

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6685884号
(P6685884)

(45) 発行日 令和2年4月22日 (2020.4.22)

(24) 登録日 令和2年4月3日 (2020.4.3)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 L 23/40 (2006.01)	HO 1 L 23/40 A
HO 1 L 25/04 (2014.01)	HO 1 L 25/04 Z
HO 1 L 25/18 (2006.01)	

請求項の数 6 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2016-231244 (P2016-231244)	(73) 特許権者	000003078
(22) 出願日	平成28年11月29日 (2016.11.29)		株式会社東芝
(65) 公開番号	特開2017-108130 (P2017-108130A)		東京都港区芝浦一丁目1番1号
(43) 公開日	平成29年6月15日 (2017.6.15)	(73) 特許権者	317011920
審査請求日	平成31年2月4日 (2019.2.4)		東芝デバイス&ストレージ株式会社
(31) 優先権主張番号	特願2015-233751 (P2015-233751)		東京都港区芝浦一丁目1番1号
(32) 優先日	平成27年11月30日 (2015.11.30)	(74) 代理人	100111121
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国 (JP)		弁理士 原 拓実
		(74) 代理人	100200104
			弁理士 渡邊 実
		(72) 発明者	刀橋 達郎
			東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体モジュール

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

金属層と、前記金属層上に設けられ樹脂を含有する絶縁層と、を有する基板と、
前記基板上に設けられた第6配線と、
前記第6配線上に設けられ、上部および下部において放熱する第1半導体パッケージと

、
前記第6配線上に、前記第1半導体パッケージに対して上下反転して設けられ、上部および下部において放熱する第2半導体パッケージと、
前記第1半導体パッケージ上に設けられた第4配線と、
前記第2半導体パッケージ上に設けられた第5配線と、を備え、
前記第1半導体パッケージと前記第2半導体パッケージは前記第6配線を介して、直列接続される半導体モジュール。

【請求項 2】

前記第2半導体パッケージは、
前記下部に設けられ、導電性および熱伝導性を有する第3の部材と、
前記上部に設けられ、導電性および熱伝導性を有する第4の部材と、
前記第3の部材と前記第4の部材との間に設けられた第2の半導体チップと、
前記第3の部材と前記第4の部材と前記第2の半導体チップとを封止する封止部材と、
を備える請求項1に記載の半導体モジュール。

【請求項 3】

10

20

前記第 1 半導体パッケージは、
前記第 1 半導体パッケージの前記下部に設けられ、導電性および熱伝導性を有する第 1 の部材と、
前記第 1 半導体パッケージの前記上部に設けられ、導電性および熱伝導性を有する第 2 の部材と、
前記第 1 の部材と前記第 2 の部材との間に設けられた第 1 の半導体チップと、
前記第 1 の部材と前記第 2 の部材と前記第 1 の半導体チップとを封止する封止部材と、
を備える請求項 1 から 2 のいずれかに記載の半導体モジュール。

【請求項 4】

前記第 1 の部材は半田あるいは金属を主成分とする材料を介して前記第 4 配線に接続し、前記第 2 の部材は半田あるいは金属を主成分とする材料を介して前記第 6 配線に接続する請求項 3 に記載の半導体モジュール。

【請求項 5】

前記第 1 の部材は前記第 4 配線に直接接続し、前記第 2 の部材は前記第 6 配線に直接接続する請求項 3 に記載の半導体モジュール。

【請求項 6】

前記第 2 の部材は、前記封止部材から露出した露出面を有し、前記第 6 配線は前記露出面全体に接して設けられる請求項 3 に記載の半導体モジュール。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明による実施形態は、半導体モジュールに関する。

【背景技術】

【0002】

従来の半導体パワーモジュールにおいては、例えば、表裏面に銅箔が貼り付けられたセラミック板に半田を介して半導体チップが実装されており、半導体チップを実装したセラミック板は、半田を介して金属ベース基板に実装されていた。このような半導体パワーモジュールは、例えば、セラミック板の線膨張係数を半導体チップの線膨張係数に近付けることで温度サイクル耐量およびパワーサイクル耐量を向上させている。

【0003】

しかしながら、従来の半導体パワーモジュールでは、半導体チップで発生した熱の殆どを半導体チップの下面から金属ベース板へ放熱するのみであった。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2013 - 197560 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

本実施形態による半導体モジュールは、金属層と、前記金属層上に設けられ樹脂を含有する絶縁層と、を有する基板と、前記基板上に設けられた第 1 配線および第 2 配線と、前記第 1 配線上に設けられ、上部および下部において放熱する第 1 半導体パッケージと、前記第 1 半導体パッケージ上部及び前記第 2 配線に接続し、熱伝導性を有する第 3 配線と、を備える半導体モジュール。

【課題を解決するための手段】

【0006】

実施形態に係る半導体モジュールは、金属層と、前記金属層上に設けられ樹脂を含有する絶縁層と、を有する基板と、前記基板上に設けられた第 6 配線と、前記第 6 配線上に設けられ、上部および下部において放熱する第 1 半導体パッケージと、前記第 6 配線上に、前記第 1 半導体パッケージに対して上下反転して設けられ、上部および下部において放熱

10

20

30

40

50

する第 2 半導体パッケージと、前記第 1 半導体パッケージ上に設けられた第 4 配線と、前記第 2 半導体パッケージ上に設けられた第 5 配線と、を備え、前記第 1 半導体パッケージと前記第 2 半導体パッケージは前記第 6 配線を介して、直列接続される半導体モジュール

。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図 1】第 1 の実施形態を示す半導体モジュールの斜視図である。

【図 2】図 2 A は、第 1 の実施形態の半導体モジュールを示す図 1 の I I __ A - I I __ A 断面図であり、図 2 B は、図 1 の I I __ B - I I __ B 断面図である。

【図 3】第 1 の実施形態の半導体モジュールの半導体パッケージを示す斜視図である。

【図 4】図 4 A は、第 1 の実施形態の半導体モジュールの半導体パッケージを示す図 3 の I V __ A - I V __ A 断面図であり、図 4 B は、図 3 の I V __ B - I V __ B 断面図である。

【図 5】第 1 の実施形態を示す半導体モジュールの等価回路図である。

【図 6】図 6 A は、第 1 の実施形態の半導体モジュールを模擬したシミュレーション用の積層構造の断面図であり、図 6 B は、比較例の半導体モジュールを模擬したシミュレーション用の積層構造の断面図である。

【図 7】図 7 は、第 1 の実施形態の半導体モジュールを模擬したシミュレーション用の積層構造の物性値および比較例の半導体モジュールを模擬したシミュレーション用の積層構造の物性値を示す図である。

【図 8】第 2 の実施形態を示す半導体モジュールの断面図である。

【図 9】第 1 の実施形態の半導体モジュールを示す図 1 の I X - I X ' 断面図である。

【図 10】第 3 の実施形態を示す半導体モジュールの断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0008】

以下、図面を参照して本発明に係る実施形態を説明する。以下の実施形態では、半導体モジュールの特徴的な構成および動作を中心に説明するが、半導体モジュールには以下の説明で省略した構成および動作が存在しうる。これらの省略した構成および動作も本実施形態の範囲に含まれるものである。

【0009】

(第 1 の実施形態)

図 1 は、第 1 の実施形態を示す半導体モジュール 1 の斜視図である。図 2 A は、第 1 の実施形態の半導体モジュール 1 を示す図 1 の模式的な I I __ A - I I __ A 断面図である。図 2 B は、図 1 の模式的な I I __ B - I I __ B 断面図である。半導体モジュール 1 は、例えば、風力発電システム、太陽光発電システムおよび電車において、インバータ等の電力変換装置として用いることができるものである。

【0010】

図 1、図 2 A および図 2 B に示すように、第 1 の実施形態の半導体モジュール 1 は、下層から順に、金属層 2 と絶縁層 3 とからなる基板 7 と、正極側、負極側および出力側の導体 4 1 ~ 4 3 と、導体 4 1 あるいは導体 4 3 上に半田層 5 を介して設けられた半導体パッケージ 6 と、半導体パッケージ 6 上に半田層 5 を介して設けられた第 3 配線 8 とを備える。なお、正極側導体 4 1 は、第 1 配線の一例であり、この場合出力側導体 4 3 は第 2 配線である。あるいは出力側導体 4 3 を第 1 配線の一例とすると、負極側導体 4 2 は第 2 配線である。

【0011】

図 3 は、図 1 に示す半導体パッケージ 6 の斜視図である。図 4 A は、図 3 に示す半導体パッケージ 6 の I V __ A - I V __ A 断面を示している。図 4 A に示すように、半導体パッケージ 6 は、第 1 の部材 6 1 と、半田層 5 を介して第 1 の部材 6 1 上に設けられた I G B T (Insulated gate bipolar transistor) 6 3 と、半田層 5 を介して I G B T 6 3 上に設けられた第 2 の部材 6 5 とを備える。半導体パッケージ 6 は、表面実装型であり、第 1 の部材 6 1 と第 2 の部材 6 5 はそれぞれ電極を構成する。なお、I G B T 6 3 は、第 1 の

半導体チップの一例であるが、第1の半導体チップとしてMOSFETやダイオード等の他の半導体チップを用いてもよい。半導体パッケージ6は、リードフレーム66と、半導体パッケージ63とリードフレーム66とを接続するボンディングワイヤ67と、封止部材の一例である封止樹脂68とを備える。

【0012】

図4Bは、図3に示す半導体パッケージ6のIV-B-IV-B断面を示している。具体的には、半導体パッケージ6は、第1の部材61と、半田層5を介して第1の部材61上に設けられたダイオード69と、半田層5を介してダイオード69上に設けられた第4の部材613とを備える。なお、ダイオード69は、第2の半導体チップの一例であるが、第2の半導体チップとしてMOSFETやIGBT等の他の半導体チップを用いてもよい。

10

【0013】

図4Aと図4Bに示すように、第1の部材61、第2の部材65、第4の部材613は半導体パッケージ63から露出した部分を有している。この露出した部分は、導体41、43あるいは第3配線8に半田層5を介して接続している。

【0014】

図1に示すように、半導体モジュール1は、外囲器の一例として、基板7の外周縁に沿った枠状のケース9を備える。ケース9は、基板7を支持し、基板7の側部を覆うように設けられている。なお、図1には、ケース9の一部が図示されている。ケース9の上端9aは、第3配線8よりも上方に位置する。基板7上のケース9で囲まれた領域は、不図示の樹脂で封止されている。ケース9の上部は、蓋で覆われていてもよい。

20

【0015】

以下、半導体モジュール1の上記各構成部について詳述する。

【0016】

(基板7)

図1に示すように、基板7は、略矩形状を有する。基板7は、方向D1において長く、方向D1に略垂直な方向D2において短い。以下、D1を、半導体モジュール1の全長方向と定義し、D2を、半導体モジュール1の幅方向と定義する。

【0017】

図1に示すように、基板7は、複数の半導体パッケージ6を配置可能な面積を有する。図1の例では、基板7上に、全長方向D1に沿って3列、幅方向D2に沿って2列の計6つの半導体パッケージ6を配置できる。

30

【0018】

基板7を構成する金属層2は、主成分として銅を含有する。従って主成分としてアルミナを含有する場合と比較してコストを削減できる。なお、金属層2は、主成分としてアルミニウムを含有してもよい。また、金属層2は、主成分として金属およびセラミック(例えば、アルミ炭化ケイ素複合材)を含有してもよい。

【0019】

図2Aに示すように、基板7を構成する絶縁層3は、金属層2の上面の全領域に接触している。絶縁層3は、樹脂を含有する。

40

【0020】

絶縁層3は、好ましくは、フィラーを含有する。フィラーは、例えば、窒化ホウ素、アルミナ、窒化アルミ、窒化ケイ素および炭化ケイ素などであってもよい。

【0021】

絶縁層3は、例えば、 8 W/mK 以上の熱伝導率を有し、フィラーを含有することで、熱抵抗を低減できる。絶縁層3は、 17 kV/mm 以上の絶縁耐圧を有していてもよい。金属層2と絶縁層3とで構成された基板7を用いることで、セラミック板を用いる従来の場合と比較してコストを削減できる。また基板7は放熱の機能を有し、かつ半導体モジュールの支持基板としての役割を果たす。つまり従来の金属ベース基板の機能を兼ね備える。よって、本実施形態においては、従来用いていた金属ベース基板は不要となる。

50

【 0 0 2 2 】

(導 体 4 1 ~ 4 3)

図 2 A および図 2 B に示すように、導体 4 1 ~ 4 3 は、いずれも絶縁層 3 の上面 3 1 に接して設けられており、配線として用いられる。

【 0 0 2 3 】

図 1 に示すように、正極側導体 4 1 は、全長方向 D 1 に延びている。正極側導体 4 1 の一端には、正極端子 4 1 1 が接続されている。正極側導体 4 1 の幅方向 D 2 の寸法は、半導体パッケージ 6 の幅方向 D 2 の寸法と程同一である。正極側導体 4 1 上には、全長方向 D 1 に間隔を空けて 3 つの半導体パッケージ 6 が配置されている。

【 0 0 2 4 】

出力側導体 4 3 は、正極側導体 4 1 に対して幅方向 D 2 に間隔を空けて全長方向 D 1 に延びている。出力側導体 4 3 の一端には、2 つの出力端子 4 3 1 が接続されている。出力側導体 4 3 上には、全長方向 D 1 に間隔を空けて 3 つの半導体パッケージ 6 が配置されている。出力側導体 4 3 上の半導体パッケージ 6 は、正極側導体 4 1 上の半導体パッケージ 6 に対向している。

【 0 0 2 5 】

負極側導体 4 2 は、正極側導体 4 1 と出力側導体 4 3 との間に配置され、全長方向 D 1 に延びている。負極側導体 4 2 の一端には、負極端子 4 2 1 が接続されている。負極側導体 4 2 の幅方向 D 2 の寸法は、正極側導体 4 1 および出力側導体 4 3 の幅方向 D 2 の寸法よりも小さい。負極側導体 4 2 には、第 3 配線 8 が接続されている。

【 0 0 2 6 】

導体 4 1 ~ 4 3 は、例えば、主成分として金属を含有し、好ましくは、主成分として銅を含有する。よって導体 4 1 ~ 4 3 は、導電性を確保しつつ熱抵抗を低減できる。

【 0 0 2 7 】

(半 導 体 パ ッ ケ ー ジ 6)

(第 1 の 部 材 6 1)

正極側導体 4 1 上の半導体パッケージ 6 の第 1 の部材 6 1 と、出力側導体 4 3 上の半導体パッケージ 6 の第 1 の部材 6 1 とは、ともに基板 7 に平行な略矩形の板形状を有する。第 1 の部材 6 1 は、導電性および熱伝導性を有し、例えば、主成分として金属を含有し、好ましくは、主成分として銅を含有する。

【 0 0 2 8 】

図 2 A に示すように、正極側の第 1 の部材 6 1 は、半田層 5 を介して正極側導体 4 1 と電気的かつ機械的に接続されている。半田層 5 は、導電性および熱伝導性を有する。なお、正極側の第 1 の部材 6 1 は、金属を主成分とする材料を介して正極側導体 4 1 と電気的かつ機械的に接続されていてもよい。

【 0 0 2 9 】

図 2 B に示すように、出力側の第 1 の部材 6 1 は、半田層 5 を介して出力側導体 4 3 と電気的かつ機械的に接続されている。なお、出力側の第 1 の部材 6 1 は、金属を主成分とする材料を介して出力側導体 4 3 と電気的かつ機械的に接続されていてもよい。

【 0 0 3 0 】

(I G B T 6 3)

図 2 A および図 2 B に示すように、I G B T 6 3 は、半田層 5 を介して第 1 の部材 6 1 と電気的かつ機械的に接続されている。より具体的には、I G B T 6 3 の下面には図示しないコレクタ電極が設けられており、コレクタ電極は第 1 の部材 6 1 と接続されている。また、I G B T 6 3 の上面には、図示しないエミッタ電極およびゲート電極が設けられている。図 4 A に示すように、ボンディングワイヤ 6 7 の一端はゲート電極に接続され、他端は、リードフレーム 6 6 に接続されている。

【 0 0 3 1 】

(第 2 の 部 材 6 5)

図 2 A、図 2 B および図 3 に示すように、第 2 の部材 6 5 は、基板 7 に平行な略矩形の

10

20

30

40

50

板形状を有する。第２の部材６５は、導電性および熱伝導性を有し、主成分として金属を含有し、好ましくは、主成分として銅を含有する。

【００３２】

第２の部材６５は、ＩＧＢＴ６３上面に半田層５で電気的かつ機械的に接続されている。より具体的には、第２の部材６５は、ＩＧＢＴ６３のエミッタ電極と接続されている。

【００３３】

従って第２の部材６５は、ＩＧＢＴ６３で発生した熱を上方に逃がすことができる。

【００３４】

(ダイオード６９側の構成部)

図２Ａおよび図２Ｂに示すように、ダイオード６９は、半田層５で第１の部材６１と電気的かつ機械的に接続されている。ダイオード６９の下面には図示しないアノード電極が設けられており、ダイオード６９は、アノード電極において第１の部材６１と接続されている。

10

【００３５】

図２Ａ、図２Ｂおよび図３に示すように、第４の部材６１３は、基板７に平行な略矩形の板形状を有し、例えば、主成分として金属を含有し、好ましくは、主成分として銅を含有する。第４の部材６１３は、半田層５でダイオード６９と電気的かつ機械的に接続されている。より具体的には、ダイオード６９の上面には図示しないカソード電極が設けられており、カソード電極は第４の部材６１３と接続されている。

【００３６】

20

封止樹脂６８は、ＩＧＢＴ６３側の積層構造と、ダイオード６９側の積層構造とを封止する。第１の部材６１の少なくとも一部、例えば下面は封止樹脂６８から露出し、また、ＩＧＢＴ６３の上部に設けられた第２の部材６５の少なくとも一部、例えば上面は封止樹脂６８から露出している。これにより、半導体パッケージ６は、上面および下面において放熱できる。同様に、第４の部材６１３の少なくとも一部、例えば上面は封止樹脂６８から露出している。なお、封止樹脂６８は、トランスファーマールド成形で形成している。

【００３７】

図１に示すように、正極側導体４１上の半導体パッケージ６は、ＩＧＢＴ６３がダイオード６９よりも正極端子４１１側に位置するように金属層２上に配置されている。一方、出力側導体４３上の半導体パッケージ６は、ダイオード６９がＩＧＢＴ６３よりも負極端子４２１側に位置するように金属層２上に配置されている。すなわち、正極側導体４１上の半導体パッケージ６のＩＧＢＴ６３は、出力側導体４３上の半導体パッケージ６のダイオード６９に対向するように設けられている。

30

【００３８】

なお、半導体パッケージ６の具体的な態様は、図４Ａおよび図４Ｂに示した態様に限定されない。半導体パッケージ６は、ＩＧＢＴ６３以外の半導体チップを備えていてもよい。例えば、ＳｉＣチップやＧaNチップを備えていてもよい。また、半導体パッケージ６において、ダイオード６９を削除することもできる。

【００３９】

(第３配線８)

40

図１に示すように、第３配線８は、平面視において略Ｌ字形状であり、半導体パッケージ６の上面に露出した第２の部材６５と第４の部材６１３とに接続する第１の部分８１と、負極側導体４２に接続する第２の部分８２と、第１の部分８１と第２の部分８２とを接続する第３の部分８３を有する。なお、パッケージ６中にダイオード６９を設けない場合、第３配線８は、略Ｌ字形状でなくてもよい。

【００４０】

図２Ａおよび図２Ｂに示すように、第１の部分８１は、基板７に平行な板形状を有し、第４の部材６１３の上面から第２の部材６５の上面に亘るように全長方向Ｄ１に延びている。また、第２の部材６５上から導体４２の方向、すなわち幅方向Ｄ２の内方に延びてＬ字形状を有している。第１の部分８１は、半田層５を介して第２の部材６５および第４の

50

部材 6 1 3 と電気的かつ機械的に接続されている。より具体的には、第 1 の部分 8 1 は、第 2 の部材 6 5 の上面と第 4 の部材 6 1 3 の上面の全範囲に接続されており、幅方向 D 2 において第 2 の部材 6 5 および第 4 の部材 6 1 3 の幅より大きい幅を有する。なお、第 1 の部分 8 1 は、金属を主成分とする材料を介して第 2 の部材 6 5 および第 4 の部材 6 1 3 と電気的かつ機械的に接続されていてもよい。

【 0 0 4 1 】

第 3 の部分 8 3 は、第 1 の部分 8 1 の幅方向 D 2 の内端から幅方向 D 2 内方かつ下方に延びている。すなわち、第 3 の部分 8 3 は、第 1 の部分 8 1 に対して下方に傾斜している。

【 0 0 4 2 】

図 2 A に示すように、正極側導体 4 1 上の半導体パッケージ 6 に接続された第 3 の部分 8 3 (以下、正極側の第 3 の部分 8 3 ともいう)は、その下端部が出力側導体 4 3 の近傍に至る。

【 0 0 4 3 】

図 2 B に示すように、出力側導体 4 3 上の半導体パッケージ 6 に接続された第 3 の部分 8 3 (以下、出力側の第 3 の部分 8 3 ともいう)は、その下端部が負極側導体 4 2 の近傍に至る。

【 0 0 4 4 】

第 2 の部分 8 2 は、基板 7 に平行な板形状を有する。図 2 A に示すように、正極側の第 3 配線 8 の第 2 の部分 8 2 (以下、正極側の第 2 の部分 8 2 ともいう)は、正極側の第 3 の部分 8 3 の下端部に繋がっている。正極側の第 2 の部分 8 2 は、半田層 5 で出力側導体 4 3 と電気的かつ機械的に接続されている。より具体的には、正極側の第 2 の部分 8 2 は、その底面の全範囲において出力側導体 4 3 と接続されている。なお、正極側の第 2 の部分 8 2 は、金属を主成分とする材料を介して出力側導体 4 3 と電気的かつ機械的に接続されていてもよい。

【 0 0 4 5 】

図 2 B に示すように、出力側の第 3 配線 8 の第 2 の部分 8 2 (以下、出力側の第 2 の部分 8 2 ともいう)は、出力側の第 3 の部分 8 3 の下端部に繋がっている。出力側の第 2 の部分 8 2 は、半田層 5 で負極側導体 4 2 と電気的かつ機械的に接続されている。より具体的には、出力側の第 2 の部分 8 2 は、その底面の全範囲において負極側導体 4 2 と接続されている。なお、出力側の第 2 の部分 8 2 は、金属を主成分とする材料を介して負極側導体 4 2 と電気的かつ機械的に接続されていてもよい。

【 0 0 4 6 】

熱伝導性を有し、上面の全範囲にわたって第 2 の部材 6 5 と接続され、底面の全範囲において出力側導体 4 3 と接続されていることで、正極側の第 3 配線 8 は、第 2 の部材 6 5 に伝達された I G B T 6 3 の熱を、出力側導体 4 3 及び金属層 2 に効率的に逃がすことができる。

【 0 0 4 7 】

また、熱伝導性を有し、上面の全範囲にわたって第 2 の部材 6 5 と接続され、底面の全範囲において負極側導体 4 2 と接続されていることで、出力側の第 3 配線 8 は、第 2 の部材 6 5 に伝達された I G B T 6 3 の熱を、負極側導体 4 2 に効率的に逃がすことができる。

【 0 0 4 8 】

(等価回路)

図 5 は、第 1 の実施形態を示す半導体モジュール 1 の等価回路図である。図 5 に示すように、各半導体パッケージ 6 において、I G B T 6 3 とダイオード 6 9 とは逆並列に接続されている。正極端子 4 1 1 に接続される I G B T 6 3 同士は並列接続され、ダイオード 6 9 同士も並列接続されている。また負極端子 4 2 1 に接続される I G B T 6 3 同士は並列接続され、ダイオード 6 9 同士も並列接続されている。正極側導体 4 1 上の半導体パッケージ 6 の I G B T 6 3 およびダイオード 6 9 と、出力側導体 4 3 上の半導体パッケージ

10

20

30

40

50

6のIGBT63およびダイオード69とは、正極側の第3配線8を通じて直列接続されている。

【0049】

正極側導体41上の半導体パッケージ6は、例えば、インバータの上アームとして用いることができる。出力側導体43上の半導体パッケージ6は、例えば、インバータの下アームとして用いることができる。

【0050】

(半導体モジュール1の放熱)

以上のように構成された半導体モジュール1は、以下のようにしてIGBT63に発生した熱を放熱できる。

10

【0051】

半導体モジュール1をインバータとして動作させる場合、正極端子411および負極端子421を直流電源の正極および負極にそれぞれ接続する。また、出力端子431を、例えば、三相電動機のU端子、V端子、W端子に接続する。また、リードフレーム66を、ゲートへの入力信号を制御する制御装置に接続する。そして、直流電源で正極端子411と負極端子421との間に直流電力を印加し、ゲートへの入力信号でIGBT63をスイッチング制御することで、直流電力を三相交流電力に変換する。変換された三相交流電力は、出力端子431から三相電動機に出力する。

【0052】

このような半導体モジュール1の動作の過程において、IGBT63は、スイッチング

20

【0053】

図2Aに示すように、正極側導体41上の半導体パッケージ6のIGBT63の下方には、順に、半田層5、第1の部材61、半田層5、正極側導体41および絶縁層3を経由して金属層2に通じる放熱経路が形成されている。また、図2Bに示すように、出力側導体43上の半導体パッケージ6のIGBT63の下方には、順に、半田層5、第1の部材61、半田層5、出力側導体43および絶縁層3を経由して金属層2に通じる放熱経路が形成されている。したがって、IGBT63の下方の放熱経路を通じてIGBT63で発生した熱を下方に放熱できる。

【0054】

30

さらに、図2Aに示すように、正極側導体41上の半導体パッケージ6のIGBT63の上方には、順に、半田層5、第2の部材65、半田層5、第3配線8、半田層5、出力側導体43および絶縁層3を経由して金属層2に通じる放熱経路が形成されている。また、図2Bに示すように、出力側導体43上の半導体パッケージ6のIGBT63の上方には、順に、半田層5、第2の部材65、半田層5、第3配線8、半田層5、負極側導体42および絶縁層3を経由して金属層2に通じる放熱経路が形成されている。したがって、IGBT63の上方の放熱経路を通じてIGBT63で発生した熱を上方にも放熱できる。

【0055】

(実験例)

40

次に、第1の実施形態の実験例について説明する。図6Aは、第1の実施形態の半導体モジュール1を模擬したシミュレーション用の積層構造100(以下、第1の実施形態の積層構造ともいう)の断面図である。図6Bは、比較例の半導体モジュールを模擬したシミュレーション用の積層構造200(以下、比較例の積層構造ともいう)の断面図である。

【0056】

実験例では、シミュレーションの対象データとして、第1の実施形態の積層構造100と、比較例の積層構造200とを作成し、両積層構造100、200に対して、以下の条件で熱伝達シミュレーションを行った。

【0057】

50

図6Aに示すように、第1の実施形態の積層構造100は、下層から順に、ヒートシンク101と、シリコングリス102と、シリコングリス上に設けられ、Cuからなる金属層103及び樹脂からなる絶縁層104で構成された基板と、Cuからなる導体105と、半田層106と、Cuからなる部材107と、半田層108と、半導体チップ109と、半田層110と、Cuからなる部材111と、半田層112と、Cuからなる部材113とを備える。Cuからなる金属層103は、金属層2を模擬している。Cuからなる導体105は、導体41～43を模擬している。Cuからなる部材107は、第1の部材61を模擬している。半導体チップ109は、IGBT63を模擬している。Cuからなる部材プレート111は、第2の部材65を模擬している。Cuからなる部材113は、第3配線8を模擬している。

10

【0058】

図6Bに示すように、比較例の積層構造200は、下層から順に、ヒートシンク101と、シリコングリス102と、Cuベース基板103と、半田層201と、Cu層202と、アルミナ絶縁層203と、Cu配線105と、半田層204と、半導体チップ109とを備える。

【0059】

図7は、第1の実施形態の積層構造100の物性値と、比較例の積層構造200の物性値とを示す図である。積層構造100、200の各層は、図7に示すような構成材料、成分および物性値(密度、比熱、熱伝達率)を有する。

【0060】

シミュレーションでは、積層構造100、200の半導体チップ109が100Wの発熱量で発熱することを条件とした。また、シミュレーションでは、ヒートシンク101が400W/m²・Kの冷却能力で半導体チップ109を冷却することを条件とした。

【0061】

以上の条件の下でシミュレーションを行った結果、比較例の積層構造200に対して、第1の実施形態の積層構造100は、熱抵抗を約22%低減できることが確認された。第1の実施形態の積層構造100は、比較例の積層構造200と異なり、半導体チップ109の下層側への放熱経路だけでなく、半導体チップ109の上層側への放熱経路も有しているため、熱抵抗を改善できたと推測される。

【0062】

以上説明したように、第1の実施形態の半導体モジュール1によれば、IGBT63の上層に第2の部材65と第3配線8とを備えることで、IGBT63の下方への放熱経路だけでなく、IGBT63の上方への放熱経路も確保できる。これにより、放熱効率を向上できる。

【0063】

また、第1の実施形態の半導体モジュール1によれば、IGBT63と第1の部材61及び第2の部材65は、封止樹脂68によって安定的に封止されている。従ってIGBT63に対し線膨張係数の異なる第1の部材61および第2の部材65は熱変形を生じず、部材の熱変形に起因したIGBT63の破壊も抑制できる。また、従来構造においてセラミック基板の上面に設けられたCu配線105はエッチングで形成されるため、その厚みには上限がある。これに対し、本実施形態の第1の部材61および第2の部材65はプレス部品である。従って第1の部材61と第2の部材65の厚みを従来よりも厚くすることができる。これにより、IGBT63で発生した過渡熱を、第2および第2の部材61、65によって迅速に放熱できるので、放熱効率を更に向上できる。

40

【0064】

また、第1の実施形態の半導体モジュール1によれば、ボンディングワイヤよりも配線の幅が太い第3配線8を用いることで、インダクタンスを低減できる。

【0065】

また、第1の実施形態の半導体モジュール1によれば、IGBT63はダイオード69よりも第2の部分82の近くに設けられる。従ってIGBT63から第1の部分81乃至

50

第3の部分83を介して基板7へ向かう熱の伝達距離をダイオード69より短くしている。これにより、IGBT63からの熱に対する第3配線8の熱抵抗を抑え、放熱効率を向上できる。また、第3の部分83は、第2の部分82に向かって直進するように傾斜している。これにより、第3配線8中のIGBT63の熱の伝達距離を更に短くすることができ、放熱効率を更に向上できる。

【0066】

また、第1の実施形態の半導体モジュール1によれば、図1に示すように、正極側導体41上の半導体パッケージ6と出力側導体43上の半導体パッケージ6との間で、IGBT63とダイオード69との相対的な位置関係を互いに逆転させることができる。つまり、正極側導体41上の半導体パッケージのIGBT63と、出力側導体43上の半導体パッケージ6のダイオード69とが対向して設けられる。これにより、金属層2上のスペースにおいて、正極側の第3配線8を出力側の第3配線8に対して180度向きを変えて効率よく配置する事ができる。

【0067】

またIGBTのスイッチングテストを行う場合に、従来では半導体チップ109を実装したセラミック基板を、金属ベース基板に実装した状態で行う必要があった。これに対し第1の実施形態の半導体モジュール1は、半導体チップ109がパッケージとして封止されているために、半導体パッケージ6の単位でスイッチングテストを行うことができる。従って利便性を向上できる。また、信号端子であるリードフレーム66を半導体パッケージ6から直接取り出すことができるので、基板7の金属層2に信号端子を設けることを要しない。更に半導体パッケージ6はIGBT63を挟んで上下両面に設けられた第1の部材61と第2の部材65に、厚みが1mm以上のCuからなるプレス部品を用いている。このような厚みの大きい部材を有する半導体パッケージ6を半導体モジュール1に組み込むことができるため、IGBT63から効率的に放熱を行うことができる。つまり、半導体パッケージ6を組み込むことで半導体モジュール1は従来に比べ効率的に放熱を行うことが可能になる。

【0068】

(第2の実施形態)

次に、第2の実施形態について、第1の実施形態との相違点を中心に説明する。図8は、第2の実施形態を示す半導体モジュール1の断面図である。図8は、図4Aに対応する断面図であり、正極側導体41上の半導体パッケージ6およびその周辺の構成を示している。

【0069】

図8に示すように、第2の実施形態において、第2の部材65と第3配線8の第1の部分81とは、半田層を介さず超音波接合により直接接続されている。

【0070】

また、第3配線8の第2の部分82と出力側導体43とは、半田層を介さず超音波接合により直接接続されている。

【0071】

なお、図示はしないが、出力側導体43上の半導体パッケージ6において、第2の部材65と第1の部分81とを超音波接続で直接繋げ、第2の部分82と負極側導体42とを超音波接続で直接繋げてよい。また、正極側の第1の部材61は、半田層を介さず超音波接合により直接、正極側導体41と電気的かつ機械的に接続されていてもよい。また、出力側の第1の部材61も、半田層を介さず超音波接合により直接、出力側導体43と電気的かつ機械的に接続されていてもよい。

【0072】

第2の実施形態においても、第1の実施形態と同様の効果を有する。特に、半導体モジュール1の放熱効率を向上できる。

【0073】

(第3の実施形態)

次に、第3の実施形態について、第1の実施形態との相違点を中心に説明する。図9は、図1に示す第1の実施形態の半導体モジュール1のIX-IX'断面を示している。図10は、第3の実施形態の半導体モジュール10断面図である。図10は、図9に対応する断面図であり、半導体パッケージ6と導体141、142、143との構成を示している。なお、正極側導体141は、第4配線、負極側導体142は第5配線、出力側導体143は第6配線である。

【0074】

第1の実施形態は、図5で示したように例えばインバータとして動作し、インバータの上アームと下アームは異なるタイミングでオンとオフのスイッチングを行う。第1の実施形態の図1に示す構造において、IGBT63のオンからオフへのスイッチング直後に、サージ電圧が発生する。このサージ電圧が各素子の許容値を超えると素子が破壊される。サージ電圧 V は、インダクタンス L 、電流 i を用いて以下の式のように表せる。

【0075】

$$V = L \cdot di/dt \cdots (1)$$

【0076】

高速スイッチング化に伴いサージ電圧 V の値が大きくなる。サージ電圧を下げるために、インダクタンス L を低減することが重要であり、サージ電圧の発生に関係する電流経路が短いほどインダクタンスは低減する。このとき、サージ電圧の発生に関係する電流は、オンからオフへのスイッチング直後にIGBT63に暫く減少しながら流れる電流とダイオード69に流れる電流とを合わせて考えたときの電流である。

【0077】

第1の実施形態において、サージ電圧の発生に関係する電流経路は順に、正極端子411、正極側導体41、正極側導体41に搭載されている半導体パッケージ6、第3配線8、出力側導体43、出力側導体43に搭載されている半導体パッケージ6、第3配線8、負極側導体42、負極端子421である。

【0078】

これに対し、第3の実施形態では、第3配線8を用いずに半導体モジュールが構成される。これにより、サージ電圧の発生に関係する電流経路が短縮される。図10に示すように、半導体モジュール10には、金属層2上に絶縁層3を介して正極側導体141と負極側導体142が設けられている。正極側導体141と負極側導体142上にはそれぞれ半導体パッケージ6が設けられている。この一組の半導体パッケージ6上に、すなわち、半導体パッケージ6の正極側導体141および負極側導体142に接する面と反対側の面に、出力側導体143が設けられている。出力側導体143は、一組の半導体パッケージ6の上面全体を覆うように設けられている。正極側導体141上に設けられた半導体パッケージ6において、内部に設けられたIGBTのエミッタ電極は、出力側導体143に向かい合うよう設けられている。一方、負極側導体142上に設けられた半導体パッケージ6において、内部に設けられたIGBTのコレクタ電極は、出力側導体143に向かい合うよう設けられている。つまり、負極側導体142上の半導体パッケージ6は、正極側導体141上の半導体パッケージに対して上下反転して設置されている。以上より、半導体モジュール10は、第3の配線8を不要とする。

【0079】

半導体モジュール10においてサージ電圧の発生に関係する電流経路は順に、正極端子411、正極側導体141、正極側導体141に搭載されている半導体パッケージ6、出力側導体143、負極側導体142に搭載されている半導体パッケージ6、負極側導体142、負極端子421である。つまり、第1の実施形態の半導体モジュール1に対して、第3の実施形態の半導体モジュール10は、第3の配線8を経由する必要がなくなり、サージ電圧の発生に関係する電流経路を短くすることができる。よって、IGBT63の両面で放熱する構造を有しながら、インダクタンスの低減を図ることが出来る。

【0080】

シミュレーションの結果、第1実施形態に対して第3実施形態のインダクタンスは約2

10

20

30

40

50

0 % 低減することが確認された。

【 0 0 8 1 】

また、半導体モジュール 1 0 において、半導体パッケージ 6 は、I G B T に加え、ダイオードを有している。半導体パッケージ 6 を形成する場合、I G B T とダイオードを互いに上下反転させることなく設けることができる。また、このように形成された半導体パッケージ 6 を用いて半導体モジュール 1 0 を形成する場合、上述したとおり、一組の半導体パッケージ 6 のうち、一方を他方に対して上下反転させるのみでよく、組み立て性や信頼性が向上する。また、パッケージサイズも小さくできる。一方、半導体チップ単体を用いて半導体モジュールを形成する比較例の場合、すなわち、I G B T とダイオードの 2 つの半導体チップを他の I G B T とダイオードの 2 つの半導体チップに対して上下反転して設ける場合、計 4 個の半導体チップを半導体モジュール 1 0 に設けることになり、第 3 の実施形態に比べ組み立て性や信頼性が下がる。また半導体モジュールも大きくなってしま

10

【 0 0 8 2 】

半導体モジュール 1 0 は、金属層 2 上に絶縁層 3 を介して正極側導体 1 4 1 と負極側導体 1 4 2 を設けているが、代わりに出力側導体 1 4 3 を設けても良い。この場合、一組の半導体パッケージの上面に正極側導体 1 4 1 と負極側導体 1 4 2 がそれぞれ設けられる。また、上面に負極側導体 1 4 2 を有する半導体パッケージ 6 は、上面に正極側導体 1 4 1 を有する半導体パッケージ 6 に対して上下反転して設置される。この場合も同様に、サージ電圧の発生に関係する電流経路が短縮化される。

20

【 0 0 8 3 】

なお、第 1 から第 3 の実施形態において、半田層 5 の代わりに銀ナノペーストを採用してもよい。

【 0 0 8 4 】

本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれると同様に、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれるものである。

30

【 符号の説明 】

【 0 0 8 5 】

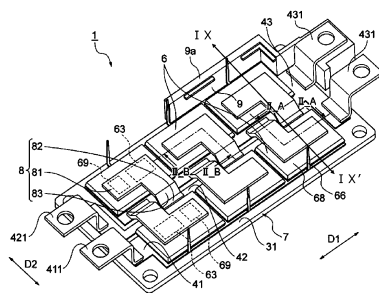
- 1 半導体モジュール
- 2 金属層
- 3 絶縁層
- 4 1 正極側導体
- 4 2 負極側導体
- 4 3 出力側導体
- 5 半田層
- 6 半導体パッケージ
- 6 1 第 1 の部材
- 6 3 I G B T
- 6 5 第 2 の部材
- 6 6 リードフレーム
- 6 8 封止樹脂
- 6 9 ダイオード
- 7 基板
- 8 第 3 配線
- 8 1 第 1 の部分
- 8 2 第 2 の部分

40

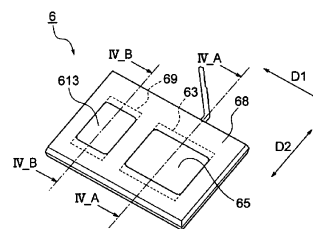
50

- 8 3 第 3 の 部 分
- 9 ケース
- 1 0 半 導 体 モ ジ ュ ー ル
- 1 4 1 正 極 側 導 体
- 1 4 2 負 極 側 導 体
- 1 4 3 出 力 側 導 体

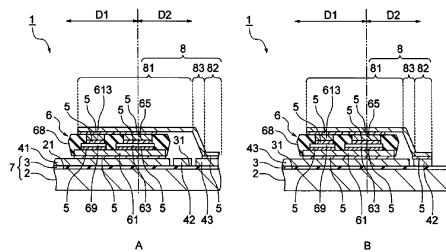
【 図 1 】



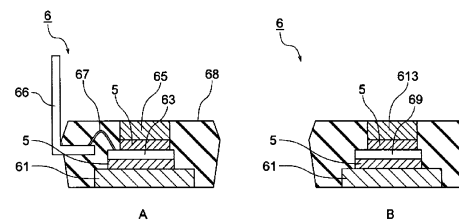
【 図 3 】



【 図 2 】



【 図 4 】



フロントページの続き

- (72)発明者 三宅 英太郎
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 高尾 健太郎
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 岡田 史朗
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

審査官 庄司 一隆

- (56)参考文献 特開2006-080153(JP,A)
特開2014-157927(JP,A)
特開2015-095560(JP,A)
特開2013-009501(JP,A)
特開2008-305902(JP,A)
特開2004-241734(JP,A)
特開2011-086889(JP,A)
特開2015-144188(JP,A)
米国特許出願公開第2011/0089558(US,A1)
米国特許出願公開第2015/0221580(US,A1)
米国特許出願公開第2010/0078783(US,A1)
韓国公開特許第10-2005-0084417(KR,A)
特開2011-253862(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|-------|
| H01L | 23/40 |
| H01L | 25/04 |
| H01L | 25/18 |