

(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2004-247383  
(P2004-247383A)

(43) 公開日 平成16年9月2日(2004.9.2)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

H01L 25/07

H01L 25/18

F I

H01L 25/04

C

テーマコード (参考)

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号	特願2003-33318 (P2003-33318)	(71) 出願人	000006013 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号
(22) 出願日	平成15年2月12日(2003.2.12)	(74) 代理人	100102439 弁理士 宮田 金雄
		(74) 代理人	100092462 弁理士 高瀬 彌平
		(72) 発明者	多田 和弘 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内
		(72) 発明者	三村 研史 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内
		(72) 発明者	反田 哲史 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

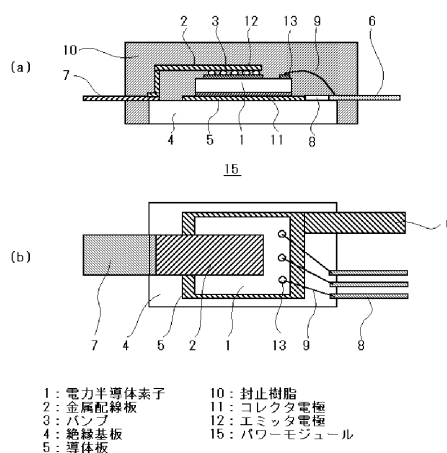
(54) 【発明の名称】 パワーモジュール

(57) 【要約】

【課題】電力半導体素子のエミッタ電極に高温、高圧力を印加することなく接続された金属の配線板を備え、金属の配線板とエミッタ電極と接続抵抗が小さい、電力半導体素子のダメージがなく信頼性に優れ、且つ、小形で電流容量の大きなパワーモジュールを得ること。

【解決手段】絶縁基板4と、前記絶縁基板4に積層接合された導体板5と、前記導体板5にコレクタ電極11を有する面で接合された電力半導体素子1と、前記電力半導体素子1のエミッタ電極12と電気的に導通する金属配線板2と、前記エミッタ電極12と前記金属配線板2との間に設けられ、且つ、前記エミッタ電極と12前記金属配線板2とに接合された複数のパンプ3とを備えたパワーモジュールとすることである。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

絶縁基板と、前記絶縁基板に積層接合された導体板と、前記導体板にコレクタ電極を有する面で接合された電力半導体素子と、前記電力半導体素子のエミッタ電極と電氣的に導通する金属配線板と、前記エミッタ電極と前記金属配線板との間に設けられ、且つ、前記エミッタ電極と前記金属配線板とに接合された複数のバンプとを備えたパワーモジュール。

## 【請求項 2】

カソード電極を有する面が導体板に接合され、アノード電極が金属配線板と導通し、電力半導体素子と電氣的に並列接続されたダイオードと、前記アノード電極と前記金属配線板との間に設けられ、且つ、前記アノード電極と前記金属配線板とに接合された複数のバンプとを備えたことを特徴とする請求項 1 に記載のパワーモジュール。

10

## 【請求項 3】

バンプとエミッタ電極との接合部の面積の合計が、前記エミッタ電極の面積に対して 5 ~ 50 % の割合であることを特徴とする請求項 1 に記載のパワーモジュール。

## 【請求項 4】

バンプとエミッタ電極との接合部の面積の合計が、前記エミッタ電極の面積に対して 5 ~ 50 % の割合であり、バンプとアノード電極との接合部の面積の合計が、前記アノード電極の面積に対して 5 ~ 50 % の割合であること特徴とする請求項 2 に記載のパワーモジュール

## 【発明の詳細な説明】

20

## 【0001】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、電力制御等に使用されるパワーモジュール、特に、小形で電流容量の大きなパワーモジュールに関するものである。

## 【0002】

## 【従来の技術】

従来の小形で電流容量の大きなパワーモジュールにおいては、シリコンチップからなる電力半導体素子のコレクタ電極が、半田付け、ろう付け、銀ペーストなどにより、金属フレームやセラミック基板のメタライズ面に、固定されている。そして、電力半導体素子のエミッタ電極には、大きな電流を流すためにワイヤボンドに替えて金属の配線板が大面積で接合されている。

30

このエミッタ電極に金属の配線板を大面積で容易に接合するものとして、導電性樹脂による接続が行われている（例えば、特許文献 1 参照）。

また、エミッタ電極に金属の配線板を大面積で接合するものとして、真空中または不活性雰囲気中で加圧、加熱し、拡散接合や熱圧着による接続が行われている（例えば、特許文献 2 参照）。

## 【0003】

## 【特許文献 1】

特開平 11 - 17087 号公報（第 3 頁、第 1 図）

## 【特許文献 2】

特開平 11 - 307596 号公報（第 2 頁）

40

## 【0004】

## 【発明が解決しようとする課題】

従来の、エミッタ電極に金属の配線板を導電性樹脂により接続したパワーモジュールでは、導電性樹脂の電気抵抗が金属の電気抵抗より大きいため、大電流を流すことができないという問題があった。

また、真空中または不活性雰囲気中で加圧、加熱し、拡散接合や熱圧着によりエミッタ電極と金属の配線板とを直接接合したパワーモジュールでは、接合時に高温に加熱しなければならいので、電力半導体素子に大きな熱的ダメージが与えられ、熱ひずみや反りが発生しやすく、より低温で接合するためには、高圧力を印加する必要があるため、電力半導体素子へ

50

のダメージが大きいという問題があった。

【0005】

本発明は、上述のような課題を解決するためなされたもので、その目的は、電力半導体素子のエミッタ電極などの主回路配線電極と、この主回路配線電極に高温、高圧力を印加することなく接続された金属の配線板を備え、金属の配線板の接続による電力半導体素子のダメージがなく信頼性に優れた、且つ、主回路配線電極と金属の配線板との接続抵抗が小さく小形で電流容量の大きなパワーモジュールを得るものである。

【0006】

【課題を解決するための手段】

本発明のパワーモジュールは、絶縁基板と、前記絶縁基板に積層接合された導体板と、前記導体板にコレクタ電極を有する面で接合された電力半導体素子と、前記電力半導体素子のエミッタ電極と電氣的に導通する金属配線板と、前記エミッタ電極と前記金属配線板との間に設けられ、且つ、前記エミッタ電極と前記金属配線板とに接合された複数のパンプとを備えたものである。

10

【0007】

【発明の実施の形態】

実施の形態1.

図1は、本発明の実施の形態1におけるパワーモジュールの構造を示す縦断面(a)と封止樹脂を除いた上面(b)とを示す模式図である。

図1に示す本実施の形態のパワーモジュール15では、絶縁基板4の一方の表面に導体板5が積層され、接合している。導体板5上には電力半導体素子1が配置されている。すなわち、電力半導体素子1の一方の主面にコレクタ電極11が設けられており、このコレクタ電極11が導体板5に接合されている。コレクタ電極11と接合している導体板5には、パワーモジュール15から突出し、外部の回路と接続するための第1の端子電極6が接続されている。本実施の形態では、第1の端子電極6は、金属板を加工して導体板5と一体のものとして形成されているが、別に作製して導体板5に接合しても良い。

20

【0008】

また、電力半導体素子1の他方の主面には、エミッタ電極12とゲート電極13とが設けられており、大電流が流れる主回路電極であるエミッタ電極12は、金属配線板2と電氣的に導通している。すなわち、金属配線板2とエミッタ電極12との間には複数のパンプ3が設けられており、この複数のパンプ3は、金属配線板2と電力半導体素子1のエミッタ電極12とに接合している。

30

また、大電流を流さないので、ゲート電極13と絶縁基板4に設けられた制御電極8との電氣的接続には、例えば金属ワイヤ9が用いられている。

【0009】

金属配線板2におけるパンプ3との接合部との反対側の端部は、パワーモジュール10から突出し、外部の回路と接続するための第2の端子電極7と接続されている。本実施の形態では、絶縁基板4上に固定された第2の端子電極7上の中継部に金属配線板2の端部が接合されている。

【0010】

そして、本実施の形態では、少なくとも、絶縁基板4、導体板5、電力半導体素子1、金属配線板2および金属ワイヤ9は封止樹脂10で封止されている。しかし、電力半導体素子1で発生した熱を、導体板5とこれに接合されている絶縁基板4を介して逃がすようになっており、絶縁基板4の導体板5が設けられている面と対向する面は露出している。

40

【0011】

すなわち、本実施の形態のパワーモジュール15は、次のような工程で製造する。まず、絶縁基板4上に導体板5を積層して接合し、この導体板5に電力半導体素子1のコレクタ電極11を接合する。

次に、金属配線板2の一端におけるエミッタ電極12と対向する面に、複数のパンプ3を設ける。このパンプ3をエミッタ電極12と接触し、金属配線板2上から超音波を加えて

50

、パンプ3とエミッタ電極12とを接合する。そして、金属配線板2の他端は、第2の端子電極7上の中継部に接合する。

次に、電力半導体素子1のゲート電極13と制御電極8とを、金属ワイヤ9で接続する。最後に、封止樹脂10で全体を封止し、パワーモジュール15を完成する。

#### 【0012】

本実施の形態において、絶縁基板4は、半導体素子1で発生した熱を外部に逃がす必要があるため、高熱伝導性が要求される。したがって、絶縁基板4には、例えばアルミナ、窒化アルミニウム、窒化ケイ素などのセラミック基板、または、エポキシ樹脂に、アルミナ、窒化アルミニウム、窒化ケイ素、窒化ホウ素などの充填材を充填した有機絶縁材料基板が用いられる。セラミック基板の場合、片面にニッケル-金メッキを行い、導体板5を半田で接合する。エポキシ系の有機系絶縁材料基板の場合、基板形成時に導体板5とともに成形し、エポキシ樹脂の接着性を利用して、導体板5を絶縁基板4に接着する。

10

また、絶縁基板4は、露出面となる側に金属層を設けても良い。この金属層としては、熱伝導性やコストの面から銅箔が好ましい。この金属層を設けると、絶縁基板4が直接外部に露出しなくなり、絶縁基板4を機械的に保護できる。

#### 【0013】

本実施の形態において、導体板5としては、例えば、銅の板や箔が用いられ、酸化防止のためにニッケルメッキをしても良い。そして、導体板5と電力半導体素子1のコレクタ電極11との接合には、例えば、コレクタ電極11面をニッケル-金メッキし、鉛フリー半田が用いられる。

20

金属ワイヤ9としては、アルミニウム線や金線が用いられ、ワイヤボンダ法により、ゲート電極13や制御電極8に接合される。

また、封止樹脂10としては、例えば、エポキシ樹脂にシリカの充填材を充填したモールド樹脂が用いられ、トランスファーモールド法により、パワーモジュールを封止する。

#### 【0014】

本実施の形態において、金属配線板2のエミッタ電極12と対向する部分に設けるパンプ3としては、アルミニウムまたは金のパンプが用いられる。このパンプ3は、銅の金属配線板2にワイヤボンダ法を用いたパンプ形成法により形成する。

そして、アルミニウムまたは金のパンプ3を、アルミニウムからなるエミッタ電極12に接触させ、金属配線板2上から超音波を印加することにより、アルミニウム同士の金属間結合またはアルミニウムと金との合金層での金属間結合を形成させて、パンプ3をエミッタ電極12に接合する。このパンプ3とエミッタ電極12との接合は、室温(15~30)、2~10秒の条件でできる。

30

#### 【0015】

図2は、複数のパンプ3が設けられた金属配線板2の平面(a)とa-a'断面(b)とを示す図である。パンプ3は、例えば、金属配線板2との接合部が直径0.3~0.6mmの円形で、高さが0.5~1mmの球状であるが、パンプを形成できれば、この寸法、形状に限定されない。複数個のパンプ3が、金属配線板2のエミッタ電極12と対向する部分に一定の間隔をあけて設けられている。設けられるパンプ3の数は、パンプ3をエミッタ電極12に接合した時、パンプ3とエミッタ電極12とが接合している部分の面積(パンプ接合面積)の合計が、エミッタ電極12の面積に対して5~50%の割合となる数であり、好ましくは10~35%となる数である。前記パンプ接合面積が5%未満では、金属配線板2とエミッタ電極12との間の抵抗が大きくなり、電流が制限され、コンパクトで容量の大きなパワーモジュールが実現できない。また、前記パンプ接合面積が50%より大きいと、接合部の面積が大きくなり、パンプ3とエミッタ電極12との接合に、長時間を要し、生産性が低下する。

40

#### 【0016】

本実施の形態のパワーモジュール15は、電力半導体素子1のエミッタ電極12と、外部回路に接続できる第2の端子電極7とつながる金属配線板2とが複数のパンプ3で接合されているので、大電流を流すことができ、大容量のパワーモジュールが実現できる。

50

また、金属配線板 2 にバンプ 3 を設けているので、エミッタ電極 1 2 とバンプ 3 を、室温での超音波の印加により短時間で接合し、金属配線板 2 とエミッタ電極 1 2 との導通がとれるので、半田接合の場合に必要なエミッタ電極 1 2 のメッキが不要であり、パワーモジュールの製造コストを低減できる。また、高温、高圧力を加えることなしに接合できるので、パワーモジュールの信頼性が低下しない。

#### 【0017】

本実施の形態では、バンプ 3 を金属配線板 2 に設けたが、電力半導体素子 1 のエミッタ電極 1 2 に設けても良い。

バンプ 3 をエミッタ電極 1 2 に設けた場合は、エミッタ電極 1 2 のアルミニウムと金バンプとの合金層の金属間結合、あるいは、エミッタ電極 1 2 のアルミニウムとアルミニウムバンプとのアルミニウム同士の金属間結合で、接合される。そして、金属配線板 2 とは、銅-金または銅-アルミニウムの合金層による金属間結合で接合される。

このような構成のパワーモジュールも、前記本実施の形態のパワーモジュールと同様な効果が得られる。

#### 【0018】

実施の形態 2 .

図 3 は、本発明の実施の形態 2 におけるパワーモジュールの構造を示す縦断面 ( a ) と封止樹脂を除いた上面 ( b ) とを示す模式図である。

図 3 に示すパワーモジュール 1 5 では、実施の形態 1 のパワーモジュールにおいて、導体板 5 上に電力半導体素子 1 とともに、ダイオード 2 1 が設けられている。すなわち、ダイオード 2 1 のカソード電極 2 2 が鉛フリー半田により銅の導体板 5 に接合されている。

#### 【0019】

ダイオード 2 1 のアノード電極 2 3 は、電力半導体素子 1 のエミッタ電極 1 2 と同様、金属配線板 2 またはアノード電極 2 3 に設けられた、金またはアルミニウムのバンプ 2 4 を介して、金属配線板 2 と接合されている。本実施の形態のバンプ 2 4 は、実施の形態 1 のバンプ 3 と同様な寸法、形状であり、実施の形態 1 と同様にして設けられている。設けられるバンプ 2 4 の数は、バンプ 2 4 がアノード電極 2 3 と接合している部分の面積 ( バンプ接合面積 ) の合計が、アノード電極 2 3 の面積に対して 5 ~ 50 % の割合となる数であり、好ましくは 10 ~ 35 % となる数である。前記バンプ接合面積が 5 % 未満では、金属配線板 2 とアノード電極 2 3 との間の抵抗が大きくなり、ダイオード 2 1 に流れる電流が制限される。また、前記バンプ接合面積が 50 % より大きいと、金属配線板 2 とアノード電極 2 3 との接合に、長時間を要し、生産性が低下する。

#### 【0020】

このような構造とすると、ダイオード 2 1 のアノード電極 2 3 と、外部回路と接続できる第 2 の端子電極 7 につながる金属配線板 2 とが、複数のバンプ 2 4 で接続されるので、大電流を流すことができ、大容量のパワーモジュールが実現できる。

また、金属配線板 2 にバンプ 2 4 を設けているので、アノード電極 2 3 と金属配線板 2 とを、室温での超音波の印加により短時間で接合でき、金属配線板 2 とアノード電極 2 3 との導通がとれるので、半田接合の場合に必要なアノード電極 2 3 のメッキが不要であり低コストで接合でき、また、高温、高圧力を加えることなしに接合できるので、パワーモジュールの信頼性が低下しないという実施の形態 1 と同様な効果が得られる。

本実施の形態では、電力半導体素子 1 とダイオード 2 1 とが 1 組のパワーモジュールであるが、複数組の、電力半導体素子 1 とダイオード 2 1 とを備えたパワーモジュールであっても良い。

#### 【0021】

#### 【発明の効果】

本発明のパワーモジュールは、絶縁基板と、前記絶縁基板に積層接合された導体板と、前記導体板にコレクタ電極を有する面で接合された電力半導体素子と、前記電力半導体素子のエミッタ電極と電氣的に導通する金属配線板と、前記エミッタ電極と前記金属配線板との間に設けられ、且つ、前記エミッタ電極と前記金属配線板とに接合された複数のバンプ

10

20

30

40

50

とを備えたものであり、電力半導体素子の主回路配線電極であるエミッタ電極と、このエミッタ電極に導通する金属配線板が高温、高圧力を印加することなく接続されており、電力半導体素子のダメージがなく信頼性に優れ、且つ、主回路配線電極と金属の配線板との間の抵抗が小さく、小形で電流容量の大きなパワーモジュールである。

【図面の簡単な説明】

【図 1】実施の形態 1 におけるパワーモジュールの構造を示す縦断面 ( a ) と封止樹脂を除いた上面 ( b ) とを示す模式図である。

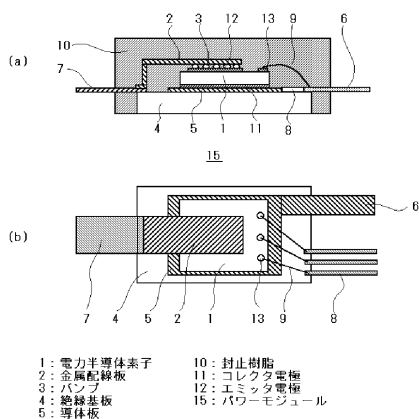
【図 2】複数のバンプが設けられた金属配線板の平面 ( a ) と a - a ' 断面 ( b ) とを示す図である。

【図 3】実施の形態 2 におけるパワーモジュールの構造を示す縦断面 ( a ) と封止樹脂を除いた上面 ( b ) とを示す模式図である。 10

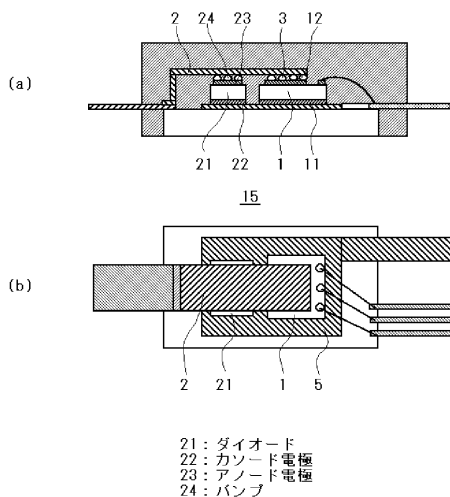
【符号の説明】

- 1 電力半導体素子、 2 金属配線板、 3 バンプ、 4 絶縁基板、 5 導体板、 1 1
- コレクタ電極、 1 2 エミッタ電極、 1 5 パワーモジュール、 2 1 ダイオード、 2 2
- カソード電極、 2 3 アノード電極、 2 4 バンプ。

【図 1】



【図 3】



【図 2】

