

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6578900号  
(P6578900)

(45) 発行日 令和1年9月25日 (2019.9.25)

(24) 登録日 令和1年9月6日 (2019.9.6)

|                        |                |
|------------------------|----------------|
| (51) Int. Cl.          | F I            |
| HO 1 L 23/48 (2006.01) | HO 1 L 23/48 G |
| HO 1 L 23/40 (2006.01) | HO 1 L 23/40 F |
| HO 1 L 25/07 (2006.01) | HO 1 L 25/04 C |
| HO 1 L 25/18 (2006.01) |                |

請求項の数 18 (全 29 頁)

|                    |                               |           |                     |
|--------------------|-------------------------------|-----------|---------------------|
| (21) 出願番号          | 特願2015-223330 (P2015-223330)  | (73) 特許権者 | 000004260           |
| (22) 出願日           | 平成27年11月13日 (2015.11.13)      |           | 株式会社デンソー            |
| (65) 公開番号          | 特開2016-197706 (P2016-197706A) |           | 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地     |
| (43) 公開日           | 平成28年11月24日 (2016.11.24)      | (74) 代理人  | 100106149           |
| 審査請求日              | 平成30年5月28日 (2018.5.28)        |           | 弁理士 矢作 和行           |
| (31) 優先権主張番号       | 特願2014-250186 (P2014-250186)  | (74) 代理人  | 100121991           |
| (32) 優先日           | 平成26年12月10日 (2014.12.10)      |           | 弁理士 野々部 泰平          |
| (33) 優先権主張国・地域又は機関 | 日本国 (JP)                      | (74) 代理人  | 100145595           |
|                    |                               |           | 弁理士 久保 貴則           |
| (31) 優先権主張番号       | 特願2015-99403 (P2015-99403)    | (72) 発明者  | 林 英二                |
| (32) 優先日           | 平成27年5月14日 (2015.5.14)        |           | 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会 |
| (33) 優先権主張国・地域又は機関 | 日本国 (JP)                      | (72) 発明者  | 小林 渉                |
|                    |                               |           | 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会 |
|                    |                               |           | 社デンソー内              |
|                    |                               |           | 最終頁に続く              |

(54) 【発明の名称】 半導体装置及びその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

一面 (11a) に電極 (12) を有する半導体チップ (11, 11H, 11L) と、  
前記半導体チップの一面側に配置された第1導電部材 (23, 23H, 23L) と、  
金属材料を用いて形成された基材 (19a) と、前記基材の表面に形成された皮膜 (19b) と、を有し、前記半導体チップと前記第1導電部材の間に介在する金属部材 (18, 18H, 18L) と、

前記半導体チップの電極と前記金属部材との間に配置され、前記電極と前記金属部材とを接続する第1はんだ (17) と、

前記金属部材と前記第1導電部材の間に配置され、前記金属部材と前記第1導電部材とを接続する第2はんだ (22) と、を備え、

前記皮膜が、前記基材の表面に形成された金属薄膜 (20) と、前記金属薄膜の主成分の金属と同じ金属の酸化物であり、表面が連続して凹凸をなす凹凸酸化膜 (21, 31, 32) と、を有し、

前記凹凸酸化膜は、前記第1はんだ及び前記第2はんだの一方が他方に流れ込むのを抑制するように、前記金属部材の表面のうち、前記第1はんだが接続される第1接続領域 (18d) と前記第2はんだが接続される第2接続領域 (18e) とをつなぐつなぎ領域 (18f) の少なくとも一部において、前記金属薄膜上に形成されていることを特徴とする半導体装置。

【請求項2】

10

20

前記半導体チップ、前記第1導電部材の少なくとも一部、前記金属部材、前記第1はんだ、及び前記第2はんだを一体的に封止する封止樹脂体(15)をさらに備え、

前記封止樹脂体が、前記凹凸酸化膜に密着していることを特徴とする請求項1に記載の半導体装置。

【請求項3】

前記凹凸酸化膜は、レーザ光照射膜であることを特徴とする請求項1又は請求項2に記載の半導体装置。

【請求項4】

前記金属薄膜は、Niを主成分とすることを特徴とする請求項1～3いずれか1項に記載の半導体装置。

10

【請求項5】

前記金属薄膜は、めっき膜であることを特徴とする請求項4に記載の半導体装置。

【請求項6】

前記金属薄膜は、無電解めっき膜であることを特徴とする請求項5に記載の半導体装置。

【請求項7】

前記金属部材の表面のうち、前記第1導電部材に対向する第1対向面(18a)が、前記第2接続領域と、該第2接続領域を取り囲む外周領域(18h)と、を有し、

前記一面に直交する方向において、前記外周領域と前記第1導電部材との対向距離が、前記第2接続領域と前記第1導電部材との対向距離よりも長くされ、

20

前記凹凸酸化膜が前記外周領域に形成されていることを特徴とする請求項1～6いずれか1項に記載の半導体装置。

【請求項8】

前記金属部材は、前記外周領域に対して前記第2接続領域が突出する凸形状をなしていることを特徴とする請求項7に記載の半導体装置。

【請求項9】

前記金属部材は、前記第2接続領域を含み、前記第1導電部材と対向する第1対向面(18a)と、前記第1接続領域を含み、前記半導体チップと対向する第2対向面(18b)と、前記第1対向面と前記第2対向面とをつなぐ側面(18c)と、を有し

前記凹凸酸化膜が前記側面に形成されていることを特徴とする請求項1～8いずれか1項に記載の半導体装置。

30

【請求項10】

前記凹凸酸化膜は、前記側面のうち、前記第1対向面側の端部から所定範囲に形成されていることを特徴とする請求項9に記載の半導体装置。

【請求項11】

前記側面が、前記第1対向面側の端部から所定範囲の部分である第1側面部(18c1)と、前記第1側面部と前記第2対向面との間の部分であり、外側に凸の曲線形状をなした第2側面部(18c2)と、を有し、

前記第2側面部は、前記第2対向面とともに前記第1接続領域を構成し、

前記凹凸酸化膜が、前記側面の中の前記第1側面部のみに形成されていることを特徴とする請求項10に記載の半導体装置。

40

【請求項12】

前記凹凸酸化膜は、前記側面の全周にわたって形成されていることを特徴とする請求項9～11いずれか1項に記載の半導体装置。

【請求項13】

前記凹凸酸化膜が、前記第2はんだを取り囲むように、前記第1導電部材における前記金属部材との対向面(23a)にも形成されていることを特徴とする請求項1～12いずれか1項に記載の半導体装置。

【請求項14】

前記第1導電部材は、前記金属部材との対向面に、余剰する前記第2はんだを吸収する

50

ための溝（２４）を有し、

前記凹凸酸化膜（３１）は、前記溝に隣接して形成されていることを特徴とする請求項１３に記載の半導体装置。

【請求項１５】

前記半導体チップが、前記一面と反対の裏面にも電極（１４）を有しており、

前記半導体チップの裏面側に配置された第２導電部材（２７，２７Ｈ，２７Ｌ）と、

前記半導体チップの裏面側の電極と前記第２導電部材との間に配置され、前記裏面側の電極と前記第２導電部材とを接続する第３はんだ（２６）と、をさらに備えることを特徴とする請求項１～１４いずれか１項に記載の半導体装置。

【請求項１６】

前記凹凸酸化膜が、前記第３はんだを取り囲むように、前記第２導電部材における前記半導体チップとの対向面（２７ａ）にも形成されていることを特徴とする請求項１５に記載の半導体装置。

【請求項１７】

一面（１１ａ）に電極（１２）を有する半導体チップ（１１，１１Ｈ，１１Ｌ）と、

前記半導体チップの一面側に配置された第１導電部材（２３，２３Ｈ，２３Ｌ）と、

金属材料を用いて形成された基材（１９ａ）と、前記基材の表面に形成された皮膜（１９ｂ）と、を有し、前記半導体チップと前記第１導電部材の間に介在する金属部材（１８，１８Ｈ，１８Ｌ）と、

前記半導体チップの電極と前記金属部材との間に配置され、前記電極と前記金属部材とを接続する第１はんだ（１７）と、

前記金属部材と前記第１導電部材の間に配置され、前記金属部材と前記第１導電部材とを接続する第２はんだ（２２）と、を備え、

前記皮膜が、前記基材の表面に形成された金属薄膜（２０）と、前記金属薄膜上に形成され、前記金属薄膜の主成分の金属と同じ金属の酸化物であり、表面が連続して凹凸をなす凹凸酸化膜（２１，３１，３２）と、を有する半導体装置の製造方法であって、

前記金属薄膜が形成された前記基材を準備し、前記金属薄膜の表面にパルス発振のレーザー光を照射して、前記凹凸酸化膜を形成し、

前記凹凸酸化膜の形成後、前記第１はんだにより前記半導体チップの電極と前記金属部材とを接続するとともに、前記第２はんだにより前記金属部材と前記第１導電部材とを接続し、

前記第１はんだ及び前記第２はんだにより接続する際に前記第１はんだ及び前記第２はんだの一方が他方に流れ込むのを抑制するように、前記金属部材の表面のうち、前記第１はんだが接続される第１接続領域（１８ｄ）と前記第２はんだが接続される第２接続領域（１８ｅ）とをつなぐつなぎ領域（１８ｆ）の少なくとも一部に、前記凹凸酸化膜を形成することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項１８】

前記第１はんだ及び前記第２はんだによる接続後、前記半導体チップ、前記第１導電部材の少なくとも一部、前記金属部材、前記第１はんだ、及び前記第２はんだを一体的に封止する封止樹脂体（１５）を成形することを特徴とする請求項１７に記載の半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、半導体チップの一面側に金属部材を介して第１導電部材が配置され、一面に形成された電極と金属部材が第１はんだにより接続されるとともに、金属部材と第１導電部材が第２はんだにより接続されてなる半導体装置及びその製造方法に関する。

【背景技術】

【０００２】

たとえば特許文献１に示すように、半導体チップ（半導体素子）の一面側に金属部材（

10

20

30

40

50

ブロック体)を介して第1導電部材(第2の金属板)が配置され、一面に形成された電極と金属部材が第1はんだにより接続されるとともに、金属部材と第1導電部材が第2はんだにより接続されてなる半導体装置が知られている。

【0003】

この半導体装置では、半導体チップにおける一面と反対の裏面側に第2導電部材(第1の金属板)が配置され、裏面に形成された電極と第2導電部材が第3はんだにより接続されている。また、封止樹脂体(モールド樹脂)により半導体チップが封止され、各導電部材の表面のうちの半導体チップと反対の面が、封止樹脂体から露出する放熱面となっている。半導体装置は、半導体チップの熱を両面側に放熱可能な両面放熱構造をなしている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2007-103909号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上記したように、金属部材が半導体チップと第1導電部材との間に介在する構成においては、半導体チップと金属部材の間に配置される第1はんだが、リフロー時において金属部材の表面を濡れ拡がり、第2はんだ側に流れ込む虞がある。また、金属部材と第1導電部材との間に配置される第2はんだが、リフロー時において金属部材の表面を濡れ拡がり、第1はんだ側に流れ込む虞がある。

【0006】

このような場合、一方のはんだが所望の量に対して多くなり、他方のはんだが所望の量に対して少なくなる。したがって、はんだ量増加による短絡、はんだ量減少によるはんだ寿命低下、はんだ溢れによる生産設備の汚染などの不具合が生じる虞がある。

【0007】

開示された発明のひとつは、一面(11a)に電極(12)を有する半導体チップ(11)と、半導体チップの一面側に配置された第1導電部材(23)と、金属材料を用いて形成された基材(19a)と、基材の表面に形成された皮膜(19b)と、を有し、半導体チップと第1導電部材の間に介在する金属部材(18)と、半導体チップの電極と金属部材との間に配置され、電極と金属部材とを接続する第1はんだ(17)と、金属部材と第1導電部材の間に配置され、金属部材と第1導電部材とを接続する第2はんだ(22)と、を備え、皮膜が、基材の表面に形成された金属薄膜(20)と、金属薄膜の主成分の金属と同じ金属の酸化物であり、表面が連続して凹凸をなす凹凸酸化膜(21, 31, 32)と、を有し、凹凸酸化膜は、第1はんだ及び第2はんだの一方が他方に流れ込むのを抑制するように、金属部材の表面のうち、第1はんだが接続される第1接続領域(18d)と第2はんだが接続される第2接続領域(18e)とをつなぐつなぎ領域(18f)の少なくとも一部において、金属薄膜上に形成されていることを特徴とする。

【0008】

特に、上記した両面放熱構造の半導体装置では、両面側にそれぞれ冷却器を配置するために、放熱面間の距離の管理が必要となる。このため、半導体チップの厚み方向において、各部品の高さのばらつきを吸収するために、第2はんだを多めにしてリフローを行う。したがって、リフロー時に、第2はんだが金属部材の表面を濡れ拡がり、第1はんだ側に流れ込む虞がある。すなわち、第1はんだと一面の電極とのなす角度が鈍角となる虞がある。

【0009】

本発明は上記問題点に鑑み、第1はんだ及び第2はんだの一方が他方に向けて濡れ拡がるのを抑制できる半導体装置及びその製造方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

ここに開示される発明は、上記目的を達成するために以下の技術的手段を採用する。なお、特許請求の範囲及びこの項に記載した括弧内の符号は、ひとつの態様として後述する実施形態に記載の具体的手段との対応関係を示すものであって、発明の技術的範囲を限定するものではない。

#### 【0011】

開示された発明のひとつは、一面（11a）に電極（12）を有する半導体チップ（11）と、半導体チップの一面側に配置された第1導電部材（23）と、金属材料を用いて形成された基材（19a）と、基材の表面に形成された皮膜（19b）と、を有し、半導体チップと第1導電部材の間に介在する金属部材（18）と、半導体チップの電極と金属部材との間に配置され、電極と金属部材とを接続する第1はんだ（17）と、金属部材と第1導電部材の間に配置され、金属部材と第1導電部材とを接続する第2はんだ（22）と、を備え、皮膜が、基材の表面に形成された金属薄膜（20）と、金属薄膜の主成分の金属と同じ金属の酸化物であり、表面が連続して凹凸をなす凹凸酸化膜（21, 31, 32）と、を有し、凹凸酸化膜は、金属部材の表面のうち、第1はんだが接続される第1接続領域（18d）と第2はんだが接続される第2接続領域（18e）とをつなぐつなぎ領域（18f）の少なくとも一部において、金属薄膜上に形成されていることを特徴とする。

10

#### 【0012】

これによれば、つなぎ領域において金属薄膜上に凹凸酸化膜が設けられるため、凹凸酸化膜が設けられない構成、すなわち金属薄膜の表面が露出される構成に較べて、凹凸酸化膜を設けた部分のはんだに対する濡れ性を低くすることができる。また、凹凸酸化膜の表面が連続する凹凸形状、すなわち粗化面となっているため、平坦面に較べてはんだに対する濡れ性を低くすることができる。以上により、第1はんだ及び第2はんだの一方が金属部材の表面を濡れ拡がり、他方に流れ込むのを抑制することができる。たとえば第2はんだの濡れ拡がりを凹凸酸化膜でくい止め、第2はんだが第1はんだ側に流れ込むのを抑制することができる。

20

#### 【0013】

開示された他の発明のひとつは、凹凸酸化膜が、レーザ光照射膜であることを特徴とする。

#### 【0014】

レーザ光の照射により、金属薄膜の表面を溶融させるとともに、蒸発（気化）させる。そして、溶融して気化した金属薄膜をレーザ光が照射された部分やその周辺部分に蒸着させる。これにより、金属薄膜上に、表面が連続して凹凸をなす凹凸酸化膜を形成できることが本発明者によって確認されている。その詳細については後述する。

30

#### 【0015】

開示された他の発明のひとつは、一面（11a）に電極（12）を有する半導体チップ（11）と、半導体チップの一面側に配置された第1導電部材（23）と、金属材料を用いて形成された基材（19a）と、基材の表面に形成された皮膜（19b）と、を有し、半導体チップと第1導電部材の間に介在する金属部材（18）と、半導体チップの電極と金属部材との間に配置され、電極と金属部材とを接続する第1はんだ（17）と、金属部材と第1導電部材の間に配置され、金属部材と第1導電部材とを接続する第2はんだ（22）と、を備え、皮膜が、基材の表面に形成された金属薄膜（20）と、金属薄膜上に形成され、金属薄膜の主成分の金属と同じ金属の酸化物であり、表面が連続して凹凸をなす凹凸酸化膜（21, 31, 32）と、を有する半導体装置の製造方法であって、金属薄膜が形成された基材を準備し、金属薄膜の表面にパルス発振のレーザ光を照射して、凹凸酸化膜を形成し、凹凸酸化膜の形成後、第1はんだにより半導体チップの電極と金属部材とを接続するとともに、第2はんだにより金属部材と第1導電部材とを接続し、第1はんだ及び第2はんだにより接続する際に第1はんだ及び第2はんだの一方が他方に流れ込むのを抑制するように、金属部材の表面のうち、第1はんだが接続される第1接続領域（18d）と第2はんだが接続される第2接続領域（18e）とをつなぐつなぎ領域（18f）

40

50

の少なくとも一部に、凹凸酸化膜を形成することを特徴とする。

【0016】

レーザ光の照射により、表面が連続して凹凸をなす凹凸酸化膜を形成できる。したがって、上記した他の発明同様、第1はんだ及び第2はんだの一方が金属部材の表面を濡れ拡がり、他方に流れ込むのを抑制することができる。たとえば第2はんだの濡れ拡がりを凹凸酸化膜でくい止め、第2はんだが第1はんだ側に流れ込むのを抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】第1実施形態に係る半導体装置の概略構成を示す平面図である。

【図2】図1のII-II線に沿う断面図である。

10

【図3】図2に破線で示す領域IIIを拡大した断面図である。

【図4】凹凸酸化膜の形成方法を示す平面図である。

【図5】図4の領域Vを拡大した平面図である。

【図6】第2はんだのリフロー直前を示す断面図である。

【図7】第2はんだのリフロー時を示す断面図である。

【図8】第1変形例を示す断面図である。

【図9】実施例1の結果を示す図である。

【図10】実施例2の結果を示す図である。

【図11】実施例3の結果を示す図である。

20

【図12】実施例4の結果を示す図である。

【図13】実施例5の結果を示す図である。

【図14】実施例6の結果を示す図である。

【図15】第2実施形態に係る半導体装置において、ターミナル及び凹凸酸化膜の概略構成を示す断面図である。

【図16】ターミナル及び凹凸酸化膜の第2変形例を示す断面図である。

【図17】第3実施形態に係る半導体装置の概略構成を示す断面図である。

【図18】第4実施形態に係る半導体装置の概略構成を示す断面図である。

【図19】ターミナル及び凹凸酸化膜の第3変形例を示す断面図である。

【図20】ターミナル及び凹凸酸化膜の第4変形例を示す断面図である。

30

【図21】第5実施形態に係る半導体装置の概略構成を示す断面図である。

【図22】第6実施形態に係る半導体装置の概略構成を示す断面図である。

【図23】第7実施形態に係る半導体装置の概略構成を示す平面図である。

【図24】半導体装置において、封止樹脂体を省略した平面図である。

【図25】第1ヒートシンクにおいて、凹凸酸化膜の形成範囲を示す平面図である。

【図26】第2ヒートシンク及び主端子において、凹凸酸化膜の形成範囲を示す平面図である。

【図27】図23のXXVII-XXVII線に沿う断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

以下、本発明の実施の形態を、図面を参照して説明する。以下に示す各実施形態において、共通乃至関連する要素には同一の符号を付与するものとする。後述する半導体チップの厚み方向をZ方向、Z方向に直交する一方向をX方向と示す。また、Z方向及びX方向の両方向に直交する方向をY方向と示す。特に断わりのない限り、上記したX方向及びY方向により規定されるXY面に沿う形状を、平面形状とする。

40

【0019】

(第1実施形態)

まず、図1～図3に基づき、半導体装置の概略構成について説明する。

【0020】

図1及び図2に示すように、半導体装置10は、半導体チップ11と、封止樹脂体15と、ターミナル18と、第1ヒートシンク23と、第2ヒートシンク27と、を備えてい

50

る。さらに、半導体装置10は、外部接続用の端子として、信号端子16と、主端子25、28と、を備えている。このような半導体装置10は、三相インバータを構成する6つのアームのうちの1つを構成する所謂1 in 1パッケージとして知られており、たとえば車両のインバータ回路に組み入れられる。

#### 【0021】

半導体チップ11は、シリコンなどの半導体基板に、絶縁ゲートバイポーラトランジスタ（IGBT）などのパワートランジスタが形成されてなる。本実施形態では、nチャネル型のIGBTが形成されるとともに、IGBTに逆並列に接続される転流ダイオード（FWD）が形成されてなる。すなわち、半導体チップ11に、RC（Reverse Conducting）-IGBTが形成されている。半導体チップ11は、平面略矩形状をなしている。

10

#### 【0022】

IGBT及びFWDは、Z方向に電流が流れるように所謂縦型構造をなしており、半導体チップ11は、Z方向における一面11a及び一面11aと反対の裏面11bに、電極をそれぞれ有している。一面11aには、エミッタ電極12が形成されている。このエミッタ電極12が、特許請求の範囲に記載の「一面の電極」に相当する。エミッタ電極12は、FWDのアノード電極も兼ねている。エミッタ電極12は、IGBTやFWDを保護するために一面11aに配置された保護膜13から露出されている。保護膜13は、たとえばポリイミドを含んで構成されている。また、エミッタ電極12だけでなく、図示しないパッドも、保護膜13から露出されている。このパッドは、ゲート電極用のパッドなどを含む。

20

#### 【0023】

一方、裏面11bには、ほぼ全面にコレクタ電極14が形成されている。このコレクタ電極14が、特許請求の範囲に記載の「裏面の電極」に相当する。コレクタ電極14は、FWDのカソード電極も兼ねている。

#### 【0024】

封止樹脂体15は、たとえばエポキシ系樹脂からなる。封止樹脂体15は、平面略矩形状をなしており、Z方向に直交する一面15aと、一面15aと反対の裏面15bと、一面15aと裏面15bとをつなぐ側面15cと、を有している。一面15a及び裏面15bは、たとえば平坦面となっている。

#### 【0025】

30

半導体チップ11のパッドには、図示しないボンディングワイヤを介して、信号端子16が電氣的に接続されている。信号端子16は、図1に示すように、Y方向に延設されており、封止樹脂体15の側面15cのひとつから外部に突出している。

#### 【0026】

半導体チップ11のエミッタ電極12には、第1はんだ17を介してターミナル18が接続されている。本実施形態では、第1はんだ17としてフラックスレスのはんだを用いている。ターミナル18は、特許請求の範囲に記載の「金属部材」に相当する。

#### 【0027】

ターミナル18は、半導体チップ11と第1ヒートシンク23との間に介在する。ターミナル18は、半導体チップ11と第1ヒートシンク23との熱伝導、電気伝導経路の途中に位置するため、熱伝導性及び電気伝導性を確保すべく、主に金属材料を用いて形成されている。ターミナル18は、図3に示すように、金属材料からなる基材19aと、基材19aの表面に形成された皮膜19bと、を有している。本実施形態では、基材19aの材料としてCuを採用している。

40

#### 【0028】

ターミナル18は、略角柱状、より詳しくは略四角柱状（換言すれば略直方体状）をなしている。ターミナル18は、その表面として、第1ヒートシンク23と対向する第1対向面18aと、半導体チップ11と対向する第2対向面18bと、両対向面18a、18bをつなぐ側面18cと、を有している。第1対向面18a及び第2対向面18bは、略四角柱状の底面とも称される。ターミナル18の第1対向面18a及び第2対向面18b

50

に直交する方向、すなわち、ターミナル18の厚み方向は、Z方向に略平行となっている。

#### 【0029】

本実施形態では、ターミナル18の表面のうち、第2対向面18bのほぼ全面が、第1はんだ17が接続される第1接続領域18dとなっている。同じく、第1対向面18aのほぼ全面が、後述する第2はんだ22が接続される第2接続領域18eとなっている。そして、側面18cが、第1接続領域18dと第2接続領域18eとをつなぐつなぎ領域18fとなっている。

#### 【0030】

皮膜19bは、基材19aの表面に形成された金属薄膜20と、金属薄膜20を構成する主成分の金属と同じ金属の酸化物であり、表面が連続して凹凸をなす凹凸酸化膜21と、を有している。

#### 【0031】

金属薄膜20は、金属を構成材料とする膜である。本実施形態の金属薄膜20は、Niを主成分としている。金属薄膜20は、たとえばめっき、蒸着により形成されたものである。金属薄膜20は、たとえば無電解Niめっきによって基材19aの表面に形成されている。金属薄膜20は、主成分であるNiに加えて、P（リン）を含んでいる。

#### 【0032】

金属薄膜20は、基材19aの表面全面に形成されている。金属薄膜20の表面のうち、ターミナル18の側面18cをなす部分には、図3に示すように凹部20aが形成されている。この凹部20aは、後述するように、パルス発振のレーザ光の照射により形成されている。たとえば1パルスごとに1つの凹部20aが形成されている。凹部20aは、レーザ光のスポットに対応している。また、レーザ光の走査方向において、隣り合う凹部20aが連なっている。各凹部20aの幅は、 $5\mu\text{m}$ ～ $300\mu\text{m}$ となっている。また、凹部20aの深さは、 $0.5\mu\text{m}$ ～ $5\mu\text{m}$ となっている。

#### 【0033】

なお、凹部20aの深さが $0.5\mu\text{m}$ より浅いと、レーザ光の照射による金属薄膜20の表面の溶融及び蒸着が不十分となり、後述する凹凸酸化膜21が形成され難くなる。凹部20aの深さが $5\mu\text{m}$ よりも深いと、金属薄膜20の表面が溶融飛散しやすくなり、蒸着よりも溶融飛散による表面形成が支配的となり、凹凸酸化膜21が形成され難くなる。

#### 【0034】

凹凸酸化膜21は、金属薄膜20上に形成されている。本実施形態では、金属薄膜20の表面のうち、ターミナル18の側面18cをなす部分上に形成されている。凹凸酸化膜21は、ターミナル18の4つの側面18cの全周にわたって形成されている。さらに凹凸酸化膜21は、側面18cの全面、すなわち各側面18cの全面に形成されている。したがって、凹凸酸化膜21は、つなぎ領域18fに形成されている。

#### 【0035】

凹凸酸化膜21は、金属薄膜20にレーザ光を照射することで、金属薄膜20を構成する金属を酸化して形成されている。すなわち、凹凸酸化膜21は、金属薄膜20の表層を酸化することで、金属薄膜20の表面に形成された酸化物の膜である。このため、金属薄膜20の一部が、凹凸酸化膜21を提供しているとも言える。

#### 【0036】

本実施形態では、凹凸酸化膜21を構成する成分のうち、80%が $\text{Ni}_2\text{O}_3$ 、10%が $\text{NiO}$ 、10%がNiとなっている。このように、凹凸酸化膜21の主成分は、金属薄膜20の主成分であるNiの酸化物である。凹凸酸化膜21の平均膜厚は、 $10\text{nm}$ ～数百 $\text{nm}$ となっている。凹凸酸化膜21は、凹部20aを有する金属薄膜20の表面の凹凸に倣って形成されている。また、凹部20aの幅よりも細かいピッチで凹凸が形成されている。すなわち、非常に微細な凹凸が形成されている。換言すれば、複数の凸部21a（柱状体）が、細かいピッチで形成されている。たとえば凸部21aの平均幅が $1\text{nm}$ ～ $300\text{nm}$ 、凸部21a間の平均間隔が $1\text{nm}$ ～ $300\text{nm}$ となっている。

## 【0037】

ターミナル18の第1対向面18aには、第2はんだ22を介して第1ヒートシンク23が接続されている。本実施形態では、第2はんだ22として、フラックスレスのはんだを用いている。第1ヒートシンク23は、特許請求の範囲に記載の「第1導電部材」に相当する。以下においては、第1はんだ17及び第2はんだ22を、はんだ17、22とも称する。

## 【0038】

第1ヒートシンク23は、半導体チップ11の生じた熱を半導体装置10の外部に放熱する放熱機能と、半導体チップ11と後述する主端子25とを電氣的に中継する機能とを果たす。このような第1ヒートシンク23は、第2はんだ22よりも熱伝導性に優れた材料を用いて形成されている。たとえば、Cu、Cu合金、Al合金などの熱伝導性及び電気伝導性に優れた金属材料を採用することができる。本実施形態では、Cuを用いて形成されている。

10

## 【0039】

第1ヒートシンク23のうち、ターミナル18と対向する対向面23aは、封止樹脂体15により被覆されている。一方、対向面23aと反対の面は、封止樹脂体15の一面15aから露出された放熱面23bとなっている。この放熱面23bは、一面15aとほぼ面一となっている。なお、対向面23a及び放熱面23bをつなぐ側面23cも、封止樹脂体15によって被覆されている。

20

## 【0040】

第1ヒートシンク23の対向面23aには、Z方向からの投影視において、ターミナル18を取り囲むように、溝24が形成されている。環状の溝24は、リフロー時において第1ヒートシンク23とターミナル18との対向領域から溢れ出る余剰の第2はんだ22を吸収する（貯留する）ために設けられている。第2はんだ22は、Z方向からの投影視において、溝24内及び該溝24に囲まれる領域に配置されている。

## 【0041】

第1ヒートシンク23には、主端子25が連結されている。この主端子25は、ターミナル18及び第1ヒートシンク23を介して、半導体チップ11のエミッタ電極12と電氣的に接続されている。主端子25は、第1ヒートシンク23からY方向であって、信号端子16とは反対方向に延設されている。そして、主端子25は、封止樹脂体15の側面15cのうち、信号端子16が突出する面と反対の面から外部に突出している。主端子25は、リードフレームの一部として、第1ヒートシンク23と一体的に形成されてもよいし、別部材の主端子25が第1ヒートシンク23に接続されてもよい。

30

## 【0042】

半導体チップ11のコレクタ電極14には、第3はんだ26を介して、第2ヒートシンク27が接続されている。第2ヒートシンク27は、特許請求の範囲に記載の「第2導電部材」に相当する。第2ヒートシンク27も、第1ヒートシンク23同様、半導体チップ11の生じた熱を半導体装置10の外部に放熱する放熱機能と、半導体チップ11と後述する主端子28とを電氣的に中継する機能とを果たす。本実施形態では、第2ヒートシンク27がCuを用いて形成されている。

40

## 【0043】

第2ヒートシンク27のうち、半導体チップ11と対向する対向面27aは、封止樹脂体15により被覆されている。一方、対向面27aと反対の面は、封止樹脂体15の裏面15bから露出された放熱面27bとなっている。この放熱面27bは、裏面15bとほぼ面一となっている。なお、対向面27a及び放熱面27bをつなぐ側面27cも、封止樹脂体15によって被覆されている。

## 【0044】

第2ヒートシンク27には、主端子28が連結されている。この主端子28は、第2ヒートシンク27を介して、半導体チップ11のコレクタ電極14と電氣的に接続されている。主端子28は、第2ヒートシンク27からY方向であって、主端子25と同一方向に

50

延設されている。そして、主端子28は、封止樹脂体15の側面15cのうち、主端子25が突出する面と同じ面から、外部に突出している。主端子28は、リードフレームの一部として、第2ヒートシンク27と一体的に形成されてもよいし、別部材の主端子28が第2ヒートシンク27に接続されてもよい。

#### 【0045】

次に、図4～図7に基づき、上記した半導体装置10の製造方法の一例について説明する。

#### 【0046】

まず、半導体装置10を構成する各要素を準備する。すなわち、半導体チップ11、信号端子16、ターミナル18、第1ヒートシンク23、主端子25、第2ヒートシンク27、及び主端子28をそれぞれ準備する。これらの準備工程のうち、ターミナル18の準備工程について説明する。以下に示すように、ターミナル18の準備工程は、レーザ光を照射するため、照射工程とも称される。また、皮膜19bを形成するため、皮膜形成工程とも称される。

#### 【0047】

ターミナル18の準備工程では、まず、基材19aと、皮膜19bのうちの金属薄膜20と、を有するターミナル18を準備する。本実施形態では、基材19aの表面全面に、無電解Niめっきにより金属薄膜20を形成する。金属薄膜20の膜厚の狙い値は、たとえば10μm程度とする。

#### 【0048】

次いで、ターミナル18の側面18cにおける金属薄膜20の表面に、パルス発振のレーザ光を照射することにより、金属薄膜20の表面を溶融及び蒸発させる。具体的には、レーザ光を照射することにより、金属薄膜20の表面の部分を溶融させるとともに、蒸発（気化）させて、外気中に浮遊させる。パルス発振のレーザ光は、エネルギー密度が0J/cm<sup>2</sup>より大きく100J/cm<sup>2</sup>以下で、パルス幅が1μ秒以下となるように調整される。この条件を満たすために、YAGレーザ、YVO<sub>4</sub>レーザ、ファイバレーザなどを採用することができる。たとえばYAGレーザの場合、エネルギー密度が1J/cm<sup>2</sup>以上であればよい。無電解Niめっきにより金属薄膜20の場合、後述するようにたとえば5J/cm<sup>2</sup>程度でも金属薄膜20を加工することができる。なお、エネルギー密度は、パルスフルエンスとも称される。

#### 【0049】

このとき、レーザ光の光源とターミナル18とを相対的に移動させることにより、図4に示すように、レーザ光を側面18cの複数の位置に順に照射する。なお、レーザ光の光源を移動させてもよいし、ターミナル18を移動させてもよい。さらには、ミラーの回転動作によって、レーザ光を走査してもよい。すなわち、レーザ光を走査することで、側面18cの複数の位置にレーザ光を順に照射してもよい。

#### 【0050】

照射面に対するレーザ光の照射角度は特に限定されない。たとえばターミナル18の側面18cには、該側面18cに直交する方向からレーザ光を照射する。また、X方向に直交する側面18cには、レーザ光をY方向に走査して、直線上の複数の位置にレーザ光を順に照射する。Y方向に直交する側面18cについては、レーザ光をX方向に走査して、直線上の複数の位置にレーザ光を順に照射する。

#### 【0051】

X方向に直交する側面18cの場合、たとえばレーザ光をY方向に走査して側面18cの一端から他端までの照射が完了すると、Z方向においてレーザ光の照射領域をずらす。すなわち、Z方向にレーザ光を走査する。そして、同様にY方向に走査して、一端から他端までレーザ光を照射する。これを繰り返すことで、側面18cのほぼ全域にレーザ光を照射する。すなわち、YZ座標における所定ピッチの格子点に、レーザ光を照射する。

#### 【0052】

本実施形態では、隣り合うレーザ光のスポット（1パルスによる照射範囲）がY方向に

10

20

30

40

50

において一部重なるようにして、Y方向においてレーザ光を走査する。また、隣り合うレーザ光のスポットがZ方向において一部重なるようにして、Z方向においてレーザ光を走査する。Y方向に直交する側面18cについても同様に実施する。これにより、凹凸酸化膜21を側面18cのほぼ全面に形成することができる。なお、図4では、側面18cの途中までレーザ光を照射した状態を示している。

#### 【0053】

このように、レーザ光を照射し、金属薄膜20の表面を溶融、気化させることで、金属薄膜20の表面には、複数の凹部20aが形成される。また、側面18cの金属薄膜20の平均厚みは、レーザ光を照射しない第1対向面18a及び第2対向面18bの金属薄膜20の平均厚みよりも薄くなる。

10

#### 【0054】

次いで、溶融した金属薄膜20の部分を凝固させる。具体的には、溶融して気化した金属薄膜20を、レーザ光が照射された部分やその周辺部分に蒸着させる。このように、溶融して気化した金属薄膜20を蒸着させることにより、金属薄膜20の表面上に、凹凸が連続する凹凸酸化膜21が形成される。以上により、基材19a上に、金属薄膜20に加えて凹凸酸化膜21を含む皮膜19bが形成され、ターミナル18の準備が完了する。

#### 【0055】

上記したように、レーザ光のスポットがたとえばY方向において一部重なるように、Y方向にレーザ光を走査するとともに、スポットがZ方向において一部重なるように、Z方向にレーザ光を走査する。したがって、レーザ光のスポットに対応して形成される複数の凹部20aは、Y方向において連なるとともに、Z方向においても連なる。これにより、図5に示すように、側面18cのレーザ照射痕（凹部20a）は、鱗状となる。

20

#### 【0056】

なお、本発明者が鋭意検討したところ、レーザ光の照射において、エネルギー密度を $100\text{ J/cm}^2$ よりも大きい $150\text{ J/cm}^2$ や、 $300\text{ J/cm}^2$ とした場合、凹凸酸化膜21が形成されなかった。また、パルス発振ではなく、連続発振のレーザ光を照射した場合にも、凹凸酸化膜21が形成されなかった。

#### 【0057】

次に、第1はんだ17及び第2はんだ22による接続工程を実施する。本実施形態では、先ず第2ヒートシンク27の対向面27a上に、第3はんだ26（たとえばはんだ箔）を介して、半導体チップ11を配置する。次いで、半導体チップ11上に、たとえば予め両面にはんだ17、22が迎えはんだとして配置されたターミナル18を、第1はんだ17が半導体チップ11側となるように配置する。第2はんだ22は、半導体装置10における高さの公差ばらつきを吸収するために、余裕をもって多めに配置される。

30

#### 【0058】

そして、この積層状態で、はんだ17、22、26をリフロー（1stリフロー）させることにより、半導体チップ11と第2ヒートシンク27とを第3はんだ26を介して接続し、半導体チップ11とターミナル18とを第1はんだ17を介して接続する。第2はんだ22については、接続対象である第1ヒートシンク23がまだないので、表面張力により、ターミナル18の第1対向面18aの中心を頂点として盛り上がった形状となる。

40

#### 【0059】

次いで、信号端子16と半導体チップ11のパッドとを、ボンディングワイヤにより接続する。そして、図6に示すように、対向面23aが上になるようにして第1ヒートシンク23を台座29上に配置し、1stリフローにより一体化した接続体を、ターミナル18が下方となるように第1ヒートシンク23の対向面23a上に配置する。

#### 【0060】

次いで、図7に示すように、第1ヒートシンク23を下にしてリフロー（2ndリフロー）を行う。このとき、構造体に荷重を加えて、半導体装置10の高さを所定の高さとなるようにする。本実施形態では、スペーサ30を、台座29と第2ヒートシンク27の対向面27aの間に介在させ、両者に接触させることで、半導体装置10の高さが所定の高

50

さとなるようにする。すなわち、台座 29 とスペーサ 30 が、高さ調整部材として機能する。

#### 【0061】

上記したように、多めの第 2 はんだ 22 をターミナル 18 と第 1 ヒートシンク 23 の間に供給しているため、2nd リフローにおいて、ターミナル 18 と第 1 ヒートシンク 23 との間の第 2 はんだ 22 は不足せず、確実な接続を行うことができる。また、上記荷重の印加などにより、ターミナル 18 と第 1 ヒートシンク 23 との間から、余剰の第 2 はんだ 22 が押し出される。しかしながら、本実施形態では、ターミナル 18 の側面 18c のほぼ全面に凹凸酸化膜 21 が形成されている。したがって、余剰の第 2 はんだ 22 が、ターミナル 18 の側面 18c を濡れ拡がらず、第 1 ヒートシンク 23 の対向面 23a を濡れ拡がって、溝 24 に収容される。

10

#### 【0062】

なお、1st リフロー及び 2nd リフローは、水素雰囲気下の減圧リフローとされる。これにより、はんだ付けに不要な金属表面の自然酸化膜、たとえばターミナル 18、第 1 ヒートシンク 23、及び第 2 ヒートシンク 27 の表面に形成される自然酸化膜を、還元により除去することができる。したがって、各はんだ 17、22、26 としてフラックスレスのはんだを用いることができる。また、減圧により、はんだ 17、22、26 にボイドが生じるのを抑制することができる。なお、凹凸酸化膜 21 も還元により厚みが薄くなるため、還元されても凹凸酸化膜 21 が残るように、レーザ光の照射により所望厚みの凹凸酸化膜 21 を形成しておく。

20

#### 【0063】

接続工程が終了すると、次いで、トランスファモールド法により封止樹脂体 15 の成形を行う。本実施形態では、各ヒートシンク 23、27 が完全に被覆されるように、封止樹脂体 15 を形成する。この場合、成形した封止樹脂体 15 をヒートシンク 23、27 の一部ごと切削することにより、各ヒートシンク 23、27 の放熱面 23b、27b を露出させる。

#### 【0064】

なお、各ヒートシンク 23、27 の放熱面 23b、27b を成形金型のキャビティ壁面に押し当て、密着させた状態で、封止樹脂体 15 を成形してもよい。この場合、封止樹脂体 15 を成形した時点で、放熱面 23b、27b が封止樹脂体 15 から露出される。このため、成形後の切削が不要となる。

30

#### 【0065】

そして、リードフレームの不要部分を除去することで、半導体装置 10 を得ることができる。

#### 【0066】

次に、上記した半導体装置 10 の効果について説明する。

#### 【0067】

本実施形態では、ターミナル 18 の表面のうち、側面 18c に凹凸酸化膜 21 が形成されている。すなわち、第 1 接続領域 18d と第 2 接続領域 18e とをつなぐつなぎ領域 18f に、凹凸酸化膜 21 が形成されている。このように凹凸酸化膜 21 を設けると、凹凸酸化膜 21 が設けられない構成、すなわち金属薄膜 20 の表面が露出する構成に較べて、はんだ 17、22 に対する濡れ性を低下させることができる。

40

#### 【0068】

また、凹凸酸化膜 21 を有することで、ターミナル 18 の表面に微細な凹凸が形成されている。このように粗化面では、凹にはんだ 17、22 が入り込み難い。このため、はんだ 17、22 の一部とターミナル 18 との接触面積が小さくなり、はんだ 17、22 の一部は表面張力によって球状になる。すなわち、接触角が大きくなる。したがって、凹凸酸化膜 21 が形成された部分において、はんだ 17、22 に対する濡れ性を低くすることができる。

#### 【0069】

50

以上により、第1はんだ17及び第2はんだ22の一方がターミナル18の表面を濡れ拡がり、他方に流れ込むのを抑制することができる。本実施形態では、高さ吸収のために多めの第2はんだ22を用いるが、第2はんだ22の濡れ拡がりを、凹凸酸化膜21でくい止めることができる。これにより、第2はんだ22が第1はんだ17側に流れ込むのを抑制することができる。すなわち、第1はんだ17の量が増え、第1はんだ17とエミッタ電極12のZ方向に直交する一面とのなす角が鈍角となるのを抑制することができる。したがって、熱応力により、エミッタ電極12にクラックが生じるのを抑制することができる。

#### 【0070】

また、本実施形態では、ターミナル18の側面18cに、凹凸酸化膜21を設けている。側面18cは、第1接続領域18dよりも、Z方向においてエミッタ電極12に対して離れた位置に設けられている。また、側面18cは、第2接続領域18eよりも、Z方向において第1ヒートシンク23に対して離れた位置に設けられている。このため、側面18cについては、はんだ17、22の濡れ拡がりに関して、毛細管現象を考慮しなくともよい。したがって、凹凸酸化膜21による効果が、毛細管現象により相殺されて弱まるのを抑制することができる。

#### 【0071】

また、凹凸酸化膜21を設けると、封止樹脂体15との接触面積が増える。さらには、封止樹脂体15が凹凸酸化膜21の凸部21aに絡みついてアンカー効果が生じる。したがって、ターミナル18と封止樹脂体15との密着性を向上し、封止樹脂体15の剥離を抑制することができる。

#### 【0072】

なお、本実施形態では、ターミナル18の側面18c全面に凹凸酸化膜21を設ける例を示した。しかしながら、側面18cに形成される凹凸酸化膜21の範囲は、上記例に限定されるものではない。側面18cはつなぎ領域18fである。したがって、側面18cの少なくとも一部に凹凸酸化膜21を設けると、第1はんだ17及び第2はんだ22の一方が他方に向けて濡れ拡がるのを抑制することができる。好ましくは、側面18cの全周にわたって凹凸酸化膜21を設けるとよい。4つの側面18cのいずれにおいても、第1はんだ17及び第2はんだ22の一方が他方に向けて濡れ拡がるのを抑制することができる。

#### 【0073】

たとえば図8に示す第1変形例のように、ターミナル18の側面18cのうち、第1対向面18a側の端部から一部の範囲のみに、凹凸酸化膜21を設けてもよい。しかしながら、凹凸酸化膜21のZ方向の長さが長い、すなわち幅が広いほうが、リフロー時において、第1はんだ17及び第2はんだ22の一方が他方に流れ込むのを抑制する効果が高いものと考えられる。したがって、好ましくは、上記したように、側面18cの全面に凹凸酸化膜21を設けるとよい。

#### 【0074】

次に、本発明者が試験等によって確認した具体的な実施例について説明する。

#### 【0075】

##### (実施例1)

本発明者は、凹凸酸化膜21の有無及び凹凸酸化膜21の形成範囲と、はんだ濡れとの関係について確認した。その結果を、図9に示す。その際、上記した製造方法で半導体装置10を形成し、評価を行った。凹凸酸化膜21なしにおいて、ターミナル18への濡れ拡がりが生じない第2はんだ22の量を基準量とし、基準量と、基準量の3倍量とで比較を行った。また、側面18cにおける凹凸酸化膜21の形成範囲を、全面、第1対向面18a側の端部から側面18cの1/2まで、第1対向面18a側の端部から側面18cの1/3までとしたものをそれぞれ準備して、比較を行った。このとき、無電解Niめっきで形成された金属薄膜20に対し、エネルギー密度12 J/cm<sup>2</sup>でレーザー光を照射することで形成された凹凸酸化膜21を用いた。

## 【0076】

図9に示すように、凹凸酸化膜21がない場合、3倍量において、第2はんだ22がターミナル18の側面18cへ濡れ拡がり、第1はんだ17側への流れ込みが生じた。一方、本実施形態に示したように、凹凸酸化膜21を側面18cの全面に設けた場合、3倍量としても、第2はんだ22がターミナル18へ濡れ拡がらなかった。

## 【0077】

また、側面18cのうち、第1対向面18a側の端部から側面18cの1/2のみに凹凸酸化膜21を設けた場合、第2はんだ22を3倍量としても、第2はんだ22がターミナル18へ濡れ拡がらなかった。また、側面18cのうち、第1対向面18a側の端部から側面18cの1/3のみに凹凸酸化膜21を設けた場合、第2はんだ22を3倍量とし

10

## 【0078】

以上により、凹凸酸化膜21を設けることで、金属薄膜20の表面が露出する構成よりも、はんだ17、22に対する濡れ性を低下させることができることが明らかとなった。また、第1対向面18a側の端部から少なくとも一部の範囲に凹凸酸化膜21を設けることで、第2はんだ22がターミナル18へ濡れ拡がるのを抑制できることが明らかとなった。

## 【0079】

(実施例2)

本発明者は、金属薄膜20の有無、金属薄膜20の種類、及び凹凸酸化膜21の有無と、はんだブリッジの発生しやすさとの関係について確認した。その結果を、図10に示す。その際、上記した製造方法で半導体装置10を形成し、評価を行った。すなわち、凹凸酸化膜21を形成する場合には、金属薄膜20にエネルギー密度6 J/cm<sup>2</sup>でレーザ光を照射し、その後、水素雰囲気下の減圧リフローによりはんだ付けを行った。金属薄膜20については、電気Niめっきにより形成されたものと、無電解Niめっきにより形成されたものをそれぞれ評価した。

20

## 【0080】

また、それぞれについて材料公差狙い値（以下、材料公差Typと示す）と、材料公差maxについて評価を行った。材料公差Typとは、半導体装置10を構成する各要素、すなわち半導体チップ11、ターミナル18、第1ヒートシンク23、及び第2ヒートシンク27それぞれの厚みを材料公差の狙い値とした状態を示し、このとき、第2はんだ22を形成するために所定厚さのはんだ箔を1枚用いた。一方、材料公差maxでは、半導体チップ11、ターミナル18、第1ヒートシンク23、及び第2ヒートシンク27それぞれの厚みを材料公差の最大値（上限値）としたときの第2はんだ22の溢れを模擬するために、第2はんだ22を形成するための上記はんだ箔を1.5枚とした。そして、ターミナル18の側面18cを第2はんだ22が濡れ拡がり、第1はんだ17とブリッジを形成するか否かを確認した。

30

## 【0081】

図10に示すように、金属薄膜20を設けない場合、すなわちターミナル18が基材19のみによって構成される場合、材料公差Typでも172回中、5回でブリッジが生じた。また、材料公差maxの場合、2回中2回ともブリッジが生じた。電気Niめっきにより金属薄膜20を形成し、且つ、凹凸酸化膜21なしの場合、材料公差Typでは226回中1回もブリッジが生じなかった。しかしながら、材料公差maxの場合、2回中2回ともブリッジが生じた。電気Niめっきにより金属薄膜20を形成し、且つ、凹凸酸化膜21ありの場合、材料公差Typでは24回中1回もブリッジが生じなかった。しかしながら、材料公差maxの場合、4回中4回ともブリッジが生じた。

40

## 【0082】

無電解Niめっきにより金属薄膜20を形成し、且つ、凹凸酸化膜21なしの場合、材料公差Typでは4回中1回もブリッジが生じなかった。しかしながら、材料公差maxの場合、6回中6回ともブリッジが生じた。無電解Niめっきにより金属薄膜20を形成

50

し、且つ、凹凸酸化膜 21 ありの場合、材料公差 T y p では 4 回中 1 回もブリッジが生じず、材料公差 m a x の場合にも、12 回中 1 回もブリッジが生じなかった。

#### 【0083】

以上により、無電解 N i めっきにより形成された金属薄膜 20 に対してレーザ光を照射し、凹凸酸化膜 21 を形成すると、ブリッジの発生抑制、すなわちはんだ 17, 22 に対する濡れ性低下に効果的であることが明らかとなった。

#### 【0084】

##### (実施例 3)

本発明者は、エネルギー密度とはんだ濡れとの関係について確認した。その結果を、図 11 に示す。その際、上記した製造方法で半導体装置 10 を形成し、評価を行った。また、ターミナル 18 の側面 18 c 全面にレーザ光を照射した。また、第 2 はんだ 22 として、N i ボール入りの厚さ 0.1 mm の S n C u N i P を用いた。

#### 【0085】

図 11 に示すように、電気 N i めっきにより金属薄膜 20 を形成した場合、エネルギー密度  $2 \text{ J} / \text{cm}^2$  では、加工面である側面 18 c 全面にはんだ 17, 22 の濡れ拡がり確認された。4 ~  $10 \text{ J} / \text{cm}^2$  では、側面 18 c の一部にはんだ 17, 22 の濡れ拡がり確認された。 $12 \text{ J} / \text{cm}^2$  以上では、側面 18 c にはんだ 17, 22 が濡れ拡がらなかった。

#### 【0086】

一方、無電解 N i めっきにより金属薄膜 20 を形成した場合、エネルギー密度  $2 \text{ J} / \text{cm}^2$  では、側面 18 c 全面にはんだ 17, 22 の濡れ拡がり確認された。しかしながら、 $4 \text{ J} / \text{cm}^2$  以上では、側面 18 c にはんだ 17, 22 が濡れ拡がらなかった。なお、 $2 \text{ J} / \text{cm}^2$  では、図 5 に示した鱗状のレーザ照射痕（凹部 20 a）がほとんど見えず、 $4 \text{ J} / \text{cm}^2$  以上では、鱗状のレーザ照射痕（凹部 20 a）が確認できた。

#### 【0087】

以上により、無電解 N i めっきにより形成された金属薄膜 20 の場合、より低いエネルギーのレーザ光の照射で、はんだ 17, 22 に対する濡れ性を低下できることが明らかとなった。また、電気 N i めっきにより形成された金属薄膜 20 の場合、無電解 N i めっきよりはエネルギーが高いものの、 $100 \text{ J} / \text{cm}^2$  よりも低いエネルギーのレーザ光の照射で、はんだ 17, 22 に対する濡れ性を低下できることが明らかとなった。

#### 【0088】

##### (実施例 4)

本発明者は、エネルギー密度と凹凸酸化膜 21 の膜厚との関係について確認した。その結果を、図 12 に示す。図 12 では、無電解 N i めっきにより形成された金属薄膜 20 を実線、電気 N i めっきにより形成された金属薄膜 20 を破線で示している。なお、凹凸酸化膜 21 の膜厚は、オージェ電子分光法により計測した。図 12 に示す酸化膜厚とは、凹凸酸化膜 21 の膜厚の  $n = 5$  の平均値である。

#### 【0089】

図 12 に示すように、無電解 N i めっきにより形成された金属薄膜 20 の場合、照射するレーザ光のエネルギー密度が低いと酸化膜厚が薄くなり、エネルギー密度が高いと酸化膜厚が厚くなることが明らかとなった。具体的には、 $4 \text{ J} / \text{cm}^2$  で酸化膜厚が約  $11 \text{ nm}$ 、 $10 \text{ J} / \text{cm}^2$  で酸化膜厚が約  $108 \text{ nm}$  であった。

#### 【0090】

一方、電気 N i めっきにより形成された金属薄膜 20 の場合も、照射するレーザ光のエネルギー密度が低いと酸化膜厚が薄くなり、エネルギー密度が高いと酸化膜厚が厚くなることが明らかとなった。具体的には、 $2 \text{ J} / \text{cm}^2$  で酸化膜厚が約  $5 \text{ nm}$ 、 $10 \text{ J} / \text{cm}^2$  で酸化膜厚が約  $60 \text{ nm}$  であった。

#### 【0091】

以上により、レーザ光の照射条件が同じであれば、無電解 N i めっきにより形成された金属薄膜 20 のほうが、電気 N i めっきにより形成された金属薄膜 20 よりも、凹凸酸化

10

20

30

40

50

膜 21 の膜厚が厚くなることが明らかとなった。これは、無電解 Ni めっきにより形成される金属薄膜 20 (Ni-P) の融点が、P の含有量にもよるが約 800 度程度であり、電気 Ni めっきにより形成される金属薄膜 20 (Ni) の融点が約 1450 度であることに起因すると考えられる。無電解 Ni めっきにより形成された金属薄膜 20 ほうが融点が低いため、低いエネルギーのレーザー光で溶融及び蒸発し、凹凸酸化膜 21 の膜厚が厚くなると考えられる。

#### 【0092】

##### (実施例 5)

本発明者は、レーザー光照射後の凹凸酸化膜 21 の膜厚と、2nd リフロー後の凹凸酸化膜 21 の膜厚との関係について確認した。その結果を、図 13 に示す。その際、上記した製造方法で半導体装置 10 を形成し、評価を行った。また、凹凸酸化膜 21 の膜厚を、オージェ電子分光法により計測した。また、無電解 Ni めっきにより形成された金属薄膜 20 に  $7 \text{ J/cm}^2$  でレーザー光を照射し、凹凸酸化膜 21 を形成した。図 13 に示す酸化膜厚は、凹凸酸化膜 21 の膜厚の  $n=6$  の平均値である。

#### 【0093】

図 13 に示すように、レーザー光照射後の酸化膜厚は、約 62 nm であった。これに対し、2nd リフロー後の酸化膜厚は、約 33 nm であった。すなわち、還元雰囲気下でリフローを実施することにより、約 30 nm 分の酸化膜が還元された。言い換えれば、凹凸酸化膜 21 の約半分が還元された。しかしながら、はんだ 17, 22 に対する濡れ性を確認したところ、レーザー光照射後、2nd リフロー後のいずれも、はんだ 17, 22 が濡れ拡がらなかった。

#### 【0094】

以上により、還元雰囲気下でのリフローにより、凹凸酸化膜 21 の膜厚が薄くなることが明らかとなった。なお、電気 Ni めっきにより形成された金属薄膜 20 についての酸化膜厚の変化については、未評価である。しかしながら、電気 Ni めっきにより形成された金属薄膜 20 上の凹凸酸化膜 21 についても、還元雰囲気下で同様に酸化膜厚が減少するものと考えられる。

#### 【0095】

実施例 2-5 (図 10-13) に示した結果から、電気 Ni めっきにより形成された金属薄膜 20 の場合、エネルギー密度が  $12 \text{ J/cm}^2$  未満だと、凹凸酸化膜 21 が形成されても薄いため、リフロー時の還元により、はんだ 17, 22 の濡れ拡がりを抑制するだけの膜厚を有する凹凸酸化膜 21 が残らないと考えられる。したがって、無電解 Ni めっきにより形成される金属薄膜 20 のように、融点の低い金属を主成分とする金属薄膜 20 を採用すると、低いエネルギーのレーザー光で凹凸酸化膜 21 の膜厚を厚くすることができる。

#### 【0096】

##### (実施例 6)

本発明者は、基材 19 のみによって構成される場合、凹凸酸化膜なし、凹凸酸化膜ありのそれぞれの場合について、シェア強度を評価した。その結果を、図 14 に示す。図 14 では、凹凸酸化膜ありを実線、基材 19 のみを破線、凹凸酸化膜なし (金属薄膜 20 あり) を一点鎖線で示している。凹凸酸化膜あり及び凹凸酸化膜なしでは、いずれも無電解 Ni めっきにより形成された金属薄膜 20 を用いた。また、 $12 \text{ J/cm}^2$  でレーザー光を照射し、凹凸酸化膜 21 を形成した。また、ターミナル 18 上に形成される樹脂の材料を、封止樹脂体 15 と同じエポキシ樹脂とし、樹脂の形状を下面の直径 3.57 mm、上面の直径 2.85 mm、高さ 3.13 mm の円錐台形状とした。そして、せん断スピード  $50 \mu\text{m/秒}$  で、ターミナル 18 に対する樹脂の溶着強度、すなわちシェア強度を評価した。その際、ワークを 175 度の恒温槽内で保存し、所定時間経過後にワークを恒温槽から取り出して、25 度の室温でシェア強度の確認をした。図 14 に示すシェア強度は、それぞれ  $n=5$  の平均値を示している。

#### 【0097】

図14に示すように、ターミナル18が基材19のみの場合、すなわち金属薄膜20を有していない場合、時間の経過とともにシェア強度が低下した。これは、基材19を構成するCuが高温で酸化されやすいこと、Cuの酸化膜の強度が低いことに起因すると考えられる。

#### 【0098】

凹凸酸化膜21がない場合、金属薄膜20の表面が酸化されて酸化膜が形成される。すなわち、Niの酸化膜が形成される。しかしながら、Niの酸化膜は高温でも安定であり、酸化膜の成長がCuに比べて遅い。このため、図14に示すように、シェア強度の経時低下が、Cuに比べて小さいと考えられる。

#### 【0099】

凹凸酸化膜21がある場合、凹凸酸化膜21がない場合の効果に加えて、凹凸酸化膜21の微細凹凸により接触面積が増える。したがって、図14に示すように、凹凸酸化膜21がない場合に比べて、シェア強度が高いと考えられる。

#### 【0100】

以上により、凹凸酸化膜21を設けると、微細凹凸により接触面積を増やし、封止樹脂体15との間に強固な接続構造を形成することができる。特にNiを主成分とする金属薄膜20を形成すると、長期にわたって安定した接続構造を保持することができる。

#### 【0101】

(第2実施形態)

本実施形態は、先行実施形態を参照できる。このため、先行実施形態と共通する部分についての説明は省略する。

#### 【0102】

第1実施形態では、略四角柱状をなすターミナル18の側面18cに凹凸酸化膜21を設ける例を示した。しかしながら、ターミナル18の形状は、上記例に限定されない。図15に示すように、本実施形態ではターミナル18が凸部18gを有しており、第1対向面18a側に凸の形状をなしている。

#### 【0103】

このため、第1対向面18aが、第2接続領域18eと、第2接続領域18eを取り囲む外周領域18hと、を有している。外周領域18hは、第2接続領域18eよりも、第1ヒートシンク23に対して離れた位置とされる。また、凸部18gを有することで、側面18cが2つに分けられている。詳しくは、側面18cが、第2接続領域18eと外周領域18hとをつなぐ第1分割面18caと、外周領域18hと第2対向面18bとをつなぐ第2分割面18cbと、を有している。そして、2つの分割面18ca、18cbに、凹凸酸化膜21が形成されている。

#### 【0104】

このような構成を採用しても、第1実施形態と同様の効果を奏することができる。なお、図15に白抜き矢印で示すように、Z方向に直交する方向からレーザー光を照射することで、分割面18ca、18cbに凹凸酸化膜21を形成することができる。

#### 【0105】

また、図16に示す第2変形例では、ターミナル18が錐台形状となっている。すなわち、側面18cが傾斜面(テーパ面)となっている。そして、傾斜をなす側面18cの全面に凹凸酸化膜21が形成されている。この場合も、白抜き矢印で示すように、Z方向に直交する方向からレーザー光を照射することで、凹凸酸化膜21を形成することができる。

#### 【0106】

それ以外にも、側面18cにおいて、第2対向面18b側の端部から一部の範囲に、凹凸酸化膜21を設けてもよい。また、側面18cにおいて、第1対向面18a及び第2対向面18bの両方から離れた位置に、凹凸酸化膜21を設けてもよい。また、側面18cにおいて、凹凸酸化膜21を多段に設けてもよい、例えば複数の凹凸酸化膜21をZ方向において互いに平行に設けてもよい。

#### 【0107】

(第3実施形態)

本実施形態は、先行実施形態を参照できる。このため、先行実施形態と共通する部分についての説明は省略する。

【0108】

図17に示すように、ターミナル18が、側面18cとして、第1対向面18a側の端部から所定範囲の部分である第1側面部18c1と、第1側面部18c1と第2対向面18bとの間の部分である第2側面部18c2と、を有している。図17では、第2側面部18c2が、外側に凸の曲線形状(所謂R形状)をなしており、Z方向から見たときに、第2側面部18c2も半導体チップ11に対向している。

【0109】

凹凸酸化膜21は、側面18cのうちの第1側面部18c1のみに形成され、第2側面部18c2には形成されていない。第1はんだ17は、図17に示すように、ターミナル18の表面のうち、第2対向面18b及び第2側面部18c2に接続されている。すなわち、第2対向面18bと第2側面部18c2により、第1接続領域18dが構成されている。また、第1側面部18c1により、つなぎ領域18fが構成されている。

【0110】

このような第2側面部18c2を有するターミナル18の基材19は、金属ブロックをプレス加工することによって形成される。プレス加工時に基材19を金属ブロックから打ち抜くと、R形状の第2側面部18c2が形成される。本実施形態では、第2側面部18c2をZ方向において半導体チップ11側に配置している。その上で、上記したように、第2側面部18c2には凹凸酸化膜21を形成せず、第1側面部18c1のみに凹凸酸化膜21を形成している。

【0111】

したがって、リフロー時に第2側面部18c2にも第1はんだ17が濡れ拡がり、良好なフィレットを形成することができる。これにより、第2側面部18c2に凹凸酸化膜21を設ける構成に較べて、半導体チップ11の生じた熱をターミナル18に伝達するための放熱経路を広くとることができる。

【0112】

なお、上記では、第2側面部18c2を側面18cの一部と示したが、第2対向面18bの一部としてとらえることもできる。この場合、第2対向面18bは、中央部と、中央部を取り囲み、中央部と側面18cとをつなぐ外側に凸のR部と、を有することとなる。

【0113】

(第4実施形態)

本実施形態は、先行実施形態を参照できる。このため、先行実施形態と共通する部分についての説明は省略する。

【0114】

第1実施形態では、ターミナル18の側面18cに凹凸酸化膜21が形成される例を示した。換言すれば、Z方向に直交する方向からのレーザー光の照射により形成される凹凸酸化膜21の例を示した。これに対し、本実施形態では、ターミナル18の表面のうち、第1対向面18a及び第2対向面18bの少なくとも一方に、凹凸酸化膜21が形成される点の特徴とする。

【0115】

図18に示す例では、上記した第2実施形態(図15参照)同様、ターミナル18が凸部18gを有している。第1対向面18aは、第2接続領域18eと外周領域18hと、を有しており、外周領域18hは、第2接続領域18eよりも、Z方向における第1ヒートシンク23との対向距離が長くなっている。そして、外周領域18hに、凹凸酸化膜21が形成されている。

【0116】

ターミナル18と第1ヒートシンク23との対向領域が狭いと、第2はんだ22は、毛細管現象によっても濡れ拡がる。したがって、平坦な第1対向面18aにおいて外周領域

10

20

30

40

50

18hに凹凸酸化膜21を設けた場合、凹凸酸化膜21による効果が、毛細管現象により相殺されて弱まってしまう。これに対し、本実施形態では、ターミナル18に凸部18gを設けて、第2接続領域18eを凸部18gの先端面とし、外周領域18hを第2接続領域18eに対して段差面としている。このため、ターミナル18と第1ヒートシンク23との対向距離が、第2接続領域18eよりも外周領域18hで長くなっている。そして、対向距離の長い外周領域18hに凹凸酸化膜21を設けたため、毛細管現象による濡れ拡がりの効果を低減又は無くすることができる。すなわち、対向面18aに凹凸酸化膜21を設けながらも、第1はんだ17及び第2はんだ22の一方がターミナル18の表面を濡れ拡がり、他方に流れ込むのを効果的に抑制することができる。

#### 【0117】

10

特に凸形状のターミナル18を採用すると、プレスによって容易に形成することができるため、製造工程を簡素化し、ひいては製造コストを低減することができる。

#### 【0118】

本実施形態では、凸形状のターミナル18における外周領域18hに凹凸酸化膜21を設ける例を示した。しかしながら、ターミナル18の形状は、上記例に限定されない。図19に示す第3変形例では、ターミナル18が第1対向面18aとして、テーパ状の外周領域18h（傾斜面）を有しており、この外周領域18hに凹凸酸化膜21が形成されている。このような構成としても、凸形状のターミナル18において、外周領域18hに凹凸酸化膜21を設ける場合と同等の効果を奏することができる。

#### 【0119】

20

また、図20に示す第4変形例では、ターミナル18が、第1実施形態同様、略四角柱状をなしており、平坦な第1対向面18aにおける外周領域18hに、凹凸酸化膜21が形成されている。なお、図19及び図20のいずれにおいても、白抜き矢印で示すように、Z方向からレーザ光を照射することで、凹凸酸化膜21を形成することができる。

#### 【0120】

第1対向面18aに凹凸酸化膜21を設ける例を示したが、第2対向面18bにおいて、第1接続領域18dを取り囲む外周領域に、凹凸酸化膜21を設けてもよい。この場合も、同様の効果を奏することができる。また、第1対向面18a及び第2対向面18bの両方に凹凸酸化膜21を設けてもよい。

#### 【0121】

30

さらには、第1対向面18a及び第2対向面18bの少なくとも一方に凹凸酸化膜21を設けつつ、側面18cに凹凸酸化膜21を設けた構成としてもよい。

#### 【0122】

（第5実施形態）

本実施形態は、先行実施形態を参照できる。このため、先行実施形態と共通する部分についての説明は省略する。

#### 【0123】

本実施形態では、図21に示すように、ターミナル18に形成された凹凸酸化膜21に加え、第1ヒートシンク23に形成された凹凸酸化膜31を備える点を特徴とする。

#### 【0124】

40

凹凸酸化膜31も、凹凸酸化膜21と同一条件で形成されている。図示を省略するが、第1ヒートシンク23は、ターミナル18同様、たとえばCuを用いて形成された基材と、たとえばNiを主成分とし、基材の表面に形成された金属薄膜と、を有している。そして、金属薄膜の表面にレーザ光を照射することで、凹凸酸化膜31が形成されている。

#### 【0125】

凹凸酸化膜31は、第1ヒートシンク23の対向面23aのうち、第2はんだ22が接続される領域の周辺に形成されている。本実施形態では、対向面23aに溝24が形成されており、環状をなす溝24及び溝24より内側の部分が、第2はんだ22との接続領域となっている。このため、溝24よりも外側の部分の全面に、凹凸酸化膜31が形成されている。すなわち、溝24に隣接して、凹凸酸化膜31が形成されている。したがって、

50

凹凸酸化膜 3 1 により、第 2 はんだ 2 2 を第 2 はんだ 2 2 の接続領域に留めることができる。たとえば、第 2 はんだ 2 2 の量が多くても、溝 2 4 より外側に第 2 はんだ 2 2 が溢れるのを抑制することができる。

【0126】

なお、溝 2 4 よりも外側の部分の全面に凹凸酸化膜 3 1 を設けなくとも、第 2 はんだ 2 2 を取り囲むように、溝 2 4 に隣接して凹凸酸化膜 3 1 を設けることで、第 2 はんだ 2 2 が溝 2 4 から外側に溢れるのを抑制することができる。また、溝 2 4 を有さない第 1 ヒートシンク 2 3 にも適用することができる。この場合も、第 2 はんだ 2 2 を取り囲むように凹凸酸化膜 3 1 を設けることで、凹凸酸化膜 3 1 によって囲まれる領域内に、第 2 はんだ 2 2 を留めることができる。

10

【0127】

また、凹凸酸化膜 3 1 を設けることで、封止樹脂体 1 5 との接触面積が増える。また、封止樹脂体 1 5 が凹凸酸化膜 3 1 の凸部に絡みついてアンカー効果が生じる。したがって、第 1 ヒートシンク 2 3 と封止樹脂体 1 5 との密着性を向上し、これにより封止樹脂体 1 5 の剥離を抑制することができる。

【0128】

凹凸酸化膜 2 1 としては、第 1 実施形態（図 2 参照）の例を示したが、これに限定されない。その他の実施形態や上記した各変形例との組み合わせが可能である。

【0129】

（第 6 実施形態）

20

本実施形態は、先行実施形態を参照できる。このため、先行実施形態と共通する部分についての説明は省略する。

【0130】

本実施形態では、図 2 2 に示すように、ターミナル 1 8 に形成された凹凸酸化膜 2 1 に加え、第 2 ヒートシンク 2 7 に形成された凹凸酸化膜 3 2 を備える点を特徴とする。なお、図 2 2 では、第 5 実施形態（図 2 1 参照）に示した構成に凹凸酸化膜 3 2 を加えた構成となっており、半導体装置 1 0 が、凹凸酸化膜 2 1、3 1、3 2 を備えている。

【0131】

凹凸酸化膜 3 2 も、凹凸酸化膜 2 1 と同一条件で形成されている。図示を省略するが、第 2 ヒートシンク 2 7 は、ターミナル 1 8 同様、たとえば Cu を用いて形成された基材と、たとえば Ni を主成分とし、基材の表面に形成された金属薄膜と、を有している。そして、金属薄膜の表面にレーザー光を照射することで、凹凸酸化膜 3 2 が形成されている。

30

【0132】

凹凸酸化膜 3 2 は、第 2 ヒートシンク 2 7 の対向面 2 7 a のうち、第 3 はんだ 2 6 が接続される領域の周辺に配置される。具体的には、対向面 2 7 a のうち、第 3 はんだ 2 6 が接続される領域を取り囲むように、第 3 はんだ 2 6 の接続領域よりも外側の領域全面に凹凸酸化膜 3 2 が形成されている。したがって、凹凸酸化膜 3 2 により、第 3 はんだ 2 6 を第 3 はんだ 2 6 の接続領域に留めることができる。

【0133】

なお、第 2 ヒートシンク 2 7 にも、余剰はんだを吸収するための溝を設けることができる。この場合、溝に隣接して凹凸酸化膜 3 2 を設けることで、第 3 はんだ 2 6 が溝から外側に溢れるのを抑制することができる。

40

【0134】

また、凹凸酸化膜 3 2 を設けることで、封止樹脂体 1 5 との接触面積が増える。また、封止樹脂体 1 5 が凹凸酸化膜 3 2 の凸部に絡みついてアンカー効果が生じる。したがって、第 2 ヒートシンク 2 7 と封止樹脂体 1 5 との密着性を向上し、これにより封止樹脂体 1 5 の剥離を抑制することができる。

【0135】

凹凸酸化膜 2 1 としては、第 1 実施形態（図 2 参照）の例を示したが、これに限定されない。第 2 実施形態や上記した各変形例との組み合わせが可能である。

50

## 【0136】

## (第7実施形態)

本実施形態は、先行実施形態を参照できる。このため、先行実施形態と共通する部分についての説明は省略する。図23～図27に基づき、本実施形態の半導体装置10について説明する。なお、図23及び図24では、便宜上、凹凸酸化膜32を省略している。また、図27では、便宜上、保護膜13を省略している。図25及び図26では、明確化のために、凹凸酸化膜31、32の形成範囲にハッチングを施している。

## 【0137】

図24及び図27に示すように、半導体装置10は、半導体チップ11として、三相インバータの一相分の上下アームを構成する2つの半導体チップ11を備えている。同様に半導体装置10は、2組の信号端子16と、2つのターミナル18を備えている。また、半導体装置10は、2つの第1ヒートシンク23と、2つの第2ヒートシンク27を備えている。半導体チップ11、信号端子16、ターミナル18、第1ヒートシンク23、及び第2ヒートシンク27のうち、上アームの構成要素には符号の末尾にHを付与し、下アームの構成要素には符号の末尾にLを付与している。それ以外のエミッタ電極12、コレクタ電極14、各はんだ17、22、26については、便宜上、上アームと下アームで同じ符号を付与している。

## 【0138】

半導体チップ11H、11Lは、互いにほぼ同じ平面形状、具体的には平面略矩形状をなすとともに、互いにほぼ同じ大きさとはほぼ同じ厚みを有している。半導体チップ11H、11Lは、コレクタ電極14をZ方向における互いに同じ側にして配置されている。そして、半導体チップ11H、11Lは、Z方向においてほぼ同じ高さに位置するとともに、X方向において横並びで配置されている。

## 【0139】

半導体チップ11Hのパッドには、図24に示すように、ワイヤ33を介して上アーム側の信号端子16Hが電氣的に接続されている。また、半導体チップ11Lのパッドにも、ワイヤ33を介して下アーム側の信号端子16Lが電氣的に接続されている。信号端子16H、16Lは、ともにY方向に延設されており、封止樹脂体15の同一側面から外部に突出している。信号端子16H、16Lは、X方向において並んで配置されている。

## 【0140】

半導体チップ11Hのエミッタ電極12側には、上アーム側の第1ヒートシンク23Hが配置されている。第1ヒートシンク23Hは、Z方向からの投影視において、半導体チップ11Hを内包するように設けられている。第1ヒートシンク23Hの対向面23aと半導体チップ11Hのエミッタ電極12との間には、上アーム側のターミナル18Hが介在している。そして、第1はんだ17により、半導体チップ11Hのエミッタ電極12とターミナル18Hが接続されている。

## 【0141】

同様に、半導体チップ11Lのエミッタ電極12側には、下アーム側の第1ヒートシンク23Lが配置されている。第1ヒートシンク23Lは、Z方向からの投影視において、半導体チップ11Lを内包するように設けられている。第1ヒートシンク23Lの対向面23aと半導体チップ11Lのエミッタ電極12との間には、下アーム側のターミナル18Lが介在している。そして、第1はんだ17により、半導体チップ11Lのエミッタ電極12とターミナル18Lが接続されている。

## 【0142】

本実施形態では、ターミナル18H、18Lを共通形状としている。ターミナル18H、18Lの側面18cには、図27に示すように、凹凸酸化膜21がそれぞれ形成されている。また、第1ヒートシンク23H、23Lも共通形状としており、第1ヒートシンク23Hと第1ヒートシンク23Lは、2回対称となるように配置されている。

## 【0143】

第1ヒートシンク23(23H、23L)は、図24及び図25に示すように、平面略

10

20

30

40

50

L字状をなしており、第2はんだ22を介して対応するターミナル18に接続される本体部23dと、本体部23dから延設された継ぎ手部23eと、を有している。第1ヒートシンク23における本体部23dの対向面23aに、溝24が形成されている。本体部23dにおけるターミナル18と反対の面は、第1ヒートシンク23の放熱面23bとなっている。図23に示すように、上アーム側の第1ヒートシンク23Hの放熱面23bと、下アーム側の第1ヒートシンク23Lの放熱面23bが、封止樹脂体15の一面15aから露出されている。第1ヒートシンク23H、23Lの放熱面23bは、互いにX方向に並んでいる。

#### 【0144】

継ぎ手部23eは、封止樹脂体15によって被覆されるように、本体部23dよりも薄く設けられている。本実施形態では、本体部23dと継ぎ手部23eとが、対向面23a側において面一となっている。第1ヒートシンク23における継ぎ手部23eの対向面23aにも、溝34が形成されている。溝34は、図25及び図27に示すように、継ぎ手部23eと、継ぎ手部23eの接続対象との接続部分を取り囲むように形成されている。図27に示すように、継ぎ手部23eと、継ぎ手部23eの接続対象、たとえば後述する継ぎ手部27eとは、はんだ35により接続されている。はんだ35は、第2はんだ22と同じタイミングでリフローされる。溝34は、継ぎ手部23eと継ぎ手部23eの接続対象との対向領域から溢れ出る余剰のはんだ35を吸収する（貯留する）ために設けられている。はんだ35は、Z方向からの投影視において、溝34内及び該溝34に囲まれる領域に配置されている。

#### 【0145】

第1ヒートシンク23の対向面23aには、凹凸酸化膜31が形成されている。凹凸酸化膜31は、図25にハッチングで示すように、対向面23aのうち、溝24内及び溝24に囲まれる領域と、溝34内及び溝34に囲まれる領域と、を除く領域に形成されている。このため、凹凸酸化膜31により、溝24から第2はんだ22が溢れ出るのを抑制することができる。また、凹凸酸化膜31により、溝34からはんだ35が溢れ出るのを抑制することができる。また、対向面23aと封止樹脂体15の密着性を向上することもできる。

#### 【0146】

第1ヒートシンク23Hの継ぎ手部23eは、図24及び図27に示すように、下アーム側の第2ヒートシンク27Lの継ぎ手部27eと、はんだ35を介して接続されている。一方、第1ヒートシンク23Lの継ぎ手部23eは、図24に示すように、主端子25の延設部25aと、はんだ35を介して接続されている。

#### 【0147】

主端子25は、第1ヒートシンク23と別部材とされている。主端子25は、直流電源の低電位側に接続されるため、低電位電源端子、又は、N端子とも称される。主端子25は、図25に示すようにY方向に延設されており、図23に示すように、封止樹脂体15において信号端子16とは反対の側面から外部に突出している。延設部25aのX方向の長さ、すなわち幅は、主端子25の他の部分の幅よりも狭くされている。延設部25aは、Z方向からの投影視において、第1ヒートシンク23H、23Lの本体部23dの間に配置されている。

#### 【0148】

半導体チップ11Hのコレクタ電極14側には、上アーム側の第2ヒートシンク27Hが配置されている。第2ヒートシンク27Hは、Z方向からの投影視において、半導体チップ11Hを内包するように設けられている。第2ヒートシンク27Hの対向面27aと半導体チップ11Hのコレクタ電極14との間に第3はんだ26が介在しており、第3はんだ26により、第2ヒートシンク27Hと半導体チップ11Hのコレクタ電極14とが接続されている。なお、封止樹脂体15の裏面15bから、第2ヒートシンク27Hの放熱面27bが露出されている。

#### 【0149】

第2ヒートシンク27Hには、図24及び図26に示すように、主端子28Hが連結されている。この主端子28Hは、直流電源の高電位側に接続されるため、高電位電源端子、又は、P端子とも称される。主端子28Hは、第2ヒートシンク27Hと一体的に形成されてもよいし、第2ヒートシンク27Hとは別部材を接続したものでもよい。本実施形態では、主端子28Hが、第2ヒートシンク27Hと一体的に形成されている。主端子28Hの厚みは第2ヒートシンク27Hよりも薄く、主端子28Hは第2ヒートシンク27Hの側面のひとつからY方向に延設されて、図23に示すように主端子25（N端子）と同じ側面から封止樹脂体15の外部に突出している。

#### 【0150】

下アーム側の第2ヒートシンク27Lは、X方向において第2ヒートシンク27Hに並設されている。第2ヒートシンク27Lは、半導体チップ11Lのコレクタ電極14側に配置されており、Z方向からの投影視において、半導体チップ11Lを内包するように設けられている。第2ヒートシンク27Lの対向面27aと半導体チップ11Lのコレクタ電極14との間にも第3はんだ26が介在しており、第3はんだ26により、第2ヒートシンク27Lと半導体チップ11Lのコレクタ電極14とが接続されている。第2ヒートシンク27Lの放熱面27bも、封止樹脂体15の裏面15bから露出されている。第2ヒートシンク27H、27Lの放熱面27bも、互いにX方向に並んでいる。

#### 【0151】

第2ヒートシンク27Lには、図24及び図26に示すように、主端子28Lが連結されている。この主端子28Lは、三相モータの出力線に接続されるため、出力端子、又は、O端子とも称される。主端子28Lは、第2ヒートシンク27Lと一体的に形成されてもよいし、第2ヒートシンク27Lとは別部材を接続したものでもよい。本実施形態では、主端子28Lが、第2ヒートシンク27Lと一体的に形成されている。主端子28Lの厚みは第2ヒートシンク27Lよりも薄く、主端子28Lは第2ヒートシンク27Lの側面のひとつからY方向に延設されて、図23に示すように主端子25（N端子）と同じ側面から封止樹脂体15の外部に突出している。

#### 【0152】

主端子25、28H、28Lにおける封止樹脂体15からの突出部分は、Z方向において互いにほぼ同じ位置となっている。また、X方向において、主端子28H（P端子）、主端子25（N端子）、主端子28L（O端子）の順に並んで配置されている。

#### 【0153】

第2ヒートシンク27のうち、下アーム側の第2ヒートシンク27Lは、図24、図26、及び図27に示すように、第3はんだ26を介して半導体チップ11Lのコレクタ電極14に接続される本体部27dと、本体部27dから延設された継ぎ手部27eと、を有している。継ぎ手部27eは、本体部27dよりも薄く設けられている。また、継ぎ手部27eは、Z方向からの投影視において第1ヒートシンク23Hの継ぎ手部23eと重なるように、本体部27dの側面のうち、X方向における第2ヒートシンク27Hと対向する面から延設されている。また、継ぎ手部27eは、はんだ35を介して継ぎ手部23eと接続するため、屈曲部を2箇所有して第1ヒートシンク23H側に延設されている。

#### 【0154】

第2ヒートシンク27の対向面27aには、凹凸酸化膜32が形成されている。凹凸酸化膜32は、図26にハッチングで示すように、対向面27aにおいて、第3はんだ26の接続領域を取り囲むように形成されている。凹凸酸化膜32は、対向面27aのうち、第3はんだ26の接続領域を除く領域に形成されている。凹凸酸化膜32は、継ぎ手部27eのうち、屈曲部まで、すなわち、本体部27dの対向面27aと略面一の部分に形成されている。また、凹凸酸化膜32は、本体部27dに連なる主端子28H、28Lの一部にも形成されている。図26に示す一点鎖線は、封止樹脂体15の端部15dの位置を示している。凹凸酸化膜32は、第2ヒートシンク27から、主端子28（28H、28L）における端部15dよりも所定距離外側まで、一体的に形成されている。主端子28のうち、凹凸酸化膜32が形成されていない部分は、図示しないバスバーとの接続部分

10

20

30

40

50

である。

#### 【0155】

さらに本実施形態では、凹凸酸化膜32が、主端子25にも形成されている。主端子25においても、凹凸酸化膜32は、封止樹脂体15の端部15dの所定距離外側まで形成されている。凹凸酸化膜32は、延設部25aにおけるはんだ35との接続部分と、図示しないバスバーとの接続部分とを除いて形成されている。

#### 【0156】

このように構成される半導体装置10は、2つの半導体チップ11H、11Lを備える所謂2in1パッケージとなっている。そして、半導体チップ11H、11Lの熱を封止樹脂体15の一面15a及び裏面15bの両方に放熱できるようになっている。また、各凹凸酸化膜21、31、32は、上記同様、レーザ光の照射によって形成されている。

10

#### 【0157】

なお、符号36は、主端子28Hを含むリードフレームを位置決めするために、主端子28Hに形成された貫通孔である。貫通孔36は、凹凸酸化膜32の領域外に形成されている。符号37は、封止樹脂体15の剥離を抑制するために、第2ヒートシンク27と主端子28との連結部周辺に形成された貫通孔である。符号38は、封止樹脂体15の剥離を抑制するために、信号端子16に形成された貫通孔である。これら貫通孔37、38には、封止樹脂体15が充填されている。

#### 【0158】

以上、本発明の好ましい実施形態について説明したが、本発明は上記した実施形態になんら制限されることなく、本発明の主旨を逸脱しない範囲において、種々変形して実施することが可能である。

20

#### 【0159】

上記実施形態では、半導体装置10が、半導体チップ11を1つ有する1in1パッケージ、半導体チップ11を2つ有する2in1パッケージの例を示した。しかしながら、半導体チップ11の個数は上記例に限定されるものではない。たとえば三相分の上下アームを構成する6つの半導体チップ11を有する構成にも適用できる。

#### 【0160】

IGBTとFWDが同一チップに形成される例を示したが、互いに別チップに形成される構成にも適用できる。

30

#### 【0161】

半導体装置10が封止樹脂体15を備える例を示したが、封止樹脂体15を備えない構成にも適用できる。

#### 【0162】

半導体装置10が、第3はんだ26、第2ヒートシンク27、及び主端子28を備える例を示したが、これらを備えない構成にも適用できる。

#### 【0163】

各ヒートシンク23、27における半導体チップ11と反対の面(放熱面23b、27b)が、封止樹脂体15から露出される例を示した。しかしながら、半導体チップ11と反対の面が封止樹脂体15から露出されない構成にも適用できる。

40

#### 【0164】

金属薄膜20を構成する金属はNiに限定されない。また、凹凸酸化膜21、31、32もNiの酸化物に限定されない。凹凸酸化膜21、31、32としては、金属薄膜20を構成する金属と同じ金属の酸化物であればよい。

#### 【符号の説明】

#### 【0165】

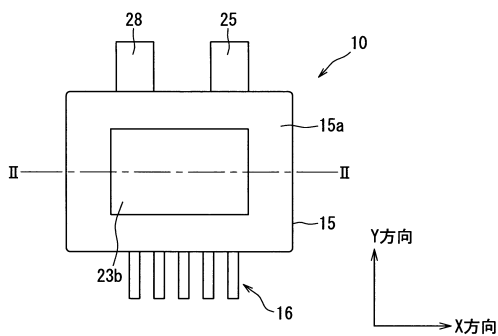
10…半導体装置、11、11H、11L…半導体チップ、11a…一面、11b…裏面、12…エミッタ電極、13…保護膜、14…コレクタ電極、15…封止樹脂体、15a…一面、15b…裏面、15c…側面、15d…端部、16、16H、16L…信号端子、17…第1はんだ、18、18H、18L…ターミナル、18a…第1対向面、18b

50

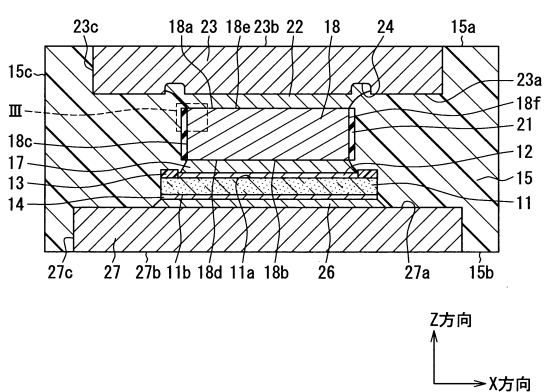
…第2対向面、18c…側面、18ca…第1分割面、18cb…第2分割面、18c1…第1側面部、18c2…第2側面部、18d…第1接続領域、18e…第2接続領域、18f…つなぎ領域、18g…凸部、18h…外周領域、18i…貫通孔、19a…基材、19b…皮膜、20…金属薄膜、20a…凹部、21…凹凸酸化膜、21a…凸部、22…第2はんだ、23, 23H, 23L…第1ヒートシンク、23a…対向面、23b…放熱面、23c…側面、23d…本体部、23e…継ぎ手部、24, 35…溝、25…主端子、26…第3はんだ、27, 27H, 27L…第2ヒートシンク、27a…対向面、27b…放熱面、27c…側面、27d…本体部、27e…継ぎ手部、28, 28H, 28L…主端子、29…台座、30…スペーサ、31, 32…凹凸酸化膜、33…ワイヤ、34…はんだ、36, 37, 38…貫通孔

10

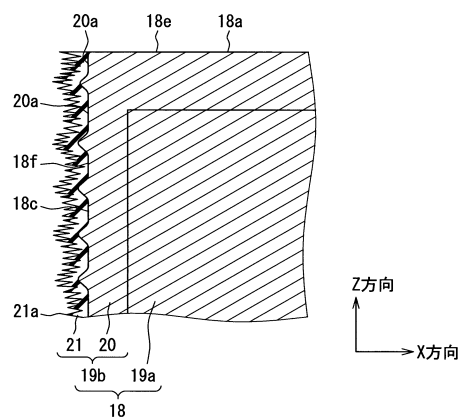
【図1】



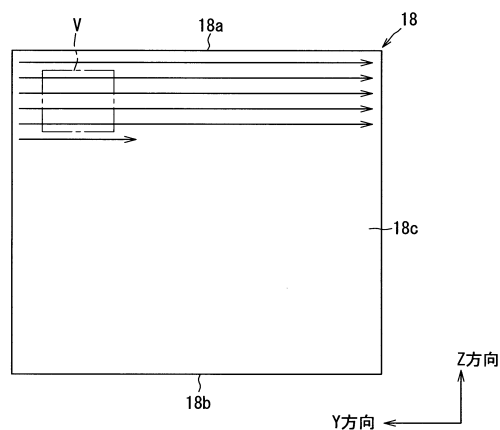
【図2】



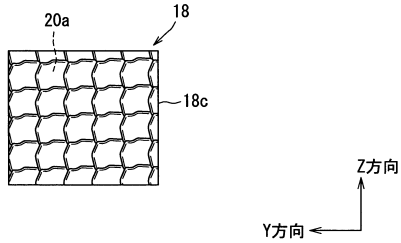
【図3】



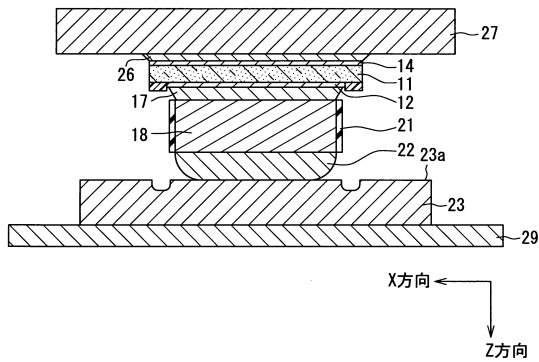
【図4】



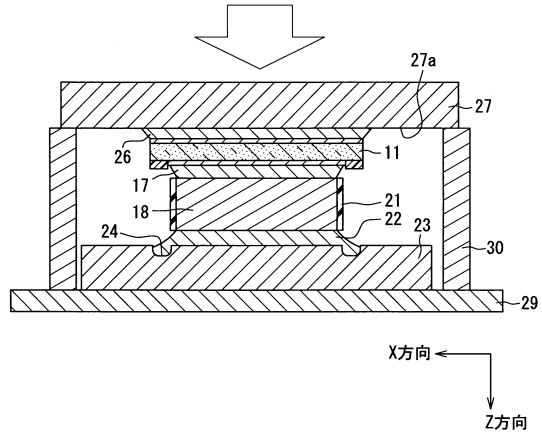
【図 5】



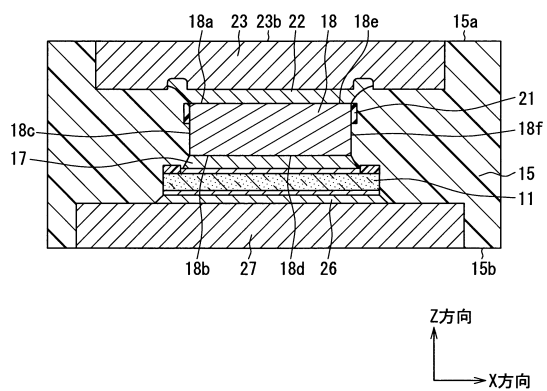
【図 6】



【図 7】



【図 8】



【図 9】

|              | 基準量 | 基準量×3 |
|--------------|-----|-------|
| 凹凸酸化膜なし      | ○   | ×     |
| 凹凸酸化膜あり 側面全面 | ○   | ○     |
| 側面1/2        | ○   | ○     |
| 側面1/3        | ○   | ○     |

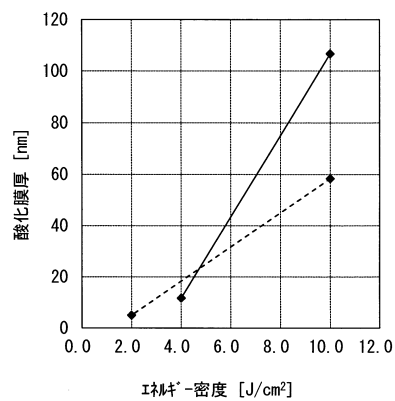
【図 10】

|           |         | ブリッジ発生数/ターミナル数 |         |
|-----------|---------|----------------|---------|
| ターミナル側面状態 | 凹凸酸化膜有無 | 材料公差Typ        | 材料公差max |
| 金属薄膜なし    | 無       | 5/172          | 2/2     |
| 電気Niめっき   | 無       | 0/226          | 2/2     |
|           | 有       | 0/24           | 4/4     |
| 無電解Niめっき  | 無       | 0/4            | 6/6     |
|           | 有       | 0/4            | 0/12    |

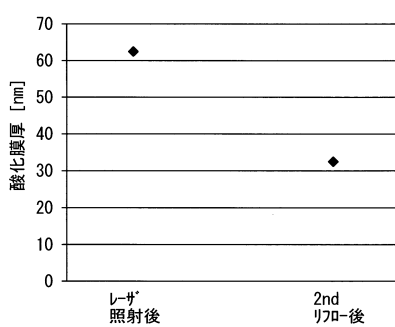
【図 11】

| レーザー密度 | 2.0 | 4.0 | 6.0 | 8.0 | 10.0 | 12.0 | 14.0 | 16.0 |
|--------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| 金属薄膜   |     |     |     |     |      |      |      |      |
| 電気Ni   | ×   | △   | △   | △   | △    | ○    | ○    | ○    |
| 無電解Ni  | ×   | ○   | ○   | ○   | ○    | ○    | ○    | ○    |

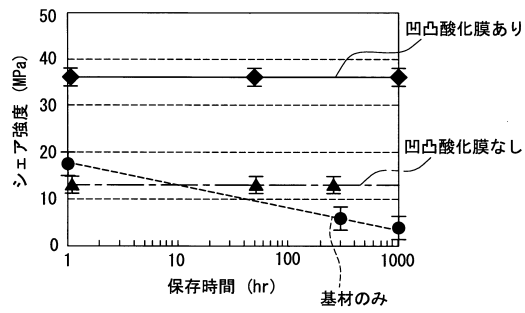
【図 12】



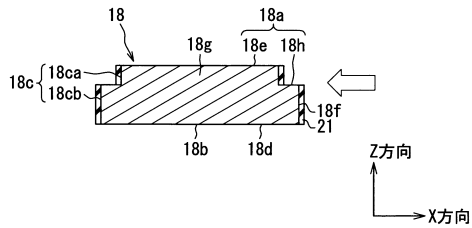
【図 13】



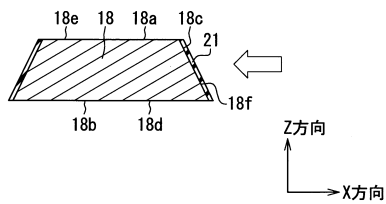
【図 14】



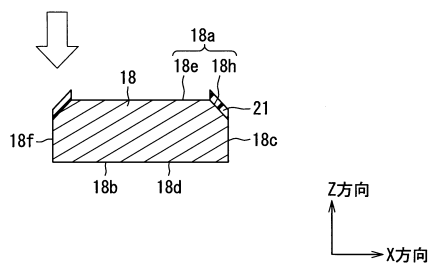
【図 15】



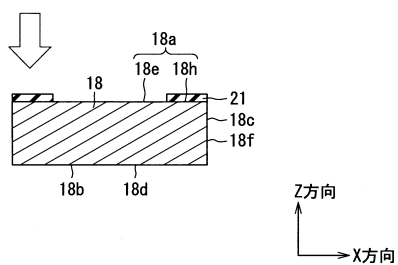
【図 16】



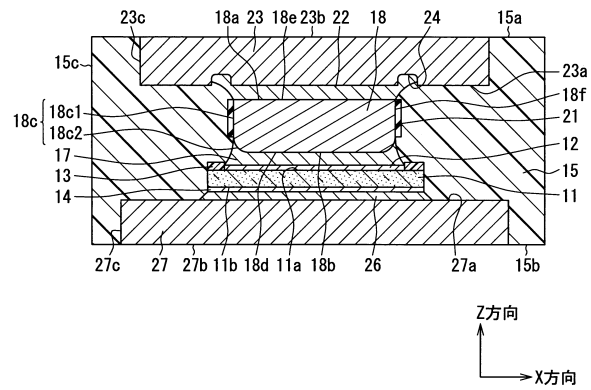
【図 19】



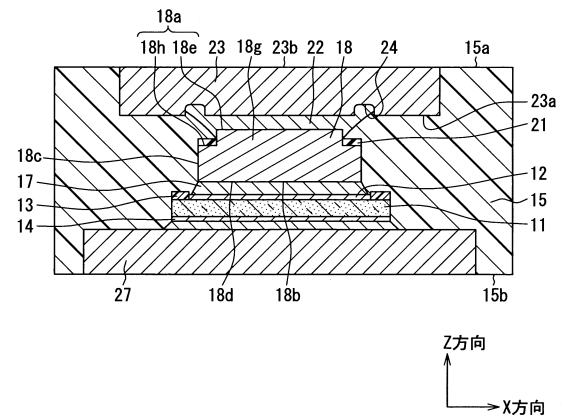
【図 20】



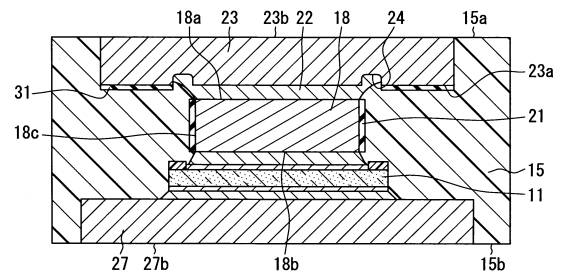
【図 17】



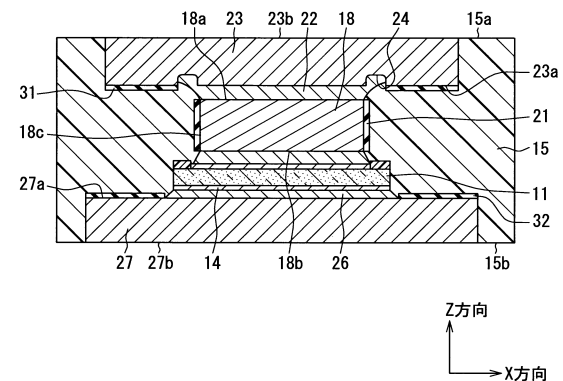
【図 18】



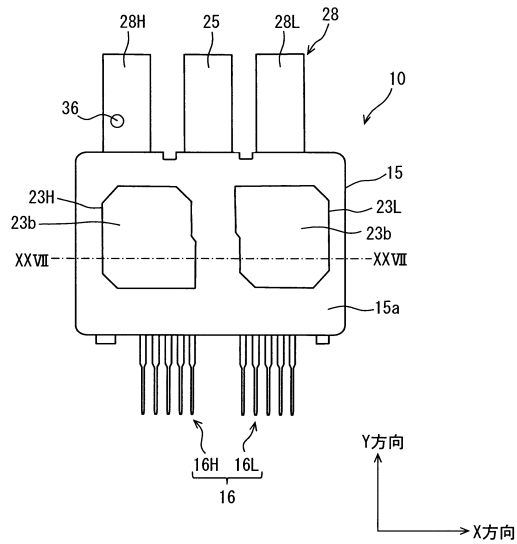
【図 21】



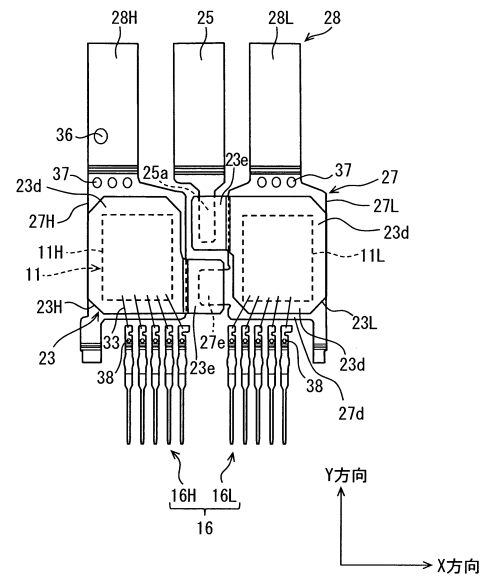
【図 22】



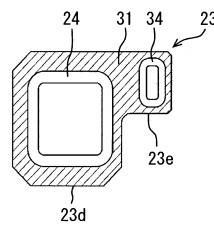
【图 2 3】



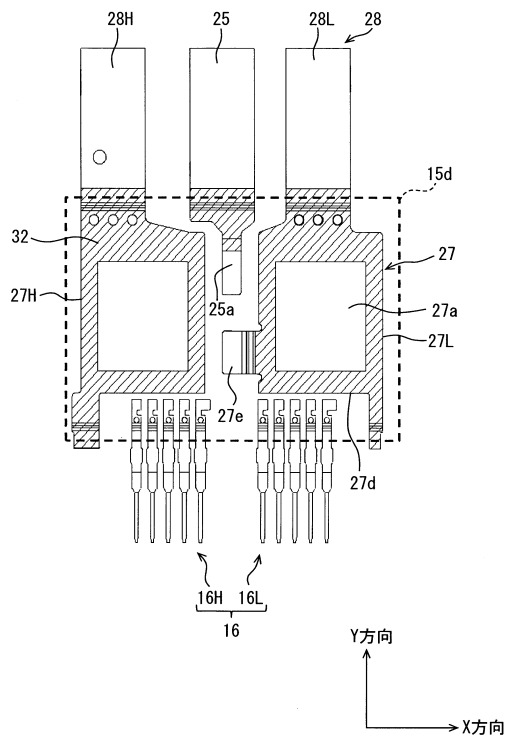
【図 24】



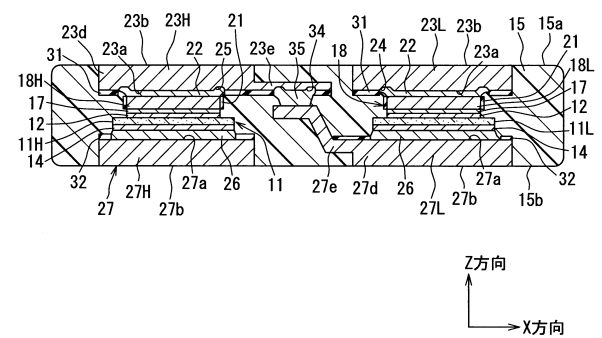
【图 25】



【图 2 6】



【図 27】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 神田 和輝  
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内
- (72)発明者 野村 英司  
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

審査官 豊島 洋介

- (56)参考文献 特開2003-188318 (JP, A)  
特開2013-247256 (JP, A)  
特開2005-136332 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L23/29  
23/34-23/36  
23/373-23/427  
23/44  
23/467-23/48  
25/00-25/07  
25/10-25/11  
25/16-25/18