

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号

特開2022-44158

(P2022-44158A)

(43)公開日 令和4年3月17日(2022.3.17)

(51)国際特許分類	F I	テーマコード(参考)
H 0 1 L 23/29 (2006.01)	H 0 1 L 23/30	B 4 M 1 0 9
H 0 1 L 25/07 (2006.01)	H 0 1 L 25/04	C

審査請求 有 請求項の数 5 O L (全20頁)

(21)出願番号	特願2020-149647(P2020-149647)	(71)出願人	000005234 富士電機株式会社 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号
(22)出願日	令和2年9月7日(2020.9.7)	(74)代理人	100121083 弁理士 青木 宏義
		(74)代理人	100138391 弁理士 天田 昌行
		(74)代理人	100132067 弁理士 岡田 喜雅
		(72)発明者	香月 尚 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 富士電機株式会社内
		Fターム(参考)	4M109 BA07 CA10 DB09 EA02 EA07 EB11 EC04

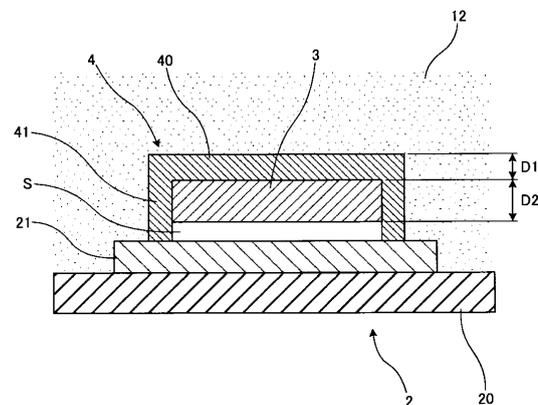
(54)【発明の名称】 半導体モジュールの製造方法

(57)【要約】

【課題】ワイドバンドギャップ半導体素子の上面外周のエッジ部付近での応力集中を抑制すること。

【解決手段】半導体モジュール(1)は、ワイドバンドギャップ半導体で構成された半導体素子(3)と、半導体素子の上面外周のエッジ部を覆う緩衝材(4)と、半導体素子、及び緩衝材を覆う封止樹脂(12)と、を備える。緩衝材の厚みは、50 μ m以上である。

【選択図】図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ワイドバンドギャップ半導体で構成された半導体素子と、
前記半導体素子の上面外周のエッジ部を覆う緩衝材と、
前記半導体素子、及び前記緩衝材を覆う封止樹脂と、を備え、
前記緩衝材の厚みは、 $50\ \mu\text{m}$ 以上である、半導体モジュール。

【請求項 2】

前記半導体素子は、平面視矩形状を有し、
前記緩衝材は、前記半導体素子の上面の少なくとも四隅を覆う、請求項 1 に記載の半導体モジュール。

【請求項 3】

前記半導体素子は、SiC（炭化ケイ素）、GaN（窒化ガリウム）、及びダイヤモンドのいずれかを用いて作製されている、請求項 1 又は請求項 2 に記載の半導体モジュール。

【請求項 4】

前記緩衝材の主成分は、ポリイミド、ポリアミド、及びポリアミドイミドのいずれかを少なくとも含む、請求項 1 から請求項 3 のいずれかに記載の半導体モジュール。

【請求項 5】

前記緩衝材の弾性率は、前記封止樹脂の弾性率よりも低い、請求項 1 から請求項 4 のいずれかに記載の半導体モジュール。

【請求項 6】

前記緩衝材は、前記半導体素子のエッジ部を全周に亘って覆う、請求項 1 から請求項 5 のいずれかに記載の半導体モジュール。

【請求項 7】

前記緩衝材は、弾性率が $0.5 \times 10^{-3}\ \text{GPa}$ 以上、 $3\ \text{GPa}$ 以下である、請求項 1 から請求項 6 のいずれかに記載の半導体モジュール。

【請求項 8】

前記封止樹脂は、エポキシ、シリコン、ウレタン、ポリイミド、ポリアミド、及びポリアミドイミドのいずれかを少なくとも含む、請求項 1 から請求項 7 のいずれかに記載の半導体モジュール。

【請求項 9】

前記封止樹脂は、フィラーを添加したエポキシ樹脂である、請求項 1 から請求項 8 のいずれかに記載の半導体モジュール。

【請求項 10】

前記封止樹脂は、弾性率が $4\ \text{GPa}$ 以上、 $30\ \text{GPa}$ 以下である、請求項 1 から請求項 9 のいずれかに記載の半導体モジュール。

【請求項 11】

前記緩衝材は、シート状に形成されている、請求項 1 から請求項 10 のいずれかに記載の半導体モジュール。

【請求項 12】

前記緩衝材は、前記半導体素子に塗布された液状樹脂を硬化させて形成された硬化膜である、請求項 1 から請求項 10 のいずれかに記載の半導体モジュール。

【請求項 13】

ワイドバンドギャップ半導体で構成された半導体素子の少なくとも上面外周のエッジ部に緩衝材を配置する緩衝材配置工程と、
前記緩衝材の上面に前記半導体素子の上面電極が露出する開口部を形成する開口部形成工程と、
前記上面電極に配線部材を接続する配線工程と、を備え、
前記緩衝材の厚みは、 $50\ \mu\text{m}$ 以上である、半導体モジュールの製造方法。

【請求項 14】

ワイドバンドギャップ半導体で構成された半導体素子の上面電極に配線部材を接続する配

10

20

30

40

50

線工程と、

前記配線工程の後、前記半導体素子の少なくとも上面外周のエッジ部に緩衝材を配置する緩衝材配置工程と、を備え、

前記緩衝材の厚みは、50 μm以上である、半導体モジュールの製造方法。

【請求項15】

ワイドバンドギャップ半導体で構成された半導体素子の上面外周のエッジ部を覆い、前記半導体素子の上面電極が露出する開口部を備えた緩衝材を配置する緩衝材配置工程と、

前記上面電極に配線部材を接続する配線工程と、を備え、

前記緩衝材の厚みは、50 μm以上である、半導体モジュールの製造方法。

【請求項16】

前記緩衝材配置工程において、前記緩衝材は、液状樹脂を塗布した後に硬化させることにより形成される、請求項13又は請求項14に記載の半導体モジュールの製造方法。

【請求項17】

前記緩衝材配置工程において、予め所定の形状に形成したシート状の緩衝材を配置する、請求項13又は請求項15に記載の半導体モジュールの製造方法。

【請求項18】

前記半導体素子、前記緩衝材、及び前記配線部材を封止樹脂で覆う封止工程を更に備える、請求項13から請求項17のいずれかに記載の半導体モジュールの製造方法。

【請求項19】

前記開口部形成工程において、レーザ加工により前記開口部を形成する、請求項13に記載の半導体モジュールの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体モジュール及び半導体モジュールの製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体装置は、IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)、パワーMOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor)、FWD (Free Wheeling Diode)等の半導体素子が設けられた基板を有し、インバータ装置等に利用される。

【0003】

特許文献1に、SiC (炭化ケイ素)を用いて作成された半導体素子を備える半導体モジュールが記載されている。この種の半導体モジュールでは、半導体素子を保護するため、半導体素子が熱硬化性樹脂で封止される。

【0004】

半導体素子の動作時の発熱により、半導体素子と封止樹脂との間に熱応力が発生する。例えば半導体素子と封止樹脂との熱膨張係数の差が大きいほど、大きな熱応力が発生する。この熱応力は、通常、半導体素子の上面外周および側面上部のエッジ部に集中する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】国際公開第2014/009996号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ところで、次世代デバイスであるSiC等の硬い材料を使用する場合には、上記のような熱応力が原因となって、エッジ部から亀裂や封止樹脂界面の剥離が発生してしまうという問題が発生し得る。

【0007】

10

20

30

40

50

本発明はかかる点に鑑みてなされたものであり、ワイドバンドギャップ半導体素子の上面外周のエッジ部付近での応力集中を抑制するのに適した構成の半導体モジュール、及びこのような半導体モジュールの製造方法を提供することを目的の1つとする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の一形態に係る半導体モジュールは、ワイドバンドギャップ半導体で構成された半導体素子と、前記半導体素子の上面外周のエッジ部を覆う緩衝材と、前記半導体素子、及び前記緩衝材を覆う封止樹脂と、を備え、前記緩衝材の厚みは、50 μ m以上である。

【0009】

本発明の一形態に係る半導体モジュールの製造方法は、ワイドバンドギャップ半導体で構成された半導体素子の少なくとも上面外周のエッジ部に緩衝材を配置する緩衝材配置工程と、前記緩衝材の上面に前記半導体素子の上面電極が露出する開口部を形成する開口部形成工程と、前記上面電極に配線部材を接続する配線工程と、を備え、前記緩衝材の厚みは、50 μ m以上である。

10

【0010】

本発明の一形態に係る半導体モジュールの製造方法は、ワイドバンドギャップ半導体で構成された半導体素子の上面電極に配線部材を接続する配線工程と、前記配線工程の後、前記半導体素子の少なくとも上面外周のエッジ部に緩衝材を配置する緩衝材配置工程と、を備え、前記緩衝材の厚みは、50 μ m以上である。

【0011】

本発明の一形態に係る半導体モジュールの製造方法は、ワイドバンドギャップ半導体で構成された半導体素子の上面外周のエッジ部を覆い、前記半導体素子の上面電極が露出する開口部を備えた緩衝材を配置する緩衝材配置工程と、前記上面電極に配線部材を接続する配線工程と、を備え、前記緩衝材の厚みは、50 μ m以上である。

20

【発明の効果】

【0012】

本発明の一形態によれば、半導体モジュールにおいて、ワイドバンドギャップ半導体チップの上面外周のエッジ部付近での応力集中を抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】本実施の形態に係る半導体モジュールを示す断面図である。

【図2】図1の半導体素子周辺の部分拡大図である。

【図3】本実施の形態に係る半導体モジュールの緩衝材近傍の拡大図である。

【図4】緩衝材の厚みと応力との関係を示すグラフである。

【図5】本実施の形態に係る半導体モジュールの製造方法を示す模式図である。

【図6】変形例に係る半導体モジュールを示す断面図である。

【図7】変形例に係る半導体モジュールの製造方法を示す模式図である。

【図8】他の変形例に係る半導体モジュールの製造方法を示す模式図である。

【図9】他の変形例に係る半導体モジュールの製造方法を示す模式図である。

【発明を実施するための形態】

30

40

【0014】

以下、本発明を適用可能な半導体モジュールについて説明する。図1は、本実施の形態に係る半導体モジュールを示す断面図である。図2は、図1の半導体素子周辺の部分拡大図である。なお、以下に示す半導体モジュールはあくまで一例にすぎず、これに限定されることなく適宜変更が可能である。

【0015】

以下の図において、半導体モジュールの長手方向をX方向、短手方向をY方向、高さ方向をZ方向と定義することにする。場合によっては、X方向を前後方向、Y方向を左右方向、Z方向を上下方向と呼ぶことがある。これらの方向（前後左右上下方向）は、説明の便宜上を用いる文言であり、半導体モジュールの取付姿勢によっては、XYZ方向のそれぞれ

50

との対応関係が変わることがある。また、本明細書において、平面視は、半導体モジュールの上面をZ軸の正方向から視た場合を意味する。

【0016】

半導体モジュール1は、例えばパワーモジュール等の電力変換装置に適用されるものである。図1に示すように、半導体モジュール1は、ベース板10、ベース板10上に配置された積層基板2、積層基板2上に接合材Sを介して実装された半導体素子3、半導体素子3と電氣的に接続する配線部材である配線部材W、積層基板2と半導体素子3と配線部材Wを収容するケース部材11、及びケース部材11の内部空間に充填される封止樹脂12を備える。

【0017】

ベース板10は、例えば銅、アルミニウム又はこれらの合金等からなる平面視方形の金属板であり、積層基板2及びこれに実装された電子部品からの熱を外部に放射する放熱板として作用する。

【0018】

ケース部材11は、ベース板10の外形に沿った矩形の枠状の樹脂製枠体であり、例えばベース板10上に接着剤等によって接着される。ケース部材11の上方には、図示しない蓋があってもよい。ベース板10及びケース部材11に取り囲われた空間には封止樹脂12が充填される。ベース板10及びケース部材11は封止樹脂12が充填される空間を画定する。ケース部材11は、熱可塑性樹脂により構成されている。このような樹脂として、PPS樹脂（ポリフェニレンサルファイド樹脂）、PBT樹脂（ポリブチレンテレフタレート樹脂）、フェノール樹脂等がある。なお、図示はしないが、ケース部材11には、外部接続用の端子部材が埋設されている。

【0019】

封止樹脂12は、枠状のケース部材11により規定されるケース部材11の内部空間に充填される。これにより、積層基板2、及びこれに実装された半導体素子3、配線部材Wが上記の空間内に封止される。封止樹脂12は、熱硬化性の樹脂により構成される。封止樹脂12は、エポキシ、シリコン、ウレタン、ポリイミド、ポリアミド、及びポリアミドイミドのいずれかを少なくとも含むことが好ましい。例えば、フィラーを混入したエポキシ樹脂が、絶縁性、耐熱性および放熱性の点から好適である。このような封止樹脂12は、熱膨張係数が7ppm/K以上、30ppm/K以下であり、弾性率が4GPa以上、30GPa以下である。

【0020】

また、ケース部材11と封止樹脂12とが一体化したフルモールド構造であってもよい。この場合、ケース部材11は、半導体モジュールの枠状壁部を形成すると共に、積層基板2、及び半導体素子3、配線部材Wを封止する。半導体モジュール1は、上面及び枠状壁部がケース部材11で形成され、下面の一部にベース板10が露出している。さらに、半導体モジュール1は、積層基板2、及び半導体素子3、配線部材Wを封止樹脂12のみにより封止したフルモールド構造であってもよい。このようなフルモールド構造は、トランスファー成型等により形成することができる。なお、封止樹脂12が一体化したケース部材11は、熱硬化性樹脂により構成されている。このような樹脂として、フィラーを混入したエポキシ樹脂を用いることが好適である。

【0021】

積層基板2は、例えば、DCB（Direct Copper Bonding）基板やAMB（Active Metal Brazing）基板、あるいは金属ベース基板で構成される。積層基板2は、絶縁層20を有する。絶縁層20は、例えば、アルミナ（ Al_2O_3 ）、窒化アルミニウム（ AlN ）、窒化珪素（ Si_3N_4 ）等のセラミックス材料、エポキシや液晶ポリマー等の樹脂材料、又はセラミックス材料をフィラーとして用いたエポキシ樹脂材料等の絶縁材料によって形成される。

【0022】

絶縁層20の上面には、複数の回路板21、22が形成される。図1では、便宜上、回路

10

20

30

40

50

板 2 1、2 2 を 2 つのみ示すが、絶縁層 2 0 の上面には、より多くの回路板が形成されてもよい。これらの回路板は、銅箔等の金属層であり、絶縁層 2 0 上に電氣的に互いに絶縁された状態で島状に形成される。

【 0 0 2 3 】

回路板 2 1 の上面には、複数の半導体素子 3 が半田等の接合材 S を介して配置される。半導体素子 3 は、平面視方形状である。

【 0 0 2 4 】

配線部材 W は、配線部材である。配線部材 W は、一端が半導体素子 3 の上面電極にボンディングされ、他端が他の回路板 2 2 にボンディングされる。配線部材 W の材質は、金、銅、アルミニウム、金合金、銅合金、アルミニウム合金の何れか 1 つ又はそれらの組み合わせを用いることができる。配線部材としてワイヤ以外の部材を用いることも可能である。例えばワイヤに代えてリボンやリードフレームを用いることができる。

10

【 0 0 2 5 】

半導体素子 3 は、回路板 2 1 の上面に接合材 S を介して配置され、電氣的に接続される。図 1 では、便宜上、1 つの回路板 2 1 につき 1 つの半導体素子 3 を示すが、より多くの半導体素子 3 が回路板 2 1 に配置されてもよい。

【 0 0 2 6 】

半導体素子 3 は、バンドギャップが大きいワイドバンドギャップ半導体素子で構成される。ワイドバンドギャップ半導体素子は、ワイドバンドギャップ半導体素子と呼ばれることもある。半導体素子 3 は、例えば炭化けい素 (S i C)、窒化ガリウム (G a N)、及びダイヤモンド等のワイドバンドギャップ半導体基板によって平面視方形状 (矩形状) に形成される。

20

【 0 0 2 7 】

なお、半導体素子 3 としては、I G B T (Insulated Gate Bipolar Transistor)、パワー M O S F E T (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) 等のスイッチング素子、F W D (Free Wheeling Diode) 等のダイオードが用いられる。また、半導体素子 3 として、I G B T と F W D を一体化した R C (Reverse Conducting) - I G B T 素子、又はパワー M O S F E T 素子、逆バイアスに対して十分な耐圧を有する R B (Reverse Blocking) - I G B T 等が用いられてもよい。

【 0 0 2 8 】

また、半導体素子 3 の形状、配置数、配置箇所等は適宜変更が可能である。なお、本実施の形態における半導体素子 3 は、半導体基板にトランジスタなどの機能素子を形成した、縦型のスイッチング素子であるが、これに限らず、横型のスイッチング素子であってもよい。

30

【 0 0 2 9 】

近年、ハイブリッド自動車 (H E V : Hybrid Electric Vehicle) や電気自動車 (E V : Electric Vehicle) が代表されるように、自動車の電動化が進んでいる。H E V や E V の電力変換に用いられるパワー半導体モジュールには、長期信頼性の保証が要求される。更には、半導体素子の使用温度も上昇している。このため、高温でも動作可能な半導体素子の開発が精力的に行われており、半導体素子の小型化や高耐圧化、高電流密度化が進んでいる。

40

【 0 0 3 0 】

S i C や G a N 等のワイドバンドギャップ半導体は、S i 半導体よりもバンドギャップが大きい。このため、ワイドバンドギャップ半導体では、半導体モジュールの小型化、高耐圧化、高電流密度化、及び高温動作等が期待されている。このような特徴をもつ半導体素子の装置化を実現して、動作の長期安定性を確保することが求められている。

【 0 0 3 1 】

ところで、半導体モジュールにおいては、半導体素子の動作時の発熱により、半導体素子と封止樹脂との間に熱膨張係数の差及びそれぞれの弾性率に応じた熱応力が発生する。この熱応力は、半導体素子の上面外周のエッジ部に集中する。

50

【0032】

例えばSi半導体は、熱膨張係数が2～3ppm/K、弾性率が110～140GPaである。一方で、SiC半導体は、熱膨張係数が3～5ppm/K、弾性率が400～500GPaである。また、GaN半導体は、熱膨張係数が3～6ppm/K、弾性率が120～300GPaである。

【0033】

このように、SiCやGaNを用いて作製されたSiC半導体素子やGaN半導体素子等のワイドバンドギャップ半導体素子は、Siを用いて作成されたSi半導体素子よりも弾性率が高い。このことから、ワイドバンドギャップ半導体素子において、その上面外周のエッジ部に集中する熱応力により、エッジ部と封止樹脂との接着界面において剥離が生じることが懸念される。また、エッジ部付近を起点として封止樹脂にクラックが発生することも懸念される。

10

【0034】

そこで、本件発明者は、半導体素子のエッジ部における樹脂の剥離及びクラックの発生を抑制することに着目し、本発明に想到した。ここで、図3及び図4を参照して、本実施の形態に係る半導体素子の表面構造について説明する。図3は、本実施の形態に係る半導体モジュールの緩衝材近傍の拡大図である。図4は、緩衝材の厚みと応力との関係を示すグラフである。図4において、横軸は緩衝材の厚さを示しており、縦軸はせん断応力（例えば半導体素子と緩衝材の界面における最大せん断応力）を示している。

20

【0035】

具体的に本実施の形態では、図3に示すように、ワイドバンドギャップ半導体で構成された半導体素子3の上方を所定厚みD1の緩衝材4で覆う構成とした。緩衝材4は、少なくとも半導体素子3の上面外周のエッジ部を覆っている。また、半導体素子3及び緩衝材4は、封止樹脂12によって覆われている。

【0036】

半導体素子3は、平面視矩形状を有しており、緩衝材4は、半導体素子3の上面の少なくとも四隅を覆っている。より具体的に緩衝材4は、半導体素子3の上面全体を覆う上面部40と、半導体素子3の側面及び接合材5を覆う側面部41と、を含んで構成される。

【0037】

上面部40は、平面視で矩形状を有し、半導体素子3の上面のエッジ部を全周に亘って覆っている。側面部41は、上面部40の外周端から下方に向かって突出した角筒形状を有している。側面部41は、半導体素子3の側面及び接合材5を覆っている。すなわち、側面部41の下端は回路板21の上面に接触している。

30

【0038】

詳細は後述するが、上面部40の厚さD1は、50μm以上であることが好ましい。また、緩衝材4の主成分は、ポリイミド、ポリアミド、及びポリアミドイミドのいずれかを少なくとも含むことが好ましい。更に緩衝材4は、弾性率が3GPa以下であることが好ましい。すなわち、緩衝材4の弾性率は、封止樹脂12の弾性率よりも低いことが好ましい。

【0039】

また、緩衝材4は、半導体素子に塗布された液状樹脂を硬化させて形成された硬化膜であってもよい。緩衝材4は、例えば熱硬化性の樹脂で構成されてよい。また、詳細は後述するが、予めシート状に形成された緩衝材4を半導体素子3の上面に貼り付ける構成としてもよい。

40

【0040】

本実施の形態では、上記したように、緩衝材4の厚さD1が50μm以上であることが好ましい。図5に示すように、半導体素子3と緩衝材4の界面におけるせん断応力は、D1=50μmの近傍で急激に下がっており、50μm以降は、緩やかな下がり方になっている。すなわち、緩衝材4の厚さD1をせん断応力が急激に減少し始める50μmに設定することで、応力抑制効果を発揮することが可能である。このため、半導体素子3と緩衝材

50

4及び封止樹脂12の界面近傍における剥離及びクラックの発生を抑制することが可能である。なお、この場合、半導体素子3の厚さD2は、100µm~500µmであることが好ましい。

【0041】

また、上記したように、緩衝材4は、封止樹脂12よりも弾性率が低い材料を用いて形成される。また、緩衝材4の弾性率は、半導体素子3の弾性率よりも低い。好ましくは、緩衝材4は、弾性率が 0.5×10^{-3} GPa以上、 5.0×10^{-3} GPa以下である。弾性率が小さすぎると、形状を保持することが難しい。一方で、弾性率が大きすぎると、応力の緩和作用が小さくなり、クラックの発生を抑制できない。半導体素子3と封止樹脂12との熱による体積変化の差に起因する熱応力は、低弾性率部材である緩衝材4が半導体素子3と封止樹脂12との間で弾性変形することによって緩和される。この緩和作用により、半導体素子3の上面外周のエッジ部付近で発生する熱応力が小さくなり、エッジ部と封止樹脂12との接着界面における剥離及びエッジ部付近を起点とした封止樹脂12のクラックの発生が抑制される。

【0042】

また、緩衝材4は、半導体素子3と封止樹脂12との熱による体積変化の差に応じて弾性変形したときに破断しないように、破断伸び率が高い材料を用いて形成されてもよい。一例として、緩衝材4の破断伸び率は40%以上であることが好ましい。

【0043】

また、図3に示すように、封止樹脂12にフィラー12aを添加すると、断面において、緩衝材4と封止樹脂12との境界が明確になる。

【0044】

次に、図1及び図5を参照して、本実施の形態に係る半導体モジュールの製造方法について説明する。図5A-図5Dは、半導体モジュールの製造方法を模式的に示す図である。なお、以下に示す半導体モジュールの製造方法は、あくまで一例であり、この構成に限定されず、適宜変更が可能である。また、半導体モジュールの製造方法を構成する各工程の順序は、矛盾が生じない限りにおいて、適宜変更が可能である。また、半導体モジュールの製造方法は、以下に示す工程以外の工程を含んでもよい。

【0045】

図1及び図5に示すように、半導体モジュール1の製造方法は、ケース部材配置工程(図5A参照)と、チップ配置工程(図5B参照)と、配線工程(図5C参照)と、緩衝材配置工程(図5D参照)と、封止工程(図1参照)と、をこの順に実施して構成される。

【0046】

まず、ケース部材配置工程が実施される。図5Aに示すように、ベース板10の上面には、予め積層基板2が配置されている。ケース部材配置工程では、積層基板2の外周を囲うように棒状のケース部材11が配置される。ケース部材11は、不図示の接着材を介してベース板10及び積層基板2の外周端に配置される。

【0047】

次に、チップ配置工程が実施される。図5Bに示すように、チップ配置工程では、回路板21の上面に半田等の接合材Sを介して半導体素子3が配置される。接合材Sは、半田に限らず、焼結材を用いることも可能である。

【0048】

次に、配線工程が実施される。図5Cに示すように、配線工程では、半導体素子3の上面電極と他の回路板22とが配線部材Wによって電氣的に接続される。配線部材Wは、例えばワイヤボンディングにより接続される。

【0049】

配線工程の後、緩衝材配置工程が実施される。図5Dに示すように、緩衝材配置工程では、半導体素子3の少なくとも上面外周のエッジ部に緩衝材を配置が配置される。図5Dでは、液状樹脂を半導体素子3の上面に塗布し、塗布した液状樹脂で半導体素子3及び接合材Sの側面を覆うようにならず。この場合、液状樹脂の粘度は、50Pa・s以上である

10

20

30

40

50

ことが好ましい。そして、液状樹脂に熱を加えることで硬化させ（熱硬化）、緩衝材 4 が形成される。緩衝材 4 に液状樹脂を用いることで、半導体素子 3 の表面形状によらず、万遍なく半導体素子 3 の上方を液状樹脂で覆うことが可能である。この場合、半導体素子 3 の上面における緩衝材 4 の厚さは、50 μm 以上であることが好ましい。

【0050】

次に、封止工程が実施される。図 1 に示すように、封止工程では、ケース部材 11 に囲われた空間内に封止樹脂 12 が充填される。封止樹脂 12 は、液状樹脂を所定温度で硬化させることによって形成される。この結果、半導体素子 3、緩衝材 4、及び配線部材 W が封止樹脂によって覆われる（封止される）。このようにして、半導体モジュール 1 が製造される。

10

【0051】

以上説明したように、本実施の形態では、ワイドバンドギャップ半導体で構成された半導体素子 3 の上面外周のエッジ部を覆うように緩衝材 4 を配置し、この緩衝材 4 の厚さを 50 μm 以上とした。これにより、半導体素子 3 の上面外周のエッジ部付近で発生する熱応力が小さくなり、エッジ部と緩衝材 4 及び封止樹脂 12 との接着界面における剥離及びエッジ部付近を起点とした封止樹脂 12 のクラックの発生が抑制される。

【0052】

次に、図 6 から図 8 を参照して、変形例について説明する。図 6 は、変形例に係る半導体モジュールを示す断面図である。図 7（図 7A - 図 7D）は、変形例に係る半導体モジュールの製造方法を示す模式図である。図 8（図 8A - 図 8C）は、他の変形例に係る半導体モジュールの製造方法を示す模式図である。以下の変形例においては、緩衝材の形成方法が異なるだけであり、主に相違部分についてのみ説明し、共通する構成は共通の符号を付して説明は適宜省略する。

20

【0053】

上記実施の形態では、半導体素子 3 の上面に液状樹脂を塗布した後に硬化させることで緩衝材 4 を形成する場合について説明したが、この構成に限定されない。例えば、図 6 及び図 7 に示すように、予め所定の形状に形成したシート状の緩衝材 4 を半導体素子 3 の上面に貼り付ける（配置する）構成としてもよい。

【0054】

図 6 に示すように、変形例に係る緩衝材 4 は、半導体素子 3 の上面外周のエッジ部を覆うように、中央に開口部 4a が形成された平面視矩形枠状を有している。緩衝材 4 の内側が開口部 4a を画定する。中央に開口部 4a が形成されているのは、配線部材 W と半導体素子 3 の上面電極との接続箇所を確保するためである。この場合、緩衝材 4 の厚さは、50 μm 以上であることが好ましい。緩衝材 4 をシート状にしたことにより、緩衝材 4 の厚さを均一にコントロールすることが可能である。

30

【0055】

図 6 に示す半導体モジュール 1 の製造方法は、チップ配置工程（図 7A 参照）と、緩衝材配置工程（図 7B 参照）と、開口部形成工程（図 7C 参照）と、配線工程（図 7D 参照）と、封止工程（図 6 参照）と、をこの順に実施して構成される。

【0056】

まず、チップ配置工程が実施される。図 7A に示すように、ベース板 10 の上面には、予め積層基板 2 及びケース部材 11 が配置されている。チップ配置工程では、回路板 21 の上面に半田等の接合材 S を介して半導体素子 3 が配置される。

40

【0057】

次に、緩衝材配置工程が実施される。図 7B に示すように、緩衝材配置工程では、半導体の上面にシート状の緩衝材 4 が配置される。シート状の緩衝材 4 は、半導体素子 3 に形状に合わせて予め矩形状にカットされている。シート状の緩衝材 4 は、例えば不図示の接着剤を介して半導体素子 3 の上面に貼り付けられる。また、シート状の緩衝材 4 は、下面側（半導体素子の上面電極に対向する面）に所定厚さの粘着層を形成したもので構成されてもよい。例えば、ポリイミドの基材にシリコンの粘着層を形成したシート状緩衝材 4 が

50

、耐熱性の観点から好ましい。また緩衝材 4 としてポリイミドシートを半導体素子 3 にラミネートしてもよい。

【0058】

次に、開口部形成工程が実施される。図 7 C に示すように、開口部形成工程では、緩衝材 4 の上面に半導体素子 3 の上面電極が露出する開口部 4 a が形成される。開口部 4 a は、例えばエッチングにより形成されてもよい。また、開口部 4 a はレーザ加工によって形成されてもよい。レーザ加工よれば、工程が簡易で工数を削減することが可能である。このように、開口部 4 a が形成されることで、半導体素子 3 の上面外周のエッジ部を覆う矩形枠状の緩衝材 4 が形成される。なお、図 7 B、7 C の工程において、あらかじめ開口部 4 a が設けられたシート状の緩衝材 4 を用いてもよい。

10

【0059】

次に、配線工程が実施される。図 7 D に示すように、配線工程では、開口部 4 a によって露出された半導体素子 3 の上面電極に配線部材 W の一端が電氣的に接続される。配線部材 W の他端は、回路板 2 2 の上面に電氣的に接続される。

【0060】

そして、封止工程が実施される。図 6 に示すように、封止工程では、ケース部材 1 1 に囲われた空間内に封止樹脂 1 2 が充填される。封止樹脂 1 2 は、液状樹脂を所定温度で硬化させることによって形成される。この結果、半導体素子 3、緩衝材 4、及び配線部材 W が封止樹脂によって覆われる（封止される）。このとき、開口部 4 a 内にも封止樹脂 1 2 が充填される。すなわち、封止樹脂 1 2 と半導体素子の上面電極中央は、直接的に接触している。このような方法によっても半導体モジュール 1 を製造することが可能である。

20

【0061】

また、上記変形例では、矩形状の緩衝材 4 を半導体素子 3 の上面に配置した後に開口部 4 a を形成する場合について説明したが、この構成に限定されない。例えば、図 8 に示す方法であってもよい。図 8 に示す半導体モジュール 1 の製造方法は、チップ配置工程（図 8 A 参照）と、緩衝材配置工程（図 8 B 参照）と、配線工程（図 8 C 参照）と、封止工程（図 6 参照）と、をこの順に実施して構成される。なお、チップ配置工程、配線工程、及び封止工程は、図 6、7 と同じため、説明を省略する。

【0062】

図 8 B に示すように、緩衝材配置工程では、予め半導体素子 3 の外周縁に沿って矩形枠状に形成された緩衝材 4 が半導体素子 3 に配置される。予め、中央に開口部 4 a が形成されているため、上記した開口部形成工程を省略することができ、工数が低減される。このような方法によっても半導体モジュール 1 を製造することが可能である。

30

【0063】

なお、上記実施の形態では、個々のチップに分割された半導体素子 3 を回路板 2 1 の上面に配置した後に緩衝材 4 を配置する場合について説明したが、この構成に限定されない。例えば、図 9 に示すように、複数のデバイス（半導体素子 3）が形成された一枚のウェーハ W 上に、直接緩衝材 4 を貼り付けた後に、ダイシングライン D に沿って個々のチップ C に分割する構成としてもよい。一度に複数の半導体素子 3 上に緩衝材 4 を配置することができるため、効率的である。また、上記実施の形態において、連続的に連なって枠状の緩衝材 4 を例にして説明したが、これに限定されず、適宜変更が可能である。緩衝材 4 は、半導体素子 3 の四隅を少なくとも覆えばよく、例えば、断続的に形成されてもよい。

40

【0064】

本実施の形態及び変形例を説明したが、他の実施の形態として、上記実施の形態及び変形例を全体的又は部分的に組み合わせるものでもよい。

【0065】

また、本実施の形態は上記の実施の形態及び変形例に限定されるものではなく、技術的思想の趣旨を逸脱しない範囲において様々に変更、置換、変形されてもよい。さらに、技術の進歩又は派生する別技術によって、技術的思想を別の仕方を実現することができれば、その方法を用いて実施されてもよい。したがって、特許請求の範囲は、技術的思想の範囲

50

内に含まれ得る全ての実施態様をカバーしている。

【0066】

下記に、上記実施の形態における特徴点を整理する。

【0067】

上記実施の形態に記載の半導体モジュールは、ワイドバンドギャップ半導体で構成された半導体素子と、前記半導体素子の上面外周のエッジ部を覆う緩衝材と、前記半導体素子、及び前記緩衝材を覆う封止樹脂と、を備え、前記緩衝材の厚みは、50 μm以上である。

【0068】

上記実施の形態に記載の半導体モジュールにおいて、前記半導体素子は、平面視矩形状を有し、前記緩衝材は、前記半導体素子の上面の少なくとも四隅を覆う。

10

【0069】

上記実施の形態に記載の半導体モジュールにおいて、前記半導体素子は、SiC（炭化ケイ素）、GaN（窒化ガリウム）、及びダイヤモンドのいずれかを用いて作製されている。

【0070】

上記実施の形態に記載の半導体モジュールにおいて、前記緩衝材の主成分は、ポリイミド、ポリアミド、及びポリアミドイミドのいずれかを少なくとも含む。

【0071】

上記実施の形態に記載の半導体モジュールにおいて、前記緩衝材の弾性率は、前記封止樹脂の弾性率よりも低い。

20

【0072】

上記実施の形態に記載の半導体モジュールにおいて、前記緩衝材は、前記半導体素子のエッジ部を全周に亘って覆う。

【0073】

上記実施の形態に記載の半導体モジュールにおいて、前記緩衝材は、弾性率が 0.5×10^{-3} GPa以上、3 GPa以下である。

【0074】

上記実施の形態に記載の半導体モジュールにおいて、前記封止樹脂は、エポキシ、シリコン、ウレタン、ポリイミド、ポリアミド、及びポリアミドイミドのいずれかを少なくとも含む。

30

【0075】

上記実施の形態に記載の半導体モジュールにおいて、前記封止樹脂は、フィラーを添加したエポキシ樹脂である。

【0076】

上記実施の形態に記載の半導体モジュールにおいて、前記封止樹脂は、弾性率が4 GPa以上、30 GPa以下である。

【0077】

上記実施の形態に記載の半導体モジュールにおいて、前記緩衝材は、シート状に形成されている。

【0078】

上記実施の形態に記載の半導体モジュールにおいて、前記緩衝材は、前記半導体素子に塗布された液状樹脂を硬化させて形成された硬化膜である。

40

【0079】

上記実施の形態に記載の半導体モジュールの製造方法は、ワイドバンドギャップ半導体で構成された半導体素子の少なくとも上面外周のエッジ部に緩衝材を配置する緩衝材配置工程と、前記緩衝材の上面に前記半導体素子の上面電極が露出する開口部を形成する開口部形成工程と、前記上面電極に配線部材を接続する配線工程と、を備え、前記緩衝材の厚みは、50 μm以上である。

【0080】

上記実施の形態に記載の半導体モジュールの製造方法は、ワイドバンドギャップ半導体で

50

構成された半導体素子の上面電極に配線部材を接続する配線工程と、前記配線工程の後、前記半導体素子の少なくとも上面外周のエッジ部に緩衝材を配置する緩衝材配置工程と、を備え、前記緩衝材の厚みは、50 μm 以上である。

【0081】

上記実施の形態に記載の半導体モジュールの製造方法は、ワイドバンドギャップ半導体で構成された半導体素子の上面外周のエッジ部を覆い、前記半導体素子の上面電極が露出する開口部を備えた緩衝材を配置する緩衝材配置工程と、前記上面電極に配線部材を接続する配線工程と、を備え、前記緩衝材の厚みは、50 μm 以上である。

【0082】

上記実施の形態に記載の半導体モジュールの製造方法は、前記緩衝材配置工程において、前記緩衝材は、液状樹脂を塗布した後に硬化させることにより形成される。

10

【0083】

上記実施の形態に記載の半導体モジュールの製造方法は、前記緩衝材配置工程において、予め所定の形状に形成したシート状の緩衝材を配置する。

【0084】

上記実施の形態に記載の半導体モジュールの製造方法は、前記半導体素子、前記緩衝材、及び前記配線部材を封止樹脂で覆う封止工程を更に備える。

【0085】

上記実施の形態に記載の半導体モジュールの製造方法は、前記開口部形成工程において、レーザ加工により前記開口部を形成する。

20

【産業上の利用可能性】

【0086】

以上説明したように、本発明は、ワイドバンドギャップ半導体素子の上面外周のエッジ部付近での応力集中を抑制することができるという効果を有し、特に、半導体モジュール及び半導体モジュールの製造方法に有用である。

【符号の説明】

【0087】

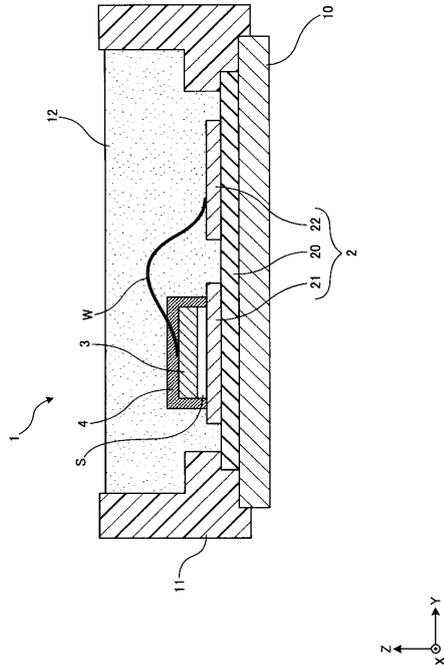
- 1 : 半導体モジュール
- 2 : 積層基板
- 3 : 半導体素子
- 4 : 緩衝材
- 4 a : 開口部
- 10 : ベース板
- 11 : ケース部材
- 12 : 封止樹脂
- 12 a : フィラー
- 20 : 絶縁層
- 21 : 回路板
- 22 : 回路板
- 40 : 上面部
- 41 : 側面部
- D1 : 緩衝材の厚さ
- D2 : 半導体素子の厚さ
- S : 接合材
- W : 配線部材

30

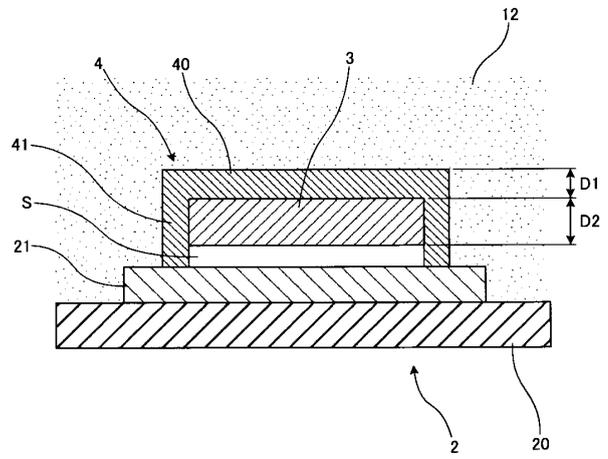
40

【 図 面 】

【 図 1 】



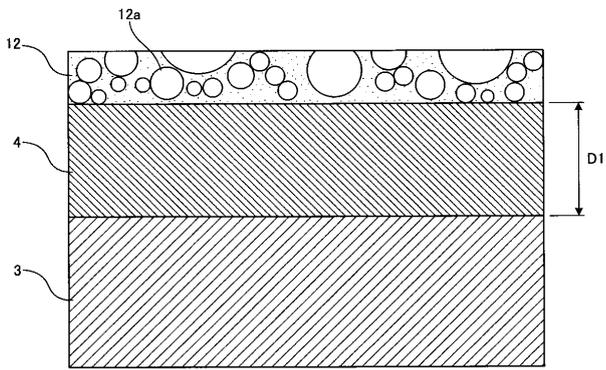
【 図 2 】



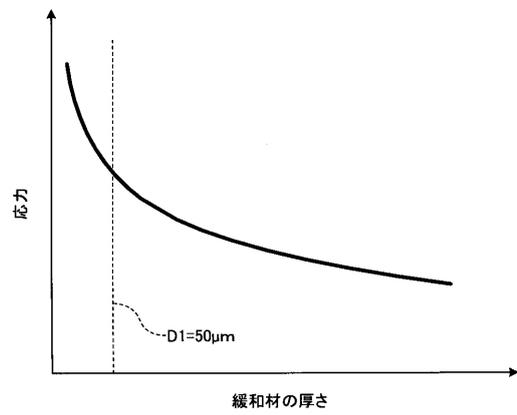
10

20

【 図 3 】



【 図 4 】



30

40

【 図 5 】

図5A

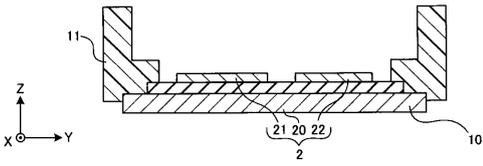


図5B

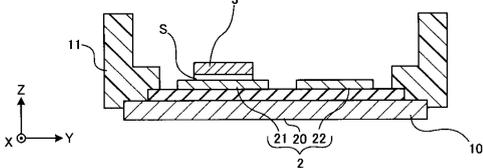


図5C

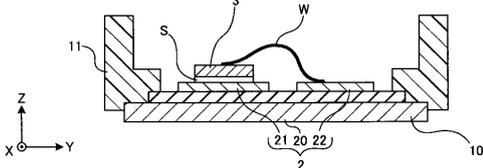
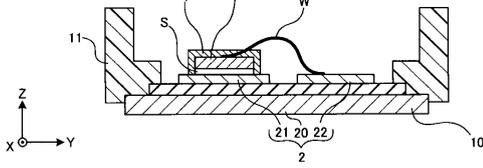
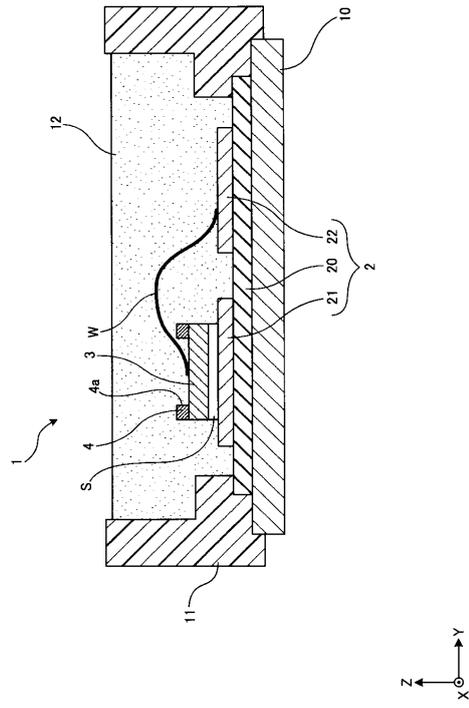


図5D



【 図 6 】



10

20

【 図 7 】

図7A

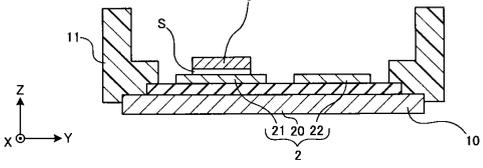


図7B

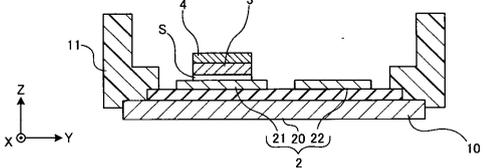


図7C

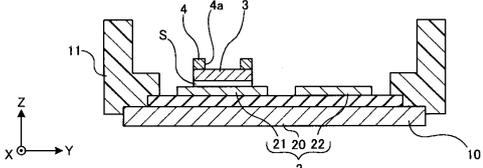
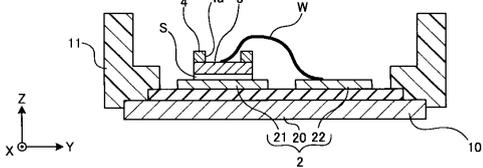
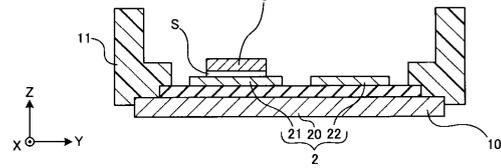


図7D



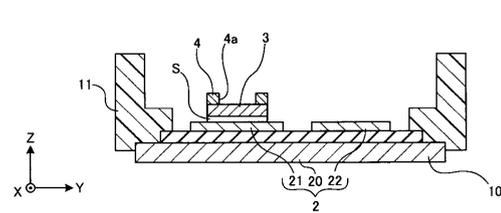
【 図 8 】

図8A



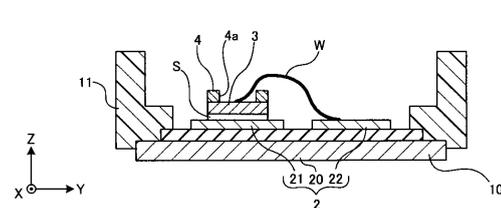
30

図8B



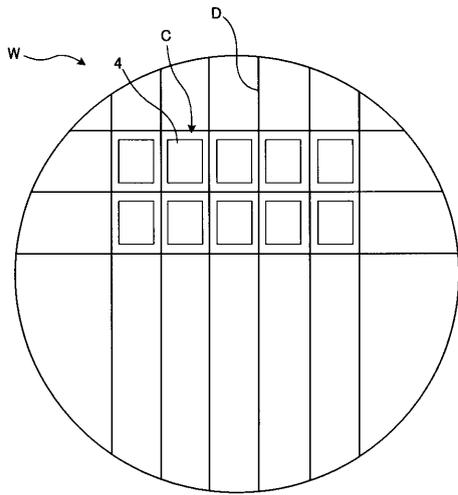
40

図8C



50

【 図 9 】



10

20

30

40

50

【手続補正書】

【提出日】令和3年3月3日(2021.3.3)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

ワイドバンドギャップ半導体で構成された半導体素子と、
前記半導体素子の上面外周のエッジ部及び側面を覆う緩衝材と、
前記半導体素子、及び前記緩衝材を覆う封止樹脂と、を備え、
前記エッジ部の前記緩衝材の厚みは、50 μm以上である、半導体モジュール。

【請求項2】

前記半導体素子は、平面視矩形状を有し、
前記緩衝材は、前記半導体素子の上面の少なくとも四隅を覆う、請求項1に記載の半導体モジュール。

【請求項3】

前記半導体素子は、SiC(炭化ケイ素)、GaN(窒化ガリウム)、及びダイヤモンドのいずれかを用いて作製されている、請求項1又は請求項2に記載の半導体モジュール。

【請求項4】

前記緩衝材の主成分は、ポリイミド、ポリアミド、及びポリアミドイミドのいずれかを少なくとも含む、請求項1から請求項3のいずれかに記載の半導体モジュール。

【請求項5】

前記緩衝材の弾性率は、前記封止樹脂の弾性率よりも低い、請求項1から請求項4のいずれかに記載の半導体モジュール。

【請求項6】

前記緩衝材は、前記半導体素子のエッジ部を全周に亘って覆う、請求項1から請求項5のいずれかに記載の半導体モジュール。

【請求項7】

前記緩衝材は、弾性率が 0.5×10^{-3} GPa以上、3 GPa以下である、請求項1から請求項6のいずれかに記載の半導体モジュール。

【請求項8】

前記封止樹脂は、エポキシ、シリコン、ウレタン、ポリイミド、ポリアミド、及びポリアミドイミドのいずれかを少なくとも含む、請求項1から請求項7のいずれかに記載の半導体モジュール。

【請求項9】

前記封止樹脂は、フィラーを添加したエポキシ樹脂である、請求項1から請求項8のいずれかに記載の半導体モジュール。

【請求項10】

前記封止樹脂は、弾性率が4 GPa以上、30 GPa以下である、請求項1から請求項9のいずれかに記載の半導体モジュール。

【請求項11】

前記緩衝材は、シート状に形成されている、請求項1から請求項10のいずれかに記載の半導体モジュール。

【請求項12】

前記緩衝材は、前記半導体素子に塗布された液状樹脂を硬化させて形成された硬化膜である、請求項1から請求項10のいずれかに記載の半導体モジュール。

【請求項13】

ワイドバンドギャップ半導体で構成された半導体素子の少なくとも上面外周のエッジ部に

緩衝材を配置する緩衝材配置工程と、
前記緩衝材の上面に前記半導体素子の上面電極が露出する開口部を形成する開口部形成工程と、
前記上面電極に配線部材を接続する配線工程と、を備え、
前記緩衝材の厚みは、50 μm以上である、半導体モジュールの製造方法。

【請求項14】

ワイドバンドギャップ半導体で構成された半導体素子の上面電極に配線部材を接続する配線工程と、
前記配線工程の後、前記半導体素子の少なくとも上面外周のエッジ部及び側面に緩衝材を配置する緩衝材配置工程と、を備え、
前記エッジ部の前記緩衝材の厚みは、50 μm以上である、半導体モジュールの製造方法。

10

【請求項15】

ワイドバンドギャップ半導体で構成された半導体素子の上面外周のエッジ部及び側面を覆い、前記半導体素子の上面電極が露出する開口部を備えた緩衝材を配置する緩衝材配置工程と、
前記上面電極に配線部材を接続する配線工程と、を備え、
前記エッジ部の前記緩衝材の厚みは、50 μm以上である、半導体モジュールの製造方法。

【請求項16】

前記緩衝材配置工程において、前記緩衝材は、液状樹脂を塗布した後に硬化させることにより形成される、請求項13又は請求項14に記載の半導体モジュールの製造方法。

20

【請求項17】

前記緩衝材配置工程において、予め所定の形状に形成したシート状の緩衝材を配置する、請求項13又は請求項15に記載の半導体モジュールの製造方法。

【請求項18】

前記半導体素子、前記緩衝材、及び前記配線部材を封止樹脂で覆う封止工程を更に備える、請求項13から請求項17のいずれかに記載の半導体モジュールの製造方法。

【請求項19】

前記開口部形成工程において、レーザ加工により前記開口部を形成する、請求項13に記載の半導体モジュールの製造方法。

30

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0008

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0008】

本発明の一形態に係る半導体モジュールは、ワイドバンドギャップ半導体で構成された半導体素子と、前記半導体素子の上面外周のエッジ部及び側面を覆う緩衝材と、前記半導体素子、及び前記緩衝材を覆う封止樹脂と、を備え、前記エッジ部の前記緩衝材の厚みは、50 μm以上である。

40

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0010

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0010】

本発明の一形態に係る半導体モジュールの製造方法は、ワイドバンドギャップ半導体で構成された半導体素子の上面電極に配線部材を接続する配線工程と、前記配線工程の後、前記半導体素子の少なくとも上面外周のエッジ部及び側面に緩衝材を配置する緩衝材配置工

50

程と、を備え、前記エッジ部の前記緩衝材の厚みは、50 μm以上である。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0011

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0011】

本発明の一態様に係る半導体モジュールの製造方法は、ワイドバンドギャップ半導体で構成された半導体素子の上面外周のエッジ部及び側面を覆い、前記半導体素子の上面電極が露出する開口部を備えた緩衝材を配置する緩衝材配置工程と、前記上面電極に配線部材を接続する配線工程と、を備え、前記エッジ部の前記緩衝材の厚みは、50 μm以上である。

10

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0041

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0041】

また、上記したように、緩衝材4は、封止樹脂12よりも弾性率が低い材料を用いて形成される。また、緩衝材4の弾性率は、半導体素子3の弾性率よりも低い。好ましくは、緩衝材4は、弾性率が 0.5×10^{-3} GPa以上、3 GPa以下である。弾性率が小さすぎると、形状を保持することが難しい。一方で、弾性率が大きすぎると、応力の緩和作用が小さくなり、クラックの発生を抑制できない。半導体素子3と封止樹脂12との熱による体積変化の差に起因する熱応力は、低弾性率部材である緩衝材4が半導体素子3と封止樹脂12との間で弾性変形することによって緩和される。この緩和作用により、半導体素子3の上面外周のエッジ部付近で発生する熱応力が小さくなり、エッジ部と封止樹脂12との接着界面における剥離及びエッジ部付近を起点とした封止樹脂12のクラックの発生が抑制される。

20

30

40

50

【手続補正書】

【提出日】令和3年7月28日(2021.7.28)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

ワイドバンドギャップ半導体で構成された半導体素子の少なくとも上面外周のエッジ部に 10
 緩衝材を配置する緩衝材配置工程と、
 前記緩衝材の上面に前記半導体素子の上面電極が露出する開口部を形成する開口部形成工
 程と、
 前記上面電極に配線部材を接続する配線工程と、を備え、
 前記緩衝材の厚みは、50 μm以上である、半導体モジュールの製造方法。

【請求項2】

前記緩衝材配置工程において、前記緩衝材は、液状樹脂を塗布した後に硬化させることに
 より形成される、請求項1に記載の半導体モジュールの製造方法。

【請求項3】

前記緩衝材配置工程において、予め所定の形状に形成したシート状の緩衝材を配置する、 20
 請求項1に記載の半導体モジュールの製造方法。

【請求項4】

前記半導体素子、前記緩衝材、及び前記配線部材を封止樹脂で覆う封止工程を更に備える
 、請求項1から請求項3のいずれかに記載の半導体モジュールの製造方法。

【請求項5】

前記開口部形成工程において、レーザ加工により前記開口部を形成する、請求項1に記載
 の半導体モジュールの製造方法。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0001

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0001】

本発明は、半導体モジュールの製造方法に関する。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0007

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0007】

本発明はかかる点に鑑みてなされたものであり、ワイドバンドギャップ半導体素子の上面
 外周のエッジ部付近での応力集中を抑制するのに適した構成の半導体モジュールの製造方
 法を提供することを目的の1つとする。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0008

【補正方法】削除

【補正の内容】

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

30

40

50

【補正対象項目名】 0 0 1 0
【補正方法】 削除
【補正の内容】
【手続補正 7】
【補正対象書類名】 明細書
【補正対象項目名】 0 0 1 1
【補正方法】 削除
【補正の内容】

10

20

30

40

50