

(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  
2024年5月2日(02.05.2024)



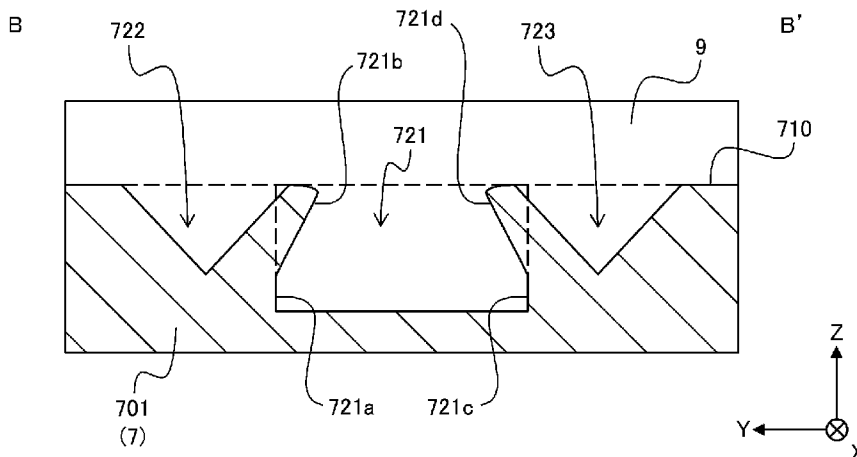
(10) 国際公開番号

WO 2024/090029 A1

- (51) 国際特許分類:  
H01L 23/48 (2006.01) H01L 25/07 (2006.01)  
H01L 23/28 (2006.01) H01L 25/18 (2023.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2023/031781
- (22) 国際出願日: 2023年8月31日(31.08.2023)
- (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 2022-170593 2022年10月25日(25.10.2022) JP
- (71) 出願人: 富士電機株式会社 (FUJI ELECTRIC CO., LTD.) [JP/JP]; 〒2109530 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者: 中村 瑶子 (NAKAMURA Yoko); 〒2109530 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 富士電機株式会社内 Kanagawa (JP). 岩谷 昭彦 (IWAYA Akihiko); 〒2109530 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 富士電機株式会社内 Kanagawa (JP). 齊藤 まい (SAITO Mai); 〒2109530 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 富士電機株式会社内 Kanagawa (JP). 渡壁 翼 (WATAKABE Tsubasa); 〒2109530 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 富士電機株式会社内 Kanagawa (JP). 玉井 雄大 (TAMAI Yuta); 〒2109530 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 富士電機株式会社内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: インフォート弁理士法人 (INFORT PATENT FIRM); 〒1020094 東京都千代田区紀尾井町3-1-2 紀尾井町ビル14F Tokyo (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC,

(54) Title: SEMICONDUCTOR MODULE, SEMICONDUCTOR DEVICE, AND VEHICLE

(54) 発明の名称: 半導体モジュール、半導体装置、及び車両



(57) Abstract: The present invention prevents peeling at an interface between a sealing material and a lead bonded to an electrode of a semiconductor element by a bonding material. A semiconductor module (2) is provided with: a circuit board (5) on which a semiconductor element (510) is mounted; a lead (7) bonded to an electrode on an upper surface of the semiconductor element by a bonding material; and a sealing material (9) that seals the semiconductor element and the lead. In the lead, roughening recesses (720) that prevent peeling at an interface between the lead and the sealing material are formed on an upper surface (710) of a bonding part (701) bonded to the electrode. The roughening recesses include: a main recess (721) in which is formed a folded-back part facing one or more wall surfaces in the recess and protruding toward the wall surfaces; and a sub-recess (722) that has a center thereof at a position outside the main recess in plan view and a prescribed distance away from the wall surface on which the folded-back part is formed, and that has surfaces that incline so that the sub-recess (722) becomes shallower from the center toward an opening end of the main recess.

WO 2024/090029 A1

EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, 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))

(57) 要約: 半導体素子の電極に接合材により接合されたリードと封止材との界面での剥離を防ぐ。半導体モジュール(2)は、半導体素子(510)が搭載された回路板(5)と、半導体素子の上面の電極に接合材により接合されたリード(7)と、半導体素子及びリードを封止する封止材(9)と、を備え、リードは、電極に接合される接合部(701)における上面(710)に、リードと封止材との界面での剥離を防止する粗化用凹部(720)が形成されており、粗化用凹部は、凹部における1つ以上の壁面に対向する壁面に向けて突出した返し部が形成された主凹部(721)と、平面視で主凹部の外側であって、返し部が形成された壁面から所定の距離だけ離れた位置に中心があり、その中心から主凹部の開口端に向かうにつれて浅くなる傾斜面を有する副凹部(722)と、を含む。

## 明 細 書

発明の名称：半導体モジュール、半導体装置、及び車両

### 技術分野

[0001] 本発明は、半導体モジュール、半導体装置、及び車両に関する。

### 背景技術

[0002] インバータ装置等の電力変換装置には、I G B T (Insulated Gate Bipolar Transistor)、パワーM O S F E T (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor)、F W D (Free Wheeling Diode)等の半導体素子を搭載した回路板を有する半導体装置を備えるものがある。回路板は、絶縁基板の表面に導体パターンが設けられた配線板と、配線板上に配置される半導体素子等の回路部品とを含む。

[0003] この種の半導体装置では、半導体素子の電極のうちの配線板側を向いた面とは反対側の面（上面）に設けられた電極と、配線板の導体パターンとを電気的に接続する導電部材として、リード等と呼ばれる導体板を用いることがある。

[0004] リードを用いて半導体素子の電極と配線板の導体パターンとを電気的に接続する半導体装置では、リードと封止材との界面における剥離を防ぐために種々の対策が提案されている。

[0005] 例えば、特許文献1には、半導体素子が固着された金属板の表面における平坦な半導体素子搭載領域以外の部分に複数の凹部が略等間隔で縦横に配置され、複数の凹部の各々が、対角線方向にオフセットされた二つの方形凹部である樹脂封止型半導体装置が記載されている。

[0006] また、例えば、特許文献2には、リードフレームに形成されたディンプルの側壁が内方に突き出した返り部を有し、ディンプル間が溝部で連通された半導体装置が記載されている。また、例えば、特許文献3には、リードフレームに形成された複数のディンプルのそれぞれに内周壁の一部を内方に突出させた返し部が形成されており、複数のディンプルが、返し部の向きが異な

る2通りのディンプルを含む半導体装置が記載されている。

[0007] また、例えば、特許文献4には、リードフレームにおけるダイパッドの少なくとも一方の主面に、その主面を開口する大ディンプルと、大ディンプルの内面に開口する小ディンプルが形成された半導体装置が記載されている。

[0008] また、例えば、特許文献5には、半導体素子が固着された金属板の表面における半導体素子搭載領域以外の部分に複数の方形凹部が略等間隔で縦横に配置された半導体装置が記載されている。

## 先行技術文献

### 特許文献

[0009] 特許文献1：特許第3748849号公報

特許文献2：特許第4086774号公報

特許文献3：特開2017-005124号公報

特許文献4：特開2015-060889号公報

特許文献5：特開2004-186622号公報

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0010] 上述した半導体装置におけるリードと封止材との界面での剥離を防ぐ構成では、リードの表面に形成するディンプル等と呼ばれる凹部や返し部をプレス加工により形成する場合に、リードの表面に対して直交する方向の外力をリードに印加することにより、リードとしての導電材料を変形させている。このようなプレス加工により返し部を形成する場合、加工寸法の制約等により、封止材の剥離を防ぐために要求される寸法で凹部や返し部を形成することが難しい。

[0011] 本発明は、かかる点に鑑みてなされたものであり、半導体素子の電極に接合材により接合されたリードと封止材との界面での剥離を防ぐことを目的の1つとする。

#### 課題を解決するための手段

[0012] 本発明の一態様の半導体モジュールは、半導体素子が搭載された回路板と、前記半導体素子の上面の電極に接合材により接合されたリードと、前記半導体素子及び前記リードを封止する封止材と、を備え、前記リードは、前記電極に接合される接合部における前記電極と向かい合う下面とは反対側の上面に、前記リードと前記封止材との界面での剥離を防止する粗化用凹部が形成されており、前記粗化用凹部は、凹部における1つ以上の壁面に対向する壁面に向けて突出した返し部が形成された主凹部と、平面視で前記主凹部の外側であって、前記返し部が形成された壁面から所定の距離だけ離れた位置に中心があり、前記中心から前記主凹部の開口端に向かうにつれて浅くなる傾斜面を有する副凹部と、を含む。

### 発明の効果

[0013] 本発明によれば、半導体素子の電極に接合材により接合されたリードと封止材との界面での剥離を防ぐことができる。

### 図面の簡単な説明

- [0014] [図1]一実施の形態に係る半導体装置の構成例を示す上面図である。  
[図2]図1の半導体装置のA-A'線断面図である。  
[図3]図1の領域Rを拡大した部分上面図である。  
[図4]図3に示した部分に形成される粗化用凹部の1つを拡大した部分上面図である。  
[図5]図4のB-B'線断面図である。  
[図6]主凹部となる凹部及び副凹部の形成位置及び寸法の例を説明する図である。  
[図7]主凹部になる凹部の形成に用いるパンチを例示する斜視図である。  
[図8]図7に例示したパンチによりリードの第1の接合部に形成される凹部を例示する部分上面図である。  
[図9]図8に示した第1の接合部の部分におけるC-C'線断面図である。  
[図10]副凹部の形成に用いるパンチを例示する斜視図である。  
[図11]図10に例示したパンチによりリードの第1の接合部に形成される副

凹部を例示する部分上面図である。

[図12]図 1 1 に示した第 1 の接合部の部分における C - C' 線断面図である。

[図13]各凹部に 2 つ目の副凹部が形成された第 1 の接合部を例示する部分上面図である。

[図14]図 1 3 に示した第 1 の接合部の部分における C - C' 線断面図である。

[図15]各凹部に 3 つ目の副凹部が形成された第 1 の接合部を例示する部分上面図である。

[図16]各凹部に 4 つ目の副凹部が形成された第 1 の接合部を例示する部分上面図である。

[図17]副凹部の形成に用いるパンチの別の例を示す斜視図である。

[図18]粗化用凹部の配列の第 1 の変形例を説明する部分上面図である。

[図19]粗化用凹部の配列の第 2 の変形例を説明する部分上面図である。

[図20]粗化用凹部の配列の第 3 の変形例を説明する部分上面図である。

[図21]粗化用凹部の配列の第 4 の変形例を説明する部分上面図である。

[図22]粗化用凹部の配列の第 5 の変形例を説明する部分上面図である。

[図23]本発明に係る半導体装置を適用した車両の一例を示す平面模式図である。

### 発明を実施するための形態

[0015] 以下、図面を参照しながら、本発明の実施の形態を詳細に説明する。なお、参照する各図における X、Y、Z の各軸は、例示する半導体装置等における平面や方向を定義する目的で示されており、X、Y、Z の各軸は互いに直交し、右手系を成している。以下の説明では、X 方向を左右方向、Y 方向を前後方向、Z 方向を上下方向と呼ぶことがある。また、X 軸及び Y 軸を含む面を XY 面と呼び、Y 軸及び Z 軸を含む面を YZ 面と呼び、Z 軸及び X 軸を含む面を ZX 面と呼ぶことがある。これらの方向（前後左右上下方向）や面は、説明の便宜上用いる文言であり、半導体装置の取付姿勢によっては、X

YZ方向のそれぞれとの対応関係が変わることがある。例えば、半導体装置の放熱面側（冷却器側）を下面側とし、その反対側を上面側と呼ぶことにする。また、本明細書において、平面視は、半導体装置等の上面又は下面（XY面）をZ方向からみた場合を意味する。また、各図における縦横比や各部材同士の大小関係は、あくまで模式的に表されており、実際に製造される半導体装置等における関係とは必ずしも一致しない。説明の便宜上、各部材同士の大小関係を誇張して表現している場合も想定される。

[0016] また、以下の説明で例示する半導体装置は、例えば、産業用又は車載用モータのインバータ等の電力変換装置に適用されるものである。このため、以下の説明では、既知の半導体装置と同一の、又は類似した構成、機能、及び動作等についての詳細な説明を省略する。

[0017] 図1は、一実施の形態に係る半導体装置の構成例を示す上面図である。図2は、図1の半導体装置のA-A'線断面図である。図1では、ケース内に充填される封止材を省略している。また、図2では、ケース内に充填される封止材の断面を示すハッチングを省略している。

[0018] 図1及び図2に例示したように、本実施の形態に係る半導体装置1は、冷却器3の上面に半導体モジュール2を配置して構成される。なお、半導体モジュール2に対して、冷却器3は任意の構成である。

[0019] 冷却器3は、半導体モジュール2の熱を外部に放出するものであり、全体として直方体形状を有している。特に図示はしないが、冷却器3は、平板状の基部の下面側に複数のフィンを設け、これらのフィンをウォータジャケットに収容して構成される。なお、冷却器3の形状及び構成は、これに限らず適宜変更が可能である。

[0020] 半導体モジュール2は、ベース4、回路板5、ケース6、リード7、接合材S1～S4、ボンディングワイヤ8、並びに封止材9を含む。

[0021] ベース4は、回路板5を搭載する基板であり、回路板5を搭載したベース4は、回路板5が搭載された面を上向きにしてケース6の下面に取り付けられる。ケース6は、上面及び下面が開口した四角環状の絶縁部材601と、

絶縁部材601と一体化された主端子602及び603と、複数の制御端子604とを含む。ベース4に搭載された回路板5は、ケース6の絶縁部材601の中空部に收容される。ベース4は、例えば、銅板やアルミニウム板等の金属板であり、回路板5で発生する熱を冷却器3に伝導させる。この種のベース4は、放熱板、放熱層と呼ばれてもよい。放熱板であるベース4は、例えば、サーマルグリスやサーマルコンパウンドなどの熱伝導材を介して冷却器3の上面に配置されてもよい。半導体モジュール2は、ベース4が省略され、回路板5の下面（図2に例示した配線板500の導体パターン504）が冷却器3に接合されてもよい。

[0022] 回路板5は、配線板500と、配線板500の上面に搭載された半導体素子510とを含む。配線板500は、絶縁基板501と、絶縁基板501の上面に設けられた導体パターン502及び503と、絶縁基板501の下面に設けられた導体パターン504とを含む。配線板500は、例えば、DCB (Direct Copper Bonding) 基板やAMB (Active Metal Brazing) 基板であり得る。配線板500は、積層基板と呼ばれてもよい。

[0023] 絶縁基板501は、特定の基板に限定されない。絶縁基板501は、例えば、酸化アルミニウム ( $Al_2O_3$ )、窒化アルミニウム ( $AlN$ )、窒化珪素 ( $Si_3N_4$ )、酸化アルミニウム ( $Al_2O_3$ ) と酸化ジルコニウム ( $ZrO_2$ ) 等のセラミックス材料によって形成されたセラミックス基板であってよい。絶縁基板501は、例えば、エポキシ樹脂等の絶縁樹脂を成形した基板、ガラス繊維等の基材に絶縁樹脂を含浸させた基板、平板状の金属コアの表面を絶縁樹脂でコーティングした基板等であってよい。

[0024] 絶縁基板501の上面に設けられた導体パターン502及び503は、回路板5における配線部材として用いられる導電部材であり、絶縁基板501の下面に設けられた導体パターン504は、回路板5で発生した熱をベース4に伝導させる放熱部材として用いられる導電部材である。これらの導体パターン502～504は、例えば、銅やアルミニウム等の金属板によって形成される。絶縁基板501の下面に設けられた導体パターン504は、はん

だ等の接合材S 1によりベース4の上面に接合される。絶縁基板501の上面に設けられた導体パターン502及び503は、導体層、導体板、又は配線パターンと呼ばれてもよい。絶縁基板501の下面に設けられた導体パターン504は、放熱層、放熱板、又は放熱パターンと呼ばれてもよい。

[0025] 絶縁基板501の上面に設けられた導体パターン502及び503は、上述のように、回路板5における配線部材として用いられる導電部材である。図1及び図2に例示した半導体モジュール2では、第1の導体パターン502の上面に半導体素子510が搭載されている。半導体素子510は、下面に設けられた第1の主電極（図示せず）が接合材S2により第1の導体パターン502と接合されている。

[0026] 半導体素子510の上面には、第2の主電極（図示せず）と、制御電極512とが設けられている。これらの電極は、半導体素子510の上面に形成された絶縁層（図示せず）により電氣的に絶縁されている。絶縁層は、半導体素子510の上面に形成されたパッシベーション膜等の表面保護膜であり得る。第2の主電極は、リード7を介して絶縁基板501の上面に設けられた第2の導体パターン503と電氣的に接続される。リード7は、第1の接合部701と、第2の接合部702と、第1の接合部701と第2の接合部702とを接続する配線部703とを含む。第1の接合部701は、接合材S3により、半導体素子510の第2の主電極と電氣的に接続される。第2の接合部702は、接合材S4により、配線板500の第2の導体パターン503と接合される。半導体素子510の上面の制御電極512は、ボンディングワイヤ8により、ケース6に設けられた制御端子604と電氣的に接続される。

[0027] 図1及び図2に例示した半導体モジュール2では、第1の導体パターン502が、ケース6に設けられた第1の主端子602と電氣的に接続され、第2の導体パターン503が、ケース6に設けられた第2の主端子603と電氣的に接続されている。第1の導体パターン502と第1の主端子602とを電氣的に接続し、第2の導体パターン503と第2の主端子603とを電

氣的に接続する方法は、既知の接続方法のいずれかであればよく、特定の方法に限定されない。また、ケース6における主端子602及び603の形状や位置、制御端子604の数や位置等は、図示したものに限らず、適宜変更可能である。更に、本実施の形態の半導体モジュール2のケース6には、不図示の第3の主端子等が設けられていてもよい。

[0028] 本実施の形態では、半導体素子510は、例えば、IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) 素子とFWD (Free Wheeling Diode) 素子の機能を一体化したRC (Reverse Conducting) - IGBT素子で構成される。

[0029] なお、配線板500の上面に搭載される半導体素子は、特定のものに限定されない。配線板500の上面には、IGBT、パワーMOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) 等のスイッチング素子としての半導体素子と、FWD等のダイオード素子としての半導体素子とが搭載されてもよい。また、半導体素子として逆バイアスに対して十分な耐圧を有するRB (Reverse Blocking) - IGBT等を用いてもよい。半導体素子は、例えば、シリコン (Si)、炭化けい素 (SiC) 等の半導体基板によって平面視矩形状に形成される。なお、半導体素子の形状、配置数、配置箇所等は適宜変更が可能である。配線板500の上面側に設けられる配線部材としての導体パターンのレイアウトは、搭載される半導体素子の種類、形状、配置する数、配置箇所等に応じて変更される。

[0030] 半導体素子510におけるスイッチング素子がIGBT素子の場合、上面側の第2の主電極はエミッタ電極と呼ばれてもよく、下面側の第1の主電極はコレクタ電極と呼ばれてもよい。半導体素子510におけるスイッチング素子がMOSFET素子の場合、上面側の第2の主電極はソース電極と呼ばれてもよく、下面側の第1の主電極はドレイン電極と呼ばれてもよい。また、半導体素子510の上面に設けられる制御電極512は、ゲート電極と、補助電極とを含んでもよい。例えば、補助電極は、第2の主電極と電氣的に接続され、ゲート電位に対する基準電位となる補助エミッタ電極あるいは補

助ソース電極であってよい。また、補助電極は、温度センス部と電氣的に接続され、半導体素子510の温度を測定する温度センス電極であってよい。このような、半導体素子510の上面に形成された電極（第2の主電極、ゲート電極及び補助電極を含む制御電極512）は、総じて上面電極と呼ばれてもよい。

[0031] 上述したリード7は、銅板等の金属板を折り曲げて形成したものであり、リードフレーム、金属配線板と呼ばれてもよい。半導体素子510の上面には、リード7における第1の接合部701と電氣的に接続される第2の主電極を囲むように絶縁層が形成されている。第2の主電極とリード7の第1の接合部701とを接合する接合材S3は、第2の主電極を囲む絶縁層により、熔融時の平面（XY面）内での広がり規制される。

[0032] リード7の配線部703における第1の接合部701側の端部は、第1の接合部701における1つの側面に接続しており、当該側面から、第1の接合部701の下面（言い換えると第1の接合部701における半導体素子510の第2の主電極と向かい合う面）とは反対の方向に折り曲げられている。同様に、リード7の配線部703における第2の接合部702側の端部は、第2の接合部702における1つの側面に接続しており、当該側面から、第2の接合部702の下面（言い換えると第2の接合部702における導体パターン503と向かい合う面）とは反対の方向に折り曲げられている。

[0033] ケース6内に收容された半導体素子510、リード7、ボンディングワイヤ8等は、封止材9により封止される。封止材9は、単一の絶縁材料であってもよいし、組成（特性）が異なる複数種類の絶縁材料の組み合わせであってもよい。例えば、封止材9は、半導体素子510及びリード7等の表面にコーティングされるPA（polyamide）等のコーティング剤と、コーティング剤によるコーティング後に追加で充填されるエポキシ樹脂等の絶縁材料とを含んでもよい。

[0034] 図1では図示を省略しているが、本実施の形態の半導体装置1では、例えば、リード7の第1の接合部701における上面（半導体素子510と向か

い合う面とは反対側の面)に、第1の接合部701と封止材9との界面の剥離を防止するための粗化処理が施されている。具体的には、第1の接合部701の上面に複数の凹部(以下「粗化用凹部」と記載する)が設けられている。図3~図5を参照して、以下に、第1の接合部701の上面に設けられる複数の粗化用凹部の第1の例を説明する。

[0035] 図3は、図1の領域Rを拡大した部分上面図である。図4は、図3に示した部分に形成される粗化用凹部(720)の1つを拡大した部分上面図である。図5は、図4のB-B'線断面図である。図6は、主凹部となる凹部及び副凹部の形成位置及び寸法の例を説明する図である。図3及び図4では、ケース6内に充填され、リード7の第1の接合部701の上方に重なる封止材9を省略している。また、図5の断面図は、第1の接合部701の上面側の一部分及び封止材9の一部分のみを示しており、ケース6内に充填される封止材9の断面を示すハッチングを省略している。

[0036] 第1の接合部701の上面710に形成される粗化用凹部の第1の例において、1つの粗化用凹部720は、図3及び図4に例示したように、主凹部721と、4つの副凹部722~725とにより構成される。主凹部721は、図6、及び図7~図9を参照して後述するように、第1の接合部701の上面710に形成された底面が平坦な四角柱状の空間を画成する凹部721'を、4つの副凹部722~725を利用して変形させたものである。4つの副凹部722~725は、それぞれ、開口端が四角形であり、開口端を底面とする四角錐状の空間を画成する凹部であり、四角錐における1つの面が主凹部721にする前の凹部721'における1つの壁面を対向する壁面に向けて変形させるように形成される。1つの副凹部(例えば、図4及び図5において主凹部721の左方(Y方向正側)に位置する副凹部722)は、凹部721'における左方の壁面721aを右方(Y方向負側)に変形させ、これにより壁面721aに返し部721bが形成される。別の1つの副凹部(例えば、図4及び図5において主凹部721の右方に位置する副凹部723)は、凹部721'における左方の壁面721cを左方に変形させ、

これにより壁面721cに返し部721dが形成される。また、図4において主凹部721の上方(X方向正側)に位置する副凹部724は、凹部721'における上方の壁面721eを下方(X方向負側)に変形させ、これにより壁面721eに返し部721fが形成される。また、図4において主凹部721の下方に位置する副凹部725は、凹部721'における下方の壁面721gを上方に変形させ、これにより壁面721gに返し部721hが形成される。

[0037] 主凹部721及び副凹部722~725の底面の寸法、及び深さは、特定の値の組み合わせに限定されない。平面視における主凹部721にする前の凹部721'の開口端及び副凹部722~725の開口端の形状がそれぞれ略正方形であるとする、副凹部722~725の辺の長さL2は、凹部721'の辺の長さL1よりも短ければよい。平面視における副凹部722~725の中心(頂角の位置)と凹部721'の辺との距離L3は、 $L3 < L2/2$ であればよい。主凹部721にする前の2つの隣接する凹部721'の間隙L4は、一方の凹部721'の壁面を変形させる副凹部と他方の凹部721'の壁面を変形させる副凹部とが連通して1つの凹部にならない程度に、凹部721'の辺の長さL1よりも長く設定される。例えば、凹部721'の辺の長さL1が0.12mm、副凹部722~725の辺の長さL2が0.08mmの場合、間隙L4は、例えば、0.18mmに設定される。なお、上述した辺の長さL1、L2、距離L3、及び間隙L4の値の組み合わせは、特定の組み合わせに限定されず、適宜変更可能である。

[0038] 次に、図7~図16を参照して、第1の例として上述した粗化用凹部720の形成方法を説明する。

[0039] 図7は、主凹部になる凹部の形成に用いるパンチを例示する斜視図である。図8は、図7に例示したパンチによりリードの第1の接合部に形成される凹部を例示する部分上面図である。図9は、図8に示した第1の接合部の部分におけるC-C'線断面図である。図10は、副凹部の形成に用いるパンチを例示する斜視図である。図11は、図10に例示したパンチによりリー

ドの第1の接合部に形成される副凹部を例示する部分上面図である。図12は、図11に示した第1の接合部の部分におけるC-C'線断面図である。図13は、各凹部に2つ目の副凹部が形成された第1の接合部を例示する部分上面図である。図14は、図13に示した第1の接合部の部分におけるC-C'線断面図である。図15は、各凹部に3つ目の副凹部が形成された第1の接合部を例示する部分上面図である。図16は、各凹部に4つ目の副凹部が形成された第1の接合部を例示する部分上面図である。

[0040] 図3～図6を参照して上述した1つの主凹部721と4つの副凹部722～725からなる粗化用凹部720を形成する工程は、例えば、主凹部721になる凹部721'を形成する工程と、それに続けて4つの副凹部722～725を形成する工程とを含む。

[0041] 凹部721'を形成する工程では、例えば、図7に例示したような、複数の四角柱状のパンチ（押し型）1001が、X方向及びY方向のそれぞれに間隔L4で隣接して配置された金型10を利用して、複数の凹部721'を二次元格子状に形成する。このとき、リード7の第1の接合部701における上面710には、図8及び図9に例示したように、深さD1の四角柱状の空間を画成する凹部721'が形成される。凹部721'の深さD1は、図示しない第1の接合部701の厚さと比べて十分に小さい、例えば、0.05mm程度に設定される。複数の凹部721'は、第1の接合部701の上面710の全体に一度に形成してもよいし、複数回に分けて形成してもよい。

[0042] 4つの副凹部722～725を形成する工程では、1つの凹部721'に対する4つの副凹部722～725を1つずつ4回に分けて形成する。この場合、1回の副凹部を形成する工程では、例えば、図10に例示したように、1つの凹部721'を形成するパンチ1001と対応する領域R2に対して1つのパンチ1101が配置される、複数のパンチ1101を有する金型11が用いられる。パンチ1101は、例えば、先端部が凸型の四角錐状であり、金型11をリード7の第1の接合部701の上方に配置したときに、

先端部の四角錐における各辺が凹部721'の開口端における4つの辺のいずれかと平行になる向きで配列されている。パンチ1101は、凹部721'を形成するパンチ1001の間隔L5と同じ間隔L5で配列されている。間隔L5は、図7を参照して上述したように、間隔L4で隣接する2つのパンチ1001の中心間の距離である。

[0043] 図11及び図12には、金型11のパンチ1101を利用して、凹部721'の各々に対する1つ目の副凹部として、平面視で凹部721'の右方（Y方向負側）の副凹部723を形成した例を示している。この例では、平面視において、パンチ1101の先端部の四角錐の頂点が凹部721'の開口端の外側であり、かつ開口端の右辺から距離L3の位置（図6参照）になるように、リード7の第1の接合部701と金型11との位置合わせをして、副凹部723を形成している。このとき、パンチ1101の先端部分の四角錐における三角形の斜面の1つが、当該斜面と凹部721'の壁面721cとの間にある金属材料部分を壁面721cと対向する壁面721aの方向に変位させる。これにより、壁面721cには、壁面721aの方向に突出した返し部721dが形成される。

[0044] 副凹部723の深さD2と凹部721'の深さD1との関係は、図12に例示した $D2 < D1$ の関係に限定されない。副凹部723の深さD2は、 $D2 = D1$ 又は $D2 \div D1$ であってもよい。凹部721'に対する副凹部723の位置、開口端の寸法の比、深さの比、パンチ1101の先端部の四角錐の頂角の角度等は、例えば、返し部721dの壁面721cからの所望の突出量L6に応じて適宜変更可能である。また、副凹部723を形成することにより、壁面721cの全体が対向する壁面721a側に突出した返し部721dが形成されてもよい。

[0045] 図13及び図14には、金型11のパンチ1101を利用して、凹部721'の各々に対する2つ目の副凹部として、平面視で凹部721'の左方（Y方向正側）の副凹部722を形成した例を示している。この例では、平面視において、パンチ1101の先端部の四角錐の頂点が凹部721'の開口

端の外側であり、かつ開口端の左辺から距離L3の位置（図6参照）になるように、リード7の第1の接合部701と金型11との位置合わせをし、副凹部722を形成している。副凹部722は、例えば、副凹部723を形成した時と同じ加工条件（加圧条件）で、深さD2になるように形成する。このとき、パンチ1101の先端部分の四角錐における三角形の斜面の1つが、当該斜面と凹部721'の壁面721aとの間にある金属材料部分を、壁面721aと対向する返し部721dが形成された壁面721cの方向に変位させる。これにより、壁面721aには、壁面721cの方向に突出した返し部721bが形成される。

[0046] 図15には、金型11のパンチ1101を利用して、凹部721'の各々に対する3つ目の副凹部として、平面視で凹部721'の上方（X方向正側）の副凹部724を形成した例を示している。この例では、平面視において、パンチ1101の先端部の四角錐の頂点が凹部721'の開口端の外側であり、かつ開口端の上辺から距離L3の位置（図6参照）になるように、リード7の第1の接合部701と金型11との位置合わせをし、副凹部724を形成している。副凹部724は、例えば、副凹部722、723を形成した時と同じ加工条件（加圧条件）で、深さD2になるように形成する。このとき、パンチ1101の先端部分の四角錐における三角形の斜面の1つが、当該斜面と凹部721'の壁面721eとの間にある金属材料部分を、壁面721eと対向する壁面721gの方向に変位させる。これにより、壁面721eには、壁面721gの方向に突出した返し部721fが形成される。

[0047] 図16には、金型11のパンチ1101を利用して、凹部721'の各々に対する4つ目の副凹部として、平面視で凹部721'の下方（X方向負側）の副凹部725を形成した例を示している。この例では、平面視において、パンチ1101の先端部の四角錐の頂点が凹部721'の開口端の外側であり、かつ開口端の下辺から距離L3の位置（図6参照）になるように、リード7の第1の接合部701と金型11との位置合わせをし、副凹部725

を形成している。副凹部725は、例えば、副凹部722～724を形成した時と同じ加工条件（加圧条件）で、深さD2になるように形成する。このとき、パンチ1101の先端部分の四角錐における三角形の斜面の1つが、当該斜面と凹部721'の壁面721gとの間にある金属材料部分を、壁面721gと対向する返し部721fが形成された壁面721eの方向に変位させる。これにより、壁面721gには、壁面721eの方向に突出した返し部721hが形成される。

[0048] なお、上記の例では副凹部722～725を深さがD2となるような加工条件で形成しているが、すべての副凹部の深さは同じでなくてもよい。例えば、図3に示した例において、第1の接合部701の上面710と封止材9との界面に生じる応力（熱歪み）がX方向とY方向とで異なるような場合、X方向の端又はY方向の端のいずれか一方の端での封止材9の剥離が、他方の端での封止材9の剥離よりも生じやすくなることがある。あるいは、粗化用凹部720の、上面710の外周側と内側とでは外周側の方が、封止材9の剥離が生じやすくなることがある。そのような場合には、より大きい応力（熱歪み）が生じる方向の端に位置する辺に沿った粗化用凹部720の同辺に沿った側の副凹部をD2より若干深くすることで、壁面に形成される折り返し部を大きくてもよい。

[0049] 凹部721'の各々に対して上述した手順で4つの副凹部722～725を形成すると、凹部721'の4つの壁面721a、721c、721e、721gのそれぞれに対向する壁面の方向に突出した返し部721b、721d、721f、721hが形成される。これにより、図7に例示したような四角柱状のパンチ1001によりリード7の第1の接合部701に形成された凹部721'が、図4及び図5を参照して上述した返し部721b、721d、721f、721hを有する主凹部721になる。

[0050] このように、本実施の形態に係るリード7における第1の接合部701の上面710には、壁面に返し部721b、721d、721f、721hを有する主凹部721を含む複数の粗化用凹部720が形成される。封止材9

としての絶縁材料が粗化用凹部720の主凹部721内に充填されると、充填された部分は、返し部721b, 721d, 721f, 721hにより主凹部721から抜け出る方向(Z方向正側)への移動が規制され、主凹部721から抜けにくくなる。また、粗化用凹部720には、各々が四角錐状の空間を画成する4つの副凹部722~725が、平面視で主凹部721の外側となる位置に形成されている。このような副凹部722~725が形成されることにより、1つの粗化用凹部720が形成された領域内におけるリード7の第1の接合部701の上面710と封止材9との界面の面積が増大し、第1の接合部701と封止材9との密着性が向上する。従って、本実施の形態の半導体装置1(半導体モジュール2)は、例えば、図7に例示したパンチ1001により図8及び図9に例示した四角柱状の空間を画成する凹部721'のみを第1の接合部701の上面710に形成した場合と比べて、リード7の第1の接合部701と封止材9との界面の剥離を生じにくくすることができ、剥離による故障等の発生を抑制することができる。特に、本実施の形態に係る粗化用凹部720は、封止材9としてのエポキシ樹脂等の封止樹脂が第1の接合部701から剥離することにより故障部に発生する歪みの増大を防ぐためにリード7等の表面にコーティングするPA等のコーティング剤と第1の接合部701の上面710との密着性をより一層向上させることができる。

[0051] また、上述した実施の形態のように、平面視で凹部721'の外側であって、凹部721'の壁面から距離L3の位置にパンチ1101の中心がくるように位置合わせをした金型11を利用して副凹部を形成する場合、1つの凹部721'に対して複数の副凹部を形成する工程を複数回に分けて行うことができる。このため、副凹部を形成する際の加工寸法の制約が比較的緩くなり、所望の突出量の返し部を容易に形成することができる。

[0052] なお、図10を参照して上述した先端部が四角錐状のパンチ1101は、壁面に返し部721b, 721d, 721f, 721hを有する主凹部721を形成するための副凹部722~725の形成に利用可能なパンチの例示

に過ぎない。副凹部722~725の形成に利用するパンチ（押し型）の先端部の形状は、他の形状であってもよい。

[0053] 図17は、副凹部の形成に用いるパンチの別の例を示す斜視図である。図17に例示した金型12には、先端部が2つの平面で構成される山型（楔形）のパンチ1201が二次元格子状に配列されている。図17に例示したパンチ1201は、図11に例示した金型11のパンチ1101と同様、1つの凹部721'を形成するパンチ1001と対応する領域R2に対して1つのパンチ1201が配置される。パンチ1201は、凹部721'を形成するパンチ1001の間隔L5と同じ間隔L5で配列されている。間隔L5は、間隙L4で隣接する2つのパンチ1001の中心間の距離である。この場合、複数のパンチ1201は、先端部の稜線の延伸方向が同一方向（図17ではX方向）となるように二次元格子状に配置される。

[0054] 図17に例示した金型12を利用して副凹部を形成する場合、パンチ1201の先端部の稜線が、凹部721'の開口端の外側であり、パンチ1201により返し部を形成する側面と対応する辺から距離L3となる位置でその辺に平行になるように、リード7の第1の接合部701と金型12との位置合わせをして、副凹部を形成する。このとき、図示は省略するが、個々のパンチ1201により形成される副凹部は、パンチ1201の先端部の稜線と平行な方向に延伸する谷線を有する谷型の空間になる。この場合、パンチ1201の先端部の山型を構成する2つの平面のうちの稜線と凹部721'の壁面との間に位置する平面が、その平面と凹部721'の壁面との間の金属材料部分を変位させ、返し部が形成される。図17に例示したパンチ1201を有する金型12を利用して凹部721'の4つの壁面のそれぞれに返し部を形成する場合、例えば、凹部721'における第1の方向（X方向）に平行な側面に返し部を形成するためにパンチ1201の稜線の延伸方向を第1の方向にした第1の金型と、凹部721'における第2の方向（Y方向）に平行な側面に返し部を形成するためにパンチ1201の稜線の延伸方向を第2の方向にした第2の金型と、を用意してもよい。また、図17に例示し

たパンチ1201を有する金型12を利用して凹部721'の4つの壁面のそれぞれに返し部を形成する場合、例えば、凹部721'における第1の方向(X方向)に平行な側面に返し部を形成する工程と、凹部721'における第2の方向(Y方向)に平行な側面に返し部を形成する工程とで、共通の金型12を利用し、工程ごとに、パンチ1201の稜線の延伸方向が返し部を形成する側面と平行になるように回転させてもよい。

[0055] また、上述した実施の形態では、1つの金型により、1つの凹部721'に対して少なくとも2つの副凹部を形成する例を示している。しかしながら、1つの凹部721'に対する4つの副凹部のそれぞれを、異なる金型により形成してもよい。この場合、1つの副凹部の形成に利用する1つの金型におけるパンチの先端部は、凹部721'の所望の1つの壁面に返し部を形成することが可能な形状であればよい。例えば、図17に例示した先端部が山型のパンチ1201の代わりに片刃形状のパンチが二次元配列された金型を利用して副凹部を形成してもよい。

[0056] 更に、上述した実施の形態で説明した複数の粗化用凹部720の配列は、図3に例示したようにリード7の第1の接合部701の上面710の全体に二次元格子状に配列することに限定されない。複数の粗化用凹部720は、上面710における所定の領域内のみ配列されていてもよい。更に、主凹部721及び副凹部722~725を含む粗化用凹部720と、副凹部を含まず壁面に返し部が形成されていない凹部(例えば、上述した四角柱状の空間を画成する凹部721')とが第1の接合部701の上面710に配列されてもよい。すなわち、上述した実施の形態では、四角形状の空間を画成する凹部721'が、粗化用凹部720とは別の、第2の粗化用凹部として第1の接合部701の上面710に形成されてもよい。

[0057] 図18は、粗化用凹部の配列の第1の変形例を説明する部分上面図である。図19は、粗化用凹部の配列の第2の変形例を説明する部分上面図である。図20は、粗化用凹部の配列の第3の変形例を説明する部分上面図である。図21は、粗化用凹部の配列の第4の変形例を説明する部分上面図である。

。図22は、粗化用凹部の配列の第5の変形例を説明する部分上面図である。

[0058] 図18には、粗化用凹部720を配置する二次元格子の格子点のうちいくつかに、粗化用凹部720が配置されていない例を示している。リード7の第1の接合部701における上面710は、一般的には平坦な面であり、図3に例示したように、上面710の全体に二次元格子状に粗化用凹部720を形成することができる。しかしながら、幾つかの種類のリード7では、例えば、第1の接合部701の上面710に部分的に粗化用凹部とは異なる機能を持つ領域を設けることがある。そのようなリード7の第1の接合部701の上面710に設ける領域には、粗化用凹部720等の粗化用凹部を形成することができないことがある。そのような場合、例えば、図18に例示したように、粗化用凹部720を形成することができない領域には粗化用凹部720が形成されないようにしてもよい。

[0059] 図19及び図20には、リード7の第1の接合部701の上面710に、主凹部721及び副凹部722～725を含む粗化用凹部720と、副凹部を利用した返し部が形成されていない凹部721'とを、二次元格子状に配列する例を示している。第1の接合部701の上面710と封止材9との界面の剥離は、第1の接合部701の上面710の外周部で発生し、上面710の辺と直交する方向に進展することが知られている。このため、図19及び図20に例示したように、第1の接合部701の上面710の外周部に沿って、上述した返し部を有する主凹部721及び副凹部722～725を含む粗化用凹部720を配列することで、上面710の外周部における封止材9の剥離を抑制することができる。第1の接合部701の上面710の外周部における封止材9の剥離を抑制することができれば、剥離が進展することも少なくなる。このため、外周部に沿って配列された粗化用凹部720で囲まれた上面710内の領域には、リード7としての導電材料と封止材9との界面での剥離を防ぐために、例えば、図7に例示したパンチ1001により形成される、返し部がない凹部721'を、第2の粗化用凹部として配列し

てもよい。

[0060] 具体例の1つとして、図19には、平面視における第1の接合部701の上面710に設定される二次元格子のうちの、辺711に最も近い辺711に沿った一行と、辺712に最も近い辺712に沿った一列とが粗化用凹部720である例を示している。この例では、第1の接合部701の上面710に二次元格子状に配置された封止材9の剥離を防止するための凹部のうちの、最外周に環状に配置された凹部のみが、主凹部721及び副凹部722～725を含む粗化用凹部720であり、環状に配置された粗化用凹部720で囲まれた領域内に、返し部を有していない凹部721'が配列されている。返し部を有していない凹部721'は、第1の接合部701の上面710のうちの、封止材9の剥離を防止するための凹部を形成することができない領域には配置されていない。

[0061] また、図20には、平面視における第1の接合部701の上面710に設定される二次元格子のうちの辺711に沿った二行と辺712に沿った二列とが粗化用凹部720である例を示している。この例では、第1の接合部701の上面710に二次元格子状に配置された封止材9の剥離を防止するための凹部のうちの、最外周及び最外周と隣接する第2の外周に環状に配置された凹部のみが、主凹部721及び副凹部722～725を含む粗化用凹部720であり、環状に配置された粗化用凹部720で囲まれた領域内に、返し部を有していない凹部721'が配列されている。返し部を有していない凹部721'は、第1の接合部701の上面710のうちの、封止材9の剥離を防止するための凹部を形成することができない領域には配置されていない。

[0062] なお、平面視における第1の接合部701の上面710における、返し部を有する主凹部721及び副凹部722～725を含む粗化用凹部720を配置する行数及び列数は、特定の組み合わせに限定されない。粗化用凹部720を配置する行数及び列数は、例えば、第1の接合部701の上面710の、第1の方向(X方向)の寸法と、第1の方向と直交する第2の方向(Y

方向)の寸法とに応じて設定されてもよい。例えば、図19及び図20に示した例において、第1の接合部701の上面710と封止材9との界面に生じる応力(熱歪み)がX方向とY方向とで異なるような場合、X方向の端又はY方向の端のいずれか一方の端での封止材9の剥離が、他方の端での封止材9の剥離よりも生じやすくなることがある。そのような場合には、より大きい応力(熱歪み)が生じる方向の端に位置する辺に沿った粗化用凹部720の行数又は列数を、より小さい応力(熱歪み)が生じる方向の端に位置する辺に沿った粗化用凹部720の列数又は行数よりも多くしてもよい。

[0063] 図21には、リード7の第1の接合部701の上面710に、主凹部721及び副凹部722~725を含む粗化用凹部720と、副凹部を利用した返し部が形成されていない凹部721'とを、二次元格子状に配列する更に別の例を示している。図21では、粗化用凹部720と凹部721'とを配列する二次元格子を表す単位並進ベクトルの方向(X方向及びY方向)において、返し部が形成された粗化用凹部720と返し部を有していない凹部721'とが隣接するように配置される。言い換えると、第1の接合部701の上面710における第1の方向(X方向)及び第2の方向(Y方向)には、それぞれ、返し部が形成された粗化用凹部720と、返し部を有していない凹部721'とが交互に配置される。図21に例示した粗化用凹部720の配列及び凹部721'の配列は、それぞれ、千鳥配列と呼ばれてもよい。

[0064] 図22には、副凹部により壁面に返し部が形成された主凹部721を含む粗化用凹部720の変形例を示している。図3~図5等を参照して上述した粗化用凹部720では、四角柱状の空間を画成する凹部721'における4つの壁面721a、721c、721e、721gのそれぞれに、副凹部により対向する壁面側に突出させた返し部721b、721d、721f、721hが形成されている。これに対し、図22に例示した粗化用凹部720は、それぞれ、1つの凹部721'における4つの壁面721a、721c、721e、721gのうちの3つの壁面にのみ、副凹部により対向する壁面側に突出させた返し部が形成されている。図22に例示した粗化用凹部7

20のそれぞれは、少なくとも、主凹部721と、第1の接合部701の上面710の辺のうちの主凹部721に最も近い辺との間に、副凹部が形成されている。なお、粗化用凹部720における主凹部721に対する副凹部の位置及び数は、図22に例示した位置及び数に限定されない。

[0065] なお、図面を参照して上述した粗化用凹部720は、凹部における1つ以上の壁面に対向する壁面に向けて突出した返し部が形成された主凹部と、平面視で主凹部の外側であって、返し部が形成された壁面から所定の距離L3だけ離れた位置に中心があり、中心から主凹部の開口端に向かうにつれて浅くなる傾斜面を有する副凹部と、を含む粗化用凹部の例示に過ぎない。粗化用凹部720における主凹部と1つ以上の副凹部との関係は、図面を参照して上述した例に限定されるものではなく、種々の変更及び変形が可能である。更に、副凹部による返し部を形成しない凹部は、主凹部721の形成に利用される四角柱状の空間を画成する凹部721'に限らず、他の形状の空間を画成する凹部であってもよい。

[0066] 本実施の形態の半導体モジュール2を含む半導体装置1は、上述したように、車載用モータのインバータ等の電力変換装置に適用され得る。図23を参照して、本発明の半導体装置1が適用された車両について説明する。

[0067] 図23は、本発明に係る半導体装置を適用した車両の一例を示す平面模式図である。図23に示す車両2001は、例えば、4つの車輪2002を備えた四輪車で構成される。車両2001は、例えば、モータ等によって車輪を駆動させる電気自動車、モータの他に内燃機関の動力を用いたハイブリッド車であってもよい。

[0068] 車両2001は、車輪2002に動力を付与する駆動部2003と、駆動部2003を制御する制御装置2004と、を備える。駆動部2003は、例えば、エンジン、モータ、エンジンとモータのハイブリッドの少なくとも1つで構成されてよい。

[0069] 制御装置2004は、上記した駆動部2003の制御（例えば電力制御）を実施する。制御装置2004は、上記した半導体装置1を備えている。半

導体装置 1 は、駆動部 2003 に対する電力制御を実施するように構成されてよい。

[0070] この種の車両 2001 に用いる半導体装置 1 の半導体モジュール 2 において、半導体素子の上面の電極（例えば、半導体素子 510 の第 2 の主電極）に、上述したリード 7 の第 1 の接合部 701 が接合材 S3 により接合されていると、封止材 9 と第 1 の接合部 701 の上面 710 との界面での剥離の進展を防ぐことができる。このため、車両 2001 に用いる半導体装置 1 の点検や交換の頻度を低減することができる。

[0071] なお、半導体装置 1 が適用される車両は、図 23 に例示したような四輪車に限定されない。半導体装置 1 が適用される車両は、例えば、二輪車及び鉄道の車両等を含む。

[0072] 以上、本実施の形態及び変形例を説明したが、他の実施の形態として、上記実施の形態及び変形例を全体的又は部分的に組み合わせたものでもよい。

[0073] また、本実施の形態は上記の実施の形態及び変形例に限定されるものではなく、技術的思想の趣旨を逸脱しない範囲において様々に変更、置換、変形されてもよい。さらに、技術の進歩又は派生する別技術によって、技術的思想を別の仕方で実現することができれば、その方法を用いて実施されてもよい。したがって、請求の範囲は、技術的思想の範囲内に含まれ得る全ての実施態様をカバーしている。

[0074] 以下、上記の実施の形態における特徴点を整理する。

[0075] 上記実施の形態に係る半導体モジュールは、半導体素子が搭載された回路板と、前記半導体素子の上面の電極に接合材により接合されたリードと、前記半導体素子及び前記リードを封止する封止材と、を備え、前記リードは、前記電極に接合される接合部における前記電極と向かい合う下面とは反対側の上面に、前記リードと前記封止材との界面での剥離を防止する粗化用凹部が形成されており、前記粗化用凹部は、凹部における 1 つ以上の壁面に対向する壁面に向けて突出した返し部が形成された主凹部と、平面視で前記主凹部の外側であって、前記返し部が形成された壁面から所定の距離だけ離れた

位置に中心があり、前記中心から前記主凹部の開口端に向かうにつれて浅くなる傾斜面を有する副凹部と、を含む。

[0076] 上記実施の態様に係る半導体モジュールにおいて、前記主凹部は、底面が平坦な四角形であり、前記副凹部は、開口端が四角形であり、前記開口端を底面とする四角錐状の空間を画成する形状であり、前記副凹部の開口端の各辺は、前記主凹部の底面の辺のいずれかと略平行である。

[0077] 上記実施の態様に係る半導体モジュールにおいて、前記主凹部は、底面が平坦な四角形であり、前記副凹部は、開口端が四角形であり、前記開口端の辺及び前記主凹部の底面の辺と略平行な谷線を有する谷型の空間を画成する形状である。

[0078] 上記実施の態様に係る半導体モジュールにおいて、前記主凹部は、四角柱状の空間を画成する凹部における4つの壁面のそれぞれに前記返し部が形成された形状である。

[0079] 上記実施の態様に係る半導体モジュールにおいて、隣接する2つの粗化用凹部における主凹部の間隙は、前記主凹部における前記2つの粗化用凹部が隣接する方向の寸法よりも長い。

[0080] 上記実施の態様に係る半導体モジュールにおいて、前記粗化用凹部は、前記リードの前記第1の接合部の前記上面に設定される二次元格子の格子点と対応する位置に配置される。

[0081] 上記実施の態様に係る半導体モジュールにおいて、前記二次元格子の格子点と対応する位置に、前記返し部が形成された前記粗化用凹部と、前記返し部を有していない第2の粗化用凹部とが、互いに隣り合うように配置される。

[0082] 上記実施の態様に係る半導体モジュールにおいて、前記粗化用凹部は、前記第1の接合部の前記上面における辺に沿って環状に配置される。

[0083] 上記実施の態様に係る半導体モジュールにおいて、前記第1の接合部の前記上面における、環状に配置された前記粗化用凹部で囲まれた領域内に、前記返し部を有していない第2の粗化用凹部が配置されている。

[0084] 上記実施の態様に係る半導体装置は、上記の半導体モジュールと、前記半導体モジュールの前記回路板における前記半導体素子が搭載された面とは反対側の面に配置された冷却器と、を備える。

[0085] 上記実施の態様に係る車両は、上記の半導体モジュール、又は半導体装置を備える。

### 産業上の利用可能性

[0086] 以上説明したように、本発明は、半導体素子の電極と接合されるリードの接合部の上面と封止材との界面での剥離を防止することができるという効果を有し、特に、産業用又は電装用の半導体モジュール、半導体装置、及び車両に有用である。

[0087] 本出願は、2022年10月25日出願の特願2022-170593に基づく。この内容は、すべてここに含めておく。

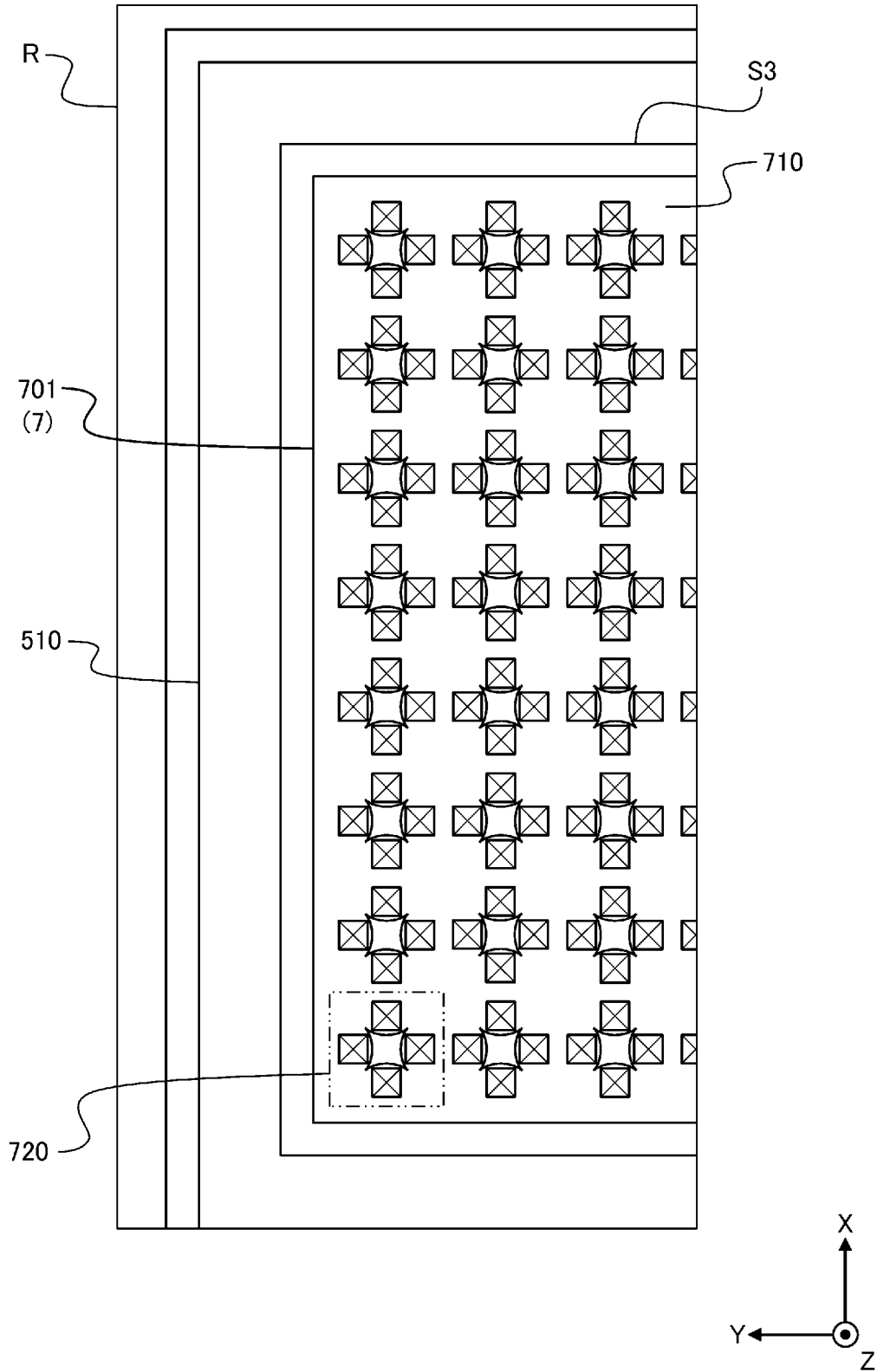
## 請求の範囲

- [請求項1] 半導体素子が搭載された回路板と、  
前記半導体素子の上面の電極に接合材により接合されたリードと、  
前記半導体素子及び前記リードを封止する封止材と、を備え、  
前記リードは、前記電極に接合される接合部における前記電極と向かい合う下面とは反対側の上面に、前記リードと前記封止材との界面での剥離を防止する粗化用凹部が形成されており、  
前記粗化用凹部は、凹部における1つ以上の壁面に対向する壁面に向けて突出した返し部が形成された主凹部と、平面視で前記主凹部の外側であって、前記返し部が形成された壁面から所定の距離だけ離れた位置に中心があり、前記中心から前記主凹部の開口端に向かうにつれて浅くなる傾斜面を有する副凹部と、を含む  
半導体モジュール。
- [請求項2] 前記主凹部は、底面が平坦な四角形であり、前記副凹部は、開口端が四角形であり、前記開口端を底面とする四角錐状の空間を画成する形状であり、前記副凹部の開口端の各辺は、前記主凹部の底面の辺のいずれかと略平行である  
請求項1に記載の半導体モジュール。
- [請求項3] 前記主凹部は、底面が平坦な四角形であり、前記副凹部は、開口端が四角形であり、前記開口端の辺及び前記主凹部の底面の辺と略平行な谷線を有する谷型の空間を画成する形状である  
請求項1に記載の半導体モジュール。
- [請求項4] 前記主凹部は、四角柱状の空間を画成する凹部における4つの壁面のそれぞれに前記返し部が形成された形状である  
請求項1に記載の半導体モジュール。
- [請求項5] 隣接する2つの粗化用凹部における主凹部の間隙は、前記主凹部における前記2つの粗化用凹部が隣接する方向の寸法よりも長い  
請求項1に記載の半導体モジュール。

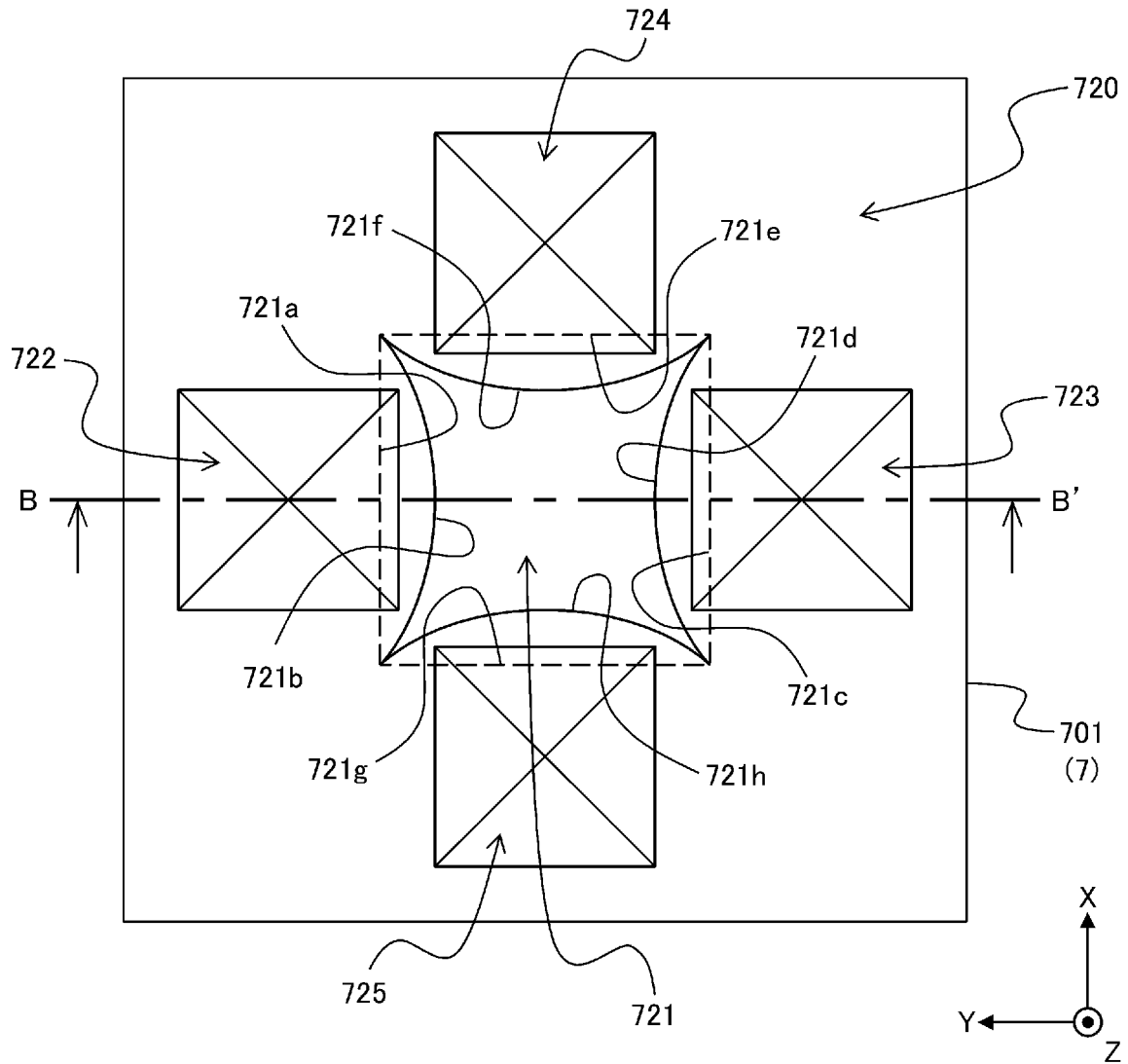
- [請求項6] 前記粗化用凹部は、前記リードの前記第1の接合部の前記上面に設定される二次元格子の格子点と対応する位置に配置される請求項1に記載の半導体モジュール。
- [請求項7] 前記二次元格子の格子点と対応する位置に、前記返し部が形成された前記粗化用凹部と、前記返し部を有していない第2の粗化用凹部とが、互いに隣り合うように配置される請求項6に記載の半導体モジュール。
- [請求項8] 前記粗化用凹部は、前記第1の接合部の前記上面における辺に沿って環状に配置される請求項1に記載の半導体モジュール。
- [請求項9] 前記第1の接合部の前記上面における、環状に配置された前記粗化用凹部で囲まれた領域内に、前記返し部を有していない第2の粗化用凹部が配置されている請求項8に記載の半導体モジュール。
- [請求項10] 請求項1～9のいずれか一項に記載の半導体モジュールと、前記半導体モジュールの前記回路板における前記半導体素子が搭載された面とは反対側の面に配置された冷却器と、を備える半導体装置。
- [請求項11] 請求項1～9のいずれか一項に記載の半導体モジュール、又は請求項10に記載の半導体装置を備える車両。



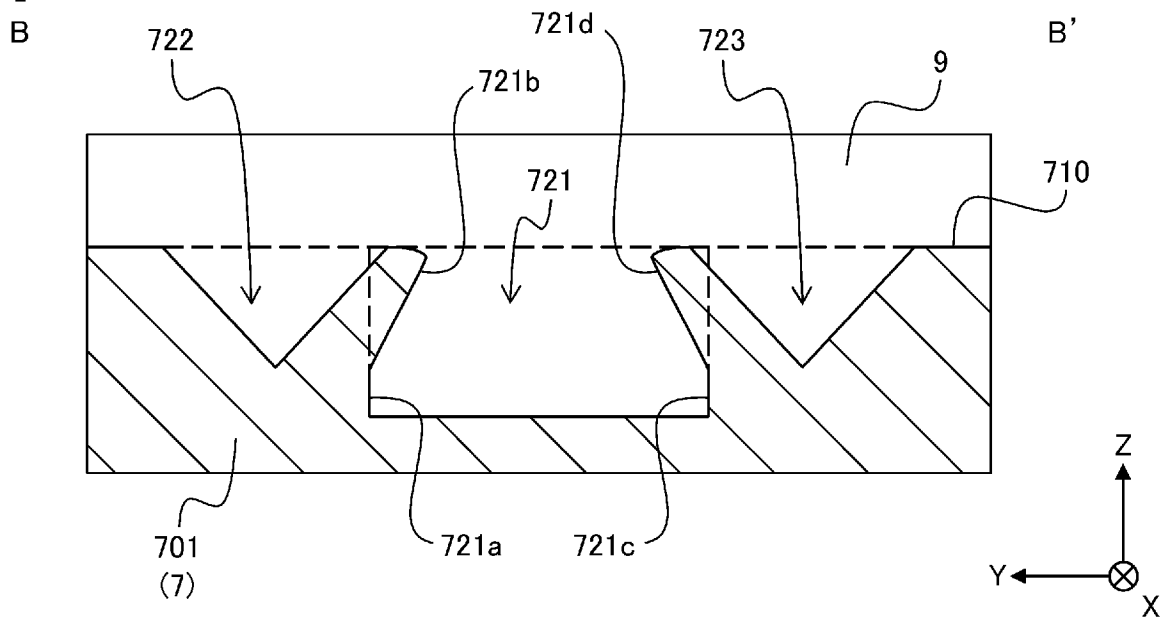
[図3]



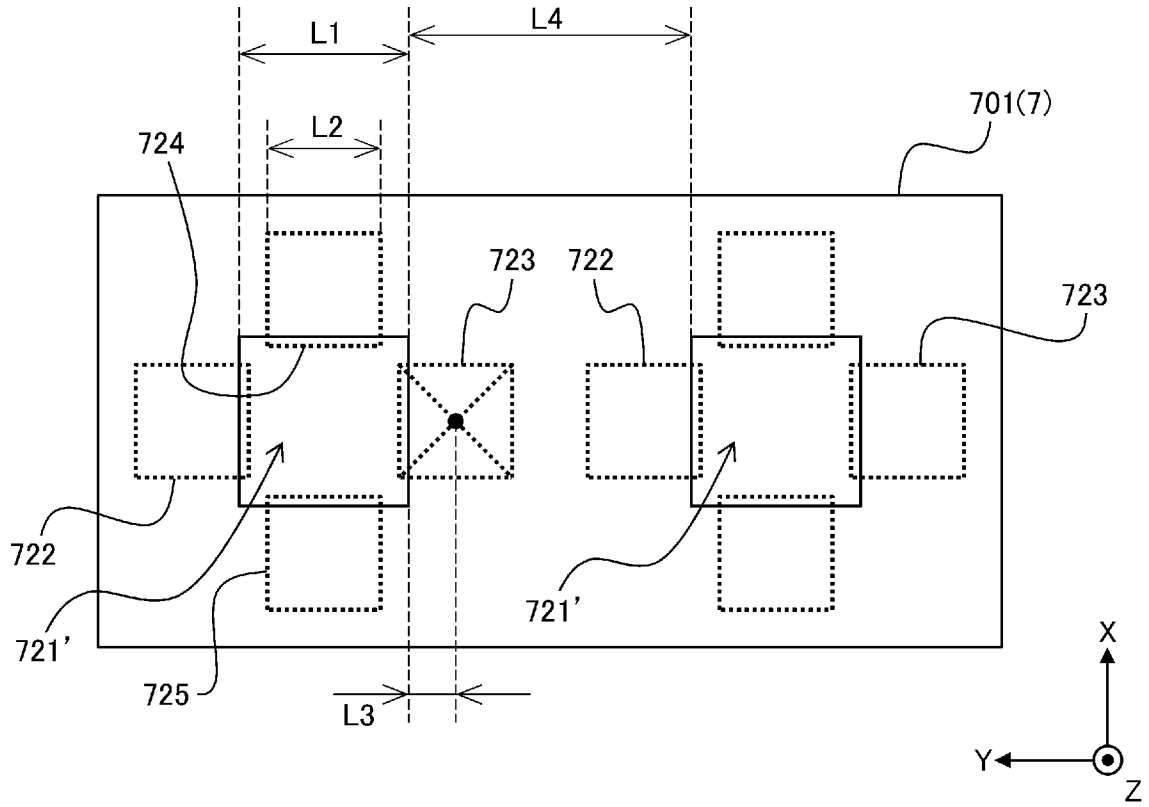
[図4]



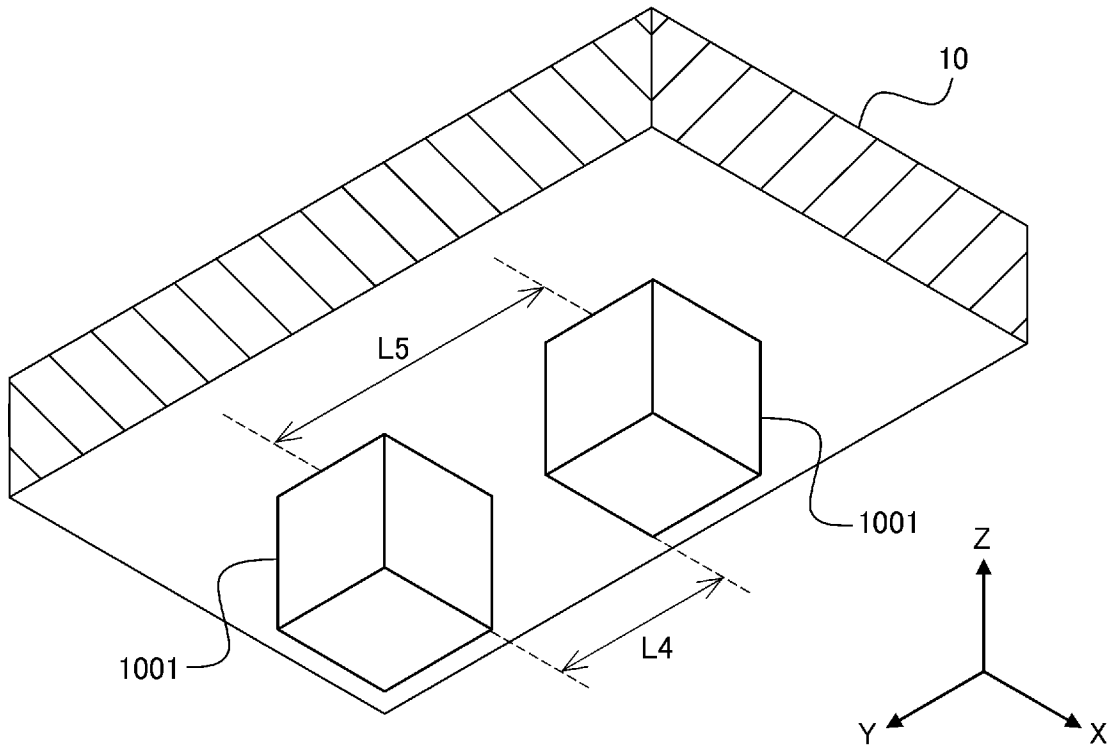
[図5]



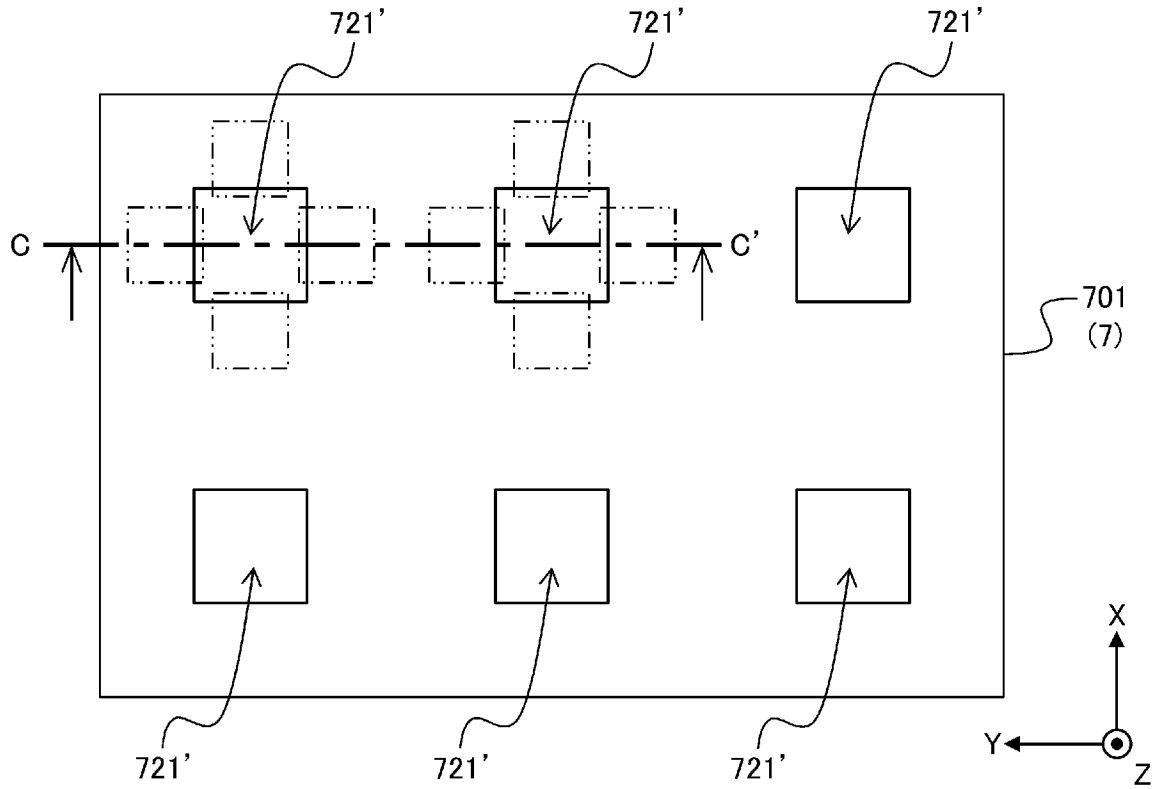
[図6]



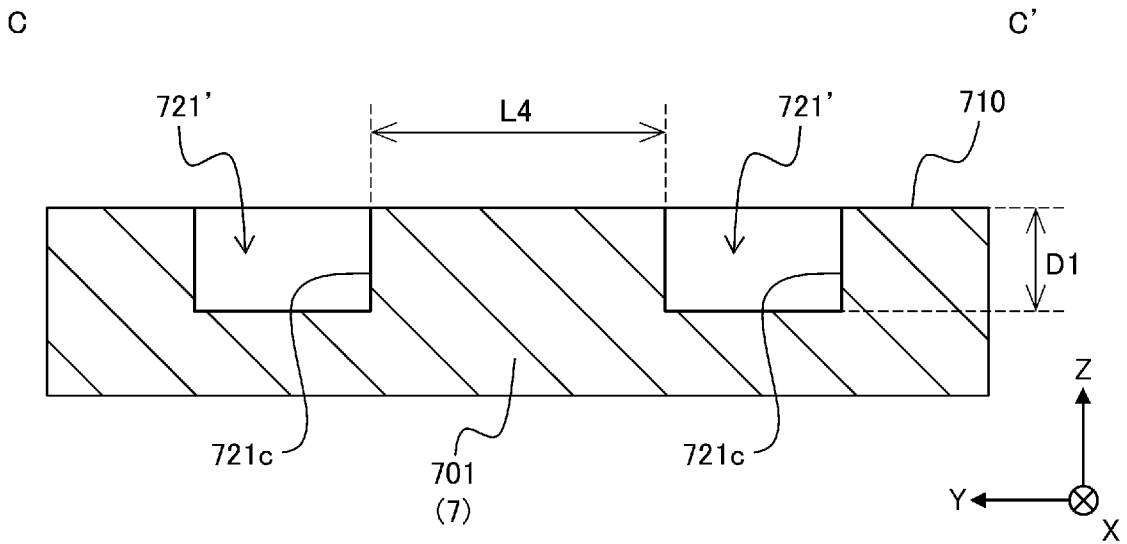
[図7]



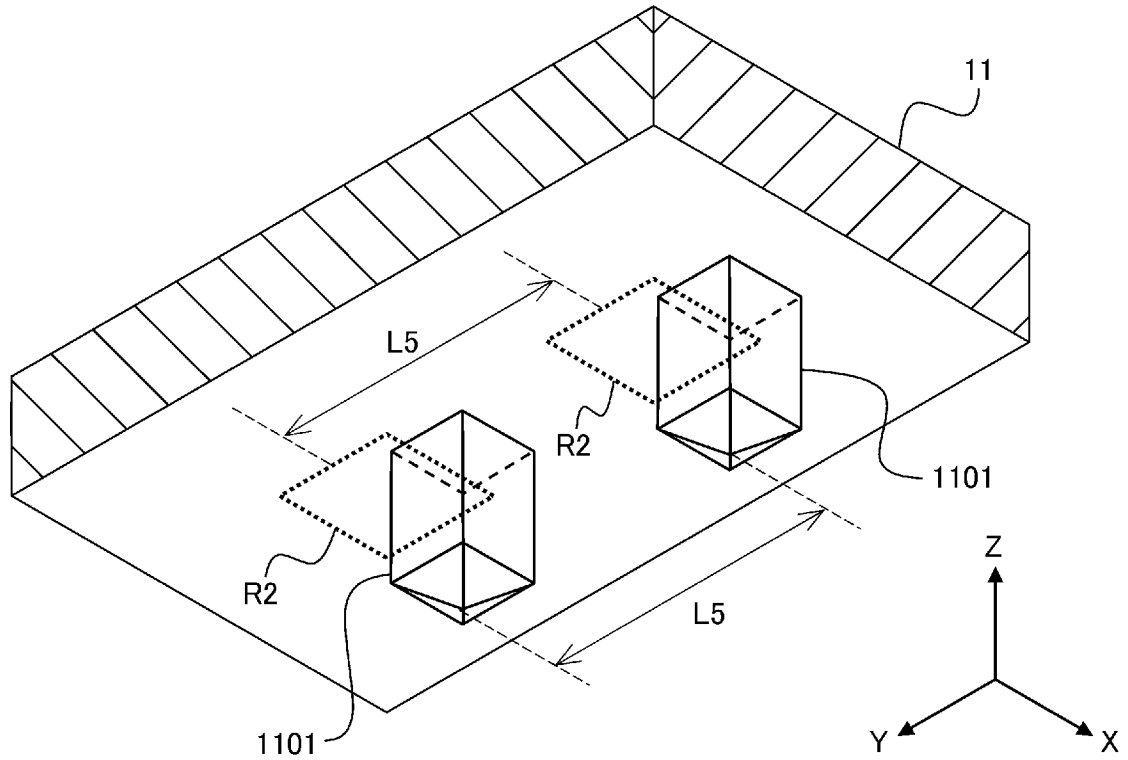
[図8]



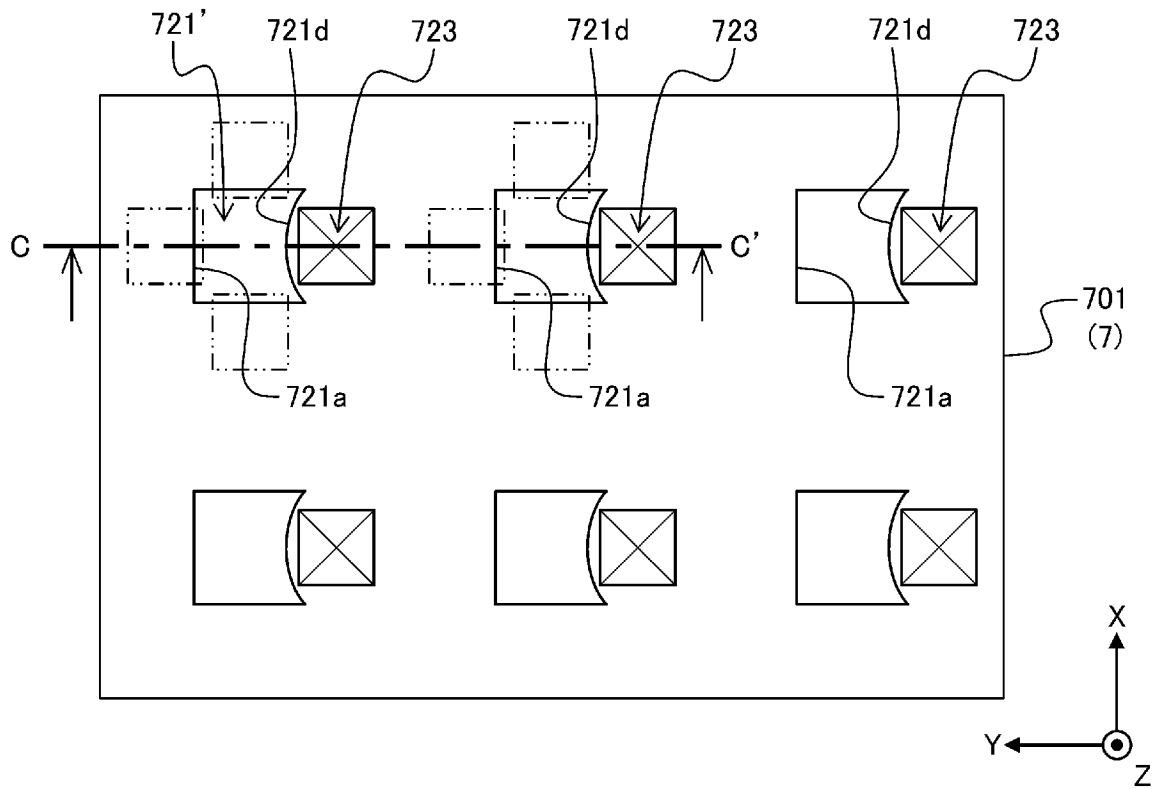
[図9]



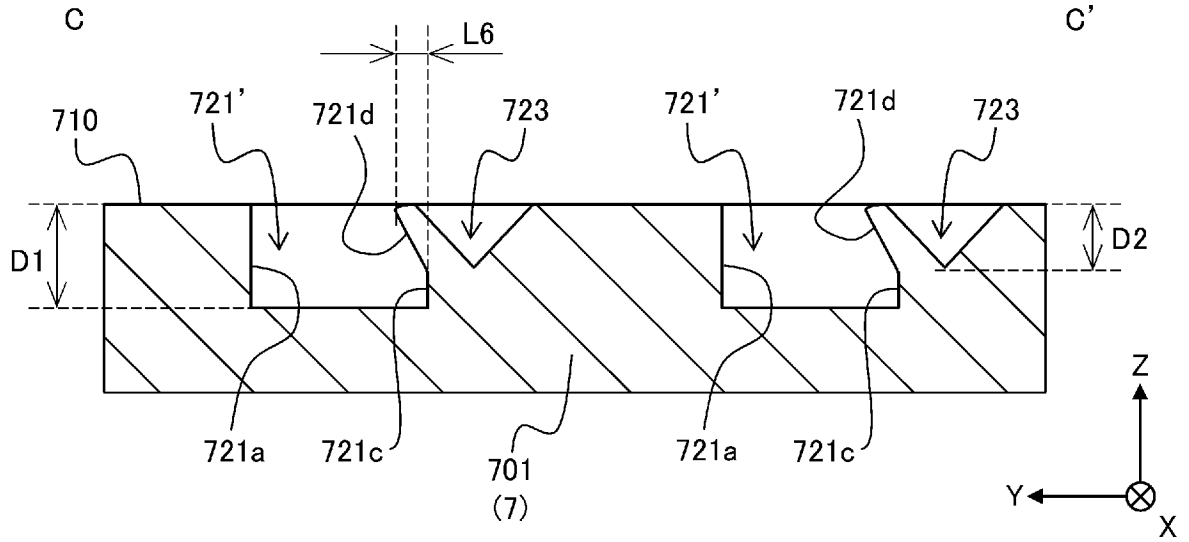
[図10]



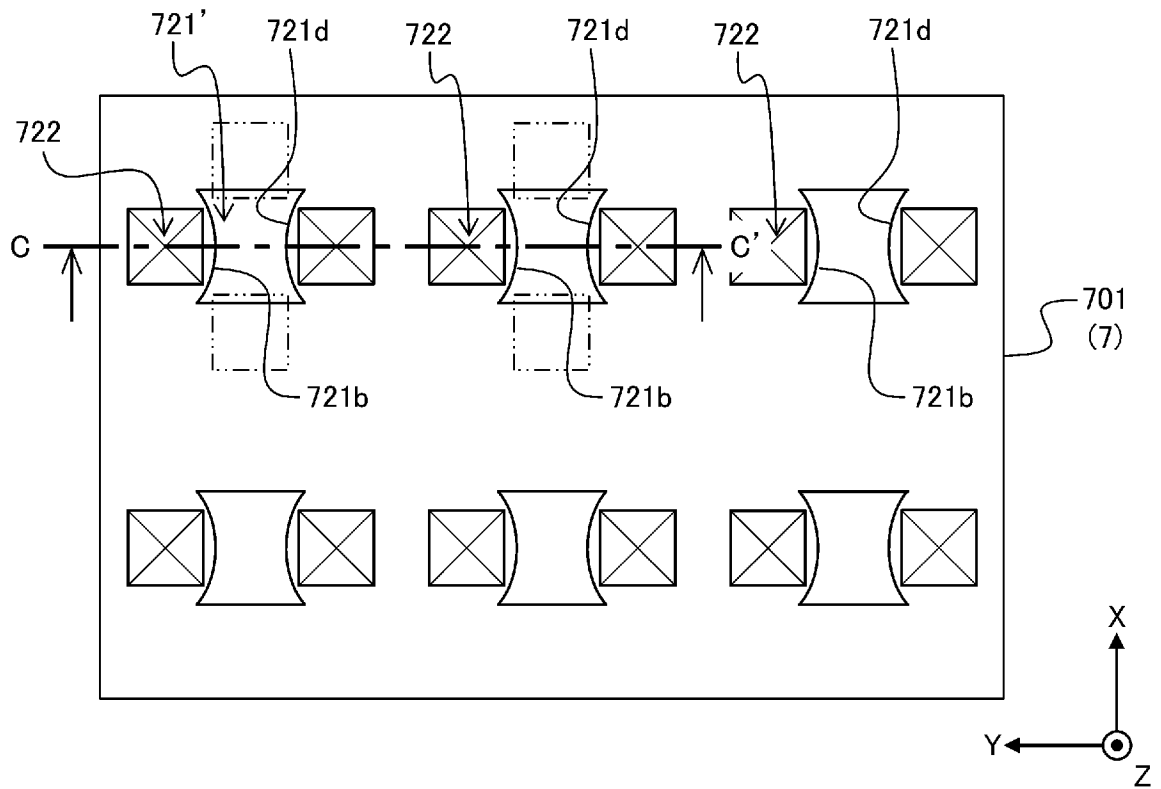
[図11]



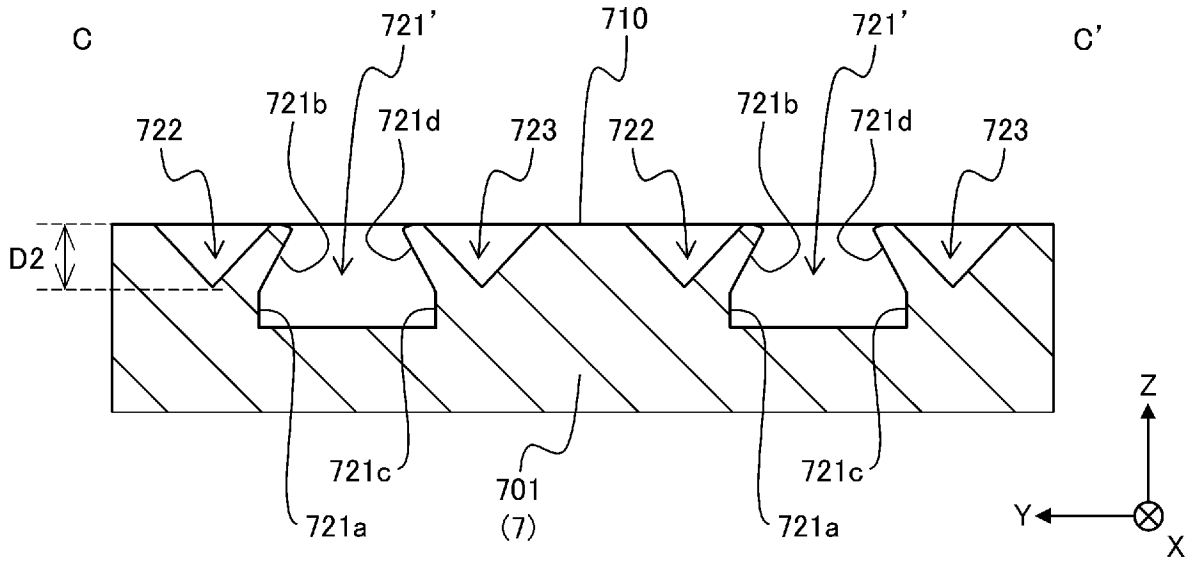
[図12]



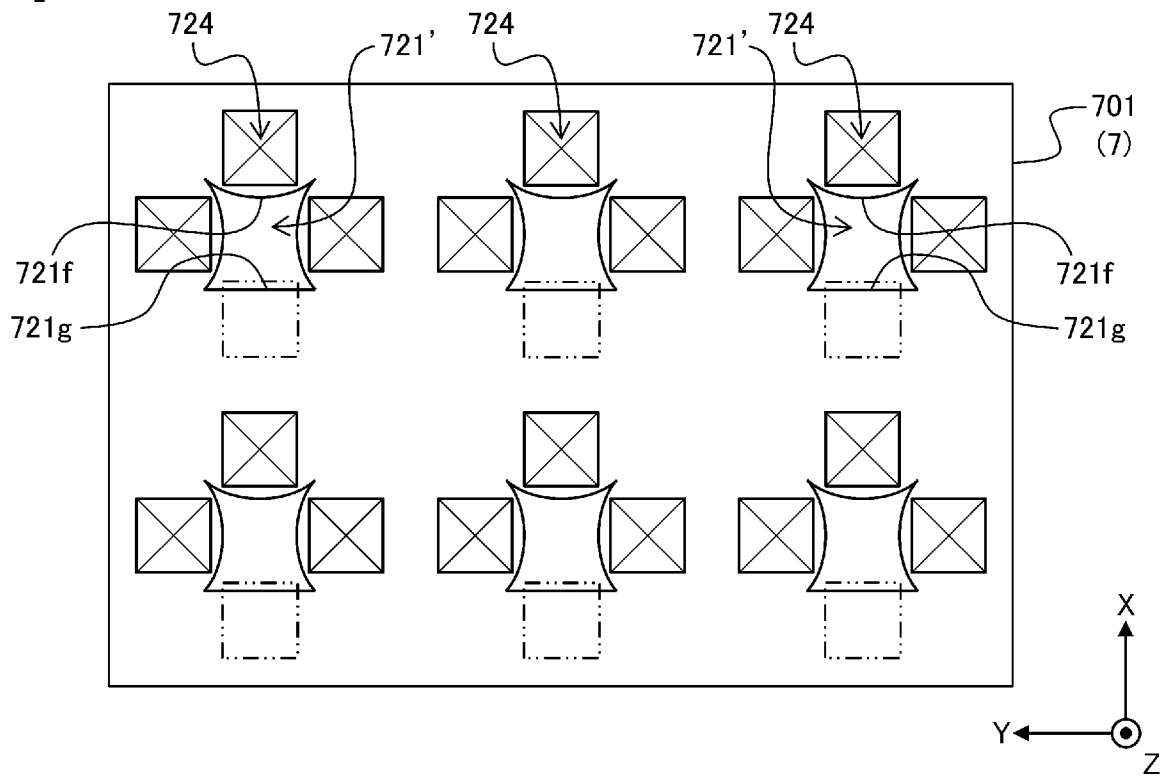
[図13]



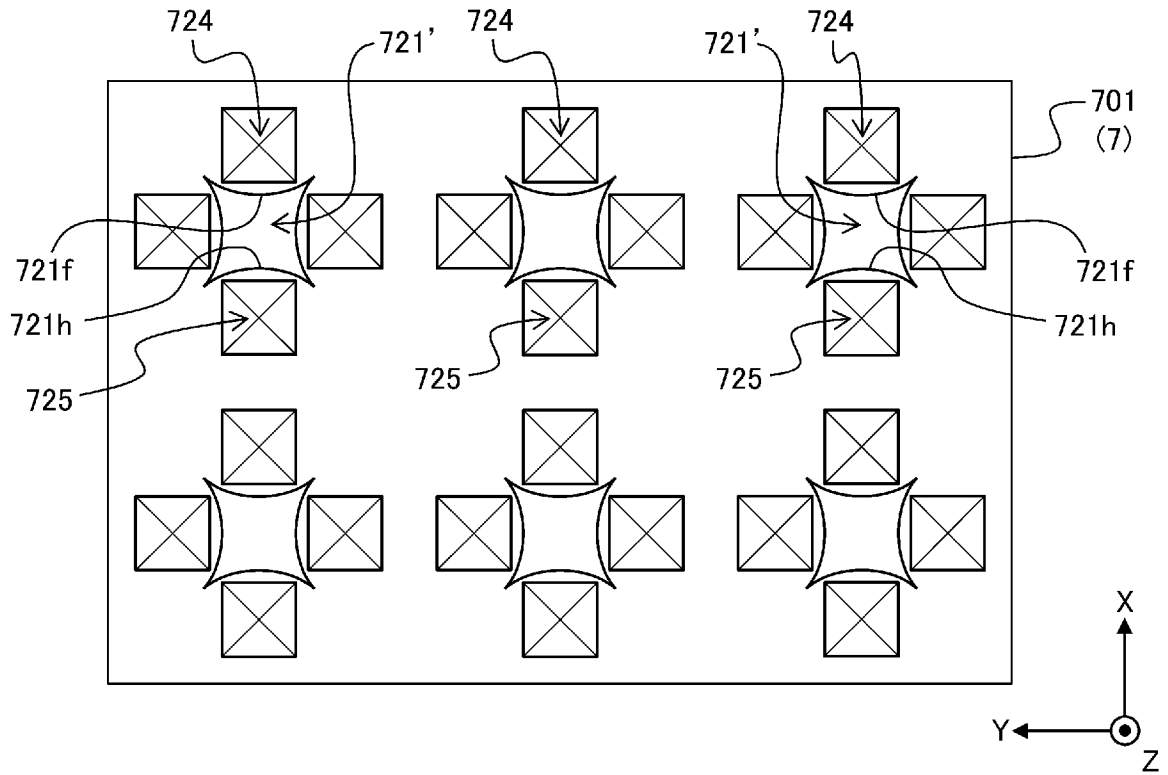
[図14]



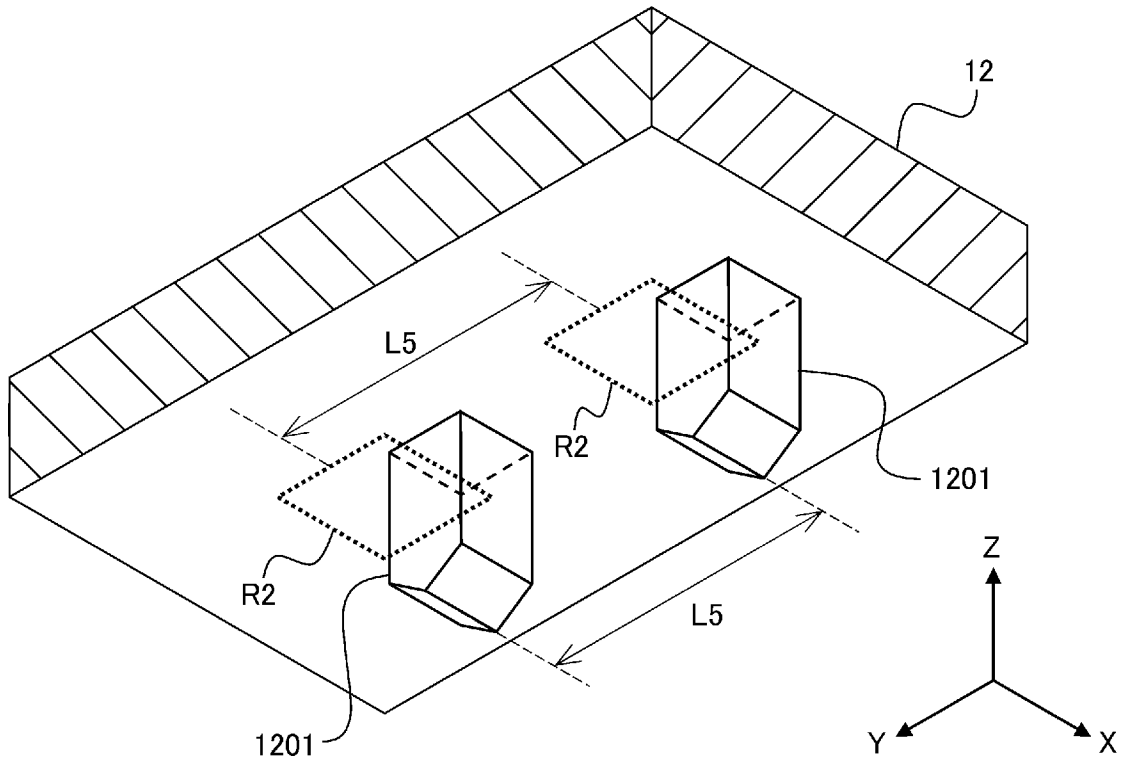
[図15]



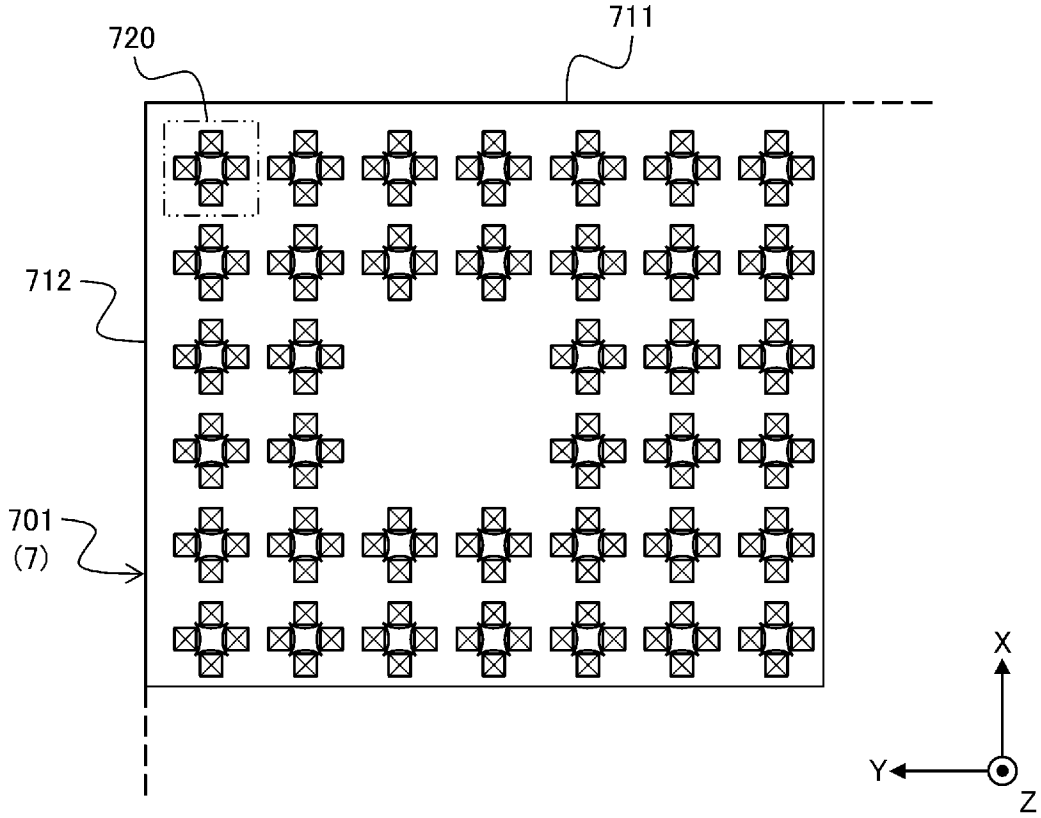
[図16]



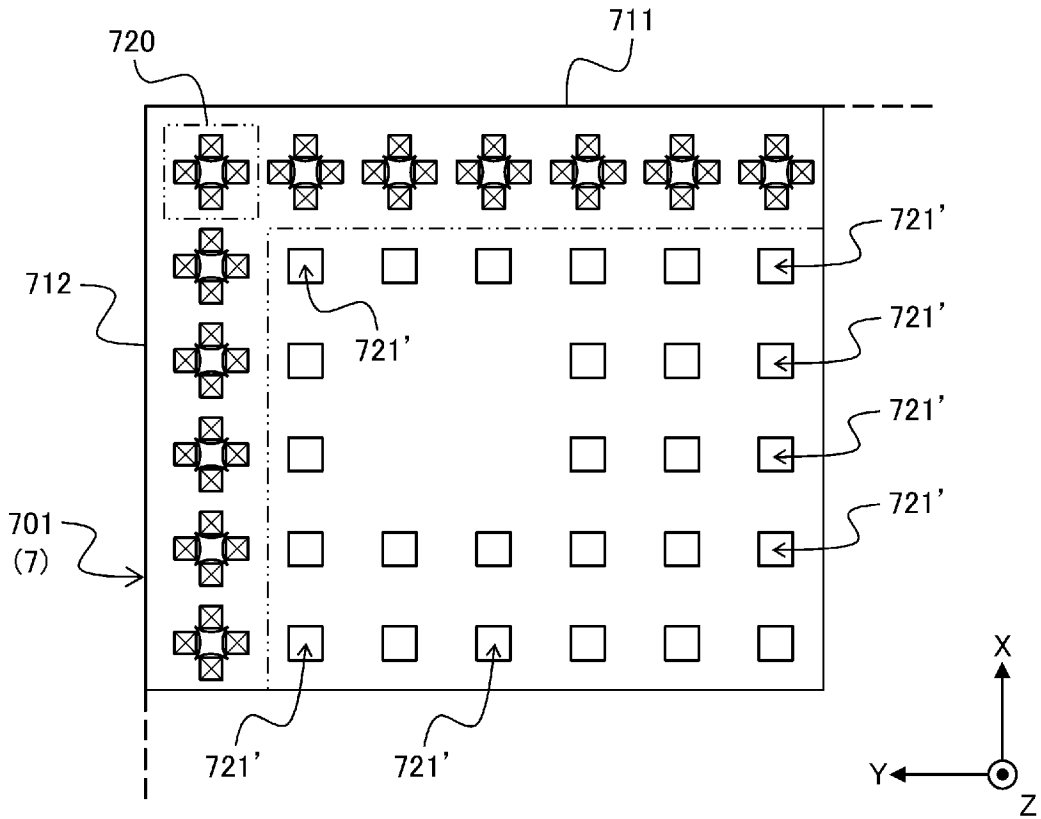
[図17]



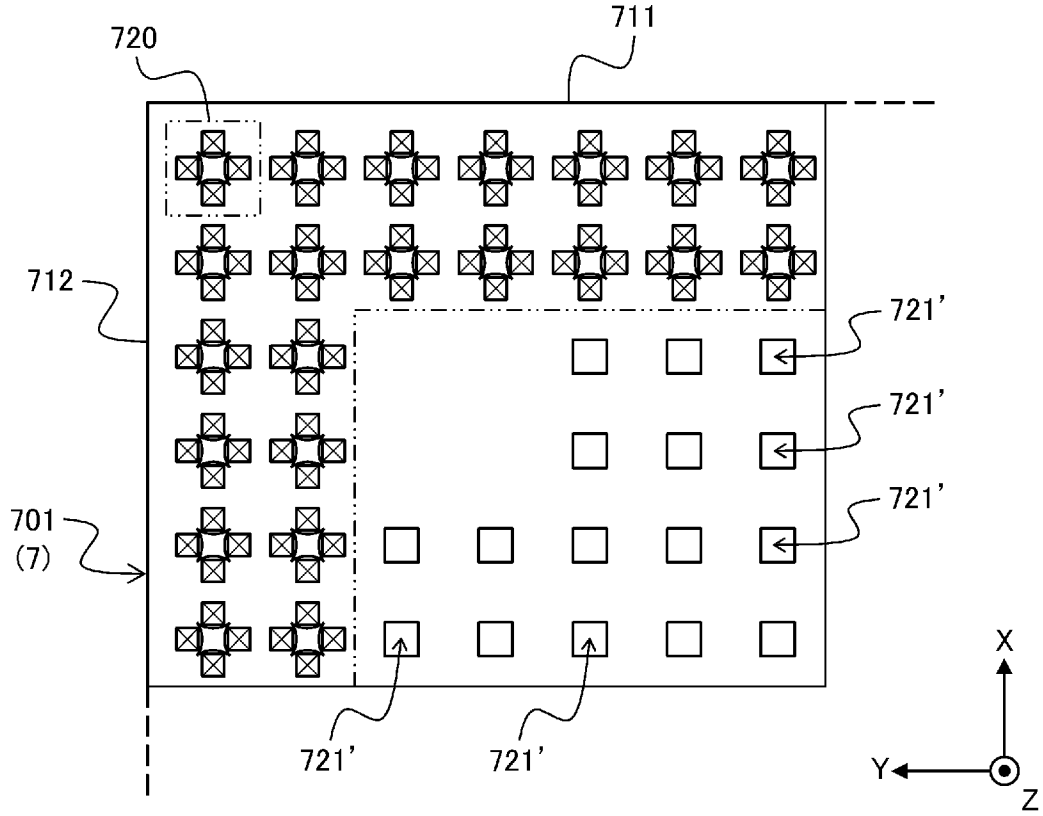
[図18]



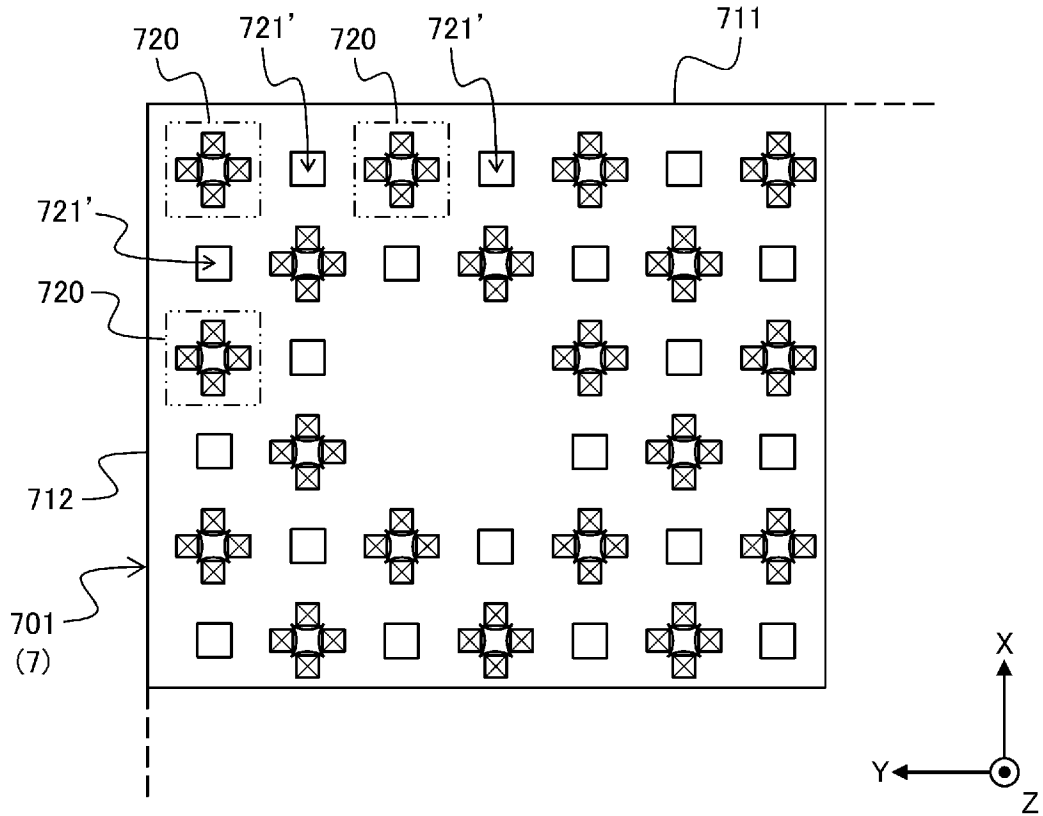
[図19]



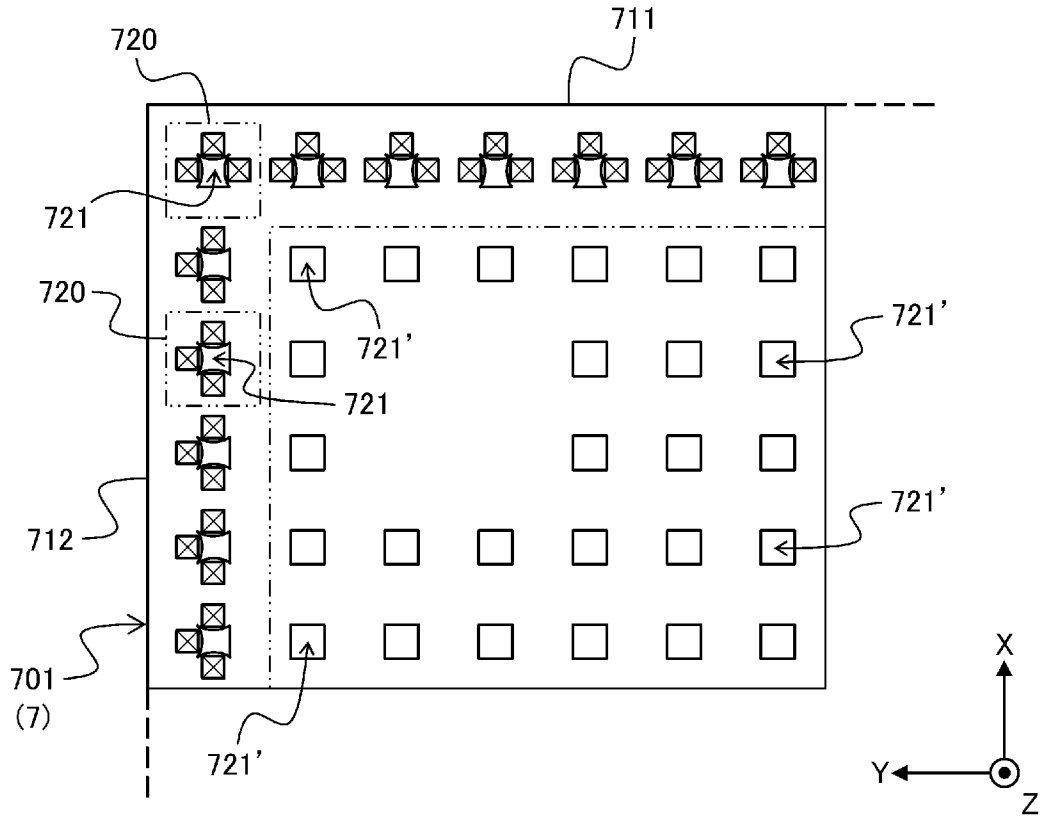
[図20]



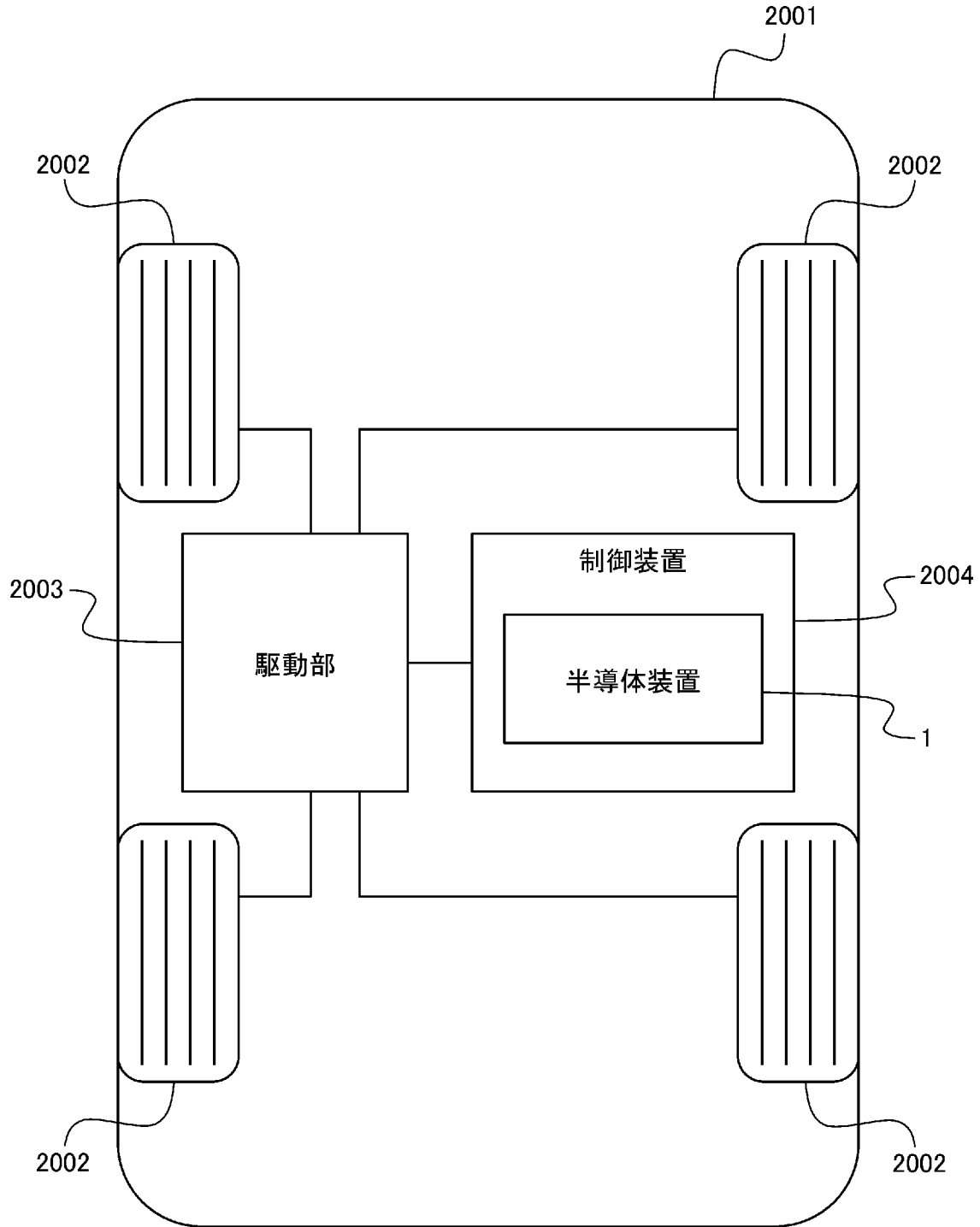
[図21]



[図22]



[図23]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/031781

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
<i>H01L 23/48</i> (2006.01)i; <i>H01L 23/28</i> (2006.01)i; <i>H01L 25/07</i> (2006.01)i; <i>H01L 25/18</i> (2023.01)i FI: H01L23/48 M; H01L23/48 G; H01L23/28 A; H01L25/04 C		
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) H01L23/48; H01L23/28; H01L25/07; H01L25/18		
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.
A	WO 2022/004758 A1 (FUJI ELECTRIC CO LTD) 06 January 2022 (2022-01-06) entire text	1-11
A	JP 2008-211168 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 11 September 2008 (2008-09-11) entire text	1-11
A	JP 2017-208486 A (MISUZU KOGYOKK) 24 November 2017 (2017-11-24) entire text	1-11
A	JP 2006-510221 A (FREESCALE SEMICONDUCTOR, INC) 23 March 2006 (2006-03-23) entire text	1-11
A	JP 2013-157536 A (SHINKO ELECTRIC IND CO LTD) 15 August 2013 (2013-08-15) entire text	1-11
A	JP 2007-305916 A (ROHM CO LTD) 22 November 2007 (2007-11-22) entire text	1-11
<input 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>03 October 2023</b>		Date of mailing of the international search report <b>17 October 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**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/JP2023/031781**

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO	2022/004758	A1	06 January 2022	US 2022/0278039 A1 CN 114787991 A	
JP	2008-211168	A	11 September 2008	(Family: none)	
JP	2017-208486	A	24 November 2017	(Family: none)	
JP	2006-510221	A	23 March 2006	US 2004/0113262 A1 CN 1714445 A AU 2003277127 A KR 10-2005-0089825 A TW 200419739 A	
JP	2013-157536	A	15 August 2013	US 2013/0193567 A1 CN 103227115 A KR 10-2013-0088773 A TW 201347123 A	
JP	2007-305916	A	22 November 2007	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H01L 23/48(2006.01)i; H01L 23/28(2006.01)i; H01L 25/07(2006.01)i; H01L 25/18(2023.01)i FI: H01L23/48 M; H01L23/48 G; H01L23/28 A; H01L25/04 C		
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）） H01L23/48; H01L23/28; H01L25/07; H01L25/18 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
A	WO 2022/004758 A1 (富士電機株式会社) 06.01.2022 (2022-01-06) 全文	1-11
A	JP 2008-211168 A (三菱電機株式会社) 11.09.2008 (2008-09-11) 全文	1-11
A	JP 2017-208486 A (株式会社ミスズ工業) 24.11.2017 (2017-11-24) 全文	1-11
A	JP 2006-510221 A (フリースケール セミコンダクター インコーポレイテッド) 23.03.2006 (2006-03-23) 全文	1-11
A	JP 2013-157536 A (新光電気工業株式会社) 15.08.2013 (2013-08-15) 全文	1-11
A	JP 2007-305916 A (ローム株式会社) 22.11.2007 (2007-11-22) 全文	1-11
<input 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	国際調査報告の発送日	
03.10.2023	17.10.2023	
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）  河合 俊英 5F 3238  電話番号 03-3581-1101 内線 3516	

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/JP2023/031781

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
WO	2022/004758	A1	06.01.2022	US	2022/0278039	A1	
				CN	114787991	A	
JP	2008-211168	A	11.09.2008	(ファミリーなし)			
JP	2017-208486	A	24.11.2017	(ファミリーなし)			
JP	2006-510221	A	23.03.2006	US	2004/0113262	A1	
				CN	1714445	A	
				AU	2003277127	A	
				KR	10-2005-0089825	A	
				TW	200419739	A	
JP	2013-157536	A	15.08.2013	US	2013/0193567	A1	
				CN	103227115	A	
				KR	10-2013-0088773	A	
				TW	201347123	A	
JP	2007-305916	A	22.11.2007	(ファミリーなし)			