

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7368535号
(P7368535)

(45)発行日 令和5年10月24日(2023.10.24)

(24)登録日 令和5年10月16日(2023.10.16)

(51)国際特許分類		F I		
H 0 1 L	29/80 (2006.01)	H 0 1 L	29/80	Z
H 0 1 L	21/338 (2006.01)	H 0 1 L	29/80	H
H 0 1 L	29/778 (2006.01)	H 0 1 L	29/80	C
H 0 1 L	29/812 (2006.01)			
H 0 1 L	21/337 (2006.01)			
請求項の数 14 外国語出願 (全20頁) 最終頁に続く				
(21)出願番号	特願2022-70166(P2022-70166)	(73)特許権者	503433420	
(22)出願日	令和4年4月21日(2022.4.21)		華為技術有限公司	
(65)公開番号	特開2022-167848(P2022-167848 A)		HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.	
(43)公開日	令和4年11月4日(2022.11.4)		中華人民共和国 5 1 8 1 2 9 広東省深	
審査請求日	令和4年5月25日(2022.5.25)		▲チェン▼市龍崗区坂田 華為総部▲ベ	
(31)優先権主張番号	202110436275.X		ン▼公楼	
(32)優先日	令和3年4月22日(2021.4.22)		Huawei Administrat	
(33)優先権主張国・地域又は機関	中国(CN)		ion Building, Banti	
			an, Longgang Distri	
			ct, Shenzhen, Guang	
			dong 5 1 8 1 2 9, P.R. C	
			hina	
		(74)代理人	100107766	
			弁理士 伊東 忠重	
			最終頁に続く	

(54)【発明の名称】 窒化ガリウムデバイス、スイッチングパワートランジスタ、駆動回路、及び窒化ガリウムデバイス製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

窒化ガリウムデバイスであって、
基板と、
前記基板の上に形成されたバッファ層と、
前記バッファ層の上に形成された窒化ガリウム Ga N 層と、
前記窒化ガリウム Ga N 層の上に形成された Al Ga N 層と、
前記 Al Ga N 層上に形成されたソース、ドレイン、及びゲートと、
を有し、
前記ドレインは、P - Ga N 層及びドレインメタルを有し、
前記 P - Ga N 層は、前記 Al Ga N 層上に形成され、
前記ドレインメタルは、当該窒化ガリウムデバイスのゲート幅方向に交互に分布した複数の第 1 の構造区間と複数の第 2 の構造区間とを有し、前記第 1 の構造区間において、前記ドレインメタルは前記 P - Ga N 層と接触し、前記第 2 の構造区間において、前記ドレインメタルは、前記 P - Ga N 層と接触し且つ前記 Al Ga N 層とオーミックコンタクトを形成し、
前記 P - Ga N 層は、前記複数の第 1 の構造区間及び前記複数の第 2 の構造区間を通して連続した、前記ゲート幅方向の連続したストリップ構造をしたものである、
窒化ガリウムデバイス。

【請求項 2】

前記第 1 の構造区間において、
前記ドレインメタルは、前記 P - G a N 層上に形成され、
前記ドレインメタルの幅は、前記 P - G a N 層の幅以下である、
請求項 1 に記載の窒化ガリウムデバイス。

【請求項 3】

前記第 1 の構造区間において、
前記ドレインメタルは、前記 P - G a N 層上に形成され、
前記ドレインメタルの幅は、前記 P - G a N 層の幅より大きく、
前記ドレインメタルは、前記 P - G a N 層の両側に位置する延長部を有し、
前記延長部は、パッシベーション層によって前記 A l G a N 層から絶縁される、
請求項 1 に記載の窒化ガリウムデバイス。

10

【請求項 4】

前記第 2 の構造区間において、
前記ドレインメタルは、前記 P - G a N 層及び前記 A l G a N 層上に形成され、
前記ドレインメタルの幅は、前記 P - G a N 層の幅より大きく、
前記ドレインメタルは、前記 P - G a N 層の両側に位置する延長部を有し、
前記延長部が、前記 A l G a N 層とオーミックコンタクトを形成する、
請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載の窒化ガリウムデバイス。

【請求項 5】

前記 P - G a N 層は、前記ゲート幅方向における全ての位置で同じ幅を持つ、請求項 1
に記載の窒化ガリウムデバイス。

20

【請求項 6】

前記ドレインメタルは、前記ゲート幅方向における全ての位置で同じ幅を持つ、請求項
4 に記載の窒化ガリウムデバイス。

【請求項 7】

前記複数の第 1 の構造区間及び前記複数の第 2 の構造区間は一体化された構造である、
請求項 1 に記載の窒化ガリウムデバイス。

【請求項 8】

前記複数の第 1 の構造区間及び前記複数の第 2 の構造区間は、前記ゲート幅方向におい
て交互に分布し、隣接する第 1 の構造区間と第 2 の構造区間との間に特定の間隔が存在す
る、請求項 1 に記載の窒化ガリウムデバイス。

30

【請求項 9】

請求項 1 に記載の窒化ガリウムデバイスを製造するのに使用される窒化ガリウムデバイ
ス製造方法であって、

基板上に、下から上に順に、バッファ層、G a N 層、及び A l G a N 層をエピタキシャ
ル成長させ、

前記 A l G a N 層上の P - G a N 層をエッチングし、該 P - G a N 層は、ゲート幅方向
のストリップ構造をしたものにされ、

前記 P - G a N 層上及び前記 P - G a N 層の両側に位置する前記 A l G a N 層上に、前
記ゲート幅方向に交互に分布した複数の第 1 の構造区間と複数の第 2 の構造区間とを持つ
ようにドレインメタルを作製する、

40

ことを有する方法。

【請求項 10】

前記第 1 の構造区間は、

前記 P - G a N 層上で前記ドレインメタルをエッチングすることで、前記ドレインメタ
ルの幅が前記 P - G a N 層の幅以下であるようにして、前記第 1 の構造区間を形成する、
という方法を用いることによって得られる、請求項 9 に記載の方法。

【請求項 11】

前記第 2 の構造区間は、

前記 P - G a N 層上及び前記 P - G a N 層の前記両側に位置する前記 A l G a N 層上で

50

前記ドレインメタルをエッチングすることで、前記ドレインメタルが、前記 P - G a N 層の前記両側に位置する延長部を有し、且つ該延長部が、前記 A l G a N 層とオーミックコンタクトを形成するようにして、前記第 2 の構造区間を形成する、
という方法を用いることによって得られる、請求項 9 に記載の方法。

【請求項 1 2】

前記第 1 の構造区間及び前記第 2 の構造区間は、

前記 P - G a N 層の前記両側の領域にあるパッシベーション層上で、前記ゲート幅方向の複数の区間で、エッチング除去を実行し、

前記 P - G a N 層上及び前記 P - G a N 層の前記両側に位置する前記 A l G a N 層上で前記ドレインメタルをエッチングすることで、前記ドレインメタルが、前記 P - G a N 層の前記両側に位置する延長部を有し、前記パッシベーション層がエッチングによって除去されていない領域で前記延長部が前記パッシベーション層によって前記 A l G a N 層から絶縁されるようにして、前記第 1 の構造区間を形成し、且つ、前記パッシベーション層がエッチングによって除去された領域で前記延長部が前記 A l G a N 層と接触するようにして、前記第 2 の構造区間を形成する、

という方法を用いることによって得られる、請求項 9 に記載の方法。

【請求項 1 3】

請求項 1 に記載の窒化ガリウムデバイスを有するスイッチングパワートランジスタ。

【請求項 1 4】

ゲートドライバと、請求項 1 に記載の窒化ガリウムデバイスとを有し、

前記窒化ガリウムデバイスのゲートが、前記ゲートドライバの信号出力端子に結合され、前記窒化ガリウムデバイスのソース及びドレインが、負荷回路に結合され、

前記ゲートドライバは、前記窒化ガリウムデバイスをターンオンさせるために第 1 の電位を出力し、前記窒化ガリウムデバイスをターンオフさせるために第 2 の電位を出力するように構成され、前記第 1 の電位は、前記窒化ガリウムデバイスのターンオン電位より高く、前記第 2 の電位は、前記窒化ガリウムデバイスの前記ターンオン電位より低い、
駆動回路。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この出願は、半導体技術の分野に関し、特に、窒化ガリウムデバイス、スイッチングパワートランジスタ、駆動回路、及び窒化ガリウムデバイス製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体デバイスの低エネルギー消費、高効率、及び高電力密度に対する要求が、現在、産業界においてますます明白になるにつれて、窒化ガリウムに基づいて製造される窒化ガリウムデバイス（例えば、電界効果トランジスタなどのスイッチングデバイス）がますます注目を集めている。

【0003】

現在、窒化ガリウムデバイスは、主に、窒化アルミニウムガリウム / 窒化ガリウム（A l G a N / G a N）横型ヘテロ構造に基づくデバイスを含む。A l G a N / G a N ヘテロ構造は、A l G a N / G a N ヘテロ構造の界面に高い二次元電子ガス 2 D E G チャネルを持つので、高い電子移動度を有する二次元電子ガス（two-dimensional electron gas , 2 D E G）チャネルを A l G a N / G a N ヘテロ構造の界面に自然形成することができる。従って、半導体シリコンデバイスと比較して、窒化ガリウムデバイスは、より低いエネルギー消費、より高い効率、及びより高い電力密度を持つ。

【0004】

しかしながら、現行の製造プロセスに基づいて製造される窒化ガリウムデバイスは、通常、幾つかの欠陥を有する。それらの欠陥は、窒化ガリウムデバイスにおける“電流コラプス”効果につながり得る。“電流コラプス”効果は、ここでは、窒化ガリウムデバイスのオン

10

20

30

40

50

抵抗における上昇を意味し、それが、窒化ガリウムデバイスのスイッチング速度を低下させ、駆動損失を増加させ、デバイスの信頼性を低下させる。

【発明の概要】

【0005】

この出願の実施形態は、P - GaNにおける正孔注入の効率を確保しながら、デバイスに固有のオン抵抗における増加を回避し、それによって、デバイスのスイッチング速度を高め、デバイスの駆動損失を低減させ、デバイスの信頼性を向上させるような、窒化ガリウムデバイス、スイッチングパワートランジスタ、駆動回路、及び窒化ガリウムデバイスの製造方法を提供する。

【0006】

第1の態様によれば、この出願の一実施形態は窒化ガリウムデバイスを提供する。当該窒化ガリウムデバイスは、基板と、該基板の上に形成されたバッファ層と、該バッファ層の上に形成された窒化ガリウムGaN層と、該窒化ガリウムGaN層の上に形成されたAlGaN層と、該AlGaN層上に形成されたソース、ドレイン、及びゲートと、を含む。ドレインは、P - GaN層及びドレインメタルを含む。P - GaN層は、AlGaN層上に形成され、当該デバイスのゲート幅方向のストリップ構造をしたものである。ドレインメタルは、複数の第1の構造区間と複数の第2の構造区間とを含む。該複数の第1の構造区間及び第複数の第2の構造区間は、ゲート幅方向に交互に分布する。第1の構造区間において、ドレインメタルはP - GaN層と接触し、第2の構造区間において、ドレインメタルは、P - GaN層と接触し且つAlGaN層とオーミックコンタクトを形成する。

【0007】

上述の技術的ソリューションによれば、第1の構造区間で、ドレインメタルがP - GaN層と接触して局所的な正孔注入を実現するとともに、第2の構造区間でドレインメタルがAlGaN層とオーミックコンタクトを形成して、当該デバイスのドレインからソースへの電流導通を実現する。従って、P - GaNにおける正孔注入の効率が確保されながら、当該デバイスは過大な固有オン抵抗を持たず、それにより、デバイスのスイッチング速度を高め、デバイスの駆動損失を低減させ、デバイスの信頼性を向上させる。また、当該窒化ガリウムデバイスが製造されるとき、P - GaN層を不連続構造へとエッチングする必要がなく、それにより、デバイスの性能に対するエッチング精度の影響を回避し、より単純なプロセスを可能にする。

【0008】

第1の態様を参照するに、第1の態様の第1の取り得る実装において、第1の構造区間において、ドレインメタルは、P - GaN層上に形成され、ゲート幅方向に対して垂直な方向におけるドレインメタルの幅は、P - GaN層の幅以下である。斯くして、ドレインメタルがAlGaN層と接触しないように、P - GaN層がドレインメタルをAlGaN層から絶縁することができる。従って、ドレインメタルの電子は、ドレインメタルの下にあるAlGaN層に注入されず、当該デバイスでは、ドレインメタルの下に局所的な正孔が形成され、当該デバイスに対する局所的な正孔注入を実現する。これらの局所的な正孔は負の電子トラップを補償することができ、その結果、電子トラップによって捕獲される電子が解放され、“電流コラプス”効果が回避される。

【0009】

第1の態様を参照するに、第1の態様の第2の取り得る実装において、第1の構造区間において、ドレインメタルは、P - GaN層上に形成され、ゲート幅方向に対して垂直な方向におけるドレインメタルの幅は、P - GaN層の幅より大きく、ドレインメタルは、P - GaN層の両側に位置する延長部を含み、該延長部は、パッシベーション層によってAlGaN層から絶縁される。斯くして、ドレインメタルの幅はP - GaN層の幅より大きい、ドレインメタルは、パッシベーション層により、AlGaN層と接触しない。従って、ドレインメタルの電子は、ドレインメタルの下にあるAlGaN層に注入されず、当該デバイスでは、ドレインメタルの下に局所的な正孔が形成され、当該デバイスに対する局所的な正孔注入を実現する。これらの局所的な正孔は負の電子トラップを補償するこ

10

20

30

40

50

とができ、その結果、電子トラップによって捕獲される電子が解放され、“電流コラプス”効果が回避される。

【0010】

第1の態様並びに第1の態様の第1及び第2の取り得る実装を参照するに、第1の態様の第3の取り得る実装において、第2の構造区間において、ドレインメタルは、P-GaN層及びAlGaN層上に形成され、ドレインメタルの幅は、P-GaN層の幅より大きく、ドレインメタルは、P-GaN層の両側に位置する延長部を有し、該延長部が、AlGaN層とオーミックコンタクトを形成する。斯くして、ドレインメタルの幅がP-GaN層の幅より大きいので、P-GaN層の幅範囲の外側に位置するドレインメタルが、AlGaN層とオーミックコンタクトを形成して、当該デバイスのドレインからソースへの電流導通を実現することができる。

10

【0011】

第1の態様並びに第1の態様の第1乃至第3の取り得る実装を参照するに、第1の態様の第4の取り得る実装において、P-GaN層は、ゲート幅方向における全ての位置で同じ幅を持つ。斯くして、P-GaN層がエッチングされるときに、異なる幅のためにP-GaN層の各位置におけるエッチング精度を制御する必要がなく、それによりプロセスの難しさが減る。

【0012】

第1の態様の第3の取り得る実装を参照するに、第1の態様の第5の取り得る実装において、ドレインメタルは、ゲート幅方向における全ての位置で同じ幅を持つ。斯くして、ドレインメタルがエッチングされるときに、異なる幅のためにP-GaN層の各位置におけるエッチング精度を制御する必要がなく、それによりプロセスの難しさが減る。

20

【0013】

第1の態様並びに第1の態様の第1乃至第5の取り得る実装を参照するに、第1の態様の第6の取り得る実装において、上記複数の第1の構造区間及び上記複数の第2の構造区間は一体化された構造である。斯くして、ドレインメタルがエッチングされるときに、第1の構造区間と第2の構造区間との間のエッチング間隔を制御する必要がなく、プロセスの難しさが減る。

【0014】

第1の態様並びに第1の態様の第1乃至第5の取り得る実装を参照するに、第1の態様の第7の取り得る実装において、上記複数の第1の構造区間及び上記複数の第2の構造区間は、ゲート幅方向において交互に分布し、隣接する第1の構造区間と第2の構造区間との間に特定の間隔が存在する。

30

【0015】

第2の態様によれば、この出願の一実施形態は、窒化ガリウムデバイス製造方法を提供する。当該方法は、この出願の第1の実施形態及び第1の実施形態の実装に従った窒化ガリウムデバイスを製造するのに使用される。当該方法は、基板上に、下から上に順に、バッファ層、GaN層、及びAlGaN層をエピタキシャル成長させ、AlGaN層上のP-GaN層をエッチングし、該P-GaN層は、ゲート幅方向の、連続したストリップ構造をしたものにされ、P-GaN層上及びP-GaN層の両側に位置するAlGaN層上に、ゲート幅方向に交互に分布した複数の第1の構造区間と複数の第2の構造区間とを持つようにドレインメタルを作製する、ことを含む。

40

【0016】

上述の技術的ソリューションによれば、第1の構造区間で、ドレインメタルがP-GaN層と接触して局所的な正孔注入を実現するとともに、第2の構造区間でドレインメタルがAlGaN層とオーミックコンタクトを形成して、当該デバイスのドレインからソースへの電流導通を実現する。従って、P-GaNにおける正孔注入の効率が確保されながら、当該デバイスは過大な固有オン抵抗を持たず、それにより、デバイスのスイッチング速度を高め、デバイスの駆動損失を低減させ、デバイスの信頼性を向上させる。また、当該窒化ガリウムデバイスが製造されるとき、P-GaN層を不連続構造へとエッチングする

50

必要がなく、それにより、デバイスの性能に対するエッチング精度の影響を回避し、より単純なプロセスを可能にする。

【 0 0 1 7 】

第2の態様を参照するに、第2の態様の第1の取り得る実装において、第1の構造区間は、P - GaN層上でドレインメタルをエッチングすることで、ドレインメタルの幅がP - GaN層の幅以下であるようにして、第1の構造区間を形成する、という方法を用いることによって得られる。斯くして、ドレインメタルがAlGaIn層と接触しないように、P - GaN層がドレインメタルをAlGaIn層から絶縁することができる。従って、ドレインメタルの電子は、ドレインメタルの下にあるAlGaIn層に注入されず、当該デバイスでは、ドレインメタルの下に局所的な正孔が形成され、当該デバイスに対する局所的な正孔注入を実現する。これらの局所的な正孔は負の電子トラップを補償することができ、その結果、電子トラップによって捕獲される電子が解放され、“電流コラプス”効果が回避される。

10

【 0 0 1 8 】

第2の態様を参照するに、第2の態様の第2の取り得る実装において、第2の構造区間は、P - GaN層上及びP - GaN層の両側に位置するAlGaIn層上でドレインメタルをエッチングすることで、ドレインメタルが、P - GaN層の両側に位置する延長部を含み、且つ該延長部が、AlGaIn層とオーミックコンタクトを形成するようにして、第2の構造区間を形成する、という方法を用いることによって得られる。斯くして、ドレインメタルの幅がP - GaN層の幅より大きいので、P - GaN層の幅範囲の外側に位置するドレインメタルが、AlGaIn層とオーミックコンタクトを形成して、当該デバイスのドレインからソースへの電流導通を実現することができる。

20

【 0 0 1 9 】

第2の態様を参照するに、第2の態様の第3の取り得る実装において、第1の構造区間及び第2の構造区間は、P - GaN層の両側の領域にあるパッシベーション層上で、ゲート幅方向の複数の区間で、エッチング除去を実行し、P - GaN層上及びP - GaN層の両側に位置するAlGaIn層上でドレインメタルをエッチングすることで、ドレインメタルが、P - GaN層の両側に位置する延長部を含み、パッシベーション層がエッチングによって除去されていない領域で延長部がパッシベーション層によってAlGaIn層から絶縁されるようにして、第1の構造区間を形成し、且つ、パッシベーション層がエッチングによって除去された領域で延長部がAlGaIn層と接触するようにして、第2の構造区間を形成する、という方法を用いることによって得られる。斯くして、第1の構造区間において、ドレインメタルがAlGaIn層と接触しないように、P - GaN層がドレインメタルをAlGaIn層から絶縁することができる。従って、ドレインメタルの電子は、ドレインメタルの下にあるAlGaIn層に注入されず、当該デバイスでは、ドレインメタルの下に局所的な正孔が形成され、当該デバイスに対する局所的な正孔注入を実現する。これらの局所的な正孔は負の電子トラップを補償することができ、その結果、電子トラップによって捕獲される電子が解放され、“電流コラプス”効果が回避される。第2の構造区間では、ドレインメタルの幅がP - GaN層の幅より大きいので、P - GaN層の幅範囲の外側に位置するドレインメタルが、AlGaIn層とオーミックコンタクトを形成して、当該デバイスのドレインからソースへの電流導通を実現することができる。

30

40

【 0 0 2 0 】

第3の態様によれば、この出願の一実施形態は駆動回路を提供する。当該駆動回路は、ゲートドライバと、この出願の実施形態における第1の態様及び第1の態様の実装に従った窒化ガリウムデバイスとを含む。窒化ガリウムデバイスのゲートが、ゲートドライバの信号出力端子に結合され、窒化ガリウムデバイスのソース及びドレインが、負荷回路に結合される。ゲートドライバは、窒化ガリウムデバイスをターンオンさせるために第1の電位を出力し、窒化ガリウムデバイスをターンオフさせるために第2の電位を出力するように構成され、第1の電位は、窒化ガリウムデバイスのターンオン電位より高く、第2の電位は、窒化ガリウムデバイスのターンオン電位より低い。斯くして、この窒化ガリウムデ

50

バイスを、負荷回路内のスイッチングデバイスとして使用することができ、ゲートドライバによってオン及びオフに制御される。この窒化ガリウムデバイスは、“電流コラプス”効果を克服して、小さい固有オン抵抗及び小さいデバイス損失を持つので、負荷回路の全体的な動作効率を向上させることができ、負荷回路によって発生する熱の総量を減らすことができ、負荷回路の動作安定性を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】一般的な窒化ガリウムデバイスの一断面の概略図である。

【図2】“電流コラプス”効果を抑圧するために用いられる窒化ガリウムデバイスの一断面の概略図である。

10

【図3】“電流コラプス”効果を抑圧するために用いられる窒化ガリウムデバイスの三次元図である。

【図4】この出願の実施形態1に従った窒化ガリウムデバイスの三次元図である。

【図5】この出願の実施形態1に従った、方向Aにおける第1の構造区間の部分断面図である。

【図6】この出願の実施形態1に従った、方向Aにおける第2の構造区間の部分断面図である。

【図7A】図7A、図7B、及び図7Cは、この出願の実施形態2に従った窒化ガリウムデバイス製造方法のフローチャートである。

【図7B】図7A、図7B、及び図7Cは、この出願の実施形態2に従った窒化ガリウムデバイス製造方法のフローチャートである。

20

【図7C】図7A、図7B、及び図7Cは、この出願の実施形態2に従った窒化ガリウムデバイス製造方法のフローチャートである。

【図8】この出願の実施形態3に従った窒化ガリウムデバイスの三次元図である。

【図9】この出願の実施形態3に従った第1の構造区間の部分断面図である。

【図10】この出願の実施形態3に従った第2の構造区間の部分断面図である。

【図11A】図11A、図11B、及び図11Cは、この出願の実施形態4に従った窒化ガリウムデバイス製造方法のフローチャートである。

【図11B】図11A、図11B、及び図11Cは、この出願の実施形態4に従った窒化ガリウムデバイス製造方法のフローチャートである。

30

【図11C】図11A、図11B、及び図11Cは、この出願の実施形態4に従った窒化ガリウムデバイス製造方法のフローチャートである。

【図12】この出願の実施形態5に従った窒化ガリウムデバイスの構造の三次元図である。

【0022】

説明：

100：基板、200：バッファ層、300：Ga₂N層、400：AlGa₂N層、410：パッシベーション層、500：P-GaN層、610：第1の構造区間、620：第2の構造区間、及び621：延長部。

【発明を実施するための形態】

【0023】

40

窒化ガリウム(GaN, gallium nitride)は、窒素とガリウムとの化合物であり、III族(ホウ素族元素)とV族(窒素族元素)との直接バンドギャップ半導体である。現在最も一般的に使用されている半導体材料であるシリコンが1.12eV(エレクトロンボルト)のバンドギャップを持つのに対し、窒化ガリウムは3.4eVという広いバンドギャップを持つ。従って、窒化ガリウムは、ハイパワーの高速デバイスにおいてシリコンデバイスよりも良好な性能を持つ。

【0024】

半導体デバイスの低エネルギー消費、高効率、及び高電力密度に対する要求が、現在、産業界においてますます明白になるにつれて、窒化ガリウムに基づいて製造される窒化ガリウムデバイス(例えば、電界効果トランジスタ及びスイッチングパワートランジスタ

50

などのスイッチングデバイス)がますます注目を集めている。現在、窒化ガリウムデバイスは、主に、窒化アルミニウムガリウム/窒化ガリウム(AlGaIn/GaN)横型ヘテロ構造に基づくデバイスを含む。 AlGaIn/GaN ヘテロ構造は、 AlGaIn/GaN ヘテロ構造の界面に高い二次元電子ガス2DEGチャネルを持つので、高い電子移動度を有する2DEGチャネルを AlGaIn/GaN ヘテロ構造の界面に自然形成することができる。従って、半導体シリコンデバイスと比較して、窒化ガリウムデバイスは、より低いエネルギー消費、より高い効率、及びより高い電力密度を持つ。さらに、窒化ガリウムは、広バンドギャップ半導体であり、通常は少なくとも500 Kに達することができるものである高い動作温度を持つ。従って、窒化ガリウムデバイスは、高温条件下で動作することができる。加えて、窒化ガリウムは更に、高い破壊電界を持つ。従って、窒化ガリウムデバイスは、高いゲート-ドレイン破壊電圧を持ち、高電圧条件下で動作することができる。

10

【0025】

窒化ガリウムデバイスは、半導体デバイスの低エネルギー消費、高効率、及び高電力密度に対する産業界の要求を満たすが、現行の製造プロセスに基づいて製造される窒化ガリウムデバイスは、通常、幾つかの欠陥を有する。それらの欠陥は、窒化ガリウムデバイスにおける“電流コラプス”効果につながり得る。“電流コラプス”効果は、ここでは、窒化ガリウムデバイスのオン抵抗における上昇を意味し、これはシステムの動作安定性に影響を及ぼすものである。

【0026】

20

図1は、一般的な窒化ガリウムデバイスの一断面の概略図である。以下にて、図1を参照して、窒化ガリウムデバイスにおける欠陥の原因を具体的に説明する。図1に示すように、窒化ガリウムデバイスは自己支持基板を欠くため、窒化ガリウムデバイスは通常、エピタキシャル成長法を用いて製造される必要がある。具体的には、先ず、基板100(通常はシリコンSiである)の上にバッファ層200(buffer layer)がエピタキシャル成長され、次いで、バッファ層200の上にGaN層300がエピタキシャル成長され、次いで、GaN層300の上に窒化アルミニウムガリウム AlGaIn 層400がエピタキシャル成長されることで、窒化アルミニウムガリウム/窒化ガリウム(AlGaIn/GaN)横型ヘテロ構造を得ることができ、そして最後に、 AlGaIn 層400上に、ソース(source, S)、ドレイン(drain, D)、及びゲート(gate, G)を作製することができる。斯くして、窒化ガリウムデバイスは製造される。

30

【0027】

しかしながら、基板とGaNは異なる材料のものであり、異なる格子定数及び異なる熱膨張係数を持つので、エピタキシャル層は、例えば基板とGaNとの間の格子ミスマッチ及び熱膨張ミスマッチなどの問題のためにクラックを有し、GaNエピタキシャル材料内に多量の欠陥を生じさせる。これらの欠陥は電子を捕獲し、動作状態においてデバイス内にあるキャリアの濃度の減少、ひいては、デバイスにおける“電流コラプス”効果をもたらす。

【0028】

図2は、“電流コラプス”効果を抑圧するために用いられる窒化ガリウムデバイスの一断面の概略図である。図2に示すように、現在、“電流コラプス”効果を抑圧する方法は、GaNデバイスのドレインDに、P型ドーパされた窒化ガリウムP-GaNアイランド構造を導入するものである。P-GaNアイランド構造は局所領域での正孔注入を実現することができる。正電荷の正孔は負の電子トラップを補償することができ、その結果、電子トラップによって捕獲される電子が解放される。

40

【0029】

図3は、“電流コラプス”効果を抑圧するために用いられる窒化ガリウムデバイスの三次元図である。図3に示すように、ゲート幅方向において、P-GaNアイランド構造は、ドレインメタルD2と、島のように分布した複数のP-GaNアイランドとを含み得る。該複数のP-GaNアイランドは、ゲート幅方向に間隔を置いて分布し、ドレインメタル

50

D 2 は、ゲート幅方向に連続して分布する。P - GaN アイランドが分布する領域でドレインメタル D 2 が P - GaN アイランド上に成長して、局所的な正孔注入を実現する。P - GaN アイランドが分布しない領域では、ドレインメタル D 2 は Al GaN 層上に成長する。斯くして、複数の P - GaN アイランドが間隔を置いて分布する場合、チップ性能の実質的な損失を引き起こすことなく、デバイスの固有オン抵抗の実質的な上昇を回避することができる。

【 0 0 3 0 】

しかしながら、実際の製造において、P - GaN アイランドの不連続構造はエッチングを介して得る必要があり、離隔距離の設計とエッチング精度との両方が、作製される P - GaN アイランド間の離隔距離に影響を及ぼす。従って、P - GaN アイランド間の離隔距離は、制御するのがかなり難しい。過大な離隔距離は P - GaN アイランド構造における正孔注入の効率の低下をもたらすとともに、さらに、及び電子トラップの補償効果の低下をもたらす。過小な離隔距離は、デバイスの固有オン抵抗の上昇、デバイスの性能の低下、及びデバイスの使用コストの増加をもたらす。

10

【 0 0 3 1 】

実施形態 1

この出願の実施形態 1 は、P - GaN における正孔注入の効率を確保しながら装置の固有オン抵抗の上昇のリスクを低減させるための窒化ガリウムデバイスを提供する。

【 0 0 3 2 】

図 4 は、この出願の実施形態 1 に従った窒化ガリウムデバイスの三次元図である。図 4 に示すように、当該窒化ガリウムデバイスは、基板 (substrate) 1 0 0 と、基板 1 0 0 の上に形成されたバッファ層 (buffer layer) 2 0 0 と、バッファ層 2 0 0 の上に形成された窒化ガリウム GaN 層 3 0 0 と、窒化ガリウム GaN 層 3 0 0 の上に形成された窒化アルミニウムガリウム Al GaN 層 4 0 0 と、Al GaN 層 4 0 0 上に形成されたソース (source, S)、ドレイン (drain, D)、及びゲート (gate, G) とを含む。ドレイン (D) は、Al GaN 層 4 0 0 上に形成された P - GaN 層 5 0 0 と、P - GaN 層 5 0 0 上及び P - GaN 層 5 0 0 の両側の Al GaN 層 4 0 0 上に配置されたドレインメタル M とを含む。ドレインメタル M は、オーミック金属とし得る。

20

【 0 0 3 3 】

特定の実装において、P - GaN 層 5 0 0 は、ストリップ構造のものである。好ましくは、P - GaN 層 5 0 0 は、ゲート幅方向における全ての位置で同じ幅を持つ。ドレインメタル M は、ゲート幅方向において複数の第 1 の構造区間 6 1 0 と複数の第 2 の構造区間 6 2 0 とを含み得る。複数の第 1 の構造区間 6 1 0 及び複数の第 2 の構造区間 6 2 0 は、ゲート幅方向において交互に分布している。複数の第 1 の構造区間 6 1 0 及び複数の第 2 の構造区間 6 2 0 は、ゲート幅方向において一体化された構造である。図 5 は、この出願の実施形態 1 に従った、方向 A における第 1 の構造区間 6 1 0 の部分断面図である。図 5 に示すように、第 1 の構造区間 6 1 0 において、ドレインメタル M は P - GaN 層 5 0 0 上に形成される。好ましくは、ドレインメタル M が P - GaN 層 5 0 0 のみと接触して Al GaN 層 4 0 0 とは接触しないように、ゲート幅方向に対して垂直な方向におけるドレインメタル M の幅 H 1 は、P - GaN 層 5 0 0 の幅 H 2 以下である。斯くして、第 1 の構造区間 6 1 0 は、正孔の局所的な注入を実現することができる。

30

40

【 0 0 3 4 】

図 6 は、この出願の実施形態 1 に従った、方向 A における第 2 の構造区間 6 2 0 の部分断面図である。図 6 に示すように、第 2 の構造区間 6 2 0 においては、ドレインメタル M が、P - GaN 層 5 0 0 上と、P - GaN 層 5 0 0 の両側にある Al GaN 層 4 0 0 上に形成される。ゲート幅方向に対して垂直な方向におけるドレインメタル M の幅 H 3 は、P - GaN 層 5 0 0 の幅 H 2 より大きい。この場合、P - GaN 層 5 0 0 の各側で、ドレインメタル M は、P - GaN 層 5 0 0 の幅範囲の外側にあって延長部 6 2 1 を形成する部分を有する。P - GaN 層 5 0 0 上に位置するドレインメタル M の部分は、P - GaN 層 5 0 0 と接触し、ドレインメタル M の延長部 6 2 1 は、Al GaN 層 4 0 0 上に直接形成

50

されて、A l G a N層400とオーミックコンタクト(Ohmic contact)を形成する。斯くして、第2の構造区間620は、動作状態にある当該デバイスのドレインDからソースSへの電流導通を実現することができる。

【0035】

さらに、図6を参照して分かることには、第2の構造区間620において、ドレインメタルMの断面は、P - G a N層500上に留まった凹状構造を呈し得る。ドレインメタルMは、該凹状構造を用いることによって、ドレインメタルMとA l G a N層400との間にP - G a N層500を囲む。両側の凹状構造の部分が延長部621であり、凹状構造の中央部は、P - G a N層500上に形成された部分である。

【0036】

この出願のこの実施形態において、第1の構造区間610及び第2の構造区間620がゲート幅方向において交互に分布するということが意味するのは、ゲート幅方向において、1つの第2の構造区間620がいずれか2つの隣接する第1の構造区間610の間に配置され、1つの第1の構造区間610がいずれか2つの隣接する第2の構造区間620の間に配置されて、複数の第1の構造区間610と複数の第2の構造区間620とがゲート幅方向において均等に分布され得るようにするということである。斯くして、当該窒化ガリウムデバイスは、ゲート幅方向において正孔注入領域と電流導通領域とを均等に交互に形成することができ、ゲート幅方向における全ての位置でのデバイスの性能の一貫性を改善することができる。

【0037】

この出願のこの実施形態において、第1の構造区間610の数及び第2の構造区間620の数は、複数の形態をとり得る。例えば、第1の構造区間610の数及び第2の構造区間620の数は、ゲートの幅に関係し得る。より大きい幅のゲートは、より多数の第1の構造区間610及びより多数の第2の構造区間620に対応する。より小さい幅のゲートは、より少数の第1の構造区間610及びより少数の第2の構造区間620に対応する。斯くして、ゲートの幅にかかわらず、第1の構造区間610の数及び第2の構造区間620の数を調節することによって、ゲート幅方向における全ての位置でデバイスの性能に高い一貫性がある。

【0038】

この出願のこの実施形態において、ゲート幅方向における第2の構造区間620の長さに対する第2の構造区間620の長さの比は、複数の形態をとり得る。当業者は、実際に必要とされるデバイス性能に基づいてこの比を決定し得る。例えば、高濃度のキャリアを有する窒化ガリウムデバイスを得るために、第1の構造区間610の長さを増やしてもよいし、窒化ガリウムデバイスのドレインDからソースSへの電流導通の能力を高めるために、第2の構造区間620の長さを増やしてもよい。

【0039】

この出願のこの実施形態において、第1の構造区間610及び第2の構造区間620の形状は、複数の形態をとり得る。例えば、第1の構造区間610及び第2の構造区間620は、矩形、多角形、円形、楕円形、又はこれらに類するものとし得る。

【0040】

上述の構造によれば、第1の構造区間610で、ドレインメタルMはP - G a N層500のみと接触して局所的な正孔注入を実現するとともに、第2の構造区間620でドレインメタルMがA l G a N層400とオーミックコンタクト(Ohmic contact)を形成して、動作状態にある当該デバイスのドレインDからソースSへの電流導通を実現する。従って、P - G a Nにおける正孔注入の効率を確保しながら、デバイスの固有オン抵抗の上昇のリスクを低減させることができる。また、この出願の実施形態1で提供される窒化ガリウムデバイスが製造されるとき、P - G a N層500を不連続構造へとエッチングする必要がなく、それにより、デバイスの性能に対するエッチング精度の影響を回避し、より単純なプロセスを可能にする。

【0041】

10

20

30

40

50

実施形態 2

この出願の実施形態 2 は窒化ガリウムデバイス製造方法を提供する。当該方法は、この出願の実施形態 1 で提供される窒化ガリウムデバイス又は他の窒化ガリウムデバイスを得るために使用される。

【0042】

図 7 A、図 7 B、及び図 7 C は、この出願の実施形態 2 に従った窒化ガリウムデバイス製造方法のフローチャートである。図 7 A、図 7 B、及び図 7 C に示すように、当該方法は以下の工程を含み得る。

【0043】

工程 S 1 0 1：基板 1 0 0 上に、下から上に順に、バッファ層 2 0 0、Ga N 層 3 0 0、及び Al Ga N 層 4 0 0 をエピタキシャル成長させる。

10

【0044】

工程 S 1 0 1 は、窒化ガリウムデバイスを製造する従来からの工程であり、この出願のこの実施形態において更に詳述することはしない。

【0045】

工程 S 1 0 2：Al Ga N 層 4 0 0 上のドレイン D の P - Ga N 層 5 0 0 をエッチングし、P - Ga N 層 5 0 0 は、ゲート幅方向の連続したストリップ構造をしたものにされる。

【0046】

工程 S 1 0 2 において、Al Ga N 層 4 0 0 上のゲート G の P - Ga N 層 6 0 0 をエッチングするステップも実行され得る。Al Ga N 層 4 0 0 上のゲート G の P - Ga N 層 6 0 0 をエッチングすることは、窒化ガリウムデバイスを製造する従来からの工程であり、この出願のこの実施形態において更に詳述することはしない。

20

【0047】

工程 S 1 0 3：P - Ga N 層 5 0 0 上及び P - Ga N 層 5 0 0 の両側に位置する Al Ga N 層 4 0 0 上に、ドレインメタル M を作製する。

【0048】

ドレインメタル M は、ゲート幅方向に、複数の第 1 の構造区間 6 1 0 と複数の第 2 の構造区間 6 2 0 とを含み得る。第 1 の構造区間 6 1 0 及び第 2 の構造区間 6 2 0 は、ゲート幅方向において連続して交互に分布される。

【0049】

第 1 の構造区間 6 1 0 において、ドレインメタル M は、P - Ga N 層 5 0 0 上にのみあるようにエッチングされる。好ましくは、ドレインメタル M が P - Ga N 層 5 0 0 のみと接触して Al Ga N 層 4 0 0 とは接触しないように、ゲート幅方向に対して垂直な方向におけるドレインメタル M の幅は、P - Ga N 層 5 0 0 の幅以下である。

30

【0050】

第 2 の構造区間 6 2 0 では、P - Ga N 層 5 0 0 の各側で、ドレインメタル M は、P - Ga N 層 5 0 0 の幅範囲の外側に位置して延長部 6 2 1 を形成する部分を有する。ドレインメタル M の延長部 6 2 1 は、Al Ga N 層 4 0 0 上に直接形成されて、Al Ga N 層 4 0 0 とオーミックコンタクト (Ohmic contact) を形成する。

【0051】

さらに、Al Ga N 層 4 0 0 上にソースメタル S - o h m を成長させる工程、及びゲート G の P - Ga N 層 6 0 0 上にゲートメタル G - M を成長させる工程も、工程 S 1 0 3 で実行され得る。Al Ga N 層 4 0 0 上にソースメタル S - o h m を成長させること及びゲート G の P - Ga N 層 6 0 0 上にゲートメタル G - M を成長させることはどちらも、窒化ガリウムデバイスを製造する従来からの工程であり、この出願のこの実施形態において更に詳述することはしない。

40

【0052】

図 7 A、図 7 B、及び図 7 C を参照して分かることには、この出願の実施形態 1 で提供される窒化ガリウムデバイスが製造されるとき、Al Ga N 層 4 0 0 上でエッチングを行うことによって連続したストリップ P - Ga N 層 5 0 0 を生成すればよくて、P - Ga N

50

層 5 0 0 を複数の P - G a N アイランドへと精密にエッチングする必要はなく、それにより、単純なプロセスを可能に、デバイスの良品率及び生産効率を改善する助けとなる。

【 0 0 5 3 】

実施形態 3

この出願の実施形態 3 は、P - G a N における正孔注入の効率を確保しながら装置の固有オン抵抗の上昇のリスクを低減させるための窒化ガリウムデバイスを提供する。

【 0 0 5 4 】

図 8 は、この出願の実施形態 3 に従った窒化ガリウムデバイスの三次元図である。図 8 に示すように、当該窒化ガリウムデバイスは、基板 (substrate) 1 0 0 と、基板 1 0 0 の上に形成されたバッファ層 2 0 0 と、バッファ層 2 0 0 の上に形成された窒化ガリウム G a N 層 3 0 0 と、窒化ガリウム G a N 層 3 0 0 の上に形成された窒化アルミニウムガリウム A l G a N 層 4 0 0 と、A l G a N 層 4 0 0 上に形成されたソース (source , S)、ドレイン (drain、D)、及びゲート (gate , G) とを含む。ドレイン (D) は、A l G a N 層 4 0 0 上に形成された P - G a N 層 5 0 0 と、P - G a N 層 5 0 0 上及び P - G a N 層 5 0 0 の両側の A l G a N 層 4 0 0 上に配置されたドレインメタル M とを含む。

【 0 0 5 5 】

特定の実装において、P - G a N 層 5 0 0 は、ストリップ構造のものである。好ましくは、P - G a N 層 5 0 0 は、ゲート幅方向における全ての位置で同じ幅を持つ。ドレインメタル M は、ゲート幅方向において複数の第 1 の構造区間 6 1 0 と複数の第 2 の構造区間 6 2 0 とを含み得る。複数の第 1 の構造区間 6 1 0 及び複数の第 2 の構造区間 6 2 0 は、ゲート幅方向において交互に分布している。

【 0 0 5 6 】

図 9 は、この出願の実施形態 3 に従った第 1 の構造区間 6 1 0 の部分断面図である。図 9 に示すように、第 1 の構造区間 6 1 0 においては、ドレインメタル M が、P - G a N 層 5 0 0 上と、P - G a N 層 5 0 0 の両側にある A l G a N 層 4 0 0 上とに形成される。ゲート幅方向に対して垂直な方向におけるドレインメタル M の幅 H 1 は、P - G a N 層 5 0 0 の幅 H 2 より大きい。この場合、P - G a N 層 5 0 0 の各側で、ドレインメタル M は、P - G a N 層 5 0 0 の幅範囲の外側にあって延長部 6 2 1 を形成する部分を有する。P - G a N 層 5 0 0 上に位置するドレインメタル M の部分は、P - G a N 層 5 0 0 と接触している。A l G a N 層 4 0 0 の表面上且つ延長部 6 2 1 の下の領域には、パッシベーション層 4 1 0 が保持される。ドレインメタル M の延長部 6 2 1 は、パッシベーション層 4 1 0 上に形成され、パッシベーション層 4 1 0 のみと接触して A l G a N 層 4 0 0 とは接触せず、ドレインメタル M を A l G a N 層 4 0 0 から絶縁する。斯くして、第 1 の構造区間 6 1 0 は、正孔の局所的な注入を実現することができる。また、第 1 の構造区間 6 1 0 内の P - G a N 層 5 0 0 は更に、ドレインフィールドプレートとして機能し得る。この場合、正孔の局所注入を実現しながら、第 1 の構造区間 6 1 0 は、ドレインにおける高電圧電界をバランスさせる能力を持ち、デバイスの性能を向上させる。

【 0 0 5 7 】

図 1 0 は、この出願の実施形態 3 に従った第 2 の構造区間 6 2 0 の部分断面図である。図 1 0 に示すように、第 2 の構造区間 6 2 0 においては、第 1 の構造区間 6 1 0 におけるものと同様に、ドレインメタル M が、P - G a N 層 5 0 0 上と、P - G a N 層 5 0 0 の両側にある A l G a N 層 4 0 0 上とに形成される。ゲート幅方向に対して垂直な方向におけるドレインメタル M の幅 H 1 は、P - G a N 層 5 0 0 の幅 H 2 より大きい。この場合、P - G a N 層 5 0 0 の各側で、ドレインメタル M は、P - G a N 層 5 0 0 の幅範囲の外側にあって延長部 6 2 1 を形成する部分を有する。P - G a N 層 5 0 0 上に位置するドレインメタル M の部分は、P - G a N 層 5 0 0 と接触する。A l G a N 層 4 0 0 の表面上且つ延長部 6 2 1 の下の領域には、パッシベーション層 4 1 0 が保持されておらず、すなわち、パッシベーション層 4 1 0 がエッチングによって除去される。この場合、ドレインメタル M の延長部 6 2 1 は、A l G a N 層 4 0 0 上に直接形成されて、A l G a N 層 4 0 0 とオーミックコンタクト (Ohmic contact) を形成する。斯くして、第 2 の構造区間 6 2 0

は、動作状態にある当該デバイスのドレインDからソースSへの電流導通を実現することができる。

【0058】

好適な一実装において、第1の構造区間610におけるドレインメタルMの幅は、第2の構造区間620におけるドレインメタルMの幅H1と同じであり、プロセスの難しさを減らして製造を容易にする。

【0059】

さらに、図9及び図10を参照して分かることには、第1の構造区間610及び第2の構造区間620の両方において、ドレインメタルMの断面は、P-GaN層500上に留まった凹状構造を呈し得る。ドレインメタルMは、該凹状構造を用いることによってP-GaN層500を囲む。両側の凹状構造の部分が延長部621であり、凹状構造の中央部は、P-GaN層500と接触した部分である。

10

【0060】

上述の構造によれば、第1の構造区間610で、ドレインメタルMはP-GaN層500のみと接触して局所的な正孔注入を実現するとともに、第2の構造区間620でドレインメタルMがAlGaN層400とオーミックコンタクト(Ohmic contact)を形成して、動作状態にある当該デバイスのドレインDからソースSへの電流導通を実現する。従って、P-GaNにおける正孔注入の効率を確保しながら、デバイスの固有オン抵抗の上昇のリスクを低減させることができる。また、この出願の実施形態1で提供される窒化ガリウムデバイスが製造されるとき、P-GaN層500を不連続構造へとエッチングする必要がなく、それにより、デバイスの性能に対するエッチング精度の影響を回避し、より単純なプロセスを可能にする。さらに、第1の構造区間610内のP-GaN層500が更に、ドレインフィールドプレートとして機能し得る。この場合、正孔の局所注入を実現しながら、第1の構造区間610は、ドレインにおける高電圧電界をバランスさせる能力を持ち、デバイスの性能を向上させる。

20

【0061】

実施形態4

この出願の実施形態4は窒化ガリウムデバイス製造方法を提供する。当該方法は、この出願の実施形態3で提供される窒化ガリウムデバイス又は他の窒化ガリウムデバイスを得るために使用される。

30

【0062】

図11A、図11B、及び図11Cは、この出願の実施形態4に従った窒化ガリウムデバイス製造方法のフローチャートである。図11A、図11B、及び図11Cに示すように、当該方法は以下の工程を含み得る。

【0063】

工程S201：基板100上に、下から上に順に、バッファ層200、GaN層300、及びAlGaN層400をエピタキシャル成長させる。

【0064】

工程S201は、窒化ガリウムデバイスを製造する従来からの工程であり、この出願のこの実施形態において更に詳述することはしない。

40

【0065】

工程S202：AlGaN層400上のドレインDのP-GaN層500をエッチングし、ドレインDのP-GaN層500は、ゲート幅方向の連続して生成されたストリップ構造のものにされ得る。

【0066】

P-GaN層500がエッチングされるとき、P-GaN層500の両側の領域のパッシベーション層410は、ゲート幅方向に特定の間隔で保持されていることができ、すなわち、パッシベーション層410は、間隔を置いてエッチングすることによって除去され得る。

【0067】

50

加えて、工程 S 2 0 2 において、A l G a N 層 4 0 0 上のゲート G の P - G a N 層 6 0 0 をエッチングするステップも実行され得る。A l G a N 層 4 0 0 上のゲート G の P - G a N 層 6 0 0 をエッチングすることは、窒化ガリウムデバイスを製造する従来からの工程であり、この出願のこの実施形態において更に詳述することはしない。

【 0 0 6 8 】

工程 S 2 0 3 : P - G a N 層 5 0 0 上及び P - G a N 層 5 0 0 の両側に位置する A l G a N 層 4 0 0 上に、ドレインメタル M を作製する。

【 0 0 6 9 】

ドレインメタル M は、ゲート幅方向に連続して分布し得る。

【 0 0 7 0 】

ドレインメタル M の幅は、P - G a N 層 5 0 0 の幅より大きい。この場合、P - G a N 層 5 0 0 の各側で、ドレインメタル M は、P - G a N 層 5 0 0 の幅範囲の外側に位置して延長部 6 2 1 を形成する部分を有する。P - G a N 層 5 0 0 の両側の領域のパッシベーション層 4 1 0 が異なるエッチング状態にあるので、ドレインメタル M は、ゲート幅方向に、複数の第 1 の構造区間 6 1 0 と複数の第 2 の構造区間 6 2 0 とを含み得る。第 1 の構造区間 6 1 0 及び第 2 の構造区間 6 2 0 は、ゲート幅方向において連続して交互に分布される。

【 0 0 7 1 】

パッシベーション層 4 1 0 が保持される領域（すなわち、パッシベーション層 4 1 0 がエッチングによって除去されない領域）において、ドレインメタル M は第 1 の構造区間 6 1 0 を形成する。第 1 の構造区間 6 1 0 では、P - G a N 層 5 0 0 上に位置するドレインメタル M の部分が P - G a N 層 5 0 0 と接触するとともに、ドレインメタル M の延長部 6 2 1 が、パッシベーション層 4 1 0 上に形成され、パッシベーション層 4 1 0 のみと接触して A l G a N 層 4 0 0 とは接触しない。

【 0 0 7 2 】

パッシベーション層 4 1 0 がエッチングされる領域（すなわち、パッシベーション層 4 1 0 が除去される領域）において、ドレインメタル M は第 2 の構造区間 6 2 0 を形成する。第 2 の構造区間 6 2 0 では、P - G a N 層 5 0 0 上に位置するドレインメタル M の部分が P - G a N 層 5 0 0 と接触するとともに、ドレインメタル M の延長部 6 2 1 が、A l G a N 層 4 0 0 上に直接形成されて A l G a N 層 4 0 0 とオーミックコンタクト（Ohmic contact）を形成する。

【 0 0 7 3 】

さらに、A l G a N 層 4 0 0 上にソースメタル S - o h m を成長させる工程、及びゲート G の P - G a N 層 6 0 0 上にゲートメタル G - M を成長させる工程も、工程 S 2 0 3 で実行され得る。A l G a N 層 4 0 0 上にソースメタル S - o h m を成長させること及びゲート G の P - G a N 層 6 0 0 上にゲートメタル G - M を成長させることはどちらも、窒化ガリウムデバイスを製造する従来からの工程であり、この出願のこの実施形態において更に詳述することはしない。

【 0 0 7 4 】

図 1 1 A、図 1 1 B、及び図 1 1 C を参照して分かることには、この出願の実施形態 3 で提供される窒化ガリウムデバイスが製造されるとき、A l G a N 層 4 0 0 上でエッチングを行うことによって連続したストリップ P - G a N 層 5 0 0 を生成すればよくて、P - G a N 層 5 0 0 を複数の P - G a N アイランドへと精密にエッチングする必要はなく、それにより、単純なプロセスを可能に、デバイスの良品率及び生産効率を改善する助けとなる。

【 0 0 7 5 】

実施形態 5

この出願の実施形態 5 は窒化ガリウムデバイスを提供する。

【 0 0 7 6 】

図 1 2 は、この出願の実施形態 5 に従った窒化ガリウムデバイスの構造の三次元図であ

10

20

30

40

50

る。

この出願の実施形態 5 による窒化ガリウムデバイスの構造の三次元図である。図 4 と比較して、図 1 2 から分かることには、この出願の実施形態 5 で提供される窒化ガリウムデバイスと実施形態 1 で提供される窒化ガリウムデバイスとの間の違いは、ドレインメタル M における第 1 の構造区間 6 1 0 及び第 2 の構造区間 6 2 0 が、ゲート幅方向に連続して分布するのではなく交互に分布しており、隣接する第 1 の構造区間 6 1 0 と第 2 の構造区間 6 2 0 との間に特定の間隔が存在することにある。この出願の実施形態 5 で具体的に説明されない残りの機構については、この出願の実施形態 1 の実装を参照されたい。詳細をここで再び説明することはしない。

【 0 0 7 7 】

この出願の一実施形態は更にエレクトロニクス装置を提供する。当該エレクトロニクス装置は、例えば、電力アダプタ、整流器、インバータ、周波数変換器、サーバ、遠隔無線ユニット (remote radio unit, R R U)、又はスイッチング電源とし得る。当該エレクトロニクス装置は、この出願の実施形態で提供される窒化ガリウムデバイスを 1 つ以上含み得る。

【 0 0 7 8 】

この出願の一実施形態は更に、ゲートドライバと、この出願の実施形態における第 1 の態様及び第 1 の態様の実装に従った窒化ガリウムデバイスと、を含む駆動回路を提供する。窒化ガリウムデバイスのゲートが、ゲートドライバの信号出力端子に結合され、窒化ガリウムデバイスのソース及びドレインが、負荷回路に結合される。ゲートドライバは、窒化ガリウムデバイスをターンオンさせるために第 1 の電位を出力し、窒化ガリウムデバイスをターンオフさせるために第 2 の電位を出力するように構成され、第 1 の電位は、窒化ガリウムデバイスのターンオン電位より高く、第 2 の電位は、窒化ガリウムデバイスのターンオン電位より低い。

【 0 0 7 9 】

通常、窒化ガリウムデバイスは、制御のためにゲートを使用し、窒化ガリウムデバイスのオン / オフ状態を制御するために異なる電位の電気信号がゲートに入力される。ゲートに入力される電気信号が臨界電位よりも高いとき、窒化ガリウムデバイスはターンオンされる。ゲートに入力される電気信号が上記電位よりも低いとき、窒化ガリウムデバイスはターンオフされる。臨界電位は、窒化ガリウムデバイスのターンオン電位と称されることもある。この出願のこの実施形態において、ゲートドライバによって出力される第 1 の電位は高電位とも称され得る。第 1 の電位はターンオン電位よりも高いので、窒化ガリウムデバイスはターンオンされることができ、ゲートドライバによって出力される第 2 の電位は低電位とも称され得る。第 2 の電位はターンオン電位よりも低いので、窒化ガリウムデバイスはターンオフされることができ、それにより窒化ガリウムデバイスの状態制御を実現し得る。

【 0 0 8 0 】

斯くして、この窒化ガリウムデバイスを、負荷回路内のスイッチングデバイスとして使用することができ、ゲートドライバによってオン及びオフに制御される。この窒化ガリウムデバイスは、“電流コラプス”効果を克服して、小さい固有オン抵抗及び小さいデバイス損失を持つので、負荷回路の全体的な動作効率を向上させることができ、負荷回路によって発生する熱の総量を減らすことができ、負荷回路の動作安定性を向上させることができる。

【 0 0 8 1 】

容易に理解することには、当業者は、この出願で提供されたこれら幾つか実施形態に基づいて、この出願の実施形態を組み合わせ、分割し、又は組み立て直すことにより、他の実施形態を得ることができ、それらの実施形態はこの出願の保護の範囲を超えるものではない。本発明の目的、技術的ソリューション、及び利益は、以上の特定の実施形態において更に詳細に説明されている。理解されるべきことには、以上の説明は、単に本発明の特定の実施形態に過ぎず、本発明の保護範囲を限定することを意図したものではない。本発

10

20

30

40

50

明の技術的ソリューションに基づいてなされる如何なる変更、均等置換、又は改良も、本発明の保護範囲に入るものである。

【図面】

【図 1】

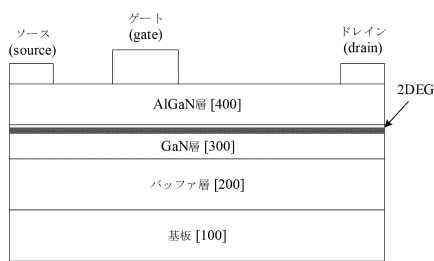


FIG. 1

【図 2】

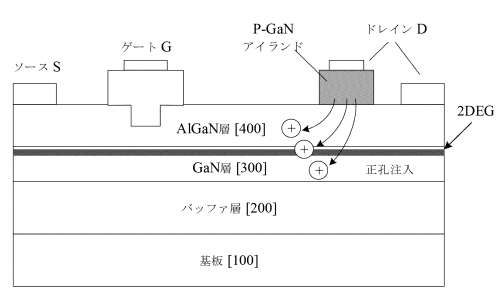


FIG. 2

【図 3】

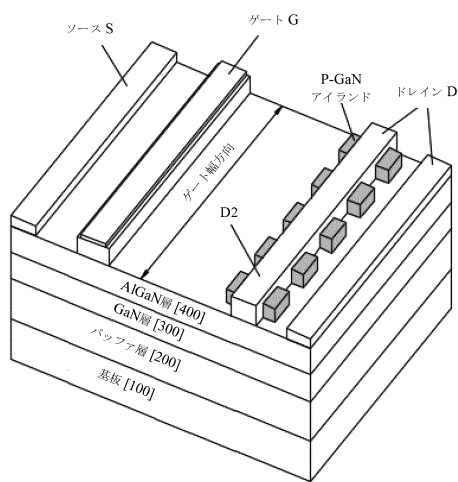


FIG. 3

【図 4】

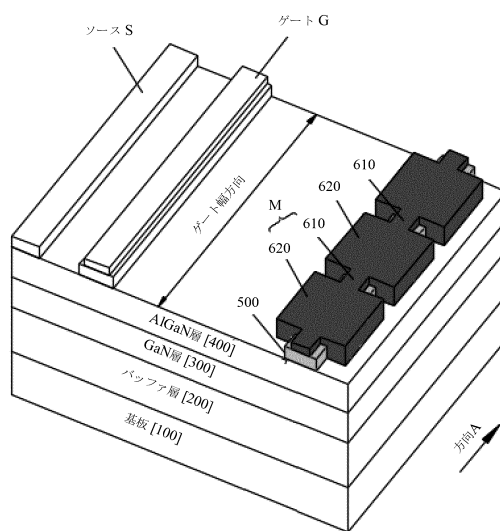


FIG. 4

10

20

30

40

50

【図 5】

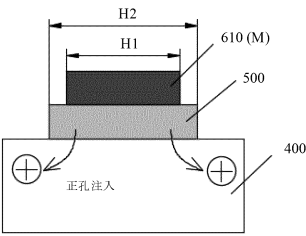


FIG. 5

【図 6】

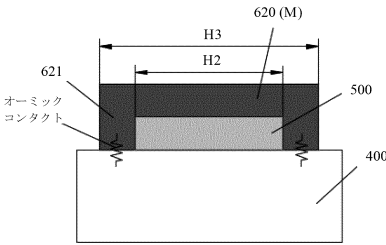


FIG. 6

【図 7 A】

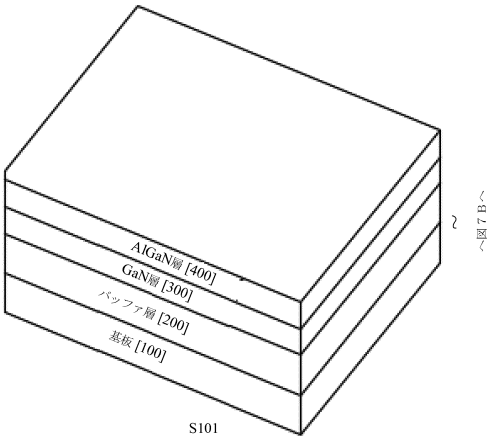


FIG. 7A

【図 7 B】

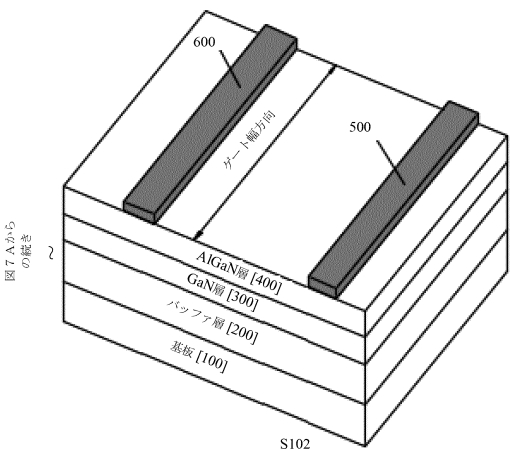


FIG. 7B

10

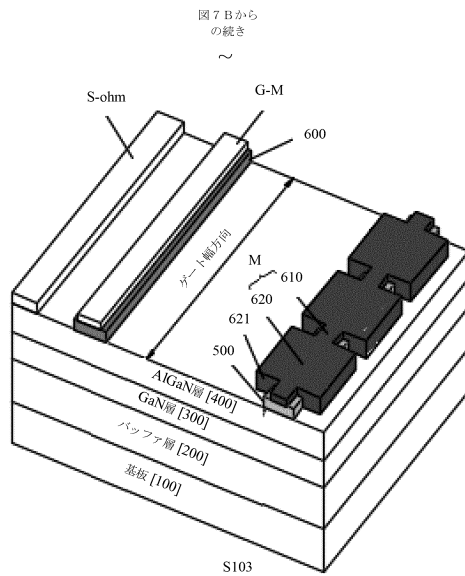
20

30

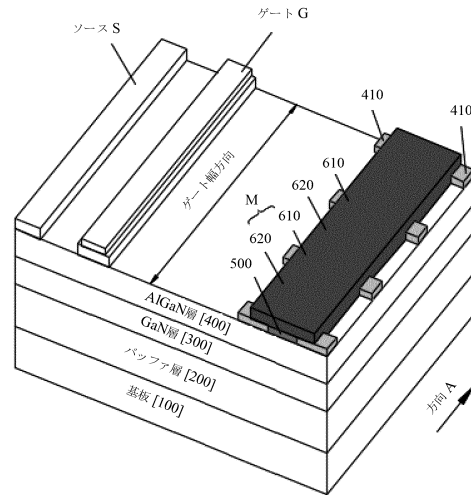
40

50

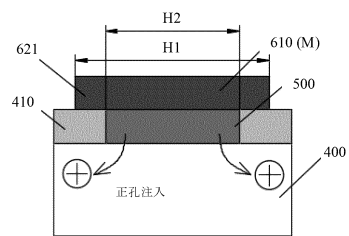
【 図 7 C 】



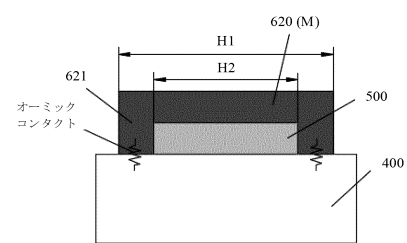
【 図 8 】



【 圖 9 】



【 図 1 0 】



【図 1 1 A】

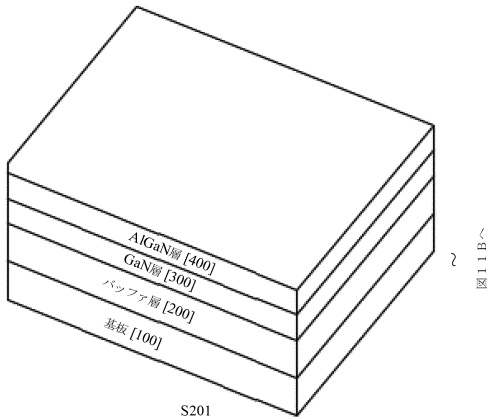


FIG. 11A

【図 1 1 B】

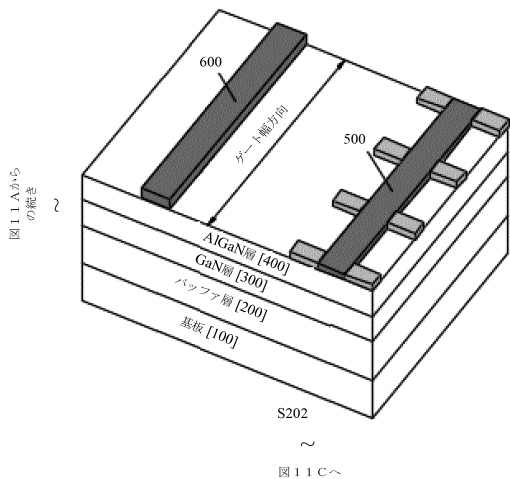


FIG. 11B

【図 1 1 C】

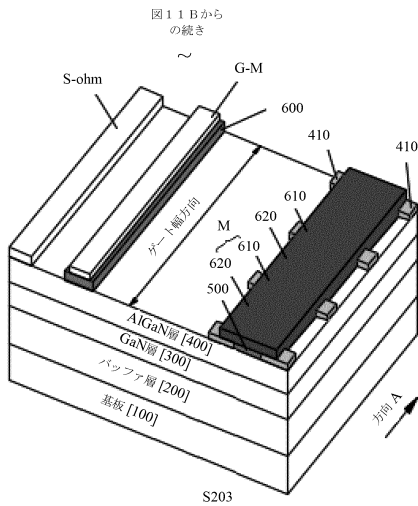


FIG. 11C

【図 1 2】

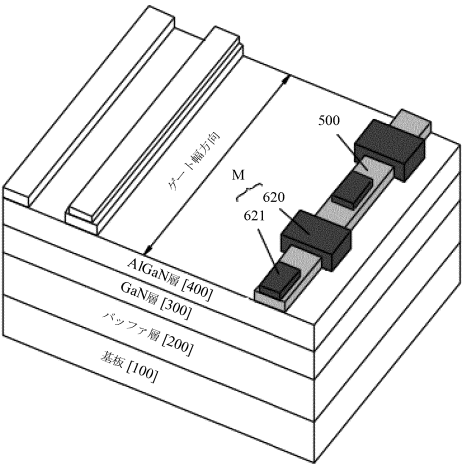


FIG. 12

10

20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類

F I

H 0 1 L 29/808(2006.01)

(74)代理人 100070150

弁理士 伊東 忠彦

(74)代理人 100135079

弁理士 宮崎 修

(72)発明者 バオ, チイローン

中国 5 1 8 1 2 9 グァンドン シェンチェン ロンガン・ディストリクト バンティエン ホアウ
エイ・アドミニストレーション・ビルディング

(72)発明者 ジアーン, チイムオン

中国 5 1 8 1 2 9 グァンドン シェンチェン ロンガン・ディストリクト バンティエン ホアウ
エイ・アドミニストレーション・ビルディング

(72)発明者 ターン, ガオフエイ

中国 5 1 8 1 2 9 グァンドン シェンチェン ロンガン・ディストリクト バンティエン ホアウ
エイ・アドミニストレーション・ビルディング

(72)発明者 ワーン, ハンシーン

中国 5 1 8 1 2 9 グァンドン シェンチェン ロンガン・ディストリクト バンティエン ホアウ
エイ・アドミニストレーション・ビルディング

(72)発明者 ホワーン, ボーニーン

中国 5 1 8 1 2 9 グァンドン シェンチェン ロンガン・ディストリクト バンティエン ホアウ
エイ・アドミニストレーション・ビルディング

(72)発明者 ホウ, ジャオジュヨン

中国 5 1 8 1 2 9 グァンドン シェンチェン ロンガン・ディストリクト バンティエン ホアウ
エイ・アドミニストレーション・ビルディング

審査官 杉山 芳弘

(56)参考文献 米国特許出願公開第 2 0 2 0 / 0 2 8 7 0 3 3 (U S , A 1)

特開 2 0 1 3 - 1 2 0 8 5 4 (J P , A)

国際公開第 2 0 1 4 / 1 7 4 8 1 0 (W O , A 1)

(58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)

H 0 1 L 2 9 / 8 0

H 0 1 L 2 9 / 7 7 8

H 0 1 L 2 9 / 8 1 2

H 0 1 L 2 1 / 3 3 8

H 0 1 L 2 1 / 3 3 7