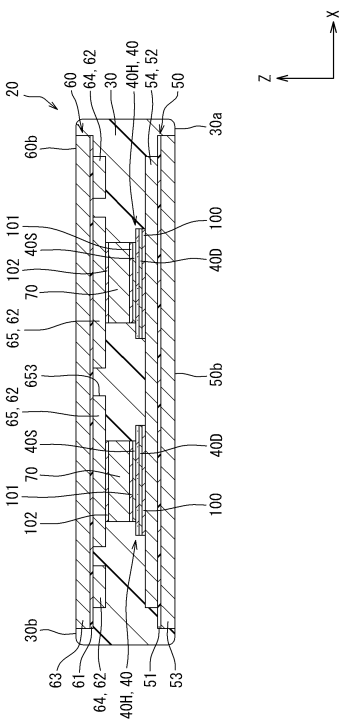


【図 2 4】
図 24

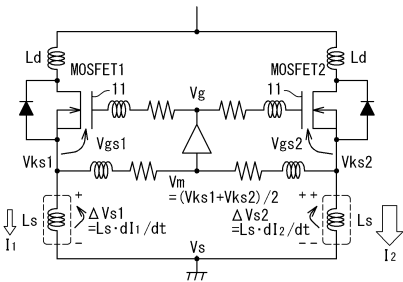


10

【図 2 5】
図 25



【図 2 6】
図 26



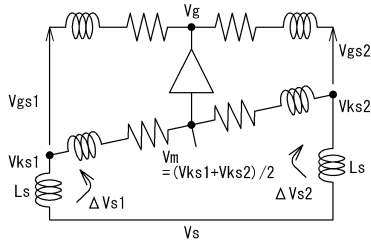
20

30

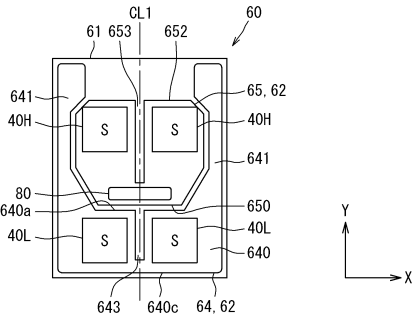
40

50

【図 27】
図 27

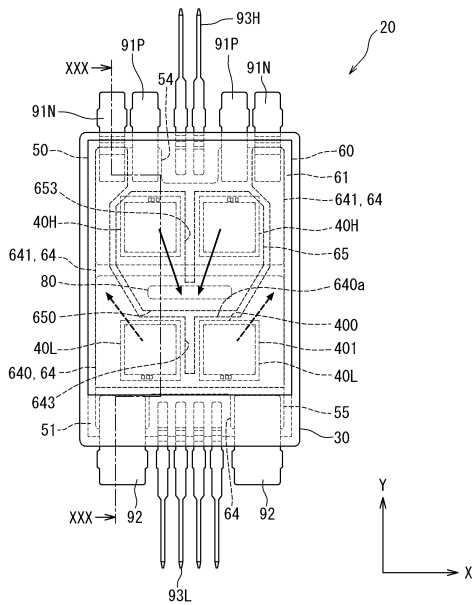


【図 28】
図 28

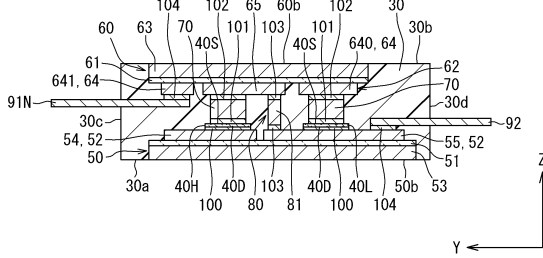


10

【図 29】
図 29



【図 30】
図 30



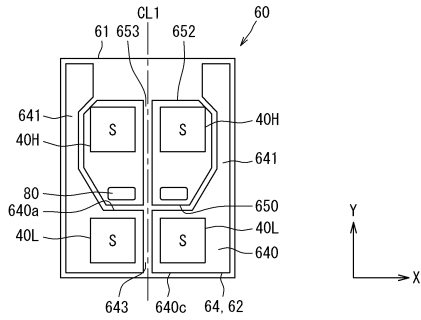
20

30

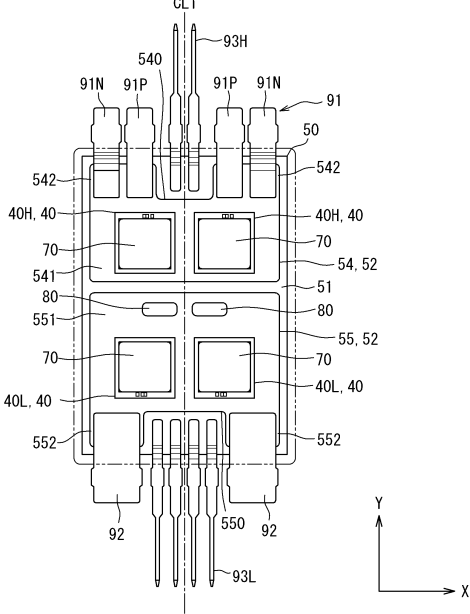
40

50

【図 3 1】
図31

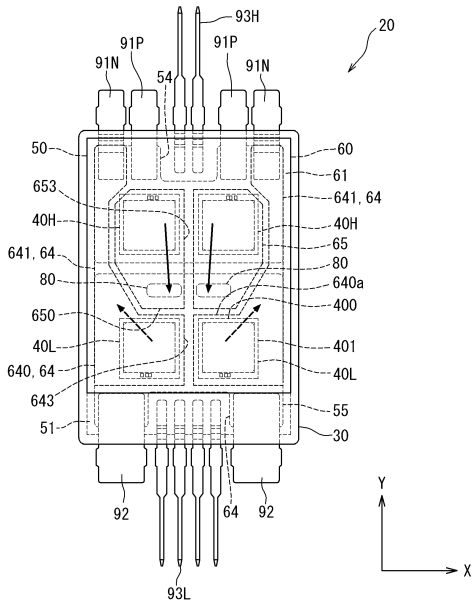


【図 3 2】
図32

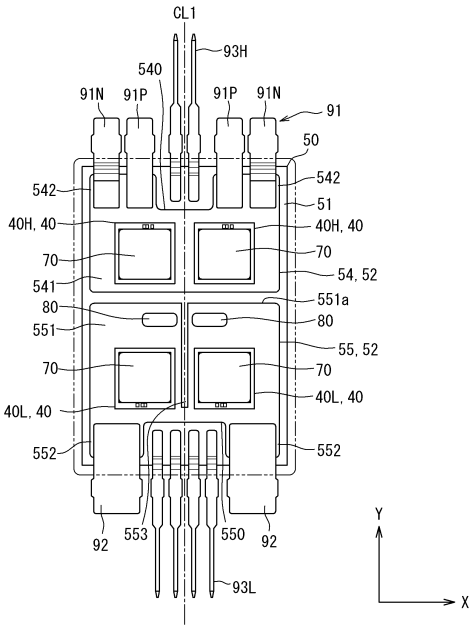


10

【図 3 3】
図33



【図 3 4】
図34



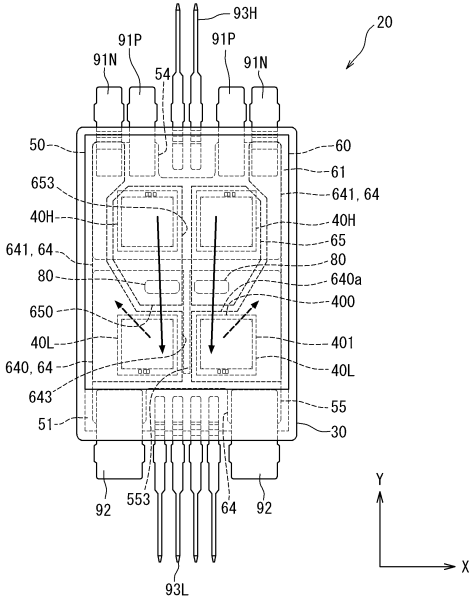
20

30

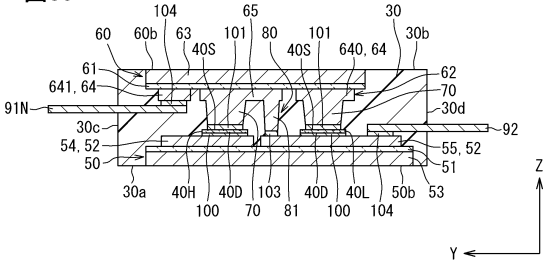
40

50

【図 35】
図35

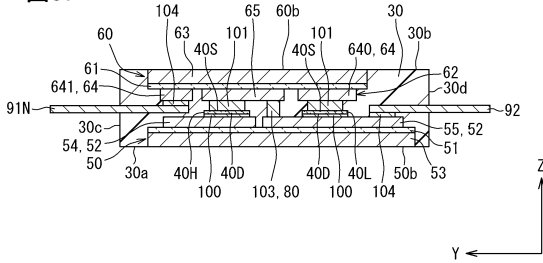


【図 36】
図36

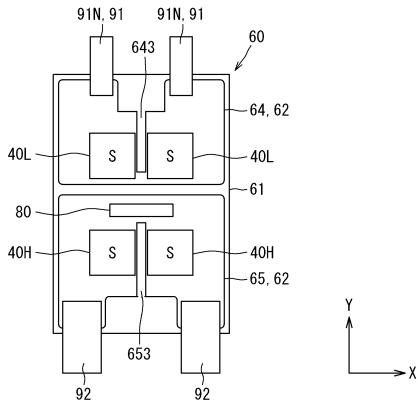


10

【図 37】
図37



【図 38】
図38



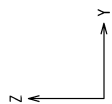
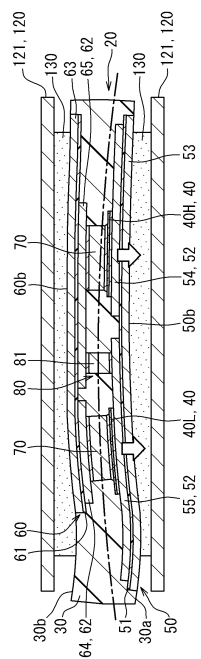
20

30

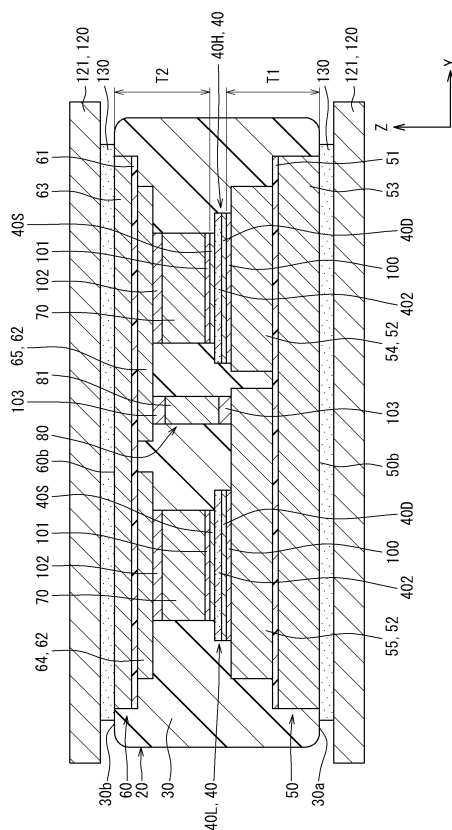
40

50

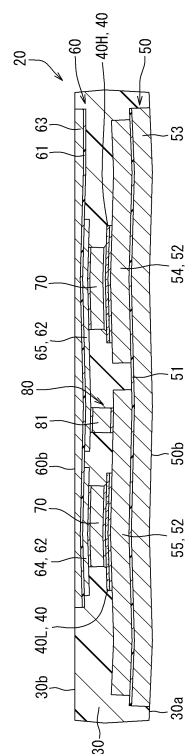
【 図 3 9 】



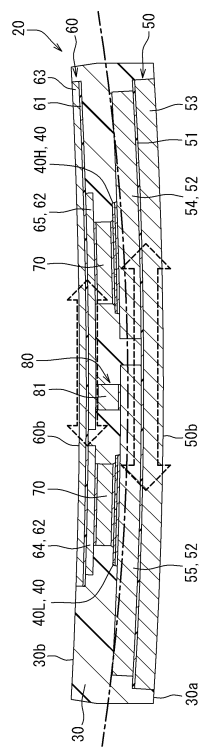
【 図 4 0 】



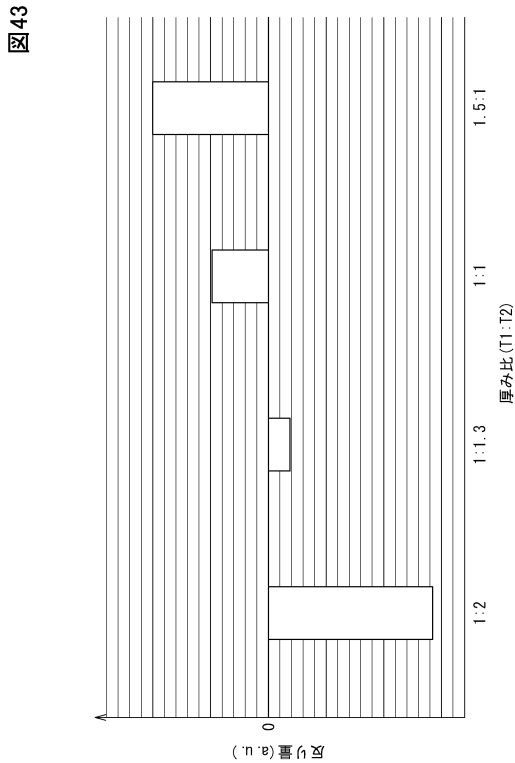
【 図 4 1 】



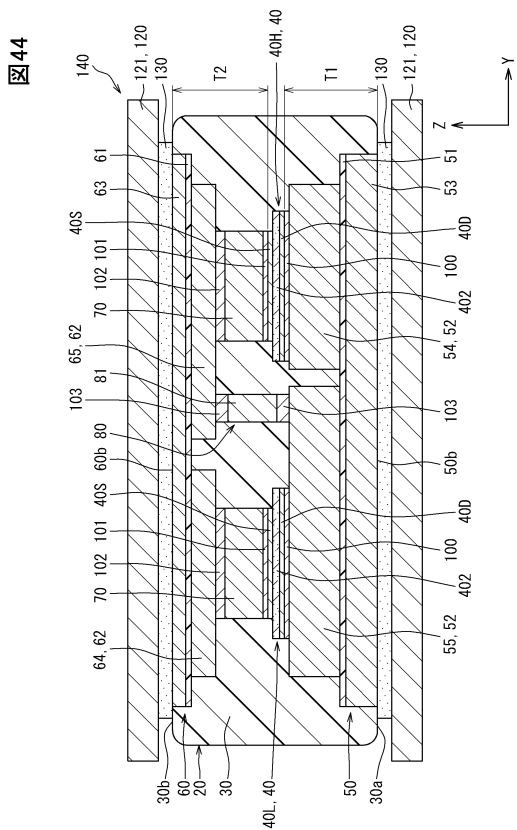
【圖 4 2】



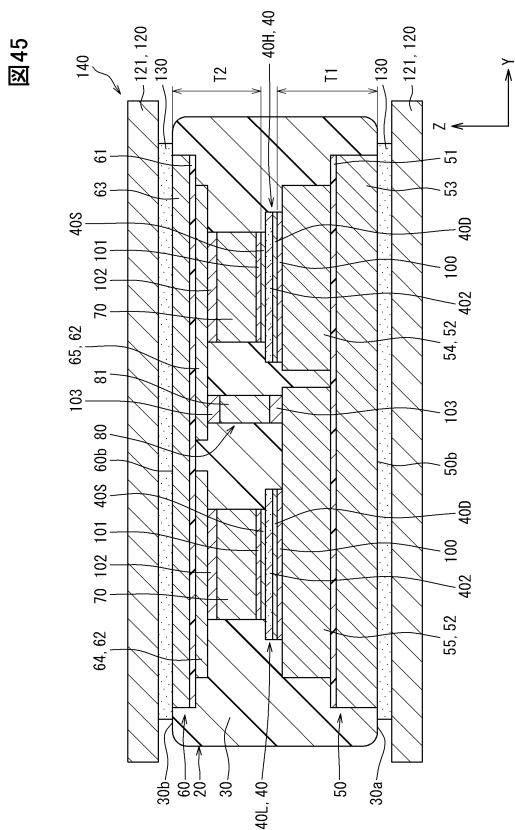
【図43】



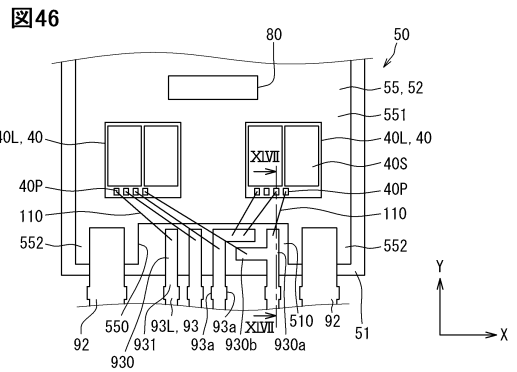
【図44】



【図45】



【図46】



10

20

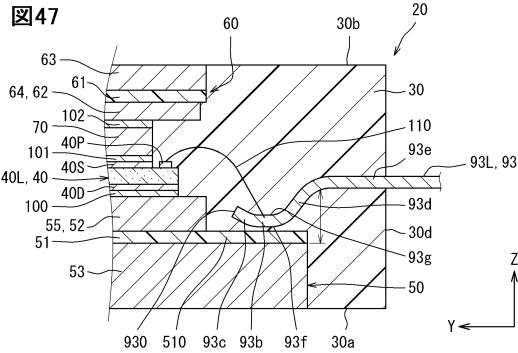
30

40

50

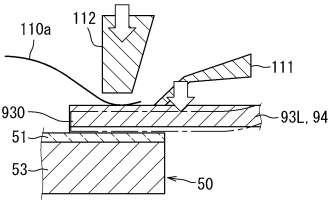
【図 4 7】

図47



【図 4 8】

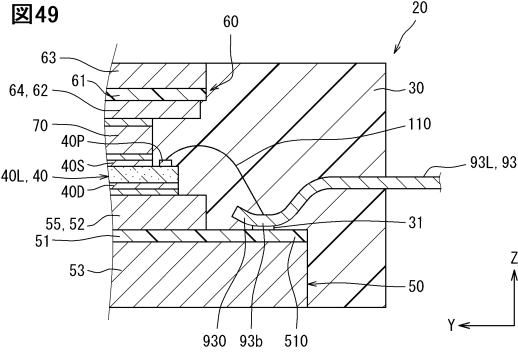
図48



10

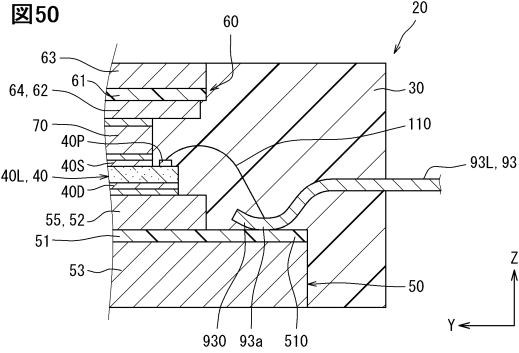
【図 4 9】

図49



【図 5 0】

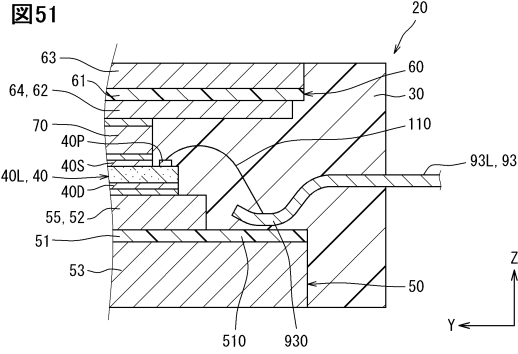
図50



20

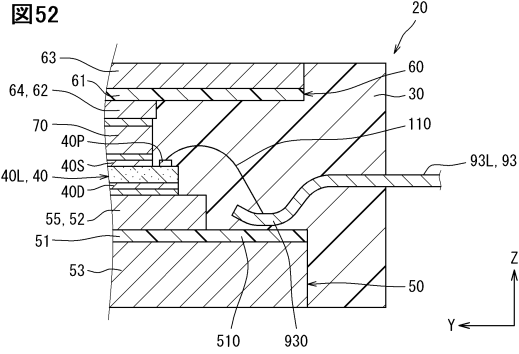
【図 5 1】

図51



【図 5 2】

図52

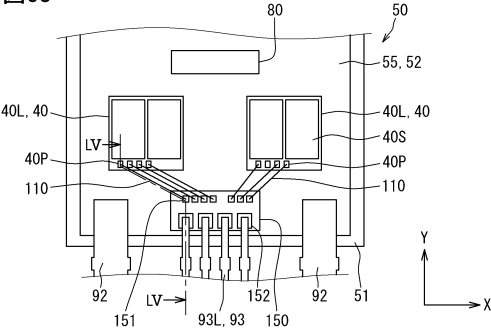


30

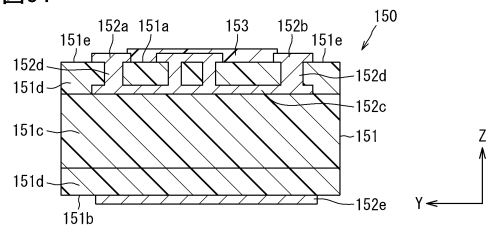
40

50

【図 5 3】
図 53

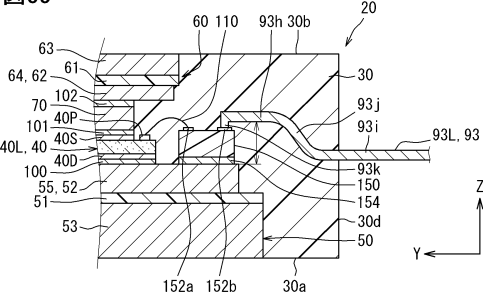


【図 5 4】
図 54

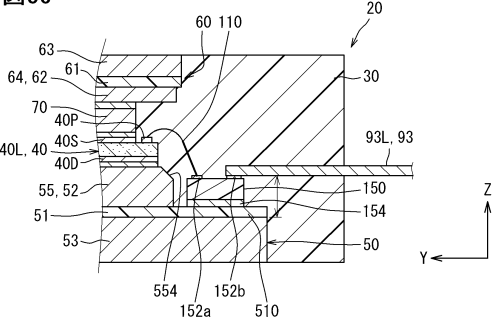


10

【図 5 5】
図 55



【図 5 6】
図 56



20

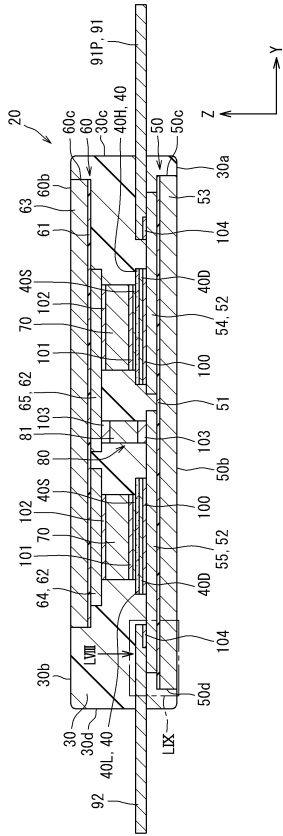
30

40

50

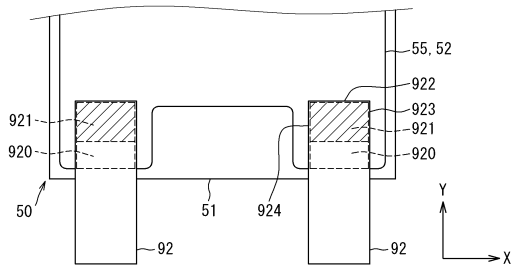
【図 5 7】

図57



【図 5 8】

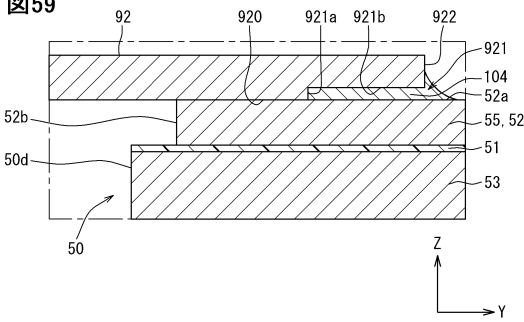
図58



10

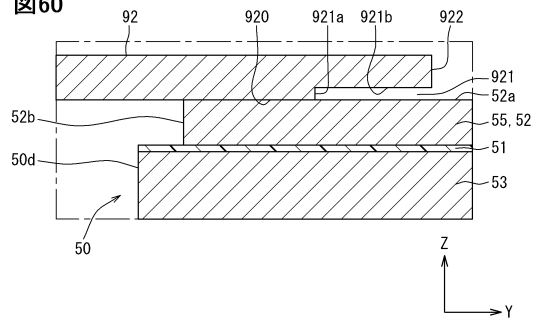
【図 5 9】

図59



【図 6 0】

図60

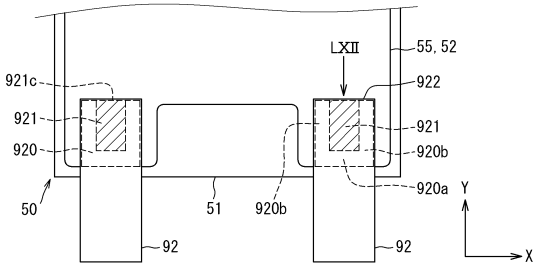


30

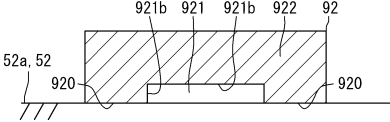
40

50

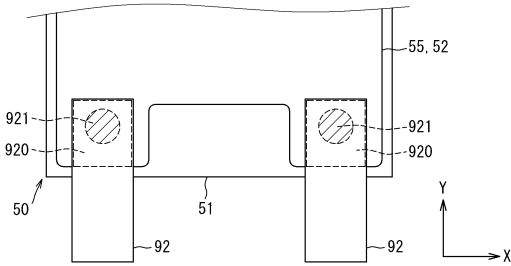
【図 6 1】
図61



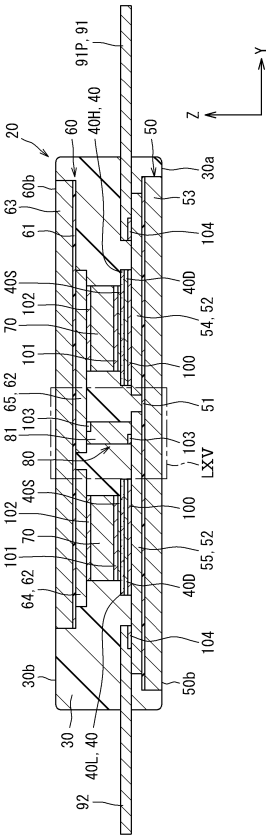
【図 6 2】
図62



【図 6 3】
図63



【図 6 4】
図64



10

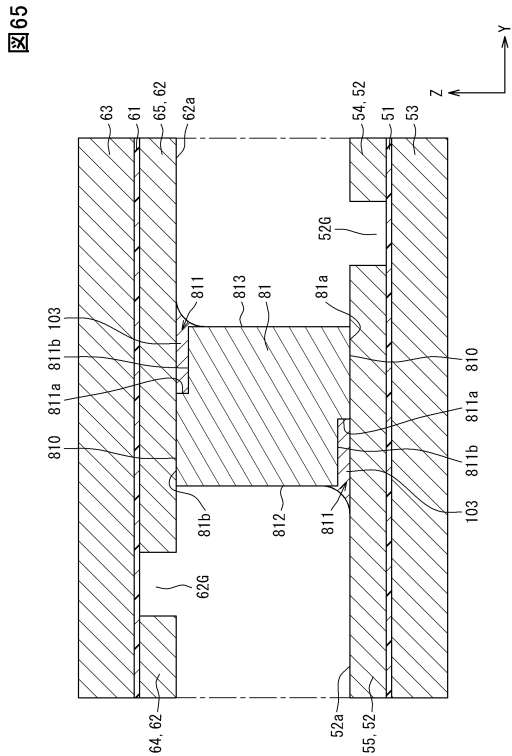
20

30

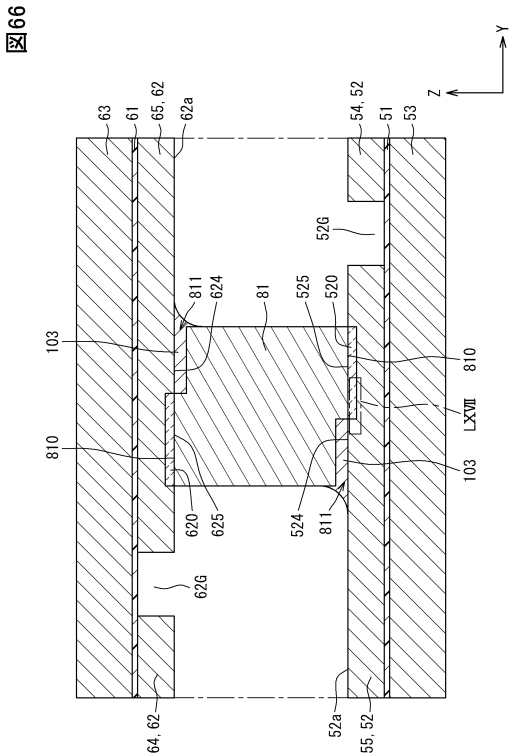
40

50

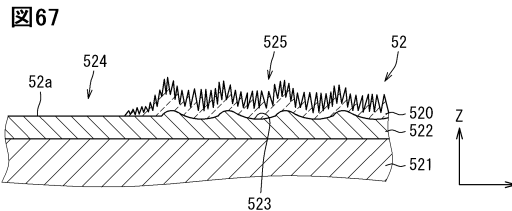
【図 65】



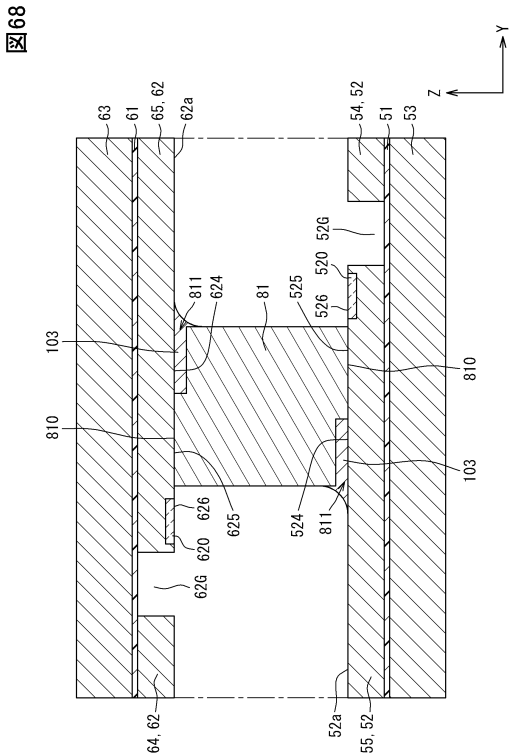
【図 66】



【図 67】



【図 68】



10

20

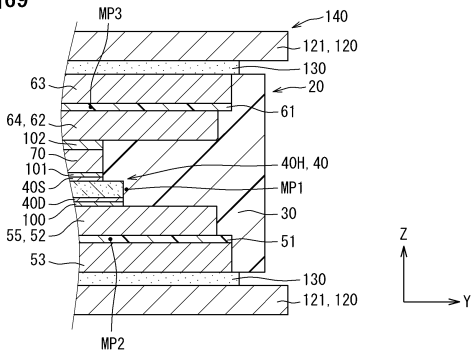
30

40

50

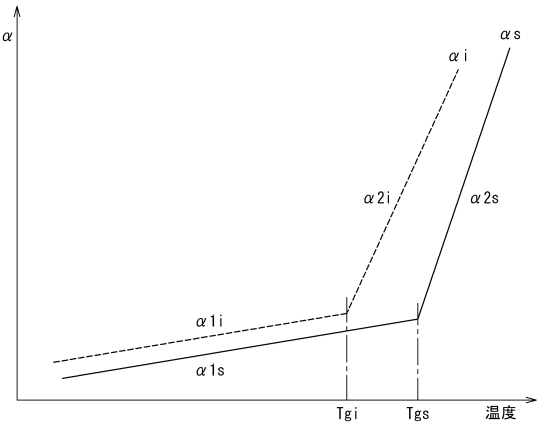
【図 69】

図69



【図 70】

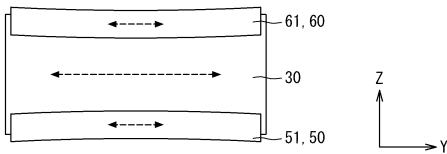
図70



10

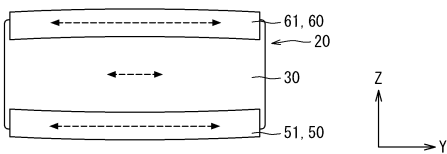
【図 71】

図71



【図 72】

図72



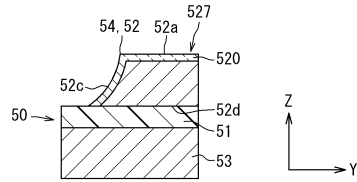
20

30

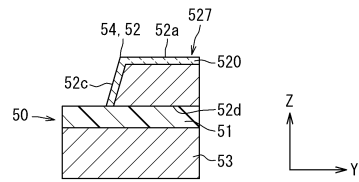
40

50

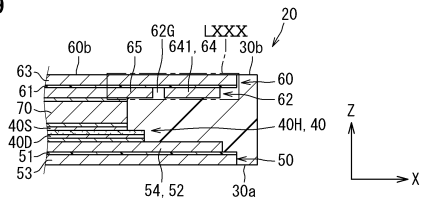
【図 7 7】
図 77



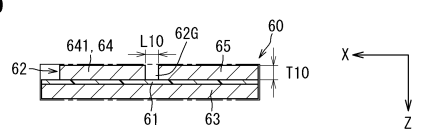
【図 7 8】
図 78



【図 7 9】
図 79

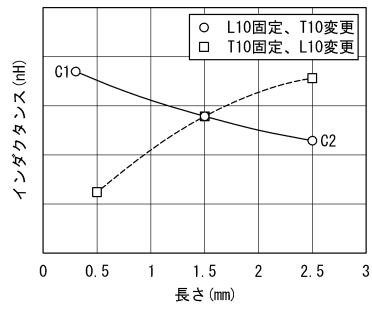


【図 8 0】
図 80

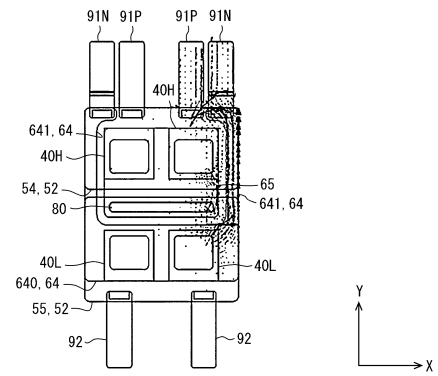


10

【図 8 1】
図 81



【図 8 2】
図 82



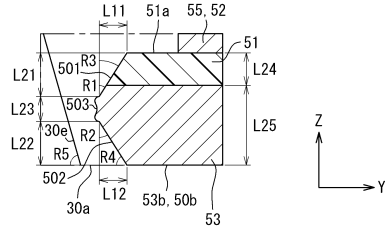
20

30

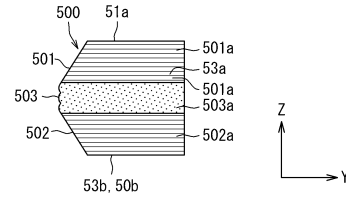
40

50

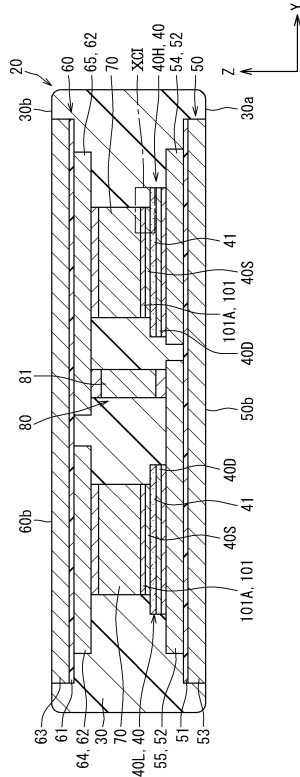
【図 87】
図87



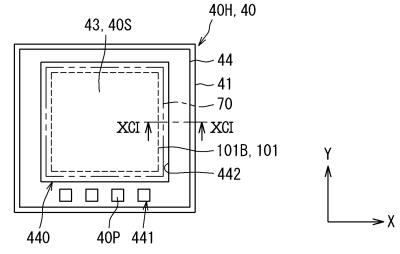
【図 88】
図88



【図 89】
図89



【図 90】
図90

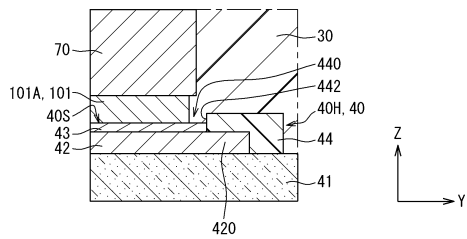


10

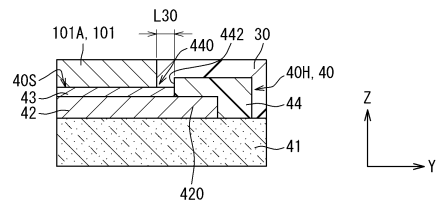
20

30

【図 91】
図91



【図 92】
図92

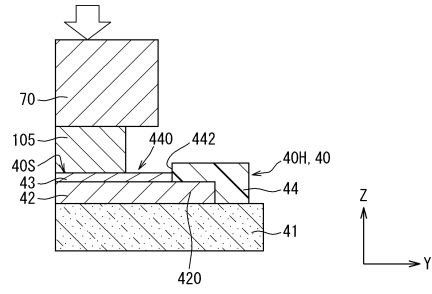


40

50

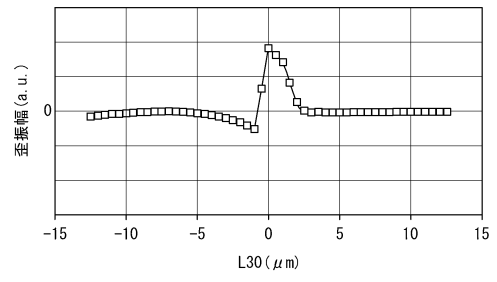
【図 9 3】

図93



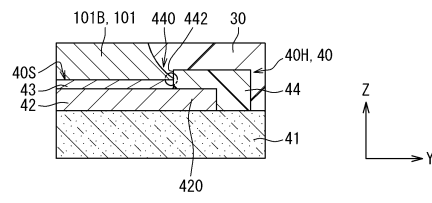
【図 9 4】

図94



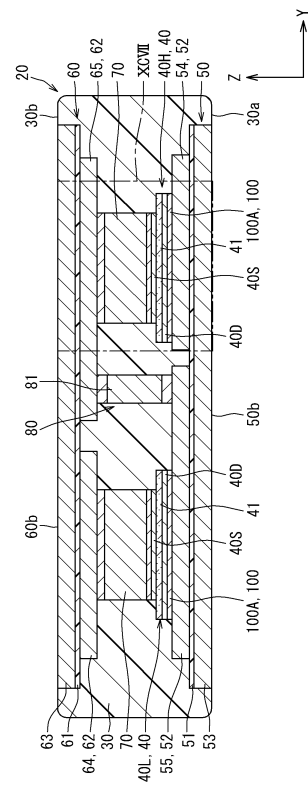
【図 9 5】

図95



【図 9 6】

図96



10

20

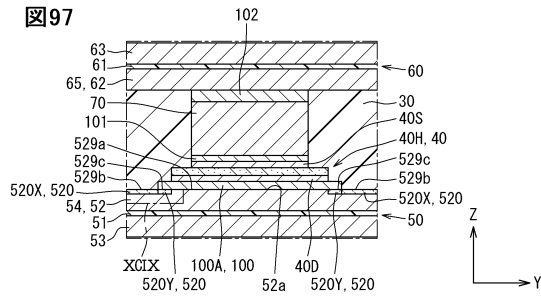
30

40

50

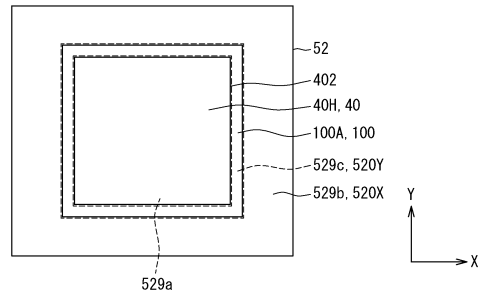
【図 9 7】

図97



【図 9 8】

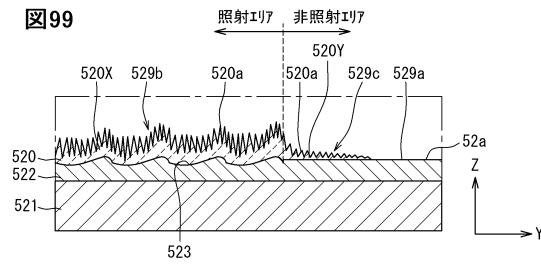
図98



10

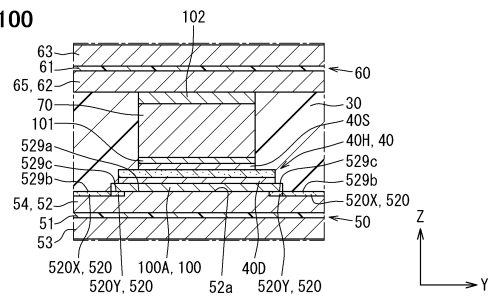
【図 9 9】

図99



【図 1 0 0】

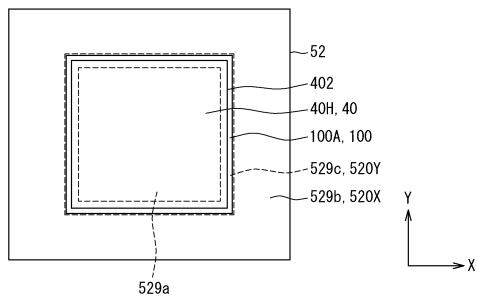
図100



20

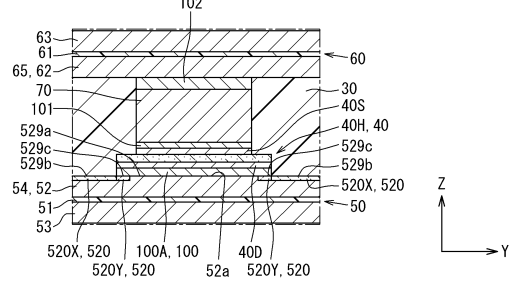
【図 1 0 1】

図101



【図 1 0 2】

図102



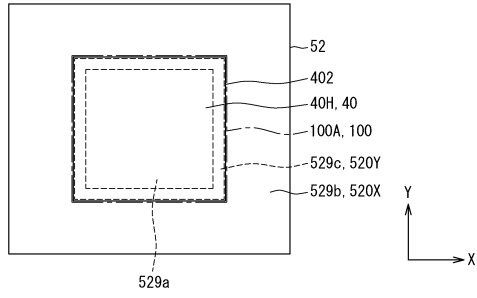
30

40

50

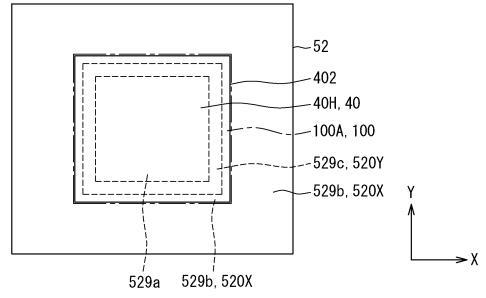
【図 1 0 3】

図103



【図 1 0 4】

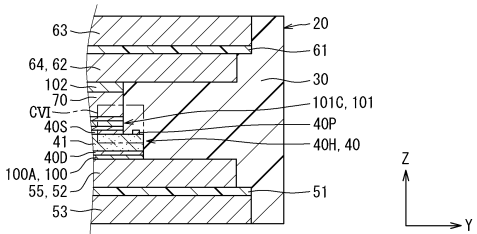
図104



10

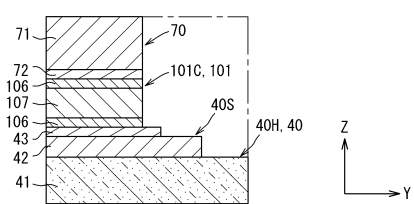
【図 1 0 5】

図105



【図 1 0 6】

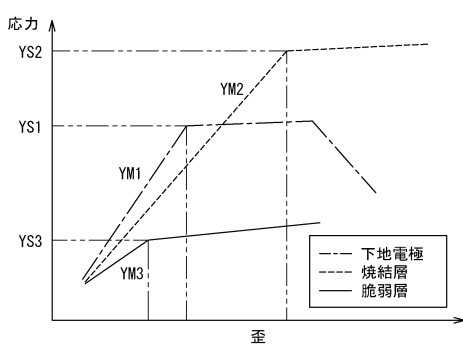
図106



20

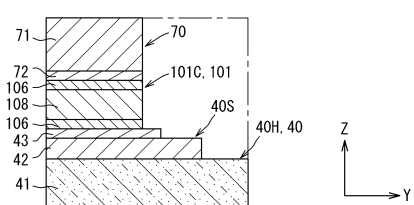
【図 1 0 7】

図107



【図 1 0 8】

図108



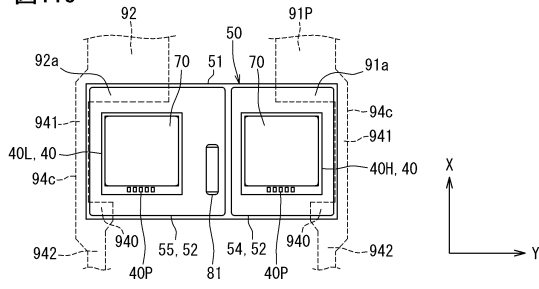
30

40

50

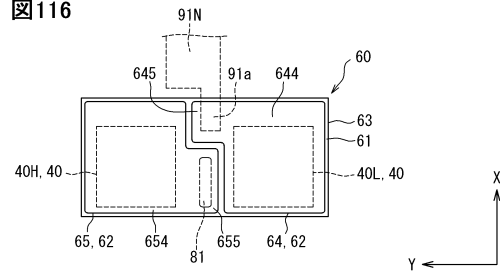
【図 1 1 5】

図 115



【図 1 1 6】

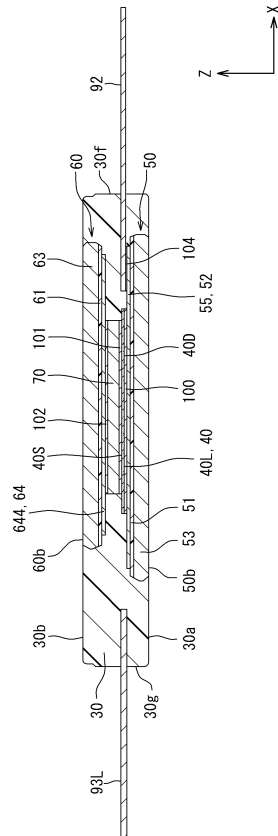
図 116



10

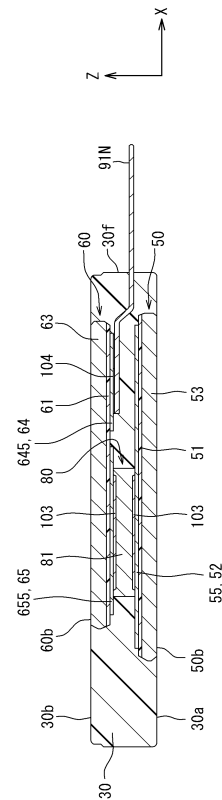
【図 1 1 7】

図 117



【図 1 1 8】

図 118



20

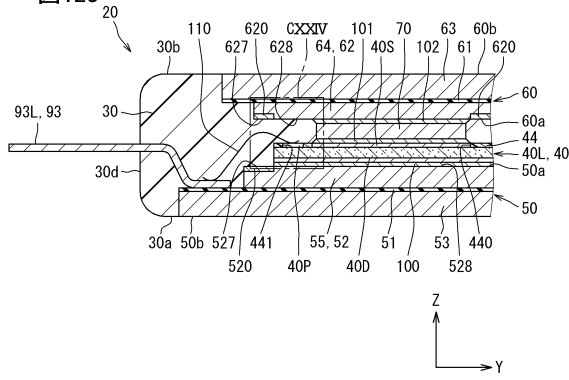
30

40

50

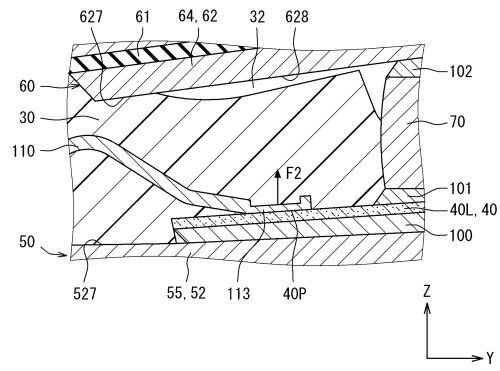
【図 1 2 3】

図123



【図 1 2 4】

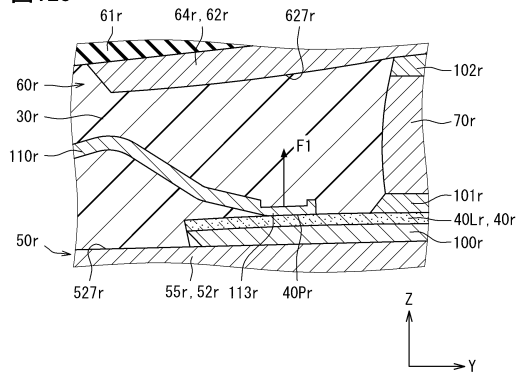
図124



10

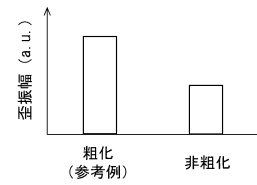
【図 1 2 5】

図125



【図 1 2 6】

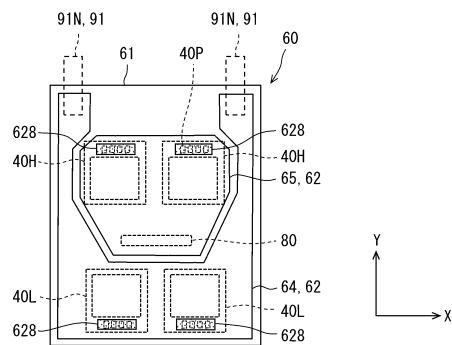
図126



20

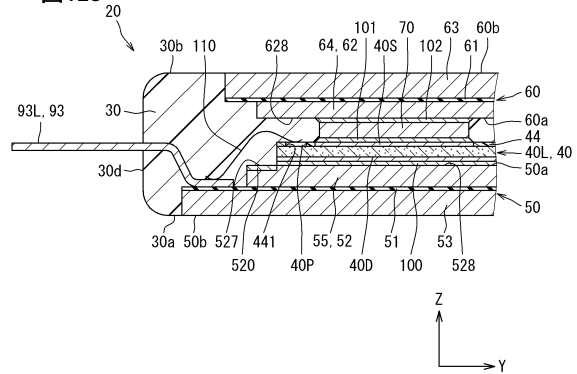
【図 1 2 7】

図127



【図 1 2 8】

図128



30

40

50

フロントページの続き

審査官 鹿野 博司

- (56)参考文献 特開 2 0 1 7 - 2 0 8 3 8 5 (J P , A)
特開 2 0 0 3 - 1 8 8 3 1 8 (J P , A)
特開 2 0 2 0 - 0 5 7 6 9 5 (J P , A)
特開 2 0 2 1 - 1 7 6 1 7 7 (J P , A)
特開 2 0 2 0 - 0 6 4 9 0 7 (J P , A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
H 0 1 L 2 3 / 4 8