

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7604083号
(P7604083)

(45)発行日 令和6年12月23日(2024.12.23)

(24)登録日 令和6年12月13日(2024.12.13)

(51)国際特許分類	F I
H 0 1 L 23/28 (2006.01)	H 0 1 L 23/28 A
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 1 L 23/48 G
H 0 1 L 23/48 (2006.01)	

請求項の数 13 (全12頁)

(21)出願番号	特願2023-542072(P2023-542072)	(73)特許権者	000006013 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(86)(22)出願日	令和3年8月18日(2021.8.18)	(74)代理人	100088672 弁理士 吉竹 英俊
(86)国際出願番号	PCT/JP2021/030097	(74)代理人	100088845 弁理士 有田 貴弘
(87)国際公開番号	WO2023/021589	(72)発明者	斉藤 省二 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
(87)国際公開日	令和5年2月23日(2023.2.23)	(72)発明者	猪ノ口 誠一郎 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
審査請求日	令和5年7月11日(2023.7.11)	(72)発明者	佐々木 太志 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
前置審査			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】

半導体素子と、

前記半導体素子の上面と離間された延設部分を有し、前記半導体素子と接合された板状部材であるリード電極端子と、

前記リード電極端子を封止する第1封止部材と、

前記延設部分の延設方向の端部と前記半導体素子との間に設けられ、前記端部下の前記第1封止部材と界面を有する介在部材とを備え、

前記界面は、前記延設部分の前記端部の外側から内側に跨って設けられている、半導体装置。 10

【請求項2】

請求項1に記載の半導体装置であって、

前記介在部材は、前記半導体素子を封止する第2封止部材を含む、半導体装置。

【請求項3】

請求項2に記載の半導体装置であって、

前記第1封止部材の物性値と前記第2封止部材の物性値とが互いに異なる、半導体装置。

【請求項4】

請求項2または請求項3に記載の半導体装置であって、

前記第2封止部材の材料はシリコーンゲルを含む、半導体装置。 20

【請求項 5】

請求項 2 または請求項 3 に記載の半導体装置であって、
前記第 2 封止部材はモールド成形樹脂を含む、半導体装置。

【請求項 6】

請求項 1 に記載の半導体装置であって、
前記介在部材は、応力緩衝用フレームを含み、
前記第 1 封止部材は、前記半導体素子及び前記応力緩衝用フレームをさらに封止する、
半導体装置。

【請求項 7】

請求項 1 に記載の半導体装置であって、
前記介在部材は、前記半導体素子の前記上面に設けられた緩衝層を含み、
前記第 1 封止部材は、前記半導体素子及び前記緩衝層をさらに封止する、半導体装置。

10

【請求項 8】

請求項 1 に記載の半導体装置であって、
前記介在部材は、前記半導体素子と前記リード電極端子とを接合する接合部材を含み、
前記第 1 封止部材は、前記半導体素子及び前記接合部材をさらに封止する、半導体装置。

【請求項 9】

半導体素子と、
前記半導体素子の上面と離間された延設部分を有し、前記半導体素子と接合されたリード電極端子と、
前記半導体素子及び前記リード電極端子を封止する封止部材と
を備え、

20

前記半導体素子と前記延設部分との間の距離が、前記延設部分の厚さ以上であり、
前記半導体素子のうち前記延設部分の延設方向の端部直下の領域は、非通電領域である、
半導体装置。

【請求項 10】

請求項 1 から請求項 9 のうちのいずれか 1 項に記載の半導体装置であって、
前記延設部分の延設方向の端部の上面側に突起が設けられた、半導体装置。

【請求項 11】

請求項 1 から請求項 10 のうちのいずれか 1 項に記載の半導体装置であって、
前記延設部分の延設方向は、前記半導体素子の前記上面に対して傾斜している、半導体装置。

30

【請求項 12】

請求項 1 から請求項 8 のうちのいずれか 1 項に記載の半導体装置であって、
前記半導体素子のうち前記延設部分の延設方向の端部直下の領域は、非通電領域である、
半導体装置。

【請求項 13】

請求項 1 から請求項 12 のうちのいずれか 1 項に記載の半導体装置であって、
前記半導体素子の材料は、ワイドバンドギャップ半導体を含む、半導体装置。

【発明の詳細な説明】

40

【技術分野】

【0001】

本開示は、半導体装置に関する。

【背景技術】

【0002】

ケース型の半導体装置の構造としては、半導体素子と、当該半導体素子と電気的に接続されたリード電極端子とを封止樹脂で封止する構造が一般的である。このような半導体装置において、半導体素子の動作及び非動作の繰り返しによって冷熱サイクルが生じると、リード電極端子及び封止樹脂の線膨張係数の差によって、応力が封止樹脂に生じる。この応力によって、リード電極端子の端部から進展して半導体素子に到達するクラックが封止

50

樹脂に生じることがある。

【0003】

このような応力を低減するために、リード電極端子の線膨張係数に近い線膨張係数を有する材料を封止樹脂に用いる技術、及び、リード電極端子の形状を工夫する技術などが提案されている。例えば特許文献1には、リード電極端子の膨張収縮に伴う封止樹脂の応力を低減するために、特殊な形状を有するリード電極端子を用いる技術が提案されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特開2016-082048号公報

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、冷熱サイクルの温度差が大きい場合などには、半導体素子に到達するクラックが依然として発生し、半導体装置の信頼性が低下するという問題があった。

【0006】

そこで、本開示は、上記のような問題点に鑑みてなされたものであり、半導体素子に到達するクラックを抑制可能な技術を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

20

本開示に係る半導体装置は、半導体素子と、前記半導体素子の上面と離間された延設部分を有し、前記半導体素子と接合された板状部材であるリード電極端子と、前記リード電極端子を封止する第1封止部材と、前記延設部分の延設方向の端部と前記半導体素子との間に設けられ、前記端部下の前記第1封止部材と界面を有する介在部材とを備え、前記界面は、前記延設部分の前記端部の外側から内側に跨って設けられている。

【発明の効果】

【0008】

本開示によれば、リード電極端子の延設方向の端部と半導体素子との間に設けられ、端部下の第1封止部材と界面を有する介在部材を備える。このような構成によれば、半導体素子に到達するクラックを抑制することができる。

30

【0009】

本開示の目的、特徴、局面及び利点は、以下の詳細な説明と添付図面とによって、より明白となる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】実施の形態1に係る半導体装置の構成を示す断面図である。

【図2】関連半導体装置の構成を示す断面図である。

【図3】関連半導体装置の一部の構成を示す断面図である。

【図4】実施の形態1に係る半導体装置の一部の構成を示す断面図である。

【図5】実施の形態2に係る半導体装置の一部の構成を示す断面図である。

40

【図6】実施の形態3に係る半導体装置の一部の構成を示す断面図である。

【図7】実施の形態3に係る半導体装置の一部の構成を示す上面図である。

【図8】実施の形態4に係る半導体装置の一部の構成を示す断面図である。

【図9】実施の形態5に係る半導体装置の一部の構成を示す断面図である。

【図10】実施の形態6に係る半導体装置の一部の構成を示す断面図である。

【図11】実施の形態7に係る半導体装置の一部の構成を示す断面図である。

【図12】実施の形態8に係る半導体装置の一部の構成を示す断面図である。

【図13】実施の形態9に係る半導体装置の一部の構成を示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

50

以下、添付される図面を参照しながら実施の形態について説明する。以下の各実施の形態で説明される特徴は例示であり、すべての特徴は必ずしも必須ではない。また、以下に示される説明では、複数の実施の形態において同様の構成要素には同じまたは類似する符号を付し、異なる構成要素について主に説明する。また、以下に記載される説明において、「上」、「下」、「左」、「右」、「表」または「裏」などの特定の位置及び方向は、実際の実施時の位置及び方向とは必ず一致しなくてもよい。

【 0 0 1 2 】

<実施の形態 1 >

図 1 は、本実施の形態 1 に係る半導体装置の構成を示す断面図である。図 1 の半導体装置は、電気自動車または電車などのモーターを制御するインバータまたはコンバータであつてもよいし、これら以外の機器であつてもよい。

10

【 0 0 1 3 】

図 1 の半導体装置は、絶縁基板 1 と、フィン 2 と、半導体素子 3 と、リード電極端子 4 と、信号端子 5 と、ケース 6 と、第 1 封止部材である封止樹脂 7 と、第 2 封止部材である封止樹脂 8 a とを備える。

【 0 0 1 4 】

絶縁基板 1 の下面には導電パターン 1 a が設けられ、絶縁基板 1 の上面には導電パターン 1 b が設けられている。フィン 2 は、はんだ及びろう材などの接合部材 1 1 a によって導電パターン 1 a と接合されている。

【 0 0 1 5 】

半導体素子 3 は、はんだ及びろう材などの接合部材 1 1 b によって導電パターン 1 b と接合されている。半導体素子 3 は、例えば、I G B T (Insulated Gate Bipolar Transistor) 及び M O S F E T (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) などの半導体スイッチング素子、または、P N D (PN junction Diode) 及び S B D (Schottky Barrier Diode) などのダイオードを含む。本実施の形態 1 では、半導体素子 3 の材料は、一般的な珪素 (Si) であるが、後述するようにこれに限ったものではない。また本実施の形態 1 では、半導体素子 3 の数は 2 つであるが、1 つ以上であればよい。

20

【 0 0 1 6 】

リード電極端子 4 は、例えば銅などの金属材料からなる板状部材であり、半導体素子 3 と接合されている。リード電極端子 4 は、半導体素子 3 の上面に沿って延設する延設部分を有しており、当該延設部分は半導体素子 3 の上面と離間されている。なお本実施の形態 1 では、リード電極端子 4 の延設部分が半導体素子 3 と接合されているが、これに限ったものではなく、例えばリード電極端子 4 が下側に突出する突出部分を有する場合などには、当該突出部分が半導体素子 3 と接合されてもよい。また本実施の形態 1 では、リード電極端子 4 は、はんだ及びろう材などの接合部材 1 1 c によって半導体素子 3 と接合されているが、例えば半導体素子 3 と直接接合されてもよい。

30

【 0 0 1 7 】

信号端子 5 は、ワイヤ 1 2 によって半導体素子 3 と電氣的に接続されている。

【 0 0 1 8 】

ケース 6 は、例えば樹脂などからなるインサートケースであり、フィン 2 上に設けられて半導体素子 3 の周囲などを囲む。ケース 6 は、リード電極端子 4 の延設部分の延設方向の端部 4 a と、リード電極端子 4 の端部である電極端子 4 b とを露出した状態で、リード電極端子 4 を固定している。同様に、ケース 6 は、信号端子 5 のワイヤ 1 2 と接続された端部と、それとは別の端部とを露出した状態で、信号端子 5 を固定している。

40

【 0 0 1 9 】

封止樹脂 7 は、ケース 6 に囲まれた空間の上部に設けられ、リード電極端子 4 を封止する。封止樹脂 8 a は、ケース 6 に囲まれた空間の下部に設けられ、半導体素子 3 を封止する。なお図 1 の例では、封止樹脂 8 a は、絶縁基板 1 なども封止する。封止樹脂 7 及び封止樹脂 8 a のそれぞれは、例えばエポキシ樹脂などから構成される。

【 0 0 2 0 】

50

ここで、封止樹脂 8 a の少なくとも一部は、リード電極端子 4 の端部 4 a と半導体素子 3 との間に設けられ、端部 4 a 下の封止樹脂 7 と界面を有する介在部材として機能する。このような界面は、例えば、封止樹脂 7 と封止樹脂 8 a とが同じ樹脂で同じ製造条件で別々に形成されることによって形成される。なお、封止樹脂 8 a を一度形成した後に、封止樹脂 7 を形成した場合には、封止樹脂 8 a の線膨張係数は、封止樹脂 7 の線膨張係数よりも大きくなるが、封止樹脂 7 の線膨張係数と封止樹脂 8 a の線膨張係数とは同じであってもよい。

【 0 0 2 1 】

図 2 は、本実施の形態 1 に係る半導体装置と関連する半導体装置（以下、「関連半導体装置」と記す）の構成を示す断面図である。関連半導体装置は、封止樹脂 7 及び封止樹脂 8 a の代わりに、端部 4 a 下に界面を有さない封止樹脂 1 6 を備えている。

10

【 0 0 2 2 】

この関連半導体装置において、半導体素子 3 の動作及び非動作の繰り返しによって冷熱サイクルが生じると、リード電極端子 4 及び封止樹脂 1 6 の線膨張係数の差によって、図 3 に示すように、端部 4 a と封止樹脂 1 6 との間に剥離 1 7 が生じる。さらに半導体素子 3 の動作及び非動作の繰り返しによってさらに冷熱サイクルが生じると、端部 4 a に接する封止樹脂 1 6 に応力が集中して、端部 4 a から半導体素子 3 に達するクラック 1 8 が封止樹脂 1 6 に発生することがある。この場合、半導体装置の信頼性が低下するという問題が生じる。

【 0 0 2 3 】

このような問題を解決するための技術が様々に提案されている。しかしながら、近年、半導体装置の最大使用温度を高める要求によって、半導体装置の動作温度または半導体装置の周囲温度の変化が大きくなり、冷熱サイクルの温度差が大きくなり、樹脂に発生する応力が大きくなっている。このため、従来技術をを用いても、クラック 1 8 の発生及びクラック 1 8 の進展速度の増加などが生じるという問題があった。

20

【 0 0 2 4 】

< 実施の形態 1 のまとめ >

本実施の形態 1 では、封止樹脂 8 a が、リード電極端子 4 の端部 4 a と半導体素子 3 との間に設けられ、端部 4 a 下の封止樹脂 7 と界面を有する介在部材として機能する。これにより、図 4 に示すように、リード電極端子 4 の端部 4 a から鉛直方向の半導体素子 3 に進展するクラック 1 8 が封止樹脂 7 に発生しても、封止樹脂 7 と封止樹脂 8 a との間の界面によってクラック 1 8 の進展方向が界面方向（つまり水平方向）に変化する。このため、半導体素子 3 に到達するクラック 1 8 を抑制することができるため、冷熱サイクル耐量などの半導体装置の信頼性を高めることができる。

30

【 0 0 2 5 】

< 実施の形態 1 の変形例 1 >

実施の形態 1 において、封止樹脂 7 の物性値と封止樹脂 8 a の物性値とは互いに異なってもよい。なお、物性値は、例えば線膨張係数、及び、機械的強度などである。

【 0 0 2 6 】

物性値が線膨張係数である場合、封止樹脂 7 の線膨張係数とリード電極端子 4 の線膨張係数との差は、封止樹脂 8 a の線膨張係数とリード電極端子 4 の線膨張係数との差よりも小さくてもよい。つまり、封止樹脂 7 の線膨張係数が、リード電極端子 4 の線膨張係数に近くてもよい。このような構成によれば、リード電極端子 4 の端部 4 a と隣接する封止樹脂 7 でのクラック 1 8 の発生を抑制することができる。

40

【 0 0 2 7 】

また、封止樹脂 8 a の線膨張係数と絶縁基板 1 の線膨張係数との差は、封止樹脂 7 の線膨張係数と絶縁基板 1 の線膨張係数との差よりも小さくてもよい。つまり封止樹脂 8 a の線膨張係数が、絶縁基板 1 の線膨張係数に近くてもよい。このような構成によれば、半導体装置が経時的な冷熱サイクルによって反る変形、及び、絶縁基板 1 と隣接する封止樹脂 8 a でのクラック 1 8 の発生を抑制することができる。

50

【 0 0 2 8 】

物性値が機械的強度である場合、封止樹脂 8 a の機械的強度は、封止樹脂 7 の機械的強度よりも大きくてもよい。このような構成によれば、半導体素子 3 に到達するクラック 1 8 が封止樹脂 8 a に発生することを抑制することができる。

【 0 0 2 9 】

< 実施の形態 1 の変形例 2 >

実施の形態 1 における封止樹脂 8 a の材料はシリコンゲルであってもよい。このような構成によれば、リード電極端子 4 の端部 4 a から進展するクラック 1 8 が封止樹脂 7 に発生しても、シリコンゲルにより半導体素子 3 に到達するクラック 1 8 を抑制することができる。このため、冷熱サイクル耐量などの半導体装置の信頼性を高めることができる。

10

【 0 0 3 0 】

< 実施の形態 2 >

図 5 は、本実施の形態 2 に係る半導体装置の一部の構成を示す断面図である。本実施の形態 2 では、実施の形態 1 で説明した封止樹脂 8 a が、モールド成形によって形成されたモールド成形樹脂 8 b となっている。なお、図 5 には、モールド成形によって形成された痕跡として、モールド成形樹脂 8 b が、絶縁基板 1 を封止せずに、半導体素子 3 及び接合部材 1 1 b の外周に沿って設けられていることが示されている。モールド成形樹脂 8 b のようにモールド成形によって形成された樹脂は、一般的に高硬度樹脂となる。

【 0 0 3 1 】

< 実施の形態 2 のまとめ >

本実施の形態 2 では、封止樹脂 8 a がモールド成形樹脂 8 b である。このような構成によれば、実施の形態 1 と同様に、封止樹脂 7 とモールド成形樹脂 8 b との間の界面によってクラック 1 8 の進展方向が界面方向に変化するため、半導体素子 3 に到達するクラック 1 8 を抑制することができる。

20

【 0 0 3 2 】

また、モールド成形樹脂 8 b は高硬度樹脂であるため、半導体素子 3 に到達するクラック 1 8 をさらに抑制することができる。また、モールド成形樹脂 8 b は絶縁基板 1 を封止しないため、絶縁基板 1 の熱膨張によってモールド成形樹脂 8 b にクラック 1 8 が発生することを抑制することができる。

【 0 0 3 3 】

なお、本実施の形態 2 の構成と、これまでに説明した実施の形態 1 及び変形例 1 , 2 の少なくともいずれかの構成とを組み合わせてもよい。

30

【 0 0 3 4 】

< 実施の形態 3 >

図 6 は、本実施の形態 3 に係る半導体装置の一部の構成を示す断面図である。本実施の形態 3 の構成は、実施の形態 1 において、封止樹脂 8 a を、応力緩衝用フレーム 8 c に代えた構成と同様である。

【 0 0 3 5 】

応力緩衝用フレーム 8 c は、リード電極端子 4 及び半導体素子 3 と離間して設けられた樹脂などからなる板状部材である。本実施の形態 3 では、応力緩衝用フレーム 8 c が、リード電極端子 4 の端部 4 a と半導体素子 3 との間に設けられ、端部 4 a 下の封止樹脂 7 と界面を有する介在部材として機能する。封止樹脂 7 は、リード電極端子 4 だけでなく、半導体素子 3 及び応力緩衝用フレーム 8 c を封止している。

40

【 0 0 3 6 】

図 7 は、リード電極端子 4 及び応力緩衝用フレーム 8 c を示す上面図である。応力緩衝用フレーム 8 c には、図 7 の穴 8 c 1 を有する格子構造などのように、製造時に液化された封止樹脂 7 が通過しやすい構造が設けられることが好ましい。このような構成によれば、製造時に液化された封止樹脂 7 が、図 6 の応力緩衝用フレーム 8 c の上側からその下側に到達し易くなり、封止樹脂 7 と他の構成要素との間の隙間を低減することができる。また、応力緩衝用フレーム 8 c の線部分 8 c 2 の平面視での外郭線の内側に、リード電極端

50

子 4 の端部 4 a が位置することが好ましい。このような構成によれば、半導体素子 3 に到達するクラック 1 8 を抑制することができる。

【 0 0 3 7 】

< 実施の形態 3 のまとめ >

本実施の形態 3 では、モールド成形樹脂 8 b が、実施の形態 1 で説明した封止樹脂 8 a と同様に介在部材として機能する。このような構成によれば、実施の形態 1 と同様に、封止樹脂 7 と応力緩衝用フレーム 8 c との間の界面によってクラック 1 8 の進展方向が界面方向に変化するため、半導体素子 3 に到達するクラック 1 8 を抑制することができる。

【 0 0 3 8 】

なお、応力緩衝用フレーム 8 c はケース 6 と一体化されてもよい。このような構成によれば、半導体装置が経時的な冷熱サイクルによって反る変形を抑制することができる。そのような構成においては、応力緩衝用フレーム 8 c に、封止樹脂 7 の線膨張係数と近い樹脂を用いることが好ましい。

10

【 0 0 3 9 】

なお、本実施の形態 3 の構成と、これまでに説明した実施の形態 1 , 2 及び変形例 1 , 2 の少なくともいずれかの構成とを組み合わせてもよい。

【 0 0 4 0 】

< 実施の形態 4 >

図 8 は、本実施の形態 4 に係る半導体装置の一部の構成を示す断面図である。本実施の形態 4 に係る半導体装置は、実施の形態 1 で説明した封止樹脂 8 a などの介在部材を備えない。一方、本実施の形態 4 では、半導体素子 3 とリード電極端子 4 の延設部分との間の距離 $W a$ が、延設部分の厚さ $W b$ 以上となっており、封止樹脂 7 が、半導体素子 3 及びリード電極端子 4 などを封止している。

20

【 0 0 4 1 】

< 実施の形態 4 のまとめ >

本実施の形態 4 では、半導体素子 3 とリード電極端子 4 の延設部分との間の距離 $W a$ が比較的大きいため、リード電極端子 4 の端部 4 a から進展するクラック 1 8 が半導体素子 3 に到達するまでの時間を長くすることができる。これにより、半導体素子 3 に到達するクラック 1 8 を抑制することができるため、冷熱サイクル耐量などの半導体装置の信頼性を高めることができる。

30

【 0 0 4 2 】

なお、本実施の形態 4 の構成と、これまでに説明した実施の形態 1 ~ 3 及び変形例 1 , 2 の少なくともいずれかの構成とを組み合わせてもよい。

【 0 0 4 3 】

< 実施の形態 5 >

図 9 は、本実施の形態 5 に係る半導体装置の一部の構成を示す断面図である。本実施の形態 5 の構成は、実施の形態 1 においてリード電極端子 4 の延設方向の端部 4 a の上面側に、突起 4 c が設けられた構成と同様である。このようなリード電極端子 4 は、例えば、半導体素子 3 側にダレ面を有し、半導体素子 3 と逆側にカエリ面を有するように、リード電極端子 4 形成時の打ち抜きを設定することで形成することができる。

40

【 0 0 4 4 】

< 実施の形態 5 のまとめ >

本実施の形態 5 では、冷熱サイクルによってクラック 1 8 が形成される場合に、突起 4 c によって半導体素子 3 と逆側にクラック 1 8 の進展を促進させることができる。これにより、半導体素子 3 に到達するクラック 1 8 の発生を抑制することができるため、冷熱サイクル耐量などの半導体装置の信頼性を高めることができる。

【 0 0 4 5 】

なお、本実施の形態 5 の構成と、これまでに説明した実施の形態 1 ~ 4 及び変形例 1 , 2 の少なくともいずれかの構成とを組み合わせてもよい。

【 0 0 4 6 】

50

<実施の形態 6 >

図 10 は、本実施の形態 6 に係る半導体装置の一部の構成を示す断面図である。本実施の形態 6 の構成は、実施の形態 1 においてリード電極端子 4 の延設部分の延設方向が、半導体素子 3 の上面に対して傾斜した構成と同様である。つまり、リード電極端子 4 の延設部分の延設方向と、半導体素子 3 の面内方向との間の角度が 0 度よりも大きくなっている。

【0047】

<実施の形態 6 のまとめ >

本実施の形態 6 では、リード電極端子 4 の延設部分の延設方向が、半導体素子 3 の上面に対して傾斜しているため、半導体素子 3 と端部 4 a との間の距離が大きくなっている。例えば、リード電極端子 4 が 5 ° 傾くと、半導体素子 3 と端部 4 a との間の距離が 8 . 7 % 増加する。この結果、リード電極端子 4 の端部 4 a から進展するクラック 18 が半導体素子 3 に到達するまでの時間を長くすることができる。これにより、半導体素子 3 に到達するクラック 18 を抑制することができるため、冷熱サイクル耐量などの半導体装置の信頼性を高めることができる。

【0048】

なお、本実施の形態 6 の構成と、これまでに説明した実施の形態 1 ~ 5 及び変形例 1 , 2 の少なくともいずれかの構成とを組み合わせてもよい。

【0049】

<実施の形態 7 >

図 11 は、本実施の形態 7 に係る半導体装置の一部の構成を示す断面図である。本実施の形態 7 の構成は、実施の形態 1 において、封止樹脂 8 a を、緩衝層 8 d に代えた構成と同様である。

【0050】

緩衝層 8 d は、半導体素子 3 の上面に設けられている。本実施の形態 7 では、緩衝層 8 d が、リード電極端子 4 の端部 4 a と半導体素子 3 との間に設けられ、端部 4 a 下の封止樹脂 7 と界面を有する介在部材として機能する。封止樹脂 7 は、リード電極端子 4 だけでなく、半導体素子 3 及び緩衝層 8 d を封止している。

【0051】

<実施の形態 7 のまとめ >

本実施の形態 7 では、緩衝層 8 d が、実施の形態 1 で説明した封止樹脂 8 a と同様に介在部材として機能する。このような構成によれば、実施の形態 1 と同様に、封止樹脂 7 と緩衝層 8 d との間の界面によってクラック 18 の進展方向が界面方向に変化するため、半導体素子 3 に到達するクラック 18 を抑制することができる。

【0052】

なお、緩衝層 8 d には、例えばポリイミド材料など、封止樹脂 7 よりも硬度（例えばビッカース硬度）が低い材料から構成されることが好ましい。このような構成によれば、緩衝層 8 d は封止樹脂 7 からの応力を吸収することができるので、冷熱サイクル耐量などの半導体装置の信頼性を高めることができる。

【0053】

なお、本実施の形態 7 の構成と、これまでに説明した実施の形態 1 ~ 6 及び変形例 1 , 2 の少なくともいずれかの構成とを組み合わせてもよい。

【0054】

<実施の形態 8 >

図 12 は、本実施の形態 8 に係る半導体装置の一部の構成を示す断面図である。本実施の形態 8 の構成は、実施の形態 1 の構成において、封止樹脂 8 a が削除されている。

【0055】

その一方で、本実施の形態 8 では、半導体素子 3 とリード電極端子 4 とを接合する接合部材 11 c のテーパ角が比較的大きくなっている。これにより本実施の形態 8 では、接合部材 11 c の少なくとも一部が、リード電極端子 4 の端部 4 a と半導体素子 3 との間に設けられ、端部 4 a 下の封止樹脂 7 と界面を有する介在部材として機能する。封止樹脂 7 は

10

20

30

40

50

、リード電極端子 4 だけでなく、半導体素子 3 及び接合部材 1 1 c を封止している。

【0056】

<実施の形態 8 のまとめ>

本実施の形態 8 では、接合部材 1 1 c が、実施の形態 1 で説明した封止樹脂 8 a と同様に介在部材として機能する。このような構成によれば、封止樹脂 7 と接合部材 1 1 c との間の界面によってクラック 1 8 の進展方向が界面方向に変化し、クラック 1 8 が半導体素子 3 に到達するまでの距離が長くなるので、半導体素子 3 に到達するクラック 1 8 を抑制することができる。

【0057】

なお、本実施の形態 8 の構成と、これまでに説明した実施の形態 1 ~ 7 及び変形例 1 , 2 の少なくともいずれかの構成とを組み合わせてもよい。

10

【0058】

<実施の形態 9 >

図 1 3 は、本実施の形態 9 に係る半導体装置の一部の構成を示す断面図である。本実施の形態 9 の構成は、実施の形態 4 (図 8 参照) において、半導体素子 3 のうち端部 4 a 直下の領域 3 a が非通電領域である構成と同様である。非通電領域は、クラック 1 8 が到達しても半導体素子 3 が正常な動作を維持可能な領域であり、例えば温度センサが設けられた領域、及び、絶縁領域などである。

【0059】

<実施の形態 9 のまとめ>

20

本実施の形態 9 では、半導体素子 3 のうち端部 4 a 直下の領域 3 a が非通電領域であるため、クラック 1 8 が半導体素子 3 に到達したとしても、半導体素子 3 は正常な動作を行うことができる。なお、半導体素子 3 は、クラック 1 8 の到達などによって領域 3 a の不具合を検出した場合に、退避動作を行うように構成されてもよい。このような構成によれば、領域 3 a の不具合によって意図しない半導体素子 3 の急停止が生じることを抑制することができる。

【0060】

なお、本実施の形態 9 の構成と、これまでに説明した実施の形態 1 ~ 8 及び変形例 1 , 2 の少なくともいずれかの構成とを組み合わせてもよい。

【0061】

<実施の形態 1 ~ 9 の変形例>

30

以上で説明した実施の形態 1 ~ 9 及び変形例 1 , 2 のいずれかにおいて、半導体素子 3 の材料はワイドバンドギャップ半導体であってもよい。ワイドバンドギャップ半導体は、例えば、炭化珪素 (SiC)、窒化ガリウム (GaN)、または、ダイヤモンドなどである。

【0062】

ワイドバンドギャップ半導体からなる半導体素子 3 は、珪素からなる半導体素子 3 に比べて硬度 (例えばビッカース硬度) が高い。例えば、炭化珪素素の硬度は約 2 3 G P a であり、珪素の硬度は約 1 0 G P a であり、前者の硬度は後者の硬度の 2 . 3 倍程度である。このため、半導体素子 3 の材料をワイドバンドギャップ半導体とすることにより、クラック 1 8 の進展に対する応力耐性を高めることができる。

40

【0063】

なお、各実施の形態及び各変形例を自由に組み合わせたり、各実施の形態及び各変形例を適宜、変形、省略したりすることが可能である。

【0064】

上記した説明は、すべての局面において、例示であって、限定的なものではない。例示されていない無数の変形例が、想定され得るものと解される。

【符号の説明】

【0065】

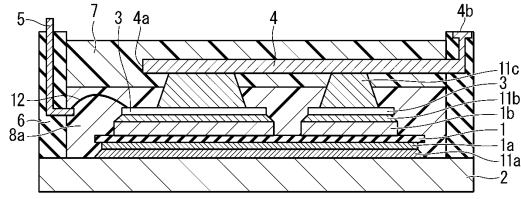
3 半導体素子、3 a 領域、4 リード電極端子、4 a 端部、4 c 突起、7 , 8 a

50

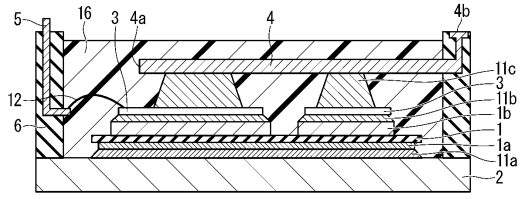
封止樹脂、8 b モールド成形樹脂、8 c 応力緩衝用フレーム、8 d 緩衝層、1 1 c 接合部材。

【図面】

【図 1】

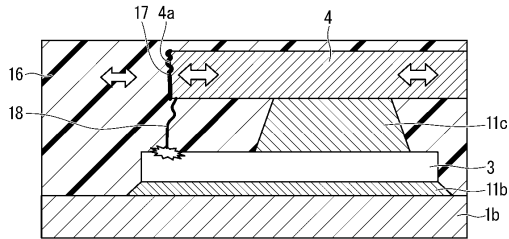


【図 2】

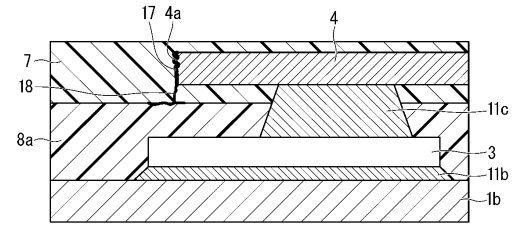


10

【図 3】

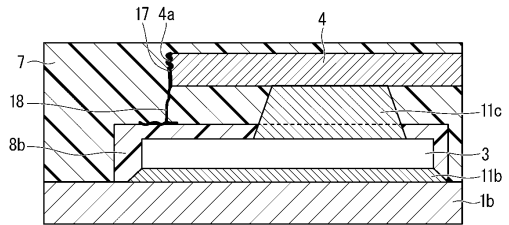


【図 4】

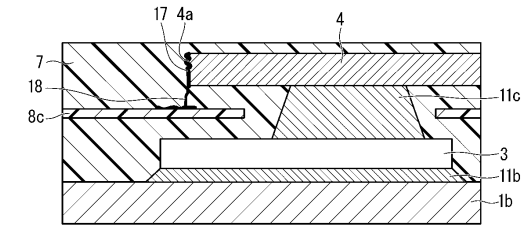


20

【図 5】

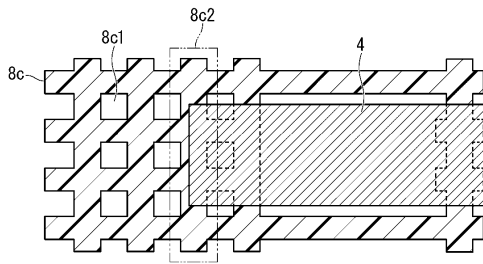


【図 6】

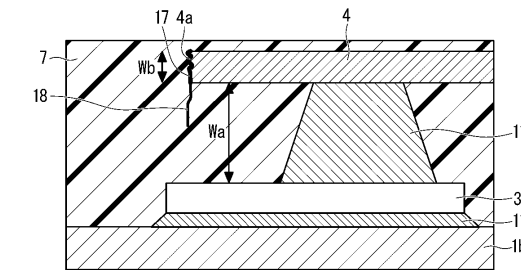


30

【図 7】



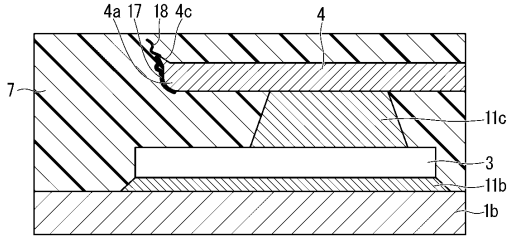
【図 8】



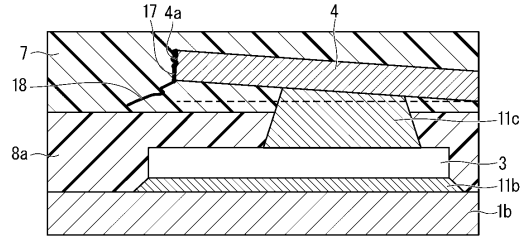
40

50

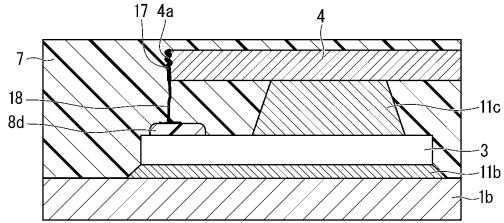
【 図 9 】



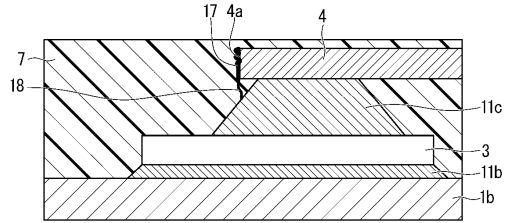
【 図 10 】



【 図 11 】

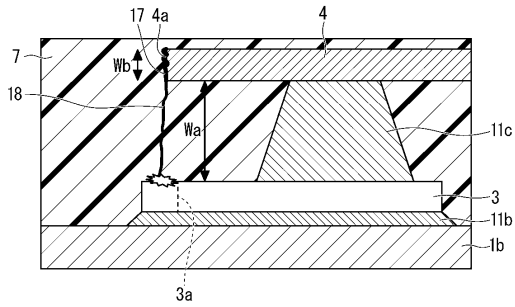


【 図 12 】



10

【 図 13 】



20

30

40

50

フロントページの続き

三菱電機株式会社内

(72)発明者 山内 宏哉

東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内

審査官 正山 旭

(56)参考文献 特開2009-064852(JP,A)

特開2021-057447(JP,A)

特開2015-162645(JP,A)

国際公開第2015/178296(WO,A1)

特開2015-220238(JP,A)

国際公開第2019/038906(WO,A1)

特開2010-219420(JP,A)

特開2013-051295(JP,A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

H01L 23/28

H01L 25/07

H01L 23/48