

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B1)

(11)特許番号
特許第7176662号
(P7176662)

(45)発行日 令和4年11月22日(2022.11.22)

(24)登録日 令和4年11月14日(2022.11.14)

(51)国際特許分類 F I
H 0 1 L 25/07 (2006.01) H 0 1 L 25/04 C
H 0 1 L 25/18 (2006.01)

請求項の数 8 (全19頁)

(21)出願番号 特願2022-518732(P2022-518732)	(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 令和3年11月4日(2021.11.4)	(74)代理人 100109612 弁理士 倉谷 泰孝
(86)国際出願番号 PCT/JP2021/040622	(74)代理人 100153176 弁理士 松井 重明
審査請求日 令和4年3月23日(2022.3.23)	(74)代理人 100116643 弁理士 伊達 研郎
早期審査対象出願	(72)発明者 花田 隆一郎 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 岡 誠次 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】 半導体装置および電力変換装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

上面に電極を有する半導体素子と、
開口部を有して前記電極の表面を被覆する被覆部と、
前記被覆部の前記開口部の内周部と間隔を空けて前記開口部内に配置されたワイヤである配線部と、
前記被覆部と前記配線部と前記半導体素子とを封止する封止部と、
を備え、
前記開口部は、前記電極と前記配線部との接合部の周囲に前記電極が前記被覆部で被覆されないよう隙間を開けるように配置されることを特徴とする半導体装置。

10

【請求項2】

前記被覆部の弾性率は、前記封止部の弾性率と比べて低い、請求項1に記載の半導体装置。

【請求項3】

前記被覆部と前記封止部との接着強度は、前記電極と前記封止部との接着強度と比べて高い、請求項1または請求項2に記載の半導体装置。

【請求項4】

前記被覆部は、複数の前記開口部を有している、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】

20

前記開口部には、複数の前記配線部が配置されている、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 6】

前記配線部と前記被覆部の内周部との間隔は、 $20\ \mu\text{m}$ 以上 $50\ \mu\text{m}$ 以下である、請求項 1 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載の半導体装置。

【請求項 7】

前記配線部は、リードフレームである、請求項 1 から請求項 6 のいずれか 1 項に記載の半導体装置。

【請求項 8】

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】

本開示は、半導体素子の表面の電極に被覆部を形成した半導体装置および電力変換装置に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体装置に実装される半導体素子と導電ワイヤとは、それぞれの熱膨張係数の差に起因して、半導体装置の動作中に半導体素子と導電ワイヤとの接合部に繰り返し応力が印加される。この応力により、半導体素子と導電ワイヤとの接合部にクラックが発生し、半導体素子と導電ワイヤとの接合部が剥離することで、半導体装置の信頼性が低下するという課題があった。

【0003】

この課題解決のために、半導体素子と導電ワイヤとの接合部での応力緩和を目的として、半導体素子と導電ワイヤとの接合部の周囲を樹脂で被覆する構造（例えば、特許文献 1、特許文献 2）、または半導体素子の表面に選択的に絶縁性厚膜を形成する構造（例えば、特許文献 3）が検討されている。

【0004】

半導体素子の熱膨張係数と導電ワイヤの熱膨張係数との間の差に起因して、パワー半導体装置の使用中に、半導体素子と導電ワイヤとの間の接合部に応力が繰り返し印加される。これにより半導体素子と導電ワイヤとの間の接合部にクラックが発生し信頼性が低下するという課題があり、これに対して接合部周囲を樹脂で被覆することで応力を緩和する試みが行われてきた。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【文献】特開平 6 1 2 0 2 8 4 号公報

国際公開第 2 0 1 6 / 0 1 6 9 7 0 号

特開 2 0 0 3 2 7 3 3 5 7 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、特許文献 1 に記載の半導体装置においては、半導体素子上に導電ワイヤを形成後に、半導体素子と導電ワイヤとの接合部の周囲へ樹脂を形成しているが、ボンディングパットには樹脂は形成されていない。また、特許文献 2 に記載の半導体装置においては、表面電極上を樹脂で覆っているものの、被覆性を考慮して樹脂の粘性を低くしているので、樹脂の不必要な拡散を防止するために拡散防止用の部材が必要であった。さらに

10

20

30

40

50

、特許文献 3 に記載の半導体装置においては、半導体素子の反りを抑制するために半導体素子上に樹脂を形成しているが、特に、導電ワイヤとの接合部に対する対応は行われてはいない。このため、半導体素子と導電ワイヤとの接合部での応力緩和効果が弱く、半導体装置の信頼性が劣化する場合があった。

【 0 0 0 7 】

本開示は、上述のような問題を解決するためになされたもので、半導体素子と導電ワイヤとの接合部に対して隙間を空けて被覆部を配置することで、半導体素子と導電ワイヤとの接合部での応力を緩和し、信頼性の向上した半導体素子を得ることを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 8 】

本開示に係る半導体装置は、上面に電極を有する半導体素子と、開口部を有して電極の表面を被覆する被覆部と、被覆部の開口部の内周部と間隔を空けて開口部内に配置されたワイヤである配線部と、被覆部と配線部と半導体素子とを封止する封止部と、を備え、開口部は、電極と配線部との接合部の周囲に電極が被覆部で被覆されないよう隙間を開けるように配置されることを特徴とする半導体装置である。

【発明の効果】

【 0 0 0 9 】

本開示によれば、半導体素子の上面の電極上に、配線部と間隔を空けて被覆部を配置したので、半導体素子の電極と配線部との接合部における応力を緩和することができ、配線部の電極からの剥離を抑制することが可能となり、半導体装置の信頼性を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 0 】

【図 1】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 2】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 3】実施の形態 1 における半導体装置の配線部の接合部を拡大して示す断面構造模式図である。

【図 4】実施の形態 1 における半導体装置の被覆部を示す平面構造模式図である。

【図 5】実施の形態 1 における半導体装置の被覆部を示す斜視構造模式図である。

【図 6】実施の形態 1 における半導体装置の他の被覆部を示す平面構造模式図である。

【図 7】実施の形態 1 における半導体装置の他の被覆部を示す平面構造模式図である。

【図 8】実施の形態 1 における半導体装置の他の被覆部を示す平面構造模式図である。

【図 9】実施の形態 1 における半導体装置の他の被覆部を示す平面構造模式図である。

【図 10】実施の形態 1 における半導体装置の他の被覆部を示す斜視構造模式図である。

【図 11】実施の形態 1 における半導体装置の他の被覆部を示す斜視構造模式図である。

【図 12】実施の形態 2 における半導体装置を示す平面構造模式図である。

【図 13】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 14】実施の形態 2 における半導体装置の配線部の接合部を拡大して示す断面構造模式図である。

【図 15】実施の形態 3 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】

【 0 0 1 1 】

はじめに、本開示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。

【 0 0 1 2 】

実施の形態 1 .

図 1 は、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 2 は、実施

10

20

30

40

50

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 3 は、実施の形態 1 における半導体装置の配線部の接合部を拡大して示す断面構造模式図である。図において、半導体装置 100 は、ベース板 1 と、絶縁基板 2 と、接合部である素子接合部 8 と、接合部である基板接合部 3 と、半導体素子 7 と、配線部である 9 と、封止部 10 と、電極端子 12 と、電極 13 と、被覆部 30 と、被覆部 30 で囲まれた開口部 40 と、を備えている。なお、図 2 は、図 1 の一点鎖線 A A における断面構造模式図である。

【0013】

図において、半導体装置 100 は、ベース板 1 の上面と絶縁基板 2 の下面とを基板接合部 3 を用いて接合している。絶縁基板 2 の上面と半導体素子 7 の裏面（下面）とを素子接合部 8 を用いて接合している。絶縁基板 2 と絶縁基板 2 の上面に接合された半導体素子 7 と配線部 9 とは、封止部 10 内に封止されている。

10

【0014】

図 1 において、封止部 10 は、点線にて表示し、封止部 10 に封止されている部材の位置関係がわかるようにしている。半導体装置 100 の最外周は、ベース板 1 の周縁部である。ベース板 1 の周縁部よりも内側には、封止部 10 が配置されている。封止部 10 の外縁よりも内側には、絶縁基板 2 の絶縁層 22 が配置されている。絶縁基板 2 の絶縁層 22 の外縁よりも内側には、絶縁基板 2 の上面側の金属層 21 が配置されている。絶縁基板 2 の上面側の金属層 21 の外縁よりも内側には、電極 13 が表面に形成された半導体素子 7 が配置されている。半導体素子 7 の電極 13 の外縁よりも内側には、開口部 40 を有する被覆部 30 が配置されている。開口部 40 は、所定の幅を有する被覆部 30 に囲まれた領域である。被覆部 30 の内縁よりも内側には、被覆部 30 の内縁と間隔を開けて配線部 9 が電極 13 と接合されている。電極端子 12 は、絶縁基板 2 を跨いで配置され、封止部 10 から突出（露出）している。

20

【0015】

図 2 において、ベース板 1 の上面と絶縁基板 2 の下面側の金属層 23 の下面とを基板接合部 3 を用いて接合している。絶縁基板 2 の上面側の金属層 21 の上面と半導体素子 7 の裏面とを素子接合部 8 を用いて接合している。配線部 9 は、半導体素子 7 の表面（上面）の電極 13 と電極端子 12（右側）とを電氣的に接続している。また、配線部であるボンディングワイヤ 9 は、絶縁基板 2 の上面側の金属層 21 の所定の位置と電極端子 12（左側）とを電氣的に接続している。封止部 10 は、絶縁基板 2 の下面側の金属層 23 と接合していない（露出した）ベース板 1 の上面と接して、絶縁基板 2 と絶縁基板 2 の上面に接合された半導体素子 7 とを封止している。電極端子 12 は、絶縁基板 2 の上部で、一端側が封止部 10 内に配置され、他端が封止部 10 の側面から露出（突出）して配置される。

30

【0016】

図 3 において、半導体素子 7 の表面に配置された電極 13 と配線部 9 とは、接合部 31 で接合されている。被覆部 30 は、接合部 31 を囲んでいる。被覆部 30 で囲まれた内側は、開口部 40 である。接合部 31 の外縁（外周部）と被覆部 30 の内縁（内周部）とは隙間（間隔）Sを開けて配置される。封止部 10 は、隙間 S の部分では、電極 13 の表面と接して配置されている。また、封止部 10 は、隙間 S よりも外側（被覆部 30 の内縁よりも外側）では、被覆部 30 の表面と接して配置されている。ここで、被覆部 30 の内周部は、開口部 40 の外縁である。

40

【0017】

ベース板 1 は、板状であり、半導体装置 100 の底面部（底板）である。ベース板 1 は、半導体装置 100 内部で発生した熱を半導体装置 100 の外部へ放熱する放熱部材として機能する。ベース板 1 は、基板接合部 3 を介して（用いて）、ベース板 1 の上面が絶縁基板 2 の下面側の金属層 23 の下面と接合されている。ベース板 1 の材料としては、銅合金またはアルミニウム合金などを用いることができる。ベース板 1 の基板接合部 3 との接合領域の外側には、封止部 10 の下面が接している。

【0018】

絶縁基板 2 は、上面層と中間層と下面層とを有している。絶縁基板 2 の下面側の金属層

50

23は、ベース板1の上面に対向している。絶縁基板2は、中間層として絶縁層22、上面層として絶縁層22の上面側に金属層21と、下面層として絶縁層22の下面側に金属層23と、を有している。絶縁層22の下面側の金属層23は、基板接合部3によりベース板1の上面と接合されている。絶縁基板2は板状であり、板状の絶縁基板2を平面(上面)方向から見た場合において、絶縁層22の上面側の金属層21の大きさは、絶縁層22を挟んで、絶縁層22の上面側の金属層21が、絶縁層22の下面側の金属層23およびベース板1との間で沿面放電を抑制(沿面距離を確保)するために、絶縁層22の大きさよりも小さくなっている。言い換えると、絶縁層22の端部は、絶縁層22の上面側の金属層21および絶縁層22の下面側の金属層23の端部よりも外側へ突出している。

【0019】

また、絶縁層22の上面側の金属層21は、目的に応じて複数に分割され、回路パターンを形成してもよい。絶縁基板2の絶縁層22の材料としては、酸化アルミニウム(Al_2O_3)や窒化アルミニウム(AlN)や窒化珪素(Si_3N_4)などを用いることができる。絶縁基板2の上面側の金属層21および下面側の金属層23の材料としては、銅合金やアルミニウム合金などを用いることができる。絶縁基板2の上面側の金属層21の上面には、半導体素子7が素子接合部8で接合されている。なお、絶縁基板2の上面側は、絶縁層22の上面側、絶縁基板2の下面側は、絶縁層22の下面側と同義である。

【0020】

基板接合部3は、ベース板1の上面と絶縁基板2の下面側の金属層23の下面とを接合するための接合材である。基板接合部3の材料としては、はんだが用いられ、必要に応じて焼結銀、焼結銅などを用いてもよい。ベース板1の中央領域には、絶縁基板2が接合される。

【0021】

素子接合部8は、絶縁基板2の上面側の金属層21の上面と半導体素子7の裏面とを接合するための接合材である。素子接合部8の材料としては、基板接合部3と同様に、はんだ、焼結銀または焼結銅などを用いることができる。

【0022】

半導体素子7は、半導体素子7の表面に電極13が配置されている。半導体素子7は、絶縁基板2の上面側の金属層21の上面に接合部である素子接合部8を介して接合されている。半導体素子7は、MOSFET(Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor)やIGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)などの電力用半導体素子などを用いることができる。また、半導体素子7の材料としては、珪素(Si : Silicon)や炭化珪素(SiC : Silicon Carbide)などを用いることができる。

【0023】

電極13は、半導体素子7を外部と電氣的に接続するためのもので、配線部9などが接続される。電極13の材料としては、Al、Siを含有するAl合金、Cu等を用いることができる。電極13の材料は、配線部9の材料の選択に合わせて、適宜選択することができる。

【0024】

左側(第一)の配線部9は、絶縁基板2の上面側の金属層21の所定の位置と電極端子12とを電氣的に接続している。左側の配線部9の一端側は、金属層21の所定の位置と接合される。左側の配線部9の他端側は、左側(第一)の電極端子12の一端側と接続される。また、右側(第二)の配線部9は、半導体素子7の表面の電極13と電極端子12とを電氣的に接合している。右側の配線部9の一端側は、半導体素子7の電極13と接合している。右側の配線部9の他端は、右側(第二)の電極端子12の一端側と接合される。複数の半導体素子7を用いている場合は、配線部9は、複数の半導体素子7間を電氣的に接続する。配線部9としては、アルミニウム合金製ワイヤ、銅合金製ワイヤ、金製ワイヤ、銅合金製リード、アルミニウム合金製リボンまたは銅合金製リボンなどを用いることができる。表面のみニッケル、金、銀、すずなどのめっき処理がされたワイヤ、リード、

10

20

30

40

50

リボンなどを用いてもよい。

【 0 0 2 5 】

被覆部 3 0 は、電極 1 3 の表面上に形成されている。被覆部 3 0 は、所定の幅を有している。被覆部 3 0 で囲まれた領域が被覆部 3 0 の開口部 4 0 である。被覆部 3 0 の材質は、例えば、ポリイミド、ポリエーテルアミド、ポリアミドイミドなどを用いることができる。被覆部 3 0 の目的は、半導体素子 7 の電極 1 3 での発熱に起因した熱応力による影響の低減、抑制である。また、被覆部 3 0 の目的は、封止部 1 0 の電極 1 3 との密着性向上である。ここで、被覆部 3 0 の弾性率としては、封止部 1 0 の弾性率と比べて低い部材を用いることができる。被覆部 3 0 と封止部 1 0 との接着強度は、電極 1 3 と封止部 1 0 との接着強度と比べて高い部材を用いることができる。このような材料特性を持つ部材を用いることで、電極 1 3 と封止部 1 0 との間での熱応力を低減し、電極 1 3 における封止部 1 0 の剥離を抑制することができる。

10

【 0 0 2 6 】

電極端子 1 2 は、絶縁基板 2 の辺部を跨いで配置され、封止部 1 0 から外部へ突出（露出）している。配線部 9 は、半導体素子 7 の上面（表面）の電極 1 3 と電極端子 1 2 とを電氣的に接続している。また、配線部 9 は、絶縁基板 2 の上面側の金属層 2 1 の所定の位置と電極端子 1 2 とを電氣的に接続している。封止部 1 0 は、絶縁基板 2 の下面側の金属層 2 3 と接合していない（露出した）ベース板 1 の上面と接して、配線部 9 と絶縁基板 2 と絶縁基板 2 の上面に接合された半導体素子 7 とを封止している。電極端子 1 2 は、一端側が封止部 1 0 内に配置され、他端側が封止部 1 0 の側面から外部へ露出（突出）して配置される。

20

【 0 0 2 7 】

封止部 1 0 は、絶縁基板 2 と半導体素子 7 と電極端子 1 2 の一部（一端側）とを封止する。封止部 1 0 の材料としては、シリコンゲルまたはシリカなどのフィラを含むエポキシ樹脂を使用することができる。

【 0 0 2 8 】

このような形態の半導体装置 1 0 0 に通電した場合、配線部 9 と電極 1 3 との接合部 3 1 付近が特に発熱し、発熱に伴う熱応力が封止部 1 0 と電極 1 3 との間に発生する。この熱応力により、電極 1 3 と封止部 1 0 との間で剥離あるいは亀裂が発生する。この剥離あるいは亀裂が進展することで、半導体素子 7 の表面が露出され、この箇所での絶縁不良の原因となり、半導体装置 1 0 0 の信頼性が劣化する。

30

【 0 0 2 9 】

しかしながら、電極 1 3 の上面に形成された被覆部 3 0 により、電極 1 3 と封止部 1 0 との間に発生する熱応力を低減することができる。その結果、封止部 1 0 と電極 1 3 間の剥離を抑制したので、封止部 1 0 と電極 1 3 との密着性が改善でき、半導体装置 1 0 0 の信頼性が向上できる。

【 0 0 3 0 】

なお、被覆部 3 0 は、配線部 9 と電極 1 3 の表面との接合部 3 1 の周囲に、配線部 9 とは接触しないように電極 1 3 上に形成されている。被覆部 3 0 の形成範囲は、配線部 9 と接触しなければ、接合部 3 1 付近のみであっても、接合部 3 1 以外の電極 1 3 全面であってもよい。

40

【 0 0 3 1 】

また、配線部 9 の電極 1 3 の表面との接合部 3 1 と被覆部 3 0 との距離は、近いほど、封止部 1 0 の樹脂剥離抑制効果は高くなる。しかしながら、被覆部 3 0 が配線部 9 と電極 1 3 との接合部 3 1 とに接するほど近い場合、被覆部 3 0 を避けて、配線部 9 を電極 1 3 の上面と接合することは、高精度な位置決めが必要となる。このため、配線部 9 と電極 1 3 との接合形成難易度が高くなる。

【 0 0 3 2 】

さらに、このような高精度な接合部 3 1 の形成のため、プロセスコストが増加する。もし、被覆部 3 0 の上から（を介して）配線部 9 を接合してしまった場合、配線部 9 と電極

50

13との間に被覆部30が混ざること、配線部9と電極13との接合強度が低下し、配線部9が電極13から剥離しやすくなり、半導体装置の信頼性が低減する可能性がある。

【0033】

このことより、被覆部30と配線部9と電極13との接合部31の間には一定の距離を設ける必要がある。封止部10の樹脂剥離抑制効果と、配線部9の接合難易度、接合位置ばらつきとの両方を考慮すると、配線部9の接合部31と被覆部30との距離は、例えば、20 μ m以上50 μ m以下の範囲であることが望ましい。

【0034】

また、後述のように、被覆部30の開口部40の形状としては、接合部31の形状に沿った形、例えば、楕円形であっても、四角形であってもよい。さらに、被覆部30の外縁形状は、接合部31の形状に対応した形、例えば、楕円形であっても、四角形であってもよい。

【0035】

また、配線部9と被覆部30の内周部との間隔(距離)は、20 μ m以上50 μ m以下である。被覆部30の内周部から内側の20 μ m以上50 μ m以下の範囲の電極13の表面上の隙間Sにレーザー照射等により局所的に電極13の表面を荒らす表面処理を行ってもよい。この電極13に表面処理を行うことで、被覆部30の内周部と接合部31との間の電極13の表面において、封止部10と電極13の表面との密着性を向上させることができる。

【0036】

図4から図11は、種々の被覆部30の形状を示している。図4は、実施の形態1における半導体装置の被覆部を示す平面構造模式図である。図5は、実施の形態1における半導体装置の被覆部を示す斜視構造模式図である。図6は、実施の形態1における半導体装置の他の被覆部を示す平面構造模式図である。図7は、実施の形態1における半導体装置の他の被覆部を示す平面構造模式図である。図8は、実施の形態1における半導体装置の他の被覆部を示す平面構造模式図である。図9は、実施の形態1における半導体装置の他の被覆部を示す平面構造模式図である。図10は、実施の形態1における半導体装置の他の被覆部を示す斜視構造模式図である。図11は、実施の形態1における半導体装置の他の被覆部を示す斜視構造模式図である。

【0037】

図4において、被覆部30は、帯状の形状である。被覆部30は、所定の幅を有して電極13の上面の配線部9が接合される予定の位置を囲んで予め配置される。被覆部30で囲まれた領域が開口部40である。被覆部30は、電極13の上面に楕円形状で所定の間隔を空けて複数配置されている。被覆部30の楕円形状の内部(開口部40)には、電極13が露出している。開口部40内で露出した電極13の上面には、配線部9が接合される。被覆部30の外周部よりも外側には、電極13が露出している。

【0038】

図5において、被覆部30の内周部(内側部)よりも内側の開口部40には、配線部9が電極13の上面と接合されている。電極13の上面と配線部9との接合箇所は、接合部31である。接合部31は、被覆部30の内周部と所定の間隔を空けて形成されている。

【0039】

図6は、被覆部30の別の形態を表している。図6において、楕円形状の被覆部30は、複数の被覆部30の一部が重なって(接して)配置されている。この場合においても、それぞれの被覆部30の内周部よりも内側の開口部40には、配線部9が電極13の上面と接合する領域が設けられている。被覆部30の外周部よりも外側には、電極13が露出している。

【0040】

図7において、被覆部30の形状は、電極13の上面よりも面積小さい矩形である。被覆部30は、被覆部30の外縁よりも内側に、楕円形状をした被覆部30の無い領域である開口部40を有している。被覆部30で囲まれた開口部40内では、電極13の上面が

10

20

30

40

50

露出している。開口部 40 は、電極 13 の上面と配線部 9 とが接合する領域である。被覆部 30 の外縁形状は、被覆部 30 の内縁形状が異なっている。

【0041】

図 8 において、被覆部 30 は、電極 13 の外縁まで形成されている。その他の点に関しては、図 7 に示した被覆部 30 と同様な形状をしている。被覆部 30 内には、開口部 40 が複数設けられている。

【0042】

図 9 において、被覆部 30 は、帯状の形状である。しかしながら、図 4 とは異なり、被覆部 30 の内縁（内周部）は、四角形状（矩形）である。被覆部 30 の内側には開口部 40 を有している。開口部 40 では、電極 13 の上面が露出している。露出した電極 13 の上面には、配線部 9 が接合される。この場合、被覆部 30 の内周部よりも内側には、配線部 9 が一本または複数本接合される。配線部 9 の本数は、半導体装置 100 の仕様（電流密度等）に応じて適宜選択することができる。

10

【0043】

図 10 は、図 9 の被覆部 30 の内部に複数の配線部 9 を接合した状態を示している。図 10 において、配線部 9 は、被覆部 30 の内周部から内側の開口部 40 に間隔を空けて電極 13 の上面に接合される。

【0044】

図 12 においては、図 9 に示した帯状の被覆部 30 の外縁を電極 13 の外縁と同じ領域まで拡げた形状をしている。被覆部 30 の内周部よりも内側の開口部 40 には、図 9 の場合と同様に配線部 9 が接合されている。

20

【0045】

図において、電極 13 の上面に対する被覆部 30 の形成面積（割合）が大きくなるほど、電極 13 の上面における電極 13 と封止部 10 との熱応力が緩和でき、封止部 10 の剥離抑制効果が大きくなり、半導体装置 100 の信頼性が向上する。

【0046】

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。

【0047】

はじめに、半導体ウエハ表面の所定の位置に電極 13 を例えばスパッタリング法で形成する（電極形成工程）。

30

【0048】

次に、電極 13 上に被覆部 30 を形成する（被覆部形成工程）。具体的には、被覆部 30 が、例えば、感光性ポリイミドの場合、後述の方法で形成できる。まず、電極 13 上に、感光性ポリイミドを、例えば、ディスペンスで適量塗布する。感光性ポリイミドを塗布後スピンコーターにより、電極 13 上全面に、均一な膜を形成する。その後、形成したい部分のみが開口しているマスクの上から、UV（紫外線）照射を行うことで、マスクの開口部の下の部分に対応するポリイミドが硬化できる。UV 照射後、現像、洗浄し、未硬化のポリイミドを除去することで、所定の部分のみ被覆部 30 が形成できる。被覆部 30 に囲まれた内側が開口部 40 である。

40

【0049】

次に、前述の半導体ウエハを小片にダイシングして、電極 13 上に被覆部 30 が形成された半導体素子 7 を作製する（半導体素子準備工程）。

【0050】

次に、上面に金属層 21 と下面に金属層 23 とを有する絶縁基板 2 を準備する（絶縁基板準備工程）。絶縁層 22 と上面側の金属層 21、下面側の金属層 23 との接合は、ロウ付けなどにより行う。上面側の金属層 21 には、電気回路が形成されるため、パターン形状が異なることがよくある。このような場合、上面側の金属層 21、下面側の金属層 23 の大きさ、厚みを調整することで、絶縁層 22 の上下（おもて裏）面間で熱応力の発生を抑えるようにしてもよい。

50

【 0 0 5 1 】

次に、絶縁基板 2 の上面側の金属層 2 1 の所定の位置に、素子接合部 8 を介して、ダイシングされた半導体素子 7 を接合する（半導体素子接合工程）。

【 0 0 5 2 】

次に、半導体装置 1 0 0 の底面部となるベース板 1 を準備する（ベース板準備工程）。

【 0 0 5 3 】

次に、ベース板 1 の上面に絶縁基板 2 を基板接合部 3 で接合する（絶縁基板接合工程）。

【 0 0 5 4 】

次に、半導体素子 7 と絶縁基板 2 の上面側の金属層 2 1 とを配線部 9 を用いて電氣的に接続する（配線材形成工程）。配線部 9 がワイヤ、リボン、リードの場合、超音波接合法を用いて接合できる。

10

【 0 0 5 5 】

次に、絶縁基板 2 と半導体素子 7 と配線部 9 と電極端子 1 2 の一端側とを封止部 1 0 で封止する（封止工程）。

【 0 0 5 6 】

以上の主要な製造工程を経ることで、図 2 に示す半導体装置 1 0 0 が製造できる。

【 0 0 5 7 】

以上のように構成された半導体装置 1 0 0 においては、被覆部 3 0 が、配線部 9 と電極 1 3 との接合部 3 1 の周りに、配線部 9 と接触させずに電極 1 3 上に形成したので、半導体装置 1 0 0 への通電時の封止部 1 0 の剥離が抑制でき、半導体装置 1 0 0 の信頼性を向上することができる。また、半導体装置 1 0 0 の寿命を長寿命化ができる。

20

【 0 0 5 8 】

さらに、配線部 9 と電極 1 3 との接合前に、被覆部 3 0 を形成したので、被覆部 3 0 の形成状態を容易に検査することができ、プロセスコストを低減することが可能となる。

【 0 0 5 9 】

実施の形態 2 .

本実施の形態 2 においては、実施の形態 1 で用いた配線部 9 を電極端子 2 0 の一端を延長して配線部として一体とした構造の電極端子 2 0 に置き換えた点異なる。このように、板状形状を有する電極端子 2 0 の一端を配線部として用いた場合においても、半導体装置 2 0 0 への通電時の封止部 1 0 の剥離を抑制し、半導体装置 2 0 0 の信頼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 1 と同様であるので、詳しい説明は省略する。

30

【 0 0 6 0 】

図 1 2 は、実施の形態 2 における半導体装置を示す平面構造模式図である。図 1 3 は、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 4 は、実施の形態 2 における半導体装置の配線部の接合部を拡大して示す断面構造模式図である。図において、半導体装置 2 0 0 は、ベース板 1 と、絶縁基板 2 と、接合部である素子接合部 8 と、接合部である基板接合部 3 と、半導体素子 7 と、封止部 1 0 と、電極 1 3 と、端子接合部 1 4 と、配線部である電極端子 2 0 と、被覆部 3 0 と、被覆部 3 0 で囲まれた開口部 4 0 とを備えている。なお、図 1 3 は、図 1 2 の一点鎖線 B B における断面構造模式図である。

40

【 0 0 6 1 】

図において、半導体装置 2 0 0 は、ベース板 1 の上面と絶縁基板 2 の下面とを基板接合部 3 を用いて接合している。絶縁基板 2 の上面と半導体素子 7 の裏面（下面）とを素子接合部 8 を用いて接合している。絶縁基板 2 と絶縁基板 2 の上面に接合された半導体素子 7 と一端に板状形状を有する電極端子 2 0 の一端側とは、封止部 1 0 内に封止されている。なお、電極端子 2 0 としては、電極 1 3 と接合できればよく、リードフレームを用いてもよい。

【 0 0 6 2 】

図 1 2 において、封止部 1 0 は、点線にて表示し、封止部 1 0 に封止されている部材の位置関係がわかるようにしている。半導体装置 2 0 0 の最外周は、ベース板 1 の周縁部で

50

ある。ベース板 1 の周縁部よりも内側には、封止部 10 が配置されている。封止部 10 の外縁よりも内側には、絶縁基板 2 の絶縁層 22 が配置されている。絶縁基板 2 の絶縁層 22 の外縁よりも内側には、絶縁基板 2 の上面側の金属層 21 が配置されている。絶縁基板 2 の上面側の金属層 21 の外縁よりも内側には、電極 13 が表面に形成された半導体素子 7 が配置されている。半導体素子 7 の電極 13 の外縁よりも内側には、開口部 40 を有する被覆部 30 が配置されている。開口部 40 は、所定の幅を有する被覆部 30 に囲まれた領域である。

【0063】

被覆部 30 の内縁よりも内側には、被覆部 30 の内縁と間隔を開けて電極端子 20 の一端が延在しており、電極端子 20 の一端と電極 13 とが接合されている。電極端子 20 は、電極端子 20 の一端が絶縁基板 2 を跨いで半導体素子 7 の上部まで延在して配置され、他端が封止部 10 から突出（露出）している。また、他の電極端子 20 は、電極端子 20 の一端が絶縁基板 2 を跨いで絶縁基板 2 の上面側の金属層 21 の上部まで延在して配置され、他端が封止部 10 から突出（露出）している。

10

【0064】

図 13 において、ベース板 1 の上面と絶縁基板 2 の下面側の金属層 23 の下面とを基板接合部 3 を用いて接合している。絶縁基板 2 の上面側の金属層 21 の上面と半導体素子 7 の裏面とを素子接合部 8 を用いて接合している。右側（第二）の電極端子 20 の一端は、端子接合部 14 を介して、半導体素子 7 の表面（上面）の電極 13 と電氣的に接続している。また、左側（第一）の電極端子 20 の一端は、端子接合部 14 を介して、絶縁基板 2 の上面側の金属層 21 と電氣的に接続している。封止部 10 は、絶縁基板 2 の下面側の金属層 23 と接合していない（露出した）ベース板 1 の上面と接して、絶縁基板 2 と絶縁基板 2 の上面に接合された半導体素子 7 とを封止している。電極端子 20 は、それぞれ、一端側が封止部 10 内に配置され、他端が封止部 10 の側面から露出（突出）して配置される。

20

【0065】

図 14 において、半導体素子 7 の表面に配置された電極 13 と電極端子 20 の一端とは、端子接合部 14 を介して、電極 13 上の接合部 32 で接合されている。接合部 32 は、電極 13 の上面と端子接合部 14 の下面との接合箇所である。また、電極端子 20 の一端側の下面と端子接合部 14 の上面との接合箇所は接合部 33 である。被覆部 30 は、接合部 32 を囲んでいる。被覆部 30 で囲まれた領域は、開口部 40 である。接合部 32 の外縁（外周部）と被覆部 30 の内縁（内周部）とは隙間（間隔）S を空けて配置される。封止部 10 は、隙間 S の部分では、電極 13 の表面と接して配置されている。また、封止部 10 は、隙間 S よりも外側（被覆部 30 の内縁よりも外側）では、被覆部 30 の表面と接して配置されている。

30

【0066】

また、接合部 32 の外縁と被覆部 30 の内周部との間隔（距離）は、 $20\ \mu\text{m}$ 以上 $50\ \mu\text{m}$ 以下である。被覆部 30 の内周部よりも内側の $20\ \mu\text{m}$ 以上 $50\ \mu\text{m}$ 以下の範囲の電極 13 の表面上である隙間 S に、端子接合部 14 が濡れ広がるのを防止するための表面処理を行っても良い。表面処理としては、レーザー照射等により局所的に電極 13 の表面を荒らすことで対応する。この表面処理を行うことで、被覆部 30 の内周部と端子接合部 14 とが接触することを抑制でき、表面処理を行った電極 13 の表面と封止部 10 とが接することで、封止部 10 の剥離防止ができる。このように、電極 13 の被覆部 30 の内周部よりも内側の領域に表面処理をすることで、端子接合部 14 の濡れ広がりを防止しながら、封止部 10 と電極 13 との密着性を向上させることが可能となる。

40

【0067】

なお、この表面処理に関しては、電極 13 の全面に行うと、半導体素子 7 へのダメージ導入となる可能性がある。しかしながら、本実施の形態のように、半導体素子 7 の電極 13 の被覆部 30 の開口部 40 の隙間 S のみに表面処理を行うのであれば、半導体素子 7 に対する割合も少ないのでダメージの影響を考慮しなくてもよい。言い換えると、半導体装

50

置の信頼性に影響を与えない。

【0068】

電極端子20は、絶縁基板2の辺部を跨いで配置され、電極端子20の他端は、封止部10から外部へ突出（露出）している。電極端子20の一端は、封止部10の内部に封止されている。右側の電極端子20の一端は、端子接合部14を介して、半導体素子7の表面（上面）の電極13と電気的に接続している。また、左側の電極端子20の一端は、端子接合部14を介して、絶縁基板2の上面側の金属層21の所定の位置と電気的に接続している。封止部10は、絶縁基板2の下面側の金属層23と接合していない（露出した）ベース板1の上面と接して、電極端子20の一端側と絶縁基板2と絶縁基板2の上面に接合された半導体素子7とを封止している。電極端子20としては、銅合金製リード（リードフレーム）を用いることができる。

10

【0069】

端子接合部14は、電極13の上面と電極端子20の一端側とを接合するための接合材である。端子接合部14の材料としては、基板接合部3と同様に、はんだ、焼結銀または焼結銅などを用いることができる。

【0070】

以上のように構成された半導体装置200においては、被覆部30が、電極端子20の一端と電極13との接合部32の周りに、電極端子20の一端と接触させずに電極13上に形成したので、半導体装置200への通電時の封止部10の剥離が抑制でき、半導体装置200の信頼性を向上することができる。また、半導体装置200の寿命を長寿命化ができる。

20

【0071】

さらに、電極端子20の一端と電極13との接合前に、被覆部30を形成したので、被覆部30の形成状態を容易に検査することができ、プロセスコストを低減することが可能となる。

【0072】

実施の形態3 .

本実施の形態3は、上述した実施の形態1から2にかかる半導体装置を電力変換装置に適用したものである。本開示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3として、三相のインバータに本開示を適用した場合について説明する。

30

【0073】

図15は、本開示の実施の形態3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。

【0074】

図15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。

40

【0075】

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15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。

【0076】

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

50

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。

【0077】

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。

10

【0078】

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。

20

【0079】

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。

30

【0080】

以上のように構成された本実施の形態 5 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 4 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。

40

【0081】

本実施の形態では、2 レベルの三相インバータに本開示を適用する例を説明したが、本開示は、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開示を適用してもよい。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開示を適用することもできる。

【0082】

また、本開示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

50

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。

【0083】

特に、半導体素子7として、SiCを用いた場合、電力用半導体素子はその特徴を生かすために、Siの時と比較してより高温で動作させることになる。SiCデバイスを搭載する半導体装置においては、より高い信頼性が求められるため、高信頼の半導体装置を実現するという本開示のメリットはより効果的なものとなる。

【0084】

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。本開示の範囲は、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】

【0085】

1 ベース板、2 絶縁基板、3 基板接合部、7 半導体素子、8 素子接合部、9 配線部、10 封止部、12, 20 電極端子、13 電極、14 端子接合部、30 被覆部、31, 32, 33 接合部、100, 200, 300, 400, 500, 600, 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

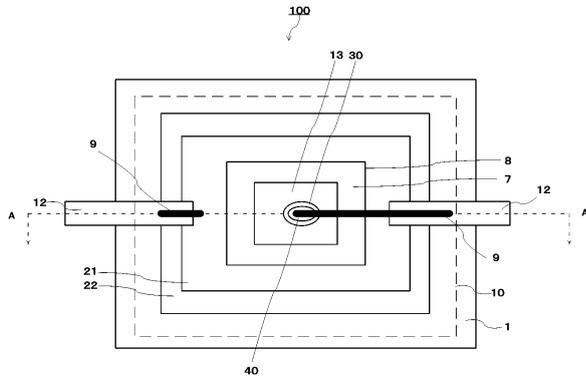
50

【要約】

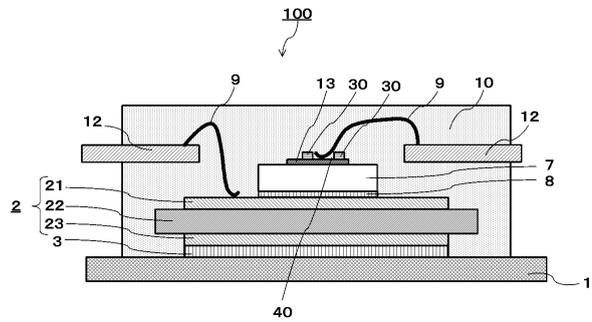
半導体素子の表面の電極上に開口部を有する被覆部を形成することで、配線部の接合性を損なうことなく、半導体素子の電極と封止部との応力緩和を行うことで、信頼性を向上させた半導体装置を得ることができる。上面に電極（13）を有する半導体素子（7）と、開口部（40）を有して電極（13）の表面に配置された被覆部（30）と、被覆部（30）の開口部（40）の内周部と間隔を空けて開口部（40）内に配置された配線部（9）と、被覆部（30）と配線部（9）と半導体素子（7）とを封止する封止部（10）と、を備えた半導体装置である。

【図面】

【図 1】



【図 2】



10

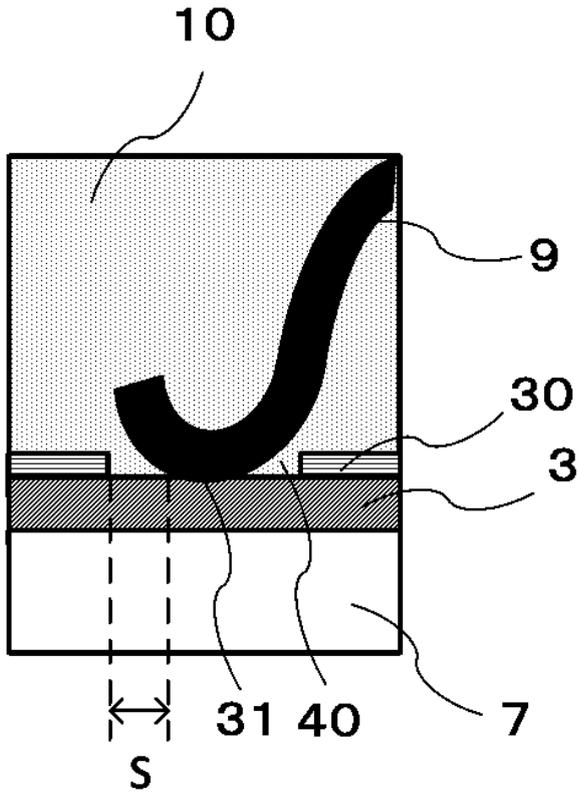
20

30

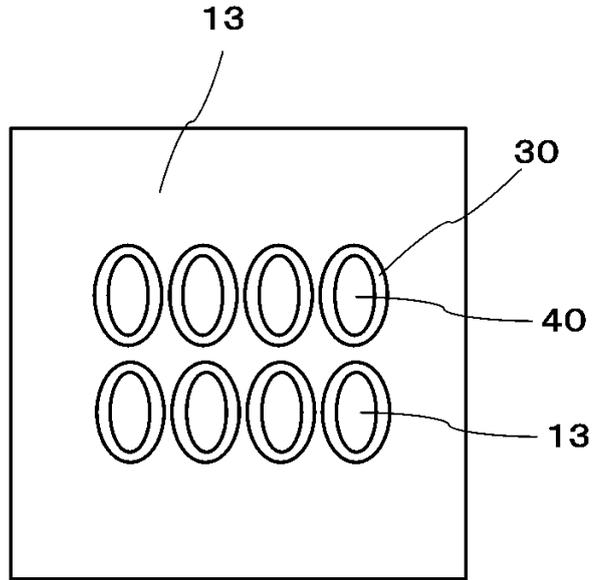
40

50

【図3】



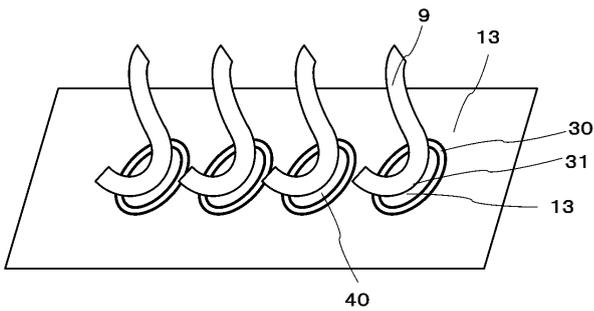
【図4】



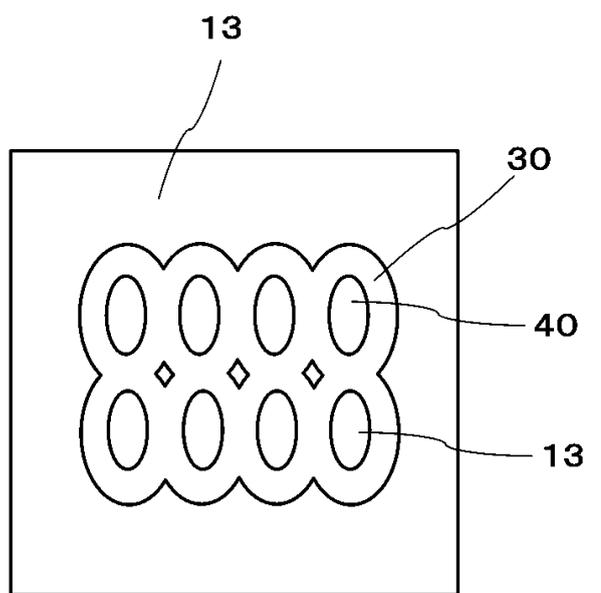
10

20

【図5】



【図6】

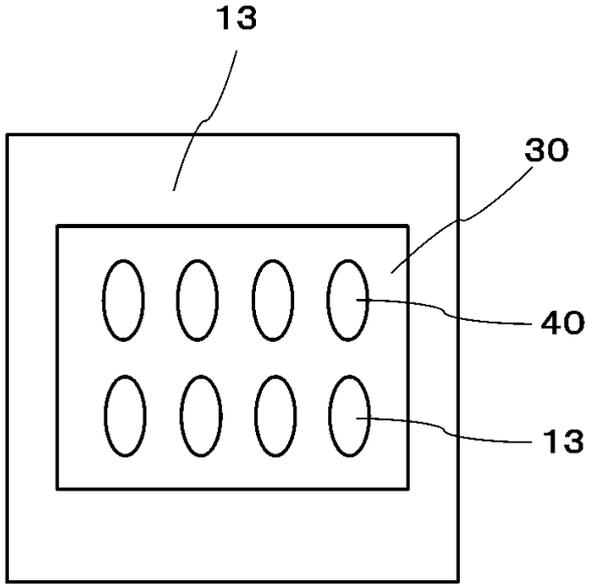


30

40

50

【 図 7 】



【 図 8 】

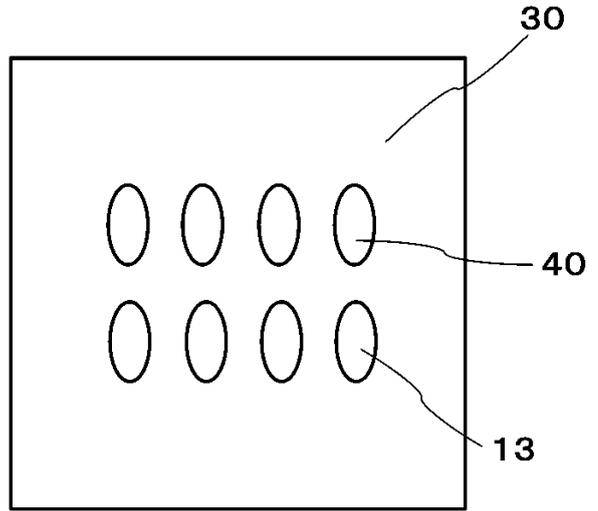
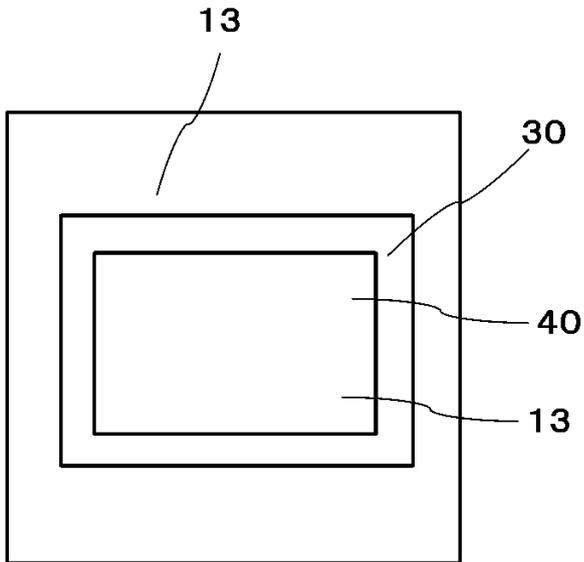
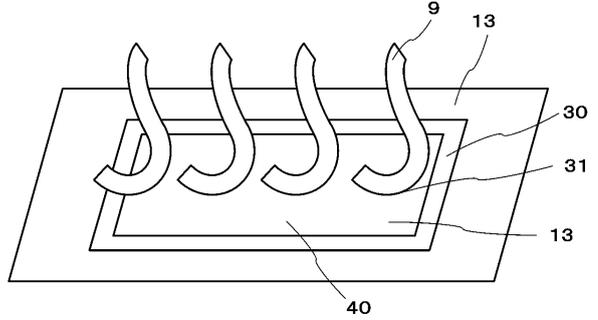


図11

【 図 9 】



【 図 10 】



10

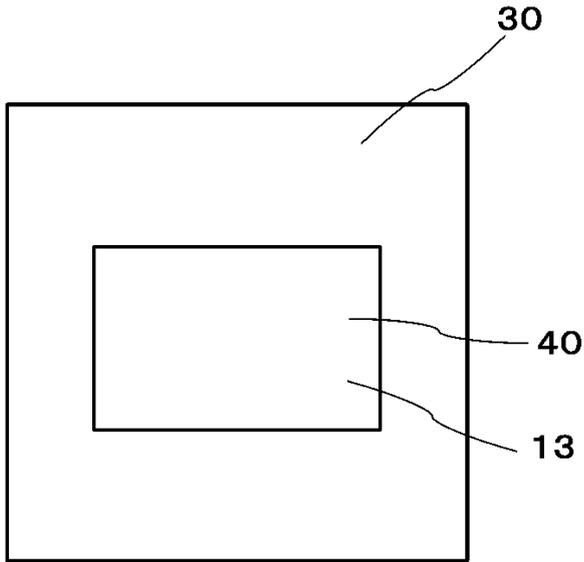
20

30

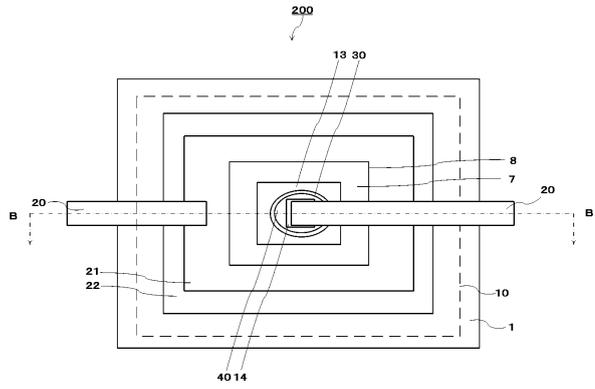
40

50

【図 1 1】

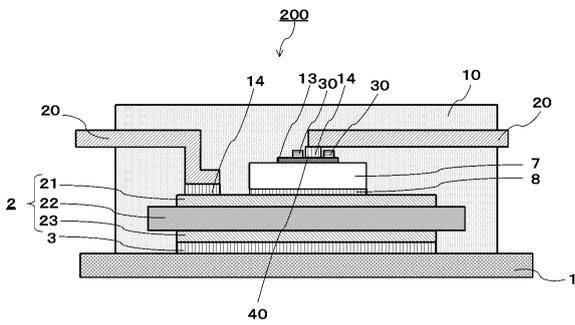


【図 1 2】

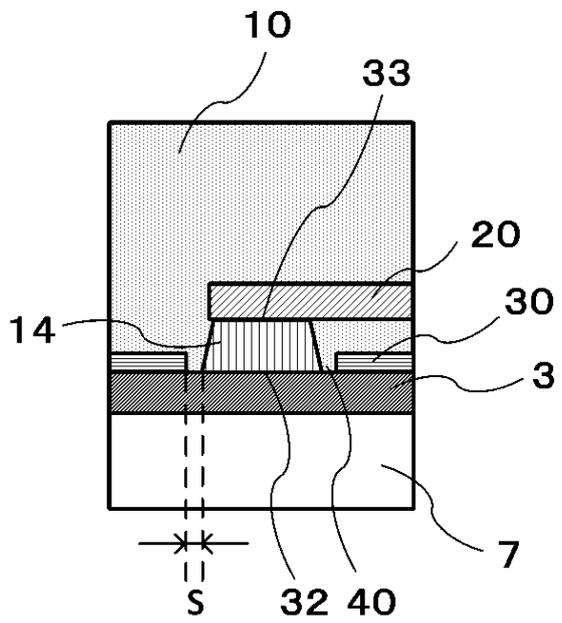


10

【図 1 3】



【図 1 4】



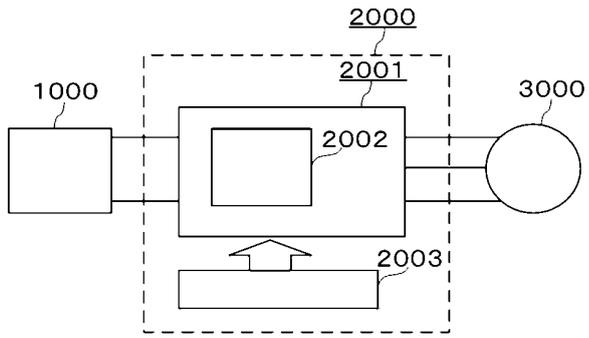
20

30

40

50

【 1 5】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(72)発明者 原田 啓行
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 佐藤 靖史

(56)参考文献 特開平11-186319(JP,A)
特開2016-028417(JP,A)
特開2006-165515(JP,A)
特開2008-294219(JP,A)
特開2020-043154(JP,A)
特開平09-082851(JP,A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
H01L 25/07