

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5975866号
(P5975866)

(45) 発行日 平成28年8月23日 (2016. 8. 23)

(24) 登録日 平成28年7月29日 (2016. 7. 29)

(51) Int. Cl.		F I			
HO 1 L	23/36	(2006. 01)	HO 1 L	23/36	D
HO 1 L	25/07	(2006. 01)	HO 1 L	25/04	C
HO 1 L	25/18	(2006. 01)			

請求項の数 5 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2012-279032 (P2012-279032)	(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
(22) 出願日	平成24年12月21日 (2012. 12. 21)	(74) 代理人	100073759 弁理士 大岩 増雄
(65) 公開番号	特開2014-123644 (P2014-123644A)	(74) 代理人	100088199 弁理士 竹中 岑生
(43) 公開日	平成26年7月3日 (2014. 7. 3)	(74) 代理人	100094916 弁理士 村上 啓吾
審査請求日	平成26年12月1日 (2014. 12. 1)	(74) 代理人	100127672 弁理士 吉澤 憲治
		(72) 発明者	藤野 純司 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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電力用半導体装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

一方の面に電力用半導体素子が導電接合された第1の金属板と、絶縁シートを介して、前記第1の金属板の他方の面に伝熱接合された第2の金属板と、前記第1の金属板の外周を囲むように設けられ、前記伝熱接合における接合領域に連なり、前記接合領域を囲むように配置された絶縁枠と、を備え、

前記絶縁シートは、前記絶縁枠よりも外形が大きく、前記第2の金属板よりも前記外形が小さく、前記絶縁枠の周辺部に前記絶縁シートのはみ出し部が形成され、前記接合領域から前記絶縁枠にかかる所定幅の領域まで延長配置され、前記伝熱接合の際に、前記一方の金属板に加えた力が、前記絶縁シートの前記所定幅の領域の部分にも伝わるように、前記絶縁枠が前記第1の金属板に支持されていることを特徴とする電力用半導体装置。

10

【請求項 2】

前記絶縁シートは、熱硬化性樹脂のバインダーにフィラーを分散させたものであることを特徴とする請求項 1 に記載の電力用半導体装置。

【請求項 3】

前記第1の金属板の前記第2の金属板に対向する面の外周には、前記絶縁枠を設けるための窪みが形成されていることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の電力用半導体装置。

【請求項 4】

前記電力用半導体素子がワイドバンドギャップ半導体材料により形成されていることを

20

特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載の電力用半導体装置。

【請求項 5】

前記ワイドバンドギャップ半導体材料は、炭化ケイ素、窒化ガリウム系材料、およびダイヤモンド、のうちのいずれかであることを特徴とする請求項 4 に記載の電力用半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電力用半導体素子がヒートスプレッドに接合されている電力用半導体装置に関する。

10

【背景技術】

【0002】

産業機器から家電・情報端末まであらゆる製品に電力用半導体装置が普及しつつあり、家電に搭載される電力用半導体装置については、とくに小型化と高機能化が求められる。また、とくに大電流を流すことができ、高温動作も可能なワイドバンドギャップ半導体材料である炭化珪素 (SiC) が、シリコン (Si) に代わる半導体材料として開発が進められている。

【0003】

一方、電力用半導体装置としては、放熱性と絶縁性を両立させるため、セラミック基材の回路基板を用いた構造が一般的に採用されているが、セラミック基板は加工が容易ではない。そこで、容易に加工できる絶縁シートを用いてヒートスプレッドと金属ベース板を伝熱接合し、金属ベース板から絶縁されたヒートスプレッドに、電力用半導体素子を直接搭載する構造が検討されている。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開平 5 - 160305 号公報 (段落 0009、0011、図 1、図 3)

【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、絶縁シートは、熱伝導率の高いフィラーを熱硬化性樹脂のバインダーに分散させたものであり、所望の性能 (放熱性・絶縁性・接着強度) を発揮させるためには、接合工程において所定の荷重をかけた状態で加熱をする必要がある。そのため、ヒートスプレッドと金属ベース板からはみ出た部分には荷重がかからないため、必要とされる絶縁性を得ることが困難となる。つまり、絶縁シートでも、荷重をかける際にはみ出た部分は障壁として機能させることができず、ヒートスプレッドと金属ベース板の実質的な絶縁距離 (空間距離) は、絶縁シートの厚さ分しか得られないことになる。この場合、例えば、絶縁シートのはみ出し部分を樹脂によって被覆する手法 (例えば、特許文献 1 参照) を取り入れることも考えられる。しかし、所定の荷重をかけて得られた絶縁シートに匹敵する絶縁性能を、単に被覆した樹脂で得ることは困難であった。

40

【0006】

そのため、空間距離を延ばすためには、絶縁シートを厚く形成する必要があり、熱抵抗が大きくなって、放熱性が阻害される。つまり、絶縁性と放熱性を両立させた信頼性の高い電力用半導体装置を容易に製造することは困難であった。

【0007】

本発明は、上記のような課題を解決するためになされたもので、容易に製造できるとともに、信頼性の高い電力用半導体装置を得ることを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の電力用半導体装置は、一方の面に電力用半導体素子が導電接合された第 1 の金

50

属板と、絶縁シートを介して、前記第1の金属板の他方の面に伝熱接合された第2の金属板と、前記第1の金属板の外周を囲むように設けられ、前記伝熱接合における接合領域に連なり、前記接合領域を囲むように配置された絶縁枠と、を備え、前記絶縁シートは、前記絶縁枠よりも外形が大きく、前記第2の金属板よりも前記外形が小さく、前記絶縁枠の周辺部に前記絶縁シートのはみ出し部が形成され、前記接合領域から前記絶縁枠にかかる所定幅の領域まで延長配置され、前記伝熱接合の際に、前記一方の金属板に加えた力が、前記絶縁シートの前記所定幅の領域の部分にも伝わるように、前記絶縁枠が前記第1の金属板に支持されていることを特徴とする。

【発明の効果】

【0009】

本発明の電力用半導体装置によれば、所望の絶縁性能を有する絶縁シートの領域を絶縁枠の部分まで延長させることができるので、絶縁シートの厚みを増大させることなく、絶縁距離を延ばし、絶縁性と放熱性を両立させた信頼性の高い電力用半導体装置を容易に得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本発明の実施の形態1にかかる電力用半導体装置の構成を説明するための製造中の工程ごとの状態を示す断面図である。

【図2】比較例として、従来の電力用半導体装置の製造中の工程ごとの状態を示す断面図である。

【図3】本発明の実施の形態2にかかる電力用半導体装置の構成を説明するための製造中の工程ごとの状態を示す断面図である。

【図4】本発明の実施の形態3にかかる電力用半導体装置の構成を説明するための製造中の工程ごとの状態を示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

実施の形態1.

図1(a)~(c)は、本発明の実施の形態1にかかる電力用半導体装置の構成を説明するための製造中の主要な工程ごとの断面を示す模式図であり、図1(a)は金属ベース板に絶縁シートを形成するための塗膜が配置されている状態、図1(b)は絶縁枠が設けられたヒートスプレッドを金属ベース板に接合した状態、図1(c)は配線と樹脂による封止を行った状態をそれぞれ示す。また、図2(a)と(b)は、比較例にかかる電力用半導体装置の構成を説明するための製造工程ごとの断面を示す模式図であり、図2(a)は金属ベース板に絶縁シートを形成するための塗膜が配置されている状態、図2(b)はヒートスプレッドを金属ベース板に接合した状態をそれぞれ示す。

【0012】

本実施の形態1にかかる電力用半導体装置10は、図1(b)に示すように、冷却器に固定するための金属ベース板3と、金属ベース板3に絶縁シート4を介して伝熱接合されたヒートスプレッド2と、ヒートスプレッド2に裏面電極を接合された縦型の電力用半導体素子1と、を備えたもので、特徴的な構成としては、ヒートスプレッド2の外周を囲むように絶縁枠5が設けられており、絶縁シート4による接合時に、絶縁枠5の部分でも金属ベース板3との間で荷重がかけられていることである。以下、詳細に説明する。

【0013】

図1(a)に示すように、金属ベース板3は、厚さ2mmで20mm角の銅板製で、図における下側が、図示しない冷却器を取り付けるための面である。その反対側の面である図中上側の面3fには、絶縁シート4を形成するための厚さ0.2mm、16mm角の塗膜4B(絶縁シート4の硬化前の状態)が設置されている。塗膜4Bは、エポキシ樹脂のような熱硬化性樹脂を主成分とするバインダーに、熱伝導性のフィラーを分散させたものである。一方、ヒートスプレッド2は、厚さ2mmで12mm角の銅板で形成され、ヒートスプレッド2の外周(側部2s)を囲むようにエポキシ樹脂で形成された外形が15m

10

20

30

40

50

m角の絶縁枠5が設けられている。これにより、ヒートスプレッド2は、絶縁枠5を含めると15mm×15mm×厚さ2mmの平坦な板状に形成され、板状部分のうち、ヒートスプレッド2部分の中央に、縦型の電力用半導体素子1（シリコン製、厚さ0.2mm、10mm角）の裏面電極が導電接合されている。

【0014】

上記のように金属ベース板3上の塗膜4Bに対して、図1(b)に示すように、電力用半導体素子1を搭載したヒートスプレッド2を、接合領域2j(=面2f)を対向させるように位置を合わせて載置する。そして、ヒートスプレッド2、およびヒートスプレッド2と一体化した絶縁枠5(と金属ベース板3間)に所定の荷重をかけながら150℃まで加熱することで、塗膜4Bを構成するエポキシ樹脂に硬化反応が生じ、ヒートスプレッド2と金属ベース板3間が絶縁シート4を介して伝熱接合される。

10

【0015】

つぎに、図1(c)に示すように、電力用半導体素子1の主電極、制御電極、および電力用半導体素子1の裏面電極と導電接合されたヒートスプレッド2と外部端子7(銅リードフレーム、厚さ0.6mm)との間をそれぞれワイヤボンダ8(アルミニウム製、主電極のような電力系統には直径0.4mm、制御電極のような制御系統には0.2mmのものを使用)によって配線を行う。最後に、樹脂(エポキシ樹脂、例えば、菱電化成R411)を用いた封止体6により、電力用半導体素子1等の回路部材を含む金属ベース板3の回路面側を封止して電力用半導体装置10となる。

【0016】

20

上記のような絶縁枠5を設けたヒートスプレッド2と金属ベース板3との組合せを用いた場合、図1(b)に示すように、接合時に金属ベース板3とヒートスプレッド2との間で所定の荷重がかけられる圧着部4pは、絶縁枠5を含めた部分にまでおよぶ。そのため、絶縁シート4のうち、絶縁枠5を含めたヒートスプレッド2と金属ベース板3との間に位置する圧着部4pは、絶縁性、熱伝導性、接着性等において所望の性能を実現させることができる。

【0017】

一方、このような組合せを用いても、絶縁シート4には、ヒートスプレッド2からはみ出したはみ出し部4mが生じる。このはみ出し部4mは、圧力がかけられない状態でバインダーである熱硬化性樹脂の硬化が生じる。そのため、内部に空孔(ポア)が残り、圧着部4pと比較すると、絶縁性能が劣り、絶縁距離を計算する上での障壁としては期待できない。さらに、内包する熱伝導性のフィラー間の接触度も低下するので、放熱性能も劣るようになる。

30

【0018】

しかし、本実施の形態のように、ヒートスプレッド2に、絶縁枠5を設けることにより、障壁(絶縁物)として機能する圧着部4pが、面2fの延在方向(面方向)において導体部分であるヒートスプレッド2よりも外側まで延長される。そのため、ヒートスプレッド2と金属ベース板3との絶縁距離(空間距離:Clearance)において、ヒートスプレッド2(ポイントP2)に対する、金属ベース板3の最接近部は、ヒートスプレッド2の外周(側部2s)よりも外側に位置する絶縁枠5の最外縁部(側部5s)の直下まで延びた圧着部4pの端部(ポイントP3)になる。

40

【0019】

つまり、ヒートスプレッド2と金属ベース板3との空間距離は、絶縁シート4の厚さDtに、圧着部4pのうち、絶縁枠5の下で十分な荷重を受けて硬化した部分の面方向における距離Dp(=絶縁枠5の幅)を合わせたものとなる。そのため、絶縁シート4の厚さをシート自体の絶縁に必要な最低限の厚みまで薄くしても、距離Dpを稼ぐことにより、十分な絶縁距離(空間距離)を得ることが可能となる。つまり、取扱いの容易な絶縁シート4を用いても、放熱性と絶縁性を両立させることができる。なお、このような効果を得るためには、絶縁枠5には接合時の加圧に必要とされる機械的な強度があればよく、圧着部4pに要求されるような高性能の絶縁性は必要されない。そのため、特別な加工を用い

50

なくとも、ヒートスプレッド 2 に容易に絶縁棒 5 を設けることができる。

【 0 0 2 0 】

一方、従来のように絶縁棒を用いず、ヒートスプレッド 2 C 側の金属ベース板 3 に対向する面 2 C f のみで絶縁シート 4 を金属ベース板 3 との間に挟む場合の、ヒートスプレッド 2 C と金属ベース板 3 との空間距離について説明する。この場合、図 2 に示すように、ヒートスプレッド 2 C (ポイント P 2 C) に対する、金属ベース板 3 の最接近部は、ともに圧着部 4 p の端部である、面方向におけるポイント P 2 C と同じ位置 (ポイント P 3 C) になる。そのため、ヒートスプレッド 2 C と金属ベース板 3 との空間距離は、絶縁シート 4 の厚さ D t 分しかなく、十分な絶縁距離 (空間距離) を得るためには、絶縁シート 4 の厚みを増大させる必要が生じ、放熱性が犠牲となる。

10

【 0 0 2 1 】

ここで、例えば、塗膜 4 B をヒートスプレッド 2 C よりも小さくし、ヒートスプレッド 2 C と金属ベース板 3 間に絶縁シート 4 の存在しない隙間を生じさせ、生じた隙間に後から封止体 6 を構成する樹脂を流し込むことも考えられる。しかし、一般的に封止体 6 を構成する樹脂は絶縁シート 4 に比較すると絶縁性が低いため、絶縁シート 4 の厚さ D t 分のみが空間距離となる。したがって、この場合にも空間距離を大きくするためには、絶縁シート 4 を厚く形成する必要があり、熱抵抗が大きくなって放熱性能が低下する。

【 0 0 2 2 】

なお、本実施の形態 1 にかかる電力用半導体装置 1 0 では、ヒートスプレッド 2 や金属ベース板 3 に銅を用いた例を示したが、アルミニウムや鉄などの熱伝導率の高い金属や、金属導体を有する基板を用いても同様の効果が得られる。また、絶縁棒 5 の材料としてエポキシ樹脂を用いた例を示したが、これに限ることはない。耐熱性と絶縁性があり、接合時に十分な面圧を塗膜 4 B にかけることができる材料であれば、ポリイミド樹脂やフッ素樹脂、または窒化アルミや窒化シリコンなどのセラミックを用いてもよい。また、ヒートスプレッド 2 にかけた力が、絶縁棒 5 を通じて絶縁シート 4 に伝えられるように、絶縁棒 5 がヒートスプレッド 2 に支持されていればよく、必ずしも絶縁棒 5 がヒートスプレッド 2 に接合されていなくともよい。

20

【 0 0 2 3 】

以上のように本実施の形態 1 にかかる電力用半導体装置 1 0 によれば、一方の面に電力用半導体素子 1 が導電接合された第 1 の金属板であるヒートスプレッド 2 と、絶縁シート 4 を介して、第 1 の金属板であるヒートスプレッド 2 の他方の面 2 f に伝熱接合された第 2 の金属板である金属ベース板 3 と、第 1 の金属板 (ヒートスプレッド 2) の、伝熱接合における接合領域 2 j に連なり、接合領域 2 j を囲むように、第 1 の金属板 (ヒートスプレッド 2) の外周を囲むように設けられた絶縁棒 5 と、を備え、絶縁シート 4 は、接合領域 2 j から絶縁棒 5 にかかる所定幅 (距離 D p) の領域まで延長配置され、伝熱接合の際に、第 1 の金属板 (ヒートスプレッド 2) に加えた力が、絶縁シート 4 の所定幅 (距離 D p) の領域の部分にも伝わるように、絶縁棒 5 が第 1 の金属板 (ヒートスプレッド 2) に支持されているように構成したので、伝熱接合の際、絶縁シート 4 (とくに、熱硬化性樹脂のバインダー中にフィラーを分散させたもの) の所望の絶縁性能を発揮する領域を絶縁棒 5 で支持された部分まで延長させることができる。そのため、絶縁棒 5 で支持された距離 D p 分、絶縁距離 (空間距離) を延ばすことができるので、絶縁シート 4 の厚みを増大させる必要がない。その結果、絶縁性と放熱性を両立させた信頼性の高い電力用半導体装置 1 0 を容易に得ることができる。

30

40

【 0 0 2 4 】

実施の形態 2 .

上記実施の形態 1 では、ヒートスプレッドの外周をヒートスプレッドと同じ厚さの絶縁棒で囲むようにして構成する例について説明したが、本実施の形態においては、絶縁棒をヒートスプレッドの接合面側から必要な厚み分にわたって設けるようにした。それ以外の構成については、実施の形態 1 と同様である。

【 0 0 2 5 】

50

図3(a)~(c)は、本発明の実施の形態2にかかる電力用半導体装置の構成を説明するための製造中の主要な工程ごとの断面を示す模式図であり、図3(a)は金属ベース板に絶縁シートを形成するための塗膜が配置されている状態、図3(b)は絶縁枠が設けられたヒートスプレッドを金属ベース板に接合した状態、図3(c)は配線と樹脂による封止を行った状態をそれぞれ示す。図中、実施の形態1で説明したものと同様のものには同様の符号を付し、説明を省略する。

【0026】

本実施の形態2にかかる電力用半導体装置10で使用するヒートスプレッド2は、図3(a)に示すように、外周(側部2s)から所定幅の領域が、金属ベース板3に対向する面2f側から所定深さ削られ、窪み部2uが形成されている。そして、窪み部2uを埋めるように、絶縁枠5が設けられている。絶縁枠5を設けたヒートスプレッド2と金属ベース板3との接合を含むその他の構成や製造方法については、実施の形態1と同様である。

10

【0027】

この場合も、ヒートスプレッド2の接合領域2jに連なって、接合領域2jを囲むように、所定幅の絶縁枠5が設けられているので、障壁(絶縁物)として機能する圧着部4pが、接合領域2j(ヒートスプレッド2の面2f側の露出した部分=導体部分)よりも外側の絶縁枠5の領域まで延長している。そのため、ヒートスプレッド2と金属ベース板3との空間距離において、ヒートスプレッド2(ポイントP2)に対する、金属ベース板3の最接近部は、ヒートスプレッド2の最外縁部(側部2s)の直下まで延びた圧着部4pの端部(ポイントP3)になる。

20

【0028】

つまり、ヒートスプレッド2と金属ベース板3との空間距離は、絶縁シート4の厚さDtに、圧着部4pのうち、絶縁枠5と金属ベース板3とで挟まれて十分な荷重を受けて硬化した部分の面方向における距離Dpをあわせたものとなる。そのため、放熱性を得るために絶縁シート4の厚さを薄くしても、距離Dpを稼ぐことにより、十分な絶縁距離(空間距離)を得ることが可能となる。

【0029】

なお、窪み部2uの深さがDpよりも浅い場合は、最接近部はP2uとなり、空間距離はDtと窪み部2uの深さの和となる。つまり、窪み部2uは、側部2sと金属ベース板3に対向する面2fとの交差部分Px₂(図3(a))から少なくとも空間距離として確保したい距離(厳密にはそこからDt分を引いた値)に相当する深さに削られている必要がある。ただし、窪み部2uは、図示したような矩形に限ることなく、例えば、交差部分Px₂を中心とする空間距離として確保したい距離を半径とする円弧状に形成するようにしてもよい。

30

【0030】

以上のように、本実施の形態2にかかる電力用半導体装置10によれば、一方の面に電力用半導体素子1が導電接合され、他方の面2f側の外周(側部2sに沿って)に窪み(窪み部2u)が形成された第1の金属板であるヒートスプレッド2と、(熱硬化性樹脂のバインダーにフィラーを分散させた)絶縁シート4を介して、第1の金属板(ヒートスプレッド2)の他方の面2fに伝熱接合された第2の金属板である金属ベース板3と、第1の金属板(ヒートスプレッド2)の、伝熱接合における接合領域2jに連なり、接合領域2jを囲むように、第1の金属板(ヒートスプレッド2)の窪み(窪み部2u)に設けられた絶縁枠5と、を備え、絶縁シート4は、接合領域2jから絶縁枠5にかかる所定幅(距離Dp)の領域まで延長配置され、伝熱接合の際に、第1の金属板(ヒートスプレッド2)に加えた力が、絶縁シート4の所定幅(距離Dp)の領域の部分にも伝わるように、絶縁枠5が第1の金属板(ヒートスプレッド2)に支持されているように構成したので、伝熱接合の際に、絶縁シート4の所望の絶縁性能を発揮する領域を絶縁枠5で支持された部分まで延長させることができる。そのため、絶縁枠5で支持された距離Dp分、絶縁距離(空間距離)を延ばすことができるので、絶縁シート4の厚みを増大させる必要がない。その結果、絶縁性と放熱性を両立させた信頼性の高い電力用半導体装置を容易に得るこ

40

50

とができる。

【0031】

実施の形態3 .

上記実施の形態1、2では、ヒートスプレッドに絶縁枠を設ける例について説明したが、本実施の形態においては、ヒートスプレッドよりも面積が大きな金属ベース板に絶縁枠を設けるようにした。それ以外の構成については、上述した各実施の形態と同様である。

【0032】

図4(a)~(c)は、本発明の実施の形態3にかかる電力用半導体装置の構成を説明するための製造中の主要な工程ごとの断面を示す模式図であり、図4(a)は絶縁枠が設けられた金属ベース板に絶縁シートを形成するための塗膜が配置されている状態、図4(b)はヒートスプレッドを金属ベース板に接合した状態、図4(c)は配線と樹脂による封止を行った状態をそれぞれ示す。図中、実施の形態1で説明したものと同様のものには同様の符号を付し、説明を省略する。

10

【0033】

本実施の形態3にかかる電力用半導体装置10で使用するヒートスプレッド2には、絶縁枠5は設けられていない。そして、ヒートスプレッド2よりも面積の広い金属ベース板3の方に、図4(a)に示すように、ヒートスプレッド2に対向する面3fに溝3cを形成し、形成した溝3cを埋めるように絶縁枠5が設けられている。

【0034】

溝3cの面方向における形状は、ヒートスプレッド2の輪郭(本実施の形態では12mm角の四角形)対応した形状として、輪郭(四角形)の各辺から内側と外側に向かって後述する必要な幅を確保できる形状とし、深さも必要な深さを有している。具体的には、面方向における形状が、外寸13mm×13mm、内寸11mm×11mm、深さ1.0mmとしている。そして、溝3cを埋めるように、エポキシ樹脂を流し込んで表面を平坦にすることで、絶縁枠5が設けられている。ヒートスプレッド2と金属ベース板3との接合を含むその他の構成や製造方法については、上記実施の形態1と同様である。

20

【0035】

この場合、ヒートスプレッド2と金属ベース板3とを比べると、金属ベース板3の面積の方が大きい。しかし、接合領域2j、3jの面積を比べると、溝3cが設けられた金属ベース板3の方が小さい。つまり、絶縁性について考慮すると、金属ベース板3の面方向における形状は、ヒートスプレッド2への対向面3fのうち、溝3cの内側の領域3fiとみなすことができる。

30

【0036】

したがって、本実施の形態3においても、上記実施の形態1および2と同様に、接合する2つの金属板(ヒートスプレッド2、金属ベース板3)のうち、伝熱接合の際の接合領域2j、3jの面積が小さな方の金属板(金属ベース板3)に対して、接合領域3jに連なり、接合領域3jを囲むように絶縁枠5を設けたことになる。これにより、障壁(絶縁物)として機能する圧着部4pが、接合領域3j(溝3cよりも内側の領域3fi)から絶縁枠5の領域まで延長している。そのため、ヒートスプレッド2と金属ベース板3との空間距離において、図4(b)に示すように、金属ベース板3(ポイントP3)に対して、ヒートスプレッド2の最接近部は、圧着部4pの端部(ポイントP2)に位置することになる。

40

【0037】

つまり、ヒートスプレッド2と金属ベース板3との空間距離は、絶縁シート4の厚さDtに、圧着部4pのうち、絶縁枠5の下で十分な荷重を受けて硬化した部分の面方向における距離Dpをあわせたものとなる。そのため、放熱性を得るために絶縁シート4の厚さを薄くしても、距離Dpを稼ぐことにより、十分な絶縁距離(空間距離)を得ることが可能となる。また、本実施の形態では、絶縁枠5が、ヒートスプレッド2に設けられた場合と較べて、熱源である電力用半導体素子1から遠い位置に設けられることになるので、放熱性への影響がより少なくなる。

50

【 0 0 3 8 】

ただし、上述した空間距離を延長する効果は、金属ベース板 3 の溝 3 c の底部および、溝 3 c よりも外側の導体部分 3 f x (ポイント P 3 b およびポイント P 3 x) が、ヒートスプレッド 2 から必要な分だけ距離をあけていることを前提としている。なお、ヒートスプレッド 2 (ポイント P 2) と溝 3 c の底部 (ポイント P 3 b) 間の空間距離は、絶縁シート 4 の厚み D t と溝 3 c の深さの和で計算できる。一方、ヒートスプレッド 2 (ポイント P 2) と溝 3 c の外側の導体部分 (ポイント P 3 x) 間は、障壁として機能する絶縁性能を有するだけの絶縁物がなく、水平方向の距離と垂直方向の距離の和で空間距離を計算することはできない。つまり、空間距離は、ポイント P 3 x とポイント P 2 の最短距離となり、絶縁シート 4 の厚み D t の 2 乗と P 2 からの面方向における距離 D p x の 2 乗の和の平方根 ($= (D t^2 + D p x^2)^{1/2}$) となる。そのため、同じ空間距離を得るために必要な大きさは、D p x の方が D p よりも大きくなる。

10

【 0 0 3 9 】

一方、絶縁枠 5 については、図に示したように溝 3 c 全体を埋めるように設ける必要はなく、面方向におけるヒートスプレッド 2 の輪郭 (側部 2 s) に対応する位置 P X₃ (図 4 (b)) よりも内側の部分が埋まっていればよい。P X₃ よりも内側、つまりヒートスプレッド 2 の輪郭の内側の部分は、圧着部 4 p をヒートスプレッド 2 の最外縁部 (側部 2 s) の直下まで延ばすために必要である。しかし、P X₃ よりも外側の部分は単に金属ベース板 3 の導体部分 3 f x (ポイント P 3 x) をヒートスプレッド 2 (ポイント P 2) から遠ざけるためであり、接合時に絶縁シート 4 に荷重をかける必要がないからである。そのため、この部分については、封止体 6 の樹脂で満たすようにしても、空間のままでもよい。

20

【 0 0 4 0 】

以上のように、本実施の形態 3 にかかる電力用半導体装置 1 0 によれば、一方の面に電力用半導体素子 1 が導電接合された第 1 の金属板であるヒートスプレッド 2 と、(熱硬化性樹脂のバインダーにフィラーを分散させた) 絶縁シート 4 を介して、第 1 の金属板 (ヒートスプレッド 2) の他方の面 2 f に伝熱接合され、第 1 の金属板 (ヒートスプレッド 2) に対向する面 3 f には、第 1 の金属板 (ヒートスプレッド 2) の面 2 f の延在方向における輪郭をなぞるように溝 3 c が形成された第 2 の金属板である金属ベース板 3 と、第 2 の金属板 (金属ベース板 3) の、伝熱接合における接合領域 3 j に連なり、接合領域 3 j を囲むように、溝 3 c のうち、少なくとも輪郭の内側に対応する部分を埋めるように設けられた絶縁枠 5 と、を備え、絶縁シート 4 は、接合領域 3 j から絶縁枠 5 にかかる所定幅 (距離 D p) の領域まで延長配置され、伝熱接合の際に、第 2 の金属板 (金属ベース板 3) に加えた力が、絶縁シート 4 の所定幅 (距離 D p) の領域の部分にも伝わるように、絶縁枠 5 が第 2 の金属板 (金属ベース板 3) に支持されているように構成したので、伝熱接合の際、絶縁シート 4 の所望の絶縁性能を発揮する領域を絶縁枠 5 で支持された部分まで延長させることができる。そのため、絶縁枠 5 で支持された距離 D p 分、絶縁距離 (空間距離) を延ばすことができるので、絶縁シート 4 の厚みを増大させる必要がない。その結果、絶縁性と放熱性を両立させた信頼性の高い電力用半導体装置を容易に得ることができる。

30

40

【 0 0 4 1 】

なお、上記各実施の形態においては、絶縁枠 5 の表面は、ヒートスプレッド 2 または金属ベース板 3 の表面 (面 2 f、3 f) と同一面内で連なるように形成している。これは、絶縁シート 4 の圧着部 4 p 全体が一様に形成され、絶縁破壊の原因となる局所的な性能変化を有する部分の発生を低減するための好適な条件である。しかし、絶縁破壊の原因とならない程度の多少の段差や傾きは許容できることは言うまでもない。

【 0 0 4 2 】

また、熱的な設計において、一般的には、ヒートスプレッドよりも金属ベース板の面積の方が大きい。しかしながら、ヒートスプレッドの方が金属ベース板よりも面積が大きな場合や双方が同程度の面積の場合も存在する。その場合、上述した各実施の形態における

50

絶縁枠を設ける対象を入れ替えればよい。そして、面積の小さな接合領域（実施の形態 1 2 の接合領域 2 j、実施の形態 3 の接合領域 3 j）に連なり、接合領域を囲むように絶縁枠 5 を設けるようにすれば、所望の絶縁性能を有する絶縁シート 4 の領域（圧着部 4 p）を延ばすことができ、絶縁シート 4 の厚みを増大させることなく、空間距離を延ばすことが可能となる。

【0043】

以上のように、上記各実施の形態にかかる電力用半導体装置 10 によれば、一方の面に電力用半導体素子 1 が導電接合された第 1 の金属板であるヒートスプレッド 2 と、絶縁シート 4 を介して、第 1 の金属板（ヒートスプレッド 2）の他方の面 2 f に伝熱接合された第 2 の金属板である金属ベース板 3 と、第 1 の金属板（ヒートスプレッド 2）および第 2 の金属板（金属ベース板 3）のうち、一方の金属板の、伝熱接合における接合領域（2 j または 3 j のうち面積の小さい方）に連なり、一方の金属板の接合領域を囲むように設けられた絶縁枠 5 と、を備え、絶縁シート 4 は、一方の金属板の接合領域から絶縁枠 5 にかかる所定幅（距離 D p）の領域まで延長配置され、伝熱接合の際に、一方の金属板に加えた力が、絶縁シート 4 の所定幅（距離 D p）の領域の部分にも伝わるように、絶縁枠 5 が一方の金属板に支持されているように構成した。そのため、伝熱接合の際、絶縁シート 4 の所望の絶縁性能を発揮する領域を絶縁枠 5 で支持された部分まで延長させることができる。つまり、絶縁枠 5 で支持された距離 D p 分、絶縁距離（空間距離）が延長されるので、絶縁シート 4 の厚みを増大させる必要がない。その結果、絶縁性と放熱性を両立させた信頼性の高い電力用半導体装置を容易に得ることができる。

【0044】

なお、上記各実施の形態においては、スイッチング素子（トランジスタ）や整流素子（ダイオード）として機能する電力用半導体素子 1 には、シリコンウエハを基材とした一般的な素子について説明した。しかし、本発明においては炭化ケイ素（SiC）や窒化ガリウム（GaN）系材料、またはダイヤモンドといったシリコンと比べてバンドギャップが広い、いわゆるワイドバンドギャップ半導体材料を用い、電流許容量および高温動作が可能な電力用半導体素子を用いた場合に、特に顕著な効果が現れる。とくに炭化ケイ素を用いた電力用半導体素子に好適に用いることができる。

【0045】

ワイドバンドギャップ半導体によって形成されたスイッチング素子や整流素子（各実施の形態における電力用半導体素子 1）は、ケイ素で形成された素子よりも電力損失が低いいため、スイッチング素子や整流素子における高効率化が可能であり、ひいては、電力用半導体装置の高効率化が可能となる。さらに、耐電圧性が高く、許容電流密度も高いため、スイッチング素子や整流素子の小型化が可能であり、これら小型化されたスイッチング素子や整流素子を用いることにより、電力用半導体装置も小型化が可能となる。また耐熱性が高いので、高温動作が可能であり、ヒートスプレッドの放熱フィンの小型化や、水冷部の空冷化も可能となるので、電力用半導体装置の一層の小型化が可能になる。

【0046】

このとき、本発明を適用すれば、金属ベース板 3 とヒートスプレッド 2 間の放熱性を阻害することなく、十分な絶縁距離を保つことができるので、絶縁性と放熱性を両立させた信頼性の高い電力用半導体装置 10 を容易に製造することができる。つまり、本発明による効果を発揮することで、ワイドバンドギャップ半導体の特性を活かすことができるようになる。

【0047】

なお、スイッチング素子及び整流素子の両方がワイドバンドギャップ半導体によって形成されていても、いずれか一方の素子がワイドバンドギャップ半導体によって形成されていてもよい。また、縦型半導体素子としては、例えば、スイッチング素子であれば、IGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor）、あるいは、MOSFET（Metal Oxide Semiconductor Field-Effect-Transistor）等が適用できる。

【符号の説明】

10

20

30

40

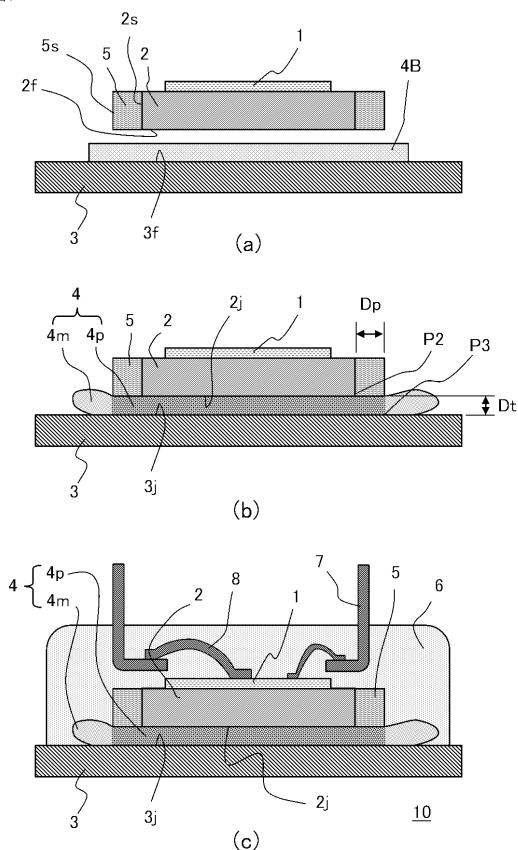
50

【 0 0 4 8 】

1 : 電力用半導体素子、 2 : ヒートスプレッド (第1の金属板)、 3 : 金属ベース板 (第2の金属板)、 4 : 絶縁シート、 5 : 絶縁柱、 6 : 封止体 (封止樹脂)、 7 : リードフレーム、 8 : ワイヤボンド、 10 : 電力用半導体装置、 2 f : ヒートスプレッドの金属ベース板に対向する面、 接合領域 2 j : ヒートスプレッドの伝熱接合における接合領域、 2 u : 窪み部、 3 c : 溝、 3 f : 金属ベース板のヒートスプレッドに対向する面、 3 j : 金属ベース板の伝熱接合における接合領域、 4 m : はみ出し部、 4 p : 圧着部、
 D p : (面方向における) 距離、 D t : 絶縁シートの厚み、 P 2 : ヒートスプレッドの金属ベース板に対する空間距離における最接近部、 P 3 : 金属ベース板のヒートスプレッドに対する空間距離における最接近部。

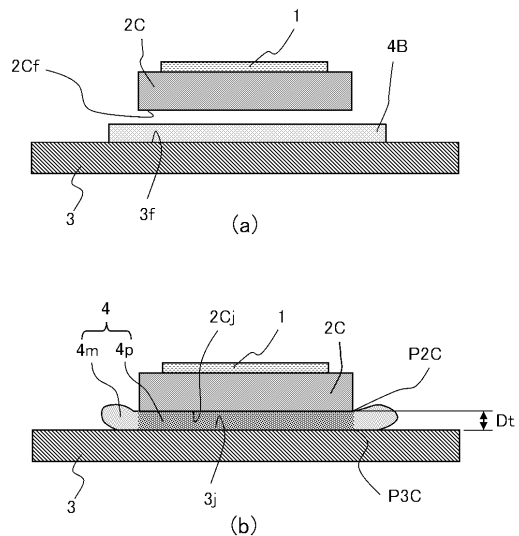
【 図 1 】

図1



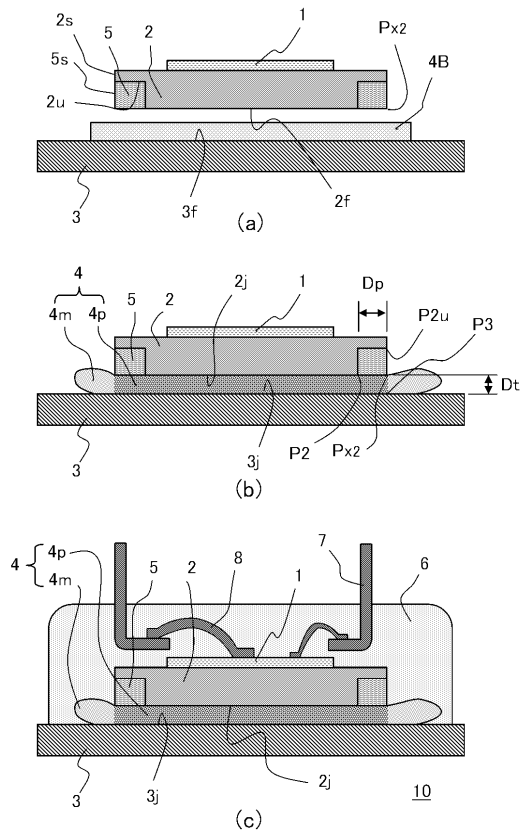
【 図 2 】

図2



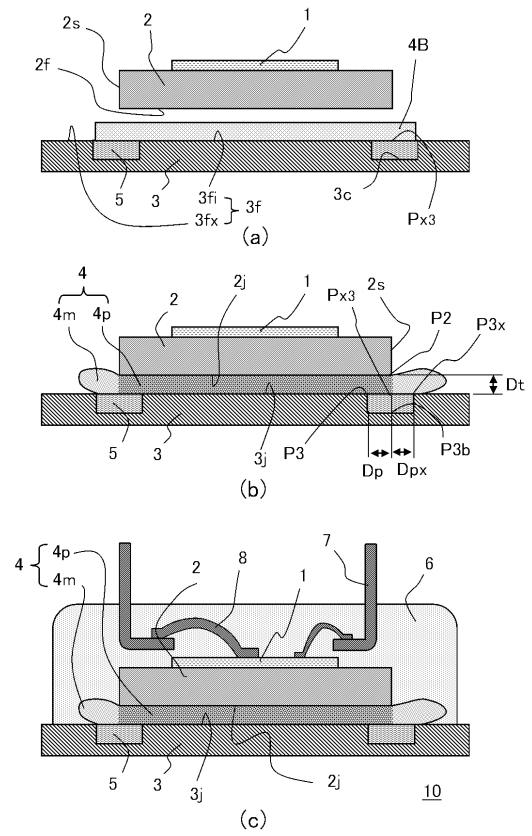
【図3】

図3



【図4】

図4



フロントページの続き

(72)発明者 小川 翔平
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 多賀 和宏

(56)参考文献 国際公開第2009/011077(WO, A1)
特開2006-086342(JP, A)
特開2012-134222(JP, A)
特開平11-087567(JP, A)
特開2004-165281(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L21/52、21/58、23/29
23/34-23/36、23/373-23/427
23/44、23/467-23/473
25/00-25/07、25/10-25/11
25/16-25/18