

(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
2023年10月5日(05.10.2023)



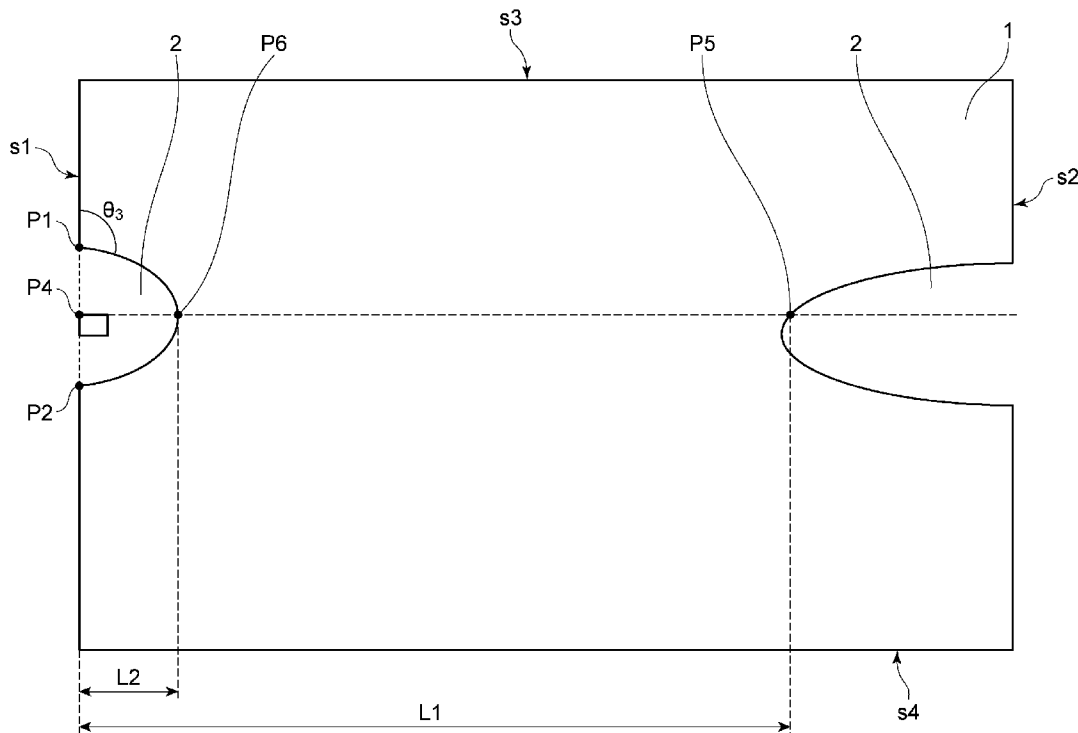
(10) 国際公開番号

WO 2023/190738 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 23/13 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2023/012928
- (22) 国際出願日: 2023年3月29日(29.03.2023)
- (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 2022-055240 2022年3月30日(30.03.2022) JP
- (71) 出願人: 株式会社 東芝(KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) [JP/JP]; 〒1050023 東京都港区芝浦一丁目1番1号 Tokyo (JP). 東芝マテリアル株式会社(TOSHIBA MATERIALS CO., LTD.)
- [JP/JP]; 〒2350032 神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者: 岩井 健太郎(IWAI, Kentaro); 〒2350032 神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 東芝マテリアル株式会社内 Kanagawa (JP). 佐々木 亮人(SASAKI, Akito); 〒2350032 神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 東芝マテリアル株式会社内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 弁理士法人 i X (IX PATENT LAW FIRM, P.C.); 〒2318966 神奈川県横浜市中区桜木町一丁目1番地8日石横浜ビル Kanagawa (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,

(54) Title: CERAMIC SUBSTRATE, JOINED BODY, SEMICONDUCTOR DEVICE, METHOD FOR MANUFACTURING CERAMIC SUBSTRATE, AND METHOD FOR MANUFACTURING CERAMIC CIRCUIT BOARD

(54) 発明の名称: セラミックス基板、接合体、半導体装置、セラミックス基板の製造方法、およびセラミックス回路基板の製造方法



(57) Abstract: Provided is a ceramic substrate in which the yield when forming cut-out portions is improved. A ceramic substrate according to an embodiment of the present invention has obverse and reverse surfaces. The ceramic substrate is provided with one or more cut-out portions. There are openings in the cut-out portions. Of the angles at



WO 2023/190738 A1

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, 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 :

- 国際調査報告 (条約第21条(3))

ends in the openings, at least one of angles (θ_3) at locations in which the ceramic substrate is present when seen from the obverse surface is greater than 90 degrees.

(57) 要約 : 切り欠き部を形成する際の歩留まりを改善したセラミックス基板を提供する。実施形態に係るセラミックス基板は、表面と裏面とを有する。前記セラミックス基板には、1か所以上の切り欠き部が設けられている。前記切り欠き部には、開口部が存在する。前記開口部の端部の角度における、前記表面から見た時の前記セラミックス基板が存在する箇所の角度 (θ_3) のうち少なくとも1か所が、90度よりも大きい。

明 細 書

発明の名称：

セラミックス基板、接合体、半導体装置、セラミックス基板の製造方法、およびセラミックス回路基板の製造方法

技術分野

[0001] 後述する実施形態は、おおむね、セラミックス基板、接合体、半導体装置、セラミックス基板の製造方法、およびセラミックス回路基板の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 半導体素子を搭載する基板には、絶縁性基板と回路部が接合された絶縁性回路基板が用いられている。絶縁性回路基板の固定方法としては、ねじ止めが用いられている。ねじ止め方法としては、基板にねじ止め部を設ける方法や固定治具を使う方法がある。近年、ねじ止め位置の安定化や省スペース化のために、基板にねじ止め部を設ける方法が試みられている。基板に設けられたねじ止め部のことを、切り欠き部と呼んでいる。

[0003] セラミックス基板の切り欠き部の開口端部が特許文献1または2に記載のように直角であった場合、ねじ止めをする際に、前記開口端部にねじが衝突しうる。その際に、前記開口端部周辺に欠けや割れができやすいことが分かった。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2005-56933号公報
特許文献2：国際公開2011/004798号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 従来のセラミックス基板では、開口部の端部が直角になっていた。このた

め、ねじ止め時に、基板に割れやかかけが発生しやすいという課題が発生していた。本発明は、このような課題に対処するためのものであり、表面（第1面）と裏面（第2面）とを有するセラミックス基板において切り欠き部を少なくとも1か所以上有する基板であって、前記開口部の端部の角度における表面から見た時の基板が存在する箇所（ θ_3 ）のうち少なくとも1か所が90度を超えて大きくなること特徴とするセラミックス基板を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 実施形態に係るセラミックス基板は、表面（第1面）と裏面（第2面）とを有するセラミックス基板において切り欠き部を少なくとも1か所以上有する基板であって、前記開口部の端部の角度における表面から見た時の基板が存在する箇所（ θ_3 ）のうち少なくとも1か所が90度を超えて大きくなることを特徴とする。

図面の簡単な説明

[0007] [図1]実施形態に係るセラミックス基板であって、切り欠き部形状と貫通孔が設けられた構造の一例を示す模式図。

[図2]実施形態に係るセラミックス基板の切り欠き部形状を設けた際の一例を示す模式図。

[図3]実施形態に係るセラミックス基板の切り欠き部形状を設けた際の一例を示す模式図。

[図4]実施形態に係るセラミックス基板の切り欠き部形状を設けた際の一例を示す模式図。

[図5]実施形態に係るセラミックス基板の切り欠き部形状を設けた際の一例を示す模式図。

[図6]実施形態に係るセラミックス基板の切り欠き部形状を設けた際の一例を示す模式図。

[図7]実施形態（比較例）に係るセラミックス基板の切り欠き部形状を設けた際の一例を示す模式図。

[図8]実施形態に係るセラミックス基板の切り欠き部形状を設けた際の一例を示す模式図。

[図9]実施形態に係るセラミックス基板の切り欠き部形状を設けた際の一例を示す模式図。

[図10]実施形態に係る半導体装置の一例を示す模式図。

[図11]実施形態に係る半導体装置の別の例を示す模式図。

[図12]実施形態に係るセラミックス基板の切り欠き部の形状の側面形状の一例を示す模式図。

[図13]実施形態に係るセラミックス基板の切り欠き部近傍を例示する模式図。

[図14]実施形態に係る半導体装置がねじ止めされた状態を例示する模式的側面図。

[図15]実施形態に係る半導体装置がねじ止めされた状態を例示する模式的平面図。

[図16]実施形態に係る製造方法を例示するフローチャート。

発明を実施するための形態

[0008] 本発明の実施形態は、表面（第1面）と裏面（第2面）とを有するセラミックス基板において切り欠き部を少なくとも1か所以上有するセラミックス基板であって、前記開口部の端部の角度における表面から見た時の基板が存在している箇所の角度（ θ_3 ）のうち少なくとも1か所が90度を超えて大きくなることを特徴とする。角度 θ_3 は図1に示した。

[0009] 本実施形態にかかるセラミックス基板には、例えば、1カ所の切り欠き部が設けられ、1か所以上の貫通孔が設けられる。または、セラミックス基板には、2カ所以上の複数の切り欠き部が設けられてもよい。複数の切り欠き部が設けられる場合には、すべての切り欠き部の形状が同じであってもよいし、それらの形状が互いに違っていてもよい。さらに、切り欠き部を設ける箇所は、セラミックス基板の角部であってもよい。セラミックス基板が長方形（矩形状）であった場合には、切り欠き部を設ける箇所は、短辺側であつ

てもよいし長辺側であってもよい。一方、切り欠き部の個数は、1基板当たり15個以下であることがより好ましい。切り欠き部の数が15を超えて多いと、セラミックス基板の強度が不足する可能性がある。また、セラミックス基板の形状は、略円形、略楕円形、または略半円形であってもよい。

[0010] 切り欠き部は、セラミックス基板の端に向けて開口した開口部を含む。開口部の端部（開口端部）には、セラミックス基板の角部が存在する。開口端部に、R部またはC部が形成されていてもよい。開口端部にR部やC部が形成されてもよいとは、開口端部近傍のみに、微小なC部またはR部を形成させることを含む。本発明にかかる実施形態は、開口端部同士の中点から垂線を引いたとき、この垂線に対して切り欠き部の形状が対称性のない箇所があってもよい。また、このように形成された切り欠き部は、貫通孔、開口部が他の箇所より狭い形状を有する切り欠き部、または開口部が直角になっている切り欠き部などと組み合わせられてもよい。なお、前記 θ_3 が90度を超えるか否かの判断は、例えば曲線状の開口部では、開口部に最隣接する変曲点を基準とする。

[0011] 図1は、実施形態に係るセラミックス基板に切り欠き部形状と貫通孔が設けられた構造の一例を示す模式図である。図2は、実施形態に係るセラミックス基板に切り欠き部形状が設けられた構造の一例を示す模式図である。

図1および図2において、符号1はセラミックス基板であり、符号2は切り欠き部である。符号3は貫通孔である。符号P1は第1の開口端部である。符号P2は第2の開口端部である。符号L_iは、第1の開口端部P1および第2の開口端部P2を結んだ仮想の直線を示す。符号 θ_1 は、直線L_iと切り欠き部2とからなる切り欠き角となった（基板部に囲まれた）側の角度である。符号OPは、切り欠き部2の開口部を示す。図2は、開口部OPでない側が略台形になるように切り欠き部2が設けられた構造を示す。また、図2は、切り欠き部2と別の切り欠き部2の組み合わせを例示している。

[0012] 図3～図9は、実施形態に係るセラミックス基板1に切り欠き部2を設けた構造の一例を示す模式図である。図3では、略V字形状の切り欠き部2を

設けた構造が例示されている。図3において、符号P3は、切り欠き部2の開口側ではない端部を示す。符号 θ_2 は、開口部側ではない前記端部P3の角度である。

[0013] 図4では、略半円形状の切り欠き部2が形成された構造が例示されている。図4において、符号P4は、開口端部同士の中点を示している。符号P5は、開口端部同士の中点から引いた垂線とセラミックス基板1との交点のうち、最も遠い点を示す。符号P6は、開口端部同士の中点から引いた垂線と、前記開口部を有する切り欠き部2と、の交点である。符号L₁は、中点P4と交点P5との間の距離を示す。符号L₂は、中点P4と交点P6との間の距離を示す。

[0014] 図5は、略U字形状と略V字形状を合わせた形状の切り欠き部2を例示した模式図である。図5において、符号 θ_3 は、切り欠き部2の端部における、セラミックス基板1が存在する角度を示す。符号 θ_4 は、R部と開口部の境界部との間の角度、またはC部と開口部の境界部との間の角度である。開口部の境界部とは、開口部とセラミックス基板1との境界部分を指す。

[0015] 図6は、2か所の切り欠き部2同士が同一形状ではない構造を例示した模式図である。図7は、比較例として、セラミックス基板1の角部に広く開口した切り欠き部2が形成された構造を例示した模式図である。また、図7は、もう一か所の切り欠き部2が、貫通孔3に類似した形状を有する例を示している。図7は切り欠き部の切り欠かれた箇所形状が広く開口しているため、ねじ止めの際の衝突リスクを低減できるが、基板の開口端部が先鋭形状になってしまう。そのため、衝突時の割れやかけの発生リスクが θ_3 を90度より大きくした場合と比較して大きくなってしまふ虞があり好ましくない。図7に示す例では、 θ_5 に代表されるような角が存在しているため、セラミックス基板1に先鋭形状が生じやすい。 θ_5 は、開口端部同士を結んだ直線の延長線から基板が存在している箇所までの角度である。図8は、切り欠き部2の開口端部において、R形状に面取りした箇所を有する構造を例示した模式図である。図9は、切り欠き部2の開口端部において、C形状に面取りした

箇所が設けられた構造を例示した模式図である。

[0016] 図10は、セラミックス基板1に導体部を設け、それらを接合した接合体を例示する模式図である。図10において、符号4は導体部であり、符号5は活性金属接合層であり、符号6は接合体である。図11は、図10に示した接合体に、半導体素子を搭載した半導体装置を例示する模式図である。図11において、符号7は半導体素子であり、符号8は接合層（半導体素子と導体部との）であり、符号9はメッキ膜であり、符号10は半導体装置である。図12は、セラミックス基板1の切り欠き部2の側面形状の一例を示す模式図である。

[0017] 開口端部の角度において、同一の切り欠き部2における開口端部同士を結ぶ直線と、切り欠き部2と、の間のセラミックス基板1の角度を θ_3 とする。この場合、セラミックス基板1は、角度 θ_3 が90度を超えて大きい箇所を有することが好ましい。1つの切り欠き部2における開口側の両端部の角度 θ_3 が、それぞれ90度よりも大きいことがさらに好ましい。

[0018] 前記角度 θ_3 のより好ましい範囲は、100度以上170度以下であり、より好ましくは100度以上160度以下である。さらに好ましくは、角度 θ_3 は、120度以上150度以下である。角度 θ_3 が100度未満と小さすぎると、開口部の角度を90度よりも大きくした効果が十分に得られない可能性がある。一方、角度が170度より大きいと、前述したように切り欠き部2の形状の端部が占める面積が大きくなりすぎ、セラミックス基板1において、半導体素子の搭載面を十分に確保できない可能性がある。また、切り欠き部2の1つの開口部あたりに、セラミックス基板1が存在する部分で2つの角度が存在する。これらの2つの角度の差は、20度未満であることが好ましい。さらには、前記差が10度未満であることがより好ましい。

[0019] セラミックス基板1が複数の切り欠き部2を有する場合、少なくとも1カ所の角度 θ_3 が90度を超えて大きければよい。より好ましくは、前記少なくとも1カ所の切り欠き部2に存在する開口部の両端の角度 θ_3 が、それぞれ90度以上となることが好ましい。複数の切り欠き部2におけるすべての角度

θ_3 が90度を超えることがさらに好ましい。

[0020] 開口端部の基板中心側にR部またはC部を形成してもよい。前述のように開口端部の基板中心側にR部またはC部を形成した際には、R部またはC部と他の部分との境界部（変曲点）と開口端部同士からなる直線との切り欠き部2側の角度を θ_1 とする。R部またはC部の大きさは特に限定されず、開口端部近傍のみに設けられていてもよい。

[0021] 図13(a)及び図13(b)は、実施形態に係るセラミックス基板の切り欠き部近傍を例示する模式図である。

変曲点が存在しない場合は、以下に示す通りの方法で角度 θ_1 及び θ_3 を求める。図13(a)に示すように、開口端部P1またはP2から開口側でない端部P3までの形状が、略直線状である場合は、その形状に沿う直線と、直線L_iと、を用いて角度 θ_1 及び θ_3 を求める。

[0022] 図13(b)に示すように、開口端部P1またはP2から端部P3までの形状が曲線的である場合、まず、切り欠き部2において、直線L_iから最も遠い箇所を特定する。図示した例では、端部P3が、最も遠い箇所に該当する。前記最も遠い箇所と、直線L_iを結ぶ直線を長軸とした楕円Eで、切り欠き部2の形状を近似する。楕円Eの外縁が切り欠き部2の側面に最もよく沿うように、切り欠き部2が楕円Eに近似される。楕円Eと切り欠き部2とが共通する部分と、楕円Eと切り欠き部2とが共通しない部分と、の境界部を特定する。その境界部と開口端部P1とを通る直線またはその境界部と開口端部P2とを通る直線を基準として、角度 θ_1 及び θ_3 を求める。

[0023] 切り欠き部2の開口部側ではない端部が、略U字形状、略台形状、または略V字形状であることが好ましい。開口部側ではない端部が略V字形状である場合、その切り欠き部2側の角度が70度以上であることが好ましい。前記角度が70度よりも小さいと、この端部から亀裂が生じる可能性がある。前述のように、開口部側ではない端部の切り欠き部2側の角度が70度以上であれば、前記端部は略V字形状であってもよい。開口部側ではない端部の角度を、角度 θ_2 とする。角度 θ_2 は、切り欠き部2の側面同士がなす角度で

ある。図3に角度 θ_2 を示した。略U字形状とは、例えば図4および図8に示すように、開口部側ではない端部がR部を有する形状を指す。略台形状とは、例えば図1および図2に示すように、開口部側ではない端部にC部を有する形状を指す。前記切り欠き部2は、略五角形または略六角形のような多角形の形状であってもよい。

[0024] 開口部側ではない箇所に面取り部を設けることにより、この端部における亀裂の発生を抑制する効果を、さらに高めることができる。この面取り部は、R部またはC部を有することにより、この端部における亀裂の発生を抑制する効果を、より一層高めることができる。そのため、前記開口部側ではない箇所にR部またはC部を設けることが、より好ましい。

[0025] 開口部側ではない端部の形状は、略V字形状（略V字の角度が70度以上）、略台形状、または略U字形状であることが好ましい。略V字形状（略V字の角度が70度以上）、略台形状、または略U字形状の大きさは、任意である。例えば、これらの形状は、切り欠き部2の形状のごく一部に設けられた非常に小さなものであってもよい。または、これらの形状は、切り欠き部2の全体にわたって形成されたものであってもよい。前記R部またはC部が略U字形状であると、亀裂の発生を抑制する効果をさらに高めることができる。そのため、前記R部またはC部が、略U字形状であることがさらに好ましい。

[0026] ここで、R部とは、切り欠き部2の先端部の角を丸く切り取り、略U字形状を形成した形状を指す。先端部とは、切り欠き部2の開口部側ではない端部を差す。C部とは、切り欠き部2の先端部の角を直線的に切り取り、略台形状を形成した形状を指す。このようにC部を設けた場合には、この台形の上底からなる切り欠き部側の角が30度以上であることが、より好ましい。この時、略台形の上底と下底の比（上底/下底）が、0.1以上であることがさらに好ましい。略台形の上底とは、切り欠き部2の先端部の辺の長さである。略台形の下底とは、切り欠き部2の開口部の長さである。このため、略台形の下底は、開口端部同士を結んだ直線の長さとなる。このようにするこ

とで、略V字形状を形成したセラミックス基板1をねじ止めするときと比較して、セラミックス基板1の割れまたは欠けが発生する可能性をさらに低減することが可能になる。

[0027] 前記開口部側ではない箇所形状は、角度 θ_3 と同様に表面部から見て判断することができる。さらに、前記開口部側ではない箇所の側面形状は、切り欠き部2の側面部によって形成される表面から見た時の形状で判断する。前記形状も、R部またはC部を有していてもよい。

[0028] 開口端部同士と切り欠き部2とからなる切り欠き部の角度（例として図1に θ_1 として記載の角度）が90度未満であっても、長方形、正方形などの四角形のセラミックス基板1の角部に対して開口部を設けた場合には、開口端部においてセラミックス基板1が部分的に細くなることがある。そのような場合には、前記角部において十分な強度を保つことが難しいことがあった。したがって、前記開口部の両端部の角度について、セラミックス基板1の内角が100度以上の箇所が設けられることが好ましい。

[0029] 側面形状も制御されていることが好ましい。側面形状において、セラミックス基板1の表面側の端部とセラミックス基板1の裏面側の端部との少なくとも1カ所以上が、R部またはC部を有していることが好ましい。セラミックス基板1を側方から見た場合に、表面側の両端部が、図12に示すように、微小なR部またはC部を有していることがより好ましい。表面側の端部と裏面側の端部の両方において、切り欠き部2の幅が広くなり、切り欠き部2が開口していてもよい。

[0030] この側面の算術平均粗さ R_a は $1.2\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。さらに、この側面の最大高さ R_z は $2.0\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。 R_a および R_z は、JIS B 0601:2013に記載されている。JIS B 0601:2013は、ISO 4287:1997/AMENDMENT 1:2009 (IDT)に対応している。加工方法を調整することで、加工に伴う表面の荒れを制御することができる。このため、側面の算術平均粗さ R_a は $1.2\mu\text{m}$ 以下であり、側面の最大高さ R_z は $2.0\mu\text{m}$ 以下で

あることが好ましい。加工に伴う表面の荒れの制御方法には、例えば、加工後にブラストまたはホーニング処理を施す方法、レーザー加工の際の照射径またはエネルギー密度を制御する方法などが挙げられる。側面部の表面粗さを制御することで、ねじ止め時のねじ止めの効率を向上できうる。

[0031] 図4に示すように、前記切り欠き部2について、開口部OPの端部同士の中点をP4とする。中点P4から垂線を引いたとき、この垂線上のセラミックス基板1の端部のうち、中点P4から最も離れたセラミックス基板1の端部の点をP5とする。中点P4と交点P5との間のセラミックス基板1の長さを L_1 とする。垂線と前記開口部を有する切り欠き部2との交点をP6とする。この場合、中点P4と交点P6との間の距離で定義される切り欠き部2の長さ(L_2)について、 L_2/L_1 が0.1以上0.4以下であることが好ましい。中点P4から最も離れたセラミックス基板1の端部について、切り欠き部2と貫通孔3の組み合わせにおいて、貫通孔3が中点P4から引いた垂線上にあった時には、貫通孔3を無視したセラミックス基板1の端部を交点P5とする。

[0032] 開口部の一方の端部(第1の開口端部P1)ともう一方の端部(第2の開口端部P2)との中点から引いた垂線が、他の切り欠き部2と交わらない場合、この垂線とセラミックス基板1の交点からなる長さを L_1 とする。開口端部同士の中点から引いた垂線が、他の切り欠き部2と交わる場合は、その他の切り欠き部2の開口端部同士を結んだ直線と開口端部同士の中点との距離を L_1 とする。また、開口端部同士を結んだ直線から引いた垂線のうち切り欠き部2の縁部との交点で最も長い距離を L_2 とする。この時、 L_2/L_1 は0.1以上0.4以下であることが好ましい。より好ましくは、 L_2/L_1 は0.1以上0.35以下である。 L_2/L_1 が0.4より大きいと、セラミックス基板1が割れやすくなる可能性がある。一方、 L_2/L_1 が0.1より小さいと、切り欠き部2を設ける効果が十分に得られない可能性がある。つまり、切り欠き部2が角部になく、切り欠き部2の存在する箇所が1箇所の場合の長さ L_1 は、セラミックス基板1の長さに相当する。

- [0033] 図12に示すように、切り欠き部2の側面から見た時の最大幅を L_3 とし、最大幅 L_3 を含む切り欠き部2の開口幅のうち、最も小さい幅を L_4 とする。この場合に、 $0.5 \leq L_4/L_3 < 1$ であることが好ましい。幅 L_3 の方向は、幅 L_4 の方向と平行であり、第1の開口端部 P_1 と第2の開口端部 P_2 とを結ぶ方向に平行である。 L_4/L_3 が 0.5 より小さいと、開口端部が欠けやすくなる可能性がある。一方、 L_4/L_3 が 1 以上であると、開口部の角度を 90 度より大きくした効果が十分に得られず、ねじ止め部の位置精度が悪化する可能性がある。前記 L_4/L_3 は、 $0.7 < L_4/L_3 < 1$ であることがさらに好ましい。
- [0034] 図14は、実施形態に係る半導体装置がねじ止めされた状態を例示する模式的側面図である。図15は、実施形態に係る半導体装置がねじ止めされた状態を例示する模式的平面図である。図14および図15において、符号11はねじを示す。図14および図15に示すように、半導体装置10を固定する際、切り欠き部2にねじが通される。セラミックス基板1がねじ11によって支持板に向けて押圧され、半導体装置10が支持板に対して固定される。
- [0035] 実施形態によれば、セラミックス基板1の切り欠き部2にねじ11を設ける際、ねじ11がセラミックス基板1と衝突し難い。また、角度 θ_3 が 90 度よりも大きいことで、ねじ11がセラミックス基板1と衝突した場合でも、セラミックス基板1に局所的に大きな力が加わることを回避できる。これにより、セラミックス基板1の欠けまたは割れの発生を抑制できる。
- [0036] セラミックス基板1は、窒化珪素、窒化アルミニウム、サイアロン、アルミナ、およびジルコニアから選択される1種または2種を主成分として含むことが好ましい。主成分とは、 50 質量%以上含有される成分を指す。さらに、セラミックス基板は、窒化珪素基板、窒化アルミニウム基板、アルジル基板のいずれかであることがより好ましい。アルジルは、アルミナとジルコニアの2種を合計で 50 質量%以上含む材料である。
- [0037] セラミックス基板1の厚さは、 0.1 mm以上 3 mm以下であることが好

ましく、0.1 mm以上1 mm以下がより好ましい。セラミックス基板1の厚さが0.1 mm未満では、セラミックス基板1の強度が低下する可能性がある。セラミックス基板1の厚さが3 mmより厚いと、セラミックス基板1自体が熱抵抗体となり、セラミックス回路基板の放熱性を低下させる可能性がある。

[0038] 窒化珪素基板の3点曲げ強度は、600 MPa以上であることが好ましい。窒化珪素基板の熱伝導率は、80 W/m・K以上であることが好ましい。窒化珪素基板の強度を上げることにより、基板厚さを薄くできる。このため、窒化珪素基板の3点曲げ強度は、600 MPa以上、さらには700 MPa以上が好ましい。窒化珪素基板の厚さを、0.40 mm以下、さらには0.30 mm以下と薄くできる。また、窒化アルミニウム基板の3点曲げ強度は、300～450 MPa程度である。その一方、窒化アルミニウム基板の熱伝導率は、160 W/m・K以上である。窒化アルミニウム基板の強度は低いため、基板厚さは0.60 mm以上が好ましい。

[0039] 酸化アルミニウム基板の3点曲げ強度は300～450 MPa程度であるが、酸化アルミニウム基板はセラミックス基板の中では安価である。アルジル基板の3点曲げ強度は550 MPa程度と高いが、その熱伝導率は30～50 W/m・K程度である。アルジル基板とは、酸化アルミニウムと酸化ジルコニウムを混合した焼結体からなる基板である。セラミックス基板は窒素含有セラミックス基板であることが好ましい。また、窒素含有セラミックス基板の中では、窒化物系セラミックスであることがより好ましく、窒化珪素基板、窒化アルミニウム基板のいずれか一方であることがさらに好ましい。

[0040] セラミックス基板の厚さは、0.1 mm以上1 mm以下が好ましい。基板厚さが0.1 mm未満では、強度が不十分となる可能性がある。また、基板厚さが1 mmよりも大きいと、セラミックス基板1自体が熱抵抗体となり、回路基板の放熱性を低下させる可能性がある。

[0041] 本発明の実施形態に係るセラミックス基板1の切り欠き部2は、ねじ止め
に好適に用いることができる。

- [0042] 窒化珪素基板については、3点曲げ強度が600MPa以上であることが好ましい。熱伝導率は80W/m・K以上であることが好ましい。窒化珪素基板の強度を上げることにより、基板厚さを薄くできる。このため、窒化珪素基板の3点曲げ強度は600MPa以上であることが好ましく、700MPa以上であることがさらに好ましい。窒化珪素基板の基板厚さを、0.40mm以下、さらには0.30mm以下と薄くできる。
- [0043] 窒化アルミニウム基板の3点曲げ強度は、300~450MPa程度である。その一方、窒化アルミニウム基板の熱伝導率は、160W/m・K以上である。窒化アルミニウム基板の強度は低いため、基板厚さは0.60mm以上が好ましい。酸化アルミニウム基板の3点曲げ強度は300~450MPa程度であるが、酸化アルミニウム基板は安価である。アルジル基板の3点曲げ強度は550MPa程度と高いが、熱伝導率は30~50W/m・K程度である。アルジル基板とは、酸化アルミニウムと酸化ジルコニウムを混合した焼結体からなる基板のことである。
- [0044] 上述した切り欠き部2を有するセラミックス基板1に、導体部4を接合してもよい。セラミックス基板1と導体部4とを接合した接合体6に、前記形状の切り欠き部2を形成してもよい。導体部4は、セラミックス基板1の片面のみに設けられてもよい。導体部4は、セラミックス基板1の両面にそれぞれ設けられてもよい。ここでは、セラミックス基板1の表面に設けられた導体部4を、表導体部とする。セラミックス基板1の裏面に設けられた導体部4を、裏導体部とする。表導体部の組成と裏導体部の組成は、互いに異なっても良い。表導体部の組成と裏導体部の組成が同じであった場合には、使い勝手が良い接合体の提供が可能である。このため、表導体部の組成と裏導体部の組成は同じであることがより好ましい。
- [0045] 導体部4は、銅部材又はアルミニウム部材であることが好ましい。銅部材は、銅又は銅合金からなる。銅部材は、銅板、銅合金板、銅板に回路形状が付与された部材、又は銅合金板に回路形状が付与された部材である。アルミニウム部材は、アルミニウム又はアルミニウム合金からなる。アルミニウム

部材は、アルミニウム板、アルミニウム合金板、アルミニウム板に回路形状が付与された部材、又はアルミニウム合金板に回路形状が付与された部材である。銅板に回路形状が付与されて作製された部材は、銅回路と呼ばれる。アルミニウム板に回路形状が付与されて作製された部材は、アルミニウム回路と呼ばれる。

[0046] 前記導体部4にアルミニウムを用いるメリットとしては、銅よりコストが低いことが挙げられる。導体部4をアルミニウムで構成する場合には、Al-Mgの合金ろう材等のAl系ろう材を用いることができる。一方、銅部材は、アルミニウム部材に比べて、熱伝導率が高い。このため、導体部4には、銅部材を用いることが好ましい。導体部4は、銅部材又はアルミニウム部材以外の、メタライズ層又は導電性薄膜であっても良い。メタライズ層は、金属ペーストの焼成により形成される。導体部4の厚さは、0.3mm以上、さらには0.6mm以上であってもよい。導体部4を厚くすることにより、接合体6の放熱性を向上させることができる。表導体部の厚さは、裏導体部の厚さと同じでも良いし、裏導体部の厚さとは異なってもよい。導体部4としては、銅部材が特に好ましい。銅部材は、無酸素銅からなることが好ましい。無酸素銅はJIS-H-3100に示されたように、99.96質量%以上の銅純度を有する。

[0047] セラミックス基板1と銅部材は、直接接合されてもよい。打ち抜き加工した銅板がセラミックス基板1に接合されてもよい。銅板をセラミックス基板1に接合し、その後に銅板をエッチングしてもよい。接合の際にろう材を用いる場合には、チタンを含有する接合層を介して、セラミックス基板1と銅部材が接合されていることが好ましい。活性金属接合法では、Tiを含む活性金属ろう材が用いられる。活性金属ろう材は、例えば、銀または銅を主成分（50質量%以上）として含有し、且つTiを含有する。また、セラミックス基板と銅部材は、炭素を含有する接合層を介して接合されていることが好ましい。活性金属ろう材に炭素を含有させることにより、炭素を含有する接合層を形成することができる。活性金属ろう材に炭素を含有させることで

、ろう材の流動性を向上させることができる。これにより、接合強度を向上させることができる。

[0048] 活性金属ろう材は、A gとT iを組み合わせたろう材や、銅とT iを組み合わせたろう材であってもよい。例えば、活性金属ろう材は、A g（銀）を0質量%以上98質量%以下、C u（銅）を1質量%以上85質量%以下、T i（チタン）またはT i H₂（水素化チタン）を1質量%以上15質量%以下含有することが好ましい。また、活性金属ろう材には、T iの代わりに、N bまたはZ rを用いてもよい、T iに加えてN b、Z rを添加してもよい。しかし、活性金属ろう材は、T i（チタン）またはT i H₂（水素化チタン）を、1質量%以上15質量%以下含有することが好ましい。T iとT i H₂の両方を用いる場合は、それらの合計が1質量%以上15質量%以下の範囲内とする。A gとC uの両方を用いる場合、A gの含有量は20質量%以上70質量%以下、C uの含有量は15質量%以上65質量%以下であることが好ましい。ろう材には、必要に応じ、S n（錫）、I n（インジウム）、およびM n（マンガン）から選択される1種以上を1質量%以上50質量%以下含有させてもよい。T iまたはT i H₂の含有量は、1質量%以上15質量%以下であることが好ましい。また、ろう材には、必要に応じ、C（炭素）を0.1質量%以上2質量%以下含有させてもよい。

[0049] 活性金属ろう材の組成の比率は、混合する固体原料の合計を100質量%で計算する。この固体原料は、粉末状であることが好ましい。例えば、A g、C u、およびT iの3種で活性金属ろう材を構成する場合、 $A g + C u + T i = 100$ 質量%とする。A g、C u、T i H₂、およびI nの4種で活性金属ろう材を構成する場合、 $A g + C u + T i H_2 + I n = 100$ 質量%とする。A g、C u、T i、S n、およびCの5種で活性金属ろう材を構成する場合は、 $A g + C u + T i + S n + C = 100$ 質量%とする。上記の組成の粉末原料に対し、組成に応じた溶媒を混合することが好ましい。溶媒を混合することで、ろう材をペースト状にすることができる。

[0050] 調製したろう材ペーストをセラミックス基板1の上に塗布し、その上に導

体部4を配置する。得られた積層体を加熱し、セラミックス基板1と導体部4とを接合する。これにより、接合体6が得られる。

[0051] このようにして得られた接合体6に対して、前述した切り欠き部2を設けてもよい。前述した切り欠き部2を付与したセラミックス基板1に導体部4を設けてもよい。あらかじめ回路形状が付与された導体部4が、セラミックス基板1に接合されてもよい。セラミックス基板1に導体部4を接合した後に、導体部4に回路形状を付与してもよい。ここでは、導体部4に回路形状が付与された接合体6を、セラミックス回路基板ともいう。

[0052] 上述した導体部の側面は、傾斜形状を具備していることが好ましい。すなわち、銅部材の側面は、面内方向及び厚み方向に対して、傾斜していることが好ましい。面内方向は、セラミックス基板1と導体部との接合面に平行な方向である。厚み方向は、セラミックス基板1と導体部とを結ぶ方向であり、面内方向に対して垂直である。導体部は、銅部材であることが好ましい。

[0053] 接合層5の厚さは、 $10\mu\text{m}$ 以上 $60\mu\text{m}$ 以下の範囲内であることが好ましい。セラミックス回路基板は、導体部の側面から接合層5がはみ出した形状を有することが好ましい。はみ出した接合層5の一部を、接合層はみだし部と呼ぶ。接合層はみだし部は、厚さ T に対する長さ L の比(L/T)が、 0.5 以上 3.0 以下の範囲内であることが好ましい。接合層はみだし部の厚さは、接合層はみだし部の中で、最も厚い箇所の厚さである。接合層はみだし部の長さは、接合層はみだし部の中で、導体部側面からはみ出した最も長い箇所の長さである。接合層はみだし部の厚さと長さは、セラミックス銅回路基板の任意の断面から測定する。導体部に傾斜形状を設け、接合層はみだし部を設けることにより、セラミックス銅回路基板のTC特性を向上させることができる。

[0054] メッキ膜9と半導体素子7との接合または導体部4と半導体素子7との接合に用いる接合層8として、銅またはスズを用いた接合層や、半田ペーストまたは銀ペーストを用いた接合層が挙げられる。図11は、メッキ膜9が設けている構造を示しているが、メッキ膜9が設けられなくてもよい。

[0055] セラミックス基板1は、厚さ0.4mm以下の窒化珪素基板であり、導体部の厚さは0.6mm以上であることが好ましい。厚さ0.4mm以下の薄い窒化珪素基板であると、セラミックス基板の熱抵抗を下げる効果がある。また、厚さ0.6mm以上の厚い銅板であると、放熱性が向上する。さらに、3点曲げ強度600MPa以上の窒化珪素基板であれば、効果を得やすくなる。そのため、厚さ0.4mm以下の珪素基板と厚さ0.6mm以上の厚い銅板を組み合わせてもよい。

[0056] 本発明の実施形態に係る製造方法について説明する。

[0057] 切り欠き部2を形成する方法は、上記記載の切り欠き部2を形成できれば、任意に選択可能である。切り欠き部2を形成する方法として、レーザーによってセラミックス基板1の一部を切断する方法、グリーンシートの時に圧力をかけセラミックス基板1に凹部を設けておく方法、糸鋸でセラミックス基板1の一部を切り取る方法などがあげられる。この中ではレーザーによって形成する方法がより好ましい。切り欠き部2がレーザー加工によって形成される場合、セラミックス基板に、SEMによって観察できる明らかな見た目の違いが生じる。このため、切り欠き部2がレーザー加工によって形成されたか否かは、切り欠き部2をSEMで観察することで判断できる。SEMで観察できる見た目の明らかな違いは、レーザー加工時に生じる熱的影響に起因する。前記熱的影響を受けた部分は、ホーニングなどを行った場合には、部分的に除去されることもある。したがって、切り欠き部2の一部分（少なくとも切り欠き部2の側面の一部分）に前述のようなレーザー加工の痕が観測された場合、その切り欠き部2はレーザー加工によって形成されたと判別できる。

[0058] セラミックス基板1に切り欠き部2を形成する際、レーザーのエネルギー密度が高いことが好ましい。レーザーのエネルギー密度が高いと、走査速度を速くすることが可能となる。また、レーザーで切り欠き部2を形成する場合、位置精度よく切り欠き部2を形成することができる。さらには、レーザー加工によって切り欠き部2を形成することで、セラミックス基板1の側面

から切り欠き部2の形状を見たときに、表面側が基板中心部に対して開口した形状とすることが可能となる。用いられるレーザーは特に限定されないが、CO₂レーザー、YAGレーザー（基本波、2倍波、3倍波、4倍波のいずれか）、フェムト秒レーザー、ピコ秒レーザー、半導体レーザー、LDレーザー、エキシマレーザー、YVO₄レーザー、DDLレーザーの中から選ばれるいずれか1種以上であることが好ましい。これらのレーザーのうち、CO₂レーザーおよびファイバーレーザーから選択される1種以上が用いられることがより好ましい。

[0059] レーザー加工によって切り欠き部2を形成させる方法では、一回のレーザー照射によって切り欠き部2を形成してもよいし、複数回のレーザー照射によって切り欠き部2を形成してもよい。必要に応じて、集塵またはアシストガスを用いてもよい。レーザーは、セラミックス基板1の一方の面のみから照射してもよく、セラミックス基板1の両面から照射してもよい。セラミックス基板1の両面からレーザーを照射する場合には、最初の照射面に対する位置精度が重要になる。そのため、セラミックス基板1の一方の面のみから、レーザーを照射することがさらに好ましい。切り欠き部2を形成するために、連続溝を設けてもよいし、ドット形状にレーザーを照射してもよい。連続溝またはドット形状のうち連続溝の方が好ましい。連続溝である場合には、切り欠き部2をセラミックス基板1から切り離すのが容易になる。また、レーザーの出力モードは、パルスであってもCW（連続）であってもよいし、これらの両方を組み合わせてもよい。複数回照射して、貫通させてもよい。

[0060] レーザーによって溝が形成される場合、基板の厚さに対して溝の最大深さが制御されることが好ましい。基板の厚さを t とし、溝の最大深さを d とする。この場合、 $0.5 < d/t \leq 1$ であることが好ましい。ここで、溝の最大深さとは、セラミックス基板1の表裏両面からレーザーを照射した場合には、その合計値で表される。また、 $0.7 \leq d/t \leq 1.0$ であることがより好ましい。さらに好ましくは、 d/t が1.0である。すなわち、さらに

好ましくは、形成された溝が表裏両面にわたって存在する。基板の厚さ t に対して溝の深さ d が常に 1.0 である（溝が貫通している）ことがさらに好ましい。レーザーによって溝が形成された後は、切り欠き部 2 を形成するために、切り欠き部 2 側をセラミックス基板 1 から分離させるための分離工程が行われる。溝深さを基板厚さに対し一定以上に深くし、溝形成を行うことで、分離工程において、過大な圧力をかけて切り欠き部 2 の形状を得る必要がない。このため、コストを低減できる。さらに、切り欠き部 2 の形成時、レーザー加工によって溝を貫通させることで、バリの発生を抑制することができる。レーザーの集光径の調整も行うことが好ましい。集光径の調整、エネルギー密度などを調整することで、レーザー照射による影響を一定程度に低減することができ、切り欠き部 2 の側面部における表面の粗さを制御できる。

[0061] セラミックス基板 1 の側面部の表面粗さと、切り欠き部 2 の側面部の表面粗さと、が異なってもよい。好ましくは、切り欠き部と側面部との R_a をそれぞれ 5 か所測定したとき、基板側面部の平均値のと切り欠き部 2 の側面部の平均値との差が、 $3.0 \mu\text{m}$ 以下である。セラミックス基板 1 に対して、必要に応じてホーニングを行ってもよい。ホーニングは、焼結後のセラミックス基板であれば、切り欠き部 2 を形成する前であってもよいし、切り欠き部 2 を形成した後であってもよい。

[0062] 切り欠き部 2 の形成のタイミングは、特に限定されない。グリーンシートの時に切り欠き部 2 を形成すると、その後の焼結工程により、切り欠き部 2 の位置精度が低下する可能性がある。そのため、切り欠き部 2 の形成のタイミングは、焼結後であることが好ましい。切り欠き部 2 の形成は、導体部 4 の接合後であってもよいし、導体部 4 の接合前であってもよい。図 7 のように、切り欠き部 2 を角部に設けた場合には、基板部が先鋭形状となる。ねじ止めの際、開口端部にねじが衝突した場合に、セラミックス基板 1 が欠けてしまう可能性がある。このため、切り欠き部 2 を角部に設ける構造は、好ましくない。

[0063] レーザーを用いてセラミックス基板 1 に切り欠き部 2 を形成する際、切り欠き部 2 の開口部 O P 側の幅が、開口部側ではない端部の幅よりも広くなるように、切り欠き部 2 が形成されることが好ましい。より具体的には、切り欠き部 2 の形状について、開口端部同士を結んだ線と平行な距離を「幅」としたときに、切り欠き部 2 全体の幅の平均値を W_a とする。開口部の幅を W_o とする。この場合、 $1.01 \leq W_o / W_a \leq 5.0$ を満たすことが好ましい。 $1.2 \leq W_o / W_a \leq 4.0$ を満たすことが、より好ましい。さらに好ましくは、 $1.5 \leq W_o / W_a \leq 3.5$ を満たすことである。切り欠き部 2 の幅が前述のように制御されていると、開口部が広くなりすぎてしまうことが防げるとともに、開口の形状の開き度合いを制御できる。開口部の基板が存在する部分の角度を制御する効果がより得られやすくなる。また、切り欠き部 2 形状を制御することで、ねじ止め時のトルクを大きくすることもできる。

[0064] 図 16 は、実施形態に係る製造方法を例示するフローチャートである。

図 16 は、実施形態に係る製造方法の好ましい一例を示す。まず、セラミックス基板 1 を用意する（ステップ S t 1）。セラミックス基板 1 は、上述した方法により作製することができる。用意したセラミックス基板 1 に、切り欠き部 2 を形成する（ステップ S t 2）。これにより、切り欠き部 2 を有するセラミックス基板 1 が得られる。次に、セラミックス基板 1 に、導体部 4 を接合する（ステップ S t 3）。導体部 4 をエッチングし、回路形状を付与する（ステップ S t 4）。これにより、セラミックス回路基板が得られる。次に、導体部 4 の上に、半導体素子 7 を搭載する（ステップ S t 5）。これにより、半導体装置 10 が得られる。最後に、切り欠き部 2 にねじを通し、ねじ止めによって半導体装置 10 を固定する（ステップ S 6）。なお、上述した通り、各ステップの順序や、各ステップで実行される具体的な処理は、適宜変更可能である。

[0065] 他の観点からは、本発明の実施形態に係るセラミックス基板 1 は、図 10 に示したように、表面 1 a（第 1 主面）および裏面 1 b（第 2 主面）を有す

る。裏面 1 b は、表面 1 a の反対側に位置する。セラミックス基板 1 は、図 1 に示すように、側面 s 1 ~ s 4 を有する。側面 s 1 ~ s 4 は、表面 1 a 及び裏面 1 b に連なる。側面 s 1 ~ s 4 は、表面 1 a と裏面 1 b とを結ぶ厚さ方向に平行である。図示した例では、側面 s 1 と側面 s 2 は互いに平行であり、側面 s 3 と側面 s 4 は互いに平行である。切り欠き部 2 は、側面 s 1 ~ s 4 の少なくともいずれかに設けられ、表面 1 a から裏面 1 b に亘ってセラミックス基板 1 を貫通している。図 1 に示す例では、複数の切り欠き部 2 の 1 つは、セラミックス基板 1 の側面 s 1 と連なる第 1 面 2 a および第 2 面 2 b を有する。第 1 面 2 a 及び第 2 面 2 b は、切り欠き部 2 の側面の少なくとも一部である。第 1 面 2 a および第 2 面 2 b は、セラミックス基板 1 の厚さ方向に平行であり、側面 s 1 に対して傾斜している。第 1 面 2 a と第 2 面 2 b は、側面 s 1 に平行な方向において互いに対向している。切り欠き部 2 の幅は、側面 s 1 から遠ざかるにつれて、狭くなっている。第 1 の開口端部 P 1 は、側面 s 1 と第 1 面 2 a の一端との間に位置する。第 2 の開口端部 P 2 は、側面 s 1 と第 2 面 2 b の一端との間に位置する。切り欠き部 2 の幅は、側面 s 1 に平行な方向における第 1 面 2 a と第 2 面 2 b との間の距離に相当する。

[0066] 図 1 に示すように、切り欠き部 2 は、第 3 面 2 c をさらに有しても良い。第 3 面 2 c は、第 1 面 2 a および第 2 面 2 b に連なり、第 1 面 2 a の他端と第 2 面 2 b の他端との間に位置する。図 1 および図 2 に示す例では、第 3 面 2 c は、側面 s 1 に平行である。角度 θ_1 は、直線 L i と第 1 面 2 a との間の角度でもある。角度 θ_2 は、第 1 面 2 a と第 3 面 2 c との間の角度、または第 2 面 2 b と第 3 面 2 c との間の角度でもある。角度 θ_3 は、第 1 の開口端部 P 1 における側面 s 1 と第 1 面 2 a との間の角度、または第 2 の開口端部 P 2 における側面 s 1 と第 2 面 2 b との間の角度でもある。

[0067] 図 3 および図 4 に示す例では、切り欠き部 2 は、第 3 面 2 c を有していない。図 3 に示す構造では、角度 θ_2 は、第 1 面 2 a と第 2 面 2 b との間の角度である。第 1 面 2 a および第 2 面 2 b は、図 1 ~ 図 3 に示すように平面であ

ってもよいし、図4に示すように湾曲していてもよい。図4に示す構造では、第1面2aの他端と第2面2bの他端とがつながっている。図5および図6に示すように、切り欠き部2は、セラミックス基板1の中央に向けて窪んだ凹面2dを有していてもよい。第1面2aおよび第2面2bは、凹面2dに連なる。角度 θ_4 は、第1面2aの前記他端と凹面2dの一端との間の角度、または第2面2bの前記他端と凹面2dの他端との間の角度でもある。また、図12に示す長さ L_3 は、第1面2aの一部と第2面2bの一部との間の距離でもある。第1面2aの前記一部と第2面2bの前記一部は、側面s1に平行な方向において互いに対向している。長さ L_4 は、第1面2aの別の一部と第2面2bの別の一部との間の距離でもある。第1面2aの前記別の一部と第2面2bの前記別の一部は、側面s1に平行な方向において互いに対向している。第1面2aの前記一部は、第1面2aの前記別の一部に対して、表面1a側に位置している。第2面2bの前記一部は、第2面2bの前記別の一部に対して、表面1a側に位置している。

[0068] (実施例)

(実施例1～6、比較例1～2)

表1には、用いたセラミックス基板の種類と厚さを記載した。窒化珪素基板の熱伝導率は $90\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 、3点曲げ強度は 700 MPa である。窒化アルミニウム基板の熱伝導率は $170\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 、3点曲げ強度は 400 MPa である。アルミナ（酸化アルミニウム）基板の熱伝導率は $25\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 、3点曲げ強度は 450 MPa である。ジルコニア（酸化ジルコニウム）基板の熱伝導率は $25\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 、3点曲げ強度は 500 MPa である。アルジル基板の熱伝導率は $25\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 、3点曲げ強度は 550 MPa である。切り欠き部2の形成には、 $0.1\ \mu\text{m}$ の波長（小数第2位は四捨五入）のファイバーレーザーを用いた。

[0069]

[表1]

	セラミックス基板の種類	セラミックス基板の厚さ
実施例 1	窒化ケイ素基板	0.32mm
実施例 2	窒化アルミニウム基板	0.32mm
実施例 3	ジルコニア基板	0.64mm
実施例 4	窒化ケイ素基板	0.64mm
実施例 5	アルジル基板	0.64mm
実施例 6	窒化アルミニウム基板	0.64mm
比較例 1	アルミナ基板	0.64mm
比較例 2	アルミナ基板	0.64mm

[0070] 表 2 に、表 1 に記載の実施例および比較例における切り欠き部 2 の形状を示す。表 2 には、開口端部の切り欠き部 2 側の角度 θ_1 、切り欠き部 2 の開口部側ではない端部の角度 θ_2 、開口端部のセラミックス基板 1 側の角度 θ_3 、開口部側ではない切り欠き部 2 の端部の形状、C 部と開口部との間の境界部の角度、および L_2/L_1 を記載した。角度 θ_2 について、90 度以上と記載された実施例は、切り欠き部 2 の開口部側ではない端部が R 形状であったことを示す。また、R 形状の場合には、変曲点を基板部の基準点とできるので、角度 θ_2 が 90 度を超えて大きいことがわかる。

[0071] 角度 θ_1 は、具体的には、セラミックス基板 1 の開口端部の切り欠き部側の角度であって、切り欠き部 2 のうちの基板が存在しない箇所（切り欠かれた箇所）の角度である。角度 θ_2 は、開口側ではない切り欠き部 2 の端部 P 3 において、セラミックス基板 1 の存在しない部分の角度を指す。角度 θ_3 は、開口端部においてセラミックス基板 1 が存在している側の角度である。

[0072] 開口側ではない切り欠き部 2 の端部の形状とは、P 3 を含む個所の形状を示す。U 字形状は、R 形状（略 U 字）と記載した。略台形形状は、C 形状と記載した。V 字形状は、略 V 字と記載した。表 2 において、C 部と開口部の境界部の角度は、C 部と R 部との境界部または C 部と略 V 字形状の箇所との境界の形状を示す。境界部が曲線状であったものは、“境界無”として記載

した。

[表2]

測定箇所	角度 θ_1		角度 θ_2	角度 θ_3		開口側でない 端部の形状	境界部 の角度	L_2/L_1
	P1	P2	P3	P1	P2			
実施例 1	60	60	90度 以上	120	120	R形状 (略U字)	120	0.3
実施例 2	75	75	100	105	105	C形状	90	0.35
実施例 3	45	45	45	135	135	略V字	境界無	0.4
実施例 4	30	30	120	150	150	C形状	150	0.2
実施例 5	85	90	45	95	90	略V字	108	0.3
実施例 6	65	90	90	115	90	略V字	105	0.3
比較例 1	90	90	90度 以上	90	90	R形状 (略U字)	境界無	0.4
比較例 2	60	60	90度 以上	75	75	R形状 (略U字)	境界無	0.25

[0073] 4か所の切り欠き部2を形成したセラミックス基板1を、各実施例につき100個用意した。各セラミックス基板1において、ねじ止めをした後に、ねじ止め部の位置精度の不良を測定した。ねじ止めの際の位置精度をそれぞれ計測した。位置精度の不良率が2%以下の例には、「○」を記載した。位置精度の不良率が2%よりも大きく3%以下であった例には、「△」を記載した。位置精度の不良率が3%を超えた例には、「×」を記載した。また、切り欠き部2の専有面積を測定し、実施例1に対する増加量を測定した。増加量は、実施例のうち切り欠き部2の占有面積の最大値と、実施例1における切り欠き部2の占有面積と、の間の増加量を100として計算した。増加量が0以上50以下であった例には、「○」を記載した。増加量が50よりも大きく100以下であった例には、「△」を記載した。前記増加量の結果を、表3に記載した。ねじ止め部の位置精度不良率及び切り欠き部の専有面積を、実施例1に対して増加した切り欠き部1カ所を「1」としてカウントし、400カ所（セラミックス基板100枚×セラミックス基板1枚当たり

4カ所ずつの切り欠き部)測定し、増加量の割合を計算した。この面積増加率とは、同じ大きさの基板に対し、同じ大きさのねじを固定するための切り欠き部形状の占める割合を比較した値である。

[0074] また、各実施例にかかる100個のセラミックス基板1について、1個枚当たり4カ所設けた切り欠き部2のレーザー加工面および破断面について、クラック及び割れの発生の有無を調べた。すなわち、400箇所の切り欠き部2におけるクラック及び割れの発生の有無を調べた。また、切り欠き部2の側面において、公差を超えるバリの有無を調べた。実施例ごとに、バリ、欠け、クラックの発生率を調べた。

[0075] [表3]

	位置精度不良率	占有面積増加率	バリの発生率 (%)	欠けの発生率 (%)	クラックの発生率 (%)
実施例 1	○	○	0	0	0
実施例 2	○	△	0.25	0.25	0.5
実施例 3	△	△	0.75	0.75	0.5
実施例 4	△	○	0.75	0.5	0.5
実施例 5	△	○	1.0	1.0	1.0
実施例 6	△	○	0.5	0.75	0.5
比較例 1	○	○	2.0	1.0	1.25
比較例 2	×	○	0.5	0.25	0.75

[0076] 表3より、実施例のセラミックス基板では、切り欠き部形成時のバリ、欠け、またはクラックの発生を、従来の端部が直角の構造に比べて、低減できたことがわかる。また、実施例においては、ねじ止めの際に位置精度よく、ねじ止めすることができる。切り欠き部の面積についても、増加量を抑えることで、半導体素子搭載可能面の面積を維持することができる。

[0077] 表4は、切り欠き部側面の算術表面粗さ R_a 、最大表面粗さ R_z を測定した結果である。切り欠き部2の側面とは、切り欠き部2の基板厚さ方向に平行な面のことである。切り欠き部2の形状とは、切り欠き部2を上から見たときの形状である。開口端部とは、開口部のうち基板が存在する側の形状で

ある。

[0078] [表4]

	Ra (μm)	Rz (μm)	切り欠き部断面の形状
実施例 1	0.5	1.2	開口部端部がR形状
実施例 2	1.2	1.7	開口部端部がC形状
実施例 3	0.6	1.0	開口部端部がR形状
実施例 4	0.9	1.3	開口部端部がC形状
実施例 5	0.8	1.5	開口部端部が直角
実施例 6	0.4	0.7	開口部がR形状
比較例 1	1.8	2.9	開口部端部が直角
比較例 2	1.5	2.0	開口部端部が直角

[0079] 表2、表3、および表4からわかる通り、開口端部の角度 θ_3 が90度よりも大きいセラミックス基板については、ねじ止め時に欠けまたは割れが発生しなかった。このことより、基板の切り欠き部の形状を側面的にも制御することはねじ止め時の歩留まりを上げることに寄与する。

符号の説明

[0080] 1…セラミックス基板

2…切り欠き部

3…貫通孔

4…導体部

5…活性金属接合層

6…接合体

7…半導体素子

8…接合層（半導体素子と導体部との）

9…メッキ膜

10…半導体装置

θ_1 …開口部端部同士と、切り欠き部とからなる切り欠き部の角度

θ_2 …開口部側ではない端部の角度

θ_3 …切り欠き部の端部における基板の内角の角度

θ_4 …R部と開口部の境界部の角度、またはC部と開口部の境界部の角度

P 1 …第1の開口端部

P 2 …第2の開口端部

P 3 …開口部側ではない端部

P 4 …開口端部同士の中点

P 5 …開口端部同士の中点から引いた垂線と基板との交点のうち最も遠い交点

P 6 …開口端部同士の中点から引いた垂線と前記開口部を有する切り欠き部との交点

請求の範囲

- [請求項1] 表面と裏面とを有するセラミックス基板であって、
1 か所以上の切り欠き部が設けられ、
前記切り欠き部には開口部が存在し、
前記開口部の端部の角度における、前記表面から見た時の前記セラミックス基板が存在する箇所の角度 (θ_3) のうち少なくとも1 か所が90度よりも大きい、セラミックス基板。
- [請求項2] 前記切り欠き部の前記開口部側ではない端部の形状が、略U字形状、略台形状、または略V字形状であり、
前記開口部側ではない端部の形状が前記略V字形状である場合、前記切り欠き部側の当該端部の角度が70度以上である、請求項1に記載のセラミックス基板。
- [請求項3] 前記切り欠き部の前記開口部側ではない箇所にR部またはC部が設けられた、請求項1ないし2のいずれか1項に記載のセラミックス基板。
- [請求項4] 前記切り欠き部の前記開口部側ではない端部の形状が略U字形状である、請求項2ないし3のいずれか1項に記載のセラミックス基板。
- [請求項5] 前記開口部の端部の角度における、前記表面から見た時の前記セラミックス基板が存在する箇所の角度 (θ_3) のうち少なくとも1 か所が100度以上である、請求項1ないし4のいずれか1項に記載のセラミックス基板。
- [請求項6] 前記切り欠き部の前記開口部側ではない端部と、前記開口部の端部と、の間の部分は曲線状または直線状である、請求項1ないし5のいずれか1項に記載のセラミックス基板。
- [請求項7] 前記切り欠き部の前記開口部側ではない端部を有する箇所と、前記開口部と、の間の境界部における基板が存在する側の角度が100度以上である、請求項1ないし5のいずれか1項に記載のセラミックス基板。

- [請求項8] 前記切り欠き部の側面における算術表面粗さ R_a が $1.2 \mu\text{m}$ 以下である、請求項 1 ないし 7 のいずれか 1 項に記載のセラミックス基板。
- [請求項9] 前記切り欠き部の側面における最大表面粗さ R_z が $2.0 \mu\text{m}$ 以下である、請求項 1 ないし 8 のいずれか 1 項に記載のセラミックス基板。
- [請求項10] 前記切り欠き部の側面形状は、少なくとも一方の表面側において、開口している箇所を有する、請求項 1 ないし 9 のいずれか 1 項に記載のセラミックス基板。
- [請求項11] 前記切り欠き部の 2 つの前記端部同士の中点を P_4 とし、前記中点 P_4 から垂線を引いたときに前記垂線と交差する前記セラミックス基板の端部のうち前記中点 P_4 から最も離れた交点を P_5 とし、前記中点 P_4 と前記点 P_5 との間の距離を L_1 とし、前記垂線と前記開口部を有する切り欠き部との交点を P_6 とし、前記交点 P_6 と前記中点 P_4 との距離で定義される前記切り欠き部の長さを L_2 とした場合に、 L_2/L_1 が 0.1 以上 0.4 以下である、請求項 1 ないし 10 のいずれか 1 項に記載のセラミックス基板。
- [請求項12] 窒素含有セラミックスである、請求項 1 ないし 10 のいずれか 1 項に記載のセラミックス基板。
- [請求項13] 請求項 1 ないし 12 のいずれか 1 項に記載の前記セラミックス基板と、
前記セラミックス基板に接合された導体部と、
を備えた接合体。
- [請求項14] 前記導体部は銅部材またはアルミニウム部材である、請求項 13 に記載の接合体。
- [請求項15] 前記セラミックス基板と前記導体部とを接合する接合層をさらに備え、
前記接合層は、銅および銀の 1 種または 2 種を含有し、かつ活性金

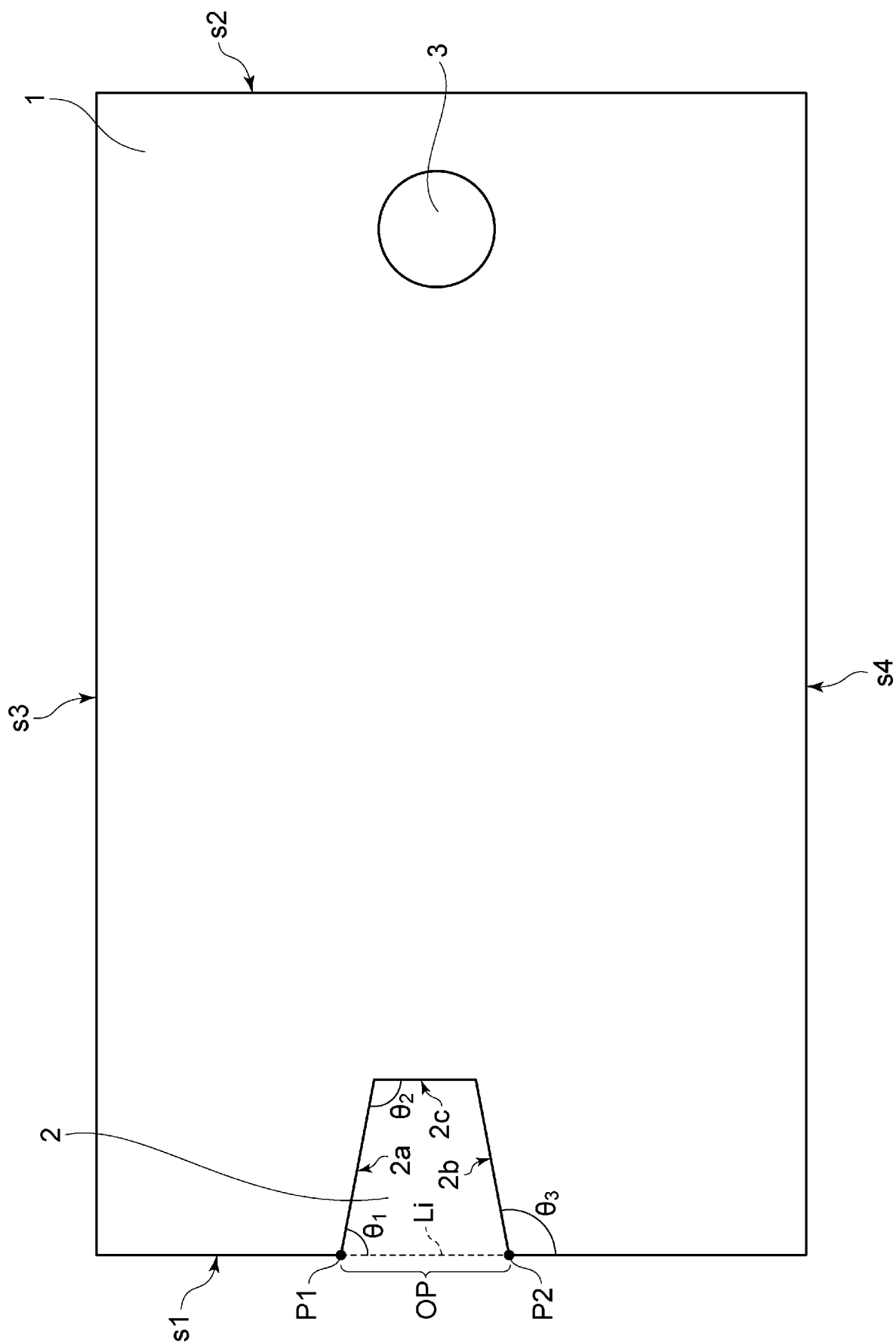
属を含有する、請求項 1 2 ないし 1 4 のいずれか 1 項に記載の接合体
。

[請求項16] 請求項 1 2 ないし 1 5 のいずれか 1 項に記載の前記接合体と、
前記接合体に搭載された半導体素子と、
を備えた半導体装置。

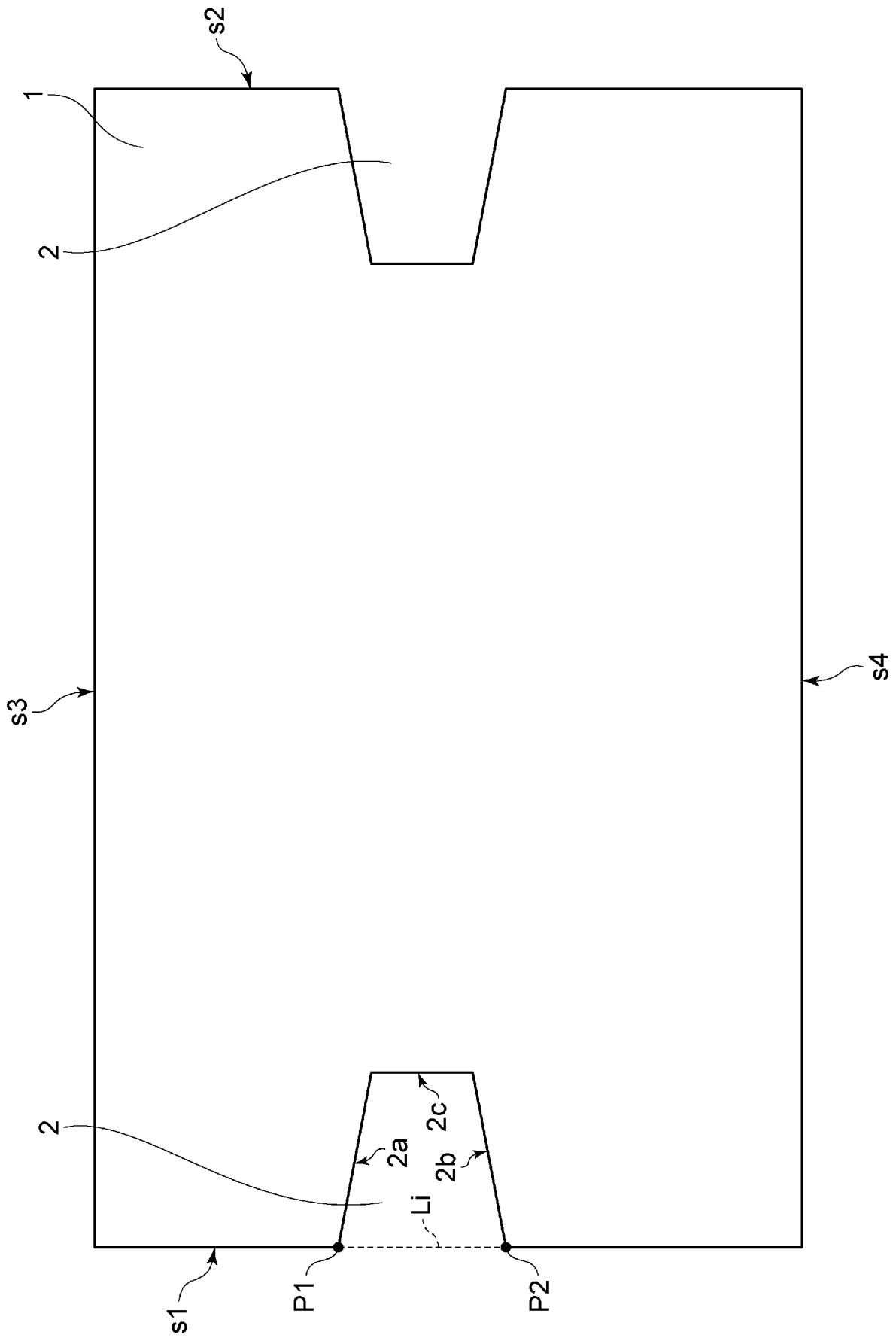
[請求項17] レーザーを用いて、セラミックス基板に切り欠き部を形成するセラ
ミックス基板の製造方法であって、
前記切り欠き部の開口部側の幅が、前記切り欠き部の前記開口部側
ではない端部の幅よりも広くなるように、前記切り欠き部を形成する
、セラミックス基板の製造方法。

[請求項18] 請求項 1 7 に記載のセラミックス基板の製造方法によって製造され
た前記セラミックス基板に、導体部を接合する、セラミックス回路基
板の製造方法。

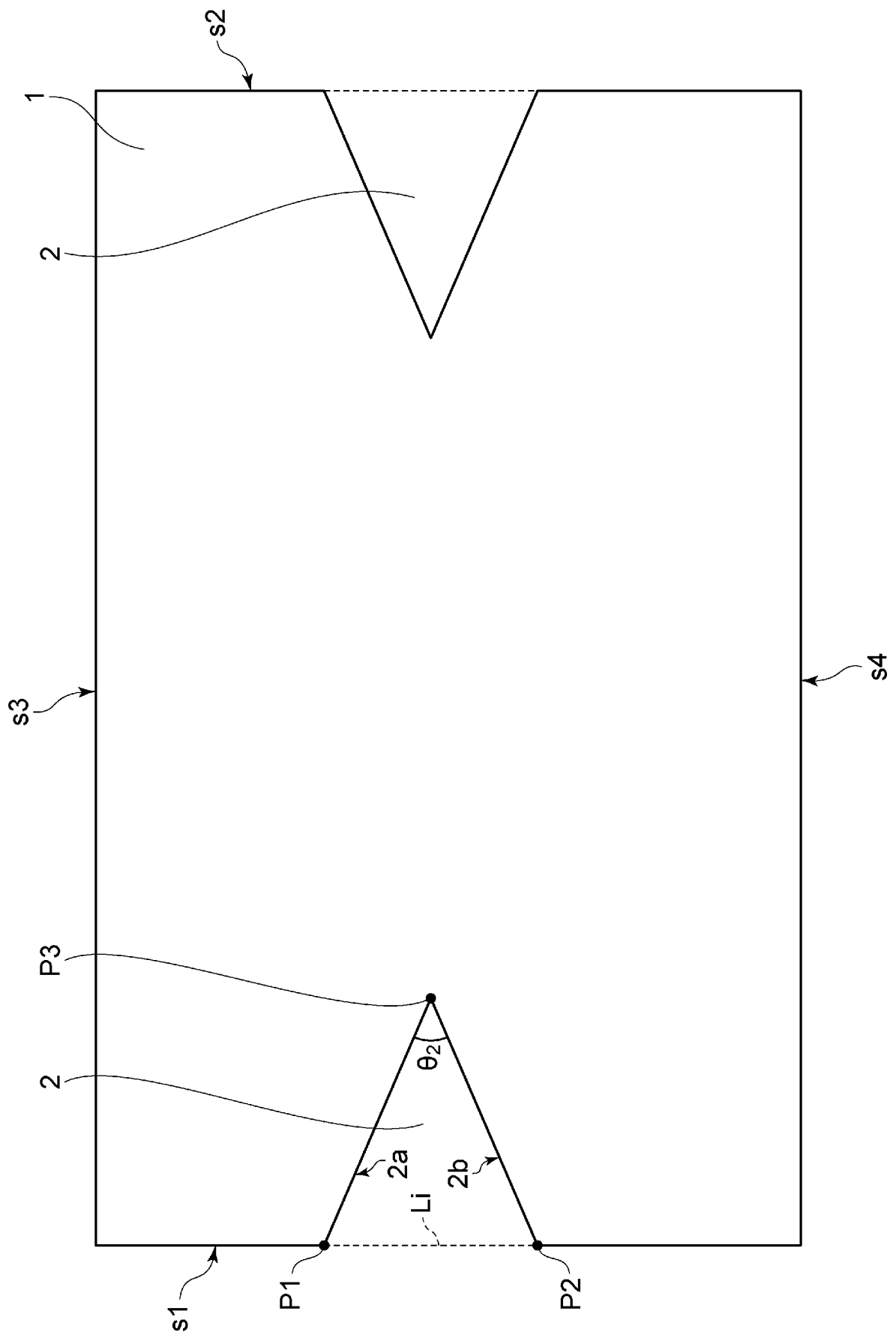
[図1]



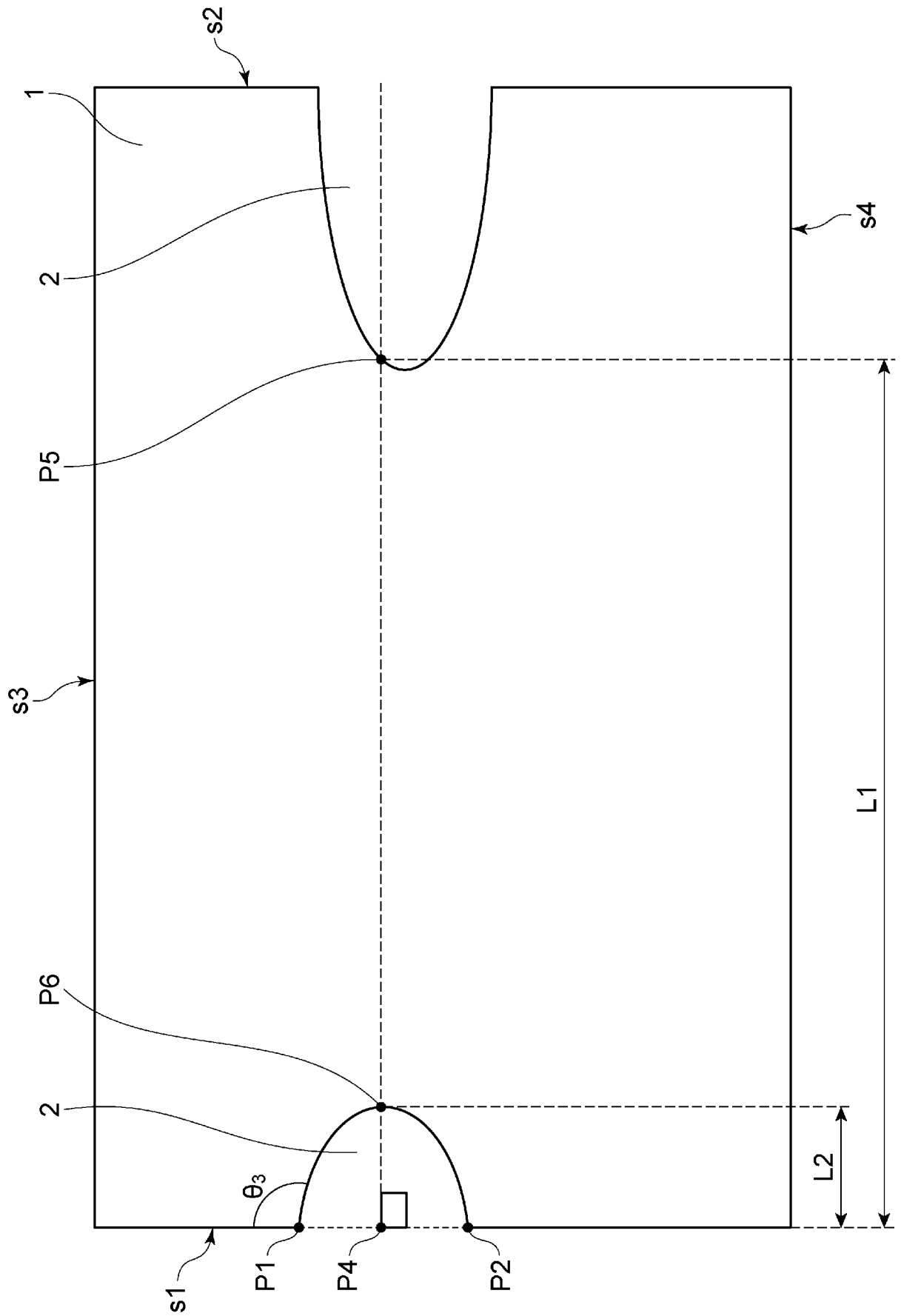
[図2]



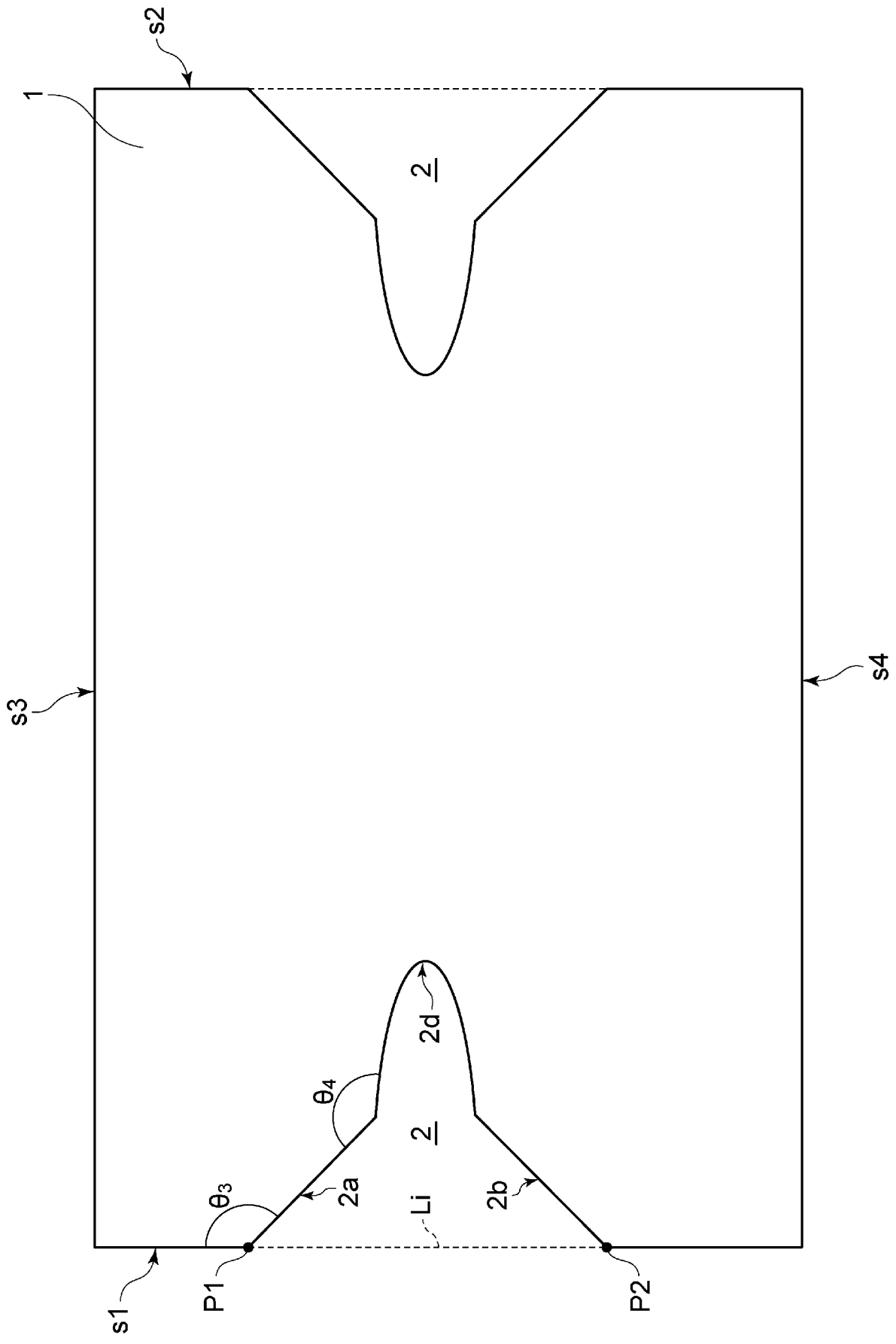
[図3]



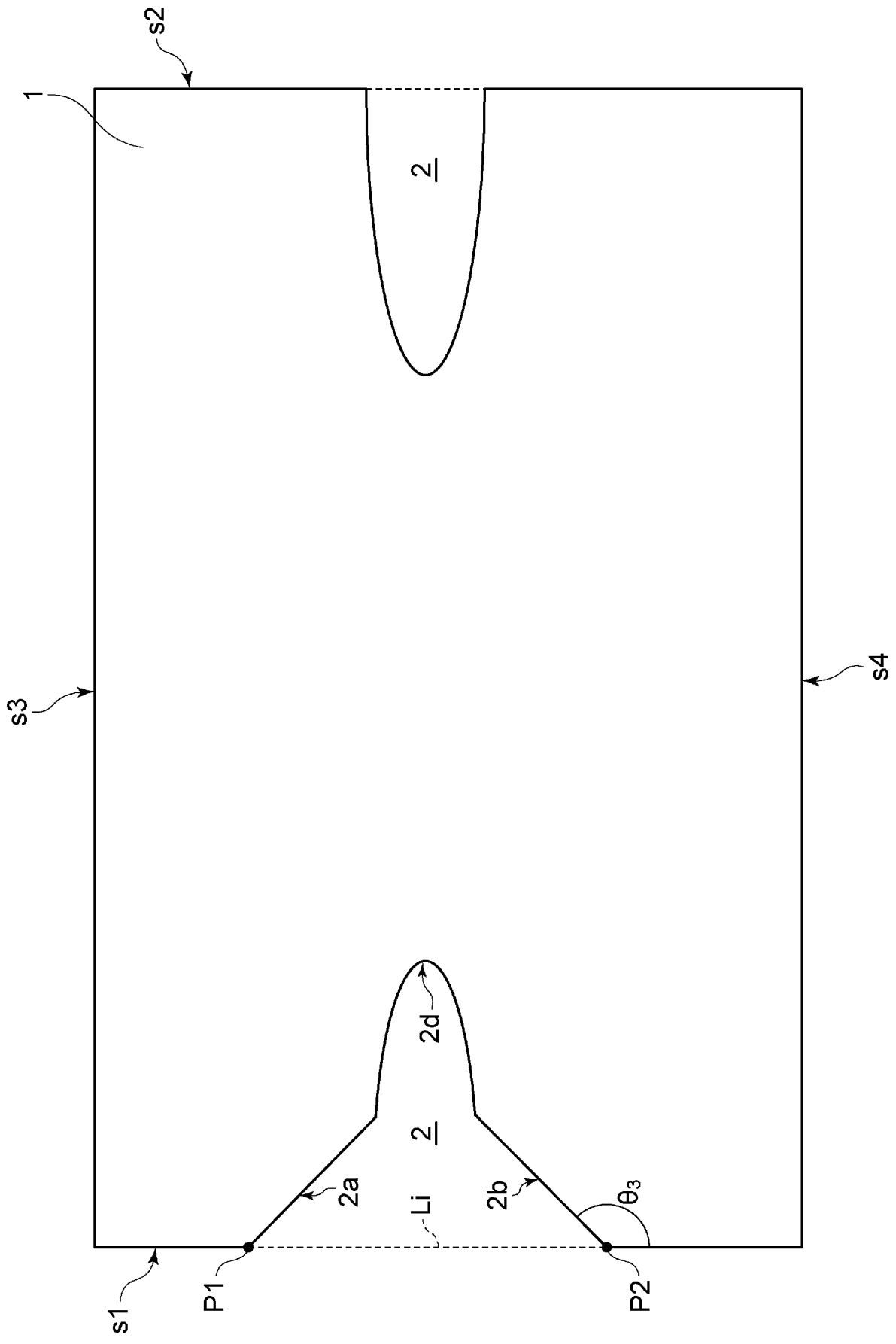
[図4]



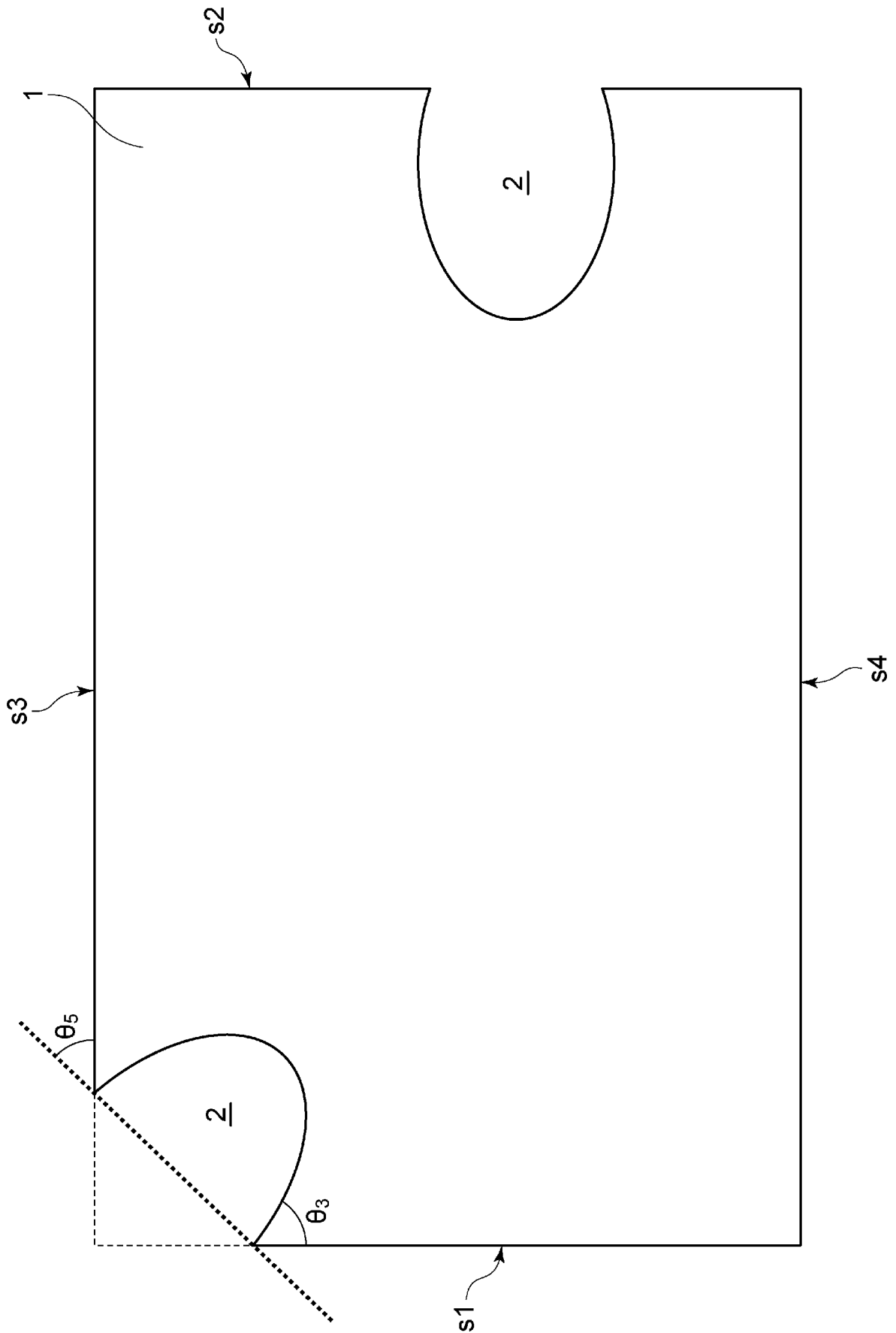
[図5]



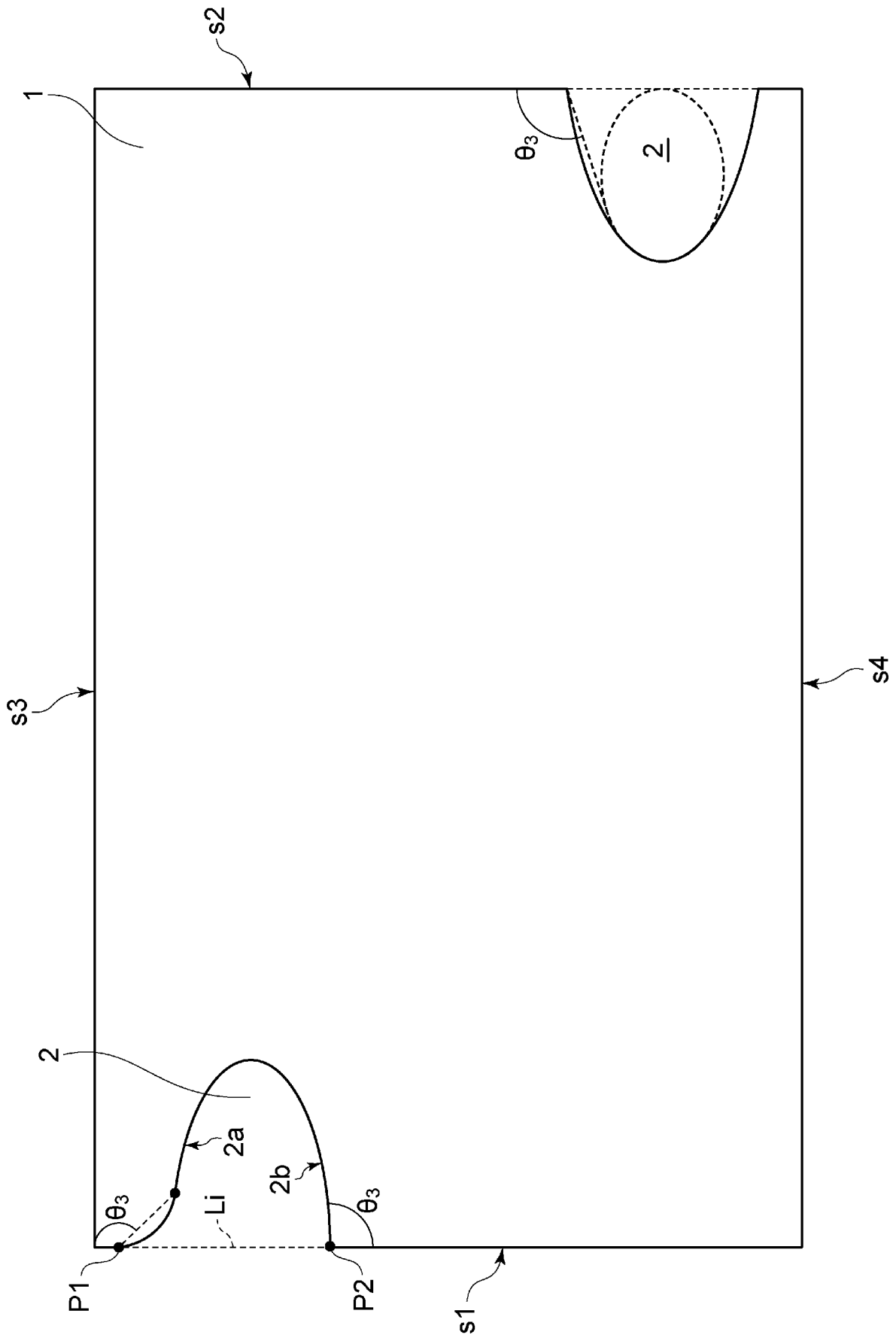
[図6]



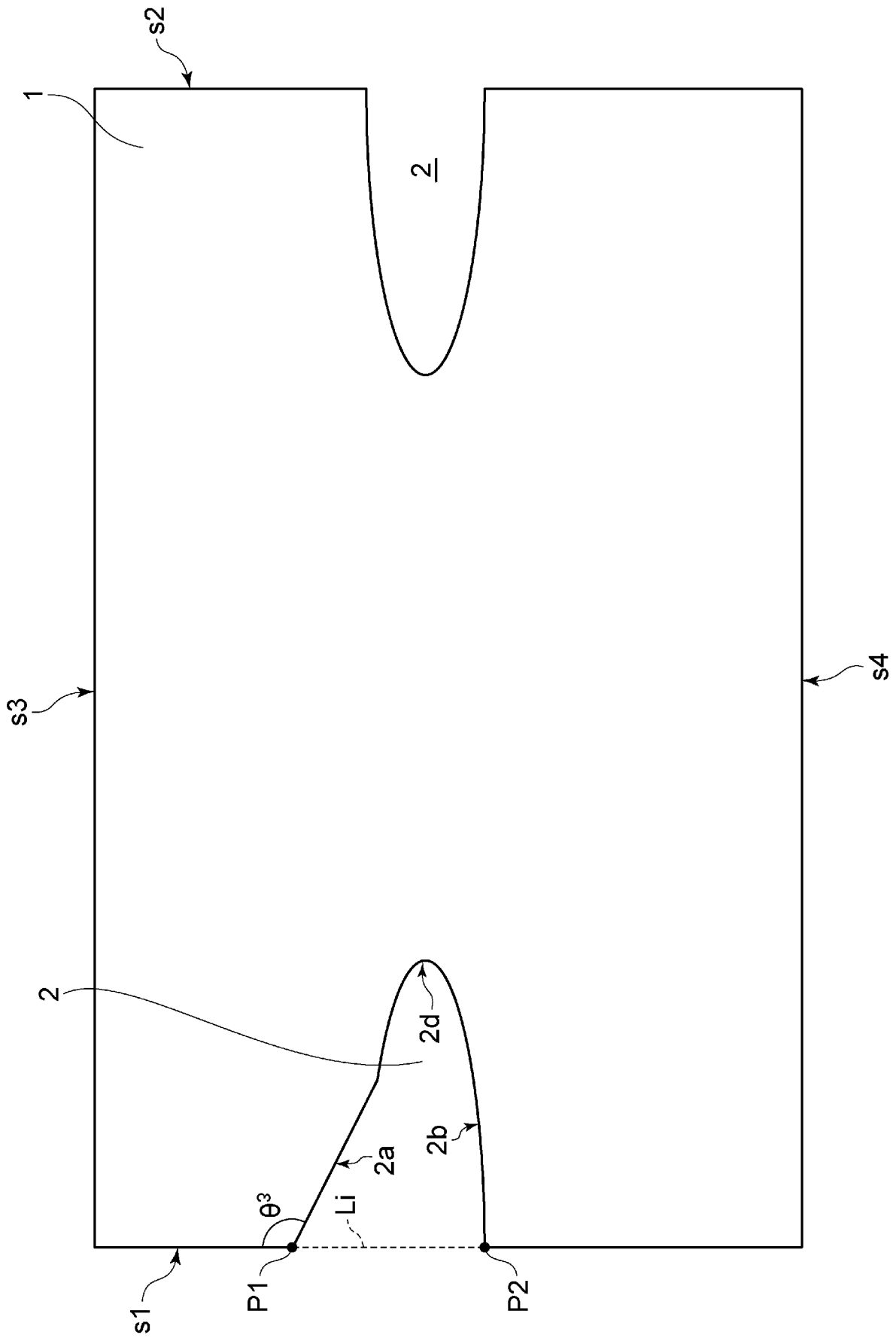
[図7]



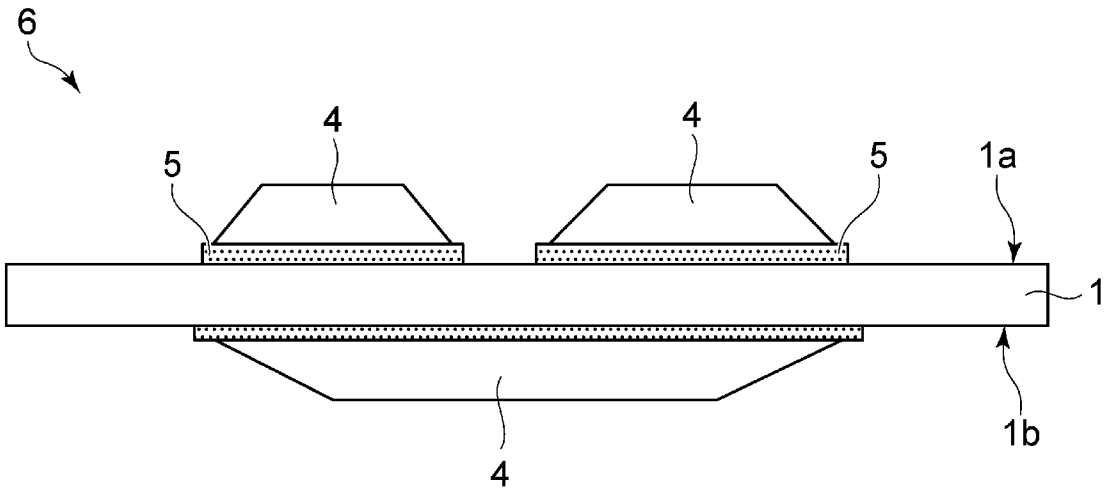
[図8]



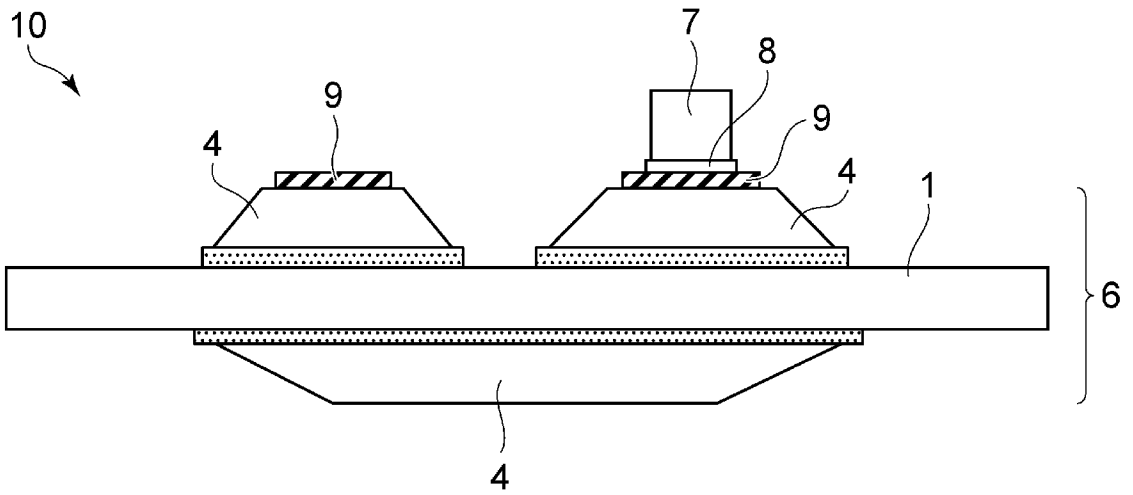
[図9]



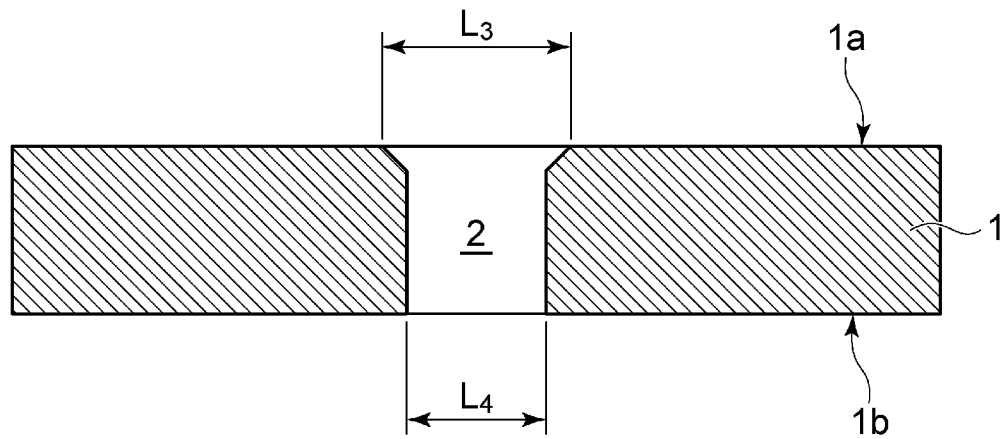
[図10]



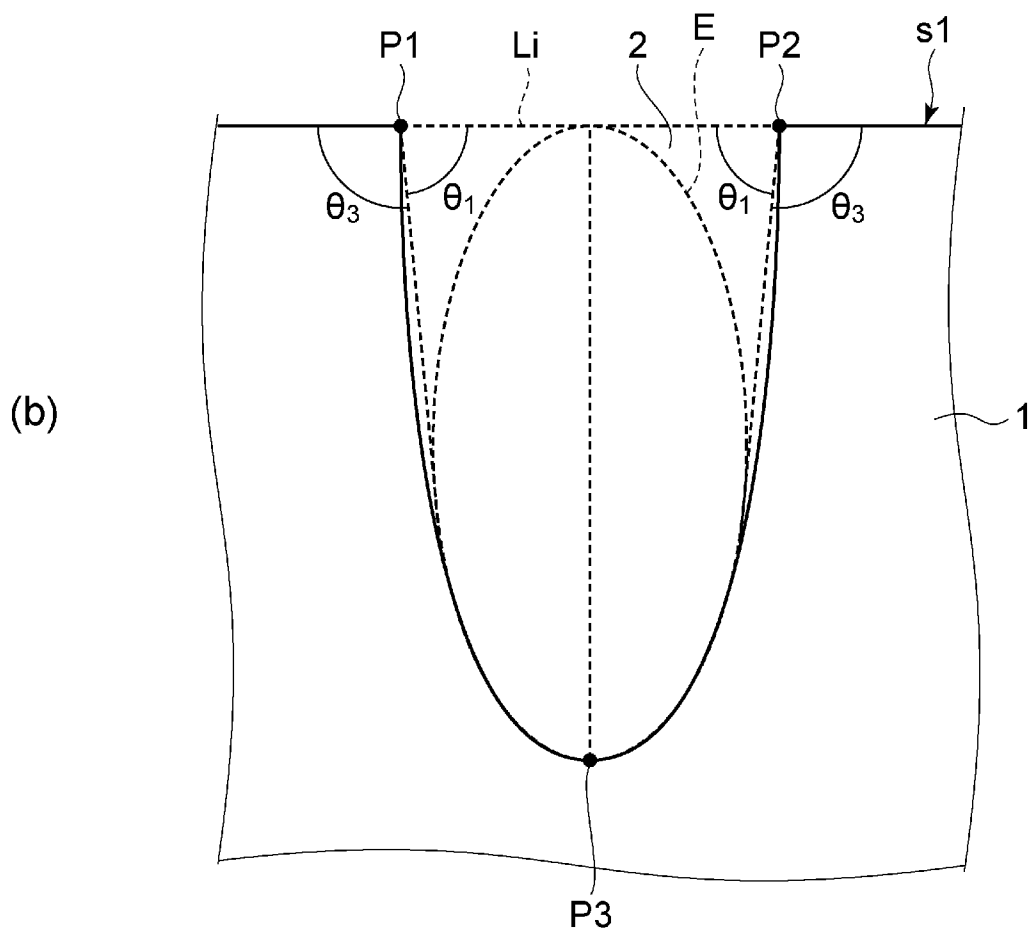
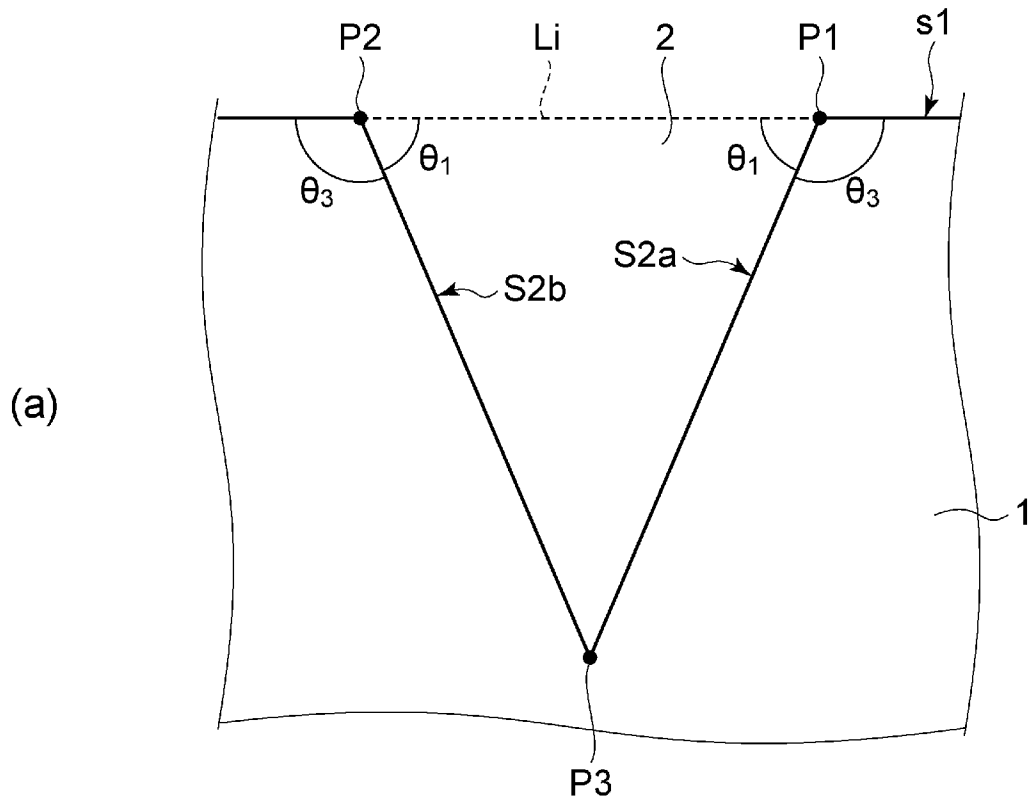
[図11]



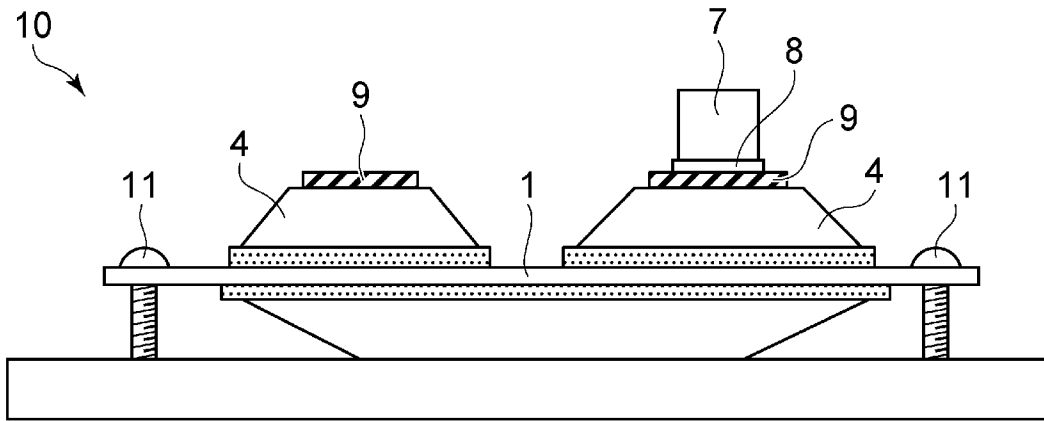
[図12]



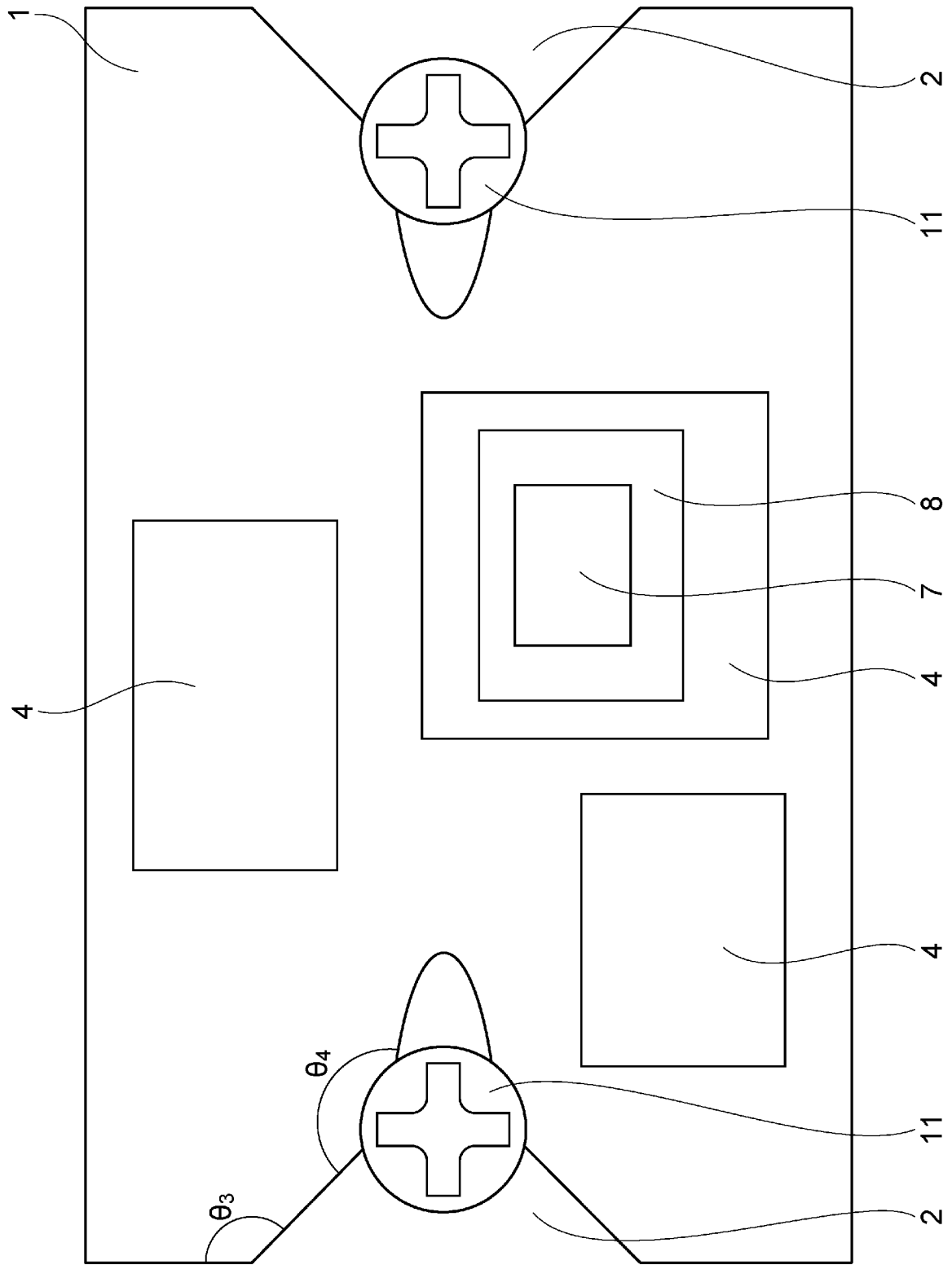
[図13]



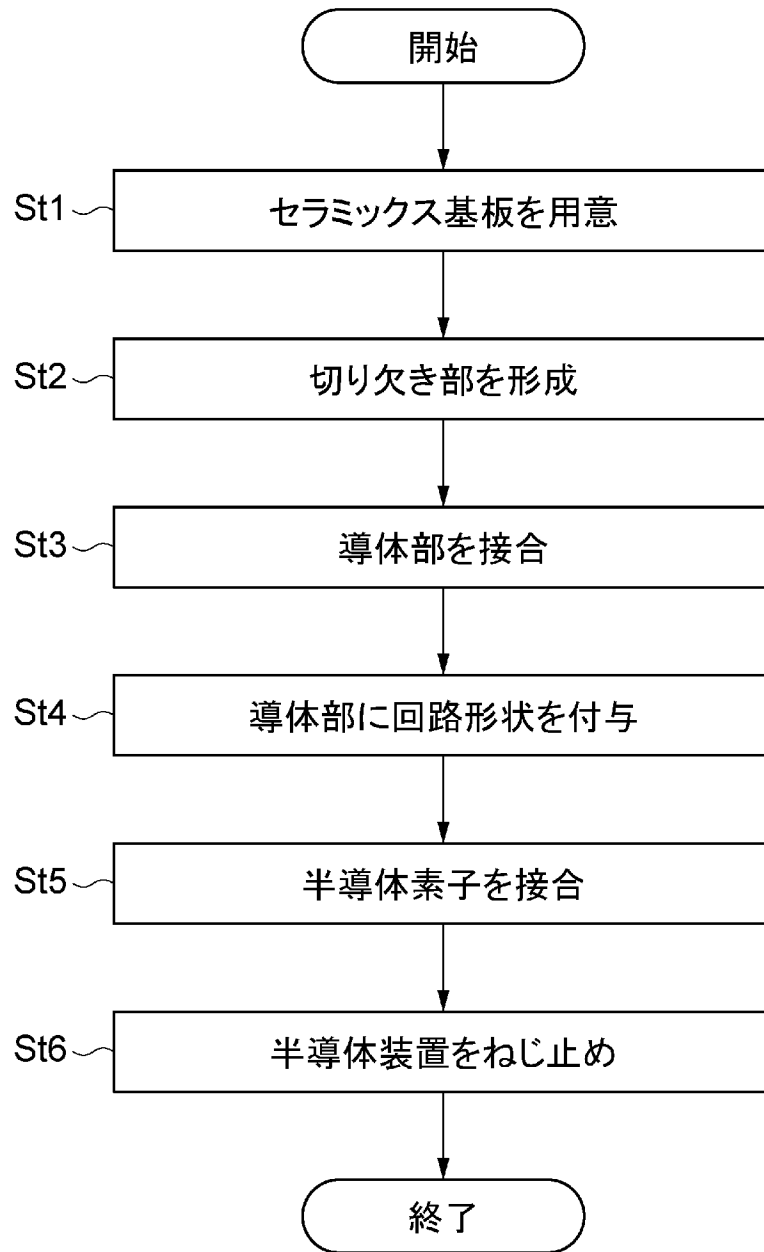
[図14]



[図15]



[図16]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/012928

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>H01L 23/13</i> (2006.01) FI: H01L23/12 C		
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) H01L23/13		
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)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2015-065431 A (NICHIA CORP.) 09 April 2015 (2015-04-09) paragraphs [0011]-[0030], [0043]-[0054], fig. 1A-3	1-7, 11, 13-14, 16
Y		8-18
Y	JP 2021-185611 A (HITACHI METALS, LTD.) 09 December 2021 (2021-12-09) paragraphs [0031]-[0033], [0045], fig. 1-4(b)	8-18
X	JP 2005-159083 A (KYOCERA CORP.) 16 June 2005 (2005-06-16) paragraphs [0027]-[0044], 1, 2	1-7, 12-14, 16
Y		8-18
X	JP 2020-088245 A (KYOCERA CORP.) 04 June 2020 (2020-06-04) paragraphs [0014]-[0019], [0047]-[0056], fig. 1-3, 7-9	17
Y		18
A	WO 2011/004798 A1 (TOSHIBA CORP.) 13 January 2011 (2011-01-13) entire text, all drawings	1-18
<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 07 June 2023		Date of mailing of the international search report 20 June 2023
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2023/012928

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2015-065431	A	09 April 2015	US 2015/0062933 A1 paragraphs [0018]-[0037], [0050]-[0062], fig. 1A-3	
JP	2021-185611	A	09 December 2021	(Family: none)	
JP	2005-159083	A	16 June 2005	(Family: none)	
JP	2020-088245	A	04 June 2020	(Family: none)	
WO	2011/004798	A1	13 January 2011	US 2012/0098020 A1 entire text, all drawings EP 2484957 A1	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H01L 23/13(2006.01)i FI: H01L23/12 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）） H01L23/13 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	JP 2015-065431 A (日亜化学工業株式会社) 09.04.2015 (2015 - 04 - 09) 段落 [0011] - [0030], [0043] - [0054], 図1A-3	1-7, 11, 13-14, 16
Y		8-18
Y	JP 2021-185611 A (日立金属株式会社) 09.12.2021 (2021 - 12 - 09) 段落 [0031] - [0033], [0045], 図1-4 (b)	8-18
X	JP 2005-159083 A (京セラ株式会社) 16.06.2005 (2005 - 06 - 16) 段落 [0027] - [0044], 図1-2	1-7, 12-14, 16
Y		8-18
X	JP 2020-088245 A (京セラ株式会社) 04.06.2020 (2020 - 06 - 04) 段落 [0014] - [0019], [0047] - [0056], 図1-3, 7 - 9	17
Y		18
A	WO 2011/004798 A1 (株式会社東芝) 13.01.2011 (2011 - 01 - 13) 全文, 全図	1-18
<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 07.06.2023	国際調査報告の発送日 20.06.2023	
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） 高橋 優斗 5F 5585 電話番号 03-3581-1101 内線 3514	

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/JP2023/012928

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2015-065431 A	09.04.2015	US 2015/0062933 A1 段落 [0018] - [0037], [0050] - [0062], 図1A-3	
JP 2021-185611 A	09.12.2021	(ファミリーなし)	
JP 2005-159083 A	16.06.2005	(ファミリーなし)	
JP 2020-088245 A	04.06.2020	(ファミリーなし)	
WO 2011/004798 A1	13.01.2011	US 2012/0098020 A1 全文, 全図 EP 2484957 A1	