(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
2022年3月17日(17.03.2022)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2022/054328 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 21/3205 (2006.01) *H01L 29/78* (2006.01)
H01L 21/768 (2006.01) *H01L 29/12* (2006.01)
H01L 23/532 (2006.01) *H01L 29/739* (2006.01)
H01L 29/06 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2021/014968

(22) 国際出願日： 2021年4月8日(08.04.2021)

(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 2020-152944 2020年9月11日(11.09.2020) 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).

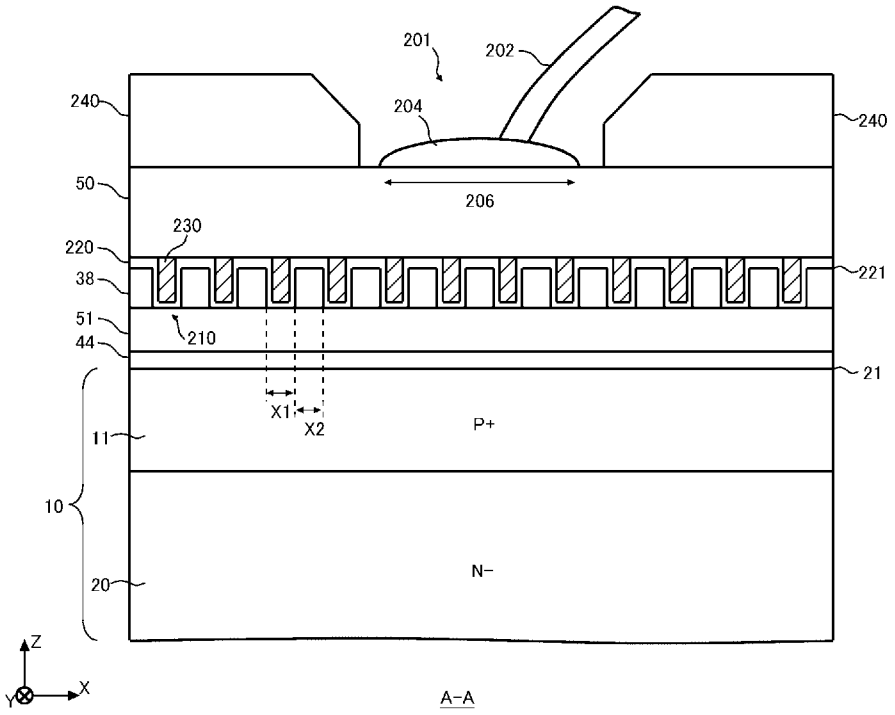
(72) 発明者: 白川 徹 (**SHIRAKAWA Tohru**); 〒2109530 神奈川県川崎市川崎区田辺新田１番１号 富士電機株式会社内 Kanagawa (JP). 阿形泰典(**AGATA Yasunori**); 〒2109530 神奈川県川崎市川崎区田辺新田１番１号 富士電機株式会社内 Kanagawa (JP). 三枝直樹(**SAEGUSA Naoki**); 〒2109530 神奈川県川崎市川崎区田辺新田１番１号 富士電機株式会社内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 龍華国際特許業務法人(**RYUKA IP LAW FIRM**); 〒1631522 東京都新宿区西新宿１－６－１ 新宿エルタワー２２階 Tokyo (JP).

WO 2022/054328 A1

(54) **Title:** SEMICONDUCTOR DEVICE

(54) 発明の名称： 半導体装置



(57) **Abstract:** Provided is a semiconductor device comprising: a pad part that is provided above the upper surface of a semiconductor substrate and that is separated from an emitter electrode; a wire wiring part connected to a connection region on the upper surface of the pad part; a wiring layer that is provided between the semiconductor substrate and the pad part and that includes a region overlapping with the connection region; an interlayer insulating film that is provided between the wiring layer and the pad part and that has a through hole below the connection region; a tungsten-containing

［続葉有］

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, 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, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

— 補正された請求の範囲 (条約第19条(1))

tungsten part that is provided in the through hole and that electrically connects the wiring layer and the pad part; and a titanium-containing barrier metal layer provided below the connection region so as to cover the upper surface of the interlayer insulating film.

(57) 要約: 半導体基板の上面の上方に設けられ、且つ、エミッタ電極と分離したパッド部と、パッド部の上面の接続領域に接続されるワイヤ配線部と、半導体基板とパッド部との間に設けられ、接続領域と重なる領域を含む配線層と、配線層とパッド部との間に設けられ、接続領域の下方において貫通孔を有する層間絶縁膜と、貫通孔の内部に設けられ、配線層とパッド部とを電気的に接続する、タングステンを含むタングステン部と、接続領域の下方において層間絶縁膜の上面を覆って設けられた、チタンを含むバリアメタル層とを備える半導体装置を提供する。

明　細　書

発明の名称 ： 半導体装置

技術分野

[0001] 本発明は、半導体装置に関する。

背景技術

[0002] 従来から、トランジスタ等を含む半導体装置において、チタンを含むバリアメタルを設ける構造が知られている（例えば、特許文献１－３参照）。

特許文献１　特開２００７－２２７５５６号公報

特許文献２　特開２０２０－３１１５４号公報

特許文献３　特開２０２０－３５８４７号公報

解決しようとする課題

[0003] バリアメタルと、層間絶縁膜との間で剥離が生じる場合がある。

一般的開示

[0004] 上記課題を解決するために、本発明の一つの態様においては、半導体基板を備える半導体装置を提供する。半導体装置は、半導体基板の上面の上方に設けられたエミッタ電極を備えてよい。半導体装置は、半導体基板の上面の上方に設けられ、且つ、エミッタ電極と分離したパッド部を備えてよい。半導体装置は、パッド部の上面の接続領域に接続されるワイヤ配線部を備えてよい。半導体装置は、半導体基板とパッド部との間に設けられ、接続領域と重なる領域を含む配線層を備えてよい。半導体装置は、配線層とパッド部との間に設けられ、接続領域の下方において貫通孔を有する層間絶縁膜を備えてよい。半導体装置は、貫通孔の内部に設けられ、配線層とパッド部とを電気的に接続する、タングステンを含むタングステン部を備えてよい。半導体装置は、層間絶縁膜の上面を覆って設けられた、チタンを含むバリアメタル層を備えてよい。

[0005] 上面視で接続領域と重なる接続下方領域において、タングステン部が設けられた領域の面積が、接続下方領域の面積の２０％以上であってよい。

[0006] タングステン部が設けられた領域の面積が、接続下方領域の面積の５０％以上であってよい。

[0007] 接続下方領域の全体に、タングステン部が設けられていてよい。

[0008] タングステン部は、層間絶縁膜の上面の一部を覆っていてよい。

[0009] タングステン部は、接続下方領域以外の領域において、層間絶縁膜の上面を覆っていてよい。

[0010] タングステン部は、上面視でパッド部と重なる領域の全体に設けられていてよい。

[0011] 貫通孔の幅が、０．５μｍ以上、０．８μｍ以下であってよい。

[0012] 層間絶縁膜には複数の貫通孔が設けられてよい。隣り合う２つの貫通孔の距離が、０．５μｍ以上、３．２μｍ以下であってよい。

[0013] 貫通孔の幅および貫通孔の距離について、以下の関係を満たしてよい。

Ｘ１／（Ｘ１＋Ｘ２）≧０．２，ただしＸ１は貫通孔の幅、Ｘ２は隣り合う２つの貫通孔の距離である。

[0014] バリアメタル層は、貫通孔の底面にも設けられてよい。層間絶縁膜の上面を覆うバリアメタル層は、貫通孔の底面に設けられたバリアメタル層よりも厚くてよい。

[0015] 層間絶縁膜の上面には、第１の方向に延伸するタングステン部が複数設けられてよい。接続領域は、上面視において第２の方向に長軸を有してよい。第１の方向と第２の方向との角度が１０度以下であってよい。

[0016] 層間絶縁膜、貫通孔、および、タングステン部はエミッタ電極の下方にも設けられてよい。接続下方領域における貫通孔の間隔は、エミッタ電極の下方における貫通孔の間隔と異なってよい。

[0017] 層間絶縁膜、貫通孔、および、タングステン部はエミッタ電極の下方にも設けられてよい。接続下方領域における貫通孔の幅は、エミッタ電極の下方における貫通孔の幅よりも小さくてよい。

[0018] 層間絶縁膜はＢＰＳＧ膜またはＢＳＧ膜であってよい。層間絶縁膜におけるボロン濃度は、２．６ｗｔ％以上、５ｗｔ％以下であってよい。

[0019] 貫通孔およびタングステン部の少なくとも一部が、半導体基板の上面と平行な第１延伸方向に沿って設けられていてよい。

[0020] 貫通孔およびタングステン部の一部が、半導体基板の上面と平行で、且つ、第１延伸方向とは異なる第２延伸方向に沿って設けられていてよい。

[0021] 半導体装置は、第１延伸方向に沿って設けられた貫通孔と、第２延伸方向に沿って設けられた貫通孔とが接続する貫通孔接続部を有してよい。

[0022] 第２延伸方向に沿って配置された貫通孔接続部の間隔をａ、第１延伸方向に沿って配置された貫通孔接続部の間隔をｂ、第２延伸方向に沿って配置された貫通孔の幅をｃ、第１延伸方向に沿って配置された貫通孔の幅をｄとした場合に、下式を満たしてよい。

（（ａ×ｃ）＋（ｂ－ｃ）×ｄ）／（ａ×ｂ）≧０．２

[0023] 貫通孔接続部に設けられたタングステン部の上端は、貫通孔接続部以外の貫通孔に設けられたタングステン部の上端よりも下側に配置されていてよい。

図面の簡単な説明

[0024] [図1]半導体装置１００の一例を示す上面図である。

[図2A]図１におけるＡ－Ａ断面の一例を示す図である。

[図2B]図１におけるＢ－Ｂ断面の一例を示す図である。

[図3]上面視におけるタングステン部２３０の配置例を示す図である。

[図4]複数の半導体装置１００に対する引っ張り試験の結果例を示す図である。

[図5]Ａ－Ａ断面の他の例を示す図である。

[図6]図５に示した半導体装置１００における、タングステン部２３０の上面視での配置例を示す図である。

[図7]Ａ－Ａ断面の他の例を示す図である。

[図8]図７に示した半導体装置１００における、タングステン部２３０の上面視での配置例を示す図である。

[図9]Ａ－Ａ断面の他の例を示す図である。

[図10]図９に示した半導体装置１００における、タングステン部２３０の上面視での配置例を示す図である。

[図11]Ａ－Ａ断面の他の例を示す図である。

[図12]図１１に示した半導体装置１００における、タングステン部２３０の上面視での配置例を示す図である。

[図13]貫通孔２１０の近傍を拡大した断面図である。

[図14]ゲートパッド５０の上面における、接続領域２０６の配置例を示す図である。

[図15]ゲートパッド５０の上面における、接続領域２０６の他の配置例を示す図である。

[図16]活性部１２０におけるＸＺ断面の一例を示す図である。

[図17]上面視におけるタングステン部２３０および貫通孔２１０の他の配置例を示す図である。

[図18]上面視におけるタングステン部２３０および貫通孔２１０の他の配置例を示す図である。

[図19]図１８におけるＣ－Ｃ断面の一例を示す図である。

[図20]図１８におけるＤ－Ｄ断面の一例を示す図である。

[図21]上面視におけるタングステン部２３０および貫通孔２１０の他の配置例を示す図である。

[図22]図２１に示したタングステン部２３０－１およびタングステン部２３０－２の拡大図である。

[図23]貫通孔２１０およびタングステン部２３０の他の形状例を示す図である。

[図24]図２３におけるＥ－Ｅ断面の一例を示す図である。

[図25]図２３におけるＦ－Ｆ断面の一例を示す図である。

[図26]上面視におけるタングステン部２３０および貫通孔２１０の他の配置例を示す図である。

[図27]図２６に示したタングステン部２３０－１およびタングステン部２３

０－２の拡大図である。

[図28]上面視におけるタングステン部２３０および貫通孔２１０の他の配置例を示す図である。

[図29]図２８に示したタングステン部２３０－１およびタングステン部２３０－２の拡大図である。

[図30]図２８に示したタングステン部２３０－１およびタングステン部２３０－２の他の例を示す拡大図である。

発明を実施するための形態

[0025] 以下、発明の実施の形態を通じて本発明を説明するが、以下の実施形態は請求の範囲にかかる発明を限定するものではない。また、実施形態の中で説明されている特徴の組み合わせの全てが発明の解決手段に必須であるとは限らない。なお、本明細書及び図面において、実質的に同一の機能、構成を有する要素については、同一の符号を付することにより重複説明を省略し、又、本発明に直接関係のない要素は図示を省略する。また、１つの図面において、同一の機能、構成を有する要素については、代表して符合を付し、その他については符合を省略する場合がある。

[0026] 本明細書においては半導体基板の深さ方向と平行な方向における一方の側を「上」、他方の側を「下」と称する。基板、層またはその他の部材の２つの主面のうち、一方の面を上面、他方の面を下面と称する。「上」、「下」の方向は、重力方向または半導体モジュールの実装時における方向に限定されない。

[0027] 本明細書では、Ｘ軸、Ｙ軸およびＺ軸の直交座標軸を用いて技術的事項を説明する場合がある。直交座標軸は、構成要素の相対位置を特定するに過ぎず、特定の方向を限定するものではない。例えば、Ｚ軸は地面に対する高さ方向を限定して示すものではない。なお、＋Ｚ軸方向と－Ｚ軸方向とは互いに逆向きの方向である。正負を記載せず、Ｚ軸方向と記載した場合、＋Ｚ軸および－Ｚ軸に平行な方向を意味する。本明細書では、半導体基板の上面および下面に平行な直交軸をＸ軸およびＹ軸とする。また、半導体基板の上面

および下面と垂直な軸をＺ軸とする。本明細書では、Ｚ軸の方向を深さ方向と称する場合がある。また、本明細書では、Ｘ軸およびＹ軸を含めて、半導体基板の上面および下面に平行な方向を、水平方向と称する場合がある。

[0028] 本明細書において「同一」または「等しい」のように称した場合、製造ばらつき等に起因する誤差を有する場合も含んでよい。当該誤差は、例えば１０％以内である。

[0029] 図１は、半導体装置１００の一例を示す上面図である。半導体装置１００は、半導体基板１０、エミッタ電極５２およびゲートパッド５０を備えている。半導体基板１０は、シリコンまたは化合物半導体等の半導体材料で形成された基板である。半導体基板１０は、上面視において端辺１０２を有する。本明細書では、半導体基板１０または半導体装置１００等の所定の部材の上面に、各部材の位置を投影することを上面視と称する。本例の半導体基板１０は、上面視において互いに向かい合う２組の端辺１０２を有する。図１においては、互いに向かい合う１組の端辺１０２－１および端辺１０２－２を示している。図１においては、端辺１０２－１および端辺１０２－２と平行な方向をＹ軸方向、端辺１０２－１および端辺１０２－２と垂直な方向をＸ軸方向とする。

[0030] エミッタ電極５２およびゲートパッド５０は、アルミニウム等の金属を含む電極である。エミッタ電極５２およびゲートパッド５０は、上面視において互いに分離している。エミッタ電極５２およびゲートパッド５０の間には、ポリイミド等の保護部材が設けられてよい。エミッタ電極５２およびゲートパッド５０と、半導体基板１０との間には絶縁膜が設けられている。エミッタ電極５２およびゲートパッド５０は、当該絶縁膜に設けられたコンタクトホールを介して半導体基板１０または半導体基板１０の上面に設けられた部材と接続する。

[0031] 図２Ａは、図１におけるＡ－Ａ断面の一例を示す図である。Ａ－Ａ断面は、ゲートパッド５０および接続部２０４を通過するＸＺ面である。図２Ｂは、図１におけるＢ－Ｂ断面の一例を示す。Ｂ－Ｂ断面は、エミッタ電極５２

を通過するＸＺ面である。

[0032] 図２Ｂにおいて、エミッタ電極５２は、層間絶縁膜３８に設けられたコンタクトホール（貫通孔）２１０内のバリアメタル層２２０およびタングステン部２３０を介して、半導体基板１０と電気的に接続している。例えばエミッタ電極５２は、ＩＧＢＴ（絶縁ゲート型バイポーラトランジスタ）における第１導電型のソース領域２２およびコンタクト領域２３と接続していてよい。一例として第１導電型はＮ型である。半導体基板１０の表面にはトレンチ２５が設けられ、トレンチ２５の内側には絶縁膜４４を介してゲート電極２４が充填されていてよい。本例のトレンチ２５は、半導体基板１０の上面２１において、Ｙ軸方向に延伸して設けられる。つまり、半導体基板１０の上面２１においてトレンチ２５は、Ｙ軸方向に長手を有する。

[0033] 図２Ａにおいて、ゲートパッド５０は、層間絶縁膜３８に設けられたコンタクトホール（貫通孔）２１０内のバリアメタル層２２０およびタングステン部２３０を介して、配線層５１と電気的に接続している。配線層５１は、半導体基板１０の上面に絶縁膜４４を介して設けられてよい。配線層５１は、一例としてポリシリコンよりなる。例えばゲートパッド５０は、ＩＧＢＴにおけるゲートトレンチ等のゲート電極２４と接続している。Ａ－Ａ断面については、詳細を後述する。エミッタ電極５２は、ＭＯＳトランジスタにおける第１導電型のソース領域２２と接続されてもよい。図１においては、絶縁膜およびコンタクトホールを省略している。

[0034] 図１において、エミッタ電極５２は、半導体基板１０の上面に設けられた電極のうち、上面視における面積が最大の電極であってよい。ゲートパッド５０は、上面視においてエミッタ電極５２と、端辺１０２－１との間に配置されていてよい。ゲートパッド５０は、Ｙ軸方向においてエミッタ電極５２に挟まれていてもよい。

[0035] エミッタ電極５２の上面には、図示しないリードフレームまたはワイヤ等の配線が接続されている。また、ゲートパッド５０の上面には、ワイヤ配線部２０２が接続されている。ワイヤ配線部２０２は、ゲートパッド５０の上

面と接触する接続部２０４を有してよい。接続部２０４は、はんだ等の固定材料であってよく、ワイヤ配線の一部であってもよい。ワイヤ配線は、接続部２０４においてエミッタ電極５２の上面に超音波接合されてよく、圧着されていてもよい。

[0036] 半導体基板１０には活性部１２０が設けられている。活性部１２０は、半導体装置１００をオン状態に制御した場合に半導体基板１０の上面と下面との間で、深さ方向に主電流が流れる領域である。活性部１２０は、半導体基板１０の内部に、ＩＧＢＴ等のトランジスタ、または、ＦＷＤ（還流ダイオード）等のダイオードが設けられた領域である。エミッタ電極５２により覆われた領域を活性部１２０としてもよい。この場合、上面視においてエミッタ電極５２に挟まれた領域も活性部１２０としてもよい。また、半導体基板１０の外周に沿って、ガードリングまたはフィールドプレートが環状に設けられている場合、ガードリングまたはフィールドプレートに囲まれた領域を活性部１２０としてもよい。ガードリングは、半導体基板１０の上面から所定の深さ位置まで設けられたＰ型の領域である。また、フィールドプレートは、半導体基板１０の上面の上方に設けられた、導電性部材である。フィールドプレートと半導体基板１０の間には絶縁膜が設けられている。ガードリングおよびフィールドプレートは、後述するゲートパッド５０と、端辺１０２－１との間を通過するように設けられてよい。

[0037] エミッタ電極５２は、上述の通り、コンタクトホール（貫通孔２１０）を介して活性部１２０と電気的に接続されている。ゲートパッド５０は、上述の通り、コンタクトホールを介して、ポリシリコンやアルミニウム等で形成されたゲートランナー（配線層５１）に接続されてよい。ゲートパッド５０に印加されたゲート電圧は、ゲートランナー等によって、活性部１２０におけるそれぞれのトランジスタ部のゲート電極２４に供給される。

[0038] 半導体装置１００は、ダイオード素子１７８を備えてよい。本例のダイオード素子１７８は、半導体基板１０の上方に配置された、ＰＮ接合ダイオードである。ダイオード素子１７８は、温度検出部として機能してよい。ダイ

オード素子１７８は、上面視において半導体基板１０のほぼ中央に配置されてよい。例えば、半導体基板１０の中央位置を、ダイオード素子１７８が覆っていてよい。ダイオード素子１７８は、上面視においてエミッタ電極５２に挟まれていてよい。本例のエミッタ電極５２は、少なくとも２つの領域に分割されており、ダイオード素子１７８は、エミッタ電極５２の２つの領域に挟まれている。

[0039] 半導体装置１００は、アノードパッド１７４およびカソードパッド１７６を有してよい。アノードパッド１７４は、ダイオード素子１７８のアノードと電気的に接続し、カソードパッド１７６は、ダイオード素子１７８のカソードと電気的に接続する。アノードパッド１７４およびカソードパッド１７６は、ポリシリコンまたはアルミニウム等で形成された配線により、ダイオード素子１７８と接続されてよい。

[0040] 一例として、ゲートパッド５０は端辺１０２－１側に配置され、アノードパッド１７４およびカソードパッド１７６は、端辺１０２－２側に配置されている。端辺１０２－１側とは、Ｘ軸方向における半導体基板１０の中央よりも端辺１０２－１側を指し、端辺１０２－２側とは、半導体基板１０の当該中央よりも端辺１０２－２側を指す。上述したようにゲートパッド５０は、エミッタ電極５２と端辺１０２－１との間に配置されてよい。アノードパッド１７４およびカソードパッド１７６は、エミッタ電極５２と端辺１０２－２との間に配置されてよい。アノードパッド１７４およびカソードパッド１７６の上面には、ゲートパッド５０と同様に、ワイヤ配線部２０２が接続されてよい。

[0041] 半導体装置１００は、電流センスパッド１７２を更に有してもよい。電流センスパッド１７２の下方における半導体基板１０には、電流センス領域１１０が設けられてよい。電流センス領域１１０は、活性部１２０におけるトランジスタ部と電気的に並列に設けられ、且つ、同様の構造を有するトランジスタ部を含んでよい。上面視において、電流センス領域１１０は、活性部１２０よりも小さい。電流センス領域１１０に流れる電流から、活性部１２

０に流れる電流を推定できる。電流センスパッド１７２は、エミッタ電極５２と、端辺１０２－２との間に配置されてよい。電流センスパッド１７２の上面には、ゲートパッド５０と同様に、ワイヤ配線部２０２が接続されてよい。

[0042] 図１に示したゲートパッド５０、アノードパッド１７４、カソードパッド１７６および電流センスパッド１７２は、パッド部の一例である。ただし、パッド部は上述したパッドに限定されない。パッド部は、半導体基板１０の上面の上方に配置され、アルミニウム等の金属で形成され、且つ、エミッタ電極５２と分離している。図２Ａ以降においては、主にゲートパッド５０の近傍の構造を説明するが、各パッド部の近傍も、ゲートパッド５０の近傍と同様の構造を有してよい。

[0043] 前述の通り、図２Ａは、図１におけるＡ－Ａ断面の一例を示す図である。Ａ－Ａ断面は、ゲートパッド５０および接続部２０４を通過するＸＺ面である。本例の半導体装置１００は、当該断面において、半導体基板１０、絶縁膜４４、配線層５１、層間絶縁膜３８、バリアメタル層２２０、タングステン部２３０、ゲートパッド５０、接続部２０４およびワイヤ配線部２０２を備える。また、ゲートパッド５０の上面の一部の領域は、ポリイミド等の保護部材２４０で覆われていてよい。ゲートパッド５０の上面のうち、保護部材２４０で覆われずに露出した領域を開口領域２０１とする。

[0044] 接続部２０４は、開口領域２０１においてゲートパッド５０の上面に接続されている。ゲートパッド５０の上面において、接続部２０４と接する部分を接続領域２０６と称する。なお、半導体装置１００の上面は、シリコーンゲル等の封止樹脂で封止される。これにより、半導体装置１００の上面を外部から電気的に絶縁し、また、水分等の異物から半導体装置１００を保護できる。

[0045] 半導体基板１０は、第１導電型のドリフト領域２０と、第２導電型のウェル領域１１を有してよい。本明細書において第１導電型はＮ型であり、第２導電型はＰ型であるが、導電型は逆であってもよい。ドリフト領域２０は、

図１に示した活性部１２０の全体にも設けられてよい。ウェル領域１１は、ゲートパッド５０の下方で、かつ、ドリフト領域２０と半導体基板１０の上面２１との間に設けられている。

[0046] 配線層５１は、半導体基板１０と、ゲートパッド５０との間に設けられている。配線層５１は、不純物がドープされたポリシリコン等の導電材料で形成されている。本例の配線層５１は、上述したゲートランナーとしても機能する。配線層５１は、上面視において接続領域２０６の少なくとも一部と重なる領域を含む。配線層５１は、接続領域２０６の全体と重なる領域を含んでよく、開口領域２０１の全体と重なる領域を含んでよく、ゲートパッド５０の全体と重なる領域を含んでいてもよい。

[0047] 配線層５１と半導体基板１０の上面２１との間には、絶縁膜４４が設けられている。絶縁膜４４は、例えば半導体基板１０の上面２１を酸化または窒化した膜であるが、これに限定されない。絶縁膜４４は、活性部１２０においてゲート電極と半導体基板１０とを絶縁するゲート絶縁膜と同一材料で形成されてよい。

[0048] 層間絶縁膜３８は、配線層５１とゲートパッド５０との間に設けられた絶縁層である。層間絶縁膜３８は、一例としてボロンがドープされたシリケートガラス（ＢＰＳＧ：Ｂｏｒｏｎ Ｐｈｏｓｐｈｏｒｕｓ Ｓｉｌｉｃａｔｅ ＧｌａｓｓまたはＢＳＧ：Ｂｏｒｏｎ Ｓｉｌｉｃａｔｅ Ｇｌａｓｓ）である。層間絶縁膜３８は、ＮＳＧ膜の上にボロンがドープされたシリケートガラスが積層された積層体でもよい。ＮＳＧ膜はＮＳＧ（Ｎｏｎ－ｄｏｐｅｄ Ｓｉｌｉｃａｔｅ Ｇｌａｓｓ）により構成された、ボロンとリンがドープされていない膜である。層間絶縁膜３８の膜厚は、例えば1μｍ程度であるが、これに限定されない。層間絶縁膜３８には、貫通孔２１０が設けられている。貫通孔２１０は、層間絶縁膜３８の上面２２１から下面まで貫通している。貫通孔２１０に導電材料を充填することで、ゲートパッド５０と配線層５１とが電気的に接続される。層間絶縁膜３８は、少なくとも接続領域２０６の下方において貫通孔２１０を有する。接続領域２０６の下方と

は、接続領域２０６よりも下側に配置され、且つ、上面視において接続領域２０６と重なる領域である。本例の層間絶縁膜３８は、接続領域２０６と重ならない領域にも、貫通孔２１０を有していてもよい。

[0049] タングステン部２３０は、タングステンを含む材料で形成され、貫通孔２１０の内部に設けられる。タングステン部２３０は、タングステンで形成されてよく、タングステンを含む合金で形成されてもよい。タングステン部２３０の上端は、ゲートパッド５０と接触している。タングステン部２３０の下端は、配線層５１と接触していてよく、他の導電部材を介して配線層５１と接続していてもよい。タングステン部２３０は、貫通孔２１０の内部において、層間絶縁膜３８と接触していてよく、他の導電部材と接触していてもよい。

[0050] バリアメタル層２２０は、少なくとも接続領域２０６の下方における層間絶縁膜３８の上面２２１を覆っている。バリアメタル層２２０は、チタンを含む材料で形成されている。バリアメタル層２２０は、異なる材料が積層されていてもよい。一例としてバリアメタル層２２０は、チタン層の上に窒化チタン層が積層された積層体である。バリアメタル層２２０をチタン層の上に窒化チタン層が積層された積層体とすることで、チタン層とポリシリコンからなる配線層５１とが反応しチタンシリサイドを形成し、配線層５１とバリアメタル層２２０との接触抵抗を下げることができる。また、チタンシリサイドが形成されることで、チタン層が例えば数ｎｍ程度以下と薄くなり、水素がバリアメタル層２２０を透過して下側の層へ到達できるようになるため、製造工程で半導体装置１００の内部に形成されるダメージを水素雰囲気でのアニールによって回復可能となる。ここで、ダメージとは、例えば、絶縁膜４４と半導体基板１０の界面に存在するダングリングボンドなどである。チタン層が例えば２０ｎｍ程度以上と厚い場合、水素雰囲気でのアニールを行なっても、水素がチタン層に吸着されてしまうため、水素がチタン層の下側の層へ到達できない。そのため、半導体装置１００の内部に形成されるダメージは水素雰囲気でのアニールによって回復されない。層間絶縁膜３８

の上面２２１上のチタン層および窒化チタン層を含むバリアメタル層２２０の厚さは、５０ｎｍ以上２００ｎｍ以下程度であってよい。

[0051] バリアメタル層２２０は、上面視において接続領域２０６と重ならない領域にも設けられてよい。バリアメタル層２２０は、保護部材２４０の下方にも設けられてよい。また、バリアメタル層２２０は、貫通孔２１０の内部にも設けられてよい。バリアメタル層２２０は、貫通孔２１０の側壁と、底面を覆っていてよい。この場合、タングステン部２３０と、配線層５１および層間絶縁膜３８との間に、バリアメタル層２２０が配置される。

[0052] エミッタ電極５２またはゲートパッド５０等の電極の一部が欠損した場合には、半導体装置１００内部の電界により、封止樹脂に含まれる樹脂イオンが、半導体装置１００の上面側から配線層５１または絶縁膜４４まで到達してしまう。特に活性部１２０においては、絶縁膜４４に樹脂イオンがトラップされ、トンネル電流が通常よりも多く流れるため、閾値電圧が低下する等、半導体装置１００の特性に悪影響を与える。

[0053] これに対して、バリアメタル層２２０を設けることで、バリアメタル層２２０よりも下側の層に、樹脂イオンが到達することを抑制できる。バリアメタル層２２０は、活性部１２０だけでなく、パッド部の下方にも設けることがよい。バリアメタル層２２０は、パッド部の下方全面に設けることがよりよい。パッド部の下方全面とは、パッド部の下側で、且つ、上面視でパッド部と重なる領域全体である。これにより、パッド部の電極の一部が欠損した場合に樹脂イオンが配線層５１または絶縁膜４４まで到達することを抑制できるとともに、パッド部に隣接する活性部１２０に樹脂イオンが侵入することを抑制でき、閾値電圧低下などが起きなくなる。

[0054] しかし、チタンを含むバリアメタル層２２０は、層間絶縁膜３８との密着性が比較的に低い。例えば、バリアメタル層２２０のチタンと、層間絶縁膜３８におけるボロン等の材料が反応することで、密着性が低下してしまう。

[0055] バリアメタル層２２０と層間絶縁膜３８との密着性が低下すると、ワイヤ配線部２０２が引っ張られた場合に、バリアメタル層２２０と層間絶縁膜３

８とが剥離しやすくなる。バリアメタル層２２０と層間絶縁膜３８とが剥離しやすくなる理由は、ワイヤ配線部２０２を引っ張った場合に、特に接続領域２０６の下方において、バリアメタル層２２０と層間絶縁膜３８との間で上下方向に応力が加わるためである。バリアメタル層２２０と層間絶縁膜３８とのＸＹ面と平行な界面（ＸＹ界面と称する）の密着性が低下して、かつ、ＸＹ界面に構造が形成されていない場合、バリアメタル層２２０と層間絶縁膜３８とが上下方向に剥離しやすい。界面に構造が形成されていない場合とは、例えば、後述する貫通孔などが形成されていない場合である。ワイヤ配線部２０２が引っ張られた場合に、バリアメタル層２２０と層間絶縁膜３８とが剥離してしまうと、バリアメタル層２２０の上にあるゲートパッド５０もワイヤ配線部２０２と一緒に取れてしまう。

[0056] 本例においては、接続領域２０６の下方に、貫通孔２１０およびタングステン部２３０が設けられている。このため、接続領域２０６の下方において、層間絶縁膜３８とバリアメタル層２２０とのＸＹ界面の面積を低減できる。従って、バリアメタル層２２０と層間絶縁膜３８との剥離を抑制できる。なお、タングステン部２３０とバリアメタル層２２０の密着性は、層間絶縁膜３８とバリアメタル層２２０の密着性よりも良好である。

[0057] 図３は、上面視におけるタングステン部２３０の配置例を示す図である。図３においては、図２Ａに示した接続領域２０６と重なる領域を接続下方領域２０８としている。接続下方領域２０８の上面視における大きさおよび形状は、接続領域２０６と同一である。また、図３においては、開口領域２０１を破線で示している。破線の矩形の内側が開口領域２０１である。破線の矩形の外側には保護部材２４０が設けられるが、図３では省略している。

[0058] 図３においては、それぞれのタングステン部２３０は、Ｙ軸方向に延伸している。それぞれのタングステン部２３０は、Ｙ軸方向の長さがＸ軸方向の長さよりも大きい。上面視でのタングステン部２３０の形状は、ストライプ状であってよい。上面視でのタングステン部２３０の形状をストライプ状とすることによって、上面視で円状の場合に比べ、タングステン部２３０の面

積を増やしやすい。本例のタングステン部２３０は、Ｙ軸方向においてゲートパッド５０の一方の端部から他方の端部まで設けられてよい。他の例では、タングステン部２３０は、ゲートパッド５０の端部よりも内側の領域に設けられてよい。また、タングステン部２３０は、ゲートパッド５０の端部を越えてＹ軸方向に延伸していてもよい。タングステン部２３０はＸ方向に延伸していてもよい。Ｘ軸方向に延伸するタングステン部２３０とＹ軸方向に延伸するタングステン部２３０が格子状に交差してもよい。

[0059] 図２Ａにおいて、それぞれの貫通孔２１０のＸ軸方向の幅Ｘ１は、０．５μｍ以上、０．８μｍ以下であってよい。それぞれの幅Ｘ１は、略同じでよい。幅Ｘ１は、貫通孔２１０の上端で計測してよい。幅Ｘ１を０．５μｍ以上とすることで、層間絶縁膜３８上にバリアメタル層２２０を形成する際に、貫通孔２１０の底部にも所定の厚さのバリアメタル層２２０を形成できる。また、幅Ｘ１を０．８μｍ以下とすることで、エッチバックした際に、貫通孔２１０の内部に十分にタングステンを残すことができる。エッチバック処理の概要については後述する。貫通孔２１０の上端の幅は、貫通孔２１０の下端の幅に比べて大きくてもよい。貫通孔２１０の上端の幅が貫通孔２１０の下端の幅に比べて大きく、貫通孔２１０の側壁にテーパーがつくことで、貫通孔２１０の側壁のバリアメタル層２２０の厚さを厚くできる。貫通孔２１０の側壁にテーパーがついている状態とは、貫通孔２１０の幅が上端から下端へ連続的に狭くなる状態である。例えば、貫通孔２１０の上端の幅Ｘ１が０．５μｍで、貫通孔２１０の下端の幅が０．３μｍであってよい。

[0060] 本例では、複数のタングステン部２３０を形成する複数の貫通孔２１０が、Ｘ軸方向に沿って所定の間隔で配置されている。隣り合う２つの貫通孔２１０の距離Ｘ２は、例えば０．５μｍ以上、３．２μｍ以下であってよい。距離Ｘ２は、貫通孔２１０の上端で計測してよい。それぞれの距離Ｘ２は、略同じでよい。距離Ｘ２は、幅Ｘ１以上であってよい。貫通孔２１０が、幅Ｘ１および距離Ｘ２について上述した大きさを有することで、製造工程におけるばらつきを抑えて、タングステン部２３０を容易に形成できる。また、

層間絶縁膜３８とバリアメタル層２２０とがＸＹ界面で接する幅である距離Ｘ２を３．２μｍ以下とすることで、層間絶縁膜３８とバリアメタル層２２０との剥離を抑制する効果がある。

[0061] ここで、タングステン部２３０の形成方法は次の通りであってよい。まず、層間絶縁膜３８に貫通孔２１０をフォトリソグラフおよびドライエッチングで形成する。次に貫通孔２１０の内部および層間絶縁膜３８上にバリアメタル層２２０を形成する。次に貫通孔２１０の内部および層間絶縁膜３８上にタングステンを成膜し、貫通孔２１０の内部にタングステンを充填する。次にエッチバックすることでタングステン部２３０を形成する。ここで、エッチバックとは、貫通孔２１０の内部のタングステンを残して、層間絶縁膜３８の上のタングステン膜をエッチングにより除去する処理である。ここまでが、タングステン部２３０の形成方法の一例である。なお、ゲートパッド５０のタングステン部２３０の形成は、後述する図１６に示す活性領域のタングステン部２３０の形成と同時に行ってよい。

[0062] 図３において、接続下方領域２０８のＸ軸方向の幅をＸ３とする。それぞれのタングステン部２３０のＸ軸方向の幅Ｘ６は、幅Ｘ３より小さい。幅Ｘ６は、幅Ｘ３の半分以下であってよく、１／３以下であってもよい。隣り合うタングステン部２３０のＸ軸方向の距離Ｘ７は、幅Ｘ３より小さい。距離Ｘ７は、幅Ｘ３の半分以下であってよく、１／３以下であってもよい。図２Ａおよび図３に示すように、接続下方領域２０８には、Ｘ軸方向に配列された複数のタングステン部２３０が含まれてよい。

[0063] 接続下方領域２０８において、貫通孔２１０が形成された領域の上面視での面積をＳ１とし、接続下方領域２０８の全体の面積をＳとする。貫通孔２１０の面積Ｓ１は、接続下方領域２０８の面積Ｓの２０％以上であることがよい。つまり、接続下方領域２０８において、バリアメタル層２２０とゲートパッド５０とのＸＹ界面の面積は、貫通孔２１０の側壁のバリアメタル層２２０の厚みの影響を受けるが、接続下方領域２０８の面積Ｓの０％以上程度、８０％以下程度であってよい。貫通孔２１０を設けることによって、密

着性の弱い層間絶縁膜３８とバリアメタル層２２０とのＸＹ界面の面積を減らして、層間絶縁膜３８とバリアメタル層２２０とが剥離しないようにして、剥離によりゲートパッド５０が取れてしまう不良の発生を防ぐことができる。

[0064] 図４は、複数の半導体装置１００に対する引っ張り試験の結果例を示す図である。引っ張り試験においては、ワイヤ配線部２０２を上方に引っ張って、ゲートパッド５０が、層間絶縁膜３８から剥離するか否かを試験する。引っ張り試験においては、ゲートパッド５０が剥離する前に、ワイヤ配線部２０２または接続部２０４に破断が生じたものは良品と判定している。ワイヤ配線部２０２または接続部２０４に破断が生じる前に、ゲートパッド５０が取れてしまう割合を剥離発生率とする。図４においては、縦軸に剥離発生率を示し、横軸に接続下方領域２０８において貫通孔２１０が形成された領域の面積と接続下方領域２０８との面積比Ｓ１／Ｓを１００分率で示している。引っ張り試験に用いたワイヤは、直径４００μｍあるいは直径５００μｍであった。引張試験では、他の直径のワイヤを用いた試験も行っているが、顕著なワイヤ直径の依存性は見られなかった。ワイヤはアルミニウムからなってよく、あるいはアルミニウムを主成分とする化合物からなってもよい。ワイヤは、例えばシリコンが添加されてもよい。

[0065] 図４に示すように、面積比Ｓ１／Ｓが２０％以上になると、剥離発生率が０％となった。このため、面積比Ｓ１／Ｓは２０％以上であることがよい。面積比Ｓ１／Ｓを２０％以上とすることで、ゲートパッド５０が取れてしまう不良の発生が無くなった。当該面積比は、５０％以上であってよく、１００％であってもよい。

[0066] また、上面視における開口領域２０１の面積をS_{201}とする。開口領域２０１の下方の領域において、タングステン部２３０の上面視の面積をＳ１’とする。面積比Ｓ１’／S_{201}が、２０％以上であってよく、５０％以上であってよく、１００％であってもよい。ワイヤ配線部２０２を開口領域２０１内に接合する際に、接続下方領域２０８の位置がばらつくことがあるので、面積

比Ｓ１’／$Ｓ_{201}$を、２０％以上とすることが、ゲートパッド５０が取れてしまう不良の発生を抑制するのに有効である。つまり、ワイヤボンドの接続下方領域２０８の位置がばらついたとしても常に面積比Ｓ１／Ｓが２０％以上とすることが、ゲートパッド５０が取れてしまう不良を抑制するのに有効である。

[0067] また、上面視におけるゲートパッド５０の面積を$Ｓ_{50}$とする。また、ゲートパッド５０の下方の領域において、タングステン部２３０の上面視の面積をＳ１’’とする。面積比Ｓ１’’／$Ｓ_{50}$が、０．３％以上であってよく、２０％以上であってよく、５０％以上であってよく、１００％であってもよい。つまり、ゲートパッド５０が取れてしまう不良の発生を抑制するのには、面積比Ｓ１／Ｓが２０％以上であることが重要であり、接続下方領域２０８以外、例えば、開口領域２０１以外では、タングステン部の面積が少なくてもよい。面積比Ｓ１／Ｓが２０％以上とすることが、ゲートパッド５０が取れてしまう不良を抑制するのに有効であるため、図２Ａにおいて、貫通孔２１０の幅Ｘ１および距離Ｘ２は、面積比Ｓ１／Ｓが２０％以上となるように、Ｘ１／（Ｘ１＋Ｘ２）≧０．２の関係式を満たしてよい。

[0068] 図５は、Ａ－Ａ断面の他の例を示す図である。本例は、貫通孔２１０のＸ軸方向の幅Ｘ１が０．８μｍより大きい場合の断面構造である。貫通孔２１０は、前述の例と同様に、Y軸方向に延伸しているストライプ状であってよい。接続下方領域２０８において、貫通孔２１０が形成される領域の上面視における面積をＳ１とし、接続下方領域２０８の全体の面積をＳとした時の面積比Ｓ１／Ｓが５０％より大きい場合であってよい。本例の半導体装置１００は、タングステン部２３０、貫通孔２１０、バリアメタル層２２０および層間絶縁膜３８の構造が図２Ａの例と異なる。他の構造は図２Ａの例と同様である。

[0069] 図６は、図５に示した半導体装置１００における、タングステン部２３０の上面視での配置例を示す図である。図５および図６の例においては、接続下方領域２０８の上面視における全体に、タングステン部２３０が設けられ

ている。タングステン部２３０のＸ軸方向における幅は、接続下方領域２０８の幅Ｘ３よりも大きい。本例のタングステン部２３０の端部は、ゲートパッド５０の下方で、且つ、接続下方領域２０８以外の領域において、バリアメタル層２２０の上に配置されている。ゲートパッド５０の下方とは、ゲートパッド５０よりも下側に配置され、且つ、上面視においてゲートパッド５０と重なる領域である。タングステン部２３０と層間絶縁膜３８の上面２２１との間には、バリアメタル層２２０が設けられている。タングステン部２３０は、上面視において開口領域２０１の下方の領域全体を覆っていてよく、ゲートパッド５０の下方の領域全体を覆っていてもよい。本例においても、接続下方領域２０８の層間絶縁膜３８に貫通孔２１０が設けられることで、層間絶縁膜３８の上面２２１とバリアメタル層２２０とのＸＹ界面が、貫通孔２１０の設けられていない場合に比べ少なくなる。このことで、層間絶縁膜３８とバリアメタル層２２０との剥離を抑制し、ゲートパッド５０が取れてしまう不良を防ぐことができる。

[0070] 本例の貫通孔２１０の幅Ｘ１は、０．８μｍより大きいので、前述のタングステン部２３０の形成方法において、タングステンのエッチバックを行う際に、貫通孔２１０内にタングステンを十分に残すことができない。これは、タングステンのエッチバックの際に、貫通孔２１０の内部のタングステンもエッチングされてしまうからである。また、エッチバックした際に、除去できなかったタングステンが貫通孔２１０の内部に残り、その後の工程で不具合を起こす虞がある。その後の工程での不具合とは、例えば、エッチバックで貫通孔２１０内に残ったタングステンがバリアメタル層２２０より剥がれて、異物となってしまうなどである。そのため、幅Ｘ１が０．８μｍより大きい場合は、タングステンのエッチバックを行わないのがよい。ゲートパッド５０の下方の領域においては、堆積後にタングステンをエッチバックしないことで、図５および図６に示した構造を形成できる。また、活性部１２０を囲むゲートランナーが形成されている領域においては、層間絶縁膜３８の上のタングステンをゲートパッド５０およびバリアメタル層２２０と一緒

にエッチングしてよい。これにより、ゲートパッド５０とエミッタ電極５２が電気的に接続されるのを防げる。

図５および図６において、本例では、幅Ｘ１が隣り合う２つの貫通孔２１０の距離Ｘ２より大きくてよい。幅Ｘ１は、距離Ｘ２の２倍以上であってよく、３倍以上であってもよい。また、幅Ｘ１は、Ｘ軸方向における層間絶縁膜３８の幅よりも大きくてよい。また、幅Ｘ１は、接続下方領域２０８の幅Ｘ３より小さくてよく、大きくてもよい。本例においては、接続部２０４の下方には、Ｘ軸方向に配列された複数の貫通孔２１０が設けられている。他の例では、接続部２０４の下方には、Ｘ軸方向に配列された複数の貫通孔２１０のうち、一つの貫通孔２１０だけが含まれていてもよい。

[0071] 図７は、Ａ－Ａ断面の他の例を示す図である。本例は、接続下方領域２０８において、貫通孔２１０を形成した領域の上面視における面積をＳ１とし、接続下方領域２０８の全体の面積をＳとした時の面積比Ｓ１／Ｓが１００％の場合である。本例の半導体装置１００は、タングステン部２３０、貫通孔２１０、バリアメタル層２２０および層間絶縁膜３８の構造が図２Ａの例と異なる。他の構造は図２Ａの例と同様である。

[0072] 図８は、図７に示した半導体装置１００における、タングステン部２３０の上面視での配置例を示す図である。図７および図８の例においては、接続下方領域２０８の上面視における全体に、タングステン部２３０および貫通孔２１０が設けられている。タングステン部２３０のＸ軸方向における幅は、接続下方領域２０８の幅Ｘ３よりも大きい。本例の接続下方領域２０８には、層間絶縁膜３８が設けられていない。このため、接続下方領域２０８に、層間絶縁膜３８の上面２２１とバリアメタル層２２０とのＸＹ界面が存在せず、層間絶縁膜３８の上面２２１とバリアメタル層２２０とのＸＹ界面が剥離することでゲートパッド５０が取れてしまうのを抑制できる。

[0073] 本明細書において説明する各例において、タングステン部２３０は、層間絶縁膜３８の上面２２１の一部を覆っていてもよい。この場合、タングステン部２３０と層間絶縁膜３８の上面２２１との間には、バリアメタル層２２

０が設けられてよい。本例のタングステン部２３０は、ゲートパッド５０の下方で、且つ、接続下方領域２０８以外の領域において、層間絶縁膜３８の上方に配置されている。タングステン部２３０は、上面視において開口領域２０１の下方の領域全体を覆っていてよく、ゲートパッド５０の下方の領域全体を覆っていてもよい。

[0074] 貫通孔２１０は、ゲートパッド５０の下方の領域のうち、接続下方領域２０８を含む一部の領域に設けられる。貫通孔２１０は、上面視において開口領域２０１より小さい領域に設けられてよく、開口領域２０１と同一の領域に設けられてよく、開口領域２０１より大きい領域に設けられてもよい。ゲートパッド５０の下方には、接続下方領域２０８を含む一つの貫通孔２１０が設けられてよく、接続下方領域２０８以外にも貫通孔２１０が設けられてもよい。

[0075] 貫通孔２１０の内部に設けられるタングステン部２３０と、層間絶縁膜３８の上方に設けられるタングステン部２３０とは連続していてよい。層間絶縁膜３８に貫通孔２１０を形成し、バリアメタル層２２０を積層した後に、貫通孔２１０の内部および層間絶縁膜３８の上方にタングステンを堆積させる。ゲートパッド５０の下方の領域においては、堆積後にタングステンをエッチバックしないことで、図７および図８に示した構造を形成できる。また、活性部１２０を囲むゲートランナーが形成されている領域においては、層間絶縁膜３８の上のタングステンをゲートパッド５０およびバリアメタル層２２０と一緒にエッチングしてよい。これにより、ゲートパッド５０とエミッタ電極５２が電気的に接続されるのを防げる。

[0076] 図９は、Ａ－Ａ断面の他の例を示す図である。本例の半導体装置１００は、当該断面において、タングステン部２３０および貫通孔２１０が、接続領域２０６または開口領域２０１の下方だけに設けられており、ゲートパッド５０の下方の他の領域には設けられていない点で、図１から図８における例と相違する。上面視におけるゲートパッド５０の面積をＳ５０とする。また、ゲートパッド５０の下方の領域において、タングステン部２３０の上面視

の面積をＳ１’’とする。面積比Ｓ１’’／Ｓ５０が、０．３％以上の場合であってよい。他の構造は、図１から図８におけるいずれかの例と同様である。本例によっても、剥離が生じやすい接続下方領域２０８における、バリアメタル層２２０と層間絶縁膜３８とのＸＹ界面を低減でき、層間絶縁膜３８の上面２２１とバリアメタル層２２０とのＸＹ界面が剥離することで、ゲートパッド５０が取れてしまうのを抑制できる。

[0077] 図１０は、図９に示した半導体装置１００における、タングステン部２３０の上面視での配置例を示す図である。上述したように、それぞれのタングステン部２３０は、接続下方領域２０８または開口領域２０１と重なるように配置されている。ただし、それぞれのタングステン部２３０は、図１０に示すように、Ｙ軸方向において接続下方領域２０８または開口領域２０１の外側まで延伸していてよい。タングステン部２３０は、ゲートパッド５０のＹ軸方向の端部と重なる位置まで延伸していてよい。他の例では、それぞれのタングステン部２３０は、Ｙ軸方向においても、接続下方領域２０８または開口領域２０１と重なる領域だけに設けられてもよい。

[0078] 図１１は、Ａ－Ａ断面の他の例を示す図である。本例においては、接続領域２０６または開口領域２０１の下方の領域と、他の領域とで、タングステン部２３０および貫通孔２１０が設けられる密度が異なる。他の構造は、図１から図１０のいずれかの例と同様である。

[0079] 本例では、接続領域２０６または開口領域２０１の下方の領域におけるタングステン部２３０および貫通孔２１０の密度は、他の領域における密度よりも高い。つまり、接続領域２０６または開口領域２０１の下方の領域には、より高い面積比のタングステン部２３０および貫通孔２１０が設けられている。

[0080] 本例では、それぞれの貫通孔２１０およびタングステン部２３０のＸ軸方向の幅は等しい。接続領域２０６または開口領域２０１の下方の領域において、タングステン部２３０および貫通孔２１０がＸ軸方向に配置される周期は、他の領域における当該周期よりも短い。本例においても、剥離が生じや

すい接続下方領域２０８における、バリアメタル層２２０と層間絶縁膜３８とのＸＹ界面を低減でき、層間絶縁膜３８の上面２２１とバリアメタル層２２０とのＸＹ界面が剥離することで、ゲートパッド５０が取れてしまうのを抑制できる。

[0081] 図１２は、図１１に示した半導体装置１００における、タングステン部２３０の上面視での配置例を示す図である。上述したように、接続領域２０６または開口領域２０１と重なるタングステン部２３０のＸ軸方向の周期は、他の領域の当該周期よりも短い。

[0082] 図１３は、貫通孔２１０の近傍を拡大した断面図である。貫通孔２１０の上端の幅に比べ下端の幅が狭くなっていてよい。貫通孔２１０に充填されたタングステン部の上端には、エッチバックにより形成された凹みがあってよい。層間絶縁膜３８の上面２２１に設けられたバリアメタル層２２０の厚みをＺ１、貫通孔２１０の側面に設けられたバリアメタル層２２０の厚みをＺ２、貫通孔２１０の下端に設けられたバリアメタル層２２０の厚みをＺ３とすると、Ｚ１＞Ｚ２＞Ｚ３の関係が成り立つ。厚みＺ１およびＺ３は、Ｚ軸方向における長さである。Ｚ２は、貫通孔２１０の側壁に対し垂直方向の長さである。貫通孔２１０の側面のバリアメタル層２２０および底面のバリアメタル層２２０は、厚みが薄くても、ゲートパッド５０に欠損が生じた場合に樹脂イオンがバリアメタル層２２０の下方に到達するのを防ぐことができる。これは、貫通孔２１０内にタングステン部２３０があるためである。貫通孔２１０の底面に堆積されたチタンの一部が、配線層５１に含まれるシリコンと結合することで、貫通孔２１０の底面におけるバリアメタル層２２０の下には、チタンおよびシリコンの合金が形成されてよい。

[0083] 図１４は、ゲートパッド５０の上面における、接続領域２０６の配置例を示す図である。上述したように、接続領域２０６は、接続部２０４が設けられる領域である。本例では、第１方向（本例ではＹ軸方向）に延伸する帯状のタングステン部２３０および貫通孔２１０が複数設けられている。また、接続領域２０６の長軸を、鎖線２０９で示している。接続領域２０６の長軸

とは、ＸＹ平面において接続領域２０６の長さが最大となる軸である。鎖線２０９が延伸する方向を第２の方向とする。

[0084] 上面視において、第１の方向と第２の方向との角度θは、１０度以下であってよい。角度θは、５度以下であってよく、０度であってもよい。つまり、接続領域２０６の長軸と、タングステン部２３０の延伸方向とは、ほぼ平行であってよい。

[0085] 図１４のように、帯状のタングステン部２３０が設けられると、ゲートパッド５０の上面にもタングステン部２３０のパターンに沿った凹凸が生じる場合がある。角度θが大きいと、接続部２０４が多くのタングステン部２３０を跨ぐことになる。この場合、接続部２０４を超音波接合によりゲートパッド５０の上面に接合しようとすると、超音波を印加したときの力が接続部２０４に伝わりづらい場合がある。これに対して、角度θを１０度以下とすることで、接続部２０４を超音波接合により容易にゲートパッド５０に接合できる。

[0086] 図１５は、ゲートパッド５０の上面における、接続領域２０６の他の配置例を示す図である。本例では、第１の方向および第２の方向との角度θが、３０度以上である。角度θは、４５度以上であってよく、６０度以上であってもよい。本例では、接続部２０４が跨ぐタングステン部２３０の本数を多くできる。この場合、接続部２０４と接触するゲートパッド５０の上面における凹凸が多くなるので、接続部２０４とゲートパッド５０との接触面積を増大できる。また、接続部２０４がはんだ等の固定部材の場合に、接続部２０４とゲートパッド５０との接合を強固にできる。

[0087] 図１６は、活性部１２０におけるＸＺ断面の一例を示す図である。半導体基板１０には、エミッタ領域等のＮ型の領域、コレクタ領域等のＰ型の領域、ゲート電極、ゲート絶縁膜等が形成されているが、図１６では省略している。活性部１２０においても、エミッタ電極５２と半導体基板１０の上面２１との間には、層間絶縁膜３８、貫通孔２１０、バリアメタル層２２０およびタングステン部２３０が設けられてよい。例えば、バリアメタル層２２０

およびタングステン部２３０は、エミッタ電極５２と、半導体基板１０の上面２１とを電気的に接続してよい。

[0088] 活性部１２０における、タングステン部２３０または貫通孔２１０のＸ軸方向の幅をＸ４とする。活性部１２０におけるタングステン部２３０または貫通孔２１０の幅Ｘ４は、図１から図１５において説明した接続下方領域２０８におけるタングステン部２３０または貫通孔２１０の幅Ｘ１とは異なっていてよい。また、活性部１２０における貫通孔２１０のＸ軸方向における距離Ｘ５は、接続下方領域２０８における貫通孔２１０の距離Ｘ２とは異なっていてよい。例えば、接続下方領域２０８の貫通孔２１０の幅Ｘ１は、エミッタ電極５２の下方の貫通孔２１０の幅Ｘ４よりも小さくてよい。幅Ｘ１が幅Ｘ４より小さくてもよい理由は、ゲートパッド５０では、ゲート電極およびゲート絶縁膜などの素子構造が形成されていないため、活性部１２０に比べ平坦性がよく、微細加工が容易だからである。

[0089] 活性部１２０におけるタングステン部２３０および貫通孔２１０は、キャリアの引き抜きに適した幅Ｘ４および距離Ｘ５を有しており、接続下方領域２０８におけるタングステン部２３０および貫通孔２１０は、ゲートパッド５０および配線層５１の接続と、ゲートパッド５０の剥離抑制に適した幅Ｘ１および距離Ｘ２を有している。なお、層間絶縁膜３８、貫通孔２１０、バリアメタル層２２０およびタングステン部２３０は、活性部１２０およびゲートパッド５０の下方の領域において同一の製造工程で形成されてよい。

[0090] 活性部１２０の全体の面積Ｓに対する、活性部１２０に設けられたタングステン部２３０の面積Ｓ１の比Ｓ１／Ｓは、ゲートパッド５０と同様に２０％以上とする。また、活性部１２０のＳ１／Ｓは、２５％程度であってよい。

[0091] 図１７は、上面視におけるタングステン部２３０および貫通孔２１０の他の配置例を示す図である。本例のタングステン部２３０および貫通孔２１０は、ゲートパッド５０と重なる領域において、渦巻き状に設けられている。当該渦巻きの中心（または終点）は、接続下方領域２０８に配置されてよい

。図１７では、貫通孔２１０の記載を省略しているが、貫通孔２１０は、タングステン部２３０と略同じ領域に形成されている。接続下方領域２０８において、貫通孔２１０が形成された領域の上面視での面積をＳ１とし、接続下方領域２０８の全体の面積をＳとして、面積比Ｓ１／Ｓが２０％以上となるようにする。こうすることで、層間絶縁膜３８とバリアメタル層２２０とのＸＹ界面が剥離しないようできる。なお、図１７では、貫通孔２１０は省略されている。変形例として、開口領域２０１の外側にはタングステン部２３０および貫通孔２１０が配置されていなくてもよい。

[0092] 図１８は、上面視におけるタングステン部２３０および貫通孔２１０の他の配置例を示す図である。図１から図１６の例においては、タングステン部２３０および貫通孔２１０が、Ｘ軸方向に離散的に配置されており、Ｙ軸方向に連続的に配置されていた。本例のタングステン部２３０および貫通孔２１０は、Ｙ軸方向に離散的に配置されている。他の構造は、図１から図１６のいずれかの例と同様である。タングステン部２３０および貫通孔２１０は、例えばＸ軸方向およびＹ軸方向のように、２つの方向において離散的に配置されてもよい。図１８では、貫通孔２１０の記載を省略しているが、貫通孔２１０は、タングステン部２３０と略同じ領域に形成されている。接続下方領域２０８において、貫通孔２１０が形成された領域の上面視での面積をＳ１とし、接続下方領域２０８の全体の面積をＳとした面積比Ｓ１／Ｓが２０％以上となるにようにする。こうすることで、層間絶縁膜３８とバリアメタル層２２０とのＸＹ界面が剥離しないようできる。

[0093] 図１９は、図１８のＣ－Ｃ断面の一例を示す図である。Ｃ－Ｃ断面は、ゲートパッド５０および接続部２０４を通過するＸＺ面である。図１９は図２Ａと同様の構造となっている。貫通孔２１０のＸ軸方向の長さを幅Ｘ１とする。また、本例では、複数のタングステン部２３０が、Ｘ軸方向に沿って所定の間隔で配置されている。隣り合う２つの貫通孔２１０のＸ軸方向の距離をＸ２とする。

[0094] 図２０は、図１８のＤ－Ｄ断面の一例を示す図である。Ｄ－Ｄ断面は、ゲ

ートパッド５０および接続部２０４を通過するＹＺ面である。貫通孔２１０のＹ軸方向の長さを幅Ｙ１とする。また、本例では、複数のタングステン部２３０が、Ｙ軸方向に沿って所定の間隔で配置されている。隣り合う２つの貫通孔２１０のＹ軸方向の距離をＹ２とする。この際、接続下方領域２０８において、貫通孔２１０が形成された領域の上面視での面積をＳ１とし、接続下方領域２０８の全体の面積をＳとした面積比Ｓ１／Ｓが２０％以上となるよう（Ｘ１×Ｙ１）／（（Ｘ１＋Ｘ２）×（Ｙ１＋Ｙ２））≧０．２の関係を満たしてよい。例えば、Ｘ１が０．５μｍ、Ｘ２が１．５μｍ、Ｙ１が５．０μｍおよびＹ２が１．０μｍであってよい。なお、図１８では、貫通孔２１０は省略されている。変形例として、開口領域２０１の外側にはタングステン部２３０および貫通孔２１０が配置されていなくてもよい。

[0095] 図１から図２０において説明したいずれの例においても、層間絶縁膜３８はＢＰＳＧ膜またはＢＳＧ膜であってよい。層間絶縁膜３８におけるボロン濃度は、２．６ｗｔ％以上、５ｗｔ％以下であってよい。より好ましくは、２．７ｗｔ％以上、４．０ｗｔ％以下であってよい。なお、ｗｔ％は、重量パーセント濃度を示している。ボロン濃度が低すぎると、層間絶縁膜３８の製造が難しくなる。層間絶縁膜３８の製造が難しくなる理由は、例えば、層間絶縁膜３８を熱処理した時に、流動化による変形が起こりにくく、トレンチゲート上方の層間絶縁膜３８に凹みが残り、タングステン膜をエッチバックする際にその凹みにタングステンが残りやすくなるためである。また、ボロン濃度が高すぎると、バリアメタル層２２０のチタンとボロンとの反応が生じやすくなり、バリアメタル層２２０と層間絶縁膜３８との界面の密着性が低くなり、この界面で剥離しやすくなる。

[0096] 図２１は、上面視におけるタングステン部２３０および貫通孔２１０の他の配置例を示す図である。図２１においては、開口領域２０１および接続下方領域２０８を省略しているが、図１から図２０の例と同様の位置に、開口領域２０１および接続下方領域２０８が設けられている。

[0097] 図１から図２０の例においては、貫通孔２１０およびタングステン部２３

０の少なくとも一部が、半導体基板１０の上面２１と平行な第１延伸方向（例えばＹ軸方向）に沿って設けられていた。本例においては、貫通孔２１０およびタングステン部２３０の一部が、半導体基板１０の上面２１と平行で、且つ、第１延伸方向とは異なる第２延伸方向（例えばＸ軸方向）に沿って設けられている。他の構造は、図１から図２０のいずれかの例と同様である。図２１においては、タングステン部２３０を示しているが、タングステン部２３０と対応する位置に貫通孔２１０も配置されている。

[0098] 本例の半導体装置１００は、ＸＹ面において異なる方向に延伸するタングステン部２３０－１およびタングステン部２３０－２を有する。本例のタングステン部２３０－１は、Ｙ軸方向に延伸して設けられている。例えばタングステン部２３０－１は、Ｙ軸方向に長手を有する帯状の部分である。本例のタングステン部２３０－２は、Ｘ軸方向に延伸して設けられている。例えばタングステン部２３０－２は、Ｘ軸方向に長手を有する帯状の部分である。

[0099] タングステン部２３０－１およびタングステン部２３０－２は、接続されていてよい。この場合、貫通孔２１０は、タングステン部２３０－１およびタングステン部２３０－２が接続する位置に、貫通孔接続部２３１を有する。本例の貫通孔接続部２３１は、Ｙ軸方向に沿って設けられた貫通孔２１０と、Ｘ軸方向に沿って設けられた貫通孔２１０とが合流した部分である。

[0100] タングステン部２３０－１およびタングステン部２３０－２は、ＸＹ面において交差してよい。つまり、タングステン部２３０－１およびタングステン部２３０－２は、ＸＹ面において互いに貫通するように設けられてよい。タングステン部２３０－１は、Ｘ軸方向において所定の周期で配置されてよい。タングステン部２３０－２は、Ｙ軸方向において所定の周期で配置されてよい。タングステン部２３０－１およびタングステン部２３０－２はＸＹ面において格子状に配置されてよい。この場合、貫通孔接続部２３１は、Ｘ軸方向およびＹ軸方向のそれぞれにおいて、所定の周期で配置される。

[0101] 図２２は、図２１に示したタングステン部２３０－１およびタングステン

部２３０－２の拡大図である。本例では、Ｘ軸方向に沿って配置された貫通孔接続部２３１の間隔をａ、Ｙ軸方向に沿って配置された貫通孔接続部２３１の間隔をｂ、Ｘ軸方向に沿って配置された貫通孔２１０の幅をｃ、Ｙ軸方向に沿って配置された貫通孔２１０の幅をｄとする。貫通孔２１０の幅として、タングステン部２３０の幅を用いてよい。また、貫通孔接続部２３１の間隔は、タングステン部２３０が配置された周期を用いてよい。２つの貫通孔接続部２３１の間隔は、それぞれの貫通孔接続部２３１において対応する位置どうしの距離である。貫通孔接続部２３１の中心の距離を、貫通孔接続部２３１の間隔としてよい。また図２２に示すように、貫通孔接続部２３１の同じ側の端辺どうしの距離を、貫通孔接続部２３１の間隔としてもよい。これらの幅および間隔は、貫通孔２１０の上端の高さ位置で測定してよい。

[0102] 間隔ａ，ｂおよび幅ｃ、ｄは、下式を満たしてよい。

（（ａ×ｃ）＋（ｂ－ｃ）×ｄ）／（ａ×ｂ）≧０．２

つまり、単位面積ａ×ｂにおいて、貫通孔２１０またはタングステン部２３０が占める面積（ａ×ｃ）＋（ｂ－ｃ）×ｄ）が、２０％以上であってよい。当該面積比は、２５％以上であってよく、３０％以上であってもよい。図１から図２０において説明した例においても同様である。

[0103] 図２３は、貫通孔２１０およびタングステン部２３０の他の形状例を示す図である。本例の貫通孔２１０およびタングステン部２３０は、貫通孔２１０の上端と平行なＸＹ面において、曲線部２３２を有してよい。層間絶縁膜３８をエッチングして貫通孔２１０を形成する場合に、貫通孔２１０が合流する部分はエッチングが進みやすくなる。このため、貫通孔接続部２３１の幅は、他の部分の貫通孔２１０の幅よりも大きくなる場合がある。例えば図２３に示すように、貫通孔接続部２３１の近傍では、ＸＹ面内にエッチングが進行して、貫通孔２１０およびタングステン部２３０の上面形状に曲線部２３２が現れる場合がある。これにより、貫通孔接続部２３１における貫通孔２１０およびタングステン部２３０の幅は、他の部分における貫通孔２１０およびタングステン部２３０の幅よりも大きくなる。

[0104] 図２４は、図２３におけるＥ－Ｅ断面の一例を示す図である。Ｅ－Ｅ断面は、タングステン部２３０－１とは異なる位置で、タングステン部２３０－２と交差するＹＺ面である。図２４においては、ゲートパッド５０の上に設けられた接続部２０４等を省略しているが、図２０の例と同様に、ゲートパッド５０の上には接続部２０４、ワイヤ配線部２０２、および、保護部材２４０が設けられている。他の図においても、接続部２０４、ワイヤ配線部２０２、および、保護部材２４０は省略されている場合がある。本例によっても、層間絶縁膜３８とバリアメタル層２２０とのＸＹ界面の面積を低減できる。従って、バリアメタル層２２０と層間絶縁膜３８との剥離を抑制できる。

[0105] 図２５は、図２３におけるＦ－Ｆ断面の一例を示す図である。Ｆ－Ｆ断面は、タングステン部２３０－１に沿って、貫通孔接続部２３１を通過するＹＺ面である。貫通孔接続部２３１に設けられたタングステン部２３０の上端は、貫通孔接続部２３１以外の貫通孔２１０に設けられたタングステン部２３０の上端よりも下側に配置されている。つまり、タングステン部２３０の上面は、貫通孔接続部２３１において、半導体基板１０の上面２１に向かって窪んでいる。図２３において説明したように、貫通孔接続部２３１の近傍においては、貫通孔２１０の幅が大きくなっている。このため、貫通孔２１０にタングステンを充填させた場合に、貫通孔接続部２３１において窪みが生じやすくなる。タングステン部２３０の上面に段差が設けられることで、ゲートパッド５０とタングステン部２３０との接触面積が増大するので、ゲートパッド５０とタングステン部２３０との密着性を向上できる。

[0106] 貫通孔接続部２３１以外の領域におけるタングステン部２３０の厚みをｚ２とする。厚みｚ２は、タングステン部２３０の厚みの最大値を用いてよい。貫通孔接続部２３１におけるタングステン部２３０の窪みの深さをｚ１とする。深さｚ１は、タングステン部２３０の上面において隣り合う山の頂点と、谷の底との高低差を用いてよい。深さｚ１は、厚みｚ２の５％以上であってよく、１０％以上であってよく、２０％以上であってもよい。深さｚ１

は、厚みｚ２の５０％以下であってよく、３０％以下であってもよい。これにより、タングステン部２３０の厚みを一定程度保ちつつ、タングステン部２３０とゲートパッド５０との密着性を向上できる。タングステン部２３０の上面の窪みの幅をｃ’とする。本例の幅ｃ’は、Ｙ軸方向における幅である。幅ｃ’は、タングステン部２３０－２の幅ｃより大きくてよい。

[0107] 図２６は、上面視におけるタングステン部２３０および貫通孔２１０の他の配置例を示す図である。本例においては、タングステン部２３０－１が、タングステン部２３０－２に接続するが、タングステン部２３０－２を貫通していない。つまり、タングステン部２３０－１は、タングステン部２３０－２とＴ字状に接続する。他の構造は、図２１の例と同様である。本例においても、タングステン部２３０－１とタングステン部２３０－２との接続部分には、貫通孔接続部２３１が設けられている。

[0108] 図２７は、図２６に示したタングステン部２３０－１およびタングステン部２３０－２の拡大図である。本例では、タングステン部２３０－１は、タングステン部２３０－２とＴ字状に接続する。他の構造は、図２２または図２３と同様である。

[0109] 本例においても、Ｘ軸方向に沿って配置された貫通孔接続部２３１の間隔をａ、Ｙ軸方向に沿って配置された貫通孔接続部２３１の間隔をｂ、Ｘ軸方向に沿って配置された貫通孔２１０の幅をｃ、Ｙ軸方向に沿って配置された貫通孔２１０の幅をｄとする。

[0110] 図２２の例と同様に、間隔ａ，ｂおよび幅ｃ、ｄは、下式を満たしてよい。

（（ａ×ｃ）＋（ｂ－ｃ）×ｄ）／（ａ×ｂ）≧０．２

つまり、単位面積ａ×ｂにおいて、貫通孔２１０またはタングステン部２３０が占める面積（ａ×ｃ）＋（ｂ－ｃ）×ｄ）が、２０％以上であってよい。当該面積比は、２５％以上であってよく、３０％以上であってもよい。

[0111] 図２８は、上面視におけるタングステン部２３０および貫通孔２１０の他の配置例を示す図である。本例では、タングステン部２３０－１およびタン

グステン部２３０－２の少なくとも一方が、その延伸方向において離散的に配置されている。図２８の例では、タングステン部２３０－２が、Ｘ軸方向に沿って離散的に配置されている。タングステン部２３０－２は、Ｙ軸方向においても離散的に配置されている。

[0112] 図２Ｂにおいて説明したように、トレンチ２５は、Ｙ軸方向に延伸して設けられる。図２８の例では、Ｙ軸方向に延伸するタングステン部２３０－１および貫通孔２１０は、ゲートパッド５０においてＹ軸方向に連続して設けられている。一方で、Ｘ軸方向においては、タングステン部２３０－２が離散的に配置されている。このような構成により、トレンチ２５と平行な方向においては、タングステン部２３０の上面の凹凸を低減でき、トレンチ２５とゲートパッド５０との接続性のばらつきを低減できる。他の例では、タングステン部２３０－２がＸ軸方向に連続的に設けられ、タングステン部２３０－１がＹ軸方向に離散的に設けられてもよい。

[0113] タングステン部２３０－２は、Ｘ軸方向において所定の周期で配置されてよい。タングステン部２３０－２は、タングステン部２３０－１とは接続してよく、離れていてもよい。タングステン部２３０－２がタングステン部２３０－１と接続する場合、接続部分には、貫通孔接続部２３１が設けられてよい。図２８に示すように、２つのタングステン部２３０－１の間には、Ｘ軸方向において１つのタングステン部２３０－２が配置されてよい。他の例では、２つのタングステン部２３０－１の間には、Ｘ軸方向において２つ以上のタングステン部２３０－２が配置されてもよい。

[0114] 図２９は、図２８に示したタングステン部２３０－１およびタングステン部２３０－２の拡大図である。本例では、タングステン部２３０－１とタングステン部２３０－２とは離れている。他の構造は、図２２または図２３と同様である。

[0115] 本例においても、Ｘ軸方向に沿って配置された貫通孔接続部２３１の間隔をａ、Ｙ軸方向に沿って配置された貫通孔接続部２３１の間隔をｂ、タングステン部２３０－２が充填された貫通孔２１０のＹ軸方向における幅をｃ、

Ｙ軸方向に沿って配置された貫通孔２１０の幅をｄとする。また、タングステン部２３０－２が充填された貫通孔２１０のＸ軸方向の幅をｅ、タングステン部２３０－１が充填された貫通孔２１０と、タングステン部２３０－２が充填された貫通孔２１０とのＸ軸方向の距離をｆとする。距離ｆは、タングステン部２３０－１とタングステン部２３０－２との最短距離である。

[0116] 間隔ａ，ｂ、幅ｃ、ｄ、ｅ、および、距離ｆは、下式を満たしてよい。

（（ｂ×ｄ）＋（ｅ×ｃ））／（ａ×ｂ）≧０．２

つまり、単位面積ａ×ｂにおいて、貫通孔２１０またはタングステン部２３０が占める面積（ｂ×ｄ）＋（ｅ×ｃ）が、２０％以上であってよい。当該面積比は、２５％以上であってよく、３０％以上であってもよい。

[0117] 図３０は、図２８に示したタングステン部２３０－１およびタングステン部２３０－２の他の例を示す拡大図である。本例では、それぞれのタングステン部２３０－２が、Ｘ軸方向に長手を有している。つまり、幅ｅは、幅ｃよりも大きい。他の例では、幅ｅは幅ｃと同一であってよく、幅ｅは幅ｃより小さくてもよい。

[0118] 本例においても、Ｙ軸方向に沿って設けられたタングステン部２３０－１と、Ｘ軸方向に沿って設けられたタングステン部２３０－２とは、離れて配置されてよい。幅ｅは、距離ｆよりも大きくてよい。

[0119] 以上、本発明を実施の形態を用いて説明したが、本発明の技術的範囲は上記実施の形態に記載の範囲には限定されない。上記実施の形態に、多様な変更または改良を加えることが可能であることが当業者に明らかである。その様な変更または改良を加えた形態も本発明の技術的範囲に含まれ得ることが、請求の範囲の記載から明らかである。

符号の説明

[0120] １０・・・半導体基板、１１・・・ウェル領域、２０・・・ドリフト領域、２１・・・上面、２２・・・ソース領域、２３・・・コンタクト領域、２４・・・ゲート電極、２５・・・トレンチ、３８・・・層間絶縁膜、４４・・・絶縁膜、５０・・・ゲートパッド、５１・・・配線層、５２・・・エミッ

タ電極、１００・・・半導体装置、１０２・・・端辺、１１０・・・電流センス領域、１２０・・・活性部、１７２・・・電流センスパッド、１７４・・・アノードパッド、１７６・・・カソードパッド、１７８・・・ダイオード素子、２０１・・・開口領域、２０２・・・ワイヤ配線部、２０４・・・接続部、２０６・・・接続領域、２０８・・・接続下方領域、２０９・・・鎖線、２１０・・・貫通孔、２２０・・・バリアメタル層、２２１・・・上面、２３０・・・タングステン部、２３１・・・貫通孔接続部、２３２・・・曲線部、２４０・・・保護部材

請求の範囲

[請求項1] 半導体基板を備える半導体装置であって、

前記半導体基板の上面の上方に設けられたエミッタ電極と、

前記半導体基板の上面の上方に設けられ、且つ、前記エミッタ電極と分離したパッド部と、

前記パッド部の上面の接続領域に接続されるワイヤ配線部と、

前記半導体基板と前記パッド部との間に設けられ、前記接続領域と重なる領域を含む配線層と、

前記配線層と前記パッド部との間に設けられ、前記接続領域の下方において貫通孔を有する層間絶縁膜と、

前記貫通孔の内部に設けられ、前記配線層と前記パッド部とを電気的に接続する、タングステンを含むタングステン部と、

前記層間絶縁膜の上面を覆って設けられた、チタンを含むバリアメタル層と

を備える半導体装置。

[請求項2] 上面視で前記接続領域と重なる接続下方領域において、

前記タングステン部が設けられた領域の面積が、前記接続下方領域の面積の２０％以上である

請求項１に記載の半導体装置。

[請求項3] 前記タングステン部が設けられた領域の面積が、前記接続下方領域の面積の５０％以上である

請求項２に記載の半導体装置。

[請求項4] 前記接続下方領域の全体に、前記タングステン部が設けられている

請求項２に記載の半導体装置。

[請求項5] 前記タングステン部は、前記層間絶縁膜の上面の一部を覆っている

請求項２に記載の半導体装置。

[請求項6] 前記タングステン部は、前記接続下方領域以外の領域において、前記層間絶縁膜の上面を覆っている

請求項５に記載の半導体装置。

[請求項7] 前記タングステン部は、上面視で前記パッド部と重なる領域の全体に設けられている

請求項１に記載の半導体装置。

[請求項8] 前記貫通孔の幅が、０．５μｍ以上、０．８μｍ以下である

請求項１に記載の半導体装置。

[請求項9] 前記層間絶縁膜には複数の前記貫通孔が設けられ、

隣り合う２つの前記貫通孔の距離が、０．５μｍ以上、３．２μｍ以下である

請求項８に記載の半導体装置。

[請求項10] 前記貫通孔の幅および前記貫通孔の距離について、以下の関係を満たす

Ｘ１／（Ｘ１＋Ｘ２）≧０．２，ただしＸ１は前記貫通孔の幅、Ｘ２は隣り合う２つの前記貫通孔の距離

請求項９に記載の半導体装置。

[請求項11] 前記バリアメタル層は、前記貫通孔の底面にも設けられ、

前記層間絶縁膜の上面を覆う前記バリアメタル層は、前記貫通孔の底面に設けられた前記バリアメタル層よりも厚い

請求項１に記載の半導体装置。

[請求項12] 前記層間絶縁膜の上面には、第１の方向に延伸する前記タングステン部が複数設けられ、

前記接続領域は、上面視において第２の方向に長軸を有しており、

前記第１の方向と前記第２の方向との角度が１０度以下である

請求項１に記載の半導体装置。

[請求項13] 前記層間絶縁膜、前記貫通孔、および、前記タングステン部は前記エミッタ電極の下方にも設けられており、

前記接続下方領域における前記貫通孔の間隔は、前記エミッタ電極の下方における前記貫通孔の間隔と異なる

請求項２に記載の半導体装置。

[請求項14] 前記層間絶縁膜、前記貫通孔、および、前記タングステン部は前記エミッタ電極の下方にも設けられており、

前記接続下方領域における前記貫通孔の幅は、前記エミッタ電極の下方における前記貫通孔の幅よりも小さい

請求項２に記載の半導体装置。

[請求項15] 前記層間絶縁膜はＢＰＳＧ膜またはＢＳＧ膜であり、

前記層間絶縁膜におけるボロン濃度は、２．６ｗｔ％以上、５ｗｔ％以下である

請求項１に記載の半導体装置。

[請求項16] 前記貫通孔および前記タングステン部の少なくとも一部が、前記半導体基板の上面と平行な第１延伸方向に沿って設けられている

請求項１に記載の半導体装置。

[請求項17] 前記貫通孔および前記タングステン部の一部が、前記半導体基板の上面と平行で、且つ、前記第１延伸方向とは異なる第２延伸方向に沿って設けられている

請求項１６に記載の半導体装置。

[請求項18] 前記第１延伸方向に沿って設けられた前記貫通孔と、前記第２延伸方向に沿って設けられた前記貫通孔とが接続する貫通孔接続部を有する

請求項１７に記載の半導体装置。

[請求項19] 前記第２延伸方向に沿って配置された前記貫通孔接続部の間隔をａ、前記第１延伸方向に沿って配置された前記貫通孔接続部の間隔をｂ、前記第２延伸方向に沿って配置された前記貫通孔の幅をｃ、前記第１延伸方向に沿って配置された前記貫通孔の幅をｄとした場合に、下式を満たす

（（ａ×ｃ）＋（ｂ－ｃ）×ｄ）／（ａ×ｂ）≧０．２

請求項１８に記載の半導体装置。

[請求項20] 前記貫通孔接続部に設けられた前記タングステン部の上端は、前記貫通孔接続部以外の前記貫通孔に設けられた前記タングステン部の上端よりも下側に配置されている

請求項１８に記載の半導体装置。

[請求項21] 前記第１延伸方向および前記第２延伸方向の少なくとも一方において、前記貫通孔が離散的に配置されている

請求項１７に記載の半導体装置。

[請求項22] 前記半導体基板の上面において、前記第１延伸方向に沿って設けられたトレンチと、

前記トレンチの内部に設けられたゲート電極と

を備え、

前記第２延伸方向において、前記貫通孔が離散的に配置されている

請求項２１に記載の半導体装置。

[請求項23] 前記第１延伸方向に沿って設けられた前記タングステン部と、前記第２延伸方向に沿って設けられた前記タングステン部とが離れて配置されている

請求項１７に記載の半導体装置。

補正された請求の範囲
[2021年10月7日(07.10.2021)国際事務局受理]

[請求項1] 半導体基板を備える半導体装置であって、

前記半導体基板の上面の上方に設けられたエミッタ電極と、

前記半導体基板の上面の上方に設けられ、且つ、前記エミッタ電極と分離したパッド部と、

前記パッド部の上面の接続領域に接続されるワイヤ配線部と、

前記半導体基板と前記パッド部との間に設けられ、前記接続領域と重なる領域を含む配線層と、

前記配線層と前記パッド部との間に設けられ、前記接続領域の下方において貫通孔を有する層間絶縁膜と、

前記貫通孔の内部に設けられ、前記配線層と前記パッド部とを電気的に接続する、タングステンを含むタングステン部と、

前記層間絶縁膜の上面を覆って設けられた、チタンを含むバリアメタル層と

を備える半導体装置。

[請求項2] 上面視で前記接続領域と重なる接続下方領域において、

前記タングステン部が設けられた領域の面積が、前記接続下方領域の面積の２０％以上である

請求項１に記載の半導体装置。

[請求項3] 前記タングステン部が設けられた領域の面積が、前記接続下方領域の面積の５０％以上である

請求項２に記載の半導体装置。

[請求項4] 前記接続下方領域の全体に、前記タングステン部が設けられている

請求項２に記載の半導体装置。

[請求項5] 前記タングステン部は、前記層間絶縁膜の上面の一部を覆っている

請求項２に記載の半導体装置。

[請求項6] 前記タングステン部は、前記接続下方領域以外の領域において、前記層間絶縁膜の上面を覆っている

請求項５に記載の半導体装置。

[請求項7] 前記タングステン部は、上面視で前記パッド部と重なる領域の全体に設けられている

請求項１に記載の半導体装置。

[請求項8] 前記貫通孔の幅が、０．５μm以上、０．８μm以下である

請求項１に記載の半導体装置。

[請求項9] 前記層間絶縁膜には複数の前記貫通孔が設けられ、

隣り合う２つの前記貫通孔の距離が、０．５μm以上、３．２μm以下である

請求項８に記載の半導体装置。

[請求項10] 前記貫通孔の幅および前記貫通孔の距離について、以下の関係を満たす

Ｘ１／（Ｘ１＋Ｘ２）≧０．２，ただしＸ１は前記貫通孔の幅、Ｘ２は隣り合う２つの前記貫通孔の距離

請求項９に記載の半導体装置。

[請求項11] 前記バリアメタル層は、前記貫通孔の底面にも設けられ、

前記層間絶縁膜の上面を覆う前記バリアメタル層は、前記貫通孔の底面に設けられた前記バリアメタル層よりも厚い

請求項１に記載の半導体装置。

[請求項12] 前記層間絶縁膜の上面には、第１の方向に延伸する前記タングステン部が複数設けられ、

前記接続領域は、上面視において第２の方向に長軸を有しており、

前記第１の方向と前記第２の方向との角度が１０度以下である

請求項１に記載の半導体装置。

[請求項13] 前記層間絶縁膜、前記貫通孔、および、前記タングステン部は前記エミッタ電極の下方にも設けられており、

前記接続下方領域における前記貫通孔の間隔は、前記エミッタ電極の下方における前記貫通孔の間隔と異なる

請求項２に記載の半導体装置。

[請求項14] 前記層間絶縁膜、前記貫通孔、および、前記タングステン部は前記エミッタ電極の下方にも設けられており、

前記接続下方領域における前記貫通孔の幅は、前記エミッタ電極の下方における前記貫通孔の幅よりも小さい

請求項２に記載の半導体装置。

[請求項15] 前記層間絶縁膜はＢＰＳＧ膜またはＢＳＧ膜であり、

前記層間絶縁膜におけるボロン濃度は、２．６ｗｔ％以上、５ｗｔ％以下である

請求項１に記載の半導体装置。

[請求項16] 前記貫通孔および前記タングステン部の少なくとも一部が、前記半導体基板の上面と平行な第１延伸方向に沿って設けられている

請求項１に記載の半導体装置。

[請求項17] 前記貫通孔および前記タングステン部の一部が、前記半導体基板の上面と平行で、且つ、前記第１延伸方向とは異なる第２延伸方向に沿って設けられている

請求項１６に記載の半導体装置。

[請求項18] 前記第１延伸方向に沿って設けられた前記貫通孔と、前記第２延伸方向に沿って設けられた前記貫通孔とが接続する貫通孔接続部を有する

請求項１７に記載の半導体装置。

[請求項19] 前記第２延伸方向に沿って配置された前記貫通孔接続部の間隔をａ、前記第１延伸方向に沿って配置された前記貫通孔接続部の間隔をｂ、前記第２延伸方向に沿って配置された前記貫通孔の幅をｃ、前記第１延伸方向に沿って配置された前記貫通孔の幅をｄとした場合に、下式を満たす

（（ａ×ｃ）＋（ｂ－ｃ）×ｄ）／（ａ×ｂ）≧０．２

請求項１８に記載の半導体装置。

[請求項20] 前記貫通孔接続部に設けられた前記タングステン部の上端は、前記貫通孔接続部以外の前記貫通孔に設けられた前記タングステン部の上端よりも下側に配置されている

請求項１８に記載の半導体装置。

[請求項21] 前記第１延伸方向および前記第２延伸方向の少なくとも一方において、前記貫通孔が離散的に配置されている

請求項１７に記載の半導体装置。

[請求項22] 前記半導体基板の上面において、前記第１延伸方向に沿って設けられたトレンチと、

前記トレンチの内部に設けられたゲート電極と

を備え、

前記第２延伸方向において、前記貫通孔が離散的に配置されている

請求項２１に記載の半導体装置。

[請求項23] 前記第１延伸方向に沿って設けられた前記タングステン部と、前記第２延伸方向に沿って設けられた前記タングステン部とが離れて配置されている

請求項１７に記載の半導体装置。

[請求項24] （追加）

複数の前記貫通孔が配列方向に沿って配列されており、

前記配列方向における前記貫通孔の幅が、隣り合う２つの前記貫通孔の距離よりも大きい

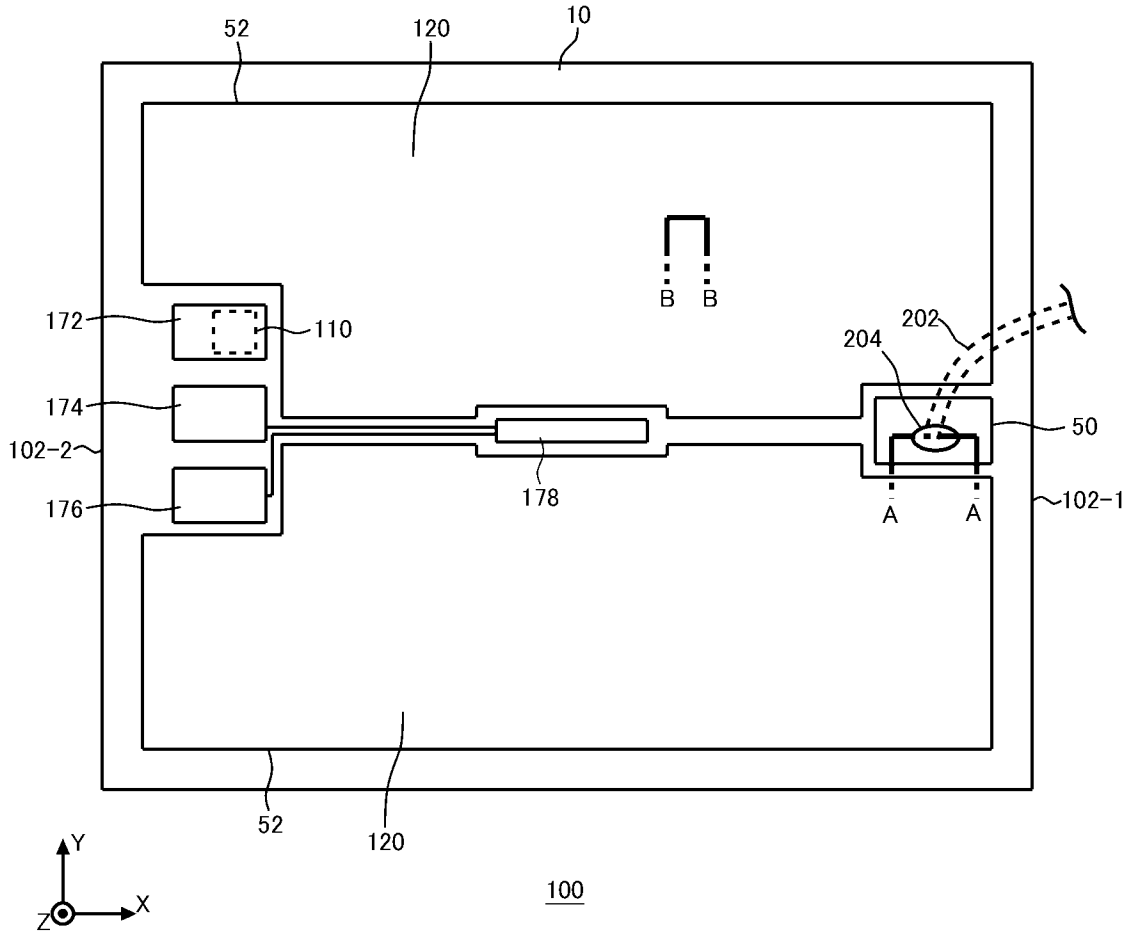
請求項１から３のいずれか一項に記載の半導体装置。

[請求項25] （追加）

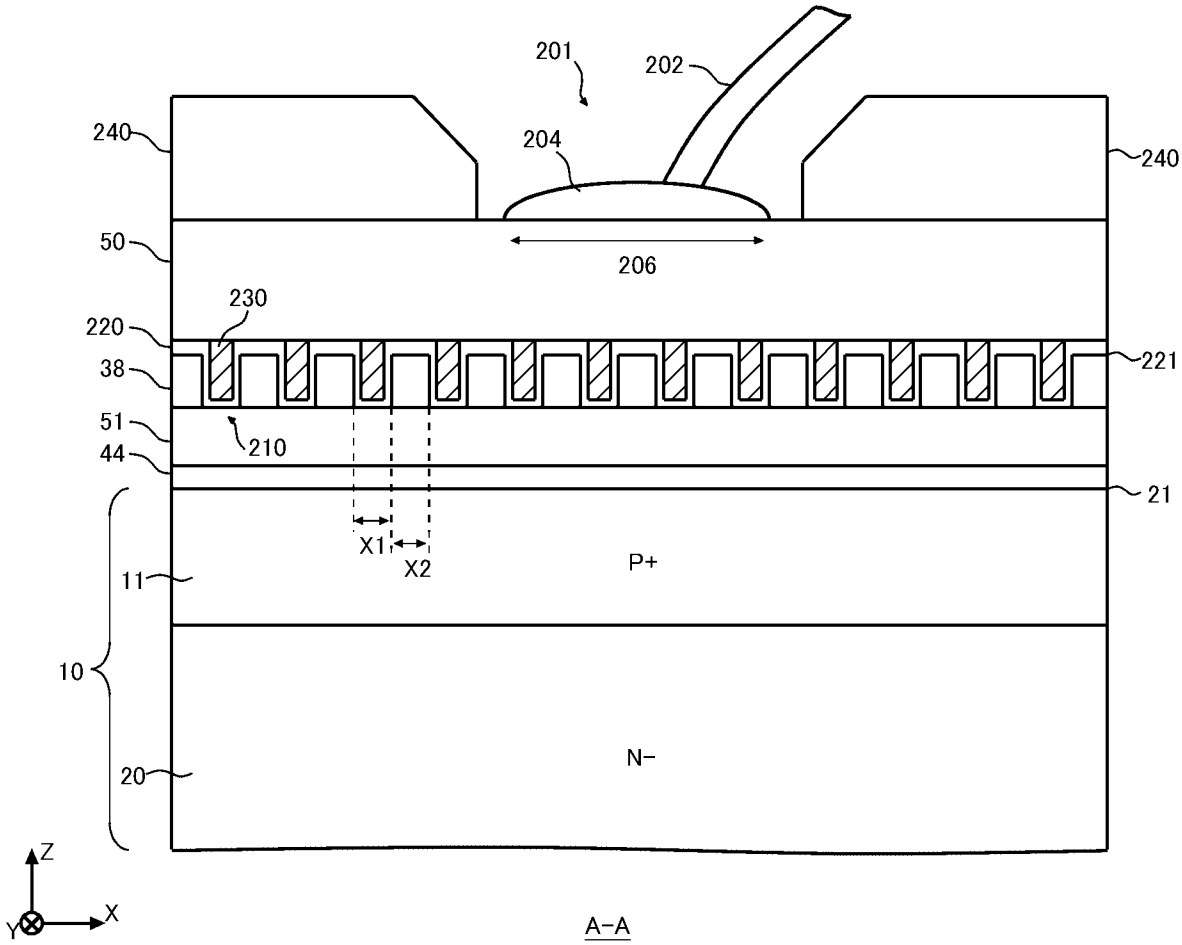
前記パッド部と重なる領域において、前記接続領域の下方の領域における前記貫通孔の密度は、前記接続領域以外の領域における前記貫通孔の密度よりも高い

請求項１から３のいずれか一項に記載の半導体装置。

[図1]

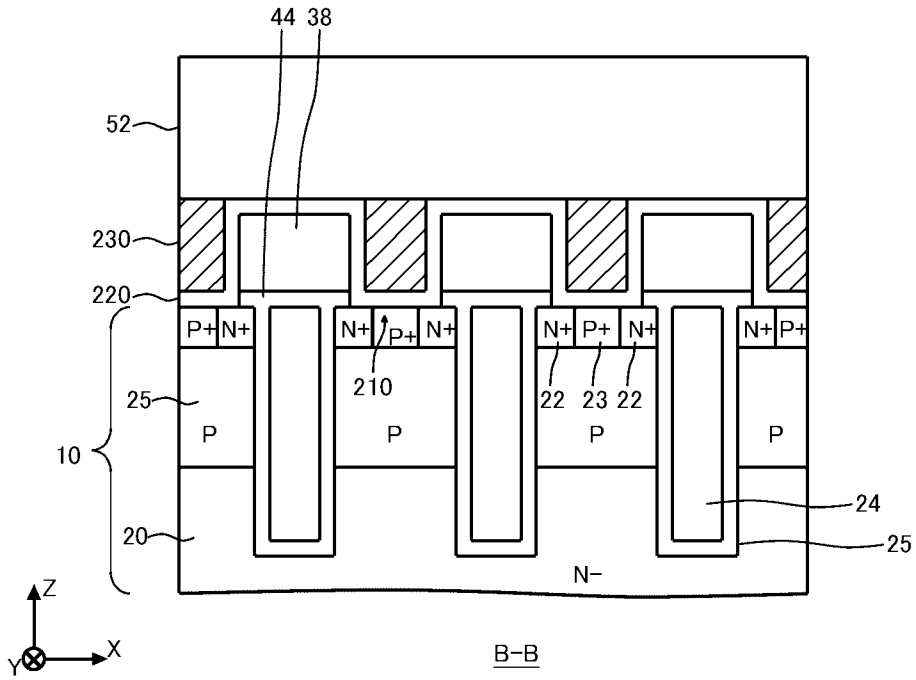

52
120
10
B
B
172
110
174
102-2
176
178
202
204
50
102-1
A
A
52
120
Y
X
Z
100

[図2A]


201
202
240
204
240
50
206
230
220
221
38
51
210
44
21
X1
X2
P+
11
10
N−
20
Z
Y
X

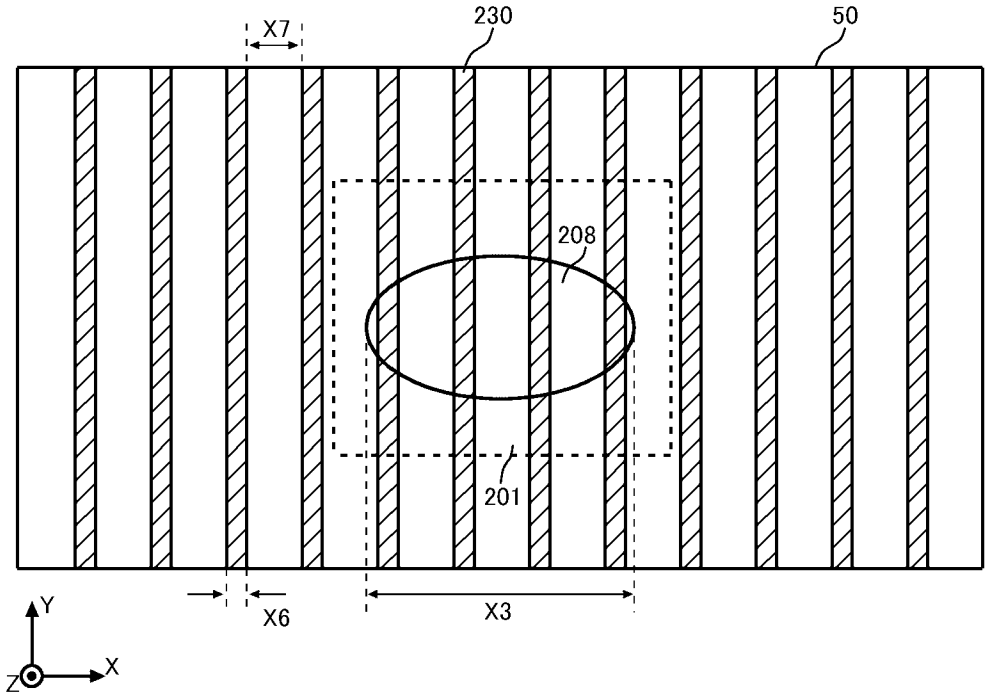
A-A

[図2B]

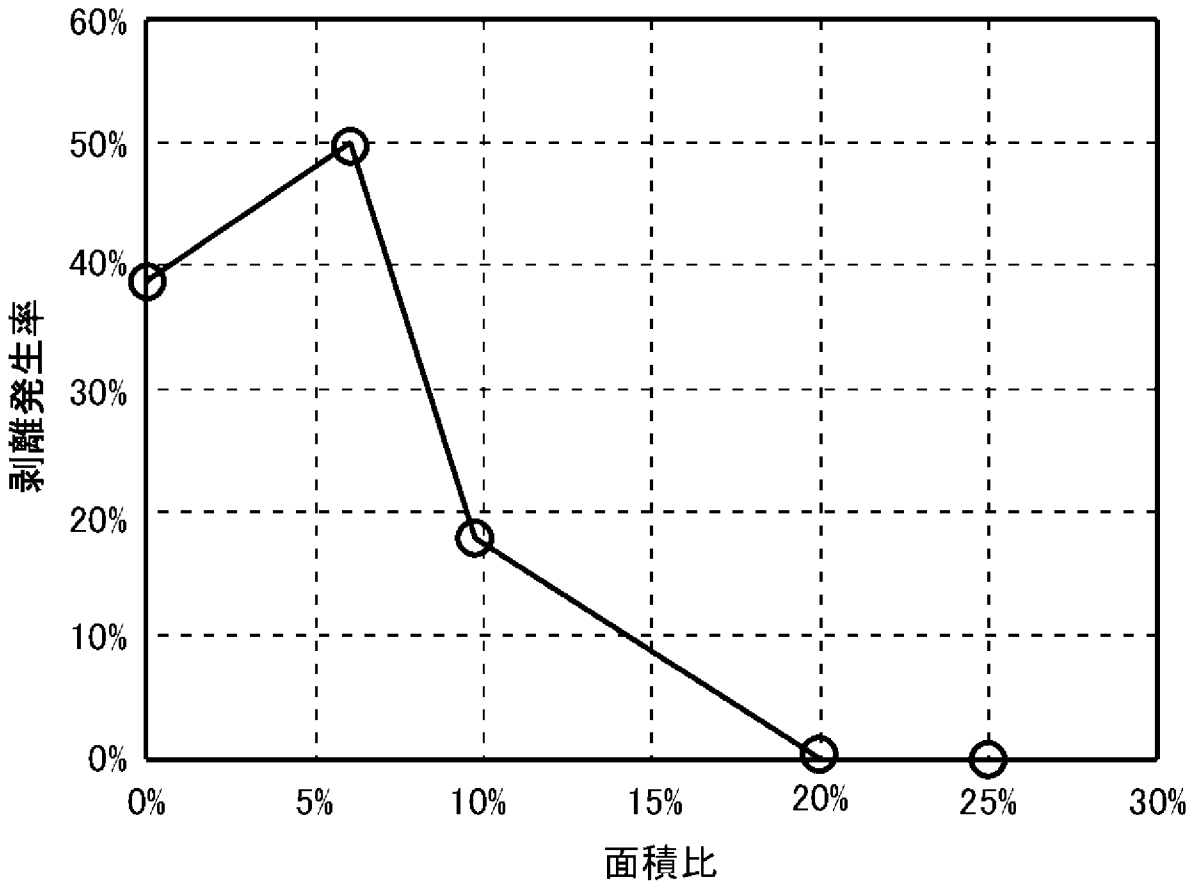

44 38
52
230
220
P+ N+
N+ P+ N+
N+ P+ N+
N+ P+
210
22 23 22
25
P
P
P
P
10
24
20
25
N−
Z
Y
X

B-B

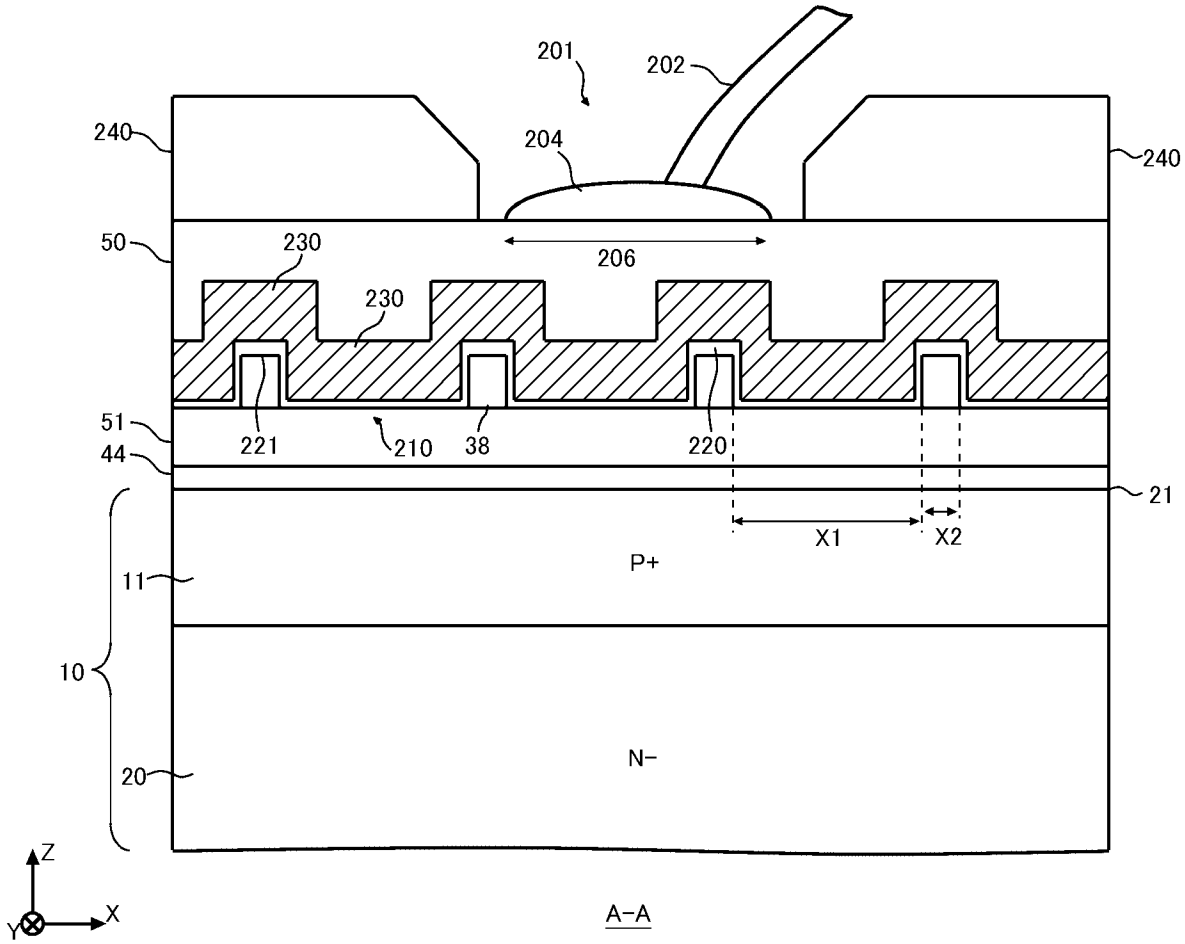
[図3]


X7
230
50
208
201
X6
X3
Y
X
Z

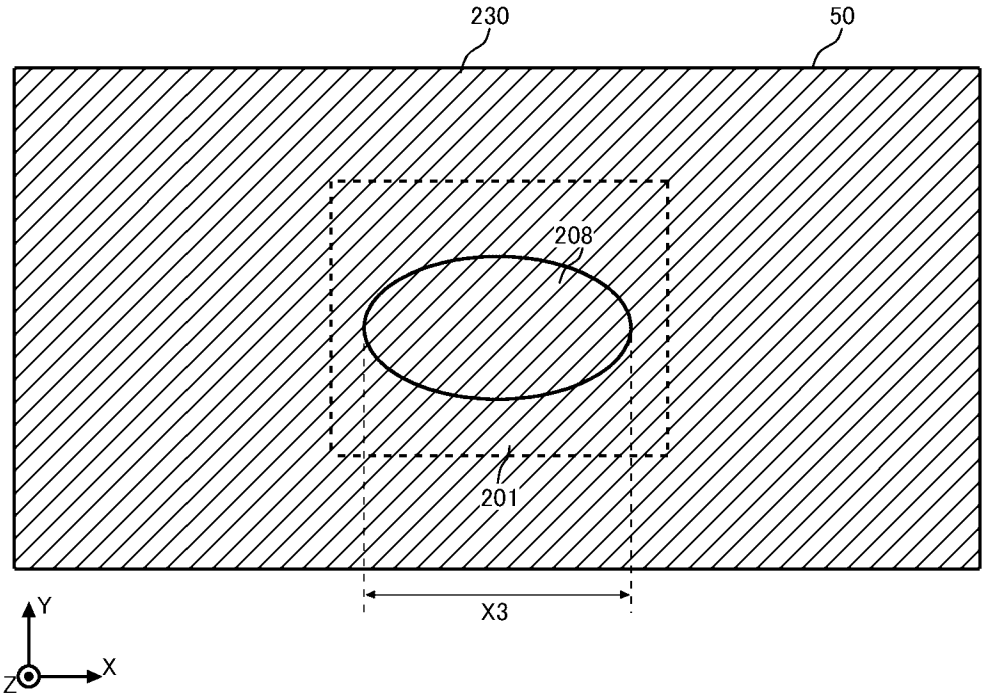
[図4]


60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
剥離発生率
0%
5%
10%
15%
20%
25%
30%
面積比

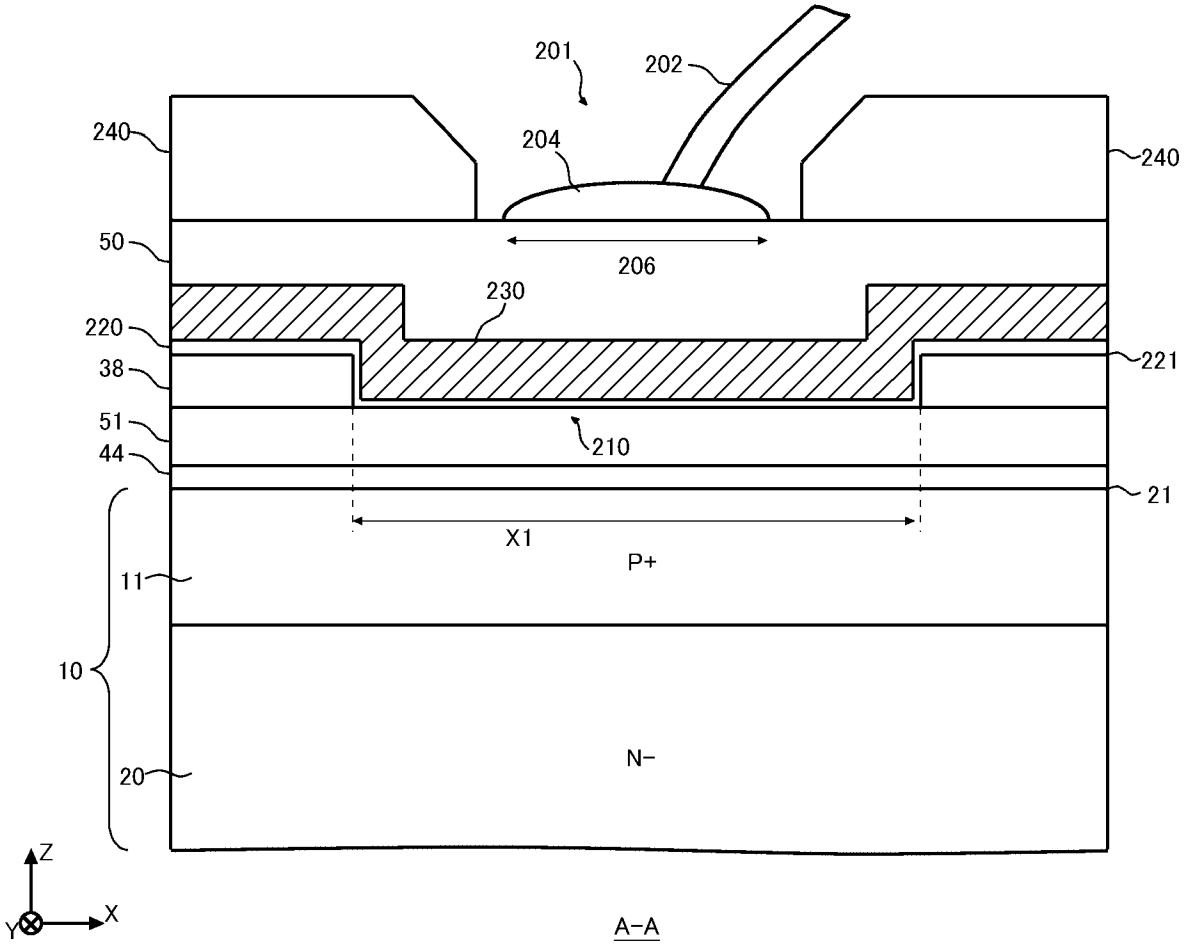
[図5]


201
202
240
204
240
50
230
206
230
51
221
210
38
220
44
21
X1
X2
P+
11
10
N−
20
Z
Y
X
A-A

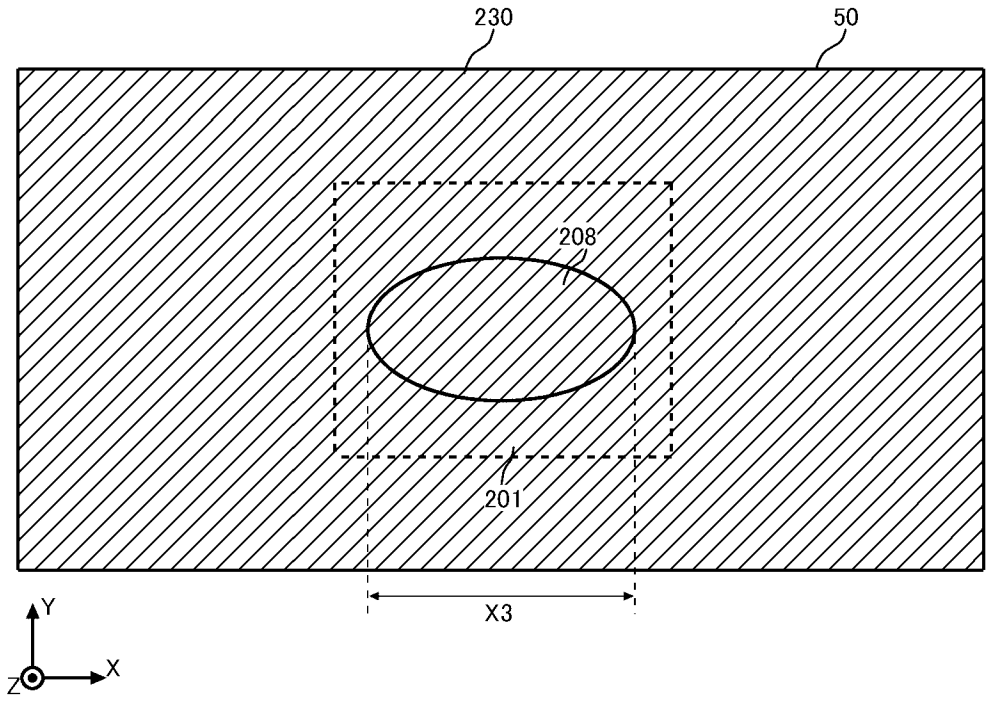
[図6]


230
50
208
201
X3
Y
Z
X

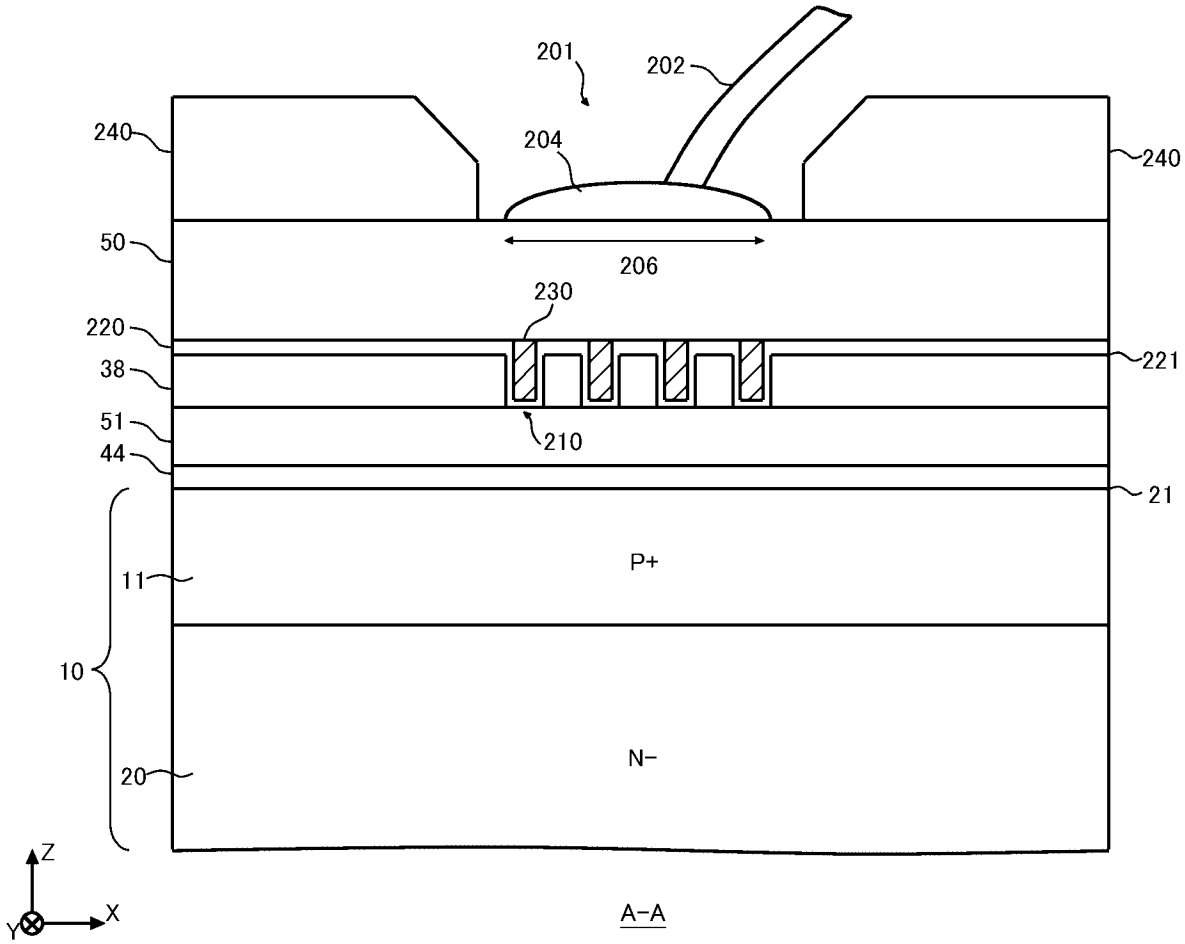
[図7]


201
202
240
204
240
50
206
230
220
221
38
51
210
44
21
X1
P+
11
10
N−
20
Z
Y
X
A−A

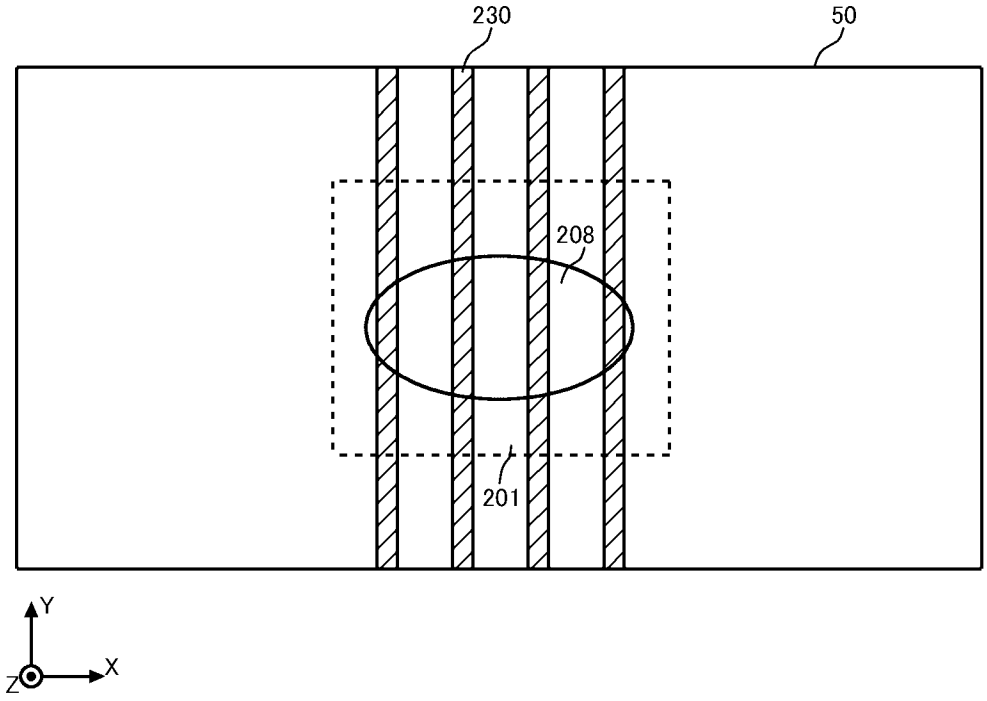
[図8]


230
50
208
201
X3
Y
Z
X

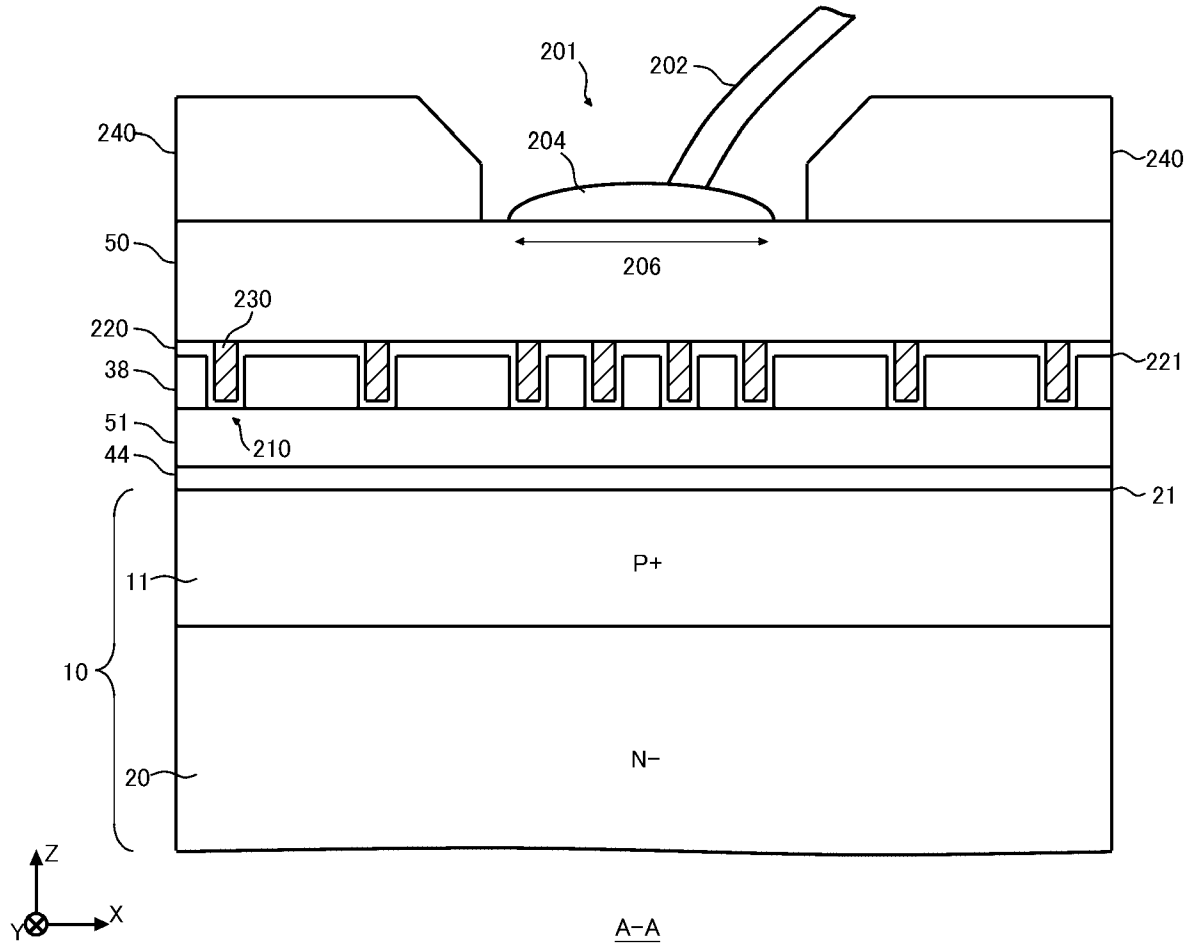
[図9]


201
202
240
204
240
50
206
230
220
221
38
51
210
44
21
P+
11
10
N−
20
Z
Y
X
A-A

[図10]

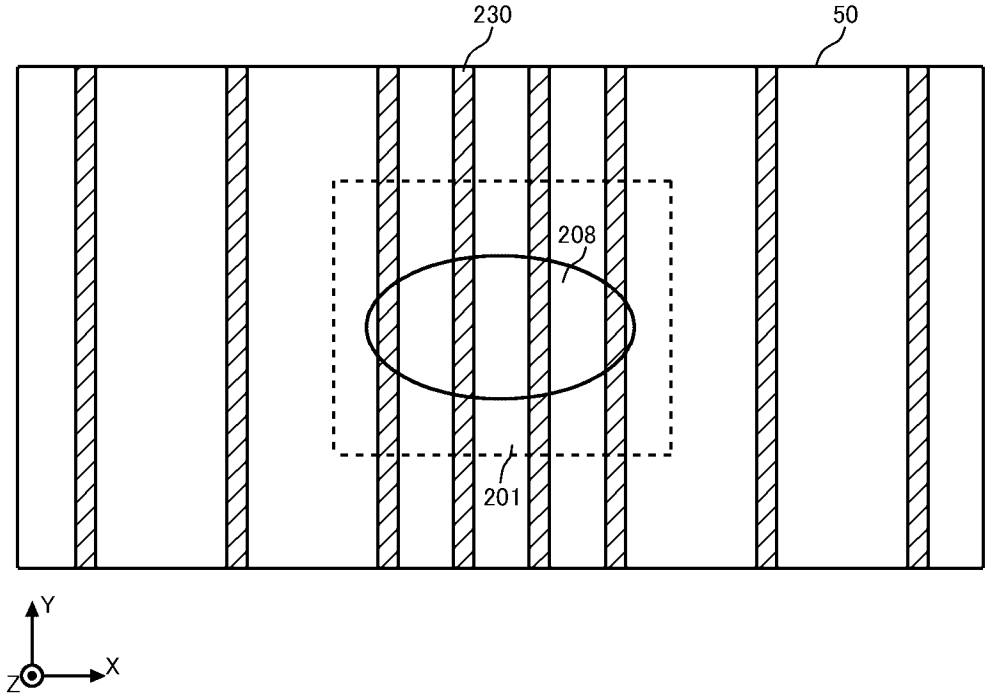

230
50
208
201
Y
Z
X

[図11]

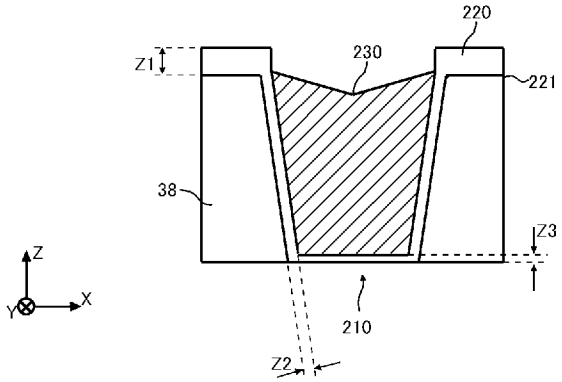

201
202
240
204
240
50
206
230
220
221
38
51
210
44
21
P+
11
10
N−
20
Z
Y
X

A-A

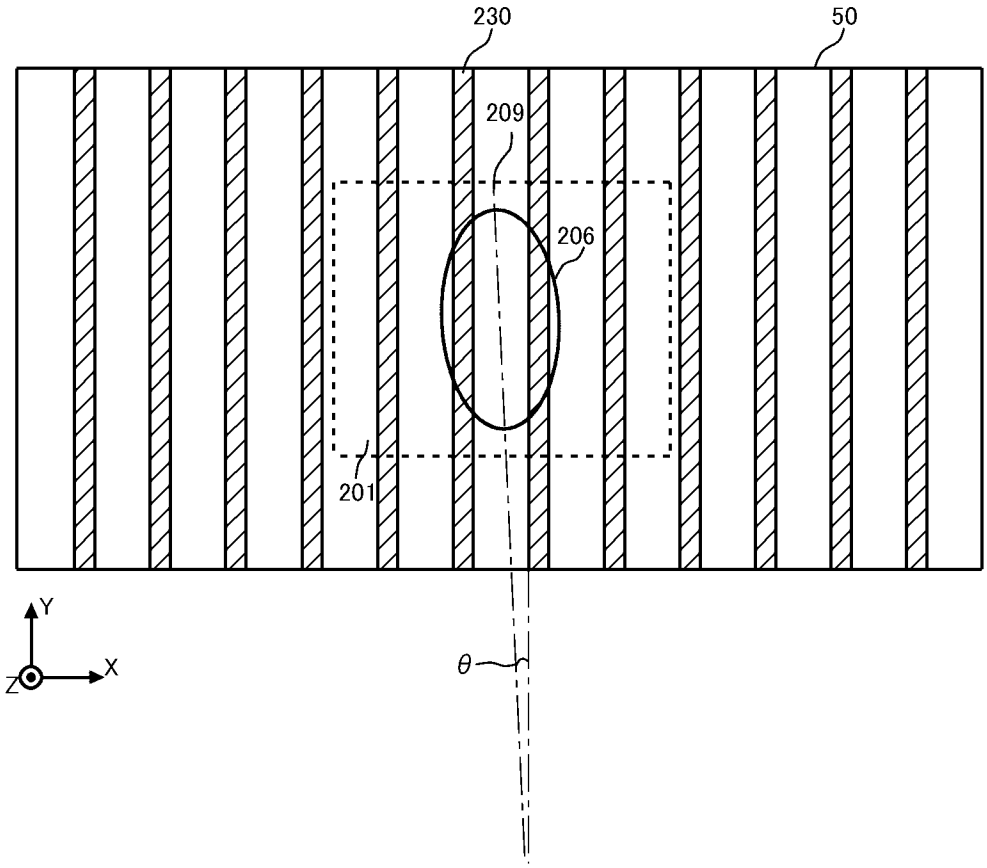
[図12]


230
50
208
201
Y
Z
X

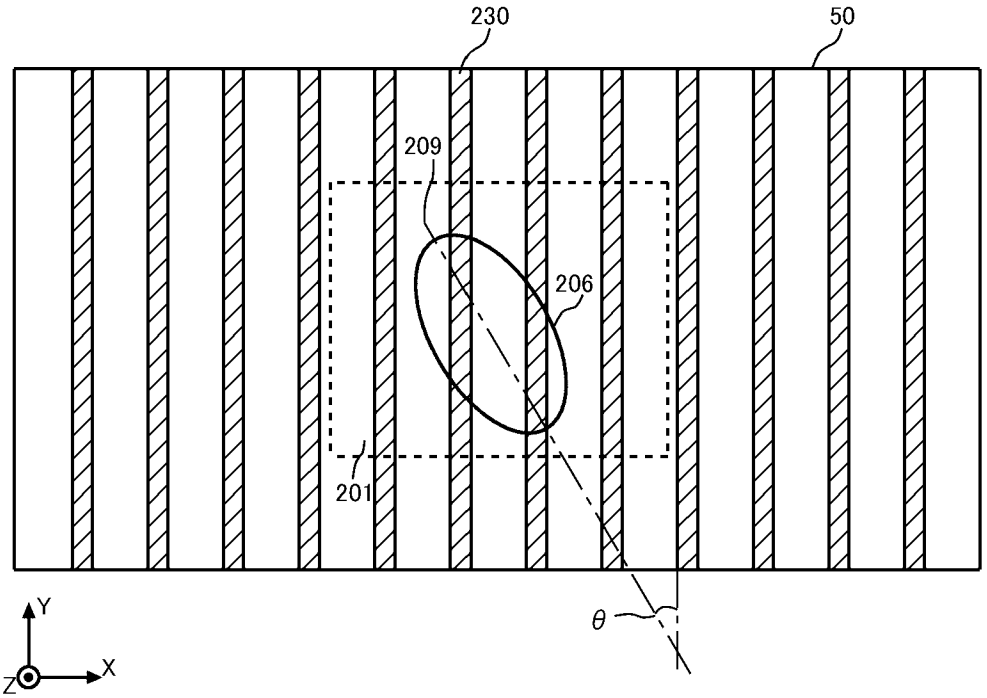
[図13]



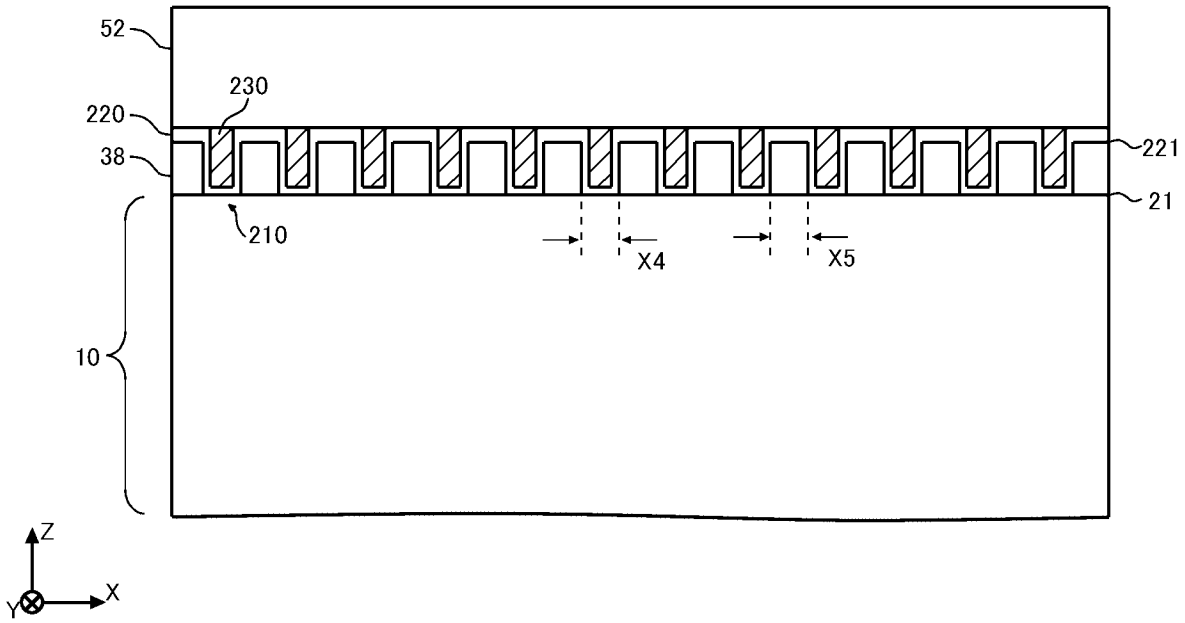
[図14]



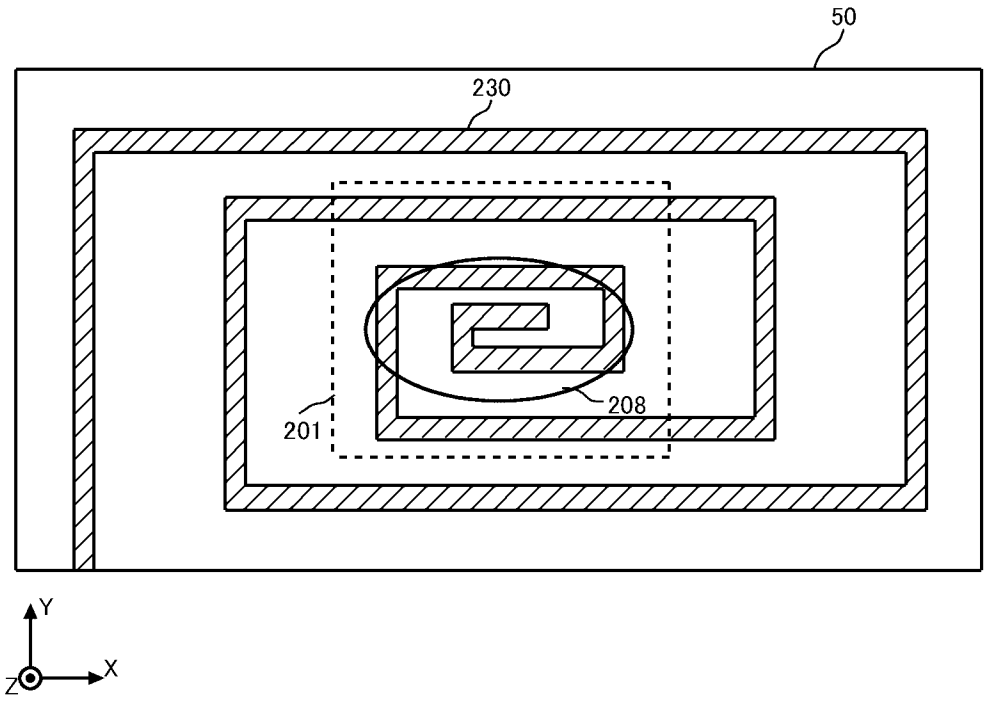
[図15]



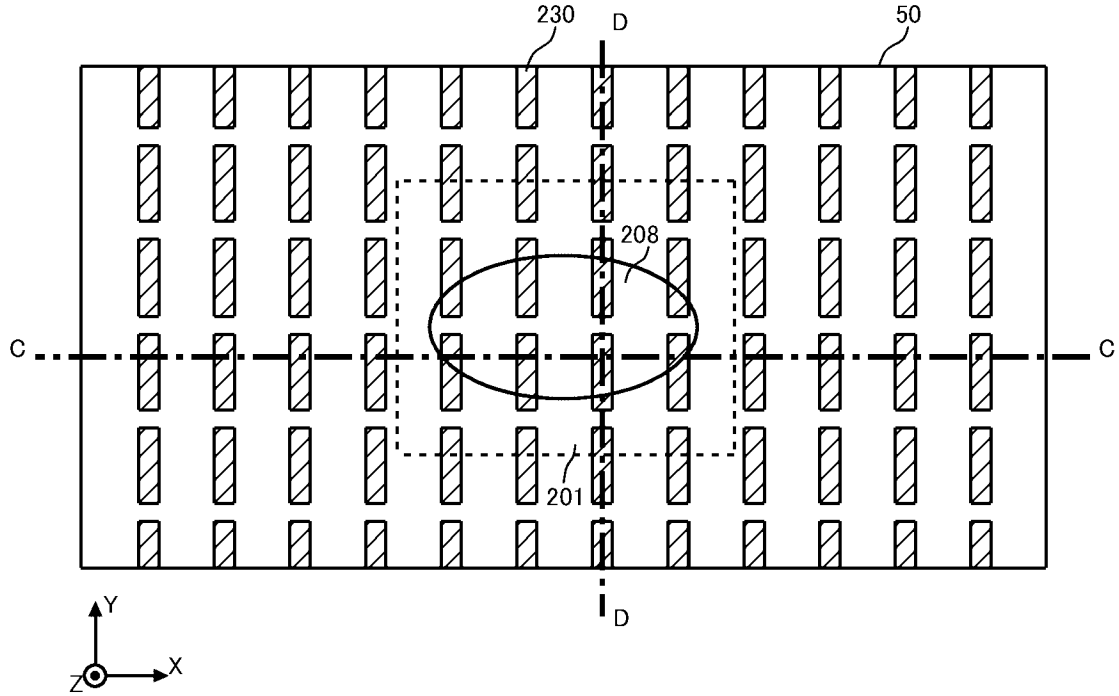
[図16]



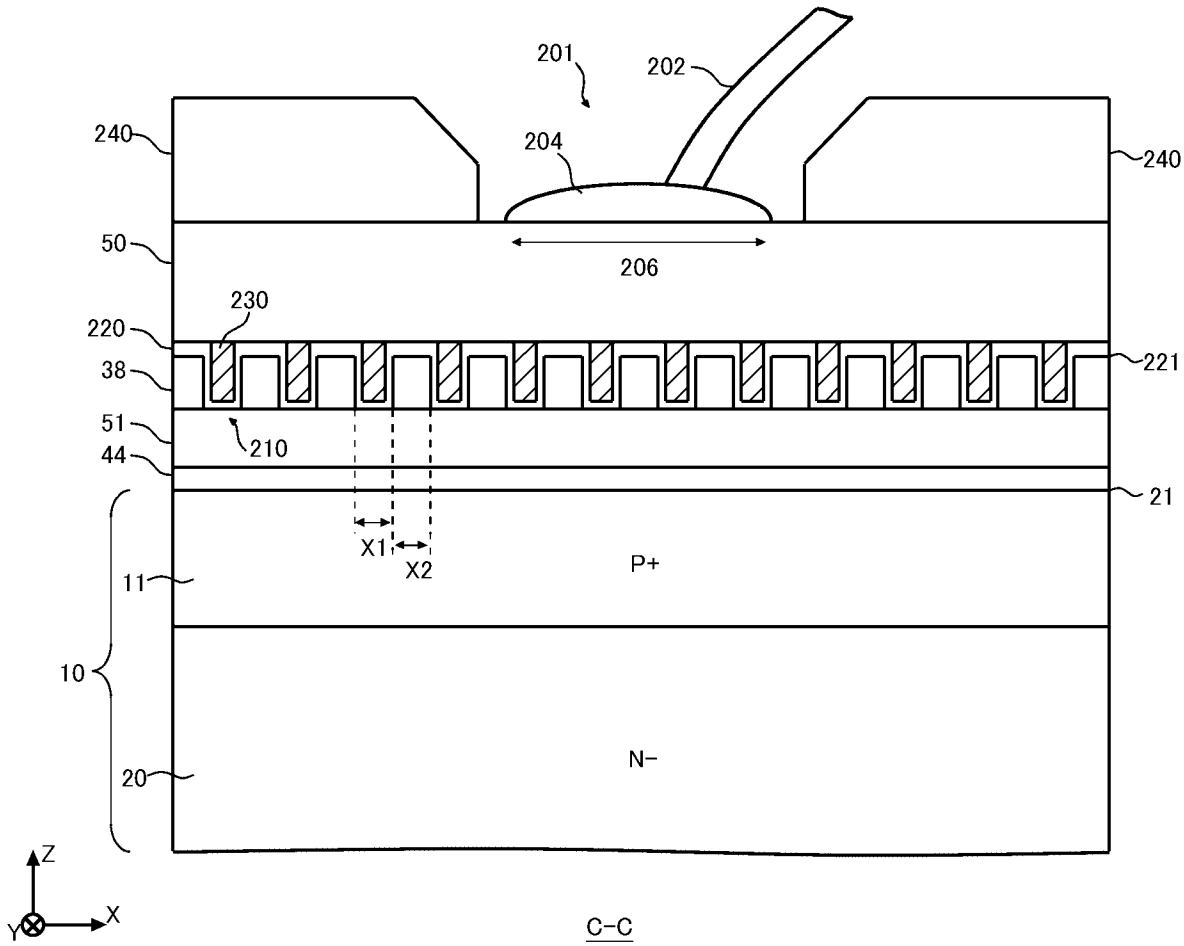
[図17]



[図18]

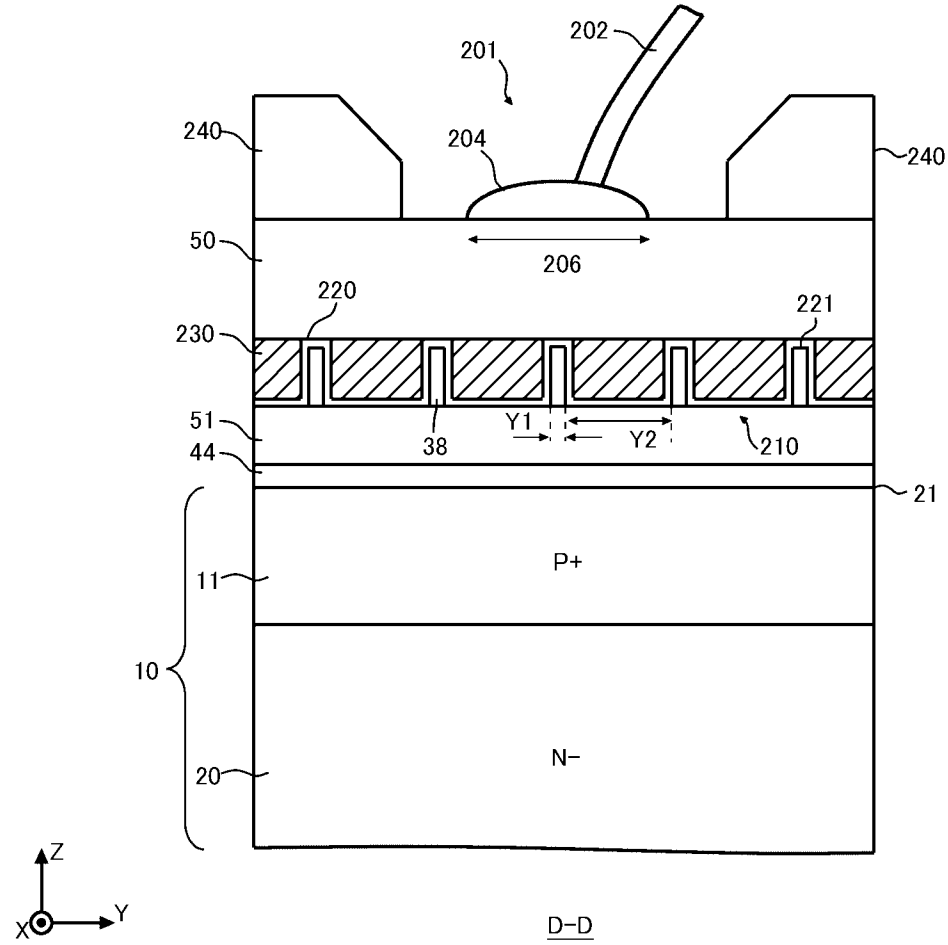

230
D
50
208
C
C
201
D
Y
X
Z

[図19]

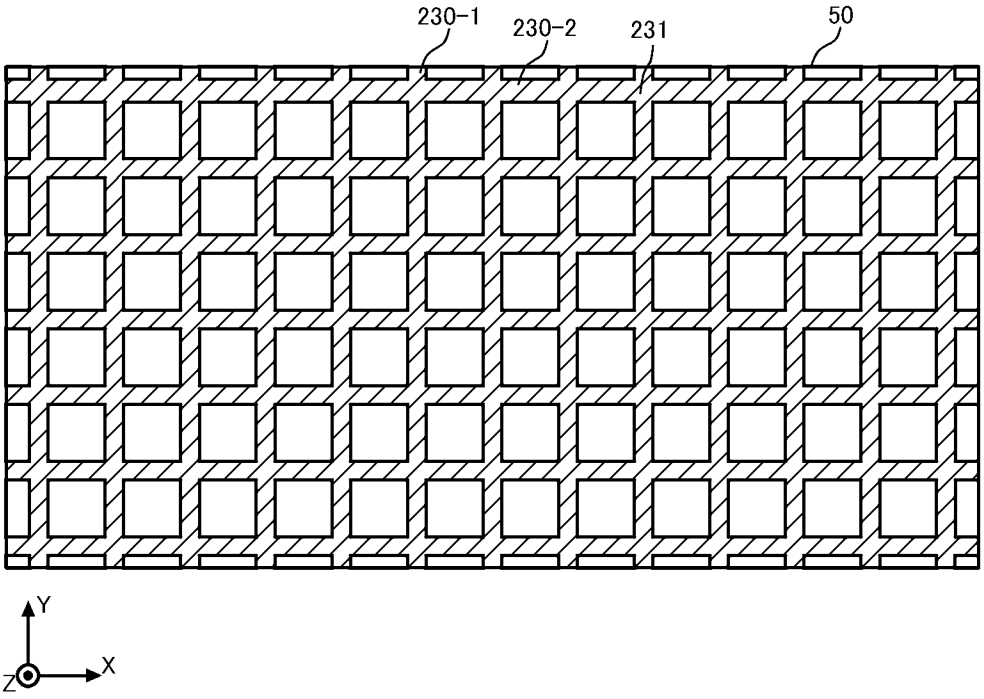

201
202
240
204
240
50
206
230
220
221
38
51
210
44
21
X1
X2
P+
11
10
N−
20
Z
X
Y

C-C

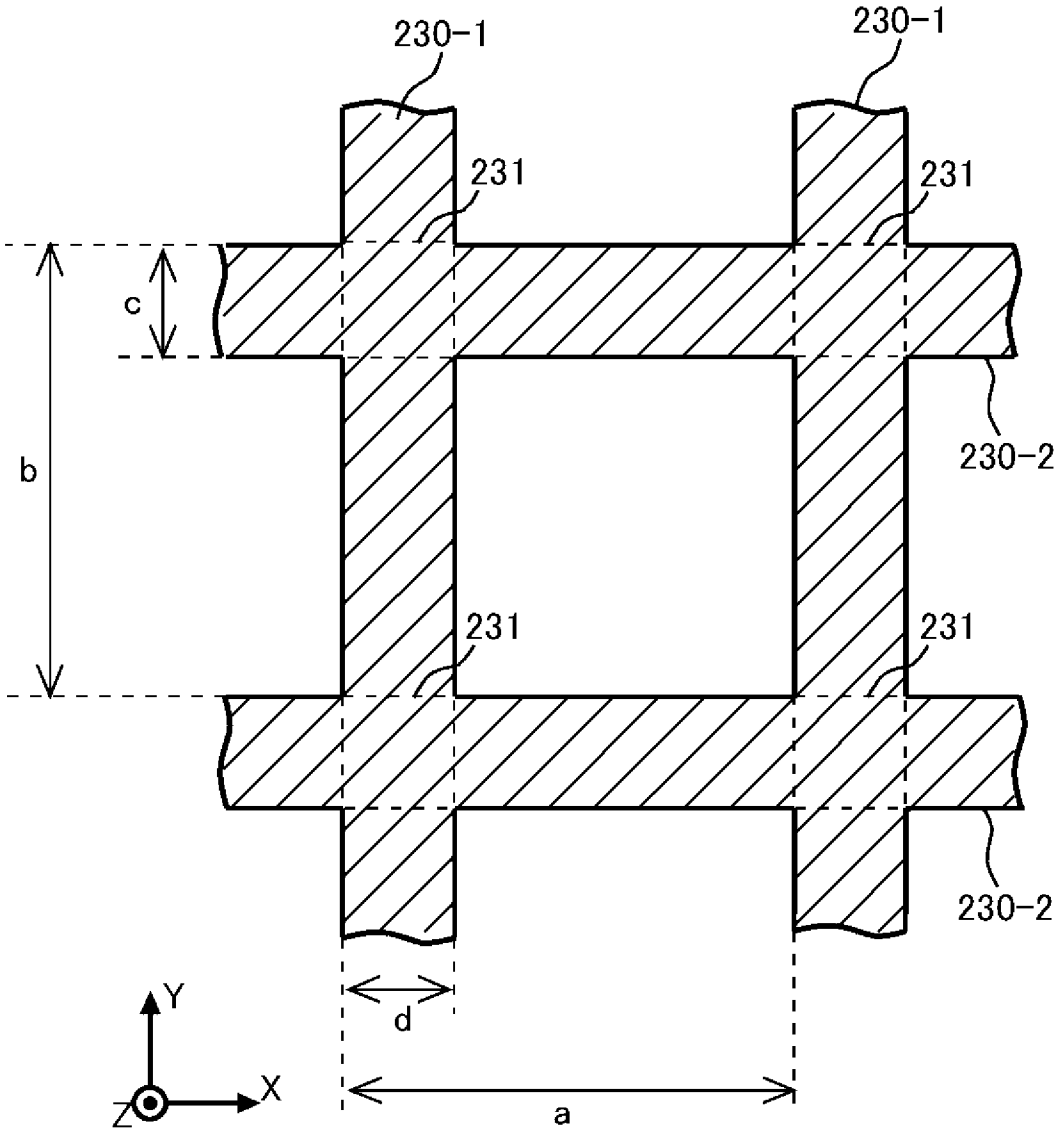
[図20]


202
201
240
204
240
50
206
220
221
230
51
38
Y1
Y2
210
44
21
P+
11
10
N−
20
Z
Y
X
D-D

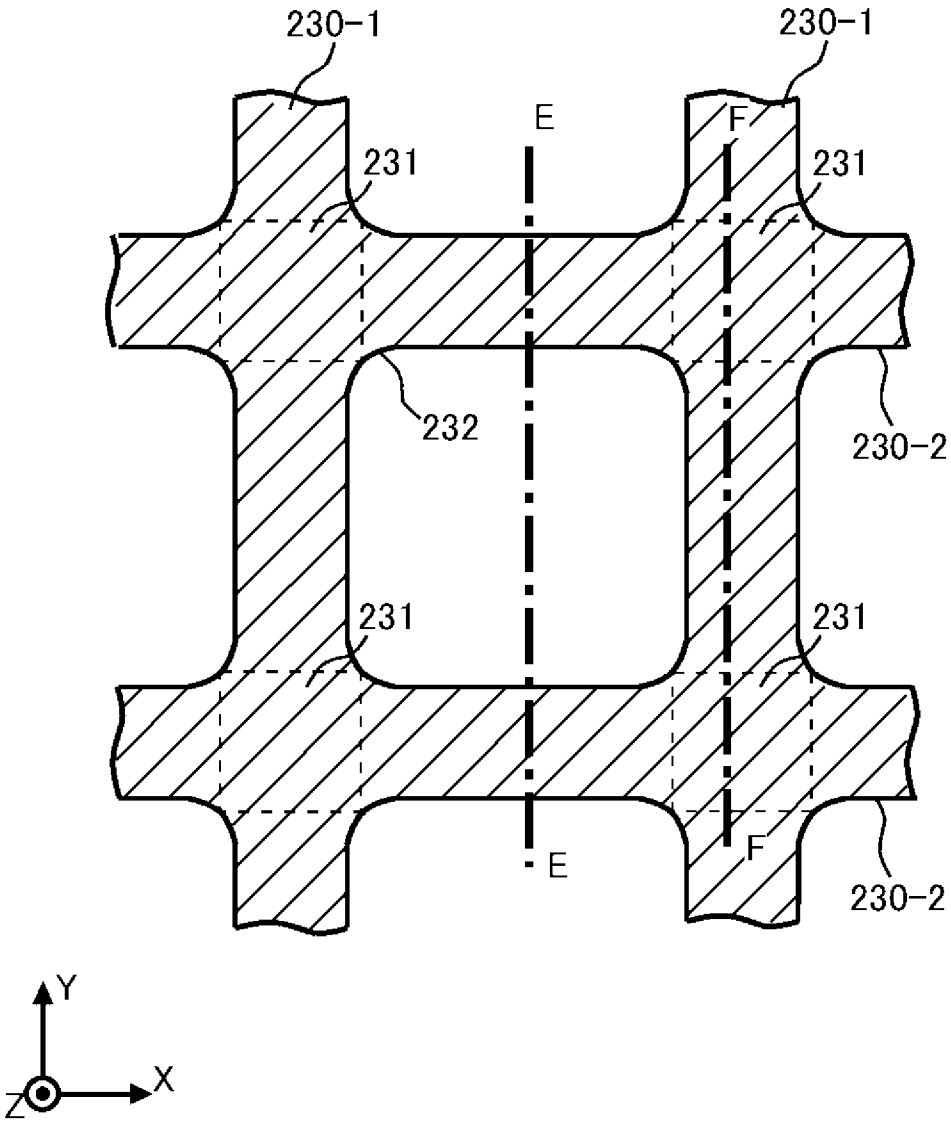
[図21]


230-1
230-2
231
50
Y
X
Z

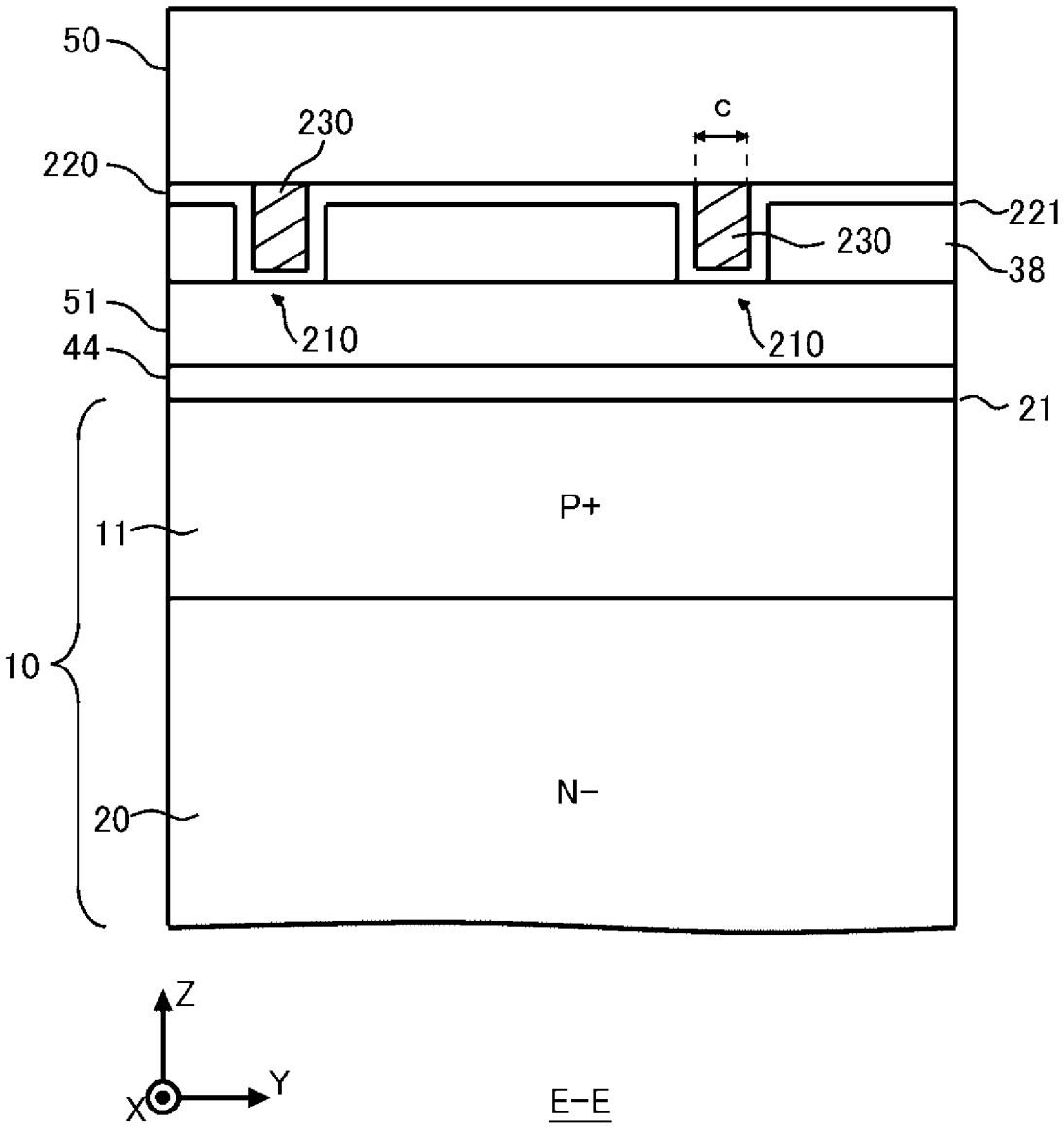
[図22]



[図23]

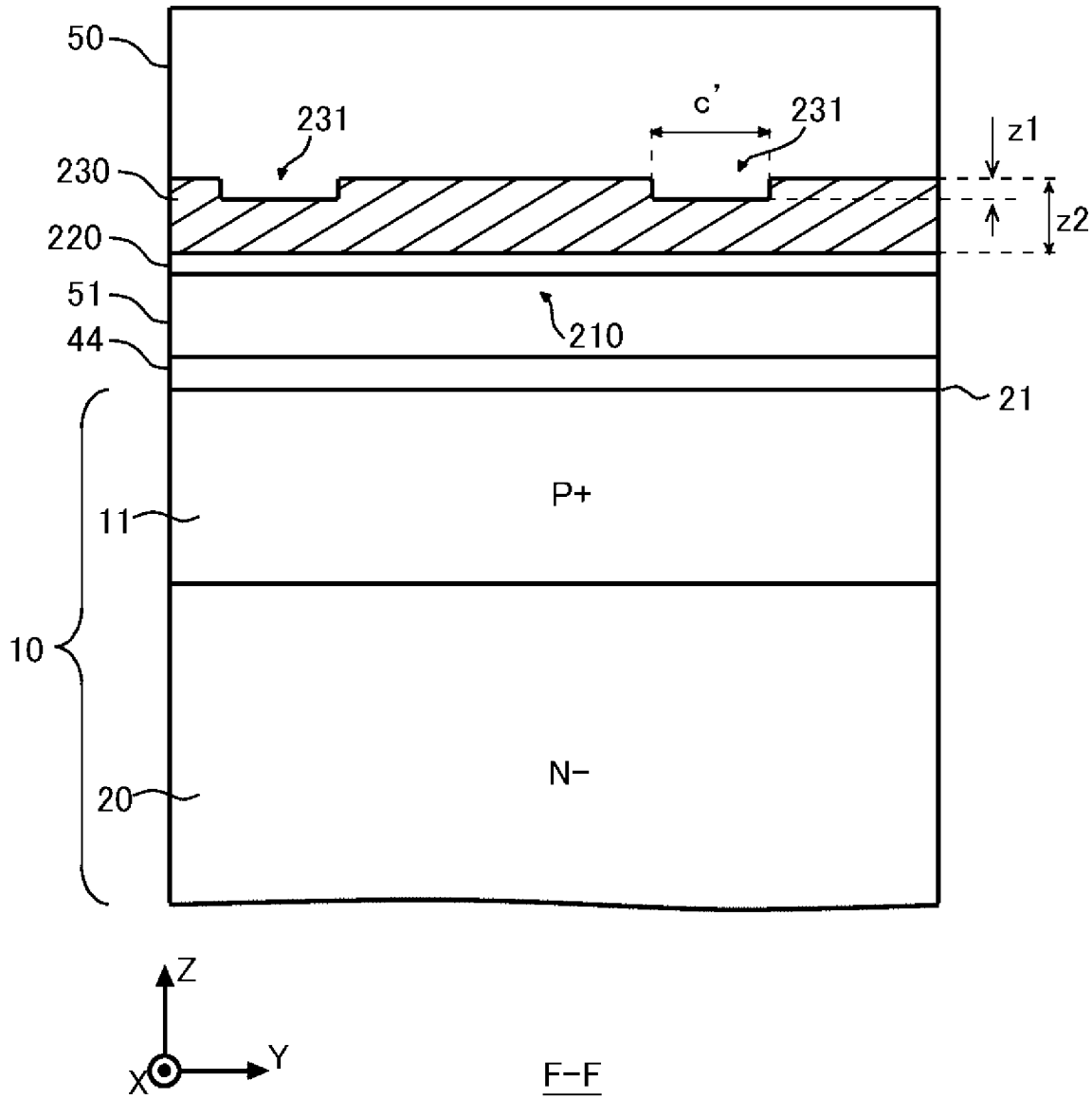


[図24]



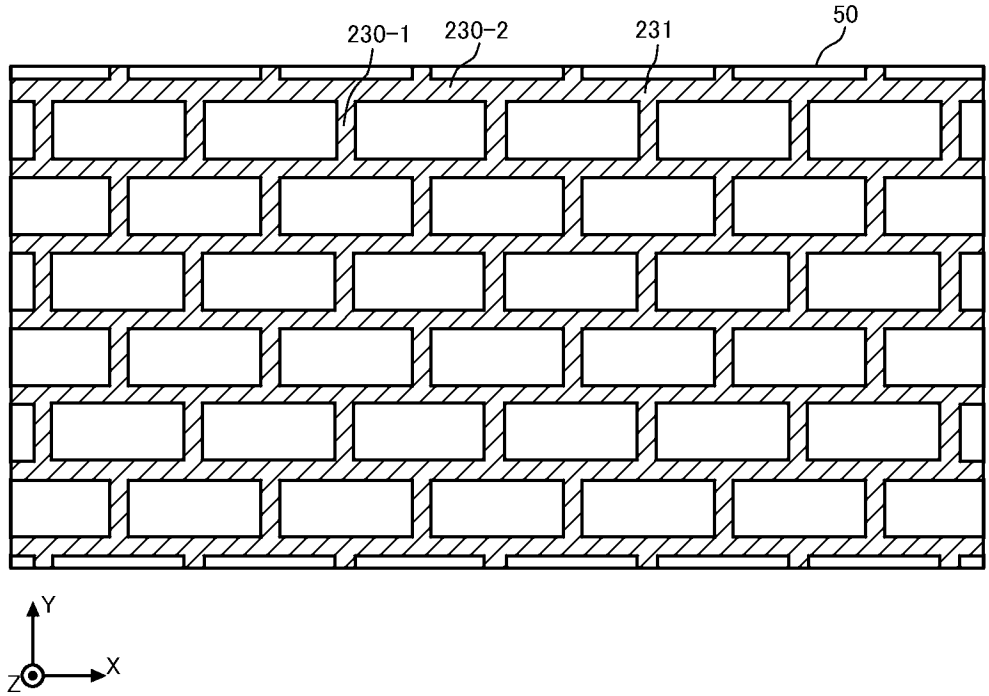
E-E

[図25]

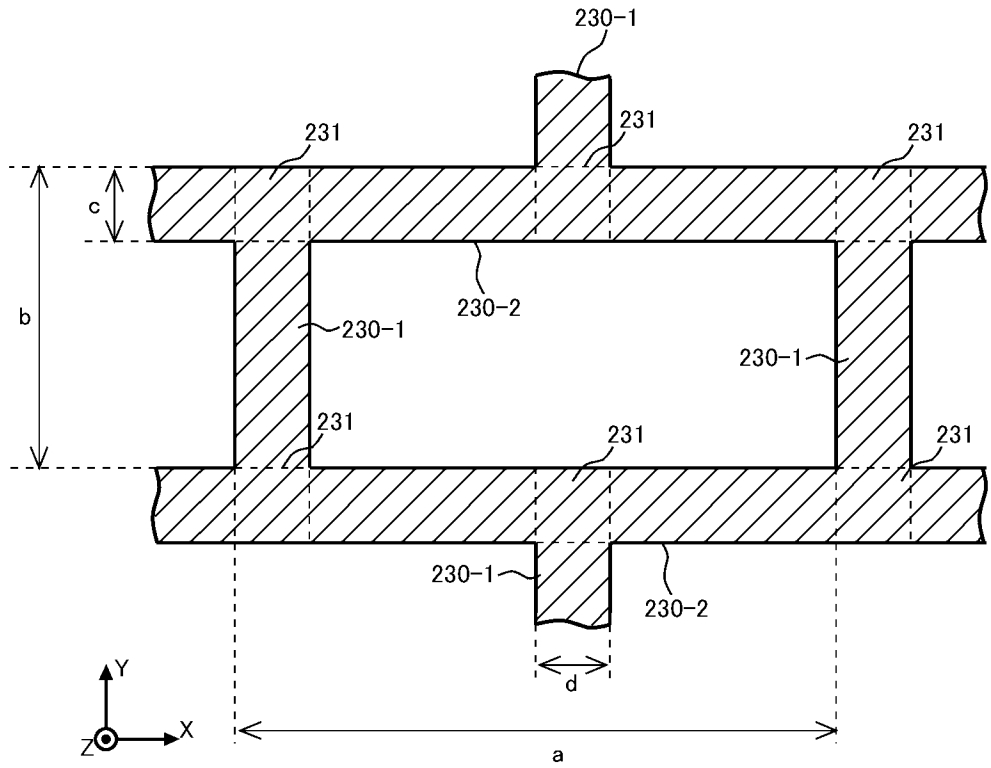


F-F

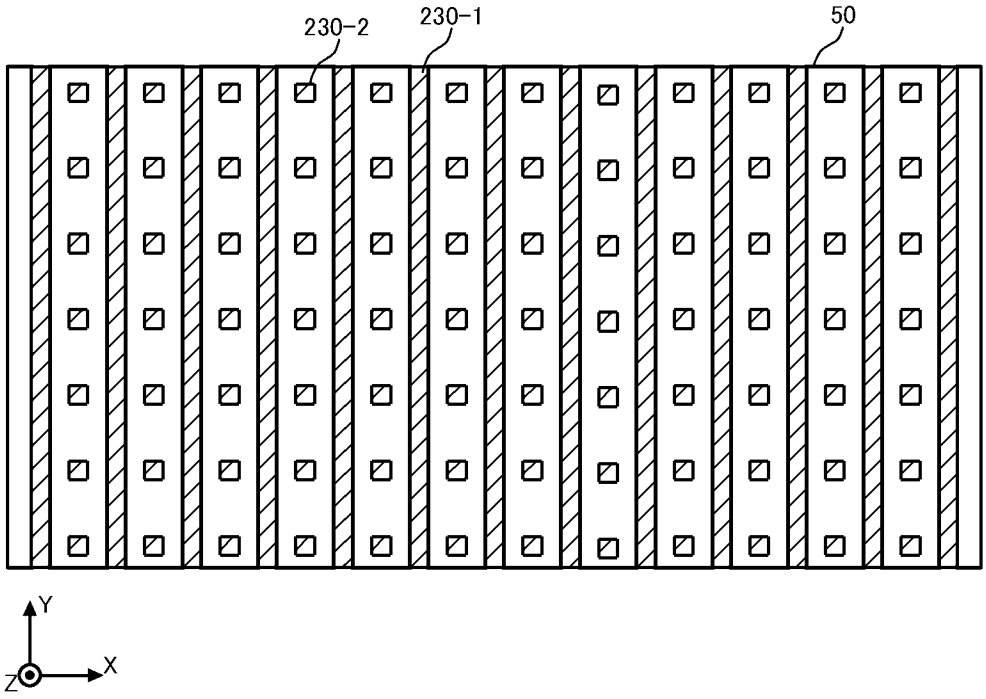
[図26]


230-1
230-2
231
50
Y
X
Z

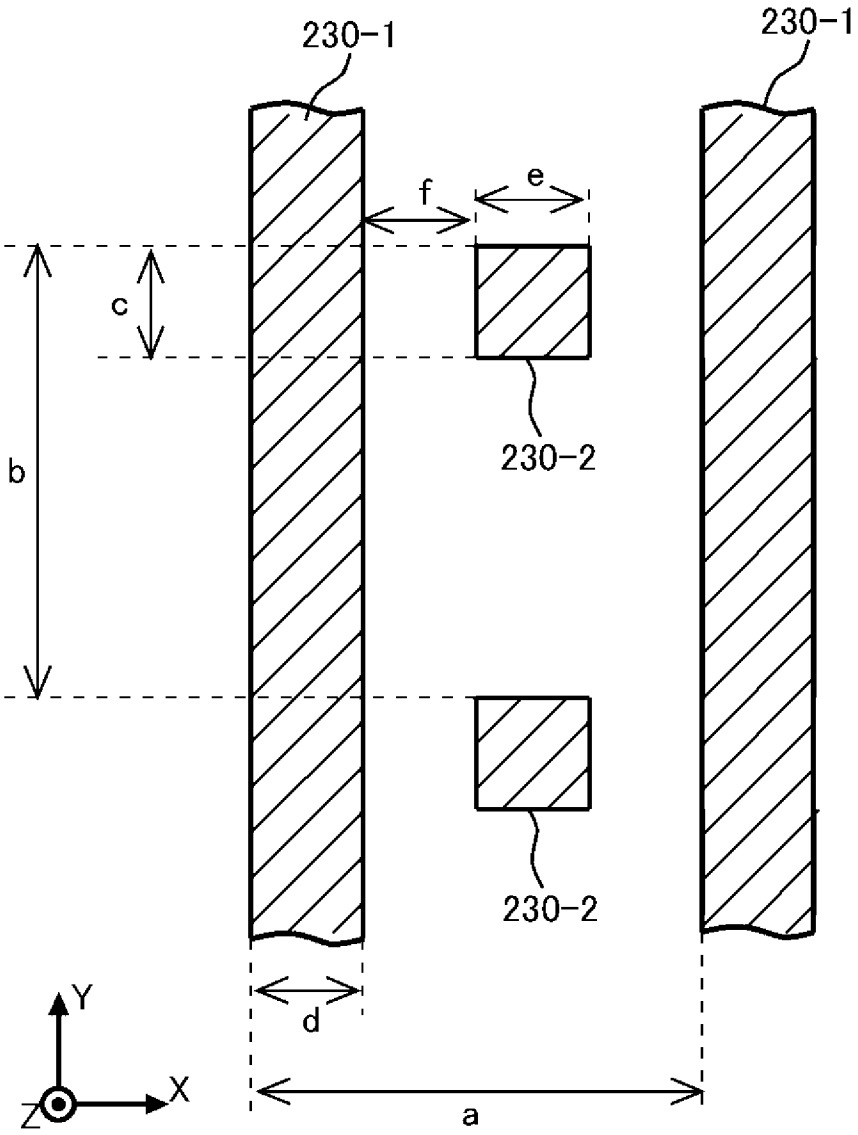
[図27]


230-1
231
231
231
c
b
230-2
230-1
230-1
231
231
231
230-1
230-2
d
Y
X
Z
a

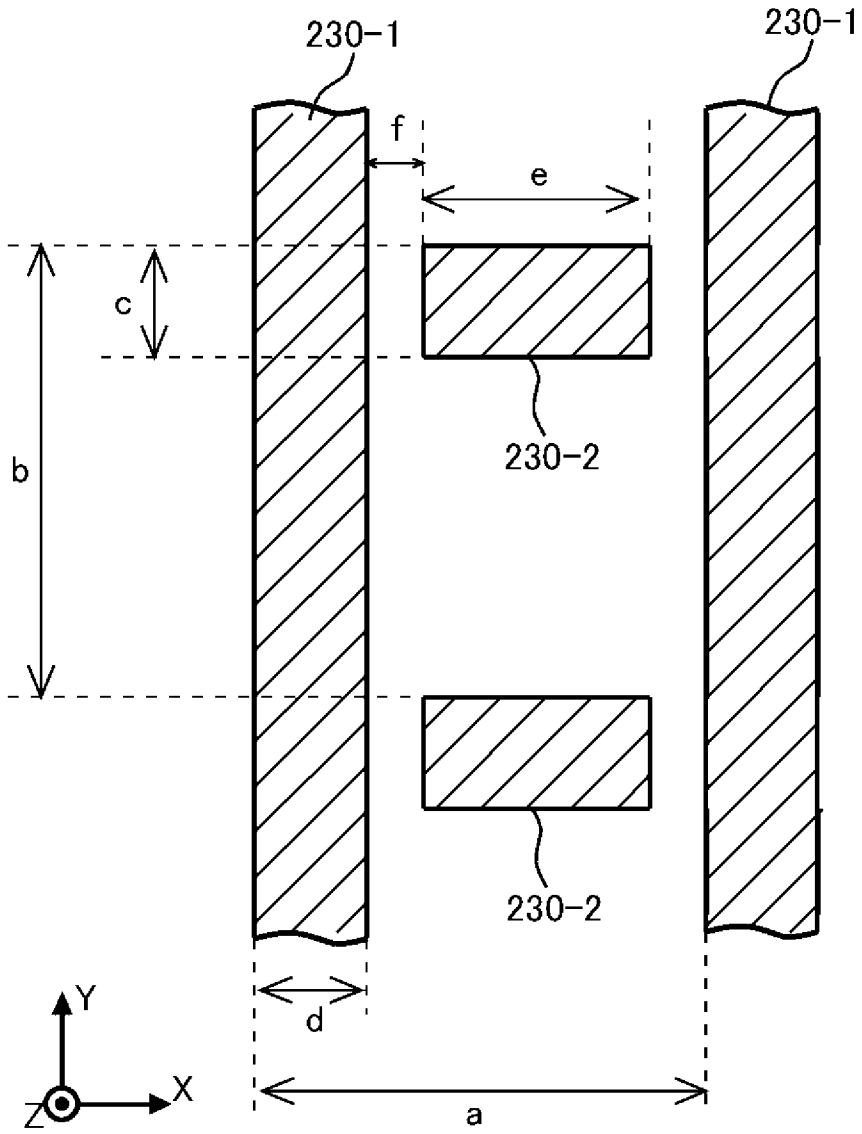
[図28]



[図29]



[図30]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2021/014968

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl. H01L21/3205(2006.01)i, H01L21/768(2006.01)i, H01L23/532(2006.01)i, H01L29/06(2006.01)i, H01L29/78(2006.01)i, H01L29/12(2006.01)i, H01L29/739(2006.01)i
FI: H01L29/78652M, H01L29/78652T, H01L29/78652Q, H01L29/78653A, H01L29/78655A, H01L29/78657D, H01L29/78652P, H01L29/06301F, H01L29/06301V, H01L29/78657A, H01L29/78657F, H01L29/78655G, H01L21/88R
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)
Int.Cl. H01L21/3205, H01L21/768, H01L23/532, H01L29/06, H01L29/78, H01L29/12, H01L29/739

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 1971-2021
Registered utility model specifications of Japan 1996-2021
Published registered utility model applications of Japan 1994-2021

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2019-161181 A (HITACHI POWER SEMICONDUCTOR DEVICE LTD.) 19 September 2019 (2019-09-19),	1-10, 12, 15-23
A	paragraphs [0017]-[0038], [0060], [0091]-[0116], fig. 1-5, 15, 35, 37	11, 13-14
Y	WO 2017/029748 A1 (HITACHI, LTD.) 23 February 2017 (2017-02-23), paragraphs [0016]-[0056], [0125]-	1-10, 12, 15-23
A	[0137], fig. 1, 21	11, 13-14
Y	JP 2020-098881 A (FUJI ELECTRIC CO., LTD.) 25 June 2020 (2020-06-25), paragraphs [0028]-[0065], fig.	1-10, 12, 15-23
A	3, 6	11, 13-14
Y	JP 2018-014392 A (ROHM CO., LTD.) 25 January 2018	4-7
A	(2018-01-25), paragraphs [0017]-[0050], fig. 1-3	1-3, 8-23

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

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

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
17 June 2021	29 June 2021
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2021/014968

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	WO 2017/168735 A1 (SHINDENGEN ELECTRIC MFG CO., LTD.) 05 October 2017 (2017-10-05), paragraphs [0030]-[0065], [0105], fig. 1, 2	8-10, 17-23 1-7, 11-16
Y A	WO 2018/056233 A1 (FUJI ELECTRIC CO., LTD.; DENSO CORPORATION) 29 March 2018 (2018-03-29), paragraphs [0045]-[0060], fig. 1-4	15 1-14, 16-23
Y A	JP 2016-122835 A (INFINEON TECHNOLOGIES AG) 07 July 2016 (2016-07-07), paragraphs [0012]-[0014], [0031], [0094], [0095], fig. 1, 15, 16	22 1-21, 23
A	WO 2016/114057 A1 (FUJI ELECTRIC CO., LTD.; NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY) 21 July 2016 (2016-07-21), paragraphs [0053]-[0074], fig. 1, 2	1-23

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2021/014968

JP 2019-161181 A	19 September 2019	US 2019/0288082 A1 paragraphs [0052]-[0073], [0095], [0126]-[0151], fig. 1-5, 15, 35, 37 EP 3540781 A1
WO 2017/029748 A1	23 February 2017	(Family: none)
JP 2020-098881 A	25 June 2020	US 2020/0203512 A1 paragraphs [0048]-[0085], fig. 3, 6 CN 111341772 A
JP 2018-014392 A	25 January 2018	(Family: none)
WO 2017/168735 A1	05 October 2017	US 2018/0374939 A1 paragraphs [0056]-[0104], [0150], fig. 1, 2 NL 2018610 A TW 201803126 A CN 108292679 A
WO 2018/056233 A1	29 March 2018	US 2019/0097030 A1 paragraphs [0081]-[0096], fig. 1-4 CN 109314139 A
JP 2016-122835 A	07 July 2016	US 2016/0163852 A1 paragraphs [0029]-[0031], [0048], [0111], [0112], fig. 1, 15, 16 DE 102014117780 A1
WO 2016/114057 A1	21 July 2016	US 2017/0194438 A1 paragraphs [0053]-[0074], fig. 1, 2 CN 106796956 A

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2021/014968

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

H01L 21/3205(2006.01)i; H01L 21/768(2006.01)i; H01L 23/532(2006.01)i; H01L 29/06(2006.01)i; H01L 29/78(2006.01)i; H01L 29/12(2006.01)i; H01L 29/739(2006.01)i
FI: H01L29/78 652M; H01L29/78 652T; H01L29/78 652Q; H01L29/78 653A; H01L29/78 655A; H01L29/78 657D; H01L29/78 652P; H01L29/06 301F; H01L29/06 301V; H01L29/78 657A; H01L29/78 657F; H01L29/78 655G; H01L21/88 R

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））

H01L21/3205; H01L21/768; H01L23/532; H01L29/06; H01L29/78; H01L29/12; H01L29/739

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	１９７１－２０２１年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２１年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２１年

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

C. 関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y	JP 2019-161181 A (株式会社　日立パワーデバイス) 19.09.2019 (2019-09-19) 段落[0017]-[0038],[0060],[0091]-[0116],図1-5,15,35,37	1-10,12,15-23
A		11,13-14
Y	WO 2017/029748 A1 (株式会社日立製作所) 23.02.2017 (2017-02-23) 段落[0016]-[0056],[0125]-[0137],図1,21	1-10,12,15-23
A		11,13-14
Y	JP 2020-098881 A (富士電機株式会社) 25.06.2020 (2020-06-25) 段落[0028]-[0065],図3,6	1-10,12,15-23
A		11,13-14
Y	JP 2018-014392 A (ローム株式会社) 25.01.2018 (2018-01-25) 段落[0017]-[0050],図1-3	4-7
A		1-3,8-23

☑ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☑ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー
"A" 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
"E" 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
"L" 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
"O" 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
"P" 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
"T" 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と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
17.06.2021	29.06.2021

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）
杉山　芳弘 5F 6311
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ー*	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y	WO 2017/168735 A1 (新電元工業株式会社) 05.10.2017 (2017-10-05) 段落[0030]-[0065],[0105],図1-2	8-10,17-23
A		1-7,11-16
Y	WO 2018/056233 A1 (富士電機株式会社、株式会社デンソー) 29.03.2018 (2018-03-29) 段落[0045]-[0060],図1-4	15
A		1-14,16-23
Y	JP 2016-122835 A (インフィネオン　テクノロジーズ　アーゲー) 07.07.2016 (2016-07-07) 段落[0012]-[0014],[0031],[0094],[0095],図1,15,16	22
A		1-21,23
A	WO 2016/114057 A1 (富士電機株式会社、国立研究開発法人産業技術総合研究所) 21.07.2016 (2016-07-21) 段落[0053]-[0074],図1-2	1-23

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/JP2021/014968

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2019-161181 A	19.09.2019	US 2019/0288082 A1 段落[0052]-[0073], [0095], [0126]-[0151],図1-5,15,35,37 EP 3540781 A1	
WO 2017/029748 A1	23.02.2017	（ファミリーなし）	
JP 2020-098881 A	25.06.2020	US 2020/0203512 A1 段落[0048]-[0085],図3,6 CN 111341772 A	
JP 2018-014392 A	25.01.2018	（ファミリーなし）	
WO 2017/168735 A1	05.10.2017	US 2018/0374939 A1 段落[0056]-[0104],[0150],図1-2 NL 2018610 A TW 201803126 A CN 108292679 A	
WO 2018/056233 A1	29.03.2018	US 2019/0097030 A1 段落[0081]-[0096],図1-4 CN 109314139 A	
JP 2016-122835 A	07.07.2016	US 2016/0163852 A1 段落[0029]-[0031],[0048], [0111],[0112],図1,15,16 DE 102014117780 A1	
WO 2016/114057 A1	21.07.2016	US 2017/0194438 A1 段落[0053]-[0074],図1-2 CN 106796956 A	