

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2021-111700

(P2021-111700A)

(43) 公開日 令和3年8月2日(2021.8.2)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H O 1 L 23/29 (2006.01)	H O 1 L 23/30 D	4 M 1 0 9
H O 1 L 23/31 (2006.01)	H O 1 L 25/04 C	5 F 0 6 1
H O 1 L 25/07 (2006.01)	H O 1 L 21/56 R	
H O 1 L 25/18 (2006.01)		
H O 1 L 21/56 (2006.01)		

審査請求 未請求 請求項の数 17 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2020-2848 (P2020-2848)
 (22) 出願日 令和2年1月10日 (2020.1.10)

(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
 (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
 (72) 発明者 市村 裕司
 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

最終頁に続く

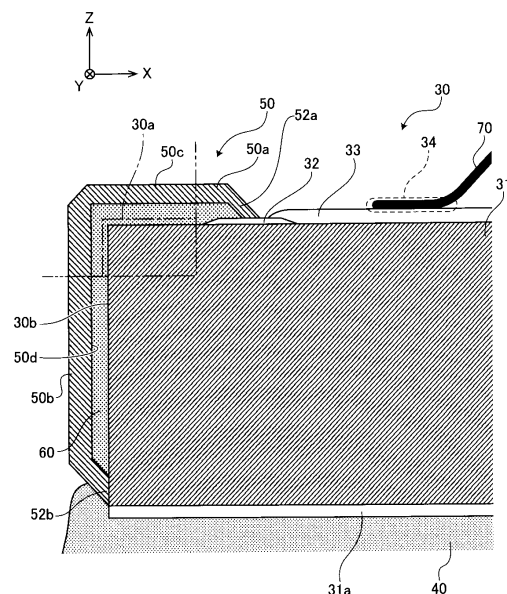
(54) 【発明の名称】 半導体モジュール及び半導体モジュールの製造方法

(57) 【要約】

【課題】 ワイドバンドギャップ半導体チップの上面外周および側面上部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素子(31)を有する半導体チップ(30)と、半導体チップの上面外周および側面上部のエッジ部(30a)を覆う被覆部材(50)と、被覆部材とエッジ部との間に介在して配置される緩衝部材(60)と、半導体チップ、被覆部材及び緩衝部材を含む部品を囲うケース部材(12)と、ケース部材によって規定される空間内に充填され、上記部品を覆う封止樹脂(16)と、を備える。緩衝部材の弾性率は、封止樹脂及び被覆部材の弾性率よりも低い。

【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素子を有する半導体チップと、
前記半導体チップの上面外周および側面上部のエッジ部を覆う被覆部材と、
前記被覆部材と前記エッジ部との間に介在して配置される緩衝部材と、
前記半導体チップ、前記被覆部材及び前記緩衝部材を含む部品を覆う封止樹脂と、
を備え、
前記緩衝部材の弾性率は、前記封止樹脂及び前記被覆部材の弾性率よりも低い、半導体モジュール。

【請求項 2】

前記被覆部材は、前記半導体チップの上面外周および側面上部のエッジ部を全周に亘って覆い、
前記緩衝部材は、前記エッジ部の全周に亘って、前記被覆部材と前記エッジ部との間に介在して配置される、請求項 1 に記載の半導体モジュール。

【請求項 3】

前記緩衝部材は、弾性率が $0.5 \times 10^{-3} \text{ GPa}$ 以上、 $5.0 \times 10^{-3} \text{ GPa}$ 以下である、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】

前記緩衝部材の破断伸び率は、40% 以上である、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。

【請求項 5】

前記緩衝部材は、シリコンゴムである、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】

前記被覆部材は、弾性率が 7 GPa 以上、 30 GPa 以下である、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】

前記被覆部材は、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 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、弾性率が 7 GPa 以上、 30 GPa 以下である、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】

前記被覆部材と前記封止樹脂は、同じ材料を用いて形成される、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】

前記ワイドバンドギャップ半導体素子は、SiC（炭化ケイ素）又は GaN（窒化ガリウム）を用いて作成された半導体素子である、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】

前記半導体チップは、
前記ワイドバンドギャップ半導体素子の上面に設けられた上面電極と、
前記上面電極の周囲に設けられた絶縁膜と、
前記上面電極にボンディングされたワイヤと、を有し、
前記被覆部材は、前記半導体チップの上面において、前記上面電極のワイヤボンディング領域を覆わず、前記絶縁膜の少なくとも一部を全周に亘って覆う、第 1 の被覆部を有し、
前記緩衝部材は、前記絶縁膜の全周に亘って、前記第 1 の被覆部と前記絶縁膜との間に介在して配置される、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】

前記第 1 の被覆部は、前記絶縁膜に沿った形状を持つ隔壁部を有し、

前記隔壁部は、前記絶縁膜上方から前記絶縁膜に向かって延び、全周に亘って前記絶縁膜と直に接触し、前記絶縁膜上の前記緩衝部材と前記上面電極とを隔てる、請求項 11 に記載の半導体モジュール。

【請求項 13】

前記被覆部材は、前記半導体チップの側面の少なくとも一部を全周に亘って覆う、第 2 の被覆部を有し、

前記緩衝部材は、前記側面の全周に亘って、前記第 2 の被覆部と前記側面との間に介在して配置される、

請求項 1 から請求項 12 のいずれかに記載の半導体モジュール。

10

【請求項 14】

基板を備え、

前記半導体チップは、接合部によって前記基板上に接合され、

前記第 2 の被覆部の下端部は、前記側面の側方から前記側面に向かって延び、全周に亘って前記側面と直に接触し、前記第 2 の被覆部と前記側面との間に介在する緩衝部材と前記接合部とを隔てる、請求項 13 に記載の半導体モジュール。

【請求項 15】

前記被覆部材は、前記上面外周および側面上部のエッジ部に沿った形状を持つ枠状体である、請求項 1 から請求項 14 の何れか一項に記載の半導体モジュール。

【請求項 16】

ワイドバンドギャップ半導体素子を有する半導体チップを備える半導体モジュールの製造方法であって、

前記半導体チップの上面外周および側面上部のエッジ部に沿った形状を持つ被覆部材に緩衝材を塗布する工程と、

前記緩衝材が塗布された被覆部材を前記半導体チップに被せることにより、前記緩衝材を前記被覆部材と前記エッジ部との間に介在して配置させる工程と、

前記被覆部材と前記エッジ部との間に介在して配置された緩衝材を硬化させる工程と、

前記緩衝材を硬化させることによって得た緩衝部材、前記被覆部材及び前記半導体チップを含む部品を基板に取り付ける工程と、

前記基板に取り付けられた前記部品を封止樹脂で覆う工程と、

を含み、

前記緩衝部材の弾性率は、前記封止樹脂及び前記被覆部材の弾性率よりも低い、半導体モジュールの製造方法。

【請求項 17】

ワイドバンドギャップ半導体素子を有する半導体チップと、複数の枠体を組み合わせることにより、前記半導体チップの上面外周および側面上部のエッジ部に沿った形状をなす被覆部材と、を備える半導体モジュールの製造方法であって、

前記半導体チップを基板に取り付ける工程と、

前記複数の枠体の各々に緩衝材を塗布する工程と、

前記緩衝材が塗布された複数の枠体の各々を前記エッジ部に沿わせるように前記半導体チップに被せることにより、前記緩衝材を前記被覆部材と前記エッジ部との間に介在して配置させる工程と、

前記被覆部材と前記エッジ部との間に介在して配置された緩衝材を硬化させる工程と、

前記緩衝材を硬化させることによって得た緩衝部材、前記被覆部材及び前記半導体チップを含む部品を封止樹脂で覆う工程と、

を含み、

前記緩衝部材の弾性率は、前記封止樹脂及び前記被覆部材の弾性率よりも低い、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】

20

30

40

50

【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、I G B T (Insulated Gate Bipolar Transistor)、パワーM O S F E T (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor)、F W D (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、S i C (炭化ケイ素)を用いて作成された半導体チップ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、半導体チップを保護するため、半導体チップが熱硬化性樹脂で封止される。

【0004】

半導体チップの動作時の発熱により、半導体チップと封止樹脂との間に熱応力が発生する。例えば半導体チップ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、半導体チップの上面外周および側面上部のエッジ部に集中する。

【0005】

S i CやG a N (窒化ガリウム)を用いて作成されたワイドバンドギャップ半導体チップは、例えばS i (ケイ素)を用いて作成されたS i半導体チップと比べて封止樹脂との熱膨張係数の差が大きい。また、S i CやG a Nを用いて作成されたワイドバンドギャップ半導体チップは、例えばS iを用いて作成されたS i半導体チップと比べて弾性率が大きい。そのため、ワイドバンドギャップ半導体チップを備える半導体モジュールでは、半導体チップの上面外周および側面上部のエッジ部と封止樹脂との接着界面において熱応力による剥離が生じやすく、また、応力集中箇所であるエッジ部付近を起点として封止樹脂にクラックが発生しやすい。エッジ部と封止樹脂との接着界面における剥離に伴い、例えば半導体チップ上に接合されたワイヤが引き剥がされる。また、封止樹脂のクラックに伴い、例えば封止樹脂内のワイヤが破断し得る。

【0006】

特許文献1に記載の半導体モジュールでは、このような剥離及びクラックの発生を抑制するため、半導体チップの上面外周および側面上部のエッジ部が全周に亘って応力緩和樹脂で被覆されている。この応力緩和樹脂は、ポリイミド樹脂又はポリアミド樹脂を主成分としている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】国際公開第2014／9996号パンフレット

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

ところで、特許文献1の段落0006には、「・・・S i C結晶の表面においてはシラン系樹脂膜が形成されにくく、形成してもS i C半導体素子と封止樹脂との密着性向上の効果が低いことが見出された。これは、例えばS i C基板の表面ではS iに比べて酸化膜層が形成されにくく、シランカップリング剤と結合できるO H基が表面に多く存在しないため」と記載されている。この記載は、S i C基板表面の親水性が低く、応力緩和樹脂を構成するポリイミド樹脂又はポリアミド樹脂とS i C基板表面との濡れ性が悪いことを示唆する。

【0009】

このように、特許文献1に記載の構成では、応力緩和樹脂とS i C基板表面との濡れ性が悪いため、応力緩和樹脂をS i C基板表面に適正な厚みで塗布することが難しく、半導

体チップの上面外周および側面上部のエッジ部を応力緩和樹脂で適正に被覆できない場合があるものと思われる。エッジ部が応力緩和樹脂で適正に被覆されない場合、エッジ部付近での応力集中を抑制することが難しい。

【0010】

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チップの上面外周および側面上部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】

【0011】

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素子を有する半導体チップと、前記半導体チップの上面外周および側面上部のエッジ部を覆う被覆部材と、前記被覆部材と前記エッジ部との間に介在して配置される緩衝部材と、前記半導体チップ、前記被覆部材及び前記緩衝部材を含む部品を囲うケース部材と、前記ケース部材によって規定される空間内に充填され、前記部品を覆う封止樹脂と、を備え、前記緩衝部材の弾性率は、前記封止樹脂及び前記被覆部材の弾性率よりも低い。

【0012】

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素子を有する半導体チップを備える半導体モジュールの製造方法であって、前記半導体チップの上面外周および側面上部のエッジ部に沿った形状を持つ被覆部材に緩衝材を塗布する工程と、前記緩衝材が塗布された被覆部材を前記半導体チップに被せることにより、前記緩衝材を前記被覆部材と前記エッジ部との間に介在して配置させる工程と、前記被覆部材と前記エッジ部との間に介在して配置された緩衝材を硬化させる工程と、前記緩衝材を硬化させることによって得た緩衝部材、前記被覆部材及び前記半導体チップを含む部品を基板に取り付ける工程と、前記基板に取り付けられた前記部品を封止樹脂で覆う工程と、を含み、前記緩衝部材の弾性率は、前記封止樹脂及び前記被覆部材の弾性率よりも低い。

【0013】

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素子を有する半導体チップと、複数の枠体を組み合わせることにより、前記半導体チップの上面外周および側面上部のエッジ部に沿った形状をなす被覆部材と、を備える半導体モジュールの製造方法であって、前記半導体チップを基板に取り付ける工程と、前記複数の枠体の各々に緩衝材を塗布する工程と、前記緩衝材が塗布された複数の枠体の各々を前記エッジ部に沿わせるように前記半導体チップに被せることにより、前記緩衝材を前記被覆部材と前記エッジ部との間に介在して配置させる工程と、前記被覆部材と前記エッジ部との間に介在して配置された緩衝材を硬化させる工程と、前記緩衝材を硬化させることによって得た緩衝部材、前記被覆部材及び前記半導体チップを含む部品を封止樹脂で覆う工程と、を含み、前記緩衝部材の弾性率は、前記封止樹脂及び前記被覆部材の弾性率よりも低い。

【発明の効果】

【0014】

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および側面上部のエッジ部付近での応力集中を抑制することができる。また、本発明の一形態に係る製造方法を実施することにより、このような半導体モジュールを製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】本発明の実施の一形態に係る半導体モジュールを示す側断面図である。

【図2】本発明の実施の一形態に係る半導体モジュールのうち、半導体チップ及びその周辺の構造を模式的に示す図である。

【図3】本発明の実施の一形態に係る半導体モジュールが備える被覆部材の斜視図である

10

20

30

40

50

。

【図４】本発明の実施の一形態に係る半導体モジュールの製造方法を模式的に示す図である。

【図５】本発明の変形例１に係る被覆部材の斜視図である。

【図６】本発明の変形例２に係る被覆部材の斜視図である。

【図７】本発明の変形例３に係る被覆部材の斜視図である。

【図８】本発明の変形例に係る半導体モジュールの製造方法を模式的に示す図である。

【図９】本発明の変形例に係る半導体モジュールのうち、半導体チップ及びその周辺の構造を模式的に示す図である。

【発明を実施するための形態】

10

【００１６】

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、本発明の実施の一形態に係る半導体モジュール１を示す側断面図である。なお、本発明の実施の一形態に係る半導体モジュール１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。

【００１７】

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。

20

【００１８】

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４０を介して実装された半導体チップ３０、半導体チップ３０と電氣的に接続する配線部材であるワイヤ７０、積層基板２と半導体チップ３０とワイヤ７０を収容するケース部材１２、ケース部材１２の内部空間に充填される封止樹脂１６、及び一部がケース部材に埋設された端子部材１４を備える。

【００１９】

30

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状の金属板であり、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。

【００２０】

ケース部材１２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１２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１２に取り囲われた空間には封止樹脂１６が充填される。ケース部材１２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）等がある。

40

【００２１】

端子部材１４は、ケース部材１２に一体成型により埋め込まれている。端子部材１４は、複数あり半導体チップ３０と電氣的に接続されている。端子部材１４は、例えば銅、銅合金、アルミニウム合金、鉄合金等の金属製の板状体を折り曲げて形成される。図１に示すように、端子部材１４は、ケース部材１２の段部面１２ａから露出する内側端子部１４ａと、ケース部材１２の上面１２ｂから突出する外側端子部１４ｂを有する。

【００２２】

封止樹脂１６は、枠状のケース部材１２により規定されるケース部材１２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被覆部材５０及び緩衝部材６０が付けられた半導体チップ３０、ワイヤ７０が上記の空間内に封止される。封止樹脂

50

16は、熱硬化性の樹脂により構成される。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16は、熱膨張係数が7ppm/K以上、30ppm/K以下であり、弾性率が7GPa以上、30GPa以下である。

【0023】

また、ケース部材12と封止樹脂16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12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、及びこれに実装された被覆部材50及び緩衝部材60が付けられた半導体チップ30、ワイヤ70を封止する。半導体モジュール1は、上面および枠状壁部がケース部材12で形成され、下面の一部にベース板10が露出し、対向する2つの側面に端子部材14が延出している。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16が一体化したケース部材12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。

【0024】

積層基板2は、例えばDBA (Direct Bonded Aluminum) 基板やDBC (Direct Bonded Copper) 基板、AMB (Active Metal Brazing) 基板、また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。

【0025】

絶縁層20の上面には、複数の回路板22が形成される。図1では、便宜上、回路板22を2つのみ示すが、絶縁層20の上面には、より多くの回路板22が形成されてもよい。これらの回路板22は、銅箔等の金属層であり、絶縁層20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。

【0026】

各回路板22には、複数の半導体チップ30が半田等の接合材40を介して配置される。半導体チップ30は、平面視方形状に形成される。図2は、半導体モジュール1のうち、半導体チップ30及びその周辺の構造を模式的に示す図である。

【0027】

ワイヤ70は、配線部材である。ワイヤ70は、一端が半導体チップ30の上面電極33にボンディングされ、他端が内側端子部14aにボンディングされる。また、図示していないが、回路板22にボンディングされていてもよい。これにより、半導体モジュール1は、ワイヤ70及び端子部材14を介して不図示の外部装置と電氣的に接続される。ワイヤ70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。

【0028】

半導体チップ30は、回路板22に接合材40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22につき1つの半導体チップ30を示すが、より多くの半導体チップ30が各回路板22に配置されてもよい。

【0029】

図2に示すように、半導体チップ30は、半導体素子31、絶縁膜32及び上面電極33を有する。

【0030】

半導体素子31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あり、例えばSiC (炭化ケイ素) 又はGaN (窒化ガリウム) を用いて作成される。ワイドバンドギャップ半導体素子は、ワイ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 1 は、平面視方形状に形成される。半導体素子 3 1 の底面には、裏面電極 3 1 a が形成される。裏面電極 3 1 a は、例えば銅で形成される。

【0031】

絶縁膜 3 2 は、絶縁性を有する SiO_2 （二酸化ケイ素）の酸化膜であり、半導体素子 3 1 の上面において、上面電極 3 3 の周囲に設けられる。本実施の一形態では、絶縁膜 3 2 は、半導体素子 3 1 の上面において、上面電極 3 3 の全周を囲うように、半導体素子 3 1 の外周縁に沿って設けられる。

【0032】

上面電極 3 3 は、例えばエミッタ電極、ソース電極、ゲート電極、アノード電極等であり、例えばアルミニウムで形成される。上面電極 3 3 は、半導体素子 3 1 の上面に設けられる。上面電極 3 3 の外周縁部は、絶縁膜 3 2 の内周縁部を全周に亘って覆っている。

10

【0033】

ところで、半導体モジュール 1 においては、半導体チップ 3 0 の動作時の発熱により、半導体チップ 3 0 と封止樹脂 1 6 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、半導体チップ 3 0 の上面外周および側面上部のエッジ部 3 0 a に集中する。

【0034】

Si 半導体素子は、熱膨張係数が $2 \sim 3 \text{ ppm/K}$ 、弾性率が $110 \sim 140 \text{ GPa}$ である。一方で、 SiC 半導体素子は、熱膨張係数が $3 \sim 5 \text{ ppm/K}$ 、弾性率が $400 \sim 500 \text{ GPa}$ である。また、 GaN 半導体素子は、熱膨張係数が $3 \sim 6 \text{ ppm/K}$ 、弾性率が $120 \sim 300 \text{ GPa}$ である。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 半導体素子よりも熱膨張係数が高い。そのため、半導体チップ 3 0 は、 Si 半導体チップと比べて封止樹脂 1 6 との熱膨張係数の差が大きい。また、 Si 半導体素子よりも弾性率が高い。このことから、半導体チップ 3 0 において、その上面外周および側面上部のエッジ部 3 0 a に集中する熱応力により、エッジ部 3 0 a と封止樹脂 1 6 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 3 0 a 付近を起点として封止樹脂 1 6 にクラックが発生することも懸念される。

20

【0035】

なお、半導体素子 3 1 は、他の構成要素（絶縁膜 3 2、上面電極 3 3）に対して体積が遥かに大きい。そのため、本実施の一形態において、半導体チップ 3 0 の弾性率及び熱膨張係数は、半導体素子 3 1 の弾性率及び熱膨張係数と実質同じであるとみなす。

30

【0036】

このような剥離及びクラックの発生を抑制するため、半導体モジュール 1 は、被覆部材 5 0 及び緩衝部材 6 0 を備える。

【0037】

図 3 に、被覆部材 5 0 の斜視図を示す。なお、図 3 において、被覆部材 5 0 の表面に示される平行細線は、立体表面の形状を表す線である。

【0038】

被覆部材 5 0 は、半導体チップ 3 0 に被せられる枠状体のキャップ部材であり、平面視方形状に形成された半導体チップ 3 0 の上面外周および側面上部のエッジ部 3 0 a に沿った形状を持つ。被覆部材 5 0 は、樹脂成形品であり、例えば封止樹脂 1 6 と同じ材料を用いて成形される。この種の材料として、例えばエポキシ系樹脂が挙げられる。被覆部材 5 0 は、ポアソン比が 0.5 に近い LCP (Liquid Crystal Polymer) 樹脂を用いて成形されてもよい。なお、エポキシ系樹脂や LCP 樹脂に、フィラーを含有させてもよい。このような被覆部材 5 0 は、熱膨張係数が 7 ppm/K 以上、 30 ppm/K 以下であり、弾性率が 7 GPa 以上、 30 GPa 以下である。

40

【0039】

被覆部材 5 0 は一体成形品であるが、本実施の一形態では、便宜上、被覆部材 5 0 を 3 つの部分に分けて説明する。具体的には、被覆部材 5 0 を、第 1 の被覆部 5 0 a、第 2 の

50

被覆部 50b 及びエッジ被覆部 50c に分けて説明する。図 2 では、第 1 の被覆部 50a、第 2 の被覆部 50b、エッジ被覆部 50c の各部分を二点鎖線で区切って示す。

【0040】

なお、図 2 に示される、第 1 の被覆部 50a、第 2 の被覆部 50b、エッジ被覆部 50c の各部分の範囲（言い換えると、二点鎖線で区切られた各部分の区画）は、便宜上のものに過ぎない。次に説明するように、第 1 の被覆部 50a は、半導体チップ 30 の上面（より詳細には、絶縁膜 32 が露出する領域）を覆う部分であり、第 2 の被覆部 50b は、半導体チップ 30（より正確には、半導体素子 31）の側面 30b を覆う部分であり、エッジ被覆部 50c は、半導体チップ 30 の上面外周と側面上部を含むエッジ部 30a を覆う部分である。エッジ部 30a は、応力が集中しやすい領域であり、例えば、半導体チップ 30（より正確には、半導体素子 31）の側面上端から 50 μm 内側に至るまでの上面領域、および、半導体チップ 30（より正確には、半導体素子 31）の側面上端から 30 μm 下方に至るまでの側面領域であってよい。

【0041】

第 1 の被覆部 50a は、絶縁膜 32 の上方において水平方向（X 方向及び Y 方向を含む XY 平面と平行な方向）に延びて形成された部分であり、絶縁膜 32 の少なくとも外周縁部を全周に亘って覆う。また、第 1 の被覆部 50a は、上面電極 33 で覆われていない絶縁膜 32 の全体を全周に亘って覆ってもよい。言い換えると、第 1 の被覆部 50a は、半導体チップ 30 の上面において、上面電極 33 を覆わず、絶縁膜 32 の少なくとも一部を全周に亘って覆う。

【0042】

第 2 の被覆部 50b は、半導体チップ 30 の側方において鉛直方向（半導体チップ 30 の高さ方向）に延びて形成された部分であり、半導体チップ 30 の四方を取り囲み、側面 30b のほぼ全体を覆う。言い換えると、第 2 の被覆部 50b は、半導体チップ 30 の側面 30b の少なくとも一部を全周に亘って覆う。

【0043】

エッジ被覆部 50c は、水平方向に延びた第 1 の被覆部 50a と、鉛直方向に延びた第 2 の被覆部 50b とを連結する部分である。エッジ被覆部 50c は、半導体チップ 30 のエッジ部 30a を全周に亘って覆う。

【0044】

半導体チップ 30 の外面（詳細には、絶縁膜 32 の上面、半導体チップ 30 のエッジ部 30a 及び側面 30b）と対向する被覆部材 50 の内面 50d は、半導体チップ 30 の外面よりも一回り大きい。そのため、半導体チップ 30 の外面と被覆部材 50 の内面 50d 間の全域に亘り、隙間ができる。

【0045】

この隙間に、緩衝部材 60 が充填される。すなわち、緩衝部材 60 は、絶縁膜 32 の全周に亘って、第 1 の被覆部 50a と絶縁膜 32 との間に介在して配置されるとともに、半導体チップ 30 の側面 30b の全周に亘って、第 2 の被覆部 50b と側面 30b との間に介在して配置される。緩衝部材 60 は、更に、半導体チップ 30 のエッジ部 30a の全周に亘って、エッジ被覆部 50c とエッジ部 30a との間に介在して配置される。

【0046】

半導体チップ 30 の外面と被覆部材 50 の内面 50d との隙間は、エッジ被覆部 50c において一様な大きさを持つ。好ましくは、全域に亘り一様な大きさを持つ。隙間の間隔は、例えば 10 μm 以上、100 μm 以下である。この隙間に緩衝部材 60 が充填されることから、10 μm 以上、100 μm 以下で均一な厚みの緩衝部材 60 がエッジ被覆部 50c において半導体チップ 30 と被覆部材 50 との間に介在して配置されることとなる。

【0047】

緩衝部材 60 は、封止樹脂 16 および被覆部材 50 よりも弾性率が低い材料を用いて形成される。また、緩衝部材 60 の弾性率は、半導体チップ 30 の弾性率よりも低い。好ましくは、緩衝部材 60 は、弾性率が $0.5 \times 10^{-3} \text{ GPa}$ 以上、 $5.0 \times 10^{-3} \text{ GPa}$

10

20

30

40

50

a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く、半導体チップ30の外面と被覆部材50の内面50d間の隙間から漏れ出てしまう恐れがある。また、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。半導体チップ30と封止樹脂16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部材60が半導体チップ30と封止樹脂16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、半導体チップ30の上面外周および側面上部のエッジ部30a付近で発生する熱応力が小さくなり、エッジ部30aと封止樹脂16との接着界面における剥離及びエッジ部30a付近を起点とした封止樹脂16のクラックの発生が抑制される。

【0048】

緩衝部材60は、半導体チップ30と封止樹脂16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、緩衝部材60の破断伸び率は40%以上である。

【0049】

本実施の一形態において、緩衝部材60は、シリコーンゴム接着剤を硬化させたものである。緩衝部材60は、例えば、高伸長シリコーンゴム接着剤であり、ゴム硬度(JIS規格タイプAに準拠)が10以下である。

【0050】

シリコーンゴム接着剤は、SiC基板表面の親水性が低いことから、特許文献1の応力緩和樹脂(ポリイミド樹脂又はポリアミド樹脂)と同様に、SiC基板表面との濡れ性が悪い。そのため、シリコーンゴム接着剤単独では半導体チップ30上に適正な厚みのシリコーンゴム層を形成することは難しい。

【0051】

そこで、本実施の一形態では、被覆部材50が、シリコーンゴム接着剤を半導体チップ30との間で保持する構成となっている。これにより、SiC基板表面との濡れ性が悪いシリコーンゴム接着剤を、エッジ部30aを含む半導体チップ30の周囲に均一な厚みを保った状態で留めておくことができる。

【0052】

半導体チップ30の周囲に留められたシリコーンゴム接着剤が所定条件で硬化されると、エッジ部30aを含む半導体チップ30の外面と被覆部材50の内面50dとが接着されるとともに、これらの間に適正な厚み(10μm以上、100μm以下の範囲での均一な厚み)の緩衝部材60が形成される。

【0053】

本実施の一形態では、被覆部材50がシリコーンゴム接着剤を半導体チップ30との間で保持することにより、均一で厚みの厚いシリコーンゴム接着剤を半導体チップ30の周囲に留めておくことができるため、均一で厚みの厚い緩衝部材60を得ることができる。緩衝部材60を厚く形成するほど、緩衝部材60の弾性変形可能な量が増えるため、緩衝部材60による熱応力の緩和効果が高まる。

【0054】

第1の被覆部50aは、絶縁膜32の内縁に沿った形状を持つ隔壁部52aを有する。隔壁部52aは、絶縁膜32の上方から絶縁膜32に向かって延び、全周に亘って絶縁膜32と直に接触し、絶縁膜32上の緩衝部材60と上面電極33とを隔てる。隔壁部52aを設けたことにより、絶縁膜32上に充填された硬化前のシリコーンゴム接着剤が上面電極33に廻り込むことが防がれる。

【0055】

第2の被覆部50bの下端部52bは、半導体チップ30の側面30bの側方から側面30bに向かって延び、全周に亘って側面30bと直に接触し、第2の被覆部50bと側面30bとの間に介在する緩衝部材60と、裏面電極31a及び接合材40と、を隔てる。下端部52bを設けたことにより、第2の被覆部50bと側面30b間に充填された硬化前のシリコーンゴム接着剤が半導体素子31の底面側(すなわち、裏面電極31a及び

10

20

30

40

50

接合材 40) に廻り込むことが防がれる。

【0056】

シリコーンゴム接着剤は、ポリイミド樹脂やポリアミド樹脂と比べて弾性率が低く且つ破断伸び率が高い。緩衝部材 60 は、ポリイミド樹脂やポリアミド樹脂によって形成される場合と比べて、熱応力を緩和させるとともに変形時に破断し難いため、半導体モジュール 1 の耐ヒートサイクル性及び耐パワーサイクル性の向上に寄与する。

【0057】

シリコーンゴム接着剤は、ポリイミド樹脂やポリアミド樹脂と比べて粘着性が高く、変形しやすい。そのため、例えば緩衝部材 60 が半導体チップ 30 のエッジ部 30a から微小に剥離した場合にも、エッジ部 30a との粘着力によって緩衝部材 60 が変形し、微小な剥離による隙間を埋める。すなわち、シリコーンゴム接着剤は、ポリイミド樹脂やポリアミド樹脂と比べて密着性が高い。半導体チップ 30 及び被覆部材 50 に対する緩衝部材 60 の密着性が高いため、これらの接着界面において熱応力による剥離が生じにくい。また、シリコーンゴム接着剤は、ポリイミド樹脂やポリアミド樹脂と比べて弾性率が小さい。ポリイミド樹脂は、弾性率が 3~7 GPa であり、ポリアミド樹脂は、弾性率が 1~4 GPa である。そのため、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。

【0058】

上面電極 33 にはワイヤ 70 がボンディング接続される。上面電極 33 上のワイヤ 70 の接合部をシリコーンゴム接着剤の如き低弾性率部材で覆うと、半導体モジュール 1 の動作時に発生する繰り返し応力により、ワイヤ 70 の接合部が疲労破壊しやすくなる。この点に配慮し、図 2 に示すように、半導体チップ 30 の上面において上面電極 33 のワイヤボンディング領域 34 は被覆部材 50 および緩衝部材 60 によって覆われず、封止樹脂 16 に露出している。さらに、上面電極 33 の全体が被覆部材 50 および緩衝部材 60 によって覆われず、封止樹脂 16 に露出しているもよい。

【0059】

半導体チップ 30 の裏面には、裏面電極 31a が形成されており、接合材 40 が接合されている。接合材 40 の接合部をシリコーンゴム接着剤の如き低弾性率部材で覆うと、裏面電極 31a に接合材 40 が接合できなくなる。そのため、緩衝部材 60 を起点として、接合材 40 と裏面電極 31a の間での剥離が生じやすくなる。特に、接合材 40 がはんだである場合には、裏面電極 31a の側壁から生じるはんだフィレットの成形を阻害する。この点に配慮し、図 2 に示すように、半導体チップ 30 の裏面において裏面電極 31a が緩衝部材 60 によって覆われていない。

【0060】

次に、図 4 を参照して、本実施の一形態に係る半導体モジュール 1 の製造方法について説明する。図 4 は、半導体モジュール 1 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 1 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。

【0061】

半導体モジュール 1 の製造方法は、被覆部材 50 に緩衝材であるシリコーンゴム接着剤 60' を塗布する工程 A (図 4 A 参照) と、シリコーンゴム接着剤 60' を被覆部材 50 と半導体チップ 30 の上面外周および側面上部のエッジ部 30a との間に介在して配置させる工程 B (図 4 B 参照) と、被覆部材 50 とエッジ部 30a との間に介在して配置されたシリコーンゴム接着剤 60' を硬化させる工程 C (図 4 B 参照) と、シリコーンゴム接着剤 60' を硬化させることによって得た緩衝部材 60、被覆部材 50 及び半導体チップ 30 を含む部品を積層基板 2 に取り付ける工程 D (図 4 C~図 4 E 参照) と、積層基板 2 に取り付けられた上記の部品を封止樹脂 16 で覆う工程 E (図 4 F 参照) と、をこの順に実施して構成される。

【0062】

先ず、工程 A (塗布工程) が実施される。工程 A では、図 4 A に示すように、被覆部材

50の内面50dの全体にシリコンゴム接着剤60'が塗布される。被覆部材50は、半導体チップ30の上面外周および側面上部のエッジ部30aに沿った形状を持つ枠状体である。

【0063】

次に、工程B（被覆部材配置工程）が実施される。工程Bでは、図4Bに示すように、被覆部材50が半導体チップ30に被せられる。これにより、被覆部材50は、半導体チップ30の上面において絶縁膜32のほぼ全体を全周に亘って覆うとともに半導体チップ30の四方において側面30bのほぼ全体を覆い、更に、エッジ部30aを全周に亘って覆った状態となる。

【0064】

工程Aで塗布されたシリコンゴム接着剤60'は、半導体チップ30と被覆部材50との隙間に保持される。言い換えると、シリコンゴム接着剤60'は、半導体チップ30と被覆部材50との間に介在して配置される。工程Aにおいて、シリコンゴム接着剤60'は、被覆部材50の内面50dに予め多めに塗布されている。そのため、シリコンゴム接着剤60'は、被覆部材50を半導体チップ30に被せたとき、これらの間に隙間無く充填された状態となる。なお、被覆部材50を半導体チップ30に被せたときにシリコンゴム接着剤60'が被覆部材50から溢れた場合、この溢れたシリコンゴム接着剤60'は、例えば洗浄水による洗浄で除去されたりウェス等で拭き取られたりする。より好ましくは、シリコンゴム接着剤60'は、被覆部材50からはみ出ない程度に塗布される。

【0065】

次に、工程C（硬化工程）が実施される。工程Cでは、半導体チップ30と被覆部材50との隙間に保持されたシリコンゴム接着剤60'が所定条件で硬化される。シリコンゴム接着剤60'が硬化することにより、緩衝部材60が得られる。

【0066】

次に、工程D（部品配置工程）が実施される。工程Dでは、緩衝部材60、被覆部材50及び半導体チップ30を含む部品が積層基板2に取り付けられる（図4C～図4E参照）。より詳細には、工程Dでは、積層基板2がベース板10上に取り付けられ、上記の部品が積層基板2上に接合材40を介して接合される（図4C参照）。次いで、ケース部材12がベース板10上に取り付けられる（図4D参照）。続いて、ケース部材12に埋め込まれた端子部材14と半導体チップ30とがワイヤボンディングによって電氣的に接続される（図4E参照）。

【0067】

次に、工程E（封止工程）が実施される。工程Eでは、ベース板10及びケース部材12に取り囲われた空間に封止樹脂16が充填される。これにより、積層基板2及びこれに実装された電子部品（被覆部材50及び緩衝部材60が付けられた半導体チップ30）並びにワイヤ70が封止される（図4F参照）。封止樹脂16は、上面がケース部材12の上面12bに達するまで充填され硬化される。

【0068】

以上説明したように、本実施の一形態によれば、被覆部材50を用いて半導体チップ30と封止樹脂16との間に弾性率の低い緩衝部材60を介在して配置したことにより、半導体チップ30と封止樹脂16との熱による体積変化の差に起因する熱応力が緩和される。この緩和作用により、半導体チップ30の上面外周および側面上部のエッジ部30a付近で発生する熱応力が小さくなり、エッジ部30aと封止樹脂16との接着界面における剥離及びエッジ部30a付近を起点とした封止樹脂16のクラックの発生が抑制される。

【0069】

上記実施の一形態において、被覆部材50は、一体に成形された樹脂成形品であるが、被覆部材50の構成はこれに限らない。被覆部材50は、複数の樹脂成形品を組み合わせで構成されたものであってもよい。

【0070】

図５～図７は、それぞれ、本発明の変形例１～３に係る被覆部材５０ｘ、５０ｙ、５０ｚの斜視図を示す。なお、図５～図７において、各被覆部材５０ｘ、５０ｙ及び５０ｚの表面に示される平行細線は、図３と同様に、立体表面の形状を表す線である。

【００７１】

図５に示すように、変形例１に係る被覆部材５０ｘは、一对のＵ字状枠体５２ｘよりなる。これらＵ字状枠体５２ｘの両端面５４ｘ同士を突き合わせるにより、上記実施の一形態に係る被覆部材５０と同一形状の被覆部材５０ｘが得られる。

【００７２】

図６に示すように、変形例２に係る被覆部材５０ｙは、一对のＬ字状枠体５２ｙよりなる。これらＬ字状枠体５２ｙの両端面５４ｙ同士を突き合わせるにより、上記実施の一形態に係る被覆部材５０と同一形状の被覆部材５０ｙが得られる。

【００７３】

図７に示すように、変形例３に係る被覆部材５０ｚは、Ｕ字状枠体５２ｚ及びＩ字状枠体５２ｚ'よりなる。Ｕ字状枠体５２ｚの端部５４ｚとＩ字状枠体５２ｚ'の端部５４ｚ'とを突き合わせるとともにＵ字状枠体５２ｚの端部５６ｚとＩ字状枠体５２ｚ'の端部５６ｚ'とを突き合わせるにより、上記実施の一形態に係る被覆部材５０と同一形状の被覆部材５０ｚが得られる。

【００７４】

なお、各変形例に係る被覆部材は、３つ以上の枠体を組み合わせて構成されたものであってもよい。また、各変形例に係る被覆部材は、雌雄構造によって枠体同士が嵌合するように構成されてもよい。

【００７５】

次に、図８を参照して、本実施の一形態の変形例に係る半導体モジュール１'の製造方法について説明する。図８は、本変形例に係る半導体モジュール１'の製造方法を模式的に示す図である。半導体モジュール１'は、上記実施の一形態に係る被覆部材５０に代えて図５に示す被覆部材５０ｘを有する点を除き、上記実施の一形態に係る半導体モジュール１と同じ構成を有する。なお、以下に示す半導体モジュール１'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。

【００７６】

半導体モジュール１'の製造方法は、半導体チップ３０を積層基板２に取り付ける工程Ａ'（図８Ａ～図８Ｃ参照）と、各Ｕ字状枠体５２ｘにシリコンゴム接着剤６０'を塗布する工程Ｂ'（図８Ｄ参照）と、各Ｕ字状枠体５２ｘを半導体チップ３０に被せることにより、シリコンゴム接着剤６０'を被覆部材５０と半導体チップ３０の上面外周および側面上部のエッジ部３０ａとの間に介在して配置させる工程Ｃ'（図８Ｅ～図８Ｆ参照）と、被覆部材５０とエッジ部３０ａとの間に介在して配置されたシリコンゴム接着剤６０'を硬化させる工程Ｄ'（図８Ｆ参照）と、シリコンゴム接着剤６０'を硬化させることによって得た緩衝部材６０、被覆部材５０及び半導体チップ３０を含む部品を封止樹脂１６で覆う工程Ｅ'（図８Ｇ参照）と、をこの順に実施して構成される。なお、工程Ａ'の工程Ｂ'の実施の順序は逆であってもよい。

【００７７】

まず、工程Ａ'（部品配置工程）が実施される。工程Ａ'では、半導体チップ３０が積層基板２上に接合材４０を介して接合される（図８Ａ参照）。次いで、ケース部材１２がベース板１０上に取り付けられる（図８Ｂ参照）。続いて、ケース部材１２に埋め込まれた端子部材１４と半導体チップ３０とがワイヤボンディングによって電氣的に接続される（図８Ｃ参照）。

【００７８】

次に、工程Ｂ'（塗布工程）が実施される。工程Ｂ'では、図８Ｄに示すように、各Ｕ字状枠体５２ｘの内面５６ｘ（図５参照）の全体にシリコンゴム接着剤６０'が塗布される。

【００７９】

次に、工程 C'（被覆部材配置工程）が実施される。工程 C' では、一方の U 字状枠体 52x がエッジ部 30a に沿う姿勢で半導体チップ 30 に被せられる（図 8 E 参照）。次いで、他方の U 字状枠体 52x がエッジ部 30a に沿う姿勢で且つその両端面が半導体チップ 30 に先に被せられた U 字状枠体 52x の両端面と突き合せられて、半導体チップ 30 に被せられる（図 8 F 参照）。これにより、一对の U 字状枠体 52x よりなる被覆部材 50x は、上記実施の一形態に係る被覆部材 50 と同様に、半導体チップ 30 の上面において絶縁膜 32 のほぼ全体を全周に亘って覆うとともに半導体チップ 30 の四方において側面 30b のほぼ全体を覆い、更に、エッジ部 30a を全周に亘って覆った状態となる。

【0080】

工程 B' で塗布されたシリコンゴム接着剤 60' は、工程 C' の実施により、半導体チップ 30 と被覆部材 50x との隙間に保持される。言い換えると、シリコンゴム接着剤 60' は、半導体チップ 30 と被覆部材 50x との間に介在して配置される。

【0081】

次に、工程 D'（硬化工程）が実施される。工程 D' では、半導体チップ 30 と被覆部材 50x との隙間に保持されたシリコンゴム接着剤 60' が所定条件で硬化される。シリコンゴム接着剤 60' が硬化することにより、緩衝部材 60 が得られる。

【0082】

次に、工程 E'（封止工程）が実施される。工程 E' では、ベース板 10 及びケース部材 12 に取り囲われた空間に封止樹脂 16 が充填される。これにより、積層基板 2 及びこれに実装された電子部品（被覆部材 50x 及び緩衝部材 60 が付けられた半導体チップ 30）並びにワイヤ 70 が封止される（図 8 G 参照）。

【0083】

被覆部材 50x を半導体チップ 30 に被せたときにシリコンゴム接着剤 60' が被覆部材 50x から溢れた場合を考える。この場合、溢れたシリコンゴム接着剤 60' が上面電極 33 上のワイヤ用電極や半導体素子 31 の底面側（すなわち、裏面電極 31a 及び接合材 40）に廻り込み、ワイヤ 70 及び接合材 40 と半導体チップ 30 との接合不良が起ることが懸念される。しかしながら、本変形例では、被覆部材 50x を半導体チップ 30 に被せる前に、積層基板 2 に対する半導体チップ 30 の接合及び半導体チップ 30 へのワイヤ 70 の接合が実施される。そのため、上記の接合不良の発生が防がれる。

【0084】

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たものでもよい。

【0085】

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で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、技術的思想の範囲内に含まれ得る全ての実施態様をカバーしている。

【0086】

図 9 は、本発明の変形例に係る半導体モジュールのうち、半導体チップ 30' 及びその周辺の構造を模式的に示す図である。図 9 に示すように、本変形例に係る半導体チップ 30' は、上面電極 33 の外周縁を全周に亘って被覆する保護膜 34 を備える点を除き、図 2 に示す半導体チップ 30 と同じ構成を有する。この保護膜 34 は、上面電極 33 の外周縁だけでなく絶縁膜 32 の全体も全周に亘って被覆する。

【0087】

保護膜 34 は、例えばシリコンゴム接着剤よりも弾性率が高く且つ破断伸び率が低いポリイミド樹脂やポリアミド樹脂で形成される。そのため、保護膜 34 と封止樹脂 16 との接着界面において熱応力による剥離が発生することが懸念される。そこで、本変形例では、第 1 の被覆部 50a および緩衝部材 60 により、保護膜 34 の少なくとも外周縁部が全周に亘って覆われている。また、上面電極 33 のワイヤボンディング領域 34 は被覆部

10

20

30

40

50

材 5 0 および緩衝部材 6 0 によって覆われず、封止樹脂 1 6 に露出している。さらに、上面電極 3 3 の全体が被覆部材 5 0 および緩衝部材 6 0 によって覆われず、封止樹脂 1 6 に露出しているもよい。これにより、緩衝部材 6 0 による応力緩和作用が働き、上記の剥離が抑制される。

【 0 0 8 8 】

下記に、上記実施の形態における特徴点を整理する。

【 0 0 8 9 】

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素子を有する半導体チップと、前記半導体チップの上面外周および側面上部のエッジ部を覆う被覆部材と、前記被覆部材と前記エッジ部との間に介在して配置される緩衝部材と、前記半導体チップ、前記被覆部材及び前記緩衝部材を含む部品を覆う封止樹脂と、を備え、前記緩衝部材の弾性率は、前記封止樹脂及び前記被覆部材の弾性率よりも低い。

10

【 0 0 9 0 】

上記実施の形態に記載の半導体モジュールにおいて、前記被覆部材は、前記半導体チップの上面外周および側面上部のエッジ部を全周に亘って覆い、前記緩衝部材は、前記エッジ部の全周に亘って、前記被覆部材と前記エッジ部との間に介在して配置される。

【 0 0 9 1 】

上記実施の形態に記載の半導体モジュールにおいて、前記緩衝部材は、弾性率が $0.5 \times 10^{-3} \text{ GPa}$ 以上、 $5.0 \times 10^{-3} \text{ GPa}$ 以下である。

【 0 0 9 2 】

上記実施の形態に記載の半導体モジュールにおいて、前記緩衝部材の破断伸び率は、40% 以上である。

20

【 0 0 9 3 】

上記実施の形態に記載の半導体モジュールにおいて、前記緩衝部材は、シリコーンゴムである。

【 0 0 9 4 】

上記実施の形態に記載の半導体モジュールにおいて、前記被覆部材は、弾性率が 7 GPa 以上、 30 GPa 以下である。

【 0 0 9 5 】

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

30

【 0 0 9 6 】

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 7 GPa 以上、 30 GPa 以下である。

【 0 0 9 7 】

上記実施の形態に記載の半導体モジュールにおいて、前記被覆部材と前記封止樹脂は、同じ材料を用いて形成される。

【 0 0 9 8 】

上記実施の形態に記載の半導体モジュールにおいて、前記ワイドバンドギャップ半導体素子は、SiC（炭化ケイ素）又はGaN（窒化ガリウム）を用いて作成された半導体素子である。

40

【 0 0 9 9 】

上記実施の形態に記載の半導体モジュールにおいて、前記半導体チップは、前記ワイドバンドギャップ半導体素子の上面に設けられた上面電極と、前記上面電極の周囲に設けられた絶縁膜と、前記上面電極にボンディングされたワイヤと、を有し、前記被覆部材は、前記半導体チップの上面において、前記上面電極のワイヤボンディング領域を覆わず、前記絶縁膜の少なくとも一部を全周に亘って覆う、第1の被覆部を有し、前記緩衝部材は、前記絶縁膜の全周に亘って、前記第1の被覆部と前記絶縁膜との間に介在して配置される。

【 0 1 0 0 】

50

上記実施の形態に記載の半導体モジュールにおいて、前記第1の被覆部は、前記絶縁膜に沿った形状を持つ隔壁部を有し、前記隔壁部は、前記絶縁膜上方から前記絶縁膜に向かって延び、全周に亘って前記絶縁膜と直に接触し、前記絶縁膜上の前記緩衝部材と前記上面電極とを隔てる。

【0101】

上記実施の形態に記載の半導体モジュールにおいて、前記被覆部材は、前記半導体チップの側面の少なくとも一部を全周に亘って覆う、第2の被覆部を有し、前記緩衝部材は、前記側面の全周に亘って、前記第2の被覆部と前記側面との間に介在して配置される。

【0102】

上記実施の形態に記載の半導体モジュールは、基板を備え、前記半導体チップは、接合部によって前記基板上に接合され、前記第2の被覆部の下端部は、前記側面の側方から前記側面に向かって延び、全周に亘って前記側面と直に接触し、前記第2の被覆部と前記側面との間に介在する緩衝部材と前記接合部とを隔てる。

【0103】

上記実施の形態に記載の半導体モジュールにおいて、前記被覆部材は、前記上面外周および側面上部のエッジ部に沿った形状を持つ枠状体である。

【0104】

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素子を有する半導体チップを備える半導体モジュールの製造方法であり、前記半導体チップの上面外周および側面上部のエッジ部に沿った形状を持つ被覆部材に緩衝材を塗布する工程と、前記緩衝材が塗布された被覆部材を前記半導体チップに被せることにより、前記緩衝材を前記被覆部材と前記エッジ部との間に介在して配置させる工程と、前記被覆部材と前記エッジ部との間に介在して配置された緩衝材を硬化させる工程と、前記緩衝材を硬化させることによって得た緩衝部材、前記被覆部材及び前記半導体チップを含む部品を基板に取り付ける工程と、前記基板に取り付けられた前記部品を封止樹脂で覆う工程と、を含み、前記緩衝部材の弾性率は、前記封止樹脂及び前記被覆部材の弾性率よりも低い。

【0105】

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素子を有する半導体チップと、複数の枠体を組み合わせることにより、前記半導体チップの上面外周および側面上部のエッジ部に沿った形状をなす被覆部材と、を備える半導体モジュールの製造方法であり、前記半導体チップを基板に取り付ける工程と、前記複数の枠体の各々に緩衝材を塗布する工程と、前記緩衝材が塗布された複数の枠体の各々を前記エッジ部に沿わせるように前記半導体チップに被せることにより、前記緩衝材を前記被覆部材と前記エッジ部との間に介在して配置させる工程と、前記被覆部材と前記エッジ部との間に介在して配置された緩衝材を硬化させる工程と、前記緩衝材を硬化させることによって得た緩衝部材、前記被覆部材及び前記半導体チップを含む部品を封止樹脂で覆う工程と、を含み、前記緩衝部材の弾性率は、前記封止樹脂及び前記被覆部材の弾性率よりも低い。

【産業上の利用可能性】

【0106】

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チップの上面外周および側面上部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】

【0107】

- 1 : 半導体モジュール
- 2 : 積層基板
- 10 : ベース板
- 12 : ケース部材
- 14 : 端子部材

10

20

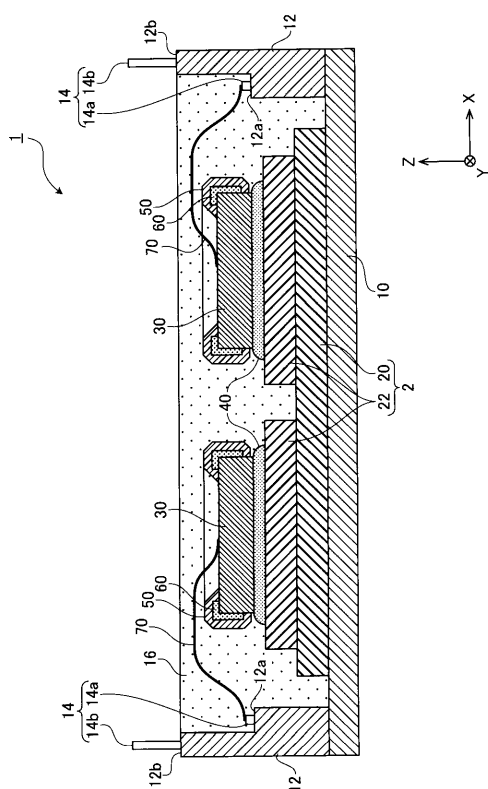
30

40

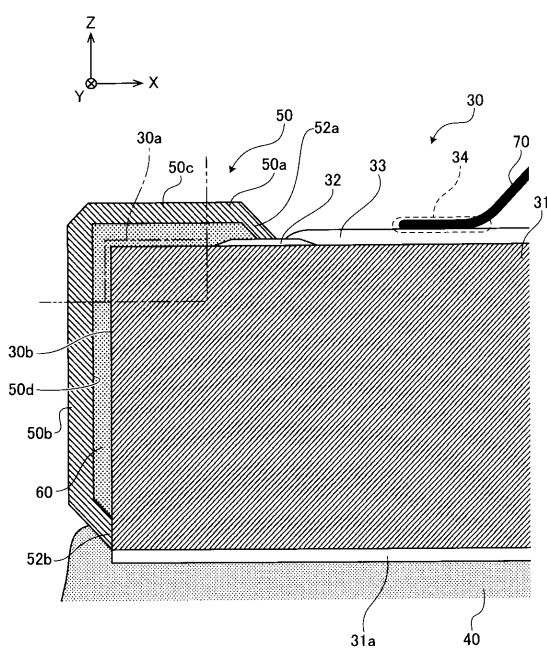
50

- | | |
|-----|---------------|
| 1 6 | : 封止樹脂 |
| 2 0 | : 絶縁層 |
| 2 2 | : 回路板 |
| 3 0 | : 半導体チップ |
| 3 1 | : 半導体素子 |
| 3 2 | : 絶縁膜 |
| 3 3 | : 上面電極 |
| 3 4 | : ワイヤボンディング領域 |
| 4 0 | : 接合材 |
| 5 0 | : 被覆部材 |
| 6 0 | : 緩衝部材 |

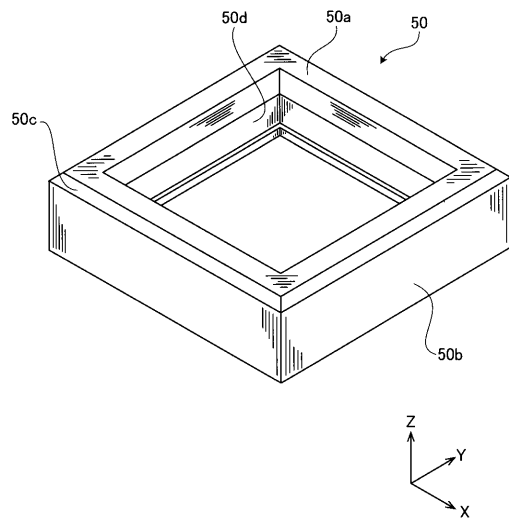
【图 1】



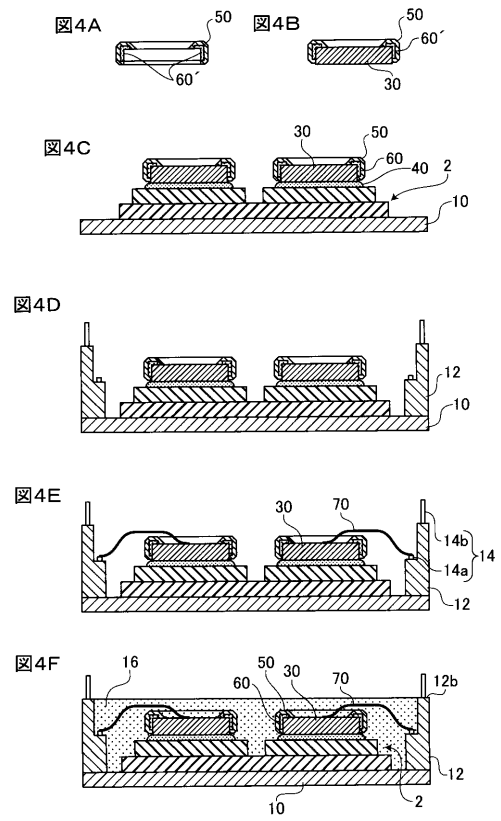
【図 2】



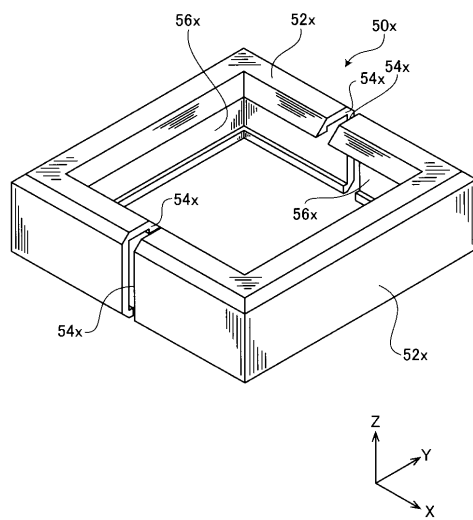
【図 3】



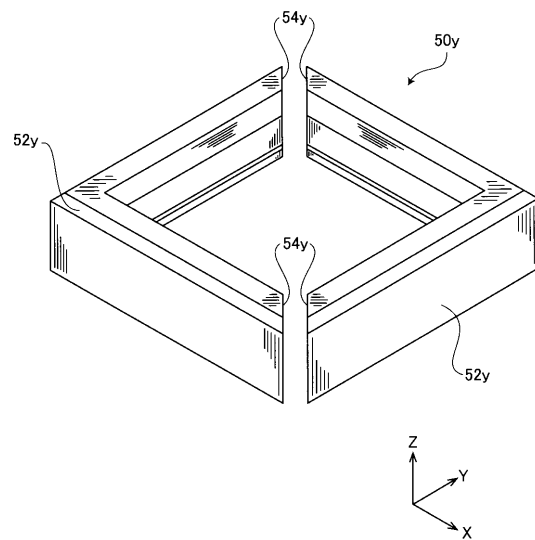
【図 4】



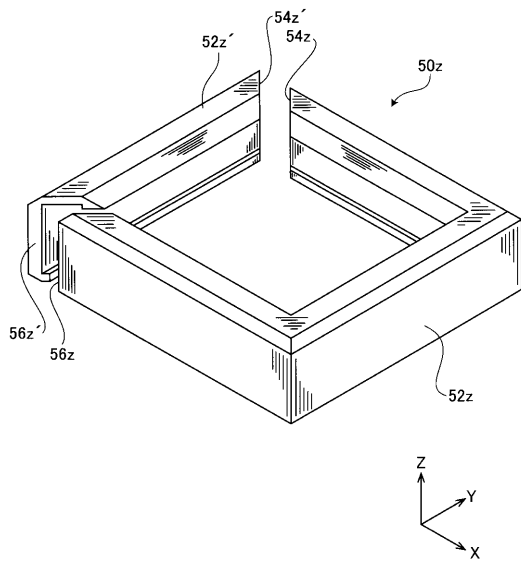
【図 5】



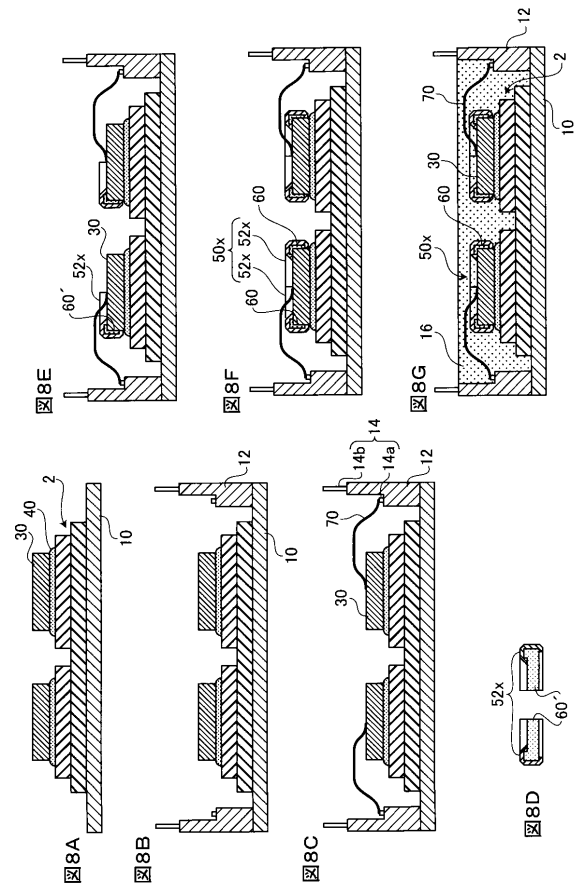
【図 6】



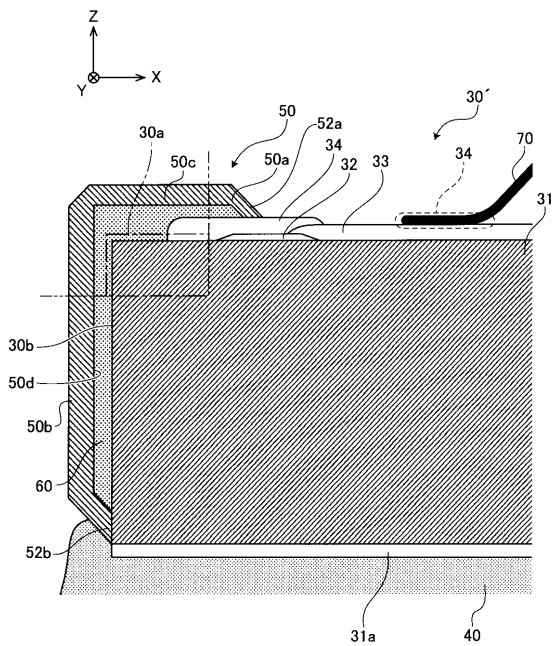
【図 7】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

Fターム(参考) 4M109 AA02 BA03 CA02 DB09 DB17 EA02 EB12 EC04 ED02 ED04
EE02
5F061 AA02 BA03 CA02 CB04 CB13