

(19)日本国特許庁(JP)

## (12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7019024号  
(P7019024)

(45)発行日 令和4年2月14日(2022.2.14)

(24)登録日 令和4年2月3日(2022.2.3)

(51)国際特許分類	F I
H 0 1 L 23/29 (2006.01)	H 0 1 L 23/36 A
H 0 1 L 25/07 (2006.01)	H 0 1 L 25/04 C
H 0 1 L 25/18 (2006.01)	H 0 1 L 21/60 3 2 1 E
H 0 1 L 21/60 (2006.01)	

請求項の数 14 (全22頁)

(21)出願番号	特願2020-504788(P2020-504788)	(73)特許権者	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
(86)(22)出願日	平成30年12月3日(2018.12.3)	(74)代理人	110001195 特許業務法人深見特許事務所
(86)国際出願番号	PCT/JP2018/044374	(72)発明者	六分一 穂隆 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
(87)国際公開番号	WO2019/171684	(72)発明者	平松 星紀 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
(87)国際公開日	令和1年9月12日(2019.9.12)	(72)発明者	森崎 翔太 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
審査請求日	令和2年7月10日(2020.7.10)	(72)発明者	矢野 新也
(31)優先権主張番号	特願2018-40577(P2018-40577)		
(32)優先日	平成30年3月7日(2018.3.7)		
(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】 半導体装置及び電力変換装置

## (57)【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

表面と裏面とを有し、平面部を有する回路部材と、  
前記回路部材の前記平面部の前記表面よりも上側に前記平面部と平行に形成された端子部と、  
上面が前記端子部の上面よりも下側にあり、前記回路部材の前記平面部の前記表面に形成された半導体素子と、  
前記半導体素子上に配置され、前記半導体素子が露出する複数の第一開口部を有する樹脂層と、  
前記樹脂層上に配置され、上面が前記端子部の上面よりも上側にあり、前記複数の第一開口部で前記半導体素子と接合する導電層と、  
前記平面部と平行な上面を有し、前記回路部材と前記半導体素子と前記樹脂層と前記導電層と前記端子部の一部とを一体的に封止する封止部材と、を備えた半導体装置。

## 【請求項2】

前記半導体素子が配置された前記回路部材の前記平面部上に、前記半導体素子と同じ高さで、前記半導体素子が露出していない前記複数の第一開口部から露出し前記導電層と接続する接続部材を備えた請求項1に記載の半導体装置。

## 【請求項3】

前記樹脂層は、平面視において前記回路部材の表面の前記半導体素子が配置された領域以外を含んで開口し前記封止部材が充填された第二開口部を有する請求項1または請求項2

に記載の半導体装置。

【請求項 4】

前記樹脂層は、前記半導体素子の外周部の外側の厚みよりも前記半導体素子の外周部上の厚みが厚い請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載の半導体装置。

【請求項 5】

前記回路部材は、リードフレームである請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載の半導体装置。

【請求項 6】

前記回路部材は、絶縁層の表面および裏面に金属層を有する絶縁回路基板である請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載の半導体装置。

10

【請求項 7】

前記接続部材は、前記回路部材に一体的に設けられた請求項 2 に記載の半導体装置。

【請求項 8】

前記導電層は、前記半導体素子の主電極と接合する第一導電層と前記半導体素子の制御電極と接合する第二導電層を有し、前記第一導電層の厚みは、前記第二導電層の厚みより厚い請求項 1 から請求項 7 のいずれか 1 項に記載の半導体装置。

【請求項 9】

前記回路部材の裏面には、熱伝導部材が設けられ、前記熱伝導部材の下面が前記封止部材から露出した請求項 5 または請求項 7 に記載の半導体装置。

【請求項 10】

20

前記封止部材は、金属酸化物および窒化物の少なくとも一方を含むフィラーを含有している請求項 8 に記載の半導体装置。

【請求項 11】

前記封止部材の上面から前記第一導電層の上面までの距離および前記封止部材の下面から前記回路部材の裏面までの距離は、0.1 mm 以上 1 mm 以下である請求項 10 に記載の半導体装置。

【請求項 12】

前記絶縁回路基板は、前記絶縁層が前記絶縁層の表面の金属層と前記絶縁層の裏面の金属層とを電氣的に接続する貫通孔を備えた請求項 6 に記載の半導体装置。

【請求項 13】

30

前記封止部材の上面および下面の少なくともいずれか一方に冷却器を備えた請求項 1 から請求項 12 のいずれか 1 項に記載の半導体装置。

【請求項 14】

請求項 1 から請求項 13 のいずれか 1 項に記載の半導体装置を有し、  
入力される電力を変換して出力する主変換回路と、  
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】

40

この発明は、樹脂層を介して半導体素子上の電極と導電層とを接合した半導体装置及びこの半導体装置を備えた電力変換装置に関する。

【背景技術】

【0002】

一般に半導体装置は、半導体素子上の電極とその他の部位をアルミニウムなどのボンディングワイヤによって配線を行い、回路の絶縁のために樹脂封止されている。従来から、配線として、アルミニウムなどのボンディングワイヤを用いている半導体装置では、信頼性試験において、ボンディングワイヤの破断や半導体素子とボンディングワイヤとの界面で剥離の発生により半導体装置の寿命が短くなり、半導体装置の信頼性劣化の原因の一つであることが知られている。

50

## 【 0 0 0 3 】

半導体装置の信頼性の向上のために、半導体素子上の接続をボンディングワイヤから金属板をはんだで接続する半導体装置が開示されている(例えば、特許文献1)。しかしながら、この構造においては、半導体素子のエミッタ電極のみが金属板で接合されており、ゲート電極やセンス電極には、従来通りボンディングワイヤが使用されている。このため、ボンディングワイヤを封止するための封止樹脂の厚みが厚くなるので、半導体素子の表面側から封止樹脂外部までの距離が遠く、放熱性が劣化してしまう。

## 【 0 0 0 4 】

そこで、配線としてボンディングワイヤを使用せず、すべての電極を金属層のみで接続する半導体装置が求められている。この対策として、パワーオーバーレイ(POL: Power Overlay)を用いて配線する構造が開示されている(例えば、特許文献2)。

10

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【 0 0 0 5 】

【文献】特開2015-53343号公報

特開2015-70269号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【 0 0 0 6 】

しかしながら、従来の半導体装置では、半導体素子との配線には金属層が用いられているものの、半導体素子の周囲にビアを形成し、ビアを用いて上下間を配線するため、半導体素子の周囲でも発熱し、半導体素子が熱的な影響を受ける場合があった。また、外部との電氣的接続のために端子を形成する必要があるが、半導体装置の側面から端子を取り出す場合、絶縁性を確保するためには、半導体素子の裏面側からの距離を離して形成する必要がある。そして、端子は、金属層の上部の接続可能な位置に配置され、全体が封止樹脂で封止される。このため、半導体素子での発熱を半導体素子の表面側の金属層からも外部へ放熱する場合、半導体素子上部の金属層の上面は、端子の上面と同じか、それよりも低い位置となり、半導体素子と低熱抵抗で接続された金属層から封止樹脂までの距離が長く、半導体装置の放熱性が劣化する場合があるという課題があった。

20

## 【 0 0 0 7 】

本発明は、上述のような課題を解決するためになされたもので、高放熱性のモールド型半導体装置を得ることを目的とする。

30

## 【課題を解決するための手段】

## 【 0 0 0 8 】

表面と裏面とを有し、平面部を有する回路部材と、回路部材の平面部の表面よりも上側に平面部と平行に形成された端子部と、上面が端子部の上面よりも下側にあり、回路部材の平面部の表面に形成された半導体素子と、半導体素子上に配置され、半導体素子が露出する複数の第一開口部を有する樹脂層と、樹脂層上に配置され、上面が端子部の上面よりも上側にあり、複数の第一開口部で半導体素子と接合する導電層と、平面部と平行な上面を有し、回路部材と半導体素子と樹脂層と導電層と端子部の一部とを一体的に封止する封止部材と、を備えた半導体装置。

40

## 【発明の効果】

## 【 0 0 0 9 】

この発明の半導体装置によれば、導電層上面が端子部の上面より上側としたので、導電層から充填部材までの距離を短くでき、半導体装置の放熱性を向上することができる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【 0 0 1 0 】

【図1】この発明の実施の形態1における半導体装置を示す断面構造模式図である。

【図2】この発明の実施の形態1における半導体装置を示す平面構造模式図である。

【図3】この発明の実施の形態1における半導体装置の樹脂絶縁層形成前を示す平面構造

50

模式図である。

【図 4】この発明の実施の形態 1 における半導体装置の樹脂絶縁層を示す平面構造模式図である。

【図 5】この発明の実施の形態 1 における半導体装置の樹脂絶縁層形成後を示す平面構造模式図である。

【図 6】この発明の実施の形態 1 における半導体装置の導電層形成後を示す平面構造模式図である。

【図 7】この発明の実施の形態 1 における半導体装置の導電層を示す平面構造模式図である。

【図 8】この発明の実施の形態 1 における半導体装置の開口部近傍を示す平面構造模式図である。

10

【図 9】この発明の実施の形態 1 における半導体装置の他の開口部近傍を示す平面構造模式図である。

【図 10】この発明の実施の形態 2 における半導体装置を示す断面構造模式図である。

【図 11】この発明の実施の形態 3 における半導体装置を示す断面構造模式図である。

【図 12】この発明の実施の形態 3 における半導体装置を示す平面構造模式図である。

【図 13】この発明の実施の形態 4 における半導体装置を示す断面構造模式図である。

【図 14】この発明の実施の形態 5 における半導体装置を示す断面構造模式図である。

【図 15】この発明の実施の形態 5 における他の半導体装置を示す断面構造模式図である。

【図 16】この発明の実施の形態 5 における他の半導体装置を示す断面構造模式図である。

20

【図 17】この発明の実施の形態 6 における半導体装置を示す断面構造模式図である。

【図 18】この発明の実施の形態 7 における半導体装置を示す断面構造模式図である。

【図 19】この発明の実施の形態 8 におけ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。

【発明を実施するための形態】

【0011】

はじめに、本発明の半導体装置の全体構成について、図面を参照しながら説明する。なお、図は模式的なものであり、示された構成要素の正確な大きさなどを反映するものではない。また、同一の符号を付したものは、同一又はこれに相当するものであり、このことは明細書の全文において共通することである。

30

【0012】

実施の形態 1 .

この発明の実施の形態 1 における半導体装置について、図 1、図 2 を用いて説明する。

【0013】

図 1 は、この発明の実施の形態 1 における半導体装置を示す断面構造模式図である。図 2 は、この発明の実施の形態 1 における半導体装置を示す平面構造模式図である。図 1 は、図 2 に示した一点鎖線 A A における断面構造模式図である。

【0014】

図 1 において、半導体装置 100 は、熱伝導部材 1、回路部材であるリードフレーム 2、接合材であるはんだ 3、半導体素子 4、接続部材である導電スペーサー 5、樹脂層である樹脂絶縁層 6、導電層（第一導電層）である主回路用導電層 7、導電層（第二導電層）である制御用導電層 8、封止部材である封止樹脂 9 を備えている。なお、封止樹脂 9 の内部のリードフレーム 2 の端子部である端子部 2 a の上面から封止樹脂 9 の上面までの距離を  $h_1$ 、半導体素子 4 の上面から封止樹脂 9 の上面までの距離を  $h_2$ 、および主回路用導電層 7 および制御用導電層 8 の上面から封止樹脂 9 の上面までの距離を  $h_3$  とする。また、封止樹脂 9 の上面は、リードフレーム 2 の端子部 2 a の上面および半導体素子 4 の上面と平行であり、対向している。

40

【0015】

熱伝導部材 1 は、金属箔 1 a と金属箔 1 a の上面に形成された絶縁シート 1 b とを備えている。熱伝導部材 1 は、放熱性の高い絶縁層である。絶縁シート 1 b は、金属箔 1 a とリ

50

ードフレーム 2 とを絶縁すると共に、半導体素子 4 で発生した熱を絶縁シート 1 b を介して金属箔 1 a へ放熱する役割を有している。金属箔 1 a としては、銅板、アルミニウム板、銅箔などの高熱伝導部材が用いられる。

【 0 0 1 6 】

絶縁シート 1 b には、エポキシ樹脂などの熱硬化性樹脂が用いられ、その内部にはシリカやアルミナ、窒化ホウ素などの高伝導性フィラーが混入されている。

【 0 0 1 7 】

熱伝導部材 1 上には、所定の配線構造（配線回路）が形成されたリードフレーム 2 が設けられている。リードフレーム 2 は、表面と裏面とを備える。リードフレーム 2 の裏面には、熱伝導部材 1 の絶縁シート 1 b 上に配置される。リードフレーム 2 の表面の配線回路上には、半導体素子 4 の裏面電極が接合材であるはんだ 3 を介して接合されている。

10

【 0 0 1 8 】

リードフレーム 2 には、例えば、厚さ約 0 . 6 mm の平坦な板状の銅板を用いてプレス成形により平面部を有する配線回路が形成される。また、リードフレーム 2 の配線回路は、端子部 2 a と段差部（傾斜部） 2 b とを有している。端子部 2 a は、段差部 2 b を介して半導体素子 4 が配置されたリードフレーム 2 の配線回路へと接続されている。リードフレーム 2 の端子部 2 a および段差部 2 b は、段差部 2 b を形成したことで、熱伝導部材 1 と接しない。このため、熱伝導部材 1 の金属箔 1 a とリードフレーム 2 の端子部 2 a および段差部 2 b との間は、封止樹脂 9 の入り込んだ部位となる。リードフレーム 2 の段差部 2 b は、熱伝導部材 1 の金属箔 1 a と封止樹脂 9 との界面に沿った絶縁破壊を抑制するための構造である。また、端子部 2 a は、封止樹脂 9 の内部に配置される。端子部 2 a の一部は、封止樹脂 9 の側面側の内部から外部へ突出している。端子部 2 a は、リードフレーム 2 の平面部の表面よりも上側に形成されている。

20

【 0 0 1 9 】

リードフレーム 2 の段差部 2 b は、例えば、半抜き加工（ハーフエッチング）を行うことによって形成される。リードフレーム 2 の段差部 2 b の高さは、例えば、0 . 1 mm 以上かつ、リードフレーム 2 の厚みの半分の 0 . 3 mm 以下とする。リードフレーム 2 の段差部 2 b の高さを 0 . 1 mm 以上とすることで、熱伝導部材 1 とリードフレーム 2 との間に充填される封止樹脂 9 内にポイドが発生するのを抑制できる。

【 0 0 2 0 】

また、リードフレーム 2 の段差部 2 b の高さとしては、リードフレーム 2 の厚みの半分の 0 . 3 mm 以下とすることで、リードフレーム 2 の強度を確保することができる。さらに、段差部 2 b を設け、封止樹脂 9 で段差部 2 b を充填することで熱伝導部材 1 の金属箔 1 a とリードフレーム 2 との間の絶縁耐圧を向上することができる。

30

【 0 0 2 1 】

ここで、封止樹脂 9 の内部のリードフレーム 2 の端子部 2 a は、リードフレーム 2 に段差部 2 b を設けたことで、リードフレーム 2 の表面（上面）の半導体素子 4 の搭載部（領域）よりも上方に配置される。半導体素子 4 は、リードフレーム 2 の表面上に配置される。半導体素子 4 の上面は、リードフレーム 2 の端子部 2 a の上面よりもリードフレーム 2 の表面側（下側）の配置となる。すなわち、封止樹脂 9 の内部のリードフレーム 2 の端子部 2 a の上面から封止樹脂 9 の上面までの距離（ $h_1$ ）は、半導体素子 4 の上面から封止樹脂 9 の上面までの距離（ $h_2$ ）未満である。また、封止樹脂 9 の内部のリードフレーム 2 の端子部 2 a の上面は、半導体素子 4 の上面よりも上方に配置される。半導体素子 4 の上面が端子部 2 a の上面よりも下側にある。このように配置することで、上述のような熱伝導部材 1 の金属箔 1 a とリードフレーム 2 の端子部 2 a との間の絶縁耐圧を向上することができる。

40

【 0 0 2 2 】

半導体素子 4 には、入力交流電力を直流電力に変換するコンバータ部に用いるダイオードや、直流電力を交流電力に変換するインバータ部に用いるバイポーラトランジスタ、IGBT ( Insulated Gate Bipolar Transistor )、MOSF

50

ET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor)、GTO (Gate Turn-Off Thyristor) などがある。

#### 【0023】

導電スペーサー5は、リードフレーム2の上面の半導体素子4が配置(接合)された同一表面上に形成され、主回路用導電層7および制御用導電層8を介して半導体素子4と電氣的に接続される。導電スペーサー5は、銅やアルミニウムなどの金属板がはんだ3などでリードフレーム2の上面の所定の位置に配置されている。金属板のかわりに、はんだ3を積み上げることで形成可能である。また、導電スペーサー5は、例えば、電氣的接続が不要な箇所には、非導電性の板を接着剤で付けるなどして配置することで、樹脂絶縁層6

10

#### 【0024】

樹脂絶縁層6には、例えば、液晶ポリマーやポリイミドなどのポリマー材が用いられる。樹脂絶縁層6は、これらの材料を用いて、スピンコートや印刷などで形成された単層の樹脂フィルムまたは樹脂フィルムを重ねた積層フィルムから作製される。樹脂絶縁層6は、樹脂絶縁層6の下面側の半導体素子4と樹脂絶縁層6の上面側の主回路用導電層7または制御用導電層8とが、電氣的に絶縁できる膜厚を備えている。また、樹脂絶縁層6は、絶縁耐圧が必要な樹脂絶縁層6の所定の位置で樹脂フィルムを重ねる(積層する)ことで、異なる厚みの部分を作製しても良い。

20

#### 【0025】

樹脂絶縁層6は、シート状であり、半導体素子4の上面間を連続して(を跨いで)配置される。また、半導体素子4の上面および導電スペーサー5の上面に連続して配置される。樹脂絶縁層6には、半導体素子4または導電スペーサー5のそれぞれと主回路用導電層7または制御用導電層8とが電氣的に接合する位置に第一開口部である開口部10が形成される。開口部10は、半導体素子4と導電スペーサー5と、異なる開口位置で接続される。主回路用導電層7および制御用導電層8は、樹脂絶縁層6の開口部10を通して、例えば、銅を材料としてメッキなどの方法により、開口部10を充填し、樹脂絶縁層6の上面に積み上げることで配線されている。樹脂絶縁層6には、回路構成に合わせて開口部10を複数箇所形成しても良い。開口部10の大きさは、目的に応じて、複数の大きさで形成去れても良い。

30

#### 【0026】

また、樹脂絶縁層6には、第二開口部である開口部11が形成されている。平面視において、開口部11の周囲の少なくとも一部分には、リードフレーム2の表面上の半導体素子4または導電スペーサー5が配置された領域以外(いずれとも接していない部分)を有する(図2, 7, 8参照)。開口部11には、半導体素子4間、導電スペーサー5あるいは半導体素子4と導電スペーサー5との間等によって形成される狭ギャップ部を含んで形成される。封止樹脂9を充填して封止するときには、開口部11を通して、封止樹脂9が狭ギャップとなる半導体素子4間あるいは導電スペーサー5間に充填される。これにより、樹脂絶縁層6の下面側には、封止樹脂9が充填される。

40

#### 【0027】

主回路用導電層7は、例えば、半導体素子4の主電極であるソース電極またはエミッタ電極に接合される。また、制御用導電層8は、例えば、半導体素子4の制御電極であるゲート電極またはセンス電極に接合される。本実施の形態においては、主回路用導電層7と制御用導電層8の厚み方向の位置が一致しており(厚さが同一である)、メッキなどで導電層を積み上げる時間が同一であることを示している。さらに、例えば、半導体素子4が、ダイオードの場合、制御電極がないので、主回路用導電層7のみがダイオードの主電極に接合される。また、複数の半導体素子4を用いる場合、主回路用導電層7は、複数の半導体素子4間、または、半導体素子4と導電スペーサー5とを接続する。制御用導電層8は、半導体素子4の制御電極と導電スペーサー5とを接続する。

50

## 【 0 0 2 8 】

主回路用導電層 7 および制御用導電層 8 の厚みは、樹脂絶縁層 6 の厚み以上の厚みを有している。主回路用導電層 7 および制御用導電層 8 の厚みが、樹脂絶縁層 6 の厚みよりも薄い場合、開口部 10 において、開口部 10 を充填できず、また、導電層としての抵抗値が大きくなり、電流経路として機能しない場合がある。さらに、抵抗の増加により、過度に発熱するため、発熱した熱を効率的に封止樹脂 9 の外部へ放熱できずに、放熱性が劣化する。しかし、主回路用導電層 7 および制御用導電層 8 の厚みを樹脂絶縁層 6 の厚みよりも厚くすることで、開口部 10 を充填し、樹脂絶縁層 6 上に主回路用導電層 7 および制御用導電層 8 を形成することができる。また、主回路用導電層 7 および制御用導電層 8 の厚みを樹脂絶縁層 6 の厚みよりも厚くすることで、主回路用導電層 7 および制御用導電層 8 の抵抗値を低減でき、主回路用導電層 7 および制御用導電層 8 の熱容量も増加し、半導体素子 4 などで発熱した熱をより多く収集できる。そして、主回路用導電層 7 および制御用導電層 8 を介して熱を封止樹脂 9 の上部へ伝導することで、冷却効率を高めることができる。

10

## 【 0 0 2 9 】

また、主回路用導電層 7 および制御用導電層 8 の上面から封止樹脂 9 の上面までの距離 (  $h_3$  ) は、封止樹脂 9 の内部のリードフレーム 2 の端子部 2 a の上面から封止樹脂 9 の上面までの距離 (  $h_1$  ) 以下としている。言い換えると、主回路用導電層 7 および制御用導電層 8 の上面は、封止樹脂 9 の内部のリードフレーム 2 の端子部 2 a の上面よりも封止樹脂 9 の上面側に配置にされる。主回路用導電層 7 および制御用導電層 8 の上面が端子部 2 a の上面よりも上側にある。半導体素子 4 などからの発熱は、主に、半導体素子 4 の下面側では、リードフレーム 2 から、リードフレーム 2 の裏面側の熱伝導部材 1 へ伝導して封止樹脂 9 の下面側の外部へと放熱される。半導体素子 4 の上面側では、半導体素子 4 の上面と接合した主回路用導電層 7 および制御用導電層 8 の上面から封止樹脂 9 を通して封止樹脂 9 の上面から外部への放熱が考えられる。

20

## 【 0 0 3 0 】

半導体装置の外形が同じ寸法で、主回路用導電層 7 および制御用導電層 8 の上面が、リードフレーム 2 の端子部 2 a の上面よりもリードフレーム 2 の半導体素子 4 の配置側 ( 下側 ) である場合、主回路用導電層 7 および制御用導電層 8 の厚みが薄くなる。そして、主回路用導電層 7 および制御用導電層 8 から封止樹脂 9 の上面までの距離が長くなる。このため、主回路用導電層 7 および制御用導電層 8 を電流が流れることで発生するジュール熱と半導体素子 4 で発生した熱とを合わせて主回路用導電層 7 および制御用導電層 8 に伝導するが、主回路用導電層 7 および制御用導電層 8 の上面側から封止樹脂 9 の外部までの距離が長いため、半導体素子 4 の上面側から封止樹脂 9 の外部へ効率的に放熱できずに、リードフレーム 2 を伝導して、大部分の熱は、リードフレーム 2 の裏面側の熱伝導部材 1 から封止樹脂 9 の外部へ放熱するため、熱伝導部材 1 へ熱が集中し半導体装置の放熱性が劣化する。

30

## 【 0 0 3 1 】

しかし、本実施の形態 1 の半導体装置 100 では、主回路用導電層 7 および制御用導電層 8 の上面が、封止樹脂 9 の内部のリードフレーム 2 の端子部 2 a の上面よりも上側 ( 封止樹脂 9 の上面側 ) に配置される。このため、主回路用導電層 7 および制御用導電層 8 上の封止樹脂 9 の厚さを薄く形成することができる。このため、主回路用導電層 7 および制御用導電層 8 の上面から封止樹脂 9 の上面 ( 外部 ) までの距離を短くでき、主に、リードフレーム 2 を伝導して、リードフレーム 2 の裏面側の熱伝導部材 1 から外部へ放熱していた熱の一部を主回路用導電層 7 および制御用導電層 8 の上面側で分担し、放熱することができる。このため、半導体素子 4 の上面側で発生した熱を効率的に封止樹脂 9 の外部へ伝導し放熱することで、冷却効率を高めることができる。また、半導体装置 100 の大きさを保持したまま、放熱性を改善できる。これにより、半導体装置 100 の信頼性を向上することができる。特に、高温状態での動作が要求されるような使用状況においては、複数箇所を用いての放熱が有効となる。

40

## 【 0 0 3 2 】

50

封止樹脂 9 は、封止した部材間の絶縁性を確保するとともに、半導体装置 100 のケースとして機能する。封止樹脂 9 は、リードフレーム 2 と半導体素子 4 と導電スペーサー 5 と樹脂絶縁層 6 と導電層 7, 8 とを一体的に封止する。封止樹脂 9 においては、リードフレーム 2 の半導体素子 4 が配置された表面側が上面側であり、リードフレーム 2 の半導体素子 4 が配置されていない裏面側が下面側である。封止樹脂 9 の成型方法として、例えば、トランスファー成型、射出成型、コンプレッション成型などを用いることができる。また、封止樹脂 9 の材料としては、例えば、充填材を含有したエポキシ樹脂、フェノール樹脂などを用いることができる。

【0033】

次に、上述のように構成された本実施の形態 1 の半導体装置 100 の製造方法について説明する。

【0034】

図 3 から図 9 は、この発明の実施の形態 1 における半導体装置の製造工程を示す平面構造模式図である。図 3、図 5、図 6 の工程の後、樹脂封止工程を経ることにより、図 2 に示す半導体装置 100 を製造することができる。

【0035】

図 3 は、この発明の実施の形態 1 における半導体装置の樹脂絶縁層形成前を示す平面構造模式図である。図 4 は、この発明の実施の形態 1 における半導体装置の樹脂絶縁層を示す平面構造模式図である。図 5 は、この発明の実施の形態 1 における半導体装置の樹脂絶縁層形成後を示す平面構造模式図である。図 6 は、この発明の実施の形態 1 における半導体装置の導電層形成後を示す平面構造模式図である。図 7 は、この発明の実施の形態 1 における半導体装置の導電層を示す平面構造模式図である。

【0036】

はじめに、図 3 に示すように、リードフレーム 2 の表面の所定の位置に半導体素子 4、導電スペーサー 5 がはんだ 3 を介して接合される（部材配置工程）。

【0037】

次に、図 5 に示すように、リードフレーム 2 の表面に接合された半導体素子 4、導電スペーサー 5 の上に樹脂絶縁層 6 を形成する（樹脂絶縁層形成工程）。樹脂絶縁層 6 は、図 4 に示すように、予め、半導体素子 4 および導電スペーサー 5 の上部となる位置に開口部 10 を設けておく。この開口部 10 は、樹脂絶縁層 6 に複数箇所にて設けられており、それぞれが半導体素子 4 の電極形状または導電スペーサー 5 の形状に合わせて、このあとの工程で主回路用導電層 7、制御用導電層 8 と接続可能な形状を有している。

【0038】

次に、図 6 に示すように、主回路用導電層 7、制御用導電層 8 が樹脂絶縁層 6 の上面に配置される（導電層形成工程）。このとき上述のように、樹脂絶縁層 6 に形成した開口部 10 を通して、半導体素子 4 と主回路用導電層 7 と、導電スペーサー 5 と制御用導電層 8 とが、それぞれ電氣的に接続される。主回路用導電層 7 および制御用導電層 8 は、例えば、銅などの金属成分をめっきなどで積み上げて半導体素子 4 および導電スペーサー 5 を接続して、図 2 に示した構造となる。

【0039】

図 7 には、主回路用導電層 7 および制御用導電層 8 の平面模式図の一例を示しているが、主回路用導電層 7 および制御用導電層 8 は、リードフレーム 2 の表面上に形成された配線回路に合わせた導電層の形状とすればよい。

【0040】

次に、これらの工程を経たリードフレーム 2 を封止樹脂 9 を用いて封止する（樹脂封止工程）。樹脂封止工程では、図 1 に示したように、熱伝導部材 1 と上述の工程で作製済のリードフレーム 2 を金型内に投入する。金型へ投入後、トランスファー成型やコンプレッション成型、射出成型などによって封止樹脂 9 を成型する（で封止する）。このとき、樹脂絶縁層 6 に設けた開口部 11 を通じて封止樹脂 9 が、リードフレーム 2 と樹脂絶縁層 6 との間の空間を充填する。また、樹脂封止工程において、樹脂絶縁層 6 は、樹脂封止処理時

10

20

30

40

50

の熱により軟化せず、樹脂絶縁層 6 の形成時の形状を維持している。つまり、樹脂絶縁層 6 は、封止樹脂 9 よりも耐熱性のある材料を用いて形成されている。

【 0 0 4 1 】

図 8 は、この発明の実施の形態 1 における半導体装置の開口部近傍示す平面構造模式図である。図 9 は、この発明の実施の形態 1 における半導体装置の他の開口部近傍示す平面構造模式図である。

【 0 0 4 2 】

図 8 に示すように、樹脂絶縁層 6 の第二開口部である開口部 1 1 の周囲に導電スペーサー 5 などと接する部位がある場合は、図 9 に示すような導電スペーサー 5 と接する部位がない場合と比較して、接する部位がある方向へは流動せず、接する部位がない方向へ封止樹脂 9 が流動するため、開口部 1 1 の形成位置により封止樹脂 9 の流動方向 1 2 を任意に制御することもできる。また、封止樹脂 9 の成型後には、開口部 1 1 は封止樹脂 9 で充填されている。

10

【 0 0 4 3 】

以上のように構成された半導体装置 1 0 0 においては、主回路用導電層 7 および制御用導電層 8 の上面は、リードフレーム 2 の端子部 2 a の上面よりも上側としたので、半導体素子 4 の上面側からも、半導体素子 4 での発熱を効率的に封止樹脂 9 の外部へ伝導することができ、冷却効率を高めることが可能となる。その結果、半導体装置 1 0 0 の信頼性を向上することができる。

【 0 0 4 4 】

実施の形態 2 .

本実施の形態 2 においては、実施の形態 1 で用いた主回路用導電層 7 の厚さを制御用導電層 8 の厚さよりも厚くした点異なる。このように、半導体素子 4 と接合される主回路用導電層 7 の厚さを制御用導電層 8 の厚さよりも厚くすることで、発熱量の多い半導体素子 4 からの熱を効率的に放熱することができる。なお、その他の点については、実施の形態 1 と同様であるので、詳しい説明は省略する。

20

【 0 0 4 5 】

このような場合においても、主回路用導電層 7 および制御用導電層 8 の上面は、リードフレーム 2 の端子部 2 a の上面よりも上側としたので、半導体素子 4 の上面側からも、半導体素子 4 での発熱を効率的に封止樹脂 9 の外部へ伝導することができ、冷却効率を高めることが可能となる。その結果、半導体装置の信頼性を向上することができる。

30

【 0 0 4 6 】

図 1 0 は、この発明の実施の形態 2 における半導体装置を示す断面構造模式図である。図 1 0 において、半導体装置 2 0 0 は、熱伝導部材 1、回路部材であるリードフレーム 2、接合材であるはんだ 3、半導体素子 4、接続部材である導電スペーサー 5、樹脂層である樹脂絶縁層 6、第一導電層である主回路用導電層 7、第二導電層である制御用導電層 8、封止部材である封止樹脂 9、第一開口部である開口部 1 0、を備えている。主回路用導電層 7 の厚みは、制御用導電層 8 の厚みよりも厚くしている。また、リードフレーム 2 は、端子部である端子部 2 a と段差部（傾斜部） 2 b とを有している。

【 0 0 4 7 】

図 1 0 に示すような主回路用導電層 7 は、例えば、主回路用導電層 7 の部分をめっきによって厚く積み上げる、厚銅の金属板をプレスなどで接着することで形成できる。このようにすることで、制御用導電層 8 よりも厚みの厚い主回路用導電層 7 を得ることができる。

40

【 0 0 4 8 】

以上のように構成された半導体装置 2 0 0 においては、主回路用導電層 7 および制御用導電層 8 の上面は、リードフレーム 2 の端子部 2 a の上面よりも上側としたので、半導体素子 4 の上面側からも、半導体素子 4 での発熱を効率的に封止樹脂 9 の外部へ伝導することができ、冷却効率を高めることが可能となる。その結果、半導体装置 2 0 0 の信頼性を向上することができる。

【 0 0 4 9 】

50

また、半導体素子 4 と接合される主回路用導電層 7 の厚さを制御用導電層 8 の厚さよりも厚くすることで、発熱量の多い半導体素子 4 からの熱を効率的に放熱することができる。

【 0 0 5 0 】

実施の形態 3 .

本実施の形態 3 においては、実施の形態 2 で用いた樹脂絶縁層 6 の厚さを半導体素子 4 の外周部の外側よりも半導体素子 4 の外周部上で厚くした点が異なる。このように、半導体素子 4 の外周部上の樹脂絶縁層 6 を厚くしたので、半導体装置の絶縁性をさらに向上することができる。なお、その他の点については、実施の形態 2 と同様であるので、詳しい説明は省略する。

【 0 0 5 1 】

このような場合においても、主回路用導電層 7 および制御用導電層 8 の上面は、リードフレーム 2 の端子部 2 a の上面よりも上側としたので、半導体素子 4 の上面側からも、半導体素子 4 での発熱を効率的に封止樹脂 9 の外部へ伝導することができ、冷却効率を高めることが可能となる。その結果、半導体装置の信頼性を向上することができる。

【 0 0 5 2 】

図 1 1 は、この発明の実施の形態 3 における半導体装置を示す断面構造模式図である。図 1 2 は、この発明の実施の形態 3 における半導体装置を示す平面構造模式図である。図 1 1 において、半導体装置 3 0 0 は、熱伝導部材 1、回路部材であるリードフレーム 2、接合材であるはんだ 3、半導体素子 4、接続部材である導電スペーサー 5、樹脂層である樹脂絶縁層 6、第一導電層である主回路用導電層 7、第二導電層である制御用導電層 8、封止部材である封止樹脂 9、第一開口部である開口部 1 0、樹脂絶縁層 6 の凸部 1 3 を備えている。主回路用導電層 7 の厚みは、制御用導電層 8 の厚みよりも厚くしている。また、樹脂絶縁層 6 の凸部 1 3 は、半導体素子 4 の外周部に形成されている。樹脂絶縁層 6 の凸部 1 3 の厚さは、半導体素子 4 の外周部の外側の樹脂絶縁層 6 の厚さよりも厚い。さらに、リードフレーム 2 は、端子部である端子部 2 a と段差部（傾斜部）2 b とを有している。

【 0 0 5 3 】

図 1 1 , 1 2 に示すように、さらに、半導体装置の絶縁性を向上するために半導体素子 4 の外周部上の樹脂絶縁層 6 に凸部 1 3 を設けている。本実施の形態では、樹脂絶縁層 6 の半導体素子 4 の外周部と接する部分に予め凸部 1 3 を作製しており、図 1 1 に示すようにリードフレーム 2 に実装された半導体素子 4 と接する外周部部分が厚くなり、回路層を形成する電極部分には打ち抜きなどにより開口部 1 0 を形成している。

【 0 0 5 4 】

以上のように構成された半導体装置 3 0 0 においては、主回路用導電層 7 および制御用導電層 8 の上面は、リードフレーム 2 の端子部 2 a の上面よりも上側としたので、半導体素子 4 の上面側からも、半導体素子 4 での発熱を効率的に封止樹脂 9 の外部へ伝導することができ、冷却効率を高めることが可能となる。その結果、半導体装置 3 0 0 の信頼性を向上することができる。

【 0 0 5 5 】

また、半導体素子 4 と接合される主回路用導電層 7 の厚さを制御用導電層 8 の厚さよりも厚くすることで、発熱量の多い半導体素子 4 からの熱を効率的に放熱することができる。

【 0 0 5 6 】

さらに、半導体素子 4 の外周部と接する樹脂絶縁層 6 に凸部 1 3 を設けたので、半導体装置 3 0 0 の絶縁信頼性を向上することができる。

【 0 0 5 7 】

実施の形態 4 .

本実施の形態 4 においては、実施の形態 3 で用いた熱伝導部材 1 をなくし高熱伝導率のフィラーを含む封止樹脂 9 でリードフレーム 2 の裏面側も封止した点が異なる。このように、リードフレーム 2 の裏面側も高熱伝導率のフィラーを含む封止樹脂で封止したので、半導体装置の絶縁性と放熱性を向上することができる。なお、その他の点については、実施の形態 3 と同様であるので、詳しい説明は省略する。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 5 8 】

このような場合においても、主回路用導電層 7 および制御用導電層 8 の上面は、リードフレーム 2 の端子部 2 a の上面よりも上側としたので、半導体素子 4 の上面側からも、半導体素子 4 での発熱を効率的に封止樹脂 9 の外部へ伝導することができ、冷却効率を高めることが可能となる。その結果、半導体装置の信頼性を向上することができる。

## 【 0 0 5 9 】

図 1 3 は、この発明の実施の形態 4 における半導体装置を示す断面構造模式図である。図 1 3 において、半導体装置 4 0 0 は、回路部材であるリードフレーム 2、接合材であるはんだ 3、半導体素子 4、接続部材である導電スペーサー 5、樹脂層である樹脂絶縁層 6、第一導電層である主回路用導電層 7、第二導電層である制御用導電層 8、封止部材である封止樹脂 9、第一開口部である開口部 1 0、樹脂絶縁層 6 の凸部 1 3 を備えている。主回路用導電層 7 の厚みは、制御用導電層 8 の厚みよりも厚くしている。また、凸部 1 3 は、樹脂絶縁層 6 の半導体素子 4 と接する外周部に形成されている。さらに、リードフレーム 2 は、端子部である端子部 2 a と段差部（傾斜部）2 b とを有している。

10

## 【 0 0 6 0 】

図 1 3 において、リードフレーム 2 の裏面側にも封止樹脂 9 が形成されている。これにより、封止樹脂 9 でリードフレーム 2 が包含された構造となる。封止樹脂 9 には、高熱伝導率のフィラーが使用されており、例えば、シリカやアルミナなどの金属酸化物や窒化アルミニウムや窒化ホウ素などの窒化物が用いられている。封止樹脂 9 は、金属酸化物および窒化物少なくとも一方を含むフィラーを含有している。

20

## 【 0 0 6 1 】

本実施の形態では、図 1 3 に示すように、封止樹脂 9 は、全体を包含することで、樹脂筐体の役割と同時に、リードフレーム 2 や主回路用導電層 7 の絶縁性を確保する役割と、半導体素子 4 からの熱を放熱する役割を持つ。このため、封止樹脂 9 の下面からリードフレーム 2 の裏面までの距離、すなわち、リードフレーム 2 の裏面側の封止樹脂 9 の厚さ 1 4 と主回路用導電層 7 の上面から封止樹脂 9 の上面までの距離、すなわち主回路用導電層 7 の上側の封止樹脂 9 の厚さ 1 4 は、半導体装置の放熱性と絶縁性の観点から、0 . 1 mm 以上 1 . 0 mm 以下であることが望ましい。厚さ 1 4 が、0 . 1 mm よりも薄い場合は、絶縁性を確保することができない。また、厚さ 1 4 が、1 . 0 mm よりも厚い場合は、放熱性が劣化する場合がある。このため、厚さ 1 4 の範囲は、0 . 1 mm 以上 1 . 0 mm 以下であることが望ましい。

30

## 【 0 0 6 2 】

以上のように構成された半導体装置 4 0 0 においては、主回路用導電層 7 および制御用導電層 8 の上面は、リードフレーム 2 の端子部 2 a の上面よりも上側としたので、半導体素子 4 の上面側からも、半導体素子 4 での発熱を効率的に封止樹脂 9 の外部へ伝導することができ、冷却効率を高めることが可能となる。その結果、半導体装置 4 0 0 の信頼性を向上することができる。

## 【 0 0 6 3 】

また、半導体素子 4 と接合される主回路用導電層 7 の厚さを制御用導電層 8 の厚さよりも厚くしたので、発熱量の多い半導体素子 4 からの熱を効率的に放熱することができる。

40

## 【 0 0 6 4 】

さらに、半導体素子 4 の外周部と接する樹脂絶縁層 6 に凸部 1 3 を設けたので、半導体装置 4 0 0 の絶縁信頼性を向上することができる。

## 【 0 0 6 5 】

また、高熱伝導率のフィラーを含む封止樹脂 9 でリードフレーム 2 の裏面側も封止したので、半導体装置 4 0 0 の絶縁性と放熱性を向上することができる。

## 【 0 0 6 6 】

実施の形態 5 .

本実施の形態 5 においては、実施の形態 3 で用いた回路部材 2 を絶縁回路基板 1 5 に置き換えて、封止樹脂 9 で絶縁回路基板 1 5 の裏面側も封止した点が異なる。このように、絶

50

縁回路基板 15 を用い、絶縁回路基板 15 の裏面側も封止樹脂で封止したので、半導体装置の絶縁性と放熱性を向上することができる。なお、その他の点については、実施の形態 3 と同様であるので、詳しい説明は省略する。

【0067】

このような場合においても、主回路用導電層 7 および制御用導電層 8 の上面は、絶縁回路基板 15 の端子 17 の上面よりも上側としたので、半導体素子 4 の上面側からも、半導体素子 4 での発熱を効率的に封止樹脂 9 の外部へ伝導することができ、冷却効率を高めることが可能となる。その結果、半導体装置の信頼性を向上することができる。

【0068】

図 14 は、この発明の実施の形態 5 における半導体装置を示す断面構造模式図である。図 14 において、半導体装置 500 は、回路部材である絶縁回路基板 15、接合材であるはんだ 3、半導体素子 4、接続部材である導電スペーサー 5、樹脂層である樹脂絶縁層 6、第一導電層である主回路用導電層 7、第二導電層である制御用導電層 8、封止部材である封止樹脂 9、第一開口部である開口部 10、樹脂絶縁層 6 の凸部 13、端子部である端子 17 を備えている。主回路用導電層 7 の厚みは、制御用導電層 8 の厚みよりも厚くしている。また、凸部 13 は、樹脂絶縁層 6 の半導体素子 4 と接する領域の周囲に形成されている。

10

【0069】

絶縁回路基板 15 は、絶縁層 15 a の両面（表面、裏面）に金属層 15 c、15 b を備えている。絶縁回路基板 15 には、板状のプリント配線基板のようなフィラーと樹脂で構成される基板を用いることができ、例えば、アルミナや窒化アルミニウム、窒化ケイ素などのセラミックの両側に銅などの金属圧延材が貼り付けられた基板でもよい。

20

【0070】

本実施の形態では、図 14 に示すように、端子 17 は、絶縁回路基板 15 の表面の金属層 15 c とはんだ 3 で接合されている。このため、封止樹脂 9 で封止するときには、端子 17 を金型で挟み込むことで、金型内部の底面（下金型の表面）から絶縁回路基板 15 を浮かせて成型している。そして、封止樹脂 9 は、絶縁回路基板 15 の裏面側にも回り込む。端子 17 の金型内部へ突出した部分は、封止樹脂 9 で封止後、封止樹脂 9 の内部に封止される。端子 17 の金型に挟みこまれた部分は、封止樹脂 9 で封止後、封止樹脂 9 の内部から外部へ突出している。半導体素子 4 の上面は、絶縁回路基板 15 の端子 17 の上面よりも絶縁回路基板 15 の表面側の配置となる。すなわち、封止樹脂 9 の内部の端子 17 の上面から封止樹脂 9 の上面までの距離は、半導体素子 4 の上面から封止樹脂 9 の上面までの距離未満となるように配置している。

30

【0071】

また、図 14 に示すように、封止樹脂 9 は、半導体装置 500 の全体を包含することで、樹脂筐体の役割と同時に、絶縁回路基板 15 や主回路用導電層 7 の絶縁性を確保する役割と、半導体素子 4 からの熱を放熱する役割を持つ。このため、封止樹脂 9 の下面から絶縁回路基板 15 の金属層 15 b の裏面までの距離、すなわち、金属層 15 b の裏面側の封止樹脂 9 の厚さ 14 と主回路用導電層 7 の上面から封止樹脂 9 の上面までの距離、すなわち主回路用導電層 7 の上側の封止樹脂 9 の厚さ 14 は、半導体装置の放熱性と絶縁性の観点から、0.1 mm 以上 1.0 mm 以下であることが望ましい。厚さ 14 が、0.1 mm よりも薄い場合は、絶縁性を確保することができない。また、厚さ 14 が、1.0 mm よりも厚い場合は、放熱性が劣化する場合がある。このため、厚さ 14 の範囲は、0.1 mm 以上 1.0 mm 以下であることが望ましい。

40

【0072】

図 15 は、この発明の実施の形態 5 における他の半導体装置を示す断面構造模式図である。図 15 において、半導体装置 501 は、回路部材である絶縁回路基板 15、接合材であるはんだ 3、半導体素子 4、接続部材である導電スペーサー 5、樹脂層である樹脂絶縁層 6、第一導電層である主回路用導電層 7、第二導電層である制御用導電層 8、封止部材である封止樹脂 9、第一開口部である開口部 10、樹脂絶縁層 6 の凸部 13、端子部である

50

端子 17 を備えている。主回路用導電層 7 の厚みは、制御用導電層 8 の厚みよりも厚くしている。また、凸部 13 は、樹脂絶縁層 6 の半導体素子 4 と接する領域の周囲に形成されている。さらに、半導体装置 501 の上面および下面には、グリース 21 を介して冷却器 20 を備えている。

【0073】

図 15 に示すように、半導体装置の上面、下面に冷却器 20 を備えることで、冷却性能を向上させることもできる。冷却器 20 は、必要な冷却能力に応じて、上面、下面のいずれか一方のみに備えることもできる。

【0074】

図 16 は、この発明の実施の形態 5 における他の半導体装置を示す断面構造模式図である。図 16 において、半導体装置 510 は、回路部材である絶縁回路基板 15、接合材であるはんだ 3、半導体素子 4、接続部材である導電スペーサー 5、樹脂層である樹脂絶縁層 6、第一導電層である主回路用導電層 7、第二導電層である制御用導電層 8、封止部材である封止樹脂 9、第一開口部である開口部 10、樹脂絶縁層 6 の凸部 13、端子部である端子 17 を備えている。主回路用導電層 7 の厚みは、制御用導電層 8 の厚みよりも厚くしている。また、凸部 13 は、樹脂絶縁層 6 の半導体素子 4 と接する領域の周囲に形成されている。さらに、絶縁回路基板 15 の裏面の金属層 15c の裏面を封止樹脂 9 から露出した構造としている。

10

【0075】

ここで、封止樹脂 9 の内部の絶縁回路基板 15 の端子 17 は、絶縁回路基板 15 の表面（上面）の半導体素子 4 の搭載部（領域）よりも上方に配置される。半導体素子 4 は、絶縁回路基板 15 の表面上に配置される。半導体素子 4 の上面は、絶縁回路基板 15 の端子 17 の上面よりも絶縁回路基板 15 の表面側の配置となる。すなわち、封止樹脂 9 の内部の絶縁回路基板 15 の端子 17 の上面から封止樹脂 9 の上面までの距離（ $h_1$ ）は、半導体素子 4 の上面から封止樹脂 9 の上面までの距離（ $h_2$ ）未満である。このように配置することで、絶縁回路基板 15 の絶縁層の裏面側の金属層 15c と絶縁回路基板 15 の端子 17 との間の絶縁耐圧を向上することができる。

20

【0076】

また、主回路用導電層 7 および制御用導電層 8 の上面は、封止樹脂 9 の内部の絶縁回路基板 15 の端子 17 の上面よりも封止樹脂 9 の上面側に配置される。また、封止樹脂 9 の内部の絶縁回路基板 15 の端子 17 の上面は、半導体素子 4 の上面よりも上方に配置される。このため、半導体素子 4 の上面側で発生した熱を効率的に封止樹脂 9 の外部へ伝導し放熱することで、冷却効率を高めることができる。これにより、半導体装置 500, 501, 510 の信頼性を向上することができる。特に、高温状態での動作が要求されるような使用状況においては、複数箇所を用いての放熱が有効となる。

30

【0077】

以上のように構成された半導体装置 500, 501, 510 においては、主回路用導電層 7 および制御用導電層 8 の上面は、絶縁回路基板 15 の端子 17 の上面よりも上側としたので、半導体素子 4 の上面側からも、半導体素子 4 での発熱を効率的に封止樹脂 9 の外部へ伝導することができ、冷却効率を高めることが可能となる。その結果、半導体装置 500, 501, 510 の信頼性を向上することができる。

40

【0078】

また、半導体素子 4 と接合される主回路用導電層 7 の厚さを制御用導電層 8 の厚さよりも厚くすることで、発熱量の多い半導体素子 4 からの熱を効率的に放熱することができる。

【0079】

さらに、半導体素子 4 の外周部と接する樹脂絶縁層 6 に凸部 13 を設けたので、半導体装置 500, 501, 510 の絶縁信頼性を向上することができる。

【0080】

実施の形態 6.

本実施の形態 6 においては、実施の形態 5 で用いた絶縁回路基板 15 に放熱性の向上のた

50

めにスルーホール16を設けた点が異なる。このように、絶縁回路基板15にスルーホール16を設け、スルーホール16内に銅柱などを挿入して金属層15bと金属層15cとを接続したので、絶縁回路基板15の金属層15cからの熱伝導率を向上することができる。なお、その他の点については、実施の形態5と同様であるので、詳しい説明は省略する。

#### 【0081】

このような場合においても、主回路用導電層7および制御用導電層8の上面は、絶縁回路基板15の端子17の上面よりも上側としたので、半導体素子4の上面側からも、半導体素子4での発熱を効率的に封止樹脂9の外部へ伝導することができ、冷却効率を高めることが可能となる。その結果、半導体装置の信頼性を向上することができる。

10

#### 【0082】

図17は、この発明の実施の形態6における半導体装置を示す断面構造模式図である。図17において、半導体装置600は、回路部材である絶縁回路基板15、接合材であるはんだ3、半導体素子4、接続部材である導電スペーサー5、樹脂層である樹脂絶縁層6、第一導電層である主回路用導電層7、第二導電層である制御用導電層8、封止部材である封止樹脂9、第一開口部である開口部10、樹脂絶縁層6の凸部13、貫通孔であるスルーホール16、端子部である端子17を備えている。主回路用導電層7の厚みは、制御用導電層8の厚みよりも厚くしている。また、凸部13は、樹脂絶縁層6の半導体素子4と接する領域の周囲に形成されている。

#### 【0083】

絶縁回路基板15は、絶縁層15aの両面(表面、裏面)に金属層15c、15bを備えている。絶縁回路基板15は、絶縁回路基板15を貫通するスルーホール16を有している。スルーホール16は、内部に銅柱などが挿入され、金属層15cと金属層15bとが接続された構造となっている。

20

#### 【0084】

本実施の形態では、図17に示すように、端子17は、絶縁回路基板15の表面の金属層15cとはんだ3で接合されている。このため、封止樹脂9の成型のときには、端子17を金型で挟み込むことで、金型内部の底面(下金型の表面)から絶縁回路基板15を浮かせて成型している。端子17の金型内部へ突出した部分は、封止樹脂9で封止後、封止樹脂9の内部に封止される。端子17の金型に挟みこまれた部分は、封止樹脂9で封止後、封止樹脂9の内部から外部へ突出している。端子17の上面から封止樹脂9の上面までの距離は、半導体素子4の上面から封止樹脂9の上面までの距離未満となるように配置している。

30

#### 【0085】

また、図17に示すように、封止樹脂9は、半導体装置600の全体を包含することで、樹脂筐体の役割と同時に、絶縁回路基板15や主回路用導電層7の絶縁性を確保する役割と、半導体素子4からの熱を放熱する役割を持つ。このため、封止樹脂9の下面から絶縁回路基板15の金属層15bの裏面までの距離、すなわち、金属層15bの裏面側の封止樹脂9の厚さ14と主回路用導電層7の上面から封止樹脂9の上面までの距離、すなわち主回路用導電層7の上側の封止樹脂9の厚さ14は、半導体装置の放熱性と絶縁性の観点から、0.1mm以上1.0mm以下であることが望ましい。厚さ14が、0.1mmよりも薄い場合は、絶縁性を確保することができない。また、厚さ14が、1.0mmよりも厚い場合は、放熱性が劣化する場合がある。このため、厚さ14の範囲は、0.1mm以上1.0mm以下であることが望ましい。

40

#### 【0086】

以上のように構成された半導体装置600においては、主回路用導電層7および制御用導電層8の上面は、絶縁回路基板15の端子17の上面よりも上側としたので、半導体素子4の上面側からも、半導体素子4での発熱を効率的に封止樹脂9の外部へ伝導することができ、冷却効率を高めることが可能となる。その結果、半導体装置600の信頼性を向上することができる。

50

【0087】

また、半導体素子4と接合される主回路用導電層7の厚さを制御用導電層8の厚さよりも厚くすることで、発熱量の多い半導体素子4からの熱を効率的に放熱することができる。

【0088】

さらに、半導体素子4の外周部と接する樹脂絶縁層6に凸部13を設けたので、半導体装置600の絶縁信頼性を向上することができる。

【0089】

実施の形態7

本実施の形態7においては、実施の形態1で用いたリードフレーム2と主回路用導電層7および制御用導電層8との接続のための導電スペーサー5をリードフレーム2に一体的に設けた突起部2cとした点異なる。このように、リードフレーム2に突起部2cを設け、リードフレーム2と主回路用導電層7および制御用導電層8とを突起部2cを用いて接続したので、リードフレーム2と主回路用導電層7および制御用導電層8との接続不良を防ぐことができる。なお、その他の点については、実施の形態1と同様であるので、詳しい説明は省略する。

10

【0090】

図18は、この発明の実施の形態7における半導体装置を示す断面構造模式図である。

【0091】

図において、半導体装置700は、熱伝導部材1、回路部材であるリードフレーム2、接合材であるはんだ3、半導体素子4、接続部材である導電スペーサー5、樹脂層である樹脂絶縁層6、導電層(第一導電層)である主回路用導電層7、導電層(第二導電層)である制御用導電層8、封止部材である封止樹脂9を備えている。

20

【0092】

また、リードフレーム2は、端子部である端子部2aと段差部(傾斜部)2bとを有し、突起部2cを有する。突起部2cは、リードフレーム2と主回路用導電層7および制御用導電層8とを電氣的、熱的に接続するために用いられる。断面視および平面視において、突起部2cの面積は、樹脂絶縁層6のリードフレーム2と主回路用導電層7および制御用導電層8との接続部の開口部10の面積よりも大きくしている。これにより、リードフレーム2と主回路用導電層7および制御用導電層8との接続不良を防ぐことができる。

【0093】

さらに、突起部2cは、リードフレーム2の打ち抜きによる作製の前後工程において、鍛造などにより形成することができる。また、リードフレーム2の一部の厚みを厚くして作製した後に切削などにより、突起部2c以外の部分の厚みを薄くすることで、突起部2cを形成してもよい。鍛造や切削で突起部2cを作製するとき、リードフレーム2の厚みが薄いときは鍛造や切削による加工に耐えきれず、破れや亀裂が発生するため、リードフレーム2の厚みとしては、0.3mm以上であることが望ましい。

30

【0094】

以上のように構成された半導体装置700においては、主回路用導電層7および制御用導電層8の上面は、リードフレーム2の端子部2aの上面よりも上側としたので、半導体素子4の上面側からも、半導体素子4での発熱を効率的に封止樹脂9の外部へ伝導することができ、冷却効率を高めることが可能となる。その結果、半導体装置700の信頼性を向上することができる。

40

【0095】

また、リードフレーム2に一体的に突起部2cを設け、突起部2cの面積を樹脂絶縁層6のリードフレーム2と主回路用導電層7および制御用導電層8との接続部の開口部10の面積よりも大きくしたので、リードフレーム2と主回路用導電層7および制御用導電層8との接続不良を防ぐことができる。

【0096】

実施の形態8

本実施の形態8は、上述した実施の形態1から7にかかる半導体装置を電力変換装置に適

50

用したものである。本発明は特定の電力変換装置に限定されるものではないが、以下、実施の形態 8 として、三相のインバータに本発明を適用した場合について説明する。

【0097】

図 19 は、この発明の実施の形態 8 におけ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。

【0098】

図 19 に示す電力変換システムは、電源 1000、電力変換装置 2000、負荷 3000 を備えている。電源 1000 は、直流電源であり、電力変換装置 2000 に直流電力を供給する。電源 1000 は種々のもので構成することができ、例えば、直流系統、太陽電池、蓄電池で構成することができるし、交流系統に接続された整流回路、AC/DC コンバータなどで構成することとしてもよい。また、電源 1000 を、直流系統から出力される直流電力を所定の電力に変換する DC/DC コンバータによって構成することとしてもよい。

10

【0099】

電力変換装置 2000 は、電源 1000 と負荷 3000 との間に接続された三相のインバータであり、電源 1000 から供給された直流電力を交流電力に変換し、負荷 3000 に交流電力を供給する。電力変換装置 2000 は、図 19 に示すように、電源 1000 から入力される直流電力を交流電力に変換して出力する主変換回路 2001 と、主変換回路 2001 を制御する制御信号を主変換回路 2001 に出力する制御回路 2003 とを備えている。

20

【0100】

負荷 3000 は、電力変換装置 2000 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 3000 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、空調機器向けの電動機等として用いられる。

【0101】

以下、電力変換装置 2000 の詳細を説明する。主変換回路 2001 は、半導体装置 2002 に内蔵されたスイッチング素子と還流ダイオードとを備えており（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 1000 から供給される直流電力を交流電力に変換し、負荷 3000 に供給する。主変換回路 2001 の具体的な回路構成は種々のものがあるが、本実施の形態にかかる主変換回路 2001 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に接続された 6 つの還流ダイオードとから構成することができる。主変換回路 2001 は、各スイッチング素子、各還流ダイオードなどを内蔵する上述した実施の形態 1 から 5 のいずれかに相当する半導体装置 2002 によって構成される。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。各上下アームの出力端子、すなわち主変換回路 2001 の 3 つの出力端子は、負荷 3000 に接続される。

30

【0102】

また、主変換回路 2001 は、各スイッチング素子を駆動する駆動回路（図示なし）を備えている。駆動回路は半導体装置 2002 に内蔵されていてもよいし、半導体装置 2002 とは別に駆動回路を備える構成であってもよい。駆動回路は、主変換回路 2001 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 2001 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 2003 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。

40

【0103】

50

制御回路 2003 は、負荷 3000 に所望の電力が供給されるよう主変換回路 2001 のスイッチング素子を制御する。具体的には、負荷 3000 に供給すべき電力に基づいて主変換回路 2001 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 2001 を制御することができる。また、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出力し、オフ状態となるべきスイッチング素子にはオフ信号を出力されるように、主変換回路 2001 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又はオフ信号を駆動信号として出力する。

【0104】

以上のように構成された本実施の形態 8 に係る電力変換装置においては、主変換回路 2001 の半導体装置 2002 として実施の形態 1 から 7 にかかる半導体装置を適用するため、信頼性向上を実現することができる。

【0105】

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、マルチレベルの電力変換装置であってもよいし、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よい。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、AC / DC コンバータなどに本発明を適用することもできる。

【0106】

また、本発明を適用した電力変換装置は、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、レーザー加工機、誘導加熱調理器、非接触器給電システムの電源装置等として用いることもでき、さらには、太陽光発電システム、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できる。

【0107】

上述した実施の形態は、すべての点で例示であって制限的なものではないと解されるべきである。本発明の範囲は、上述した実施形態の範囲ではなく、特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味及び範囲内でのすべての変更を含むものである。また、上記の実施形態に開示されている複数の構成要素を適宜組み合わせることにより発明を形成してもよい。

【符号の説明】

【0108】

1 熱伝導部材、1 a 金属箔、1 b 絶縁シート、2 リードフレーム、2 a 端子部、2 b 段差部、2 c 突起部、3 はんだ、4 半導体素子、5 導電スペーサー、6 樹脂絶縁層、7 主回路用導電層、8 制御用導電層、9 封止樹脂、10, 11 開口部、12 流動方向、13 凸部、14 樹脂厚み、15 絶縁回路基板、16 スルーホール、17 端子、100, 200, 300, 400, 500, 501, 510, 600, 700, 2002 半導体装置、1000 電源、2000 電力変換装置、2001 主変換回路、2003 制御回路、3000 負荷。

10

20

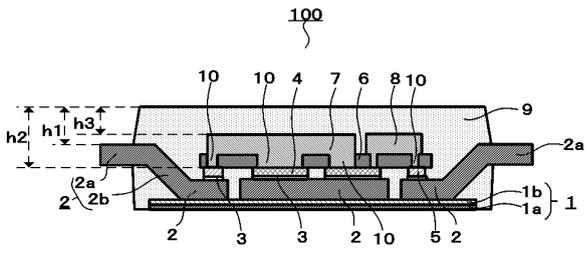
30

40

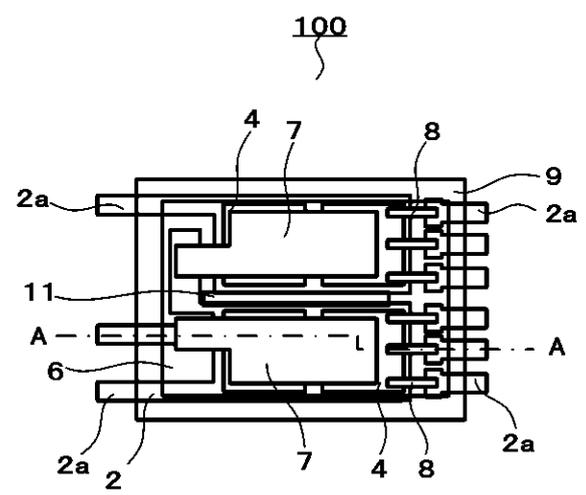
50

【図面】

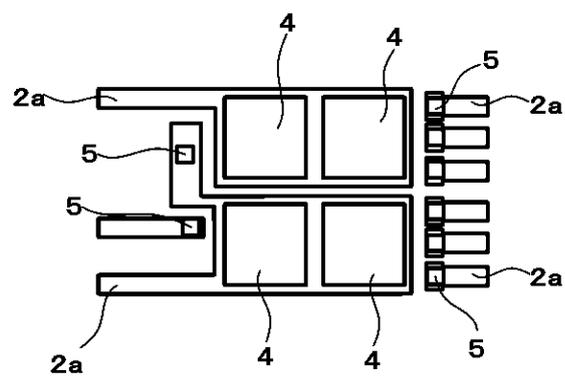
【図 1】



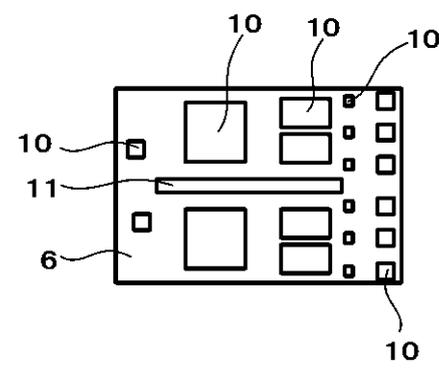
【図 2】



【図 3】



【図 4】



10

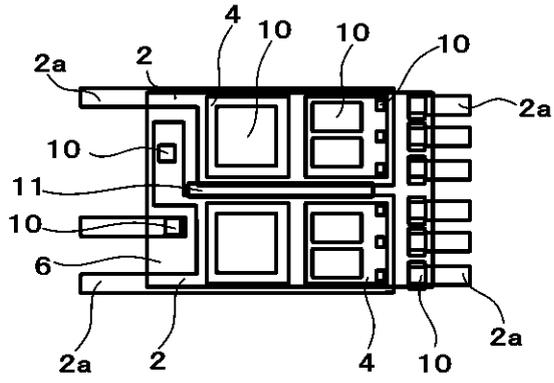
20

30

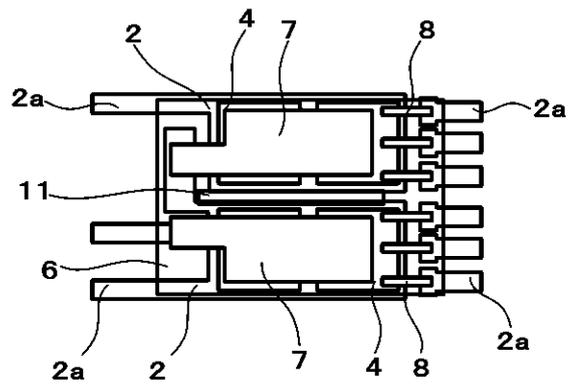
40

50

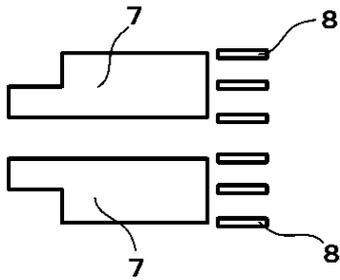
【図 5】



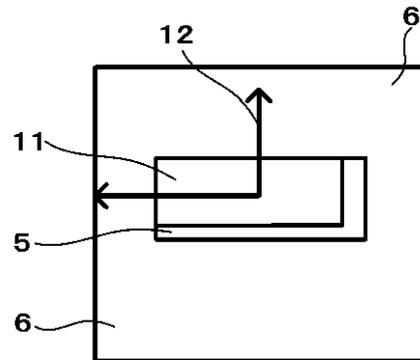
【図 6】



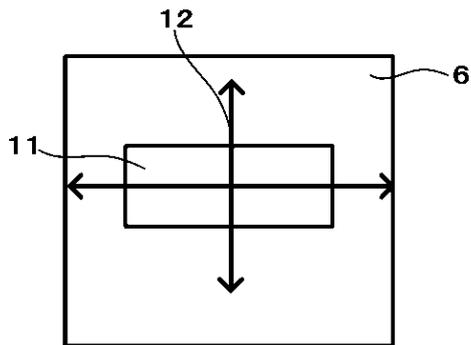
【図 7】



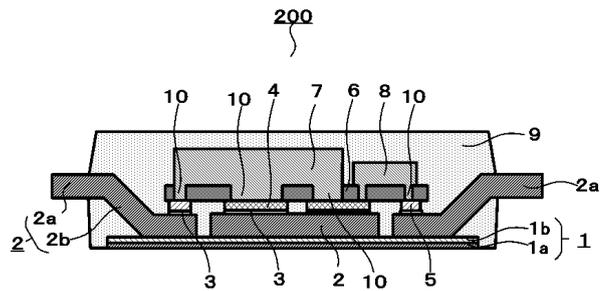
【図 8】



【図 9】



【図 10】



10

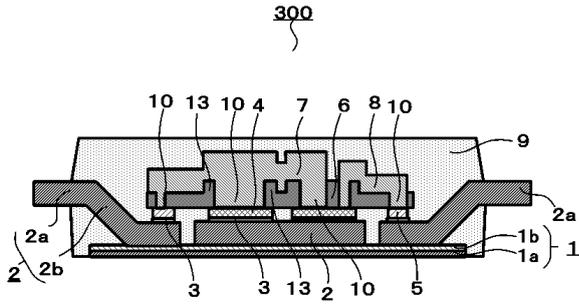
20

30

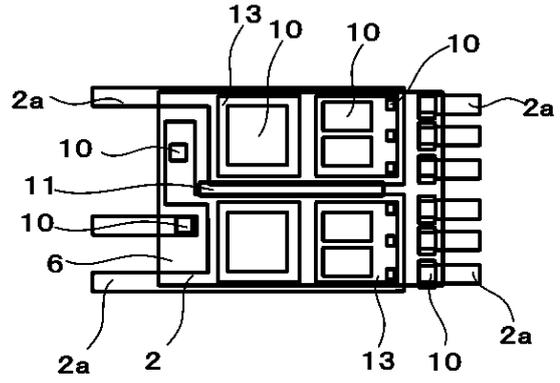
40

50

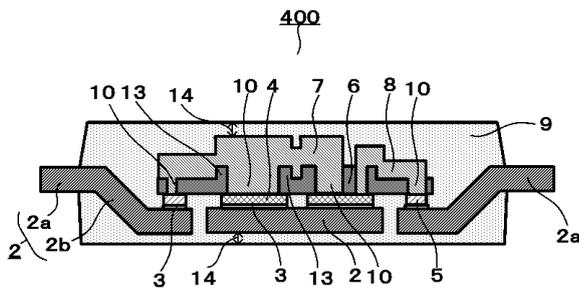
【図 1 1】



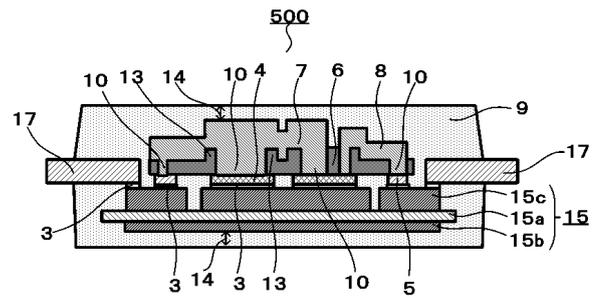
【図 1 2】



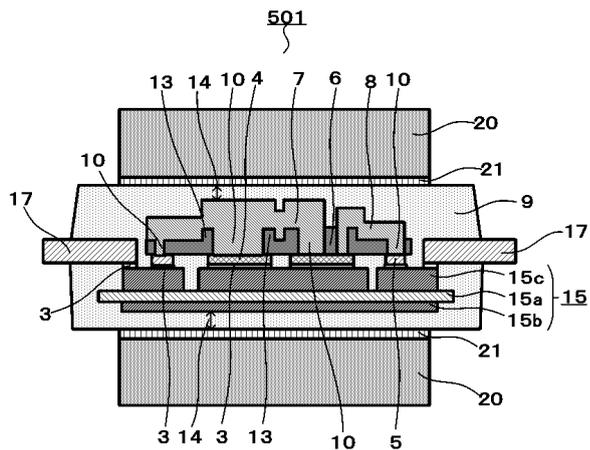
【図 1 3】



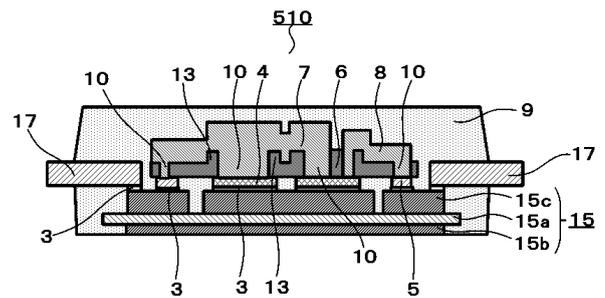
【図 1 4】



【図 1 5】



【図 1 6】



10

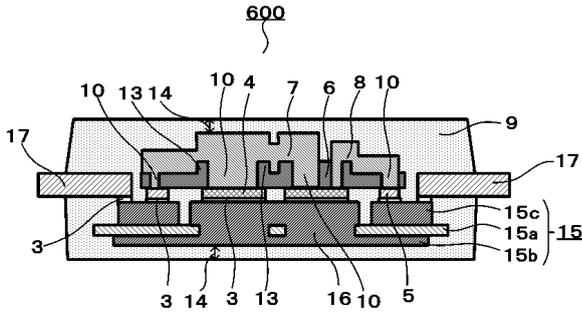
20

30

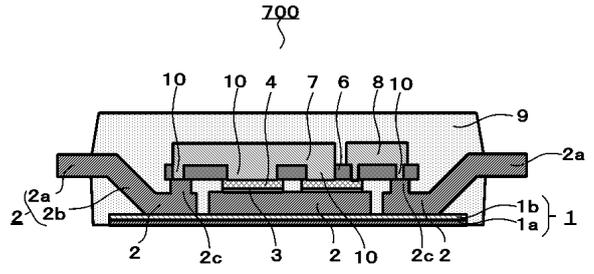
40

50

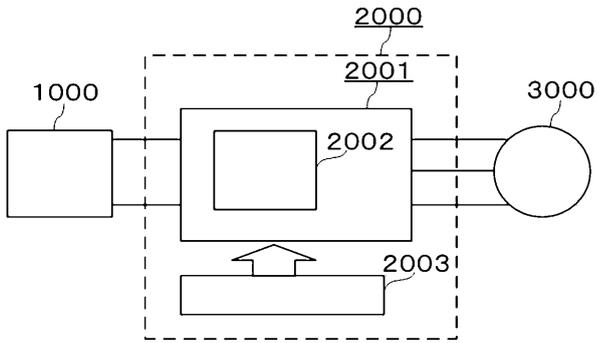
【図 17】



【図 18】



【図 19】



10

20

30

40

50

## フロントページの続き

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

審査官 豊島 洋介

- (56)参考文献 特開2015-095545(JP,A)  
米国特許第06306680(US,B1)  
国際公開第2017/104500(WO,A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)  
H01L21/447-21/449  
21/60-21/607  
23/29  
23/34-23/36  
23/373-23/427  
23/44  
23/467-23/473  
25/00-25/07  
25/10-25/11  
25/16-25/18