(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2016 年 6 月 16 日(16.06.2016)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2016/092791 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 23/48 (2006.01) *H01L 23/40* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2015/006035

(22) 国際出願日: 2015 年 12 月 4 日(04.12.2015)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2014-250186 2014 年 12 月 10 日(10.12.2014) JP
特願 2015-099403 2015 年 5 月 14 日(14.05.2015) JP
特願 2015-223330 2015 年 11 月 13 日(13.11.2015) JP

(71) 出願人: 株式会社デンソー(DENSO CORPORATION) [JP/JP]; 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町１丁目１番地 Aichi (JP).

(72) 発明者: 林 英二(HAYASHI, Eiji); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町１丁目１番地株式会社デンソー内 Aichi (JP). 小林 渉(KOBAYASHI, Wataru); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町１丁目１番地株式会社デンソー内 Aichi (JP). 野村 英司(NOMURA, Eiji); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町１丁目１番地株式会社デンソー内 Aichi (JP). 神田 和輝(KOUDA, Kazuki); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町１丁目１番地株式会社デンソー内 Aichi (JP).

(74) 代理人: 金 順姫(KIN, Junhi); 〒4600003 愛知県名古屋市中区錦２丁目１３番１９号 瀧定ビル６階 Aichi (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

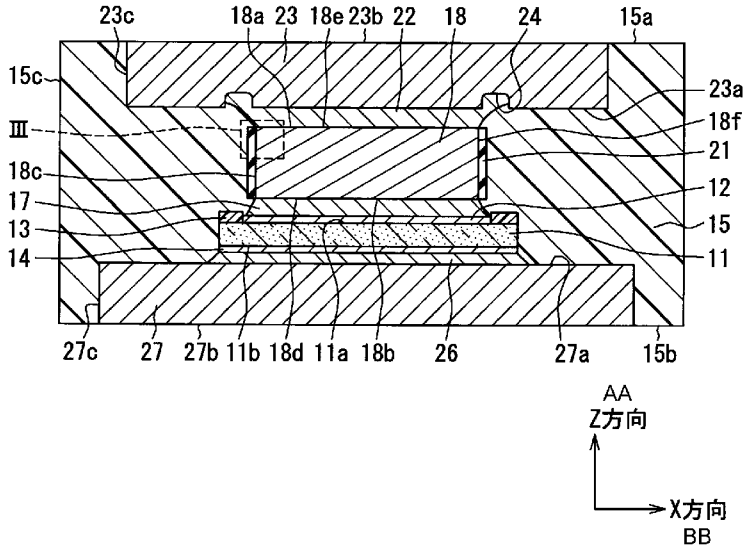
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

(54) **Title**: SEMICONDUCTOR DEVICE AND METHOD FOR MANUFACTURING SAME

(54) 発明の名称 : 半導体装置およびその製造方法



AA Z direction
BB X direction

(57) **Abstract**: This semiconductor device is provided with: a semiconductor chip (11, 11H, 11L) having an electrode (12) on one surface (11a); a first conductive member (23, 23H, 23L) on the one surface side of the semiconductor chip; a metal member (18, 18H, 18L), which has a base material (19a) and a film (19b), and is disposed between the semiconductor chip and the first conductive member; a first solder (17) between the metal member and the electrode of the semiconductor chip; and a second solder (22) between the metal member and the first conductive member. The film has, on the front surface of the base material, a metal thin film (20) and a recessed and protruding oxide film (21, 31, 32). The recessed and protruding oxide film is disposed on the metal thin film in a part of a connection region (18f) that connects to each other a first connection region (18d) having the first solder connected thereto, and a second connection region (18e) having the second solder connected thereto, said part being a part of the front surface of the metal member.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2016/092791 A1

半導体装置は、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の第１導電部材（２３，２３Ｈ，２３Ｌ）と、基材（１９ａ）と皮膜（１９ｂ）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の第１はんだ（１７）と、前記金属部材と前記第１導電部材の間の第２はんだ（２２）とを備える。前記皮膜が、前記基材の表面上の金属薄膜（２０）と凹凸酸化膜（２１，３１，３２）とを有する。前記凹凸酸化膜は、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）の一部において、前記金属薄膜上に配置されている。

明　細　書

発明の名称 ： 半導体装置およびその製造方法

関連出願の相互参照

[0001] 本出願は、２０１４年１２月１０日に出願された日本特許出願番号２０１４－２５０１８６号および２０１５年５月１４日に出願された日本特許出願番号２０１５－９９４０３号および２０１５年１１月１３日に出願された日本特許出願番号２０１５－２２３３３０号に基づくもので、ここにその記載内容を援用する。

技術分野

[0002] 本開示は、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ものである。

背景技術

[0003] 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（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。

[0004] 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。

[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] また、第１はんだと電極とのなす角度が鈍角の場合、鋭角に較べて、熱応力が大きくなることが知られている。たとえば第２はんだが第１はんだ側に流れ込み、第１はんだの量が増えると、熱応力により、電極にクラックが生じる虞がある。

[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。

先行技術文献

特許文献

[0009] 特許文献1：特開２００７－１０３９０９号公報

発明の概要

[0010] 本開示は、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。

[0011] 本開示の第一の態様において、半導体装置は、一面に電極を有する半導体チップと、前記半導体チップの一面側に配置された第１導電部材と、金属材料を用いて形成された基材と、前記基材の表面に形成された皮膜と、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はんだと、を備える。前記皮膜が、前記基材の表面に形成された金属薄膜と、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と、を有する。前記凹凸酸化膜は、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接続領域と前記第２はんだが接続される第２接続領域とをつなぐつなぎ領域の少なくとも一部において、前記金属薄膜上に配置されている。

[0012] 上記の半導体装置によれば、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。

[0013] 代案として、前記凹凸酸化膜は、前記金属薄膜の表面へのレーザ光照射膜であってもよい。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。

[0014] 本開示の第二の態様において、一面に電極を有する半導体チップと、前記半導体チップの一面側に配置された第１導電部材と、金属材料を用いて形成された基材と、前記基材の表面に形成された皮膜と、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と、を有する半導体装置の製造方法は、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光を照射して、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接続領域と前記第２はんだが接続される第２接続領域とをつなぐつなぎ領域の少なくとも一部に、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し、前記第２はんだにより前記金属部材と前記第１導電部材とを接続することを有する。

[0015] 上記の半導体装置の製造方法において、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、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

[0016] 本開示についての上記目的およびその他の目的、特徴や利点は、添付の図面を参照しながら下記の詳細な記述により、より明確になる。その図面は、

[図1]図１は、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り、

[図2]図２は、図１のII-II線に沿う断面図であり、

[図3]図３は、図２に破線で示す領域IIIを拡大した断面図であり、

[図4]図４は、凹凸酸化膜の形成方法を示す平面図であり、

[図5]図５は、図４の領域Vを拡大した平面図であり、

[図6]図６は、第２はんだのリフロー直前を示す断面図であり、

[図7]図７は、第２はんだのリフロー時を示す断面図であり、

[図8]図８は、第１変形例を示す断面図であり、

[図9]図９は、実施例１の結果を示す図であり、

[図10]図１０は、実施例２の結果を示す図であり、

[図11]図１１は、実施例３の結果を示す図であり、

[図12]図１２は、実施例４の結果を示す図であり、

[図13]図１３は、実施例５の結果を示す図であり、

[図14]図１４は、実施例６の結果を示す図であり、

[図15]図１５は、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り、

[図16]図１６は、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り、

[図17]図１７は、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り、

[図18]図１８は、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り、

[図19]図１９は、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り、

[図20]図２０は、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り、

[図21]図２１は、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り、

[図22]図２２は、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り、

[図23]図２３は、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り、

[図24]図２４は、半導体装置において、封止樹脂体を省略した平面図であり、

[図25]図２５は、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り、

[図26]図２６は、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り、

[図27]図２７は、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

[0017] 以下、本開示の実施の形態を、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。

[0018] （第１実施形態）

先ず、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。

[0019] 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１ｉｎ１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。

[0020] 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。

[0021] 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、「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。

[0022] 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、「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。

[0023] 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。

[0024] 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が電気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。

[0025] 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、「金属部材」に相当する。

[0026] 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。

[0027] 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。

[0028] 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。

[0029] 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。

[0030] 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。

[0031] 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、５μｍ～３００μｍとなっている。また、凹部２０ａの深さは、０．５μｍ～５μｍとなっている。

[0032] なお、凹部２０ａの深さが０．５μｍ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５μｍ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。

[0033] 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。

[0034] 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の一部分が、凹凸酸化膜２１を提供しているとも言える。

[0035] 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Ni_2O_3、１０％が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、１０ｎｍ～数百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１ｎｍ～３００ｎｍ、凸部２１ａ間の平均間隔が１ｎｍ～３００ｎｍとなっている。

[0036] 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、「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。

[0037] 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とを電気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る材料を用いて形成されている。たとえば、Ｃｕ、Ｃｕ合金、ＡＩ合金などの熱伝導性及び電気伝導性に優れる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。

[0038] 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。

[0039] 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。

[0040] 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２

５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と電気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。

[0041] 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、「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とを電気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。

[0042] 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。

[0043] 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と電気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。

[0044] 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。

[0045] 先ず、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。

[0046] ターミナル１８の準備工程では、先ず、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。

[0047] 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^{2}より大きく１００Ｊ／ｃｍ^{2}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_4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^{2}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^{2}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、パルスフルーエンスとも称される。

[0048] 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。

[0049] 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。

[0050] 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。

[0051] 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。

[0052] 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。

[0053] 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。

[0054] 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。

[0055] 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１００Ｊ／ｃｍ^{2}よりも大きい１５０Ｊ／ｃｍ^{2}や、３００Ｊ／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。

[0056] 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。

[0057] 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。

[0058] 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。

[0059] 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。

[0060] 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。

[0061] 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。

[0062] 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。

[0063] 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。

[0064] 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。

[0065] 次に、上記した半導体装置１０の効果について説明する。

[0066] 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。

[0067] 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。

[0068] 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。

[0069] 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。

[0070] 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。

[0071] 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。

[0072] 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。

[0073] 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。

[0074] （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１２Ｊ／ｃｍ^{2}でレーザ光を照射することで形成された凹凸酸化膜２１を用いた。

[0075] 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。

[0076] 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] 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。

[0078] （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６Ｊ／ｃｍ^{2}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。

[0079] 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。

[0080] 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。

[0081] 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を形成し、且つ、凹凸酸化膜２１ありの場合、材料公差Ｔｙｐでは４回中１回もブリッジが生じず、材料公差ｍａｘの場合にも、１２回中１回もブリッジが生じなかった。

[0082] 以上により、無電解Ｎｉ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。

[0083] （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１８ｃ全面にレーザ光を照射した。また、第２はんだ２２として、Ｎｉボール入りの厚さ０．１ｍｍのＳｎＣｕＮｉＰを用いた。

[0084] 図１１に示すように、電気Ｎｉ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２Ｊ／ｃｍ^{2}では、加工面である側面１８ｃ全面にはんだ１７，２２の濡れ拡がりが確認された。４～１０Ｊ／ｃｍ^{2}では、側面１８ｃの一部にはんだ１７，２２の濡れ拡がりが確認された。１２Ｊ／ｃｍ^{2}以上では

、側面１８ｃにはんだ１７，２２が濡れ拡がらなかった。

[0085] 一方、無電解Ｎｉ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２Ｊ／ｃｍ^{2}では、側面１８ｃ全面にはんだ１７，２２の濡れ拡がりが確認された。しかしながら、４Ｊ／ｃｍ^{2}以上では、側面１８ｃにはんだ１７，２２が濡れ拡がらなかった。なお、２Ｊ／ｃｍ^{2}では、図５に示した鱗状のレーザ照射痕（凹部２０ａ）がほとんど見えず、４Ｊ／ｃｍ^{2}以上では、鱗状のレーザ照射痕（凹部２０ａ）が確認できた。

[0086] 以上により、無電解Ｎｉ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Ｎｉめっきにより形成された金属薄膜２０の場合、無電解Ｎｉめっきよりはエネルギーが高いものの、１００Ｊ／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。

[0087] （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Ｎｉめっきにより形成された金属薄膜２０を実線、電気Ｎｉ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。

[0088] 図１２に示すように、無電解Ｎｉ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、４Ｊ／ｃｍ^{2}で酸化膜厚が約１１ｎｍ、１０Ｊ／ｃｍ^{2}で酸化膜厚が約１０８ｎｍであった。

[0089] 一方、電気Ｎｉ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、２Ｊ／ｃｍ^2

で酸化膜厚が約５ｎｍ、１０Ｊ／ｃｍ^{2}で酸化膜厚が約６０ｎｍであった。

[0090] 以上により、レーザ光の照射条件が同じであれば、無電解Ｎｉめっきにより形成された金属薄膜２０のほうが、電気Ｎｉめっきにより形成された金属薄膜２０よりも、凹凸酸化膜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。

[0091] （実施例５）

本発明者は、レーザ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７Ｊ／ｃｍ^{2}でレーザ光を照射し、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。

[0092] 図１３に示すように、レーザ光照射後の酸化膜厚は、約６２ｎｍであった。これに対し、２ｎｄリフロー後の酸化膜厚は、約３３ｎｍであった。すなわち、還元雰囲気でリフローを実施することにより、約３０ｎｍ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。

[0093] 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。

[0094] 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１２Ｊ／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光で凹凸酸化膜２１の膜厚を厚くすることができる。

[0095] （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、１２Ｊ／ｃｍ^{2}でレーザ光を照射し、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３．５７ｍｍ、上面の直径２．８５ｍｍ、高さ３．１３ｍｍの円錐台形状とした。そして、せん断スピード５０μｍ／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。

[0096] 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。

[0097] 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に較べて遅い。このため、図１４に示すように、シェア強度の経時低下が、Ｃｕに較べて小さいと考えられる。

[0098] 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がない場合に較べて、シェア強度が高いと考えられる。

[0099] 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。

[0100] （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。

[0101] 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。

[0102] 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。

[0103] 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。

[0104] 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。

[0105] 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。

[0106] （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。

[0107] 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。

[0108] 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。

[0109] 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。

[0110] 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。

[0111] 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。

[0112] （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。

[0113] 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が形成される点を特徴とする。

[0114] 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。

[0115] 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。

[0116] 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。

[0117] 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。

[0118] 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。

[0119] 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。

[0120] 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。

[0121] （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。

[0122] 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。

[0123] 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。

[0124] 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、凹凸酸化膜３１により、第２はんだ２２を第２はんだ２２の接続領域に留めることができる。たとえば、第２はんだ２２の量が多くても、溝２４より外側に第２はんだ２２が溢れるのを抑制することができる。

[0125] なお、溝２４よりも外側の部分の全面に凹凸酸化膜３１を設けなくとも、第２はんだ２２を取り囲むように、溝２４に隣接して凹凸酸化膜３１を設けることで、第２はんだ２２が溝２４から外側に溢れるのを抑制することができる。また、溝２４を有さない第１ヒートシンク２３にも適用することができる。この場合も、第２はんだ２２を取り囲むように凹凸酸化膜３１を設けることで、凹凸酸化膜３１によって囲まれる領域内に、第２はんだ２２を留めることができる。

[0126] また、凹凸酸化膜３１を設けることで、封止樹脂体１５との接触面積が増える。また、封止樹脂体１５が凹凸酸化膜３１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２３と封止樹脂体１５との密着性を向上し、これにより封止樹脂体１５の剥離を抑制することができる。

[0127] 凹凸酸化膜２１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。

[0128] （第６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。

[0129] 本実施形態では、図２２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２ヒートシンク２７に形成された凹凸酸化膜３２を備える点を特徴とする。なお、図２２では、第５実施形態（図２１参照）に示した構成に凹凸酸化膜３２を加えた構成となっており、半導体装置１０が、凹凸酸化膜２１，３１，３２を備えている。

[0130] 凹凸酸化膜３２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２ヒートシンク２７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３２が形成されている。

[0131] 凹凸酸化膜３２は、第２ヒートシンク２７の対向面２７ａのうち、第３はんだ２６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２７ａのうち、第３はんだ２６が接続される領域を取り囲むように、第３はんだ２６の接続領域よりも外側の領域全面に凹凸酸化膜３２が形成されている。したがって、凹凸酸化膜３２により、第３はんだ２６を第３はんだ２６の接続領域に留めることができる。

[0132] なお、第２ヒートシンク２７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３２を設けることで、第３はんだ２６が溝から外側に溢れるのを抑制することができる。

[0133] また、凹凸酸化膜３２を設けることで、封止樹脂体１５との接触面積が増える。また、封止樹脂体１５が凹凸酸化膜３２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２７と封止樹脂体１５との密着性を向上し、これにより封止樹脂体１５の剥離を抑制することができる。

[0134] 凹凸酸化膜２１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。

[0135] （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。

[0136] 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。

[0137] 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。

[0138] 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が電気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が電気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。

[0139] 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。

[0140] 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。

[0141] 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。

[0142] 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。

[0143] 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。

[0144] 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。

[0145] 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。

[0146] 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。

[0147] 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。

[0148] 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。

[0149] 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。

[0150] 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２

８Ｌ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。

[0151] 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。

[0152] 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。

[0153] 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の一部分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である。

[0154] 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。

[0155] 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。

[0156] 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。

[0157] 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。

[0158] 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。

[0159] 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。

[0160] 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。

[0161] 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，２７
ｂ)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。

[0162] 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。

[0163] 本開示は、実施例に準拠して記述されたが、本開示は当該実施例や構造に限定されるものではないと理解される。本開示は、様々な変形例や均等範囲内の変形をも包含する。加えて、様々な組み合わせや形態、さらには、それらに一要素のみ、それ以上、あるいはそれ以下、を含む他の組み合わせや形態をも、本開示の範疇や思想範囲に入るものである。

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、前記金属薄膜上に配置されている半導体装置。

[請求項2] 前記凹凸酸化膜は、前記金属薄膜の表面へのレーザ光照射膜である請求項１に記載の半導体装置。

[請求項3] 前記金属薄膜は、Ｎｉを主成分に含む請求項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、めっき膜である請求項３に記載の半導体装置。

[請求項5] 前記金属薄膜は、無電解めっき膜である請求項４に記載の半導体装置。

[請求項6] 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、

前記凹凸酸化膜が前記外周領域に配置されている請求項１～５いずれか１項に記載の半導体装置。

[請求項7] 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請求項６に記載の半導体装置。

[請求項8] 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配置されている請求項１～７いずれか１項に記載の半導体装置。

[請求項9] 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配置されている請求項８に記載の半導体装置。

[請求項10] 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、前記側面のうちの前記第１側面部のみに配置されている請求項９に記載の半導体装置。

[請求項11] 前記凹凸酸化膜は、前記側面の全周にわたって配置されている請求項８～１０いずれか１項に記載の半導体装置。

[請求項12] 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）にも配置されてい

る請求項１～１１いずれか１項に記載の半導体装置。

[請求項13] 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、前記溝に隣接して配置されている請求項１２に記載の半導体装置。

[請求項14] 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、をさらに備える請求項１～１３いずれか１項に記載の半導体装置。

[請求項15] 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）にも配置されている請求項１４に記載の半導体装置。

[請求項16] 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

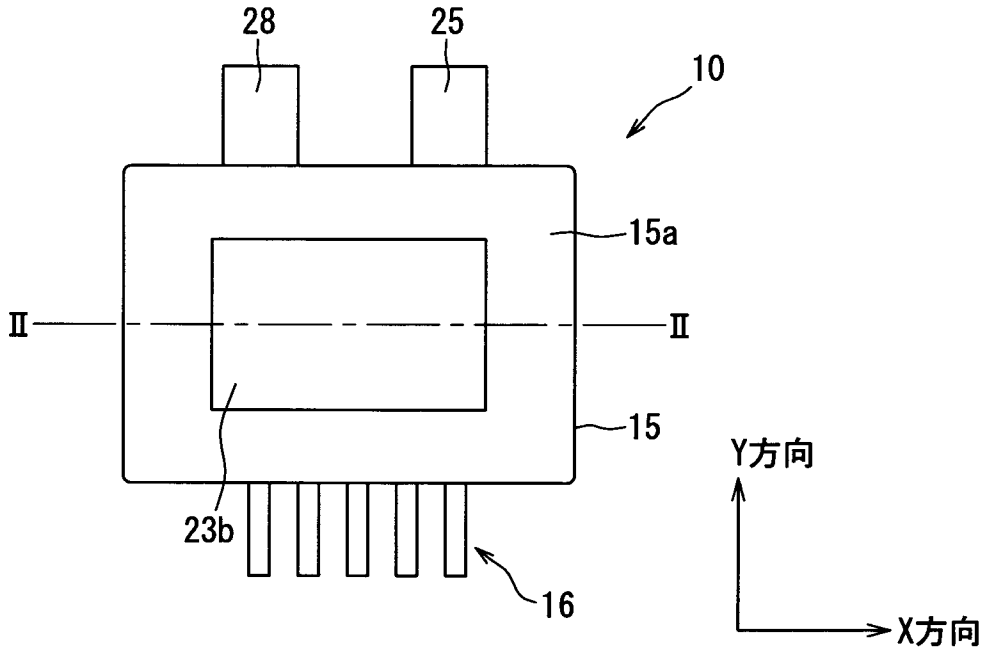
記金属薄膜上に形成され、前記金属薄膜の主成分の金属と同じ金属の酸化物であり、表面が連続して凹凸をなす凹凸酸化膜（２１，３１，３２）と、を有する半導体装置の製造方法であって、

前記金属薄膜が形成された前記基材を準備し、

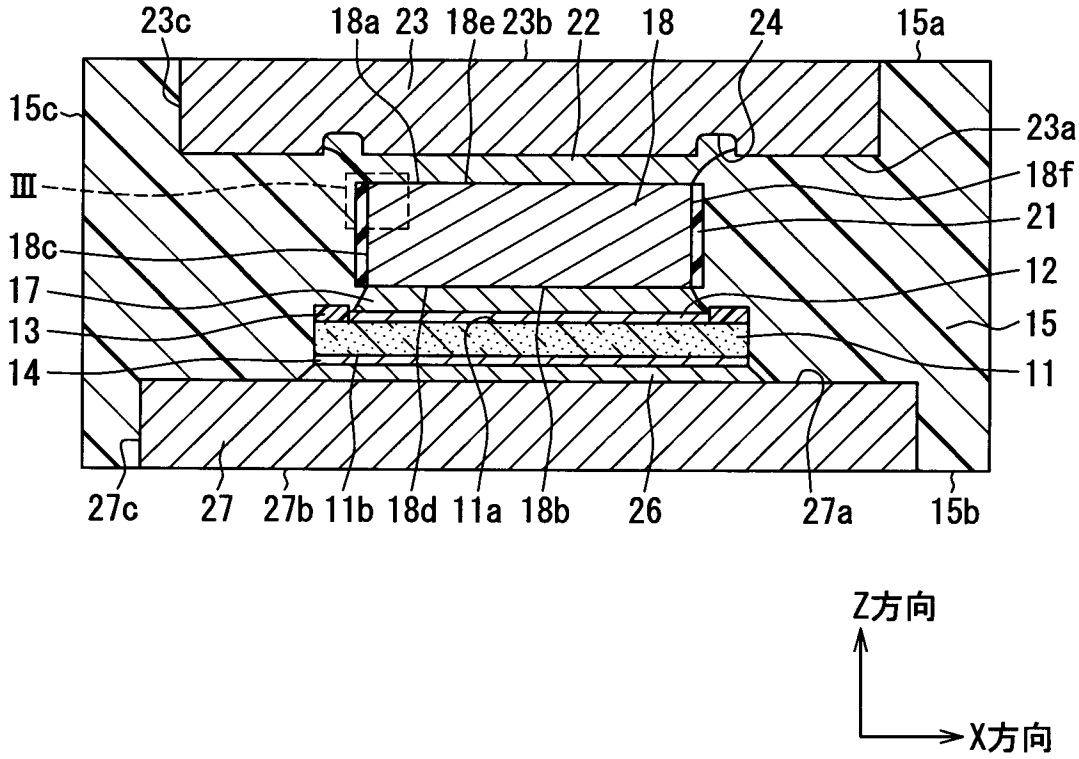
前記金属薄膜の表面にパルス発振のレーザ光を照射して、前記金属部材の表面のうち、前記第１はんだが接続される第１接続領域（１８ｄ）と前記第２はんだが接続される第２接続領域（１８ｅ）とをつなぐつなぎ領域（１８ｆ）の少なくとも一部に、前記凹凸酸化膜を形成し、

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し、前記第２はんだにより前記金属部材と前記第１導電部材とを接続する半導体装置の製造方法。

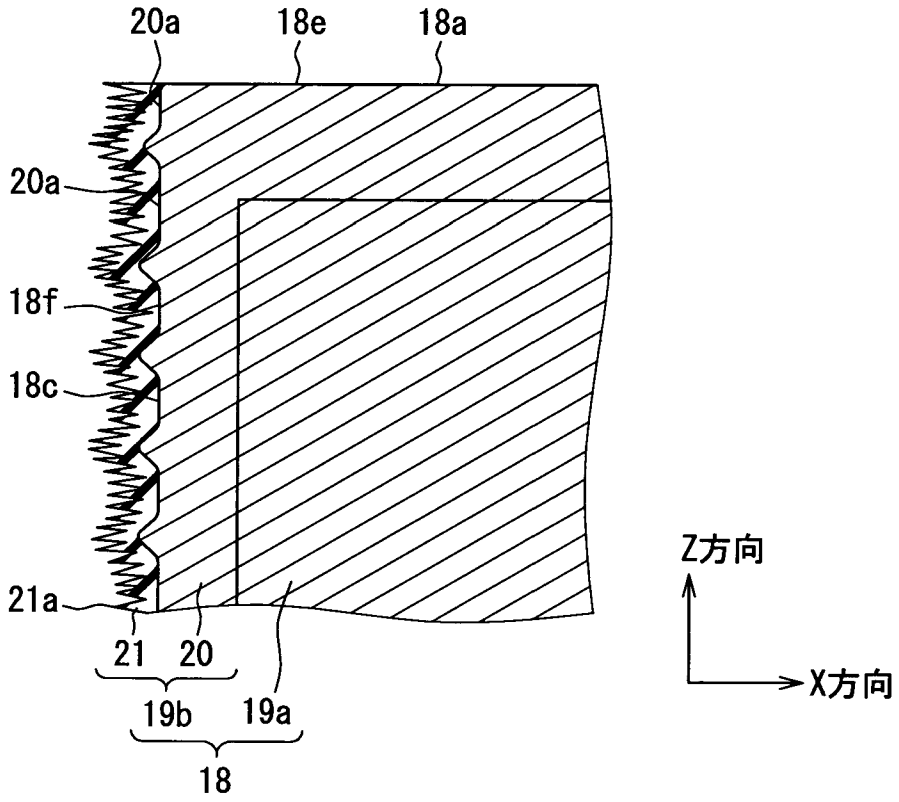
[図1]


28
25
10
15a
II
II
15
23b
16
Y方向
X方向

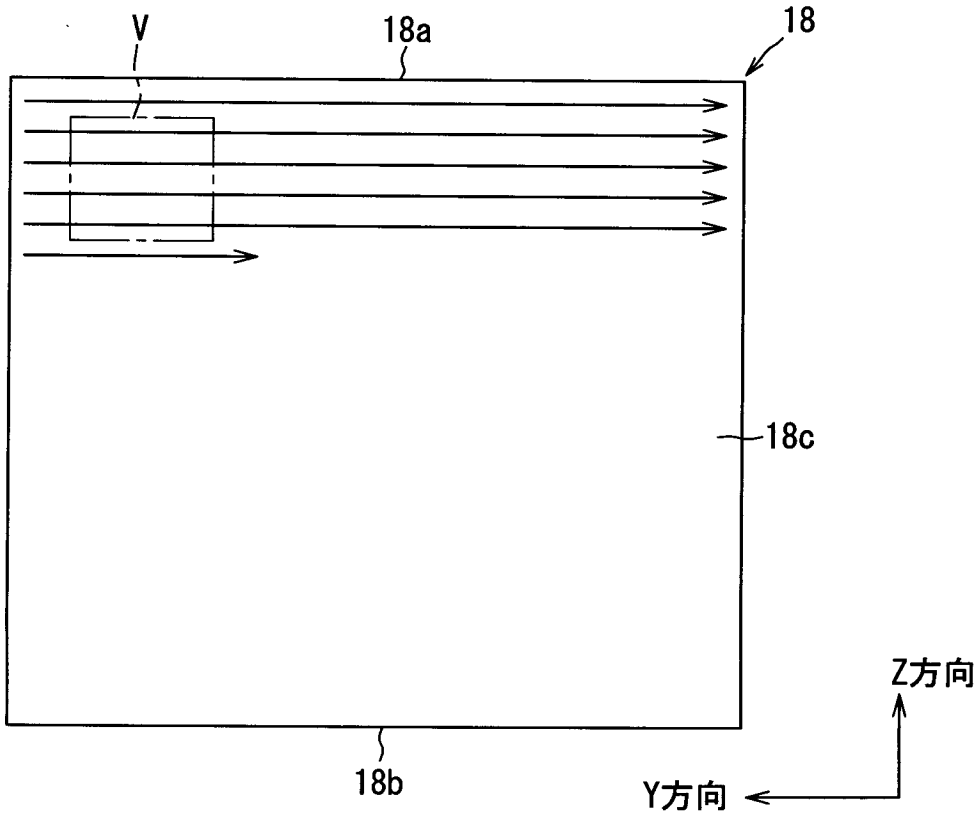
[図2]


23c
18a
23
18e
23b
22
18
24
15a
15c
III
18c
17
13
14
23a
18f
21
12
15
11
27c
27
27b
11b
18d
11a
18b
26
27a
15b
Z方向
X方向

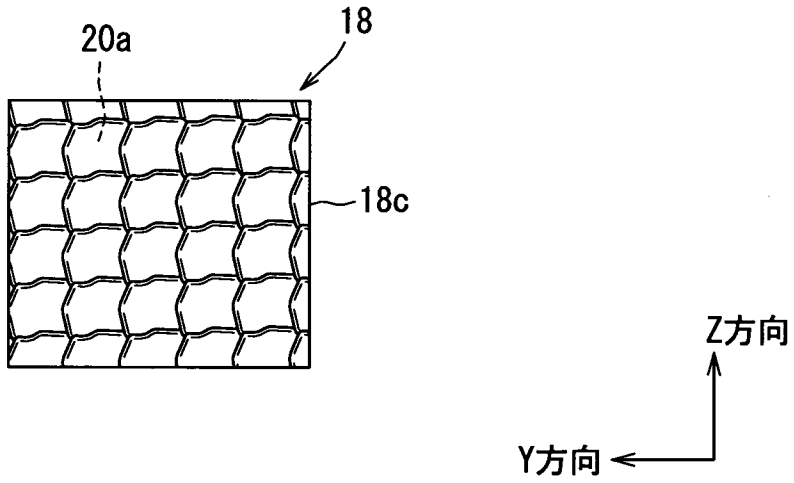
[図3]


20a
18e
18a
20a
18f
18c
21a
21
20
19b
19a
18
Z方向
X方向

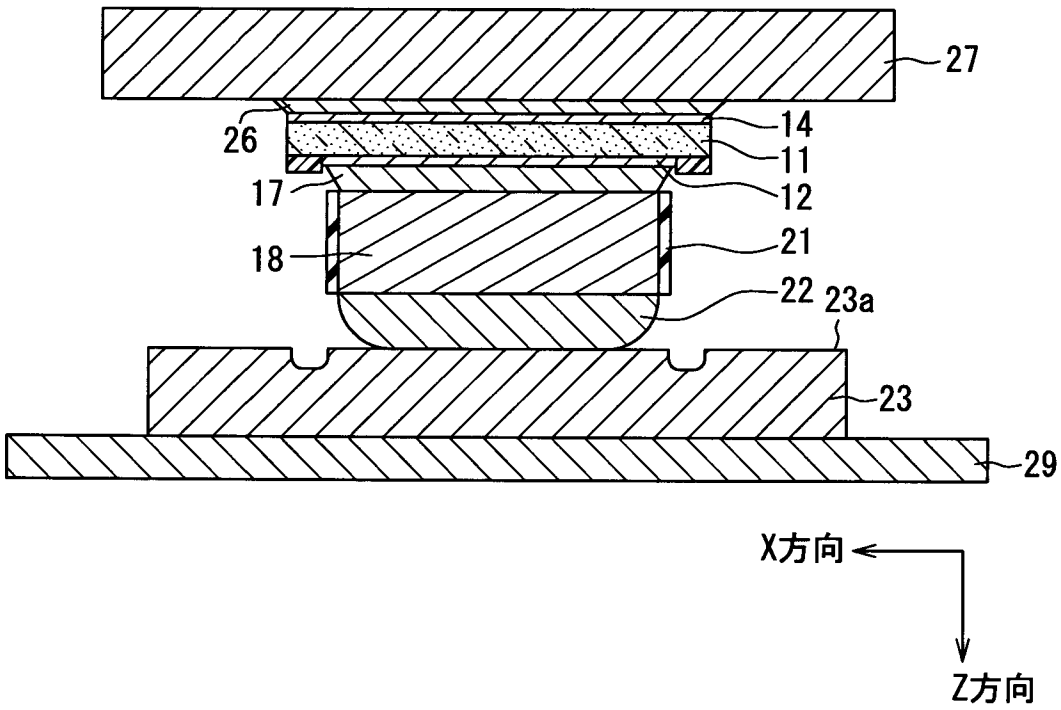
[図4]


V
18a
18
18c
18b
Z方向
Y方向

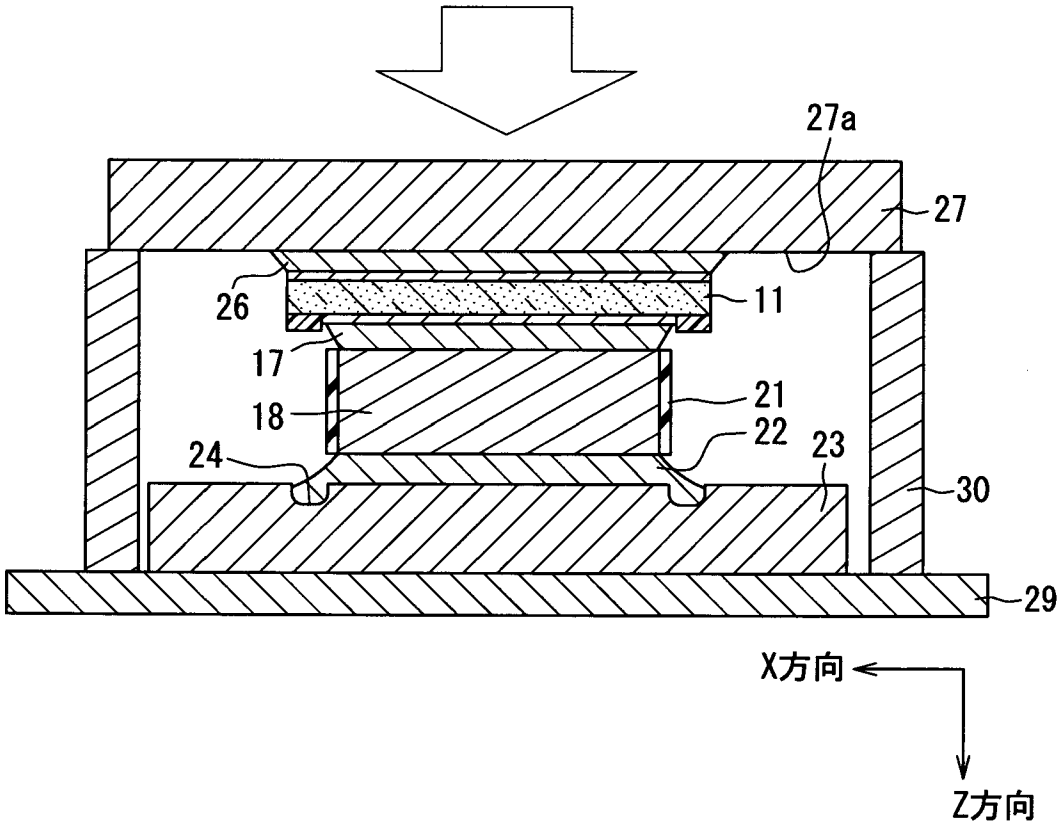
[図5]



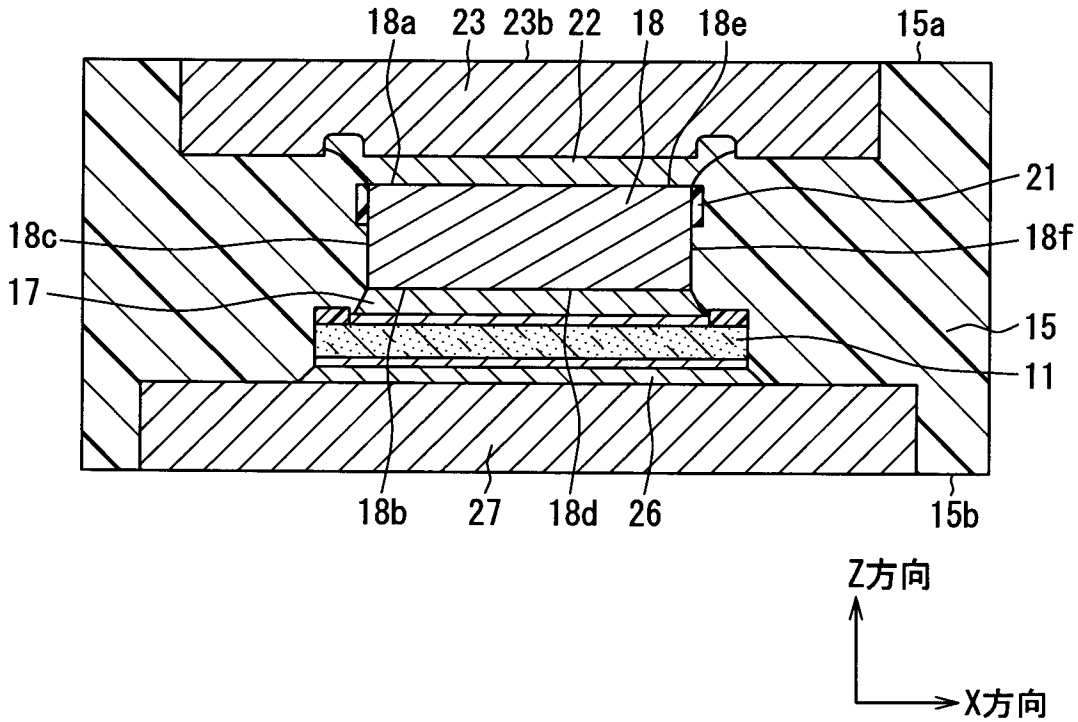
[図6]



[図7]


27a
27
26
11
17
21
18
22
23
24
30
29
X方向
Z方向

[図8]


18a
23
23b
22
18
18e
15a
21
18c
18f
17
15
11
18b
27
18d
26
15b
Z方向
X方向

[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	○	○

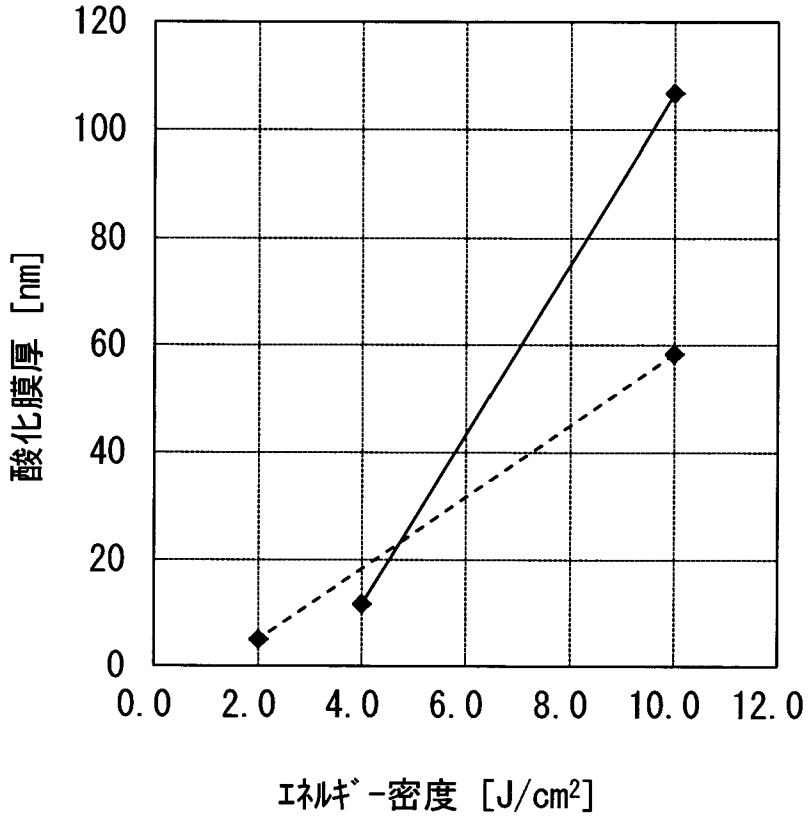
[図10]

		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

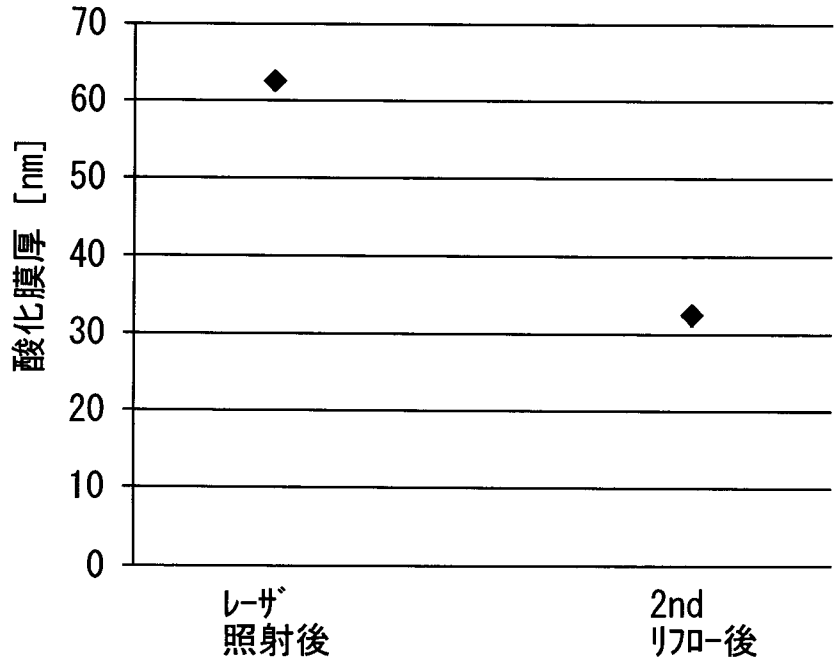
[図11]

エネルギー密度 / 金属薄膜	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0
電気Ni	×	△	△	△	△	○	○	○
無電解Ni	×	○	○	○	○	○	○	○

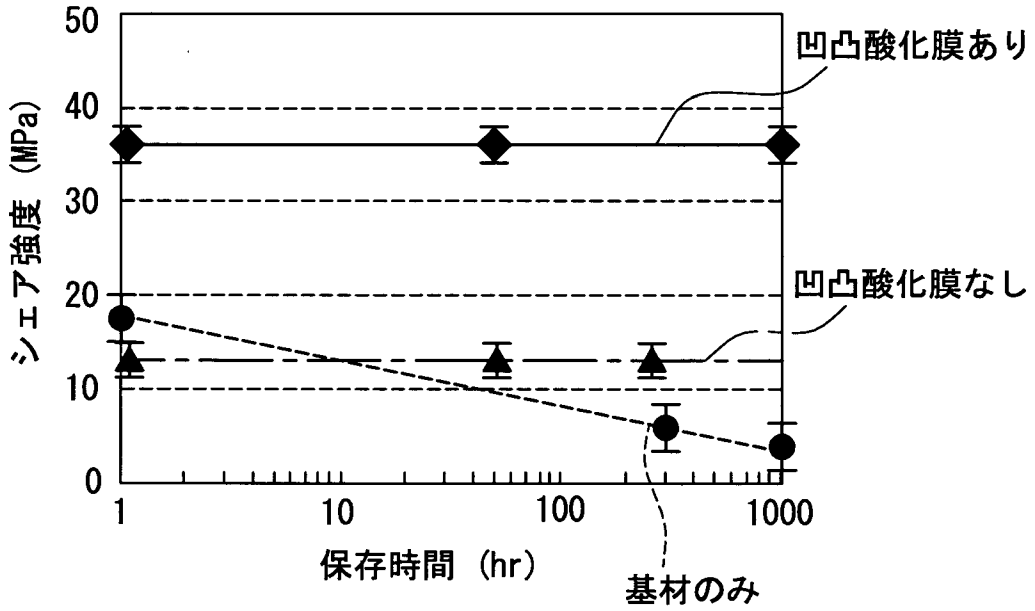
[図12]


120
100
80
60
40
20
0
酸化膜厚 [nm]
0.0
2.0
4.0
6.0
8.0
10.0
12.0
ｴﾈﾙｷﾞｰ密度 [J/cm2]

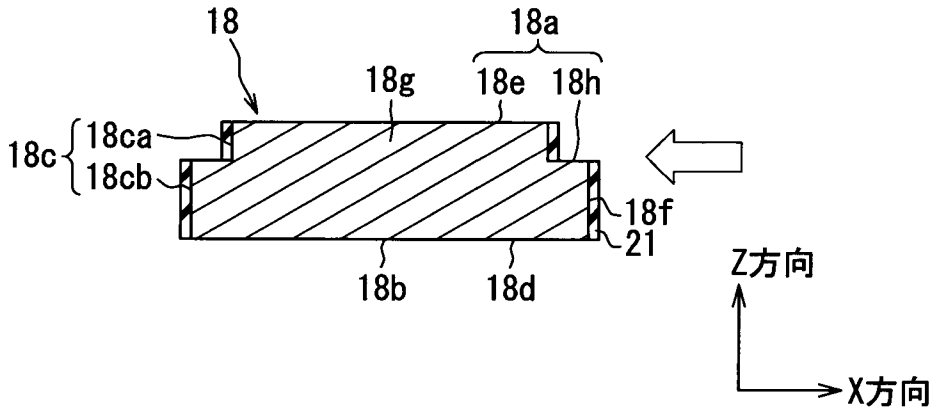
[図13]


70
60
50
40
30
20
10
0
酸化膜厚 [nm]
ﾚｰｻﾞ
照射後
2nd
ﾘﾌﾛｰ後

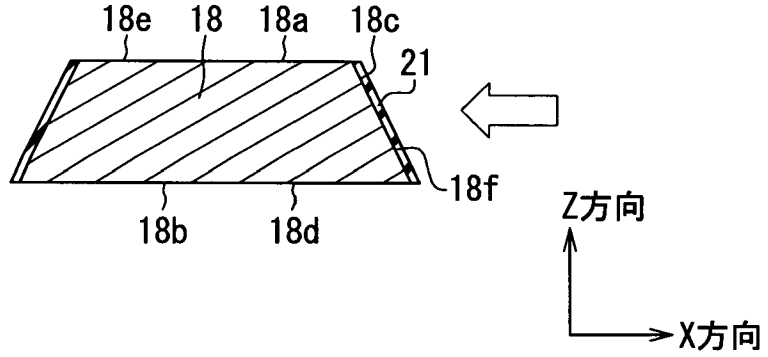
[図14]


50
40
30
20
10
0
シェア強度（MPa）
1
10
100
1000
保存時間（hr）
凹凸酸化膜あり
凹凸酸化膜なし
基材のみ

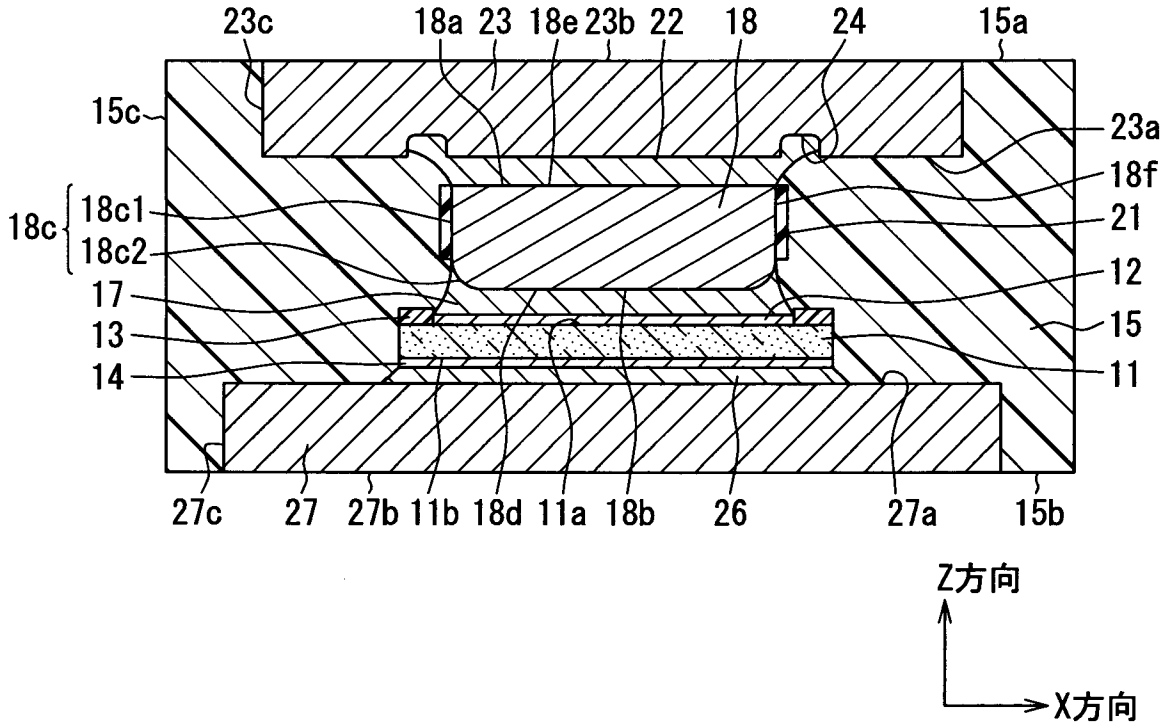
[図15]


18
18a
18g
18e
18h
18c
18ca
18cb
18f
21
18b
18d
Z方向
X方向

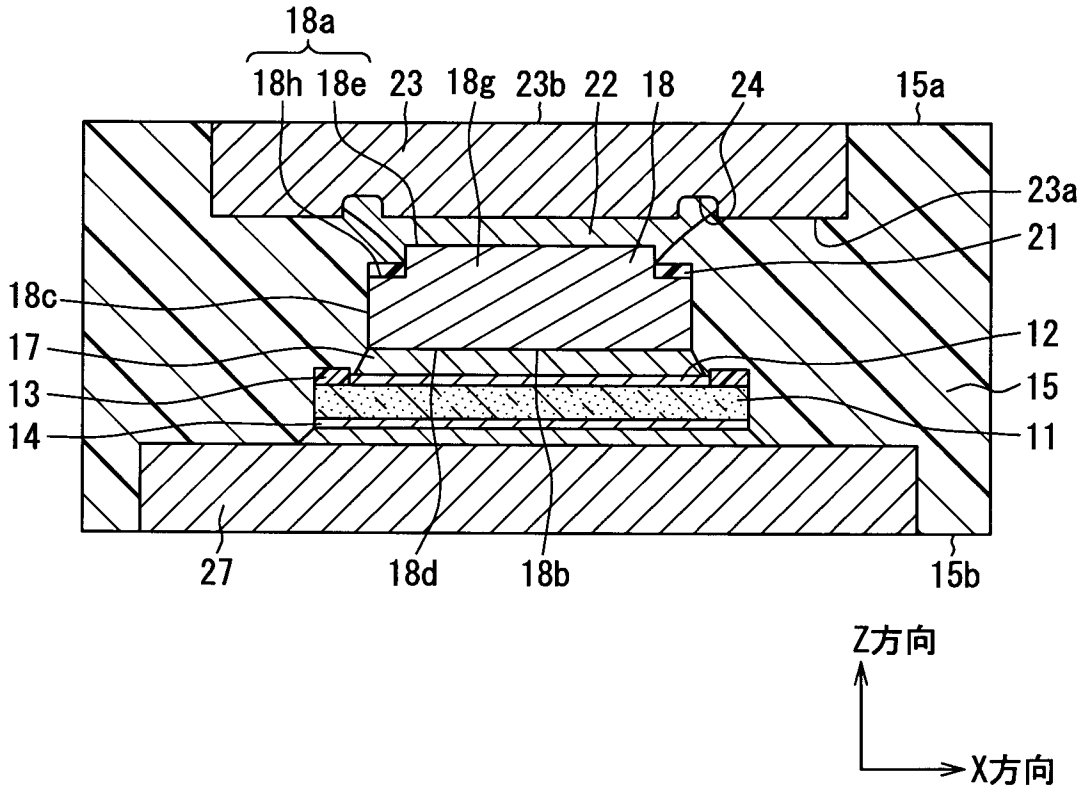
[図16]


18e
18
18a
18c
21
18f
18b
18d
Z方向
X方向

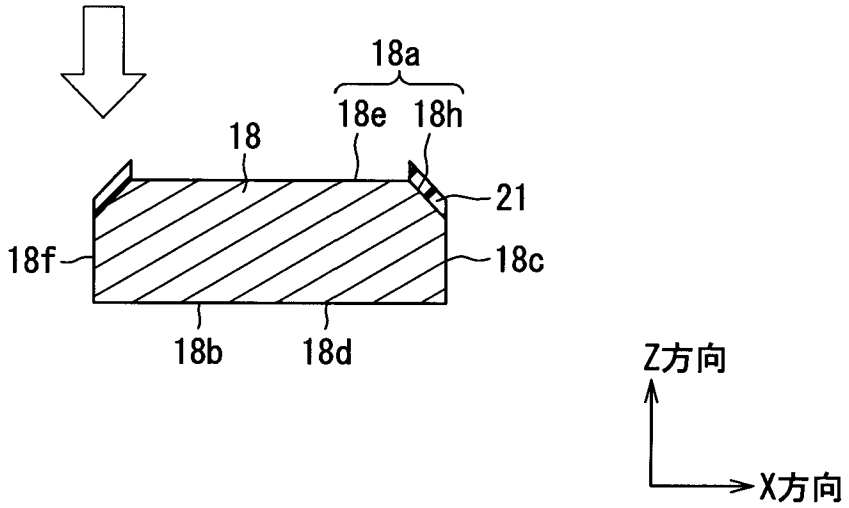
[図17]


23c
18a
23
18e
23b
22
18
24
15a
15c
23a
18f
18c
18c1
18c2
21
12
17
15
13
11
14
27c
27
27b
11b
18d
11a
18b
26
27a
15b
Z方向
X方向

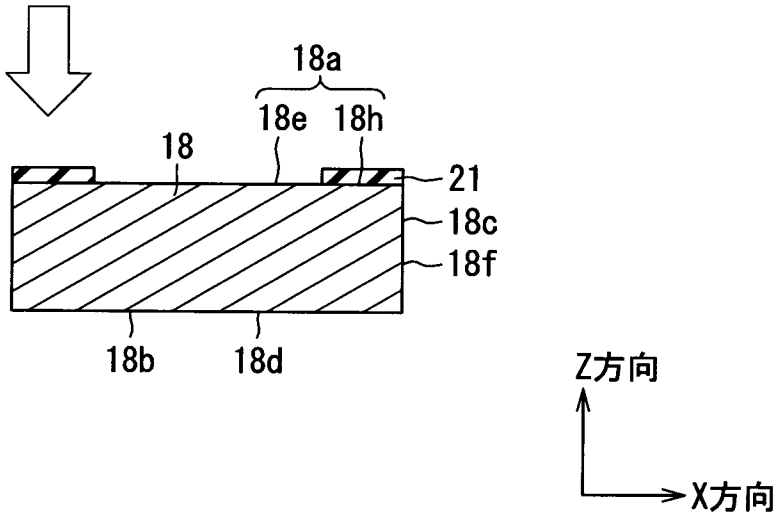
[図18]


18a
18h
18e
23
18g
23b
22
18
24
15a
23a
21
18c
12
17
15
13
11
14
27
18d
18b
15b
Z方向
X方向

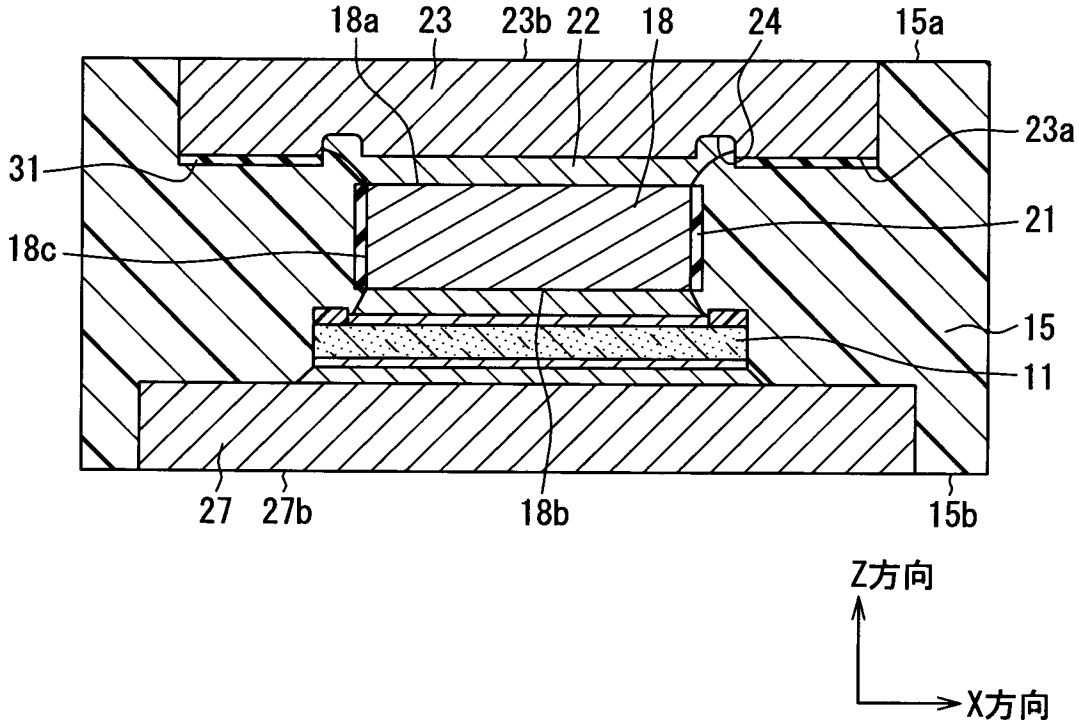
[図19]


18a
18e
18h
18
21
18f
18c
18b
18d
Z方向
X方向

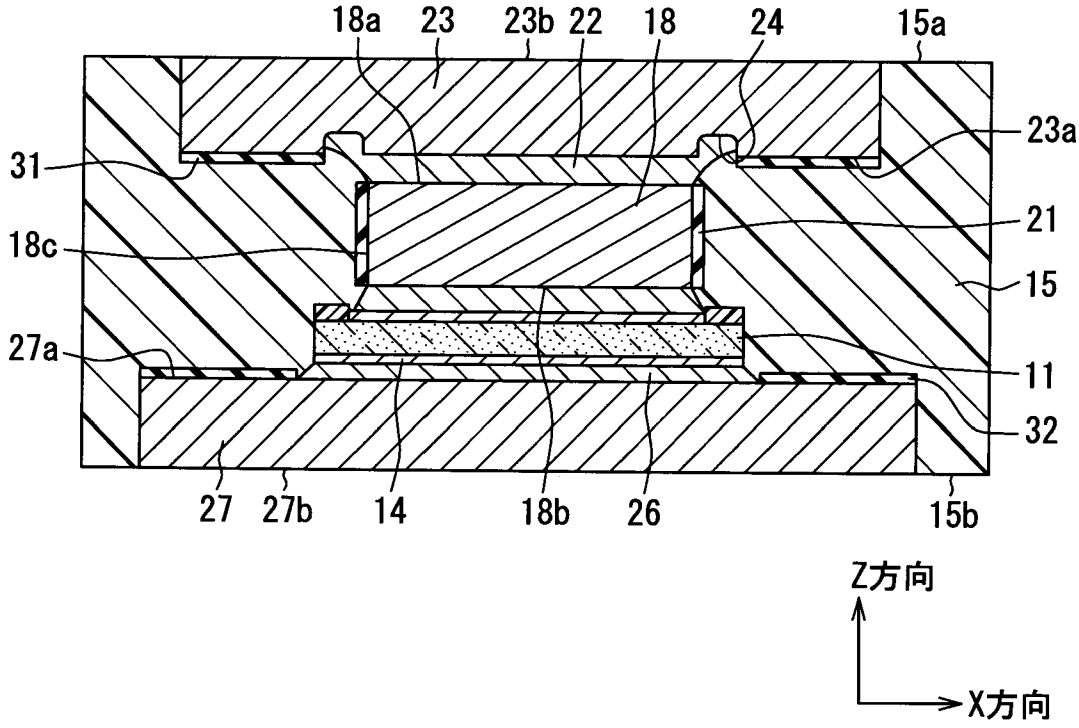
[図20]


18a
18e
18h
18
21
18c
18f
18b
18d
Z方向
X方向

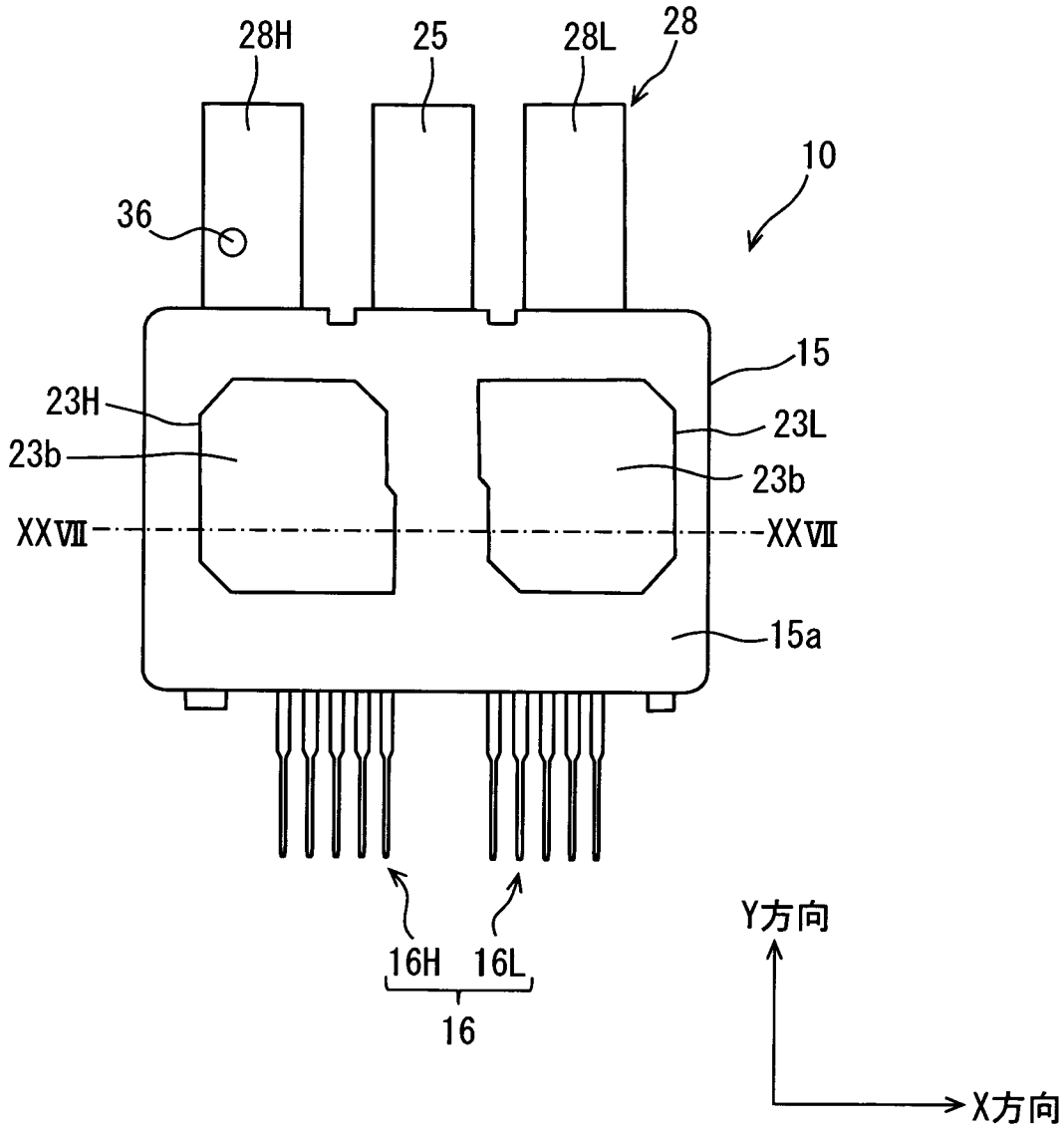
[図21]


18a
23
23b
22
18
24
15a
23a
31
21
18c
15
11
27
27b
18b
15b
Z方向
X方向

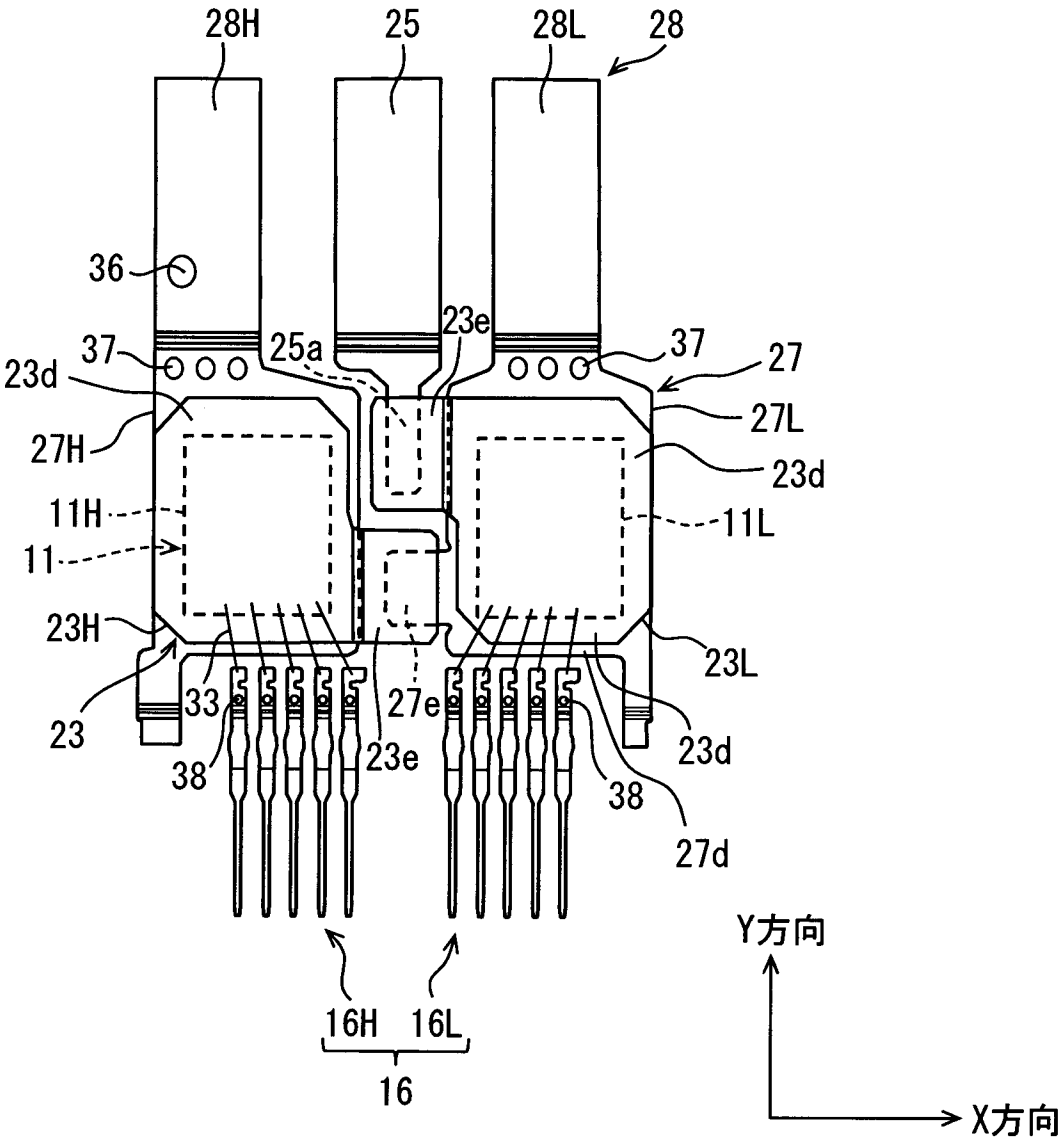
[図22]


18a
23
23b
22
18
24
15a
23a
31
21
18c
15
27a
11
32
27
27b
14
18b
26
15b
Z方向
X方向

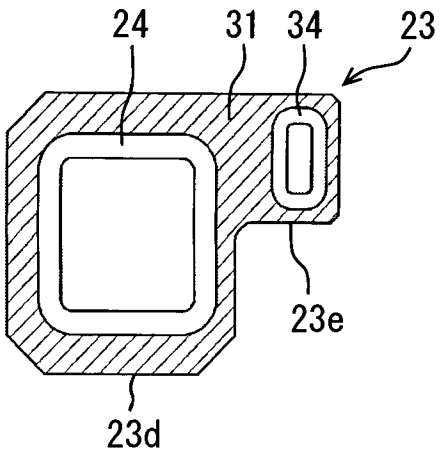
[図23]


28H
25
28L
28
10
36
15
23H
23L
23b
23b
XXVII
XXVII
15a
16H
16L
16
Y方向
X方向

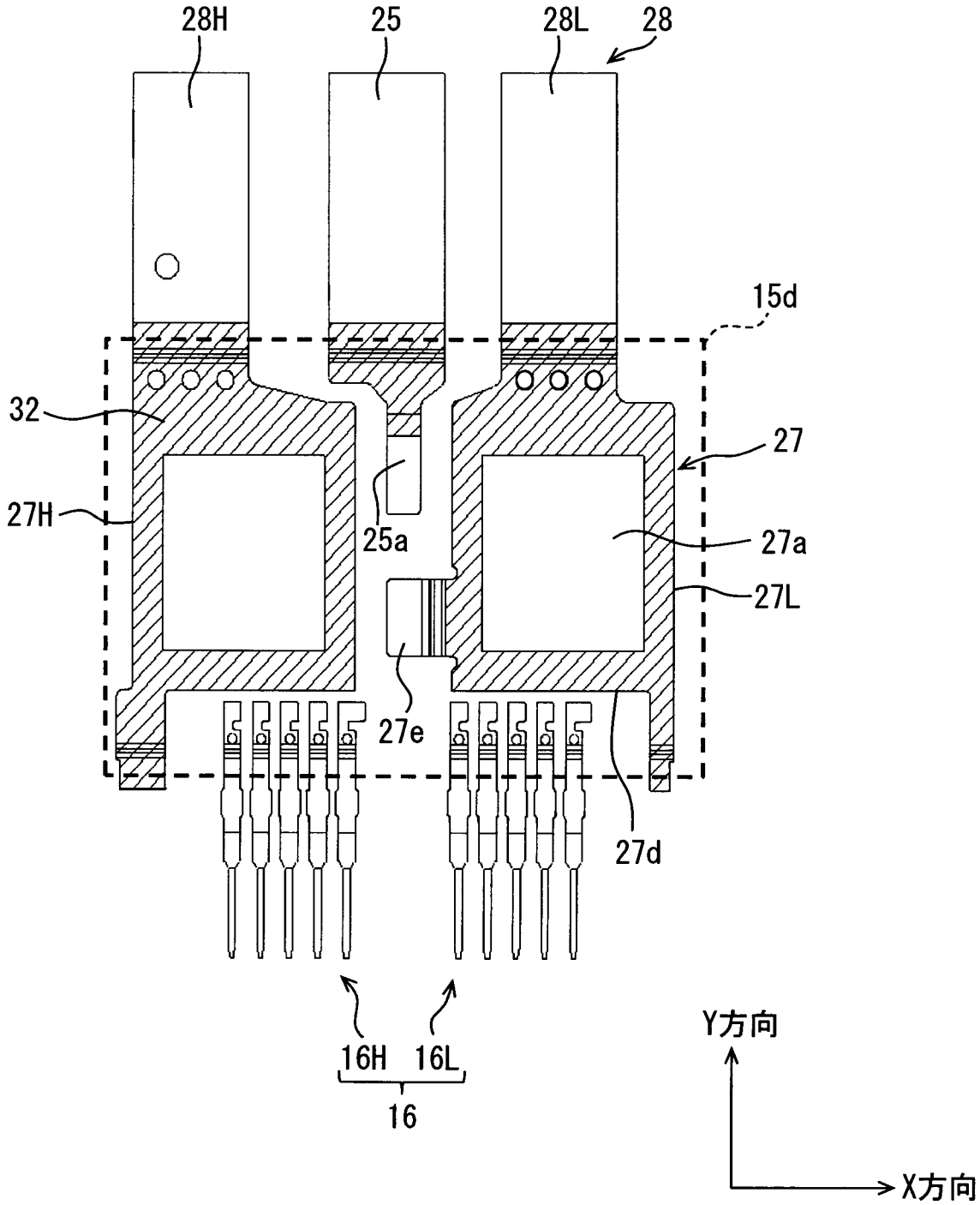
[図24]


28H
25
28L
28
36
37
25a
23e
37
27
23d
27H
27L
23d
11H
11
11L
23H
23L
23
33
27e
23e
38
23d
38
27d
16H
16L
16
Y方向
X方向

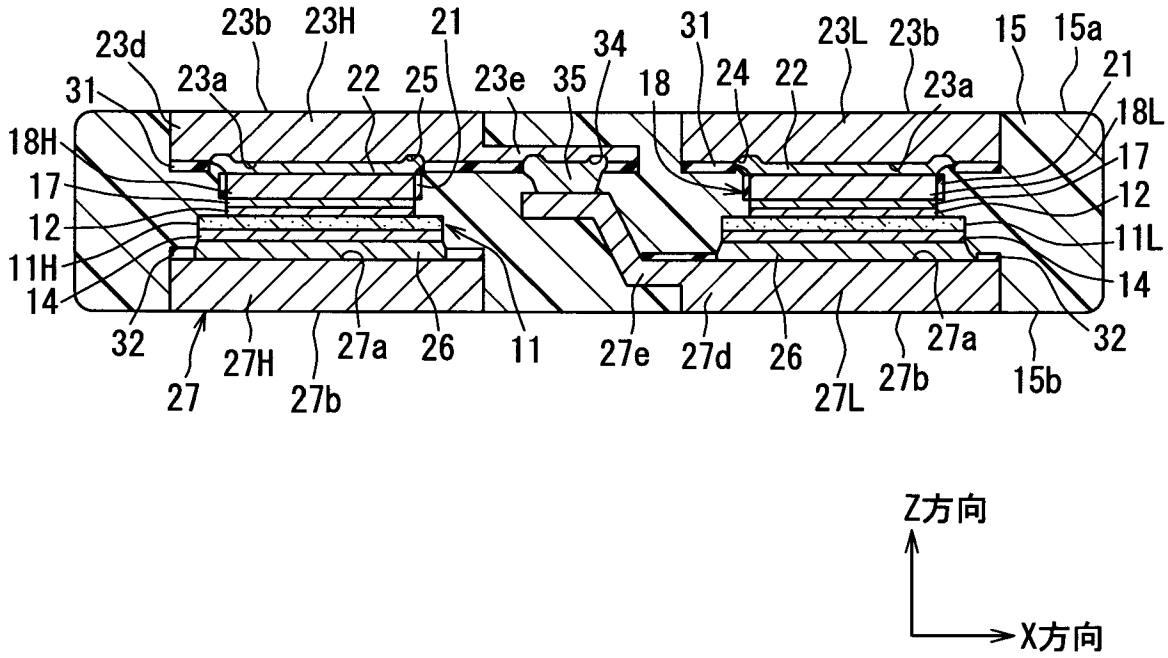
[図25]


24
31
34
23
23e
23d

[図26]



[図27]


23d
23b
23H
21
31
34
23L
23b
15
15a
21
31
23a
22
25
23e
35
18
24
22
23a
18L
18H
17
17
12
12
11H
11L
14
14
32
27
27H
27b
27a
26
11
27e
27d
26
27L
27b
27a
15b
32
Z方向
X方向

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2015/006035

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H01L23/48(2006.01)i, *H01L23/40*(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H01L23/48, H01L23/40

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2003-188318 A (Denso Corp.), 04 July 2003 (04.07.2003), paragraphs [0017] to [0022], [0037] to [0073], [0076]; fig. 1 to 3 & US 2003/0132530 A1 paragraphs [0014], [0030] to [0051], [0090], [0092]; fig. 3 to 5	1-9,11-16 10
Y	JP 2013-247256 A (Hitachi, Ltd.), 09 December 2013 (09.12.2013), paragraphs [0014] to [0020]; fig. 1 to 2 & US 2013/0313711 A1 paragraphs [0019] to [0025]; fig. 1 to 2 & EP 2669938 A2	1-9,11-16

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
05 February 2016 (05.02.16)	16 February 2016 (16.02.16)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3,Kasumigaseki,Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915,Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2015/006035

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2005-136332 A (Toyota Motor Corp.), 26 May 2005 (26.05.2005), paragraphs [0021] to [0030]; fig. 1 to 2 (Family: none)	13

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１５／００６０３５

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H01L23/48(2006.01)i, H01L23/40(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H01L23/48, H01L23/40

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１６年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１６年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１６年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y A	JP 2003-188318 A(株式会社デンソー) 2003.07.04, 段落[0017]-[0022],[0037]-[0073],[0076],図 1-3 & US 2003/0132530 A1,段落[0014],[0030]-[0051],[0090],[0092], 図 3-5	1-9,11-16 10
Y	JP 2013-247256 A(株式会社日立製作所) 2013.12.09, 段落[0014]-[0020],図 1-2 & US 2013/0313711 A1,段落[0019]-[0025],図 1-2 & EP 2669938 A2	1-9,11-16

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。　　☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
０５．０２．２０１６	１６．０２．２０１６

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　５Ｄ　９８５０
豊島　洋介
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３５５１

C（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y	JP 2005-136332 A(トヨタ自動車株式会社) 2005.05.26, 段落[0021]-[0030],図 1-2(ファミリーなし)	13