

(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2020-4784
(P2020-4784A)

(43) 公開日 令和2年1月9日(2020.1.9)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO1L 25/07 (2006.01)	HO1L 25/04 C	5F044
HO1L 25/18 (2006.01)	HO1L 21/60 301A	5H770
HO1L 21/60 (2006.01)	HO2M 7/48 Z	
HO2M 7/48 (2007.01)		

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2018-120495 (P2018-120495)
(22) 出願日 平成30年6月26日 (2018. 6. 26)

(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7番3号
(74) 代理人 100088672
弁理士 吉竹 英俊
(74) 代理人 100088845
弁理士 有田 貴弘
(72) 発明者 近藤 聡
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
(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

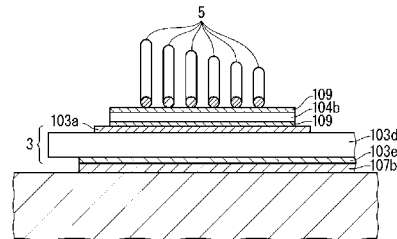
(54) 【発明の名称】 パワーモジュールおよび電力変換装置

(57) 【要約】

【課題】金属配線下にボイドが形成されることを抑制したパワーモジュールを提供する。

【解決手段】半導体素子と、半導体素子を搭載する基板と、複数の配線の配列で構成される結線部と、基板を底面側に配置し、半導体素子および結線部を収容するケースと、ケース内に充填された絶縁封止材と、を備え、結線部を構成する複数の配線は、同一方向にルーピングされ、それぞれの配線高さが、少なくとも配列の一方向に向けて徐々に高くなるように配設される。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

半導体素子と、
半導体素子を搭載する基板と、
複数の配線の配列で構成される結線部と、
前記基板を底面側に配置し、前記半導体素子および前記結線部を収容するケースと、
前記ケース内に充填された絶縁封止材と、を備え、
前記結線部を構成する前記複数の配線は、同一方向にルーピングされ、それぞれの配線高さが、少なくとも配列の一方に向けて徐々に高くなるように配設される、パワーモジュール。

10

【請求項 2】

前記結線部の前記複数の配線は、
配列の中央部で配線高さが最も低く、前記中央部から配列の第 1 の方向に向けて徐々に高くなるように配設されると共に、前記第 1 の方向とは反対の第 2 の方向に向けて徐々に高くなるように配設される、請求項 1 記載のパワーモジュール。

【請求項 3】

前記結線部の前記複数の配線は、
配列の中央部で配線間隔が他の部分よりも広くかつ配線高さが最も高く、前記中央部から配列の第 1 の方向に向けて徐々に低くなるように配設されると共に、前記第 1 の方向とは反対の第 2 の方向に向けて徐々に低くなるように配設される、請求項 1 記載のパワーモジュール。

20

【請求項 4】

前記結線部の前記複数の配線は、
配列の中央部で配線間隔が他の部分よりも広くかつ配線高さが最も低く、前記中央部から配列の第 1 の方向に向けて徐々に高くなるように配設されると共に、前記第 1 の方向とは反対の第 2 の方向に向けて徐々に高くなるように配設される、請求項 1 記載のパワーモジュール。

【請求項 5】

前記結線部の前記複数の配線は、
配列の中央部で配線間隔が他の部分よりも広くかつ配線高さが最も高く、前記中央部から配列の第 1 の方向に向けて徐々に高くなるように配設されると共に、前記第 1 の方向とは反対の第 2 の方向に向けて徐々に高くなるように配設され、平面視で前記中央部を境にして前記第 1 の方向および前記第 2 の方向にそれぞれ斜めに傾くように配設される、請求項 1 記載のパワーモジュール。

30

【請求項 6】

前記結線部の前記複数の配線は、
配線がルーピングの方向に上下で重なって配設される 2 重配線を含む、請求項 1 から請求項 5 の何れか 1 項に記載のパワーモジュール。

【請求項 7】

前記結線部の前記複数の配線は、
配線高さが最も高い配線の平面視での配線長さを最も短くし、配線高さが最も低い配線の平面視での配線長さを最も長くして、配線の全長を同じにすることで、インダクタンスを統一する、請求項 1 から請求項 5 の何れか 1 項に記載のパワーモジュール。

40

【請求項 8】

前記結線部は、
少なくとも、前記半導体素子と、前記半導体素子の主電流が流れる主電極端子とを電気的に接続する部分、前記半導体素子どうしの間、および、前記基板上の導体パターンどうし間に設けられる、請求項 1 から請求項 5 の何れか 1 項に記載のパワーモジュール。

【請求項 9】

請求項 1 記載のパワーモジュールを有し、入力される電力を変換して出力する主変換回

50

路と、

前記主変換回路を制御する制御信号を前記主変換回路に出力する制御回路と、を備えた電力変換装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はパワーモジュールに関し、特に、ケース内に充填される絶縁封止材におけるボイドの形成を抑制したパワーモジュールに関する。

【背景技術】

【0002】

一般的なパワーモジュールは、半導体素子と絶縁基板上の回路パターンとを金属配線等で電氣的に接続することで回路を形成しているが、パワーモジュール内の高密度化、高信頼性化に伴い、半導体素子に接続される金属配線の本数が増える傾向にあり、金属配線の配置密度が高まり、例えば、特許文献1の図9Aに開示されるように、ボンディング位置を少しずつずらしてボンディングする段違いボンディングを採用したパワーモジュールが増えている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特表2007-502544号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、パワーモジュールの定格の多様化、大電流化によりパワーモジュール内の金属配線の本数が増加すると、配線間隔が狭くなり、絶縁封止材に含まれる気泡が、金属配線の隙間から放出されにくくなって金属配線下に気泡が溜まり、最終的に、金属配線下にボイドとして残る可能性があった。

【0005】

本発明は上記のような問題を解決するためになされたものであり、金属配線下にボイドが形成されることを抑制したパワーモジュールを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明に係るパワーモジュールは、半導体素子と、半導体素子を搭載する基板と、複数の配線の配列で構成される結線部と、前記基板を底面側に配置し、前記半導体素子および前記結線部を収容するケースと、前記ケース内に充填された絶縁封止材と、を備え、前記結線部を構成する前記複数の配線は、同一方向にルーピングされ、それぞれの配線高さが、少なくとも配列の一方向に向けて徐々に高くなるように配設される。

【発明の効果】

【0007】

本発明に係るパワーモジュールによれば、結線部を構成する複数の配線のそれぞれの配線高さが、少なくとも配列の一方向に向けて徐々に高くなっているため、金属配線下の絶縁封止材中の気泡が金属配線下から抜け出しやすくなり、金属配線下にボイドが形成されることを抑制できる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】本発明に係る実施の形態1のパワーモジュールの断面図である。

【図2】本発明に係る実施の形態1のパワーモジュールを上方から見た部分平面図である。

。

【図3】本発明に係る実施の形態1のパワーモジュールにおける結線部の脱気構造の第1の例を説明する平面図である。

10

20

30

40

50

【図４】本発明に係る実施の形態１のパワーモジュールにおける結線部の脱気構造の第１の例を説明する断面図である。

【図５】脱気構造における脱気の仕組みを説明する模式図である。

【図６】本発明に係る実施の形態１のパワーモジュールにおける結線部の脱気構造の第２の例を説明する平面図である。

【図７】本発明に係る実施の形態１のパワーモジュールにおける結線部の脱気構造の第２の例を説明する断面図である。

【図８】本発明に係る実施の形態１のパワーモジュールにおける結線部の脱気構造の第３の例を説明する平面図である。

【図９】本発明に係る実施の形態１のパワーモジュールにおける結線部の脱気構造の第３の例を説明する断面図である。

10

【図１０】本発明に係る実施の形態１のパワーモジュールにおける結線部の脱気構造の第３の例を説明する断面図である。

【図１１】本発明に係る実施の形態１のパワーモジュールにおける結線部の脱気構造の第４の例を説明する平面図である。

【図１２】本発明に係る実施の形態１のパワーモジュールにおける結線部の脱気構造の第４の例を説明する断面図である。

【図１３】本発明に係る実施の形態１のパワーモジュールにおける結線部の脱気構造の第５の例を説明する平面図である。

【図１４】本発明に係る実施の形態１のパワーモジュールにおける結線部の脱気構造の第５の例を説明する平面図である。

20

【図１５】本発明に係る実施の形態１のパワーモジュールにおける結線部の脱気構造の第５の例を説明する断面図である。

【図１６】本発明に係る実施の形態１のパワーモジュールにおける結線部の脱気構造の第６の例を説明する平面図である。

【図１７】本発明に係る実施の形態１のパワーモジュールにおける結線部の脱気構造の第６の例を説明する断面図である。

【図１８】本発明に係る実施の形態１のパワーモジュールにおける結線部の脱気構造の他の部分への適用例を説明する平面図である。

【図１９】本発明に係る実施の形態１のパワーモジュールにおける結線部の脱気構造の他の部分への適用例を説明する断面図である。

30

【図２０】本発明に係る実施の形態１のパワーモジュールにおける結線部の脱気構造の他の部分への適用例を説明する平面図である。

【図２１】本発明に係る実施の形態１のパワーモジュールにおける結線部の脱気構造の他の部分への適用例を説明する断面図である。

【図２２】本発明に係る実施の形態２の電力変換装置の構成を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【０００９】

<実施の形態１>

図１は、本発明に係る実施の形態１のパワーモジュール１００の断面図である。また、図２は、パワーモジュール１００を上方から見た部分平面図であり、封止樹脂などは省略している。なお、図２におけるＡ－Ｂ－Ａ線における矢示方向の断面が図１の断面である。

40

【００１０】

図１に示されるように、パワーモジュール１００は、ベース板１０１の上面に絶縁基板３がはんだ（基板下はんだ）１０７ｂにより接合され、絶縁基板３（基板）の上面にスイッチング素子１０４ａおよび還流ダイオード１０４ｂを含む半導体素子１０４が、はんだ１０７ａにより接合されている。ベース板１０１は、上面側および底面側が開口部となったケース１の底面側の開口部に収納され、底面側の開口部と同じ形状および同じ面積のベース板１０１はケース２の底面を構成する。

50

【0011】

絶縁基板3は、絶縁材103dの上面に上側導体パターン103aおよび103bが設けられ、下面に下側導体パターン103eが設けられており、絶縁材103dは、例えば、樹脂、 Al_2O_3 、 AlN および Si_3N_4 などのセラミック材で構成される。また、絶縁基板3の代わりに、回路パターンがパターンニングされたリードフレームを用いても良い。

【0012】

半導体素子104はスイッチング素子104aとして、例えばIGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) を使用する。なお、スイッチング素子104aとしてSiC (炭化珪素) - MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) を使用する場合は、還流ダイオード104bとしてSiC - SBD (Schottky Barrier Diode) を使用することもできる。SiC、 Ga_2O_3 、 GaN などのワイドギャップ半導体材料で形成されたMOSFETは、耐圧が高く、許容電流密度も高いため、シリコン半導体材料で形成されたMOSFETに比べて小型化が可能であり、これを組み込むことでパワーモジュールの小型化が可能となる。

10

【0013】

スイッチング素子104aおよび還流ダイオード104bは、はんだ107aにより絶縁基板3の上側導体パターン103aと接合されているが、焼結性のAg (銀) またはCu (銅) 粒子を含む接合材を用いても良く、焼結性の接合材を用いることではんだ接合の場合より、接合部の寿命を向上させることが可能となる。高温での動作が可能となるSiCを用いた半導体装置 (SiC半導体装置) を用いる場合、焼結材を用いて接合部の寿命を向上することは、SiC半導体装置の特性をより効果的に生かすことができる。

20

【0014】

ケース1の側面には、主電流が流れる主電極端子2が設けられ、主電極端子2はケース1の側面からケース1の上面にかけて延在し、ケース1の上面で外部に露出している。また、ケース1の主電極端子2が設けられた側の側面には、制御端子21が設けられ、制御端子21はケース1の側面からケース1の上面にかけて延在し、ケース1の上面で外部に露出している。

【0015】

ケース1内では、スイッチング素子104aとダイオード104bの上面電極109どうし、ダイオード104bの上面電極109と上側導体パターン103b、上側導体パターン103bと主電極端子2とが複数の金属配線5により結線される。また、スイッチング素子104aの制御電極 (図示せず) は、金属配線51を介して制御端子21に結線される。なお、以下では、部材と部材との間を結線する複数の金属配線5の配列を結線部と呼称する。

30

【0016】

ケース1内にベース板101が収納され、ケース1とベース板101とが樹脂接着剤等で接合されることで有底無蓋のケース1となり、ケース1の上面側の開口部からエポキシ樹脂等の絶縁封止材4を導入することで、ベース板101、絶縁基板3、半導体素子104、金属配線5および51が絶縁封止材4で覆われ、樹脂封止されることになる。なお、絶縁封止材4としては、シリコン系の封止材を用いても良い。

40

【0017】

ここで、ベース板101には、複合材であるAlSiC板およびCu板を用いることができるが、半導体素子104を使用するに際して、十分な絶縁性能と強度を有するのであれば、ベース板101を設けず、絶縁基板3でケース1の底面を構成しても良い。すなわち、絶縁基板3の下面には、下側導体パターン103eが設けられており、下側導体パターン103eがケース1の底面として露出した構成としても良い。

【0018】

先に説明したように、パワーモジュール100内の金属配線5の本数が増加すると、配線間隔が狭くなり、絶縁封止材4に含まれる気泡が、金属配線5の隙間から放出されにく

50

くなる。

【 0 0 1 9 】

< 脱気構造の第 1 の例 >

図 3 および図 4 は、配線間隔が狭い場合に、金属配線 5 下の気泡を上方に移動させる脱気構造を有する結線部の配線配置を説明する図であり、図 3 は、パワーモジュール 1 0 0 を上方から見た部分平面図であり、図 4 は、図 3 における C - C 線での矢視断面図である。

【 0 0 2 0 】

図 3 および図 4 では、絶縁基板 3 上のダイオード 1 0 4 b と上側導体パターン 1 0 3 b とを、ワイヤボンディングにより複数の金属配線 5 で結線する結線部を例示しており、図 3 に示すように、金属配線 5 の配置間隔は、金属配線 5 の線幅程度となっている。例えば、金属配線 5 の線幅が 1 mm 程度で、金属配線 5 の配置間隔が 1 mm 以下である場合、ケース 1 内に絶縁封止材 4 を充填し、絶縁封止材 4 内の気泡の直径が 1 mm ~ 3 mm であった場合、金属配線 5 間から気泡が抜けることができず、金属配線 5 に溜まることとなる。溜まった気泡が寄せ集まって、直径がさらに大きくなる可能性もある。

10

【 0 0 2 1 】

しかし、図 4 に示されるように、複数の金属配線 5 は同じ方向にルーピングされ、それぞれの配線高さは同じではなく、それぞれの配線高さが、配列の一方向に向けて徐々に高くなる、または徐々に低くなるように配設されている。図 4 では、図に向かって左側に向かうにつれて配線高さが高くなっている。このように配線高さが変化するように金属配線 5 を配置した構造を、脱気構造と定義する。

20

【 0 0 2 2 】

ここで、脱気構造による脱気の仕組みについて図 5 を用いて説明する。図 5 は、複数の金属配線 5 が同じ方向にルーピングされ、図に向かって右側に向かうにつれて配線高さが高くなった脱気構造を示しており、ワイヤボンディングにより導体 M B 上に複数の金属配線 5 がボンディングされ、ループ状となった複数の金属配線 5 と導体 M B との間には気泡 B B が存在している。気泡 B B の大きさは、金属配線 5 の配置間隔よりも大きいので、金属配線 5 間からを通り抜けることができない。なお、導体 M B を含め、複数の金属配線 5 は絶縁封止材で覆われており、気泡 B B は絶縁封止材中に存在するが、便宜的に絶縁封止材は図示を省略している。

30

【 0 0 2 3 】

図 5 に示されるように、最初、配線高さの低い金属配線 5 側にあった気泡 B B は、矢印 A R で示すように、時間と共に配線高さの高い金属配線 5 側に移動し、やがては、金属配線 5 下から抜け出す。これは、絶縁封止材の比重、例えばエポキシ樹脂であれば 1 . 9、気泡 B B の比重、例えば空気であれば 1、との比重差によって、気泡 B B が低い位置から高い位置に向けて移動して行くためである。金属配線 5 下から抜け出した気泡 B B は、絶縁封止材が硬化前の液状の状態では上方に移動し、また、熱硬化時には、一旦、絶縁封止材の粘度が下がるので、気泡 B B が上方に移動しやすくなる。このため、絶縁封止材中の気泡は、ケース 1 に充填された絶縁封止材 4 の上面に集まり、絶縁封止材から放出され（脱気され）てしまう。これにより、絶縁封止材中の気泡を低減することができる。従来は、金属配線 5 下の気泡は脱気させにくかったが、上述した脱気構造を用いることで、金属配線 5 下の気泡も脱気させることが容易となった。このため、硬化した絶縁封止材において、金属配線 5 下に気泡がボイドとして残ることを抑制でき、パワーモジュール 1 0 0 の絶縁性を確保できる。

40

【 0 0 2 4 】

< 脱気構造の第 2 の例 >

図 6 および図 7 は、配線間隔が狭い場合に、金属配線 5 下の気泡を上方に移動させる脱気構造を有する配線配置を説明する図であり、図 6 は、パワーモジュール 1 0 0 を上方から見た部分平面図であり、図 7 は、図 6 における C - C 線での矢視断面図である。なお、金属配線 5 の配置位置、配置間隔等は図 3 および図 4 と同じである。

50

【 0 0 2 5 】

図 6 に示される脱気構造では、複数の金属配線 5 のそれぞれの配線高さは、配線配列の中央部が最も低く、中央部から図に向かって左方向（第 1 の方向）および右方向（第 2 の方向）に向かうにつれて配線高さが高くなっている。このため、ループ状の複数の金属配線 5 の下に存在する気泡は、脱気構造の右側および左側の少なくとも一方に向けて移動し、金属配線 5 の下から抜け出し、金属配線 5 下の気泡を脱気することができる。

【 0 0 2 6 】

< 脱気構造の第 3 の例 >

図 8 および図 9 は、配線間隔が狭い場合に、金属配線 5 下の気泡を上方に移動させる脱気構造を有する配線配置を説明する図であり、図 8 は、パワーモジュール 1 0 0 を上方から見た部分平面図であり、図 9 は、図 8 における C - C 線での矢視断面図である。なお、金属配線 5 の配置位置は図 3 および図 4 と同じである。

10

【 0 0 2 7 】

図 9 に示される脱気構造では、配線配列の中央部では配置間隔が他の部分よりも広く、中央部から図に向かって左方向（第 1 の方向）および右方向（第 2 の方向）に向かうにつれて配線高さが低くなっている。

【 0 0 2 8 】

このため、ループ状の複数の金属配線 5 の下に存在する気泡は、脱気構造の右側および左側の少なくとも一方から中央部に向けて移動し、中央部の隙間において金属配線 5 の下から抜け出し、金属配線 5 下の気泡を脱気することができる。

20

【 0 0 2 9 】

なお、中央部の隙間は、気泡の直径が 1 mm ~ 3 mmであることを考慮して、1 mm ~ 3 mmの範囲に設定する。

【 0 0 3 0 】

また、配線配列の中央部において配置間隔を他の部分よりも広くできる場合、図 9 に示される脱気構造とは反対に、図 1 0 に示されるように、複数の金属配線 5 のそれぞれの配線高さが、配線配列の中央部側で最も低く、中央部から図に向かって左方向（第 1 の方向）および右方向（第 2 の方向）に向かうにつれて配線高さが高くなる脱気構造としても良い。

【 0 0 3 1 】

これにより、ループ状の複数の金属配線 5 の下に存在する気泡は、脱気構造の右側および左側の少なくとも一方に向けて移動し、金属配線 5 の下から抜け出し、金属配線 5 下の気泡を脱気することができる。なお、ワイヤ配列の中央部の隙間が広いので、ワイヤ配列の中央部に近い金属配線 5 の下に存在する気泡は、中央部から抜ける場合もあり、脱気の効果が高まる。

30

【 0 0 3 2 】

< 脱気構造の第 4 の例 >

図 1 1 および図 1 2 は、配線間隔が狭い場合に、金属配線 5 下の気泡を上方に移動させる脱気構造を有するワイヤ配置を説明する図であり、図 1 1 は、パワーモジュール 1 0 0 を上方から見た部分平面図であり、図 1 2 は、図 1 1 における C - C 線での矢視断面図である。なお、金属配線 5 の配置位置は図 3 と同じである。

40

【 0 0 3 3 】

図 1 1 に示される脱気構造では、ワイヤ配列の中央部では配置間隔が他の部分よりも狭くなっていると共に、中央部を境にして左方向（第 1 の方向）および右方向（第 2 の方向）にそれぞれ斜めに傾くように金属配線 5 が配置されている。このため、図 1 2 に示されるように、複数の金属配線 5 のそれぞれの配線高さは、中央部から図に向かって左方向および右方向に向かうにつれて配線高さが低くなると共に、中央部は手前側（ダイオード 1 0 4 b 側）よりも奥側（上側導体パターン 1 0 3 b）側が広がっている。

【 0 0 3 4 】

このため、ループ状の複数の金属配線 5 の下に存在する気泡は、脱気構造の中央部から

50

抜け出しやすくなる。

【 0 0 3 5 】

< 脱気構造の第 5 の例 >

図 1 3 は、配線間隔が狭い場合に、金属配線 5 下の気泡を上方に移動させる脱気構造を有するワイヤ配置を説明する図であり、図 1 3 は、パワーモジュール 1 0 0 を上方から見た部分平面図である。

【 0 0 3 6 】

図 1 3 に示される脱気構造では、隣り合う金属配線 5 のボンディング位置が、互い違いとなるようにずらして段違いでボンディングされている。段違いのボンディングを行うことで、配線間隔をさらに狭めた場合でも、ボンディング機材の挿入スペースが確保できるのでボンディングしやすくなる。

10

【 0 0 3 7 】

このような段違いのボンディングを行う場合でも、例えば、図 4 に示されるように、複数の金属配線 5 のそれぞれの配線高さが、配列の一方向に向けて徐々に高くなる、または徐々に低くなるように配設することで、ループ状の複数の金属配線 5 の下に存在する気泡は、配線高さの高い金属配線 5 側に向けて移動し、脱気される。

【 0 0 3 8 】

また、上記のように、段違いのボンディングを行う場合に、複数の金属配線 5 のそれぞれの配線高さを変える場合、配線長さが変わることによってインダクタンス（電気抵抗）が変わることとなる。そこで、配線長さを合わせることで、インダクタンスを統一でき、パワーモジュール 1 0 0 の回路設計を簡易にできる。

20

【 0 0 3 9 】

図 1 4 は、段違いのボンディングを行う場合に、配線長さを合わせた場合の脱気構造を示す平面図であり、図 1 5 は、図 4 に対応する断面図である。

【 0 0 4 0 】

図 1 4 および 1 5 に示されるように、配線高さが最も低い金属配線 5 の平面視での配線長さが最も長く、配線高さが最も高い金属配線 5 の平面視での配線長さが最も短くなるように、複数の金属配線 5 のそれぞれの平面視での長さを設定している。この結果、各金属配線 5 の全長（実際の配線長さ）は同一となり、インダクタンスを統一できる。

【 0 0 4 1 】

このように、配線高さに合わせて平面視での配線長さを変えることは、先に説明した脱気構造の第 1 の例～第 4 の例において適用しても良く、インダクタンスを統一することで、パワーモジュール 1 0 0 の回路設計を簡易にできる。

30

【 0 0 4 2 】

< 脱気構造の第 6 の例 >

図 1 6 および図 1 7 は、配線間隔が狭い場合に、金属配線 5 下の気泡を上方に移動させる脱気構造を有するワイヤ配置を説明する図であり、図 1 6 は、パワーモジュール 1 0 0 を上方から見た部分平面図であり、図 1 7 は、図 1 6 における C - C 線での矢視断面図である。なお、金属配線 5 の配置位置は図 3 と同じである。なお、図 1 6 および図 1 7 では、上側の金属配線 5 を太く示しているが、これは便宜的なものであり、実際には上下の金属配線 5 は同じ太さである。

40

【 0 0 4 3 】

図 1 6 および図 1 7 は、金属配線 5 がルーピングの方向に上下で重なって配置される 2 重配線の場合の脱気構造を示しており、このような 2 重配線を行う場合でも、図 1 7 に示されるように、複数の金属配線 5 のそれぞれの配線高さが、配列の一方向に向けて徐々に高くなる、または徐々に低くなるように配設することで、ループ状の複数の金属配線 5 の下に存在する気泡は、配線高さの高い金属配線 5 側に向けて移動し、脱気される。なお、上述した 2 重配線に限定されず、3 重配線などさらに重なった配線に対しても脱気構造は適用可能である。

【 0 0 4 4 】

50

< 脱気構造の他の部分への適用例 >

以上説明した脱気構造の第 1 ~ 第 6 の例では、ダイオード 104b と上側導体パターン 103b との結線部について説明したが、脱気構造は他の結線部に適用しても良い。

【0045】

図 18 および図 19 は、絶縁基板 3 上の上側導体パターン 103b と、他の上側導体パターン 103c との結線部に、例えば脱気構造の第 1 の例を適用した場合を示しており、図 18 は、パワーモジュール 100 を上方から見た部分平面図であり、図 19 は、図 18 における C - C 線での矢視断面図であり、複数の金属配線 5 のそれぞれの配線高さが、配列の一方向に向けて徐々に高くなる、または徐々に低くなるように配設されている。なお、上側導体パターン 103c は、図 2 に示す平面図では図示されていない部分にあるものとする。

10

【0046】

図 18 および図 19 に示されるように、絶縁基板 3 上の導体パターンどうしを結線する際にも脱気構造を適用することで、ループ状の複数の金属配線 5 の下に存在する気泡は、配線高さの高い金属配線 5 側に向けて移動し、脱気される。

【0047】

図 20 および図 21 は、絶縁基板 3 上の上側導体パターン 103b と主電極端子 2 との結線部に、例えば脱気構造の第 1 の例を適用した場合を示しており、図 20 は、パワーモジュール 100 を上方から見た部分平面図であり、図 21 は、図 20 における C - C 線での矢視断面図であり、複数の金属配線 5 のそれぞれの配線高さが、配列の一方向に向けて徐々に高くなる、または徐々に低くなるように配設されている。

20

【0048】

図 20 および図 21 に示されるように、絶縁基板 3 上の上側導体パターン 103b と主電極端子 2 を結線する際にも脱気構造を適用することで、ループ状の複数の金属配線 5 の下に存在する気泡は、配線高さの高い金属配線 5 側に向けて移動し、脱気される。

【0049】

< 脱気のための他の構造 >

以上説明した実施の形態 1 では、例えば、金属配線 5 の配置間隔が 1 mm 以下であり、絶縁封止材 4 内の気泡の直径が 1 mm ~ 3 mm であった場合、金属配線 5 間から気泡が抜けることができないものとして説明したが、金属配線 5 間隔を気泡の直径より大きくすることで脱気構造が得られる。

30

【0050】

ただし、金属配線 5 の線幅が 1 mm 程度である場合、配線間隔を 3 mm 程度にすると、パワーモジュールの定格の多様化、大電流化に伴う、配線密度の増加に対応できなくなる。そこで、金属配線 5 の線幅を太くするか、板状のリボンボンドを用いることで、配線 1 本当たりの溶断電流を上げて、配線間隔を 1 mm 以上とする。

【0051】

< 実施の形態 2 >

本実施の形態は、上述した実施の形態 1 に係るパワーモジュールを電力変換装置に適用したものである。以下、実施の形態 2 として、三相のインバータに実施の形態 1 を適用した場合について説明する。

40

【0052】

図 22 は、本実施の形態に係る電力変換装置を適用した電力変換システムの構成を示すブロック図である。

【0053】

図 22 に示す電力変換システムは、電源 500、電力変換装置 600、負荷 700 で構成される。電源 500 は、直流電源であり、電力変換装置 600 に直流電力を供給する。電源 500 は種々のもので構成することが可能であり、例えば、直流系統、太陽電池、蓄電池で構成することができ、また、交流系統に接続された整流回路または AC / DC コンバータで構成しても良い。また、電源 500 を、直流系統から出力される直流電力を所定

50

の電力に変換するDC/DCコンバータによって構成しても良い。

【0054】

電力変換装置600は、電源500と負荷700の間に接続された三相のインバータであり、電源500から供給された直流電力を交流電力に変換し、負荷700に交流電力を供給する。電力変換装置600は、図22に示すように、直流電力を交流電力に変換して出力する主変換回路601と、主変換回路601を制御する制御信号を主変換回路601に出力する制御回路602とを備えている。

【0055】

負荷700は、電力変換装置600から供給された交流電力によって駆動される三相の電動機である。なお、負荷700は特定の用途に限られるものではなく、各種電気機器に搭載された電動機であり、例えば、ハイブリッド自動車、電気自動車、鉄道車両、エレベーター、もしくは、空調機器向けの電動機として用いられる。

10

【0056】

以下、電力変換装置600の詳細を説明する。主変換回路601は、スイッチング素子と還流ダイオードを備えており（図示せず）、スイッチング素子がスイッチングすることによって、電源500から供給される直流電力を交流電力に変換し、負荷700に供給する。主変換回路601の具体的な回路構成は種々のものがあるが、本実施の形態に係る主変換回路601は2レベルの三相フルブリッジ回路であり、6つのスイッチング素子とそれぞれのスイッチング素子に逆並列された6つの還流ダイオードで構成することができる。主変換回路601が含まれるパワーモジュールには、上述した実施の形態1のパワーモジュール100を適用し、パワーモジュール100内の複数の金属配線5は脱気構造を採用して配設する。6つのスイッチング素子は2つのスイッチング素子ごとに直列接続され上下アームを構成し、各上下アームはフルブリッジ回路の各相（U相、V相、W相）を構成する。そして、各上下アームの出力端子、すなわち主変換回路601の3つの出力端子は、負荷700に接続される。

20

【0057】

また、主変換回路601は、各スイッチング素子を駆動する駆動回路（図示せず）を備えているが、駆動回路は実施の形態1で説明したようにパワーモジュール100内に内蔵されていても良いし、パワーモジュール100とは別に駆動回路を備える構成であっても良い。

30

【0058】

駆動回路は、主変換回路601のスイッチング素子を駆動する駆動信号を生成し、主変換回路601のスイッチング素子の制御電極に供給する。具体的には、後述する制御回路602からの制御信号に従い、スイッチング素子をオン状態にする駆動信号とスイッチング素子をオフ状態にする駆動信号とを各スイッチング素子の制御電極に出力する。スイッチング素子をオン状態に維持する場合、駆動信号はスイッチング素子の閾値電圧以上の電圧信号（オン信号）であり、スイッチング素子をオフ状態に維持する場合、駆動信号はスイッチング素子の閾値電圧以下の電圧信号（オフ信号）となる。

【0059】

制御回路602は、負荷700に所望の電力が供給されるよう主変換回路601のスイッチング素子を制御する。具体的には、負荷700に供給すべき電力に基づいて主変換回路601の各スイッチング素子がオン状態となるべき時間（オン時間）を算出する。例えば、出力すべき電圧に応じてスイッチング素子のオン時間を変調するPWM制御によって主変換回路601を制御することができる。そして、各時点においてオン状態となるべきスイッチング素子にはオン信号を、オフ状態となるべきスイッチング素子にはオフ信号が出力されるよう、主変換回路601が備える駆動回路に制御指令（制御信号）を出力する。駆動回路は、この制御信号に従い、各スイッチング素子の制御電極にオン信号またはオフ信号を駆動信号として出力する。

40

【0060】

主変換回路601を実施の形態1のパワーモジュール100で構成することで、硬化し

50

た絶縁封止材において、金属配線 5 下に気泡がボイドとして残ることを抑制でき、絶縁性を確保したパワーモジュール、ひいてはパワーモジュールを含む電力変換装置の不具合を事前に回避し、これらの機能が損なわれることを抑制できる。

【0061】

本実施の形態では、2レベルの三相インバータに本発明を適用する例を説明したが、本発明は、これに限られるものではなく、種々の電力変換装置に適用することができる。本実施の形態では、2レベルの電力変換装置としたが3レベルやマルチレベルの電力変換装置であっても構わないし、単相負荷に電力を供給する場合には単相のインバータに本発明を適用しても構わない。また、直流負荷等に電力を供給する場合にはDC/DCコンバータやAC/DCコンバータに本発明を適用することも可能である。

10

【0062】

また、本実施の形態の電力変換装置は、上述した負荷が電動機の場合に限定されるものではなく、例えば、放電加工機やレーザー加工機、または誘導加熱調理器や非接触器給電システムの電源装置として用いることもでき、さらには太陽光発電システムや蓄電システム等のパワーコンディショナーとして用いることも可能である。

【0063】

なお、本発明は、その発明の範囲内において、実施の形態を適宜、変形、省略することが可能である。

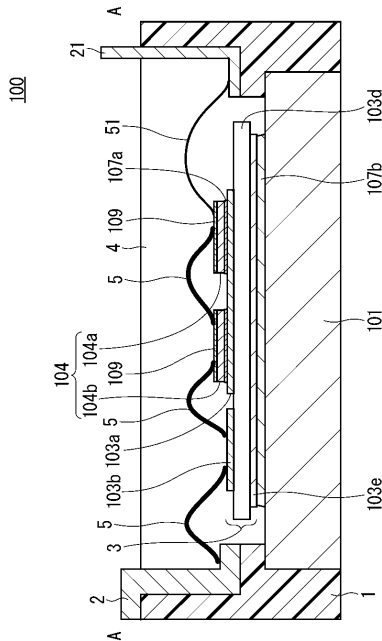
【符号の説明】

【0064】

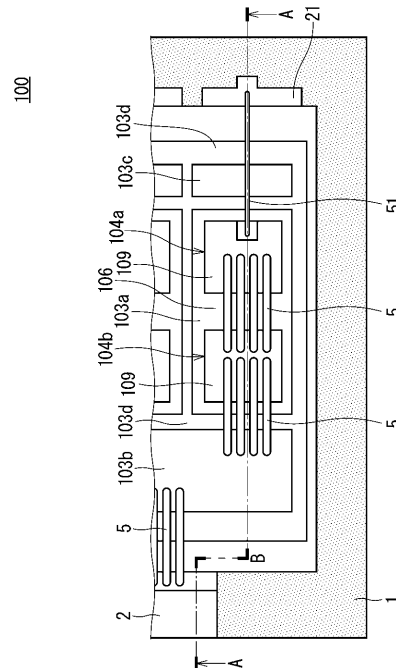
- 1 ケース、2 主電極端子、3 絶縁基板、4 絶縁封止材、5 金属配線、104 半導体素子。

20

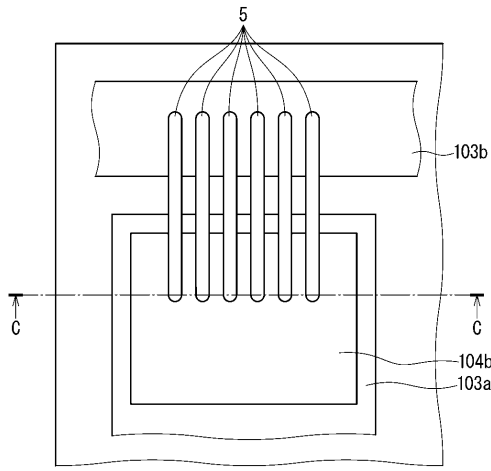
【図1】



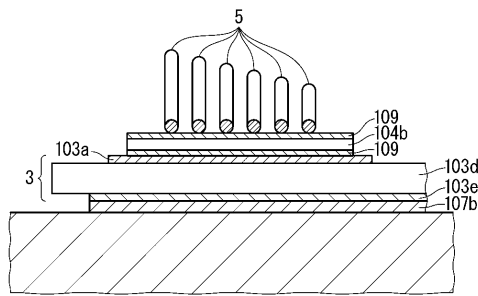
【図2】



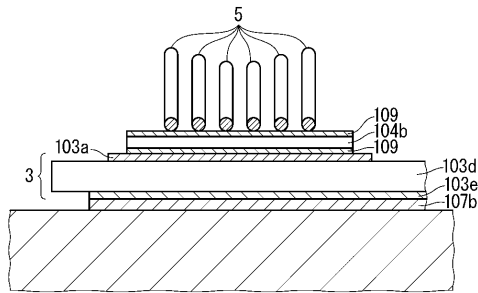
【 図 3 】



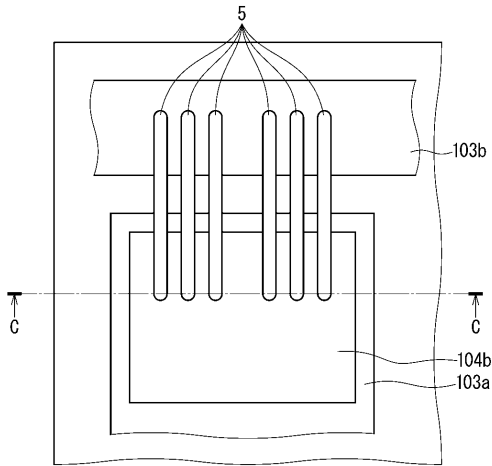
【 図 4 】



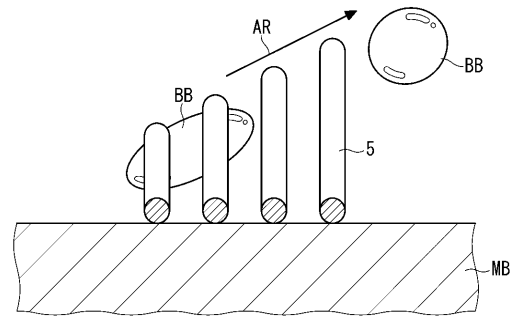
【 図 7 】



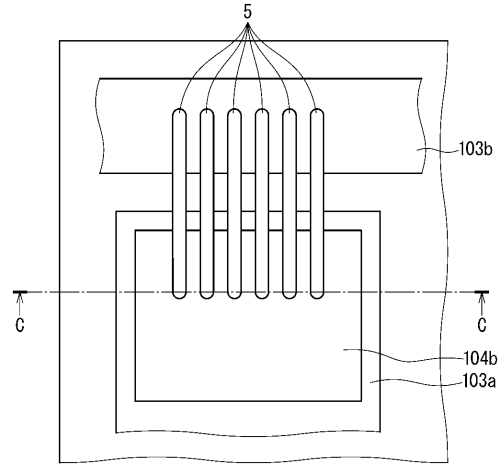
【 図 8 】



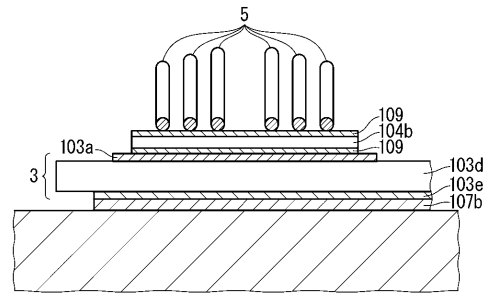
【 図 5 】



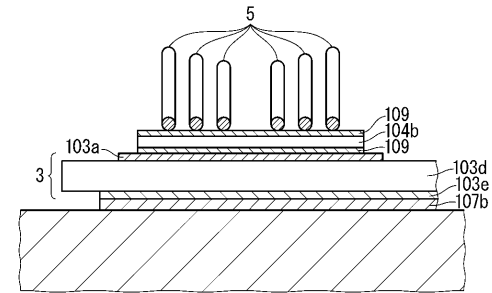
【 図 6 】



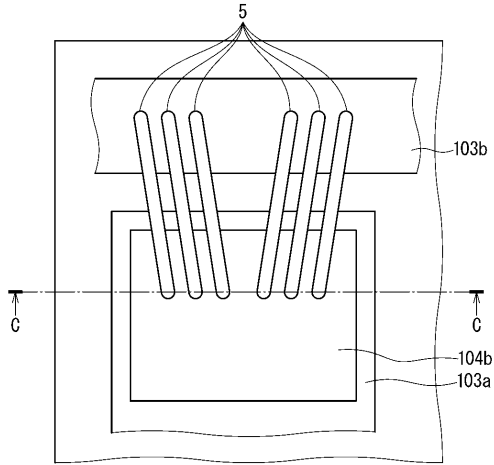
【 図 9 】



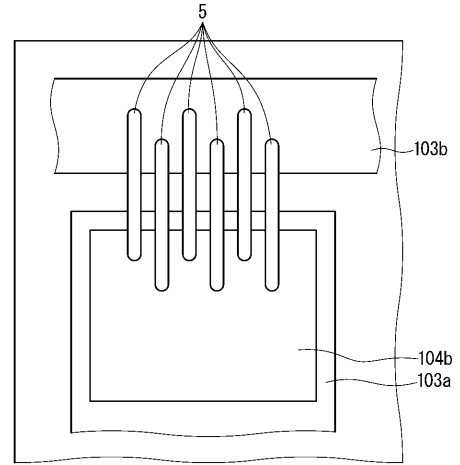
【 図 10 】



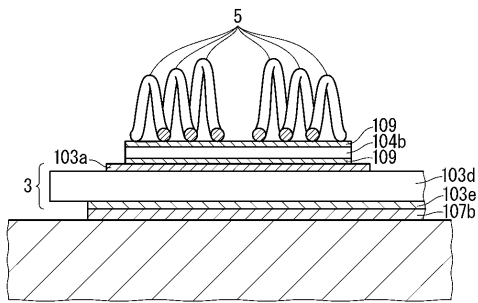
【 図 1 1 】



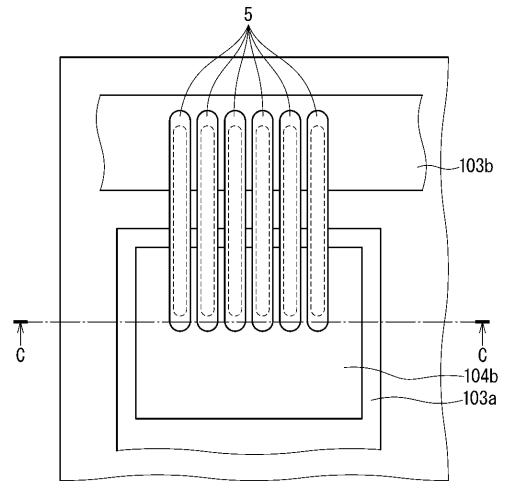
【 図 1 3 】



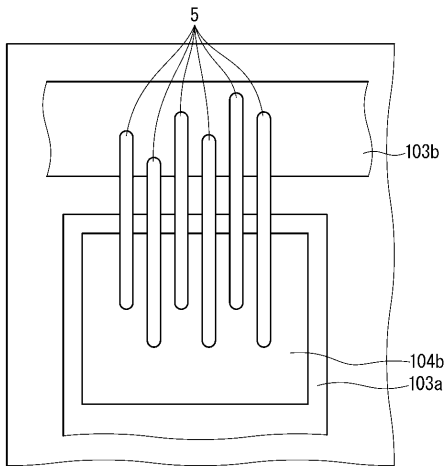
【 図 1 2 】



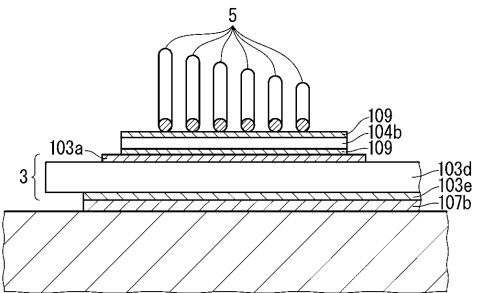
【 図 1 6 】



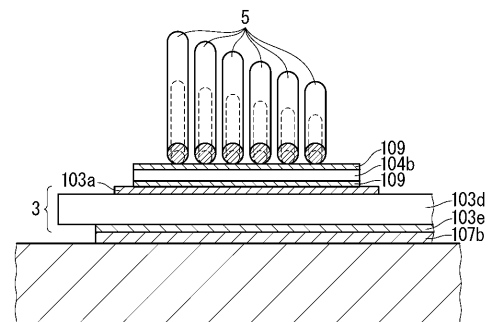
【 図 1 4 】



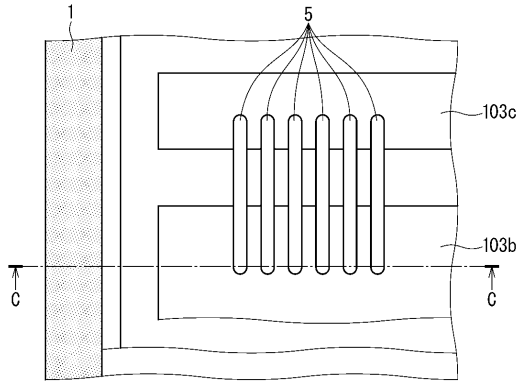
【 図 1 5 】



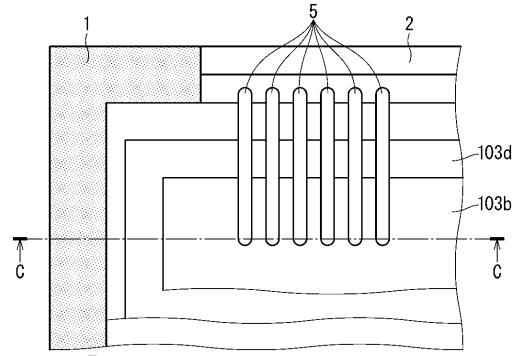
【 図 1 7 】



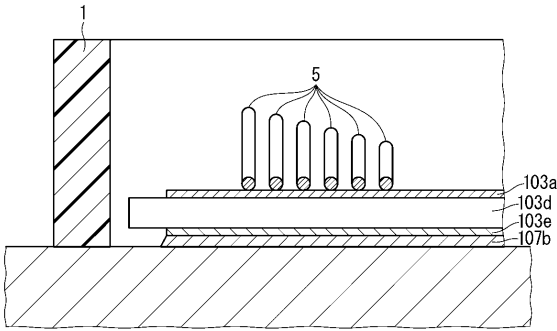
【 図 1 8 】



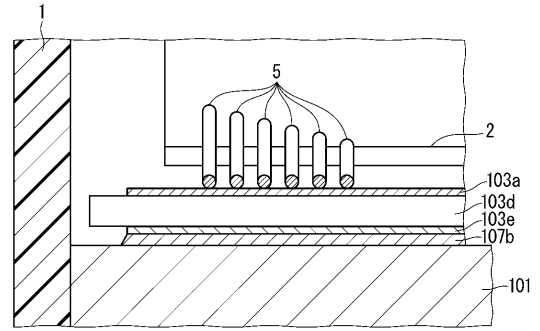
【 図 2 0 】



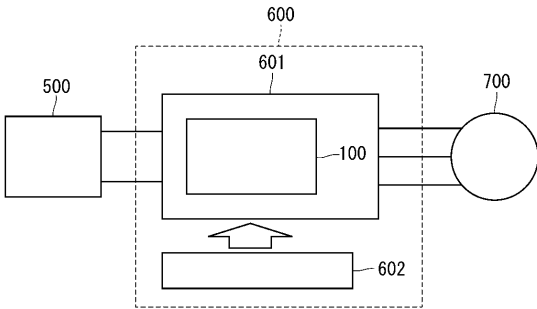
【 図 1 9 】



【 図 2 1 】



【 図 2 2 】



フロントページの続き

(72)発明者 松井 智香

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

Fターム(参考) 5F044 AA07 JJ03

5H770 BA02 BA03 BA05 BA09 BA20 CA01 CA02 CA05 CA06 DA03
DA41 JA09X JA10X QA04 QA05 QA06 QA08