



DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS,  
IT, LT, LU, LV, MC, ME, 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：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

## 明 細 書

発明の名称：半導体装置、および、半導体装置の製造方法

### 技術分野

[0001] 本開示は、半導体装置、および、半導体装置の製造方法に関する。

### 背景技術

[0002] 特許文献1には、パワーモジュールである半導体装置が開示されている。当該半導体装置は、搭載層および導電層が配置された基板と、複数のスイッチング素子と、複数のワイヤとを備えている。複数のスイッチング素子は、搭載層に電氣的に接合されている。複数のワイヤはそれぞれ、スイッチング素子の主面電極と導電層とを導通させている。複数のワイヤの構成材料は、アルミニウムである。

[0003] 複数のワイヤは、大電流が流れるので、アルミニウムより抵抗率が低い銅がより適している。主面電極に銅のめっき層を形成することで、銅のワイヤと主面電極との接合性を向上できる。しかしながら、主面電極に銅のワイヤを接合する場合、アルミニウムのワイヤを接合する場合と比較して、スイッチング素子に加わる衝撃が大きくなる。これにより、接合の衝撃でスイッチング素子が損傷する場合がある。また、銅よりさらに硬い金属のワイヤを接合する場合は、スイッチング素子が損傷する可能性がさらに高くなる。スイッチング素子の損傷を抑制するために、めっき層を厚く形成したり、銅箔を主面電極に接合することが考えられるが、どちらも製造工程が複雑になるので、製造コストが増加する。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0004] 特許文献1：特開2018-182330号公報

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0005] 本開示は、従来より改良が施された半導体装置を提供することを一の課題

とする。特に本開示は、上記した事情に鑑み、ワイヤの接合時に半導体素子に加わる衝撃を緩和し、かつ、製造コストの増加を抑制できる半導体装置を提供することをその一の課題とする。

### 課題を解決するための手段

[0006] 本開示の第1の側面によって提供される半導体装置は、厚さ方向において互いに反対側を向く素子主面および素子裏面と、前記素子主面に配置された第1電極と、を有する半導体素子と、前記第1電極に導通接合された緩衝部と、前記緩衝部に導通接合され、かつ、第1金属を含む第1ワイヤと、を備えている。

[0007] 本開示の第2の側面によって提供される半導体装置の製造方法は、半導体素子の第1電極に、ワイヤ材料を接合して切断することで、緩衝部を形成する緩衝部形成工程と、前記緩衝部に第1ワイヤを接合する第1ワイヤ接合工程と、を備えている。

### 発明の効果

[0008] 上記構成によれば、第1ワイヤの接合時に半導体素子に加わる衝撃を緩和し、かつ、製造コストの増加を抑制可能である。

[0009] 本開示のその他の特徴および利点は、添付図面を参照して以下に行う詳細な説明によって、より明らかとなろう。

### 図面の簡単な説明

[0010] [図1]図1は、本開示の第1実施形態にかかる半導体装置を示す斜視図である。

[図2]図2は、図1に示す半導体装置の平面図であり、樹脂部材を透過した図である。

[図3]図3は、図2の一部を拡大した部分拡大図である。

[図4]図4は、図2のI-V-I線に沿う断面図である。

[図5]図5は、図2のV-V線に沿う断面図である。

[図6]図6は、図3のV-I-V線に沿う断面図である。

[図7]図7は、図6のV-I-I-V-I-I線に沿う断面図である。

[図8]図8は、図1に示す半導体装置に駆動装置を取り付けた状態を示す斜視図である。

[図9]図9は、図1に示す半導体装置の回路構成の一例を示す回路図である。

[図10]図10は、図1に示す半導体装置の製造方法の一例を示すフローチャートである。

[図11]図11は、図1に示す半導体装置の製造方法の一例にかかる工程を示す断面図である。

[図12]図12は、図1に示す半導体装置の製造方法の一例にかかる工程を示す断面図である。

[図13]図13は、図1に示す半導体装置の製造方法の一例にかかる工程を示す断面図である。

[図14]図14は、図1に示す半導体装置の製造方法の一例にかかる工程を示す断面図である。

[図15]図15は、ウエッジツールの全体を示す正面図である。

[図16]図16は、図15に示すウエッジツールのXV1-XV1線に沿う断面図である。

[図17]図17は、図1に示す半導体装置の製造方法の一例にかかる工程を示す部分拡大平面図である。

[図18]図18は、図1に示す半導体装置の製造方法の一例にかかる工程を示す断面図である。

[図19]図19は、図1に示す半導体装置の製造方法の一例にかかる工程を示す断面図である。

[図20]図20は、図1に示す半導体装置の製造方法の一例にかかる工程を示す断面図である。

[図21]図21は、図1に示す半導体装置の製造方法の一例にかかる工程を示す正面図である。

[図22]図22は、第1実施形態の第1変形例にかかる半導体装置を示す部分拡大断面図である。

[図23]図23は、第1実施形態の第2変形例にかかる半導体装置を示す部分拡大平面図である。

[図24]図24は、第1実施形態の第3変形例にかかる半導体装置を示す部分拡大平面図である。

[図25]図25は、第1実施形態の第4変形例にかかる半導体装置を示す部分拡大平面図である。

[図26]図26は、本開示の第2実施形態にかかる半導体装置を示す部分拡大平面図である。

[図27]図27は、図26のXXVⅠⅠ-XXVⅠⅠ線に沿う断面図である。

[図28]図28は、本開示の第3実施形態にかかる半導体装置を示す部分拡大断面図である。

[図29]図29は、本開示の第4実施形態にかかる半導体装置を示す平面図であり、樹脂部材を透過した図である。

### 発明を実施するための形態

[0011] 以下、本開示の好ましい実施の形態を、添付図面を参照して具体的に説明する。

[0012] 第1実施形態：

図1～図9に基づき、本開示の第1実施形態にかかる半導体装置A10について説明する。半導体装置A10は、複数の半導体素子11、複数の半導体素子12、支持部材2、複数の端子3、複数のワイヤ41～47、緩衝部48、および樹脂部材5を備えている。複数の端子3は、電力端子31、32、信号端子33、検出端子34、35、および温度検出端子36、37を備えている。半導体装置A10は、駆動装置7を取り付けて使用される。

[0013] 図1は、半導体装置A10を示す斜視図である。図2は、半導体装置A10の平面図である。図2においては、理解の便宜上、樹脂部材5を透過して、樹脂部材5の外形を想像線（二点鎖線）で示している。図3は、図2の一部を拡大した部分拡大図である。図4は、図2のⅠV-ⅠV線に沿う断面図である。図5は、図2のV-V線に沿う断面図である。なお、図4および図

5においては、複数のワイヤ41～47を省略している。図6は、図3のV1-V1線に沿う断面図である。図7は、図6のV11-V11線に沿う断面図である。図8は、半導体装置A10に駆動装置7を取り付けた状態を示す斜視図である。図9は、半導体装置A10の回路構成の一例を示す回路図である。

[0014] 半導体装置A10の樹脂部材5に覆われた部分の厚さ方向視の形状は矩形状である。説明の便宜上、半導体装置A10の厚さ方向（平面視方向）をz方向とし、z方向に直交する半導体装置A10の電力端子31, 32の突出する方向（図2における左右方向）をx方向、z方向およびx方向に直交する方向（図2における上下方向）をy方向とする。また、z方向の一方側（図4および図5における下側）をz1側とし、他方側（図4および図5における上側）をz2側とする。x方向の一方側（図2における左側）をx1側とし、他方側（図2における右側）をx2側とする。y方向の一方側（図2における下側）をy1側とし、他方側（図2における上側）をy2側とする。z方向が本開示の「厚さ方向」に相当する。半導体装置A10の各寸法は特に限定されない。

[0015] 複数の半導体素子11は、半導体装置A10の電氣的機能を発揮する要素である。各半導体素子11は、たとえばSiC（炭化ケイ素）を主とする半導体材料を用いて構成されている。なお、当該半導体材料は、SiCに限定されず、Si（シリコン）、GaAs（ヒ化ガリウム）、GaN（窒化ガリウム）などであってもよい。各半導体素子11は、たとえばMOSFET（Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor）などのスイッチング素子である。なお、各半導体素子11は、MOSFETに限定されず、MISFET（Metal-Insulator-Semiconductor FET）を含む電界効果トランジスタ、あるいは、IGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor）のようなバイポーラトランジスタなどであってもよい。複数の半導体素子11は、たとえば、各々がnチャネル型のMOSFETであって、いずれも同一素子である。なお、各半導体素子11は、pチャネル型のMOSFETであってもよ

い。

[0016] 複数の半導体素子 11 は、図 2 および図 5 に示すように、x 方向に等間隔で配列され、互いに並列に接続されている。本実施形態では、図 2 に示すように、半導体装置 A10 は、5 個の半導体素子 11 を備えている。なお、半導体素子 11 の個数は、これに限定されず、半導体装置 A10 に要求される性能に応じて自在に設定可能である。各半導体素子 11 は、支持部材 2 上に、導電性接合材 110 によって、接合されている。導電性接合材 110 は、たとえばはんだ、銀ペースト、または焼結金属などである。

[0017] 各半導体素子 11 は、素子主面 11a および素子裏面 11b を有している。素子主面 11a および素子裏面 11b は、z 方向において互いに反対側を向いている。素子主面 11a は、z 方向 z2 側を向いている。素子裏面 11b は、z 方向 z1 側を向いている。素子裏面 11b は、支持部材 2 に対向する。

[0018] また、各半導体素子 11 は、第 1 電極 111、第 2 電極 112、および第 3 電極 113 を有している。第 1 電極 111 および第 2 電極 112 は、素子主面 11a に配置されている。第 1 電極 111 は、平面視において、第 2 電極 112 よりも大きい。第 3 電極 113 は、素子裏面 11b に配置されている。第 3 電極 113 は、素子裏面 11b の略全面にわたっている。図 6 に示すように、第 1 電極 111 は、第 1 金属層 111a および第 2 金属層 111b を備えている。第 1 金属層 111a の構成材料は、限定されないが、本実施形態では Al である。第 2 金属層 111b は、たとえばめっき処理により、第 1 金属層 111a 上に形成されている。なお、第 2 金属層 111b は、他の処理により形成されてもよい。第 2 金属層 111b の構成材料は、限定されないが、本実施形態では Cu である。第 2 金属層 111b の厚さ寸法（z 方向の寸法）は、50  $\mu$ m 以下である。なお、第 1 金属層 111a と第 2 金属層 111b との間に他の導電層が介在してもよい。第 2 電極 112、および第 3 電極 113 の構成材料は、限定されないが、本実施形態では Al である。MOSFET である各半導体素子 11 において、第 1 電極 111 はソ

ース電極であり、第2電極112はゲート電極であり、第3電極113はドレイン電極である。第3電極113は、導電性接合材110を介して、支持部材2の一部（後述の主面金属層22の導電体層223）に導通接合されている。第3電極113は、導電性接合材110に接する。第1電極111には、ワイヤ41、44～46および緩衝部48が接合されている。第2電極112には、ワイヤ43が接合されている。

[0019] 複数の半導体素子12は、たとえば、ショットキーバリアダイオードなどのダイオードである。各半導体素子12は、図9に示すように、各半導体素子11に対して、逆並列に接続されている。

[0020] 各半導体素子12は、支持部材2上に、導電性接合材120によって、接合されている。導電性接合材120は、たとえばはんだ、銀ペースト、または焼結金属などである。半導体素子12の個数は、半導体素子11の個数に対応している。なお、半導体装置A10は、各半導体素子12を備えなくてもよい。

[0021] 各半導体素子12は、素子主面12aおよび素子裏面12bを有している。素子主面12aおよび素子裏面12bは、z方向において互いに反対側を向いている。素子主面12aは、z方向z2側を向いている。素子裏面12bは、z方向z1側を向いている。素子裏面12bは、支持部材2に対向する。

[0022] 各半導体素子12は、アノード電極121およびカソード電極122を有している。アノード電極121は、素子主面12aに配置されている。カソード電極122は、素子裏面12bに配置されている。カソード電極122は、導電性接合材120を介して、支持部材2の一部（後述の主面金属層22の導電体層223）に導通する。カソード電極122は、導電性接合材120に接する。

[0023] 支持部材2は、それぞれ複数の半導体素子11、12を支持する部材であるとともに、各半導体素子11と複数の端子3との導通経路をなす。支持部材2は、絶縁基板21、主面金属層22、および裏面金属層23を含んでい

る。

- [0024] 絶縁基板 21 は、たとえば平板状であり、電気絶縁性を有する。絶縁基板 21 の構成材料は、たとえば熱伝導性に優れたセラミックスであり、本実施形態では、 $Al_2O_3$  (酸化アルミニウム) である。なお、絶縁基板 21 の構成材料は、限定されず、たとえば  $AlN$  (窒化アルミニウム)、 $SiN$  (窒化ケイ素) などの他のセラミックスであってもよい。また、絶縁基板 21 の構成材料は、セラミックスに限定されず、 $Si$  であってもよいし、合成樹脂であってもよい。絶縁基板 21 の構成材料は、絶縁性を有し、半導体素子 11 が発する熱に耐えられればよい。
- [0025] 絶縁基板 21 は、主面 211 および裏面 212 を有する。主面 211 および裏面 212 は、z 方向において互いに反対側を向いている。主面 211 は、z 方向 z 2 側を向いている。裏面 212 は、z 方向 z 1 側を向いている。
- [0026] 主面金属層 22 は、絶縁基板 21 の主面 211 に形成されている。主面金属層 22 の構成材料は、たとえば  $Cu$  を含む金属である。なお、主面金属層 22 の構成材料は限定されない。主面金属層 22 は、たとえばめっき処理により形成される。なお、主面金属層 22 の形成方法は限定されない。主面金属層 22 は、樹脂部材 5 に覆われている。主面金属層 22 は、導電体層 221 ~ 225、および、それぞれ複数の導電体層 226, 227 を含んでいる。各導電体層 221 ~ 227 は、互いに離間して配置されている。
- [0027] 導電体層 221 は、带状部 221a および端子接合部 221b を含む。带状部 221a は、x 方向に沿って延びており、複数のワイヤ 41 およびワイヤ 42 がそれぞれ接合されている。端子接合部 221b は、带状部 221a の x 方向 x 2 側の端部につながっており、電力端子 32 の一部 (後述のパッド部 321) が接合されている。
- [0028] 導電体層 222 は、带状部 222a および端子接合部 222b を含む。带状部 222a は、x 方向に沿って延びており、複数のワイヤ 43 がそれぞれ接合されている。端子接合部 222b は、带状部 222a の x 方向 x 1 側の端部につながっており、信号端子 33 の一部 (後述のパッド部 331) が接

合されている。

[0029] 導電体層 2 2 3 は、带状部 2 2 3 a および端子接合部 2 2 3 b を含む。带状部 2 2 3 a は、x 方向に沿って延びており、複数の半導体素子 1 1, 1 2 がそれぞれ接合されている。各半導体素子 1 1 からの熱は、導電性接合材 1 1 0 を介して、带状部 2 2 3 a (導電体層 2 2 3) に適切に伝わる。带状部 2 2 3 a に接合された複数の半導体素子 1 1 は、带状部 2 2 3 a が延びる方向 (x 方向) に並んでいる。端子接合部 2 2 3 b は、带状部 2 2 3 a の x 方向 x 1 側の端部につながっており、電力端子 3 1 の一部 (後述のパッド部 3 1 1) が接合されている。導電体層 2 2 3 は、図 4 および図 5 に示すように、各導電性接合材 1 1 0 を介して、各半導体素子 1 1 の第 3 電極 1 1 3 (ドレイン電極) に導通するとともに、各導電性接合材 1 2 0 を介して、各半導体素子 1 2 のカソード電極 1 2 2 に導通する。つまり、各半導体素子 1 1 の第 3 電極 1 1 3 と各半導体素子 1 2 のカソード電極 1 2 2 とは、導電体層 2 2 3 を介して、導通する。

[0030] 導電体層 2 2 4 は、带状部 2 2 4 a および端子接合部 2 2 4 b を含む。带状部 2 2 4 a は、x 方向に沿って延びており、複数のワイヤ 4 4 がそれぞれ接合されている。端子接合部 2 2 4 b は、带状部 2 2 4 a の x 方向 x 1 側の端部につながっており、検出端子 3 5 の一部 (後述のパッド部 3 5 1) が接合されている。

[0031] 導電体層 2 2 5 は、ワイヤ 4 2 が接合されている。また、導電体層 2 2 5 は、検出端子 3 4 の一部 (後述のパッド部 3 4 1) が接合されている。

[0032] 主面金属層 2 2 において、複数の带状部 2 2 1 a, 2 2 2 a, 2 2 3 a, 2 2 4 a は、y 方向に並んでおり、y 方向視において互いに重なる。複数の带状部 2 2 1 a, 2 2 2 a, 2 2 3 a, 2 2 4 a の y 方向における並びは、特に限定されない。本実施形態では、図 2 および図 3 に示すように、y 方向 y 1 側から y 方向 y 2 側に向かって、带状部 2 2 4 a、带状部 2 2 2 a、带状部 2 2 1 a、带状部 2 2 3 a の順に並んでいる。よって、带状部 2 2 1 a は、y 方向において、带状部 2 2 2 a と带状部 2 2 3 a との間に配置されて

おり、帯状部222aは、y方向において、帯状部221aと帯状部224aとの間に配置されている。また、帯状部223aは、y方向において、帯状部221aを挟んで、帯状部222aの反対側に配置されている。導電体層225は、導電体層222の端子接合部222bのx方向x1側に配置されている。

[0033] それぞれ複数の導電体層226、227は、いずれも、導電体層223の帯状部223aのy方向y2側に配置されている。主面金属層22は、半導体素子11と同じ数（本実施形態では5個）の導電体層226および導電体層227を含んでいる。導電体層226と導電体層227とは、x方向に沿って、交互に配置されている。各導電体層226は、ワイヤ46が接合されている。また、各導電体層226は、温度検出端子36の一部（後述のパッド部361）が接合されている。各導電体層227は、ワイヤ47が接合されている。また、各導電体層227は、温度検出端子37の一部（後述のパッド部371）が接合されている。

[0034] なお、各導電体層221～227の配置および形状は、上記したものに限定されず、各端子3の配置位置などに応じて、適宜設計される。

[0035] 裏面金属層23は、絶縁基板21の裏面212に形成されている。裏面金属層23の構成材料は、たとえばCuを含む金属である。なお、当該構成材料は限定されない。裏面金属層23は、たとえば無電解めっき処理により形成される。なお、裏面金属層23の形成方法は限定されない。裏面金属層23は、図4および図5に示すように、z方向z1側を向く面が、樹脂部材5から露出している。なお、当該z方向z1側を向く面が樹脂部材5に覆われていてもよい。また、支持部材2は、裏面金属層23を含んでいなくてもよい。この場合、絶縁基板21の裏面212は、樹脂部材5に覆われていてもよいし、樹脂部材5から露出してもよい。

[0036] 各端子3はそれぞれ、樹脂部材5の内部において、主面金属層22に接合されている。各端子3はそれぞれ、z方向視において絶縁基板21からはみ出している。また、各端子3はそれぞれ、一部が樹脂部材5から露出してい

る。各端子3は、たとえば同一のリードフレームから構成される。各端子3は、金属からなり、好ましくはCuおよびNiのいずれか、またはこれらの合金や42アロイなどからなる。

[0037] 電力端子31は、半導体装置A10におけるドレイン端子である。電力端子31は、板状の部材である。電力端子31は、導電体層223および導電性接合材110を介して、各半導体素子11の第3電極113（ドレイン電極）に導通している。

[0038] 電力端子31は、パッド部311および端子部312を含んでいる。パッド部311は、樹脂部材5に覆われている。パッド部311は、導電体層223に接合されている。この接合は、導電性接合材（はんだ、銀ペースト、または焼結金属など）を用いた接合、レーザ接合あるいは超音波接合などのいずれの手法であってもよい。端子部312は、樹脂部材5から露出する。端子部312は、図2に示すように、z方向視において樹脂部材5からx方向x1側に延びている。なお、端子部312の表面には、たとえば銀めっきが施されていてもよい。

[0039] 電力端子32は、半導体装置A10におけるソース端子である。電力端子32は、板状の部材である。電力端子32は、導電体層221および複数のワイヤ41を介して、各半導体素子11の第1電極111（ソース電極）に導通する。

[0040] 電力端子32は、パッド部321および端子部322を含んでいる。パッド部321は、樹脂部材5に覆われている。パッド部321は、導電体層221に接合されている。この接合は、導電性接合材を用いた接合、レーザ接合あるいは超音波接合などのいずれの手法であってもよい。端子部322は、樹脂部材5から露出する。端子部322は、図2に示すように、z方向視において樹脂部材5からx方向x2側に延びている。なお、端子部322の表面には、たとえば銀めっきが施されていてもよい。

[0041] 信号端子33は、半導体装置A10におけるゲート端子である。信号端子33は、導電体層222および複数のワイヤ43を介して、各半導体素子1

1の第2電極112（ゲート電極）に導通する。信号端子33には、各半導体素子11のオンオフ制御をするための駆動信号が入力される。信号端子33には、図9に示すように、たとえばドライブ回路DRが接続される。ドライブ回路DRは、各半導体素子11のスイッチング動作を制御する駆動信号を生成する。信号端子33には、ドライブ回路DRから駆動信号が入力される。なお、図9に示すドライブ回路DRは、一例であって、図示された回路構成のものに限定されない。

[0042] 信号端子33は、パッド部331および端子部332を含んでいる。パッド部331は、樹脂部材5に覆われている。パッド部331は、導電体層222に接合されている。この接合は、導電性接合材を用いた接合、レーザ接合あるいは超音波接合などのいずれの手法であってもよい。端子部332は、樹脂部材5から露出する。端子部332は、x方向視においてL字状である。

[0043] 検出端子34は、半導体装置A10におけるソースセンス端子である。検出端子34は、導電体層225、ワイヤ42、導電体層221、および複数のワイヤ41を介して、半導体素子11の第1電極111（ソース電極）に導通する。検出端子34には、図9に示すように、たとえばドライブ回路DRが接続される。検出端子34に印加される電圧は、帰還信号としてドライブ回路DRに入力される。

[0044] 検出端子34は、パッド部341および端子部342を含んでいる。パッド部341は、樹脂部材5に覆われている。パッド部341は、導電体層225に接合されている。この接合は、導電性接合材を用いた接合、レーザ接合あるいは超音波接合などのいずれの手法であってもよい。端子部342は、樹脂部材5から露出する。端子部342は、x方向視においてL字状である。

[0045] 検出端子35は、半導体装置A10におけるソースセンス端子である。検出端子35は、導電体層224、および複数のワイヤ44を介して、各半導体素子11の第1電極111（ソース電極）に導通する。検出端子35と信

号端子33との間には、図9に示すように、たとえば、半導体装置A10の外部のミラークランプ回路MCが接続される。ミラークランプ回路MCは、各半導体素子11の誤動作（ゲート誤オン）を防止するための回路であり、図9に示すように、たとえばMOSFETを含む。当該MOSFETのソース端子は、検出端子35に接続され、当該MOSFETのドレイン端子は、信号端子33に接続される。半導体素子11がオフの時に、ミラークランプ回路MCのMOSFETをオンにすることで、半導体素子11のゲートソース間電圧を略0（ゼロ）Vまたは負バイアス電圧に強制し、半導体素子11のゲート電位の持ち上がりを排除する。

[0046] 検出端子35は、パッド部351および端子部352を含む。パッド部351は、樹脂部材5に覆われている。パッド部351は、導電体層224に接合されている。この接合は、導電性接合材を用いた接合、レーザ接合あるいは超音波接合などのいずれの手法であってもよい。端子部352は、樹脂部材5から露出する。端子部352は、図4に示すように、x方向視においてL字状である。

[0047] 検出端子34、信号端子33、および検出端子35は、図2および図3に示すように、x方向に沿ってx方向x1側からx2側にこの順で並んでおり、かつ、図4に示すようにx方向視において重なる。検出端子34、信号端子33、および検出端子35は、y方向y1側の樹脂側面533から突出している。

[0048] 複数の温度検出端子36、37は、それぞれ半導体素子11の温度を検出するための端子である。1個の半導体素子11に対して、対応する1個の温度検出端子36と1個の温度検出端子37とが設けられている。本実施形態では、半導体装置A10は、5個の半導体素子11を備えているので、5個の温度検出端子36と5個の温度検出端子37とを備えている。各温度検出端子36は、それぞれ、導電体層226に接合されている。各温度検出端子36は、導電体層226を介して、ワイヤ46に導通する。各温度検出端子37は、それぞれ、導電体層227に接合されている。各温度検出端子37

は、導電体層 2 2 7 を介して、ワイヤ 4 7 に導通する。

[0049] 温度検出端子 3 6 は、パッド部 3 6 1 および端子部 3 6 2 を含んでいる。パッド部 3 6 1 は、樹脂部材 5 に覆われている。パッド部 3 6 1 は、導電体層 2 2 6 に接合されている。この接合は、導電性接合材を用いた接合、レーザ接合あるいは超音波接合などのいずれの手法であってもよい。端子部 3 6 2 は、樹脂部材 5 から露出する。端子部 3 6 2 は、図 4 に示すように、x 方向視において L 字状である。温度検出端子 3 7 は、パッド部 3 7 1 および端子部 3 7 2 を含んでいる。パッド部 3 7 1 は、樹脂部材 5 に覆われている。パッド部 3 7 1 は、導電体層 2 2 7 に接合されている。この接合は、導電性接合材を用いた接合、レーザ接合あるいは超音波接合などのいずれの手法であってもよい。端子部 3 7 2 は、樹脂部材 5 から露出する。端子部 3 7 2 は、x 方向視において L 字状である。

[0050] 複数の温度検出端子 3 6 および複数の温度検出端子 3 7 は、図 2 および図 3 に示すように、x 方向に沿って、交互に並んでおり、かつ、図 4 に示すように x 方向視において重なる。各温度検出端子 3 6, 3 7 は、y 方向 y 2 側の樹脂側面 5 3 4 から突出している。

[0051] 複数のワイヤ 4 1 ~ 4 5 はそれぞれ、離間した 2 つの部位間を導通させる。各ワイヤ 4 1 ~ 4 5 は、いわゆるボンディングワイヤである。本実施形態では、各ワイヤ 4 1 ~ 4 5 は、ウエッジボンディングにより形成される。なお、各ワイヤ 4 1 ~ 4 5 は、ボールボンディングにより形成されてもよい。各ワイヤ 4 1 ~ 4 5 の構成材料は、たとえば Al、Au、Cu、または、これらのいずれかを含む合金などであり、限定されない。本実施形態では、各ワイヤ 4 1 ~ 4 5 の構成材料が Cu である場合について説明する。また、本実施形態では、図 3 に示すように、比較的大きな電流が流れる各ワイヤ 4 1, 4 2, 4 5 の直径は、比較的小さな電流しか流れない各ワイヤ 4 3, 4 4 の直径より大きい。各ワイヤ 4 1, 4 2, 4 5 の直径はたとえば 400  $\mu$ m 程度であり、各ワイヤ 4 3, 4 4 の直径はたとえば 150  $\mu$ m 程度である。なお、各ワイヤ 4 1 ~ 4 5 の直径は限定されない。

- [0052] 複数のワイヤ41はそれぞれ、一端が第1電極111（ソース電極）に接合され、他端が導電体層221に接合されている。各ワイヤ41は、各半導体素子11の第1電極111と導電体層221とを導通させる。
- [0053] ワイヤ42は、一端が導電体層221に接合され、他端が導電体層225に接合されている。ワイヤ42は、導電体層221と導電体層225とを導通させる。なお、ワイヤ42の上記他端は、導電体層225に接合されるのではなく、検出端子34のパッド部341に接合されていてもよい。
- [0054] 複数のワイヤ43はそれぞれ、一端が各半導体素子11の第2電極112（ゲート電極）に接合され、他端が導電体層222に接合されている。各ワイヤ43は、各第2電極112と導電体層222とを導通させる。
- [0055] 複数のワイヤ44はそれぞれ、一端が第1電極111（ソース電極）に接合され、他端が導電体層224に接合されている。各ワイヤ44は、各半導体素子11の第1電極111と導電体層224とを導通させる。各ワイヤ44は、各半導体素子11の第1電極111（ソース電極）にケルビン接続されたセンス線である。
- [0056] 複数のワイヤ45はそれぞれ、一端が第1電極111（ソース電極）に接合され、他端が各半導体素子12のアノード電極121に接合されている。各ワイヤ45は、各半導体素子11の第1電極111と各半導体素子12のアノード電極121とを導通させる。
- [0057] 複数のワイヤ46、47は、それぞれ半導体素子11の温度を検出するための部材である。各ワイヤ46、47は、ワイヤ41～45と同様に、ボンディングワイヤの形成方法により形成される。本実施形態では、各ワイヤ46、47は、ウエッジボンディングにより形成される。なお、各ワイヤ46、47は、ボールボンディングにより形成されてもよい。各ワイヤ46はそれぞれ、一端が第1電極111（第2金属層111b）に接合され、他端が導電体層226に接合されている。各ワイヤ46は、各半導体素子11の第1電極111と各導電体層226とを導通させる。各ワイヤ47はそれぞれ、一端が第1電極111（第2金属層111b）上に配置された緩衝部48

に接合され、他端が導電体層 227 に接合されている。各ワイヤ 47 は、緩衝部 48 と各導電体層 227 とを導通させる。また、本実施形態では、各ワイヤ 46, 47 は比較的小さな電流しか流れないので、各ワイヤ 46, 47 の直径は、各ワイヤ 43, 44 と同程度（たとえば 150  $\mu\text{m}$  程度）である。なお、各ワイヤ 46, 47 の直径は限定されない。

[0058] ワイヤ 46 の構成材料は、第 2 金属である。本実施形態では、第 2 金属は、第 1 電極 111 の第 2 金属層 111b と同じ Cu である。ワイヤ 47 の構成材料は、第 2 金属とは熱電能が異なる第 1 金属である。熱電能とは、導電性の物質の両端に温度差をつけた時の、1 K あたりの熱起電力のことである。本実施形態では、第 1 金属は、コンスタンタン (Cu と Ni との合金: 55 Cu - 45 Ni) である。ワイヤ 46 (Cu)、第 1 電極 111 の第 2 金属層 111b (Cu)、および緩衝部 48 (後述するように Cu である) と、ワイヤ 47 (コンスタンタン) とは、熱電対として機能する。Cu およびコンスタンタンによる熱電対は、T 型熱電対として広く知られている。ワイヤ 47 と緩衝部 48 との接点 47a が、熱電対の測温接点 (熱接点) に相当する。また、ワイヤ 46 と導電体層 226 との接点、および、ワイヤ 47 と導電体層 227 との接点が、熱電対の基準接点 (冷接点) に相当する。基準接点と測温接点との温度差に応じて、基準接点間に電圧が発生する。温度検出端子 36, 37 は、基準接点間の電圧を、半導体素子 11 の温度を検出するための信号として、駆動装置 7 に出力する。

[0059] 緩衝部 48 は、第 1 電極 111 (第 2 金属層 111b) に接合されており、ワイヤ 47 を接合する際の、半導体素子 11 への衝撃を吸収するための部材である。ワイヤ 47 は、構成材料が第 1 金属 (コンスタンタン) である。したがって、ワイヤ 47 は、構成材料が Cu である第 2 金属層 111b より、ビッカース硬さが大きい。また、第 2 金属層 111b は、めっき処理により形成されているので、厚さ寸法が比較的小さい (50  $\mu\text{m}$  以下)。したがって、ワイヤ 47 を第 1 電極 111 にウエッジボンディングにより接合すると、衝撃により半導体素子 11 が損傷する場合がある。緩衝部 48 は、第 1

電極 1 1 1 の第 2 金属層 1 1 1 b に接して導通接合され、ワイヤ 4 7 が緩衝部 4 8 に導通接合されることで、半導体素子 1 1 への衝撃を吸収して、半導体素子 1 1 の損傷を抑制する。本実施形態では、緩衝部 4 8 の構成材料は、第 1 電極 1 1 1 の第 2 金属層 1 1 1 b、および、ワイヤ 4 6 と同じ Cu である。

[0060] 緩衝部 4 8 は、ワイヤ材料をウエッジボンディングにより接合したワイヤ片である。緩衝部 4 8 は、後述するように、通常のワイヤボンディングとは異なり、ファーストボンディングして少しワイヤ材料を延ばしてすぐに切断することで形成されている。本実施形態では、緩衝部 4 8 は、各ワイヤ 4 1、4 2、4 5 と同じワイヤ材料を用いて形成される。したがって、緩衝部 4 8 の構成材料は、各ワイヤ 4 1、4 2、4 5 と同様に Cu である。また、緩衝部 4 8 の延びる方向に直交する方向の寸法（以下では「直径」と記載する場合がある）は、各ワイヤ 4 1、4 2、4 5 の直径と同程度（たとえば 400  $\mu$ m 程度）であり、各ワイヤ 4 7 の直径より大きい。なお、緩衝部 4 8 は、各ワイヤ 4 1、4 2、4 5 とは異なるワイヤ材料を用いて形成されてもよく、緩衝部 4 8 の直径は、限定されない。

[0061] 緩衝部 4 8 の形状は、略円柱形状であるワイヤ材料がウエッジボンディングにより第 1 電極 1 1 1 に押し付けられて、つぶれた形状である。緩衝部 4 8 は、図 6 および図 7 に示すように、頂面 4 8 1、底面 4 8 2、一对の被押圧面 4 8 3、および切断面 4 8 4 を備えている。頂面 4 8 1 および底面 4 8 2 は、z 方向において互いに反対側を向いている。頂面 4 8 1 は z 方向 z 2 側を向いており、底面 4 8 2 は z 方向 z 1 側を向いている。底面 4 8 2 は、第 1 電極 1 1 1 に接する平坦面である。頂面 4 8 1 には、ワイヤ 4 7 が接合されている。一对の被押圧面 4 8 3 は、z 方向に視て頂面 4 8 1 の両側（図 7 の例では x 方向の両側）に配置されている。一对の被押圧面 4 8 3 は、後述するように、ウエッジのガイド溝が押し付けられたことで形成された面であり、ウエッジのガイド溝の形状があらわれている。一对の被押圧面 4 8 3 は、それぞれ平坦であり、z 方向 z 1 側ほど互いに離れている。切断面 4 8

4は、ウエッジボンディングで切断された面であり、緩衝部48の延びる方向（図6の例ではy方向y1側）を向いている。切断面484は、図6に示すように、緩衝部48の延びる方向に直交する面に対して傾斜している。なお、緩衝部48の形状は、限定されない。

[0062] 本実施形態では、図6に示すように、緩衝部48の延びる方向（図6の例ではy方向）と、ワイヤ47の延びる方向とが同じである。緩衝部48の一对の被押圧面483が並ぶ方向（図7の例ではx方向）の寸法D1は、ワイヤ材料の直径に由来するので、ワイヤ材料の直径と同程度である。また、ワイヤ47の同じ方向の寸法（図7の例ではx方向）の寸法D2は、ワイヤ47のワイヤ材料の直径に由来するので、ワイヤ47の直径と同程度である。寸法D1は、寸法D2より大きく、ワイヤ47の直径より大きい。本実施形態では、寸法D1は、寸法D2の2倍以上である。また、本実施形態では、ワイヤ47は、一对の被押圧面483が並ぶ方向（図7の例ではx方向）において、頂面481に内包されている。なお、ワイヤ47は頂面481からはみ出してもよい。

[0063] 樹脂部材5は、電気絶縁性の半導体封止材である。樹脂部材5は、複数の半導体素子11、複数の半導体素子12、絶縁基板21、主面金属層22、複数のワイヤ41～47、および複数の緩衝部48の全体と、端子3各々の一部とを覆っている。樹脂部材5の構成材料は、たとえばエポキシ樹脂である。なお、樹脂部材5の構成材料は限定されない。樹脂部材5は、たとえば金型を用いたトランスファ成形により形成される。なお、樹脂部材5の形成方法は限定されない。樹脂部材5は、図2、図4、および図5に示すように、樹脂主面51、樹脂裏面52および複数の樹脂側面531～534を有している。

[0064] 樹脂主面51および樹脂裏面52は、z方向において互いに反対側を向いている。樹脂主面51はz方向z2側を向いており、樹脂裏面52は、z方向z1側を向いている。裏面金属層23は樹脂裏面52から露出しており、樹脂裏面52と裏面金属層23のz方向z1側を向く面とは互いに面一にな

っている。複数の樹脂側面 5 3 1 ~ 5 3 4 の各々は、樹脂主面 5 1 および樹脂裏面 5 2 の双方につながり、かつ、これらに挟まれている。図 2 に示すように、2 つの樹脂側面 5 3 1, 5 3 2 は、x 方向において互いに反対側を向いている。樹脂側面 5 3 1 は、x 方向 x 1 側に配置されて x 方向 x 1 側を向く面である。樹脂側面 5 3 2 は、x 方向 x 2 側に配置されて x 方向 x 2 側を向く面である。2 つの樹脂側面 5 3 3, 5 3 4 は、y 方向において互いに反対側を向いている。樹脂側面 5 3 3 は、y 方向 y 1 側に配置されて y 方向 y 1 側を向く面である。樹脂側面 5 3 4 は、y 方向 y 2 側に配置されて y 方向 y 2 側を向く面である。

[0065] 樹脂側面 5 3 1 ~ 5 3 4 は、それぞれ、樹脂主面 5 1 につながり、樹脂主面 5 1 に向かうほど互いに近づくように傾斜する面を備えている。つまり、樹脂部材 5 のうち、これらの樹脂主面 5 1 につながり傾斜する面に囲まれる部分は、x y 平面での断面積が樹脂主面 5 1 に向かうほど小さくなるテーパ形状である。また、樹脂側面 5 3 1 ~ 5 3 4 は、それぞれ、樹脂裏面 5 2 につながり、樹脂裏面 5 2 に向かうほど互いに近づくように傾斜する面を備えている。つまり、樹脂部材 5 のうち、これらの樹脂主面 5 1 につながり傾斜する面に囲まれる部分は、x y 平面での断面積が樹脂裏面 5 2 に向かうほど小さくなるテーパ形状である。なお、図 1 ~ 図 5 に示す樹脂部材 5 の形状は一例である。樹脂部材 5 の形状は、例示された形状に限定されない。

[0066] 次に、駆動装置 7 について説明する。

[0067] 駆動装置 7 は、半導体装置 A 1 0 を駆動させる装置であり、図 8 に示すように、半導体装置 A 1 0 の z 方向 z 2 側に取り付けられる。駆動装置 7 は、図 8 に示すように、基板 7 1、端子 7 2 3, 7 2 4, 7 2 5、および、それぞれ複数の端子 7 2 1, 7 2 2 を備えている。基板 7 1 は、たとえば平板状であり、電気絶縁性を有する。基板 7 1 の構成材料は限定されない。基板 7 1 は、主面 7 1 1 および裏面 7 1 2 を有する。主面 7 1 1 および裏面 7 1 2 は、z 方向において互いに反対側を向いている。主面 7 1 1 は、z 方向 z 2 側を向いている。裏面 7 1 2 は、z 方向 z 1 側を向いている。主面 7 1 1 に

は、配線が形成され、外部コネクタおよび多数の電子部品などが搭載されているが、図8では、主面711上の配線、外部コネクタ、および電子部品などの記載を省略している。

[0068] 各端子721～725は、円筒状の金属部材であり、基板71の主面711から裏面712までz方向に貫通する貫通孔に挿通されて配置されている。各端子721～725は、それぞれ、主面711に形成された配線に導通している。各端子721～725には、半導体装置A10の各端子33～37の端子部332、342、352、362、372が、それぞれ挿通されて、たとえばはんだで接合されている。図8および図9に示すように、端子723は、信号端子33が接合されている。端子724は、検出端子34が接合されている。端子725は、検出端子35が接合されている。端子721は温度検出端子36と同じく5個配置されており、各端子721は、それぞれ温度検出端子36が接合されている。温度検出端子36は、導電体層226を介してワイヤ46に導通接続しているため、端子721は、ワイヤ46に導通接続している。端子722は温度検出端子37と同じく5個配置されており、各端子722は、それぞれ温度検出端子37が接合されている。温度検出端子37は、導電体層227を介してワイヤ47に導通接続しているため、端子722は、ワイヤ47に導通接続している。

[0069] また、駆動装置7は、図9に示すように、機能構成として、複数の相対温度検出部73、複数の基準接点補償部74、過熱保護部75、および駆動制御部76を備えている。駆動制御部76は、各半導体素子11のスイッチング動作を制御する機能構成であり、たとえばゲート駆動ICによって実現されている。駆動制御部76は、ドライブ回路DRおよびミラークランプ回路MCなどを備えている。駆動制御部76は、外部から入力される制御信号に基づいて駆動信号を生成し、端子723を介して、半導体装置A10に出力する。半導体装置A10は、端子723に接続する信号端子33から駆動信号を入力され、各半導体素子11のスイッチング動作を制御される。また、駆動制御部76は、半導体装置A10の検出端子34から端子724を介し

て信号を入力され、検出端子35から端子725を介して信号を入力される。なお、駆動制御部76の具体的な回路構成および態様は限定されない。

[0070] 相対温度検出部73および基準接点補償部74は、半導体素子11の温度を検出するための機能構成である。相対温度検出部73および基準接点補償部74は、半導体装置A10の半導体素子11の数に合わせて、それぞれ5個ずつ設けられている。各相対温度検出部73は、半導体装置A10の1対の温度検出端子36, 37から1対の端子721, 722を介して電圧を入力される。当該電圧は、ワイヤ46、第1電極111の第2金属層111bおよび緩衝部48と、ワイヤ47とを有する熱電対の基準接点間の電圧であり、基準接点と測温接点との温度差に応じた電圧である。すなわち、当該電圧は、基準接点の温度に対する半導体素子11の相対温度に応じた電圧である。各相対温度検出部73は、入力される電圧に基づいて、対応する半導体素子11の相対温度を検出する。

[0071] 各基準接点補償部74は、対応する相対温度検出部73が検出した相対温度を絶対温度に変換する。各基準接点補償部74は、対応する端子721, 722に隣接配置されたたとえばダイオードを有する温度検出部を備えている。なお、温度検出部はサーミスタなどの温度センサを有してもよい。端子721, 722に接合された温度検出端子36, 37は、導電体層226, 227に接合している。温度検出部は、端子721, 722の温度を検出することで、間接的に、熱電対の基準接点の温度を検出する。基準接点補償部74は、対応する相対温度検出部73が検出した相対温度に、温度検出部が検出した基準接点の温度を加算することで絶対温度に変換する。基準接点補償部74は、対応する半導体素子11の絶対温度を過熱保護部75に出力する。

[0072] なお、相対温度検出部73および基準接点補償部74の具体的な回路構成は限定されない。たとえば、以下のような構成であってもよい。すなわち、相対温度検出部73は、1対の端子721, 722間の電圧を、対応する半導体素子11の相対温度に応じた電圧として基準接点補償部74に伝達する

。そして、基準接点補償部 7 4 は、温度検出部が検出した基準接点の温度に応じた電圧を熱電対の熱起電力に対応した電圧に変換し、相対温度検出部 7 3 から伝達された電圧に加算して過熱保護部 7 5 に出力する。これにより、過熱保護部 7 5 には、半導体素子 1 1 の絶対温度に応じた電圧が入力される。

[0073] 過熱保護部 7 5 は、各基準接点補償部 7 4 から入力される絶対温度に基づいて、対応する半導体素子 1 1 の過熱異常を検知する。過熱保護部 7 5 は、各基準接点補償部 7 4 から入力される絶対温度が閾値温度以上になった場合に、異常検出信号を駆動制御部 7 6 に出力する。駆動制御部 7 6 は異常検出信号を入力されると、駆動信号の出力を停止することで、半導体装置 A 1 0 の駆動を停止させる。なお、過熱保護部 7 5 の具体的な回路構成は限定されない。たとえば、過熱保護部 7 5 は、基準接点補償部 7 4 から入力される絶対温度に応じた電圧が、閾値温度に応じた電圧以上になった場合に、異常検出信号を生成するコンパレータを備えてもよい。

[0074] 次に、半導体装置 A 1 0 の製造方法の一例について、図 1 0 ~ 図 2 1 を参照して以下に説明する。なお、以下に説明する製造方法は、半導体装置 A 1 0 を実現するための一手段であり、これに限定されない。図 1 0 は、半導体装置 A 1 0 の製造方法の一例を示すフローチャートである。図 1 1 ~ 図 1 4、図 1 7 ~ 図 2 1 は、半導体装置 A 1 0 の製造方法の一例にかかる工程を示す図である。図 1 1 ~ 図 1 4、図 1 9 ~ 図 2 0 は断面図であり、図 4 に対応する図である。図 1 7 は部分拡大平面図であり、図 3 に対応する図である。図 1 8 は、断面図であり、図 7 に対応する図である。図 2 1 は、正面図である。図 1 5 ~ 図 1 6 は、ウエッジボンディングについて説明するための図である。なお、図 1 1 ~ 図 2 1 に示す x 方向、y 方向、および z 方向は、図 1 ~ 図 8 と同じ方向を示している。

[0075] 図 1 0 に示すように、半導体装置 A 1 0 の製造方法は、支持部材形成工程 (S 1)、リードフレーム接合工程 (S 2)、半導体素子実装工程 (S 3)、ワイヤ形成工程 (S 4)、樹脂形成工程 (S 5)、およびフレーム切断工

程（S6）を有する。

[0076] 支持部材形成工程（S1）は、支持部材2を形成する工程である。支持部材形成工程では、まず、絶縁基板91を準備する（S11）。絶縁基板91は、たとえばセラミックスからなり、z方向において互いに反対側を向く主面911および裏面912を有する。次いで、図11に示すように、絶縁基板91の主面911に、主面金属層22を形成する（S12）。主面金属層22は、たとえば無電解めっき処理やスパッタリングにより、主面911の全体を覆う下地層を形成し、マスクを形成して電解めっき処理によりめっき層を形成し、エッチングにより下地層の不要部分を除去することで形成される。次いで、図12に示すように、絶縁基板91の裏面912に、裏面金属層23を形成する（S13）。裏面金属層23は、たとえば無電解めっき処理により形成される。なお、絶縁基板91の主面911および裏面912にCu箔が接合されたDBC（Direct Bonding Copper）基板を用いて、主面911側のCu箔をパターンニングすることで、絶縁基板91に主面金属層22および裏面金属層23を形成してもよい。次いで、絶縁基板91を切断する（S14）。絶縁基板91が切断されることで絶縁基板21が形成される。以上により、支持部材2が形成される。

[0077] リードフレーム接合工程（S2）では、まず、各端子3になるリードフレーム92を準備する。リードフレーム92は、各端子3になる部分を含んでおり、さらに複数の各端子3がつながるフレームを有する。なお、リードフレーム92の形状等は、何ら限定されない。次いで主面金属層22の各端子3が接合される位置に導電性の接合ペーストを配置し、図13に示すように、リードフレーム92の各端子3になる部分を主面金属層22に接合する。たとえば、リードフレーム92の検出端子35になる部分は導電体層224に接合される。また、リードフレーム92の検出端子36になる部分は導電体層226に接合される。なお、リードフレーム92の接合方法は限定されない。

[0078] 半導体素子実装工程（S3）では、まず、導電体層223の半導体素子1

1, 12が配置される領域に、導電性接合ペースト93を配置する。導電性接合ペースト93は、たとえばはんだ、銀ペースト、または焼結金属などである。次いで、図14に示すように、導電性接合ペースト93に、複数の半導体素子11および複数の半導体素子12を付着させ、加熱した後に冷却する。これにより、導電体層223と半導体素子11との間に介在する導電性接合ペースト93が導電性接合材110になり、半導体素子11が導電性接合材110を介して導電体層223に接合される。また、導電体層223と半導体素子12との間に介在する導電性接合ペースト93が導電性接合材120になり、半導体素子12が導電性接合材120を介して導電体層223に接合される。

[0079] ワイヤ形成工程(S4)では、ウエッジボンディングにより、ワイヤ41~47および緩衝部48を形成する。ウエッジボンディングは、ウエッジツールを用いて行われる。図15および図16は、ウエッジツールの一例を示している。図15は、ウエッジツール6の全体を示す正面図である。図16は、図15に示すウエッジツール6のXV1-XV1線に沿う断面図である。ウエッジツール6は、ウエッジ61、ワイヤガイド62、および、カッタ63を備えている。

[0080] ウエッジ61は、ワイヤ材料69を接合対象68に押し付けて、超音波振動によって接合する。図15に示すように、ウエッジ61には、ガイド溝611が形成されている。ガイド溝611は、ウエッジ61の下端(z方向z1側)に設けられている。本実施形態においては、ガイド溝611は、図16に示すように、断面形状がV字状であり、一对の内面611aを有する。ウエッジ61は、ワイヤ材料69の接合時に、図15に示す白色矢印の方向に超音波振動が付加される。ワイヤガイド62は、ウエッジ61に対して固定されており、図示しないワイヤリールに巻回されたワイヤ材料69をウエッジ61へと導く。カッタ63は、ワイヤ材料69を切断する。カッタ63はウエッジ61に隣接して配置されている。ワイヤガイド62とカッタ63とは、ウエッジ61を挟んで反対側に配置されている。

[0081] ウエッジ61は、ガイド溝611にワイヤ材料69が配置された状態で、接合対象68に押し付けられつつ、振動を付加される。これにより、ワイヤ材料69の先端部分と接合対象68とが超音波溶接により接合される（ファーストボンディング）。通常のワイヤボンディングの場合、その後、ウエッジツール6は、ワイヤ材料69を引き出しながら移動し、ワイヤ材料69を別の接合対象68に超音波溶接により接合し（セカンドボンディング）、ワイヤ材料69をカッタ63によって切断する。これにより、2個の接合対象68に両端がそれぞれ接合されたボンディングワイヤが形成される。一方、緩衝部48を形成する場合、ウエッジツール6は、図15に示す黒色矢印の方向に少しだけ移動した後、ワイヤ材料69をカッタ63によって切断する。これにより、ワイヤ材料69の切れ端であるワイヤ片が緩衝部48として接合される。

[0082] ワイヤ形成工程（S4）では、まず、図17に示すように、半導体素子11の第1電極111に緩衝部48を形成する（S41）。各緩衝部48は、各第1電極111のy方向における中央付近でx方向x1側寄りに、y方向に延びるように形成される。緩衝部48は、後述するようにワイヤ47が接合されるので、ワイヤ47を接合する位置に合わせて配置され、ワイヤ47が延びる方向と同じ方向に延びるように形成されている。緩衝部48は、ワイヤ材料691（たとえばCuワイヤ）の先端を第1電極111に超音波溶接により接合し、ウエッジツール6を少しだけ移動させた後、ワイヤ材料691をカッタ63によって切断することで形成される。超音波溶接において、ウエッジ61がワイヤ材料691を第1電極111に押し付けることにより、図18に示すように、緩衝部48には、第1電極111に接する底面482が形成される。底面482は、断面が円弧上の外周面489からワイヤ材料691の中心軸Ox側に退避した面となる。第1電極111の表面が平坦であるため、底面482は平坦となっている。また、超音波溶接において、ウエッジ61のガイド溝611の一对の内面611aがワイヤ材料691に押し付けられることにより、図18に示すように、緩衝部48には、一对

の被押圧面483が形成される。各被押圧面483は、断面が円弧上の外周面489からワイヤ材料691の中心軸Ox側に退避した面となる。各内面611aが平坦であるため、各被押圧面483は平坦となっている。また、ワイヤ材料691がカッタ63によって切断されることで、図6に示すように、緩衝部48には、切断面484が形成される。切断面484は、カッタ63の形状に応じて、緩衝部48の延びる方向に直交する面に対して傾斜している。

[0083] 次に、ワイヤ41, 42, 45をウエッジボンディングにより形成する(S42)。ワイヤ41, 42, 45の形成では、緩衝部48の形成と同じウエッジツール6および同じワイヤ材料691が使用されるが、緩衝部48の形成とは異なり、通常のワイヤボンディングが行われる。図19に示すように、ワイヤ41は、半導体素子11の第1電極111と導電体層221とを接続するように形成される。図19に表れていないが、ワイヤ42は、導電体層221と導電体層225とを接続するように形成される。ワイヤ45は、第1電極111と半導体素子12のアノード電極121とを接続するように形成される。なお、ワイヤ41, 42, 45の形成の順番は限定されない。また、S41の工程とS42の工程の順番は反対でもよい。

[0084] 次に、ワイヤ43, 44, 46をウエッジボンディングにより形成する(S43)。ワイヤ43, 44, 46の形成では、S42で使用されたワイヤ材料691と構成材料が同じであるが直径の異なるワイヤ材料692が使用される。ワイヤ材料692の直径は、ワイヤ材料691の直径より小さい。図20に示すように、ワイヤ43は、半導体素子11の第2電極112と導電体層222とを接続するように形成される。ワイヤ44は、第1電極111と導電体層224とを接続するように形成される。ワイヤ46は、第1電極111と導電体層226とを接続するように形成される。なお、ワイヤ43, 44, 46の形成の順番は限定されない。

[0085] 次に、ワイヤ47をウエッジボンディングにより形成する(S44)。ワイヤ47の形成では、S43で使用されたワイヤ材料692とは構成材料の

異なるワイヤ材料693が使用される。本実施形態では、S41～S43では構成材料がCuであるワイヤ材料691, 692が使用されていたが、S44では、構成材料がコンスタンタンであるワイヤ材料693が使用される。また、S44で使用されるワイヤ材料693の直径は、S43で使用されるワイヤ材料692の直径と同程度であり、S42で使用されるワイヤ材料691の直径より小さい。ワイヤ47は、使用するワイヤ材料693がワイヤ43, 44, 46と異なるだけで、同じ設備を用いて、同じ方法で形成される。

[0086] 図21に示すように、ワイヤ47は、まず、第1電極111に接合された緩衝部48の頂面481に接合される。図21は、緩衝部48への接合（ファーストボンディング）の後、ウエッジツール6がワイヤ材料693（ワイヤ47）を引き出しながら移動している状態を示している。ワイヤ47は、緩衝部48の延びる方向に沿って、頂面481上に接合され、当該方向に延びるように形成されている。ワイヤ47は、構成材料がコンスタンタンであり、構成材料がCuであるワイヤ46などと比較すると硬いが、第1電極111に直接接合されるのではなく、緩衝部48に接合される。したがって、接合時の半導体素子11への衝撃は抑制される。その後、ウエッジツール6は移動し、ワイヤ材料693を導電体層227に超音波溶接により接合し（セカンドボンディング）、ワイヤ材料693をカッタ63によって切断する。これにより、ワイヤ47は、第1電極111に接合された緩衝部48と導電体層227とを接続するように形成される（図3および図6参照）。なお、S43の工程の前にS44の工程を行ってもよい。ワイヤ形成工程（S4）において、ワイヤ46が第1電極111に接合され、ワイヤ47が第1電極111に接合された緩衝部48に接合されることで、熱電対が形成される。

[0087] 樹脂形成工程（S5）では、たとえばリードフレーム92の一部、支持部材2の一部、それぞれ複数の半導体素子11, 12、複数のワイヤ41～47、および緩衝部48を金型によって囲む。次いで、金型によって規定され

た空間に液状の樹脂材料を注入する。ついで、この樹脂材料を硬化させることにより、樹脂部材5が得られる。

[0088] フレーム切断工程(S6)では、リードフレーム92のうち樹脂部材5から露出した部位の適所を切断する。これにより、各端子3が互いに分割される。この後は、必要に応じて、各端子3を折り曲げる等の処理を経ることにより、上述した半導体装置A10が得られる。

[0089] 次に、半導体装置A10の作用効果について説明する。

[0090] 本実施形態によると、緩衝部48は、第1電極111に接合されている。ワイヤ47は、第1電極111に直接接合されるのではなく、緩衝部48に接合されている。ワイヤ47の接合時の衝撃を緩衝部48が吸収するので、半導体装置A10は、半導体素子11に加わる衝撃を緩和できる。また、緩衝部48は、ワイヤ材料691が使用され、ウエッジボンディングにより形成される。緩衝部48は、ワイヤ41、42、45の形成(S42)と同じウエッジツール6および同じワイヤ材料691を使用して形成できるので、S42の工程と連続して形成することで、製造工程を簡略化できる。したがって、半導体装置A10は、製造コストの増加を抑制できる。

[0091] また、本実施形態によると、緩衝部48の一对の被押圧面483が並ぶ方向の寸法D1(緩衝部48を形成するためのワイヤ材料691の直径と同程度)は、ワイヤ47の同じ方向の寸法D2(ワイヤ47を形成するためのワイヤ材料693の直径と同程度)より大きい。したがって、ワイヤ47を緩衝部48に接合する際に、ワイヤ47が頂面481からずれ落ちてしまうことを抑制できる。また、本実施形態によると、ワイヤ47は、一对の被押圧面483が並ぶ方向において、頂面481に内包されている。したがって、ワイヤ47を緩衝部48に接合する際に、ワイヤ47が頂面481からずれ落ちてしまうことをより抑制できる。

[0092] また、本実施形態によると、緩衝部48の延びる方向は、ワイヤ47の延びる方向に一致している。したがって、方向が一致していない場合と比較して、ワイヤ47を緩衝部48に接合するのが容易である。

[0093] また、本実施形態によると、各半導体素子11は、第1電極111の第2金属層111bにワイヤ46の一端が接合され、第2金属層111bに接合された緩衝部48にワイヤ47の一端が接合されている。ワイヤ46の構成材料は第2金属(Cu)であり、第2金属層111bおよび緩衝部48の構成材料と同じ金属(Cu)である。また、ワイヤ47の構成材料は、第2金属とは熱電能が異なる第1金属(コンスタンタン)である。ワイヤ46、第2金属層111b、および緩衝部48と、ワイヤ47とは、熱電対として機能し、ワイヤ47と緩衝部48との接点47aを熱電対の測温接点として、温度を検出できる。接点47aは、半導体素子11からの熱が適切に伝わる緩衝部48に接している。これにより、半導体装置A10は、温度センサを半導体素子11の近傍に配置した場合と比較して、各半導体素子11の温度を精度よく検出できる。また、第1金属がコンスタンタンであり、第2金属がCuなので、当該熱電対は、T型熱電対として機能する。

[0094] また、本実施形態によると、ワイヤ46、47は、ワイヤ41~45と同様に、ボンディングワイヤの形成方法により形成される。したがって、ワイヤ46、47は、ワイヤ41~45と同じ設備を用いて、同じ手法により形成可能である。特に、ワイヤ46は、ワイヤ43、44と同じワイヤ材料692を使用して、ワイヤ43、44と同じ工程で形成可能である。したがって、温度を検出する構成の形成のために、製造工程が複雑にならない。

[0095] また、本実施形態によると、駆動装置7は、相対温度検出部73および基準接点補償部74を備えている。したがって、駆動装置7は、半導体装置A10に形成された熱電対が検出した各半導体素子11の相対温度を絶対温度に変換して、過熱保護に利用できる。

[0096] なお、本実施形態では、ワイヤ46の構成材料である第2金属がCuであり、ワイヤ47の構成材料である第1金属がコンスタンタンである場合について説明したが、これに限られない。第1金属と第2金属とは、電解能が異なる金属であればよい。たとえば、第2金属がCuであり、第1金属がAlであってもよい。CuとAlとは、電解能が同じ極性であるが、電解能が異

なるので、ワイヤ46、第2金属層111b、および緩衝部48(Cu)と、ワイヤ47(Al)とは、熱電対として機能する。また、ボンディングワイヤとしてAlは一般的であり、コンスタントンのワイヤと比較すると、容易に安価で入手可能である。また、第1金属および第2金属の組み合わせは、K型熱電対のようにクロメル(登録商標)(90Ni-10Cr)およびアルメル(登録商標)(94Ni-3Al-1Si-2Mg)であってもよく、J型熱電対のようにFeおよびコンスタントンであってもよく、E型熱電対のようにクロメルおよびコンスタントンであってもよい。第1金属および第2金属の組み合わせは、上記したものに限定されない。

[0097] また、本実施形態では、複数の端子3がいずれも主面金属層22に接合されている場合について説明したが、これに限られない。複数の端子3のいずれかは、主面金属層22から離間して絶縁基板21に接合されてもよい。この場合、当該端子3は、ボンディングワイヤなどで主面金属層22に導通接続される。

[0098] 図22～図25は、第1実施形態にかかる半導体装置A10の変形例を示している。なお、これらの図において、上記実施形態と同一または類似の要素には、上記実施形態と同一の符号を付して、重複する説明を省略する。

[0099] 第1変形例：

図22は、第1実施形態の第1変形例にかかる半導体装置A11を説明するための図である。図22は、半導体装置A11の部分拡大断面図であり、図7に対応する図である。半導体装置A11は、緩衝部48の寸法D1とワイヤ47の寸法D2とが同程度である点で、半導体装置A10と異なる。

[0100] 本変形例にかかる半導体装置A11では、ワイヤ材料691とワイヤ材料693とが同じ(あるいは略同じ)直径である。したがって、ワイヤ材料691を使用して形成された緩衝部48の寸法D1と、ワイヤ材料693を使用して形成されたワイヤ47の寸法D2とが同程度である。また、図示しないが、ワイヤ材料692もワイヤ材料691と同じ直径であり、ワイヤ41～47の直径はいずれも同程度である。本変形例によると、ワイヤ材料

691～693の直径が同じ（あるいは略同じ）であり、ワイヤ41～47および緩衝部48を同じウエッジツール6を用いて形成できるので、半導体装置A11は、製造工程をより簡略化できる。また、緩衝部48の寸法D1とワイヤ47の寸法D2とが同程度であっても、緩衝部48の頂面481上に、ワイヤ47を接合することができる。ただし、ワイヤ47が頂面481からずれ落ちてしまうことをより抑制するためには、寸法D1が寸法D2より大きい方が望ましく、ワイヤ材料691の直径はワイヤ材料693の直径より大きいのが望ましい。

[0101] 第2変形例：

図23は、第1実施形態の第2変形例にかかる半導体装置A12を説明するための図である。図23は、半導体装置A12の部分拡大平面図であり、図3に対応する図である。なお、図23においては、理解の便宜上、樹脂部材5を透過している。半導体装置A12は、ワイヤ41、43～46も緩衝部に接合されている点で、半導体装置A10と異なる。

[0102] 本変形例では、ワイヤ47だけでなく、ワイヤ44、46も第1電極111に接合された緩衝部48に接合されている。また、ワイヤ43は、第2電極112に接合された緩衝部48に接合されている。さらに、ワイヤ41、45は、第1電極111に接合された緩衝部48'に接合されている。緩衝部48'は、緩衝部48の形成に使用されるワイヤ材料691より直径が大きいワイヤ材料を使用して、緩衝部48と同様にして形成される。ワイヤ41～46は構成材料がCuであり、ワイヤ47（コンスタンタン）ほどではないが、従来のワイヤに使用されていたAlと比較すると十分に硬い。したがって、ワイヤ41～46を第1電極111に直接接合すると、接合の衝撃で半導体素子11が損傷する可能性がある。本変形例によると、半導体装置A12は、ワイヤ41～46の接合時に半導体素子11に加わる衝撃を緩和し、半導体素子11の損傷を抑制できる。

[0103] 第3変形例：

図24は、第1実施形態の第3変形例にかかる半導体装置A13を説明す

るための図である。図24は、半導体装置A13の部分拡大平面図であり、図3に対応する図である。なお、図24においては、理解の便宜上、樹脂部材5を透過している。半導体装置A13は、ワイヤ47が、ワイヤ41に接合されている点で、半導体装置A10と異なる。

[0104] 本変形例では、半導体装置A13は、緩衝部48を備えていない。各ワイヤ47は、緩衝部48の代わりに、ワイヤ41の第1電極111に接合された部分である接合部41aに接合されている。本変形例によると、ワイヤ47の接合時の衝撃をワイヤ41の接合部41aが吸収するので、半導体装置A13は、半導体素子11に加わる衝撃を緩和できる。また、元々必要であるワイヤ41を利用して、緩衝部48を別途設けないので、半導体装置A13は、製造工程をより簡略化できる。

[0105] 第4変形例：

図25は、第1実施形態の第4変形例にかかる半導体装置A14を説明するための図である。図25は、半導体装置A14の部分拡大平面図であり、図3に対応する図である。なお、図25においては、理解の便宜上、樹脂部材5を透過している。半導体装置A14は、ワイヤ47が、ワイヤ49に接合されている点で、半導体装置A10と異なる。

[0106] 本変形例では、並列接続された複数の半導体素子11において、スイッチング時の共振現象が発生することを抑制するために、半導体素子11の第1電極111が隣接する半導体素子11の第1電極111と、ワイヤ49によって導通接続されている。ワイヤ49の構成材料は限定されないが、本変形例では、ワイヤ41～46と同様、Cuである。ワイヤ49は、半導体素子11の並ぶ方向であるx方向に延びている。半導体装置A14は、緩衝部48を備えていない。各ワイヤ47は、緩衝部48の代わりに、ワイヤ49の第1電極111に接合された部分である接合部49aに接合されている。本変形例によると、ワイヤ47の接合時の衝撃をワイヤ49の接合部49aが吸収するので、半導体装置A14は、半導体素子11に加わる衝撃を緩和できる。また、元々必要であるワイヤ49を利用して、緩衝部48を別途設け

ないので、半導体装置A14は、製造工程をより簡略化できる。なお、本変形例では、接合部49aの延びる方向がワイヤ47の延びる方向に一致しないが、ワイヤ47を接合部49aに接合することは可能である。

[0107] 第3変形例および第4変形例から理解できるように、各ワイヤ47は、緩衝部48の代わりに、第1電極111に接合されたいずれかのワイヤの接合部分に接合することが可能である。また、当該接合部分の延びる方向はワイヤ47の延びる方向に一致するのが望ましいが、一致しない場合でも、ワイヤ47を接合することは可能である。

[0108] なお、第1実施形態において、第1～第4変形例の各部が任意に組み合わせられてもよい。

[0109] 図26～図28は、本開示の他の実施形態を示している。なお、これらの図において、上記実施形態と同一または類似の要素には、上記実施形態と同一の符号を付して、重複する説明を省略する。

[0110] 第2実施形態：

図26および図27は、本開示の第2実施形態にかかる半導体装置A20を説明するための図である。図26は、半導体装置A20を示す部分拡大平面図であり、図3に対応する図である。なお、図26においては、理解の便宜上、樹脂部材5を透過している。図27は、図26のXXV11-XXV11線に沿う断面図である。本実施形態にかかる半導体装置A20は、ワイヤ41～45の構成材料がA1である点で、第1実施形態にかかる半導体装置A10と異なる。本実施形態の他の部分の構成および動作は、第1実施形態と同様である。なお、上記の第1実施形態および各変形例の各部が任意に組み合わせられてもよい。

[0111] 本実施形態にかかる本実施形態に係るワイヤ41～45の構成材料はA1である。これに合わせて、本実施形態に係る半導体素子11の第1電極111は、図27に示すように、第2金属層111bを備えておらず、構成材料がA1である第1金属層111aが表面に位置している。また、ワイヤ44が第1電極111に接合された緩衝部48に接合され、ワイヤ41, 45が

第1電極111に接合された緩衝部48'に接合されている。緩衝部48'は、ワイヤ41、45より直径が大きいワイヤ材料を使用して緩衝部48と同様にして形成される。本実施形態では、緩衝部48、48'の構成材料はAlである。

[0112] 本実施形態によると、ワイヤ41、44、45の接合時の衝撃を緩衝部48、48'が吸収するので、半導体装置A20は、半導体素子11に加わる衝撃を緩和できる。また、緩衝部48、48'は、ウエッジボンディングにより形成されるので、製造工程を簡略化できる。したがって、半導体装置A20は、製造コストの増加を抑制できる。また、半導体装置A20は、半導体装置A10と共通する構成により、半導体装置A10と同等の効果を奏する。本実施形態から理解できるように、半導体素子11は、第1電極111が第2金属層111bを備えている場合に限定されない。

[0113] 第3実施形態：

図28は、本開示の第3実施形態にかかる半導体装置A30を説明するための図である。図28は、半導体装置A30を示す部分拡大断面図である。本実施形態にかかる半導体装置A30は、半導体素子11の近くまで延出した端子39をさらに備え、ワイヤ41が端子39をまたぐように形成されている点で、第1実施形態にかかる半導体装置A10と異なる。本実施形態の他の部分の構成および動作は、第1実施形態と同様である。なお、上記の第1～2実施形態および各変形例の各部が任意に組み合わせられてもよい。

[0114] 本実施形態にかかる半導体装置A30は、半導体素子11の近くまで延出した端子39をさらに備えている。ワイヤ41は、端子39をz方向z2側にまたぐように形成されている。また、ワイヤ41は、第1電極111の第2金属層111bに接合された緩衝部48'に接合されている。緩衝部48'は、ワイヤ41より直径が大きいワイヤ材料を使用して緩衝部48と同様にして形成される。一方、ワイヤ45は、第1電極111の第2金属層111bに直接接合されている。

[0115] 本実施形態によると、ワイヤ41の接合時の衝撃を緩衝部48'が吸収す

るので、半導体装置A30は、半導体素子11に加わる衝撃を緩和できる。また、緩衝部48'は、ウエッジボンディングにより形成されるので、製造工程を簡略化できる。したがって、半導体装置A30は、製造コストの増加を抑制できる。また、半導体装置A30は、半導体装置A10と共通する構成により、半導体装置A10と同等の効果を奏する。本実施形態では、ワイヤ41は、端子39をz方向z2側にまたぐように形成される。このとき、ウエッジツールがz方向z2側に大きく引き上げられることで、ワイヤ41の最初に接合された部位がz方向z2側に引っ張られる。ワイヤ41が第2金属層111bに直接接合されていると、第2金属層111bが第1金属層111aから剥離する場合がある。本実施形態では、ワイヤ41が第2金属層111bに接合された緩衝部48'に接合されているので、張力が緩衝部48'によって緩和され、第2金属層111bの剥離を抑制できる。このように、緩衝部48, 48'は、ワイヤ接合時の衝撃を吸収するだけでなく、ワイヤ接合後にかかる張力を緩和する機能も有する。

[0116] 第4実施形態：

図29は、本開示の第4実施形態にかかる半導体装置A40を説明するための図である。図29は、半導体装置A40の平面図であり、図2に対応する図である。図29においては、理解の便宜上、樹脂部材5を透過して、樹脂部材5の外形を想像線（二点鎖線）で示している。本実施形態にかかる半導体装置A40は、パッケージ形式が、第1実施形態にかかる半導体装置A10と異なる。本実施形態の他の部分の構成および動作は、第1実施形態と同様である。なお、上記の第1～3実施形態および各変形例の各部が任意に組み合わせられてもよい。

[0117] 半導体装置A40のパッケージ形式は、DFN（Dual Flatpack No-leaded）である。半導体装置A40は、リード201～205、半導体素子11、ワイヤ41, 43, 46, 47、緩衝部48、および樹脂部材5を備えている。半導体素子11、ワイヤ41, 43, 46, 47、緩衝部48、および樹脂部材5は、第1実施形態と同様である。

- [0118] リード201～205は、半導体素子11と導通している。リード201～205は、金属からなり、好ましくはCuおよびNiのいずれか、またはこれらの合金や42アロイなどからなる。なお、リード201～205の構成材料は限定されないが、本実施形態ではCuである。リード201～205は、たとえば、金属板にスタンピング加工を施すことにより形成されたリードフレームからなる。
- [0119] 半導体素子11は、導電性接合材110（図示なし）を介して、素子裏面11b（図示なし）がリード201に接合されている。第3電極113（ドレイン電極）（図示なし）は、導電性接合材110を介して、リード201に導通している。ワイヤ41は、一端が第1電極111（ソース電極）に接合され、他端がリード204に接合されている。ワイヤ41は、第1電極111とリード204とを導通させる。ワイヤ43は、一端が第2電極112（ゲート電極）に接合され、他端がリード205に接合されている。ワイヤ43は、第2電極112とリード205とを導通させる。ワイヤ46は、一端が第1電極111に接合され、他端がリード202に接合されている。ワイヤ47は、一端が第1電極111に接合された緩衝部48に接合され、他端がリード203に接合されている。リード202、203が、半導体素子11の温度を検出するための端子になる。
- [0120] 本実施形態においても、ワイヤ47は、第1電極111に直接接合されるのではなく、緩衝部48に接合されている。ワイヤ47の接合時の衝撃を緩衝部48が吸収するので、半導体装置A40は、半導体素子11に加わる衝撃を緩和できる。また、緩衝部48は、ワイヤ材料691が使用され、ウエッジボンディングにより形成される。緩衝部48は、ワイヤ41の形成（S42）と同じウエッジツール6および同じワイヤ材料691を使用して形成できるので、S42の工程と連続して形成することで、製造工程を簡略化できる。したがって、半導体装置A40は、製造コストの増加を抑制できる。
- [0121] 本開示にかかる半導体装置、および、半導体装置の製造方法は、先述した実施形態に限定されるものではない。本開示にかかる半導体装置の各部の具

体的な構成、および、本開示にかかる半導体装置の製造方法の各工程の具体的な処理は、種々に設計変更自在である。本開示は、以下の付記に記載した実施形態を含む。

[0122] 付記 1.

厚さ方向（z 方向）において互いに反対側を向く素子主面（11a）および素子裏面（11b）と、前記素子主面に配置された第 1 電極（111）と、を有する半導体素子（11）と、

前記第 1 電極に導通接合された緩衝部（48）と、

前記緩衝部に導通接合され、かつ、第 1 金属を含む第 1 ワイヤ（47）と、

を備えている半導体装置。

付記 2、図 7.

前記緩衝部は、

前記第 1 電極に接する底面（482）と、

前記厚さ方向において前記底面とは反対側を向く頂面（481）と、

前記厚さ方向に視て前記頂面の両側に配置されており、かつ、平坦である一对の被押圧面（483）と、

を備え、

前記一对の被押圧面は、前記厚さ方向において前記底面側ほど互いに離れている、

付記 1 に記載の半導体装置。

付記 3.

前記第 1 ワイヤは、前記頂面に接合されている、

付記 2 に記載の半導体装置。

付記 4、図 7.

前記緩衝部の、前記一对の被押圧面が並ぶ方向の寸法（D1）は、前記第 1 ワイヤの直径（D2）より大きい、

付記 2 または 3 に記載の半導体装置。

付記 5、第 3 変形例（図 2 4）、第 4 変形例（図 2 5）。

前記緩衝部は、前記第 1 電極に導通接合された第 2 ワイヤ（4 1、4 9）である、

付記 1 ないし 4 のいずれかに記載の半導体装置。

付記 6。

前記緩衝部は、Cu を含んでいる、

付記 1 ないし 5 のいずれかに記載の半導体装置。

付記 7。

前記第 1 電極は、前記緩衝部に接する金属層（1 1 1 b）を備えている、

付記 1 ないし 6 のいずれかに記載の半導体装置。

付記 8。

前記金属層は、Cu を含むめっき層である、

付記 7 に記載の半導体装置。

付記 9。

前記金属層の前記厚さ方向の寸法は 5 0 μ m 以下である、

付記 7 または 8 に記載の半導体装置。

付記 1 0。

前記金属層の構成材料は、前記緩衝部と同じである、

付記 7 ないし 9 のいずれかに記載の半導体装置。

付記 1 1。

前記第 1 ワイヤは、前記金属層よりビッカース硬さが大きい、

付記 7 ないし 1 0 のいずれかに記載の半導体装置。

付記 1 2。

前記第 1 金属とは熱電能が異なる第 2 金属を含む第 3 ワイヤ（4 6）をさらに備え、

前記第 3 ワイヤは、前記第 1 電極に接合されている、

付記 1 ないし 1 1 のいずれかに記載の半導体装置。

付記 1 3。

前記第 1 金属は、コンスタンタンであり、  
 前記第 2 金属は、Cu である、  
 付記 1 2 に記載の半導体装置。

付記 1 4、図 1 0、

半導体素子の第 1 電極に、ワイヤ材料（6 9 1）を接合して切断すること  
 で、緩衝部を形成する緩衝部形成工程（S 4 1）と、

前記緩衝部に第 1 ワイヤを接合する第 1 ワイヤ接合工程（S 4 4）と、  
 を備えている、  
 半導体装置の製造方法。

付記 1 5、

前記ワイヤ材料の直径は前記第 1 ワイヤの直径より大きい、  
 付記 1 4 に記載の半導体装置の製造方法。

付記 1 6、

前記緩衝部の延びる方向は、前記第 1 ワイヤの延びる方向と同じである、  
 付記 1 4 または 1 5 に記載の半導体装置の製造方法。

## 符号の説明

[0123] A 1 0, A 1 1, A 1 2, A 1 3, A 1 4, A 2 0, A 3 0, A 4 0 : 半導体装置

1 1, 1 2 : 半導体素子      1 1 a, 1 2 a : 素子主面

1 1 b, 1 2 b : 素子裏面      1 1 0, 1 2 0 : 導電性接合材

1 1 1 : 第 1 電極      1 1 1 a : 第 1 金属層

1 1 1 b : 第 2 金属層      1 1 2 : 第 2 電極

1 1 3 : 第 3 電極      1 2 1 : アノード電極

1 2 2 : カソード電極      2 : 支持部材

2 1 : 絶縁基板      2 1 1 : 主面

2 1 2 : 裏面      2 2 : 主面金属層

2 2 1, 2 2 2, 2 2 3, 2 2 4, 2 2 5, 2 2 6, 2 2 7 : 導電体層

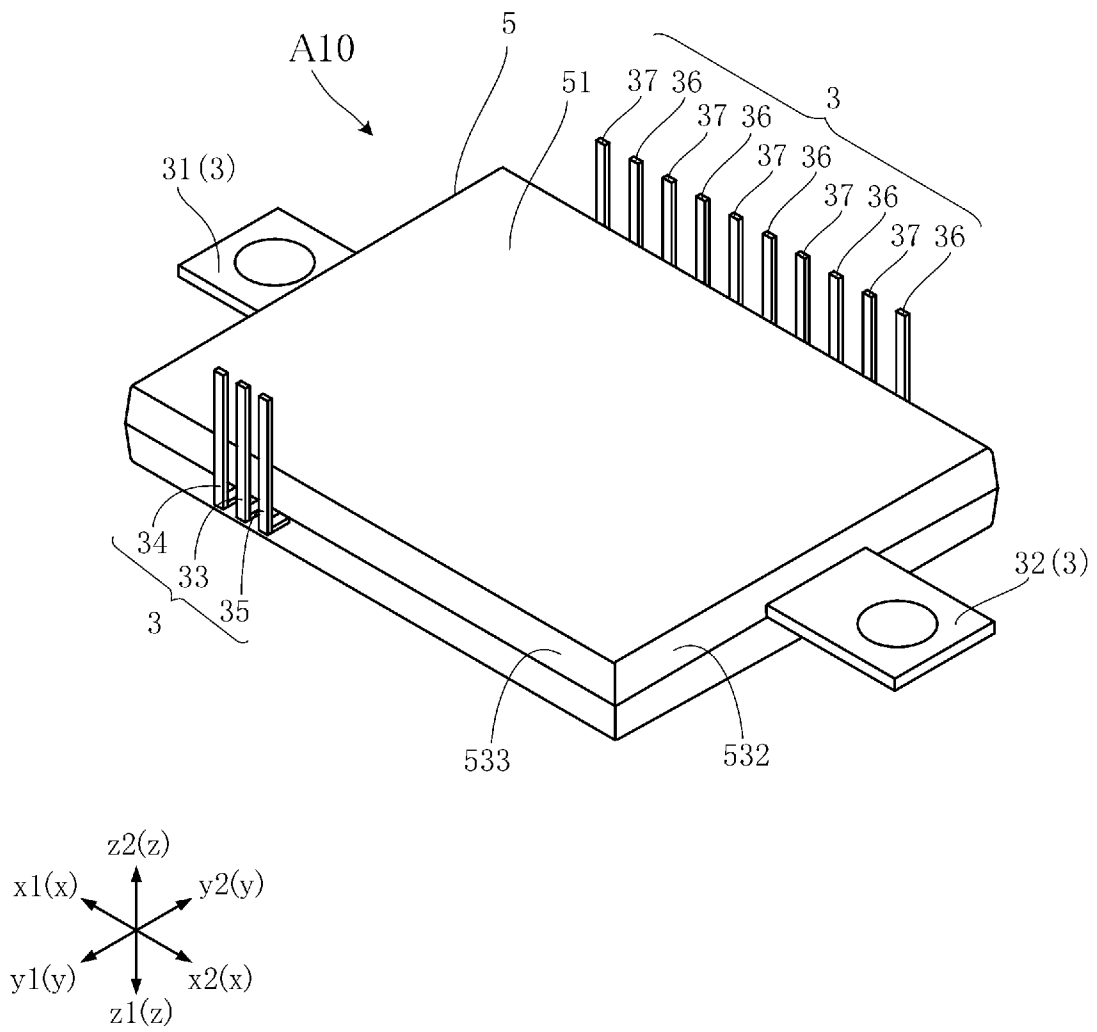
2 2 1 a, 2 2 2 a, 2 2 3 a, 2 2 4 a : 帯状部

2 2 1 b, 2 2 2 b, 2 2 3 b, 2 2 4 b : 端子接合部  
2 3 : 裏面金属層      2 0 1 ~ 2 0 5 : リード  
3, 3 9 : 端子      3 1, 3 2 : 電力端子  
3 3 : 信号端子      3 4, 3 5 : 検出端子  
3 6, 3 7 : 温度検出端子  
3 1 1, 3 2 1, 3 3 1, 3 4 1, 3 5 1, 3 6 1, 3 7 1 : パッド部  
3 1 2, 3 2 2, 3 3 2, 3 4 2, 3 5 2, 3 6 2, 3 7 2 : 端子部  
4 1 ~ 4 7, 4 9 : ワイヤ      4 8, 4 8' : 緩衝部  
4 8 1 : 頂面      4 8 2 : 底面  
4 8 3 : 被押圧面      4 8 4 : 切断面  
4 8 9 : 外周面      4 7 a : 接点  
4 1 a, 4 9 a : 接合部      5 : 樹脂部材  
5 1 : 樹脂主面      5 2 : 樹脂裏面  
5 3 1, 5 3 2, 5 3 3, 5 3 4 : 樹脂側面  
6 : ウエッジツール      6 1 : ウエッジ  
6 1 1 : ガイド溝      6 1 1 a : 内面  
6 2 : ワイヤガイド      6 3 : カッタ  
6 8 : 接合対象      6 9, 6 9 1 ~ 6 9 3 : ワイヤ材料  
7 : 駆動装置      7 1 : 基板  
7 1 1 : 主面      7 1 2 : 裏面  
7 2 1 ~ 7 2 5 : 端子      7 3 : 相対温度検出部  
7 4 : 基準接点補償部      7 5 : 過熱保護部  
7 6 : 駆動制御部      9 1 : 絶縁基板  
9 1 1 : 主面      9 1 2 : 裏面  
9 2 : リードフレーム      9 3 : 導電性接合ペースト  
DR : ドライブ回路      MC : ミラーランプ回路

## 請求の範囲

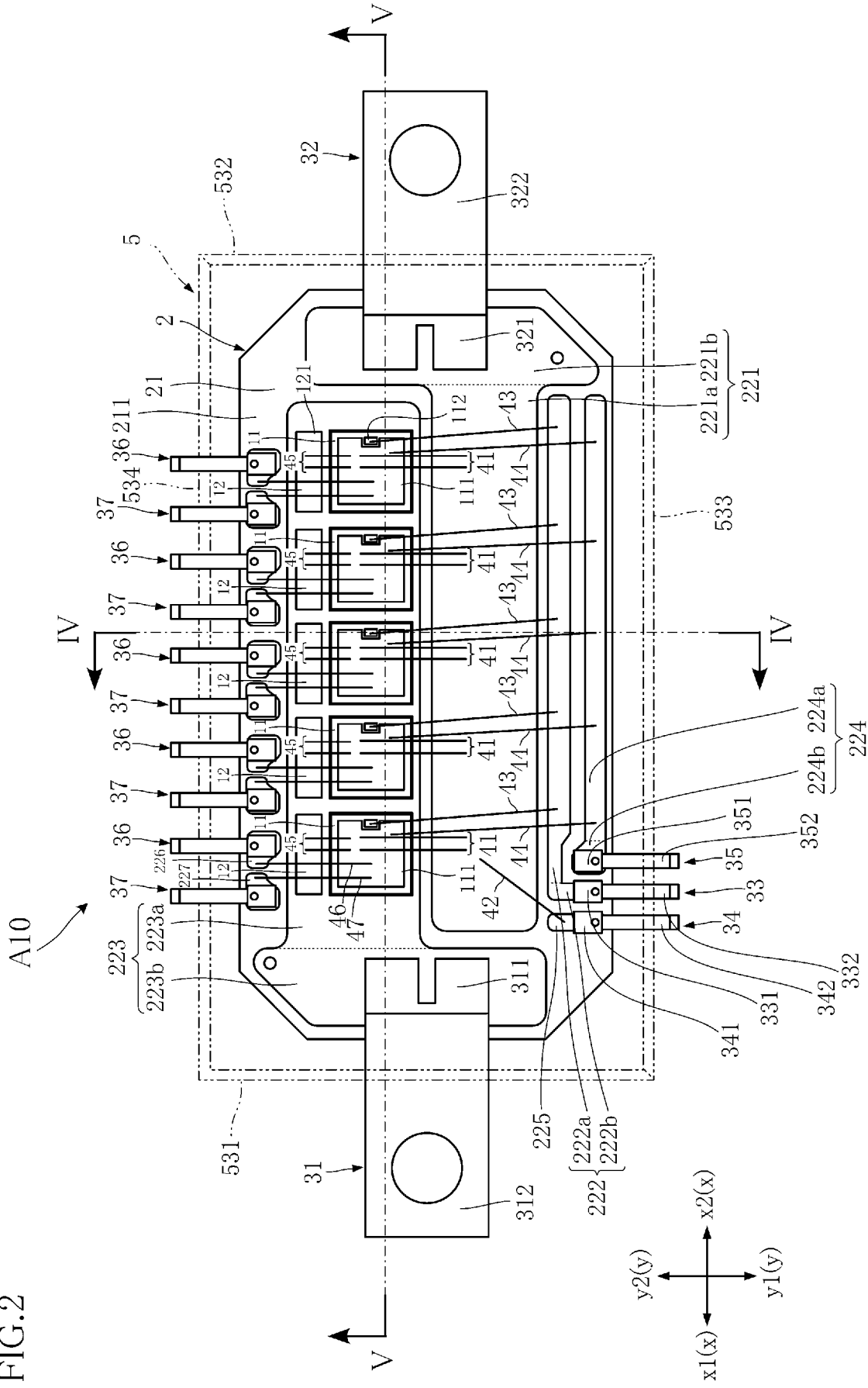
- [請求項1] 厚さ方向において互いに反対側を向く素子主面および素子裏面と、前記素子主面に配置された第1電極と、を有する半導体素子と、前記第1電極に導通接合された緩衝部と、前記緩衝部に導通接合され、かつ、第1金属を含む第1ワイヤと、を備えている半導体装置。
- [請求項2] 前記緩衝部は、前記第1電極に接する底面と、前記厚さ方向において前記底面とは反対側を向く頂面と、前記厚さ方向に視て前記頂面の両側に配置されており、かつ、平坦である一对の被押圧面と、を備え、前記一对の被押圧面は、前記厚さ方向において前記底面側ほど互いに離れている、請求項1に記載の半導体装置。
- [請求項3] 前記第1ワイヤは、前記頂面に接合されている、請求項2に記載の半導体装置。
- [請求項4] 前記緩衝部の、前記一对の被押圧面が並ぶ方向の寸法は、前記第1ワイヤの直径より大きい、請求項2または3に記載の半導体装置。
- [請求項5] 前記緩衝部は、前記第1電極に導通接合された第2ワイヤである、請求項1ないし4のいずれかに記載の半導体装置。
- [請求項6] 前記緩衝部は、Cuを含んでいる、請求項1ないし5のいずれかに記載の半導体装置。
- [請求項7] 前記第1電極は、前記緩衝部に接する金属層を備えている、請求項1ないし6のいずれかに記載の半導体装置。
- [請求項8] 前記金属層は、Cuを含むめっき層である、請求項7に記載の半導体装置。

- [請求項9] 前記金属層の前記厚さ方向の寸法は50 $\mu$ m以下である、請求項7または8に記載の半導体装置。
- [請求項10] 前記金属層の構成材料は、前記緩衝部と同じである、請求項7ないし9のいずれかに記載の半導体装置。
- [請求項11] 前記第1ワイヤは、前記金属層よりビッカース硬さが大きい、請求項7ないし10のいずれかに記載の半導体装置。
- [請求項12] 前記第1金属とは熱電能が異なる第2金属を含む第3ワイヤをさらに備え、  
前記第3ワイヤは、前記第1電極に接合されている、請求項1ないし11のいずれかに記載の半導体装置。
- [請求項13] 前記第1金属は、コンスタンタンであり、  
前記第2金属は、Cuである、  
請求項12に記載の半導体装置。
- [請求項14] 半導体素子の第1電極に、ワイヤ材料を接合して切断することで、緩衝部を形成する緩衝部形成工程と、  
前記緩衝部に第1ワイヤを接合する第1ワイヤ接合工程と、  
を備えている、  
半導体装置の製造方法。
- [請求項15] 前記ワイヤ材料の直径は前記第1ワイヤの直径より大きい、請求項14に記載の半導体装置の製造方法。
- [請求項16] 前記緩衝部の延びる方向は、前記第1ワイヤの延びる方向と同じである、  
請求項14または15に記載の半導体装置の製造方法。

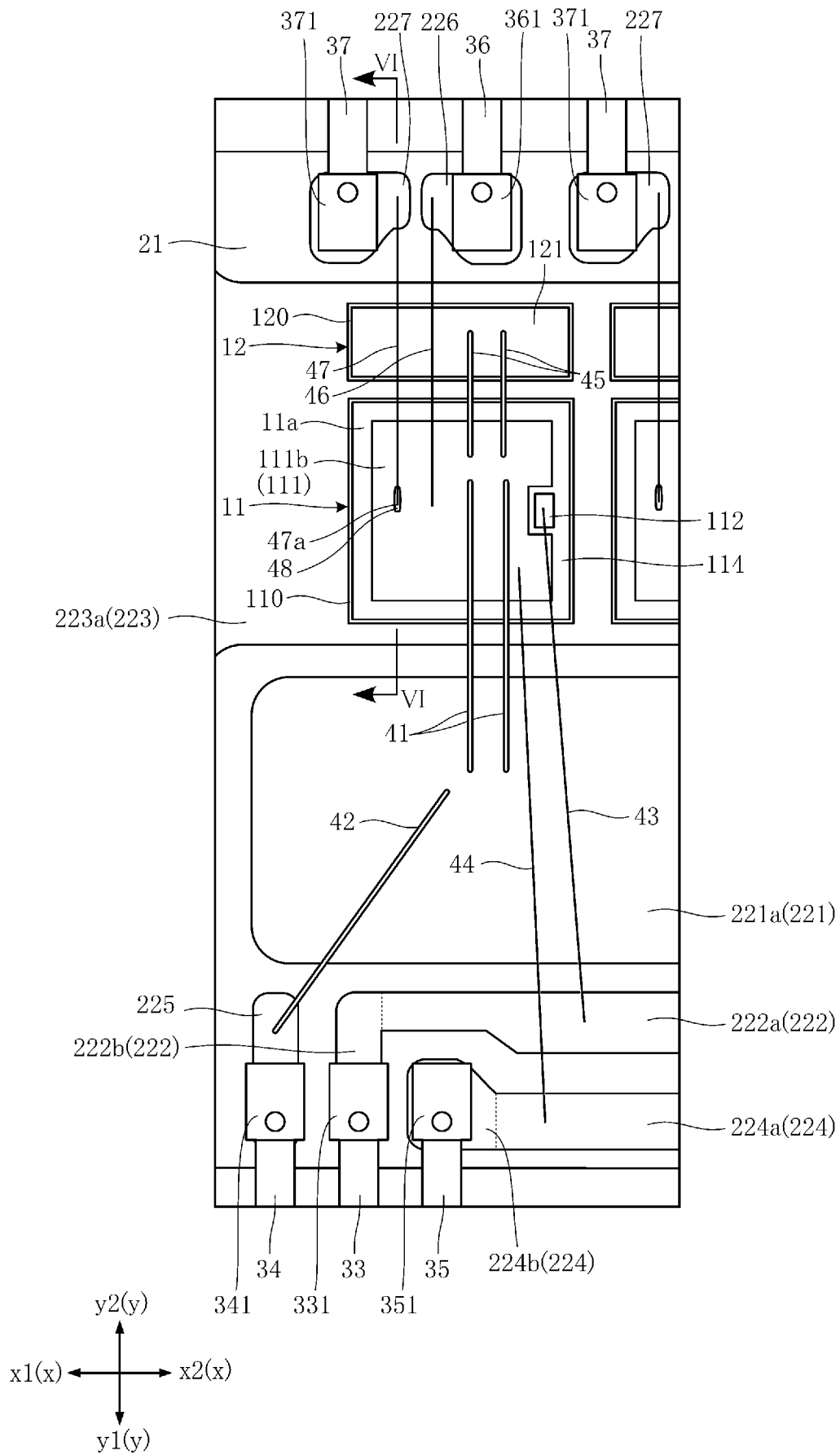
[図1]  
FIG.1

[FIG. 2]

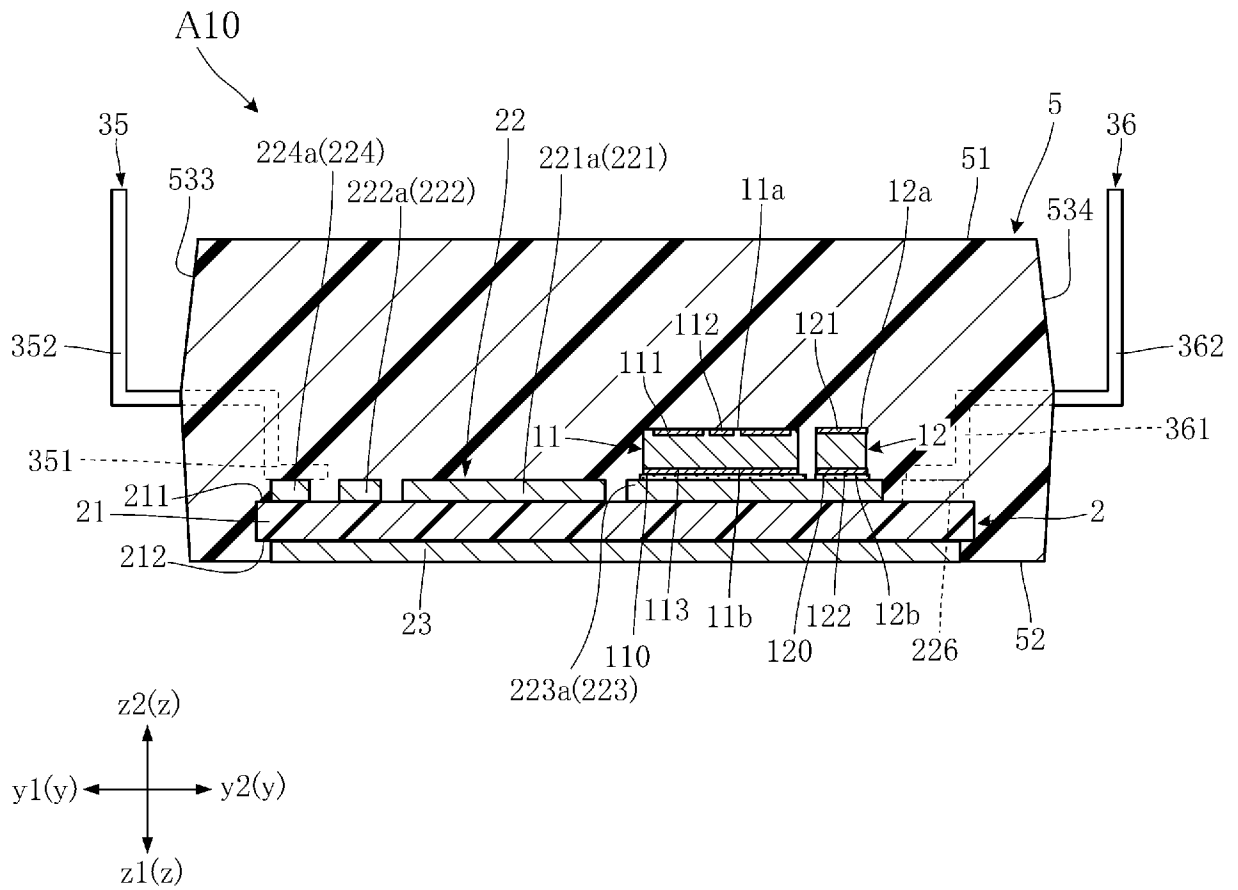
FIG. 2



[図3]  
FIG.3

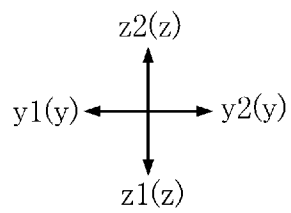
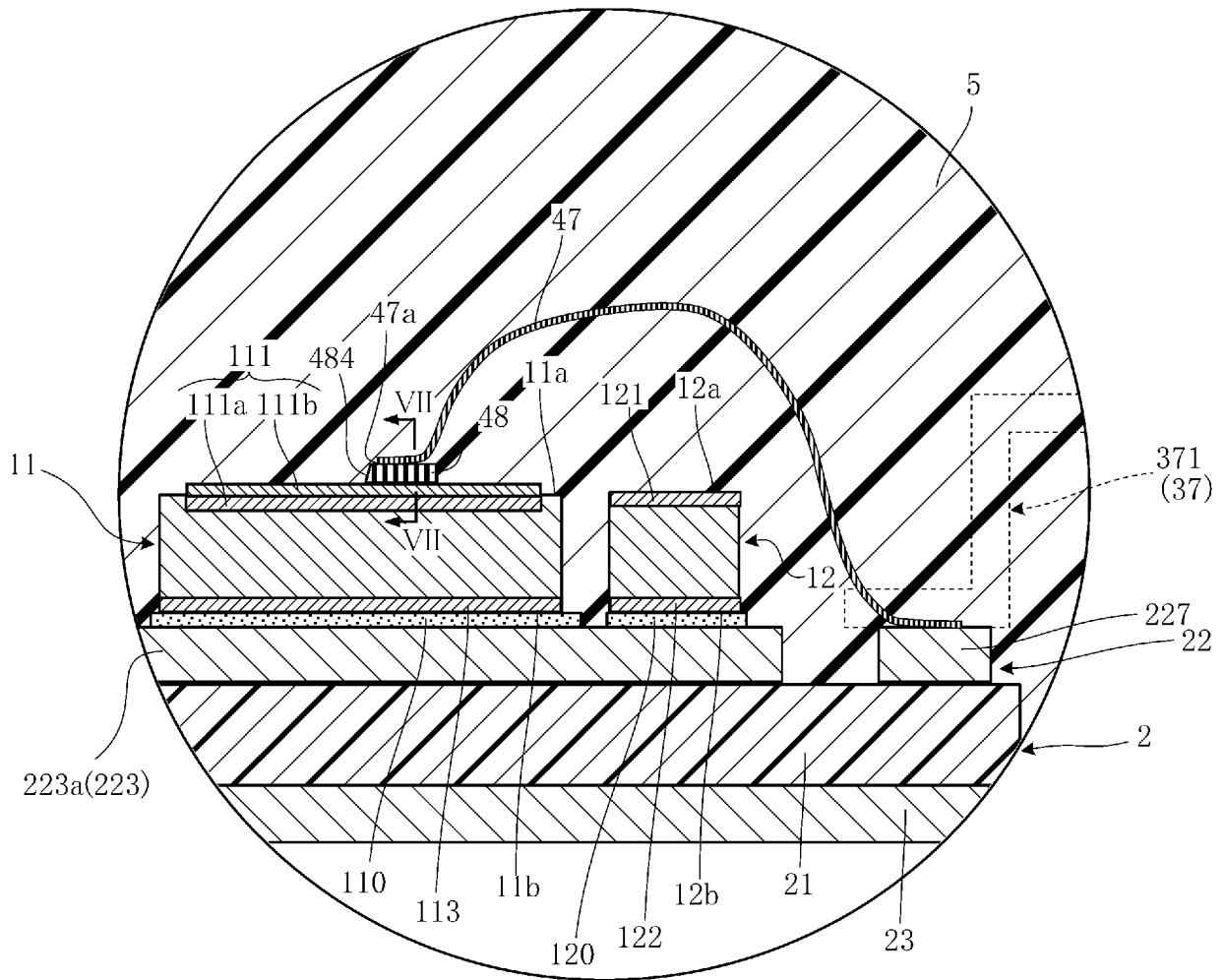


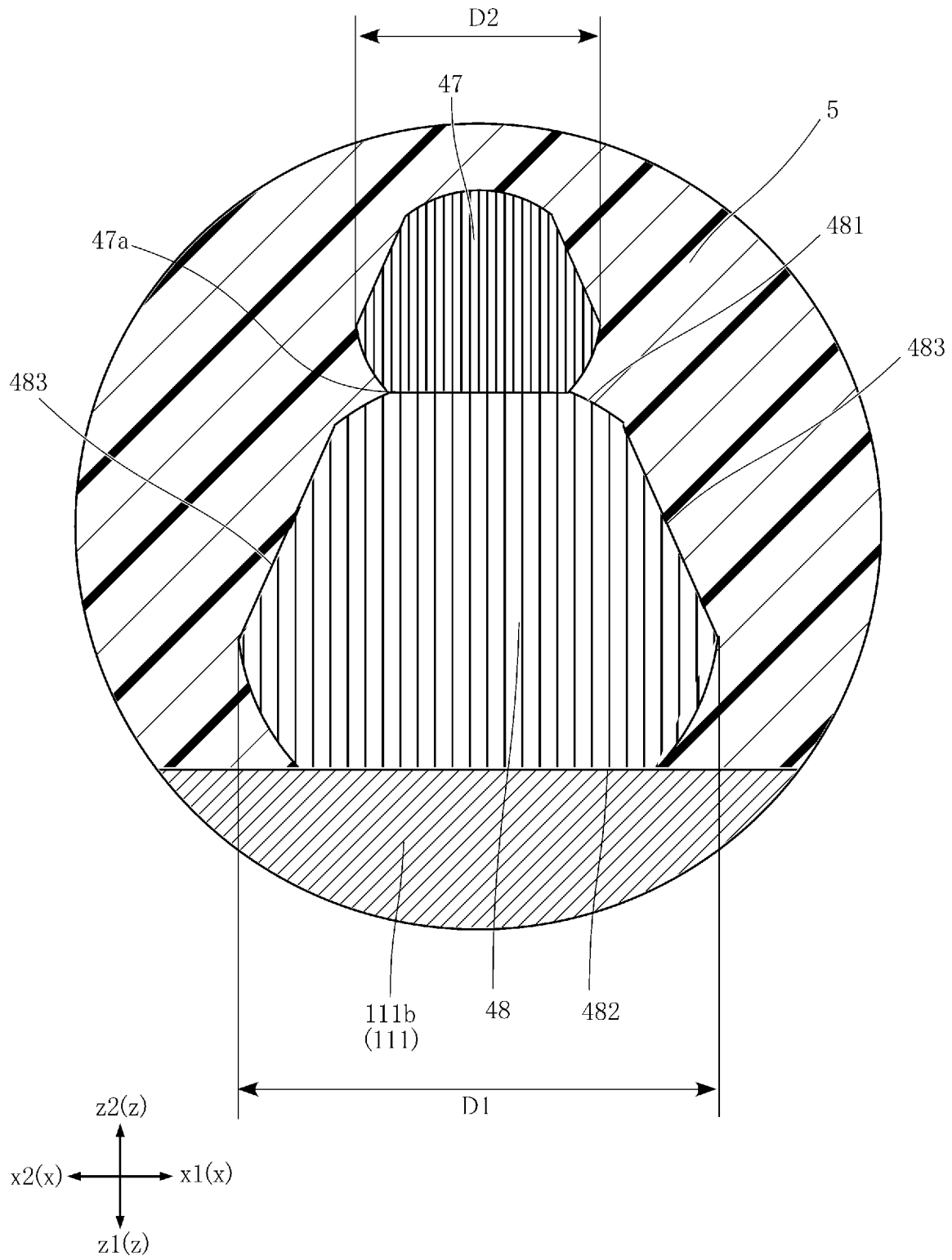
[図4]  
FIG.4

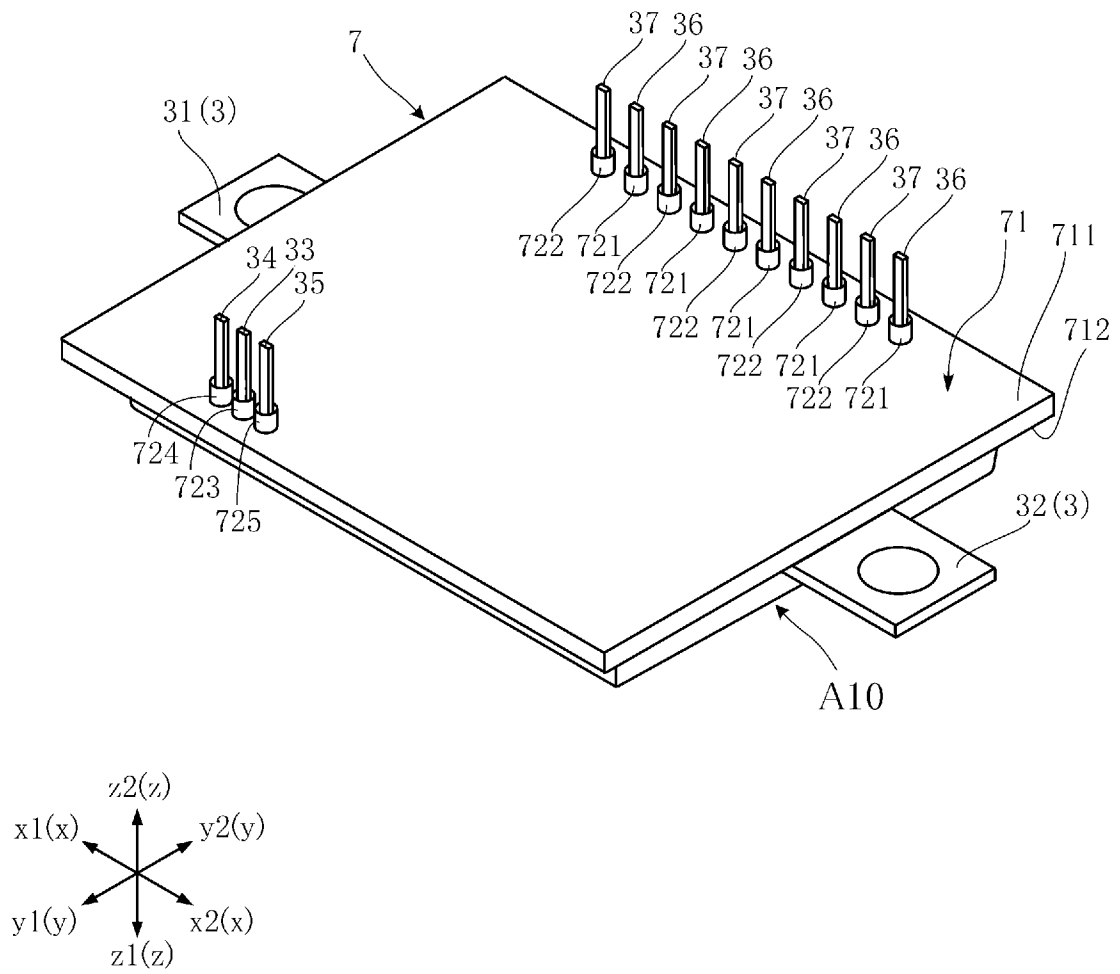




[図6]  
FIG.6

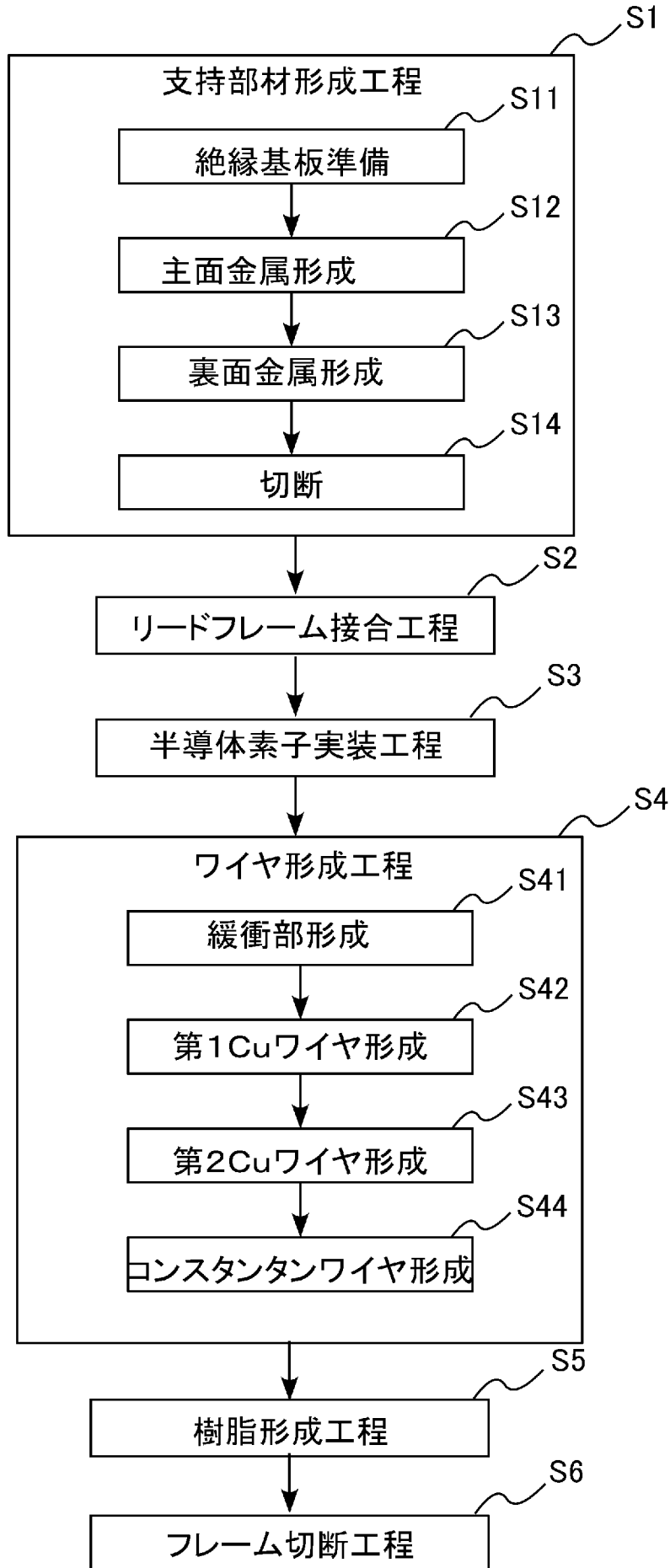


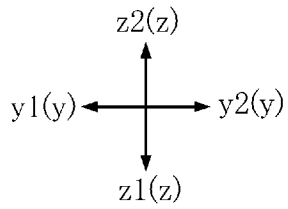
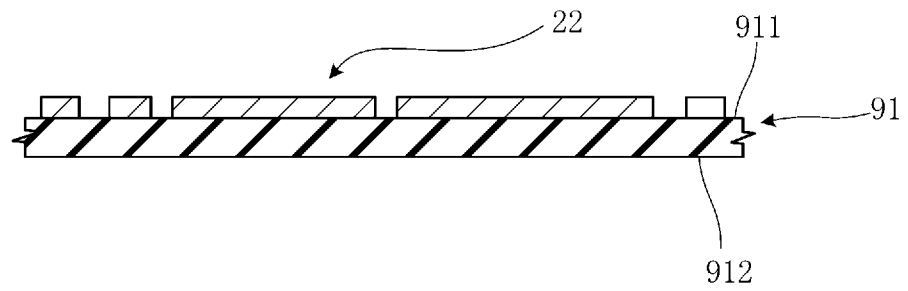
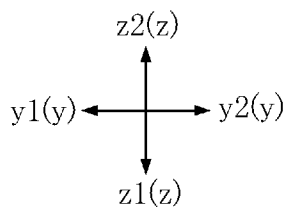
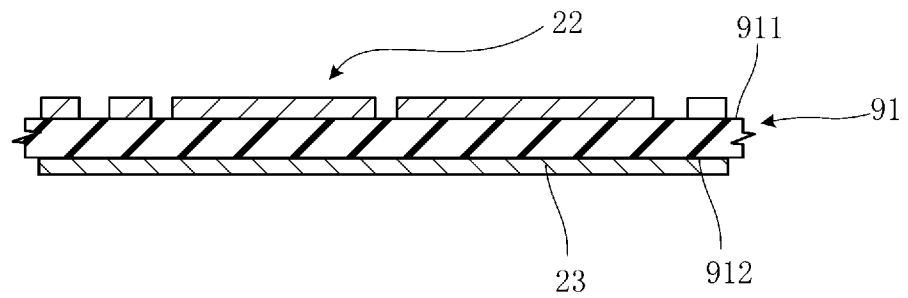
[図7]  
FIG.7

[図8]  
FIG.8

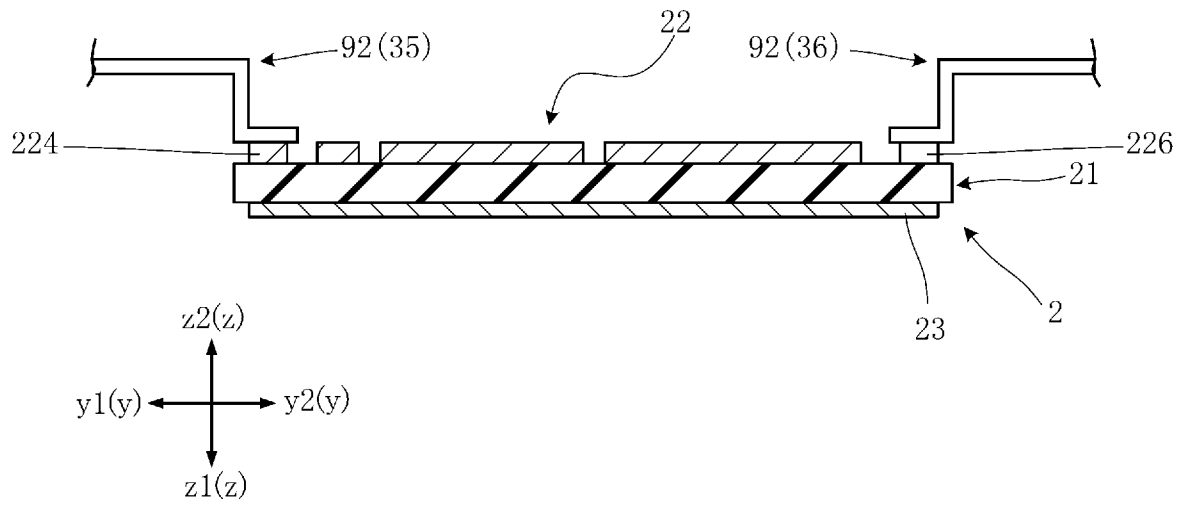


[図10]  
FIG.10

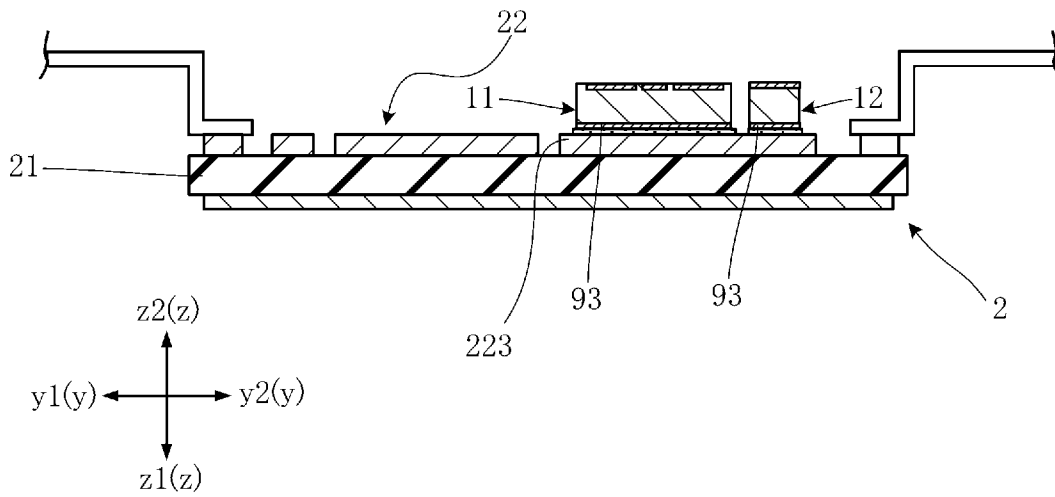


[  
FIG. 11[  
FIG. 12

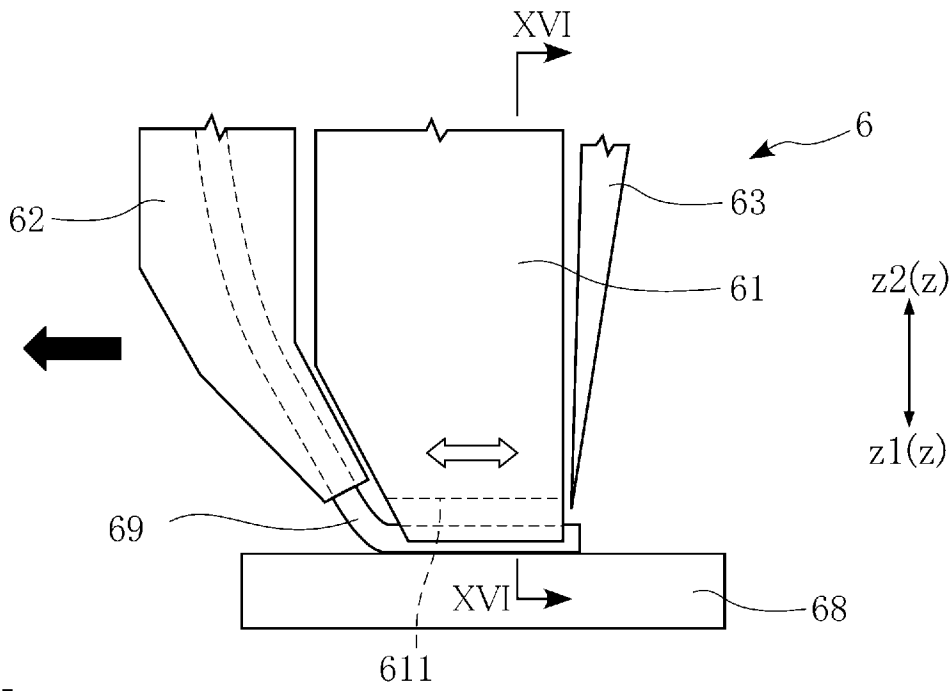
[  
FIG.13




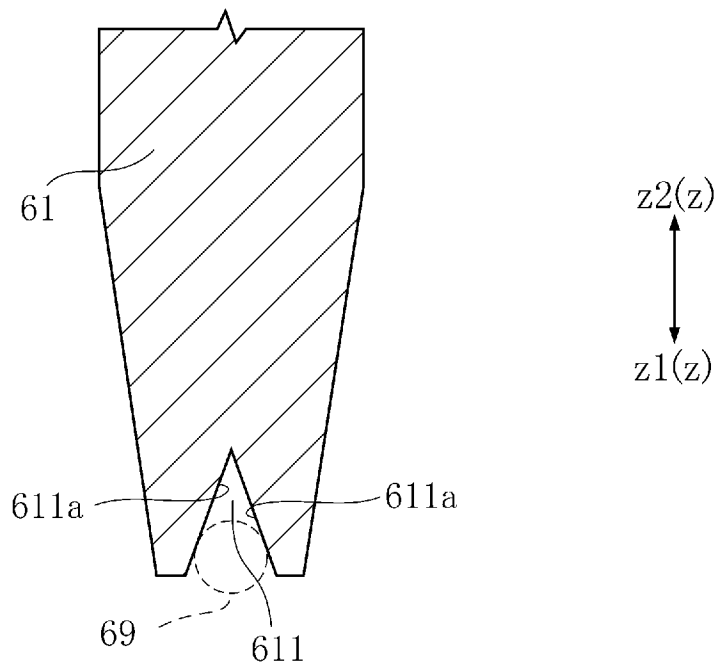
[  
FIG.14



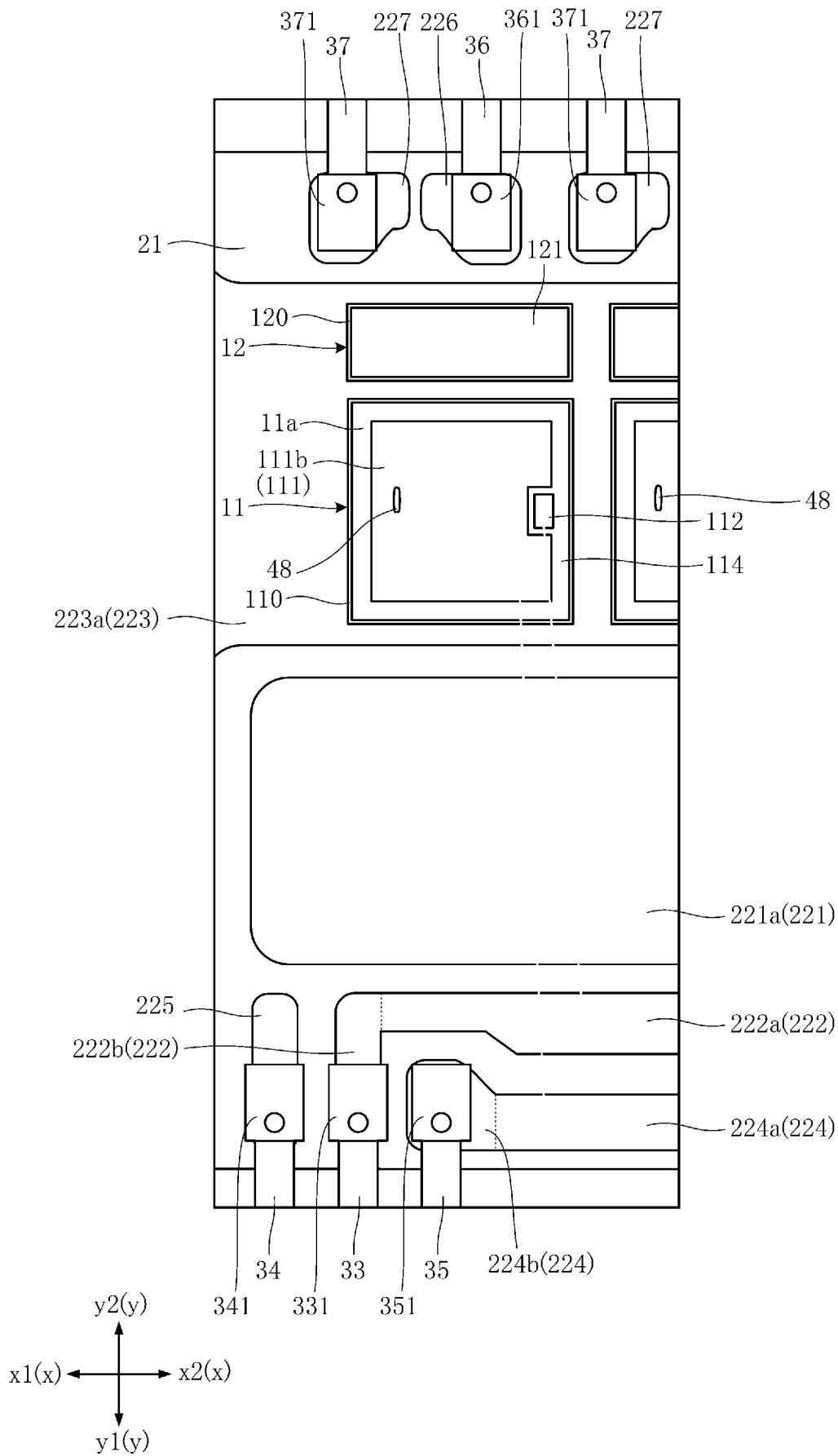
[15]  
FIG.15



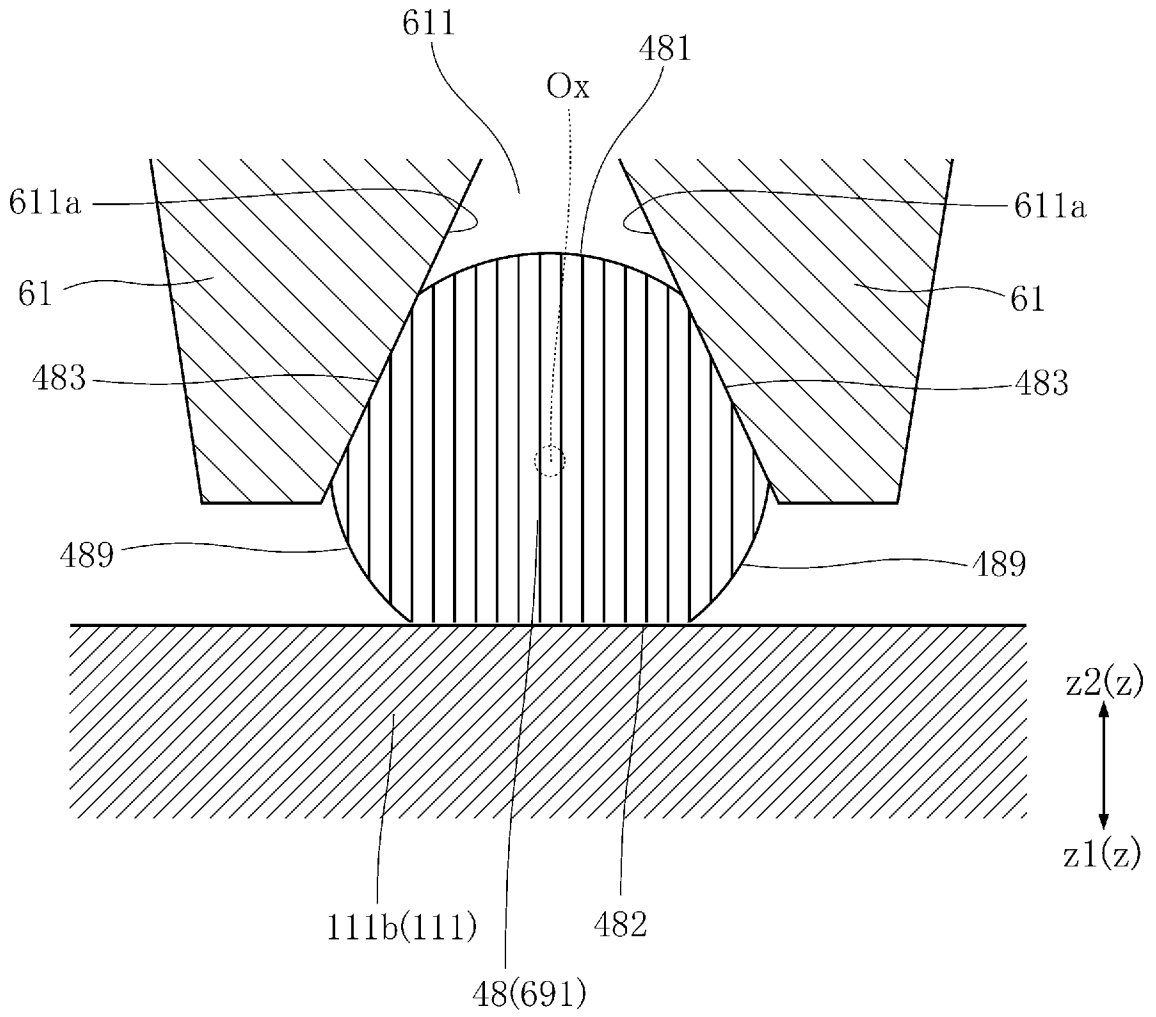
[16]  
FIG.16



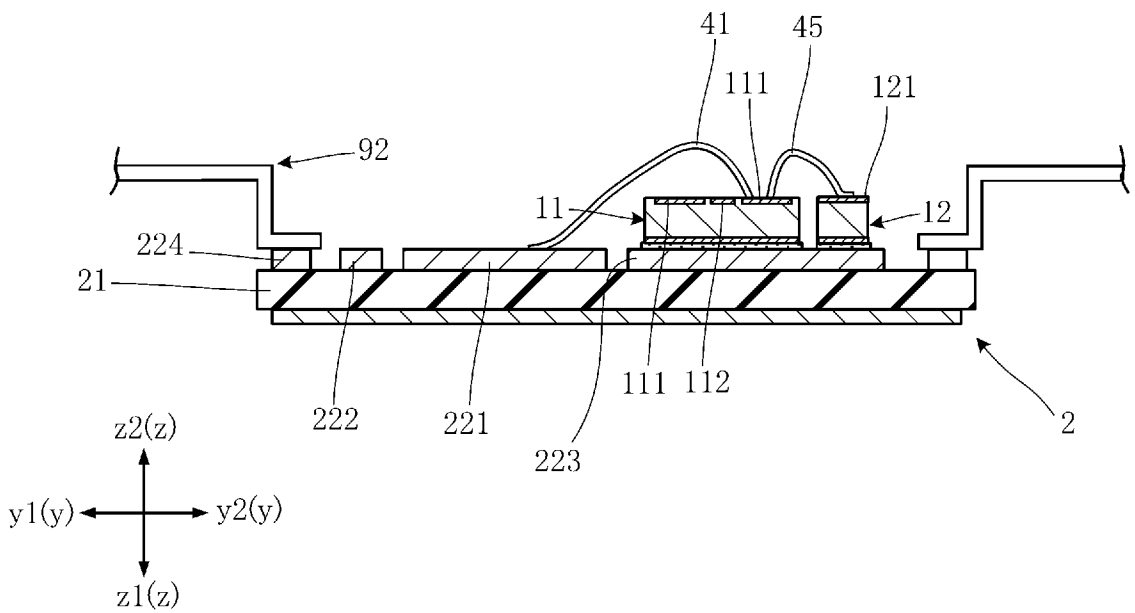
[17]  
FIG.17



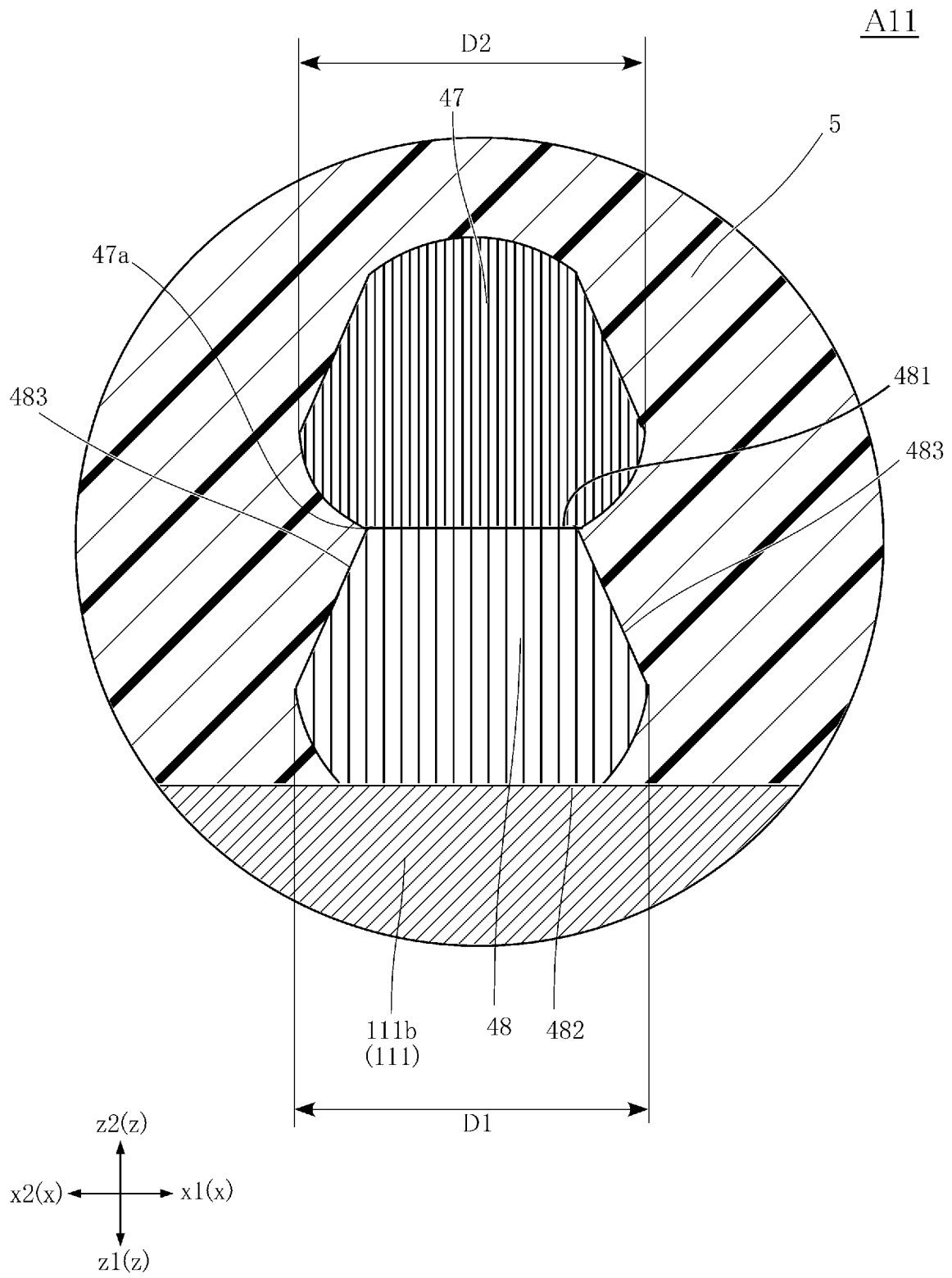
[18]  
FIG.18



[19]  
FIG.19



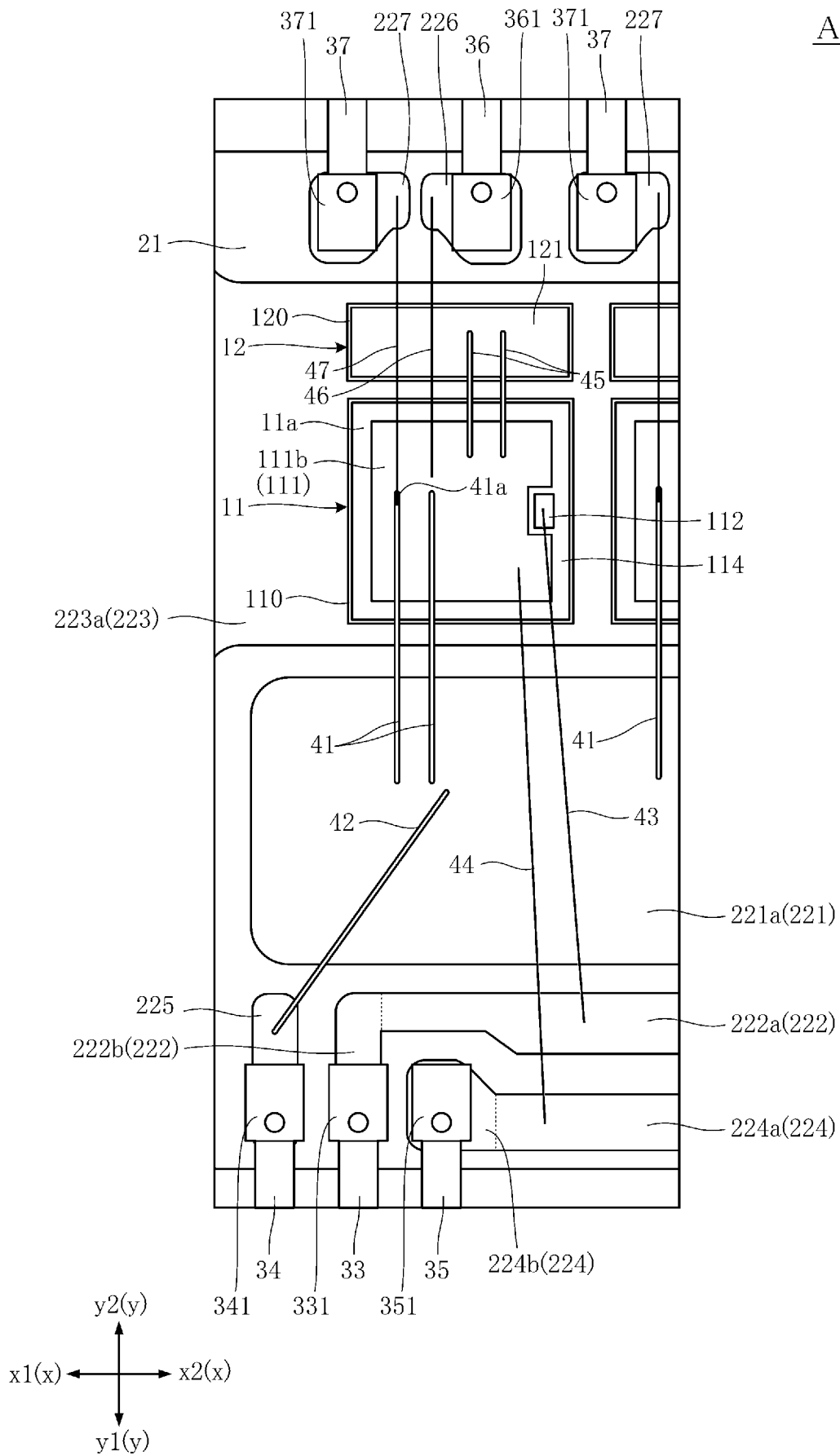


[22]  
FIG.22



[図24]  
FIG.24

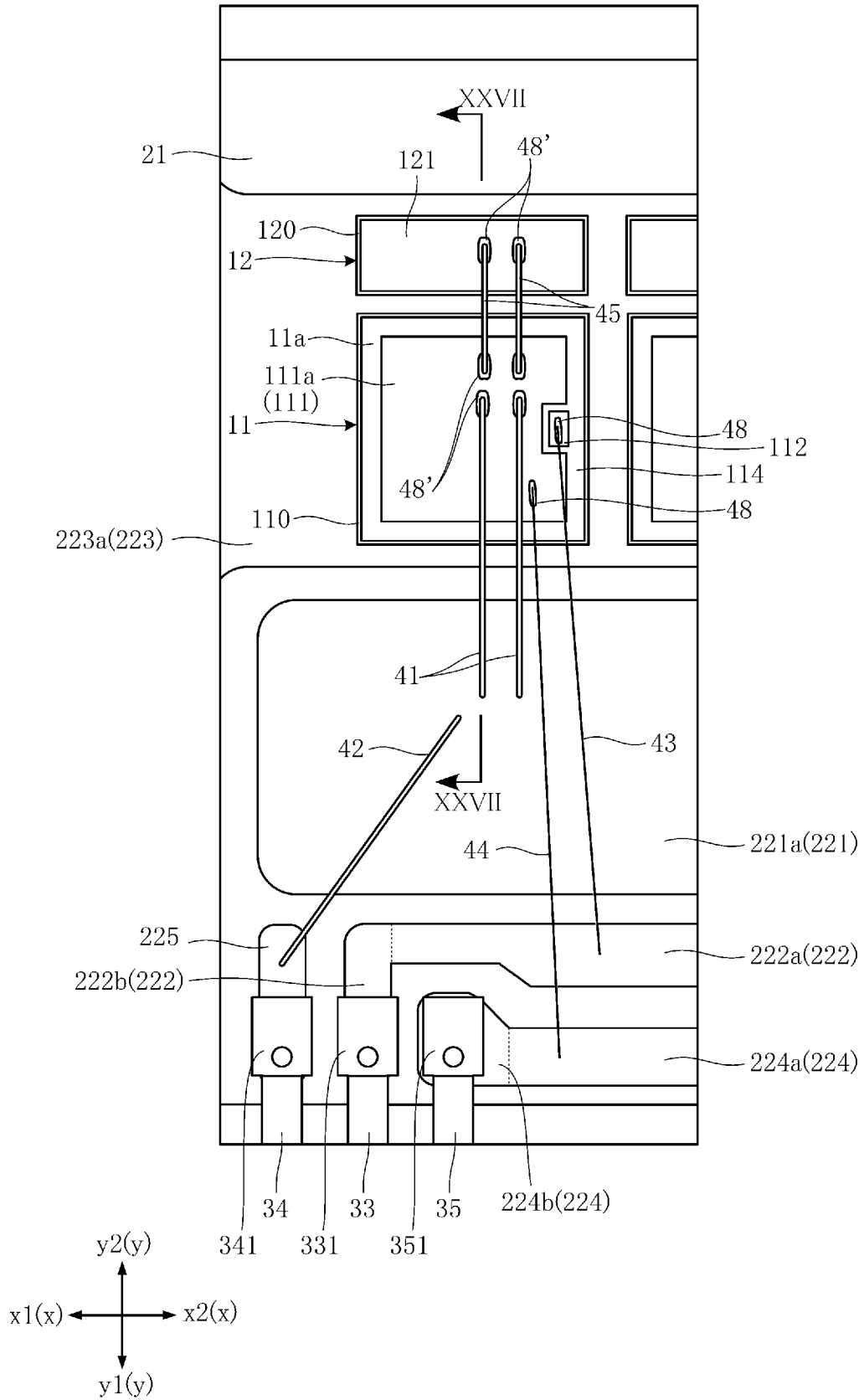
A13






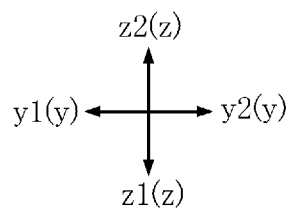
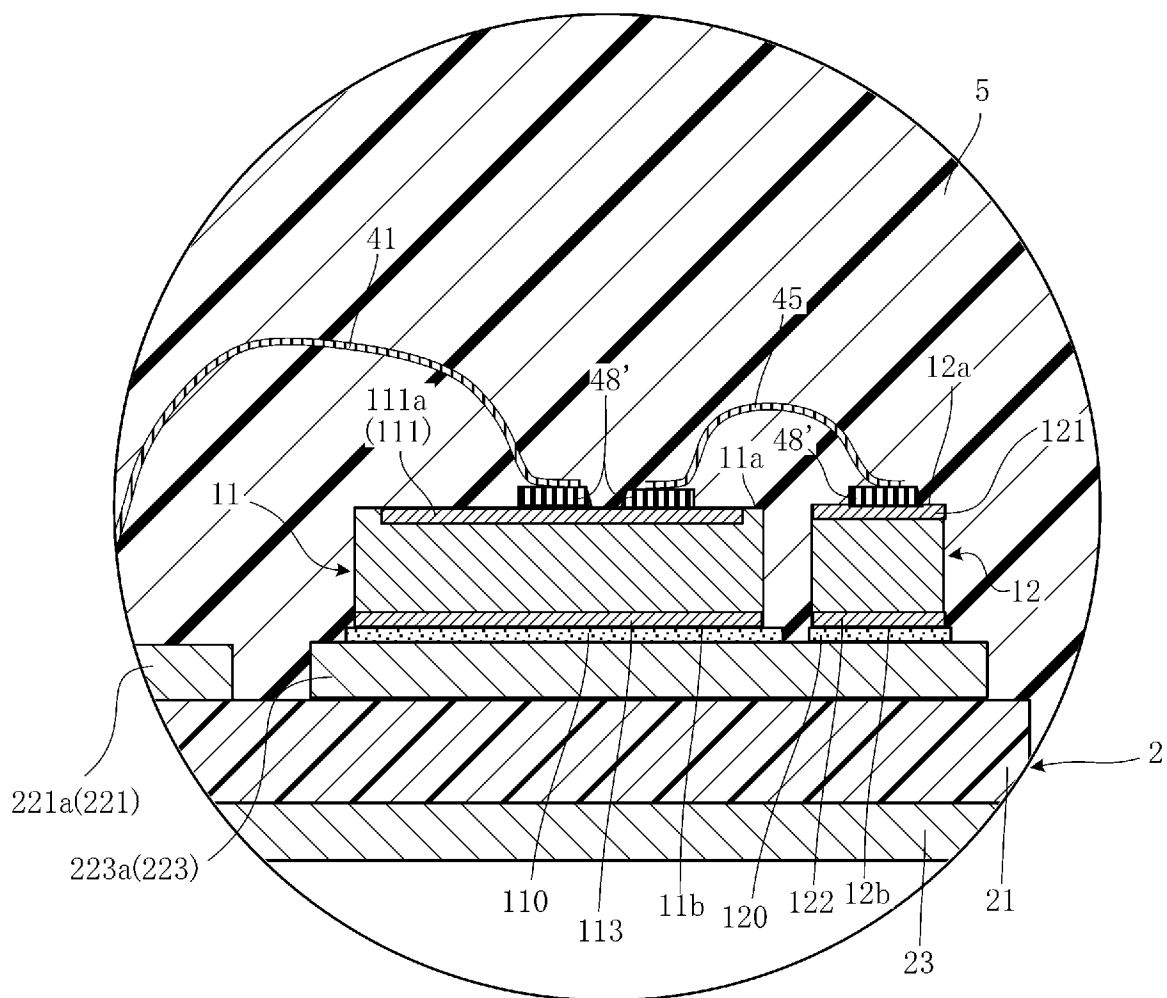
[図26]  
FIG.26

A20

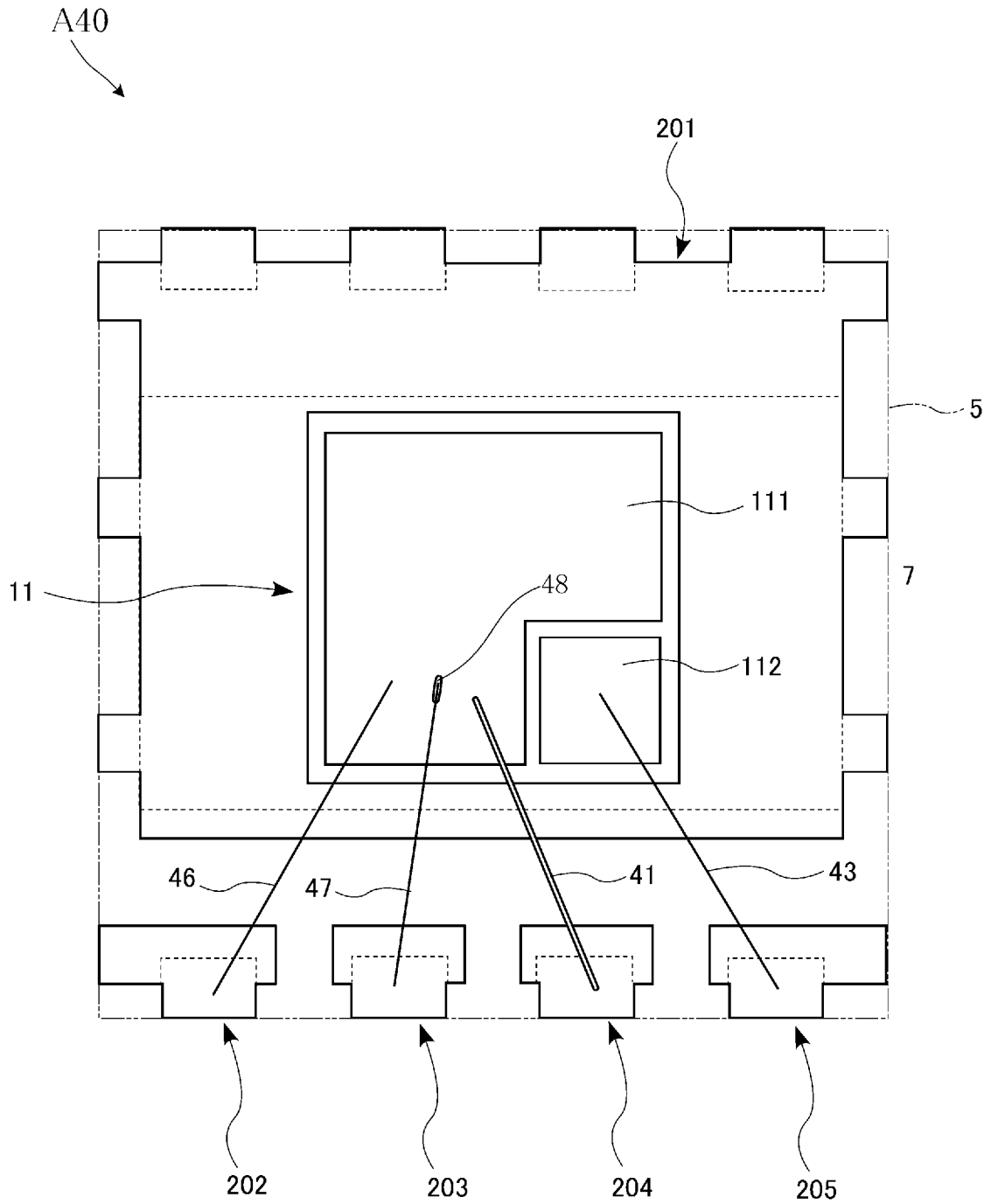


[27]  
FIG.27

A20





[図29]  
FIG.29

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/025566

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
<i>H01L 21/60</i> (2006.01) FI: H01L21/60 301A		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H01L21/60		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2010-258286 A (SANYO ELECTRIC CO LTD) 11 November 2010 (2010-11-11) paragraphs [0029]-[0085], fig. 1-11	1-5, 7, 9, 11, 14-15
Y		2-16
X	JP 2015-37151 A (SANKEN ELECTRIC CO LTD) 23 February 2015 (2015-02-23) paragraphs [0012]-[0040], fig. 1-3	1, 5, 7, 11, 14-15
Y		2-16
Y	JP 2019-4137 A (ROHM CO LTD) 10 January 2019 (2019-01-10) paragraphs [0009]-[0085], fig. 1-28	2-16
Y	JP 2009-293986 A (DENSO CORP) 17 December 2009 (2009-12-17) paragraphs [0007]-[0019], fig. 1-6	6-13
Y	JP 2007-149714 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 14 June 2007 (2007-06-14) paragraph [0030]	6-13
X	JP 2020-113721 A (FUJI ELECTRIC CO LTD) 27 July 2020 (2020-07-27) paragraphs [0056]-[0131], fig. 1-13	1, 5-9, 14-16
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 <b>12 September 2023</b>		Date of mailing of the international search report <b>26 September 2023</b>
Name and mailing address of the ISA/JP <b>Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan</b>		Authorized officer  Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/025566

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2010-278420 A (NICHIA CORP) 09 December 2010 (2010-12-09) paragraphs [0017]-[0065], fig. 1-5B	1, 5-10, 14
X	JP 2019-159189 A (SUMITOMO OSAKA CEMENT CO LTD) 19 September 2019 (2019-09-19) paragraphs [0015]-[0061], fig. 1-10	1, 5, 7, 9-10, 14
X	JP 2015-142059 A (HITACHI LTD) 03 August 2015 (2015-08-03) paragraphs [0013]-[0039], fig. 1-8	1, 6-10
X	WO 2014/175343 A1 (FUJII ELECTRIC CO LTD) 30 October 2014 (2014-10-30) paragraphs [0026]-[0056], fig. 1-9, 12-14	1, 6-7, 9, 11
X	JP 2014-203957 A (ROHM CO LTD) 27 October 2014 (2014-10-27) paragraphs [0019]-[0048], fig. 1-5	1, 7-9
A	JP 2000-12605 A (WORLD METAL KK) 14 January 2000 (2000-01-14) paragraphs [0046], [0105]-[0110]	7-9

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/JP2023/025566**

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2010-258286 A	11 November 2010	(Family: none)	
JP 2015-37151 A	23 February 2015	(Family: none)	
JP 2019-4137 A	10 January 2019	US 2018/0342442 A1 paragraphs [0035]-[0210], fig. 1-28	
JP 2009-293986 A	17 December 2009	(Family: none)	
JP 2007-149714 A	14 June 2007	(Family: none)	
JP 2020-113721 A	27 July 2020	(Family: none)	
JP 2010-278420 A	09 December 2010	US 2010/0276802 A1 paragraphs [0027]-[0077], fig. 1-5B CN 101877337 A KR 10-2010-0119520 A TW 201118998 A	
JP 2019-159189 A	19 September 2019	US 2019/0285915 A1 paragraphs [0036]-[0086], fig. 1-10 CN 110278038 A	
JP 2015-142059 A	03 August 2015	US 2015/0221626 A1 paragraphs [0021]-[0047], fig. 1A-8 EP 2903023 A1 CN 104821282 A	
WO 2014/175343 A1	30 October 2014	US 2015/0380368 A1 paragraphs [0041]-[0070], fig. 1-9, 12-14 DE 112014002135 T5 CN 105190858 A	
JP 2014-203957 A	27 October 2014	US 2014/0299990 A1 paragraphs [0053]-[0068], [0171]-[0198], fig. 1-2, 14-16	
JP 2000-12605 A	14 January 2000	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H01L 21/60(2006.01)i FI: H01L21/60 301A		
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）） H01L21/60 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 - 2023年 日本国実用新案登録公報 1996 - 2023年 日本国登録実用新案公報 1994 - 2023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
X Y	JP 2010-258286 A (三洋電機株式会社) 11.11.2010 (2010 - 11 - 11) 段落[0029]-[0085], 図1-11	1-5, 7, 9, 11, 14-15 2-16
X Y	JP 2015-37151 A (サンケン電気株式会社) 23.02.2015 (2015 - 02 - 23) 段落[0012]-[0040], 図1-3	1, 5, 7, 11, 14-15 2-16
Y	JP 2019-4137 A (ローム株式会社) 10.01.2019 (2019 - 01 - 10) 段落[0009]-[0085], 図1-28	2-16
Y	JP 2009-293986 A (株式会社デンソー) 17.12.2009 (2009 - 12 - 17) 段落[0007]-[0019], 図1-6	6-13
Y	JP 2007-149714 A (松下電器産業株式会社) 14.06.2007 (2007 - 06 - 14) 段落[0030]	6-13
X	JP 2020-113721 A (富士電機株式会社) 27.07.2020 (2020 - 07 - 27) 段落[0056]-[0131], 図1-13	1, 5-9, 14-16
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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抵触するものではなく、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	12.09.2023	国際調査報告の発送日 26.09.2023
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官）  今井 聖和 5F 4666  電話番号 03-3581-1101 内線 3516	

C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	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
X	JP 2010-278420 A (日亜化学工業株式会社) 09.12.2010 (2010 - 12 - 09) 段落[0017]-[0065], 図1-5B	1, 5-10, 14
X	JP 2019-159189 A (住友大阪セメント株式会社) 19.09.2019 (2019 - 09 - 19) 段落[0015]-[0061], 図1-10	1, 5, 7, 9-10, 14
X	JP 2015-142059 A (株式会社日立製作所) 03.08.2015 (2015 - 08 - 03) 段落[0013]-[0039], 図1-8	1, 6-10
X	WO 2014/175343 A1 (富士電機株式会社) 30.10.2014 (2014 - 10 - 30) 段落[0026]-[0056], 図1-9, 12-14	1, 6-7, 9, 11
X	JP 2014-203957 A (ローム株式会社) 27.10.2014 (2014 - 10 - 27) 段落[0019]-[0048], 図1-5	1, 7-9
A	JP 2000-12605 A (株式会社ワールドメタル) 14.01.2000 (2000 - 01 - 14) 段落[0046], [0105]-[0110]	7-9

国際調査報告  
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2023/025566

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2010-258286 A	11.11.2010	(ファミリーなし)	
JP 2015-37151 A	23.02.2015	(ファミリーなし)	
JP 2019-4137 A	10.01.2019	US 2018/0342442 A1 段落[0035]-[0210], 図1-28	
JP 2009-293986 A	17.12.2009	(ファミリーなし)	
JP 2007-149714 A	14.06.2007	(ファミリーなし)	
JP 2020-113721 A	27.07.2020	(ファミリーなし)	
JP 2010-278420 A	09.12.2010	US 2010/0276802 A1 段落[0027]-[0077], 図1-5B CN 101877337 A KR 10-2010-0119520 A TW 201118998 A	
JP 2019-159189 A	19.09.2019	US 2019/0285915 A1 段落[0036]-[0086], 図1-10 CN 110278038 A	
JP 2015-142059 A	03.08.2015	US 2015/0221626 A1 段落[0021]-[0047], 図1A-8 EP 2903023 A1 CN 104821282 A	
WO 2014/175343 A1	30.10.2014	US 2015/0380368 A1 段落[0041]-[0070], 図1-9, 12-14 DE 112014002135 T5 CN 105190858 A	
JP 2014-203957 A	27.10.2014	US 2014/0299990 A1 段落[0053]-[0068], [0171]-[0198], 図1-2, 14-16	
JP 2000-12605 A	14.01.2000	(ファミリーなし)	