

(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 1

H01L 23/40 (2006.01)
H01L 25/04 (2014.01)
H01L 25/18 (2006.01)H01L 23/40
H01L 25/04A
Z

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

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】

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。 10

【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】

20

【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】

30

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

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

10

【図4】図4A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IV-A-IV-A断面図であり、図4Bは、図3のIV-B-IV-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6A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。

20

【図9】第1の実施形態の半導体モジュールを示す図1のIX-IX'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)

30

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2A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II-A-II-A断面図である。図2Bは、図1の模式的なII-B-II-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2Aおよび図2B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41～43と、導体41あるいは導体43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41は、第1配線の一例であり、この場合出力側導体43は第2配線である。あるいは出力側導体43を第1配線の一例とすると、負極側導体42は第2配線である。

40

【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4Aは、図3に示す半導体パッケージ6のIV-A-IV-A断面を示している。図4Aに示すように、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IGBT(Insulated gate bipolar transistor)63と、半田層5を介してIGBT63上に設けられた第2の部材65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61と第2の部材65はそれぞれ電極を構成する。なお、IGBT63は、第1の

50

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ニ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、アルミニナ、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、8W/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、17kV/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

【0022】

(導体41～43)

図2Aおよび図2Bに示すように、導体41～43は、いずれも絶縁層3の上面31に接して設けられており、配線として用いられる。

【0023】

図1に示すように、正極側導体41は、全長方向D1に延びている。正極側導体41の一端には、正極端子411が接続されている。正極側導体41の幅方向D2の寸法は、半導体パッケージ6の幅方向D2の寸法と程同一である。正極側導体41上には、全長方向D1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。

【0024】

出力側導体43は、正極側導体41に対して幅方向D2に間隔を空けて全長方向D1に延びている。出力側導体43の一端には、2つの出力端子431が接続されている。出力側導体43上には、全長方向D1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43上の半導体パッケージ6は、正極側導体41上の半導体パッケージ6に対向している。

【0025】

負極側導体42は、正極側導体41と出力側導体43との間に配置され、全長方向D1に延びている。負極側導体42の一端には、負極端子421が接続されている。負極側導体42の幅方向D2の寸法は、正極側導体41および出力側導体43の幅方向D2の寸法よりも小さい。負極側導体42には、第3配線8が接続されている。

10

20

【0026】

導体41～43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41～43は、導電性を確保しつつ熱抵抗を低減できる。

【0027】

(半導体パッケージ6)

(第1の部材61)

正極側導体41上の半導体パッケージ6の第1の部材61と、出力側導体43上の半導体パッケージ6の第1の部材61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61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。

30

【0028】

図2Aに示すように、正極側の第1の部材61は、半田層5を介して正極側導体41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61は、金属を主成分とする材料を介して正極側導体41と電気的かつ機械的に接続されていてもよい。

【0029】

図2Bに示すように、出力側の第1の部材61は、半田層5を介して出力側導体43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61は、金属を主成分とする材料を介して出力側導体43と電気的かつ機械的に接続されていてもよい。

【0030】

40

(IGBT63)

図2Aおよび図2Bに示すように、IGBT63は、半田層5を介して第1の部材61と電気的かつ機械的に接続されている。より具体的には、IGBT63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61と接続されている。また、IGBT63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4Aに示すように、ボンディングワイヤ67の一端はゲート電極に接続され、他端は、リードフレーム66に接続されている。

【0031】

(第2の部材65)

図2A、図2Bおよび図3に示すように、第2の部材65は、基板7に平行な略矩形の

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、例えば下面是封止樹脂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、トランスマルト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 IGBT 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 IGBT 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、IGBT 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 IGBT 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 IGBT 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 IGBT 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 I G B T 6 3 およびダイオード 6 9 とは、正極側の第 3 配線 8 を通じて直列接続されている。

【 0 0 4 9 】

正極側導体 4 1 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 4 3 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。

【 0 0 5 0 】

(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 I G B T 6 3 に発生した熱を放熱できる。

10

【 0 0 5 1 】

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 4 1 1 および負極端子 4 2 1 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 4 3 1 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 6 6 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 4 1 1 と負極端子 4 2 1 との間に直流電力を印加し、ゲートへの入力信号で I G B T 6 3 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 4 3 1 から三相電動機に出力する。

【 0 0 5 2 】

このような半導体モジュール 1 の動作の過程において、I G B T 6 3 は、スイッチング制御されることで発熱する。

20

【 0 0 5 3 】

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 の I G B T 6 3 の下方には、順に、半田層 5 、第 1 の部材 6 1 、半田層 5 、正極側導体 4 1 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 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 の I G B T 6 3 の下方には、順に、半田層 5 、第 1 の部材 6 1 、半田層 5 、出力側導体 4 3 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、I G B T 6 3 の下方の放熱経路を通じて I G B T 6 3 で発生した熱を下方に放熱できる。

【 0 0 5 4 】

30

さらに、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 の I G B T 6 3 の上方には、順に、半田層 5 、第 2 の部材 6 5 、半田層 5 、第 3 配線 8 、半田層 5 、出力側導体 4 3 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 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 の I G B T 6 3 の上方には、順に、半田層 5 、第 2 の部材 6 5 、半田層 5 、第 3 配線 8 、半田層 5 、負極側導体 4 2 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、I G B T 6 3 の上方の放熱経路を通じて I G B T 6 3 で発生した熱を上方にも放熱できる。

【 0 0 5 5 】

(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 6 A 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 1 0 0 (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 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 2 0 0 (以下、比較例の積層構造ともいう) の断面図である。

【 0 0 5 6 】

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 1 0 0 と、比較例の積層構造 2 0 0 とを作成し、両積層構造 1 0 0 、 2 0 0 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。

【 0 0 5 7 】

50

図 6 A 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、IGBT 63 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 6 B 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。

20

【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。

30

【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、IGBT 63 の上層に第 2 の部材 65 と第 3 配線 8 とを備えることで、IGBT 63 の下方への放熱経路だけでなく、IGBT 63 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、IGBT 63 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 IGBT 63 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 IGBT 63 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、IGBT 63 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、IGBT 63 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 IGBT 63 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もよい。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)

10

20

30

40

50

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】

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

【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。

【0081】

また、半導体モジュール10において、半導体パッケージ6は、IGBT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、IGBT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10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、IGBTとダイオードの2つの半導体チップを他のIGBT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10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う。
10

【0082】

半導体モジュール10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を設けているが、代わりに出力側導体143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141と負極側導体142がそれぞれ設けられる。また、上面に負極側導体142を有する半導体パッケージ6は、上面に正極側導体141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關係する電流経路が短縮化される。
20

【0083】

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

【0084】

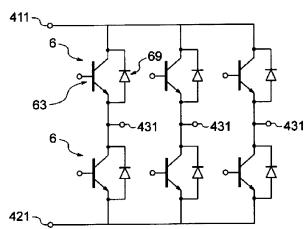
本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれると同様に、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれるものである。
30

【符号の説明】

【0085】

- 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 IGBT
 - 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

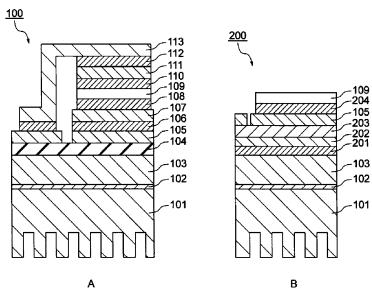
【図5】



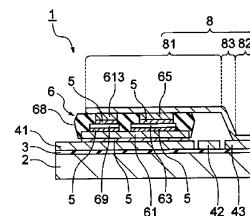
【図7】

| 部品名称 | 構成材料 | 成分 | 密度(g/cm ³) | 比熱(J/gK) | 熱伝導率(W/mK) |
|-----------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------------|----------|------------|
| 半導体チップ | Si | Si | 2.32 | 0.73 | 148 |
| アルミナ絶縁層 | Al ₂ O ₃ | Al ₂ O ₃ | 3.7 | 0.8 | 25 |
| Cuからなる部材/導体/金属層 | Cu | Cu | 8.96 | 0.38 | 390 |
| 半田層 | Sn系 | | | 7.4 | 0.22 |
| シリコングリス | シリコンオイル | | | 2.3 | 0.8 |
| 樹脂絶縁層 | | | | 2.7 | 0.96 |
| ヒートシンク | Al | Al | | 2.7 | 0.92 |

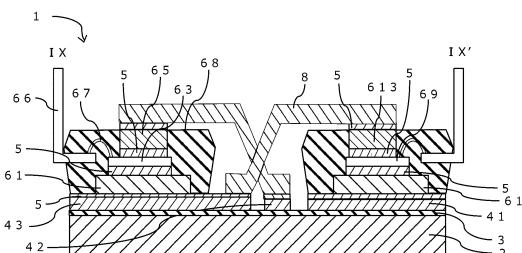
【図6】



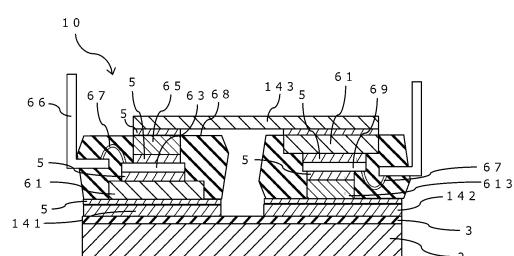
【図8】



【図9】



【図10】



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