

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6500565号
(P6500565)

(45) 発行日 平成31年4月17日(2019.4.17)

(24) 登録日 平成31年3月29日(2019.3.29)

(51) Int.Cl.	F I	
HO 1 L 23/13 (2006.01)	HO 1 L 23/12	C
HO 1 L 25/04 (2014.01)	HO 1 L 25/04	Z
HO 1 L 25/18 (2006.01)	HO 1 L 23/12	J
HO 1 L 23/12 (2006.01)	HO 1 L 23/36	C
HO 1 L 23/36 (2006.01)	HO 1 L 25/04	C

請求項の数 8 (全 16 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2015-75002 (P2015-75002)
 (22) 出願日 平成27年4月1日(2015.4.1)
 (65) 公開番号 特開2016-195206 (P2016-195206A)
 (43) 公開日 平成28年11月17日(2016.11.17)
 審査請求日 平成30年2月14日(2018.2.14)

(73) 特許権者 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 110000877
 龍華国際特許業務法人
 (72) 発明者 福田 恭平
 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
 審査官 平林 雅行

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】

絶縁板と、前記絶縁板の第1の面に設けられた回路板と、前記第1の面とは反対側にある第2の面に設けられた金属板とを有する、積層基板と、

前記積層基板に対向して設けられ、金属層を有する配線基板とを備え、

前記絶縁板は、前記回路板の外周側端部よりも外周側に延出して設けられ、

前記金属層は、前記回路板の前記外周側端部と重なる領域を有し、且つ、前記回路板の前記外周側端部よりも外周側に延出して設けられ、

前記配線基板は、前記金属層から前記積層基板の方向に突出する少なくとも1つの金属突起をさらに備え、

前記金属突起は、少なくとも一部が前記回路板の外周側端部よりも外周側に位置している

半導体モジュール。

【請求項2】

前記金属層は、前記回路板の前記外周側端部よりも外周側に延出する長さが2mm以下である

請求項1に記載の半導体モジュール。

【請求項3】

前記金属突起は、前記回路板の端部と重なる領域を有する

請求項 1 または 2 に記載の半導体モジュール。

【請求項 4】

互いに分離された複数の前記回路板を有し、
前記金属突起は、少なくとも一部が前記回路板の内周側端部よりも内周側に位置している

請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の半導体モジュール。

【請求項 5】

印加される電圧がそれぞれ異なる、互いに分離された複数の前記回路板を有し、
複数の前記回路板のうち、より高い電圧が印加される前記回路板に対向して配置された
前記金属層に、前記金属突起が設けられている

10

請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の半導体モジュール。

【請求項 6】

印加される電圧がそれぞれ異なる、互いに分離された複数の前記回路板を有し、
前記金属板には、複数の前記回路板のそれぞれの内周側端部と対向する領域に開口が形
成されている

請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の半導体モジュール。

【請求項 7】

前記金属板は、複数の前記回路板に対応して、複数配置されている

請求項 6 に記載の半導体モジュール。

【請求項 8】

20

前記絶縁板は、分離または開口されず連続して設けられた平板状である

請求項 6 または 7 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】

本発明は、半導体モジュールに関する。

【0002】

高電圧を印加する半導体モジュールの内部において、積層基板上に半導体素子が載置される。積層基板は、セラミックスなどで構成される絶縁板と、絶縁板のおもて面に設けられる回路板と、絶縁板の裏面に設けられる金属板とを有する。回路板上には、半導体素子が載置される。半導体素子に高電圧が印加されることに伴い、回路板にも高電圧が印加される。特に、回路板の端部は、回路板の他の部分と比較して高い電界強度がかかる。従来、回路板の端部における電界強度を緩和するために、セラミックス層の端部と回路板の端部との間隔を、セラミックス層の端部と金属板の端部との間隔よりも小さくしていた（例えば、特許文献 1 参照）。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【特許文献 1】 特開 2002 - 270730 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

40

【0003】

本願では、高電圧を印加する半導体モジュールにおいて、新規な構成を採用することにより、半導体素子が載置される回路板における電界強度を従来よりも緩和する。

【課題を解決するための手段】

【0004】

本発明の第 1 の態様においては、絶縁板と、絶縁板の第 1 の面に設けられた回路板と、第 1 の面とは反対側にある第 2 の面に設けられた金属板とを有する、積層基板と、積層基板に対向して設けられ、金属層を有する配線基板とを備え、絶縁板は、回路板の外周側端部よりも外周側に延出して設けられ、金属層は、回路板の外周側端部と重なる領域を有し、且つ、回路板の外周側端部よりも外周側に延出して設けられる半導体モジュールを提供

50

する。

【図面の簡単な説明】

【0005】

【図1】第1の実施例における半導体モジュール100の断面模式図を示す図である。

【図2】図2(a)～(c)は、第1の実施例において電界強度を緩和する原理を説明するための図である。

【図3】第2の実施例における半導体モジュール110の断面模式図を示す図である。

【図4】図4(a)および(b)は、第2の実施例において電界強度を緩和する原理を説明するための図である。

【図5】第3の実施例における半導体モジュール120の断面模式図を示す図である。

【図6】積層基板10、積層基板12および積層基板13の上面図である。

【図7】図7(a)および(b)は、半導体モジュール130の通電状態およびオフ状態を示す図である。

【図8】図8(a)および(b)は、半導体モジュール130の通電状態を示す拡大図である。

【図9】金属層54の外周側端部における延出する長さとの関係を示す図である。

【図10】外周側端部の延出する長さとの角部の電界強度の比率とを示すグラフである。

【図11】図11(a)～(c)は、金属突起60の突出長さとの外周側端部における電位分布との関係を示す図である。

【図12】金属突起60の突出長さとの外周側端部における角部の電界強度の比率とを示すグラフである。

【図13】図13(a)～(c)は、金属突起60の突出長さとの内周側端部における電位分布との関係を示す図である。

【図14】金属突起60の突出長さとの内周側端部における角部の電界強度の比率とを示すグラフである。

【図15】図15(a)～(c)は、金属板18を分割しない場合と金属板18を分割する場合における角部の電界強度の比率を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0006】

以下、発明の実施の形態を通じて本発明を説明するが、以下の実施形態は特許請求の範囲にかかる発明を限定するものではない。また、実施形態の中で説明されている特徴の組み合わせの全てが発明の解決手段に必須であるとは限らない。

【0007】

図1は、第1の実施例における半導体モジュール100の断面模式図を示す図である。本例の半導体モジュール100は、積層基板10と、積層基板13と、積層基板10および積層基板13に対向して設けられた配線基板50とを備える。半導体モジュール100は、積層基板10および積層基板13ならびに配線基板50を封止する樹脂90を有する。樹脂90は、例えば、エポキシ系樹脂である。

【0008】

積層基板10は、絶縁板14と、回路板16と、金属板18とを有する。絶縁板14は平板状であり、主面である第1の面20と、第1の面20とは反対側にある第2の面22を有する。絶縁板14の第1の面20に回路板16が設けられており、第2の面22に金属板18が設けられている。回路板16および金属板18は、例えば、銅(Cu)やアルミニウム(Al)などで構成されている。

【0009】

絶縁板14は、例えば、窒化ケイ素(SiN_x)、窒化アルミニウム(AlN_x)または酸化アルミニウム(Al_2O_3)の焼結体である。絶縁板14の外周側端部24は、回路板16の外周側端部26よりも外周側に延出して設けられる。なお、本明細書において「外周側端部」とは、各構成部材において、半導体モジュール100の外周側に位置する

10

20

30

40

50

端部のことである。

【0010】

本例において、積層基板10と積層基板13とは、それぞれ個別の絶縁板14を有する。つまり、積層基板10の絶縁板14と積層基板13の絶縁板14とは分離されている。なお、積層基板10および積層基板13の絶縁板14は、別個としなくともよい。つまり、積層基板10および積層基板13の絶縁板14は、共通の絶縁板14としてもよい。この場合、積層基板10と積層基板13との境界に開口を設けてもよい。

【0011】

回路板16は、回路パターンを有する金属層である。回路板16の回路パターンは、複数の外部端子40と、複数の導電性接着層32と、複数の導電ポスト34とを電氣的に接続する。

10

【0012】

金属板18は、矩形形状のおもて面および裏面を有する。金属板18のおもて面は絶縁板14の第2の面22に接する。金属板18の裏面は、樹脂90に覆われず、半導体モジュール100の外部に露出している。金属板18は、半導体素子30から発生した熱を、半導体モジュール100の外部に放出する機能を有している。

【0013】

回路板16には、複数の導電性接着層32を介して複数の半導体素子30が載置される。複数の半導体素子30は、スイッチング機能を有する第1の半導体素子30₁と、整流機能を有する第2の半導体素子30₂を含む。

20

【0014】

第1の半導体素子30₁は、例えば、IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)またはパワーMOSFET(Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor)である。また、IGBTおよびパワーMOSFETは、シリコン(Si)や炭化ケイ素(SiC)、窒化ガリウム(GaN)などの基板に形成されている。第1の半導体素子30₁は、例えば、SiCに形成されたパワーMOSFETである。

【0015】

第2の半導体素子30₂はダイオードであり、例えば、PNダイオードやショットキーバリアダイオード(Schottky Barrier Diode: SBD)である。

30

【0016】

積層基板10には複数の半導体素子30が載置される。複数の半導体素子30の裏面にある一の電極(例えばドレイン電極やカソード電極)は、回路板16を介して、外部端子40-1に電氣的に接続される。また、複数の半導体素子30のおもて面にある他の電極(例えばソース電極やゲート電極、アノード電極)は、複数の導電ポスト34を介して、配線基板50に電氣的に接続される。

【0017】

積層基板13には、半導体素子30が載置されない。積層基板13の回路板16は、半導体モジュール100内部の配線の機能を有している。本例では、積層基板13の回路板16は、例えば、ソース配線の機能を有する。積層基板13の回路板16は、複数の導電ポスト34を介して金属層54に電氣的に接続される。また、積層基板13の回路板16は、外部端子40-2に電氣的に接続される。

40

【0018】

外部端子40は、樹脂90から外部に導出されている。外部端子40は、配線基板50に設けられた孔を貫通する。外部端子40は、配線基板50には電氣的に接続しない。つまり、外部端子40は、配線基板50における金属層54にも金属層58にも電氣的に接続しない。

【0019】

半導体モジュール100の通電状態(オン状態)において、積層基板10の回路板16

50

に接続する外部端子40-1は、半導体モジュール100のドレイン端子として機能する。これに対して、積層基板13の回路板16に接続する外部端子40-2は、半導体モジュール100のソース端子として機能する。すなわち、半導体モジュール100の動作時において、外部端子40-1は、外部端子40-2よりも高い電圧が印加される。

【0020】

半導体モジュール100の通電状態(オン状態)において、複数の外部端子40の間に電流が流れる。例えば、外部端子40-1、積層基板10の回路板16、導電性接着層32、半導体素子30、積層基板10の側の導電ポスト34、配線基板50の金属層54、積層基板13の側の導電ポスト34、積層基板13の回路板16、および外部端子40-2の順に電流が流れる。なお、通電時においても、金属板18は常に低電位となる。本例の金属板18は、接地電位(0V)である。

10

【0021】

配線基板50は、例えば、プリント基板である。本例の配線基板50は、基部52と、金属層54と、金属層58とを有する。複数の積層基板10および13に対向する基部52の面に、金属層54が設けられている。また、金属層54が設けられた基部52の面とは反対側の面に、金属層58が設けられている。配線基板50は、外部端子40を貫通させるための複数の孔を有する。金属層54および金属層58は、外部端子40を通すための複数の孔を有してもよいし、当該複数の孔を塞ぐ位置には設けないようにしてもよい。

【0022】

基部52は絶縁体である。金属層54および金属層58は、回路パターンを有する金属層である。金属層54は、半導体モジュール100内部のソース配線の機能を有し、積層基板13の回路板16に、導電ポスト34を経由して接続される。金属層58は、半導体モジュール100内部のゲート配線の機能を有し、図示しないゲート用の外部端子40に接続される。また、金属層54は、第1の半導体素子30-1のおもて面のソース電極、及び第2の半導体素子30-2のおもて面のアノード電極に、導電ポスト34を経由して接続されている。さらに、金属層58は第1の半導体素子30-1のおもて面のゲート電極に、導電ポスト34を経由して接続されている。

20

【0023】

図1に示すように、本例では、金属層54は、回路板16の外周側端部26と重なる領域を有し、且つ、回路板16の外周側端部26よりも外周側に延出して設けられている。

30

【0024】

本例における回路板16および金属層54の構成により、絶縁板14の外周側端部24と回路板16の外周側端部26との間の等電位線の間隔は、従来よりも疎になる。これにより、回路板16の外周側端部26における電界強度を緩和することができる。

【0025】

また、本例において、積層基板10と積層基板13とは、それぞれ別個の金属板18を有する。これにより、絶縁板14の内周側端部25と回路板16の内周側端部27との間の等電位線の間隔は、積層基板10の金属板18と積層基板13の金属板18とを共通にする場合よりも疎になる。したがって、回路板16の内周側端部27における電界強度を緩和することができる。

40

【0026】

図2(a)~(c)は、第1の実施例において電界強度を緩和する原理を説明するための図である。図2(a)~(c)は、図1の積層基板10における回路板16の外周側端部26を拡大した部分拡大図である。なお、図2(a)~(c)の等電位線は、等電位線のおよその傾向を示す線である。

【0027】

図2(a)は、第1の実施例において配線基板50を設けない場合の等電位線を示す図である。図2(b)は、第1の実施例において配線基板50を設け、配線基板50の金属層54の外周側端部56の位置と、回路板16の外周側端部26の位置とを一致させた場合の等電位線を示す図である。図2(c)は、第1の実施例の等電位線を示す図である。

50

【 0 0 2 8 】

半導体モジュール 1 0 0 の通電状態（オン状態）および非通電状態（オフ状態）の両方において、積層基板 1 0 の回路板 1 6 には高電圧がかかる。本例では、回路板 1 6 には、約 3 . 3 k V が印加されるものとする。なお、k は 1 0 の 3 乗を意味する。これに対して、金属板 1 8 は接地されるので、金属板 1 8 の電位は 0 V である。なお、回路板 1 6 は、金属層全体において等しい電位を有する。同様に、金属板 1 8 も、金属層全体において等しい電位を有する。

【 0 0 2 9 】

絶縁板 1 4 の内部において、電位は、第 1 の面 2 0 における約 3 . 3 k V から第 2 の面 2 2 における 0 V まで、連続的に変化する。本例では、3 . 3 k V から 0 V までを 5 5 0 V 間隔で区切った 5 本の等電位線を模式的に示す。

10

【 0 0 3 0 】

図 2 (a) に示す様に、配線基板 5 0 を設けない場合には、等電位線は回路板 1 6 の外周側端部 2 6 を囲むように位置する。回路板 1 6 の外周側端部 2 6 と絶縁板 1 4 の外周側端部 2 4 との間から、外部へと伸びる等電位線は、外周側端部 2 6 と略平行に鋭く立ち上がる。鋭く立ち上がった等電位線は、回路板 1 6 のおもて面側に回り込む。

【 0 0 3 1 】

隣接する等電位線の間隔が狭いほど電界強度は高い。図 2 (a) に示す様に、回路板 1 6 の外周側端部 2 6 における下側の角部 3 6 では、等電位線が最も密になる。それゆえ、回路板 1 6 の角部 3 6 では、局所的に電界強度が高くなる。

20

【 0 0 3 2 】

回路板 1 6 の角部 3 6 の電界強度が高くなると、角部 3 6 から部分放電が発生し得る。そして、角部 3 6 からの部分放電により、角部 3 6 と接する絶縁板 1 4 が劣化すると、絶縁板 1 4 が絶縁破壊する可能性が有る。この場合、半導体モジュール 1 0 0 は予め設計された通りには機能しなくなる。それゆえ、絶縁板 1 4 の絶縁性を担保することは重要である。絶縁板 1 4 の絶縁性を担保するべく、回路板 1 6 の角部 3 6 における電界強度を緩和することが重要となる。

【 0 0 3 3 】

また、図 2 (b) において、角部 3 6 における電界強度は、回路板 1 6 のおもて面側への等電位線の回り込みが抑制された分、図 2 (a) の場合よりは緩和される。しかしながら、図 2 (a) と同様、等電位線は外周側端部 2 6 と略平行に立ち上がっているため、角部 3 6 での電界強度の集中は完全には緩和されない。

30

【 0 0 3 4 】

一方、図 2 (c) に示す様に、金属層 5 4 の外周側端部 5 6 を、回路板 1 6 の外周側端部 2 6 よりも外周側に延出させた場合、等電位線は金属層 5 4 を避けて外周側に追い出される。これにより、回路板 1 6 の角部 3 6 における電界強度は、図 2 (b) の場合よりもさらに緩和され、角部 3 6 からの部分放電を防止することができる。なお、回路板 1 6 の内周側端部 2 7 における角部においても、同様に電界強度が緩和される。なお、本明細書において「内周側端部」とは、積層基板 1 0 や積層基板 1 3 において、半導体モジュール 1 0 0 の内周側に位置する端部のことである。

40

【 0 0 3 5 】

図 3 は、第 2 の実施例における半導体モジュール 1 1 0 の断面模式図を示す図である。本例の半導体モジュール 1 1 0 は、配線基板 5 0 に少なくとも 1 つの金属突起 6 0 を有する。係る点が、第 1 の実施例と異なる。他の点は、第 1 の実施例と同じである。

【 0 0 3 6 】

金属突起 6 0 は、金属層 5 4 から積層基板 1 0 の方向に突出して設けられる。そして、金属突起 6 0 は、少なくとも一部が回路板 1 6 の外周側端部 2 6 よりも外周側に位置している。配線基板 5 0 は、複数の金属突起 6 0 を備えていてもよい。

【 0 0 3 7 】

金属突起 6 0 は、回路板 1 6 の外周側端部 2 6 と重なる領域を有してもよい。また、絶

50

縁板 14 の平面と垂直な方向から見て、金属突起 60 の外周側端部 66 の位置と、絶縁板 14 の外周側端部 24 の位置とを一致させてもよい。これらの様子を図中点線で示す。例えば、金属層 54 の最外周を折り曲げることにより、金属層 54 と金属突起 60 と一体で形成することができる。

【0038】

なお、図 3 に示すように、追加の金属突起 60 が、回路板 16 の内周側端部 27 よりも、内周側に設けられていてもよい。言い換えると、追加の金属突起 60 は、当該回路板 16 から見て外周側に設けられていてもよい。これにより、回路板 16 の内周側端部 27 における角部の電界強度が緩和される。

【0039】

本例の半導体モジュール 110 において、積層基板 10 の回路板 16 と積層基板 13 の回路板 16 は、動作時に印加される電圧がそれぞれ異なる、互いに分離された複数の回路板である。具体的には、積層基板 10 の回路板 16 に印加される電圧は、積層基板 13 の回路板 16 に印加される電圧よりも高い。この場合、高電圧側の積層基板 10 の回路板 16 に対向する位置に配置された金属層 54 にのみ、金属突起 60 を設けてもよい。これにより、高電圧側の回路板 16 の角部の電界強度を緩和しつつ、金属突起 60 の加工負担を減らすことができる。

【0040】

図 4 (a) および (b) は、第 2 の実施例において電界強度を緩和する原理を説明するための図である。図 4 (a) および (b) は、図 3 における積層基板 10 の回路板 16 の外周側端部 26 を拡大した部分拡大図である。

【0041】

図 4 (a) は、金属突起 60 を設けない第 1 の実施例における、回路板 16 の外周側端部 26 付近の等電位線を示す図である。図 4 (b) は、第 2 の実施例における、回路板 16 の外周側端部 26 付近の等電位線を示す図である。図 4 (b) に示すように、図 4 (a) と比較して、金属突起 60 は等電位線をより外周側に追い出すことができる。これにより、外周側端部 26 における角部 36 の電界強度がさらに緩和される。なお、回路板 16 の内周側端部 27 における角部においても、同様に電界強度が緩和される。

【0042】

図 5 は、第 3 の実施例における半導体モジュール 120 の断面模式図を示す図である。本例の半導体モジュール 120 は、分離または開口されず連続して設けられた平板状の絶縁板 14 を有する。係る点で、第 2 の実施例と異なる。他の点は、第 2 の実施例と同じである。

【0043】

本例において、積層基板 10 は、動作時に印加される電圧がそれぞれ異なる、互いに分離された複数の回路板 16₁ および 16₂ を有する。また、積層基板 10 は、複数の回路板 16 に対応した複数の金属板 18₁ および 18₂ を有する。言い換えると、金属板 18 には、複数の回路板 16 のそれぞれの内周側端部 27 と対向する領域に、開口 19 が形成されている。

【0044】

当該構成においても、第 1 の実施例および第 2 の実施例と同様の効果を有する。つまり、回路板 16 の外周側端部 26 における電界強度を緩和することができる。また、回路板 16 の内周側端部 27 における電界強度を緩和することもできる。

【0045】

図 6 は、積層基板 10、積層基板 12 および積層基板 13 の上面図である。積層基板 10 および 13 は、第 1 から第 3 の実施例における積層基板 10 および 13 に対応する。本例では、積層基板 12 を追加した。積層基板 12 には、半導体素子 30 が載置されない。本例では、積層基板 12 の回路板 16 は、ゲート配線および補助ソース配線の機能を有する。

【0046】

10

20

30

40

50

図6における同一の記号は同じ端子、電極または素子等を意味する。それゆえ、図6の全ての記号に符号を付してはいない。

【0047】

積層基板10に設けられる半導体素子30は、スイッチング機能を有する第1の半導体素子30₁と、整流機能を有する第2の半導体素子30₂である。

【0048】

外部端子40は、二重丸で示す。また、導電ポスト34は、外部端子40よりも小さな丸で示す。導電ポスト34は、第1の半導体素子30₁および第2の半導体素子30₂上にも設けられる。

【0049】

図7(a)および(b)は、電位分布のシミュレーションを行うべくモデル化された半導体モジュール130を示す図である。図7(a)および(b)以降では、積層基板10、12および13の回路板16の端部における電位分布を示す。なお、半導体素子30、導電ポスト34、外部端子40、ならびに、配線基板50の基部52および金属層58等は、シミュレーションにおいて用いていない。それゆえ、これらの部材の影響はシミュレーションにおいて考慮されていない。なお、金属突起60は図11(a)~図(c)から図14までのシミュレーションにおいて用いられる。

【0050】

積層基板12を追加したことに伴い、積層基板10の回路板16の端部のうち積層基板12の側の端部を第1の端部28とし、積層基板10の回路板16端部のうち積層基板13の側の端部を第2の端部29とした。

【0051】

図7(a)は、半導体モジュール130の通電状態(オン状態)を示す。本例では、積層基板13の回路板16はソース配線である。積層基板10の回路板16はドレイン配線である。また、積層基板12の回路板16は補助ソース配線であり、積層基板12上のゲート配線については図示および説明を省略する。オン状態では、積層基板13のソース配線および積層基板12の補助ソース配線は共に、3300Vの電圧が印加されている。また、ソース配線として機能する配線基板50の金属層54も、3300Vの電圧が印加されている。積層基板10のドレイン配線は3303Vであるとする。なお、金属板18は接地されているので0Vである。

【0052】

これに対して、図7(b)は、半導体モジュール130の非通電状態(オフ状態)を示す。本例では、オフ状態において、積層基板13のソース配線および積層基板12の補助ソース配線は共に、3Vの電圧が印加されている。また、配線基板50の金属層54も、3Vの電圧が印加されている。一方、積層基板10のドレイン配線は、オン状態と同様に3303Vであるとする。なお、金属板18はオフ状態においても0Vである。

【0053】

シミュレーションにおいて、回路板16および金属板18は、どちらも厚さ1mmの銅板とした。また、配線基板50の金属層54は、厚さ0.2mmの銅箔とした。各積層基板の絶縁板14は、厚さ0.635mmの窒化アルミニウムとした。樹脂90は、エポキシ樹脂とした。また、樹脂90は、各構成物を0.8mmの厚みで覆うとした。

【0054】

積層基板10の絶縁板14と積層基板12の絶縁板14とは、3mm離間しているとした。同様に、積層基板10の絶縁板14と積層基板13の絶縁板14とは、3mm離間しているとした。また、各絶縁板14の端部は、回路板16の端部よりも1mm突出し、金属板18の端部よりも1mm突出するとした。また、各積層基板の回路板16と、配線基板50の金属層54との間隔は、1.55mmとした。

【0055】

図8(a)および図8(b)は、オン状態での電位分布を示す図である。図8(a)は、図7(a)の積層基板13の外周側端部26付近を示す拡大図である。図8(b)は、

10

20

30

40

50

図7(a)の積層基板13と積層基板10との間を示す拡大図である。なお、絶縁板14中の等電位線は、図8(a)と図8(b)の間でつながっている。なお、図8(a)および図8(b)において積層基板12は図示されていない。

【0056】

なお、図8(b)においては、金属層54は、回路板16の外周側端部26と重なる領域を有する。しかし、金属層54は、回路板16の外周側端部26よりも外周側に延出していない。

【0057】

図9(a)~(d)は、絶縁板14の第1の面20と垂直な方向から見て、金属層54の外周側端部56が外周側に延出する長さ、電位分布との関係を示す図である。図9(a)~(d)は、オン状態における積層基板13の端部付近の拡大図である。金属層54の外周側端部56が、回路板16の外周側端部26よりも外周側に延出する長さを変化させた。延出する長さは、図9(a)では0mm、図9(b)では1mm、図9(c)では2mm、図9(d)では2.3mmとした。なお、図9(a)は図8(b)に対応する。

10

【0058】

図9(a)~図9(d)から明らかなように、金属層54の外周側端部56が、回路板16の外周側端部26よりも外周側に延出するほど、より外周側に等電位線は追い出される。これにより、回路板16の外周側端部26の角部36の電界強度は緩和される。

【0059】

図10は、金属層54の外周側端部56の延出する長さ、角部36の電界強度の比率との関係を示すグラフである。図10は、図9(a)~図9(d)の結果を定量的に示したグラフである。延出する長さ0mmは、図9(a)に対応する。電界強度は、延出する長さが0mmである場合を100%としている。

20

【0060】

延出する長さが1mmである場合、角部36の電界強度は、延出する長さが0mmである場合の94.25%となった。延出する長さが2mmである場合、角部36の電界強度は、延出する長さが0mmである場合の86.21%となった。延出する長さが2.3mmである場合、角部36の電界強度は、延出する長さが0mmである場合の85.06%となった。この結果から、金属層54の外周側端部56を、回路板16の外周側端部26よりも外周側に延出して設けることにより、角部36-1での電界強度が緩和されることが明らかとなった。また、金属層54の延出する長さを2mm以上にすると、積層基板13よりも配線基板50がかなり大きくなる。そのため、半導体モジュール100自体の大きさへの、配線基板50の影響が無視できなくなる。そこで、金属層54の延出する長さは2mm以下にすると、半導体モジュール100を必要以上に大きくしなくても良いため、特に良い。

30

【0061】

図11(a)~図11(c)は、金属突起60の突出長さと外周側端部26における電位分布との関係を示す図である。図11(a)~図11(c)は、オン状態における積層基板13の端部付近の拡大図である。金属層54は回路板16の外周側端部26よりも外周側に2mm延出している。図11(a)は、金属突起60を設けない場合である。図11(b)は、金属突起60を積層基板13の方向に0.5mm突出させた場合である。図11(c)は、金属突起60を積層基板13の方向に0.7mm突出させた場合である。なお、図11(a)は、図9(c)に対応する。

40

【0062】

図12は、金属突起60の突出長さと外周側端部26における角部36の電界強度の比率とを示すグラフである。図12は、図11(a)~(c)の結果を定量的に示したグラフである。金属突起60の突出する長さが0mmである場合は、図11(a)に対応する。電界強度は、突出する長さが0mmである場合を100%としている。

【0063】

突出する長さが0.5mmである場合、角部36の電界強度は、突出する長さが0mm

50

である場合とほぼ等しい値 (= 100%) である。一方、突出する長さが 0.7 mm である場合、角部 36 の電界強度は、延出する長さが 0 mm である場合の 96% となった。このように金属突起 60 の突出する長さを長くすることにより、外周側端部 26 の角部 36 における電界強度の緩和の効果が確認された。なお、金属突起 60 の突出する長さが 0.5 mm より大きい場合には、角部 36 の電界強度の緩和の効果を生じさせることができる。

【0064】

図 13 (a) ~ (c) は、金属突起 60 の突出長さと積層基板 13 の回路板 16 の内周側端部 27 における電位分布との関係を示す図である。図 13 (a) ~ (c) は、積層基板 10 の第 2 の端部 29 と積層基板 13 の内周側端部 27 との付近を拡大して示す。なお、図 13 (a)、(b) および (c) はオン状態を示した図である。そして、図 13 (a) は、金属突起 60 を設けない場合である。図 13 (b) は、積層基板 13 と積層基板 10 との間において、金属突起 60 を金属層 54 から積層基板 13 の方向に 0.5 mm 突出させた場合である。図 13 (c) は、金属突起 60 を積層基板 13 の方向に 0.7 mm 突出させた場合である。

10

【0065】

図 14 は、金属突起 60 の突出長さと、積層基板 13 の回路板 16 の内周側端部 27 における角部 36 の電界強度の比率との関係を示すグラフである。図 14 は、図 13 (a) ~ (c) の結果を定量的に示したグラフである。電界強度は、図 13 (a) における突出する長さが 0 mm である場合を 100% としている。

20

【0066】

突出する長さが 0.5 mm である場合、角部 36 の電界強度は、突出する長さが 0 mm である場合の 97.40% となった。突出する長さが 0.7 mm である場合、角部 36 の電界強度は、延出する長さが 0 mm である場合の 83.12% となった。このように金属突起 60 の突出する長さを長くすることにより、内周側端部 27 の角部 36 においても、電界強度の緩和の効果が確認された。

【0067】

図 15 (a) は、金属板 18 を分割しない場合を示した図であり、図 15 (b) は、金属板 18 を分割した場合を示した図である。そして、図 15 (c) は、金属板 18 を分割しない場合と金属板 18 を分割する場合とにおける、角部 36 の電界強度の比率を示す図である。積層基板 13 の内周側端部 27 における回路板 16 の角部 36 の電界強度は、図 15 (a) の場合を 100% としている。これに対して、図 15 (b) の場合は、角部 36 の電界強度は、72.64% となった。

30

【0068】

図 15 (a) の場合、金属板 18 の同電位であるので、等電位線は金属板 18 の方へ突き出ることができない。これに対して、図 15 (b) の場合、等電位線は分割された金属板 18 の間に突き出ることができる。等電位線が金属板 18 の間に突き出る分だけ、角部 36 における等電位線の間隔が疎となる。それゆえ、角部 36 における電界強度が緩和されると考えられる。

【0069】

以上、本発明を実施の形態を用いて説明したが、本発明の技術的範囲は上記実施の形態に記載の範囲には限定されない。上記実施の形態に、多様な変更又は改良を加えることが可能であることが当業者に明らかである。その様な変更又は改良を加えた形態も本発明の技術的範囲に含まれ得ることが、特許請求の範囲の記載から明らかである。

40

【0070】

特許請求の範囲、明細書、および図面中において示した装置および方法における動作の実行順序は、特段「より前に」、「先立って」等と明示してはいるのでない限り、任意の順序で実現しうることに留意すべきである。特許請求の範囲、明細書に関して、便宜上「まず」、「次に、」等を用いて説明したとしても、この順序で実施することが必須であることを意味するものではない。

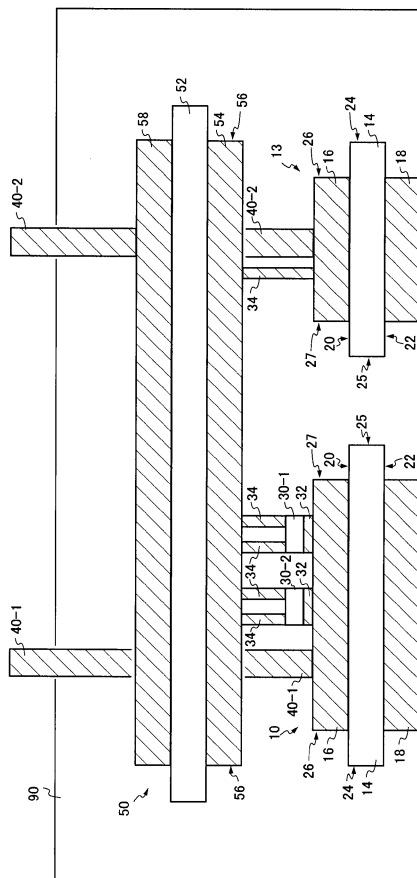
50

【符号の説明】

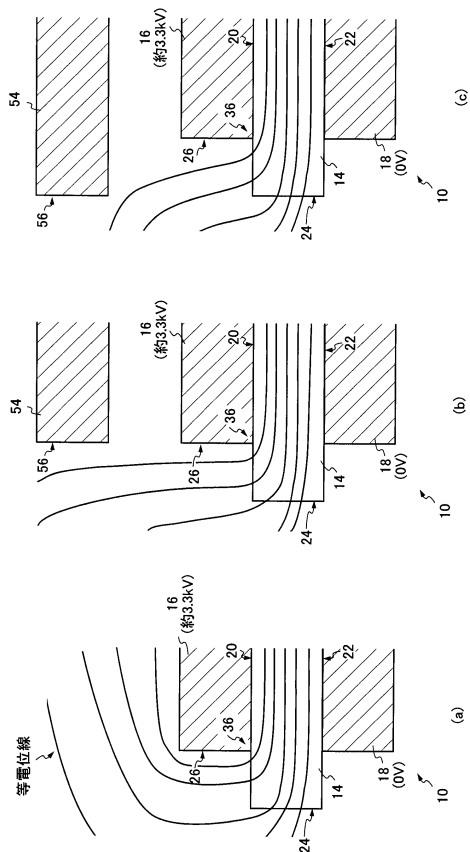
【0071】

10・・・積層基板、12・・・積層基板、13・・・積層基板、14・・・絶縁板、16・・・回路板、18・・・金属板、19・・・開口、20・・・第1の面、22・・・第2の面、24・・・外周側端部、25・・・内周側端部、26・・・外周側端部、27・・・内周側端部、28・・・第1の端部、29・・・第2の端部、30・・・半導体素子、32・・・導電性接着層、34・・・導電ポスト、36・・・角部、40・・・外部端子、50・・・配線基板、52・・・基部、54・・・金属層、56・・・外周側端部、58・・・金属層、60・・・金属突起、66・・・外周側端部、90・・・樹脂、100・・・半導体モジュール、110・・・半導体モジュール、120・・・半導体モジュール

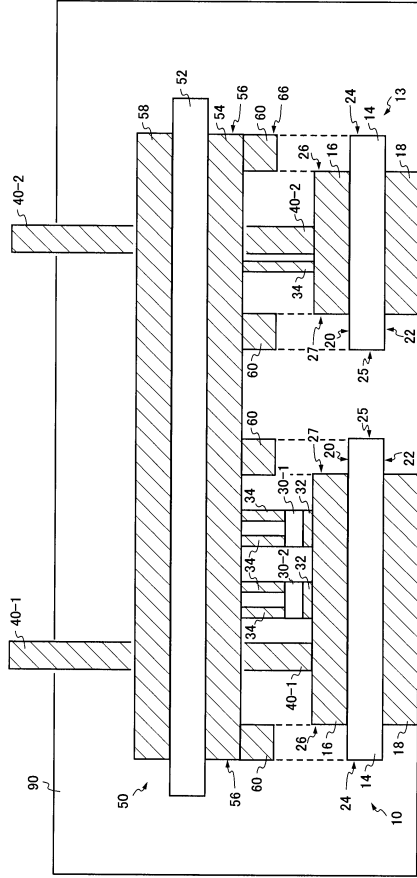
【図1】



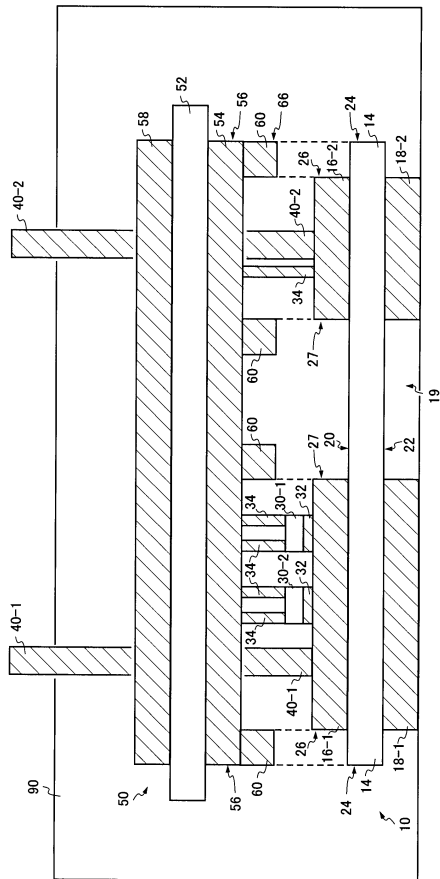
【図2】



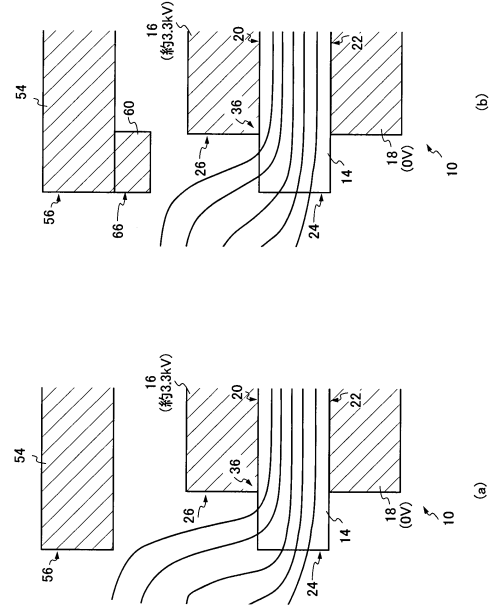
【図3】



【図5】

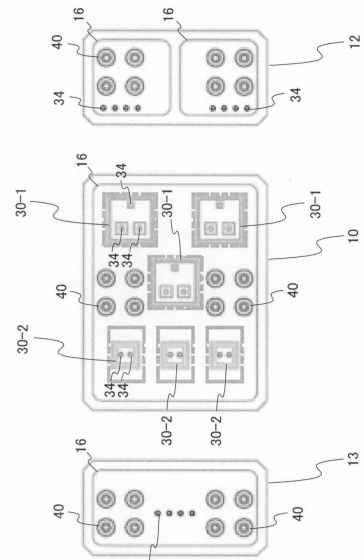


【図4】



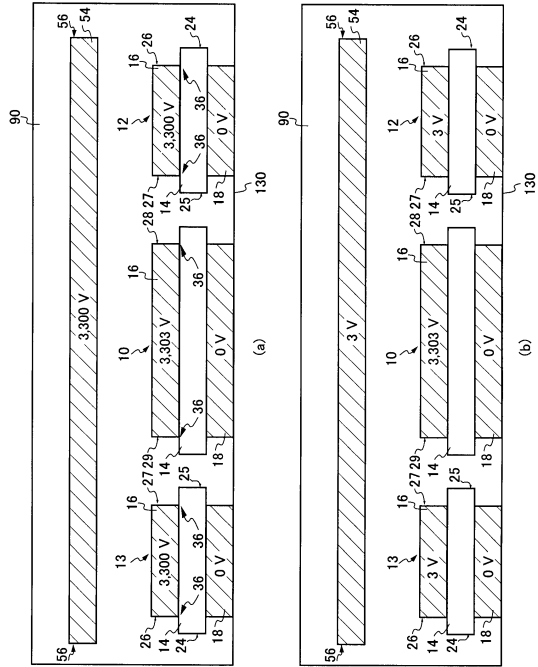
110

【図6】

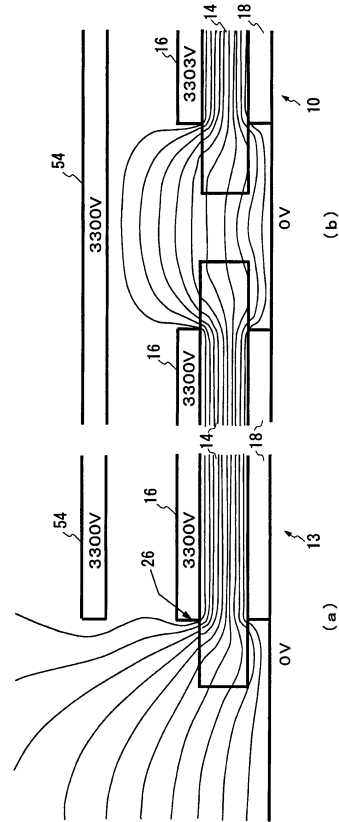


120

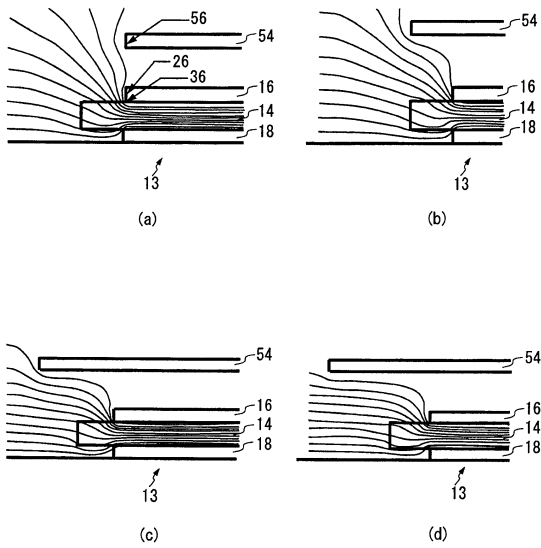
【図7】



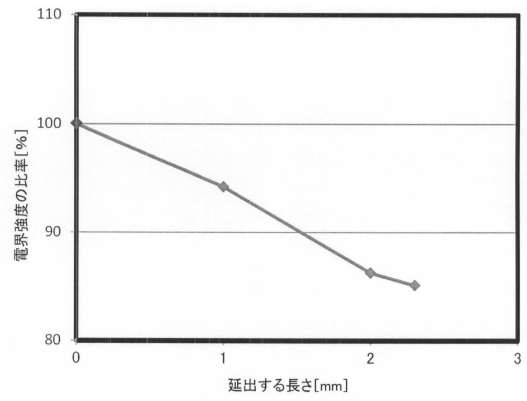
【図8】



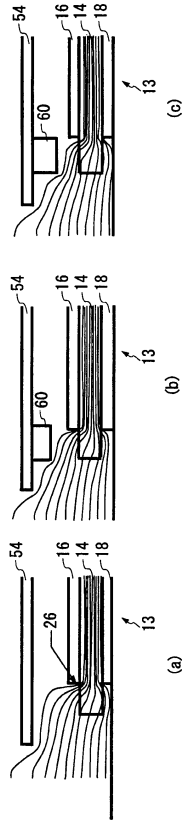
【図9】



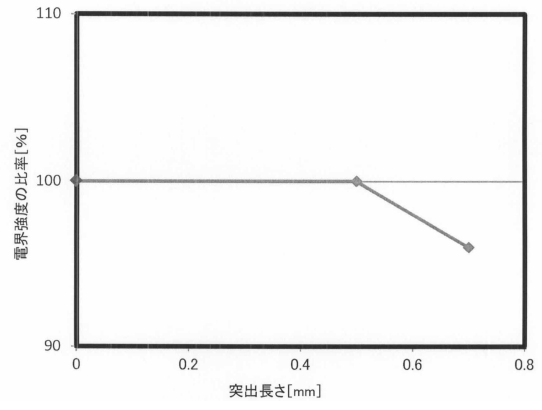
【図10】



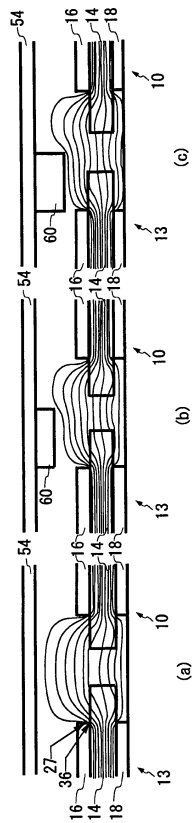
【図 1 1】



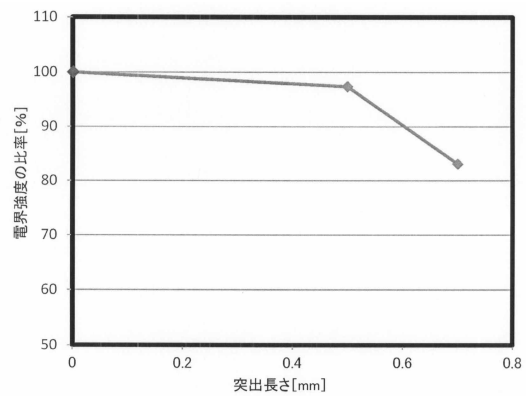
【図 1 2】



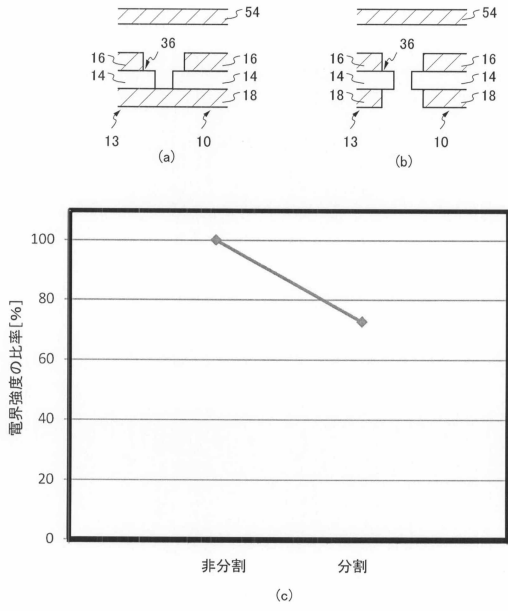
【図 1 3】



【図 1 4】



【 図 15 】



フロントページの続き

(51) Int.Cl. F I
 H 0 1 L 25/07 (2006.01) H 0 5 K 1/02 N
 H 0 5 K 1/02 (2006.01)

(56) 参考文献 特開 2 0 0 3 - 0 8 6 7 6 3 (J P , A)
 特開 2 0 1 2 - 1 1 9 6 1 8 (J P , A)
 国際公開第 2 0 1 3 / 1 1 8 4 1 5 (W O , A 1)
 特開 2 0 0 0 - 1 5 6 4 4 0 (J P , A)
 特公昭 5 0 - 0 0 9 9 9 3 (J P , B 1)
 特開平 0 9 - 2 8 3 6 9 9 (J P , A)
 特開 2 0 0 2 - 2 7 0 7 3 0 (J P , A)

(58) 調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 0 1 L 2 3 / 1 2 - 2 3 / 1 5
 H 0 1 L 2 3 / 2 9
 H 0 1 L 2 3 / 3 4 - 2 3 / 3 6
 H 0 1 L 2 3 / 3 7 3 - 2 3 / 4 2 7
 H 0 1 L 2 3 / 4 4
 H 0 1 L 2 3 / 4 6 7 - 2 3 / 4 8
 H 0 1 L 2 5 / 0 0 - 2 5 / 0 7
 H 0 1 L 2 5 / 1 0 - 2 5 / 1 1
 H 0 1 L 2 5 / 1 6 - 2 5 / 1 8
 H 0 2 M 7 / 4 2 - 7 / 9 8
 H 0 5 K 1 / 0 0 - 1 / 0 2
 H 0 5 K 9 / 0 0