

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7661868号
(P7661868)

(45)発行日 令和7年4月15日(2025.4.15)

(24)登録日 令和7年4月7日(2025.4.7)

(51)国際特許分類			F I		
H 0 1 L	25/07	(2006.01)	H 0 1 L	25/04	C
H 0 1 L	25/18	(2023.01)	H 0 2 M	7/48	Z
H 0 2 M	7/48	(2007.01)	H 0 1 L	23/36	Z
H 0 1 L	23/36	(2006.01)	H 0 1 L	23/36	A
H 0 1 L	23/29	(2006.01)			
請求項の数 11 (全47頁)					
(21)出願番号 特願2021-187168(P2021-187168)			(73)特許権者 000004260		
(22)出願日 令和3年11月17日(2021.11.17)			株式会社デンソー		
(65)公開番号 特開2023-74294(P2023-74294A)			愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地		
(43)公開日 令和5年5月29日(2023.5.29)			(74)代理人		
審査請求日 令和6年5月15日(2024.5.15)			矢作 和行		
			(74)代理人 100121991		
			弁理士 野々部 泰平		
			(74)代理人 100145595		
			弁理士 久保 貴則		
			(72)発明者 草間 啓年		
			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】 半導体モジュール

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

信号経路のための信号パッド（35）、および、前記信号パッドの電力より大きい電力のための電力経路のための電力パッド（33、34）を有する半導体素子（30）と、
前記半導体素子（30）と熱的に接合された放熱部材（40）と、
前記放熱部材の一部を露出させるように前記半導体素子を収容する樹脂部材（20）と、
前記樹脂部材から露出するように配置された金属製の信号端子（61）と、
前記樹脂部材に収容されており、前記信号端子より柔軟な部材であって、電気絶縁性の樹脂層、および、前記樹脂層に支持された金属層を含み、前記金属層が前記信号パッドと接続される第1接合部（80a）、および、前記信号端子と接続される第2接合部（80b）を有する配線部材（80）とを備え、
さらに、前記半導体素子と前記放熱部材との間、および／または、前記信号パッドと前記金属層との間を接合する接合部材（71、73）を備え、
前記配線部材は、前記接合部材を囲む開口部を区画しており、前記開口部に連通する凹部（86）を有する半導体モジュール。

【請求項2】

前記配線部材（B80）は、前記半導体素子と前記放熱部材とを位置決めしている請求項1に記載の半導体モジュール。

【請求項3】

信号経路のための信号パッド（35）、および、前記信号パッドの電力より大きい電力

のための電力経路のための電力パッド（３３、３４）を有する半導体素子（３０）と、
前記半導体素子（３０）と熱的に接合された放熱部材（４０）と、
前記放熱部材の一部を露出させるように前記半導体素子を収容する樹脂部材（２０）と、
前記樹脂部材から露出するように配置された金属製の信号端子（６１）と、
前記樹脂部材に収容されており、前記信号端子より柔軟な部材であって、電気絶縁性の樹脂層、および、前記樹脂層に支持された金属層を含み、前記金属層が前記信号パッドと接続される第１接合部（８０ａ）、および、前記信号端子と接続される第２接合部（８０ｂ）を有する配線部材（８０）とを備え、
前記配線部材（Ｂ８０）は、前記半導体素子と前記放熱部材とを位置決めしている半導体モジュール。

10

【請求項４】

さらに、前記電力パッドと電氣的に接続される一対の電力端子（５１ａ、５１ｂ）を備え、
前記配線部材は、一対の前記電力端子の間に到達しており、一対の前記電力端子を前記配線部材の両面に重複するように積層的に位置づけている請求項１から請求項３のいずれかひとつに記載の半導体モジュール。

【請求項５】

信号経路のための信号パッド（３５）、および、前記信号パッドの電力より大きい電力のための電力経路のための電力パッド（３３、３４）を有する半導体素子（３０）と、
前記半導体素子（３０）と熱的に接合された放熱部材（４０）と、
前記放熱部材の一部を露出させるように前記半導体素子を収容する樹脂部材（２０）と、
前記樹脂部材から露出するように配置された金属製の信号端子（６１）と、
前記樹脂部材に収容されており、前記信号端子より柔軟な部材であって、電気絶縁性の樹脂層、および、前記樹脂層に支持された金属層を含み、前記金属層が前記信号パッドと接続される第１接合部（８０ａ）、および、前記信号端子と接続される第２接合部（８０ｂ）を有する配線部材（８０）とを備え、
さらに、前記電力パッドと電氣的に接続される一対の電力端子（５１ａ、５１ｂ）を備え、

20

前記配線部材（Ｃ８０）は、一対の前記電力端子の間に到達しており、一対の前記電力端子を前記配線部材の両面に重複するように積層的に位置づけている半導体モジュール。

30

【請求項６】

前記半導体素子は、複数の半導体素子を備え、複数の前記半導体素子は前記配線部材によって前記信号端子に接続されている請求項１から請求項５のいずれかひとつに記載の半導体モジュール。

【請求項７】

前記配線部材は、前記信号パッドと前記電力パッドとの両方にわたって広がっており、前記電力パッドと接合されている金属層（７８７）を有する請求項１から請求項６のいずれかひとつに記載の半導体モジュール。

【請求項８】

前記配線部材は、前記樹脂部材が貫通している連通部（８８）を有する請求項１から請求項７のいずれかひとつに記載の半導体モジュール。

40

【請求項９】

さらに、前記電力パッドと前記放熱部材との間に配置された導電性のスペーサ部材（Ｄ７７）を備える請求項１から請求項８のいずれかひとつに記載の半導体モジュール。

【請求項１０】

前記配線部材は、信号線としての前記金属層から絶縁されており、前記配線部材の剛性を調節するための付加金属層（Ｅ９０、Ｍ９５、Ｍ９６）を含む請求項１から請求項９のいずれかひとつに記載の半導体モジュール。

【請求項１１】

前記付加金属層（Ｅ９０）は、前記金属層と重複するように配置されており、前記半導

50

体素子の基準電位に接地されている請求項 10 に記載の半導体モジュール。

【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、半導体モジュールに関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 は、スイッチング素子を含む半導体素子を収容した半導体モジュールを開示する。この半導体モジュールは、配線シートを備える。配線シートは、フレキシブルプリント基板により形成されている。特許文献 1 の配線シートは、スイッチング素子の電力経路としての電極と端子とをハンダ接続するランド部を備える。さらに、特許文献 1 の配線シートは、スイッチング素子の制御電極に接続される制御配線を備える。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。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開 2014-86659 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

20

特許文献 1 の配線シートは、電力経路と制御配線との間の電氣的な絶縁が困難である。このため、電氣的な絶縁の観点および体格の観点において、実用的な水準を満たす半導体モジュールを提供することが困難であった。上述の観点において、または言及されていない他の観点において、半導体モジュールにはさらなる改良が求められている。

【0005】

開示されるひとつの目的は、電力経路と信号経路との電氣的な絶縁が確実に提供される半導体モジュールを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0006】

ここに開示された半導体モジュールは、信号経路のための信号パッド（35）、および、信号パッドの電力より大きい電力のための電力経路のための電力パッド（33、34）を有する半導体素子（30）と、半導体素子（30）と熱的に接合された放熱部材（40）と、放熱部材の一部を露出させるように半導体素子を収容する樹脂部材（20）と、樹脂部材から露出するように配置された金属製の信号端子（61）と、樹脂部材に収容されており、信号端子より柔軟な部材であって、電気絶縁性の樹脂層、および、樹脂層に支持された金属層を含み、金属層が信号パッドと接続される第 1 接合部（80a）、および、信号端子と接続される第 2 接合部（80b）を有する配線部材（80）とを備え、さらに、半導体素子と放熱部材との間、および／または、信号パッドと金属層との間を接合する接合部材（71、73）を備え、配線部材は、接合部材を囲む開口部を区画しており、開口部に連通する凹部（86）を有する。

30

ここに開示された半導体モジュールは、信号経路のための信号パッド（35）、および、信号パッドの電力より大きい電力のための電力経路のための電力パッド（33、34）を有する半導体素子（30）と、半導体素子（30）と熱的に接合された放熱部材（40）と、放熱部材の一部を露出させるように半導体素子を収容する樹脂部材（20）と、樹脂部材から露出するように配置された金属製の信号端子（61）と、樹脂部材に収容されており、信号端子より柔軟な部材であって、電気絶縁性の樹脂層、および、樹脂層に支持された金属層を含み、金属層が信号パッドと接続される第 1 接合部（80a）、および、信号端子と接続される第 2 接合部（80b）を有する配線部材（80）とを備え、配線部材（B80）は、半導体素子と放熱部材とを位置決めしている。

40

ここに開示された半導体モジュールは、信号経路のための信号パッド（35）、および

50

、信号パッドの電力より大きい電力のための電力経路のための電力パッド（３３、３４）を有する半導体素子（３０）と、半導体素子（３０）と熱的に接合された放熱部材（４０）と、放熱部材の一部を露出させるように半導体素子を収容する樹脂部材（２０）と、樹脂部材から露出するように配置された金属製の信号端子（６１）と、樹脂部材に収容されており、信号端子より柔軟な部材であって、電気絶縁性の樹脂層、および、樹脂層に支持された金属層を含み、金属層が信号パッドと接続される第１接合部（８０ａ）、および、信号端子と接続される第２接合部（８０ｂ）を有する配線部材（８０）とを備え、さらに、電力パッドと電氣的に接続される一対の電力端子（５１ａ、５１ｂ）を備え、配線部材（Ｃ８０）は、一対の電力端子の間に到達しており、一対の電力端子を配線部材の両面に重複するように積層的に位置づけている。

10

【０００７】

開示された半導体モジュールは、樹脂部材の内部に半導体素子を収容している。さらに、半導体モジュールは、樹脂部材から露出するように配置された金属製の信号端子を備える。半導体素子の信号パッドと、信号端子とは、樹脂部材の内部において、配線部材によって接続されている。配線部材は、樹脂部材に収容されている。配線部材は、信号端子より柔軟な部材である。配線部材は、電気絶縁性の樹脂層、および、樹脂層に支持された金属層を含む。配線部材は、金属層が信号パッドと接続される第１接合部、および、金属層が信号端子と接続される第２接合部を有する。半導体モジュールは、信号端子を備えることによって接続作業性の高さを提供する。しかも、樹脂部材の中においても、配線部材によって信号経路の接続作業性を改善することができる。電気絶縁性の樹脂層を備える配線部材は、電力経路と信号経路との電氣的な絶縁に貢献する。この結果、電力経路と信号経路との電氣的な絶縁が確実な半導体モジュールが提供される

20

この明細書において開示された複数の形態は、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】

【０００８】

【図１】第１実施形態に係る電動システムのブロック図である。

30

【図２】半導体モジュールの外観斜視図である。

【図３】半導体モジュールの模式的な断面図である。

【図４】図３のＩＶ－ＩＶ線における部分断面図である。

【図５】第２実施形態の半導体モジュールの斜視図である。

【図６】第３実施形態の半導体モジュールの部分断面図である。

【図７】第４実施形態の半導体モジュールの斜視図である。

【図８】第５実施形態の半導体モジュールの斜視図である。

【図９】第６実施形態の半導体モジュールの断面図である。

【図１０】第７実施形態の半導体モジュールの断面図である。

【図１１】第８実施形態の配線部材の平面図である。

40

【図１２】第９実施形態の配線部材の平面図である。

【図１３】第１０実施形態の配線部材の平面図である。

【図１４】第１１実施形態の半導体モジュールの断面図である。

【図１５】第１２実施形態の半導体モジュールの断面図である。

【図１６】半導体モジュールを示す分解斜視図である。

【図１７】第１３実施形態の半導体モジュールの断面図である。

【図１８】第１４実施形態の半導体モジュールの拡大断面図である。

【図１９】第１５実施形態の半導体モジュールの断面図である。

【図２０】第１６実施形態の接合工程における断面図である。

【図２１】配線部材を示す平面図である。

50

【図 2 2】第 1 7 実施形態の接合工程における断面図である。
【図 2 3】第 1 8 実施形態の接合工程における断面図である。
【図 2 4】第 1 9 実施形態の半導体モジュールの断面図である。
【図 2 5】第 2 0 実施形態の半導体モジュールの断面図である。
【図 2 6】第 2 1 実施形態の半導体モジュールの平面図である。
【図 2 7】第 2 2 実施形態の配線部材の平面図である。
【図 2 8】第 2 3 実施形態の配線部材の平面図である。
【図 2 9】第 2 4 実施形態の配線部材の斜視図である。
【図 3 0】第 2 5 実施形態の半導体モジュールの断面図である。
【図 3 1】半導体モジュールの部分断面図である。
【図 3 2】第 2 6 実施形態の半導体モジュールの断面図である。
【図 3 3】半導体モジュールの断面図である。
【図 3 4】第 2 7 実施形態の半導体モジュールの断面図である。
【図 3 5】第 2 8 実施形態の半導体モジュールの断面図である。
【図 3 6】第 2 9 実施形態の半導体モジュールの断面図である。
【図 3 7】第 3 0 実施形態の半導体モジュールの断面図である。
【図 3 8】第 3 1 実施形態の半導体モジュールの断面図である。
【発明を実施するための形態】

【0009】

複数の実施形態が、図面を参照しながら説明される。複数の実施形態において、機能的に、および／または、構造的に、対応する部分、および／または、関連付けられる部分には、同一の参照符号、または百以上の位が異なる参照符号が付されることがある。対応する部分、および／または、関連付けられる部分については、他の実施形態の説明を参照することができる。

【0010】

第 1 実施形態

図 1 において、電動システム 1 は、電源装置 2 と、回転電機 (RM) 3 と、電力変換回路 4 とを備える。電源装置 2 は、充放電可能な直流電源である。電源装置 2 は、リチウムイオン電池、燃料電池システム、または、太陽電池システムを含む直流電源によって提供される場合がある。また、電源装置 2 は、内燃機関等の動力源により発電する発電システムによって提供される。回転電機 3 は、電動機、または、電動発電機によって提供される。回転電機 3 は、多相の交流回転電機である。図示の例では、回転電機 3 は、三相回転電機である。回転電機 3 は、移動体の動力源、または、発電機、揚水機などの機械の動力源として用いられる。ここで、移動体は、車両、航空機、船舶、乗用アミューズメント機器、および、乗り物のシミュレーション機器を含む。

【0011】

電力変換回路 4 は、電源装置 2 と回転電機 3 とに電氣的に接続されている。電力変換回路 4 は、電源装置 2 と回転電機 3 との間において電力の少なくともひとつの要素を変換する。電力の要素には、電流の方向、直交流、電圧、電流、位相などを含む。電力変換回路 4 は、電源装置 2 から回転電機 3 へ電力を供給する力行方向、および／または、回転電機 3 から電源装置 2 へ電力を充電する回生方向の運転が可能である。この実施形態では、電力変換回路 4 は、双方向の電圧変換と、双方向の直交流変換とを少なくとも提供する。

【0012】

電力変換回路 4 は、コンバータ回路 5 と、平滑コンデンサ 6 と、インバータ回路 7 と、制御装置 8 とを含む。電力変換回路 4 は、さらに、フィルタ回路を提供する誘導素子、および／または、容量素子を備えることができる。コンバータ回路 5 は、電氣的に、電源装置 2 と回転電機 3 との間に配置されている。コンバータ回路 5 は、双方向の電圧変換を提供する。コンバータ回路 5 は、電源装置 2 が出力する電圧を昇圧、または、降圧して外部へ出力する場合がある。コンバータ回路 5 は、外部から供給される電圧を昇圧、または、降圧して電源装置 2 へ供給する。インバータ回路 7 は、電氣的に、電源装置 2 と回転電機

10

20

30

40

50

3との間に配置されている。インバータ回路7は、電氣的に、コンバータ回路5と回転電機3との間に配置されている。インバータ回路7は、双方向の直交流変換を提供する。インバータ回路7は、電源装置2から回転電機3へ電力を供給する場合に、直流から交流への変換を提供する。インバータ回路7は、回転電機から電源装置23へ電力を供給する場合に、交流から直流への変換を提供する。平滑コンデンサ6は、コンバータ回路5とインバータ回路7との間に配置されている。平滑コンデンサ6は、直流電力を平滑化するフィルタ回路の一部を提供している。

【0013】

インバータ回路7は、複数のスイッチング素子10（SW素子10）と、複数の電力線50と、複数の信号線60とを備える。複数のSW素子10は、例えば、U相のためのSW素子11とSW素子12、V相のためのSW素子13とSW素子14、および、W相のためのSW素子15とSW素子16を含む。複数のSW素子10は、電力線50とともに、多相ブリッジ回路を構成している。多相ブリッジ回路は、複数の相に対応する数の複数のスイッチングアーム18を構成している。例えば、U相のスイッチングアームは、アップアームを提供するSW素子11と、ロワアームを提供するSW素子12を含む。V相のスイッチングアームは、アップアームを提供するSW素子13と、ロワアームを提供するSW素子14を含む。W相のスイッチングアームは、アップアームを提供するSW素子15と、ロワアームを提供するSW素子16を含む。

【0014】

複数の電力線50は、正極線52と、負極線54とを含む。正極線52と、負極線54とは、一対の直流母線とも呼ばれる。さらに、電力線50は、接続線56と、相線58とを含む。接続線56は、アップアームを提供するSW素子と、ロワアームを提供するSW素子とを接続している。相線58は、接続線56と回転電機3のひとつの相巻線とを接続している。よって、インバータ回路7は、一対の直流母線の間に配置された複数のスイッチングアーム18を備える。複数の信号線60は、複数のSW素子10のそれぞれに電氣的に接続されている。信号線60は、SW素子10をスイッチング動作させるための駆動信号線と、電流値、温度などの複数の検出信号線とを含む場合がある。

【0015】

コンバータ回路5も、スイッチングアームを備える場合がある。この場合が、コンバータ回路5は、インダクタンス素子を含むチョップパ回路として構成されている。

【0016】

複数のSW素子10は、互いに同一、または、相似の構成を有している。ひとつのSW素子10は、半導体素子30を備える。半導体素子30は、Si製、SiC製等の現在または将来において入手可能な、半導体である。半導体素子30は、トランジスタ素子31と、ダイオード素子32とを含む。トランジスタ素子31は、IGBT素子（Insulated-Gate Bipolar Transistor）、MOS-FET素子（Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor）等の現在または将来において入手可能な、制御信号に応答してスイッチング制御可能な素子である。ダイオード素子32は、逆接続ダイオードである。ひとつのSW素子10は、ひとつのトランジスタ素子、または、直列および／または並列に接続された複数のトランジスタ素子を備える場合がある。

【0017】

ひとつのSW素子10は、ひとつの半導体モジュール10とも、半導体パッケージとも呼ばれる。半導体モジュール10は、少なくともひとつのSW素子10を後述の樹脂部材20にて封止することによって提供されている。半導体モジュール10は、ひとつのスイッチングアーム18を樹脂部材20によって封止することによって提供されていてもよい。この場合、半導体モジュール10は、外部に露出した複数の信号端子と、外部に露出した一対の電力端子と、相線58を提供するひとつの電力端子とを有する。さらに、ひとつの半導体モジュール10は、複数のスイッチングアーム18を収容していてもよい。

【0018】

10

20

30

40

50

制御装置 8 は、電気的な回路によって構成されている。制御装置 8 は、コンバータ回路 5 およびインバータ回路 7 を制御する。制御装置 8 は、電気的に、コンバータ回路 5 およびインバータ回路 7 に接続されている。制御装置 8 とインバータ回路 7 とは、複数の信号線 60 によって接続されている。制御装置 8 は、少なくともインバータ回路 7 を制御するための制御信号を生成し、出力する。

【0019】

この明細書における制御装置 8 は、電子制御装置 (ECU: Electronic Control Unit) と呼ばれる場合がある。制御装置 8 または制御システムは、(a) if-then-else 形式と呼ばれる複数の論理としてのアルゴリズム、または (b) 機械学習によってチューニングされた学習済みモデル、例えばニューラルネットワークとしてのアルゴリズムによって提供される。

10

【0020】

制御装置 8 は、少なくともひとつのコンピュータを含む制御システムによって提供される。制御システムは、データ通信装置によってリンクされた複数のコンピュータを含む場合がある。コンピュータは、ハードウェアである少なくともひとつのプロセッサ (ハードウェアプロセッサ) を含む。ハードウェアプロセッサは、下記 (i)、(ii)、または (iii) により提供することができる。

【0021】

(i) ハードウェアプロセッサは、少なくともひとつのメモリ 8b (MMR) に格納されたプログラムを実行する少なくともひとつのプロセッサコア 8a (CPU) である場合がある。この場合、コンピュータは、少なくともひとつのメモリと、少なくともひとつのプロセッサコアとによって提供される。プロセッサコアは、CPU: Central Processing Unit、GPU: Graphics Processing Unit、RISC-CPU などと呼ばれる。メモリは、記憶媒体とも呼ばれる。メモリは、プロセッサによって読み取り可能な「プログラムおよび／またはデータ」を非一時的に格納する非遷移的かつ実体的な記憶媒体である。記憶媒体は、半導体メモリ、磁気ディスク、または光学ディスクなどによって提供される。プログラムは、それ単体で、またはプログラムが格納された記憶媒体として流通する場合がある。

20

【0022】

(ii) ハードウェアプロセッサは、ハードウェア論理回路である場合がある。この場合、コンピュータは、プログラムされた多数の論理ユニット (ゲート回路) を含むデジタル回路によって提供される。デジタル回路は、ロジック回路アレイ、例えば、ASIC: Application-Specific Integrated Circuit、FPGA: Field Programmable Gate Array、SoC: System on a Chip、PGA: Programmable Gate Array、CPLD: Complex Programmable Logic Device などとも呼ばれる。デジタル回路は、プログラムおよび／またはデータを格納したメモリを備える場合がある。コンピュータは、アナログ回路によって提供される場合がある。コンピュータは、デジタル回路とアナログ回路との組み合わせによって提供される場合がある。

30

【0023】

(iii) ハードウェアプロセッサは、上記 (i) と上記 (ii) との組み合わせである場合がある。(i) と (ii) とは、異なるチップの上、または共通のチップの上に配置される。これらの場合、(ii) の部分は、アクセラレータとも呼ばれる。

40

【0024】

制御装置と信号源と制御対象物とは、多様な要素を提供する。それらの要素の少なくとも一部は、ブロック、モジュール、またはセクションと呼ぶことができる。さらに、制御システムに含まれる要素は、意図的な場合にのみ、機能的な手段と呼ばれる。

【0025】

以下において、複数の図面を参照して、半導体モジュール 10 が詳細に説明されている。以下で参照する図面、および、明細書の説明において、複数の部材の厚さ、幅、高さ、

50

長さなどの寸法は、複数の部材の相対的な配置、相互の位置関係の理解を助けるために、模式的に図示され、説明されている。後述する第1接合部材71のX方向の厚さは、限定的ではない一例として、0.2ミリメートル程度に設定することができる。各部の寸法は、現在および将来の半導体技術分野に属する当業者にとって自明のものとして理解可能な数値範囲を有するものとして理解されるべきである。また、いくつかの図面には、三軸方向が図示されている。X方向は厚さ方向、Y方向は幅方向、Z方向は高さ方向と呼ばれる。これらの呼称は、半導体モジュール10の使用状態における姿勢を反映したものではない。これらの呼称は便宜的なものとして理解されるべきである。

【0026】

図2において、半導体モジュール10は、扁平な板状の外形を有している。外形は、主として樹脂部材20によって区画されている。樹脂部材20は、熔融状態にある樹脂材料を型によって所要の形状に成形し、再び硬化させることによって得られる部材である。樹脂部材20の限定的ではない一例は、エポキシ樹脂である。半導体モジュール10は、樹脂部材20によって半導体素子30を封止している。半導体素子30は、半導体チップである。半導体素子30は、板状の部材である。

【0027】

半導体モジュール10は、樹脂部材20の外部に露出した少なくとも一対の電力端子51を有する。一対の電力端子51は、正極側のP端子と、負極側のN端子とを含む。半導体モジュール10は、樹脂部材20の外部に露出した複数の信号端子61を有する。半導体モジュール10は、一対の電力端子51に加えて、スイッチングアームの入出力端としての電力端子を備える場合がある。電力端子51と信号端子61とは、それらに流れる電力の差によって明確に区別することができる。電力端子51は、制御対象としての回転電機3の電力を流す。一方で、信号端子61は、半導体素子30およびトランジスタ素子31の制御信号、または、制御装置8の信号レベルの電力である。

【0028】

電力端子51および信号端子61は、一部が樹脂部材20の内部に埋設されており、残部が樹脂部材20の外部に露出している。電力端子51は、例えば、銅、鉄などの金属製の板材によって提供されている。信号端子61は、例えば、銅、鉄などの金属製の板材によって提供されている。電力端子51および信号端子61は、いわゆるリードフレームと呼ばれる金属板によって提供されている。電力端子51および信号端子61は、半導体モジュール10の外周縁部、板状と見た場合の外周の4つの側面のいずれかから延びだしている。電力端子51および信号端子61は、常温環境下においてその形状を維持する程度の硬さを有している。

【0029】

さらに、半導体モジュール10は、樹脂部材20の外部に露出した放熱部材40を有している。放熱部材40は、半導体素子30と熱的に結合されている。半導体モジュール10は、空冷、または、液冷されている。半導体モジュール10は、半導体素子30の熱を放熱するための少なくともひとつの放熱部材40を有している。半導体モジュール10は、放熱部材40の露出面を冷却液管に接触させて配置される場合がある。この場合、半導体モジュール10は、放熱部材40から冷却液管へ間接的に放熱する。半導体モジュール10は、冷却液の通路の中に配置される場合がある。この場合、半導体モジュール10は、冷却液との接触面（放熱部材40を含む）から冷却液へ直接的に放熱する。

【0030】

放熱部材40は、半導体モジュール10の両面に露出した2つの放熱部材41、42を有する。放熱部材41は、第1放熱部材と呼ばれる場合がある。放熱部材42は、第2放熱部材と呼ばれる場合がある。この場合、半導体モジュール10は、両面放熱パッケージと呼ばれる。半導体モジュール10は、2つの冷却液管の間に、第1放熱部材41の露出面をひとつの冷却液管に接触させ、第2放熱部材42の露出面を他のひとつの冷却液管に接触させて配置される場合がある。半導体モジュール10は、半導体素子30のひとつの板状表面から、第1放熱部材41を経て冷却液管へ間接的に放熱する。半導体モジュール

10

20

30

40

50

10は、半導体素子30の他の板状表面から、第2放熱部材42を経て冷却液管へ間接的に放熱する。半導体モジュール10は、冷却液の通路の中に配置される場合がある。この場合、半導体モジュール10は、冷却液との接触面（2つの放熱部材41、42を含む）から冷却液へ直接的に放熱する。

【0031】

半導体モジュール10は、配線部材80を備える。配線部材80は、少なくともひとつの信号経路を提供する。配線部材80は、配線シートとも呼ばれる。配線部材80は、樹脂部材20に收容されている。配線部材80は、板状である。配線部材80は、電気絶縁性の樹脂層、および、樹脂層に支持された金属層を含む。配線部材80は、ひとつの金属層、または、複数の金属層を備える。配線部材80の厚さは、第1接合部材71の厚さ以下である。配線部材80は、厚さ方向Xに対して交差するように、Y-Z平面に沿ってほぼ平行に広がっている。配線部材80は、信号端子61より柔軟な部材である。配線部材80は、その柔軟さゆえに、やや撓んだ形状で配置されている場合がある。

10

【0032】

配線部材80は、半導体素子30の信号パッドと信号端子61とを電氣的に接続している。配線部材80は、接合部80a、80bにおける接合と、樹脂部材20との接触によって位置決めされ、固定されている。図示の例では、配線部材80は、樹脂部材20の中に完全に埋設されており、外部には露出しない。配線部材80は、フレキシブルプリント板（FPC）によって提供される場合がある。配線部材80は、片面FPC、両面FPC、または、多層FPCによって提供される場合がある。樹脂層は、限定的ではない一例として、ポリイミド樹脂、または、液晶ポリマー樹脂（LPC）などによって提供することができる。金属層は、限定的ではない一例として、銅箔、または、銀ペーストなどによって提供することができる。

20

【0033】

配線部材80は、ひとつの金属層に関して、接近、分散、迂回といった多様な配置を可能とする。また、配線部材80は、金属層の面積に関しても、多様なバリエーションを可能とする。さらに、配線部材80は、樹脂層によって、配線部材80が提供する電氣的な接続と、他の隣接する部材との間において安定した電気絶縁性を提供する。典型的な一例において、ひとつの配線部材80は、複数の金属層を備える。複数の金属層は、複数の信号パッドと、複数の信号端子61との間に複数の電氣的な接続を提供する。この場合、配線部材80は、複数の電氣的な接続を提供するための製造段階における工程時間の短縮を可能とする。加えて、この場合、配線部材80は、複数の電氣的な接続の間において安定した電気絶縁性を提供する。配線部材80は、配線部材80の内部において金属層を多様な経路を経由するように配置することを可能とする。配線部材80は、複数の金属層に関して、交差、接続、分岐といった多様な配置を可能とする。さらに、複数の金属層は、樹脂層によって互いの位置関係が固定的に保持されている。この結果、ワイヤボンディングに比べて、信号経路間の相互結合インダクタンスの変動が少ない。この結果、配線部材80は、半導体素子30の安定的な駆動に貢献する。

30

【0034】

図3において、半導体モジュール10のX-Z平面における断面が示されている。半導体モジュール10において、樹脂部材20は半導体素子30を收容している。半導体素子30は、その両面において、接合部材70によって放熱部材40と接合されている。接合部材70は、扁平な多角柱状の形状を有している。接合部材70は、やや台形の断面をもつ柱状の形状を有している。この接合は、電氣的な接続と、熱的な結合とを提供する。半導体素子30は、図中の上面である第1面に電力パッド33を有する。電力パッド33は、この半導体素子30によって制御される主要な電力の経路を提供する。電力パッド33は、第1接合部材71によって第1放熱部材41と接合されている。半導体素子30は、図中の下面である第2面に電力パッド34を有する。電力パッド34は、この半導体素子30によって制御される主要な電力の経路を提供する。電力パッド34は、第2接合部材72によって第2放熱部材42と接合されている。電力パッド33、34は、電力電極、

40

50

コレクタ電極、エミッタ電極など用途を示す名称で呼ばれる場合がある。接合部材 7 0 は、いわゆるハンダと称される材料によって提供することができる。

【 0 0 3 5 】

放熱部材 4 0 は、扁平な板状の形状を有している。放熱部材 4 0 は、その両面の間において高い熱伝導率（正確には熱伝達率）を提供する。放熱部材 4 0 は、電力経路を提供する端子部材とも呼ばれる。放熱部材 4 0 は、その両面の間において高い電気絶縁性を提供する。放熱部材 4 0 は、電気絶縁性の基板とも呼ばれる。放熱部材 4 0 は、一對の金属板の間に配置された電気絶縁性の樹脂板を備える。

【 0 0 3 6 】

第 1 放熱部材 4 1 は、放熱面を提供する外部金属板 4 3 と、接合面を提供する内部金属板 4 5 とを備える。内部金属板 4 5 は、電力経路の一部を提供している。内部金属板 4 5 は、電力線 5 0 を提供するひとつの端子と電氣的に接合されている。外部金属板 4 3 の少なくとも一部表面は、樹脂部材 2 0 から外部に露出している。外部金属板 4 3 のひとつの表面は、放熱面を提供している。第 1 放熱部材 4 1 は、外部金属板 4 3 と、内部金属板 4 5 との間に配置された電気絶縁層としての樹脂板 4 4 を備える。

【 0 0 3 7 】

第 2 放熱部材 4 2 は、放熱面を提供する外部金属板 4 6 と、接合面を提供する内部金属板 4 8 とを備える。内部金属板 4 8 は、電力経路の一部を提供している。内部金属板 4 8 は、電力線 5 0 を提供するひとつの端子と電氣的に接合されている。外部金属板 4 6 の少なくとも一部表面は、樹脂部材 2 0 から外部に露出している。外部金属板 4 6 のひとつの表面は、放熱面を提供している。第 2 放熱部材 4 2 は、外部金属板 4 6 と、内部金属板 4 8 との間に配置された電気絶縁層としての樹脂板 4 7 を備える。

【 0 0 3 8 】

半導体素子 3 0 は、第 1 面に信号パッド 3 5 を有する。信号パッド 3 5 は、第 1 面において比較的広い面積の電力パッド 3 3 を形成可能とするように、半導体素子 3 0 の外縁部に配置されている。信号パッド 3 5 は、電力パッド 3 3、3 4 より明らかに小さい通電面積を有している。典型的な一例では、半導体素子 3 0 は、複数の信号パッド 3 5 を有する。信号パッド 3 5 は、信号電極、センサ電極、ゲート電極など用途を示す名称で呼ばれる場合がある。

【 0 0 3 9 】

配線部材 8 0 は、放熱部材 4 0 から離れて位置づけられている。配線部材 8 0 は、半導体素子 3 0 の表面に接して配置される場合がある。信号パッド 3 5 と信号端子 6 1 とは、配線部材 8 0 によって電氣的に接続されている。配線部材 8 0 は、樹脂部材 2 0 の内部において、信号パッド 3 5 と信号端子 6 1 との間を橋渡しするように配置されている。配線部材 8 0 は、電気絶縁性の樹脂材料製である樹脂層 8 1 を有する。配線部材 8 0 は、電気絶縁性の樹脂材料製である樹脂層 8 3 を有する。樹脂層 8 1 と樹脂層 8 3 とは、連続した樹脂材料製であってもよい。配線部材 8 0 は、樹脂層 8 1、8 3 の外側に電気絶縁性の絶縁皮膜がコーティングされていてもよい。絶縁被膜は、配線部材 8 0 と他の部品との間の電氣的な絶縁性を高めるために貢献する。

【 0 0 4 0 】

配線部材 8 0 は、樹脂層 8 1 と樹脂層 8 3 との間に配置された金属層 8 2 を有する。金属層 8 2 は、配線部材 8 0 に線状、または、リボン状と呼びうる形態をもって配置されている。金属層 8 2 は、金属製である。金属層 8 2 は、信号伝達のための通電部材または信号線とも呼ばれる場合がある。金属層 8 2 は、一方の端部から、他方の端部にわたって連続して配置されている。

【 0 0 4 1 】

配線部材 8 0 は、金属層 8 2 と信号パッド 3 5 との電氣的な接続を可能とするための第 1 接合部 8 0 a を備える。第 2 接合部 8 0 b は、金属層 8 2 の一方の端部に設けられている。配線部材 8 0 は、金属層 8 2 と信号端子 6 1 との電氣的な接続を可能とするための第 2 接合部 8 0 b を有する。第 2 接合部 8 0 b は、金属層 8 2 の他方の端部に設けられてい

10

20

30

40

50

る。第1接合部80aと第2接合部80bとは、樹脂層81、83に形成された窓部によって区画されている。窓部は、金属層82の一部を樹脂層81、83から露出させている。第1接合部80aと第2接合部80bとは、金属層82の一部として把握される場合もある。第1接合部80aにおいて、半導体素子30の信号パッド35と金属層82の一端部とは、第3接合部材73によって、電氣的に接続されている。第2接合部80bにおいて、金属層82の他端部と信号端子61とは、第4接合部材74によって電氣的に接続されている。

【0042】

図4は、樹脂部材20が除去された状態における、図3のIV-IV線の部分断面図である。放熱部材40と半導体素子30と配線部材80と信号端子61とは、X方向に関して積層的に配置されている。放熱部材40と半導体素子30と配線部材80と信号端子61とは、互いに平行な関係にある。放熱部材40と半導体素子30とは、互いに重複するように平行に配置されている。半導体素子30と配線部材80とは、第1接合部80aにおいてだけ重複するように平行に配置されている。配線部材80と信号端子61とは、第2接合部80bにおいてだけ重複するように平行に配置されている。放熱部材40と半導体素子30と配線部材80と信号端子61とは、板状である。放熱部材40と半導体素子30と配線部材80と信号端子61とは、板としての面が、Y-Z平面と平行になるように配置されている。よって、信号端子61は、樹脂部材20の側面から、Y-Z平面と平行に延びだしている。

【0043】

半導体素子30は第2放熱部材42の上に配置され、接合されている。半導体素子30の電力パッド33は、第1接合部材71によって図示されない第1放熱部材41に接合されている。半導体素子30は、複数の信号パッド35を有する。図示においては、電力パッド33および信号パッド35は、矩形の形状によって表現されている。半導体素子30のパッドは、円形、楕円形、角丸多辺形、多角形など多様な形状によって提供することが可能である。

【0044】

複数の信号パッド35は、半導体素子30の上面の外縁部において、互いに離れて配置されている。複数の信号パッド35は、外縁部に沿って列をなして配置されている。複数の信号パッド35は、半導体素子30の上面の角部に配置されてもよい。複数の信号パッド35は、半導体素子30の上面において、複数の群を形成するように分散的に配置されてもよい。複数の信号パッド35は、パッドピッチPpをもって配置されている。パッドピッチPpは、複数の信号パッド35における最小のパッドピッチである。複数の信号パッド35は、幅Wpの範囲内に配置されている。

【0045】

複数の信号端子61は、細長い棒状、または、リボン状と呼びうる形状を有している。複数の信号端子61は、互いに平行に配置されている。複数の信号端子61は、それらの一端が、一直線上に揃えられて配置されている。複数の信号端子61は、異なる太さを有していてもよい。複数の信号端子61は、異なる長さを有していてもよい。複数の信号端子61は、端子ピッチPiをもって配置されている。端子ピッチPiは、複数の信号端子61における最小の端子ピッチである。複数の信号端子61は、幅Wiの範囲内に配置されている。

【0046】

端子ピッチPiは、パッドピッチPp以上である($P_i \geq P_p$)。図示の例では、端子ピッチPiは、パッドピッチPpより大きい($P_i > P_p$)。端子ピッチPiとパッドピッチPpとは異なっている。端子ピッチPiとパッドピッチPpとの間には差Dp($D_p = P_i - P_p$)がある。端子ピッチPiとパッドピッチPpとは、等しい場合がある。

【0047】

幅Wiは、幅Wp以上である($W_i \geq W_p$)。図示の例では、幅Wiは、幅Wpより大きい($W_i > W_p$)。幅Wiと幅Wpとは異なっている。幅Wiと幅Wpとの間には差D

w ($Dw = Wi - Wp$)がある。幅 Wi と幅 Wp とは、等しい場合がある。

【0048】

配線部材80は、信号パッド35と信号端子61との間に配置されている。配線部材80は、複数の信号パッド35と複数の信号端子61とを橋渡しするように配置されている。配線部材80は、樹脂層81、83と、金属層82とを有している。配線部材80は、互いに電氣的に独立している複数の金属層82を有している。複数の金属層82のそれぞれは、複数の信号パッド35のそれぞれと、複数の信号端子61のそれぞれとを電氣的に接続している。複数の金属層82は、接合部80a、80b以外の部分において、樹脂層81、83によって他の部材から絶縁されている。

【0049】

配線部材80は、金属層82と信号パッド35とを接続するための第1接合部80aを備える。第1接合部80aは、金属層82を樹脂層81、および／または、樹脂層83から露出させることによって形成されている。第1接合部80aは、樹脂層81、および／または、樹脂層83に区画された窓部と、窓部に露出する金属層82の露出部とによって形成されている。窓部は、樹脂層81、および／または、樹脂層83における所定面積の開口部である。露出部は、信号パッド35と接合可能な面積と形状とを有している。

【0050】

配線部材80は、金属層82と信号端子61とを接続するための第2接合部80bを備える。第2接合部80bは、金属層82を樹脂層81、および／または、樹脂層83から露出させることによって形成されている。第2接合部80bは、樹脂層81、および／または、樹脂層83に区画された窓部と、窓部に露出する金属層82の露出部とによって形成されている。窓部は、樹脂層81、および／または、樹脂層83における所定面積の開口部である。露出部は、信号端子61と接合可能な面積と形状とを有している。

【0051】

配線部材80における複数の金属層82の敷設経路は、差 Dp および／または差 Dw を許容しながら、電氣的な接続を提供するように設定されている。複数の金属層82が敷設されている幅は、信号パッド35側における幅 Wp よりも、信号端子61側における幅 Wi が広い。配線部材80の形状も、差 Dp および／または差 Dw を許容しながら、電氣的な接続を提供するように設定されている。配線部材80自身の幅は、信号パッド35側の端部の幅よりも、信号端子61側の端部の幅が広い。

【0052】

$Y-Z$ 平面における複数の金属層82の形状は、互いにほぼ平行である。ただし、 $Y-Z$ 平面における複数の金属層82の形状は、幅 Wi と幅 Wp との違いを複数の金属層82の間の距離の変化によって吸収するように形成されている。複数の金属層82の形状は、それらの間の距離を変化させるように設定されている。複数の金属層82の間の距離は、金属層ピッチとも呼ぶことができる。金属層ピッチは、信号端子61側において端子ピッチ Pi に等しい。金属層ピッチは、信号パッド側においてパッドピッチ Pp に等しい。金属層ピッチは、端子ピッチ Pi からパッドピッチ Pp へ向けて減少している。図示の例では、金属層ピッチは、階段状に変化している。これに代えて、金属層ピッチは、徐々に変化してもよい。

【0053】

半導体モジュール10の製造方法は、複数の部品を準備する準備工程を有する。準備工程は、主要な部品を準備する工程である。準備工程は、成形前の樹脂部材20の素材と、半導体素子30と、放熱部材40と、電力端子51を提供するリードフレームと、信号端子61を提供するリードフレームと、接合部材70と、配線部材80とを準備する工程を含む。

【0054】

半導体モジュール10の製造方法は、複数の部品を電氣的に、および／または、熱的機械的に接合する接合工程を有する。接合工程は、放熱部材40と半導体素子30とを接合部材71、72によって接合する半導体接合工程を含む。半導体接合工程は、第1放熱部

10

20

30

40

50

材４１と半導体素子３０とを第１接合部材７１によって接合する第１接合部材工程を含む。半導体接合工程は、第２放熱部材４２と半導体素子３０とを第２接合部材７２によって接合する第２接合部材工程を含む。第１接合部材工程と第２接合部材工程とは、第２接合部材工程の後に第１接合部材工程が実施される場合がある。第１接合部材工程と第２接合部材工程とは、第１接合部材工程の後に第２接合部材工程が実施されてもよい。第１接合部材工程と第２接合部材工程とは、同時に実施されてもよい。

【００５５】

接合工程は、放熱部材４０と電力端子５１とを接合する電力端子接合工程を含む。接合工程は、信号パッド３５と信号端子６１とを配線部材８０を経由して接続する信号経路接合工程を含む。信号経路接合工程は、信号パッド３５と配線部材８０とを第３接合部材７３によって接合する第３接合部材工程を含む。信号経路接合工程は、信号端子６１と配線部材８０とを第４接合部材７４によって接合する第４接合部材工程を含む。第３接合部材工程と、第４接合部材工程とは、同時に実施することができる。第３接合部材工程と、第４接合部材工程とは、数字順に、または数字順の逆に実施されてもよい。半導体接合工程と、信号経路接合工程とは、同時に実施することができる。さらに、これらと同時に、電力端子接合工程が実施されてもよい。

【００５６】

半導体接合工程と、電力端子接合工程と、信号経路接合工程とは、例えば、接合部材７０としてハンダが利用される場合、ハンダを溶融させ再硬化させる一時的な加熱工程によって実施することができる。例えば、少なくとも第２接合部材工程と第３接合部材工程、および／または、少なくとも第２接合部材工程と第４接合部材工程とが一時的な加熱工程によって同時に実施される場合がある。この場合、加熱工程に先行する配置工程において、第２放熱部材４２と第２接合部材７２と半導体素子３０とが積層的に配置される。配置工程において、信号パッド３５と第３接合部材７３と第１接合部材８０ａとが積層的に配置される。さらに、配置工程において、信号端子６１と第４接合部材７４と第２接合部材８０ｂとが積層的に配置される。加熱工程では、接合部材７２、７３、７４を溶融させることにより、半導体素子３０と第２放熱部材４２との接合と、配線部材８０の接合とを同時に実行することができる。なお、配置工程において、半導体素子３０と第１接合部材７１と第１放熱部材４１とを積層的に配置してもよい。この場合、加熱工程において、接合部材７１、７２、７３、７４が同時に溶融される。接合工程は、すべての接合箇所を接合させるように実行される。接合工程は、接合部材を硬化させる硬化工程を含む。接合工程により、複数の部材が接合される。

【００５７】

半導体モジュール１０の製造方法は、接合工程によって接合された中間製品を樹脂部材２０によって包み込む樹脂成形工程を有する。樹脂成形工程は、中間製品の部材間の隙間に樹脂部材が侵入することにより意図された電気的な絶縁を提供するように実施される。樹脂成形工程は、放熱部材４０、電力端子５１、および、信号端子６１を露出させ、半導体素子３０を覆うように樹脂部材２０を成形する工程である。樹脂成形工程は、接合後の複数の部品を成形型の中に配置する配置工程を含む。樹脂成形工程は、成形型の中に溶融状態の樹脂部材２０をインジェクションするインジェクション工程を含む。樹脂成形工程は、溶融状態の樹脂部材２０を硬化させる硬化工程を含む。樹脂成形工程は、成形型から成形品を取り出す取り出し工程を含む。樹脂成形工程は、さらに、リードフレームを切断する工程や、樹脂のバリを除去する工程を含む仕上げ工程を含む。

【００５８】

以上に述べた実施形態によると、配線部材８０によって半導体素子３０の信号パッド３５と信号端子６１との電気的な接続が提供される。配線部材８０は、容易な接合工程を可能とする。また、配線部材８０は、それ自身が樹脂層８１、８３による電気絶縁性を有する。このため、配線部材８０は、金属層８２と他の部材との間の電気的な絶縁の信頼性を向上する。配線部材８０は、複数の金属層８２を有する場合、複数の金属層８２の間の電気的な絶縁の信頼性を向上する。

10

20

30

40

50

【0059】

さらに、配線部材80は、樹脂部材20によって包み込まれ、固定され、支持される。このため、半導体モジュール10の外部から内部への異物の侵入が阻止される。異物は、水などの液体、腐食性のガスなどを含む。言い換えると、配線部材80と樹脂部材20とは、高いシール性を提供する。

【0060】

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る。上記実施形態では、複数の信号パッド35は、半導体素子30のひとつの短辺に沿って分散的に配置されている。これに代えて、この実施形態では、半導体素子30の一部に集中的に配置された複数の信号パッド235が採用されている。半導体素子30は、スイッチング素子として活性を発揮する活性領域が相対的に大きいほうが望ましい。相対的に大きい活性領域は、大電流の制御を可能とする。この実施形態は、活性領域を相対的に大きくすることができる半導体素子30を提供する。

【0061】

図5は、樹脂部材20と第1放熱部材41とが除去された状態における、複数の部品の斜視図を示す。半導体素子30は、矩形の表面を備える板状である。半導体素子30は、ほぼ正方形である。半導体素子30は、表面のうち、外縁部の角部寄りの長方形領域に複数の信号パッド235を備える。複数の信号パッド235は、長方形領域に集中的に配置されている。複数の信号パッド235は、表面の外縁に沿って一列に配置されている。複数の信号パッド235は、列方向に関して、パッドピッチPp2を有して配置されている。パッドピッチPp2は、先行する実施形態のパッドピッチPpより小さい。パッドピッチPp2は、半導体素子30の大きさと比較して微細と呼びうる数値に設定されている。

【0062】

配線部材80は、複数の第1接合部80aと、複数の第2接合部80bとを有する。複数の第1接合部80aのそれぞれは、複数の信号パッド235のそれぞれに接合されている。よって、複数の信号パッド35は、列方向に関して、パッドピッチPp2を形成するように配置されている。複数の第2接合部80bは、列方向に関して端子ピッチPiを形成するように配置されている。複数の第2接合部80bのそれぞれは、複数の信号端子61のそれぞれと接合されている。複数の金属層82は、微細なパッドピッチPp2を、端子ピッチPiに拡大するように配置されている。複数の金属層82は、第1接合部80aと第2接合部80bとの間を蛇行するように敷設されている。

【0063】

配線部材80は、半導体素子30の表面の外縁部のうち、複数の信号パッド235が配置されていない外縁に沿って配置された外縁部284を有する。外縁部284は、外縁部の長手方向に沿って配置されている。外縁部284は、半導体素子30の表面の4辺の外縁部のうち、信号パッド235が配置されていない3辺の外縁部の上に配置されている。この結果、配線部材80は、半導体素子30の表面において、主電流を流すための電力パッド33を囲むように配置されている。言い換えると、配線部材80は、第1接合部材71を囲むように配置されている。配線部材80は、開口部285を区画している。外縁部284は、樹脂層81または樹脂層83だけで形成されている。外縁部284は、金属層82を備えていてもよい。外縁部284は、半導体素子30に対する配線部材80の位置決めを容易化する。この結果、微細なパッドピッチPp2であっても、複数の信号パッド235と複数の第1接合部80aとを正確に、かつ、容易に位置決めすることができる。外縁部284は、半導体素子30の外周における電氣的な絶縁性を向上する。配線部材80は、半導体素子30の電力経路としての電極などの部材と、信号経路としての電極などの部位との電氣的な絶縁性を向上させる。外縁部284は、第1接合部材71の形状を区画する場合がある。

【0064】

微細なパッドピッチPp2は、複数の信号パッド235が占める面積を相対的に小さく

することを可能とする。この結果、半導体素子 30 における接合部材 70 が占める面積、および／または、電流を流すための活性領域の面積を相対的に大きくすることができる。図示の例では、活性領域は、ほぼ第 1 接合部材 71 が配置されている範囲に広がっている。活性領域は、半導体素子 30 の 4 つの辺のすべてと隣接するように広がっている。半導体素子 30 ひとつの辺は、複数の信号パッド 235 が占める範囲と、活性領域が占める範囲とによって共有されている。複数の信号パッド 235 が占める範囲は、半導体素子 30 の一辺の $2/3$ 以下の範囲、または、 $1/2$ 以下の範囲である。微細なパッドピッチ $Pp2$ は、ひとつの観点では、半導体素子 30 の表面に占める接合部材 70 の面積の大型化により、電流密度の抑制、および／または、伝熱性の向上を可能とする。また、別の観点では、半導体素子 30 に占める活性領域の大型化により、半導体素子 30 の体格の抑制、および／または、素子体格の抑制によるコストの低減を可能とする。

10

【0065】

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る。上記実施形態では、ひとつの半導体モジュール 10 は、ひとつの半導体素子 30 を備える。これに代えて、ひとつの半導体モジュール 10 は、2 以上の複数の半導体素子を備えることができる。この実施形態は、複数の半導体素子を備える場合の一例である。この実施形態は、並列、または、直列に配置される複数の半導体素子 30 を収容する半導体モジュール 10 を提供する。

【0066】

図 6 において、半導体モジュール 10 は、第 2 放熱部材 42 に対して、2 つの半導体素子 30 a、30 b が積層的に配置されている。2 つの半導体素子 30 a、30 b は、同一形状、または、相似の形状をもっている。2 つの半導体素子 30 a、30 b は、第 2 放熱部材 42 の上において回転対称に配置されている。この実施形態では、2 つの半導体素子 30 a、30 b は、電力経路において並列的に配置されている。半導体素子 30 a は、電力パッド 33 a と、複数の信号パッド 35 a とを有する。半導体素子 30 a と接合部材 71 a とは、積層的に配置されている。半導体素子 30 b は、電力パッド 33 b と、複数の信号パッド 35 b とを有する。半導体素子 30 b と接合部材 71 b とは、積層的に配置されている。

20

【0067】

2 つの半導体素子 30 a、30 b は、電力経路において直列的に配置されてもよい。例えば、半導体素子 30 a、30 b の一方をアッパアームとし、半導体素子 30 a、30 b の他方をロワアームとしてもよい。この場合、ひとつの半導体モジュール 10 が、ひとつのスイッチングアーム 18 を提供する。

30

【0068】

配線部材 80 は、配線部材 380 によって提供されている。配線部材 380 は、半導体素子 30 a のための複数の第 1 接合部 80 a を備える。配線部材 380 は、半導体素子 30 b のための複数の第 1 接合部 80 a を備える。さらに、配線部材 380 は、複数の半導体素子 30 a、30 b のための共通の第 2 接合部 80 b を備える。この実施形態では、複数の金属層 82 は、独立の金属層 382 a と、共通の金属層 382 c とを有する。独立の金属層 382 a は、複数の信号パッド 35 a、35 b のひとつだけと接合されている。共通の金属層 382 c は、半導体素子 30 a のひとつの信号パッド 35 a と、半導体素子 30 b のひとつの信号パッド 35 b とに共通に接合されている。金属層 382 a、382 c は、第 2 接合部 80 b において信号端子 61 に接合されている。

40

【0069】

複数の信号端子 61 は、半導体素子 30 a だけのための専用の信号端子 61 a、半導体素子 30 b だけのための専用の信号端子 61 b、および、半導体素子 30 a と半導体素子 30 b とに共通の信号端子 61 c とを含む。例えば、専用の信号端子 61 a、61 b は、半導体素子 30 a、30 b の温度、電流等のセンサ端子として利用される。また、共通の信号端子 61 c は、複数の半導体素子 30 a、30 b を同一のタイミングで駆動するため

50

のゲート端子などとして利用される。図示の例では、複数の信号端子 6 1 の列における両側に専用の信号端子 6 1 a、6 1 b が配置され、複数の信号端子 6 1 の列における中央部に共通の信号端子 6 1 c が配置されている。

【0070】

配線部材 8 0 は、独立の金属層 3 8 2 a と、共通の金属層 3 8 2 c とを備えることによって、配線部材 8 0 の内部において専用接続と共通接続とを提供することができる。配線部材 8 0 は、複数の金属層 8 2 の敷設パターンを変更することにより、複数の信号パッド 3 5 a、3 5 b の異なる配列に対応することができる。また、配線部材 8 0 は、複数の金属層 8 2 の敷設パターンを変更することにより、専用の信号端子 6 1 a、6 1 b と共通の信号端子 6 1 c との配列を変更することができる。

10

【0071】

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る。この実施形態は、複数の半導体素子を備える場合の一例である。ひとつの半導体モジュール 1 0 は、複数の半導体素子 3 0 a、3 0 b、3 0 c、3 0 d を備える。

【0072】

図 7 において、4 つの半導体素子 3 0 a、3 0 b、3 0 c、3 0 d は、第 2 放熱部材 4 2 に対して並列的に積層配置されている。複数の半導体素子 3 0 は、同一形状、または、相似の形状をもっている。複数の半導体素子 3 0 は、信号パッド 3 5 が第 2 放熱部材 4 2 のひとつの辺の側に位置するように配置されている。複数の半導体素子 3 0 は、格子の目状に分散的に配置されている。

20

【0073】

配線部材 8 0 は、配線部材 4 8 0 によって提供されている。配線部材 4 8 0 は、複数の半導体素子 3 0 a、3 0 b、3 0 c、3 0 d に渡って広がる面積を有している。配線部材 4 8 0 は、外縁部 4 8 4 と、開口部 4 8 5 とを有している。外縁部 4 8 4 は、格子状に延びている。この結果、配線部材 4 8 0 は、4 つの開口部 4 8 5 を有している。4 つの開口部 4 8 5 のそれぞれは、4 つの半導体素子 3 0 のそれぞれに対応する位置に開口している。開口部 4 8 5 は、第 1 接合部材 7 1 が通過するための開口を提供している。

【0074】

配線部材 4 8 0 は、複数の金属層 8 2 を有する。複数の金属層 8 2 は、専用の金属層 8 2 a と、共通の金属層 8 2 c とを含む。金属層 8 2 は、半導体素子 3 0 を迂回して敷設されることにより、第 1 接合部 8 0 a と第 2 接合部 8 0 b との間にわたって連続的に延びている。

30

【0075】

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る。この実施形態は、複数の半導体素子を備える場合の一例である。ひとつの半導体モジュール 1 0 は、複数の半導体素子 3 0 a、3 0 b、3 0 c、3 0 d を備える。

【0076】

図 8 において、4 つの半導体素子 3 0 a、3 0 b、3 0 c、3 0 d は、スクエアに配置されている。しかも、4 つの半導体素子 3 0 a、3 0 b、3 0 c、3 0 d は、中心軸 A X C に対して回転対称に配置されている。複数の半導体素子 3 0 のそれぞれは、角部に信号パッド 3 5 が位置づけられている。複数の半導体素子 3 0 は、中心軸 A X C の近傍に信号パッド 3 5 が位置づけられるように配置されている。

40

【0077】

配線部材 8 0 は、配線部材 5 8 0 によって提供されている。配線部材 5 8 0 は、金属層 8 2 c を有する。配線部材 5 8 0 は、4 つの第 1 接合部 8 0 a を備える。配線部材 5 8 0 は、共通の端子部材と接続される第 2 接合部 8 0 b を備える。金属層 8 2 c は、第 2 接合部 8 0 b と中心軸 A X C との間に延在している部分と、中心軸 A X C から放射状に延び、第 1 接合部 8 0 a に到達する複数の分岐部分とを有する。共通の金属層 8 2 c は、複数の

50

半導体素子 30 a、30 b、30 c、30 d に共通の電氣的な接続を提供する。共通の金属層 82 c は、第 2 接合部 80 b から、複数の信号パッド 35 に対してほぼ等しい長さの信号経路を提供する。ほぼ等しい長さは、電氣的な特性がほぼ等しいこと、または、差があってもその信号の性質上ほぼ無視しうる差であることを意味している。例えば、信号パッド 35 は、ゲート信号などの駆動信号のためのパッドとすることができる。この場合、複数の半導体素子 30 に与えられる駆動信号の差を抑制することが可能となる。

【0078】

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る。先行する実施形態では、配線部材 80 は、放熱部材 40 から離れて位置づけられている。これに代えて、この実施形態では、配線部材 680 は、半導体素子 30 と第 1 放熱部材 41 との両方に接触して配置されている。さらに、配線部材 680 は、凹部 86 を備える。凹部 86 は、半導体素子 30 の電力パッド 33 と第 1 放熱部材 41 とを接合するための適量に第 1 接合部材 71 の容積を調節するための容積調節部として機能する。凹部 86 は、凹部 686 によって提供されている。この実施形態は、第 1 接合部材 71 の体格を安定化することができる半導体モジュール 10 を提供する。

【0079】

図 9 において、半導体モジュール 10 は、第 1 放熱部材 41 と第 2 放熱部材 42 との間に配置された半導体素子 30 を備える。半導体モジュール 10 は、配線部材 680 を備える。配線部材 80 は、配線部材 680 によって提供されている。配線部材 680 は、半導体素子 30 と第 1 放熱部材 41 との間に位置づけられている。配線部材 680 は、半導体素子 30 と第 1 放熱部材 41 との両方に接触して配置されている。配線部材 680 は、半導体素子 30 の信号パッド 35 と信号端子 61 との間を電氣的に接続している。配線部材 680 は、樹脂層 81、83 を有する。樹脂層 81、83 のそれぞれは、複数の樹脂層が積層的に配置された集合体によって形成されている。なお、樹脂層 81、83 は、連続した樹脂材料により形成される単一の樹脂層によって形成されてもよい。

【0080】

配線部材 680 は、第 1 接合部材 71 の縁に沿って配置された外縁部 684 を有する。外縁部 684 は、Y-Z 平面において、第 1 接合部材 71 を囲んでいる。この結果、外縁部 684 は、Y-Z 平面における、第 1 接合部材 71 の位置、および、最大の範囲を規定する開口部 685 を画定している。開口部 685 の壁面は、第 1 接合部材 71 との間に微小な隙間を形成する場合があり、第 1 接合部材 71 と接触する場合がある。開口部 685 の壁面が第 1 接合部材 71 と接触する場合、開口部 685 は第 1 接合部材 71 の範囲を区画する。

【0081】

配線部材 680 は、凹部 686 を備える。凹部 686 は、開口部 685 を区画する壁面に開口している。凹部 686 は、樹脂層 81、83 を形成する複数の樹脂層の少なくともひとつを貫通する切り欠きによって形成されている。よって、凹部 686 は、少なくともひとつの樹脂層に相当する X 方向の厚さを有する。図示の実施形態では、凹部 686 は、複数の樹脂層のうち、最も端に位置する樹脂層によって提供されている。よって、凹部 686 は、配線部材 680 の X 方向（厚さ方向）の端面にも開口している。凹部 686 は、開口部 685 に連通している拡張室を区画する。凹部 686 は、拡張室の側壁を提供している。X 方向における拡張室の壁面は、他の樹脂層によって提供されている。凹部 686 は、開口部 685 の壁面的一部分だけに位置づけられている。凹部 686 は、配線部材 680 の切欠部とも呼ぶ形状を有する。凹部 686 は、開口部 685 の容積を Y-Z 平面の一部分だけにおいて拡張している。凹部 686 は、開口部 685 の容積を X-Z 平面の一部分だけにおいて拡張している。凹部 686 が区画する容積拡張室は、第 1 接合部材 71 の過剰な部分を收容する場合がある。第 1 接合部材 71 の過剰な部分は、押し出されるようにして、あるいは、自らの流動性によって凹部 686 に流れ出し、硬化して、凹部 686 に残留する。図中には、凹部 686 に残留した過剰部分 675 が図示されている。

【0082】

多数の半導体モジュール10が製造される場合、容積拡張室が第1接合部材71の過剰部分675を収容している製品と、容積拡張室が第1接合部材71の過剰部分675を収容していない製品とが存在する。容積拡張室は、開口部685に過剰な量の第1接合部材71が存在する場合に、その過剰な量の第1接合部材71を吸収するための逃がし容量として機能する。

【0083】

凹部686は、第1放熱部材41の表面の一部によって拡張容積室を区画するように配置されている。凹部686は、第1放熱部材41に隣接して位置づけられている。凹部686は、多数の樹脂層のうちの一部にのみ設けられている。図示の例では、凹部686は、最も第1放熱部材41に近い樹脂層にのみ設けられている。この結果、凹部686が提供する拡張容積室のひとつの面は、第1放熱部材41によって区画されている。凹部686は、金属層82に到達しないように設けられている。凹部686は、第1接合部材71と金属層82との間の電気的な絶縁状態を良好な状態に維持できるように形成されている。凹部686は、金属層82から所定の電気絶縁距離を提供するように設けられている。

【0084】

配線部材680は、厚さTF1を有する。厚さTF1は、配線部材80が半導体素子30の表面と第1放熱部材41とに接触する厚さである。厚さTF1は、第1接合部材71の厚さを規定する厚さであって、第1接合部材71の厚さに等しい。

【0085】

半導体モジュール10の製造方法は、第1放熱部材41と半導体素子30とを第1接合部材71によって接合する第1接合工程を有する。製造方法は、第1接合工程の前に、配置工程を有する。配置工程において、第1放熱部材41と、配線部材680と、半導体素子30とが積層的に配置される。このとき、開口部685に接合前（溶融と再硬化の前）の第1接合部材71が配置される。配置工程における第1接合部材71は、厚さTF1と等しいか、厚さTF1より厚い厚さを有している。

【0086】

配置工程の後に、第1接合工程が実施される。第1接合工程において、第1接合部材71が溶融し、流動する。第1接合工程において、第1接合部材71は、第1放熱部材41と半導体素子30とを接合し、再び硬化する。第1接合工程において、第1接合部材71が溶融し、再び硬化する過程において、第1接合部材71の厚さが変化する。多くの場合、第1接合部材71の厚さは、接合工程の前から、接合工程の後へ減少する。さらに、第1接合工程において、第1放熱部材41と半導体素子30とを接近させる方向へ圧力が加えられる場合がある。この圧力も、第1接合部材71の厚さを減少させる。

【0087】

第1接合工程において、配線部材680は、第1放熱部材41と半導体素子30とに接触する。同時に、開口部685は、第1接合部材71の流動を抑制する。第1接合部材71が溶融し、再び硬化する過程において、第1接合部材71が過剰に存在すると、第1放熱部材41と半導体素子30との間の距離が安定しない場合がある。このとき、第1接合部材71の過剰部分は、凹部686に向けて押し出される。第1接合部材71の過剰部分は、押し出されることなく、凹部686に流れ込む場合もある。第1接合部材71の過剰部分は、再び硬化することによって、過剰部分675として凹部686の中に留まる。この結果、過剰部分675が、凹部686の中に保持される。凹部686は、第1接合部材71のための逃げ容量を提供しているともいえる。

【0088】

このとき、凹部686は、第1放熱部材41に隣接している。このため、過剰部分675は、第1放熱部材41に接触し、広い接合断面積の提供に貢献する。広い接合断面積の提供は、第1接合部材71における伝熱性を高め、電流密度の抑制を可能とする。

【0089】

さらに、接合工程において第1接合部材71の中に気体成分が混入している場合、また

10

20

30

40

50

は、第1接合部材71が溶融する際に気体成分を生成する場合がある。凹部686は、これらの気体成分が流入する場合がある。気体成分は、再び硬化した第1接合部材71の内部にボイドを生成するおそれがある。凹部686に気体成分が流入することで、第1接合部材71におけるボイドの生成が抑制される場合がある。凹部686は、接合工程において、気体成分の逃げ容量を提供しているともいえる。

【0090】

この実施形態では、凹部686が提供する容積は、開口部685が提供する第1接合部材71のための標準容積に対して、追加的な容積として提供される。この結果、第1接合部材71が、標準容積からあふれようとする場合、第1接合部材71は、凹部686が提供する追加的な容積に流入する。第1接合部材71が再び硬化した後においても、凹部686が提供する追加的な容積に第1接合部材71が残留する場合がある。この結果、開口部685が提供する標準的な容積には、適切な容積の第1接合部材71が残る。開口部685に残留した第1接合部材71は、半導体素子30と第1放熱部材41との間に適切な接合状態を提供する。例えば、凹部686は、半導体素子30と第1放熱部材41との傾き、不安定な接合、第1接合部材71の意図されない漏れ出しが抑制される。

【0091】

この実施形態では、配線部材680の全体が厚さTF1を有している。これに代えて、配線部材680は、半導体素子30と第1放熱部材41との間に位置する部分にだけ、厚さTF1を備えるように構成されてもよい。例えば、配線部材680は、半導体素子30と信号端子61との間を橋渡しするように配置された部分では、厚さTF1より薄い厚さを有するように構成されてもよい。このような構成は、半導体素子30と信号端子61との間を橋渡しするように配置された部分に求められる柔軟性を提供する。

【0092】

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る。先行する実施形態では、配線部材80の金属層82は、信号パッド35と信号端子61とを接続するだけである。これに代えて、この実施形態では、配線部材780は、第1接合部材71に接合された金属層787を備える。ひとつの観点では、この実施形態は、接合部材の厚さを安定的に所定値に調整することができる半導体モジュール10を提供する。別の観点では、この実施形態は、配線部材780の位置を安定的に設定することができる半導体モジュール10を提供する。

【0093】

図10において、配線部材80は、配線部材780によって提供されている。配線部材780は、信号パッド35と信号端子61との間にわたって配置されている。配線部材780は、X方向において、信号パッド35と重複するように配置されている。さらに、配線部材780は、X方向において、電力パッド33とも重複するように配置されている。配線部材780は、信号パッド35と電力パッド33との両方と重複するように延在している。言い換えると、配線部材780は、第1接合部材71が配置されている領域にまで延びだしている。

【0094】

配線部材780は、第1接合部材71に沿って配置された外縁部784を有する。外縁部784は、第1接合部材71が設置されるべき範囲を囲んでいる。外縁部784は、第1接合部材71の範囲に対応して樹脂層81、83に開口部785を区画している。配線部材780は、開口部785に露出する金属層787を備える。開口部785は、金属層787を樹脂層81、82から露出させるための切欠部とも呼ばれる。金属層787は、金属層82と同じ材料によって形成されている。電力経路を提供する金属層787は、信号経路を提供する金属層82から電気的に絶縁されている。金属層787は、Y-Z平面における、少なくとも第1接合部材71の領域にわたって配線部材780から露出している。

【0095】

金属層 787 は、第 1 接合部材 71 の中に配置され、接合されている。この結果、金属層 787 は、第 1 接合部材 71 を、第 1 層 71c と、第 2 層 71d とに仕切る。第 1 層 71c は、半導体素子 30 の電力パッド 33 と金属層 787 とを接合している。第 2 層 71d は、金属層 787 と第 1 放熱部材 41 とを接合している。言い換えると、金属層 787 は、第 1 接合部材 71 の中に埋め込まれている。なお、金属層 787、または、開口部 785 は、第 1 層 71c と第 2 層 71d とを連続的な接合部材として形成するための連通開口を有していてもよい。例えば、開口部 785 は、樹脂層 81、83 と金属層 787 との間に連通開口を形成することができる。代替的に、または、追加的に、金属層 787 は、金属層 787 の両面を連通する連通開口としての切り欠き、または、穴を備えることができる。

10

【0096】

金属層 787 は、第 1 接合部材 71 の中に埋設されるように位置づけられる。この結果、配線部材 780 の位置が第 1 接合部材 71 によって安定化される。さらに、配線部材 780 は、樹脂部材 20 を成形する成形工程において、樹脂の流動、樹脂の圧力を受ける。しかし、金属層 787 が第 1 接合部材 71 の中に埋設された配線部材 780 は、成形工程においても変形しにくく、所定の形状を維持する。例えば、配線部材 780 は、樹脂の圧力を受けても、反り変形を生じにくい。

【0097】

金属層 787 と第 1 放熱部材 41 との間には、第 1 層 71c の厚さを調節するための厚さ調節部材 776 が配置されている。厚さ調節部材 776 は、ニッケルボール (Ni ボール)、ボンディングパッド、または、ワイヤボンディングなどによって提供することができる。厚さ調節部材 776 は、第 1 層 71c とともに第 1 接合部材 71 として機能する導電性の部材、または、導電性の金属部材によって提供される。厚さ調節部材 776 は、金属層 787 と半導体素子 30 との間にも配置されている。厚さ調節部材 776 は、第 1 層 71c および第 2 層 71d の厚さを所定の厚さに調節するために貢献する。この結果、第 1 層 71c および第 2 層 71d の厚さが過剰に大きくなること、すなわち第 1 接合部材 71 の厚さが過剰に大きくなることを抑制する。この結果、例えば、熱的な抵抗の変動、および／または、電気的な抵抗の変動が抑制される。また、第 1 層 71c および第 2 層 71d の厚さの安定化は、半導体素子 30 の上における電力パッド 33 におけるアルミニウム-シリコン電極 (Al-Si 電極) の信頼性を向上する。また、熱的な繰り返しサイクルが印加された場合の金属層 787 の変形方向と、樹脂部材 20 の変形方向とが同一方向となり、アルミニウム-シリコン電極の信頼性が向上する場合がある。

20

30

【0098】

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る。先行する実施形態では、配線部材 80 は、連続した面を提供する板状である。板状の配線部材 80 は、ひとつの観点では、樹脂部材 20 の成形工程において、樹脂の流動を妨げるなど樹脂の流れに影響を及ぼすことがある。また、板状の配線部材 80 は、別の観点では、樹脂の流れによって変形するなど樹脂の流れから力を受けることがある。これに代えて、この実施形態では、配線部材 880 は、成形工程において、樹脂部材 20 の流動を許容する連通部 88 を有している。この結果、樹脂部材 20 は、連通部 88 を通して板状の配線部材 880 を貫通しており、連続している樹脂材料として存在している。ひとつの観点では、この実施形態は、成形工程における樹脂の流れを改善することができる半導体モジュール 10 を提供する。別の観点では、この実施形態は、成形工程において配線部材 880 に作用する力を抑制することができる半導体モジュール 10 を提供する。

40

【0099】

図 11 において、配線部材 80 は、配線部材 880 によって提供されている。配線部材 880 は、この明細書に記載された実施形態のひとつに利用することができる。配線部材 880 は、配線部材 880 の両面を連通する連通部 88 を備える。樹脂部材 20 は、連通部 88 を貫通している。連通部 88 は、金属層 82 に隣接して位置する穴によって形成さ

50

れている。穴は、樹脂層 8 1、8 3 を表裏方向に貫通している。配線部材 8 8 0 は、ひとつまたは複数の連通部 8 8 を有する。配線部材 8 8 0 は、複数の金属層 8 2 の間に位置づけられた穴 8 8 8 a を有する場合がある。配線部材 8 8 0 は、金属層 8 2 と配線部材 8 8 0 の外縁との間に位置づけられた穴 8 8 8 b を有する場合がある。

【0100】

連通部 8 8 は、成形工程において、連通部 8 8 を通って樹脂部材 2 0 が流動することを可能とする。樹脂部材 2 0 は、配線部材 8 8 0 があっても、配線部材 8 8 0 の表から裏へ、裏から表へ流動することができる。この結果、樹脂部材 2 0 の成形品質が向上する。また、樹脂部材 2 0 の流れから配線部材 8 8 0 に作用する力が抑制される。この結果、配線部材 8 8 0 の位置のずれ、または、配線部材 8 8 0 の変形が抑制される。また、第 1 接合部 8 0 a、および／または、第 2 接合部 8 0 b における接合破壊を含む接合不良の発生が抑制される。

10

【0101】

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る。この実施形態は、連通部 8 8 の一例を示している。

【0102】

図 1 2 において、配線部材 8 0 は、配線部材 9 8 0 によって提供されている。配線部材 9 8 0 は、連通部 8 8 を備える。連通部 8 8 は、配線部材 9 8 0 に設けられた単一の穴 9 8 8 によって提供されている。この実施形態では、複数の金属層 8 2 は、穴 9 8 8 を迂回するように配置されている。この実施形態によると、配線部材 9 8 0 の所定の位置に、比較的大きな面積をもつ穴 9 8 8 を設けることができる。この結果、成形工程において、樹脂部材 2 0 の流動が必要な位置において、樹脂部材 2 0 を比較的大量に流動させることができる。なお、穴 9 8 8 の位置は、必要な樹脂材料の流れが得られるように設定される。例えば、穴 9 8 8 の位置は、成形工程において樹脂部材 2 0 を型内に注入するためのゲート位置を考慮して設定される。加えて、この実施形態でも、先行する実施形態と同様の作用効果が得られる。

20

【0103】

第 10 実施形態

この実施形態は、先行する実施形態を基礎的形態とする変形例である。この実施形態は、連通部 8 8 の一例を示している。

30

【0104】

図 1 3 において、配線部材 8 0 は、配線部材 A 8 0 によって提供されている。配線部材 A 8 0 は、連通部 8 8 を備える。連通部 8 8 は、配線部材 A 8 0 に設けられた切欠部 A 8 8 によって提供されている。切欠部 A 8 8 は、配線部材 A 8 0 の外縁から連続しているオメガ型の切り欠きとして形成されている。切欠部 A 8 8 は、外縁に向けて開口している。切欠部 A 8 8 は、破線で示されるように、配線部材 A 8 0 を複数の部分部材に分割してもよい。複数の部分部材の間には、成形工程において樹脂の流通を許容する連通部 8 8 が形成される。この実施形態でも、先行する実施形態と同様の作用効果が得られる。

【0105】

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る。先行する実施形態では、配線部材 8 0 の厚さは、第 1 接合部材 7 1 の厚さ以下である。これに代えて、この実施形態では、配線部材 B 8 0 の厚さは、第 1 接合部材 7 1 の厚さを上回る。さらに、配線部材 B 8 0 の厚さは、第 1 放熱部材 4 1 と第 2 放熱部材 4 2 との間の距離以下である。先行する実施形態では、接合工程において、複数の部材の距離を適切に維持するために、治具が使用される場合がある。また、接合工程において、接合部材 7 0 の洩れ、飛び散りなどによって、意図しない位置に接合部材 7 0 が付着する場合がある。この実施形態では、配線部材 B 8 0 は、第 1 放熱部材 4 1 と第 2 放熱部材 4 2 との両方に接している。さらに、配線部材 B 8 0 は、第 1 接合部材 7 1 および第 2 接合部材 7 2 の位置、および、形

40

50

状を区画するための開口部 B 8 5 を備える。ひとつの観点では、この実施形態は、第 1 接合部材 7 1 および第 2 接合部材 7 2 の形状を正確に管理することができる半導体モジュール 1 0 を提供する。他の観点では、この実施形態は、第 1 放熱部材 4 1 および第 2 放熱部材 4 2 の間隔を正確に管理することができる半導体モジュール 1 0 を提供する。

【0106】

図 1 4 において、半導体モジュール 1 0 は、第 1 放熱部材 4 1 と第 2 放熱部材 4 2 とを有する。配線部材 8 0 は、配線部材 D 8 0 によって提供されている。配線部材 B 8 0 は、厚さ T F 2 を有する。厚さ T F 2 は、配線部材 B 8 0 と第 1 放熱部材 4 1 とを接触させ、かつ、配線部材 B 8 0 と第 2 放熱部材 4 2 とを接触させる厚さである。第 1 放熱部材 4 1 と第 2 放熱部材 4 2 との間の隙間は、配線部材 B 8 0 の厚さ T F 2 によって規定されている。

10

【0107】

配線部材 B 8 0 は、外縁部 B 8 4 を有する。配線部材 B 8 0 は、開口部 B 8 5 を有する。外縁部 B 8 4 は、開口部 B 8 5 を囲むように延在している。開口部 B 8 5 は、階段状の内壁面を有している。内壁面は、Y 方向または Z 方向に面する側面と、X 方向に面する平面とを交互に繰り返す段付き面である。内壁面は、開口部 B 8 5 の内部に、第 1 放熱部材 4 1 と、第 1 接合部材 7 1 と、半導体素子 3 0 と、第 2 接合部材 7 2 と、第 2 放熱部材 4 2 とを、この順序で、積層的に位置づけることを可能とする。

【0108】

開口部 B 8 5 の内壁面は、第 1 放熱部材 4 1 側では、少なくとも第 1 放熱部材 4 1 の側面に接触している。具体的には、開口部 B 8 5 の内壁面は、第 1 放熱部材 4 1 側では、少なくとも内部金属板 4 5 の側面に接触している。これにより、配線部材 B 8 0 は、第 1 放熱部材 4 1 を Y 方向、および、Z 方向に関して位置決めしている。開口部 B 8 5 の内壁面は、第 1 放熱部材 4 1 の内部金属板 4 5 の表面（図中の下面）の外縁部分に接触している。これにより、配線部材 B 8 0 は、第 1 放熱部材 4 1 を X 方向に関して位置決めしている。

20

【0109】

開口部 B 8 5 の内壁面は、第 2 放熱部材 4 2 側では、少なくとも第 2 放熱部材 4 2 の側面に接触している。具体的には、開口部 B 8 5 の内壁面は、第 2 放熱部材 4 2 側では、少なくとも内部金属板 4 8 の側面に接触している。これにより、配線部材 B 8 0 は、第 2 放熱部材 4 2 を Y 方向、および、Z 方向に関して位置決めしている。開口部 B 8 5 の内壁面は、第 2 放熱部材 4 2 の内部金属板 4 8 の表面（図中の上面）の外縁部分に接触している。これにより、配線部材 B 8 0 は、第 2 放熱部材 4 2 を X 方向に関して位置決めしている。

30

【0110】

開口部 B 8 5 の内壁面は、ほぼ中央部において、半導体素子 3 0 の側面に接触している。これにより、配線部材 B 8 0 は、半導体素子 3 0 を Y 方向、および、Z 方向に関して位置決めしている。開口部 B 8 5 の内壁面は、ほぼ中央部において、半導体素子 3 0 の表面（図中の上面）の外縁部分に接触している。これにより、配線部材 B 8 0 は、半導体素子 3 0 を X 方向に関して位置決めしている。

【0111】

開口部 B 8 5 の内壁面は、第 1 接合部材 7 1 が配置される位置において、少なくとも第 1 接合部材 7 1 の側面に接触している。この接触は、成形工程において内壁面が第 1 接合部材 7 1 の流動を阻止することによって実現される。同時に、内壁面は、第 1 接合部材 7 1 の形状を規定している。配線部材 B 8 0 は、第 1 接合部材 7 1 を Y 方向、および、Z 方向に関して位置決めしている。開口部 B 8 5 の内壁面は、第 2 接合部材 7 2 が配置される位置において、少なくとも第 2 接合部材 7 2 の側面に接触している。この接触は、成形工程において内壁面が第 2 接合部材 7 2 の流動を阻止することによって実現される。同時に、内壁面は、第 2 接合部材 7 2 の形状を規定している。配線部材 B 8 0 は、第 2 接合部材 7 2 を Y 方向、および、Z 方向に関して位置決めしている。

40

【0112】

第 1 接合部材 7 1 が配置された部分における内壁面は、第 1 接合部材 7 1 の大きさを規

50

定する大きさをもつ容積室を区画している。第２接合部材７２が配置された部分における内壁面は、第２接合部材７２の大きさを規定する大きさをもつ容積室を区画している。接合工程における、接合部材７０が溶融され、再び硬化される過程において、開口部Ｂ８５の内壁面は、第１接合部材７１の漏れ出し、飛散を抑制する。また、開口部Ｂ８５の内壁面は、第１接合部材７１の溶融過程、および、硬化過程において、第１接合部材７１の大きさ、形状を規定する。接合工程における、接合部材７０が溶融され、再び硬化される過程において、開口部Ｂ８５の内壁面は、第２接合部材７２の漏れ出し、飛散を抑制する。また、開口部Ｂ８５の内壁面は、第２接合部材７２の溶融過程、および、硬化過程において、第２接合部材７２の大きさ、形状を規定する。

【０１１３】

この実施形態によると、第１放熱部材４１と第２放熱部材４２との間の隙間が配線部材Ｂ８０によって規定される。この結果、追加的な治具の使用を抑制し、配線部材Ｂ８０を有効に利用して半導体モジュール１０の形状を規定することができる。なお、この実施形態は、治具の使用をゼロに排除するものではない。また、この実施形態は、第６実施形態において説明された凹部６８６と併用されてもよい。この実施形態でも、配線部材Ｂ８０は、第１放熱部材４１と第２放熱部材４２との間に位置する部分にだけ、厚さＴＦ２を備えるように構成されてもよい。例えば、配線部材Ｂ８０は、半導体素子３０と信号端子６１との間を橋渡しするように配置された部分では、厚さＴＦ２より薄い厚さを有するように構成されてもよい。このような構成は、半導体素子３０と信号端子６１との間を橋渡しするように配置された部分に求められる柔軟性を提供する。

【０１１４】

第１２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る。先行する実施形態では、配線部材８０は、半導体素子３０の周辺に到達するに留まっている。半導体モジュール１０が大電流を扱うデバイスとして利用される場合、正極側の電流を流す部材と負極側の電流を流す部材とを接近して配置することが、インダクタンス成分の抑制に貢献する。しかし、正極側の電流を流す部材と負極側の電流を流す部材とを接近させると、部材間における電氣的な絶縁が損なわれる場合がある。この実施形態では、配線部材Ｃ８０は、一対の電力端子５１の間に絶縁部材として配置されている。ひとつの観点では、この実施形態は、電氣的な絶縁性が改善された半導体モジュール１０を提供する。別の観点では、この実施形態は、インダクタンス成分が抑制された半導体モジュール１０を提供する。

【０１１５】

図１５において、半導体モジュール１０の一対の電力端子５１の近傍が図示されている。一対の電力端子５１のそれぞれは、第１放熱部材４１と第２放熱部材４２とのそれぞれに電氣的に接続されている。一方の電力端子５１ａは、接合部材Ｃ７７によって内部金属板４５と接合されている。他方の電力端子５１ｂは、接合部材Ｃ７８によって内部金属板４８と接合されている。電力端子５１ａと接合部材Ｃ７７と内部金属板４５とによって一方の電力経路が提供されている。電力端子５１ｂと接合部材Ｃ７８と内部金属板４８とによって他方の電力経路が提供されている。例えば、電力端子５１ａは、正極線５２に接続され、電力端子５１ｂは、負極線５４に接続されている。電力端子５１ａ、５１ｂと、正極、負極との関係は逆でもよい。

【０１１６】

この実施形態では、配線部材８０は、配線部材Ｃ８０によって提供されている。配線部材Ｃ８０は、半導体素子３０の信号パッド３５と信号端子６１とを接続している。さらに、配線部材Ｃ８０は、一対の電力端子５１ａ、５１ｂの間にも到達している。配線部材Ｃ８０の一部は、一対の電力端子５１ａ、５１ｂの間に配置されている。配線部材Ｃ８０は、一対の電力端子５１ａ、５１ｂを配線部材Ｃ８０の両面に重複するように積層的に位置づけている。一対の電力端子５１ａ、５１ｂの間には、配線部材Ｃ８０の樹脂層Ｃ８９が配置されている。樹脂層Ｃ８９は、信号パッド３５と信号端子６１との間を橋渡しするように配置された配線部材Ｃ８０の主要部分から延び出す延長部分として形成されている。

樹脂層 C 8 9 は、金属層 8 2 を含む主要部分から舌状に延び出している。電力端子 5 1 a、5 1 b は、樹脂部材 2 0 内に埋設されている埋設部分と、樹脂部材 2 0 から露出している露出部分とを有している。樹脂層 C 8 9 は、電力端子 5 1 a、5 1 b の埋設部分の全域にわたって、電力端子 5 1 a と電力端子 5 1 b との間に配置されている。樹脂層 C 8 9 は、電力端子 5 1 a、5 1 b の露出部分にまでわずかに延びだしている。

【0117】

埋設部分においては、電力端子 5 1 a と電力端子 5 1 b との間の電氣的な絶縁は、樹脂層 C 8 9 によって提供されている。埋設部分においては、電力端子 5 1 a と電力端子 5 1 b との間に樹脂部材 2 0 が侵入することはない。さらに、露出部分においても、電力端子 5 1 a と電力端子 5 1 b との間に樹脂部材 2 0 が侵入することはない。この状態を提供するために、樹脂層 C 8 9 は、電力端子 5 1 a、5 1 b の間において、樹脂部材 2 2 から露出するように位置づけられている。成形工程において流動し、硬化することによって成形される樹脂部材 2 0 は、樹脂層 C 8 9 に比べて厚さ、密度、異物の混入量など電氣的な絶縁性に関して不安定な要素を多く含んでいる。この実施形態では、一对の電力端子 5 1 a、5 1 b の間の電氣的な絶縁性をもっぱら配線部材 C 8 0 の樹脂層 C 8 9 によって提供される。この結果、一对の電力端子 5 1 a、5 1 b が接近して配置されても、安定的に電氣的な絶縁が提供される。

【0118】

電力端子 5 1 a と電力端子 5 1 b とは、互いの電気磁氣的な作用を相互に及ぼすほどに接近して配置されている。電力端子 5 1 a と電力端子 5 1 b とは樹脂層 C 8 9 を積層的に配置されている。電力端子 5 1 a と電力端子 5 1 b とは樹脂層 C 8 9 だけの厚さだけ離れて互いに近接して配置されている。電力端子 5 1 a と電力端子 5 1 b とは逆方向に電流が流れるから、相互の電気磁氣的な作用は、インダクタンス成分を抑制するように作用する。インダクタンス成分は、半導体モジュール 1 0 の高速なスイッチングにおいてサージを生じる。このため、半導体モジュール 1 0 は、スイッチング速度を抑制して使用する必要がある。インダクタンス成分の抑制は、サージを抑制し、高速なスイッチングを可能とする。この結果、この実施形態は、高周波駆動が可能な半導体モジュール 1 0 を提供する。

【0119】

この実施形態の構成は、単一の半導体素子 3 0 を有する半導体モジュール 1 0 に採用することができる。また、この実施形態の構成は、複数の半導体素子 3 0 を有し、ひとつのスイッチングアームを収容する半導体モジュール 1 0 にも採用することができる。この場合、半導体モジュール 1 0 内における複数の半導体素子 3 0 は、多様な通電経路を提供するように配置することができる。例えば、複数の半導体素子 3 0 は、半導体モジュール 1 0 内を N 字状に電流が流れる配置、または、半導体モジュール 1 0 内を U 字状に電流が流れる配置などを採用することができる。

【0120】

図 1 6 は、ひとつのスイッチングアームを提供する半導体モジュール 1 0 を示す分解斜視図である。図示の例は、半導体モジュール 1 0 内を N 字状に電流が流れる配置である。半導体モジュール 1 0 は、樹脂部材 2 0 の中に、4 つの放熱部材 C 4 0 a、C 4 0 b、C 4 0 c、C 4 0 d を備える。これらの放熱部材は、第 1 から第 4 の名称を付される場合がある。半導体モジュール 1 0 は、電力端子 5 1 として、正極側の電力端子 5 1 a、負極側の電力端子 5 1 b、および、交流端子としての電力端子 5 1 c を備える。これらの電力端子は、第 1 から第 3 の名称を付される場合がある。半導体モジュール 1 0 は、2 つの半導体素子 3 0 a、3 0 b を備える。さらに、半導体モジュール 1 0 は、半導体素子 3 0 a のための配線部材 C 8 0 d と、半導体素子 3 0 b のための配線部材 C 8 0 e とを備える。配線部材 C 8 0 d と配線部材 C 8 0 e とは、連続する樹脂材料によって一体的に形成されていてもよい。図中には、ひとつの信号端子 6 1 が例示されている。

【0121】

放熱部材 C 4 0 a と放熱部材 C 4 0 b とは、半導体素子 3 0 a を介して接合されている。放熱部材 C 4 0 c と放熱部材 C 4 0 d とは、半導体素子 3 0 b を介して接合されている。

。これらの接合は、接合部材 70 によって提供されている。放熱部材 C 40 b と放熱部材 C 40 c とは、積層方向 (X 方向) に関して重複して位置づけられた重複部分を有している。重複部分は、放熱部材 C 40 b、C 40 c の一部から突出する突出部分によって提供されている。重複部分において、放熱部材 C 40 b と放熱部材 C 40 c とは、接合部材 70 によって接合されている。放熱部材 C 40 a と電力端子 51 a とは、接合部材 C 77 によって接合されている。放熱部材 C 40 c と電力端子 51 b とは、接合部材 C 78 によって接合されている。

【0122】

半導体素子 30 a のための配線部材 C 80 は、舌状の樹脂層 C 89 を有している。樹脂層 C 89 は、電力端子 51 a と電力端子 51 b との間に介在されている。樹脂層 C 89 と電力端子 51 a とは、対向面 C 89 a において対向している。樹脂層 C 89 と電力端子 51 a とは、対向面 C 89 a において密着している。樹脂層 C 89 と電力端子 51 b とは、対向面 C 89 b において対向している。樹脂層 C 89 と電力端子 51 b とは、対向面 C 89 b において密着している。樹脂層 C 89 と電力端子 51 a、51 b との間の密着は、成形工程において、樹脂部材 20 の侵入を阻止する。樹脂層 C 89 と電力端子 51 a、51 b との間の密着は、半導体モジュール 10 としての完成後においても、異物の侵入を阻止する。

【0123】

図中には、例えば、電力端子 51 a から電力端子 51 b へ電流が流れる場合の電流経路が太い破線矢印によって図示されている。電力端子 51 a と、電力端子 51 b とは、樹脂層 C 89 によって電氣的に絶縁されている。電力端子 51 a に流れる電流と、電力端子 51 b に流れる電流とは、樹脂層 C 89 によって近接して配置されるから、相互の電気磁氣的な作用によってインダクタンス成分が抑制される。放熱部材 C 40 a と放熱部材 C 40 d とは、積層方向 (X 方向) に関して重複して位置づけられた重複部分を有している。重複部分は、放熱部材 C 40 a、C 40 d の一部から突出する突出部分によって提供されている。重複部分において、樹脂層 C 89 は、放熱部材 C 40 a と放熱部材 C 40 d との間に配置されている。この結果、樹脂層 C 89 は、重複部分における放熱部材 C 40 a と放熱部材 C 40 d との電氣的な絶縁を向上させている。

【0124】

この実施形態によると、一対の電力端子 51 におけるインダクタンス成分が抑制される。この結果、この実施形態は、高周波駆動が可能な半導体モジュール 10 を提供する。

【0125】

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る。先行する実施形態では、半導体素子 30 と第 1 放熱部材 41 とは、接合部材 70 だけによって接合されている。この場合、接合部材 70 の厚さが小さいと、成形工程における樹脂部材 20 の流動が阻害される場合がある。また、接合部材 70 の厚さは、半導体素子 30 の傾きを許容することがあり、電氣的な絶縁性が損なわれる場合がある。この実施形態では、半導体素子 30 と第 1 放熱部材 41 との間には、接合部材 70 に加えて、所定の厚さを有するスペーサ部材 D 77 が配置されている。ひとつの観点では、この実施形態は、樹脂部材 20 によって適切に成形された半導体モジュール 10 を提供する。別の観点では、この実施形態は、接合部材 70 の厚さを抑制し、半導体素子 30 の傾きが抑制された半導体モジュール 10 を提供する。

【0126】

図 17 において、半導体モジュール 10 は、半導体素子 30 と第 1 放熱部材 41 との間に、接合部材 70 とスペーサ部材 D 77 とを有する。スペーサ部材 D 77 は、高い導電性を有し、かつ、高い熱伝導性を有する材料によって提供されている。この実施形態では、スペーサ部材 D 77 は、銅製、または、アルミニウム製の金属板によって提供されている。スペーサ部材 D 77 は、半導体素子 30 と第 1 放熱部材 41 との間の第 1 接合部材 71 の中に設けられている。スペーサ部材 D 77 は、半導体素子 30 に対するターミナル部材

とも呼ばれる場合がある。第1接合部材71は、半導体素子30の電力パッド33とスペーサ部材D77との間に位置する第1層71cと、スペーサ部材D77と第1放熱部材41との間に位置する第2層71dとを含む。スペーサ部材D77は、第1接合部材71を、第1層71cと第2層71dとに区画しているともいえる。なお、第1層71cと第2層71dとは、スペーサ部材D77の側面において連続していてもよい。

【0127】

スペーサ部材D77は、半導体素子30と第1放熱部材41との間の距離を所定値以上に調節する。所定値は、成形工程における樹脂部材20の流動性を良好に維持する程度の隙間である。所定値以上の隙間が提供されることにより、樹脂部材20は、半導体素子30と第1放熱部材41との間の隙間にまで流入することができる。例えば、樹脂部材20は、配線部材80の第1接合部80aの近傍に流入することができる。この結果、樹脂部材20におけるボイドの生成が抑制され、樹脂部材20が適切に成形される。適切に成形された樹脂部材20は、複数の部品を所定の位置に安定的に支持、固定する。また、適切に成形された樹脂部材20は、求められる電氣的な絶縁性を提供する。

10

【0128】

スペーサ部材D77は、半導体素子30と第1放熱部材41との間における接合部材70の厚さを抑制する。第1接合部材71の厚さが、第1層71cの厚さと、第2層71dの厚さとに抑制される。これにより、半導体素子30の傾き、第1放熱部材41の傾きが抑制される。

【0129】

20

第14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る。先行する実施形態では、配線部材80は、樹脂層81、83と、金属層82とによって形成されている。配線部材80は、成形工程において変形する場合がある。配線部材80は、例えば、接合部80a、80bに残留応力が生じるような反り変形を生じることがある。また、柔軟な配線部材80は、成形工程における変形によって、意図しない電気絶縁性の悪化をきたす場合がある。この実施形態では、所定の形状を維持する程度の可塑変形を生じるように付加金属層E90を備える配線部材E80が使用されている。付加金属層E90は、可逆的な可塑性の変形によって変形可能な柔軟性を有しながら、所定の形状を維持することができる機械的な強度を配線部材E80に付与する。この実施形態は、配線部材80の意図しない変形が抑制された半導体モジュール10を提供する。

30

【0130】

図18は、第1接合部80aにおける拡大された断面図を示す。配線部材80は、配線部材E80によって提供されている。半導体素子30は、信号パッド35を有する。金属層82は、第1接合部80aにおいて、信号パッド35と接合されている。図中には、金属層82と信号パッド35とを接合する接合手段E70が三角形の記号によって図示されている。接合手段E70は、金属層82の電氣的な接続のために利用可能な種々の接合手段を含む。接合手段E70は、先行する実施形態に記載の接合部材70を含む。接合手段E70は、レーザ溶接、電気溶接などの溶接接合を含む。

【0131】

40

配線部材E80は、樹脂層81、82と、通電部材としての金属層82に加えて、さらに、付加金属層E90を備える。付加金属層E90は、配線部材E80に対して付加的に設けられている。付加金属層E90は、例えばステンレス製である。付加金属層E90は、樹脂層83に接着されている。付加金属層E90は、樹脂層83の表面にのみ位置しており、金属層82の露出部分には付加されていない。付加金属層E90は、信号経路としての金属層82から電氣的に絶縁されている。付加金属層E90を覆うように樹脂層が付加的に設けられていてもよい。

【0132】

付加金属層E90は、可逆的に可塑性の変形が可能な剛性を有している。この結果、配線部材E80は、信号端子61より柔軟に変形可能ではあるが、成形工程における樹脂部

50

材 20 の圧力下において形状を維持できる程度の剛性を有している。配線部材 E 80 は、成形工程における変形を抑制する。この結果、第 1 接合部 80 a または第 2 接合部 80 b における反り変形が抑制される。反り変形の抑制は、第 1 接合部 80 a または第 2 接合部 80 b における接合を不安定化し、または、接合を破壊する可能性のある応力を抑制する。この結果、この実施形態は、高い信頼性を有する半導体モジュール 10 を提供する。

【0133】

配線部材 E 80 は、半導体素子 30 の表面から離れる方向へ湾曲するように変形させられている。図中には、比較例の配線部材 E 80 c が破線によって図示されている。比較例の配線部材 E 80 c は、平板状である。比較例の配線部材 E 80 c は、半導体素子 30 の表面に接触して配置される。この場合、比較例の配線部材 E 80 c は、絶縁破壊を生じる可能性がある。半導体素子 30 の表面から離れる方向へ湾曲した形状を提供する配線部材 E 80 は、絶縁破壊の可能性を抑制することができる。例えば、配線部材 E 80 の湾曲形状は、配線部材 E 80 と半導体素子 30 の表面との間の隙間に樹脂部材 20 が流入することを可能とする。隙間に流入した樹脂部材 20 は、絶縁破壊の可能性を抑制する。

10

【0134】

第 15 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る。先行する実施形態では、配線部材 E 80 は、可塑変形を生じる付加金属層 E 90 を備える。配線部材 E 80 が使用される場合、配線部材 E 80 の端面は半導体素子 30 の近傍に配置される。この場合、半導体素子 30 に流れる大電流の影響により、金属層 82 にノイズが生じるおそれがある。この実施形態は、付加金属層 E 90 を電磁的なノイズに対するシールド層として利用する。

20

【0135】

図 19 において、配線部材 80 は、配線部材 E 80 によって提供されている。付加金属層 E 90 は、信号経路のための金属層 82 と重複するように配置されている。付加金属層 E 90 は、配線部材 E 80 の板状範囲の全域に渡って広がっている。配線部材 E 80 は、付加金属層 E 90 を電気的に接地する接地部材 F 91 を備える。接地部材 F 91 の限定的ではない一例は、付加金属層 E 90 を半導体素子 30 の基準電位に接地する。半導体素子 30 が基準電位の信号パッド 35 を備える場合、接地部材 F 91 は、付加金属層 E 90 を基準電位の信号パッド 35 に接地する。基準電位は、SW 素子が IGBT である場合にはケルビンエミッタ電位 (KE 電位) であり、SW 素子が MOSFET である場合にはケルビンソース電位 (KS 電位) によって与えられる。付加金属層 E 90 は、金属層 82 に対する電磁的なシールド層として機能する。付加金属層 E 90 は、配線部材 E 80 に含まれる金属層 82 に関連するノイズを抑制する。この結果、この実施形態によると、ノイズが抑制された半導体モジュール 10 が提供される。

30

【0136】

第 16 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る。先行する実施形態では、信号パッド 35 と金属層 82 との間、または、信号端子 61 と金属層 82 との間に接合部材 70 が配置された後に接合工程が実施される。この場合、接合部材 70 の容積を正確に管理することが困難であった。接合部材 70 の容積が適量に対して不足する場合、接合不良を生じる。接合部材 70 の容積が適量に対して過剰である場合、意図しない接合が生じる場合がある。また、配置された接合部材 70 が、接合工程の前に漏れる場合もある。この実施形態は、第 1 接合部 80 a、および／または、第 2 接合部 80 b における接合部材 70 の容積を確実に容易に管理することを可能とする。

40

【0137】

図 20 において、配線部材 80 は、配線部材 G 80 によって提供されている。図は、配線部材 G 80 に関連する第 3 接合工程、および／または、第 4 接合工程を示す製造方法における中間状態を示している。中間製品 10 a は、製造方法において使用される治具 G 92 に設置され、保持されている。治具 G 92 は、接合部材 70 を溶融させる溶融炉内に位

50

置づけることができるホルダ、または、中間製品 10 a を搬送する搬送器によって提供される。中間製品 10 a は、第 2 放熱部材 42 と、第 2 放熱部材 42 に第 2 接合部材 72 によって接合された半導体素子 30 とを備える。さらに、中間製品 10 a は、電力端子 51 と、信号端子 61 とを備える。電力端子 51 と信号端子 61 とは、治具 G92 に保持されている。中間製品 10 a は、さらに、配線部材 G80 を備える。配線部材 G80 は、配線部材 G80 と半導体素子 30 とに設けられたアライメントマークを用いて規定の位置に配置され、保持されている。アライメントマークは、半導体素子 30 の信号パッド 35 の近傍に設けることができる。

【0138】

配線部材 G80 は、半導体素子 30 に面する第 1 表面 G80 f と、第 1 表面 G80 f とは反対側の第 2 表面 G80 g とを有している。配線部材 G80 は、第 1 接合部 80 a において、第 3 接合部材 G73 を重力方向の上から供給可能な開口部 G80 h を有する。配線部材 G80 は、第 2 接合部 80 b において、第 4 接合部材 G74 を重力方向の上から供給可能な開口部 G80 i を有する。

10

【0139】

図 21 は、この実施形態における配線部材 G80 を示す平面図である。配線部材 G80 は、第 1 接合部 80 a において、開口部 G80 h と、開口部 G80 h に露出する金属層 82 とを有している。金属層 82 は、開口部 G80 h との間に、連通部としての隙間 G93 を有する。上方から供給された第 3 接合部材 G73 の一部は、隙間 G93 を通過して、金属層 82 と信号パッド 35 とを接合する。金属層 82 は、開口部 G80 h に連通し、かつ、金属層 82 の両面に開口する連通部としての穴 G94 を有する。上方から供給された第 3 接合部材 G73 の一部は、穴 G94 を通過して、金属層 82 と信号パッド 35 とを接合する。図示されるように、隙間 G93 と穴 G94 とは、いずれか一方だけが設けられていてもよい。いずれの構成においても、開口部 G80 h において金属層 82 の表裏を連通する連通部が提供されている。

20

【0140】

配線部材 G80 は、第 2 接合部 80 b において、開口部 G80 i と、開口部 G80 i に露出する金属層 82 とを有している。金属層 82 は、開口部 G80 i との間に、連通部としての隙間 G93 を有する。上方から供給された第 4 接合部材 G74 の一部は、隙間 G93 を通過して、金属層 82 と信号端子 61 とを接合する。金属層 82 は、開口部 G80 i に連通し、かつ、金属層 82 の両面に開口する連通部としての穴 G94 を有する。上方から供給された第 4 接合部材 G74 の一部は、穴 G94 を通過して、金属層 82 と信号端子 61 とを接合する。図示されるように、隙間 G93 と穴 G94 とは、いずれか一方だけが設けられていてもよい。いずれの構成においても、開口部 G80 i において金属層 82 の表裏を連通する連通部が提供されている。

30

【0141】

図 20 に戻り、接合工程において、第 3 接合部材 G73 の重力方向の上からの供給は、溶融状態にある第 4 接合部材 G74 を滴下する製造方法によって実施することができる。第 3 接合部材 G73 は、滴下された後に、連通部を通して、金属層 82 と信号パッド 35 との間に流入し、それらを接合し、硬化する。接合工程において、第 4 接合部材 G74 の重力方向の上からの供給は、溶融状態にある第 4 接合部材 G74 を滴下する製造方法によって実施することができる。第 4 接合部材 G74 は、滴下された後に、連通部を通して、金属層 82 と信号端子 61 との間に流入し、それらを接合し、硬化する。

40

【0142】

接合工程は、供給工程と、加熱工程とを含む場合がある。供給工程では、ペースト状、または、固形状の第 3 接合部材 G73 が重力方向の上から開口部 G80 h に供給される。加熱工程では、第 3 接合部材 G73 を溶融させる。これにより、第 3 接合部材 G73 は、連通部を通して、金属層 82 と信号パッド 35 との間に流入し、それらを接合し、硬化する。供給工程では、ペースト状、または、固形状の第 4 接合部材 G74 が重力方向の上から開口部 G80 i に供給される。加熱工程では、第 4 接合部材 G74 を溶融させる。これ

50

により、第４接合部材Ｇ７４は、連通部を通して、金属層８２と信号端子６１との間に流入し、それらを接合し、硬化する。

【０１４３】

この実施形態によると、第３接合部材Ｇ７３または第４接合部材Ｇ７４は、重力方向の上から開口部Ｇ８０ｈまたは開口部Ｇ８０ｉに供給することができる。これにより、容積の管理が容易に実行可能となる。

【０１４４】

第１７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る。先行する実施形態では、配線部材８０は、溶融後に硬化した接合部材７０によって接合されている。これに代えて、この実施形態は、接合手段として接触型の溶接方法を採用する。

【０１４５】

図２２において、配線部材８０は、配線部材Ｈ８０によって提供されている。中間製品１０ａは、製造方法において使用される治具Ｈ９２に設置され、保持されている。治具Ｈ９２は、配線部材Ｈ８０の金属層８２を、信号パッド３５および信号端子６１に溶接するために適したホルダ、または、中間製品１０ａを搬送する搬送器によって提供される。金属層８２の溶接は、溶接器具Ｈ７３、Ｈ７４によって実行される。溶接器具Ｈ７３、Ｈ７４は、物理的な接触を伴う溶接器具である。溶接が超音波溶接である場合、溶接器具Ｈ７３、Ｈ７４は、超音波発振器とホーンとによって提供される。超音波溶接は、金属層８２と信号パッド３５とを溶接する。超音波溶接は、金属層８２と信号端子６１とを溶接する。溶接が電気溶接である場合、溶接器具Ｈ７３、Ｈ７４は、溶接電極によって提供される。治具Ｈ９２は、溶接電流を流す電流経路を提供する。電気溶接は、金属層８２と信号パッド３５とを溶接する。電気溶接は、金属層８２と信号端子６１とを溶接する。

【０１４６】

第１８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る。先行する実施形態では、配線部材８０は、溶融後に硬化した接合部材７０によって接合されている。これに代えて、この実施形態は、接合手段として非接触の溶接方法を採用する。

【０１４７】

図２３において、配線部材８０は、配線部材Ｉ８０によって提供されている。中間製品１０ａは、製造方法において使用される治具Ｉ９２に設置され、保持されている。治具Ｉ９２は、配線部材Ｉ８０の金属層８２を、信号パッド３５および信号端子６１に溶接するために適したホルダ、または、中間製品１０ａを搬送する搬送器によって提供される。金属層８２の溶接は、溶接器具Ｉ７３、Ｉ７４から供給される高エネルギーの供給によって実行される。溶接器具Ｉ７３、Ｉ７４は、物理的な接触を伴わない非接触の溶接器具である。溶接がレーザ溶接である場合、溶接器具Ｉ７３、Ｉ７４は、レーザ発振器とレーザガイドとによって提供される。レーザ溶接は、金属層８２と信号パッド３５とを溶接する。レーザ溶接は、金属層８２と信号端子６１とを溶接する。

【０１４８】

第１９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る。先行する実施形態では、半導体素子３０は、接合部材７０だけで接合される場合がある。接合部材７０は、溶融後に硬化する材料である。このため、半導体素子３０が傾斜状態で固定される場合がある。半導体素子３０の傾斜は、電気絶縁性の低下、または、伝熱性の低下が懸念される。この実施形態は、放熱部材４０に対する半導体素子３０の傾きを抑制することにより、所期の電氣的な特性を備える半導体モジュール１０を提供する。

【０１４９】

図２４において、半導体素子３０と放熱部材４０との間の接合部材７０の中には、半導体素子３０の傾きを抑制する傾き抑制部材Ｊ７６が配置されている。傾き抑制部材Ｊ７６は、高い導電性と高い熱伝導性とを有する金属ボール等によって提供することができる。

金属ボールは、銅製、ニッケル製などによって提供することができる。これら金属ボールは、接合部材 70 の溶融、硬化を妨げることがない。図示の例では、傾き抑制部材 J 76 は、第 1 接合部材 71、第 2 接合部材 72、第 3 接合部材 73、第 4 接合部材 74 に設けられている。傾き抑制部材 J 76 は、半導体素子 30 の傾きを抑制する観点では、第 1 接合部材 71、および／または、第 2 接合部材 72 に設けられることが好ましい。傾き抑制部材 J 76 は、接合部材 70 の厚さを所定の範囲に調節するから、厚さ設定部材とも呼ぶことができる。

【0150】

傾き抑制部材 J 76 の限定的ではない一例は、この実施形態において説明されている金属ボールによって提供される。傾き抑制部材 J 76 の限定的ではない一例は、半導体素子 30 の外側に配置された配線部材 80 によって提供することができる。この場合、配線部材 80 は、半導体素子 30 を囲む額縁状部分を備えることができる。傾き抑制部材 J 76 の限定的ではない一例は、放熱部材 40 から半導体素子 30 に向けて部分的に突出する凸部によって提供することができる。この場合、放熱部材 40 は複数の凸部を備えることができる。傾き抑制部材 J 76 は、例えば、放熱部材 40 から半導体素子 30 へ向けて突出するスタッドボンディングによって提供される。傾き抑制部材 J 76 の限定的ではない一例は、放熱部材 40 のうち、半導体素子 30 の外周部分に対応して設けられた溝によって提供できる。傾き抑制部材 J 76 の限定的ではない一例は、放熱部材 40 の半導体素子 30 に面する表面に配置された絶縁膜によって提供できる。

【0151】

図 9 または図 14 に図示される配線部材 80 は、傾き抑制部材 J 76 としても有効である。これらの例では、配線部材 80 は、半導体素子 30 を囲むように位置づけられることにより、接合部材 70 の厚さを規定する。よって、これらの例における配線部材 80 は、傾き抑制部材 J 76 として作用する。

【0152】

第 20 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る。この実施形態は、傾き抑制部材の一例を示している。

【0153】

図 25 において、半導体素子 30 は、少なくとも一方の表面に傾き抑制部材 K 76 を備える。傾き抑制部材 K 76 は、放熱部材 40 に対する半導体素子 30 の傾きを抑制する。傾き抑制部材 K 76 は、半導体素子 30 の少なくとも一方の表面に形成されたスタッドボンディングによって提供されている。スタッドボンディングは、半導体素子 30 の表面に導電性の凸部を提供する。スタッドボンディングは、スタッドバンプとも呼ばれる場合がある。スタッドボンディングは、金、銅、アルミニウムなどの金属製である。

【0154】

図示の例では、半導体素子 30 は、その両方の表面に複数の傾き抑制部材 K 76 を備える。傾き抑制部材 K 76 は、一方の表面では、第 1 接合部材 71 の中に位置するように形成されている。傾き抑制部材 K 76 は、例えば、電力パッド 33 の範囲内に形成され、半導体素子 30 から第 1 放熱部材 41 へ向けて突出する複数のスタッドボンディングによって提供される。傾き抑制部材 K 76 は、他方の表面では、第 2 接合部材 72 の中に位置するように形成されている。傾き抑制部材 K 76 は、例えば、電力パッド 34 の範囲内に形成され、半導体素子 30 から第 2 放熱部材 42 へ向けて突出する複数のスタッドボンディングによって提供される。

【0155】

製造方法の接合工程において、半導体素子 30 の側面など電力パッド 33、34 以外の部分と、放熱部材 40 との過剰な接近は、意図しない絶縁状態の悪化、または、破壊を生じる場合がある。半導体素子 30 に接する接合部材 70 の厚さが部分的に、または、全体的に、所定の最低厚さより小さくなる場合、上記過剰な接近が懸念される。

【0156】

この実施形態によると、接合部材 70 が溶融状態にあるときに、傾き抑制部材 K 76 は、放熱部材 40 に対する半導体素子 30 の傾きを抑制する。別の観点では、傾き抑制部材 K 76 は、接合部材 70 の厚さを規定する厚さ規定部材とも呼ばれる。さらに、傾き抑制部材 K 76 は、接合部材 70 の中に位置づけられている。傾き抑制部材 K 76 は、溶融状態の接合部材 70 に対して馴染みやすく、接合部材 70 と接合しやすい金属製である。このため、傾き抑制部材 K 76 は、製造方法の接合工程において、半導体素子 30 の表面から接合部材 70 が流れ去ることを阻止する。言い換えると、傾き抑制部材 K 76 は、半導体素子 30 の表面の上、および／または、下に接合部材 70 を留めおくように作用する。この観点では、傾き抑制部材 K 76 は、接合部材 70 の流動を抑制する流動抑制部材とも呼ばれる。

10

【0157】

製造方法の接合工程において、接合部材 70 が溶融状態にあるときに、傾き抑制部材 K 76 は、半導体素子 30 に接する接合部材 70 の厚さが所定の最低厚さより小さくなることを抑制する。この結果、半導体素子 30 の傾きが抑制される。言い換えると、半導体素子 30 の側面など電力パッド 33、34 以外の部分が放熱部材 40 に過剰に接近する事態が抑制される。

【0158】

第 21 実施形態

この実施形態は、先行する実施形態を基礎的な形態とする変形例である。先行する実施形態では、配線部材 80 は、半導体素子 30 における信号パッド 35 と信号端子 61 とを電氣的に接続している。製造方法において、配線部材 80 を信号パッド 35 を基準に位置決めする場合がある。この場合、半導体素子 30、信号端子 61、および配線部材 80 などの位置ずれ、寸法誤差などに起因して、信号端子 61 と配線部材 80 とが意図した位置関係に位置づけられない場合がある。また、逆の場合も想定される。製造方法において、配線部材 80 を信号端子 61 を基準に位置決めする場合がある。この場合、半導体素子 30、信号端子 61、および配線部材 80 などの位置ずれ、寸法誤差などに起因して、信号パッド 35 と配線部材 80 とが意図した位置関係に位置づけられない場合がある。特に、複数の信号パッド 35 が相対的に小さいパッドピッチによって配置されている場合、上記問題が顕著となる。この実施形態は、第 1 接合部 80a における開口部 L 80h を、第 2 接合部 80b における開口部 L 80i より小さく形成している。この形状は、相対的に小さいパッドピッチを可能としながら、部品の位置ずれ、寸法誤差を許容することを可能とする。これにより、部品の位置ずれ、寸法誤差を含む誤差成分を許容しながら、配線部材 80 による電氣的な接続の形成を可能とする半導体モジュール 10 が提供される。

20

30

【0159】

図 26 において、この実施形態は、図 6 の実施形態を基礎的な形態とする変形例である。配線部材 80 は、配線部材 L 80 によって提供されている。配線部材 L 80 は、信号パッド 35a、35b と、金属層 82 とを接合するための開口部 L 80h を備える。配線部材 L 80 は、信号端子 61 と、金属層 82 とを接合するための開口部 L 80i を備える。開口部 L 80h、L 80i は、樹脂層 81、83 に設けられた窓部であって、金属層 82 の一部を露出させている。開口部 L 80h、L 80i は、穴として提供されている。開口部 L 80h、L 80i は、切欠部として提供されていてもよい。開口部 L 80h の面積 A_h は、開口部 L 80i の面積 A_i より小さい ($A_h < A_i$)。面積 A_h と面積 A_i との差は、接合工程における複数の部品の誤差成分を許容して、第 2 接合部 80b における接合を可能とする。ここで、開口部 L 80i の形状は、誤差成分に応じて設定されている。例えば、誤差成分が Y 方向の誤差成分を多く含む場合、開口部 L 80i の形状は、Y 方向に長手方向をもつ形状に設定される。また、例えば、誤差成分が Z 方向の誤差成分を多く含む場合、開口部 L 80i の形状は、Z 方向に長手方向をもつ形状に設定される。なお、誤差成分として、配置工程における部品の位置ずれ、および／または、準備工程における部品の寸法誤差を想定することができる。

40

【0160】

50

製造方法の配置工程は、第1接合部80aを複数の信号パッド35a、35bに一致させるように実行される。すなわち、配線部材L80の開口部L80hが信号パッド35a、35bに正確に位置決めされるように配置工程が実行される。この結果、配置工程の後に接合工程が実行されると、パッドピッチが小さい場合であっても、複数の信号パッド35a、35bと、複数の金属層82とを接合することができる。さらに、配置工程においては、第2接合部80bが、複数の信号端子61の近傍に配置される。このとき、相対的に面積が大きい開口部L80iをもつ第2接合部80bは、誤差成分があっても、複数の信号端子61に一致するように配置される。このとき、面積が大きい開口部L80iは、誤差成分を許容して、複数の信号端子61と複数の金属層82とを互いに接合可能な位置関係に位置づける。例えば、開口部L80iの範囲内に、単一の信号端子61が位置づけられる。これにより、配置工程の後に接合工程が実行されると、誤差成分があっても、その誤差成分を許容して、複数の信号端子61のそれぞれと、複数の金属層82のそれぞれとの間における複数の接合部分が形成される。

10

【0161】

この実施形態によると、誤差成分があっても、配線部材L80によって、複数の信号パッド35a、35bと複数の信号端子61との間における複数の電氣的な接続を提供することができる。特に、この実施形態は、複数の信号パッド35a、35bが小さいパッドピッチを有する場合であっても、複数の信号パッド35a、35bにおける接合を高い位置的な精度をもって実行することができる。この構成は、例えば、小さいパッドピッチによって半導体素子30の素子としての活性領域を相対的に大きくする場合に有効である。

20

【0162】

第22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る。先行する実施形態では、配線部材80は、電氣的な接続のための金属層82を備える。配線部材80は、配置工程、接合工程、および、成形工程のそれぞれにおいて柔軟に変形する場合がある。その一方で、配線部材80が過度に変形する場合、意図しない電氣的な絶縁性の低下を生じる場合がある。別の観点では、配線部材80の変形量が意図した変形量を下回る場合も、望ましい電氣的な特性が得られない事態が懸念される。この実施形態は、配線部材80に適度な剛性を付与する。これにより、配線部材80の過度の変形が抑制される。別の観点では、この実施形態は、配線部材80の部位ごとに異なる剛性を付与する。これにより、配線部材80のひとつの部位では望ましい変形を生じさせ、他の部位では変形を抑制することを可能とする。

30

【0163】

図27において、配線部材80は、配線部材M80によって提供されている。配線部材M80は、電氣的な接続のための金属層82を備える。さらに、配線部材M80は、金属層82の片側、金属層82の両側、または、複数の金属層82の間に、付加金属層M95、M96を備える。付加金属層M95、M96は、それらを備えない配線部材80に比べて、配線部材M80の剛性を高める。

【0164】

配線部材M80は、配線部材M80の一部にのみ付加金属層を備え、残部に備えない場合がある。限定的ではない一例として、付加金属層M95が図示されている。付加金属層M95は、第1接合部80a、および／または、第2接合部80bだけに配置されている。この場合、付加金属層M95は、第1接合部80a、および／または、第2接合部80bにおける配線部材M80の剛性を、それ以外の部分における配線部材M80の剛性より高く調節する。第1接合部80a、および／または、第2接合部80bだけにおける配線部材M80の高い剛性は、第1接合部80a、および／または、第2接合部80bにおける、配置工程の位置決めの正確さを向上させる。また、第1接合部80a、および／または、第2接合部80bだけにおける配線部材M80の高い剛性は、接合工程の確実さを向上させる。結果的に、第1接合部80a、および／または、第2接合部80bだけにおける配線部材M80の高い剛性は、接合部分の信頼性を向上し、半導体モジュール10の信

40

50

頼性を向上する。

【0165】

配線部材M80は、金属層82と平行に付加金属層を備える場合がある。限定的ではない一例として、付加金属層M96が図示されている。付加金属層M96は、配線部材M80の剛性を、第1接合部80aと第2接合部80bとの間の全域にわたって高く調節する。

【0166】

この実施形態は、ひとつの観点では、望ましい剛性を備えた配線部材M80を提供する。この実施形態は、別の観点では、部分的に剛性が異なる配線部材M80を提供する。これらの構成は、配線部材M80の変形を計画的に設定することを可能とする。この結果、この実施形態は、配線部材M80に関連する信頼性が高い半導体モジュール10を提供する。

10

【0167】

第23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る。先行する実施形態では、配線部材80は、互いに等間隔に配置された複数の金属層82を備える。配線部材80における複数の金属層82の形状は、信号経路におけるインダクタンス成分に影響を与える。この実施形態の配線部材N80は、インダクタンス成分を抑制するように接近配置された信号線N82g、N82sを備える。この実施形態は、スイッチング速度を高速化することが可能な半導体モジュール10を提供する。

【0168】

図28において、配線部材80は、配線部材N80によって提供されている。配線部材N80は複数の金属層82を備える。複数の金属層82は、駆動信号線N82gを提供する金属層82と、基準電位信号線N82sを提供する金属層82を備える。半導体素子30がMOSFETを提供する場合、駆動信号線N82gは、ゲート線である。この場合、基準電位信号線N82sは、ソース線である。半導体素子30がIGBTを提供する場合、駆動信号線N82gは、ベース線である。この場合、基準電位信号線N82sは、エミッタ線である。半導体素子30のスイッチング動作の高速化を図る場合、駆動信号線と基準電位信号線とを含むループ回路のインダクタンスが高速化を妨げる。特に、高速化が期待されるSiC製の半導体素子30の場合、信号経路におけるインダクタンスの抑制は重要な課題である。

20

30

【0169】

複数の金属層82は、第1接合部80aにおいて、複数の信号パッドのパッドピッチ P_p を提供するように配置されている。複数の金属層82は、第2接合部80bにおいて、複数の信号端子61の端子ピッチ P_i を提供するように配置されている。さらに、駆動信号線N82gと基準電位信号線N82sとは、第1接合部80aと第2接合部80bとの間において、線間ピッチ P_n を形成するように配置されている。線間ピッチ P_n は、端子ピッチ P_i より小さい($P_i > P_n$)。線間ピッチ P_n は、パッドピッチ P_p より小さい($P_p > P_n$)。駆動信号線N82gと基準電位信号線N82sとの少なくとも一方は、他方へ接近するように推移して、線間ピッチ P_n を形成するように、Y-Z平面において迂回状に配置されている。この実施形態では、駆動信号線N82gと基準電位信号線N82sとの両方が互いに接近するように迂回状に配置されている。駆動信号線N82gと基準電位信号線N82sとの両方は、2つの信号線の間位置する中間線CTLに対して互いに線対称となるように配置されている。迂回状の配置は、第1接合部80aの近傍において斜めに延びる斜行部と、第1接合部80aと第2接合部80bとの間において直線状に延びる直線部と、第2接合部80bの近傍において斜めに延びる斜行部とを含む形状によって提供されている。

40

【0170】

この実施形態では、線間ピッチ P_n は、駆動信号線N82gと基準電位信号線N82sとの相互インダクタンス M を大きくする。相互インダクタンス M は、線間ピッチが端子ピッチ P_i またはパッドピッチ P_p に等しい場合よりも大きくなる。これにより、駆動信号

50

線 N 8 2 g と基準電位信号線 N 8 2 s とが形成するループ回路のインダクタンス成分が減少する。

【0171】

さらに、駆動信号線 N 8 2 g と基準電位信号線 N 8 2 s とは、樹脂層 8 1、8 3 によって固定された金属層 8 2 によって提供されている。よって、駆動信号線 N 8 2 g と基準電位信号線 N 8 2 s との距離はワイヤボンディングに比べて変動しにくい。このため、信号線のインダクタンスが安定し、その結果、半導体素子 3 0 が提供する SW 素子は、安定的に高速動作が可能となる。

【0172】

第 2 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る。先行する実施形態では、駆動信号線 N 8 2 g と基準電位信号線 N 8 2 s とは、相互インダクタンス M を大きくすることにより、ループ回路のインダクタンスを抑制するに留まる。この実施形態では、さらに、ループ回路のインダクタンスを減少させるように、駆動信号線 N 8 2 g と基準電位信号線 N 8 2 s とが、電気的には並列接続されている複数の金属層の積層体によって提供されている。この実施形態でも、スイッチング速度を高速化することが可能な半導体モジュール 1 0 が提供される。

【0173】

図 2 9 において、配線部材 8 0 は、配線部材 o 8 0 によって提供されている。駆動信号線 o 8 2 g と、基準電位信号線 o 8 2 s とは、電気的に並列に接続された複数の金属層の積層体によって提供されている。駆動信号線 N 8 2 g と基準電位信号線 N 8 2 s とのそれぞれは、配線部材 8 0 の厚さ方向 X に関して積層的に配置された複数の金属層 8 2 を含む。複数の金属層 8 2 は、第 1 接合部 8 0 a および第 2 接合部 8 0 b において並列に接続されている。図示は、限定的ではない一例として、3 層の金属層 8 2 が図示されている。例えば、駆動信号線 o 8 2 g は、金属層 o 8 2 p、金属層 o 8 2 q、および金属層 o 8 2 r の積層体によって提供されている。複数の金属層 o 8 2 p、o 8 2 q、o 8 2 r は、樹脂層 8 1、8 3 が提供する絶縁層によって距離 G p だけ離れて積層されている。同様に、基準電位信号線 o 8 2 s も 3 層の金属層の積層体によって提供されている。さらに、この実施形態では、駆動信号線 o 8 2 g を提供する複数の金属層の積層体と、基準電位信号線 o 8 2 s を提供する複数の金属層の積層体とが、互いに線間ピッチ P n を形成するように配置されている。

【0174】

この実施形態によると、ループ回路としてのインダクタンスを抑制することができる。インダクタンスを抑制するひとつの構成は、駆動信号線 o 8 2 g と基準電位信号線 o 8 2 s とを線間ピッチ P n に接近させる構成である。これにより、駆動信号線 o 8 2 g と基準電位信号線 o 8 2 s との相互インダクタンスを大きくすることにより、ループ回路のインダクタンスが抑制される。インダクタンスを抑制する他の構成は、駆動信号線 o 8 2 g と基準電位信号線 o 8 2 s とのそれぞれを電気的に並列な複数の金属層の積層体によって提供する構成である。これにより、駆動信号線 o 8 2 g 自身のインダクタンスと、基準電位信号線 o 8 2 s 自身のインダクタンスとの両方が抑制される。この結果、この実施形態では、半導体素子 3 0 が提供する SW 素子を高速動作させることができる。

【0175】

なお、この実施形態において、駆動信号線 o 8 2 g と基準電位信号線 o 8 2 s とを接近させることなく配置してもよい。この場合も、金属層の積層体がインダクタンスを抑制する。

【0176】

第 2 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る。図 9 に図示される実施形態では、凹部 6 8 6 は、少なくともひとつの樹脂層の厚さを有している。この実施形態では、配線部材 P 8 0 は、単一の樹脂層 8 1 によって形成されている。配線部材 P

10

20

30

40

50

８０は、樹脂層８１の一部だけによって凹部８６を区画している。凹部８６は、凹部Ｐ８６ａと、凹部Ｐ８６ｂとを含む。この実施形態でも、凹部Ｐ８６ａ、Ｐ８６ｂは、接合工程において、過剰な接合部材７０の侵入を許容する。この結果、過剰な接合部材７０に起因する性能低下が抑制された半導体モジュール１０が提供される。

【０１７７】

図３０において、半導体モジュール１０は、配線部材Ｐ８０を備える。配線部材８０は、配線部材Ｐ８０によって提供されている。配線部材Ｐ８０は、半導体素子３０と第１放熱部材４１との間に配置されている。配線部材Ｐ８０は、信号パッド３５と信号端子６１とを電氣的に接続する金属層８２を備える。配線部材Ｐ８０は、単一の樹脂層８１によって形成されている。樹脂層８１は、第１接合部材７１のための開口部Ｐ８５を区画している。開口部Ｐ８５は、接合工程において、流動状態にある第１接合部材７１の形状を区画し、第１接合部材７１が再び硬化する際の形状を規定する成形壁として機能する。第１接合部材７１は、多角柱状である。

【０１７８】

樹脂層８１は、開口部Ｐ８５に開口しており、開口部Ｐ８５に連通している凹部Ｐ８６ａを備える。樹脂層８１は、開口部Ｐ８５に開口しており、開口部Ｐ８５に連通している凹部Ｐ８６ｂを備える。凹部Ｐ８６ａと、凹部Ｐ８６ｂとは、開口部Ｐ８５に向けて異なる位置に開口している。凹部Ｐ８６ａと、凹部Ｐ８６ｂとは、互いに対向して開口するように位置づけられている。

【０１７９】

図３１は、樹脂部材２０が除去された状態における、図３０のＸＸＸⅠ－ＸＸＸⅠ線の部分断面図である。配線部材Ｐ８０が区画する開口部Ｐ８５は、多角柱状である。図示の例では、四角柱状、または、四辺形柱状と呼ぶことができる開口部Ｐ８５が区画されている。凹部Ｐ８６ａと、凹部Ｐ８６ｂとは、開口部Ｐ８５を区画する複数の壁面のうち、異なる壁面に配置されている。凹部Ｐ８６ａ、８６ｂの少なくともひとつは、開口部Ｐ８５を区画する壁面のＹ方向（幅方向）のほぼ全幅にわたって開口している。これに代えて、凹部Ｐ８６ａ、８６ｂの少なくともひとつは、開口部Ｐ８５を区画する壁面の全幅のうちの一部だけに開口していてもよい。凹部Ｐ８６ａ、８６ｂは、Ｙ方向にだけ細長く延びることにより、Ｙ方向に長手方向をもつ溝状に形成されている。

【０１８０】

凹部Ｐ８６ａと、凹部Ｐ８６ｂとは、開口部Ｐ８５を囲み、かつ、互いに対向している壁面に配置されている。凹部Ｐ８６ａと、凹部Ｐ８６ｂとは、開口部Ｐ８５を区画する複数の壁面における、少なくともひとつ以上の壁面に形成することができる。さらに、凹部Ｐ８６ａと、凹部Ｐ８６ｂとは、開口部Ｐ８５を囲むように連続する溝状に開口してもよい。

【０１８１】

半導体モジュール１０の製造方法は、半導体素子３０と配線部材Ｐ８０と第１放熱部材４１とを積層的に配置する配置工程を有する。配置工程では、開口部Ｐ８５に第１接合部材７１が配置される。さらに、半導体モジュール１０の製造方法は、配置工程の後に、第１接合部材７１を溶融させ、再び硬化させることにより、半導体素子３０と第１放熱部材４１とを接合する接合工程を有する。接合工程において、開口部Ｐ８５は、第１接合部材７１の形状を成形する。接合工程において第１接合部材７１が適量である場合、第１接合部材７１は、凹部Ｐ８６ａ、Ｐ８６ｂに流れ込むことなく、半導体素子３０と第１放熱部材４１とを接合する。一方、過剰な量の第１接合部材７１が配置されている場合、接合工程において溶融した第１接合部材７１は、凹部Ｐ８６ａ、Ｐ８６ｂに向けて押し出されるようにして、凹部Ｐ８６ａ、Ｐ８６ｂに流入する。

【０１８２】

さらに、この実施形態では、配線部材Ｐ８０は、半導体素子３０と第１放熱部材４１との間の距離、および、平行度を規定する。このため、第１放熱部材４１に対する半導体素子３０の意図しない傾きが抑制される。配線部材Ｐ８０は、第１放熱部材４１に対する半

10

20

30

40

50

導体素子 30 の距離、および、平行度を高い精度で管理することを可能とする。この結果、電力パッド 33 および信号パッド 35 において、良好な電氣的な接続を提供することができる。

【0183】

この実施形態によると、過剰な量の第 1 接合部材 71 に起因する半導体モジュール 10 の性能低下が抑制される。この結果、過剰な第 1 接合部材 71 に起因する性能低下が抑制された半導体モジュール 10 が提供される。

【0184】

第 26 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る。先行する実施形態では、凹部 P86a、P86b は、Y 方向に長い溝状である。凹部 86 は、多様な形状によって提供することが可能である。この実施形態では、凹部 86 は、凹部 Q86 によって提供されている。凹部 Q86 は、Y 方向（幅方向）と X 方向（厚さ方向）との両方に長手方向をもつ 2 つの溝を含む。この実施形態は、凹部の開口形状の限定的ではない一例を示している。凹部は、円形、多角形、そして、図示される十字形状など多様な開口形状をもつことができる。

【0185】

図 32 において、配線部材 80 は、配線部材 Q80 によって提供されている。配線部材 Q80 は、半導体素子 30 と第 1 放熱部材 41 とに重複するように、それらの間に配置されている。配線部材 Q80 は、第 1 接合部材 71 を収容するための開口部 Q85 を区画している。さらに、配線部材 Q80 は、開口部 Q85 の壁面に凹部 Q86 を備える。

【0186】

図 33 は、図 32 の XXXIII-XXXIII 線における断面を示している。凹部 Q86 は、Y 方向に細長く延びる横溝部分と、X 方向に細長く延びる縦溝部分とを有する。なお、縦、横の呼称は便宜的なものであって、半導体モジュール 10 の設置状態を示すものではない。横溝部分は、Y 方向に長手方向を有する溝であって、細長い開口によって開口部 Q85 に連通している。縦溝部分は、X 方向に長手方向を有する溝であって、細長い開口によって開口部 Q85 に連通している。横溝部分と縦溝部分とは、交差している。横溝部分と縦溝部分とは、それらの溝部分において互いに連通している。

【0187】

第 27 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る。先行する実施形態では、凹部 Q86 は、開口部から離れる主方向、すなわち深さ方向へ真っ直ぐに延びている。この実施形態では、凹部 86 は、凹部 R86 によって提供されている。凹部 R86 は、開口部 R85 から離れる主方向に対して交差する副方向へも延びている。Y 方向（幅方向）と X 方向（厚さ方向）との両方に長手方向をもつ 2 つの溝を含む。この実施形態は、凹部の内部形状の限定的ではない一例を示している。凹部は、F 字状、T 字状、十字状など多様な分岐部をもつ内部形状、または、J 字状、L 字状など多様な曲がり部をもつ内部形状をもつことができる。

【0188】

図 34 において、配線部材 80 は、配線部材 R80 によって提供されている。配線部材 R80 は、第 1 接合部材 71 のための開口部 R85 を区画している。配線部材 R80 は、凹部 R86 を有している。凹部 R86 は、開口部 R85 の内壁面に開口している。凹部 R86 は、開口部 R85 から離れる方向へ延びている。開口部 R85 から離れる方向は、凹部 R86 の深さ方向とも呼ぶことができる。さらに、凹部 R86 は、開口部 R85 から離れた位置において、深さ方向から分岐する枝部分を有する。凹部 R86 は、ひとつまたは複数の枝部分を備えることができる。枝部分は、接合工程における姿勢に関して、重力方向の上方向へ延びる上方向枝を含む場合がある。この場合、上方向枝は、気体成分を溜める用途に適する場合がある。上方向枝に溜められた気体成分は、凹部 R86 内の圧力を調節し、凹部 R86 への接合部材 70 の流入を調節する場合がある。枝部分は、接合工程に

10

20

30

40

50

おける姿勢に関して、重力方向の下方向へ延びる下方向枝を含む場合がある。この場合、下方向枝は、流動状態の接合部材 70 を早く溜める用途に適する場合がある。下方向枝は、接合工程の早期において接合部材 70 を溜め、接合工程の後期において凹部 R 86 へ流入する接合部材 70 の量を制限する場合がある。

【0189】

第28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る。先行する実施形態では、配置工程において開口部に配置された接合部材が適量よりも不足している場合がある。この場合、接合工程の後の接合部材は、ボイドを含む場合がある。ボイドは、接合部材における電流の集中、熱の集中、伝熱量の低下、接合部材の機械的な強度低下、応力の集中などのおそれがある。これらボイドに起因する不具合は、半導体モジュール 10 の性能にも影響する場合がある。この実施形態は、接合部材の不足に起因する不具合を抑制する。この実施形態では、凹部 86 は、凹部 S 86 によって提供されている。

【0190】

図 35 において、配線部材 S 80 は、第 1 接合部材 71 のための開口部 S 85 を区画している。配線部材 S 80 は、凹部 S 86 を有している。凹部 S 86 は、予備接合部材 S 79 を収容している。予備接合部材 S 79 は、主要な第 1 接合部材 71 が適量よりも不足する場合に、半導体素子 30 と第 1 放熱部材 41 との接合に利用される。予備接合部材 S 79 は、主要な第 1 接合部材 71 の不足を補助するために予め設けられている接合部材である。予備接合部材 S 79 は、製造方法における接合工程において、第 1 接合部材 71 と混じり合い、連続する接合部材 70 を形成する場合がある。この場合、半導体モジュール 10 の完成品の状態では、凹部 S 86 の中に予備接合部材 S 79 は残留しない。稀に、半導体モジュール 10 の完成品の状態において、凹部 S 86 の中に予備接合部材 S 79 が残留する場合がある。図示の例は、予備接合部材 S 79 が残留した場合を示している。または、図示の例は、接合工程の前における溶融前の予備接合部材 S 79 を示していると解してもよい。

【0191】

予備接合部材 S 79 は、製造方法における接合工程の前に、凹部 S 86 の中に配置される。典型的な例では、予備接合部材 S 79 は、準備工程において、凹部 S 86 の中に配置される。予備接合部材 S 79 は、接合工程の前に、凹部 S 86 を埋め尽くすことがないように配置される。予備接合部材 S 79 は、接合工程の前においては、凹部 S 86 の内部に空洞を残すように配置されている。空洞は、第 1 接合部材 71 が過剰である場合に、過剰部分を収容するために利用される。予備接合部材 S 79 は、プリフォーム接合部材とも呼ばれる。接合部材 70 がハンダである場合、予備接合部材 S 79 は、プリフォームハンダとも呼ばれる。

【0192】

製造方法の準備工程、または、配置工程において、予備接合部材 S 79 は、凹部 S 86 の中に位置づけられる。予備接合部材 S 79 は、配置工程において、凹部 S 86 を通して溶融前の第 1 接合部材 71 に面するように配置される。この状態では、予備接合部材 S 79 と第 1 接合部材 71 とは、別体の接合部材 70 のかたまりである。

【0193】

接合工程の前半において、予備接合部材 S 79 と、第 1 接合部材 71 とが加熱され、溶融状態に移行する。溶融状態の予備接合部材 S 79 は凹部 S 86 内を流動することができる。同時に、第 1 接合部材 71 は凹部 S 86 の中に流入し、凹部 S 86 の中を流動することができる。流動状態の予備接合部材 S 79 と流動状態の第 1 接合部材 71 とが出会うと、予備接合部材 S 79 と第 1 接合部材 71 とが混じり合い、連続した状態に移行する。接合工程の後半において予備接合部材 S 79 および第 1 接合部材 71 が冷却されると、これらは再び硬化する。

【0194】

接合工程において、第 1 接合部材 71 が適量よりも不足している場合、予備接合部材 S

79は、第1接合部材71の不足を補う。この結果、半導体素子30と第1放熱部材41との間に良好な接合状態が形成される。一方、第1接合部材71が過剰である場合、過剰部分は凹部S86に流入する。この結果、半導体素子30と第1放熱部材41との間に良好な接合状態が形成される。このように、この実施形態によると、第1接合部材71が過剰である場合でも、不足している場合でも、良好な接合状態を形成することができる。

【0195】

第29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る。先行する実施形態では、凹部86は第1接合部材71を収容する開口部に開口するように設けられている。凹部86は、接合部材70の過剰量を吸収するように、多様な位置に設けることができる。この実施形態は、凹部が設けられる位置の限定的ではない一例を示している。凹部86は、第3接合部材73を収容する開口部に開口する凹部T86aを含む。

10

【0196】

図36において、配線部材80は、配線部材T80によって提供されている。配線部材T80は、凹部T86を備える。凹部T86は、第1接合部材71を収容する開口部T85に連通するように開口している。さらに、配線部材T80は、凹部T86aを備える。凹部T86aは、第3接合部材73を収容する開口部に連通するように開口している。第3接合部材73を収容する開口部は、第1接合部80a、または、第1接合部80aを形成するように樹脂層81に形成された窓部によって提供されている。凹部T86aは、第3接合部材73の余剰量を収容することができる。

20

【0197】

第30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る。先行する実施形態では、樹脂部材20は、半導体素子30の信号パッド35と信号端子61との間に配置された配線部材80を完全に包み込んでいる。言い換えると、信号端子61の少なくとも一部は、樹脂部材20に内包されている。これに代えて、樹脂部材20から配線部材80の一部が延びだしていてもよい。

【0198】

図37において、配線部材80は、配線部材U80によって提供されている。配線部材U80は、樹脂部材20から延びだしている。配線部材U80は、第2接合部80bにおいて、第4接合部材74によって、信号端子U61と接合されている。信号端子U61は、信号経路を提供する端子である。信号端子U61は、例えば、プリント回路基板に設けられた端子、プリント回路基板のランド、あるいは、プリント回路基板に接続された被覆電線によって提供することができる。

30

【0199】

第31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る。先行する実施形態では、信号端子61と配線部材80とは、半導体素子30に対して部分的に重複するように平行に配置されている。このため、信号端子61は、Y-Z平面と平行に延びだしている。これに代えて、信号端子61は、X-Y平面と平行に配置されてもよい。この場合、配線部材80の柔軟性を利用して、樹脂部材20の内部において、信号経路の方向を曲げることができる。

40

【0200】

図38において、配線部材80は、配線部材V80によって提供されている。配線部材V80は、樹脂部材20内において、ほぼ直角の曲がり部分V98を有している。半導体モジュール10は、複数の信号端子61を備える。複数の信号端子61は、樹脂部材20から、X-Y平面と平行に延びだしている。複数の信号端子61は、X方向と平行に延びだしている。複数の信号端子61は、Y方向に沿って列をなすように配置されている。配線部材80は、複数の信号パッド35と複数の信号端子61との間において、曲がり部分V98を経由して配置されている。この実施形態では、配線部材V80の柔軟性を利用し

50

て、樹脂部材 20 の内部において信号端子 61 の延びだし方向を調節することができる。

【0201】

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形態を包含する。例えば、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及び範囲内での全ての変更を含むものと解されるべきである。

10

【0202】

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。

20

【0203】

この明細書に記載された実施形態では、半導体モジュール 10 は、板状の外形の両面に放熱部材 40 が露出して配置されている。これに代えて、半導体モジュール 10 の片面にのみ放熱部材 40 を配置してもよい。例えば、第 1 放熱部材 41 のみ、または、第 2 放熱部材 42 のみを配置することができる。さらに、放熱部材 40 は、放熱を担う部材と、電力経路を提供する部材とを兼ねている。これに代えて、放熱部材 40 は、もっぱら放熱を担う部材、または、もっぱら電力経路を担う部材として利用されてもよい。例えば、スペーサ部材 D77 は電力端子として利用することができる。

【符号の説明】

【0204】

- 10 半導体モジュール、
- 20 樹脂部材、
- 30 半導体素子、
- 40 放熱部材、
- 61 信号端子、
- 70 接合部材、
- 80 配線部材。

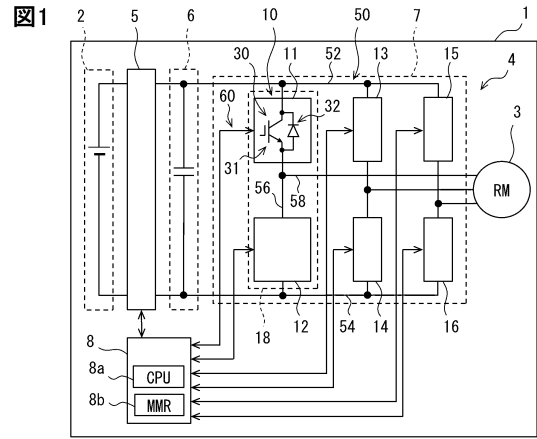
30

40

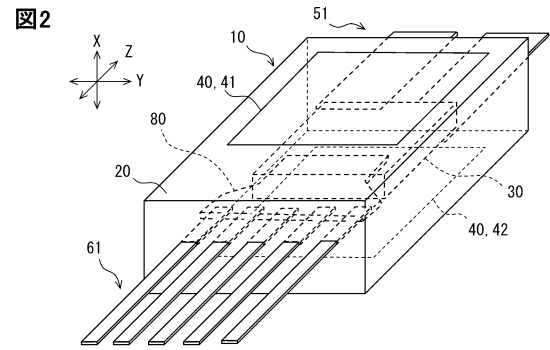
50

【図面】

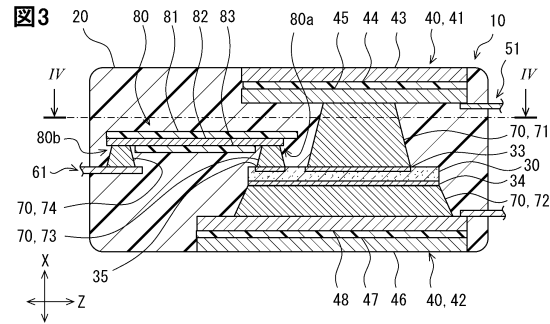
【図 1】



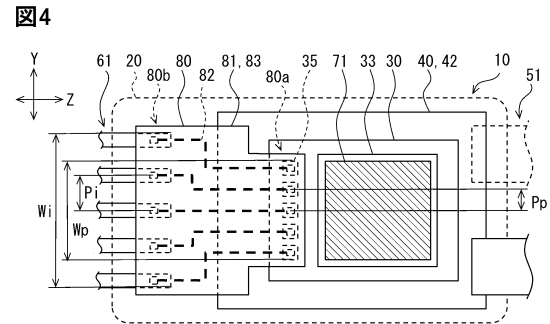
【図 2】



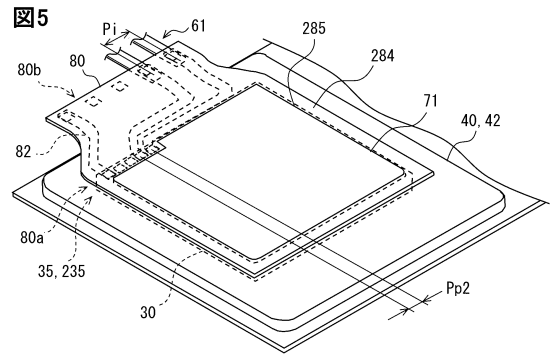
【図 3】



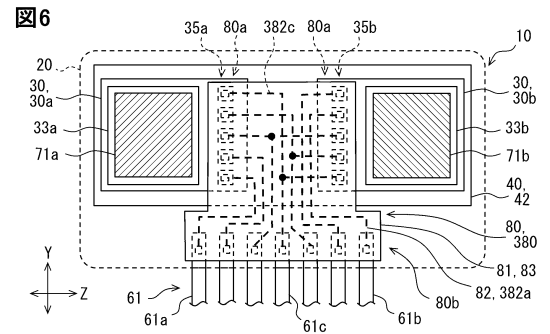
【図 4】



【図 5】



【図 6】



10

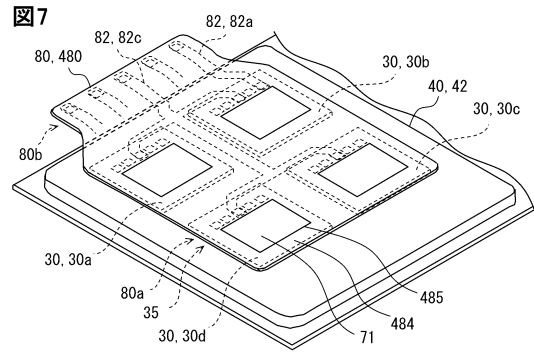
20

30

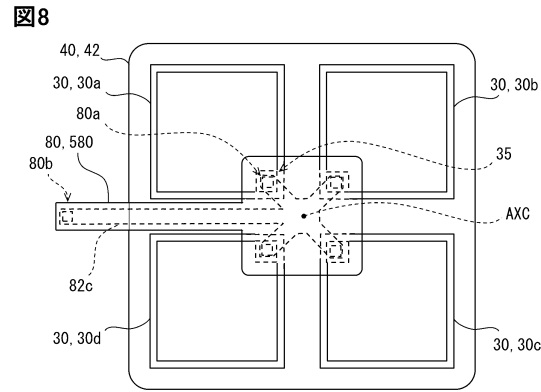
40

50

【図 7】

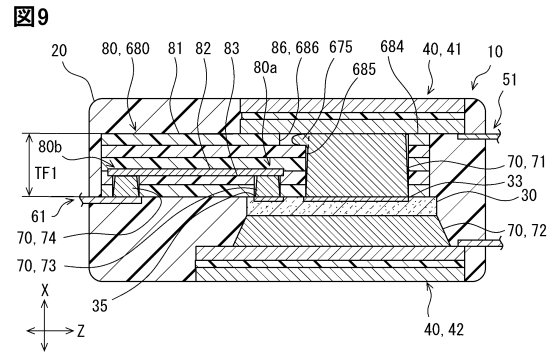


【図 8】

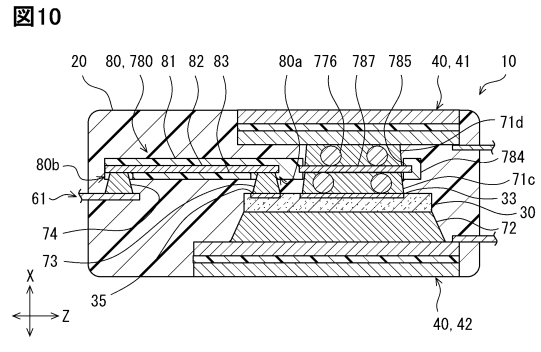


10

【図 9】

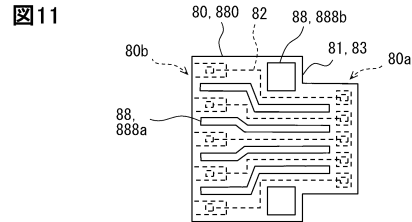


【図 10】

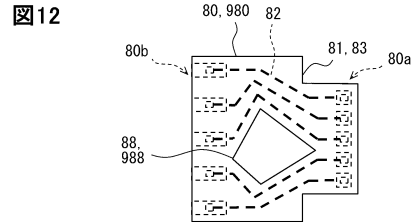


20

【図 11】



【図 12】

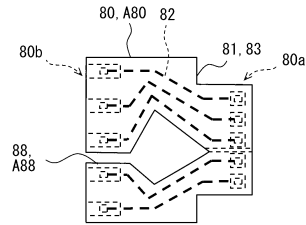


30

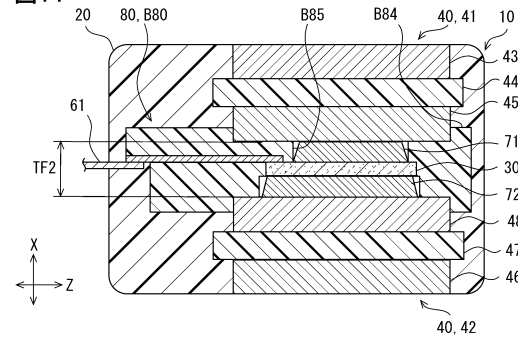
40

50

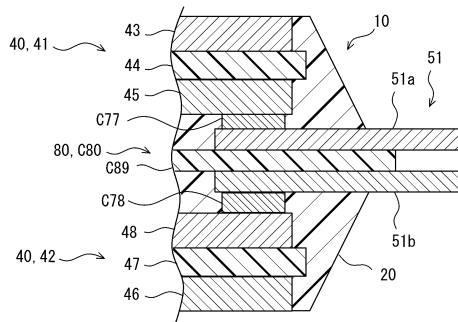
【図 1 3】
図13



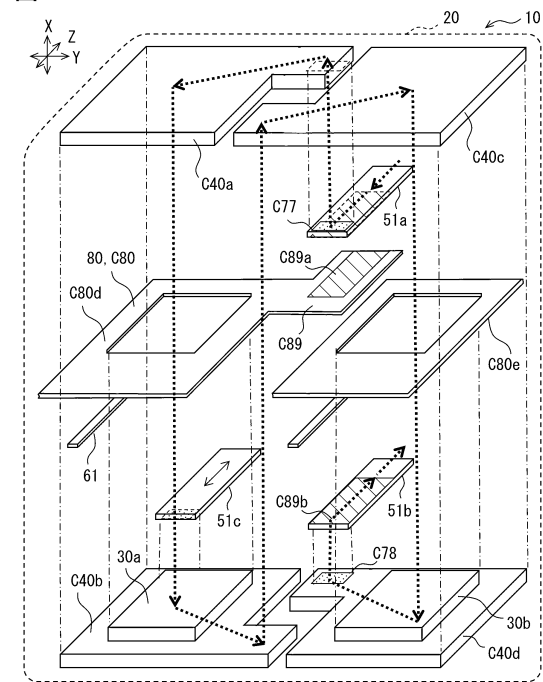
【図 1 4】
図14



【図 1 5】
図15



【図 1 6】
図16



10

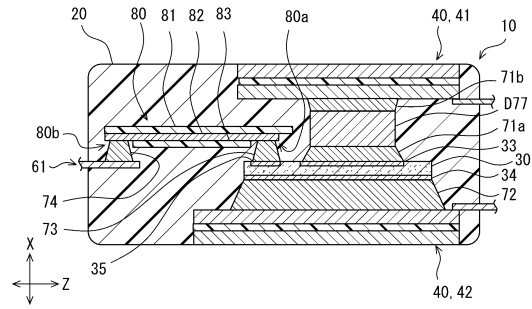
20

30

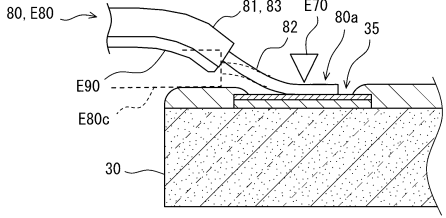
40

50

【図 1 7】
図17

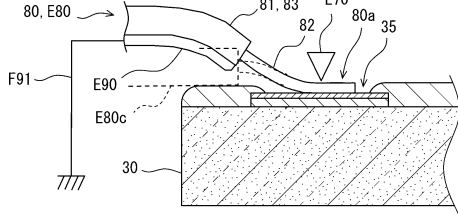


【図 1 8】
図18

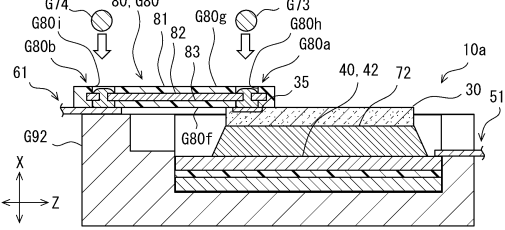


10

【図 1 9】
図19

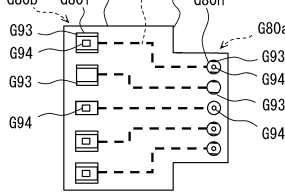


【図 2 0】
図20

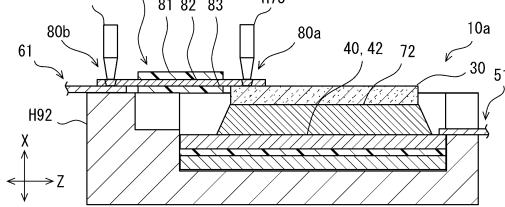


20

【図 2 1】
図21



【図 2 2】
図22

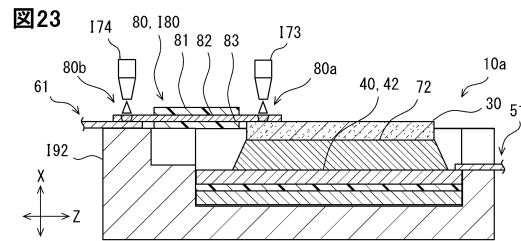


30

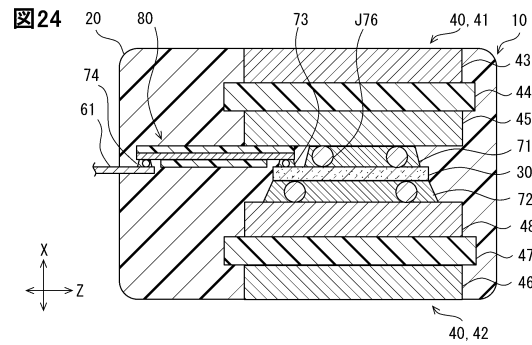
40

50

【図 2 3】

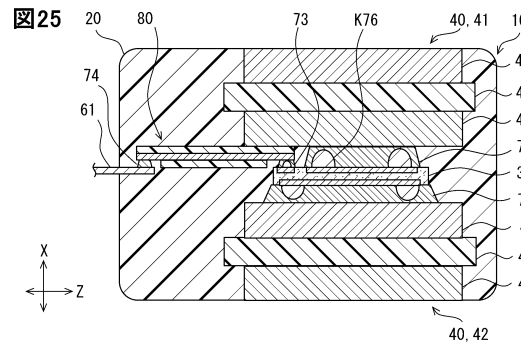


【図 2 4】

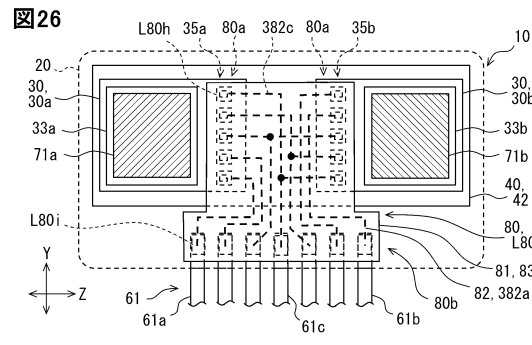


10

【図 2 5】

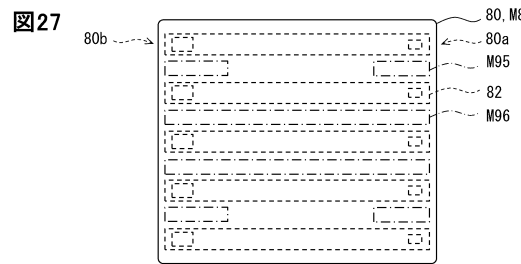


【図 2 6】

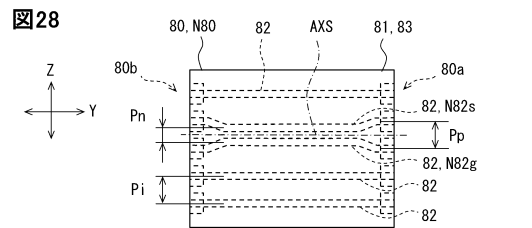


20

【図 2 7】



【図 2 8】

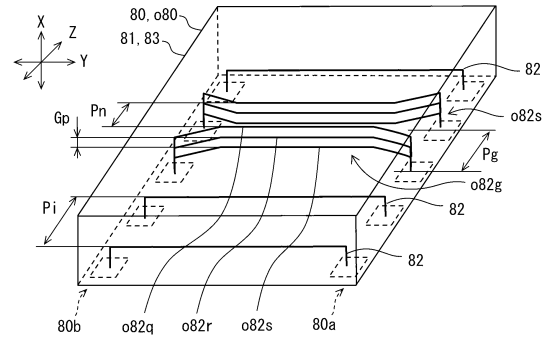


30

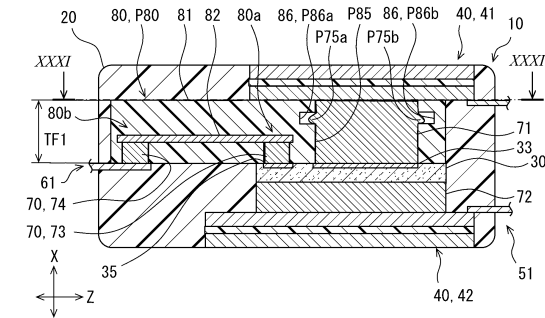
40

50

【図 2 9】
図29

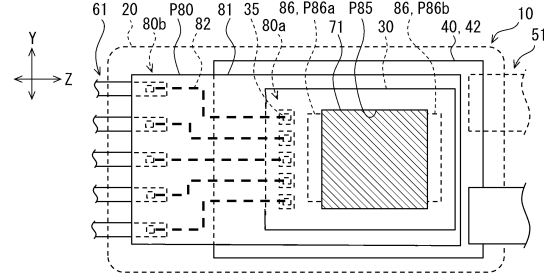


【図 3 0】
図30

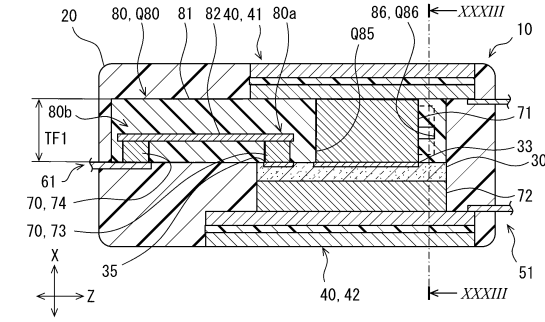


10

【図 3 1】
図31

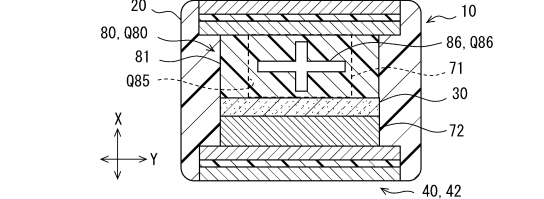


【図 3 2】
図32

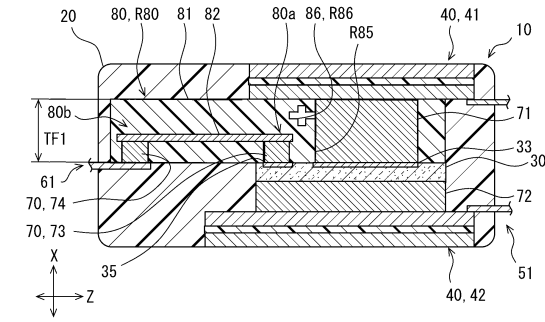


20

【図 3 3】
図33



【図 3 4】
図34

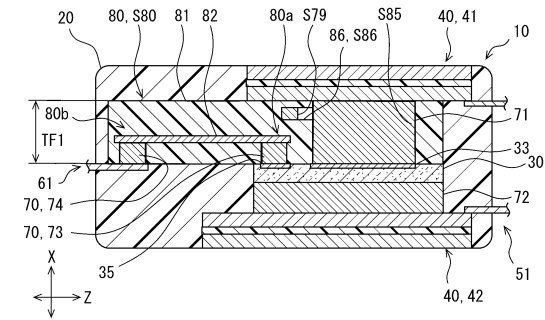


30

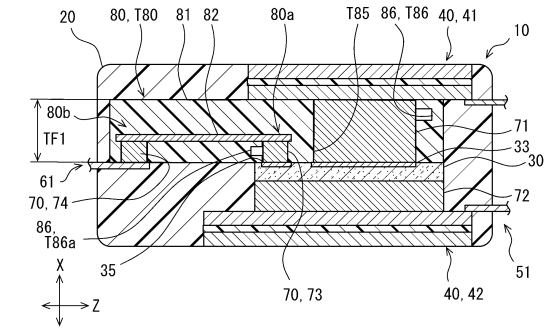
40

50

【図 3 5】
図35

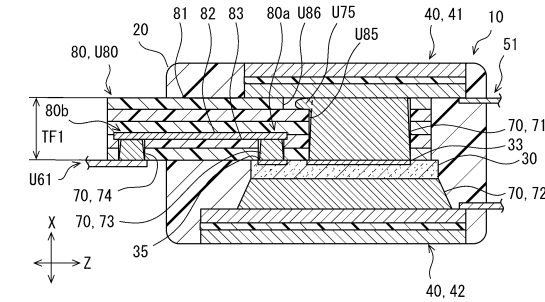


【図 3 6】
図36

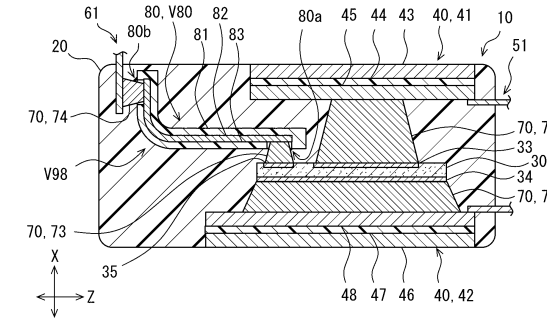


10

【図 3 7】
図37



【図 3 8】
図38



20

30

40

50

フロントページの続き

- (72)発明者 永井 秀奈
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 福谷 啓太
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 古川 泰至
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 加藤 崇秀
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 荒井 俊介
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 三輪 亮太
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内
- (72)発明者 大前 翔一郎
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内
- 審査官 庄司 一隆
- (56)参考文献 国際公開第2020/079970 (WO, A1)
特開平11-016942 (JP, A)
特開平04-025144 (JP, A)
特開平07-030051 (JP, A)
特開平09-129815 (JP, A)
特開2000-294604 (JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
H01L 25/07
H02M 7/48
H01L 23/36
H01L 23/29