

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第5111592号
(P5111592)

(45) 発行日 平成25年1月9日 (2013.1.9)

(24) 登録日 平成24年10月19日 (2012.10.19)

(51) Int.Cl.

F I

HO 1 H 37/76 (2006.01) HO 1 H 37/76 P

HO 1 L 25/07 (2006.01) HO 1 H 37/76 G

HO 1 L 25/18 (2006.01) HO 1 L 25/04 C

請求項の数 1 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2010-251956 (P2010-251956)	(73) 特許権者	000006013
(22) 出願日	平成22年11月10日 (2010.11.10)		三菱電機株式会社
(62) 分割の表示	特願2007-10307 (P2007-10307) の分割		東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
原出願日	平成19年1月19日 (2007.1.19)	(74) 代理人	110001195 特許業務法人深見特許事務所
(65) 公開番号	特開2011-71126 (P2011-71126A)	(72) 発明者	中島 泰
(43) 公開日	平成23年4月7日 (2011.4.7)		東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三
審査請求日	平成22年11月10日 (2010.11.10)		菱電機株式会社内
		(72) 発明者	吉松 直樹
			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	上田 哲也
			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】 遮断機構を有する電力用半導体装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

絶縁性の基板と、
前記基板の一方の主表面上に設けられた電極膜と、
前記基板の他方の主表面上に設けられ、電流が流れることによって発熱するヒータ導体と、
それぞれが所定の電子回路および前記電極膜に電気的に接続された一方の主配線導体および他方の主配線導体とを備え、
前記電極膜は、平面的に見て前記一方の主配線導体と前記他方の主配線導体との間の領域を横切るように延びる破断線状の複数の貫通孔を有し、
前記ヒータ導体は、前記破断線の一方の側に設けられた一方のヒータ導体と、前記破断線の他方の側に設けられた他方のヒータ導体とを有する、遮断機構を有する電力用半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電子回路に流れる電流を遮断するための機構を有する電力用半導体装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

電力用半導体装置は、I G B T (Insulated Gate Bipolar transistor) および M O S F E T (Metal Oxide Silicon Field Effect Transistor) と呼ばれる複数の半導体スイッチが一体化された電子機器であり、所定のタイミングでオン / オフすることで、所望の周波数の交流電流を発生させ、モータの自在な速度制御などのために用いられる。

【 0 0 0 3 】

また、半導体スイッチは、物理的に接続されていない部分を形成することなく、電子回路に流れる電流を遮断することができる。具体的には、半導体スイッチは、半導体基板上に薄い絶縁層を媒介として設けられたゲート電極に微小な電圧信号を与えて、ソース電極とドレイン電極との間に流れる大きな電流の流れを遮断する。したがって、半導体スイッチは、物理的な接触 / 非接触を切り換えるスイッチに比較して、損傷し難い。

10

【 0 0 0 4 】

しかしながら、この半導体スイッチは、ソース電極とドレイン電極との間を流れる電流の密度が所定値を超えると、局所的に高い密度のエネルギーがチャネル領域に与えられ、溶融によって破損する場合がある。この場合、半導体スイッチは、短絡した状態になる、つまり、常時接続された状態になってしまう。このような事態は宇宙線が半導体素子に命中した場合などにも発生すると言われている。

【 0 0 0 5 】

通常、電子回路は、ヒューズまたはブレーカ等を有しているため、半導体スイッチの破損によって、その全体が破壊されてしまうことが防止されている。

【 0 0 0 6 】

20

しかしながら、移動体のモータ制御のための電力用半導体装置においては、低コスト化を図るために、ヒューズまたはブレーカを有していない電力用半導体装置が要望されている。言い換えれば、能動的に電気回路に流れる電流を遮断することができる機構を備えた電力用半導体装置が求められている。より具体的には、定格電流値よりも小さい値の電流しか流れていない場合においても、電子回路に流れる電流を意図的に遮断できる遮断機構を備えた電力用半導体装置が求められている。

【 0 0 0 7 】

従来においては、前述のような遮断機構として、たとえば、特許第 3 5 5 2 5 3 9 号に開示されているように、電子回路の所定の部分が所定の温度になると、溶断されて、電流を遮断する温度ヒューズが用いられている。

30

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 8 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 1 - 1 1 8 4 8 1 号公報

【 特許文献 2 】 特開 2 0 0 0 - 2 5 1 5 9 8 号公報

【 特許文献 3 】 特開 2 0 0 0 - 2 6 0 2 8 0 号公報

【 特許文献 4 】 特開 2 0 0 1 - 1 3 5 2 1 3 号公報

【 特許文献 5 】 特開平 0 7 - 2 3 0 7 4 7 号公報

【 特許文献 6 】 特許第 3 5 5 2 5 3 9 号

【 発明の概要 】

40

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 9 】

一般に、遮断機構の一例として導体の金属が用いられる。金属は、溶融すると、表面の自由エネルギーが最小になるように変形するため、基本的に球形に近づく。2つの電極同士の間を橋渡しされた金属導体への通電によって発熱が生じた場合、その中央部が最も高温になる。融点を越えた温度になっている金属導体は球状になろうとするが、溶融している金属導体の範囲が広がると、その中央部から電極まで向かって溶融金属が移動し、それに従って球形が大きくなる。溶融した金属導体が2つの球に分かれたときのそれぞれの球の直径の合計が、溶融している金属同士の間隔よりも小さいときには、分離した金属導体のエネルギーは、分離していない金属導体のエネルギーよりも大きい。このとき、金属導体

50

は分離し易い。

【 0 0 1 0 】

そのため、温度ヒューズとして用いられる低融点導体は、幅および厚さに対して数倍程度の長さを有していることが望ましい。したがって、上記の温度ヒューズの材料としては、細長い形状を有する低融点導体が用いられている。一方、低融点導体の電気抵抗値（以下、「単に、抵抗値」と言及される。）は、その断面積に反比例しかつ長さに比例する。このため、細長い低融点導体は、低い温度で切断され易いが、その抵抗値が大きくなって

【 0 0 1 1 】

本発明は、上述の問題に鑑みなされたものであり、その目的は、低い温度で分断され易くかつ抵抗値が小さい温度ヒューズを有する遮断機構を備えた電力用半導体装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 2 】

本発明の一の局面の遮断機構を有する電力用半導体装置は、絶縁性の基板と、基板の一方の主表面上に設けられた電極膜とを備えている。また、その装置は、電流が流れることによって発熱するように基板の他方の主表面上に設けられたヒータ導体と、電極膜に近接して設けられ、それぞれが所定の電子回路に接続された一方の主配線導体および他方の主配線導体とを備えている。さらに、その装置は、一方の主配線導体と電極膜とを接続する一方の低融点導体と、他方の主配線導体と電極膜とを電氣的に接続する他方の低融点導体とを備えている。また、一方の低融点導体および他方の低融点導体のそれぞれが、一方の主配線導体および他方の主配線導体のいずれの融点よりも低い融点を有している。

【 0 0 1 3 】

上記の構成によれば、基板、電極膜、およびヒータ導体にかかる重力の作用によって、一方の低融点導体および他方の低融点導体のそれぞれの溶断が促進される。したがって、遮断機構は低い温度で分断され易くなる。

【 0 0 1 4 】

本発明の他の局面の遮断機構を有する電力用半導体装置は、絶縁性の基板と、基板の一方の主表面上に設けられた電極膜とを備えている。また、その装置は、基板の他方の主表面上に設けられ、電流が流れることによって発熱するヒータ導体と、それぞれが所定の電子回路および電極膜に電氣的に接続された一方の主配線導体および他方の主配線導体とを備えている。また、電極膜は、平面的に見て一方の主配線導体と他方の主配線導体との間の領域を横切るように延びる破断線状の複数の貫通孔を有する。

【 0 0 1 5 】

上記の構成によれば、破断線状の複数の貫通孔に沿って電極膜および基板が破断し易い。そのため、遮断機構は低い温度で分断され易くなる。

【 0 0 1 6 】

本発明のさらに他の局面の遮断機構を有する電力用半導体装置は、絶縁性の基板と、基板の一方の主表面上に設けられた電極膜とを備えている。また、その装置は、基板の他方の主表面上に設けられ、電流が流れることによって発熱するヒータ導体と、それぞれが所定の電子回路および電極膜に電氣的に接続された一方の主配線導体および他方の主配線導体とを備えている。さらに、その装置は、一方の主配線導体と電極膜とを電氣的に接続する一方の導体層と、他方の主配線導体と電極膜とを電氣的に接続する他方の導体層とを備えている。また、一方の導体層と他方の導体層とは仮想線の両側に分離して設けられている。

【 0 0 1 7 】

上記の構成によれば、一方の導体装置と他方の導体層との間の領域を横切る仮想線に沿って基板および電極膜が破断され易くなる。したがって、一方の低融点導体および他方の低融点導体のそれぞれが溶断し難くなるという不具合の発生が抑制される。

【 0 0 1 8 】

本発明のまたさらに他の局面の遮断機構を有する電力用半導体装置は、絶縁性の基板と、基板の一方の主表面上に設けられた電極膜とを備えている。また、その装置は、基板の他方の主表面上に設けられ、電流が流れることによって発熱するヒータ導体と、それぞれが所定の電子回路に接続された一方の主配線導体および他方の主配線導体とを備えている。さらに、その装置は、一方の主配線導体と電極膜とを電氣的に接続する一方の低融点導体と、他方の主配線導体と電極膜とを電氣的に接続する他方の低融点導体とを備えている。また、その装置は、一方の低融点導体と他方の低融点導体の間の位置に設けられ、一方の低融点導体および他方の低融点導体のそれぞれと共晶反応を生じる他の低融点導体とを備えている。

【0019】

10

上記の構成によれば、共晶反応が生じれば、一方の低融点導体および他方の低融点導体のいずれの融点よりも低い温度で一方の低融点導体および他方の低融点導体が液化する。したがって、一方の低融点導体および他方の低融点導体のそれぞれが低い温度で溶断され易くなる。

【0020】

本発明の別の局面の遮断機構を有する電力用半導体装置は、絶縁性の基板と、基板の一方の主表面上に設けられた電極膜とを備えている。また、その装置は、基板の他方の主表面上に設けられ、電流が流れることによって発熱するヒータ導体と、それぞれが所定の電子回路および電極膜に電氣的に接続された一方の主配線導体および他方の主配線導体とを備えている。ヒータ導体は、一方の主配線導体および他方の主配線導体が一方向の主表面上に投影された領域の裏側の他方の主表面上の領域内にのみ配置されている。

20

【0021】

上記の構成によっても、一方の低融点導体および他方の低融点導体のそれぞれが溶断し難くなるという不具合の発生が抑制される。

【0022】

本発明のさらに別の局面の遮断機構を有する電力用半導体装置は、絶縁性の基板と、基板の一方の主表面上に設けられた電極膜とを備えている。また、その装置は、基板の他方の主表面上に設けられ、電流が流れることによって発熱するヒータ導体と、それぞれが所定の電子回路に接続された一方の主配線導体および他方の主配線導体とを備えている。さらに、その装置は、一方の主配線導体および他方の主配線導体のそれぞれに接続され、ヒータ導体の発熱によって溶融する低融点導体を備えている。低融点導体は、両端部の厚さよりも中央部の厚さが大きい。

30

【0023】

上記の構成によれば、遮断機構は低い温度で溶断され易くかつその抵抗値が小さくなる。

【0024】

本発明によれば、低い温度で分断され易くかつ抵抗値が小さい温度ヒューズを有する遮断機構を備えた電力用半導体装置が得られる。

【図面の簡単な説明】

【0025】

40

【図1】実施の形態1の電力用半導体装置の遮断機構の表面図である。

【図2】実施の形態1の電力用半導体装置の裏面図である。

【図3】図1および図2のIII-III線断面図である。

【図4】実施の形態1の低融点金属導体が溶融して分断された直後の状態を示す図である。

【図5】実施の形態1の電力用半導体装置を示す図であって、遮断機構が電子回路に接続されている状態を示す部分断面図である。

【図6】実施の形態1の電力用半導体装置を示す図であって、遮断機構が電子回路に接続されていない状態を示す部分断面図である。

【図7】実施の形態2の電力用半導体装置の断面図であって、遮断機構が電子回路に接続

50

されている状態を示す部分断面図である。

【図 8】実施の形態 2 の電力用半導体装置の断面図であって、遮断機構が電子回路に接続されていない状態を示す部分断面図である。

【図 9】実施の形態 3 の電力用半導体装置の断面図であって、遮断機構が電子回路に接続されている状態を示す部分断面図である。

【図 10】実施の形態 3 の電力用半導体装置の断面図であって、遮断機構が電子回路接続されていない状態を示す部分断面図である。

【図 11】実施の形態 4 の電力用半導体装置の遮断機構の断面図である。

【図 12】実施の形態 5 の電力用半導体装置の遮断機構の断面図である。

【図 13】実施の形態 6 の電力用半導体装置の遮断機構の表面図である。

10

【図 14】実施の形態 6 の電力用半導体装置の遮断機構の裏面図である。

【図 15】図 13 および図 14 の X V - X V 線の断面図である。

【図 16】実施の形態 7 の電力用半導体装置の遮断機構の表面図である。

【図 17】図 16 の X V I I - X V I I 線の断面図である。

【図 18】実施の形態 7 の電力用半導体装置の遮断機構が破断した状態を示す断面図である。

【図 19】実施の形態 8 の電力用半導体装置の遮断機構の断面図である。

【図 20】実施の形態 9 の電力用半導体装置の遮断機構の裏面図である。

【図 21】実施の形態 9 の電力用半導体装置の遮断機構の断面図である。

【図 22】実施の形態 9 の電力用半導体装置の遮断機構が破断した状態を示す断面図である。

20

【図 23】実施の形態 10 の電力用半導体装置の遮断機構の断面図である。

【図 24】実施の形態 10 の電力用半導体装置の遮断機構の 2 種類の低融点金属導体が一体化した状態を示す断面図である。

【図 25】実施の形態 11 の電力用半導体装置の遮断機構の表面図である。

【図 26】実施の形態 11 の電力用半導体装置の遮断機構の裏面図である。

【図 27】図 25 および図 26 の X X V I I - X X V I I 線の断面図である。

【図 28】実施の形態 12 の電力用半導体装置の遮断機構の表面図である。

【図 29】実施の形態 12 の電力用半導体装置の遮断機構の裏面図である。

【図 30】図 28 および図 29 の X X X - X X X 線の断面図である。

30

【図 31】実施の形態 13 の電力用半導体装置の遮断機構の断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0026】

以下、図面を参照しながら、本発明の実施の形態の遮断機構を備えた電力用半導体装置が説明される。なお、各実施の形態において、同一の機能を果たす部位には同一の参照符号が付されており、その説明は、特に必要がなければ、繰り返さない。

【0027】

(実施の形態 1)

図 1 は、本実施の形態の電力用半導体装置の遮断機構の一方の主表面を示す平面図であり、図 2 は、本実施の形態の電力用半導体装置の遮断機構の他方の主表面を示す平面図である。図 3 および図 4 は、それぞれ、遮断機構を構成する温度ヒューズが溶断されていない状態および遮断機構を構成する温度ヒューズが溶断された直後の状態を示す線断面図である。

40

【0028】

遮断機構 10 は、電力用半導体装置の主配線導体 2 を媒介として他の電子回路に直列に接続されている。遮断機構 10 は、図 1 ~ 図 3 に示されるように、絶縁性の基板 1 と、基板 1 の一方の主表面上に形成された電極膜 3 と、基板 1 の一方の主表面に対向する他方の主表面上に形成されたヒータ導体 4 とを備えている。電極膜 3 は、たとえば A g P d、A g P t、またはタングステン等の厚膜材料からなる。また、遮断機構 10 の電極膜 3 の一方端および他方端は、図 3 に示されるように、それぞれ、一方の主配線導体 2 の端部およ

50

び他方の主配線導体 2 の端部にロウ材としての低融点金属導体 5 を媒介として接続されている。

【 0 0 2 9 】

基板 1 は、絶縁性および耐熱性の観点において、アルミナ等のセラミック基板からなることが好ましい。したがって、本実施の形態においては、基板 1 はアルミナ基板である。基板の厚みとしては 0.5 mm ~ 1 mm 程度の値が産業上よく用いられており、この値であれば、十分な強度が得られ易い。基板の大きさとしては 10 mm 角 ~ 20 mm 角程度の値が望ましい。

【 0 0 3 0 】

電極膜 3 は、ガラス粉末のバインダと金属粉末の混合物を基板表面に、印刷などの方法でパターンニングおよび焼成することによって、形成される。そのため、電極膜 3 は容易に形成され得る。電極膜 3 の厚みは数 μm から数十 μm 程度である。

【 0 0 3 1 】

遮断機構 10 は、次のような製法によって形成される。

まず、グリーンシートと呼ばれるアルミナ微粉末とバインダの混合物とを固めたものが準備される。これが焼成され、アルミナからなる基板 1 が形成される。次に、ヒータ導体 4 および電極膜 3 は、AgPd、AgPt、またはタングステンなどからなり、これらは、ガラス粉末のバインダと金属粉末の混合物とを基板表面に、印刷などの工法を用いてパターンニングおよび焼成によって形成される。したがって、基板 1 は容易に形成される。基板の厚さは、数 μm から数十 μm 程度であれば、実現され得る。その後、基板 1 が、約千数百度以上の高温で数時間程度焼き固められる。これにより、タングステン等の金属導体が、基板 1 の表面および裏面のそれぞれに所望の形状に形成される。つまり、電極膜 3 およびヒータ導体 4 が、それぞれ、一方の主表面上および他方の主表面上に形成された基板 1 を得ることができる。

【 0 0 3 2 】

たとえば、電極膜 3 およびヒータ導体 4 のそれぞれのパターンの幅は、100 μm から数 mm 程度であり、それぞれのパターンの部分同士の間隔の最低値は、100 μm 以上である。さらに、Niめっき等が電極膜 3 を構成する金属材料およびヒータ導体 4 を構成する金属材料のそれぞれ上に施されることによって、パターンの厚さが所望の厚さに調整されてもよい。

【 0 0 3 3 】

前述の方法の代わりに、MoMn法と呼ばれる方法によって、前述のパターンが形成されてもよい。MoMn法は、Moと酸化マンガンとの混合物が印刷された基板 1 を焼成することによって、所望のパターンを形成する方法である。この方法においては、たとえば、200 μm 以上の幅のパターンを形成することが可能であり、200 μm 程度の最低間隔を有するパターンを形成することが可能である。

【 0 0 3 4 】

また、ヒータ導体 4 は、たとえば、パターン幅 100 μm かつパターン間隔 100 μm であり、また、図 2 に示されるように、複数の折り曲げ部を有する形状であれば、ヒータ導体 4 の全長を大きくかつ幅を小さくすることができる。たとえば、ヒータ導体 4 は、長さ 10 mm の直線部が 50 個の折り曲げ部を媒介として接続された形状を有していれば、長さ 500 mm という細長い導体が小さな領域内に形成され得る。また、たとえば、パターンの厚さが 10 μm 程度であれば、ヒータ導体 4 の抵抗値は 100 Ω 程度になり得る。

【 0 0 3 5 】

一般に、ヒータ導体 4 の抵抗値は高いことが望ましいが、電極膜 3 の抵抗値は低いことが望ましい。これは、遮断機構の機能を短時間で発揮させながら、電力用半導体装置の発熱量を低減することができるためである。たとえば、電極膜 3 に数 100 A もの大きな電流が流れる場合に、電極膜 3 の抵抗値が 0.1 Ω であれば、電極膜 3 において 100 A あたり 10 V の電位差が生じる。そのため、電極膜 3 における発熱量が 1000 W にもなってしまう。このような大きな発熱が生じることは電力用半導体装置にとって好ましくない

10

20

30

40

50

。

【0036】

また、幅0.1mmでかつ長さ500mmの電極膜3の抵抗値が100Ωであるということは、幅10mmで長さ1mmの電極膜3の抵抗値は0.002Ωということになる。電極膜3を流れる電流の値が100Aであれば、電極膜3における電位差は0.2Vであり、発熱量は20Wになる。この値は、かろうじて許容される値である。

【0037】

このように電極膜3に要求される抵抗値とヒータ導体4に要求される抵抗値とは異なり、電極膜3の抵抗率は小さくかつヒータ導体4の抵抗率は大きいことが望ましい。たとえば、ヒータ導体4がカーボン系の導電性を有する材料からなっているてもよい。

10

【0038】

本実施の形態においては、電極膜3の長さが1mmであるが、これは電極膜3の両端部に接続された1対の主配線導体2同士の間隔が1mmであれば、容易に実現され得る。

【0039】

主配線導体2は、たとえば、厚さ1mmから2mm程度の銅または銅合金からなることが望ましい。これによれば、主配線導体2の抵抗値を低くすることができる。このような主配線導体2が電極膜3にたとえば半田などの口ウ材からなる低融点金属導体5を媒介として電氣的に接続されている遮断機構10によれば、主配線導体2同士の間経路における抵抗値を小さくすることができる。したがって、電極膜3の抵抗値が小さくかつヒータ導体4の抵抗値が大きな遮断機構を得ることができる。

20

【0040】

次に、遮断機構10の動作が説明される。

遮断指令が図示されていない整流機構から出力されると、図示されていないヒータ導体4に接続された配線を通じて、電流がヒータ導体4に流れる。たとえば、200Vのバッテリーからヒータ導体4へ電流が流れると、100Ωの抵抗値のヒータ導体4においては、2Aの電流が流れ、400Wの熱が発生する。この熱によって基板1の温度が上昇する。このとき、基板1の温度は、数秒間で300℃以上に上昇し、数10秒で700℃程度まで上昇する。

【0041】

低融点金属導体5が、たとえば、はんだからなる場合には、その融点はほぼ200℃であるため、基板1および電極膜3上において溶融する。本実施の形態においては、基板1は主配線導体2の下側に配置されているため、基板1、電極膜3、およびヒータ導体4は一体となって重力にしたがって落下する。

30

【0042】

本実施の形態においては、はんだが低融点金属導体5の一例として用いられているが、他の低融点金属がはんだの代わりに用いられてもよい。低融点金属導体5は、電気伝導性を有し、かつ主配線導体2、基板1、電極膜3、およびヒータ導体4よりも低い融点を有していれば、いかなる材料からなっているても、温度ヒューズとして機能することができる。

。

【0043】

前述のように、本実施の形態の遮断機構10においては、電極膜3およびヒータ導体4がそれぞれ基板1の一方の主表面上および他方の主表面上に設けられており、かつ電極膜3が一方の低融点金属導体5および他方の低融点金属導体5のそれぞれを媒介として一方の主配線導体2および他方の主配線導体2に電氣的に接続されている。この構成によれば、遮断機構10は、非常に小型され得るものとなり、かつ、その抵抗値を非常に小さくすることができるものとなる。

40

【0044】

次に、図5および図6を用いて、本実施の形態の遮断機構10が用いられている電力用半導体装置が説明される。

【0045】

50

本実施の形態の電力用半導体装置においては、図 5 に示されるように、図示されていない電力用半導体素子が内蔵された樹脂封止型のパワーモジュール 6 がベースプレート 7 上に配置されている。パワーモジュール 6 は信号端子 8 および主端子 9 を備えている。主端子 9 の延長部分は、遮断機構 10 の一方の主配線導体 2 を構成している。

【 0 0 4 6 】

また、他方の主配線導体 2 の延長部分は、外部接続用の端子台 11 を形成している。このとき、遮断機構 10 は、蓋を有する樹脂製の筐体 12 に内装され、それにより、外部空間に露出しないように保護されている。

【 0 0 4 7 】

遮断機構 10 が動作したときには、低融点金属導体 5 が、筐体 12 の内部の空間において、ヒータ導体 4 の発熱によって溶融するため、基板 1 を支持するものなくなる。そのため、図 6 に示されるように、基板 1 が重力に従って落下し、パワーモジュール 6 の主端子 9 と端子台 11 との間を流れる電流が遮断される。

【 0 0 4 8 】

なお、端子台 11 は、主配線導体 2 に設けられた貫通孔に挿入されたボルト 13 によって、遮断機構 10 を内蔵する筐体 12 の樹脂の所定の位置に固定されている。このように遮断機構 10 と端子台 11 とが一体化されているため、電力用半導体装置は小型化されかつ軽量化されている。

【 0 0 4 9 】

図示されていないが、たとえば、遮断機構 10 および端子台 11 を備えた樹脂製の筐体 12 がパワーモジュール 6 に一体化されていてもよい。この場合、放熱性等の性能の低下がなければ、電力用半導体装置はベースプレート 7 を有していなくてもよい。また、電力用半導体装置は、ベースプレート 7 の代わりに、冷却用のヒートシンクを有していてもよい。樹脂製の筐体 12 の材質としては、PPS (ポリフェニレンサルファイド) またはエポキシなどの耐熱性を有する樹脂が用いられることが好ましい。

【 0 0 5 0 】

また、遮断機構 10 が内蔵された筐体 12 は、蓋を有し、外気から遮断されているため、塵埃などから保護されているだけでなく、遮断機構 10 が動作したときに発生するアーク放電から筐体 12 の周辺の部品が保護されている。筐体 12 の蓋の材質としては、パワーモジュール 6 の主端子 9 などの導体と接する部分は絶縁性を有している必要があり、たとえば、PPS などの耐熱性を有する樹脂などが用いられることが好ましい。

【 0 0 5 1 】

このように、本実施の形態の電力用半導体装置によれば、外部の端子台 11 とパワーモジュール 6 の主端子 9 との間に遮断機構 10 が設けられかつ外部からその発熱の制御によって低融点導体 5 を溶かすことができるヒータ導体 4 が設けられているため、過電流が遮断機構 10 に流れた場合だけでなく、故障が発生したときにおいてもまた、ヒータ導体 4 に電流を流すことによって、遮断機構 10 を能動的に機能させることが可能である。

【 0 0 5 2 】

なお、本実施の形態の電力用半導体装置においては、遮断機構 10 は、パワーモジュール 6 の側方であってベースプレート 7 の上方に配置されているが、外部接続端子を有する端子台 11 と電力用半導体素子の主端子 9 との間に設けられていれば、その配置としていかなる配置が採用されてもよい。

【 0 0 5 3 】

多くの場合には、パワーモジュール 6 の主端子 9 とプリント配線基板に電子部品が実装された制御基板とが固定されているが、本実施の形態の電力用半導体装置のように、それらが水平方向において並んで配置されている場合には、プリント配線基板の面積の制約がないため、電力用半導体装置の設計の自由度が高い。一方、パワーモジュール 6 の主端子 9 とプリント配線基板に電子部品が実装された制御基板とが垂直方向において並んで配置されている場合には、電力用半導体装置の平面的な面積は小さく、かつ、プリント配線基板を配置することができる領域の制約がないという利点がある。

【 0 0 5 4 】

本実施の形態においては、パワーモジュール 6 の主端子 9 が遮断機構 10 の主配線導体 2 を構成するものとされているが、それぞれが別個独立した部品からなってもよい。パワーモジュール 6 の主端子 9 と遮断機構 10 の主配線導体 2 とが一体的な部品であれば、電力用半導体装置を小型化かつ軽量化することができる。一方、パワーモジュール 6 の主端子 9 および遮断機構 10 の主配線導体 2 のそれぞれが別個独立した部品であれば、遮断機構 10 から熱が逃げることを抑制し易くなるため、電力用半導体装置の設計の自由度が増加する。

【 0 0 5 5 】

(実施の形態 2)

10

次に、図 7 および図 8 を用いて、本発明の実施の形態 3 の電力用半導体装置が説明される。本実施の形態の電力用半導体装置は、実施の形態 1 の半導体装置とほぼ同様であるため、以下において、本実施の形態の電力用半導体装置と実施の形態 1 の半導体装置との相違点が主に説明される。

【 0 0 5 6 】

図 7 および図 8 に示されるように、本実施の形態の電力用半導体装置においては、基板 1 が一方の主配線導体 2 および他方の主配線導体 2 から離れるように、基板 1 を押圧する押圧機構が、筐体 12 の蓋の下面に設けられている。押圧機構の一例としてばね 16 が用いられている。押圧機構は、ばね 16 以外に、ゴムなどの弾性体であってもよい。また、弾性体は、延びた状態で、基板 1 の下面と筐体 12 の底面とに接続され、基板 1 を引っ張ることによって、基板 1 が一方の主配線導体 2 および他方の主配線導体 2 から離れさせるものであってもよい。

20

【 0 0 5 7 】

筐体 12 の蓋は、絶縁性を要求されるため、樹脂などの絶縁材料によって金属の表面が被覆された部材であることが望ましい。本実施の形態においては、低融点金属導体 5 が溶融すると、ばね 16 が伸張しようとする力によって、基板 1 が下方に押される。そのため、低融点金属導体 5 に与えられる熱量が小さくても、容易に基板 1 上の電極膜 3 を主配線導体 2 から離れさせることができる。

【 0 0 5 8 】

図示されていないが、珪砂などの絶縁性の材料が遮断機構 10 の周囲の空間に充填されていてもよい。その場合、通常、ばね 16 の力は珪砂から反力を受けるため、過度に大きな力が低融点金属導体 5 に働かない。そのため、低融点金属導体 5 がばね 16 から受ける力のみによって破断してしまうという不具合の発生を抑制することができる。そのため、電力用半導体装置の信頼性を保証することができる期間を長くすることができる。

30

【 0 0 5 9 】

言い換えると、上記の構成によれば、重力以外に、押圧機構が絶縁性の基板 1 を一方の主配線導体 2 および他方の主配線導体 2 から離れるように押圧する力によって、一方の低融点金属導体 5 および他方の低融点金属導体 5 のそれぞれの溶断が促進される。

【 0 0 6 0 】

前述のことがより具体的に説明される。

40

一般に、金属材料は絶対温度で標記された融点の半分程度の温度以上で再結晶を起こす材料であることが知られている。たとえば、Pbフリーはんだの融点は 217 程度であることが知られている。これは、絶対温度で標記されると、は約 490 K である。したがって、245 K = 零下 28 以上の温度で、Pbフリーはんだの再結晶が生じる。再結晶が生じる温度の範囲内においては、Pbフリーはんだは容易に変形する。そのため、力が Pbフリーはんだに常に加えられていると、Pbフリーはんだがその力によって除々に変形してしまうおそれがある。したがって、力が常に Pbフリーはんだに加えられている場合には、電力用半導体装置の遮断機構の信頼性を保証できる期間が短い。

【 0 0 6 1 】

そのため、本実施の形態の電力用半導体装置のように、遮断機構 10 が珪砂等によって

50

封止されていることが好ましい。前述の説明においては、遮断機構 10 が珪砂に内包されている電力用半導体装置が挙げられているが、難燃性および絶縁性の材料であれば、珪砂の代わりに他の材料が用いられても、電力用半導体装置の信頼性を保証することができる期間を長くすることができるという効果が得られる。

【0062】

(実施の形態 3)

次に、図 9 および図 10 を用いて、実施の形態 3 の電力用半導体装置が説明される。本実施の形態の電力用半導体装置は、実施の形態 1 の半導体装置とほぼ同様であるため、以下において、本実施の形態の電力用半導体装置と実施の形態 1 の半導体装置との相違点が主に説明される。

【0063】

図 9 および図 10 に示されるように、本実施の形態の電力用半導体装置においては、樹脂 14a および 14b が筐体 12 内の遮断機構 10 の周囲の空間に充填されている。遮断機構 10 の上側の空間が樹脂 14a によって満たされ、遮断機構 10 の下側の空間が樹脂 14b によって満たされている。

【0064】

本実施の形態においては、遮断機構 10 の上側の樹脂 14a の熱膨張率が、遮断機構 10 の下側の樹脂 14b の熱膨張率よりも大きい。たとえば、難燃性の耐熱樹脂として普及しているエポキシの熱膨張率は $15 \times 10^{-6} /$ 程度であるのに対して、PPS (ポリフェニレンサルファイド) の熱膨張率は $22 \times 10^{-6} /$ 程度である。したがって、遮断機構 10 の上側の樹脂 14a が PPS からなり、遮断機構 10 の下側の樹脂 14b がエポキシ樹脂からなっていれば、遮断機構 10 の上側の樹脂 14a の熱膨張率が遮断機構 10 の下側の樹脂 14b の熱膨張率よりも大きい構成を実現することができる。

【0065】

本実施の形態においては、PPS 樹脂およびエポキシ樹脂が、それぞれ、樹脂 14a および 14b として用いられているが、他の樹脂がそれぞれ樹脂 14a および 14b として用いられてもよい。

【0066】

本実施の形態においては、前述のように、遮断機構 10 の上側、すなわちヒータ導体 4 が設けられていない側の樹脂 14a の熱膨張率が樹脂 14b の下側、すなわちヒータ導体 4 が設けられている側の樹脂 14b の熱膨張率よりも大きい。そのため、電流をヒータ導体 4 に流すことによって遮断機構 10 を動作させるときに、樹脂 14a の膨張の度合いが樹脂 14b の膨張の度合いよりも大きくなる。その結果、樹脂 14a と樹脂 14b との間の膨張の度合いの相違に起因して、基板 1 が主配線導体 2 から離れるように、力が作用する。したがって、遮断機構 10 が確実に機能する。つまり、図 9 に示される状態から図 10 に示される状態へ変化し、一方の主配線導体 2 と他方の主配線導体 2 との間の電流の流れが遮断される。電力用半導体装置は、前述のような 2 種類の樹脂 14a および 14b だけではなく、実施の形態 2 において説明されたばね 16 もまた備えていてもよい。

【0067】

(実施の形態 4)

次に、図 11 を用いて、実施の形態 4 の電力用半導体装置が説明される。本実施の形態の電力用半導体装置は、実施の形態 1 の半導体装置とほぼ同様であるため、以下において、本実施の形態の電力用半導体装置と実施の形態 1 の半導体装置との相違点が主に説明される。

【0068】

図 11 に示されるように、本実施の形態の電力用半導体装置の遮断機構 10 においては、電極膜 3 上にはたとえば Cu または Al からなる導体層 15 が設けられている。導体層 15 は電極膜 3 よりも電気抵抗値が小さい。低融点金属導体 5 と電極膜 3 とは導体層 15 を媒介として電氣的に接続されている。

【0069】

本実施の形態の遮断機構 10 の製造方法は、次のようなものである。

たとえば、鑄ぐるみ法と呼ばれる手法が用いられる場合には、まず、基板 1 が導体層 15 の形状に対応するキャビティを有する金型に装着される。次に、溶融したアルミニウム等の金属導体材料がキャビティ内に射出される。その後、金属導体材料が冷却される。次に、金型が開かれる。その後、金属導体材料が導体層 15 として成形された遮断機構 10 が、金型から取り出される。

【0070】

また、活性金属ロウ付け法と呼ばれる方法が用いられる場合には、Ag - Cu - Ti 系、Cu - Sn - Ti 系、Co - Ti 系、Ni - Ti 系、またはアルミニウム合金系等のロウ材を用いて、基板 1 にたとえば Cu などの金属層がロウ付けされることにより、金属層が導体層 15 として形成された遮断機構 10 が得られる。

10

【0071】

このような手法によれば、基板 1 が大きく反ってしまう。しかしながら、電力用半導体装置の遮断機構 10 の部品として基板 1 が用いられる場合には、その反りは遮断機構 10 の機能を低下させてしまうようなものではない。したがって、基板 1 が多少反ったとしても、前述のような手法が採用されることが望ましい。

【0072】

また、導体層 15 と主配線導体 2 とが低融点金属導体 5 によって電氣的に接続されるため、前述の各実施の形態の遮断機構 10 と同様に、遮断機構 10 が動作した場合には、ヒータ導体 4 の発熱によって低融点金属導体 5 が溶断され、主配線導体 2 と導体層 15 とが電氣的に分離されるため、電子回路を流れる電流が遮断される。

20

【0073】

本実施の形態によれば、導体層 15 を用いることによって、遮断機構 10 における抵抗値が、導体層 15 を用いない遮断機構 10 の抵抗値の 10 分の 1 から数 10 分の 1 まで低減される。たとえば、抵抗値が 0.1 mΩ に低減されると、100 A の電流が電子回路に流れる場合には、遮断機構 10 における電圧ドロップは、0.01 V 程度になる。したがって、遮断機構 10 において生じる電力のロスが 1 W 程度という非常に小さな値になる。

【0074】

上記の構成によれば、一方の主配線導体 2 と他方の主配線導体 2 との間の電気抵抗値が電極膜 3 の電気抵抗値に依存せずに、電極膜 3 よりも電気抵抗値が小さい導体層 15 に依存する。そのため、一方の主配線導体 2 と他方の主配線導体 2 との間の電気抵抗値をさらに低減することができる。また、ヒータ導体 4 が発した熱は導体層 15 を経由して主配線導体 2 へ伝導される。したがって、導体層 15 が設けられていない場合に比較して、ヒータ導体 4 が発した熱の逃げが抑制される。故に、小さいエネルギーで低融点金属導体 5 を溶断させることができる。

30

【0075】

(実施の形態 5)

次に、図 12 を用いて、実施の形態 5 の電力用半導体装置が説明される。本実施の形態の電力用半導体装置は、実施の形態 1 の半導体装置とほぼ同様であるため、以下において、本実施の形態の電力用半導体装置と実施の形態 1 の半導体装置との相違点が主に説明される。

40

【0076】

図 12 に示されるように、電極膜 3 上に導体層 15 が固着されている。一方の低融点導体 5 および他方の低融点導体 5 は、それぞれ、一方の主配線導体 2 の側端面上および他方の主配線導体 2 の側端面上において、それぞれの側端面に沿って垂直方向に延びるように設けられている。このような構成によれば、ヒータ導体 4 が発した熱は、導体層 15 から一方の低融点導体 5 および他方の低融点導体 5 を経由して一方の主配線導体 2 の側端面および他方の主配線導体 2 の側端面へ伝達される。そのため、ヒータ導体 4 から主配線導体 2 までの熱伝導を抑制することができる。

【0077】

50

主配線導体 2 を構成する主材料は、銅または銅合金であり、その熱伝導率は金属の中でも非常に大きい。一般的に、熱伝導率が高い金属は電気抵抗率が低い。主配線導体の材料としては、電気抵抗率が低いことが望ましい。なせならば、主配線導体 2 と低融点金属導体 5 との接合部を通してヒータ導体 4 の熱が逃げてしまうからである。ヒータ導体 4 の熱が逃げてしまうと、ヒータ導体 4 の温度の上昇の速度が遅くなる傾向がある。この傾向は、主配線導体 2 の断面積が大きくなるほど、顕著になる。この場合、数 100 A という大きな電流が遮断機構 10 を流れれば、非常にヒータ導体 4 の温度の上昇速度が小さくなってしまう。

【0078】

これに対して、本実施の形態の遮断機構 10 によれば、極めて厚さが小さい主配線導体 2 の端面にのみ低融点導体 5 が接触している。したがって、主配線導体 2 の下面と低融点導体 5 の上面とによって面積が大きな接合部が形成される実施の形態 1 の遮断機構等との比較において、ヒータ導体 4 から主配線導体 2 までの熱の逃げを抑制することができる。

【0079】

(実施の形態 6)

次に、図 13 ~ 図 15 を用いて、実施の形態 6 の電力用半導体装置が説明される。本実施の形態の電力用半導体装置は、実施の形態 1 の半導体装置とほぼ同様であるため、以下において、本実施の形態の電力用半導体装置と実施の形態 1 の半導体装置との相違点が主に説明される。

【0080】

図 13 ~ 図 15 に示されるように、本実施の形態の電力用半導体装置の遮断機構 10 においては、主配線導体 2 と電極膜 3 とが、リボン状の低融点金属導体 5 を媒介として電氣的に接続されている。リボン状の低融点金属導体 5 は、たとえば、アルミニウム (Al) またはアルミニウム (Al) 合金の箔からなり、1 mm ~ 2 mm 程度の幅および 100 μ m ~ 200 μ m 程度の厚さを有している。また、リボン状の低融点金属導体 5 は、超音波接合によって、主配線導体 2 および電極膜 3 のそれぞれに接合される。

【0081】

一般に、Al の融点は 660 である。したがって、ヒータ導体 4 が放出する熱によって、Al からなるリボン状の低融点金属導体 5 のうちの電極膜 3 との接合面が溶断される。それにより、電子回路を流れる電流が遮断される。

【0082】

本実施の形態においては、リボン状の低融点金属導体 5 が用いられているが、その代わりに、Al または Al 合金からなる直径数 100 μ m 程度の線 (ワイヤ) 状の低融点金属導体 5 が用いられてもよい。この場合においても、線状の低融点金属導体 5 は、超音波接合によって、主配線導体 2 および電極膜 3 のそれぞれに接合される。

【0083】

本実施の形態において用いられる超音波接合は、固相接合である。一方、前述の各実施の形態において用いられた半田接合は、液相接合である。半田接合によれば、常温において、はんだの再結晶が進行する。一般的に、再結晶温度以上の温度雰囲気では金属材料が用いられる場合、疲労寿命が短い傾向がある。そのため、はんだが、長時間、熱応力に晒される環境下で用いられる場合には、電力用半導体装置の信頼性を保証することが可能な期間が短くなる。したがって、はんだに大きな熱応力が発生することを抑制するために、はんだと主配線導体 2 との接合面積を大きくする必要がある場合がある。この場合には、はんだと主配線導体 2 との接合部の金属疲労が大きいため、遮断機構の信頼性を保証する期間を短く設定する必要が生じる。

【0084】

これに対して、本実施の形態のように、Al 系の材料が低融点金属導体 5 として用いられる場合には、その再結晶温度が 200 であるため、信頼性を保証することができる期間を長く設定することができる。ただし、Al からなる低融点金属導体 5 の融点は 660 であるため、図 1 ~ 図 4 を用いて説明された実施の形態 1 の遮断機構 10 のような構造

10

20

30

40

50

を採用すると、高熱を発生させるために極めて大きな設備が必要となり、生産効率の観点からは望ましくない。より具体的には、主配線導体 2 の材料として用いられた Cu または Cu 合金は熱伝導率が大きく、また、低融点金属導体 5 のみを局所的に加熱することが困難であるため、低融点金属導体 5 の温度とともに主配線導体 2 の温度を少なくとも Al 系ろう材の溶融温度である 600 以上に上昇させなければ、主配線導体 2 と電極膜 3 とを低融点導体 5 によってろう付けすることができない。したがって、600 以上に加熱するための大型の加熱装置が必要になってしまう。

【0085】

これに対して、本実施の形態の遮断機構 10 の製造において用いられている Al 系のリボンまたはワイヤの超音波接合技術によれば、基本的には加熱なしに、主配線導体 2 および電極膜 3 のそれぞれと低融点金属導体 5 とを接合することが可能である。

10

【0086】

そのため、遮断機構 10 の信頼性を保証することが可能な期間を十分に長くすることができるとともに、上記のような生産効率の低下を招くことなく、設計自由度を向上させることができる。

【0087】

W または Mo Mn などの材料がヒータ導体の材料として用いられれば、ヒータ導体 4 の融点は、低融点金属導体 5 を構成する Al の融点よりも高くなるため、Al が溶融する温度まで低融点金属導体 5 が加熱されても、遮断機構 10 の機能に支障が生じることはない。

20

【0088】

(実施の形態 7)

次に、図 16 ~ 図 18 を用いて、実施の形態 7 の電力用半導体装置が説明される。本実施の形態の電力用半導体装置は、実施の形態 1 の半導体装置とほぼ同様であるため、以下において、本実施の形態の電力用半導体装置と実施の形態 1 の半導体装置との相違点が主に説明される。

【0089】

なお、本実施の形態の遮断機構 10 は、上記実施の形態 1 ~ 6 の遮断機構のように、低融点金属導体 5 が溶融して、基板 1 等が下方へ移動することにより、一方の主配線導体 2 と他方の主配線導体 2 との電気的な接続を遮断するものではない。本実施の形態の遮断機構 10 は、電極膜 3 および基板 1 の破断によって、一方の主配線導体 2 と他方の主配線導体 2 との電気的な接続を遮断するものである。

30

【0090】

図 16 ~ 図 18 に示されるように、本実施の形態の電力用半導体装置の遮断機構 10 においては、複数の貫通孔 16 が、平面的に見て、電極膜 3 に破断線状に設けられている。複数の貫通孔 16 のそれぞれは、平面的に見て矩形の形状を有しており、導体膜 3 を貫通している。

【0091】

このような破断線状の複数の貫通孔 16 を有する電極膜 3 が、アルミナなどのセラミックからなる基板 1 上に焼成によって形成された場合には、その複数の貫通孔 16 の近傍において、電極膜 3 の線膨張率と基板 1 の線膨張率との差に起因して大きな残留応力が生じている。このため、たとえば、衝撃、機械的荷重、または急激な温度変化によって、セラミックからなる基板 1 を破断線状の複数の貫通孔 16 に沿って割ることができる。

40

【0092】

基板 1 の一部の厚みを薄くするために、基板 1 の表面に、電極膜 3 に設けられた貫通孔 16 の連なる線に重ねて、レーザなどによって、スクライプ加工を行うと、基板 1 は破断され易くなり、それにより、好ましい結果を得ることができる。

【0093】

したがって、本実施の形態の電力用半導体装置の遮断機構 10 によれば、基板 1 を構成するセラミックが破断線に沿って分断され易い。また、電極膜 3 も破断線に沿って分断さ

50

れ易い。つまり、一方の主配線導体 2 と他方の主配線導体 2 とが確実に電氣的に分離される。このような方法によっても、遮断機構 10 は、一方の主配線導体 2 と他方の主配線導体 2 との間の電流の流れを遮断することができる。

【0094】

(実施の形態 8)

次に、図 19 を用いて、実施の形態 8 の電力用半導体装置が説明される。本実施の形態の電力用半導体装置は、実施の形態 5 の半導体装置とほぼ同様であるため、以下において、本実施の形態の電力用半導体装置と実施の形態 1 の半導体装置との相違点が主に説明される。

【0095】

なお、本実施の形態の遮断機構 10 も、実施の形態 5 の遮断機構と同様に、上記実施の形態 1 ~ 6 の遮断機構のように、低融点金属導体 5 が溶融して、基板 1 等が下方へ移動することにより、一方の主配線導体 2 と他方の主配線導体 2 との電氣的な接続を遮断するものではない。本実施の形態の遮断機構 10 は、電極膜 3 および基板 1 の破断によって、一方の主配線導体 2 と他方の主配線導体 2 との電氣的な接続を遮断するものである。

【0096】

図 19 に示されるように、本実施の形態の電力用半導体装置の遮断機構 10 においては、一方の導体層 25 および他方の導体層 25 が、1 つの電極膜 3 上において、仮想線の両側に分離して配置されている。一方の主配線導体 2 および他方の主配線導体 2 は、それぞれ、一方の導体層 25 および他方の導体層 25 に一方の低融点金属導体 5 および他方の低融点金属導体 5 を媒介として電氣的に接続されている。

【0097】

本実施の形態の遮断機構 10 によれば、一方の導体層 25 および他方の導体層 25 が分分離して配置されているため、基板 1 に生じる大きな内部応力を利用して、基板 1 および電極膜 3 を一方の導体層 25 と他方の導体層 25 との間の領域に延びる仮想線に沿って破断させることができる。

【0098】

(実施の形態 9)

次に、図 20 ~ 図 22 を用いて、実施の形態 9 の電力用半導体装置が説明される。本実施の形態の電力用半導体装置は、実施の形態 1 の半導体装置とほぼ同様であるため、以下において、本実施の形態の電力用半導体装置と実施の形態 1 の半導体装置との相違点が主に説明される。

【0099】

なお、本実施の形態の遮断機構 10 も、実施の形態 5 の遮断機構と同様に、上記実施の形態 1 ~ 6 の遮断機構のように、低融点金属導体 5 が溶融して、基板 1 等が下方へ移動することにより、一方の主配線導体 2 と他方の主配線導体 2 との電氣的な接続を遮断するものではない。本実施の形態の遮断機構 10 は、電極膜 3 および基板 1 の破断によって、一方の主配線導体 2 と他方の主配線導体 2 との電氣的な接続を遮断するものである。

【0100】

図 20 から分かるように、本実施の形態の電力用半導体装置の遮断機構 10 においては、ヒータ導体が、それぞれが独立して電子回路に接続された一方のヒータ導体 4a および他方のヒータ導体 4b からなっている。つまり、一方のヒータ導体 4a および他方のヒータ導体 4b のそれぞれが独立した電子回路を構成している。なお、本実施の形態においては、一方のヒータ導体 4a と他方のヒータ導体 4b との間において延びる仮想線に沿って基板 1 および電極膜 3 が破断されるものとする。

【0101】

本実施の形態においては、ヒータ導体が 1 つの回路からなっている場合に比較して、基板 1 および電極膜 3 の破断のときにヒータ導体が分断されてしまうことが防止されている。したがって、ヒータ導体に電流が流れずに基板 1 および電極 3 が完全には破断されないという不具合の発生が防止されている。

10

20

30

40

50

【 0 1 0 2 】

また、本実施の形態においては、低融点金属導体 5 は、A 1 または A 1 合金のリボン導体またはワイヤからなっている。一方の低融点金属導体 5 および他方の低融点金属導体 5 は、それぞれ、電極膜 3 および主配線導体 2 に超音波接合によって接合される。本実施の形態の遮断機構 1 0 によっても、実施の形態 7 および 8 の遮断機構 1 0 と同様に、基板 1 は内部応力によって、図 2 1 に示される状態から図 2 2 に示される状態へ変化する。すなわち、基板 1 および電極膜 3 が分断される。その結果、一方の主配線導体 2 と他方の主配線導体 2 との間の電流の流れが遮断される。

【 0 1 0 3 】

(実施の形態 1 0)

次に、図 2 3 および図 2 4 を用いて、実施の形態 1 0 の電力用半導体装置が説明される。本実施の形態の電力用半導体装置は、実施の形態 1 の半導体装置とほぼ同様であるため、以下において、本実施の形態の電力用半導体装置と実施の形態 1 の半導体装置との相違点が主に説明される。

【 0 1 0 4 】

図 2 3 に示されるように、本実施の形態の電力用半導体装置の遮断機構 1 0 においては、一方の電極膜 3 および他方の電極膜 3 が基板 1 上の一方の位置および他方の位置に分割して設けられている。また、一方の電極膜 3 と他方の電極膜 3 とは低融点金属導体 1 7 を媒介として電氣的に接続されている。

【 0 1 0 5 】

本実施の形態の遮断機構 1 0 においては、ヒータ導体 4 が発熱すると、低融点金属導体 1 7 が溶融する。前述のように、低融点金属導体 1 7 は、表面積が最小となるように変形する。そのため、低融点金属導体 1 7 は、一方の主配線導体 2 および他方の主配線導体 2 のそれぞれに近づき、2 つに分割される。その結果、図 2 4 に示されるように、一方の低融点金属導体 1 7 および他方の低融点金属導体 1 7 は、それぞれ、一方の低融点導体 5 および他方の低融点金属導体 5 に一体化される。つまり、融点が高い低融点導体 1 7 が、溶融した後、相対的に融点が高い低融点導体 5 に向かって流れ、低融点導体 5 に一体化される。本実施の形態においては、低融点金属導体 1 7 の融点が高融点金属導体 5 の融点よりも低いため、低融点金属導体 1 7 が低融点金属導体 5 へ向かって流れているが、低融点金属導体 5 の融点が高融点金属導体 1 7 の融点よりも低ければ、低融点金属導体 5 が溶融して低融点金属導体 1 7 へ向かって流れ、低融点導体 5 が低融点導体 1 7 に一体化される。

【 0 1 0 6 】

なお、遮断機構 1 0 の動作時には、低融点金属導体 5 と低融点金属導体 1 7 とが接触すると、その接触位置で低融点金属導体 5 および 1 7 の溶融反応が一気に進む。このとき、溶融金属の表面積を低減させるように、低融点金属導体 5 および 1 7 が変形する。その結果、図 2 4 に示されるように、低融点金属導体 1 7 が低融点金属導体 5 に一体化される。したがって、遮断機構 1 0 は確実にその機能を発揮することができる。

【 0 1 0 7 】

また、前述のような一体化が確実に実現されるためには、図 2 3 に示される状態において、低融点金属導体 1 7 と低融点金属導体 5 との間の距離は小さいことが望ましい。

【 0 1 0 8 】

また、低融点金属導体 1 7 と主配線導体 2 または低融点金属導体 5 とが、たとえば、S n および Z n、または S n および I n 等のような互いに共晶反応を生じる組成からなっていることが望ましい。これによれば、共晶反応を利用して、低融点金属導体 5、1 7 が液化する温度を、低融点金属導体 5 または 1 7 のそれぞれの融点よりも低くすることができる。したがって、より低い温度で遮断機構 1 0 の機能を発揮させることができる。

【 0 1 0 9 】

また、本実施の形態の遮断機構 1 0 によれば、低融点金属導体 5、1 7 のうちの融点が高い方を一方の電極膜 3 および他方の電極膜 3 に接続した後で、低融点金属導体 5、1 7 のうちの融点が高い方を一方の電極膜 3 および他方の電極膜 3 に接続することができる。

したがって、製造方法の自由度が向上する。

【 0 1 1 0 】

(実施の形態 1 1)

次に、図 2 5 ~ 図 2 7 を用いて、実施の形態 1 1 の電力用半導体装置が説明される。本実施の形態の電力用半導体装置は、実施の形態 5 の半導体装置とほぼ同様であるため、以下において、本実施の形態の電力用半導体装置と実施の形態 1 の半導体装置との相違点が主に説明される。

【 0 1 1 1 】

なお、本実施の形態の遮断機構 1 0 も、実施の形態 5 の遮断機構と同様に、上記実施の形態 1 ~ 6 の遮断機構のように、低融点金属導体 5 が溶融して、基板 1 等が下方へ移動することにより、一方の主配線導体 2 と他方の主配線導体 2 との電氣的な接続を遮断するものではない。本実施の形態の遮断機構 1 0 は、電極膜 3 および基板 1 の破断によって、一方の主配線導体 2 と他方の主配線導体 2 との電氣的な接続を遮断するものである。

【 0 1 1 2 】

図 2 5 ~ 図 2 7 に示されるように、本実施の形態の電力用半導体装置の遮断機構 1 0 においては、ヒータ導体 4 a および 4 b と基板 1 とが接触している領域が主配線導体 2 と電極膜 3 とが接触している領域よりも小さい。すなわち、ヒータ導体 4 a および 4 b のすべてが、平面視において、主配線導体 2 と電極膜 3 とが接触している領域に内包されている。言い換えれば、ヒータ導体 4 a および 4 b は、主配線導体 2 および電極膜 3 が基板 1 上に投影された場合に、その影に対応する領域の中に設けられている。

【 0 1 1 3 】

一般に、基板 1 のヒータ導体 4 の反対側の主表面に何も形成されていない場合においては、ヒータ導体 4 が発した熱が基板 1 を通じて外部へ伝達される。一方、基板 1 のヒータ導体 4 の反対側の主表面に電極膜 3 および主配線導体 2 が設けられていれば、基板 1 の温度は、電極膜 3 および主配線導体 2 が接触している領域から離れるほど高なる。たとえば、電極膜 3 および主配線導体 2 が基板 1 上の 2 つの位置に接触している場合には、その 2 つの位置のそれぞれから等距離にある位置の温度が最も高くなる。

【 0 1 1 4 】

前述のような事項を踏まえると、低融点金属導体 5 (ロウ材) を溶融させるために、ヒータ導体 4 に熱を発生させた場合には、ヒータ導体 4 の温度が臨界温度 (ヒータ導体 4 の融点等) を超えると、ヒータ導体 4 の一部が溶融してしまう場合があると考えられる。この場合には、ヒータ導体 4 には電気を流すことができなくなる。そのため、前述の例のような場合には、ヒータ導体 4 を用いて供給することができる熱量を、基板 1 のうちのヒータ導体 4 が形成されている主表面の裏側の主表面のすべてが電極膜 3 および主配線導体 2 に覆われている遮断機構に比較して、小さくする必要がある。

【 0 1 1 5 】

前述のような例に比較して、本実施の形態の遮断機構 1 0 によれば、ヒータ導体 4 から発せられた熱が、主配線導体 2 および低融点金属導体 5 を通じて容易に外部へ放出される。そのため、ヒータ導体 4 の温度が極端に大きくならない。その結果、ヒータ導体 4 の発熱量が大きくなっても、ヒータ導体 4 が溶融し難い。したがって、ヒータ導体 4 の設計の自由度が増加し、遮断機構の機能が発揮され易くなる。

【 0 1 1 6 】

また、主配線導体 2 および低融点金属導体 5 などが複数に分断されている場合には、ヒータ導体 4 のうちの主配線導体 2 と低融点金属導体 5 とが重なっている部分に対応する部分のみの抵抗を高くするとともに、主配線導体 2 同士の間位置する電極膜 3 の抵抗値を低くすることが望ましい。また、抵抗率が高いヒータ導体 4 を、主配線導体 2 および低融点金属導体 5 が基板 1 に投影されたときに影が存在する領域のみに設けるが望ましい。

【 0 1 1 7 】

これによれば、ヒータ導体 4 の溶融を考慮する必要がないため、遮断機構 1 0 の設計の自由度が増加する。たとえば、ヒータ導体 4 の発熱量を大きくすることによって、電気回

10

20

30

40

50

路が遮断されるまでの時間を短縮することができる。

【0118】

上記の構成によれば、ヒータ導体4の温度上昇に起因する悪影響が及ぼされる領域を極力小さくしながら、ヒータ導体4の発熱を効率的に一方の低融点金属導体5および他方の低融点金属導体5に伝達することができる。

【0119】

なお、実施の形態5と同様の複数の貫通孔16は必ずしも設けられていなくて、前述の本実施の形態の遮断機構の機能を発揮することは可能であるが、複数の貫通孔16が電極膜3に破断線状に設けられていれば、電極膜3および基板1を破断線に沿って破断させ易くなる。

10

【0120】

(実施の形態12)

次に、図28～図30を用いて、実施の形態12の電力用半導体装置が説明される。本実施の形態の電力用半導体装置は、実施の形態1の半導体装置とほぼ同様であるため、以下において、本実施の形態の電力用半導体装置と実施の形態1の半導体装置との相違点が主に説明される。

【0121】

図28～図30に示されるように、本実施の形態の電力用半導体装置の遮断機構10においては、他の配線が接続され得る接続パッド14aおよび14bが、それぞれ、ヒータ導体4aの両端およびヒータ導体4bの両端に設けられている。接続パッド14aおよび14bは、それぞれ、主配線導体2の基板1上への投射影に内包される領域内であって、かつヒータ導体4aおよび4bの最も外側の位置に設けられている。

20

【0122】

本実施の形態の遮断機構10によれば、電流がヒータ導体4に流れているときに、接続パッド14aおよび14bの温度を他の領域の温度よりも低くすることができる。これは、本実施の形態の遮断機構10においてはヒータ導体4が発した熱が主に主配線導体2へ伝達されることによって、接続パッド14aおよび14bの温度上昇が抑制されるためである。

【0123】

つまり、主配線導体2が基板1上へ投影されたときに影になる領域の温度が他の領域に比較して低くなっている。そのため、接続パッド14aおよび14bの温度を最も低減することができるようにするために、接続パッド14aおよび14bが設けられている領域が、基板1の主配線導体2が投影された領域に包含され、かつ、最も基板1の外側に設けられている。これにより、接続パッド14aおよび14bの温度を基板1のうちで最も低い値に維持することができる。

30

【0124】

前述のように、接続パッド14aおよび14bの温度を低減することによって、電流がヒータ導体4に流れて、たとえば、400以上にヒータ導体4が発熱した場合においても、接続パッド14aおよび14bの温度を200以下に抑えることが可能である。そのため、接続パッド14aおよび14bと他の配線との接続の信頼性を向上させることができる。したがって、遮断機構10が動作するまでに、接続パッド14aおよび14bから他の配線が外れてしまうことが防止される。

40

【0125】

(実施の形態13)

次に、図31を用いて、実施の形態13の電力用半導体装置が説明される。本実施の形態の電力用半導体装置は、実施の形態1の半導体装置とほぼ同様であるため、以下において、本実施の形態の電力用半導体装置と実施の形態1の半導体装置との相違点が主に説明される。

【0126】

なお、本実施の形態の遮断機構は、実施の形態1～6の遮断機構と同様に、低融点材料

50

１７の溶融および分断によって一方の主配線導体２と他方の主配線導体２とが電氣的に分離されるものである。なお、遮断機構１０は、低融点金属導体１７が基板１よりも下側に配置されていれば、つまり、図３１に示される遮断機構１０が上下逆さまに配置されていれば、低融点金属導体１７は、溶融したときに、重力によって落下する。そのため、より容易に一方の主配線導体２と他方の主配線導体２との電氣的な接続を遮断することができる。このような重力の作用を利用して低融点金属導体１７を落下させることは、たとえば、基板１が鉛直方向に沿って延びるように配置されている場合にも、実現される。

【０１２７】

図３１に示されるように、本実施の形態の電力用半導体装置の遮断機構１０においては、低融点金属導体１７が、基板１が介在する状態で、ヒータ導体４に対向するように配置されている。また、低融点金属導体１７は低融点導体５の融点よりも低い融点を有している。さらに、低融点金属導体１７は厚み分布を有する。本実施の形態の低融点金属導体１７においては、主配線導体２に接触している両端部において厚みが小さく、かつその中央部において厚みが大きい。

10

【０１２８】

一般に、低融点金属粉末が、バインダとしての粉末金属に混合され、基板１上に印刷され、焼成されることによって、低融点金属導体が形成される。一方、本実施の形態の低融点金属導体１７は、溶融したはんたを、はんたに対する漏れ性が低い材料の枠の中に流し込む等の方法によって形成され得る形状を有している。

【０１２９】

20

前述の本実施の形態の低融点金属導体１７によれば、その中央部の断面積がその両端部に接続されている主配線導体の断面積よりも大きいこと、主配線導体２同士の間抵抗値を非常に小さくすることができる。つまり、本実施の低融点金属導体１７の形状は、大電流が流れる回路の遮断に適している。

【０１３０】

一般に主配線導体２から外部へ放出される熱が、ヒータ導体４が発した熱による低融点金属導体１７の温度上昇の妨げになるが、本実施の形態の遮断機構１０の低融点金属導体１７のように主配線導体２に接触している部分の厚みが中央部の厚みよりも小さくなっていれば、低融点金属導体１７から主配線導体２への熱の流れが、低融点金属導体１７の厚みが均一の場合に比較して抑制される。そのため、低融点金属導体１７の温度が上昇し易い。その結果、電子回路を遮断するまでの時間が短縮される。したがって、ヒータ導体４の発熱のために消費されるエネルギーを小さくすることができる。これは、遮断機構１０の設計の自由度の増加につながる。

30

【０１３１】

なお、今回開示され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考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて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および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

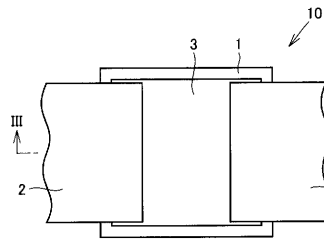
【符号の説明】

【０１３２】

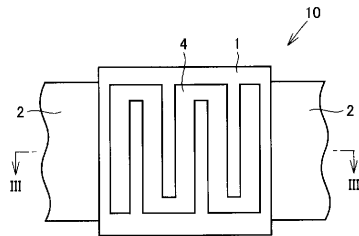
40

１ 基板、２ 主配線導体、３ 電極膜、４，４ａ，４ｂ ヒータ導体、６ パワーモジュール、７ ベースプレート、８ 信号端子、９ 主端子、１０ 遮断機構、１１ 端子台、１２ 筐体、１４ａ，１４ｂ 接続パッド、５，１７ 低融点金属導体、１５，２５ 導体層。

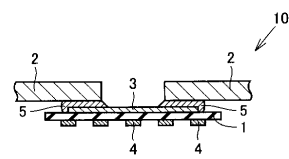
【図 1】



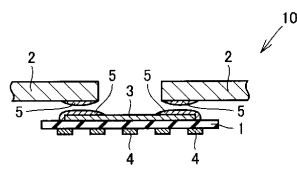
【図 2】



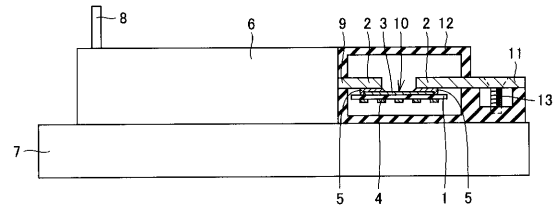
【図 3】



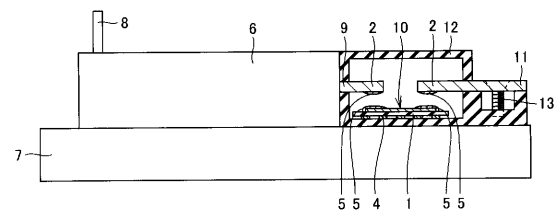
【図 4】



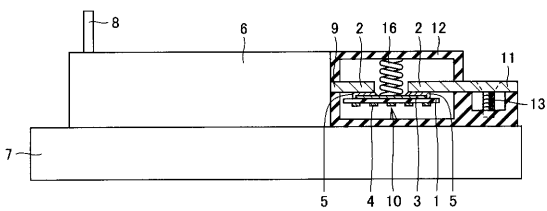
【図 5】



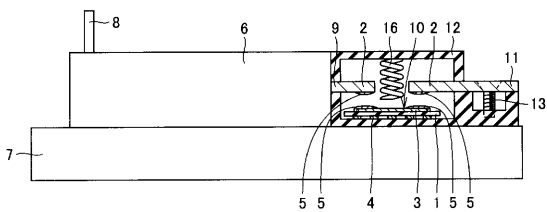
【図 6】



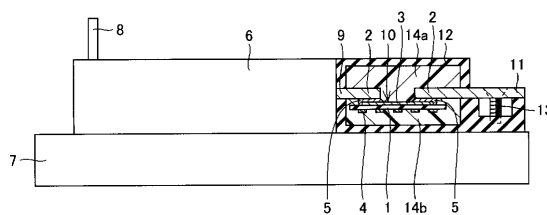
【図 7】



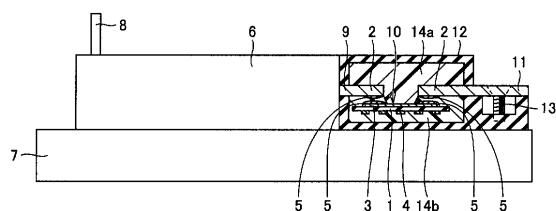
【図 8】



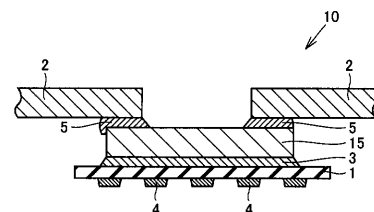
【図 9】



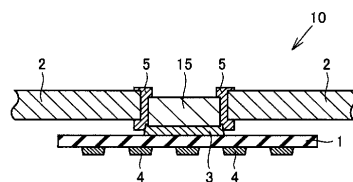
【図 10】



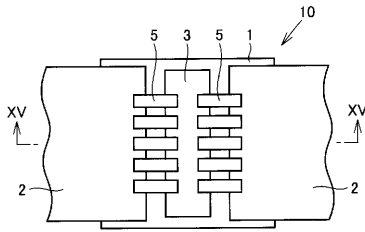
【図 11】



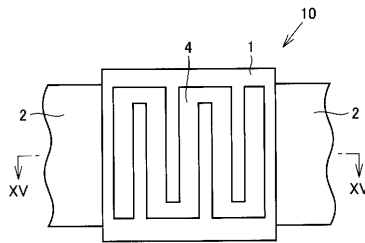
【図 12】



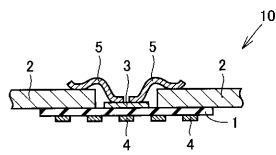
【図 13】



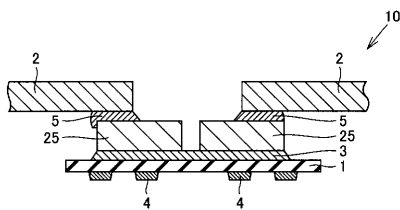
【図 14】



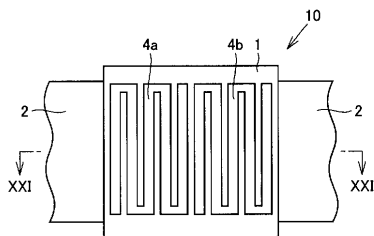
【図 15】



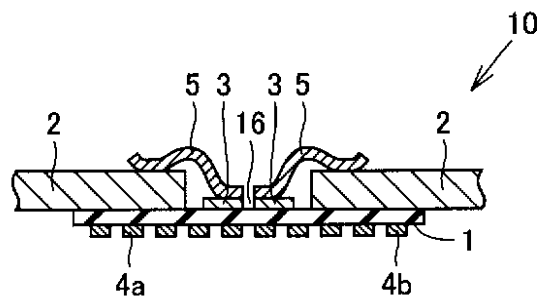
【図 19】



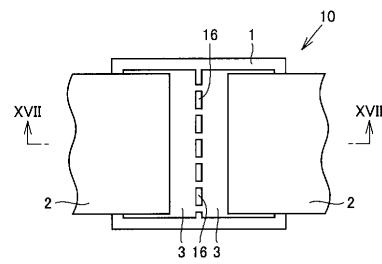
【図 20】



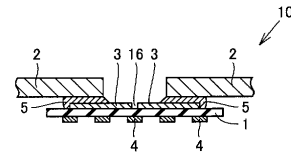
【図 21】



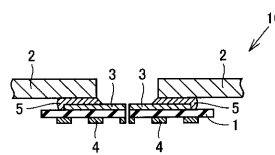
【図 16】



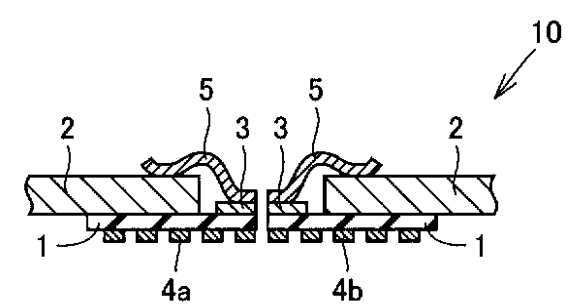
【図 17】



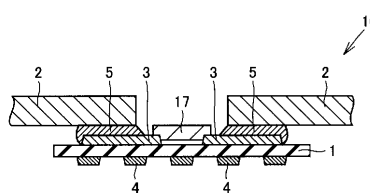
【図 18】



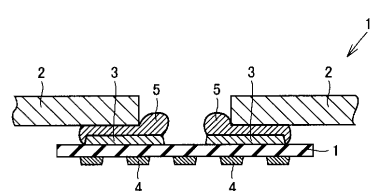
【図 22】



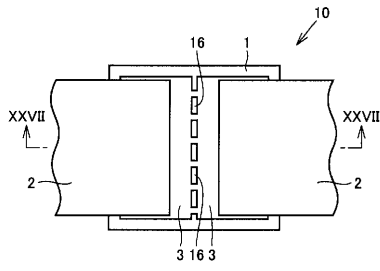
【図 23】



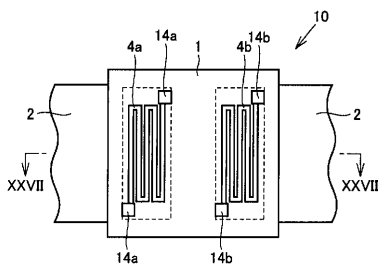
【図 24】



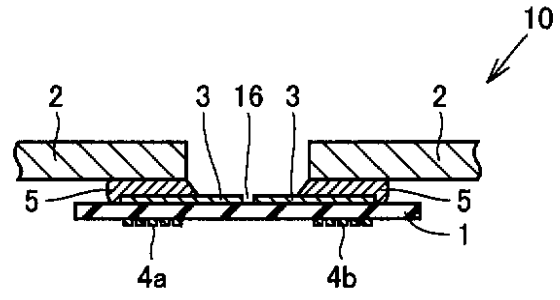
【図 25】



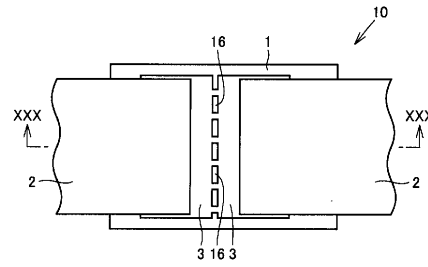
【図 26】



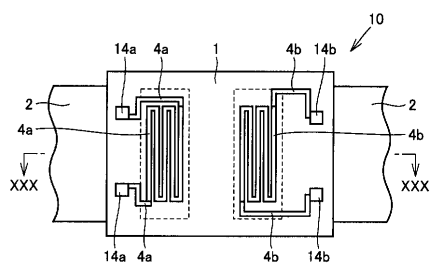
【図 27】



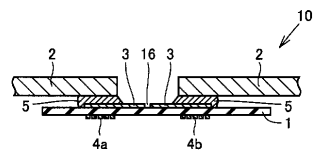
【図 28】



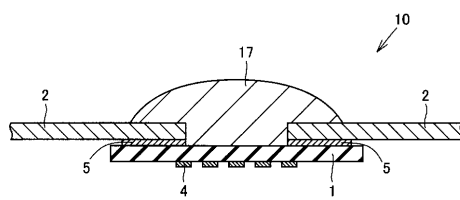
【図 29】



【図 30】



【図 31】



フロントページの続き

(72)発明者 米田 裕
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 出野 智之

(56)参考文献 特開2000-149760(JP,A)
特開平05-068335(JP,A)
特開平07-230747(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01H 37/76
H01H 69/02
H01H 85/00 - 85/62
H01H 87/00