

(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8月24日(24.08.2023)

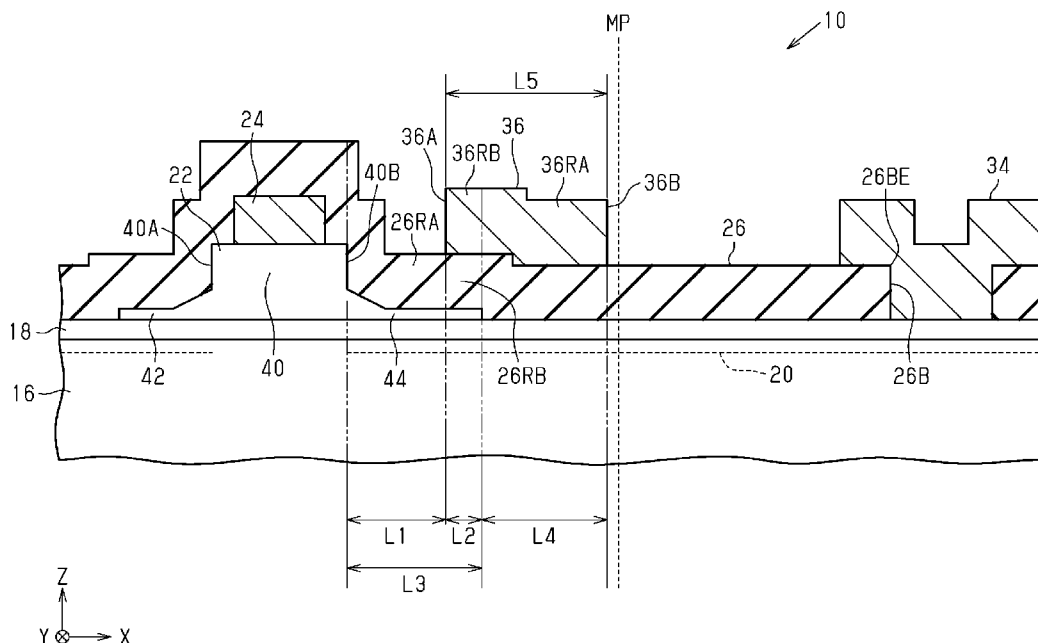


(10) 国際公開番号
WO 2023/157452 A1

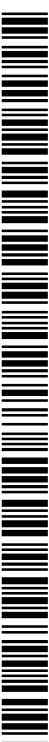
- (51) 国際特許分類:
H01L 21/28 (2006.01) H01L 29/808 (2006.01)
H01L 29/41 (2006.01) H01L 21/338 (2006.01)
H01L 29/417 (2006.01) H01L 29/812 (2006.01)
H01L 29/78 (2006.01) H01L 29/778 (2006.01)
H01L 21/337 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2022/046702
- (22) 国際出願日: 2022年12月19日(19.12.2022)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2022-022919 2022年2月17日(17.02.2022) JP
- (71) 出願人: ローム株式会社 (ROHM CO., LTD.)
[JP/JP]; 〒6158585 京都府京都市右京区西院
溝崎町2-1番地 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: 大嶽 浩隆 (OTAKE Hirotaka);
〒6158585 京都府京都市右京区西院溝崎町2
1番地 ローム株式会社内 Kyoto (JP).
- (74) 代理人: 恩田 誠, 外 (ONDA Makoto et al.);
〒5008731 岐阜県岐阜市大宮町二丁目
1-2番地1 Gifu (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ,
BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,

(54) Title: NITRIDE SEMICONDUCTOR DEVICE

(54) 発明の名称: 窒化物半導体装置



(57) Abstract: A nitride semiconductor device (10) includes an electron transit layer (16), an electron supply layer (18), a gate layer (22) containing acceptor impurities, a gate electrode (24), a passivation layer (26), a source electrode, a drain electrode (34), and a field plate electrode (36). The field plate electrode (36) is formed on the passivation layer (26) between the gate layer (22) and the drain electrode (34). The gate layer (22) includes: a ridge portion (40) on which the gate electrode (24) is located; a source-side extension portion (42) that extends from the ridge portion (40); and a drain-side



WO 2023/157452 A1

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, 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, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

extension portion (44) that extends from the ridge portion (40) to the opposite side from the source-side extension portion (42). The passivation layer (26) includes a field plate non-overlapping region (26RA) that is located directly over the drain-side extension portion (44) and that does not overlap the field plate electrode (36).

(57) 要約: 窒化物半導体装置 (10) は、電子走行層 (16)、電子供給層 (18)、アクセプタ型不純物を含むゲート層 (22)、ゲート電極 (24)、パッシベーション層 (26)、ソース電極、ドレイン電極 (34)、およびフィールドプレート電極 (36) を含む。フィールドプレート電極 (36) は、ゲート層 (22) とドレイン電極 (34) との間においてパッシベーション層 (26) 上に形成されている。ゲート層 (22) は、ゲート電極 (24) が位置するリッジ部 (40) と、リッジ部 (40) から延在するソース側延在部 (42) と、リッジ部 (40) からソース側延在部 (42) とは反対側に延在するドレイン側延在部 (44) とを含む。パッシベーション層 (26) は、ドレイン側延在部 (44) の直上に、フィールドプレート電極 (36) と重複しないフィールドプレート非重複領域 (26RA) を含む。

明 細 書

発明の名称：窒化物半導体装置

技術分野

[0001] 本開示は、窒化物半導体装置に関する。

背景技術

[0002] 現在、窒化物半導体を用いた高電子移動度トランジスタ（HEMT）の製品化が進んでいる。HEMTをパワーデバイスに適用する場合、フェールセーフの観点から、ゼロバイアス時にソースドレイン間の電流経路（チャンネル）を遮断するノーマリーオフ動作が求められる。特許文献1は、ノーマリーオフ型の窒化物半導体HEMTを開示している。

[0003] 例えば、窒化物半導体HEMTは、窒化ガリウム（GaN）層によって構成された電子走行層と、窒化アルミニウムガリウム（AlGaN）層によって構成された電子供給層とを含む。HEMTのチャンネルは、電子走行層と電子供給層との間のヘテロ接合界面付近において電子走行層中に生じた二次元電子ガス（2DEG）により形成される。特許文献1は、ゲート電極の下にアクセプタ型不純物を含むGaN層（p型GaN層）を設けることによって、2DEGにより形成されるチャンネルを遮断し、これによりノーマリーオフ動作を実現することを開示している。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2017-73506号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] ゲート電極下にp型窒化物半導体層（例えば、p型GaN層）を設けたHEMT構造では、例えばゲート電極への大きな正のバイアス印加時、ゲート電極から注入されたホールがp型窒化物半導体層と電子供給層との界面に局所的に蓄積される。このような局所的なホール蓄積は、電子供給層のバンド

ベンディングを引き起こして電子供給層を介した電子走行層から p 型窒化物半導体層への電子リーク（ゲート電流リーク）を生じさせ、ひいてはゲート耐圧を低下させる要因となり得る。

[0006] また、例えばドレインソース間に高電圧が印加されると、ドレインソース間領域におけるゲート電極端部付近、とりわけドレイン電極側のゲート電極端部付近に電界集中が生じる。このような電界集中は、例えば電子供給層等の絶縁破壊を引き起こしてドレインソース間耐圧を低下させる要因となり得る。

[0007] このような電界集中を緩和するために、一般的には、ゲート電極の周辺に電極層を配置する構成が採用されている。例えば、特許文献 1 の構造では、ソース電極がゲート電極の上方を覆いつつドレイン電極に対向する位置まで延在するように配置されている。このようなソース電極の延在部分は、フィールドプレート電極またはソースフィールドプレート電極と呼ばれる。

[0008] ソースフィールドプレート電極は、ゲート電極端部付近の電界集中を緩和する効果をもたらす。一方で、ソースフィールドプレート電極を有する HEMT は、ソースフィールドプレート電極と 2DEG との間に電子供給層を介して形成される寄生容量を有する。このようなドレインソース間の寄生容量は、HEMT の高速・高周波動作を制限し得るものとなる。

課題を解決するための手段

[0009] 本開示の一態様による窒化物半導体装置は、窒化物半導体によって構成された電子走行層と、前記電子走行層よりも大きなバンドギャップを有する窒化物半導体によって前記電子走行層上に構成された電子供給層と、アクセプタ型不純物を含む窒化物半導体によって前記電子供給層上の一部に形成されたゲート層と、前記ゲート層上に形成されたゲート電極と、前記電子供給層、前記ゲート層、および前記ゲート電極を覆うとともに、第 1 開口部および第 2 開口部を含むパッシベーション層と、前記第 1 開口部を介して前記電子供給層に接するソース電極と、前記第 2 開口部を介して前記電子供給層に接するドレイン電極と、前記ゲート層と前記ドレイン電極との間において前記

パッシベーション層上に形成されたフィールドプレート電極と、を備える。前記ゲート層は、前記ゲート電極が位置するリッジ部と、前記リッジ部から前記第1開口部に向けて延在するソース側延在部と、前記リッジ部から前記第2開口部に向けて延在するドレイン側延在部と、を含む。前記パッシベーション層は、前記ドレイン側延在部の直上に、前記フィールドプレート電極と重複しないフィールドプレート非重複領域を含む。

発明の効果

[0010] 本開示の一態様による窒化物半導体装置は、ゲート耐圧の向上を図りつつ、ドレインーソース間耐圧の向上とドレインーソース間寄生容量の低減とを両立させるHEMT構造を実現することができる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]図1は、第1実施形態に係る例示的な窒化物半導体装置の概略断面図である。

[図2]図2は、図1の窒化物半導体装置の一部拡大断面図である。

[図3]図3は、図1のF3-F3線に沿った窒化物半導体装置の概略平面図である。

[図4]図4は、窒化物半導体装置のソース電極とフィールドプレート電極との接続構造を示す図3の一部拡大平面図である。

[図5]図5は、図4のF5-F5線に沿った窒化物半導体装置の一部拡大断面図である。

[図6]図6は、第2実施形態に係る例示的な窒化物半導体装置の概略断面図である。

[図7]図7は、第3実施形態に係る例示的な窒化物半導体装置の概略断面図である。

[図8]図8は、第4実施形態に係る例示的な窒化物半導体装置の概略断面図である。

[図9]図9は、窒化物半導体装置のソース電極とフィールドプレート電極との別の接続構造の例を示す概略平面図である。

[図10]図10は、窒化物半導体装置のソース電極とフィールドプレート電極とのさらに別の接続構造の例を示す概略平面図である。

発明を実施するための形態

[0012] 以下、添付図面を参照して本開示による半導体装置のいくつかの実施形態を説明する。なお、図面に示される構成要素は、分かり易さおよび明瞭化のために部分的に拡大されている場合があり、必ずしも一定の縮尺で描かれていない。また、理解を容易にするために、断面図では、ハッチング線が省略されている場合がある。添付の図面は、本開示の実施形態を例示するに過ぎず、本開示を制限するものとみなされるべきではない。

[0013] 以下の詳細な記載は、本開示の例示的な実施形態を具体化する装置、システム、および方法を含む。この詳細な記載は本來說明のためのものに過ぎず、本開示の実施形態またはこのような実施形態の適用および使用を限定することを意図しない。

[0014] [第1実施形態]

図1は、第1実施形態に係る例示的な窒化物半導体装置10の概略断面図である。最初に、図1を参照して、窒化物半導体装置10の全体構造について説明する。

[0015] [窒化物半導体装置の全体構造]

窒化物半導体装置10は、例えば、窒化ガリウム(GaN)等の窒化物半導体を用いた高電子移動度トランジスタ(HEMT)として構成され得る。窒化物半導体装置10は、基板12と、基板12上に形成されたバッファ層14と、バッファ層14上に形成された電子走行層16と、電子走行層16上に形成された電子供給層18とを含む。

[0016] 基板12は、シリコン(Si)、シリコンカーバイド(SiC)、GaN、サファイア、または他の基板材料で形成され得る。例えば、基板12は、導電性Si基板である。基板12の厚さは、例えば200 μ m以上1500 μ m以下であってよい。なお、図面(例えば図1)に示される互いに直交するXYZ軸のZ方向は、基板12の主面と直交する方向である。本明細書に

において使用される「平面視」という用語は、明示的に別段の記載がない限り、Z方向に沿って上方から窒化物半導体装置10を視ることをいう。

[0017] バッファ層14は、基板12と電子走行層16との間に位置し、基板12と電子走行層16との間の格子不整合を緩和することができる任意の材料によって形成され得る。例えば、バッファ層14は、1つまたは複数の窒化物半導体層を含む。例えば、バッファ層14は、窒化アルミニウム(AIN)層、窒化アルミニウムガリウム(AIGaN)層、および異なるアルミニウム(AI)組成を有するグレーテッドAIGaN層のうちの少なくとも1つを含み得る。例えば、バッファ層14は、単一のAIN層、単一のAIGaN層、AIGaN/GaN超格子構造を有する層、AIN/AIGaN超格子構造を有する層、またはAIN/GaN超格子構造を有する層によって形成され得る。

[0018] 一例において、バッファ層14は、基板12上に形成された第1バッファ層と、第1バッファ層上に形成された第2バッファ層とを含む。第1バッファ層は、例えばAIN層であり、例えば200nm程度の厚さを有し得る。第2バッファ層は、例えば複数のAIGaN層を含み、各AIGaN層は例えば100nm程度の厚さを有し得る。なお、バッファ層14におけるリーク電流を抑制するために、バッファ層14の一部に不純物を導入して半絶縁性にしてもよい。その場合、不純物は、例えば炭素(C)または鉄(Fe)であり、不純物の濃度は、例えば $4 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 以上であってよい。

[0019] 電子走行層16は、窒化物半導体によって構成されており、例えばGaN層であってよい。電子走行層16は、例えば $0.5 \mu\text{m}$ 以上 $2 \mu\text{m}$ 以下の厚さを有し得る。なお、電子走行層16におけるリーク電流を抑制するために、電子走行層16の一部に不純物を導入して電子走行層16の表層領域以外を半絶縁性にしてもよい。その場合、不純物は例えばCであり、不純物の濃度は、例えばピーク濃度で $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以上であってよい。

[0020] 電子供給層18は、電子走行層16よりも大きなバンドギャップを有する窒化物半導体によって構成されており、例えばAIGaN層であってよい。

A l G a N層の場合、A l組成が大きいほどバンドギャップが大きくなるため、A l G a N層である電子供給層18は、G a N層である電子走行層16よりも大きなバンドギャップを有している。例えば、電子供給層18は、 $A l_x G a_{1-x} N$ によって構成されており、ここで、 x は $0.1 < x < 0.4$ であり、より好ましくは $0.2 < x < 0.3$ であるが、必ずしもこの範囲に限定されない。例えば、 x は $0.1 < x < 0.3$ であってよい。電子供給層18は、例えば5 nm以上20 nm以下の厚さを有し得る。

[0021] 電子走行層16と電子供給層18は、互いに異なる格子定数を有する窒化物半導体によって構成されている。したがって、電子走行層16を構成する窒化物半導体（例えば、G a N）と電子供給層18を構成する窒化物半導体（例えば、A l G a N）とは格子不整合系の接合になっている。電子走行層16および電子供給層18の自発分極と、電子供給層18のヘテロ接合部が受ける応力に起因するピエゾ分極とによって、電子走行層16と電子供給層18とのヘテロ接合界面付近における電子走行層16の伝導帯のエネルギーレベルはフェルミ準位よりも低くなる。これにより、電子走行層16と電子供給層18とのヘテロ接合界面に近い位置（例えば、界面から数 nm程度の距離）において電子走行層16内には二次元電子ガス（2 D E G）20が広がっている。

[0022] 窒化物半導体装置10はさらに、電子供給層18上に形成されたゲート層22と、ゲート層22上に形成されたゲート電極24と、電子供給層18、ゲート層22、およびゲート電極24を覆うパッシベーション層26とを含む。

[0023] ゲート層22は、アクセプタ型不純物を含む窒化物半導体によって電子供給層18上の一部に形成されている。ゲート層22は、電子供給層18よりも小さなバンドギャップを有する任意の材料によって構成され得る。例えば、電子供給層18がA l G a N層である場合、ゲート層22は、アクセプタ型不純物がドーピングされたG a N層、すなわちp型G a N層であってよい。アクセプタ型不純物は、例えば、亜鉛（Z n）、マグネシウム（M g）、

および炭素 (C) のうちの少なくとも1つを含み得る。アクセプタ型不純物は、例えば、 $7 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 以下の最大濃度を有し得る。

[0024] ゲート電極24は、ゲート層22の上面の一部または全部に形成されており、ゲート層22とショットキー接合を形成している。ゲート電極24は、1つまたは複数の金属層によって構成されており、例えば窒化チタン (TiN) 層であってよい。あるいは、ゲート電極24は、第1金属層 (例えば、Ti層) と、第1金属層上に設けられた第2金属層 (例えば、TiN層) とによって構成されてもよい。ゲート電極24は、例えば、50 nm以上300 nm以下の厚さを有し得る。

[0025] パッシベーション層26は、例えば、窒化シリコン (SiN) 膜、二酸化シリコン (SiO₂) 膜、酸窒化シリコン (SiON) 膜、アルミナ (Al₂O₃) 膜、AlN膜、および酸窒化アルミニウム (AlON) 膜のうちのいずれか1つの単膜か、またはそれらの2つ以上の任意の組み合わせを含む複合膜によって構成されている。パッシベーション層26は、第1開口部26Aと第2開口部26Bを含む。ゲート層22は、第1開口部26Aと第2開口部26Bとの間に位置している。

[0026] 窒化物半導体装置10はさらに、パッシベーション層26の第1開口部26Aを介して電子供給層18に接するソース電極32と、パッシベーション層26の第2開口部26Bを介して電子供給層18に接するドレイン電極34とを含む。窒化物半導体装置10はさらに、パッシベーション層26上に形成されたフィールドプレート電極36を含む。

[0027] ソース電極32、ドレイン電極34、およびフィールドプレート電極36は、例えば、Ti層、TiN層、Al層、AlSiCu層、およびAlCu層のうちの少なくとも1つを用いた1つまたは複数の金属層によって構成されている。例えば、ソース電極32、ドレイン電極34、およびフィールドプレート電極36は、同じ材料で形成され得る。この場合、ソース電極32、ドレイン電極34、およびフィールドプレート電極36のすべてを同一の

工程で形成することができる点で有利である。

[0028] ソース電極32の少なくとも一部は、パッシベーション層26の第1開口部26A内に充填されており、ドレイン電極34の少なくとも一部は、パッシベーション層26の第2開口部26B内に充填されている。ソース電極32およびドレイン電極34は、それぞれ第1開口部26Aおよび第2開口部26Bを介して、電子供給層18の直下の2DEGとオーミック接触している。

[0029] [ゲート層のステップ構造]

引き続き図1を参照して、ゲート層22の例示的なステップ（段差）構造について説明する。

[0030] ゲート層22は、ゲート電極24が位置するリッジ部40と、リッジ部40からパッシベーション層26の第1開口部26Aに向けて延在するソース側延在部42と、リッジ部40からパッシベーション層26の第2開口部26Bに向けて延在するドレイン側延在部44とを含む。このように、ゲート層22は、リッジ部40と延在部42、44とによるステップ構造を有している。

[0031] リッジ部40は、ゲート層22の相対的に厚い部分に相当する。リッジ部40は、ゲート電極24が位置する上面40Tと、上面40Tに連続するとともにソース側延在部42が延出する第1リッジ端部40Aと、上面40Tに連続するとともにドレイン側延在部44が延出する第2リッジ端部40Bとを含む。リッジ部40は、図1のXZ平面に沿った断面において矩形状またはほぼ矩形状（台形状）を有し得る。リッジ部40は、例えば、80nm以上150nm以下の厚さを有し得る。なお、リッジ部40の厚さとは、リッジ部40の上面40Tから下面（電子供給層18に接するゲート層22の下面）までの距離をいう。ゲート層22の厚さは、ゲート耐圧などの種々のパラメータを考慮して適宜決定され得る。

[0032] ソース側延在部42は、第1リッジ端部40Aから第1開口部26Aに向かって延出する一方、ドレイン側延在部44は、第2リッジ端部40Bから

第2開口部26Bに向かって延出している。ソース側延在部42は、第1開口部26Aに対向する端部42Aを含み、ドレイン側延在部44は、第2開口部26Bに対向する端部44Aを含む。ソース側延在部42の端部42Aは、第1開口部26Aから離間しており、ドレイン側延在部44の端部44Aは、第2開口部26Bから離間している。

[0033] 図1の例では、ドレイン側延在部44は、ソース側延在部42よりも、平面視においてリッジ部40から外側に向けて長く延びている。ただし、ソース側延在部42とドレイン側延在部44は同じ長さであってもよい。ソース側延在部42は、第1リッジ端部40Aから第1開口部26Aに向かって延在する方向において、例えば0.2 μ m以上0.3 μ m以下の長さ（第1リッジ端部40Aからソース側延在部42の端部42Aまでの長さ）を有し得る。一方、ドレイン側延在部44は、第2リッジ端部40Bから第2開口部26Bに向かって延在する方向において、例えば0.2 μ m以上0.6 μ m以下の長さ（第2リッジ端部40Bからドレイン側延在部44の端部44Aまでの長さ）を有し得る。

[0034] また、図1の例では、ソース側延在部42およびドレイン側延在部44は各々、リッジ部40に隣接する傾斜部と、リッジ部40から所定の距離（すなわち、傾斜部）を越えた領域に位置する平坦部とを含む。ただし、ソース側延在部42およびドレイン側延在部44のうちの少なくとも一方は、平坦部のみまたは傾斜部のみを含んでいてもよい。平坦部はほぼ一定の厚さを有している。なお、本明細書において「ほぼ一定」の厚さとは、厚さが製造上のばらつき（例えば、20%）の範囲内にあることを指す。ソース側延在部42およびドレイン側延在部44は各々、例えば5nm以上25nm以下の厚さを有し得る。また、ソース側延在部42の平坦部およびドレイン側延在部44の平坦部は各々、例えば5nm以上25nm以下の厚さを有し得る。

[0035] [フィールドプレート電極の概要]

引き続き図1を参照して、フィールドプレート電極36の概要について説明する。

フィールドプレート電極36は、ゲート層22とドレイン電極34との間においてパッシベーション層26上に形成されている。フィールドプレート電極36は、図1には図示されていないが、ソース電極32に電氣的に接続されている。なお、フィールドプレート電極36とソース電極32との接続構造については、図4および図5を参照して後で説明する。

[0036] フィールドプレート電極36は、第1電極端部36Aと、反対側の第2電極端部36Bとを含む。第1電極端部36Aは、ソース電極32に近い側（言い換えれば、第1リッジ端部40Aに近い側）の端部であり、第2電極端部36Bは、ドレイン電極34に近い側の端部である。第1電極端部36Aは、ソース電極32から物理的に離間しており、第2電極端部36Bは、ドレイン電極34から物理的に離間している。第2電極端部36Bはドレイン電極34に対向している。

[0037] フィールドプレート電極36は、ドレイン側延在部44がリッジ部40から第2開口部26Bに向けて延在する方向（図1のX方向：以下、ドレイン側延在部44の延在方向Xという）において、ドレイン側延在部44の長さよりも大きな長さを有し得る。ここで、フィールドプレート電極36の長さとは、フィールドプレート電極36の第1電極端部36Aから第2電極端部36Bまでの長さである。ただし、フィールドプレート電極36とドレイン側延在部44は同じ長さであってもよい。フィールドプレート電極36は、延在方向Xにおいて例えば0.5 μ m以上2 μ m以下の長さを有し得る。

[0038] フィールドプレート電極36は、平面視でゲート層22の全部と重複しない位置またはゲート層22のドレイン側延在部44の一部と重複する位置にてパッシベーション層26上に配置されている。図1の例では、フィールドプレート電極36は、平面視でドレイン側延在部44の先端部分とわずかに重複している。なお、フィールドプレート電極36は平面視でドレイン側延在部44の全部とは重複しておらず、かつ平面視でリッジ部40およびソース側延在部42とも重複していない。

[0039] [ゲート層とフィールドプレート電極とパッシベーション層との位置関係

]

次に、図2を参照して、ゲート層22のドレイン側延在部44上におけるフィールドプレート電極36とパッシベーション層26との位置関係をパッシベーション層26に焦点を当てて説明する。

[0040] 図2は、図1の窒化物半導体装置10の一部拡大断面図である。

上記したように、フィールドプレート電極36は、平面視でゲート層22の全部と重複しない位置またはドレイン側延在部44の一部と重複する位置にてパッシベーション層26上に配置されている。したがって、パッシベーション層26は、ドレイン側延在部44の直上に、フィールドプレート電極36と重複しないフィールドプレート非重複領域26RAを含む。

[0041] 図2(図1)の例では、フィールドプレート電極36は、平面視でドレイン側延在部44の端部44A(それを含む一部分)と重複している。したがって、フィールドプレート非重複領域26RAに加えて、パッシベーション層26は、ドレイン側延在部44の直上に、フィールドプレート電極36と重複するフィールドプレート重複領域26RBも含む。すなわち、パッシベーション層26は、ドレイン側延在部44の直上に、フィールドプレート非重複領域26RA(以下、単に「非重複領域26RA」という)とフィールドプレート重複領域26RB(以下、単に「重複領域26RB」という)とを含む。非重複領域26RAの面積は、重複領域26RBの面積よりも大きい。

[0042] 例えば、ドレイン側延在部44の延在方向Xにおいて、非重複領域26RAは長さL1を有し、重複領域26RBは長さL2を有している。長さL2は長さL1よりも小さく、長さL1と長さL2との合計は、延在方向Xにおけるドレイン側延在部44の長さL3に相当する。なお、非重複領域26RAには、ドレイン側延在部44の傾斜部と平坦部との双方が含まれてもよいし、または傾斜部のみもしくは平坦部のみが含まれてもよい。同様に、重複領域26RBには、ドレイン側延在部44の傾斜部と平坦部との双方が含まれてもよいし、または傾斜部のみもしくは平坦部のみが含まれてもよい。

[0043] ここで、パッシベーション層 26 上にはソース電極 32 (図 1 参照) の一部も配置され得るが、パッシベーション層 26 の非重複領域 26 R A 上には、フィールドプレート電極 36 だけでなくソース電極 32 も存在していない。したがって、ソース電極 32 は非重複領域 26 R A の外側においてパッシベーション層 26 上に設けられている。

[0044] [ゲート層のドレイン側延在部とフィールドプレート電極との長さの関係]

引き続き図 2 を参照して、ゲート層 22 のドレイン側延在部 44 とフィールドプレート電極 36 との長さの関係を説明する。

[0045] 図 2 (図 1) の例では、フィールドプレート電極 36 は、平面視でドレイン側延在部 44 と重複しない第 1 部分 36 R A と、平面視でドレイン側延在部 44 と重複する第 2 部分 36 R B とを含む。ドレイン側延在部 44 の延在方向 X において、第 1 部分 36 R A は長さ L 4 を有し、第 2 部分 36 R B は長さ L 2 を有している。すなわち、上記したパッシベーション層 26 の重複領域 26 R B の長さ L 2 は、ドレイン側延在部 44 と重複するフィールドプレート電極 36 の第 2 部分 36 R B の長さ L 2 に相当する。長さ L 4 は長さ L 2 よりも大きく、長さ L 4 と長さ L 2 との合計は、延在方向 X におけるフィールドプレート電極 36 の長さ L 5 に相当する。

[0046] 上記したように、フィールドプレート電極 36 の長さ L 5 は、ドレイン側延在部 44 の長さ L 3 よりも大きくてよい。上記したように、フィールドプレート電極 36 の長さ L 5 は、例えば 0.5 μm 以上 2 μm 以下であり、ドレイン側延在部 44 の長さ L 3 は、例えば 0.2 μm 以上 0.6 μm 以下である。例えば、フィールドプレート電極 36 の長さ L 5 は、ドレイン側延在部 44 の長さ L 3 の 1.5 倍以上であってよい。また、ドレイン側延在部 44 と重複しないフィールドプレート電極 36 の第 1 部分 36 R A の長さ L 4 は、例えば 0.4 μm 以上 2 μm 以下であってよい。例えば、フィールドプレート電極 36 の第 1 部分 36 R A の長さ L 4 は、ドレイン側延在部 44 の長さ L 3 以上であってよい。

[0047] [ゲート層とドレイン電極との間におけるフィールドプレート電極の位置]

引き続き図2を参照して、ゲート層22とドレイン電極34との間におけるフィールドプレート電極36の位置について説明する。

[0048] 図2に示されるように、フィールドプレート電極36は、ゲート層22とドレイン電極34との間においてゲート層22により近い位置に配置されている。例えば、フィールドプレート電極36の第2電極端部36Bは、フィールドプレート電極36寄りに位置する第2開口部26Bの開口端26BEとリッジ部40の第2リッジ端部40Bとの中間位置MPよりも第2リッジ端部40B寄りに位置している。

[0049] 例えば、窒化物半導体装置10では、サージなどの（例えば150V程度の）高電圧がドレイン電極34に瞬間的に印加される場合がある。このとき、フィールドプレート電極36がドレイン電極34の近傍に配置されていると、フィールドプレート電極36の直下のパッシベーション層26および電子供給層18に同等の高電圧が印加されることがある。これは、パッシベーション層26および電子供給層18の絶縁破壊を招く要因となる。この観点で、フィールドプレート電極36がドレイン電極34からより離れた位置に配置されるように、フィールドプレート電極36の第2電極端部36Bが中間位置MPよりもゲート層22（第2リッジ端部40B）寄りに位置している。

[0050] [窒化物半導体装置のレイアウト]

図3は、図1の窒化物半導体装置10の例示的な形成パターン100を示す図1のF3-F3線に沿った概略平面図である。なお、図示を簡略化して理解を容易にするために、断面を示すハッチングは省略している。また、図3ではゲート電極24の図示は省略している。

[0051] 図3に示されるように、形成パターン100は、トランジスタ動作に寄与するアクティブ領域102と、トランジスタ動作に寄与しない非アクティブ領域104とを交互に含む。窒化物半導体装置10は、ソース電極32、ゲ

ート電極 24（図 3 では図示略）が配置されたゲート層 22、フィールドプレート電極 36、およびドレイン電極 34 がアクティブ領域 102 内で一方向に隣り合って配置されることで HEMT として構成されている。ゲート電極 24 に所定の電圧が印加されてアクティブ領域 102 内においてソースドレイン間に電流が流れることで HEMT は動作する。

[0052] 図 3 の例では、アクティブ領域 102 において、複数（図 3 では 4 つ）の窒化物半導体装置 10 が X 方向に連続して形成されている。図 3 に示される各窒化物半導体装置 10 は図 1 に示される窒化物半導体装置 10 に対応する。すなわち、図 1 は、アクティブ領域 102 に形成される 1 つの窒化物半導体装置 10 を示している。

[0053] 図 3 に示されるように、パッシベーション層 26 は、ドレイン側延在部 44 の直上に、フィールドプレート電極 36 と重複しない非重複領域 26RA を含む。この非重複領域 26RA は、ドレイン側延在部 44 の直上に位置するパッシベーション層 26 の領域のほぼ全体である。アクティブ領域 102 において、フィールドプレート電極 36 は、平面視でドレイン側延在部 44 の端部 44A（それを含む一部分）と重複しているが、ソース電極 32 からは離間している。

[0054] フィールドプレート電極 36 は、平面視においてゲート層 22 に沿った方向（Y 方向）に長尺状に形成されている。図 3 の例では、フィールドプレート電極 36 は、ゲート層 22 に沿った方向において、アクティブ領域 102 を横断する長さで形成され得る。また、フィールドプレート電極 36 は、ゲート層 22 に沿った方向において、ソース電極 32（およびドレイン電極 34）の長さよりも大きな長さで形成され得る。

[0055] [ソース電極とフィールドプレート電極との接続構造]

次に、図 4 および図 5 を参照して、ソース電極 32 とフィールドプレート電極 36 との接続構造について説明する。

[0056] 図 4 は、ソース電極 32 とフィールドプレート電極 36 との電気的な接続構造を示す図 3 の一部拡大平面図である。図 5 は、図 4 の F5-F5 線に沿

った窒化物半導体装置 10 の一部拡大断面図である。なお、図 5 は、1 つの窒化物半導体装置 10 を示している。

[0057] 図 4 および図 5 に示されるように、窒化物半導体装置 10 は、層間絶縁層 52 (図 4 では図示略) と、第 1 ビア 54 と、第 2 ビア 56 と、ソース配線 58 とを備えている。第 1 ビア 54 および第 2 ビア 56 は導体すなわち配線である。層間絶縁層 52 は、ソース電極 32、ドレイン電極 34、フィールドプレート電極 36、およびパッシベーション層 26 を覆っている。

[0058] 第 1 ビア 54 は、層間絶縁層 52 を貫通してソース電極 32 に接続されており、第 2 ビア 56 は、層間絶縁層 52 を貫通してフィールドプレート電極 36 に接続されている。ソース配線 58 は、層間絶縁層 52 上に形成されるとともに、第 1 ビア 54 および第 2 ビア 56 に接続されている。したがって、フィールドプレート電極 36 は、第 2 ビア 56、ソース配線 58、および第 1 ビア 54 を介してソース電極 32 に電氣的に接続されている。

[0059] なお、断面図は省略しているが、図 4 に示されるように、窒化物半導体装置 10 はさらに、層間絶縁層 52 を貫通してドレイン電極 34 に接続された第 3 ビア 62 と、層間絶縁層 52 上に形成されるとともに第 3 ビア 62 に接続されたドレイン配線 64 とを備える。したがって、ドレイン電極 34 には、ドレイン配線 64 および第 3 ビア 62 を通じてドレイン電圧が印加される。

[0060] [窒化物半導体装置の作用]

次に、窒化物半導体装置 10 の作用について説明する。

窒化物半導体装置 10 は、アクセプタ型不純物を含む窒化物半導体層 (例えば p 型 GaN 層) として設けられるゲート層 22 を含む。このゲート層 22 は、リッジ部 40 と、リッジ部 40 から互いに逆方向に延在するソース側延在部 42 とドレイン側延在部 44 とを含む。ソース側延在部 42 およびドレイン側延在部 44 により、ゲート正バイアス時にリッジ部 40 の下端に集中する電気力線を各延在部 42, 44 に逃がしてゲート層 22 内の X 方向の電位を均一化することができる。これによってゲート電極 24 端部に掛かる

電界強度を低減することができるため、高ゲート電圧印加時のゲートリーク電流の発生を抑制してゲート耐圧を向上させることができる。

[0061] また、窒化物半導体装置 10 は、ゲート層 22（ゲート電極 24）とドレイン電極 34 との間においてパッシベーション層 26 上に設けられたフィールドプレート電極 36 を含む。このフィールドプレート電極 36 は、ドレイン電極 34 に高電圧が印加されたときにフィールドプレート電極 36 からその直下の 2DEG 20 に向けて空乏層を伸ばす役割を果たすことでドレインソース間領域に生じる電界集中を緩和する。

[0062] 例えば、ドレイン電極 34 寄りのゲート電極 24 の端部付近（例えば、第 2 リッジ端部 40B およびドレイン側延在部 44 の端部 44A など）は、ドレイン電極 34 に高電圧が印加されたときに電界が集中し易い箇所である。これらの箇所における電界集中は、フィールドプレート電極 36 の直下に空乏層が伸びることによって効果的に緩和される。その結果、局所的な電界集中に起因する電子供給層 18 およびパッシベーション層 26 の絶縁破壊を抑制してドレインソース間耐圧を向上させることができる。

[0063] ここで、フィールドプレート電極 36 を有する窒化物半導体装置 10 は、フィールドプレート電極 36 と 2DEG 20 との間に電子供給層 18（およびドレイン側延在部 44 の一部）とパッシベーション層 26 とを介して形成される寄生容量を有する。この寄生容量は、ドレインソース間領域に配置されたフィールドプレート電極 36 の面積に応じて増加する。

[0064] この点を考慮して、フィールドプレート電極 36 は、平面視でゲート層 22 のドレイン側延在部 44 の一部とは重複しているが、ドレイン側延在部 44 の全部とは重複していない。したがって、パッシベーション層 26 は、ドレイン側延在部 44 の直上に、フィールドプレート電極 36 と重複しない（すなわちフィールドプレート電極 36 が存在しない）フィールドプレート非重複領域 26RA を含む。この構成では、非重複領域 26RA の面積を大きくする（すなわち重複領域 26RB の面積を小さくする）ことにより、ドレインソース間の寄生容量を低減することができる。

[0065] 第1実施形態の窒化物半導体装置10は、以下の利点を有する。

(1-1) ゲート層22は、リッジ部40とソース側延在部42とドレイン側延在部44とを含む。ソース側延在部42とドレイン側延在部44は、ゲート正バイアス時にゲート電極24端部に掛かる電界強度を低減することができるため、ゲートリーク電流の発生を抑制してゲート耐圧を向上させることができる。

[0066] (1-2) フィールドプレート電極36は、ゲート層22とドレイン電極34との間においてパッシベーション層26上に設けられている。フィールドプレート電極36は、ドレイン電極34に高電圧が印加されたときにフィールドプレート電極36からその直下の2DEG20に向けて空乏層を伸ばすことにより、ドレイン-ソース間領域における電界集中を緩和する効果をもたらす。その結果、局所的な電界集中に起因する電子供給層18およびパッシベーション層26の絶縁破壊を抑制してドレイン-ソース間耐圧を向上させることができる。

[0067] (1-3) パッシベーション層26は、ドレイン側延在部44の直上に、フィールドプレート電極36と重複しないフィールドプレート非重複領域26RAを含む。この構成では、フィールドプレート電極36が非重複領域26RA上に存在しないため、非重複領域26RAにおいて寄生容量は形成されない。これにより、ドレイン-ソース間の寄生容量を低減することができる。また、この構成では、非重複領域26RAの面積を大きくする（すなわち、重複領域26RBの面積を小さくする）ことで、ドレイン-ソース間の寄生容量をより低減することができる。

[0068] (1-4) ゲート層22のステップ構造（リッジ部40と延在部42, 44）を採用しつつ、そのゲート層22全体（すなわち、リッジ部50全体と延在部42, 44全体）を覆うフィールドプレート電極を設けることで、ゲート耐圧およびドレイン-ソース間耐圧を向上させることができる。しかしながら、この場合、フィールドプレート電極の存在によって生じるドレイン-ソース間寄生容量が大きくなることで、HEMTの高速・高周波動作が制

限される可能性がある。この点、パッシベーション層26は、ドレイン側延在部44の直上に、フィールドプレート電極36と重複しないフィールドプレート非重複領域26RAを含む。この構成により、窒化物半導体装置10は、ゲート耐圧の向上を図りつつ、ドレイン-ソース間耐圧の向上とドレイン-ソース間寄生容量の低減とを両立させるHEMT構造を実現することができる。

[0069] (1-5) フィールドプレート電極36は、平面視でドレイン側延在部44の端部44Aと重複している（ただし、ドレイン側延在部44の全部とは重複していない）。この構成では、ドレイン側延在部44の端部44Aの直上にフィールドプレート電極36が存在するため、ドレイン側延在部44の端部44Aに集中する電界をフィールドプレート電極36によって緩和することができる。すなわち、ドレイン-ソース間寄生容量の低減を図りつつドレイン側延在部44の端部44Aにおける電界集中を緩和することができる。

[0070] (1-6) フィールドプレート電極36は、アクティブ領域102内でソース電極32から離間している。また、ソース電極32は、平面視でゲート層22のドレイン側延在部44と重複しない位置においてパッシベーション層26上に設けられた領域を有している。なお、図1の例では、ソース電極32は、ドレイン側延在部44だけでなく、リッジ部40およびソース側延在部42とも重複しない位置においてパッシベーション層26上に設けられた領域を有している。結果として、図1では、フィールドプレート電極36の一部のみがドレイン側延在部44の直上のパッシベーション層26上に存在している。この構成では、ドレイン-ソース間寄生容量を効果的に低減することができる。

[0071] (1-7) フィールドプレート電極36は、ドレイン電極34に対向する電極端部36Bを含む。この電極端部36Bは、フィールドプレート電極36寄りに位置する第2開口部26Bの開口端26BEと第2リッジ端部40Bとの中間位置MPよりも、第2リッジ端部40B寄りに位置している。し

たがって、フィールドプレート電極 36 は、ドレイン電極 34 からより離れた位置に配置されている。これにより、ドレイン電極 34 にサージなどの高電圧が印加された場合にフィールドプレート電極 36 の直下のパッシベーション層 26 および電子供給層 18 に電界が集中することを抑制することができる。その結果、パッシベーション層 26 および電子供給層 18 が絶縁破壊されることを抑制することができる。

[0072] (1-8) フィールドプレート電極 36 は、ドレイン側延在部 44 の延在方向 X において、ドレイン側延在部 44 の長さ L3 よりも大きな長さ L5 を有し得る。この構成によれば、ゲート耐圧の向上とドレイン-ゲート間寄生容量の低減を図りつつ、より大きな面積のフィールドプレート電極 36 によってドレイン-ソース間耐圧を向上させることができる。

[0073] (1-9) フィールドプレート電極 36 は、平面視でドレイン側延在部 44 と重複しない第 1 部分 36RA を含む。この第 1 部分 36RA は、ドレイン側延在部 44 の延在方向 X において、ドレイン側延在部 44 の長さ L3 以上の長さ L4 を有し得る。この構成によれば、ドレイン-ゲート間寄生容量の低減とドレイン-ソース間耐圧の向上とを効果的に両立することができる。

[0074] (1-10) フィールドプレート電極 36 は、ソース電極 32 およびドレイン電極 34 と同じ材料によって形成され得る。この構成によれば、ソース電極 32、ドレイン電極 34、およびフィールドプレート電極 36 のすべてを同一の工程で形成することができる点で有利である。

[0075] (1-11) フィールドプレート電極 36 は、ゲート層 22 に沿った方向においてソース電極 32 の長さよりも大きな長さを有し得る。この構成によれば、より大きな面積のフィールドプレート電極 36 によってドレイン-ソース間耐圧を向上させることができる。

[0076] [第 2 実施形態]

図 6 は、第 2 実施形態に係る例示的な窒化物半導体装置 10A の概略断面図である。図 6 において、第 1 実施形態に係る窒化物半導体装置 10 と同様

の構成要素には、同じ符号を付している。以下では、第1実施形態と同様な構成要素については説明を省略し、第1実施形態と異なる構成要素について説明する。

[0077] 図6に示されるように、第2実施形態に係る窒化物半導体装置10Aは、第1実施形態のフィールドプレート電極36（図1参照）の代わりにフィールドプレート電極361を有する点で、第1実施形態に係る窒化物半導体装置10と異なる。その他の構成は、第1実施形態と同様である。

[0078] フィールドプレート電極361は、平面視でゲート層22のドレイン側延在部44とは重複しない位置においてパッシベーション層26上に配置されている。したがって、第2実施形態では、フィールドプレート電極361は、フィールドプレート電極361の全体を、平面視でドレイン側延在部44と重複しない第1部分361RAとして含む。このため、第2実施形態では、パッシベーション層26は、パッシベーション層26におけるドレイン側延在部44の直上のすべての領域を、フィールドプレート非重複領域26RAとして含む。なお、フィールドプレート電極361がドレイン側延在部44と重複していない点を除いては、第1実施形態と同様な構造的特徴を第2実施形態にも採用することができる。

[0079] 第2実施形態の窒化物半導体装置10Aは、第1実施形態の(1-1)～(1-4)および(1-6)～(1-11)の利点に加えて、以下の利点を有する。

(2-1) フィールドプレート電極361は、平面視でドレイン側延在部44とは重複していない。このため、パッシベーション層26は、パッシベーション層26におけるドレイン側延在部44の直上のすべての領域を、フィールドプレート非重複領域26RAとして含む。この構成では、フィールドプレート電極361に起因した寄生容量がドレイン側延在部44の領域には存在しないため、ドレインソース間の寄生容量を最小限にすることができる。

[0080] [第3実施形態]

図7は、第3実施形態に係る例示的な窒化物半導体装置10Bの概略断面図である。図6において、第1実施形態に係る窒化物半導体装置10と同様の構成要素には、同じ符号を付している。以下では、第1実施形態と同様な構成要素については説明を省略し、第1実施形態と異なる構成要素について説明する。

[0081] 図7に示されるように、第3実施形態に係る窒化物半導体装置10Bは、第1実施形態のソース電極32（図1参照）の代わりにソース電極321を有する点で、第1実施形態に係る窒化物半導体装置10と異なる。その他の構成は、第1実施形態と同様である。

[0082] ソース電極321は、パッシベーション層26の第1開口部26Aの位置から平面視でゲート層22のソース側延在部42と重複する位置に亘ってパッシベーション層26上に延在している。なお、図7の例では、ソース電極321の端部321Aは、ソース側延在部42の平坦部上に位置しているが、ソース側延在部42の傾斜部上に位置していてもよい。言い換えれば、ソース電極321は、ソース側延在部42の一部または全体を覆っていればよい。ただし、ソース電極321は、ゲート層22のリッジ部40については覆っていない。なお、ソース電極321がソース側延在部42と重複している点を除いては、第1実施形態と同様な構造的特徴を第3実施形態にも採用することができる。

[0083] 第3実施形態の窒化物半導体装置10Bは、第1実施形態の(1-1)～(1-5)および(1-7)～(1-11)の利点に加えて、以下の利点を有する。

(3-1) ソース電極321は、平面視でソース側延在部42と重複している。ソース電極321がソース側延在部42と重複していない場合、ソース電極321と2DEG20との間に形成されるゲート-ソース間寄生容量は低減する。しかしながら、ゲート-ソース間寄生容量が低減すると、セルフターンオンが起こる可能性がある。セルフターンオンとは、オフ状態のHEMTのドレイン-ソース間に急峻に電圧が印加されたとき、ゲートドレ

イン間寄生容量 C_{gd} とゲートソース間寄生容量 C_{gs} との比で表される C_{gd}/C_{gs} に応じてゲートソース間寄生容量 C_{gs} に閾値電圧を越えるゲート電圧が印加されることにより、HEMTがターンオンする現象である。この比 C_{gd}/C_{gs} は、ゲートソース間寄生容量 C_{gs} が小さくなるほど増加する。

[0084] この点、第3実施形態では、ソース電極321がソース側延在部42と重複しているため、ゲートソース間寄生容量 C_{gs} の低減を抑制してセルフターンオンの発生を抑制することができる。また、第3実施形態では、第1実施形態と同様に、パッシベーション層26は、ドレイン側延在部44の直上に、フィールドプレート電極36と重複しない非重複領域26RAを含む。このため、ゲートドレイン間寄生容量 C_{gd} は（非重複領域26RAがない構成と比べて）低減されている。これにより、比 C_{gd}/C_{gs} の増加を効果的に抑制してセルフターンオンの発生を抑制することができる。

[0085] [第4実施形態]

図8は、第4実施形態に係る例示的な窒化物半導体装置10Cの概略断面図である。図6において、第1実施形態に係る窒化物半導体装置10と同様の構成要素には、同じ符号を付している。以下では、第1実施形態と同様な構成要素については説明を省略し、第1実施形態と異なる構成要素について説明する。

[0086] 図8に示されるように、第4実施形態に係る窒化物半導体装置10Cは、第1実施形態のソース電極32（図1参照）の代わりにソース電極322を有する点で、第1実施形態に係る窒化物半導体装置10と異なる。その他の構成は、第1実施形態と同様である。

[0087] ソース電極322は、パッシベーション層26の第1開口部26Aの位置から平面視でゲート電極24と重複する位置に亘ってパッシベーション層26上に延在している。なお、図8の例では、ソース電極322はゲート電極24の全体を覆っており、ソース電極322の端部322Aはリッジ部40上に位置しているが、ゲート電極24の一部を覆っていてもよい。なお、ソース電極322がゲート電極24と重複している点を除いては、第1実施形

態と同様な構造的特徴を第4実施形態にも採用することができる。

[0088] 第4実施形態の窒化物半導体装置10Cは、第1実施形態の(1-1)～(1-5)および(1-7)～(1-11)ならびに第3実施形態の(3-1)の利点に加えて、以下の利点を有する。

[0089] (4-1) ソース電極322は、平面視でゲート電極24と重複している。このため、第3実施形態のソース電極321を用いる場合よりも、ゲート-ソース間寄生容量 C_{gs} の低減をさらに抑制してセルフターンオンの発生を抑制することができる。これにより、比 C_{gd}/C_{gs} の増加をさらに効果的に抑制してセルフターンオンの発生を抑制することができる。

[0090] [変更例]

上記各実施形態は、以下のように変更して実施することができる。また、上記各実施形態および以下の各変更例は、技術的に矛盾しない範囲で互いに組み合わせて実施することができる。

[0091] ・上記第1実施形態において、ソース電極32とフィールドプレート電極36との接続構造(図4および図5参照)を図9のように変更してもよい。図9は、別の接続構造の例を示す概略平面図である。なお、以下に説明する図9の変形例は、第1実施形態だけでなく第2～第4実施形態にも同様に適用することができる。

[0092] 図9に示されるように、窒化物半導体装置10は環状電極110を含み、この環状電極110は、フィールドプレート電極112、ソース電極114、および2つの接続配線116, 118を含む。なお、フィールドプレート電極112は第1実施形態のフィールドプレート電極36に対応し、ソース電極114は第1実施形態のソース電極32に対応する。ただし、ソース電極114は、フィールドプレート電極112とY方向に同じ長さを有している。

[0093] 2つの接続配線116, 118は、フィールドプレート電極112およびソース電極114と同一層に形成されており、フィールドプレート電極112とソース電極114とを環状に接続する。フィールドプレート電極112

およびソース電極 114 は、アクティブ領域 102 内に配置されている。一方、接続配線 116, 118 は、非アクティブ領域 104 内に配置されている。このような環状電極 110 により、フィールドプレート電極 112 とソース電極 114 とが接続配線 116, 118 を介して電氣的に接続される。

[0094] 例えば、フィールドプレート電極 112 の幅 (X 方向の長さ) が狭く、第 2 ピア 56 (図 4 参照) をフィールドプレート電極 112 に形成することが難しい場合、図 9 のような環状電極 110 が採用され得る。この場合、接続配線 116, 118 は非アクティブ領域 104 に配置されているため、接続配線 116, 118 がアクティブ領域 102 内の素子レイアウトおよび素子動作に与える影響を小さくすることができる。このような図 9 の接続構造を採用した場合も上記各実施形態と同様な利点が得られる。

[0095] ・上記第 1 実施形態において、ソース電極 32 とフィールドプレート電極 36 との接続構造 (図 4 および図 5 参照) を図 10 のように変更してもよい。図 10 は、さらに別の接続構造の例を示す概略平面図である。なお、以下に説明する図 10 の変形例は、第 1 実施形態だけでなく第 2 ~ 第 4 実施形態にも同様に適用することができる。

[0096] 図 10 に示されるように、窒化物半導体装置 10 は、フィールドプレート電極 362 を含む。このフィールドプレート電極 362 は、ドレイン側延在部 44 と重複しない位置に配置されているが、ドレイン側延在部 44 と一部重複するように配置されてもよい。フィールドプレート電極 362 は、ゲート層 22 に沿った方向においてソース電極 32 の長さよりも大きな長さを有している。

[0097] 図 10 の例では、フィールドプレート電極 362 は、電極本体 362A と電極接続部 362B とを含む。電極本体 362A はアクティブ領域 102 内に配置されている。一方、電極接続部 362B は非アクティブ領域 104 内に配置されている。電極接続部 362B は、電極本体 362A よりも大きな幅 (X 方向の長さ) を有している。電極接続部 362B には、層間絶縁層 52 (図 5 参照) を貫通するビア 364 が接続されている。ビア 364 は導体

すなわち配線である。詳細な図示は省略するが、フィールドプレート電極 362 の電極本体 362 A は、電極接続部 362 B、ビア 364、および層間絶縁層 52 上の他の配線を介してソース配線 58 に接続されている。

[0098] 例えば、フィールドプレート電極 362 の電極本体 362 A の幅（X 方向の長さ）が狭く、第 2 ビア 56（図 4 参照）を電極本体 362 A に形成することが難しい場合、図 10 のような幅広の電極接続部 362 B を含むフィールドプレート電極 362 が採用され得る。図 9 の場合と同様、電極接続部 362 B は非アクティブ領域 104 に配置されているため、電極接続部 362 B がアクティブ領域 102 内の素子レイアウトおよび素子動作に与える影響を小さくすることができる。このような図 10 の接続構造を採用した場合も上記各実施形態と同様な利点が得られる。

[0099] なお、図 10 の構成において、電極接続部 362 B の幅および形状、ならびにビア 364 の数は任意に変更することができる。

・上記各実施形態において、フィールドプレート電極 36 をソース電極 32 に接続する構成に代えて、フィールドプレート電極 36 の電位を任意の電位設定回路によってソース電位に設定してもよい。

[0100] ・上記各実施形態において、フィールドプレート電極 36 は、ソース電極 32 およびドレイン電極 34 と異なる材料で形成されてもよい。

・上記各実施形態において、アクティブ領域 102 内に形成される HEMT の数は特に限定されない。

[0101] ・本開示で使用される「～上に」という用語は、文脈によって明らかにそうでないことが示されない限り、「～上に」と「～の上方に」の意味を含む。したがって、「第 1 層が第 2 層上に形成される」という表現は、或る実施形態では第 1 層が第 2 層に接触して第 2 層上に直接配置され得るが、他の実施形態では第 1 層が第 2 層に接触することなく第 2 層の上方に配置され得ることが意図される。すなわち、「～上に」という用語は、第 1 層と第 2 層との間に他の層が形成される構造を排除しない。例えば、電子供給層 18 が電子走行層 16 上に形成される上記各実施形態は、2DEG 20 を安定して形

成するために電子供給層 18 と電子走行層 16 との間に中間層が位置する構造も含む。

[0102] ・本開示で使用される Z 軸方向は必ずしも鉛直方向である必要はなく、鉛直方向に完全に一致している必要もない。したがって、本開示による種々の構造（例えば、図 1 に示される構造）は、本明細書で説明される Z 軸方向の「上」および「下」が鉛直方向の「上」および「下」であることに限定されない。例えば、X 軸方向が鉛直方向であってもよく、または Y 軸方向が鉛直方向であってもよい。

[0103] ・本開示で使用される「垂直」、「水平」、「上方」、「下方」、「上」、「下」、「前方」、「後方」、「横」、「左」、「右」、「前」、「後」等の方向を示す用語は、説明および図示された装置の特定の向きに依存する。本開示においては、様々な代替的な向きを想定することができ、したがって、これらの方向を示す用語は、狭義に解釈されるべきではない。

[0104] [付記]

上記各実施形態および各変更例から把握できる技術的思想を以下に記載する。なお、各付記に記載された構成要素に対応する実施形態の構成要素の符号を括弧書きで示す。符号は、理解の補助のために例として示すものであり、各付記に記載された構成要素は、符号で示される構成要素に限定されるべきではない。

[0105] (付記 A 1)

窒化物半導体によって構成された電子走行層 (16) と、
前記電子走行層 (16) よりも大きなバンドギャップを有する窒化物半導体によって前記電子走行層 (16) 上に構成された電子供給層 (18) と、
アクセプタ型不純物を含む窒化物半導体によって前記電子供給層 (18) 上の一部に形成されたゲート層 (22) と、
前記ゲート層 (22) 上に形成されたゲート電極 (24) と、
前記電子供給層 (18)、前記ゲート層 (22)、および前記ゲート電極 (24) を覆うとともに、第 1 開口部 (26A) および第 2 開口部 (26B

)を含むパッシベーション層(26)と、

前記第1開口部(26A)を介して前記電子供給層(18)に接するソース電極(32; 114; 321; 322)と、

前記第2開口部(26B)を介して前記電子供給層(18)に接するドレイン電極(34)と、

前記ゲート層(22)と前記ドレイン電極(34)との間において前記パッシベーション層(26)上に形成されたフィールドプレート電極(36; 112; 361; 362)と、を備え、

前記ゲート層(22)は、

前記ゲート電極(24)が位置するリッジ部(40)と、

前記リッジ部(40)から前記第1開口部(26A)に向けて延在するソース側延在部(42)と、

前記リッジ部(40)から前記第2開口部(26B)に向けて延在するドレイン側延在部(44)と、

を含み、

前記パッシベーション層(26)は、前記ドレイン側延在部(44)の直上に、前記フィールドプレート電極(36; 112; 361; 362)と重複しないフィールドプレート非重複領域(26RA)を含む、窒化物半導体装置(10; 10A; 10B; 10C)。

[0106] (付記A2)

前記フィールドプレート非重複領域(26RA)は、前記パッシベーション層(26)における前記ドレイン側延在部(44)の直上のすべての領域である、付記A1に記載の窒化物半導体装置(10A)。

[0107] (付記A3)

前記フィールドプレート電極(36)は、平面視において前記ドレイン側延在部(44)の端部(44A)に重複している、付記A1に記載の窒化物半導体装置(10; 10B; 10C)。

[0108] (付記A4)

前記ソース電極（３２）、前記ゲート電極（２４）が配置された前記ゲート層（２２）、前記フィールドプレート電極（３６）、および前記ドレイン電極（３４）はアクティブ領域（１０２）内で一方向に隣り合って配置されており、

前記フィールドプレート電極（３６）は、前記アクティブ領域（１０２）内で前記ソース電極（３２）から離間しており、

前記ソース電極（３２）は、平面視で前記ドレイン側延在部（４４）と重複しない位置において前記パッシベーション層（２６）上に設けられた領域を有する、付記Ａ１～Ａ３のうちのいずれか一つに記載の窒化物半導体装置（１０；１０Ａ；１０Ｂ；１０Ｃ）。

[0109] （付記Ａ５）

前記ソース電極（３２）は、前記フィールドプレート非重複領域（２６ＲＡ）の外側において前記パッシベーション層（２６）上に設けられている、付記Ａ１～Ａ４のうちのいずれか一つに記載の窒化物半導体装置（１０；１０Ａ；１０Ｂ；１０Ｃ）。

[0110] （付記Ａ６）

前記リッジ部（４０）は、

前記ゲート電極（２４）が位置する上面（４０Ｔ）と、

前記上面（４０Ｔ）に連続するとともに前記ソース側延在部（４２）が延出する第１リッジ端部（４０Ａ）と、

前記上面（４０Ｔ）に連続するとともに前記ドレイン側延在部（４４）が延出する第２リッジ端部（４０Ｂ）と、を含み、

前記フィールドプレート電極（３６）は、前記ドレイン電極（３４）に対向する電極端部（３６Ｂ）を含み、

前記電極端部（３６Ｂ）は、前記フィールドプレート電極（３６）寄りに位置する前記第２開口部（２６Ｂ）の開口端（２６ＢＥ）と前記第２リッジ端部（４０Ｂ）との中間位置（ＭＰ）よりも前記第２リッジ端部（４０Ｂ）寄りに位置している、付記Ａ１～Ａ５のうちのいずれか一つに記載の窒化物

半導体装置（10；10A；10B；10C）。

[0111] （付記A7）

前記フィールドプレート電極（36）は、前記ドレイン側延在部（44）が前記第2開口部（26B）に向けて前記リッジ部（40）から延在する延在方向（X）において、前記ドレイン側延在部（44）の長さ（L3）よりも大きな長さ（L5）を有する、付記A1～A6のうちのいずれか一つに記載の窒化物半導体装置（10；10A；10B；10C）。

[0112] （付記A8）

前記フィールドプレート電極（36）は、平面視で前記ドレイン側延在部（44）と重複しない第1部分（36RA）を含み、
前記フィールドプレート電極（36）の前記第1部分（36RA）は、前記ドレイン側延在部（44）の前記延在方向（X）において、前記ドレイン側延在部（44）の長さ（L3）以上の長さ（L4）を有する、付記A7に記載の窒化物半導体装置（10；10A；10B；10C）。

[0113] （付記A9）

前記フィールドプレート電極（36）は、平面視で前記ドレイン側延在部（44）と重複しない第1部分（36RA）を含み、
前記ドレイン側延在部（44）の長さ（L3）は0.2 μ m以上0.6 μ m以下であり、
前記ドレイン側延在部（44）の前記延在方向（X）における前記フィールドプレート電極（36）の前記第1部分（36RA）の長さ（L4）は0.4 μ m以上2 μ m以下である、付記A7に記載の窒化物半導体装置（10；10A；10B；10C）。

[0114] （付記A10）

前記フィールドプレート電極（36）は、平面視で前記ドレイン側延在部（44）と重複する第2部分（36RB）を含み、
前記フィールドプレート電極（36）の前記第1部分（36RA）は、前記第2部分（36RB）よりも長い、付記A8またはA9に記載の窒化物半

導体装置（10；10A；10B；10C）。

[0115] （付記A11）

前記フィールドプレート電極（36）は、前記ソース電極（32）および前記ドレイン電極（34）と同じ材料によって形成されている、付記A1～A10のうちのいずれか一つに記載の窒化物半導体装置（10；10A；10B；10C）。

[0116] （付記A12）

前記ソース電極（321）は、前記第1開口部（26A）の位置から平面視で前記ソース側延在部（42）と重複する位置に亘って前記パッシベーション層（26）上に延在している、付記A1～A11のうちのいずれか一つに記載の窒化物半導体装置（10B）。

[0117] （付記A13）

前記ソース電極（322）は、前記第1開口部（26A）の位置から平面視で前記ゲート電極（24）と重複する位置に亘って前記パッシベーション層（26）上に延在している、付記A1～A12のうちのいずれか一つに記載の窒化物半導体装置（10C）。

[0118] （付記A14）

前記ソース電極（32）と前記フィールドプレート電極（36）とは互いに電氣的に接続されている、付記A1～A13のうちのいずれか一つに記載の窒化物半導体装置（10；10A；10B；10C）。

[0119] （付記A15）

前記ソース電極（32）、前記ドレイン電極（34）、前記フィールドプレート電極（36）、および前記パッシベーション層（26）を覆う層間絶縁層（52）と、

前記層間絶縁層（52）を貫通して前記ソース電極（32）に接続された第1ビア（54）と、

前記層間絶縁層（52）を貫通して前記フィールドプレート電極（36）に接続された第2ビア（56）と、

前記層間絶縁層（５２）上に形成されるとともに、前記第１ビア（５４）および前記第２ビア（５６）に接続されたソース配線（５８）と、を備える付記Ａ１４に記載の窒化物半導体装置（１０；１０Ａ；１０Ｂ；１０Ｃ）。

[0120] （付記Ａ１６）

前記ソース電極（３２）と前記フィールドプレート電極（３６）は、平面視において前記ゲート層（２２）に沿った方向に長尺状に形成されており、前記フィールドプレート電極（３６）は、前記ゲート層（２２）に沿った方向において前記ソース電極（３２）の長さよりも大きな長さを有している、付記Ａ１～Ａ１５のうちのいずれか一つに記載の窒化物半導体装置（１０；１０Ａ；１０Ｂ；１０Ｃ）。

[0121] （付記Ａ１７）

前記フィールドプレート電極（３６２）は、前記ゲート層（２２）に沿って延在する電極本体部（３６２Ａ）と、平面視で前記ゲート層（２２）と直交する方向において前記電極本体部（３６２Ａ）の幅よりも大きな幅を有する電極接続部（３６２Ｂ）と、を含む、付記Ａ１６に記載の窒化物半導体装置（１０；１０Ａ；１０Ｂ；１０Ｃ）。

[0122] （付記Ａ１８）

前記ソース電極（１１４）と前記フィールドプレート電極（１１２）とを接続する接続配線（１１６；１１８）を備え、前記ソース電極（１１４）、前記ゲート電極（２４）が配置された前記ゲート層（２２）、前記フィールドプレート電極（１１４）、および前記ドレイン電極（３４）はアクティブ領域（１０２）内で一方向に隣り合って配置されており、前記接続配線（１１６；１１８）は、前記アクティブ領域から外れる非アクティブ領域（１０４）内において前記パッシベーション層（２６）上に形成されている、付記Ａ１４に記載の窒化物半導体装置（１０；１０Ａ；１０

B ; 1 0 C) 。

[0123] (付記 A 1 9)

前記接続配線 (1 1 6 ; 1 1 8) は、前記ソース電極 (1 1 4) と前記フィールドプレート電極 (1 1 2) とを接続する 2 つの接続配線 (1 1 6 , 1 1 8) のうちの一つであり、

前記 2 つの接続配線 (1 1 6 , 1 1 8) 、前記ソース電極 (1 1 4) 、および前記フィールドプレート電極 (1 1 2) は環状に接続されている、付記 A 1 8 に記載の窒化物半導体装置 (1 0 ; 1 0 A ; 1 0 A ; 1 0 B ; 1 0) 。

[0124] (付記 A 2 0)

前記電子走行層 (1 6) が Ga N 層であり、

前記電子供給層 (1 8) が $Al_x Ga_{1-x} N$ 層 ($0.1 < x < 0.3$) であり、

前記ゲート層 (2 2) は、Mg および Zn の少なくとも一方を前記アクセプタ型不純物として含む Ga N 層である、付記 A 1 ~ A 1 9 のうちのいずれか一つに記載の窒化物半導体装置 (1 0 ; 1 0 A ; 1 0 B ; 1 0 C) 。

[0125] 以上の説明は単に例示である。本開示の技術を説明する目的のために列挙された構成要素および方法 (製造プロセス) 以外に、より多くの考えられる組み合わせおよび置換が可能であることを当業者は認識し得る。本開示は、特許請求の範囲を含む本開示の範囲内に含まれるすべての代替、変形、および変更を包含することが意図される。

符号の説明

[0126] 1 0 , 1 0 A , 1 0 B , 1 0 C … 窒化物半導体装置

1 6 … 電子走行層

1 8 … 電子供給層

2 0 … 二次元電子ガス (2 D E G)

2 2 … ゲート層

2 4 … ゲート電極

26…パッシベーション層
26A…第1開口部
26B…第2開口部
26BE…開口端
26RA…フィールドプレート非重複領域
26RB…フィールドプレート重複領域
32, 114, 321, 322…ソース電極
34…ドレイン電極
36, 112, 361, 362…フィールドプレート電極
36A…第1電極端部
36B…第2電極端部
36RA, 361RA…第1部分
36RB…第2部分
362A…電極本体
362B…電極接続部
40…リッジ部
40T…上面
40A…第1リッジ端部
40B…第2リッジ端部
42…ソース側延在部
42A…端部
44…ドレイン側延在部
44A…端部
52…層間絶縁層
54…第1ビア
56…第2ビア
58…ソース配線
114, 116…接続配線

M P …中間位置

X …延在方向

請求の範囲

- [請求項1] 窒化物半導体によって構成された電子走行層と、
前記電子走行層よりも大きなバンドギャップを有する窒化物半導体によって前記電子走行層上に構成された電子供給層と、
アクセプタ型不純物を含む窒化物半導体によって前記電子供給層上の一部に形成されたゲート層と、
前記ゲート層上に形成されたゲート電極と、
前記電子供給層、前記ゲート層、および前記ゲート電極を覆うとともに、第1開口部および第2開口部を含むパッシベーション層と、
前記第1開口部を介して前記電子供給層に接するソース電極と、
前記第2開口部を介して前記電子供給層に接するドレイン電極と、
前記ゲート層と前記ドレイン電極との間において前記パッシベーション層上に形成されたフィールドプレート電極と、を備え、
前記ゲート層は、
前記ゲート電極が位置するリッジ部と、
前記リッジ部から前記第1開口部に向けて延在するソース側延在部と、
前記リッジ部から前記第2開口部に向けて延在するドレイン側延在部と、
を含み、
前記パッシベーション層は、前記ドレイン側延在部の直上に、前記フィールドプレート電極と重複しないフィールドプレート非重複領域を含む、窒化物半導体装置。
- [請求項2] 前記フィールドプレート非重複領域は、前記パッシベーション層における前記ドレイン側延在部の直上のすべての領域である、請求項1に記載の窒化物半導体装置。
- [請求項3] 前記フィールドプレート電極は、平面視において前記ドレイン側延在部の端部に重複している、請求項1に記載の窒化物半導体装置。

- [請求項4] 前記ソース電極、前記ゲート電極が配置された前記ゲート層、前記フィールドプレート電極、および前記ドレイン電極はアクティブ領域内で一方向に隣り合って配置されており、
- 前記フィールドプレート電極は、前記アクティブ領域内で前記ソース電極から離間しており、
- 前記ソース電極は、平面視で前記ドレイン側延在部と重複しない位置において前記パッシベーション層上に設けられた領域を有する、請求項1～3のうちのいずれか一項に記載の窒化物半導体装置。
- [請求項5] 前記ソース電極は、前記フィールドプレート非重複領域の外側において前記パッシベーション層上に設けられている、請求項1～4のうちのいずれか一項に記載の窒化物半導体装置。
- [請求項6] 前記リッジ部は、
- 前記ゲート電極が位置する上面と、
- 前記上面に連続するとともに前記ソース側延在部が延出する第1リッジ端部と、
- 前記上面に連続するとともに前記ドレイン側延在部が延出する第2リッジ端部と、を含み、
- 前記フィールドプレート電極は、前記ドレイン電極に対向する電極端部を含み、
- 前記電極端部は、前記フィールドプレート電極寄りに位置する前記第2開口部の開口端と前記第2リッジ端部との中間位置よりも前記第2リッジ端部寄りに位置している、請求項1～5のうちのいずれか一項に記載の窒化物半導体装置。
- [請求項7] 前記フィールドプレート電極は、前記ドレイン側延在部が前記第2開口部に向けて前記リッジ部から延在する延在方向において、前記ドレイン側延在部の長さよりも大きな長さを有する、請求項1～6のうちのいずれか一項に記載の窒化物半導体装置。
- [請求項8] 前記フィールドプレート電極は、平面視で前記ドレイン側延在部と

重複しない第1部分を含み、

前記フィールドプレート電極の前記第1部分は、前記ドレイン側延在部の前記延在方向において、前記ドレイン側延在部の長さ以上の長さを有する、請求項7に記載の窒化物半導体装置。

[請求項9]

前記フィールドプレート電極は、平面視で前記ドレイン側延在部と重複しない第1部分を含み、

前記ドレイン側延在部の長さは $0.2\ \mu\text{m}$ 以上 $0.6\ \mu\text{m}$ 以下であり、

前記ドレイン側延在部の前記延在方向における前記フィールドプレート電極の前記第1部分の長さは $0.4\ \mu\text{m}$ 以上 $2\ \mu\text{m}$ 以下である、請求項7に記載の窒化物半導体装置。

[請求項10]

前記フィールドプレート電極は、平面視で前記ドレイン側延在部と重複する第2部分を含み、

前記フィールドプレート電極の前記第1部分は、前記第2部分よりも長い、請求項8または9に記載の窒化物半導体装置。

[請求項11]

前記フィールドプレート電極は、前記ソース電極および前記ドレイン電極と同じ材料によって形成されている、請求項1～10のうちのいずれか一項に記載の窒化物半導体装置。

[請求項12]

前記ソース電極は、前記第1開口部の位置から平面視で前記ソース側延在部と重複する位置に亘って前記パッシベーション層上に延在している、請求項1～11のうちのいずれか一項に記載の窒化物半導体装置。

[請求項13]

前記ソース電極は、前記第1開口部の位置から平面視で前記ゲート電極と重複する位置に亘って前記パッシベーション層上に延在している、請求項1～12のうちのいずれか一項に記載の窒化物半導体装置。

[請求項14]

前記ソース電極と前記フィールドプレート電極とは互いに電氣的に接続されている、請求項1～13のうちのいずれか一項に記載の窒化

物半導体装置。

[請求項15] 前記ソース電極、前記ドレイン電極、前記フィールドプレート電極、および前記パッシベーション層を覆う層間絶縁層と、
前記層間絶縁層を貫通して前記ソース電極に接続された第1ビアと、
前記層間絶縁層を貫通して前記フィールドプレート電極に接続された第2ビアと、
前記層間絶縁層上に形成されるとともに、前記第1ビアおよび前記第2ビアに接続されたソース配線と、
を備える請求項14に記載の窒化物半導体装置。

[請求項16] 前記ソース電極と前記フィールドプレート電極は、平面視において前記ゲート層に沿った方向に長尺状に形成されており、
前記フィールドプレート電極は、前記ゲート層に沿った方向において前記ソース電極の長さよりも大きな長さを有している、請求項1～15のうちのいずれか一項に記載の窒化物半導体装置。

[請求項17] 前記フィールドプレート電極は、
前記ゲート層に沿って延在する電極本体部と、
平面視で前記ゲート層と直交する方向において前記電極本体部の幅よりも大きな幅を有する電極接続部と、
を含む、請求項16に記載の窒化物半導体装置。

[請求項18] 前記ソース電極と前記フィールドプレート電極とを接続する接続配線を備え、
前記ソース電極、前記ゲート電極が配置された前記ゲート層、前記フィールドプレート電極、および前記ドレイン電極はアクティブ領域内で一方向に隣り合って配置されており、
前記接続配線は、前記アクティブ領域から外れる非アクティブ領域内において前記パッシベーション層上に形成されている、請求項14に記載の窒化物半導体装置。

[請求項19] 前記接続配線は、前記ソース電極と前記フィールドプレート電極とを接続する2つの接続配線のうちの一つであり、

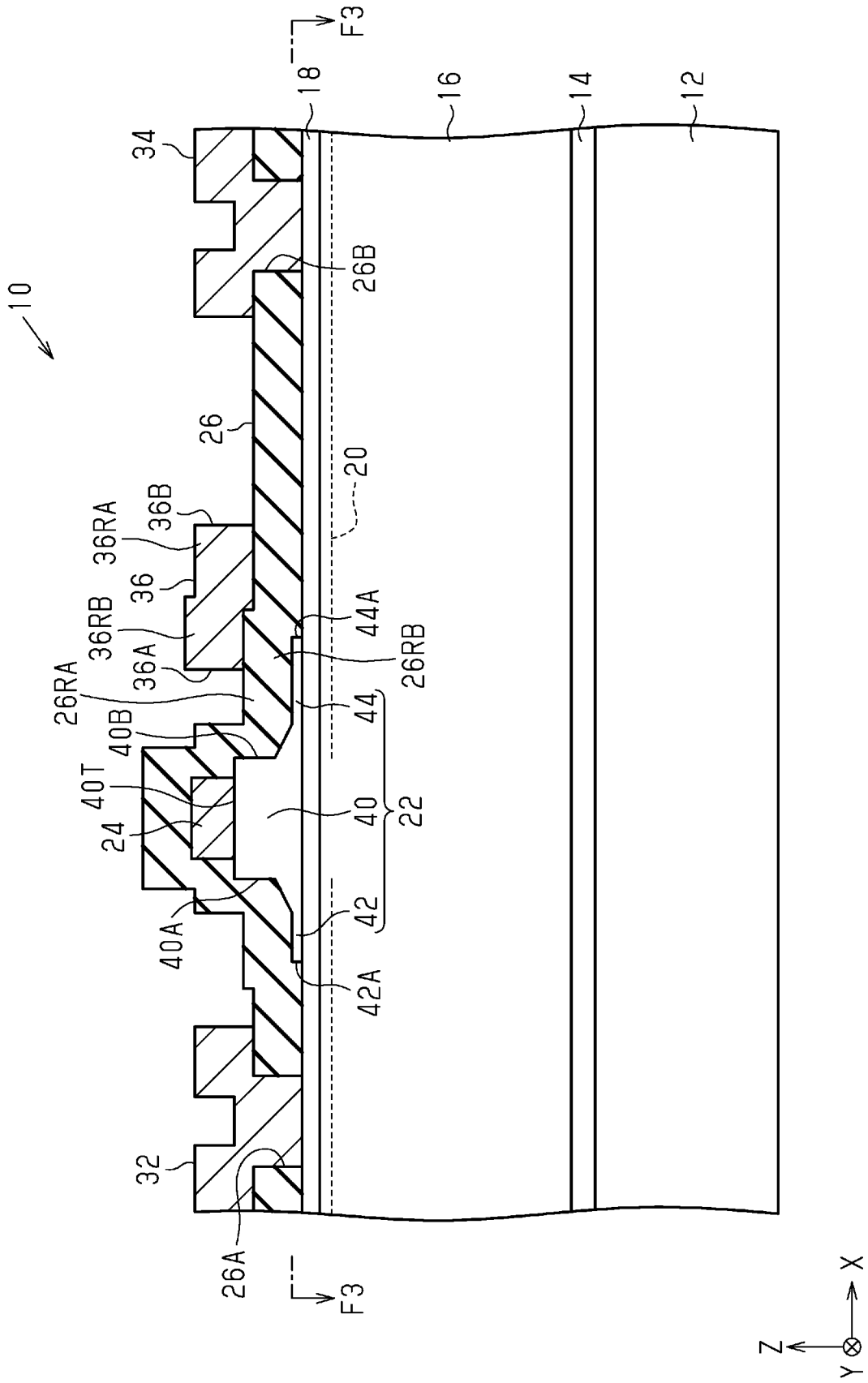
前記2つの接続配線、前記ソース電極、および前記フィールドプレート電極は環状に接続されている、請求項18に記載の窒化物半導体装置。

[請求項20] 前記電子走行層がGaN層であり、

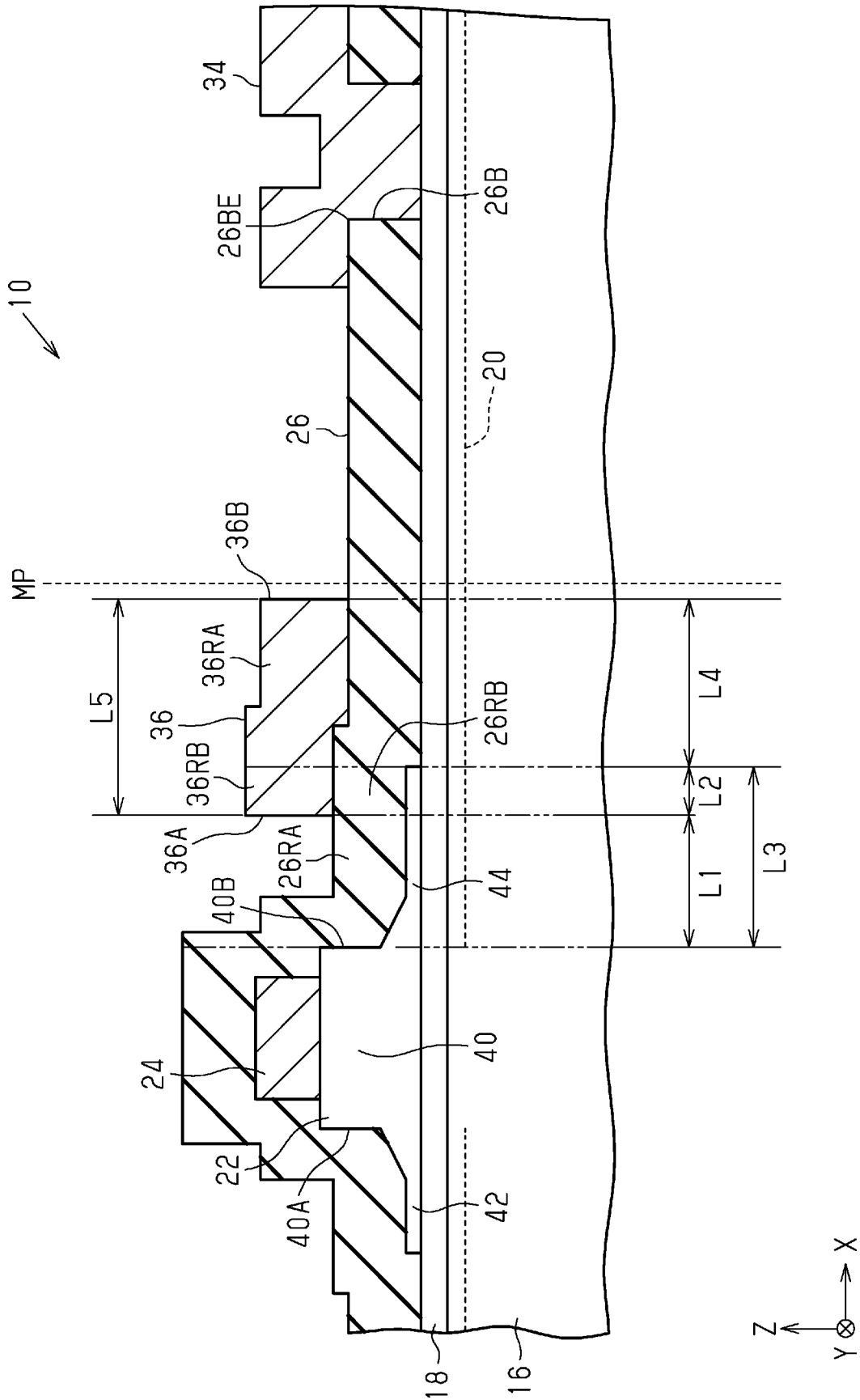
前記電子供給層が $Al_xGa_{1-x}N$ 層 ($0.1 < x < 0.3$) であり、

前記ゲート層は、MgおよびZnの少なくとも一方を前記アクセプタ型不純物として含むGaN層である、請求項1～19のうちのいずれか一項に記載の窒化物半導体装置。

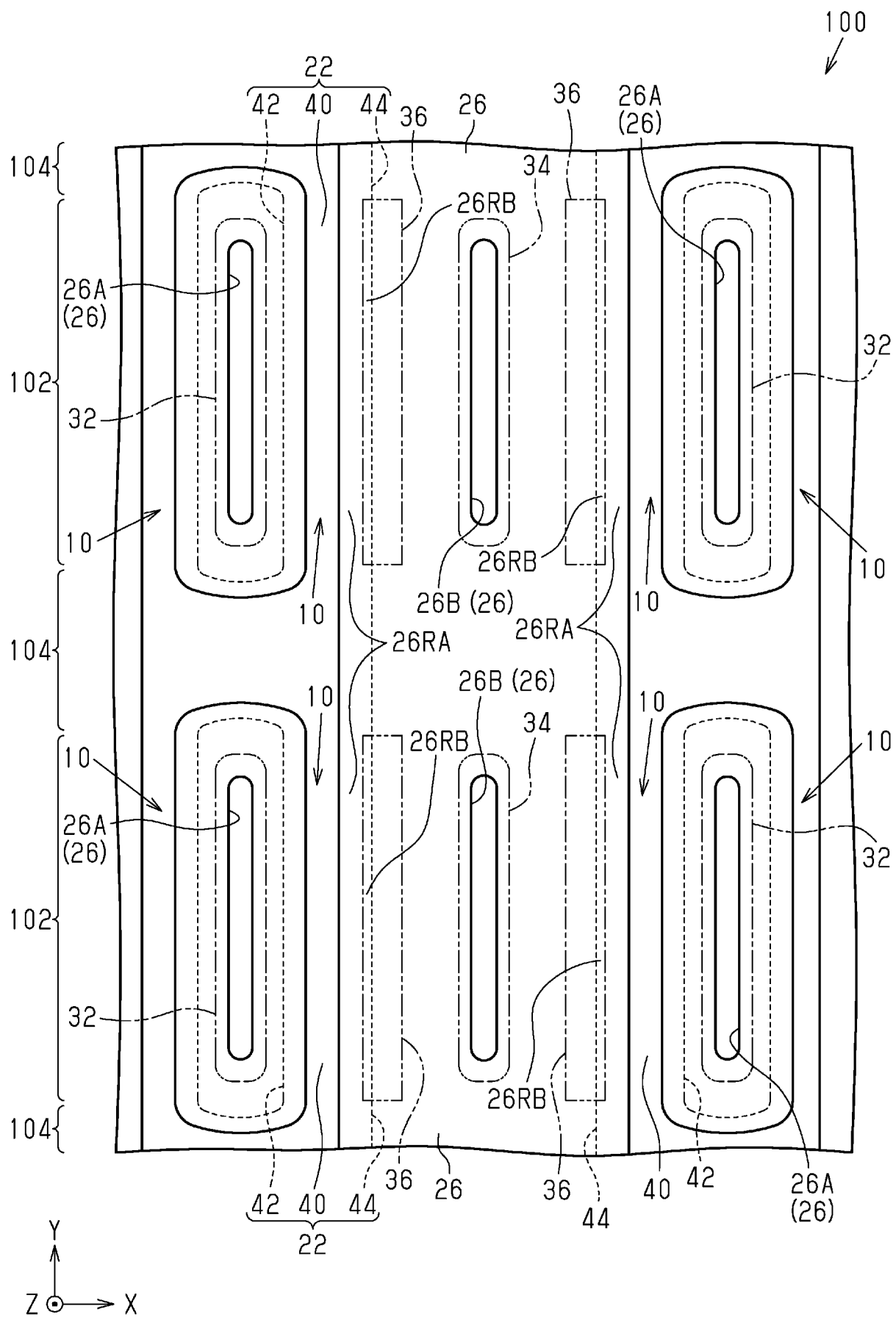
[図1]



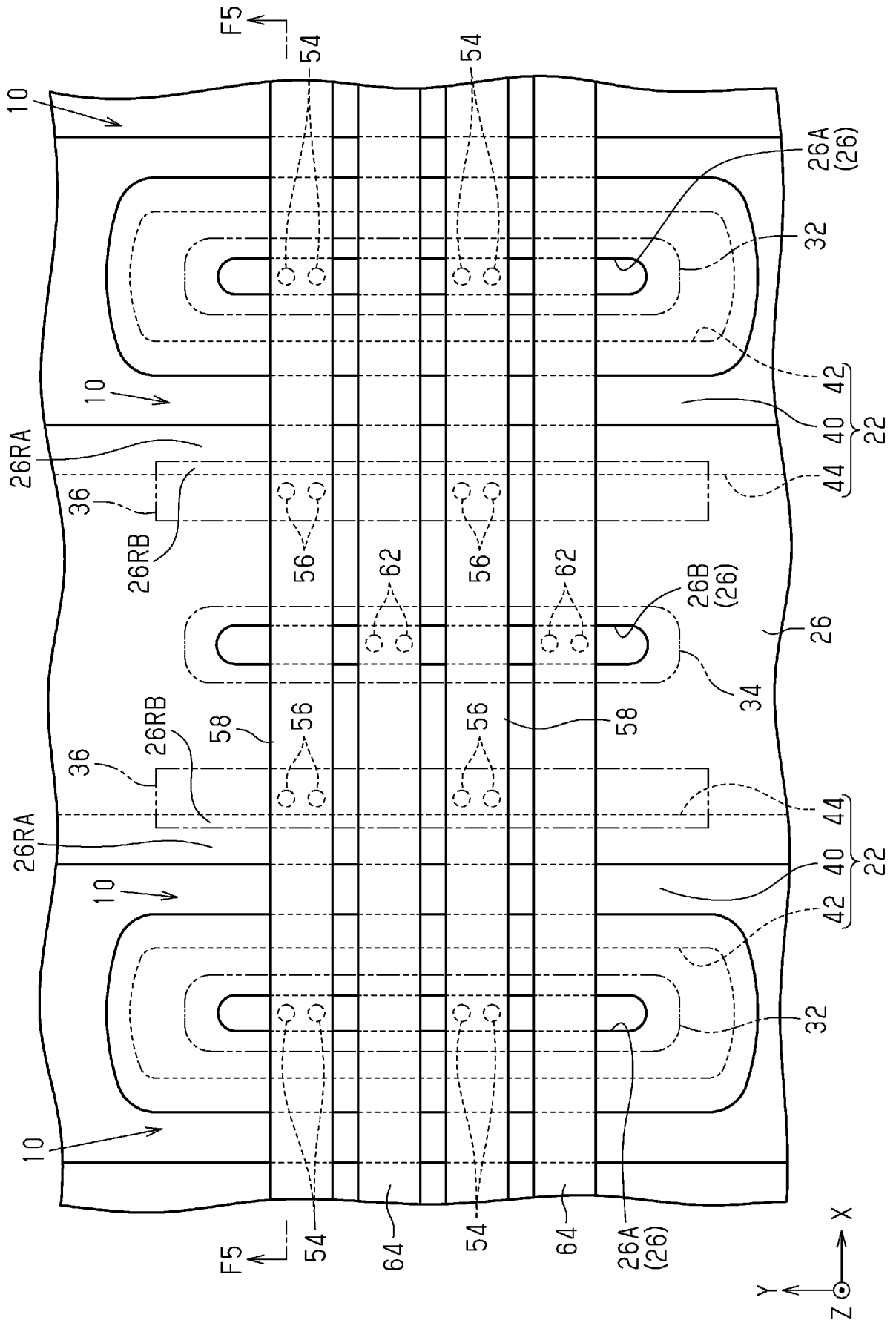
[図2]



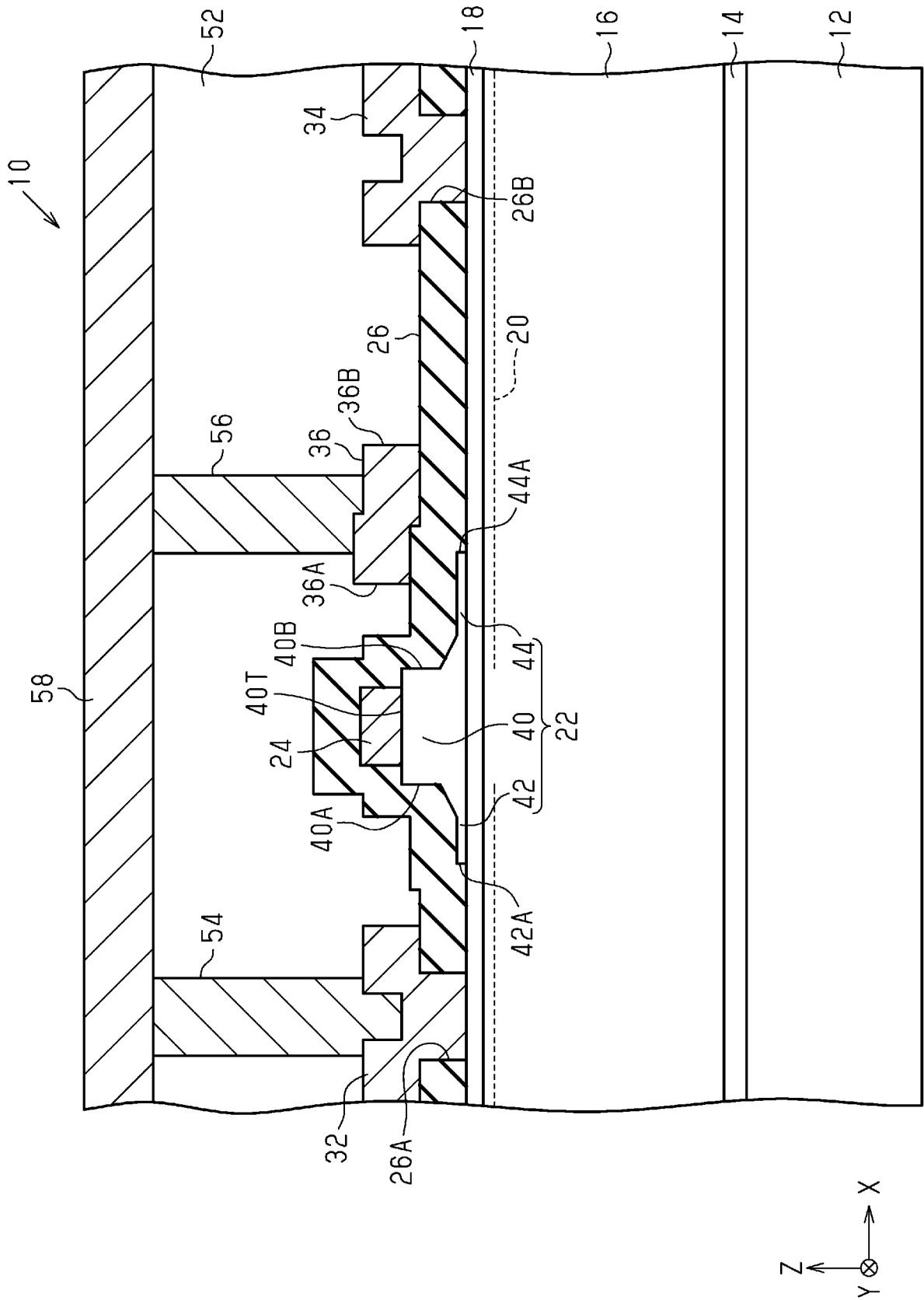
[図3]



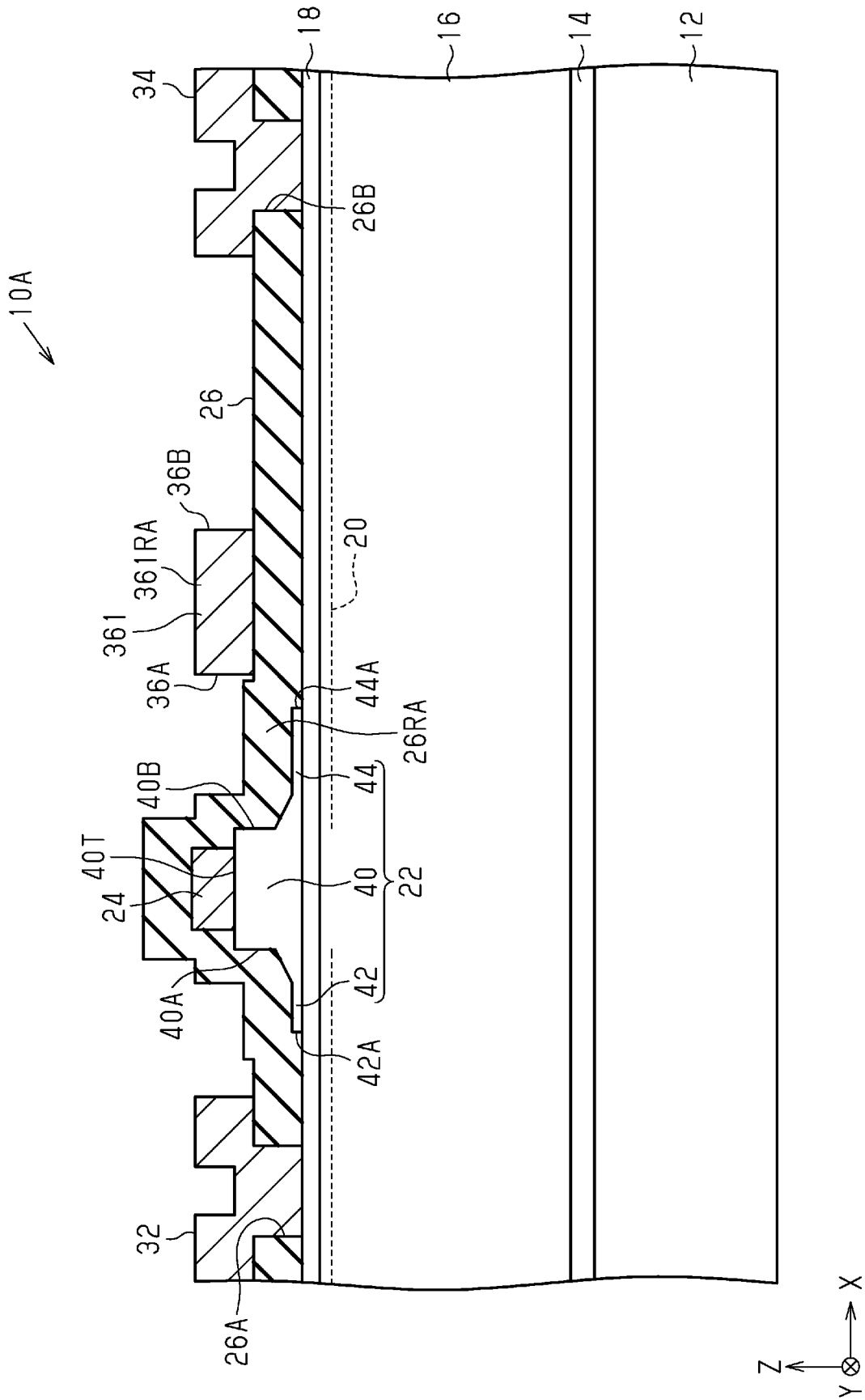
[図4]



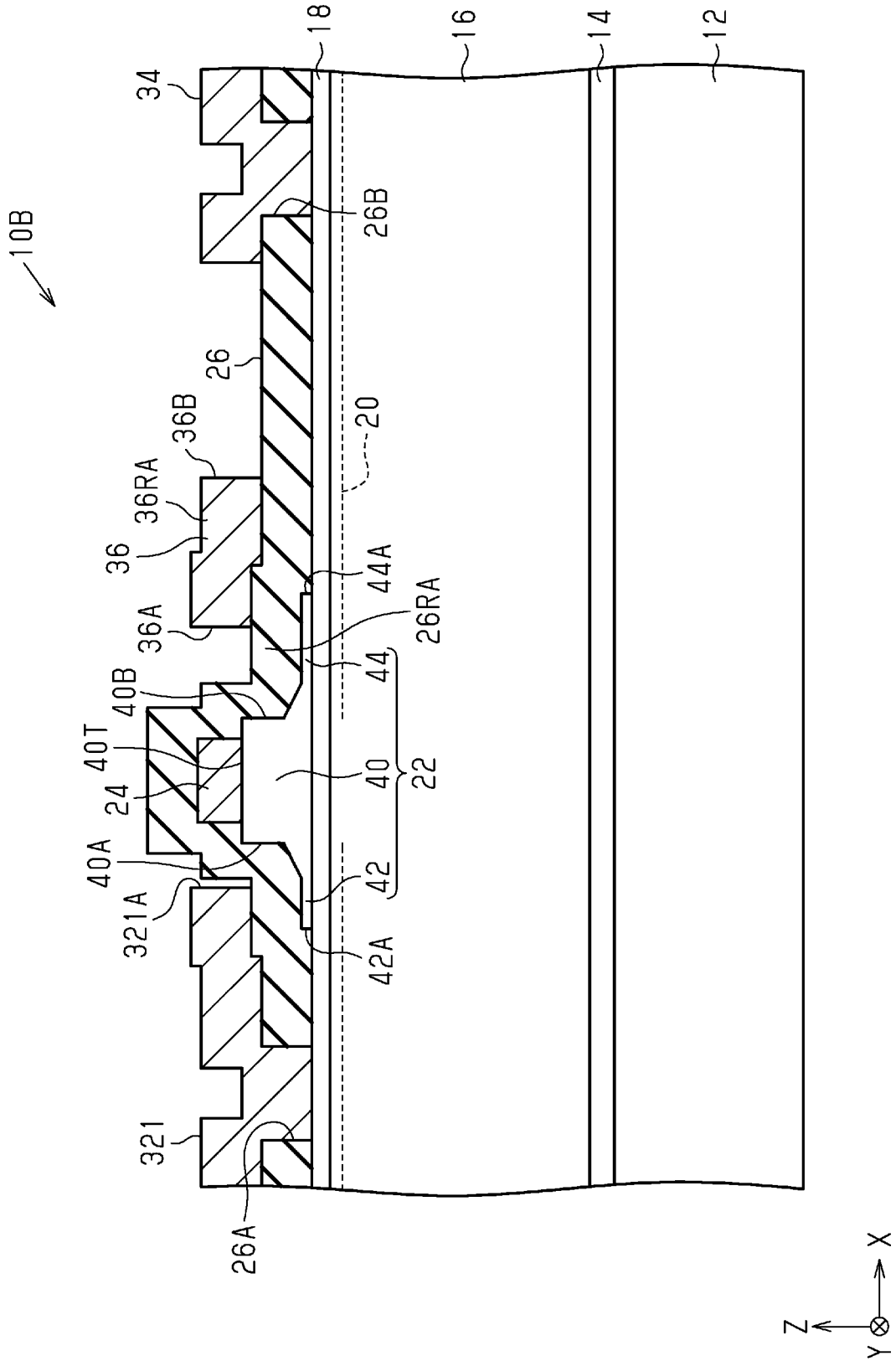
[図5]



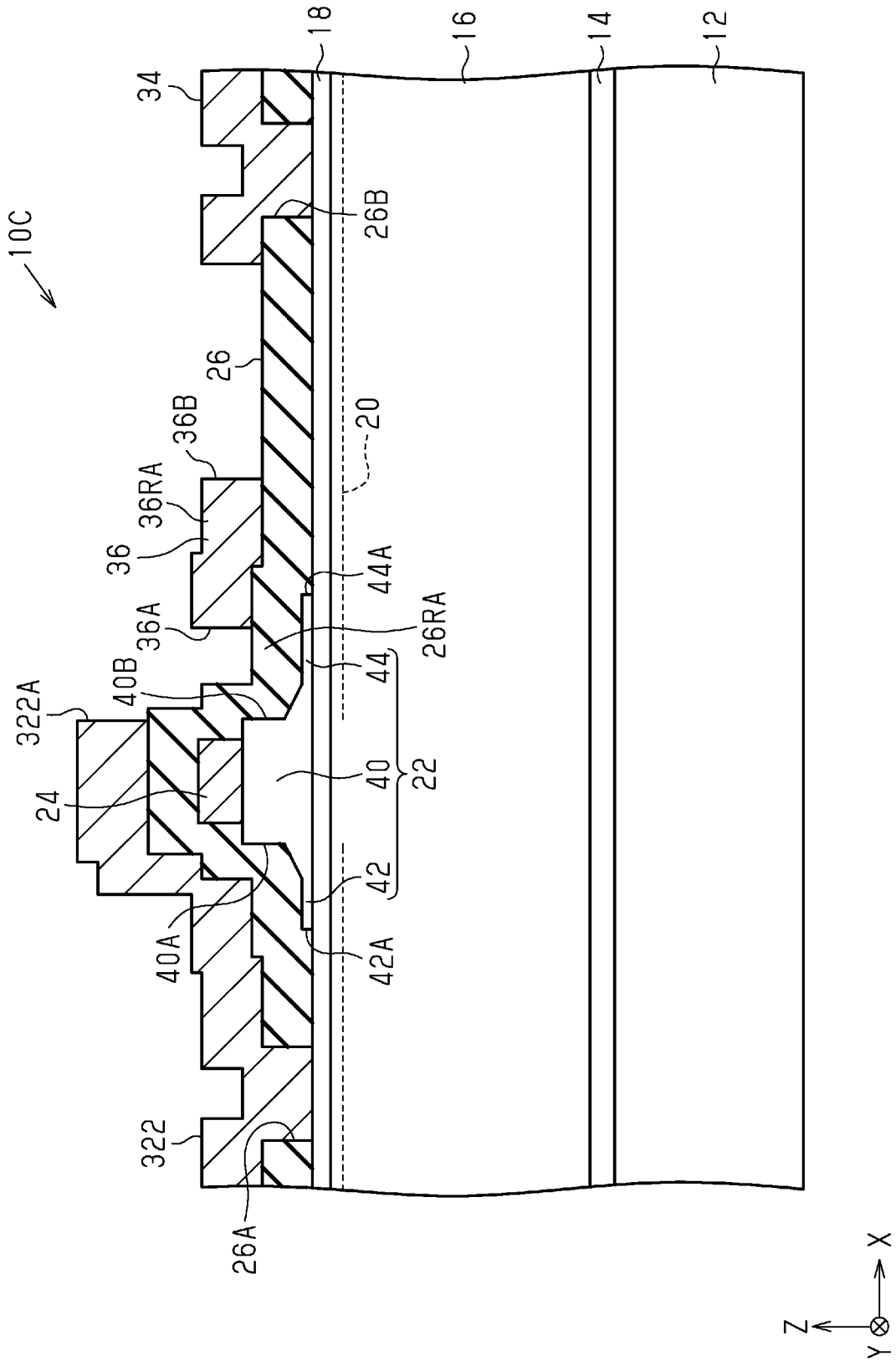
[図6]



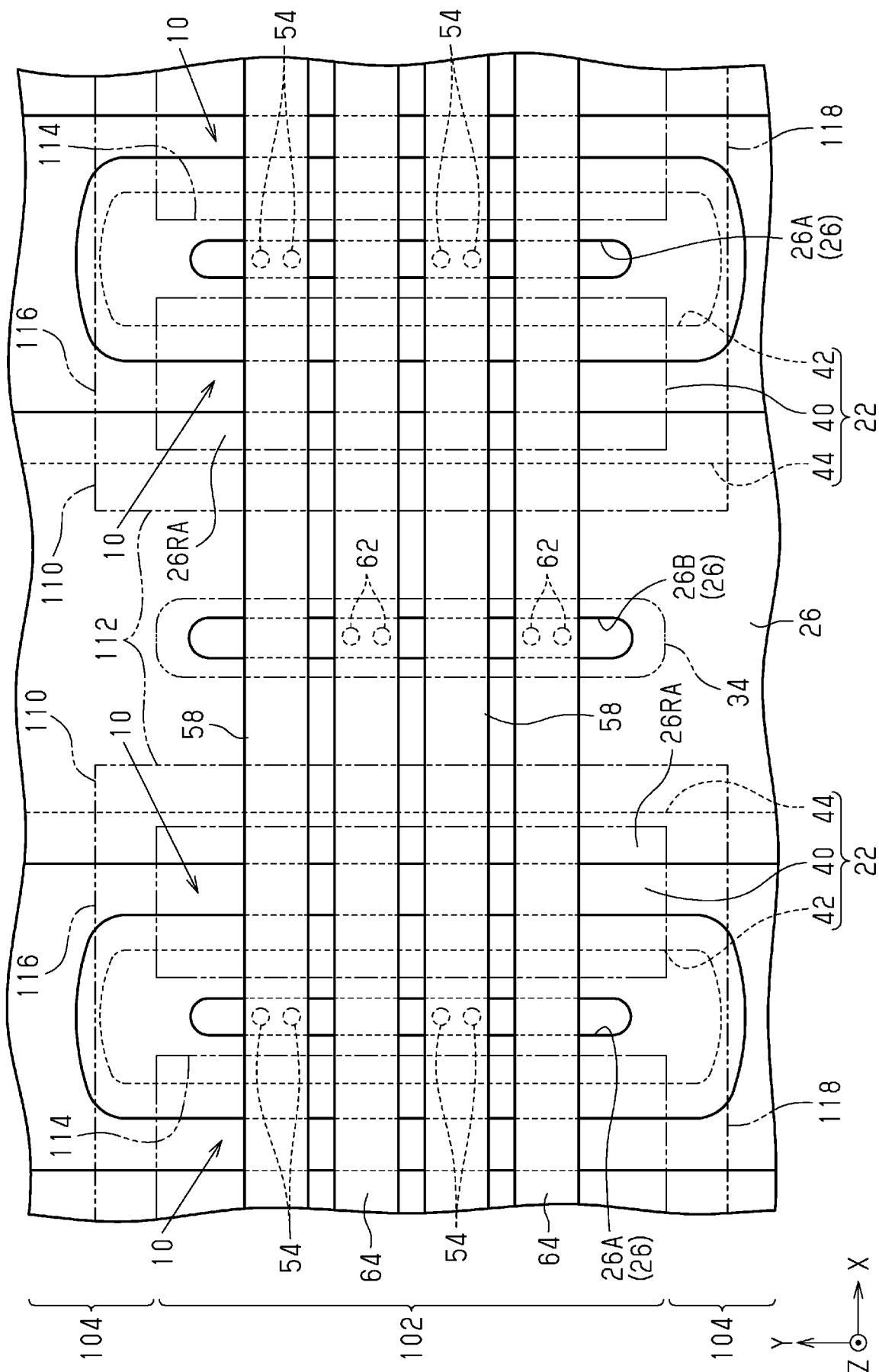
[図7]



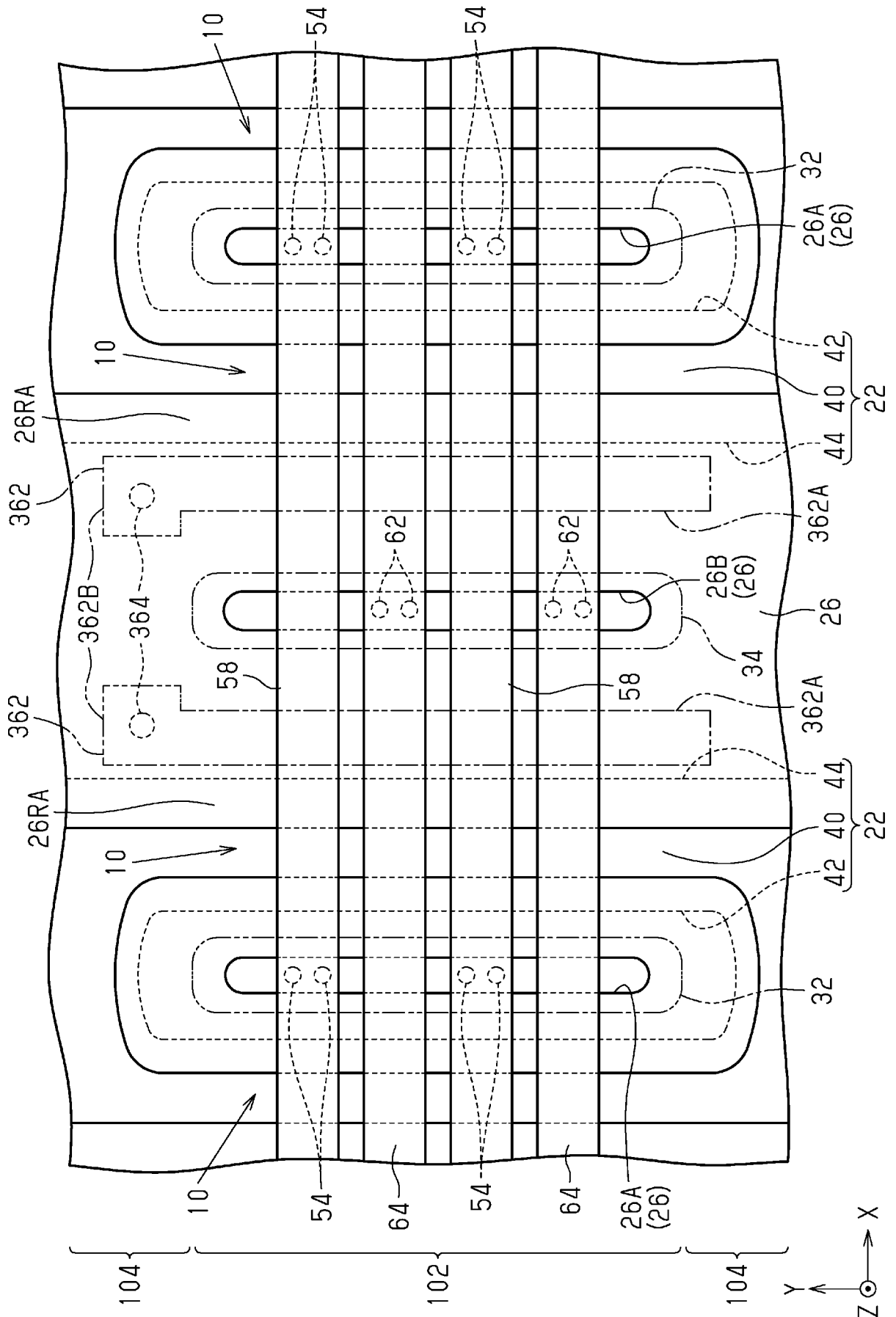
[図8]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/046702

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>H01L 21/28</i> (2006.01)i; <i>H01L 29/41</i> (2006.01)i; <i>H01L 29/417</i> (2006.01)i; <i>H01L 29/78</i> (2006.01)i; <i>H01L 21/337</i> (2006.01)i; <i>H01L 29/808</i> (2006.01)i; <i>H01L 21/338</i> (2006.01)i; <i>H01L 29/812</i> (2006.01)i; <i>H01L 29/778</i> (2006.01)i FI: H01L29/78 652Q; H01L29/80 F; H01L29/80 H; H01L29/80 C; H01L29/44 Y; H01L29/44 L; H01L29/44 P; H01L21/28 301B; H01L29/50 J		
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) H01L21/28; H01L29/41; H01L29/417; H01L29/78; H01L21/337; H01L29/808; H01L21/338; H01L29/812; H01L29/778		
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.
Y	JP 2022-27722 A (TAIWAN SEMICONDUCTOR MANUFACTURING COMPANY, LTD) 14 February 2022 (2022-02-14) paragraphs [0006]-[0018], [0031], fig. 1	1-2, 4-5, 11, 14-18, 20
A		3, 6-10, 12-13, 19
Y	WO 2020/213291 A1 (ROHM CO LTD) 22 October 2020 (2020-10-22) paragraphs [0044]-[0050], [0071]-[0075], fig. 1	1-2, 4-5, 11, 14-18, 20
A		3, 6-10, 12-13, 19
Y	JP 2020-184609 A (INNOSCIENCE (ZHUHAI) TECHNOLOGY CO., LTD.) 12 November 2020 (2020-11-12) fig. 1	4-5, 11, 14-18, 20
Y	JP 2019-102756 A (SEDI INC) 24 June 2019 (2019-06-24) paragraphs [0011]-[0029], fig. 1-2	16-18, 20
A	JP 2013-157407 A (FUJITSU SEMICONDUCTOR LTD) 15 August 2013 (2013-08-15)	1-20
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 21 February 2023		Date of mailing of the international search report 28 February 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

International application No.

PCT/JP2022/046702

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2013-074279 A (FUJITSU LTD) 22 April 2013 (2013-04-22)	1-20
A	JP 2016-139718 A (TOSHIBA CORP) 04 August 2016 (2016-08-04)	1-20

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2022/046702

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2022-27722	A	14 February 2022	US 2022/0037518 A1 paragraphs [0016]-[0028], [0041], fig. 1	
				EP 3945601 A2	
				CN 113675268 A	
				KR 10-2022-0015997 A	
WO	2020/213291	A1	22 October 2020	US 2022/0209001 A1 paragraphs [0060]-[0066], [0088]-[0094], fig. 1	
				CN 113748519 A	
JP	2020-184609	A	12 November 2020	US 2020/0350399 A1 fig. 1	
				EP 3734666 A1	
				CN 110071173 A	
				KR 10-2020-0126877 A	
JP	2019-102756	A	24 June 2019	US 2019/0181232 A1 paragraphs [0035]-[0053], fig. 1-2	
				CN 109904226 A	
JP	2013-157407	A	15 August 2013	US 2013/0193485 A1	
				CN 103227198 A	
JP	2013-074279	A	22 April 2013	US 2013/0082336 A1	
				CN 103035701 A	
				KR 10-2013-0035173 A	
JP	2016-139718	A	04 August 2016	US 2016/0218189 A1	

<p>A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））</p> <p>H01L 21/28(2006.01)i; H01L 29/41(2006.01)i; H01L 29/417(2006.01)i; H01L 29/78(2006.01)i; H01L 21/337(2006.01)i; H01L 29/808(2006.01)i; H01L 21/338(2006.01)i; H01L 29/812(2006.01)i; H01L 29/778(2006.01)i FI: H01L29/78 652Q; H01L29/80 F; H01L29/80 H; H01L29/80 C; H01L29/44 Y; H01L29/44 L; H01L29/44 P; H01L21/28 301B; H01L29/50 J</p>																	
<p>B. 調査を行った分野</p> <p>調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））</p> <p>H01L21/28; H01L29/41; H01L29/417; H01L29/78; H01L21/337; H01L29/808; H01L21/338; H01L29/812; H01L29/778</p> <p>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</p> <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2023年</td> </tr> </table> <p>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）</p>			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							
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																
<p>C. 関連すると認められる文献</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>引用文献の カテゴリー*</th> <th>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</th> <th>関連する 請求項の番号</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Y A</td> <td>JP 2022-27722 A（台湾積體電路製造股▲ふん▼有限公司）14.02.2022（2022 - 02 - 14） 段落[0006]-[0018], [0031], 図1</td> <td>1-2, 4-5, 11, 14-18, 20 3, 6-10, 12-13, 19</td> </tr> <tr> <td>Y A</td> <td>WO 2020/213291 A1（ローム株式会社）22.10.2020（2020 - 10 - 22） 段落[0044]-[0050], [0071]-[0075], 図1</td> <td>1-2, 4-5, 11, 14-18, 20 3, 6-10, 12-13, 19</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>JP 2020-184609 A（イノサイエンス（チューハイ）テクノロジーカンパニーリミテッド）12.11.2020（2020 - 11 - 12） 図1</td> <td>4-5, 11, 14-18, 20</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>JP 2019-102756 A（住友電工デバイス・イノベーション株式会社）24.06.2019（2019 - 06 - 24） 段落[0011]-[0029], 図1-2</td> <td>16-18, 20</td> </tr> </tbody> </table> <p><input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。</p> <p>* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な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</p>			引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号	Y A	JP 2022-27722 A（台湾積體電路製造股▲ふん▼有限公司）14.02.2022（2022 - 02 - 14） 段落[0006]-[0018], [0031], 図1	1-2, 4-5, 11, 14-18, 20 3, 6-10, 12-13, 19	Y A	WO 2020/213291 A1（ローム株式会社）22.10.2020（2020 - 10 - 22） 段落[0044]-[0050], [0071]-[0075], 図1	1-2, 4-5, 11, 14-18, 20 3, 6-10, 12-13, 19	Y	JP 2020-184609 A（イノサイエンス（チューハイ）テクノロジーカンパニーリミテッド）12.11.2020（2020 - 11 - 12） 図1	4-5, 11, 14-18, 20	Y	JP 2019-102756 A（住友電工デバイス・イノベーション株式会社）24.06.2019（2019 - 06 - 24） 段落[0011]-[0029], 図1-2	16-18, 20
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号															
Y A	JP 2022-27722 A（台湾積體電路製造股▲ふん▼有限公司）14.02.2022（2022 - 02 - 14） 段落[0006]-[0018], [0031], 図1	1-2, 4-5, 11, 14-18, 20 3, 6-10, 12-13, 19															
Y A	WO 2020/213291 A1（ローム株式会社）22.10.2020（2020 - 10 - 22） 段落[0044]-[0050], [0071]-[0075], 図1	1-2, 4-5, 11, 14-18, 20 3, 6-10, 12-13, 19															
Y	JP 2020-184609 A（イノサイエンス（チューハイ）テクノロジーカンパニーリミテッド）12.11.2020（2020 - 11 - 12） 図1	4-5, 11, 14-18, 20															
Y	JP 2019-102756 A（住友電工デバイス・イノベーション株式会社）24.06.2019（2019 - 06 - 24） 段落[0011]-[0029], 図1-2	16-18, 20															
<p>国際調査を完了した日</p> <p>21.02.2023</p>	<p>国際調査報告の発送日</p> <p>28.02.2023</p>																
<p>名称及びあて先</p> <p>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</p>	<p>権限のある職員（特許庁審査官）</p> <p>石塚 健太郎 5F 4815</p> <p>電話番号 03-3581-1101 内線 3516</p>																

C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2013-157407 A (富士通セミコンダクター株式会社) 15.08.2013 (2013 - 08 - 15)	1-20
A	JP 2013-074279 A (富士通株式会社) 22.04.2013 (2013 - 04 - 22)	1-20
A	JP 2016-139718 A (株式会社東芝) 04.08.2016 (2016 - 08 - 04)	1-20

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/JP2022/046702

引用文献			公表日	パテントファミリー文献		公表日
JP	2022-27722	A	14.02.2022	US 2022/0037518	A1	
				段落[0016]-[0028], [0041], 図1		
				EP 3945601	A2	
				CN 113675268	A	
				KR 10-2022-0015997	A	
WO	2020/213291	A1	22.10.2020	US 2022/0209001	A1	
				段落[0060]-[0066], [0088]-[0094], 図1		
				CN 113748519	A	
JP	2020-184609	A	12.11.2020	US 2020/0350399	A1	
				図1		
				EP 3734666	A1	
				CN 110071173	A	
				KR 10-2020-0126877	A	
JP	2019-102756	A	24.06.2019	US 2019/0181232	A1	
				段落[0035]-[0053], 図1-2		
				CN 109904226	A	
JP	2013-157407	A	15.08.2013	US 2013/0193485	A1	
				CN 103227198	A	
JP	2013-074279	A	22.04.2013	US 2013/0082336	A1	
				CN 103035701	A	
				KR 10-2013-0035173	A	
JP	2016-139718	A	04.08.2016	US 2016/0218189	A1	