

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2024年10月3日(03.10.2024)

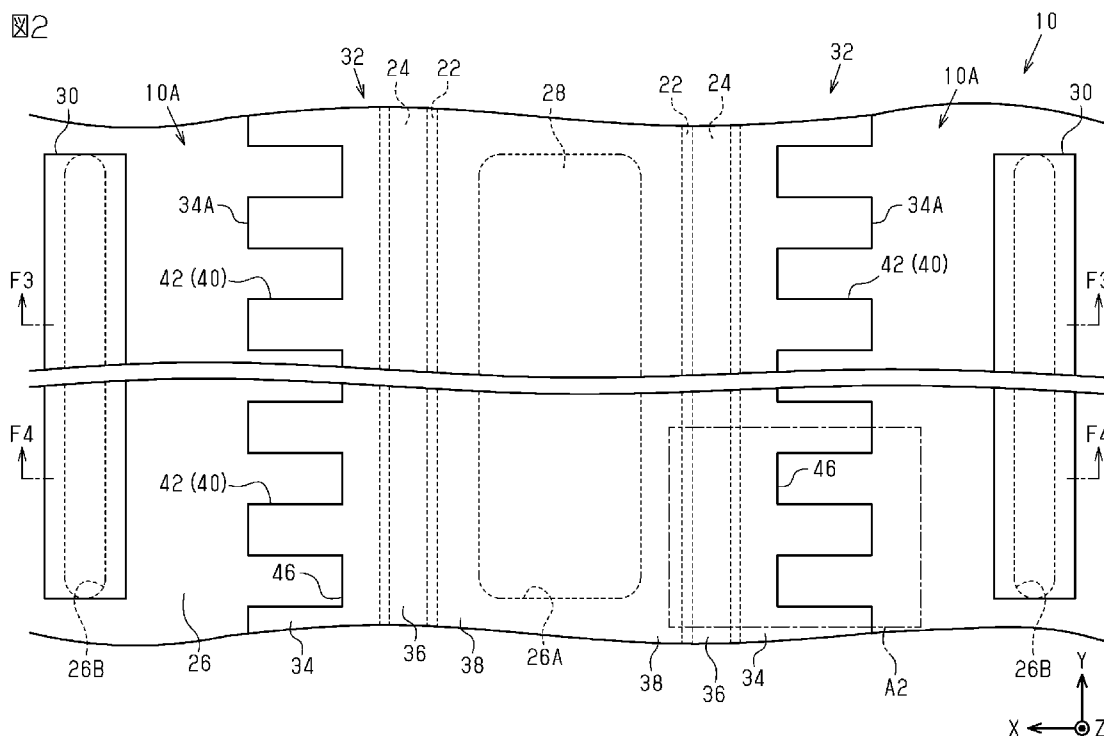


(10) 国際公開番号
WO 2024/203285 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 29/812 (2006.01) H01L 29/417 (2006.01)
H01L 21/337 (2006.01) H01L 29/778 (2006.01)
H01L 21/338 (2006.01) H01L 29/808 (2006.01)
H01L 29/41 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2024/009572
- (22) 国際出願日: 2024年3月12日(12.03.2024)
- (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 2023-055059 2023年3月30日(30.03.2023) 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番地 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: 吉持 賢一 (YOSHIMUCHI Kenichi);
〒6158585 京都府京都市右京区西院溝崎町2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, HN, HR,

(54) Title: NITRIDE SEMICONDUCTOR DEVICE

(54) 発明の名称: 窒化物半導体装置



(57) Abstract: This nitride semiconductor device comprises: a gate layer that is formed on an electron supply layer; a gate electrode that is formed on the gate layer; a passivation layer that covers the electron supply layer, the gate layer, and the gate electrode and has a first opening and a second opening that are separated in the X direction; and a field plate electrode that is formed on the passivation layer and is electrically connected to a source electrode. The field plate electrode includes a plate extension that extends to a region between the gate layer and a drain electrode in a plan view and



WO 2024/203285 A1

HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類 :

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

opposes the electron supply layer with the passivation layer therebetween. An opening is formed in the plate extension of the field plate electrode.

(57) 要約 : 窒化物半導体装置は、電子供給層上に形成されたゲート層と、ゲート層上に形成されたゲート電極と、電子供給層、ゲート層、およびゲート電極を覆い、X方向に離隔された第1開口および第2開口を有するパッシベーション層と、パッシベーション層上に形成されるとともにソース電極に電氣的に接続されているフィールドプレート電極と、を備える。フィールドプレート電極は、平面視でゲート層とドレイン電極との間の領域に延在しかつパッシベーション層を介して電子供給層と対向しているプレート延在部を含む。フィールドプレート電極のプレート延在部には開口部が形成されている。

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、窒化ガリウム（GaN）等のIII族窒化物半導体（以下、単に「窒化物半導体」と言う場合がある）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（例えば特許文献1参照）。

[0003] このような構成の窒化物半導体装置は、例えば電子走行層と、電子走行層上に形成され、電子走行層よりもバンドギャップが大きい電子供給層と、電子走行層上に形成され、アクセプタ型不純物を含むゲート層と、ゲート層上に形成されたゲート電極と、電子供給層、ゲート層、およびゲート電極を覆うパッシベーション層と、を備える。また、この窒化物半導体装置は、ソース電極と一体化され、ソース電極からゲート層およびゲート電極を跨いでドレイン電極に向けて延びるフィールドプレート電極を備える。

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] ここで、フィールドプレート電極を設ける構成においては、当該フィールドプレート電極に起因する寄生容量が発生し得る。当該寄生容量は、スイッチングの応答性に悪影響を及ぼし得る。

課題を解決するための手段

[0006] 本開示の一態様であ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、前記電子走行層上に形成され、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構成された電子供給層と

、前記電子供給層上に形成され、アクセプタ型不純物を含む窒化物半導体によって構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パッシベーション層であって、第1方向に離隔された第1開口および第2開口を有し、前記ゲート層は前記第1開口と前記第2開口との間に位置している、パッシベーション層と、前記第1開口を介して前記電子供給層に接しているソース電極と、前記第2開口を介して前記電子供給層に接しているドレイン電極と、前記パッシベーション層上に形成されるとともに前記ソース電極に電氣的に接続されているフィールドプレート電極と、を備え、前記フィールドプレート電極は、平面視で前記ゲート層と前記ドレイン電極との間の領域に延在しかつ前記パッシベーション層を介して前記電子供給層と対向しているプレート延在部を含み、前記フィールドプレート電極には開口部が形成されており、前記開口部は前記プレート延在部および平面視で前記ゲート層と重なる位置の少なくとも一方に形成されている。

発明の効果

[0007] 本開示の一態様である窒化物半導体装置によれば、フィールドプレート電極に起因する寄生容量を低減できる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]図1は、第1実施形態の窒化物半導体装置の例示的な概略平面図である。

[図2]図2は、図1の一点鎖線枠A1の拡大図であって、図1の窒化物半導体装置にパッシベーション層およびフィールドプレート電極を追加した概略平面図である。

[図3]図3は、図2のF3-F3線で窒化物半導体装置を切断した概略断面図である。

[図4]図4は、図2のF4-F4線で窒化物半導体装置を切断した概略断面図である。

[図5]図5は、図2の一点鎖線枠A2を拡大した概略平面図である。

[図6]図6は、ドレイン・ソース間電圧が印加された状態の空乏層の状態を模式的に示す図2の一点鎖線枠A2を拡大した概略平面図である。

[図7]図7は、第2実施形態の窒化物半導体装置について、フィールドプレート電極およびその周辺を拡大した概略平面図である。

[図8]図8は、図7のF8-F8線で窒化物半導体装置を切断した概略断面図である。

[図9]図9は、第3実施形態の窒化物半導体装置について、フィールドプレート電極およびその周辺を拡大した概略平面図である。

[図10]図10は、図9のF10-F10線で窒化物半導体装置を切断した概略断面図である。

[図11]図11は、変更例の窒化物半導体装置について、フィールドプレート電極の開口部およびその周辺を拡大した概略平面図である。

[図12]図12は、変更例の窒化物半導体装置について、フィールドプレート電極の開口部およびその周辺を拡大した概略平面図である。

[図13]図13は、変更例の窒化物半導体装置について、フィールドプレート電極の開口部およびその周辺を拡大した概略平面図である。

[図14]図14は、変更例の窒化物半導体装置について、フィールドプレート電極の開口部およびその周辺を拡大した概略平面図である。

[図15]図15は、変更例の窒化物半導体装置について、フィールドプレート電極およびその周辺を拡大した概略平面図である。

[図16]図16は、変更例の窒化物半導体装置について、フィールドプレート電極およびその周辺を拡大した概略平面図である。

[図17]図17は、変更例の窒化物半導体装置について、フィールドプレート電極およびその周辺を拡大した概略平面図である。

[図18]図18は、変更例の窒化物半導体装置について、フィールドプレート電極およびその周辺を拡大した概略平面図である。

[図19]図19は、変更例の窒化物半導体装置について、フィールドプレート電極およびその周辺を拡大した概略平面図である。

[図20]図20は、変更例の窒化物半導体装置について、フィールドプレート電極およびその周辺を拡大した概略平面図である。

[図21]図21は、変更例の窒化物半導体装置について、フィールドプレート電極およびその周辺を拡大した概略平面図である。

[図22]図22は、変更例の窒化物半導体装置について、フィールドプレート電極およびその周辺を拡大した概略平面図である。

[図23]図23は、変更例の窒化物半導体装置について、フィールドプレート電極およびその周辺を拡大した概略平面図である。

[図24]図24は、変更例の窒化物半導体装置について、フィールドプレート電極およびその周辺を拡大した概略平面図である。

[図25]図25は、図24のF25-F25線で窒化物半導体装置を切断した概略断面図である。

[図26]図26は、変更例の窒化物半導体装置の概略断面図である。

[図27]図27は、変更例の窒化物半導体装置の概略断面図である。

発明を実施するための形態

[0009] 以下、添付図面を参照して本開示における窒化物半導体装置のいくつかの実施形態を説明する。

なお、説明を簡単かつ明確にするために、図面に示される構成要素は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。

[0010] 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ていない。

[0011] 以下の説明において、「A部品の寸法（幅、深さ、長さ、距離）はB部品の寸法（幅、深さ、長さ、距離）と等しい」、または「A部品の寸法（幅、

深さ、長さ、距離)とB部品の寸法(幅、深さ、長さ、距離)とは互いに等しい」との記載は、A部品の寸法(幅、深さ、長さ、距離)とB部品の寸法(幅、深さ、長さ、距離)との差の絶対値が例えばA部品の寸法(幅、深さ、長さ、距離)の10%以内であることを意味する。

[0012] <第1実施形態>

図1～図6を参照して、第1実施形態の窒化物半導体装置10について説明する。図1は、窒化物半導体装置10の概略平面構造を示している。図2は、図1の窒化物半導体装置10の一部を拡大した概略平面構造を示している。図3は、図2の窒化物半導体装置10をF3-F3線で切断した概略断面構造を示している。

[0013] 窒化物半導体装置10は、窒化物半導体を用いた高電子移動度トランジスタ(HEMT)として構成されている。窒化物半導体としては、例えば窒化ガリウム(GaN)、窒化アルミニウム(AlN)、窒化インジウム(InN)を用いることができ、一般的には、 $Al_xIn_yGa_{1-x-y}N$ ($0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq x + y \leq 1$)と表すことができる。

[0014] なお、本開示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、各図に示される互いに直交するXYZ軸のZ方向に対称物(窒化物半導体装置10またはその構成要素)を視ることをいう。

[0015] [窒化物半導体装置の概略断面構造]

図1に示すように、窒化物半導体装置10は、窒化物半導体を用いたHEMT構造を有する複数の単位トランジスタ10Aを含む。以下では、まず、図3を参照して、1つの単位トランジスタ10AのHEMT構造の概要について説明する。なお、この説明は、他の単位トランジスタ10Aにも同様に適用可能である。

[0016] 図3に示すように、単位トランジスタ10A(窒化物半導体装置10)は、半導体基板12と、半導体基板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。

- [0017] 半導体基板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することができる。一例では、半導体基板12は、Si基板であってよい。半導体基板12の厚さは、例えば200 μ m以上1500 μ m以下であってよい。
- [0018] バッファ層14は、半導体基板12と電子走行層16との間に位置し得る。一例では、バッファ層14は、電子走行層16のエピタキシャル成長を容易にすることができる任意の材料によって構成され得る。バッファ層14は、1つまたは複数の窒化物半導体層を含み得る。
- [0019] 一例では、バッファ層14は、AlN層、窒化アルミニウムガリウム(AlGa_{0.5}N)層、および異なるアルミニウム(Al)組成を有するグレーテッドAlGa_{0.5}N層のうち少なくとも1つを含み得る。例えば、バッファ層14は、単一のAlN層、単一のAlGa_{0.5}N層、AlGa_{0.5}N/GaN超格子構造を有する層、AlN/AlGa_{0.5}N超格子構造を有する層、またはAlN/GaN超格子構造を有する層によって構成され得る。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バッファ層14を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 $4 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 以上とすることができる。
- [0020] 電子走行層16は、窒化物半導体によって構成されている。電子走行層16は、例えばGaN層である。電子走行層16の厚さは、例えば、0.5 μ m以上2 μ m以下である。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、電子走行層16中の不純物のピーク濃度は、例えば $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以上である。
- [0021] 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いる。電子供給層18は、例えばAlGa_{0.5}N層である。この場合、Al組成が大きいほどバンドギャップが大きくなる

ため、AlGa_xN層である電子供給層18は、GaN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する。一例では、電子供給層18は、Al_xGa_{1-x}Nによって構成され、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。電子供給層18の厚さは、例えば5 nm以上20 nm以下である。

[0022] 電子走行層16と電子供給層18とは、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、GaN）と電子供給層18を構成する窒化物半導体（例えば、AlGa_xN）とは、格子不整合系のヘテロ接合を形成する。電子走行層16および電子供給層18の自発分極と、ヘテロ接合界面付近の電子供給層18が受ける応力に起因するpiezo分極とによって、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程度の範囲内）において電子走行層16内には二次元電子ガス（2DEG）20が広がっている。

[0023] 単位トランジスタ10A（窒化物半導体装置10）は、電子供給層18の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、パッシベーション層26とをさらに含む。パッシベーション層26は、電子供給層18、ゲート層22、およびゲート電極24の上に形成されるとともに、第1開口26Aおよび第2開口26Bを含む。第1開口26Aおよび第2開口26Bは、X方向に離隔されている。また、窒化物半導体装置10は、第1開口26Aを介して電子供給層18に接するソース電極28と、第2開口26Bを介して電子供給層18に接するドレイン電極30とをさらに含む。ここで、X方向は「第1方向」に対応している。

[0024] ゲート層22は、パッシベーション層26の第1開口26Aと第2開口26Bとの間に位置しており、第1開口26Aおよび第2開口26Bの各々から離間している。ゲート層22は、第2開口26Bよりも第1開口26Aの近くに位置している。

[0025] 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とともに、アクセプタ型不純物を含む窒化物半導体によって構成されている。ゲート層 22 は、例えば AlGaIn 層である電子供給層 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。一例では、ゲート層 22 は、アクセプタ型不純物がドーピングされた GaN 層（p 型 GaN 層）である。アクセプタ型不純物は、亜鉛（Zn）、マグネシウム（Mg）、および C のうち少なくとも 1 つを含むことができる。ゲート層 22 中のアクセプタ型不純物の最大濃度は、例えば $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 以下である。

[0026] 上記のように、ゲート層 22 にアクセプタ型不純物が含まれることによって、電子走行層 16 および電子供給層 18 のエネルギーレベルが引き上げられる。このため、ゲート層 22 の直下の領域において、電子走行層 16 と電子供給層 18 との間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、フェルミ準位とほぼ同じか、またはそれよりも大きくなる。したがって、ゲート電極 24 に電圧を印加していないゼロバイアス時において、ゲート層 22 の直下の領域における電子走行層 16 には、2DEG 20 が形成されない。一方、ゲート層 22 の直下の領域以外の領域における電子走行層 16 には、2DEG 20 が形成されている。

[0027] このように、アクセプタ型不純物がドーピングされたゲート層 22 の存在によってゲート層 22 の直下の領域で 2DEG 20 が消滅している。その結果、トランジスタのノーマリーオフ動作が実現される。ゲート電極 24 に適切なオン電圧が印加されると、ゲート電極 24 の直下の領域における電子走行層 16 に 2DEG 20 によるチャンネルが形成されるため、ソースドレイン間が導通する。

[0028] 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いる。ゲート電極 24 は、一例では窒化チタン（TiN）層である。あるいは、ゲート電極 24 は、Ti を含む材料によって形成された第 1 金属層と、第 1 金属層上に積層され、TiN を含む材料によって形成された第 2 金属層とによっ

て構成されていてもよい。ゲート電極 24 は、ゲート層 22 とショットキー接合を形成することができる。ゲート電極 24 は、平面視でゲート層 22 よりも小さい領域に形成され得る。ゲート電極 24 の厚さは、例えば 50 nm 以上 200 nm 以下である。

[0029] パッシベーション層 26 は、電子供給層 18 上に形成されている。パッシベーション層 26 は、電子供給層 18、ゲート層 22、およびゲート電極 24 を覆っている。パッシベーション層 26 は、例えば窒化シリコン (SiN)、二酸化シリコン (SiO₂)、酸窒化シリコン (SiON)、アルミナ (Al₂O₃)、AlN、および酸窒化アルミニウム (AlON) のうちいずれか 1 つを含む材料によって構成され得る。パッシベーション層 26 の厚さは、電子供給層 18 の厚さよりも厚い。パッシベーション層 26 の厚さは、例えば 300 nm 以上 1000 nm 以下である。なお、パッシベーション層 26 の厚さは任意に変更可能である。

[0030] ソース電極 28 およびドレイン電極 30 は、電子供給層 18 の上面において、ゲート層 22 を挟むように配置されている。ソース電極 28 およびドレイン電極 30 は、1 つまたは複数の金属層によって構成され得る。例えば、ソース電極 28 およびドレイン電極 30 は、Ti 層、TiN 層、Al 層、AlSiCu 層、および AlCu 層等を含む群から選択された 2 つ以上の金属層の組み合わせによって構成され得る。ソース電極 28 の少なくとも一部は、第 1 開口 26A 内に充填されており、第 1 開口 26A を介して電子供給層 18 直下の 2DEG 20 とオーミック接触している。同様に、ドレイン電極 30 の少なくとも一部は、第 2 開口 26B 内に充填されており、第 2 開口 26B を介して電子供給層 18 の直下の 2DEG 20 とオーミック接触している。

[0031] 単位トランジスタ 10A (窒化物半導体装置 10) は、ソース電極 28 と電氣的に接続されたフィールドプレート電極 32 をさらに含む。第 1 実施形態では、フィールドプレート電極 32 は、ソース電極 28 と一体化されている。フィールドプレート電極 32 は、ゲート電極 24 にゲート電圧が印加さ

れていないゼロバイアス状態でドレイン電極 30 にドレイン電圧が印加された場合にゲート電極 24 の端部近傍およびゲート層 22 の端部近傍の電界集中を緩和する役割を果たす。フィールドプレート電極 32 の詳細な構成については後述する。

[0032] [窒化物半導体装置の概略平面構造]

次に、図 1 に示す窒化物半導体装置 10 の概略平面構造を主に参照して、窒化物半導体装置 10 の例示的な概略平面構造について説明する。なお、ゲート層 22、ゲート電極 24、ソース電極 28、およびドレイン電極 30 の平面構造および配置構成を分かりやすく示すため、図 1 では、パッシベーション層 26 およびフィールドプレート電極 32 を省略している。また、図 1 では、ソース電極 28 およびドレイン電極 30 の双方は、電子供給層 18 と接するコンタクト部分の平面構造を示している。

[0033] 図 1 に示すように、窒化物半導体装置 10 は、電子供給層 18 上に、平面視で X 方向および Y 方向に並んで配置された複数のソース電極 28 を含む。図 1 の例では、X 方向に 3 列および Y 方向に 2 列の合計 6 つのソース電極 28 が互いに離隔して配置されている。各ソース電極 28 は、平面視において Y 方向に延びる帯状に形成されている。

[0034] また、窒化物半導体装置 10 は、電子供給層 18 上に、平面視で X 方向および Y 方向に並んで配置された複数のドレイン電極 30 を含む。図 1 の例では、X 方向に 2 列および Y 方向に 2 列の合計 4 つのドレイン電極 30 が互いに離隔して配置されている。各ドレイン電極 30 は、平面視において Y 方向に延びる帯状に形成されている。複数のドレイン電極 30 および複数のソース電極 28 は、X 方向において 1 つずつ交互に配置されている。この場合、X 方向の両端には、例えばソース電極 28 が位置している。

[0035] また、窒化物半導体装置 10 は、電子供給層 18 上に、平面視で X 方向および Y 方向に並んで配置された複数のゲート層 22 および複数のゲート電極 24 を含む。図 1 の例では、X 方向に 3 列および Y 方向に 2 列の合計 6 つのゲート層 22 およびゲート電極 24 が配置されている。各ゲート層 22 およ

び各ゲート電極 24 は、Y 方向に延びつつ平面視でソース電極 28 の 1 つを囲んでいる。すなわち、各ゲート層 22 および各ゲート電極 24 は、環状に形成されている。

[0036] なお、本開示において使用される「環状」という用語は、端のない連続的な形状、すなわちループを形成する任意の構造のみならず、例えば C 字状等のような切れ目（隙間）を有する形状の構造も指す。このような「環状」の形状には、楕円形だけではなく、直角などの所定の角度を有する角部または丸みのある角部を複数含む任意の形状が含まれる。

[0037] [フィールドプレート電極の概略構成]

次に、図 2～図 6 を参照して、フィールドプレート電極 32 の例示的な概略構成について説明する。図 2 は、図 1 の一点鎖線の枠 A1 の領域における窒化物半導体装置 10 の概略平面構造を示している。図 2 は、図 1 にパッシベーション層 26 およびフィールドプレート電極 32 を追加したうえで図を拡大するために Y 方向の一部を省略した概略平面構造を示している。図 4 は、図 2 の F4-F4 線で窒化物半導体装置 10 を切断した概略断面構造を示している。図 5 および図 6 は、図 2 の一点鎖線の枠 A2 の領域を拡大した概略平面構造を示している。

[0038] 図 2 に示すように、フィールドプレート電極 32 は、X 方向に離隔して配置された 2 つのドレイン電極 30 の X 方向の間に配置されている。フィールドプレート電極 32 は、平面視において矩形状に形成されている。フィールドプレート電極 32 は、ソース電極 28 の X 方向の両側に設けられている。フィールドプレート電極 32 は、平面視でゲート層 22 とドレイン電極 30 との間の領域に延在している。

[0039] 図 3 に示すように、フィールドプレート電極 32 は、パッシベーション層 26 の上に形成されている。一例では、フィールドプレート電極 32 は、パッシベーション層 26 を介して電子供給層 18 と対向しているプレート延在部 34 と、パッシベーション層 26 を介してゲート層 22 と対向しているゲート対向部 36 と、を含む。また、フィールドプレート電極 32 は、ゲート

対向部 36 よりもソース電極 28 寄りの位置においてパッシベーション層 26 を介して電子供給層 18 と対向しているソース連結部 38 を含む。一例では、プレート延在部 34、ゲート対向部 36、およびソース連結部 38 は、一体化されている。プレート延在部 34 は、X 方向においてゲート対向部 36 に対してソース電極 28 とは反対側に設けられている。つまり、プレート延在部 34 は、X 方向においてゲート対向部 36 よりもドレイン電極 30 寄りに設けられている。また、プレート延在部 34 は、X 方向においてドレイン電極 30 と離隔している。ゲート対向部 36 は、パッシベーション層 26 を介してゲート電極 24 と対向している。

[0040] プレート延在部 34 は、平面視でドレイン電極 30 と対向するプレート先端面 34A を有する。プレート先端面 34A は、平面視で Y 方向に沿って延びている。プレート先端面 34A は、X 方向においてゲート層 22 とドレイン電極 30 との間に配置されている。プレート先端面 34A の X 方向の位置に応じてフィールドプレート電極 32 の X 方向の長さが設定される。フィールドプレート電極 32 の長さは、窒化物半導体装置 10 の求められるスイッチング速度および耐圧に応じて適宜設定される。換言すると、プレート先端面 34A の X 方向の位置は、窒化物半導体装置 10 の求められるスイッチング速度および耐圧に応じて適宜設定される。

[0041] ゲート対向部 36 は、フィールドプレート電極 32 のうち平面視においてゲート層 22 と重なる領域によって構成されている。このため、平面視において、ゲート対向部 36 の X 方向の長さは、プレート延在部 34 の X 方向の長さよりも短い。平面視において、ゲート対向部 36 の X 方向の長さは、Y 方向に延びるゲート層 22 の幅（X 方向の長さ）と等しい。

[0042] ソース連結部 38 は、フィールドプレート電極 32 のうちソース電極 28 とゲート対向部 36 との X 方向の間の領域によって構成されている。ここで、ソース電極 28 は、電子供給層 18 と接している部分によって構成されている。このため、ソース連結部 38 は、平面視において、フィールドプレート電極 32 のうち第 1 開口 26A とゲート対向部 36 との X 方向の間の領域

によって構成されているともいえる。

[0043] 図2に示すように、フィールドプレート電極32には、開口部40が形成されている。一例では、開口部40の少なくとも一部は、プレート延在部34に形成されている。第1実施形態では、開口部40は、プレート延在部34に配置されている。一方、開口部40は、ゲート対向部36には形成されていない。

[0044] 第1実施形態では、開口部40は、プレート先端面34Aからゲート層22に向けて凹んだ凹部42である。凹部42は、平面視においてY方向を幅方向とし、X方向を深さ方向として延びている。凹部42は、ドレイン電極30に向けて開放されている。図2に示す例では、凹部42は、Y方向に離隔して複数配列されている。複数の凹部42は、例えば等ピッチで配列されている。複数の凹部42の幅は、互いに等しい。また複数の凹部42の深さは、互いに等しい。

[0045] 図5に示すように、凹部42は、一对の側面44と、一对の側面44を繋ぐ底面46と、を含む。平面視において一对の側面44は、Y方向において互いに離隔して配置されている。各側面44は、平面視においてX方向に沿って延びている。このため、一对の側面44は、互いに平行である。つまり、図5の例では、Y方向における凹部42の幅は、プレート延在部34のプレート先端面34Aにおける開口部分から底面46にかけて同じである。

[0046] 図4および図5に示すように、凹部42の底面46は、X方向においてゲート層22の側面22Xよりもドレイン電極30寄りに配置されている。X方向における底面46の位置、つまり凹部42の深さHは、X方向においてゲート層22の側面22Xよりもドレイン電極30寄りの範囲において、窒化物半導体装置10の求められるスイッチング速度に応じて適宜設定される。ここで、深さHは、平面視におけるプレート先端面34Aから凹部42の底面46までのX方向の距離によって定義できる。

[0047] 一例では、平面視における凹部42の深さHは、凹部42の幅Wよりも深い。一例では、平面視における凹部42の深さHは、プレート延在部34の

X方向の長さLの1/2よりも深い。ここで、プレート延在部34のX方向の長さLは、平面視においてゲート層22のX方向の両側面のうちプレート先端面34A寄りの側面からプレート先端面34AまでのX方向の距離によって定義できる。

[0048] 図5に示す例では、凹部42の幅Wは、複数の凹部42間の距離Dと等しい。ここで、複数の凹部42間の距離Dは、Y方向において隣り合う2つの凹部42のうち一方の凹部42の一对の側面44のうち他方の凹部42に近い方の側面44と、他方の凹部42の一对の側面44のうち一方の凹部42に近い方の側面44とのY方向の間の距離によって定義できる。

[0049] 図6の二点鎖線は、ドレイン・ソース間電圧が印加された状態におけるフィールドプレート電極32に形成された空乏層を示している。図6に示すように、一对の側面44のX方向の間の距離、つまり凹部42の幅Wは、プレート先端面34A、底面46、および各側面44から広がる空乏層が繋がるような寸法に設定される。

[0050] [窒化物半導体装置の製造方法]

次に、窒化物半導体装置10の製造方法の一例について説明する。

窒化物半導体装置10の製造方法は、半導体基板12上にバッファ層14を形成する工程と、バッファ層14上に電子走行層16を形成する工程と、電子走行層16上に電子供給層18を形成する工程と、を含む。

[0051] より詳細には、半導体基板12上に、バッファ層14、電子走行層16、および電子供給層18が順に形成される。半導体基板12は、例えばSi基板である。バッファ層14、電子走行層16、および電子供給層18は、例えば有機金属気相成長(Metal Organic Chemical Vapor Deposition: MOCVD)法を用いたエピタキシャル成長によって形成される。バッファ層14は、例えば多層バッファ層であってよい。多層バッファ層は、半導体基板12上に形成されたAlN層(第1バッファ層)と、AlN層上に形成されたグレーテッドAlGaIn層(第2バッファ層)とを含み得る。電子走行層16は例えばGaN層であり、電子供給層18は例えばAlGaIn層である。

したがって、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いる。

[0052] 窒化物半導体装置 10 の製造方法は、電子供給層 18 上にゲート層 22 を形成する工程と、ゲート層 22 上にゲート電極 24 を形成する工程と、電子供給層 18 上、ゲート層 22 上、およびゲート電極 24 上にパッシベーション層 26 を形成する工程と、をさらに含む。

[0053] より詳細には、電子供給層 18 上に窒化物半導体層が形成される。窒化物半導体層は、MOCVD法を用いてエピタキシャル成長させることができる。窒化物半導体層は、アクセプタ型不純物を含む窒化物半導体によって構成されていてよい。アクセプタ型不純物の一例は、Mgである。窒化物半導体層は、例えばGaN層である。続いて、窒化物半導体層上にゲート電極 24 が形成される。続いて、ゲート電極 24 の上面および側面と、ゲート電極 24 の周囲の領域の窒化物半導体層を覆うマスクが形成され、そのマスクを用いて窒化物半導体層がエッチングされる。これにより、ゲート層 22 が形成される。その後、マスクは除去される。パッシベーション層 26 は、例えば減圧CVD (Low-Pressure Chemical Vapor Deposition: LPCVD) 法によって形成されたSiN層であってよい。続いて、パッシベーション層 26 がエッチングされることによって第1開口 26Aおよび第2開口 26Bが形成される。

[0054] 窒化物半導体装置 10 の製造方法は、ソース電極 28、ドレイン電極 30、およびフィールドプレート電極 32 を形成する工程を含む。

より詳細には、パッシベーション層 26 上に金属層が形成される。金属層は、第1開口 26Aおよび第2開口 26Bを充填し、第1開口 26Aおよび第2開口 26Bを介して電子供給層 18 と接するように形成される。一例では、金属層は、Ti層、TiN層、Al層、AlSiCu層、およびAlCu層のうち少なくとも1つを含んでいてよい。

[0055] 次に、金属層をリソグラフィおよびエッチングによって選択的に除去することによって、ソース電極 28、ドレイン電極 30、およびフィールドプレ

ート電極32を形成することができる。この工程において、フィールドプレート電極32の開口部40が形成される。以上の工程を経て、窒化物半導体装置10が製造される。

[0056] なお、開口部40は、ソース電極28およびドレイン電極30と同時に形成することに限定されない。一例では、金属層をリソグラフィおよびエッチングによってソース電極28およびドレイン電極30を形成した後、金属層をリソグラフィおよびエッチングによって開口部40を形成してもよい。また一例では、金属層をリソグラフィおよびエッチングによって開口部40を形成した後、金属層をリソグラフィおよびエッチングによってソース電極28およびドレイン電極30を形成してもよい。

[0057] [作用]

第1実施形態の窒化物半導体装置10の作用について説明する。

フィールドプレート電極のX方向の長さを長くすることによってドレイン電極30とソース電極28とのX方向の間の電界集中の緩和を図ることができる。一方、フィールドプレート電極のX方向の長さが長くなると、フィールドプレート電極の面積に応じてフィールドプレート電極と電子供給層18およびゲート層22との間の寄生容量が大きくなる。この寄生容量が大きくなると、窒化物半導体装置のスイッチングの応答性に悪影響を及ぼし得る。

[0058] この点、第1実施形態では、フィールドプレート電極32のプレート先端面34AからX方向に凹む複数の凹部42（開口部40）が設けられている。これにより、フィールドプレート電極32と電子供給層18との間の寄生容量を低減することができる。加えて、凹部42の一对の側面44から広がる空乏層が繋がるように凹部42の幅Wを設定することによって、凹部42を形成したとしてもフィールドプレート電極32による電界集中の緩和の効果が低下することを抑制できる。

[0059] [効果]

第1実施形態の窒化物半導体装置10によれば、以下の効果が得られる。

(1-1) 窒化物半導体装置10は、窒化物半導体によって構成された電

子走行層 16 と、電子走行層 16 上に形成され、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た電子供給層 18 と、電子供給層 18 上に形成され、アクセプタ型不純物を含む窒化物半導体によって構成されたゲート層 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 であって、X 方向に離隔された第 1 開口 26 A および第 2 開口 26 B を有し、ゲート層 22 は第 1 開口 26 A と第 2 開口 26 B との間に位置している、パッシベーション層 26 と、第 1 開口 26 A を介して電子供給層 18 に接しているソース電極 28 と、第 2 開口 26 B を介して電子供給層 18 に接しているドレイン電極 30 と、パッシベーション層 26 上に形成されるとともにソース電極 28 に電氣的に接続されているフィールドプレート電極 32 と、を備える。フィールドプレート電極 32 は、平面視でゲート層 22 とドレイン電極 30 との間の領域に延在しかつパッシベーション層 26 を介して電子供給層 18 と対向しているプレート延在部 34 を含む。フィールドプレート電極 32 には開口部 40 が形成されている。開口部 40 はプレート延在部 34 に形成されている。

[0060] この構成によれば、プレート延在部 34 に開口部 40 が形成されることによって、フィールドプレート電極 32 と電子供給層 18 との間の寄生容量を低減することができる。したがって、窒化物半導体装置 10 のスイッチングの応答性への悪影響を低減することができる。

[0061] (1-2) プレート延在部 34 は、ドレイン電極 30 と対向するプレート先端面 34 A を有する。開口部 40 は、プレート先端面 34 A からゲート層 22 に向けて凹んだ凹部 42 である。凹部 42 は、平面視において X 方向と直交する Y 方向を幅方向とし、X 方向を深さ方向として延びており、ドレイン電極 30 に向けて開放されている。

[0062] この構成によれば、プレート先端面 34 A によってプレート延在部 34 の長さを長くとることができるため、フィールドプレート電極 32 によるソース電極 28 とドレイン電極 30 との間の電界集中の緩和を図ることができる

。加えて、凹部42によってフィールドプレート電極32と電子供給層18との間の寄生容量を低減することができる。このように、ソース電極28とドレイン電極30との間の電界集中の緩和と、フィールドプレート電極32と電子供給層18との間の寄生容量の低減とを両立することができる。

[0063] (1-3) 凹部42の深さは、プレート延在部34のX方向の長さLの1/2よりも深い。

この構成によれば、凹部42がX方向（深さ方向）において大きく形成されているため、フィールドプレート電極32と電子供給層18との間の寄生容量を低減する効果を高めることができる。

[0064] (1-4) 凹部42は、Y方向に離隔して複数配列されている。

この構成によれば、凹部42の数が多くなるため、各凹部42の幅が小さくてもフィールドプレート電極32と電子供給層18との間の寄生容量を低減する効果を高めることができる。また、凹部42の幅を小さくすることができるため、凹部42内の全体に空乏層が形成されやすくなる。これにより、フィールドプレート電極32の電界強度の緩和の効果が低減することを抑制できる。

[0065] <第2実施形態>

図7および図8を参照して、第2実施形態の窒化物半導体装置10について説明する。第2実施形態の窒化物半導体装置10では、第1実施形態の窒化物半導体装置10と比較して、フィールドプレート電極32の構成が異なる。以下では、第1実施形態と異なる点を詳細に説明し、第1実施形態の構成要素と共通する構成要素には同一符号を付し、その説明を省略する。

[0066] 図7は、パッシベーション層26およびフィールドプレート電極32を含む窒化物半導体装置10の概略平面構造を示している。図8は、図7のF8-F8線で窒化物半導体装置10を切断した概略断面構造を示している。

[0067] 図7に示すように、第2実施形態では、フィールドプレート電極32には開口部50が形成されている。開口部50の少なくとも一部は、プレート延在部34に形成されている。第2実施形態では、開口部50は、プレート延

在部34に形成されている。一方、開口部50は、ゲート対向部36に形成されていない。開口部50は、Y方向に離隔して複数配列されている。複数の開口部50は、例えば等ピッチで配列されている。

[0068] 各開口部50は、第1実施形態の開口部40（図5参照）とは異なり、プレート先端面34Aよりもゲート電極24側（ゲート層22側）に形成された閉じた開口である。

図7に示す例では、各開口部50は、平面視においてX方向を長手方向とし、Y方向を短手方向とする矩形状である。一例では、複数の開口部50のX方向の長さLAは、互いに等しい。一例では、各開口部50のX方向の長さLAは、プレート延在部34のX方向の長さLの1/2よりも長い。

[0069] 各開口部50のY方向の長さLBは、ドレイン・ソース間電圧が印加された状態において各開口部50内に広がる空乏層が繋がるような寸法に設定される。一例では、複数の開口部50のY方向の長さLBは、互いに等しい。各開口部50のY方向の長さLBは、複数の開口部50間の距離DAと等しい。ここで、距離DAは、Y方向において隣り合う2つの開口部50のY方向の間の距離によって定義できる。

[0070] 図8に示すように、開口部50がプレート先端面34Aよりもゲート電極24側（ゲート層22側）に配置されているため、開口部50とプレート先端面34AとのX方向の間には、プレート先端部52が形成されている。図7に示すとおり、プレート先端部52は、Y方向に沿って延びている。

[0071] なお、各開口部50のX方向の長さLAは、任意に変更可能である。一例では、各開口部50のX方向の長さLAは、プレート延在部34のX方向の長さLの1/2以下であってもよい。また、複数の開口部50のうち少なくとも1つの開口部50のX方向の長さLAが他の開口部50のX方向の長さLAと異なってもよい。

[0072] [効果]

第2実施形態の窒化物半導体装置10によれば、以下の効果が得られる。

（2-1）プレート延在部34は、ドレイン電極30と対向するプレート

先端面 34A を有する。開口部 50 は、プレート先端面 34A よりもゲート電極 24 側に形成された閉じた開口である。

[0073] この構成によれば、フィールドプレート電極 32 の Y 方向の全体にわたりプレート先端面 34A が形成されているため、フィールドプレート電極 32 の Y 方向の全体にわたりフィールドプレート電極 32 の X 方向の長さ L が維持される。これにより、フィールドプレート電極 32 による電界集中の緩和の効果を高めることができる。

[0074] (2-2) 開口部 50 の X 方向の長さ L A は、プレート延在部 34 の X 方向の長さ L の $1/2$ よりも長い。

この構成によれば、開口部 50 が X 方向において大きく形成されているため、フィールドプレート電極 32 と電子供給層 18 との間の寄生容量を低減する効果を高めることができる。

[0075] (2-3) 開口部 50 は、Y 方向に離隔して複数配列されている。

この構成によれば、開口部 50 の数が多くなるため、各開口部 50 の幅 (Y 方向の大きさ) が小さくてもフィールドプレート電極 32 と電子供給層 18 との間の寄生容量を低減する効果を高めることができる。また、開口部 50 の幅を小さくすることができるため、開口部 50 内の全体に空乏層が形成されやすくなる。これにより、フィールドプレート電極 32 による電界集中の緩和の効果が低減することを抑制できる。

[0076] <第 3 実施形態>

図 9 および図 10 を参照して、第 3 実施形態の窒化物半導体装置 10 について説明する。第 3 実施形態の窒化物半導体装置 10 では、第 2 実施形態の窒化物半導体装置 10 と比較して、フィールドプレート電極 32 の構成が異なる。以下では、第 2 実施形態と異なる点を詳細に説明し、第 2 実施形態の構成要素と共通する構成要素には同一符号を付し、その説明を省略する。

[0077] 図 9 は、パッシベーション層 26 およびフィールドプレート電極 32 を含む窒化物半導体装置 10 の概略平面構造を示している。図 10 は、図 9 の F10-F10 線で窒化物半導体装置 10 を切断した概略断面構造を示してい

る。

[0078] 図9に示すように、第3実施形態では、フィールドプレート電極32には開口部60が形成されている。開口部60の少なくとも一部は、プレート延在部34に形成されている。第3実施形態では、開口部60は、プレート延在部34およびゲート対向部36の双方に跨って形成されている。図9の例では、開口部60は、プレート延在部34、ゲート対向部36、およびソース連結部38に跨って形成されている。つまり、開口部60は、ゲート対向部36を横切るように形成されている。開口部60は、Y方向に離隔して複数配列されている。複数の開口部60は、例えば等ピッチで配列されている。

[0079] 各開口部60は、第2実施形態の開口部50（図7参照）と同様に、プレート先端面34Aよりもゲート電極24側（ゲート層22側）に配置された閉じた開口である。各開口部60は、平面視においてX方向を長手方向とし、Y方向を短手方向とする矩形状である。各開口部60のX方向の長さLCは、プレート延在部34のX方向の長さLよりも長い。一例では、各開口部60のX方向の長さLCは、フィールドプレート電極32のX方向の長さLFの1/2よりも長い。

[0080] 各開口部60のY方向の長さLDは、ドレイン・ソース間電圧が印加された状態において各開口部60内に広がる空乏層が繋がるような寸法に設定される。一例では、複数の開口部60のY方向の長さLDは、互いに等しい。各開口部60のY方向の長さLDは、複数の開口部60間の距離DBと等しい。ここで、距離DBは、Y方向において隣り合う2つの開口部60のY方向の間の距離によって定義できる。

[0081] 図10に示すように、開口部60がプレート先端面34Aよりもゲート電極24側（ゲート層22側）に配置されているため、開口部60とプレート先端面34AとのX方向の間には、プレート先端部64が形成されている。図9に示すとおり、プレート先端部64は、Y方向に沿って延びている。

[0082] 図9および図10に示すように、フィールドプレート電極32は、各開口

部60を構成する内側面62を含む。この内側面62は、X方向の両端面としての第1端面62Aおよび第2端面62Bを含む。第1端面62Aは、プレート先端部64を構成する側面であり、プレート延在部34に形成されている。第2端面62Bは、ソース連結部38に形成されている。つまり、第2端面62Bは、平面視においてソース電極28よりもゲート層22寄りに配置されている。換言すると、第2端面62Bは、平面視においてソース電極28とゲート層22とのX方向の間に配置されている。

[0083] なお、第1端面62Aおよび第2端面62Bの各々のX方向の位置は、任意に変更可能である。複数の開口部60のうち少なくとも1つの開口部60の第1端面62AのX方向の位置が他の開口部60の第1端面62AのX方向の位置と異なってもよい。複数の開口部60のうち少なくとも1つの開口部60の第2端面62BのX方向の位置が他の開口部60の第2端面62BのX方向の位置と異なってもよい。その結果、複数の開口部60のうち少なくとも1つの開口部60のX方向の長さLCが他の開口部60のX方向の長さLCと異なってもよい。

[0084] [効果]

第3実施形態の窒化物半導体装置10によれば、以下の効果が得られる。

(3-1) フィールドプレート電極32は、パッシベーション層26を介してゲート層22と対向するゲート対向部36を有する。開口部60は、プレート延在部34およびゲート対向部36の双方に跨って形成されている。

[0085] この構成によれば、開口部60がプレート延在部34およびゲート対向部36の双方に跨って形成されているため、開口部60のX方向に大きく形成することができる。したがって、フィールドプレート電極32と電子供給層18との間の寄生容量を低減する効果を高めることができる。

[0086] (3-2) 開口部60は、プレート先端面34Aよりもゲート電極24側に形成された閉じた開口である。

この構成によれば、フィールドプレート電極32のY方向の全体にわたりプレート先端面34Aが形成されているため、フィールドプレート電極32

のY方向の全体にわたりフィールドプレート電極32のX方向の長さLが維持される。これにより、フィールドプレート電極32による電界集中の緩和の効果を高めることができる。

[0087] (3-3) 開口部60は、Y方向に離隔して複数配列されている。

この構成によれば、開口部60の数が多くなるため、各開口部60の幅（Y方向の大きさ）が小さくてもフィールドプレート電極32と電子供給層18との間の寄生容量を低減する効果を高めることができる。また、開口部60の幅を小さくすることができるため、開口部60内の全体に空乏層が形成されやすくなる。これにより、フィールドプレート電極32による電界集中の緩和の効果が低減することを抑制できる。

[0088] (3-4) 開口部60は、プレート延在部34、ゲート対向部36、およびソース連結部38にわたって形成されている。

この構成によれば、開口部60がプレート延在部34、ゲート対向部36、およびソース連結部38にわたって形成されているため、開口部60のX方向に大きく形成することができる。したがって、フィールドプレート電極32と電子供給層18との間の寄生容量を低減する効果を高めることができる。

[0089] <変更例>

上記各実施形態は例えば以下のように変更できる。上記各実施形態と以下の各変更例は、技術的な矛盾が生じない限り、互いに組み合わせることができる。なお、以下の変更例において、上記各実施形態と共通する部分については、上記各実施形態と同一の符号を付してその説明を省略する。

[0090] ・第1実施形態において、フィールドプレート電極32の開口部40としての凹部42の形状は、任意に変更可能である。凹部42は、例えば図11に示す凹部42、または図12に示す凹部42のように変更してもよい。

[0091] 図11に示すように、凹部42の底面46は、湾曲していてもよい。図11に示す例では、底面46は、平面視においてゲート層22に向けて凹む湾曲凹状に形成されていてよい。平面視において、底面46のうちゲート層2

2に最も近い部分は、ゲート層22よりもドレイン電極30（図2参照）寄りに位置している。

[0092] この構成によれば、凹部42の側面44と底面46とによってコーナ部分が形成されておらず、湾曲状となっているため、その湾曲状の底面46から広がる空乏層は、一对の側面44から広がる空乏層と繋がりやすくなる。したがって、フィールドプレート電極32によってドレイン電極30とソース電極28との間に発生する電界集中を緩和しやすくなる。

[0093] 図12に示すように、凹部42の一对の側面44は、プレート先端面34Aから底面46に向かうにつれて互いに接近するテーパ状に形成されていてもよい。

この構成によれば、凹部42内の底面46近傍において一对の側面44の空乏層が繋がりやすくなる。したがって、フィールドプレート電極32によってドレイン電極30とソース電極28との間に発生する電界集中を緩和しやすくなる。

[0094] なお、図11に示す凹部42の形状と図12に示す凹部42の形状とを組み合わせてもよい。つまり、凹部42は、プレート先端面34Aから底面46に向かうにつれて互いに接近するテーパ状に形成された一对の側面44と、ゲート層22に向けて凹むように湾曲する底面46と、を含んでいてよい。

[0095] ・第1実施形態において、凹部42の幅Wと、複数の凹部42間の距離Dとの関係は任意に変更可能である。

一例では、図13に示すように、凹部42の幅Wは、複数の凹部42間の距離Dよりも大きくてもよい。

[0096] この構成によれば、フィールドプレート電極32に起因する寄生容量を低減することができる。したがって、窒化物半導体装置10のスイッチングの応答性への悪影響を低減することができる。

[0097] 別の例では、図14に示すように、複数の凹部42間の距離Dは、凹部42の幅Wよりも大きくてもよい。

この構成によれば、フィールドプレート電極 3 2 による電界集中の緩和の効果を高めることができる。

[0098] なお、第 2 および第 3 実施形態においても同様に、開口部 5 0、6 0 の Y 方向の長さ L B、L D と、複数の開口部 5 0、6 0 間の距離 D A、D B との関係は任意に変更可能である。

[0099] 一例では、開口部 5 0 の Y 方向の長さ L B は、複数の開口部 5 0 間の距離 D A よりも大きくてもよい。また一例では、開口部 5 0 の Y 方向の長さ L B は、複数の開口部 5 0 間の距離 D A よりも小さくてもよい。

[0100] 一例では、開口部 6 0 の Y 方向の長さ L D は、複数の開口部 6 0 間の距離 D B よりも大きくてもよい。また一例では、開口部 6 0 の Y 方向の長さ L D は、複数の開口部 6 0 間の距離 D B よりも小さくてもよい。

[0101] ・第 1 実施形態において、凹部 4 2 の深さ H は任意に変更可能である。一例では、図 1 5 に示すように、凹部 4 2 は、X 方向においてプレート先端面 3 4 A からプレート延在部 3 4 よりも長く延びていてよい。凹部 4 2 は、プレート延在部 3 4 およびゲート対向部 3 6 の双方に跨って形成されていてよい。

[0102] この構成によれば、凹部 4 2 の深さ H が深くなるため、フィールドプレート電極 3 2 に起因する寄生容量を低減することができる。したがって、窒化物半導体装置 1 0 のスイッチングの応答性への悪影響を低減することができる。

[0103] ・第 1 実施形態において、複数の凹部 4 2 の底面 4 6 の X 方向の位置は互いに同じであったが、これに限られない。例えば、複数の凹部 4 2 の底面 4 6 のうち少なくとも 1 つの X 方向の位置は他の底面 4 6 の X 方向の位置と異なっていてよい。

[0104] ・上記各実施形態において、フィールドプレート電極 3 2 の開口部の配置態様、形状、およびサイズの各々は任意に変更可能である。以下、図面を参照して、いくつかの変更例について説明する。図 1 6 ~ 図 2 3 は、フィールドプレート電極 3 2 の平面構造を示している。

[0105] [変更例 1]

図 16 に示すように、フィールドプレート電極 32 には、開口部 70 が形成されている。開口部 70 は、プレート延在部 34 に形成されている。一方、開口部 70 は、ゲート対向部 36 には形成されていない。開口部 70 は、X 方向に離隔して複数配列されている。各開口部 70 は、平面視において X 方向を短手方向とし、Y 方向を長手方向とする矩形状である。各開口部 70 は、Y 方向に延びる帯状であるともいえる。図 16 に示す例では、プレート延在部 34 には、3 つの開口部 70 が X 方向において互いに離隔して形成されている。

[0106] 各開口部 70 の Y 方向の長さ L_E は、プレート延在部 34 の X 方向の長さ L よりも長い。一例では、各開口部 70 は、ゲート層 22 およびドレイン電極 30 が X 方向に対向している範囲の全域にわたって形成されている。このため、各開口部 70 の Y 方向の長さ L_E は、ドレイン電極 30 の Y 方向の長さ L_G 以上であってよい。

[0107] [変更例 2]

図 17 に示すように、フィールドプレート電極 32 には、開口部 80 が形成されている。開口部 80 は、プレート延在部 34 に配置されている。一方、開口部 80 は、ゲート対向部 36 には配置されていない。開口部 80 は、X 方向および Y 方向にそれぞれ離隔して複数配列されている。図 17 に示す例では、複数の開口部 80 は、Y 方向において互いに離隔して配列された複数の開口部 80 の列が X 方向に互いに離隔して 3 列並んで配置されている。また、プレート先端面 34 A に最も近い開口部 80 の Y 方向の列と、ソース電極 28 に最も近い開口部 80 の Y 方向の列とにおいては、Y 方向における開口部 80 の位置が同じである。一方、3 列のうち X 方向の中央の開口部 80 の Y 方向の列においては、プレート先端面 34 A に最も近い開口部 80 の Y 方向の列と、ソース電極 28 に最も近い開口部 80 の Y 方向の列とのそれぞれの開口部 80 の Y 方向の位置に対して、開口部 80 の Y 方向の位置がずれている。

[0108] [変更例3]

図18に示すように、フィールドプレート電極32には、第1開口部90および第2開口部92が形成されている。第1開口部90は、プレート延在部34に配置されている。このため、開口部の少なくとも一部は、プレート延在部34に配置されているといえる。第2開口部92は、ゲート対向部36に配置されている。換言すると、第2開口部92は、平面視でゲート層22と重なる位置に配置されている。このため、図18に示す例では、開口部の少なくとも一部は、平面視でゲート層22と重なる位置に配置されているといえる。さらに、開口部は、少なくともゲート対向部36に配置されているといえる。このように、図18に示す例では、開口部は、プレート延在部34および平面視でゲート層22と重なる位置の双方に配置されているといえる。

[0109] 第1開口部90は、X方向に離隔して複数配列されている。各第1開口部90は、平面視においてX方向を短手方向とし、Y方向を長手方向とする矩形状である。各第1開口部90は、Y方向に延びる帯状であるともいえる。図18に示す例では、プレート延在部34には、3つの第1開口部90がX方向において互いに離隔して配置されている。また図18に示す例では、3つの第1開口部90の形状およびサイズは、図16に示す3つの開口部70と同じである。

[0110] 第2開口部92は、平面視においてX方向を短手方向とし、Y方向を長手方向とする矩形状である。第2開口部92は、Y方向に延びる帯状であるともいえる。第2開口部92は、平面視においてゲート層22と重なる領域のうちゲート層22およびドレイン電極30がX方向に対向している範囲の全域にわたって形成されている。

[0111] 図18に示す例では、第2開口部92のY方向の長さL1は、第1開口部90のY方向の長さLHと等しい。このため、第1開口部90は、プレート延在部34のうちゲート層22およびドレイン電極30がX方向に対向している範囲の全域にわたって形成されているといえる。また、図18に示す例

では、第2開口部92のX方向の長さLKは、第1開口部90のX方向の長さLJよりも小さい。なお、第1開口部90の長さLH、LJおよび第2開口部92の長さLI、LKの各々は任意に変更可能である。一例では、第2開口部92のX方向の長さLKは、第1開口部90のX方向の長さLJよりも大きくてもよい。

[0112] [変更例4]

図19に示すように、フィールドプレート電極32には、第1開口部100および第2開口部102が形成されている。第1開口部100は、プレート延在部34に配置されている。このため、開口部の少なくとも一部は、プレート延在部34に配置されているといえる。第2開口部102は、ゲート対向部36に配置されている。換言すると、第2開口部102は、平面視でゲート層22と重なる位置に配置されている。このため、図19に示す例では、開口部の少なくとも一部は、平面視でゲート層22と重なる位置に配置されているといえる。さらに、開口部は、少なくともゲート対向部36に配置されているといえる。このように、図19に示す例では、開口部は、プレート延在部34および平面視でゲート層22と重なる位置の双方に配置されているといえる。

[0113] 第1開口部100は、X方向およびY方向にそれぞれ離隔して複数配列されている。図19に示す例では、複数の第1開口部100は、Y方向において互いに離隔して配列された複数の第1開口部100の列がX方向に互いに離隔して3列並んで配置されている。複数の第1開口部100の配置態様は、図17に示す複数の開口部80の配置態様と同様である。また各第1開口部100の形状およびサイズは、各開口部80の形状およびサイズと同じである。

[0114] 第2開口部102は、Y方向に離隔して複数配列されている。図19に示す例では、各第2開口部102の形状は、各第1開口部100と同じである。一方、各第2開口部102のサイズは、各第1開口部100のサイズよりも小さい。より詳細には、各第2開口部102のX方向の寸法は、各第1開

開口部100のX方向の寸法よりも小さい。また、各第2開口部102のY方向の寸法は、各第1開口部100のY方向の寸法よりも小さい。

[0115] なお、第1開口部100および第2開口部102の形状およびサイズは任意に変更可能である。一例では、第1開口部100の形状およびサイズは、第2開口部102の形状およびサイズと同じであってもよい。

[0116] [変更例5]

図20に示すように、フィールドプレート電極32には、開口部110が形成されている。開口部110は、ゲート対向部36に配置されている。換言すると、開口部110は、平面視でゲート層22と重なる位置に配置されている。一方、開口部110は、プレート延在部34に配置されていない。このため、図20に示す例では、開口部の少なくとも一部は、平面視でゲート層22と重なる位置に配置されているといえる。さらに、開口部は、少なくともゲート対向部36に配置されているといえる。

[0117] 開口部110は、平面視においてX方向を短手方向とし、Y方向を長手方向とする矩形状である。開口部110は、Y方向に延びる帯状であるともいえる。開口部110は、平面視においてゲート層22と重なる領域のうちゲート層22およびドレイン電極30がX方向に対向している範囲の全域にわたって形成されている。なお、第1および第2実施形態に変更例5の開口部110を追加してもよい。

[0118] [変更例6]

図21に示すように、フィールドプレート電極32には、開口部120が形成されている。開口部120は、ゲート対向部36に配置されている。換言すると、開口部120は、平面視でゲート層22と重なる位置に配置されている。一方、開口部120は、プレート延在部34に配置されていない。このため、図21に示す例では、開口部の少なくとも一部は、平面視でゲート層22と重なる位置に配置されているといえる。さらに、開口部は、少なくともゲート対向部36に配置されているといえる。開口部120は、Y方向に離隔して複数配列されている。各開口部120は、平面視においてX方

向を短手方向とし、Y方向を長手方向とする矩形状である。なお、第1および第2実施形態に変更例6の開口部120を追加してもよい。

[0119] [変更例7]

図22に示すように、フィールドプレート電極32には、開口部130が形成されている。開口部130は、プレート延在部34に配置されている。一方、開口部130は、ゲート対向部36には配置されていない。開口部130は、X方向およびY方向にそれぞれ離隔して複数配列されている。図22に示す例では、複数の開口部130は、Y方向において互いに離隔して配列された複数の開口部130の列がX方向に互いに離隔して3列並んで配置されている。複数の開口部130の配置態様は、図17に示す複数の開口部80の配置態様と同様である。

[0120] 各開口部130は、平面視において楕円形状である。図22に示す例では、各開口部130は、平面視においてX方向を短軸とし、Y方向を長軸とする楕円形状である。なお、開口部130は、平面視において楕円形状に限られず、円形状であってもよい。また、開口部130は、平面視において多角形状であってもよい。

[0121] [変更例8]

図23に示すように、フィールドプレート電極32には、第1開口部140および第2開口部142が形成されている。第1開口部140は、プレート延在部34に配置されている。このため、開口部の少なくとも一部は、プレート延在部34に配置されているといえる。第2開口部142は、ゲート対向部36に配置されている。換言すると、第2開口部142は、平面視でゲート層22と重なる位置に配置されている。このため、図23に示す例では、開口部の少なくとも一部は、平面視でゲート層22と重なる位置に配置されているといえる。さらに、開口部は、少なくともゲート対向部36に配置されているといえる。このように、図23に示す例では、開口部は、プレート延在部34および平面視でゲート層22と重なる位置の双方に配置されているといえる。

- [0122] 第1開口部140は、X方向およびY方向にそれぞれ離隔して複数配列されている。図23に示す例では、複数の第1開口部140は、Y方向において互いに離隔して配列された複数の第1開口部140の列がX方向に互いに離隔して3列並んで配置されている。複数の第1開口部140の配置態様は、図17に示す複数の開口部80の配置態様と同様である。また各第1開口部140の形状およびサイズは、各開口部80の形状およびサイズと同じである。
- [0123] 第2開口部142は、Y方向に離隔して複数配列されている。図23に示す例では、各第2開口部142のX方向の長さLMは、各第1開口部140のX方向の長さLLよりも長い。各第2開口部142のY方向の長さLPは、各第1開口部140のY方向の長さLNよりも長い。このように、平面視において、ゲート対向部36の面積に対する第2開口部142の開口面積の割合を大きくしてもよい。なお、第1および第2実施形態に変更例8の第2開口部142を追加してもよい。
- [0124] ・上記各実施形態において、フィールドプレート電極32からゲート対向部36を省略してもよい。つまり、図24に示すように、フィールドプレート電極32は、プレート延在部34と、ソース連結部38と、を含む。プレート延在部34とソース連結部38とはX方向において互いに離隔して配置されている。図25に示すように、プレート延在部34とソース連結部38とは電氣的に接続されている。一例では、配線層150、第1ビア152、および第2ビア154によってプレート延在部34とソース連結部38とが接続されている。この配線層150は、プレート延在部34およびソース連結部38に対してZ方向において電子供給層18とは反対側に離隔して配置されている。より詳細には、窒化物半導体装置10は、パッシベーション層26上に形成され、ソース電極28、ドレイン電極30、およびフィールドプレート電極32を覆う層間絶縁層156をさらに含む。配線層150は、層間絶縁層156上に形成されている。第1ビア152は、配線層150とプレート延在部34とを接続するように層間絶縁層156をZ方向に貫通し

ている。第2ビア154は、配線層150とソース連結部38とを接続するように層間絶縁層156をZ方向に貫通している。

[0125] 上記各実施形態において、ゲート層22の構成は任意に変更可能である。一例では、図26に示すように、ゲート層22は、リッジ部22Aと、リッジ部22Aの両側から互いに反対方向に延在する延在部22Bを含む。リッジ部22Aおよび延在部22Bによって、ゲート層22のステップ構造が形成されている。

[0126] リッジ部22Aは、ゲート層22の相対的に厚い部分に相当する。ゲート電極24は、リッジ部22Aに接している。リッジ部22Aは、図26のXZ平面に沿った断面において矩形状または台形状を有し得る。リッジ部22Aは、例えば100nm以上200nm以下の厚さを有し得る。リッジ部22Aの厚さとは、リッジ部22Aの上面から下面（ゲート電極24が形成されているゲート層22の上面22Uから電子供給層18に接するゲート層22の下面22L）までの距離のことである。リッジ部22A（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決定され得る。

[0127] 延在部22Bは、ソース側延在部22BSおよびドレイン側延在部22BDを含む。ソース側延在部22BSは、リッジ部22Aからパッシベーション層26の第1開口26Aに向かって延在している。ドレイン側延在部22BDは、リッジ部22Aからパッシベーション層26の第2開口26Bに向かって延在している。ソース側延在部22BSとドレイン側延在部22BDは同じ長さであってもよいし、異なってもよい。

[0128] ソース側延在部22BSは、例えば5nm以上30nm以下の厚さを有し得る。ソース側延在部22BSは、リッジ部22Aから第1開口26Aに向かう方向において、例えば100nm以上のX方向の長さを有し得る。ソース側延在部22BSのX方向の長さは、例えば200nm以上300nm以下である。ドレイン側延在部22BDは、例えば5nm以上30nm以下の厚さを有し得る。ドレイン側延在部22BDは、リッジ部22Aから第2開口26Bに向かう方向において、例えば200nm以上600nm以下のX

方向の長さを有し得る。一例では、ソース側延在部 22BS の厚さとドレイン側延在部 22BD の厚さは、互いに等しい。

[0129] ゲート層 22 は、上面 22U および下面 22L を有する。下面 22L は、ゲート層 22 における電子供給層 18 の上面 18U に対向する面であり、上面 22U は、ゲート層 22 における下面 22L の反対側に位置する面である。ステップ構造を有するゲート層 22 の上面 22U は、リッジ部 22A の上面を意味する。ステップ構造を有するゲート層 22 の下面 22L は、リッジ部 22A の下面、ソース側延在部 22BS の下面、およびドレイン側延在部 22BD の下面を含む面を意味する。

[0130] 図 27 は、図 26 とは Y 方向における異なる位置において XZ 平面に沿って窒化物半導体装置 10 を切断した断面構造を模式的に示している。

図 27 に示すように、フィールドプレート電極 32 において、開口部 40 としての凹部 42 は、ゲート層 22 よりもプレート先端面 34A (図 26 参照) 寄りに配置されている。つまり、凹部 42 の底面 46 は、ゲート層 22 のドレイン側延在部 22BD よりもプレート先端面 34A 寄りに位置している。

[0131] 本明細書に記載の様々な例のうち 1 つまたは複数、技術的に矛盾しない範囲で組み合わせることができる。

本明細書において、「A および B のうち少なくとも 1 つ」とは、「A のみ、または、B のみ、または A および B の両方」を意味するものとして理解されるべきである。

[0132] 本開示における「第 1」、「第 2」、「第 3」等の用語は、単に対象物を区別するために用いられており、対象物を順位づけするものではない。

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」との双方の意味を含む。したがって、「構成 A が構成 B 上に形成される」という表現は、或る実施形態では構成 A が構成 B に接触して構成 B 上に直接配置され得るが、他の実施形態では構成 A が構成 B に接触することなく構成 B 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、構成Aと構成Bとの間に他の構成が形成される構造を排除しない。

[0133] 本開示で使用されるZ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は、本明細書で説明されるZ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方向が鉛直方向であってもよく、またはY方向が鉛直方向であってもよい。

[0134] <付記>

本開示から把握できる技術的思想を以下に記載する。なお、限定する意図ではなく理解の補助のために、付記に記載される構成要素には、実施形態中の対応する構成要素の参照符号が付されている。参照符号は、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、参照符号で示される構成要素に限定されるべきではない。

[0135] [付記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）上に形成され、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構成された電子供給層（18）と、
前記電子供給層（18）上に形成され、アクセプタ型不純物を含む窒化物半導体によって構成されたゲート層（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）を覆うパッシベーション層（26）であって、第1方向（X方向）に離隔された第1開口（26A）および第2開口（26B）を有し、前記ゲート層（22）は前記第1開口（26A）と前記第2開口（26B）との間に位置している、パッシベーション層（26）と、
前記第1開口（26A）を介して前記電子供給層（18）に接しているソース電極（28）と、

前記第2開口（26B）を介して前記電子供給層（18）に接しているドレイン電極（30）と、

前記パッシベーション層（26）上に形成されるとともに前記ソース電極（28）に電氣的に接続されているフィールドプレート電極（32）と、
を備え、

前記フィールドプレート電極（32）は、平面視で前記ゲート層（22）と前記ドレイン電極（30）との間の領域に延在しかつ前記パッシベーション層（26）を介して前記電子供給層（18）と対向しているプレート延在部（34）を含み、

前記フィールドプレート電極（32）には開口部（40）が形成されており、前記開口部（40）は前記プレート延在部（34）および平面視で前記ゲート層（22）と重なる位置の少なくとも一方に形成されている
窒化物半導体装置（10）。

[0136] [付記2]

前記開口部（40）の少なくとも一部は、前記プレート延在部（34）に形成されている

付記1に記載の窒化物半導体装置。

[0137] [付記3]

前記プレート延在部（34）は、前記ドレイン電極（30）と対向するプレート先端面（34A）を有し、

前記開口部（40）は、前記プレート先端面（34A）から前記ゲート層（22）に向けて凹んだ凹部（42）であり、

前記凹部（42）は、平面視において前記第1方向（X方向）と直交する第2方向（Y方向）を幅方向とし、前記第1方向（X方向）を深さ方向として延びており、前記ドレイン電極（30）に向けて開放されている

付記2に記載の窒化物半導体装置。

[0138] [付記4]

前記凹部（42）の深さ（H）は、前記プレート延在部（34）の前記第

1方向（X方向）の長さ（L）の1／2よりも深い
付記3に記載の窒化物半導体装置。

[0139] [付記5]

前記フィールドプレート電極（32）は、前記パッシベーション層（26）を介して前記ゲート層（22）と対向するゲート対向部（36）を有し、
前記凹部（42）は、前記第1方向（X方向）において前記プレート先端面（34A）から前記プレート延在部（34）よりも長く延びており、前記プレート延在部（34）および前記ゲート対向部（36）の双方に跨って形成されている

付記4に記載の窒化物半導体装置。

[0140] [付記6]

前記凹部（42）は、前記第2方向（Y方向）に離隔して複数配列されている

付記3～5のいずれか1つに記載の窒化物半導体装置。

[0141] [付記7]

前記複数の凹部（42）間の距離（D）は、前記凹部（42）の幅（W）よりも大きい

付記6に記載の窒化物半導体装置。

[0142] [付記8]

前記凹部（42）の幅（W）は、前記複数の凹部（42）間の距離（D）よりも大きい

付記6に記載の窒化物半導体装置。

[0143] [付記9]

前記凹部（42）の底面（46）は湾曲している

付記3に記載の窒化物半導体装置。

[0144] [付記10]

前記プレート延在部（34）は、前記ドレイン電極（30）と対向するプレート先端面（34A）を有し、

前記開口部（５０）は、前記プレート先端面（３４Ａ）よりも前記ゲート電極（２４）側に形成された閉じた開口である

付記２に記載の窒化物半導体装置。

[0145] [付記１１]

前記開口部（５０）は、平面視において前記第１方向（Ｘ方向）を長手方向とし、前記第１方向（Ｘ方向）と直交する第２方向（Ｙ方向）を短手方向とする矩形状である

付記１０に記載の窒化物半導体装置。

[0146] [付記１２]

前記開口部（５０）の前記第１方向（Ｘ方向）の長さ（ＬＡ）は、前記プレート延在部（３４）の前記第１方向（Ｘ方向）の長さ（Ｌ）の $1/2$ よりも長い

付記１１に記載の窒化物半導体装置。

[0147] [付記１３]

前記開口部（７０）は、平面視において前記第１方向（Ｘ方向）を短手方向とし、前記第１方向（Ｘ方向）と直交する第２方向（Ｙ方向）を長手方向とする矩形状である

付記１０に記載の窒化物半導体装置。

[0148] [付記１４]

前記フィールドプレート電極（３２）は、前記パッシベーション層（２６）を介して前記ゲート層（２２）と対向するゲート対向部（３６）を有し、前記開口部（６０）は、前記プレート延在部（３４）および前記ゲート対向部（３６）の双方に跨って形成されている

付記１０～１２のいずれか１つに記載の窒化物半導体装置。

[0149] [付記１５]

前記開口部（６０）の少なくとも一部は、平面視で前記ゲート層（２２）と重なる位置に形成されている

付記１に記載の窒化物半導体装置。

[0150] [付記16]

前記フィールドプレート電極(32)は、前記パッシベーション層(26)を介して前記ゲート層(22)と対向するゲート対向部(36)を有し、前記開口部(110)は、少なくとも前記ゲート対向部(36)に形成されている

付記15に記載の窒化物半導体装置。

[0151] [付記17]

前記ゲート層(22)および前記ドレイン電極(30)は、平面視において前記第1方向(X方向)と直交する第2方向(Y方向)に延びており、

前記開口部(110)は、平面視において前記ゲート層(22)と重なる領域のうち前記ゲート層(22)および前記ドレイン電極(30)が前記第1方向(X方向)に対向している範囲の全域にわたり形成されている

付記15または16に記載の窒化物半導体装置。

[0152] [付記18]

前記開口部(130)は、円形状または楕円形状である

付記1または2に記載の窒化物半導体装置。

[0153] [付記19]

前記ゲート層(22)は、

前記電子供給層(18)に接するリッジ部(22A)と、

前記電子供給層(18)と接するとともに、前記リッジ部(22A)から前記第1方向(X方向)における前記ソース電極(28)側に向かって延びる、前記リッジ部(22A)よりも薄いソース側延在部(22BS)と、

前記電子供給層(18)と接するとともに、前記リッジ部(22A)から前記第1方向(X方向)における前記ドレイン電極(30)側に向かって延びる、前記リッジ部(22A)よりも薄いドレイン側延在部(22BD)と

、

を含む、付記3～9のいずれか1つに記載の窒化物半導体装置。

[0154] [付記20]

前記凹部（４２）の底面（４６）は、前記第１方向（Ｘ方向）において前記ドレイン側延在部（２２ＢＤ）よりも前記ドレイン電極（３０）寄りに位置している

付記１９に記載の窒化物半導体装置。

[0155] 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全ての代替、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

- [0156] １０…窒化物半導体装置
１０Ａ…単位トランジスタ
１２…半導体基板
１４…バッファ層
１６…電子走行層
１８…電子供給層
１８Ｕ…上面
２０…二次元電子ガス（２ＤＥＧ）
２２…ゲート層
２２Ａ…リッジ部
２２Ｂ…延在部
２２ＢＤ…ドレイン側延在部
２２ＢＳ…ソース側延在部
２２Ｕ…上面
２２Ｌ…下面
２２Ｘ…側面
２４…ゲート電極
２６…パッシベーション層

2 6 A…第 1 開口
2 6 B…第 2 開口
2 8…ソース電極
3 0…ドレイン電極
3 2…フィールドプレート電極
3 4…プレート延在部
3 4 A…プレート先端面
3 6…ゲート対向部
3 8…ソース連結部
4 0…開口部
4 2…凹部
4 4…側面
4 6…底面
5 0…開口部
5 2…プレート先端部
6 0…開口部
6 2…内側面
6 2 A…第 1 端面
6 2 B…第 2 端面
6 4…プレート先端部
7 0…開口部
8 0…開口部
9 0…第 1 開口部
9 2…第 2 開口部
1 0 0…第 1 開口部
1 0 2…第 2 開口部
1 1 0…開口部
1 2 0…開口部

130…開口部

140…第1開口部

142…第2開口部

150…配線層

152…第1ビア

154…第2ビア

156…層間絶縁層

L…プレート延在部のX方向の長さ

H…凹部の深さ

W…凹部の幅

D…凹部間の距離

DA, DB…開口部間の距離

LA…開口部のX方向の長さ

LB…開口部のY方向の長さ

LC…開口部のX方向の長さ

LD…開口部のY方向の長さ

LF…フィールドプレート電極のX方向の長さ

LE…開口部のY方向の長さ

LG…ドレイン電極のY方向の長さ

LH…第1開口部のY方向の長さ

LI…第2開口部のY方向の長さ

LJ…第1開口部のX方向の長さ

LK…第2開口部のX方向の長さ

LL…第1開口部のX方向の長さ

LM…第2開口部のX方向の長さ

LN…第1開口部のY方向の長さ

LP…第2開口部のY方向の長さ

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、
前記電子走行層上に形成され、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構成された電子供給層と、
前記電子供給層上に形成され、アクセプタ型不純物を含む窒化物半導体によって構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パッシベーション層であって、第1方向に離隔された第1開口および第2開口を有し、前記ゲート層は前記第1開口と前記第2開口との間に位置している、パッシベーション層と、
前記第1開口を介して前記電子供給層に接しているソース電極と、
前記第2開口を介して前記電子供給層に接しているドレイン電極と、
、
前記パッシベーション層上に形成されるとともに前記ソース電極に電氣的に接続されているフィールドプレート電極と、
を備え、
前記フィールドプレート電極は、平面視で前記ゲート層と前記ドレイン電極との間の領域に延在しかつ前記パッシベーション層を介して前記電子供給層と対向しているプレート延在部を含み、
前記フィールドプレート電極には開口部が形成されており、前記開口部は前記プレート延在部および平面視で前記ゲート層と重なる位置の少なくとも一方に形成されている
窒化物半導体装置。
- [請求項2] 前記開口部の少なくとも一部は、前記プレート延在部に形成されている
請求項1に記載の窒化物半導体装置。
- [請求項3] 前記プレート延在部は、前記ドレイン電極と対向するプレート先端

面を有し、

前記開口部は、前記プレート先端面から前記ゲート層に向けて凹んだ凹部であり、

前記凹部は、平面視において前記第1方向と直交する第2方向を幅方向とし、前記第1方向を深さ方向として延びており、前記ドレイン電極に向けて開放されている

請求項2に記載の窒化物半導体装置。

[請求項4] 前記凹部の深さは、前記プレート延在部の前記第1方向の長さの1/2よりも深い

請求項3に記載の窒化物半導体装置。

[請求項5] 前記フィールドプレート電極は、前記パッシベーション層を介して前記ゲート層と対向するゲート対向部を有し、

前記凹部は、前記第1方向において前記プレート先端面から前記プレート延在部よりも長く延びており、前記プレート延在部および前記ゲート対向部の双方に跨って形成されている

請求項4に記載の窒化物半導体装置。

[請求項6] 前記凹部は、前記第2方向に離隔して複数配列されている

請求項3～5のいずれか一項に記載の窒化物半導体装置。

[請求項7] 前記複数の凹部間の距離は、前記凹部の幅よりも大きい

請求項6に記載の窒化物半導体装置。

[請求項8] 前記凹部の幅は、前記複数の凹部間の距離よりも大きい

請求項6に記載の窒化物半導体装置。

[請求項9] 前記凹部の底面は湾曲している

請求項3に記載の窒化物半導体装置。

[請求項10] 前記プレート延在部は、前記ドレイン電極と対向するプレート先端面を有し、

前記開口部は、前記プレート先端面よりも前記ゲート電極側に形成された閉じた開口である

請求項 2 に記載の窒化物半導体装置。

[請求項11] 前記開口部は、平面視において前記第 1 方向を長手方向とし、前記第 1 方向と直交する第 2 方向を短手方向とする矩形形状である

請求項 1 0 に記載の窒化物半導体装置。

[請求項12] 前記開口部の前記第 1 方向の長さは、前記プレート延在部の前記第 1 方向の長さの $1/2$ よりも長い

請求項 1 1 に記載の窒化物半導体装置。

[請求項13] 前記開口部は、平面視において前記第 1 方向を短手方向とし、前記第 1 方向と直交する第 2 方向を長手方向とする矩形形状である

請求項 1 0 に記載の窒化物半導体装置。

[請求項14] 前記フィールドプレート電極は、前記パッシベーション層を介して前記ゲート層と対向するゲート対向部を有し、

前記開口部は、前記プレート延在部および前記ゲート対向部の双方に跨って形成されている

請求項 1 0 ~ 1 2 のいずれか一項に記載の窒化物半導体装置。

[請求項15] 前記開口部の少なくとも一部は、平面視で前記ゲート層と重なる位置に形成されている

請求項 1 に記載の窒化物半導体装置。

[請求項16] 前記フィールドプレート電極は、前記パッシベーション層を介して前記ゲート層と対向するゲート対向部を有し、

前記開口部は、少なくとも前記ゲート対向部に形成されている

請求項 1 5 に記載の窒化物半導体装置。

[請求項17] 前記ゲート層および前記ドレイン電極は、平面視において前記第 1 方向と直交する第 2 方向に延びており、

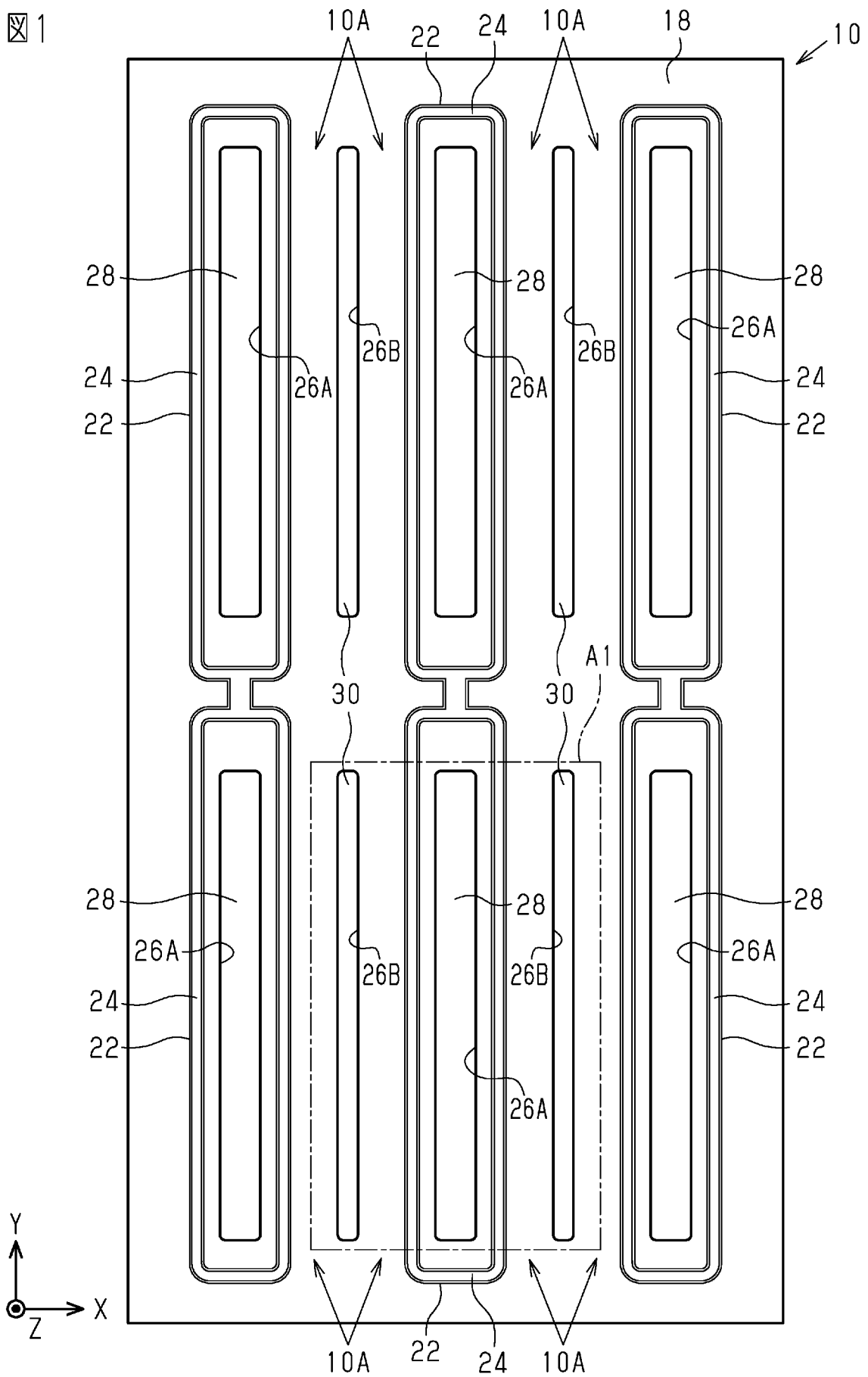
前記開口部は、平面視において前記ゲート層と重なる領域のうち前記ゲート層および前記ドレイン電極が前記第 1 方向に対向している範囲の全域にわたり形成されている

請求項 1 5 または 1 6 に記載の窒化物半導体装置。

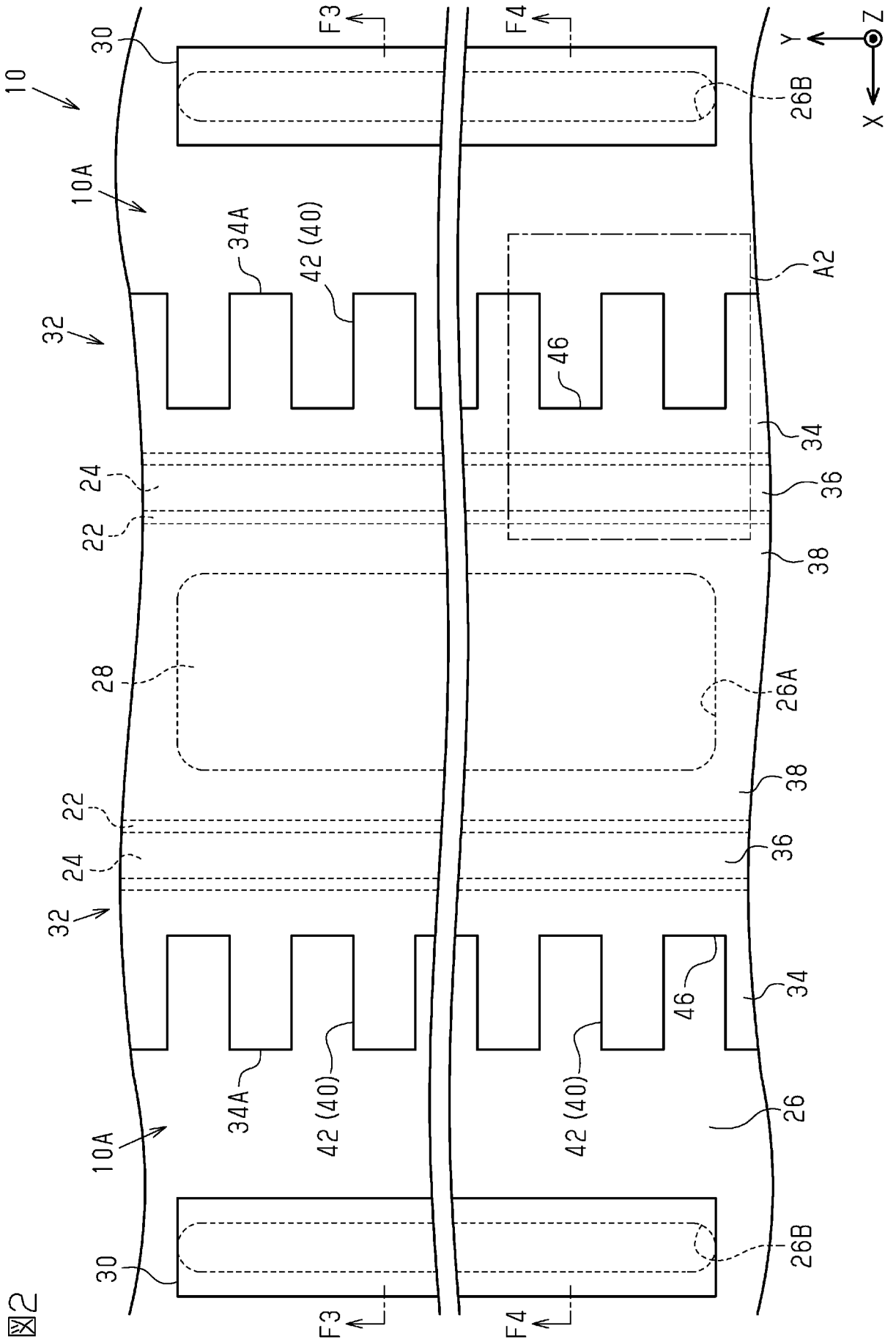
[請求項18] 前記開口部は、円形状または楕円形状である
請求項 1 または 2 に記載の窒化物半導体装置。

[図1]

図1

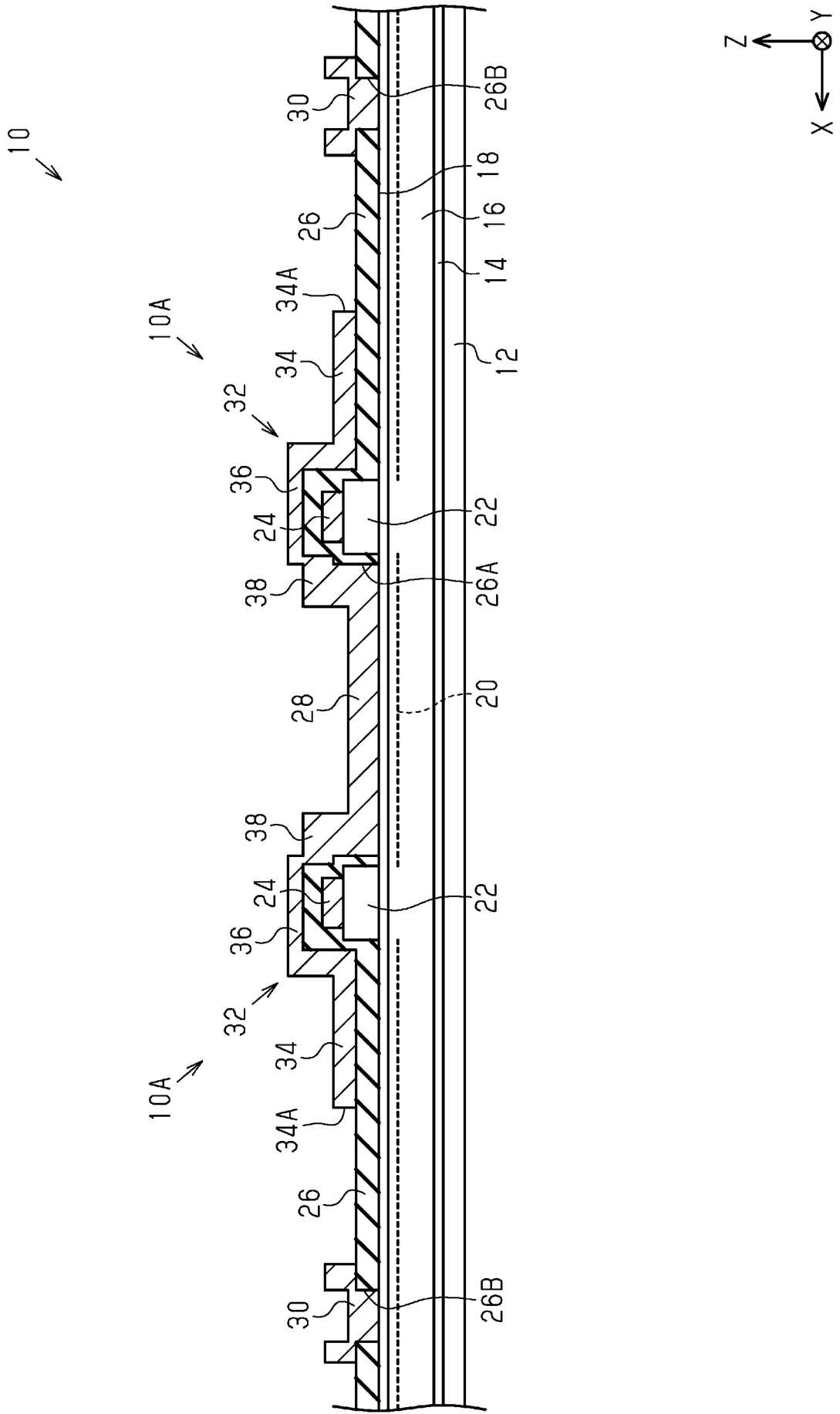


[図2]



[図3]

図3



[図4]

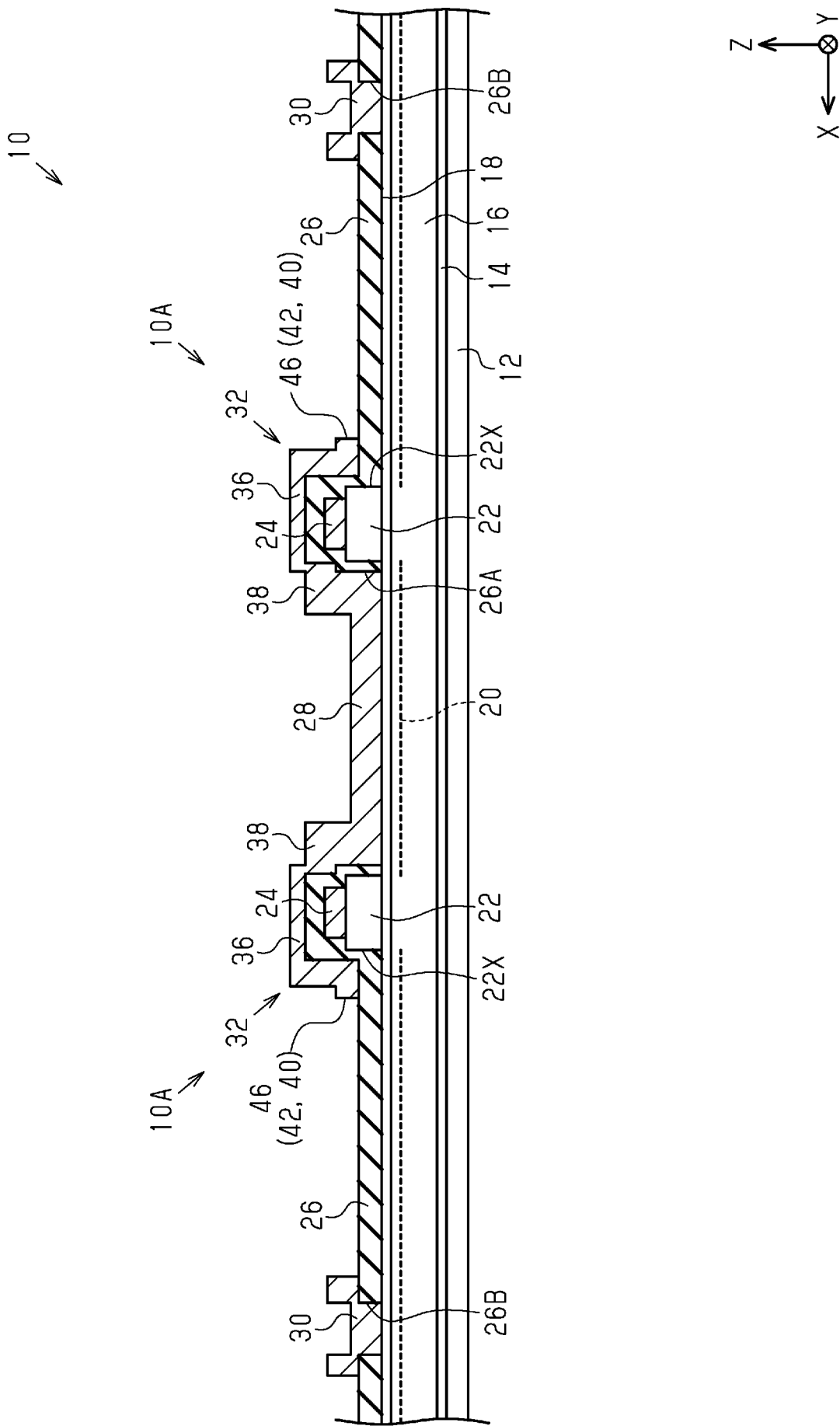


図4

[圖6]

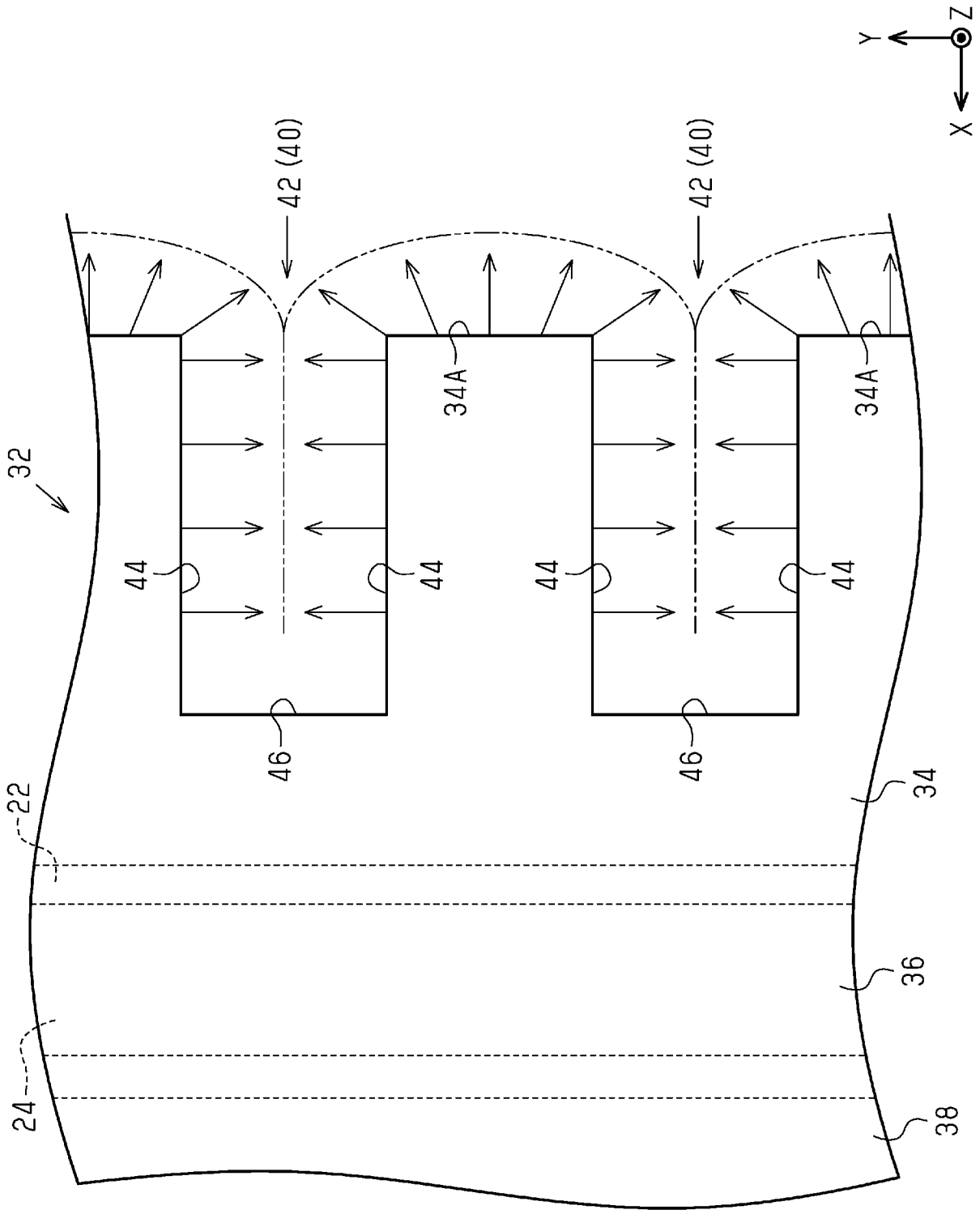
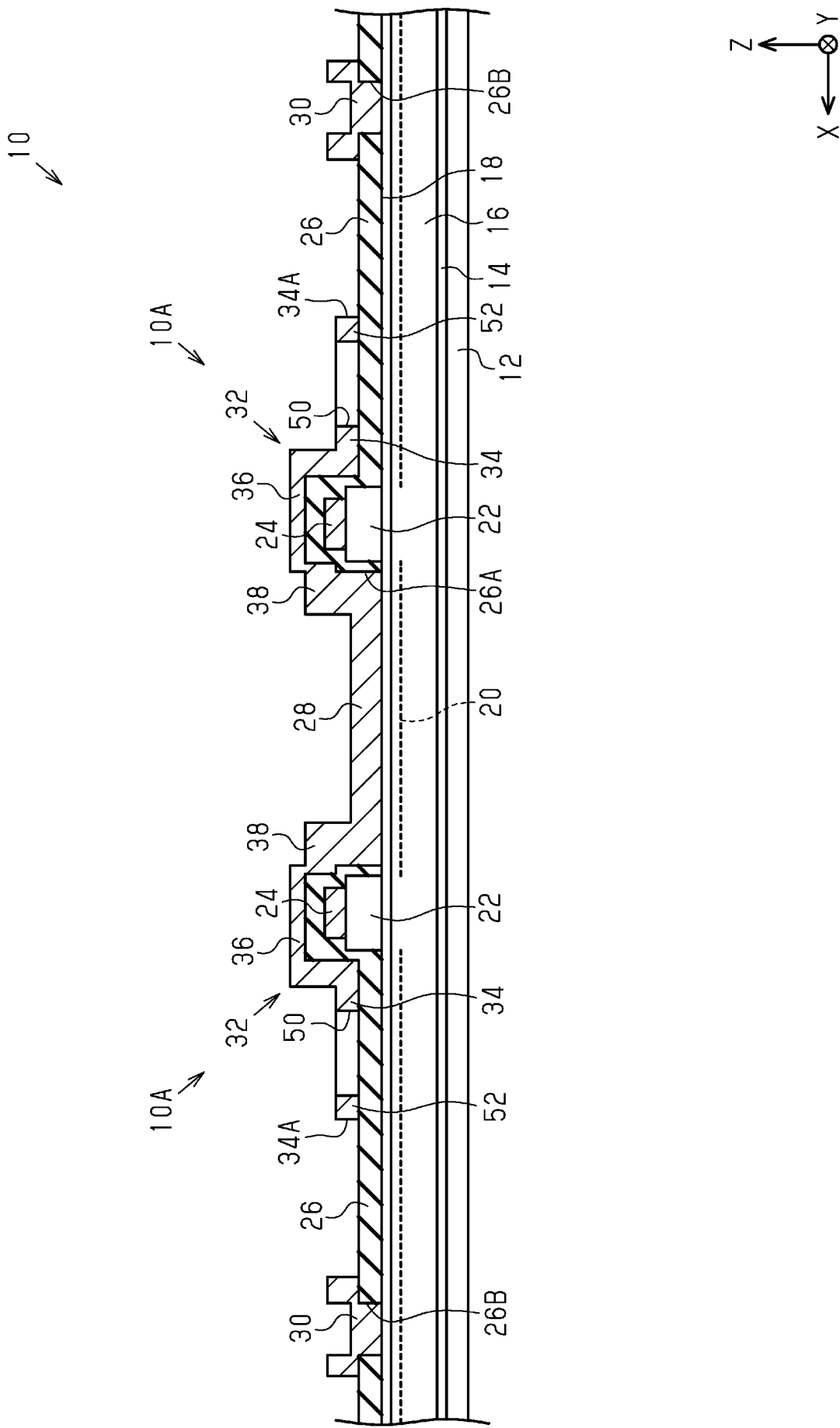


圖6

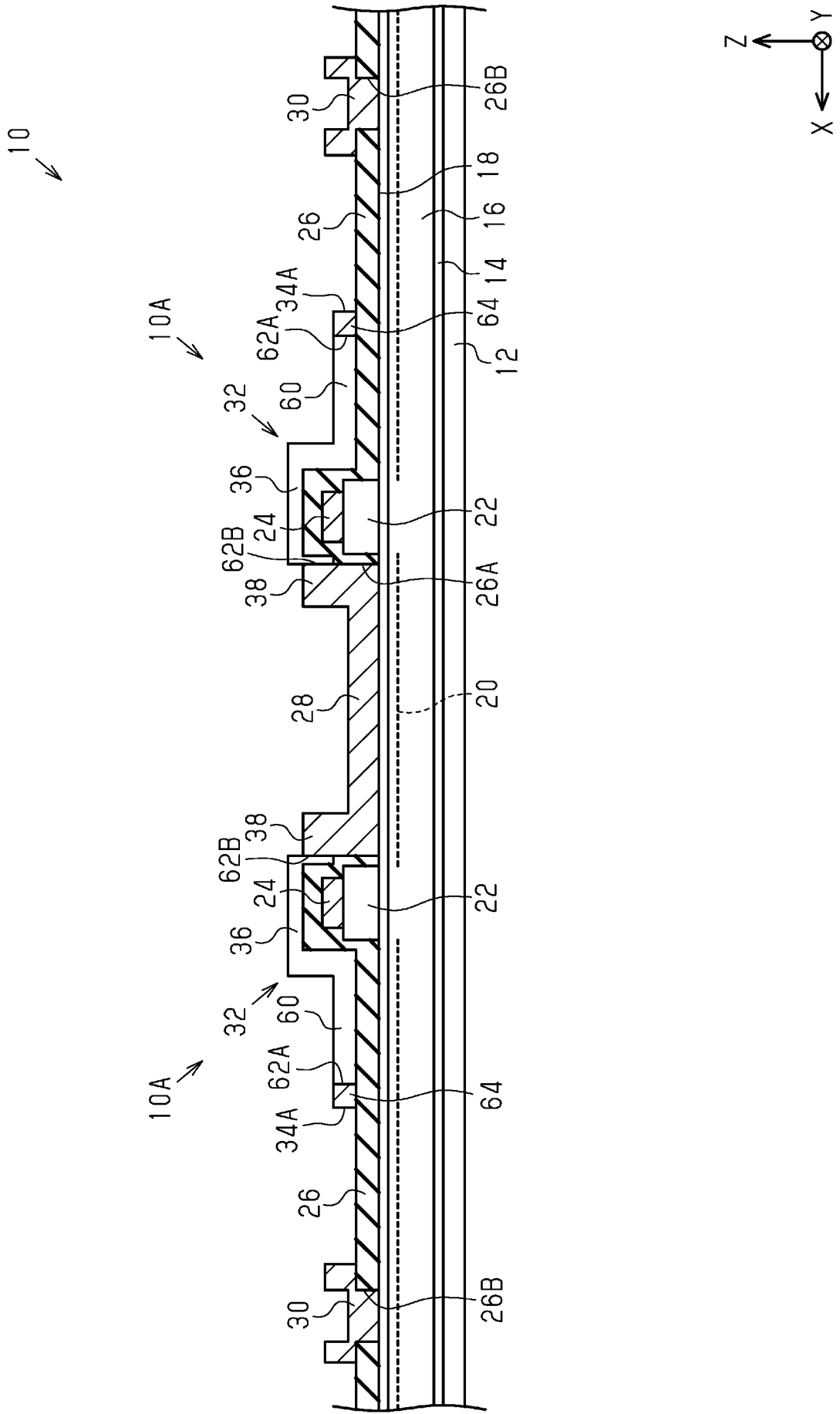
[図8]

図8

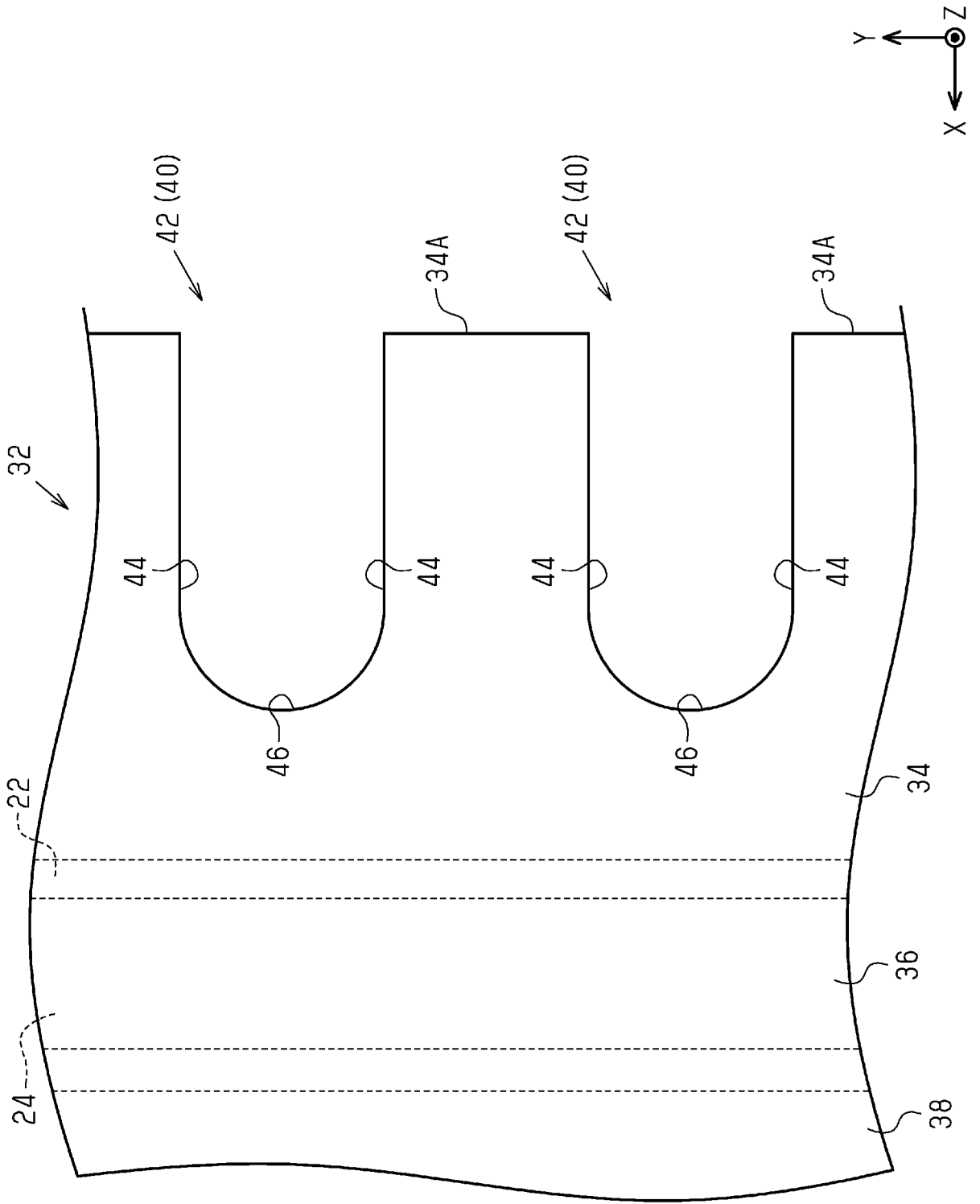


[図10]

図10

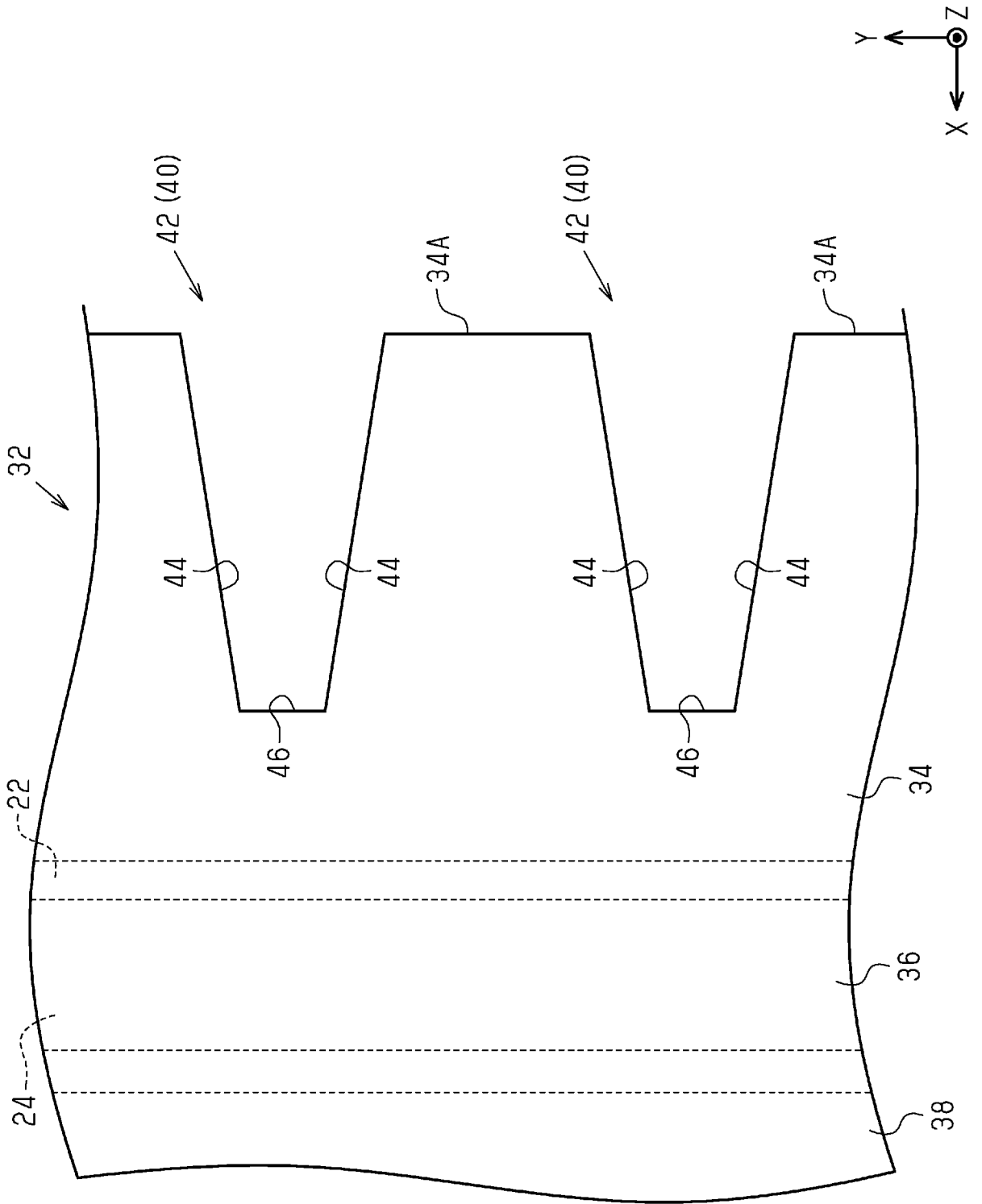


[11]



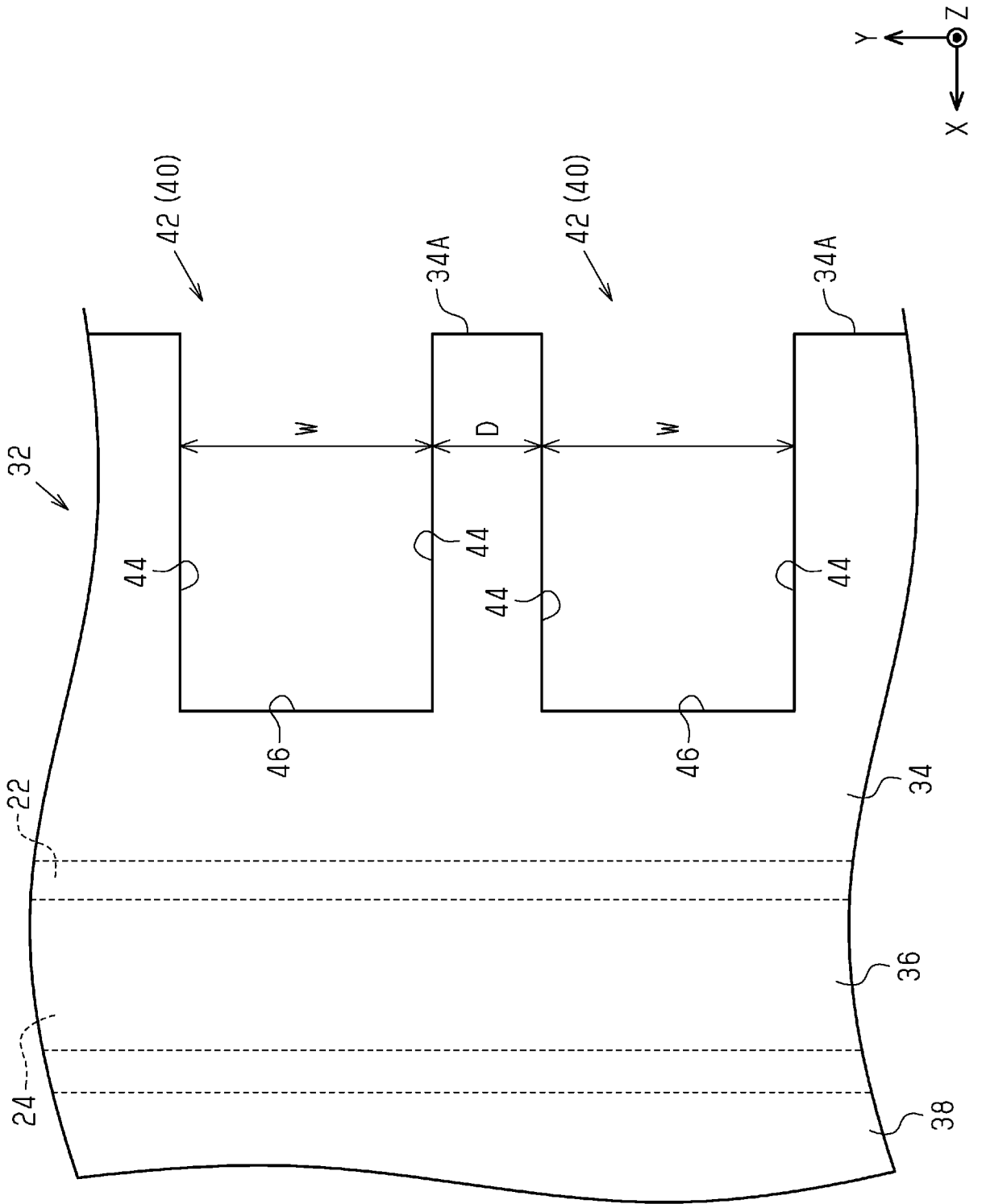
[11]

[12]



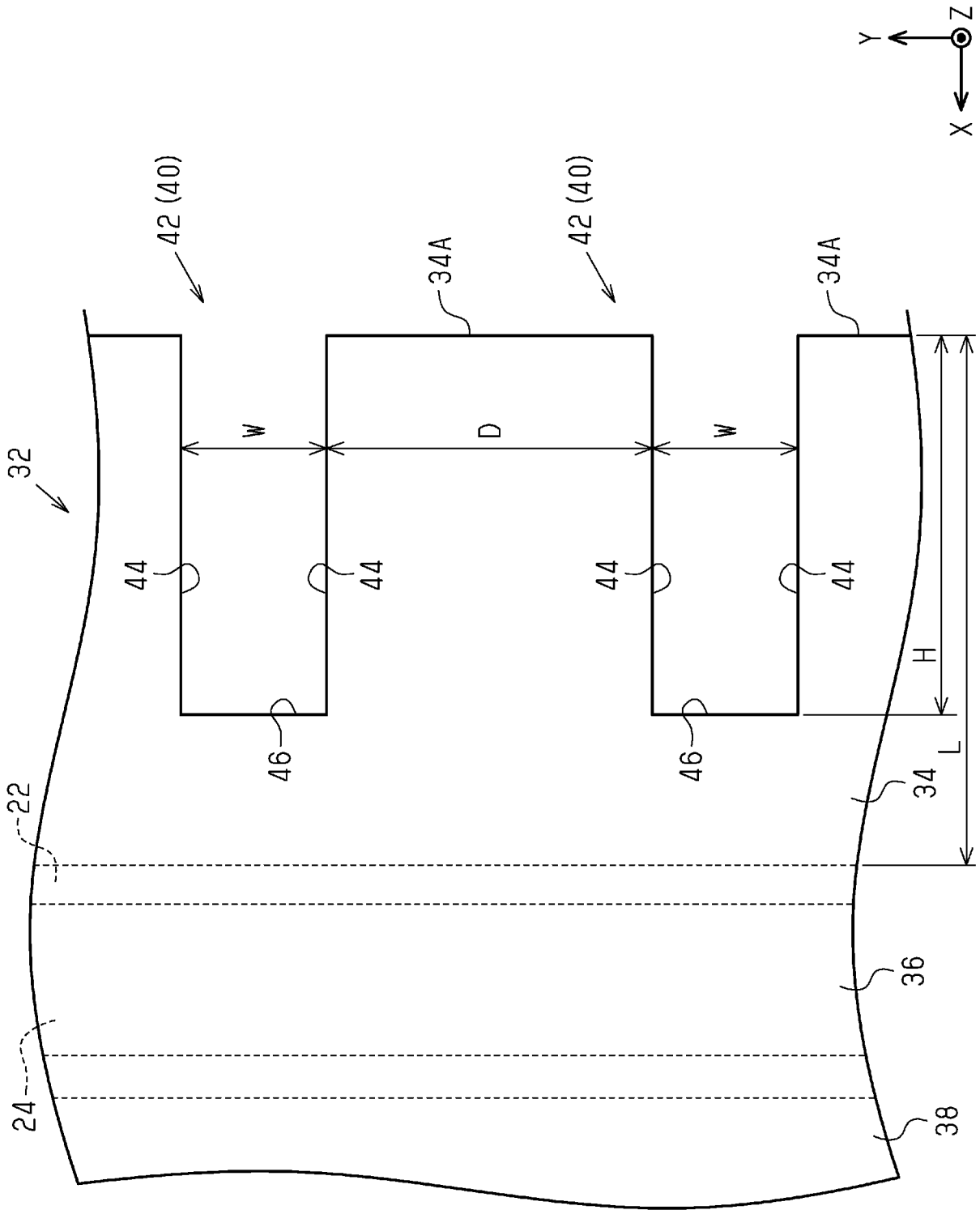
12

[13]



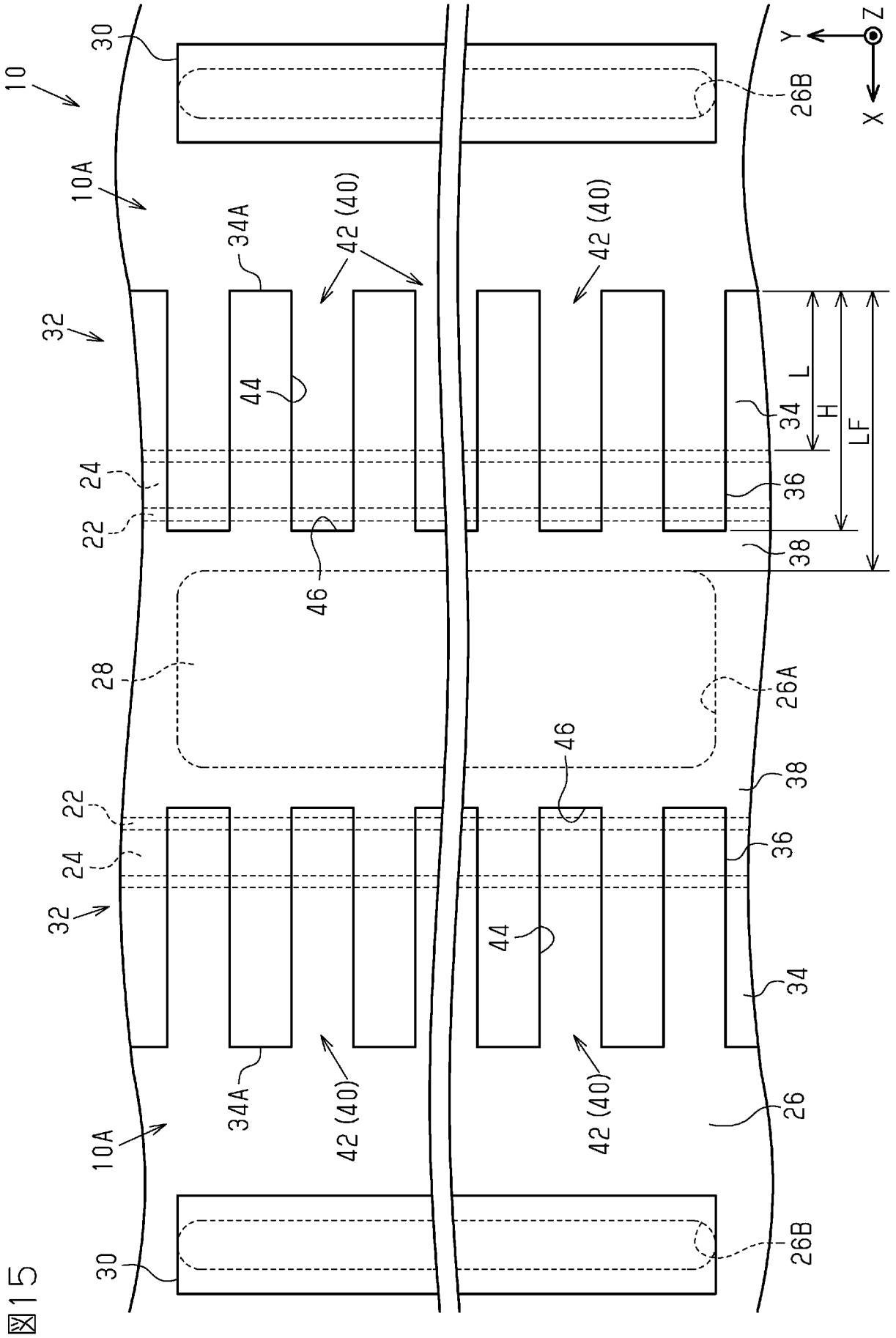
13

[14]



14

[15]



15

[図16]

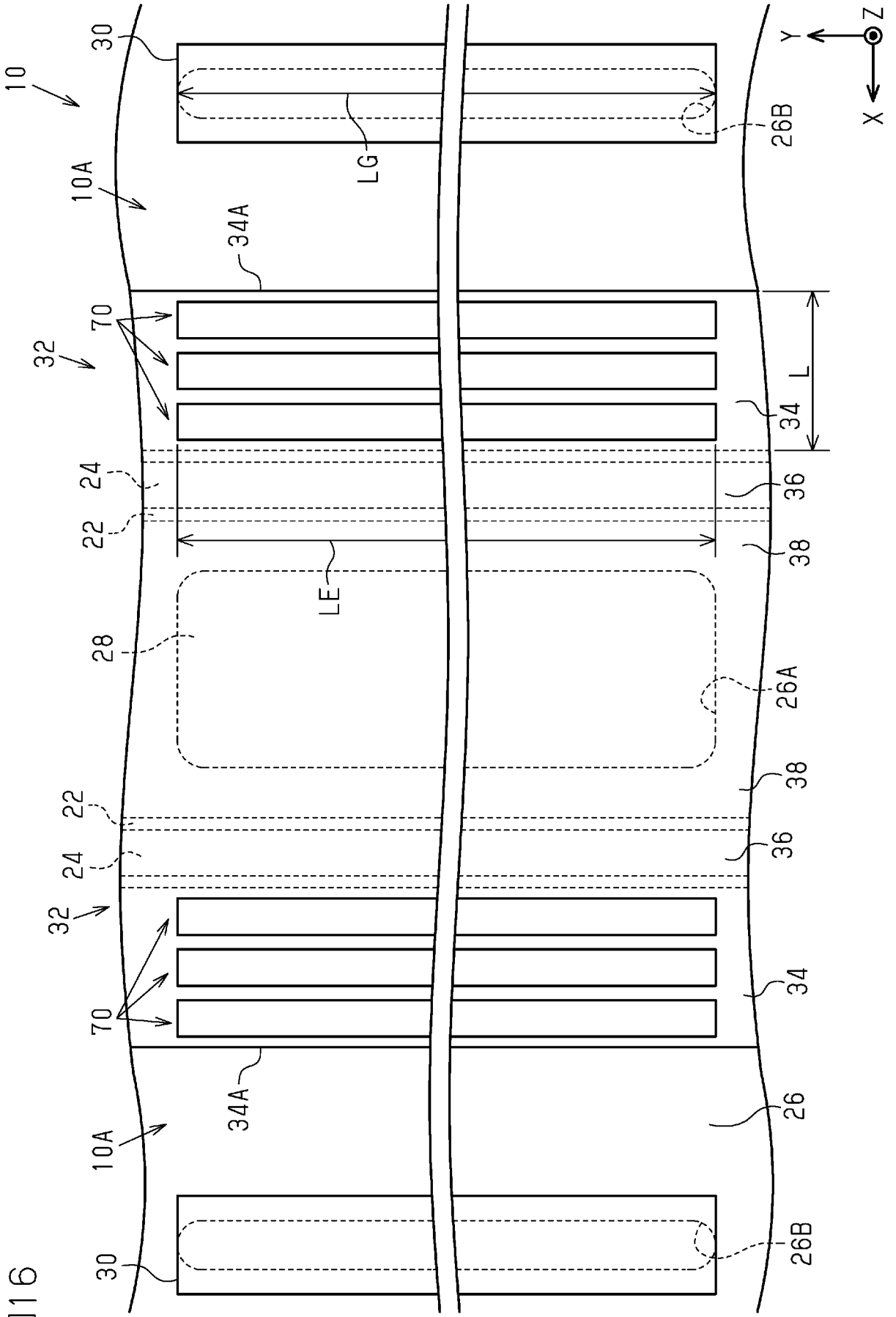


図16

[図17]

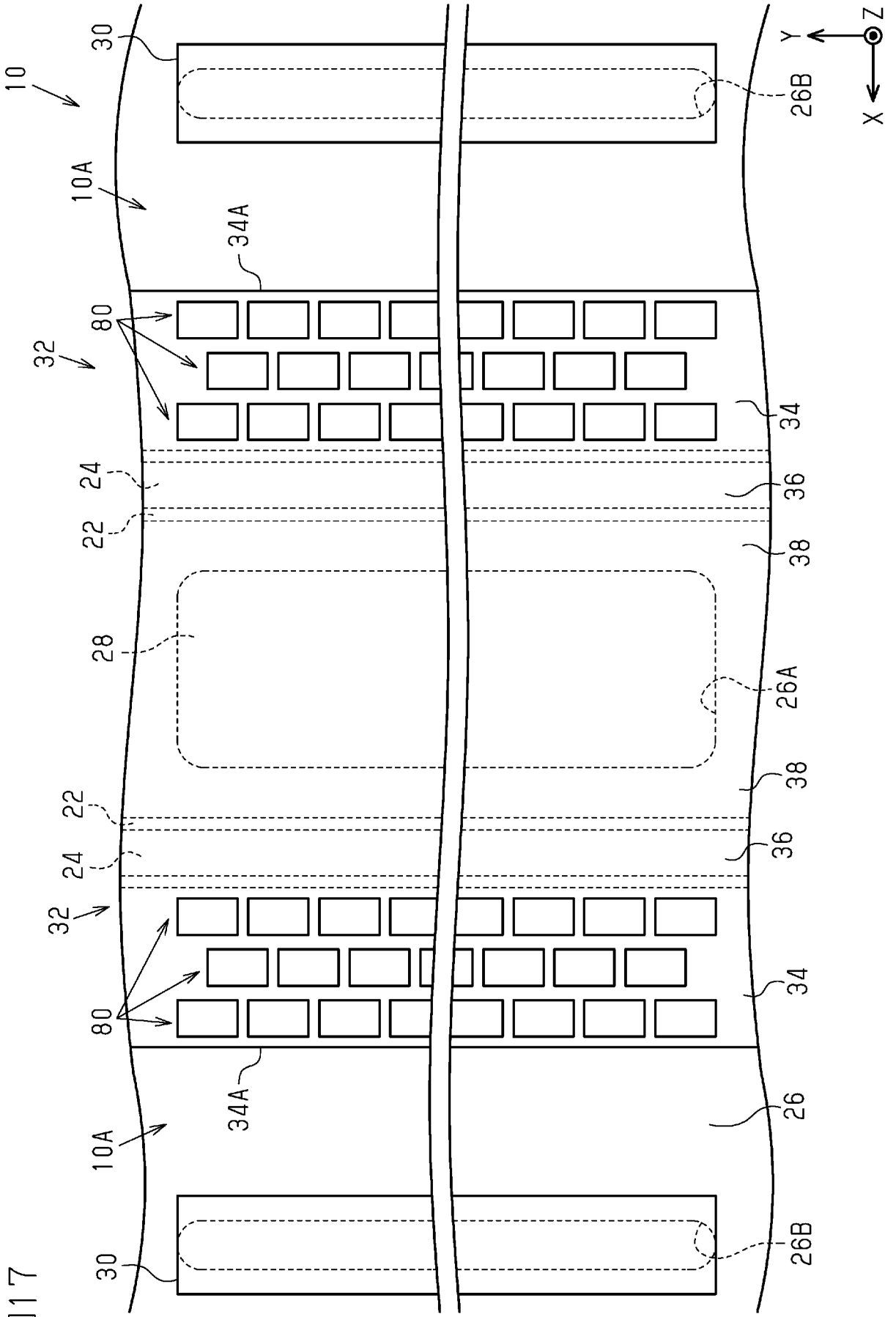


図17

[図18]

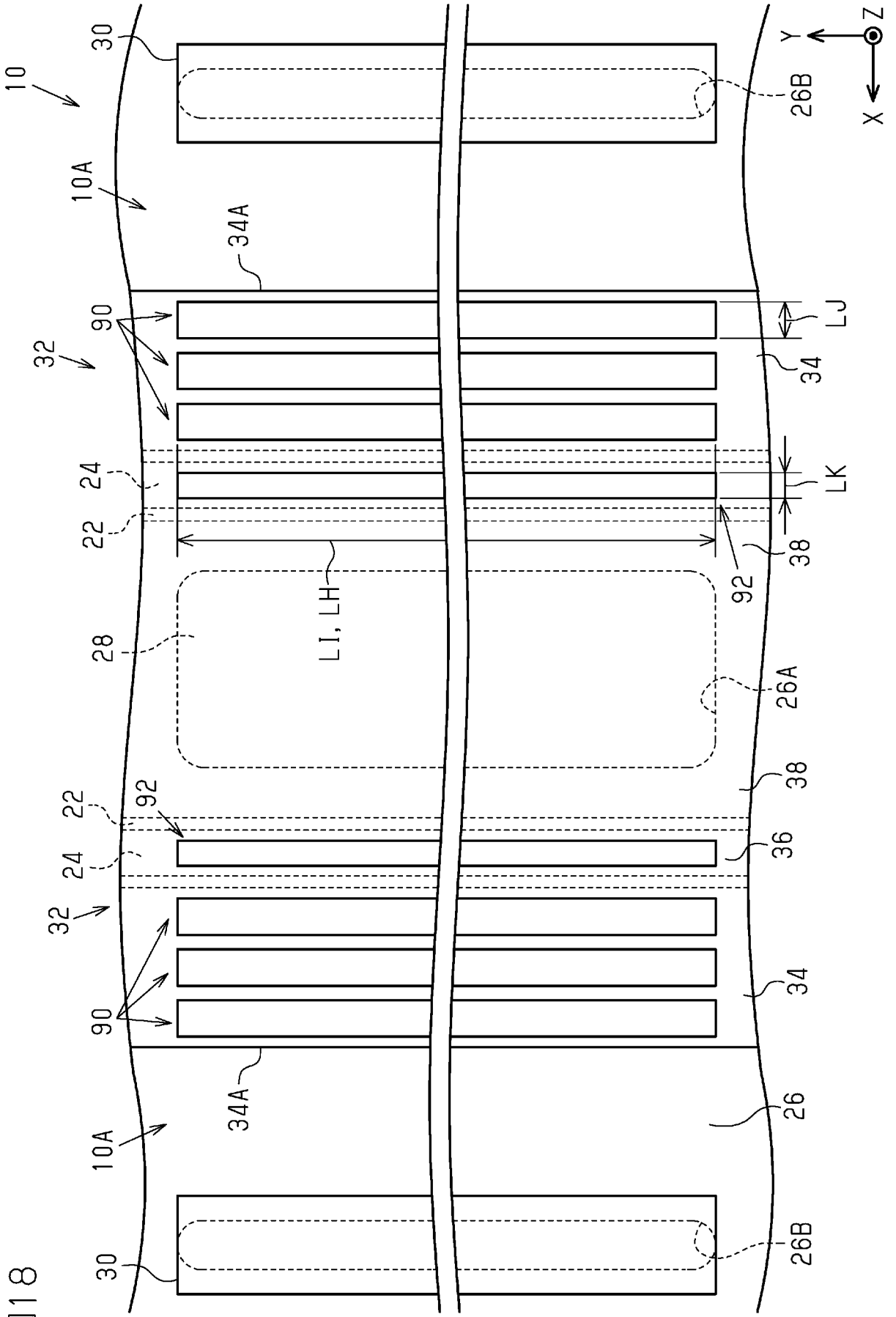


図18

[図19]

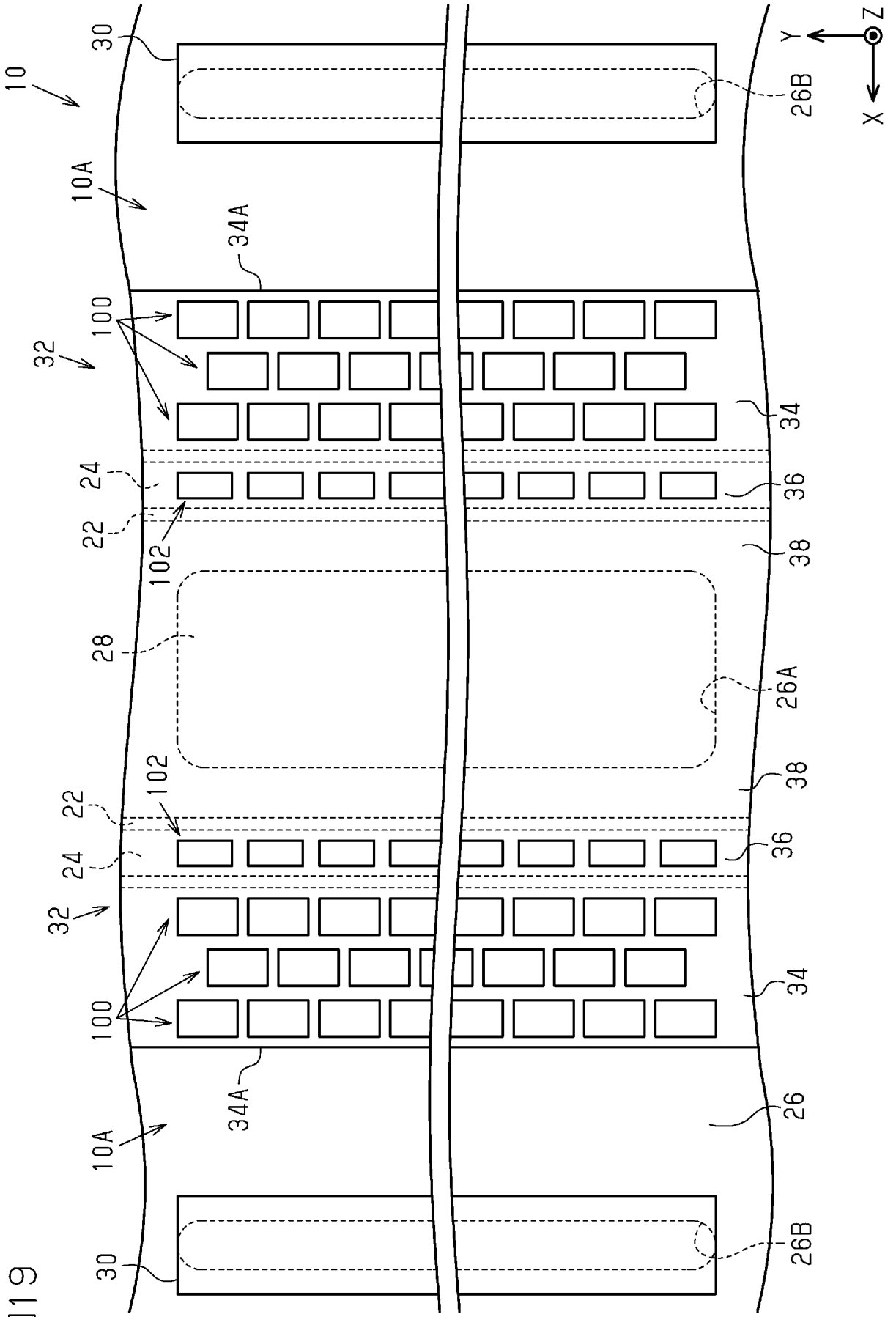
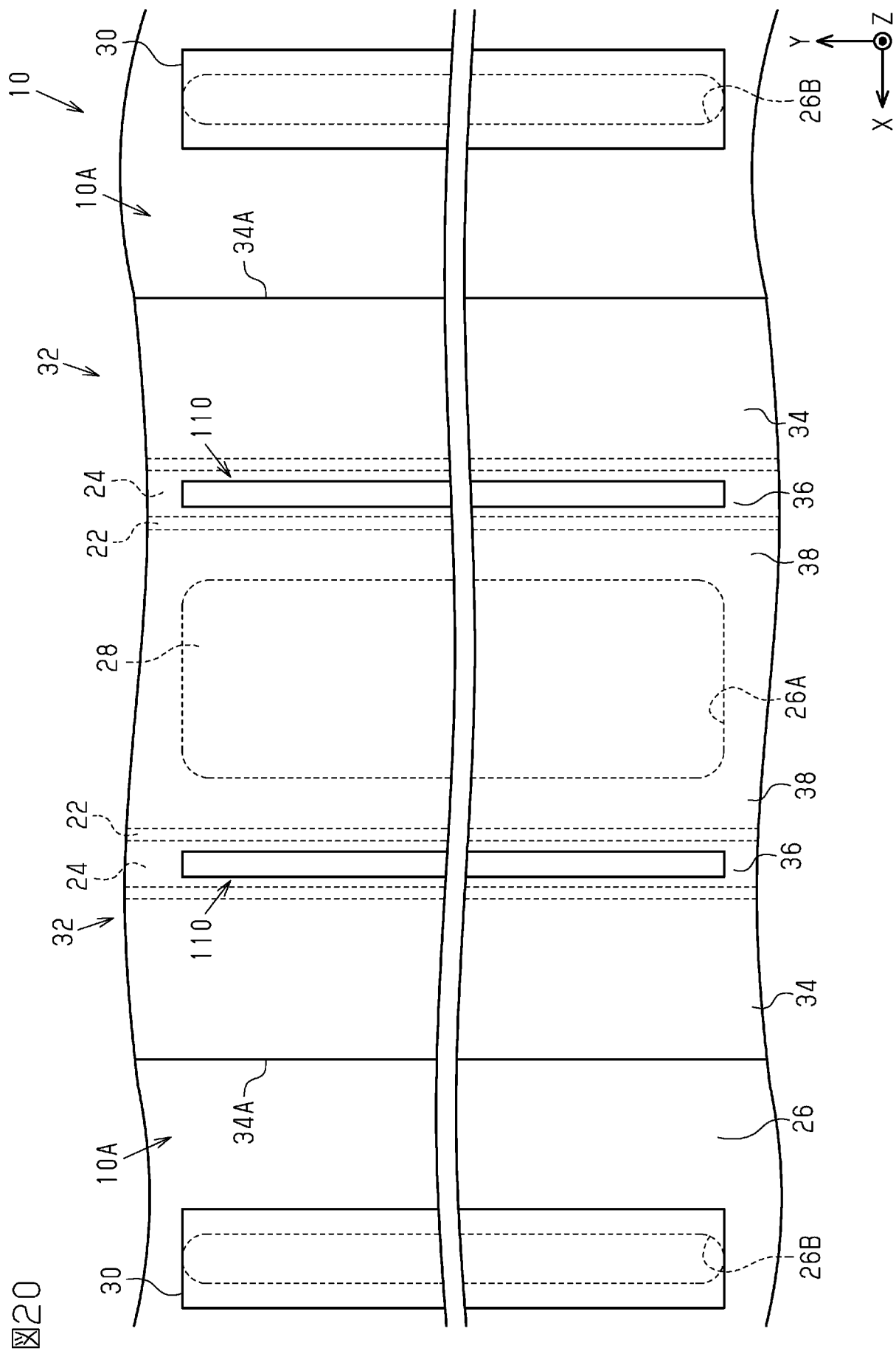


図19

[ 20]



 20

[図21]

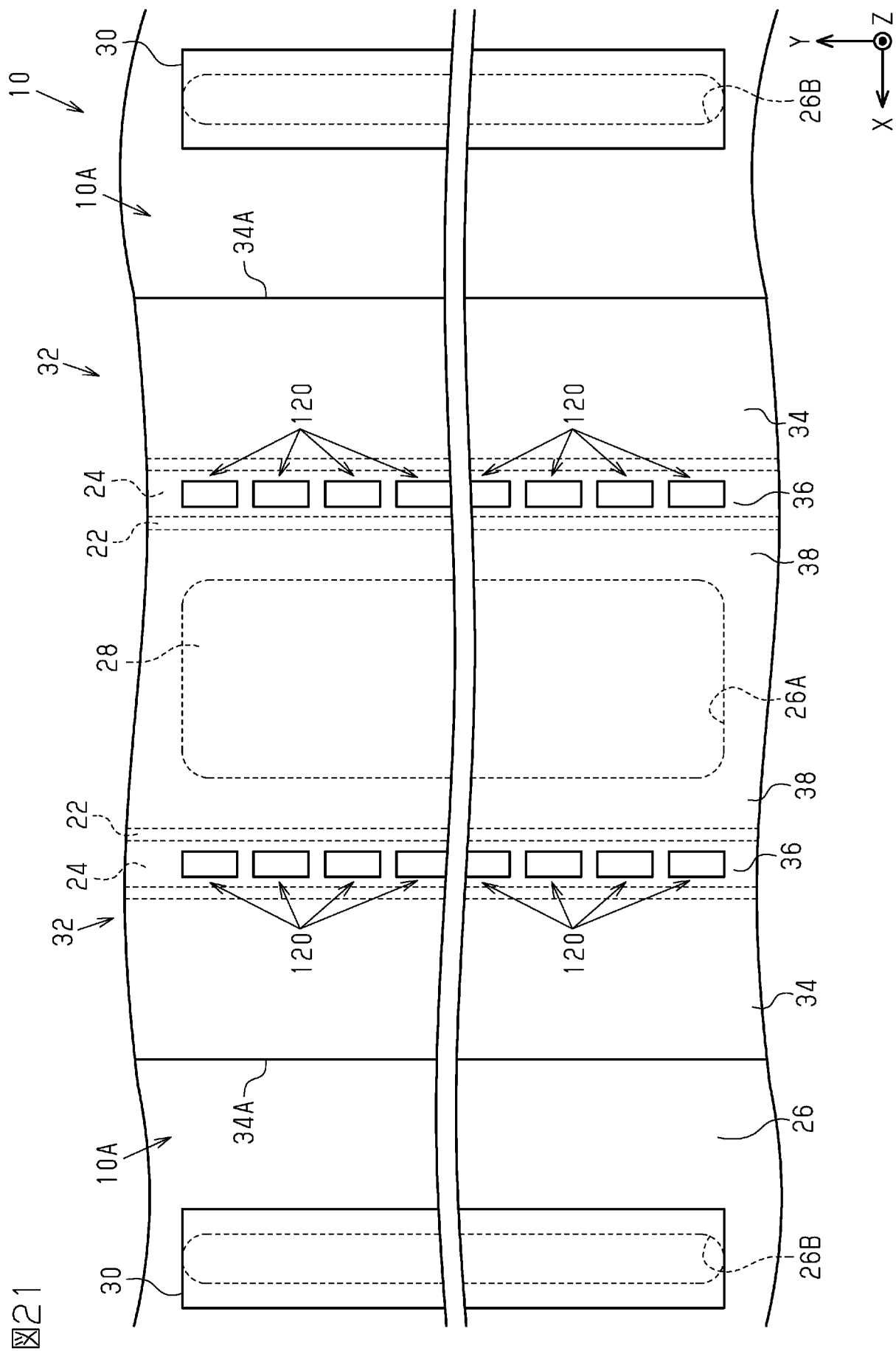
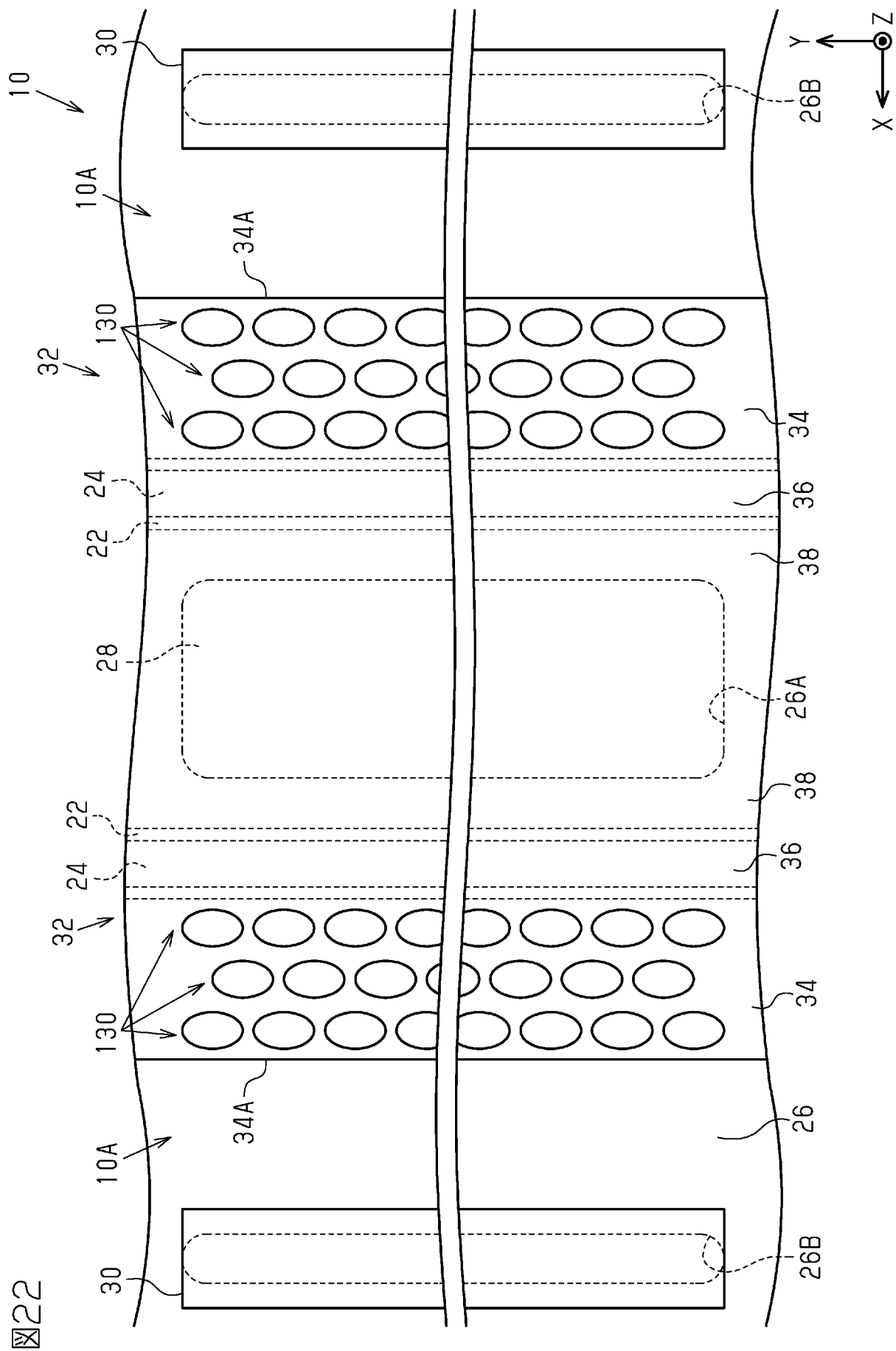
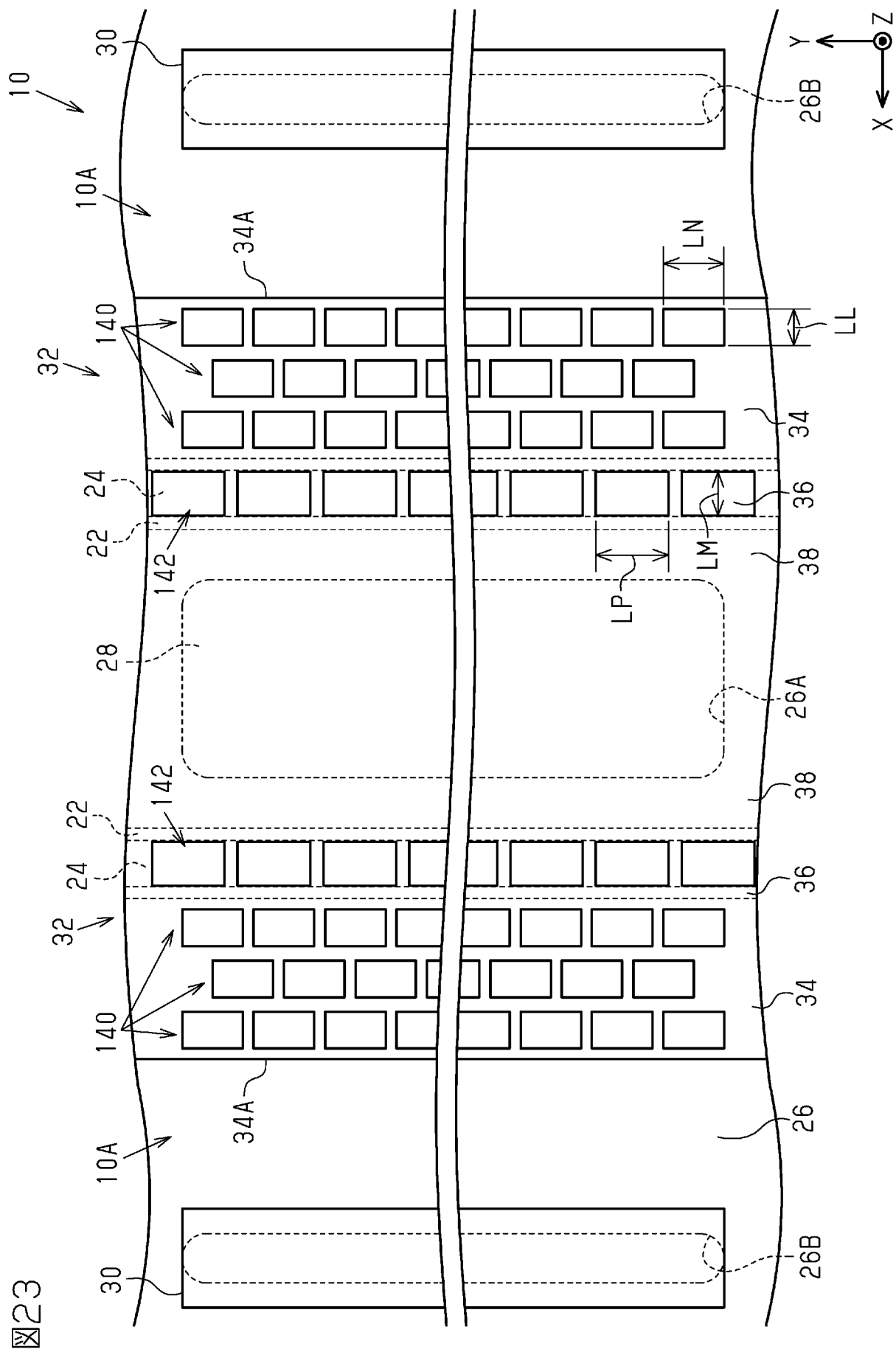


図21

[22]



[23]



23

[図24]

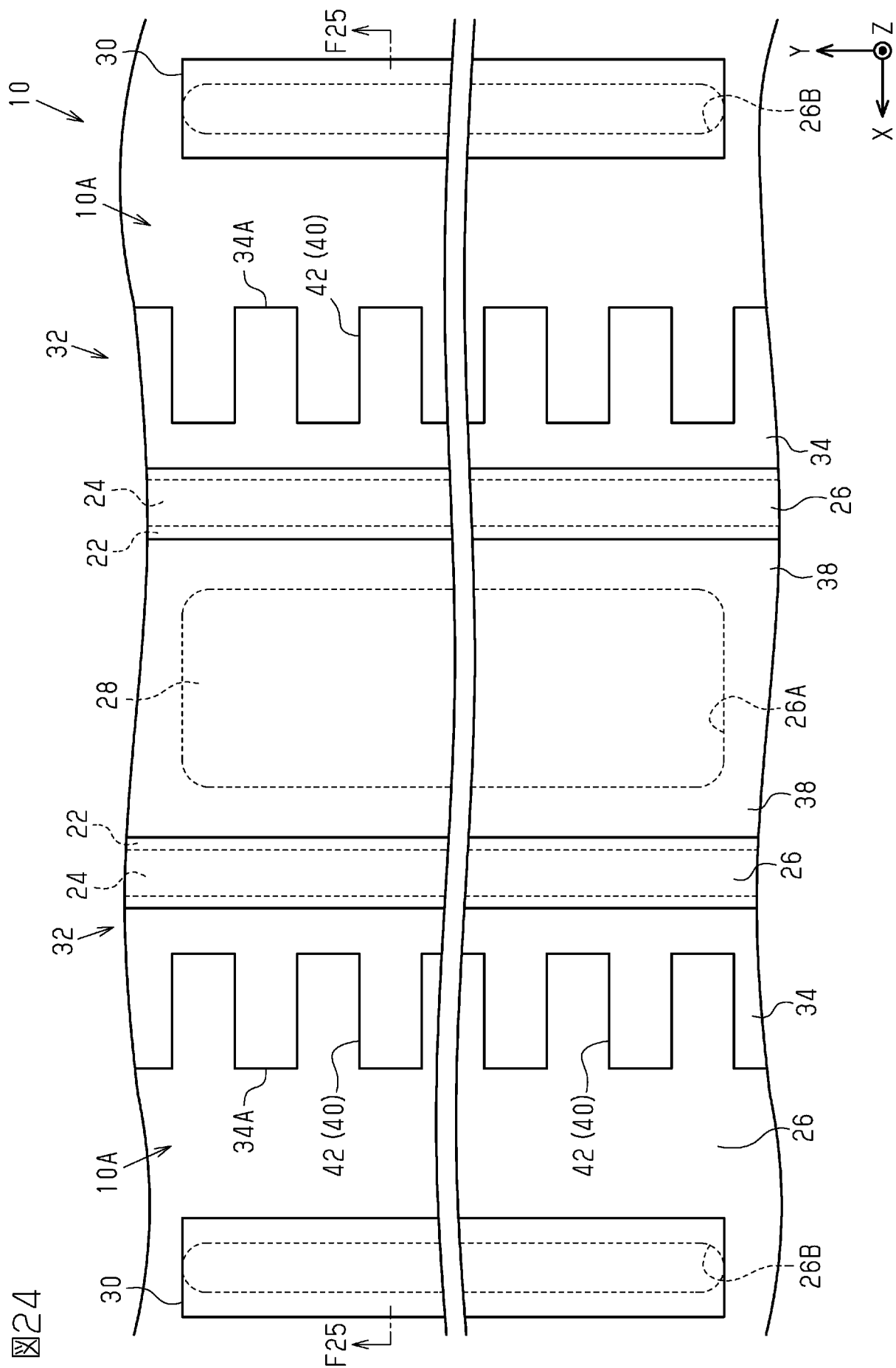
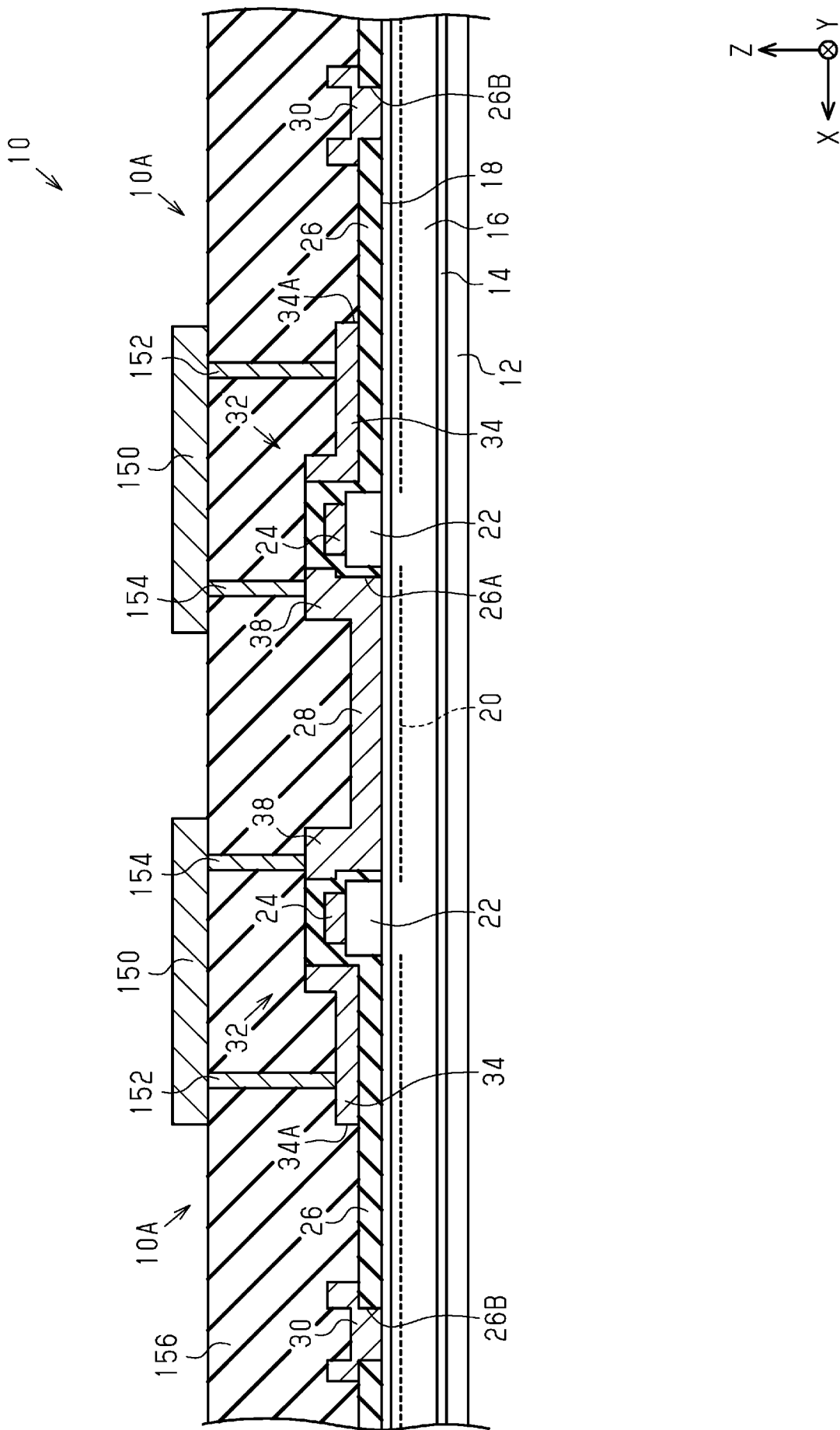


図24

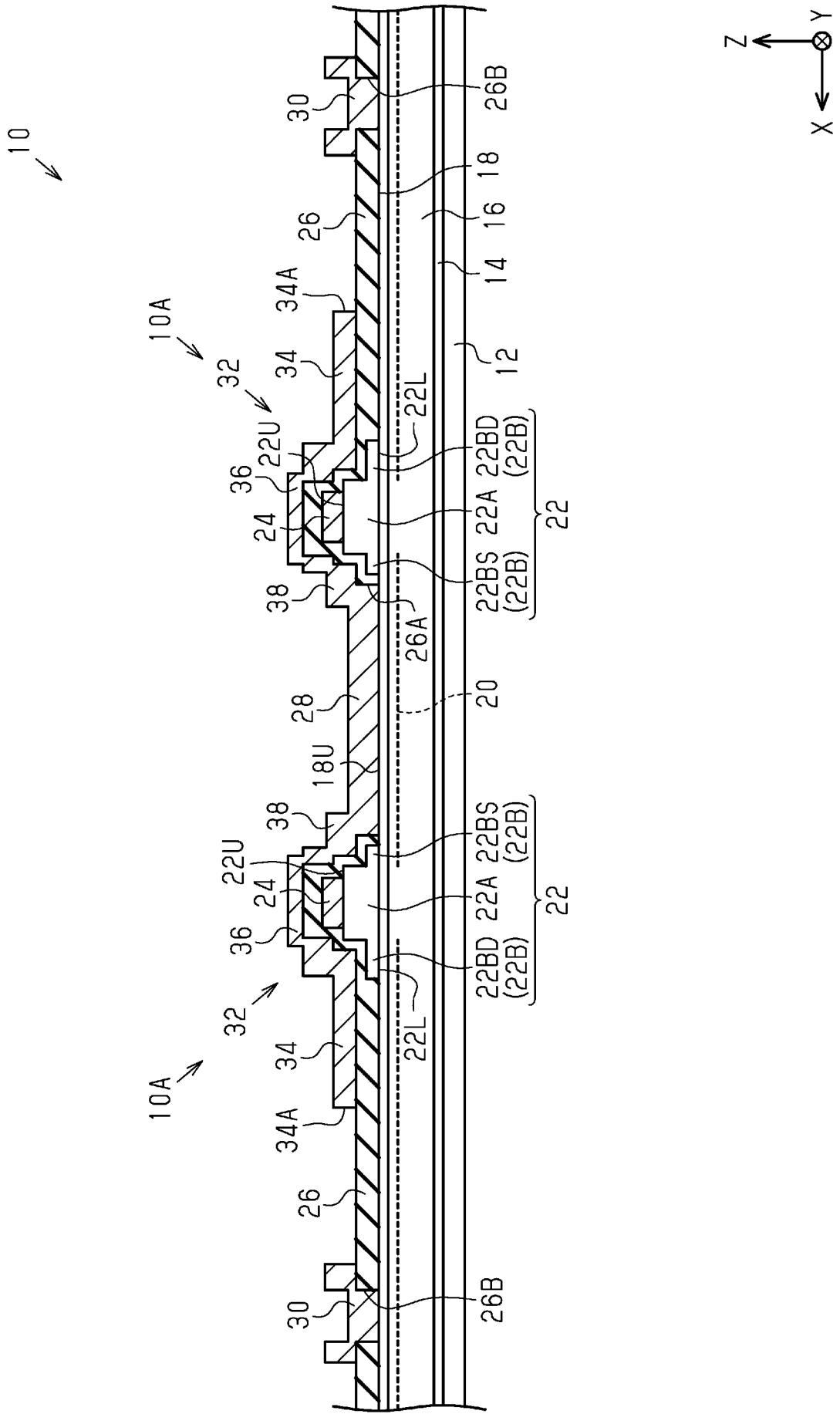
[25]

25



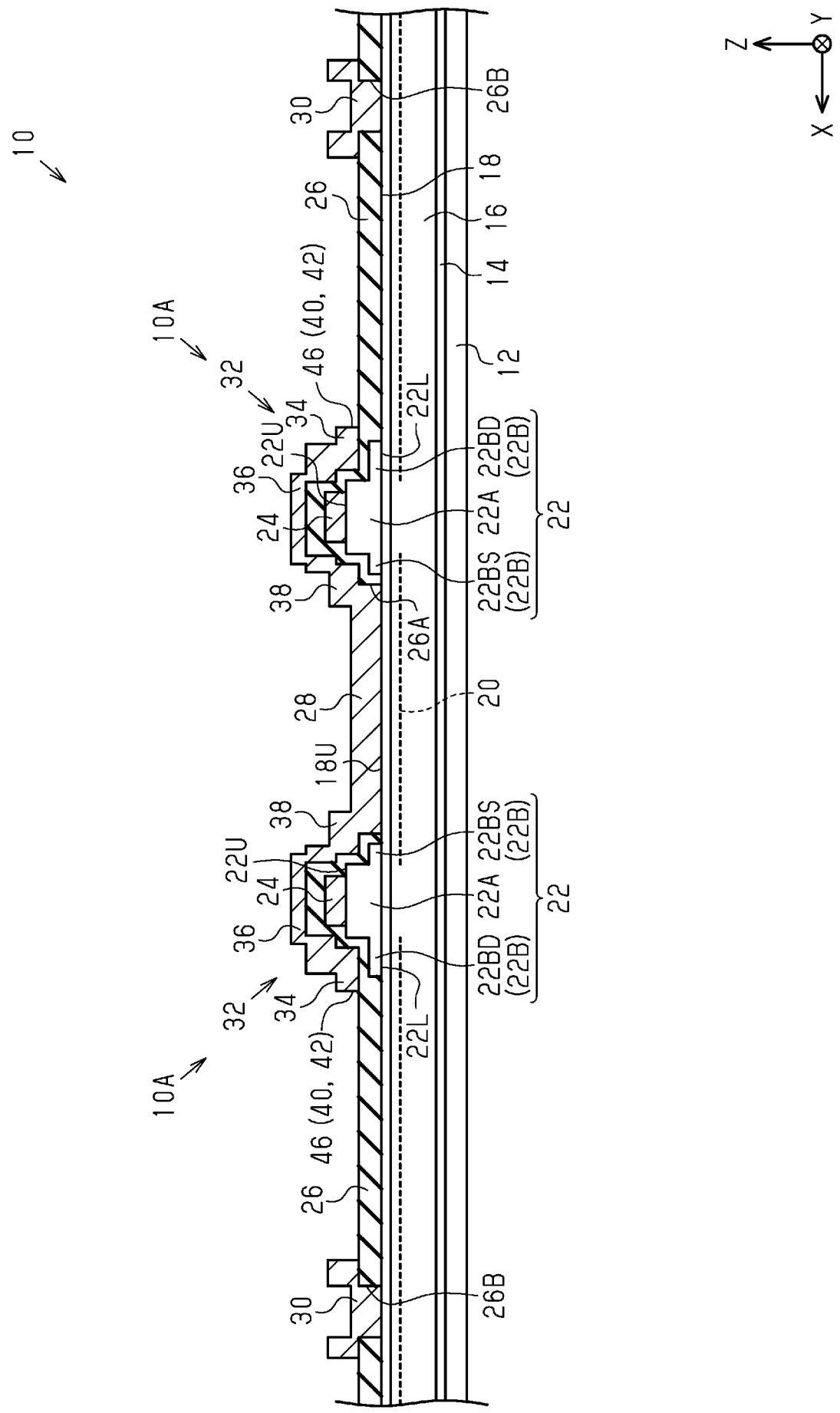
[26]

26



[27]

27



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/009572

| A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER | | |
|--|---|--|
| <i>H01L 29/812</i> (2006.01)i; <i>H01L 21/337</i> (2006.01)i; <i>H01L 21/338</i> (2006.01)i; <i>H01L 29/41</i> (2006.01)i; <i>H01L 29/417</i> (2006.01)i; <i>H01L 29/778</i> (2006.01)i; <i>H01L 29/808</i> (2006.01)i FI: H01L29/80 L; H01L29/80 H; H01L29/80 C; H01L29/80 F; H01L29/44 Y; H01L29/44 P; 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) H01L29/812; H01L21/337; H01L21/338; H01L29/41; H01L29/417; H01L29/778; H01L29/808 | | |
| 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 1971-2024 Registered utility model specifications of Japan 1996-2024 Published registered utility model applications of Japan 1994-2024 | | |
| 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 A | JP 2017-073506 A (ROHM CO., LTD.) 13 April 2017 (2017-04-13) paragraphs [0020]-[0037], fig. 1, 2 | 1-8, 10-16, 18 9,17 |
| Y A | JP 2011-029506 A (PANASONIC CORPORATION) 10 February 2011 (2011-02-10) paragraphs [0033]-[0099], fig. 1-10 | 1-8, 10-16, 18 9, 17 |
| Y A | WO 2022/113536 A1 (ROHM CO., LTD.) 02 June 2022 (2022-06-02) paragraphs [0053]-[0118], [0178]-[0183], fig. 1, 2, 20, 21 | 1-16, 18 17 |
| Y A | JP 2012-028643 A (SUMITOMO ELECTRIC DEVICE INNOVATIONS INC.) 09 February 2012 (2012-02-09) paragraphs [0013]-[0027], fig. 1, 3-6 | 1-4, 6, 8-14, 18 5, 7, 15-17 |
| <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 "D" document cited by the applicant in the international application "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 16 April 2024 | | Date of mailing of the international search report 21 May 2024 |
| 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/JP2024/009572

| C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT | | |
|--|--|-----------------------|
| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
| Y | JP 2011-091406 A (INFINEON TECHNOLOGIES AUSTRIA AG) 06 May 2011 (2011-05-06) | 1-8, 10-16, 18 |
| A | paragraphs [0008]-[0011], [0029]-[0065], fig. 6-12 | 9, 17 |
| Y | JP 2016-162879 A (RENESAS ELECTRONICS CORPORATION) 05 September 2016 (2016-09-05) | 10-14, 18 |
| A | paragraphs [0020]-[0048], [0086]-[0088], fig. 1-3, 28 | 1-9, 15-17 |
| Y | JP 2010-028038 A (SHARP KABUSHIKI KAISHA) 04 February 2010 (2010-02-04) | 18 |
| A | paragraphs [0023]-[0041], [0074], fig. 1, 2 | 1-17 |
| A | JP 2006-269586 A (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) 05 October 2006 (2006-10-05) | 1-18 |
| | paragraphs [0010]-[0022], fig. 1-12 | |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2024/009572

| Patent document cited in search report | | | Publication date (day/month/year) | Patent family member(s) | Publication date (day/month/year) |
|--|-------------|----|-----------------------------------|--|-----------------------------------|
| JP | 2017-073506 | A | 13 April 2017 | US 2017/0104091 A1 paragraphs [0048]-[0074], fig. 1, 2 | |
| JP | 2011-029506 | A | 10 February 2011 | US 2012/0119261 A1 paragraphs [0044]-[0110], fig. 1-10 WO 2011/013306 A1 | |
| WO | 2022/113536 | A1 | 02 June 2022 | US 2023/0420517 A1 paragraphs [0089]-[0154], [0214]-[0219], fig. 1, 2, 20, 21 CN 116529853 A TW 202228287 A | |
| JP | 2012-028643 | A | 09 February 2012 | (Family: none) | |
| JP | 2011-091406 | A | 06 May 2011 | US 2011/0095336 A1 paragraphs [0048]-[0052], [0069]-[0105], fig. 6-12 DE 102010060138 A1 | |
| JP | 2016-162879 | A | 05 September 2016 | US 2016/0260615 A1 paragraphs [0050]-[0078], [0116]-[0118], fig. 1-3, 28 CN 105938799 A | |
| JP | 2010-028038 | A | 04 February 2010 | (Family: none) | |
| JP | 2006-269586 | A | 05 October 2006 | (Family: none) | |

| <p>A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））</p> <p>H01L 29/812(2006.01)i; H01L 21/337(2006.01)i; H01L 21/338(2006.01)i; H01L 29/41(2006.01)i; H01L 29/417(2006.01)i; H01L 29/778(2006.01)i; H01L 29/808(2006.01)i FI: H01L29/80 L; H01L29/80 H; H01L29/80 C; H01L29/80 F; H01L29/44 Y; H01L29/44 P; 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>H01L29/812; H01L21/337; H01L21/338; H01L29/41; H01L29/417; H01L29/778; H01L29/808</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 - 2024年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2024年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2024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 - 2024年 | 日本国実用新案登録公報 | 1996 - 2024年 | 日本国登録実用新案公報 | 1994 - 2024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 - 2024年 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 日本国実用新案登録公報 | 1996 - 2024年 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 日本国登録実用新案公報 | 1994 - 2024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 2017-073506 A（ローム株式会社）13.04.2017（2017-04-13） 段落[0020]-[0037], 図1, 2</td> <td>1-8, 10-16, 18 9, 17</td> </tr> <tr> <td>Y A</td> <td>JP 2011-029506 A（パナソニック株式会社）10.02.2011（2011-02-10） 段落[0033]-[0099], 図1-10</td> <td>1-8, 10-16, 18 9, 17</td> </tr> <tr> <td>Y A</td> <td>WO 2022/113536 A1（ローム株式会社）02.06.2022（2022-06-02） 段落[0053]-[0118], [0178]-[0183], 図1, 2, 20, 21</td> <td>1-16, 18 17</td> </tr> <tr> <td>Y A</td> <td>JP 2012-028643 A（住友電工デバイス・イノベーション株式会社）09.02.2012 （2012-02-09） 段落[0013]-[0027], 図1, 3-6</td> <td>1-4, 6, 8-14, 18 5, 7, 15-17</td> </tr> </tbody> </table> | | | 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 2017-073506 A（ローム株式会社）13.04.2017（2017-04-13） 段落[0020]-[0037], 図1, 2 | 1-8, 10-16, 18 9, 17 | Y A | JP 2011-029506 A（パナソニック株式会社）10.02.2011（2011-02-10） 段落[0033]-[0099], 図1-10 | 1-8, 10-16, 18 9, 17 | Y A | WO 2022/113536 A1（ローム株式会社）02.06.2022（2022-06-02） 段落[0053]-[0118], [0178]-[0183], 図1, 2, 20, 21 | 1-16, 18 17 | Y A | JP 2012-028643 A（住友電工デバイス・イノベーション株式会社）09.02.2012 （2012-02-09） 段落[0013]-[0027], 図1, 3-6 | 1-4, 6, 8-14, 18 5, 7, 15-17 |
| 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 2017-073506 A（ローム株式会社）13.04.2017（2017-04-13） 段落[0020]-[0037], 図1, 2 | 1-8, 10-16, 18 9, 17 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Y A | JP 2011-029506 A（パナソニック株式会社）10.02.2011（2011-02-10） 段落[0033]-[0099], 図1-10 | 1-8, 10-16, 18 9, 17 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Y A | WO 2022/113536 A1（ローム株式会社）02.06.2022（2022-06-02） 段落[0053]-[0118], [0178]-[0183], 図1, 2, 20, 21 | 1-16, 18 17 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Y A | JP 2012-028643 A（住友電工デバイス・イノベーション株式会社）09.02.2012 （2012-02-09） 段落[0013]-[0027], 図1, 3-6 | 1-4, 6, 8-14, 18 5, 7, 15-17 | | | | | | | | | | | | | | | |
| <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> | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="0"> <tr> <td style="vertical-align: top;"> <p>* 引用文献のカテゴリー</p> <p>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの</p> <p>“D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献</p> <p>“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</p> <p>“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）</p> <p>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</p> <p>“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</p> </td> <td style="vertical-align: top;"> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” 同一パテントファミリー文献</p> </td> </tr> </table> | | | <p>* 引用文献のカテゴリー</p> <p>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの</p> <p>“D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献</p> <p>“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</p> <p>“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）</p> <p>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</p> <p>“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</p> | <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” 同一パテントファミリー文献</p> | | | | | | | | | | | | | |
| <p>* 引用文献のカテゴリー</p> <p>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの</p> <p>“D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献</p> <p>“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</p> <p>“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）</p> <p>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</p> <p>“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</p> | <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” 同一パテントファミリー文献</p> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>国際調査を完了した日</p> <p>16.04.2024</p> | <p>国際調査報告の発送日</p> <p>21.05.2024</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>杉山 芳弘 5F 6311</p> <p>電話番号 03-3581-1101 内線 3514</p> | | | | | | | | | | | | | | | | |

| 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 A | JP 2011-091406 A (インフィネオン テクノロジーズ オーストリア アクチエンゲゼルシャフト) 06.05.2011 (2011 - 05 - 06) 段落[0008]-[0011], [0029]-[0065], 図6-12 | 1-8, 10-16, 18 9, 17 |
| Y A | JP 2016-162879 A (ルネサスエレクトロニクス株式会社) 05.09.2016 (2016 - 09 - 05) 段落[0020]-[0048], [0086]-[0088], 図1-3, 28 | 10-14, 18 1-9, 15-17 |
| Y A | JP 2010-028038 A (シャープ株式会社) 04.02.2010 (2010 - 02 - 04) 段落[0023]-[0041], [0074], 図1, 2 | 18 1-17 |
| A | JP 2006-269586 A (株式会社東芝) 05.10.2006 (2006 - 10 - 05) 段落[0010]-[0022], 図1-12 | 1-18 |

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/JP2024/009572

| 引用文献 | 公表日 | パテントファミリー文献 | 公表日 |
|-------------------|------------|---|-----|
| JP 2017-073506 A | 13.04.2017 | US 2017/0104091 A1 段落[0048]-[0074], 図1, 2 | |
| JP 2011-029506 A | 10.02.2011 | US 2012/0119261 A1 段落[0044]-[0110], 図1-10 WO 2011/013306 A1 | |
| WO 2022/113536 A1 | 02.06.2022 | US 2023/0420517 A1 段落[0089]-[0154], [0214]- [0219], 図1, 2, 20, 21 CN 116529853 A TW 202228287 A | |
| JP 2012-028643 A | 09.02.2012 | (ファミリーなし) | |
| JP 2011-091406 A | 06.05.2011 | US 2011/0095336 A1 段落[0048]-[0052], [0069]- [0105], 図6-12 DE 102010060138 A1 | |
| JP 2016-162879 A | 05.09.2016 | US 2016/0260615 A1 段落[0050]-[0078], [0116]- [0118], 図1-3, 28 CN 105938799 A | |
| JP 2010-028038 A | 04.02.2010 | (ファミリーなし) | |
| JP 2006-269586 A | 05.10.2006 | (ファミリーなし) | |