

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第7部門第2区分

【発行日】令和4年10月13日(2022.10.13)

【国際公開番号】WO2021/230283

【出願番号】特願2022-522175(P2022-522175)

【国際特許分類】

H 0 1 L 2 1 / 3 3 8 (2 0 0 6 . 0 1)

H 0 1 L 2 9 / 4 1 (2 0 0 6 . 0 1)

H 0 1 L 2 9 / 4 1 7 (2 0 0 6 . 0 1)

H 0 1 L 2 1 / 2 8 (2 0 0 6 . 0 1)

H 0 1 L 2 9 / 0 6 (2 0 0 6 . 0 1)

10

【 F I 】

H 0 1 L 2 9 / 8 0 H

H 0 1 L 2 9 / 4 4 Y

H 0 1 L 2 9 / 5 0 J

H 0 1 L 2 9 / 4 4 S

H 0 1 L 2 1 / 2 8 3 0 1 B

H 0 1 L 2 9 / 8 0 F

H 0 1 L 2 9 / 0 6 3 0 1 F

20

【手続補正書】

【提出日】令和4年7月21日(2022.7.21)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

30

基板と、

前記基板の上に形成された第1窒化物半導体層と、

前記第1窒化物半導体層の上に形成された前記第1窒化物半導体層よりバンドギャップの大きい第2窒化物半導体層と、

前記第2窒化物半導体層の上に形成された第1絶縁層と、

前記第2窒化物半導体層の上に互いに間隔を空けて形成されたソース電極およびドレイン電極と、

前記ソース電極と前記ドレイン電極との間において、前記第1絶縁層の上に接触して形成され、かつ前記第1絶縁層に形成された第1開口部を経由して前記第2窒化物半導体層の上面にショットキー接合して形成されたゲート電極と、

40

前記ゲート電極と前記ドレイン電極との間の前記第2窒化物半導体層の上に形成され、前記ソース電極と同電位が与えられた第1ソースフィールドプレートと、を有し、

前記基板上面の垂直方向である第1方向において、

前記第1ソースフィールドプレートの、高さ位置が最も低い下面の位置である最下面位置は、前記ゲート電極と接触した前記第1絶縁層の上面位置と同一または上方であり、

前記ゲート電極に最近接する前記第1ソースフィールドプレート側面の上端位置は、前記ゲート電極の最上面位置より下方である

電力増幅用半導体装置。

【請求項2】

更に、前記第1ソースフィールドプレートと前記ドレイン電極との間に、前記ソース電

50

極と同電位が与えられた第2ソースフィールドプレートを有し、

前記第1方向において、前記第2ソースフィールドプレートの上面は前記第1ソースフィールドプレートの上面より上方にあり、

前記第1方向において、前記第2ソースフィールドプレートの下面は前記第1ソースフィールドプレートの最下面より上方にある

請求項1に記載の電力増幅用半導体装置。

【請求項3】

前記第1方向において、前記第2ソースフィールドプレートの上面位置は前記ゲート電極の最上面位置より上方にある

請求項2に記載の電力増幅用半導体装置。

10

【請求項4】

前記ゲート電極の最上面ドレイン側端位置から前記第2ソースフィールドプレートの最上面ゲート側端位置を見たときの仰角度は、前記第2ソースフィールドプレートの最上面ゲート側端位置から前記ドレイン電極の最上面ゲート側端位置を見たときの仰角度より大きい

請求項3に記載の電力増幅用半導体装置。

【請求項5】

前記第1ソースフィールドプレートの上部と前記第2ソースフィールドプレートの下部とが連結されている

請求項2に記載の電力増幅用半導体装置。

20

【請求項6】

更に、前記第2ソースフィールドプレートの上に前記第2ソースフィールドプレートより低電気抵抗率の金属層を有し、

前記第1ソースフィールドプレートの上に前記金属層を有さない

請求項2に記載の電力増幅用半導体装置。

【請求項7】

前記ゲート電極から前記ドレイン電極に向かう第2方向において、前記第2ソースフィールドプレートの下面の長さは、前記第1ソースフィールドプレートの下面の長さより長い

請求項2に記載の電力増幅用半導体装置。

30

【請求項8】

前記第1ソースフィールドプレートの下面ドレイン側端位置から前記第2ソースフィールドプレートの下面ドレイン側端位置を見たときの仰角度は、前記第2ソースフィールドプレートの下面ドレイン側端位置に最近接する前記第1窒化物半導体層と第2窒化物半導体層との界面位置から前記ドレイン電極の最上面ゲート側端位置を見たときの仰角度より小さい

請求項2に記載の電力増幅用半導体装置。

【請求項9】

更に、前記第2ソースフィールドプレートと前記第1絶縁層との間に、前記第1絶縁層より低誘電率の第2絶縁層を有する

請求項2に記載の電力増幅用半導体装置。

40

【請求項10】

前記第2絶縁層は前記第1ソースフィールドプレートの下方で第2開口部を有し、

前記第1ソースフィールドプレートは、前記第2開口部を経由して前記第1絶縁層に接触している

請求項9に記載の電力増幅用半導体装置。

【請求項11】

更に、前記第1ソースフィールドプレートと前記第1絶縁層との間に、前記第1絶縁層より低誘電率の第2絶縁層を有する

請求項2に記載の電力増幅用半導体装置。

50

【請求項 1 2】

更に、前記第 1 開口部の周縁に前記第 2 絶縁層の構成材料と同一材料の挿入層を有する請求項 9 に記載の電力増幅用半導体装置。

【請求項 1 3】

前記第 2 ソースフィールドプレートと前記ドレイン電極との間に、前記第 1 絶縁層より低誘電率の第 2 絶縁層を有する

請求項 2 に記載の電力増幅用半導体装置。

【請求項 1 4】

前記ゲート電極は、下部層と、前記下部層の上に形成された、前記下部層より低電気抵抗率の上部層とからなる

請求項 1 に記載の電力増幅用半導体装置。

【請求項 1 5】

前記ゲート電極は、前記ゲート電極から前記ドレイン電極に向かう第 2 方向に突出した突起部を有し、

前記基板の平面視において、前記突起部の前記ドレイン電極側端位置は、前記第 1 ソースフィールドプレート下面の前記ゲート電極側端位置より前記ドレイン電極側である

請求項 1 4 に記載の電力増幅用半導体装置。

【請求項 1 6】

前記平面視において、前記突起部の前記ドレイン電極側端位置は、前記第 1 ソースフィールドプレート下面の前記ドレイン電極側端位置より前記ゲート電極側に位置する

請求項 1 5 に記載の電力増幅用半導体装置。

【請求項 1 7】

前記平面視において、前記第 2 方向における前記突起部と前記第 1 ソースフィールドプレート下面との重なり長さは、前記第 1 ソースフィールドプレート下面の長さの $1/2$ 以下である

請求項 1 6 に記載の電力増幅用半導体装置。

【請求項 1 8】

前記突起部は、前記下部層の一部である

請求項 1 5 に記載の電力増幅用半導体装置。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0002

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0002】

ヘテロ接合窒化ガリウム (GaN) を利用した電界効果トランジスタ (以下、「HEMT: High Electron Mobility Transistor」とも称する) は、ピエゾ効果によりヘテロ接合界面近傍に生じる 2 次元電子ガス (以下、「2DEG: Two Dimensional Electron Gas」とも称する) の高移動度による高速動作性と、比較的広いバンドギャップを有する GaN の特徴を生かした高耐圧特性とによって、高周波向け高出力電力増幅用半導体装置 (パワーアンプデバイス) として期待されている。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0028

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0028】

以下、第 2 窒化物半導体層 202 と対向するソースフィールドプレート 209 の高さ位置が最も低い下面を、ソースフィールドプレート最下面と称する。

10

20

30

40

50

【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0076

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0076】

図1Bに示すように、電力増幅用半導体装置11は、基板200と、半導体積層体220と、ソース電極204と、ドレイン電極205と、ゲート電極206と、ソースフィールドプレート209と、絶縁膜203Aと、絶縁膜203Bと、絶縁膜208Bとを備える。

10

【手続補正 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0105

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0105】

次に、この第2ソースフィールドプレートによるシールドの効果を、仰角度を用いて説明する。

【手続補正 6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0106

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0106】

図1Jと図1Kを参照されたい。これらの図は、わかりやすさのために、ゲート電極206の最上面ドレイン側端位置からドレイン電極205の最上面ゲート側端位置を見た仰角度を図示したものである。

20

【手続補正 7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0108

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0108】

図1Jにおいて、ゲート電極206の最上面ドレイン側端位置から第2ソースフィールドプレートの最上面ゲート側端位置を見たときの仰角度 θ_1 は、第2ソースフィールドプレートの最上面ゲート側端位置からドレイン電極205の最上面ゲート側端位置を見たときの仰角度 θ_2 より大きい。つまり、仰角度を用いて表現すると、 $\theta_1 > \theta_2$ となる。この関係にすることで、シールド効果を強めることができる。

30

【手続補正 8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0109

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0109】

一方、図1Kでは、ゲート電極206の最上面ドレイン側端位置から、ドレイン電極の最上面ゲート側端位置を結んだ直線を考えたとき、第2ソースフィールドプレートの最上面が、その線を遮っていないことがわかる。つまり、仰角度を用いて表現すると、 $\theta_1 < \theta_2$ となる。これでは、シールド効果が弱い。従って、 $\theta_1 > \theta_2$ が望ましい。

40

【手続補正 9】

【補正対象書類名】明細書

50

【補正対象項目名】 0 1 1 2

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 1 1 2 】

仰角度を用いて望ましい条件を表現すると、第 1 ソースフィールドプレートの下面ドレイン側端位置から、第 2 ソースフィールドプレートの下面ドレイン側端位置を見たときの仰角度 θ_3 は、第 2 ソースフィールドプレートの下面ドレイン側端位置に最近接する第 1 窒化物半導体層と第 2 窒化物半導体層との界面位置からドレイン電極の最上面ゲート側端位置を見たときの仰角度 θ_0 より小さい、つまり、 $\theta_3 < \theta_0$ である。

【 手続補正 1 0 】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0 1 1 6

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 1 1 6 】

この点 P 3 とドレイン側上方部の点 P 4 を結ぶ線上（仰角度 θ_0 ）は、計算の結果、等電界となることがわかった。

【 手続補正 1 1 】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0 1 2 0

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 1 2 0 】

電界緩和をしたい点 P 1 は、上記基準線からみたとき、この点 P 2 と点 P 5 を結んだ線より奥側（遠く）に見え、つまりは、点 P 2 より低電界となる。点 P 2 が、点 P 1 の電界緩和をしている状態である。これがソースフィールドプレート 2 0 9 に対する電界緩和観点で好ましい形状条件である。この条件を仰角度で表現すると、 $\theta_3 < \theta_0$ となる。

【 手続補正 1 2 】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0 1 4 0

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 1 4 0 】

実施の形態 2 から 3 の電力増幅用半導体装置の構造について説明してきた絶縁膜 2 0 3 B、2 0 8 B は、表 1 の絶縁膜の組み合わせ A の場合であって、下層の絶縁膜 2 0 3 B は Si 3 N 4 からなるもので、上層の絶縁膜 2 0 8 B は Si 3 N 4 からなるものである。

【 手続補正 1 3 】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0 1 9 2

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 1 9 2 】

上記突起部がソースフィールドプレート 2 0 9 下部へ潜り込み量は、図 1 H のように、ソースフィールドプレート 2 0 9 のゲート端位置から下部層 2 0 6 A のドレイン端までの長さ L E となる。この長さ L E は、ソースフィールドプレート 2 0 9 の最下面の長さ L F 1 を超えてはならない。超える場合、ソースフィールドプレートが実効的に半導体積層体 2 2 0 からみるとシールドされて効果がなくなってしまうからである。好ましくは、上記突起部の潜り込み量 L E は、ソースフィールドプレート 2 0 9 の最下面の長さ L F 1 の半分以下である。

【 手続補正 1 4 】

10

20

30

40

50

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0196

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0196】

10、10A、11、11B、11C、11D、11E、11F 電力増幅用半導体装置
 200 基板
 201 第1窒化物半導体層
 202 第2窒化物半導体層
 203A、203B、203C、208、208B、208C 絶縁膜 10
 210 保護膜
 204 ソース電極
 204A、205A オーミック部
 204B、205B バリアメタル部
 204C、205C 配線
 205 ドレイン電極
 206 ゲート電極
 206A 下部層
 206B 上部層
 209、209A、209B ソースフィールドプレート 20
 209C 下層金属
 209D 上層金属
 210A、210B、400、500 レジストマスク
 220 半導体積層体
 230 2DEG面(2次元電子ガス面)
 240A、240B オーミック電極開口部
 250、350、450、550 開口部
 270A、270B コンタクト部
 HG、HS1、HS2 半導体積層体最上面を原点としたときの電極高さ
 LF1、LF2 ソースフィールドプレートの辺の長さ 30
 0、1、2、3 電極の高さ関係を表す仰角度
 P1、P2、P3、P4、P5 電極の頂点
 X1、X2、X3 X方向の位置

【手続補正15】

【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図1B

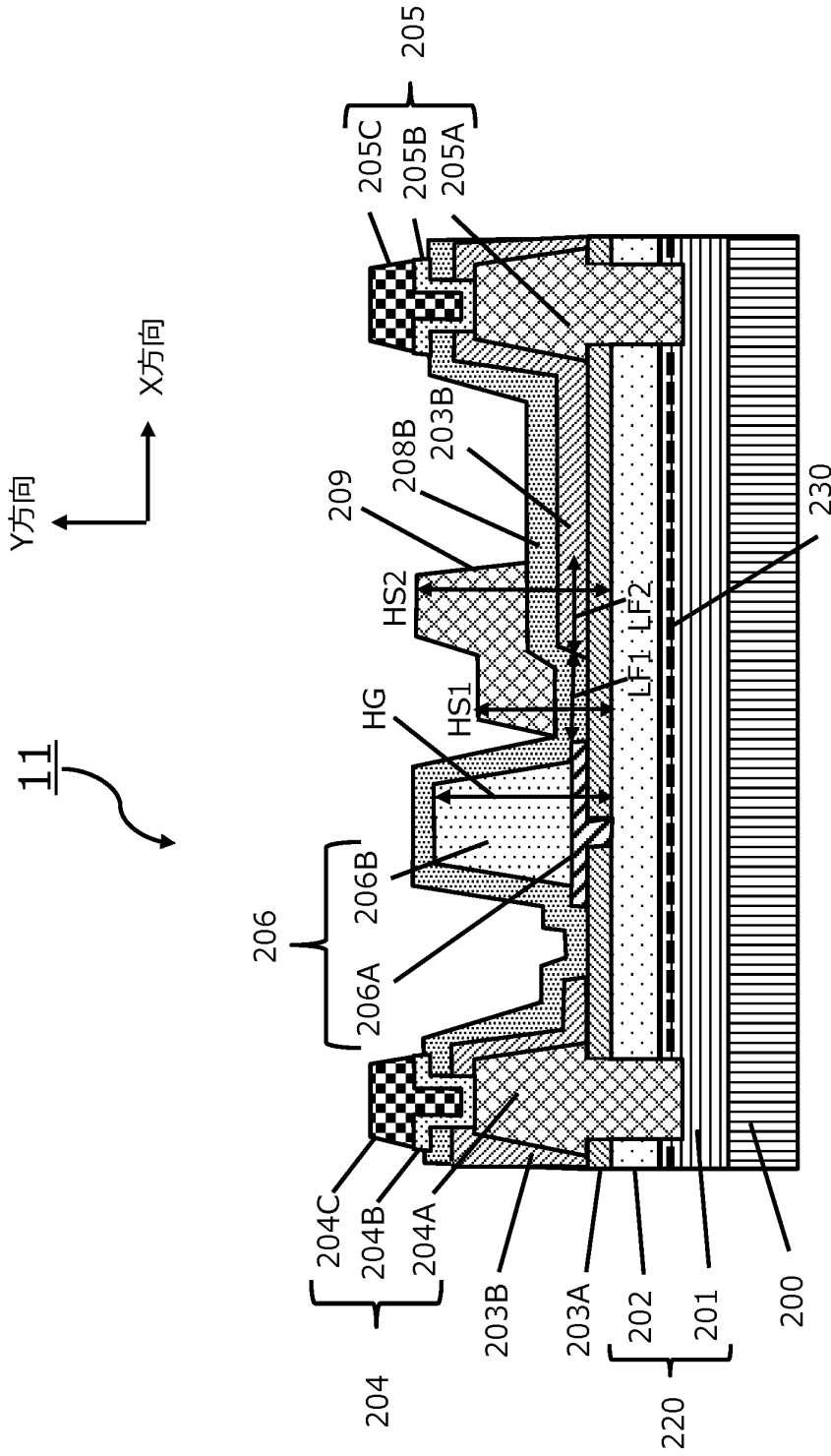
【補正方法】変更

【補正の内容】

40

50

【 図 1 B 】



10

20

30

40

50