

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2017-502519

(P2017-502519A)

(43) 公表日 平成29年1月19日(2017.1.19)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H O 1 L 21/338 (2006.01)	H O 1 L 29/80 H	5 F 1 0 2
H O 1 L 29/778 (2006.01)	H O 1 L 29/78 3 O 1 B	5 F 1 4 0
H O 1 L 29/812 (2006.01)	H O 1 L 29/78 3 O 1 H	
H O 1 L 21/336 (2006.01)	H O 1 L 29/78 3 O 1 G	
H O 1 L 29/78 (2006.01)	H O 1 L 29/78 3 O 1 V	
審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 31 頁)		

(21) 出願番号 特願2016-542926 (P2016-542926)
 (86) (22) 出願日 平成26年12月24日 (2014.12.24)
 (85) 翻訳文提出日 平成28年6月24日 (2016.6.24)
 (86) 国際出願番号 PCT/CN2014/094757
 (87) 国際公開番号 W02015/096723
 (87) 国際公開日 平成27年7月2日 (2015.7.2)
 (31) 優先権主張番号 201310738667.7
 (32) 優先日 平成25年12月27日 (2013.12.27)
 (33) 優先権主張国 中国 (CN)

(71) 出願人 516105970
 蘇州晶湛半導体有限公司
 ENKRIS SEMICONDUCTO
 R, INC.
 中国江蘇省蘇州市工業園区金鵝湖大道99
 号西北区20棟517室
 Room 517, NW-20 99 J
 inji Lake Avenue, Su
 zhou Industrial Par
 k Suzhou, Jiangsu 21
 5123 (CN)
 (74) 代理人 110002262
 TRY国際特許業務法人

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 エンハンスメント型デバイスの製造方法およびエンハンスメント型デバイス

(57) 【要約】

エンハンスメント型デバイスの製造方法であって、基板(1)を提供し、ゲート領域、ソース領域、およびドレイン領域が定義され、ゲート領域に少なくとも1つの非平面構造が形成される窒化物チャネル層(4)を基板上に堆積し、少なくとも1つの非平面構造が形成される窒化物バリア層(5)を窒化物チャネル層上に堆積し、前記窒化物バリア層(5)上にゲート(7)、ソース(8)、およびドレイン(9)を形成することを含む。本発明によれば、窒化物バリア層(5)をエッチングする必要がなく、能動領域のダメージによるデバイス性能低下、例えば、低い電流密度または電流コラプスなどの効果が回避される。また、Mg原子を導入してp型窒化物を実現することも必要でなく、MOCVDまたはMBEチャンパーへの汚染が回避される。

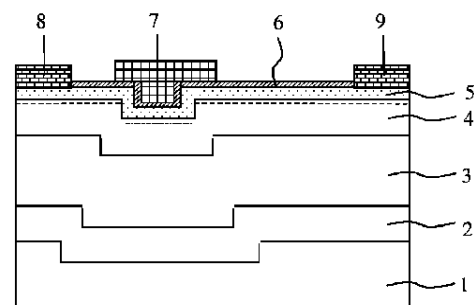


図 6G / Fig. 6G

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

エンハンスメント型デバイスの製造方法であって、
基板を提供するステップ S 1 と、
ゲート領域、ソース領域、およびドレイン領域が定義され、ゲート領域に少なくとも 1 つの非平面構造が形成される窒化物チャネル層を前記基板上に堆積するステップ S 2 と、
窒化物の非極性面または半極性面またはそれらの組み合わせが存在する非平面構造が少なくとも 1 つ形成される窒化物バリア層を前記窒化物チャネル層上に堆積して、チャネル内の二次元電子ガスが少なくとも部分的に中断になる窒化物チャネル層 / 窒化物バリア層ヘテロ接合を形成するステップ S 3 と、
窒化物チャネル層におけるソース領域、ドレイン領域、およびゲート領域の上方にそれぞれ位置するソース、ドレイン、および、ソースとドレインとの間に位置するゲートを前記窒化物バリア層上に形成するステップ S 4 と、
を含むことを特徴とするエンハンスメント型デバイスの製造方法。

10

【請求項 2】

前記ステップ S 1 は、
基板に少なくとも 1 つの非平面構造を作製することをさらに含む、
ことを特徴とする請求項 1 に記載のエンハンスメント型デバイスの製造方法。

【請求項 3】

前記ステップ S 1 は、
前記基板上に窒化物バッファ層を堆積し、窒化物バッファ層に少なくとも 1 つの非平面構造を作製することをさらに含む、
ことを特徴とする請求項 1 に記載のエンハンスメント型デバイスの製造方法。

20

【請求項 4】

前記非平面構造は、凹溝、突起、および階段を含む、ことを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載のエンハンスメント型デバイスの製造方法。

【請求項 5】

前記凹溝の断面形状は、矩形、三角形、台形、鋸歯形、多角形、半円形、U 形のうちの 1 つまたは複数の組み合わせを含む、ことを特徴とする請求項 4 に記載のエンハンスメント型デバイスの製造方法。

30

【請求項 6】

前記突起の断面形状は、矩形、三角形、台形、鋸歯形、多角形、半円形、U 形のうちの 1 つまたは複数の組み合わせを含む、ことを特徴とする請求項 4 に記載のエンハンスメント型デバイスの製造方法。

【請求項 7】

前記階段の断面は、垂直面、または斜面、または円弧状面、または不規則形状面である、ことを特徴とする請求項 4 に記載のエンハンスメント型デバイスの製造方法。

【請求項 8】

前記ステップ S 1 は、基板上に窒化物核形成層を堆積することをさらに含む、ことを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載のエンハンスメント型デバイスの製造方法。

40

【請求項 9】

前記ステップ S 3 の後に、窒化物バリア層上に誘電体層を堆積することをさらに含む、ことを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載のエンハンスメント型デバイスの製造方法。

【請求項 10】

前記誘電体層は、 SiN 、 SiCN 、 SiO_2 、 SiAlN 、 Al_2O_3 、 AlON 、 SiON 、 HfO_2 、 HfAlO のうちの 1 つまたは複数の組み合わせである、ことを特徴とする請求項 9 に記載のエンハンスメント型デバイスの製造方法。

【請求項 11】

前記ステップ S 3 の後に、窒化ガリウムまたは窒化アルミニウムガリウムである窒化物

50

キャップ層を窒化物バリア層上に堆積することをさらに含む、ことを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載のエンハンスメント型デバイスの製造方法。

【請求項 1 2】

前記ステップ S 2 の後に、窒化物チャネル層上に窒化アルミニウム中間層を堆積することをさらに含む、ことを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載のエンハンスメント型デバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本願は、2013 年 12 月 27 日に中国專利局に提出された、出願番号が 201310738667.7 であり、発明の名称が「エンハンスメント型デバイスの製造方法」である中国特許出願の優先権を主張し、その全ての内容は参照することにより本願に組み込まれる。

10

【0002】

本発明は、半導体エレクトロニクス技術分野に関し、特にエンハンスメント型デバイスの製造方法に関する。

【背景技術】

【0003】

第 3 世代半導体材料である窒化ガリウムは、広いバンドギャップ、高い飽和電子ドリフト速度、高い破壊電界強度、良い熱伝導性能などの特徴を有し、電子デバイスでは、シリコンおよびヒ化ガリウムよりも、窒化ガリウム材料が、高温、高周波数、高電圧、およびハイパワーの半導体デバイスの製作に好適である。

20

【0004】

AlGa_N/Ga_Nヘテロ接合構造において強い二次元電子ガスが存在するため、通常、AlGa_N/Ga_Nヘテロ接合によって形成された高電子移動度トランジスタ (HEMT: High Electron Mobility Transistor) は、デプレッション型デバイスであり、エンハンスメント型デバイスとして実現しにくい。しかしながら、デプレッション型デバイスの多くの分野への応用には、一定の制限がある。例えば、パワースイッチングデバイスの応用では、エンハンスメント型 (常時閉型) スイッチングデバイスが必要である。エンハンスメント型窒化ガリウムスイッチングデバイスは、高周波数デバイス、パワースイッチングデバイス、およびデジタル回路などに用いられ、その研究が非常に重要な意義を持っている。

30

【0005】

エンハンスメント型窒化ガリウムスイッチングデバイスを実現するには、ゼロゲート電圧時の、ゲートの下方のチャネルキャリア濃度を低減するための適当な方法を見つける必要がある。1つの方法は、ゲートにエッチング構造を採用し、ゲート下の窒化アルミニウムガリウム層の厚さを局所的に薄化し、ゲート下の二次元電子ガスの濃度の制御または低減という目的を達成するものである。図 1 に示すように、バッファ層 11、窒化ガリウム層 12、窒化アルミニウムガリウム層 13 は、それぞれ、基板 10 上に位置し、ゲート 14、ソース 15、およびドレイン 16 は、それぞれ、窒化アルミニウムガリウム層 13 上に位置する。ここで、ゲート 14 の下方において、窒化アルミニウムガリウム層が局所的にエッチングされることで、ゲート領域の窒化アルミニウムガリウム層の厚さが薄化される。もう 1 つの方法は、ゲート下に p 型 (Al) Ga_Nを選択的に保留し、p 型 (Al) Ga_Nによって窒化アルミニウムガリウム / 窒化ガリウムヘテロ接合における伝導帯のエネルギー準位を引き上げて、空乏領域を形成することにより、エンハンスメント型デバイスを実現するものである。図 2 に示すように、ゲート 14' の下方には、局所的な p 型窒化物 17 が選択的に保留されている。もう 1 つの方法は、フッ化物プラズマ処理技術であり、フッ素イオンなどの、負に帯電したイオンをバリア層に注入し、注入されるイオンの濃度を制御して、導電チャネル内の二次元電子ガスを空乏化することができ、強い負イオンでチャネルをピンチオフする必要がある。図 3 に示すように、ゲート 14'' の下方のバ

40

50

リア層 13 には、負イオン 18 が注入される。

【0006】

しかしながら、これら方法は、いずれも、一定の欠点がある。第1の方法では、閾値電圧が一般的に 0 V ~ 1 V 程度であり、使用すべき閾値電圧 3 V ~ 5 V に達していない。より高い閾値電圧および動作電圧に達するために、さらに、誘電体層、例えば、原子層堆積されるアルミナを追加する必要があるが、この誘電体層と窒化アルミニウムガリウム表面との界面状態を如何に制御するかが、大きな懸案問題となっている。第2の方法では、ゲート下以外の全ての領域を選択的にエッチングする必要がある。エッチング厚さの精確な制御を如何に実現するかも、非常に挑戦的なことである。また、エッチングによる欠陥、および、p 型窒化アルミニウムガリウムにおける残余のマグネシウム原子によって、厳しい電流コラプス効果を引き起こす恐れがある。また、正孔の密度の不足（一般的に、p 型窒化ガリウムにおける正孔の濃度は、 $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ を超えることない）によって、AlGaIn/GaN ヘテロ接合における二次元電子ガスの密度は、大きな制限を受ける。二次元電子ガスにおける電子の密度が高すぎると、エンハンスメント型デバイスを実現することができない。このため、エンハンスメント型デバイスの AlGaIn/GaN ヘテロ接合において、アルミニウムの含有量は、通常、20 % より低く、例えば、15 % 程度である。第3の方法では、フッ化物プラズマ処理によって結晶格子構造が壊される恐れがあり、プロセス繰り返しの制御性も悪く、デバイスの安定性および信頼性に大きな影響を与える。

10

20

そこで、上記の技術的課題および改良方法に対して、新たなエンハンスメント型デバイスの製造方法を提供する必要がある。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

背景技術に述べたように、窒化ガリウム材料がエンハンスメント型デバイスに適用される場合、ゼロゲート電圧時の、チャネル内のキャリア濃度を制御する必要がある。しかしながら、従来のプロセスでは、ゲートの下方の窒化物バリア層の厚さを薄化することも、ゲートの下方に 1 層の p 型窒化物を保留することも、バリア層に負イオンを注入することも、プロセスが原因で、デバイスの安定性および信頼性に大きな影響を与える。

30

【課題を解決するための手段】

【0008】

そこで、本発明は、エンハンスメント型デバイスの製造方法を開示している。このエンハンスメント型デバイスで二次元電子ガスのピンチオフを実現する原理は、III 族窒化物が極性半導体であるという特徴に基づく。図4および図5を参照すると、従来の III-V 族半導体と相違して、III 族窒化物には、強い作り付け電界が存在する。C(0002)面に AlInGaIn/GaN ヘテロ接合が形成される場合、AlInGaIn 層に n 型ドーピングを行わなくても、前記ヘテロ接合において、濃度の高い二次元電子ガスが生じる。これは、III 族窒化物内の自発分極電界、および、応力による圧電電界に起因する。この二次元電子ガスの濃度は、 $1 \times 10^{13} / \text{cm}^2$ を超えることが可能である。しかしながら、III 族窒化物内の自発分極電界および圧電電界は、 $\langle 0002 \rangle$ 方向のみに存在し、 $\langle 1-100 \rangle$ 、 $\langle 11-20 \rangle$ などを含む非極性方向、即ち、 $\langle 0002 \rangle$ 方向に垂直する方向には、作り付け電界が存在しない。半極性方向について、例えば、 $\langle 0002 \rangle$ と $\langle 1-100 \rangle$ または $\langle 11-20 \rangle$ との間の方向について、該方向における作り付け電界強度も、 $\langle 0002 \rangle$ 方向より遥かに小さい。

40

【0009】

そこで、分極方向に成長する窒化ガリウムヘテロ接合構造において、故意にドーピングする必要がなく、電子濃度の高い二次元電子ガスを生じることができる。しかしながら、窒化ガリウム材料の非極性面または半極性面について、分極電界強度が殆どなくまたは低いいため、ドーピングしない場合、二次元電子ガスが生じない。窒化ガリウム材料のこの特徴を利用して、本発明では、基板に凹溝、突起、および階段などの形を作製し、エピタキシャルの

50

パラメータを制御して、基板の形状をチャネル層に転移することにより、チャネル層のゲート領域に非平面構造が形成され、非平面構造において生じる窒化物の非極性面、半極性面、または両者の組み合わせによって、ゲート領域の二次元電子ガスの中断を引き起こし、エンハンスメント型デバイスを実現する。

【 0 0 1 0 】

このようなエンハンスメント型デバイスの作製時に、基板の形状をチャネル層に転移することにより、チャネル層のゲート領域に非平面構造が形成され、非平面構造において生じる窒化物の非極性面、半極性面、または両者の組み合わせによって、二次元電子ガスの中断を引き起こすので、バリア層をエッチングする必要がなく、能動領域のダメージによるデバイス性能低下、例えば、低い電流密度または電流コラプスなどの効果が回避される。また、Mg原子を導入してp型窒化物を実現することも必要でなく、MOCVDまたはMBEチャンパーへの汚染が回避される。

10

【 0 0 1 1 】

上記の目的を達成するために、本発明の実施例で提供される解決手段は、以下の通りである。

【 0 0 1 2 】

エンハンスメント型デバイスの製造方法であって、

基板を提供するステップS1と、

ゲート領域、ソース領域、およびドレイン領域が定義され、ゲート領域に少なくとも1つの非平面構造が形成される窒化物チャネル層を前記基板上に堆積するステップS2と、窒化物の非極性面または半極性面またはそれらの組み合わせが存在する非平面構造が少なくとも1つ形成される窒化物バリア層を前記窒化物チャネル層上に堆積して、チャネル内の二次元電子ガスが少なくとも部分的に中断される窒化物チャネル層/窒化物バリア層ヘテロ接合を形成するステップS3と、

20

窒化物チャネル層におけるソース領域、ドレイン領域、およびゲート領域の上方にそれぞれ位置するソース、ドレイン、および、ソースとドレインとの間に位置するゲートを前記窒化物バリア層上に形成するステップS4と、を含む。

【 0 0 1 3 】

本発明の更なる改良として、前記ステップS1は、

基板に少なくとも1つの非平面構造を作製することをさらに含む。

30

【 0 0 1 4 】

本発明の更なる改良として、前記ステップS1は、

前記基板上に窒化物バッファ層を堆積し、窒化物バッファ層に少なくとも1つの非平面構造を作製することをさらに含む。

【 0 0 1 5 】

本発明の更なる改良として、前記非平面構造は、凹溝、突起、および階段を含む。

本発明の更なる改良として、前記凹溝の断面形状は、矩形、三角形、台形、鋸歯形、多角形、半円形、U形のうちの1つまたは複数の組み合わせを含む。

【 0 0 1 6 】

本発明の更なる改良として、前記突起の断面形状は、矩形、三角形、台形、鋸歯形、多角形、半円形、U形のうちの1つまたは複数の組み合わせを含む。

40

【 0 0 1 7 】

本発明の更なる改良として、前記階段の断面は、垂直面、または斜面、または円弧状面、または不規則形状面である。

【 0 0 1 8 】

本発明の更なる改良として、前記ステップS1は、基板上に窒化物核形成層を堆積することをさらに含む。

【 0 0 1 9 】

本発明の更なる改良として、前記ステップS3の後に、窒化物バリア層上に誘電体層を堆積することをさらに含む。

50

【 0 0 2 0 】

本発明の更なる改良として、前記誘電体層は、 SiN 、 SiCN 、 SiO_2 、 SiAlN 、 Al_2O_3 、 AlON 、 SiON 、 HfO_2 、 HfAlO のうちの1つまたは複数の組み合わせである。

【 0 0 2 1 】

本発明の更なる改良として、前記ステップ S 3 の後に、窒化ガリウムまたは窒化アルミニウムガリウムである窒化物キャップ層を窒化物バリア層上に堆積することをさらに含む。

【 0 0 2 2 】

本発明の更なる改良として、前記ステップ S 2 の後に、窒化物チャネル層上に窒化アルミニウム中間層を堆積することをさらに含む。

10

【発明の効果】

【 0 0 2 3 】

本発明のエンハンスメント型デバイスの製造方法によれば、窒化物バリア層をエッチングする必要がなく、能動領域のダメージによるデバイス性能低下、例えば、低い電流密度または電流コラプスなどの効果が回避される。また、Mg原子を導入してp型窒化物を実現することも必要でなく、MOCVDまたはMBEチャンバーへの汚染が回避される。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 4 】

本発明の実施例または従来技術の構成をさらに明確に説明するために、以下、実施例または従来技術の説明に使用すべき図面を簡単に紹介する。明らかに、以下の説明における図面は、本発明に記載された若干の実施例にすぎず、当業者にとっては、創造的な労働をしない前提で、これらの図面から他の図面を得ることもできる。

20

【図1】従来技術における、ゲート下の窒化アルミニウムガリウム層の厚さを薄化することにより、ゲート下の二次元電子ガスの濃度の制御または低減を達成するエンハンスメント型デバイスの構成の模式図である。

【図2】従来技術における、ゲート下にp型(Al) GaN を選択的に保留することにより、窒化アルミニウムガリウム/窒化ガリウムヘテロ接合における伝導帯のエネルギー準位を引き上げて、空乏領域を形成するエンハンスメント型デバイスの構成の模式図である。

30

【図3】従来技術における、ゲート下にフッ素イオン処理を採用するエンハンスメント型デバイスの構成の模式図である。

【図4】窒化物の結晶格子構造の模式図である。

【図5】窒化物内の異なる方向における作り付け電界の分布の模式図である。

【図6A】本発明の第1実施形態のエンハンスメント型デバイスの製造フローの模式図である。

【図6B】本発明の第1実施形態のエンハンスメント型デバイスの製造フローの模式図である。

【図6C】本発明の第1実施形態のエンハンスメント型デバイスの製造フローの模式図である。

40

【図6D】本発明の第1実施形態のエンハンスメント型デバイスの製造フローの模式図である。

【図6E】本発明の第1実施形態のエンハンスメント型デバイスの製造フローの模式図である。

【図6F】本発明の第1実施形態のエンハンスメント型デバイスの製造フローの模式図である。

【図6G】第1実施形態におけるエンハンスメント型デバイスの構成の模式図である。

【図7A】本発明の第2実施形態のエンハンスメント型デバイスの製造フローの模式図である。

【図7B】本発明の第2実施形態のエンハンスメント型デバイスの製造フローの模式図で

50

ある。

【図 7 C】本発明の第 2 実施形態のエンハンスメント型デバイスの製造フローの模式図である。

【図 7 D】本発明の第 2 実施形態のエンハンスメント型デバイスの製造フローの模式図である。

【図 7 E】本発明の第 2 実施形態のエンハンスメント型デバイスの製造フローの模式図である。

【図 7 F】本発明の第 2 実施形態のエンハンスメント型デバイスの製造フローの模式図である。

【図 7 G】第 2 実施形態におけるエンハンスメント型デバイスの構成の模式図である。

10

【図 8 A】本発明の第 3 実施形態のエンハンスメント型デバイスの製造フローの模式図である。

【図 8 B】本発明の第 3 実施形態のエンハンスメント型デバイスの製造フローの模式図である。

【図 8 C】本発明の第 3 実施形態のエンハンスメント型デバイスの製造フローの模式図である。

【図 8 D】本発明の第 3 実施形態のエンハンスメント型デバイスの製造フローの模式図である。

【図 8 E】本発明の第 3 実施形態のエンハンスメント型デバイスの製造フローの模式図である。

20

【図 8 F】本発明の第 3 実施形態のエンハンスメント型デバイスの製造フローの模式図である。

【図 8 G】第 3 実施形態におけるエンハンスメント型デバイスの構成の模式図である。

【図 9 A】本発明の第 4 実施形態のエンハンスメント型デバイスの製造フローの模式図である。

【図 9 B】本発明の第 4 実施形態のエンハンスメント型デバイスの製造フローの模式図である。

【図 9 C】本発明の第 4 実施形態のエンハンスメント型デバイスの製造フローの模式図である。

【図 9 D】本発明の第 4 実施形態のエンハンスメント型デバイスの製造フローの模式図である。

30

【図 9 E】本発明の第 4 実施形態のエンハンスメント型デバイスの製造フローの模式図である。

【図 9 F】本発明の第 4 実施形態のエンハンスメント型デバイスの製造フローの模式図である。

【図 9 G】第 4 実施形態におけるエンハンスメント型デバイスの構成の模式図である。

【図 10】本発明の第 5 実施形態のエンハンスメント型デバイスの構成の模式図である。

【図 11】本発明の第 6 実施形態のエンハンスメント型デバイスの構成の模式図である。

【発明を実施するための形態】

【0025】

40

以下、図面に示す具体的な実施形態を参照しながら、本発明を詳しく説明する。しかし、これらの実施形態は、本発明を制限するものではなく、当業者がこれらの実施形態に基づいて行った、構成、方法、または機能上の変換は、全て、本発明の保護範囲に含まれる。

【0026】

また、異なる実施例において、重複する符号またはマーキングを使用する可能性がある。これらの重複するのは、簡単で明確に本発明を説明するためのものにすぎず、係る異なる実施例および / または構成の間に何らかの関連性があることを意味するものではない。

【0027】

図 6 を参照すると、図 6 A ~ 6 G は、本発明の第 1 実施形態のエンハンスメント型デバ

50

イスの製造フローの模式図であり、ここで、図 6 G は、第 1 実施形態におけるエンハンスメント型デバイスの構成の模式図である。

【 0 0 2 8 】

図 6 G に示すように、本実施形態におけるエンハンスメント型デバイスは、
基板 1 と、

基板 1 上に位置する窒化物核形成層 2 と、

窒化物核形成層 2 上に位置する窒化物バッファ層 3 と、

窒化物バッファ層 3 上に位置する窒化物チャンネル層 4 と、

窒化物チャンネル層 4 上に位置する窒化物バリア層 5 と、

窒化物バリア層 5 上に位置し、 SiN 、 SiCN 、 SiO_2 、 SiAlN 、 Al_2O_3 、 AlON 、 SiON 、 HfO_2 、 HfAlO のうちの 1 つまたは複数の組み合わせである誘電体層 6 と、

窒化物バリア層 5 上に位置するソース 8 およびドレイン 9、並びに、誘電体層 6 上に位置し、ソース 8 とドレイン 9 との間に位置するゲート 7 と、を含む。

【 0 0 2 9 】

ここで、窒化物チャンネル層 4 および窒化物バリア層 5 によって、窒化物チャンネル層 4 / 窒化物バリア層 5 ヘテロ接合が形成され、窒化物チャンネル層 4 および窒化物バリア層 5 における、ゲートの下方に位置する領域には、少なくとも 1 つの非平面構造が設けられ、非平面構造において、窒化物の非極性面または半極性面またはそれらの組み合わせが存在し、窒化物チャンネル層 4 / 窒化物バリア層 5 ヘテロ接合のチャンネル内の二次元電子ガスがゲートの下方の領域に少なくとも部分的に中断される。

【 0 0 3 0 】

本実施形態では、基板 1、窒化物核形成層 2、窒化物バッファ層 3、窒化物チャンネル層 4、窒化物バリア層 5、および誘電体層 6 には、いずれも、非平面構造が設けられ、かつ、非平面構造が矩形の凹溝とされる。

【 0 0 3 1 】

図 6 A ~ 6 G に示すように、該実施形態におけるエンハンスメント型デバイスの製造方法は、以下のステップを含む。

【 0 0 3 2 】

(1) 図 6 A に示すように、基板 1 を提供し、基板 1 に矩形の凹溝を作製する。該基板の材料は、サファイア、炭化ケイ素、シリコン、ニオブ酸リチウム、 SOI 、窒化ガリウム、および窒化アルミニウムなどであってもよい。

【 0 0 3 3 】

(2) 図 6 B に示すように、例えば AlN などの窒化物核形成層 2 を基板 1 上に堆積する。

【 0 0 3 4 】

(3) 図 6 C に示すように、例えば AlGaN などの窒化物バッファ層 3 を窒化物核形成層 2 上に堆積する。

【 0 0 3 5 】

(4) 図 6 D に示すように、例えば GaN などの窒化物チャンネル層 4 を窒化物バッファ層 3 上に堆積する。該窒化物チャンネル層 4 には、基板の凹溝から転移した凹溝 4 1 があり、該凹溝 4 1 の位置は、エピタキシャル多層構造上に定義されたゲート領域に対応する。 III 族窒化物の自発分極効果および圧電効果によると、該窒化物チャンネル層 4 の表面は、極性面であり、即ち、(0 0 0 2) 面であるが、凹溝 4 1 の少なくとも 2 つの側面は、窒化物チャンネル層 4 の表面と一定の角度をなし、即ち、これらの側面は、非 < 0 0 0 2 > 方向、例えば、(1 - 1 0 0) 面、(1 1 - 2 0) 面、(1 - 1 0 1) 面、(1 1 - 2 2) 面などにある。

【 0 0 3 6 】

(5) 図 6 E に示すように、窒化物チャンネル層 4 上に窒化物バリア層 5 を堆積する。窒化物バリア層 5 の、該凹溝 4 1 の上方に位置する部分にも、該凹溝 4 1 に対応する凹溝 5

10

20

30

40

50

1を有する。上記の分析によると、凹溝において、窒化物の非極性面または半極性面またはそれらの組み合わせが存在する。そうすると、窒化物チャネル層4 / 窒化物バリア層5ヘテロ接合のチャネル内に形成された二次元電子ガスがゲート領域に中断になるので、ゲート電圧がゼロである場合、ゲートのキャリア濃度が効果的に制御されることができる。

【0037】

(6) 図6Fに示すように、窒化物バリア層5上に誘電体層6を堆積する。誘電体層6の選択は、SiN、SiCN、SiO₂、SiAlN、Al₂O₃、AlON、SiON、HfO₂、HfAlOのうちの1つまたは複数の組み合わせであってもよい。該誘電体層6は、パッシベーション層の働きをすることができる。

【0038】

10

(7) 図6Gに示すように、ゲート7は、該ゲート領域の誘電体層6上に形成され、該ゲート7の少なくとも一部がチャネル内に形成されることができるので、ゲート7は、T型構造を有する。通常、ゲート7は、窒化物バリア層5とMISまたはMOSFET構造を形成する必要がある。ソース8およびドレイン9は、それぞれ、ソース領域およびドレイン領域に形成され、該ソース8およびドレイン9は、窒化物バリア層5とオーム接触を形成する。

【0039】

本実施形態において、凹溝41は、矩形の凹溝であるが、他の実施形態において、凹溝41は、他の形状であってもよい。例えば、断面形状は、三角形、台形、鋸歯形、多角形、半円形、U形のうちの1つまたは複数の組み合わせなどである。

20

【0040】

本実施形態における窒化物核形成層2、窒化物バッファ層3、および誘電体層6は、選択可能なものであり、他の実施形態において、窒化物核形成層2、窒化物バッファ層3、および誘電体層6を成長させず、または、窒化物核形成層2、窒化物バッファ層3、および誘電体層6のうちの一部分のみ成長させてもよい。さらに、窒化物バリア層上に窒化物キャップ層を成長させてもよい。窒化物キャップ層は、窒化ガリウムまたは窒化アルミニウムガリウムであってもよい。窒化物バリア層と窒化物チャネル層との間に窒化アルミニウム中間層を成長させてもよい。

【0041】

図7を参照すると、図7A~7Gは、本発明の第2実施形態のエンハンスメント型デバイスの製造フローの模式図であり、ここで、図7Gは、第2実施形態におけるエンハンスメント型デバイスの構成の模式図である。

30

【0042】

図7Gに示すように、本実施形態におけるエンハンスメント型デバイスは、

基板1と、

基板1上に位置する窒化物核形成層2と、

窒化物核形成層2上に位置する窒化物バッファ層3と、

窒化物バッファ層3上に位置する窒化物チャネル層4と、

窒化物チャネル層4上に位置する窒化物バリア層5と、

窒化物バリア層5上に位置し、SiN、SiCN、SiO₂、SiAlN、Al₂O₃、AlON、SiON、HfO₂、HfAlOのうちの1つまたは複数の組み合わせである誘電体層6と、

40

窒化物バリア層5上に位置するソース8およびドレイン9、並びに、誘電体層6上に位置し、ソース8とドレイン9との間に位置するゲート7と、を含む。

【0043】

ここで、窒化物チャネル層4および窒化物バリア層5によって、窒化物チャネル層4 / 窒化物バリア層5ヘテロ接合が形成され、窒化物チャネル層4および窒化物バリア層5における、ゲートの下方に位置する領域には、少なくとも1つの非平面構造が設けられ、非平面構造において、窒化物の非極性面または半極性面またはそれらの組み合わせが存在し、窒化物チャネル層4 / 窒化物バリア層5ヘテロ接合のチャネル内の二次元電子ガスがゲ

50

ートの下方の領域に少なくとも部分的に中断になる。

【0044】

本実施形態では、基板1、窒化物核形成層2、窒化物バッファ層3、窒化物チャネル層4、窒化物バリア層5、および誘電体層6には、いずれも、非平面構造が設けられ、かつ、非平面構造が矩形の突起とされる。

【0045】

図7A～7Gに示すように、該実施形態におけるエンハンスメント型デバイスの製造方法は、以下のステップを含む。

【0046】

(1) 図7Aに示すように、基板1を提供し、基板1に矩形の突起を作製する。該基板の材料は、サファイア、炭化ケイ素、シリコン、ニオブ酸リチウム、SOI、窒化ガリウム、および窒化アルミニウムなどであってもよい。

10

【0047】

(2) 図7Bに示すように、例えばAlNなどの窒化物核形成層2を基板1上に堆積する。

【0048】

(3) 図7Cに示すように、例えばAlGaNなどの窒化物バッファ層3を窒化物核形成層2上に堆積する。

【0049】

(4) 図7Dに示すように、例えばGaNなどの窒化物チャネル層4を窒化物バッファ層3上に堆積する。該窒化物チャネル層4には、基板の突起から転移した突起42があり、該突起42の位置は、エピタキシャル多層構造上に定義されたゲート領域に対応する。III族窒化物の自発分極効果および圧電効果によると、該窒化物チャネル層4の表面は、極性面であり、即ち、(0002)面であるが、突起42の少なくとも2つの側面は、窒化物チャネル層4の表面と一定の角度をなし、即ち、これらの側面は、非<0002>方向、例えば、(1-100)面、(11-20)面、(1-101)面、(11-22)面などにある。

20

【0050】

(5) 図7Eに示すように、窒化物チャネル層4上に窒化物バリア層5を堆積する。窒化物バリア層5の、該突起42の上方に位置する部分にも、該突起42に対応する突起52を有する。上記の分析によると、突起において、窒化物の非極性面または半極性面またはそれらの組み合わせが存在する。そうすると、窒化物チャネル層4/窒化物バリア層5ヘテロ接合のチャネル内に形成された二次元電子ガスがゲート領域に中断になるので、ゲート電圧がゼロである場合、ゲートのキャリア濃度が効果的に制御されることができる。

30

【0051】

(6) 図7Fに示すように、窒化物バリア層5上に誘電体層6を堆積する。誘電体層6の選択は、SiN、SiCN、SiO₂、SiAlN、Al₂O₃、AlON、SiON、HfO₂、HfAlOのうちの1つまたは複数の組み合わせであってもよい。該誘電体層6は、パッシベーション層の働きをすることができる。

【0052】

40

(7) 図7Gに示すように、ゲート7は、該ゲート領域の誘電体層6上に形成され、該ゲート7の少なくとも一部がチャネル内に形成されることができるので、ゲート7は、T型構造を有する。通常、ゲート7は、窒化物バリア層5とMISまたはMOSFET構造を形成する必要がある。ソース8およびドレイン9は、それぞれ、ソース領域およびドレイン領域に形成され、該ソース8およびドレイン9は、窒化物バリア層5とオーム接触を形成する。

【0053】

本実施形態において、突起42は、矩形の突起であるが、他の実施形態において、突起42は、他の形状であってもよい。例えば、断面形状は、三角形、台形、鋸歯形、多角形、半円形、U形のうちの1つまたは複数の組み合わせなどである。

50

【0054】

本実施形態における窒化物核形成層2、窒化物バッファ層3、および誘電体層6は、選択可能なものであり、他の実施形態において、窒化物核形成層2、窒化物バッファ層3、および誘電体層6を成長させなく、または、窒化物核形成層2、窒化物バッファ層3、および誘電体層6のうちの一部のみ成長させてもよい。さらに、窒化物バリア層上に窒化物キャップ層を成長させてもよい。窒化物キャップ層は、窒化ガリウムまたは窒化アルミニウムガリウムであってもよい。窒化物バリア層と窒化物チャンネル層との間に窒化アルミニウム中間層を成長させてもよい。

【0055】

図8を参照すると、図8A～8Gは、本発明の第3実施形態のエンハンスメント型デバイスの製造フローの模式図であり、ここで、図8Gは、第3実施形態におけるエンハンスメント型デバイスの構成の模式図である。

10

【0056】

図8Gに示すように、本実施形態におけるエンハンスメント型デバイスは、

基板1と、

基板1上に位置する窒化物核形成層2と、

窒化物核形成層2上に位置する窒化物バッファ層3と、

窒化物バッファ層3上に位置する窒化物チャンネル層4と、

窒化物チャンネル層4上に位置する窒化物バリア層5と、

窒化物バリア層5上に位置し、 SiN 、 SiCN 、 SiO_2 、 SiAlN 、 Al_2O_3 、 AlON 、 SiON 、 HfO_2 、 HfAlO のうちの1つまたは複数の組み合わせである誘電体層6と、

20

窒化物バリア層5上に位置するソース8およびドレイン9、並びに、誘電体層6上に位置し、ソース8とドレイン9との間に位置するゲート7と、を含む。

【0057】

ここで、窒化物チャンネル層4および窒化物バリア層5によって、窒化物チャンネル層4 / 窒化物バリア層5ヘテロ接合が形成され、窒化物チャンネル層4および窒化物バリア層5における、ゲートの下方に位置する領域には、少なくとも1つの非平面構造が設けられ、非平面構造において、窒化物の非極性面または半極性面またはそれらの組み合わせが存在し、窒化物チャンネル層4 / 窒化物バリア層5ヘテロ接合のチャンネル内の二次元電子ガスがゲートの下方の領域に少なくとも部分的に中断になる。

30

【0058】

本実施形態では、基板1、窒化物核形成層2、窒化物バッファ層3、窒化物チャンネル層4、窒化物バリア層5、および誘電体層6には、いずれも、非平面構造が設けられ、かつ、非平面構造が階段とされる。

【0059】

図8A～8Gに示すように、該実施形態におけるエンハンスメント型デバイスの製造方法は、以下のステップを含む。

【0060】

(1) 図8Aに示すように、基板1を提供し、基板1に階段状構造を作製することにより、基板1の表面を階段状にする。該基板の材料は、サファイア、炭化ケイ素、シリコン、ニオブ酸リチウム、 SOI 、窒化ガリウム、および窒化アルミニウムなどであってもよい。

40

【0061】

(2) 図8Bに示すように、例えば AlN などの窒化物核形成層2を基板1上に堆積する。

【0062】

(3) 図8Cに示すように、例えば AlGaN などの窒化物バッファ層3を窒化物核形成層2上に堆積する。

【0063】

50

(4) 図8Dに示すように、例えばGa₂Nなどの窒化物チャンネル層4を窒化物バッファ層3上に堆積する。該窒化物チャンネル層4には、基板の階段から転移した階段がある。該階段状の窒化物チャンネル層4は、異なる高さに位置する第1平面43および第2平面44を有する。第1平面43と第2平面44との間に接続面45が接続される。本実施形態における接続面45は、一定の角度をなす斜面である。

【0064】

(5) 図8Eに示すように、窒化物チャンネル層4上に窒化物バリア層5を堆積する。階段において、窒化物の非極性面または半極性面またはそれらの組み合わせが存在する。そうすると、窒化物チャンネル層4/窒化物バリア層5ヘテロ接合のチャンネル内に形成された二次元電子ガスがゲート領域に中断になるので、ゲート電圧がゼロである場合、ゲートのキャリア濃度が効果的に制御されることができる。

10

【0065】

(6) 図8Fに示すように、窒化物バリア層5上に誘電体層6を堆積する。誘電体層6の選択は、Si₃N₄、SiCN、SiO₂、SiAlN、Al₂O₃、AlON、SiON、HfO₂、HfAlOのうちの1つまたは複数の組み合わせであってもよい。該誘電体層6は、パッシベーション層の働きをすることができる。

【0066】

(7) 図8Gに示すように、ゲート7は、該ゲート領域の誘電体層6上に形成され、該ゲート7の少なくとも一部がチャンネル内に形成されることができるので、ゲート7は、T型構造を有する。通常、ゲート7は、窒化物バリア層5とMISまたはMOSFET構造を形成する必要がある。ソース8およびドレイン9は、それぞれ、ソース領域およびドレイン領域に形成され、該ソース8およびドレイン9は、窒化物バリア層5とオーム接触を形成する。

20

【0067】

本実施形態において、階段の接続面は、一定の角度をなす斜面であるが、他の実施形態において、該階段の断面は、例えば、垂直面、または円弧状面、または不規則形状面などの他の形状であってもよい。

【0068】

本実施形態における窒化物核形成層2、窒化物バッファ層3、および誘電体層6は、選択可能なものであり、他の実施形態において、窒化物核形成層2、窒化物バッファ層3、および誘電体層6を成長させなく、または、窒化物核形成層2、窒化物バッファ層3、および誘電体層6のうちの一部分のみ成長させてもよい。さらに、窒化物バリア層上に窒化物キャップ層を成長させてもよい。窒化物キャップ層は、窒化ガリウムまたは窒化アルミニウムガリウムであってもよい。窒化物バリア層と窒化物チャンネル層との間に窒化アルミニウム中間層を成長させてもよい。

30

【0069】

図9を参照すると、図9A~9Gは、本発明の第4実施形態のエンハンスメント型デバイスの製造フローの模式図であり、ここで、図9Gは、第4実施形態におけるエンハンスメント型デバイスの構成の模式図である。

【0070】

40

図9Gに示すように、本実施形態におけるエンハンスメント型デバイスは、
基板1と、
基板1上に位置する窒化物核形成層2と、
窒化物核形成層2上に位置する窒化物バッファ層3と、
窒化物バッファ層3上に位置する窒化物チャンネル層4と、
窒化物チャンネル層4上に位置する窒化物バリア層5と、

【0071】

窒化物バリア層5上に位置し、Si₃N₄、SiCN、SiO₂、SiAlN、Al₂O₃、AlON、SiON、HfO₂、HfAlOのうちの1つまたは複数の組み合わせである誘電体層6と、

50

窒化物バリア層 5 上に位置するソース 8 およびドレイン 9、並びに、誘電体層 6 上に位置し、ソース 8 とドレイン 9 との間に位置するゲート 7 と、を含む。

【0072】

ここで、窒化物チャネル層 4 および窒化物バリア層 5 によって、窒化物チャネル層 4 / 窒化物バリア層 5 ヘテロ接合が形成され、窒化物チャネル層 4 および窒化物バリア層 5 における、ゲートの下方に位置する領域には、少なくとも 1 つの非平面構造が設けられ、非平面構造において、窒化物の非極性面または半極性面またはそれらの組み合わせが存在し、窒化物チャネル層 4 / 窒化物バリア層 5 ヘテロ接合のチャネル内の二次元電子ガスがゲートの下方の領域に少なくとも部分的に中断になる。

【0073】

本実施形態では、基板 1、窒化物核形成層 2、窒化物バッファ層 3、窒化物チャネル層 4、窒化物バリア層 5、および誘電体層 6 には、いずれも、非平面構造が設けられ、かつ、基板 1、窒化物核形成層 2、および窒化物バッファ層 3 における非平面構造が矩形の凹溝とされ、窒化物チャネル層 4、窒化物バリア層 5、および誘電体層 6 における非平面構造が三角形の凹溝とされる。

【0074】

図 9 A ~ 9 G に示すように、該実施形態におけるエンハンスメント型デバイスの製造方法は、以下のステップを含む。

【0075】

(1) 図 9 A に示すように、基板 1 を提供し、基板 1 に矩形の凹溝を作製する。該基板の材料は、サファイア、炭化ケイ素、シリコン、ニオブ酸リチウム、SOI、窒化ガリウム、および窒化アルミニウムなどであってもよい。

【0076】

(2) 図 9 B に示すように、例えば AlN などの窒化物核形成層 2 を基板 1 上に堆積する。該窒化物核形成層 2 には、基板の凹溝から転移した凹溝がある。

【0077】

(3) 図 9 C に示すように、例えば AlGaN などの窒化物バッファ層 3 を窒化物核形成層 2 上に堆積する。該窒化物バッファ層 3 には、基板の凹溝から転移した凹溝がある。

【0078】

(4) 図 9 D に示すように、例えば GaN などの窒化物チャネル層 4 を窒化物バッファ層 3 上に堆積する。窒化物チャネル層 4 には、基板の凹溝から転移した凹溝 46 がある。凹溝 46 の形状は、三角形である。凹溝 46 の転移方法は、成長の条件を制御することにより、成長中において、窒化物バッファ層 3 における矩形の凹溝を、窒化物チャネル層 4 における三角形の凹溝 46 に変換する。該凹溝 46 の位置は、エピタキシャル多層構造上に定義されたゲート領域に対応する。III 族窒化物の自発分極効果および圧電効果によると、該窒化物チャネル層 4 の表面は、極性面であり、即ち、(0002) 面であるが、凹溝 46 の少なくとも 2 つの側面は、窒化物チャネル層 4 の表面と一定の角度をなし、即ち、これらの側面は、非<0002>方向、例えば、(1-100) 面、(11-20) 面、(1-101) 面、(11-22) 面などにある。

【0079】

(5) 図 9 E に示すように、窒化物チャネル層 4 上に窒化物バリア層 5 を堆積する。窒化物バリア層 5 の、該凹溝 46 の上方に位置する部分にも、該凹溝 46 に対応する凹溝 56 を有する。上記の分析によると、凹溝において、窒化物の非極性面または半極性面またはそれらの組み合わせが存在する。そうすると、窒化物チャネル層 4 / 窒化物バリア層 5 ヘテロ接合のチャネル内に形成された二次元電子ガスがゲート領域に中断になるので、ゲート電圧がゼロである場合、ゲートのキャリア濃度が効果的に制御されることができる。

【0080】

(6) 図 9 F に示すように、窒化物バリア層 5 上に誘電体層 6 を堆積する。誘電体層 6 の選択は、SiN、SiCN、SiO₂、SiAlN、Al₂O₃、AlON、SiON、HfO₂、HfAlO のうちの 1 つまたは複数の組み合わせであってもよい。該誘電体

10

20

30

40

50

層 6 は、パッシベーション層の働きをすることができる。

【 0 0 8 1 】

(7) 図 9 G に示すように、ゲート 7 は、該ゲート領域の誘電体層 6 上に形成され、該ゲート 7 の少なくとも一部がチャンネル内に形成されることができるので、ゲート 7 は、T 型構造を有する。通常、ゲート 7 は、窒化物バリア層 5 と M I S または M O S F E T 構造を形成する必要がある。ソース 8 およびドレイン 9 は、それぞれ、ソース領域およびドレイン領域に形成され、該ソース 8 およびドレイン 9 は、窒化物バリア層 5 とオーム接触を形成する。

【 0 0 8 2 】

本実施形態において、凹溝 4 6 は、三角形の凹溝であるが、他の実施形態において、凹溝 4 6 は、例えば、矩形、台形、鋸歯形、多角形、半円形、U 形のうちの 1 つまたは複数の組み合わせなどの他の形状であってもよい。

10

【 0 0 8 3 】

本実施形態における窒化物核形成層 2、窒化物バッファ層 3、および誘電体層 6 は、選択可能なものであり、他の実施形態において、窒化物核形成層 2、窒化物バッファ層 3、および誘電体層 6 を成長させなく、または、窒化物核形成層 2、窒化物バッファ層 3、および誘電体層 6 のうちの一部のみ成長させてもよい。さらに、窒化物バリア層上に窒化物キャップ層を成長させてもよい。窒化物キャップ層は、窒化ガリウムまたは窒化アルミニウムガリウムであってもよい。窒化物バリア層と窒化物チャンネル層との間に窒化アルミニウム中間層を成長させてもよい。

20

【 0 0 8 4 】

図 1 0 を参照すると、図 1 0 は、本発明の第 5 実施形態におけるエンハンスメント型デバイスの構成の模式図である。本実施形態において、基板 1 における凹溝は、矩形であり、窒化物核形成層 2 および窒化物バッファ層 3 における凹溝は、台形であり、窒化物チャンネル層 4、窒化物バリア層 5、および誘電体層 6 における凹溝は、三角形であり、それ以外の製造方法は、全て、第 1 実施形態と同様である。

【 0 0 8 5 】

図 1 1 を参照すると、図 1 1 は、本発明の第 6 実施形態におけるエンハンスメント型デバイスの構成の模式図である。本実施形態において、基板 1 における凹溝は、台形であり、窒化物核形成層 2、窒化物バッファ層 3、窒化物チャンネル層 4、窒化物バリア層 5、および誘電体層 6 における凹溝は、いずれも台形であり、それ以外の製造方法は、全て、第 1 実施形態と同様である。

30

【 0 0 8 6 】

上記の構成から分かるように、本発明では、エンハンスメント型デバイスの製造方法が提供され、このようなエンハンスメント型デバイスの製造時に、基板の形状を窒化物チャンネル層に転移することにより、窒化物チャンネル層のゲート領域に非平面構造が形成され、非平面構造において生じる窒化物の非極性面、半極性面、または両者の組み合わせによって、二次元電子ガスの中断を引き起こすので、窒化物バリア層をエッチングする必要がなく、能動領域のダメージによるデバイス性能低下、例えば、低い電流密度または電流コラプスなどの効果が回避される。また、M g 原子を導入して p 型窒化物を実現することも必要でなく、M O C V D または M B E チャンバーへの汚染が回避される。

40

【 0 0 8 7 】

当業者にとって明らかなように、本発明は、上記の模範的实施例の細部に限られるものではなく、かつ、本発明の精神または基本的な特徴から乖離しない場合に、他の具体的な形式で本発明を実現することが可能である。従って、いずれにしても、実施例を模範的で非制限的なものと見なすべきであり、本発明の範囲は、上述した説明によって限定されることなく、付加される請求の範囲によって限定されるので、請求の範囲と同等な要件の意味および範囲内にある全ての変化を本発明に含ませることを旨とする。請求項におけるいかなる符号についても、係る請求項を制限するものと見なしてはならない。

【 0 0 8 8 】

50

また、理解すべきものとして、本明細書では実施形態ごとに説明しているが、各実施形態それぞれに1つのみの独立した構成が含まれることなく、明細書のこのような説明方式は、明確にするためのものにすぎず、当業者は、明細書を1つの全体とすべきであり、各実施例における構成は、適宜組み合わせられて、当業者に理解できる他の実施形態とされることもできる。

【符号の説明】

【0089】

1	基板	
2	窒化物核形成層	
3	窒化物バッファ層	10
4	窒化物チャネル層	
5	窒化物バリア層	
6	誘電体層	
7	ゲート	
8	ソース	
9	ドレイン	
10	基板	
11	バッファ層	
12	窒化ガリウム層	
13	窒化アルミニウムガリウム層	20
14、14'、14"	ゲート	
15	ソース	
16	ドレイン	
17	p型窒化物	
18	負イオン	
41、46、51、56	凹溝	
42、52	突起	
43	第1平面	
44	第2平面	
45	接続面	30

【図 1】

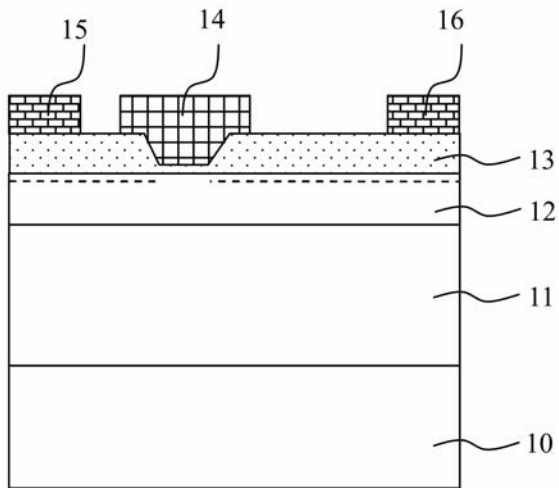


図 1

【図 2】

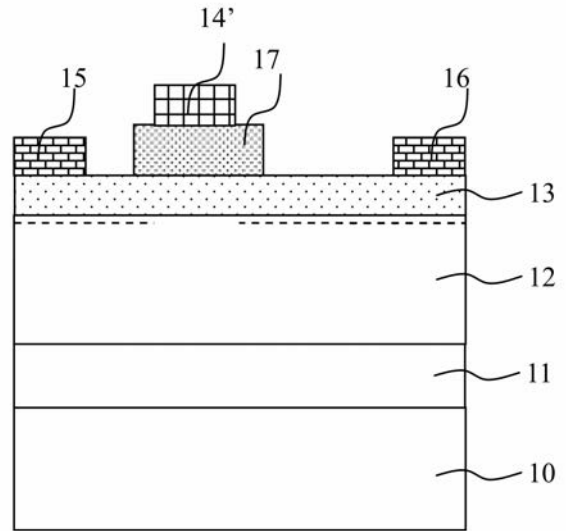


図 2

【図 3】

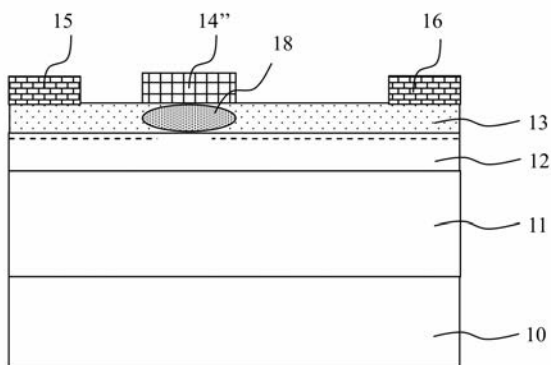


図 3

【図 4】

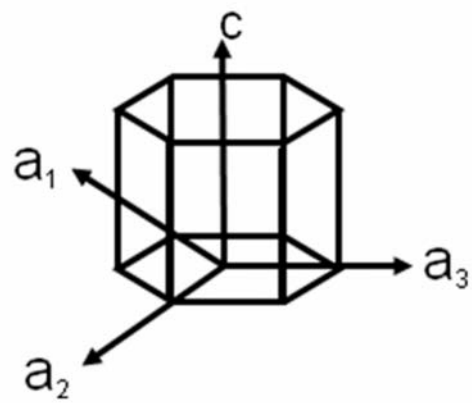


図 4

【図 5】

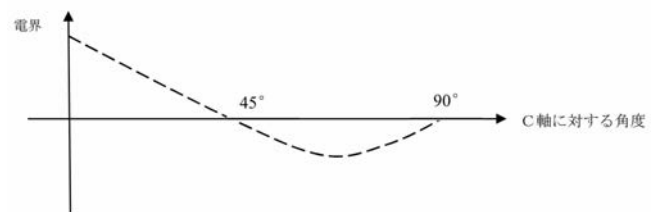


図 5

【図 6 A】

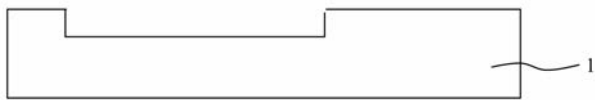


図 6A

【図 6 C】

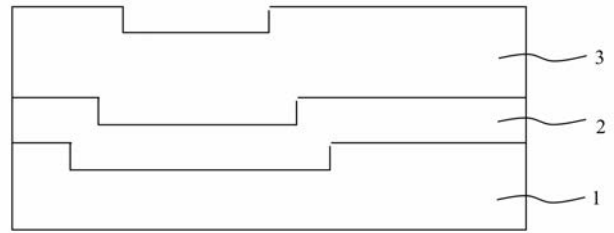


図 6C

【図 6 B】

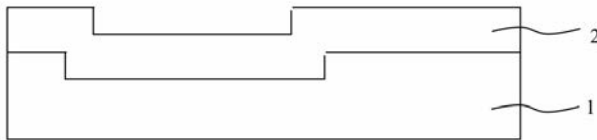


図 6B

【図 6 D】

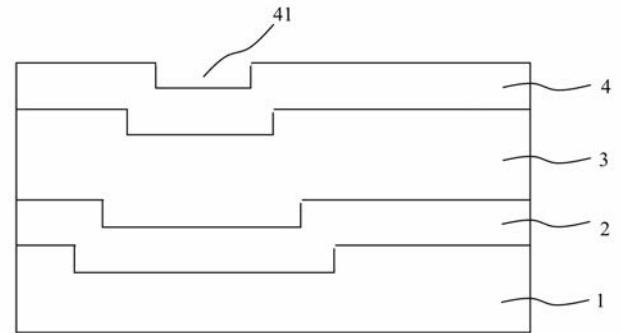


図 6D

【図 6 E】

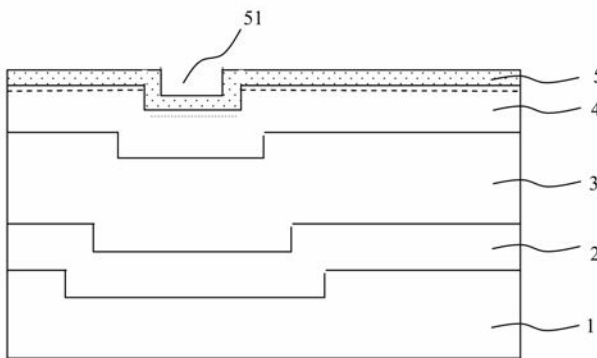


図 6E

【図 6 F】

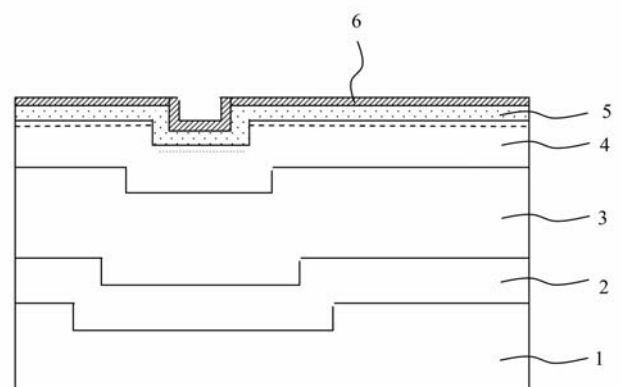


図 6F

【図 6 G】

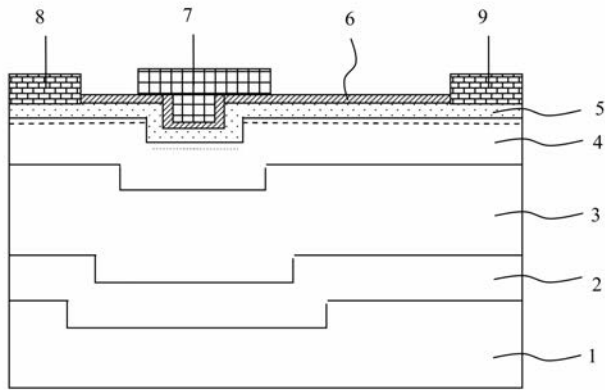


図 6G

【図 7 A】

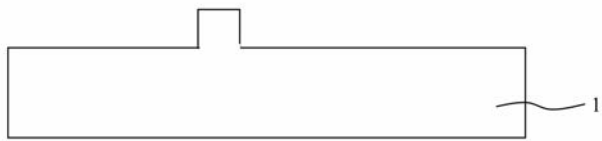


図 7A

【図 7 B】

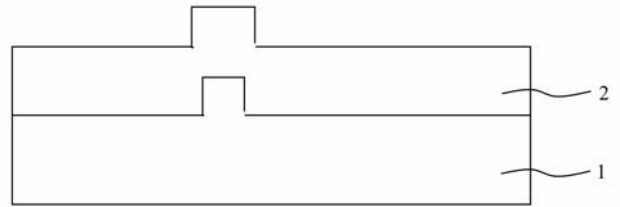


図 7B

【図 7 C】

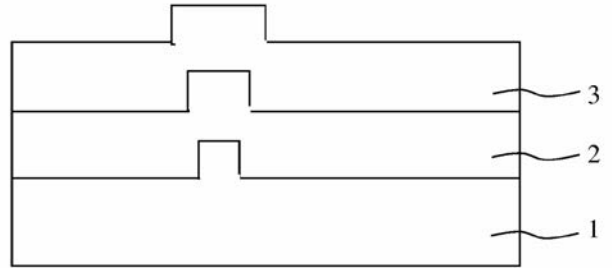


図 7C

【図 7 D】

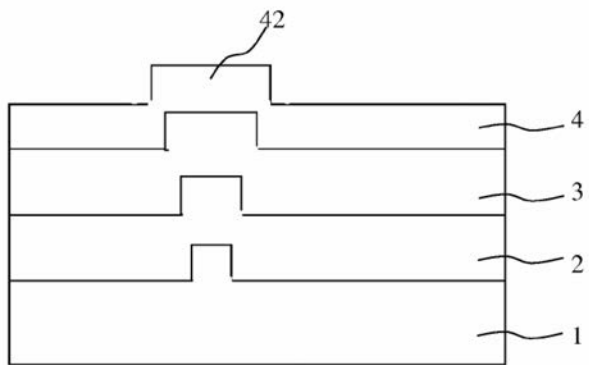


図 7D

【図 7 E】

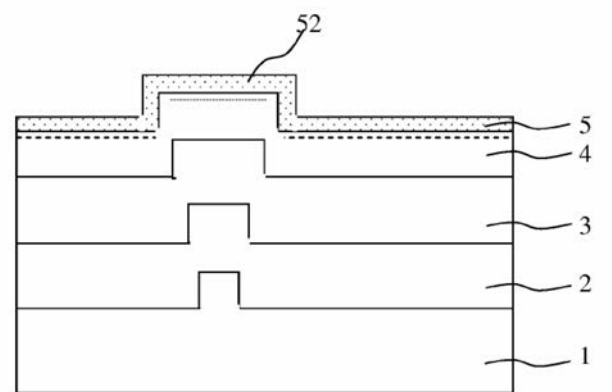


図 7E

【図 7 F】

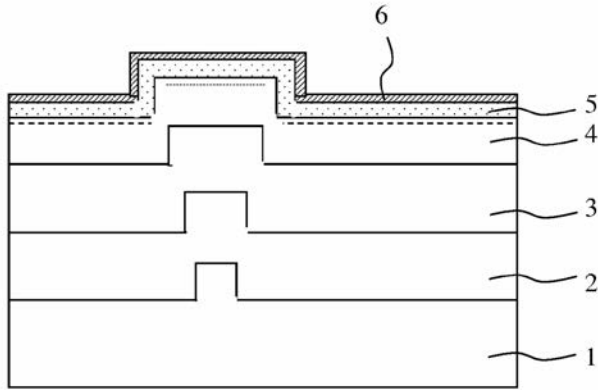


図 7F

【図 7 G】

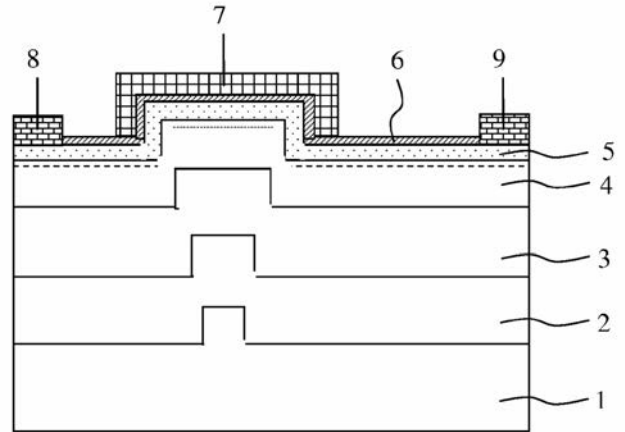


図 7G

【図 8 A】

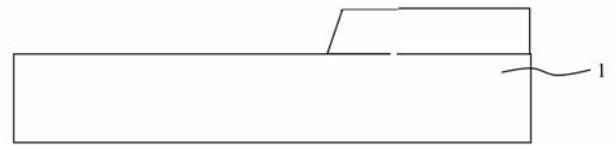


図 8A

【図 8 B】

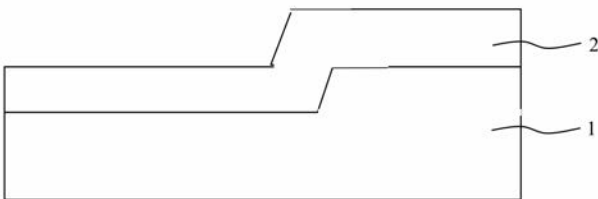


図 8B

【図 8 D】

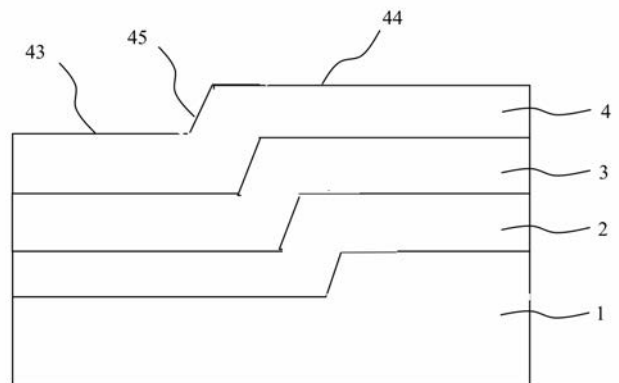


図 8D

【図 8 C】

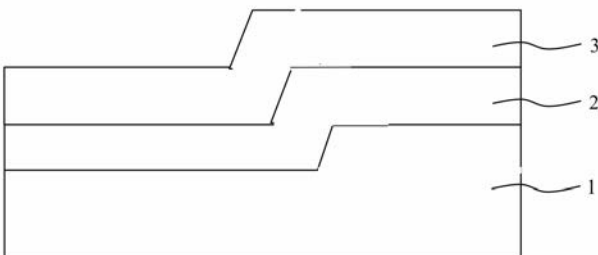


図 8C

【図 8 E】

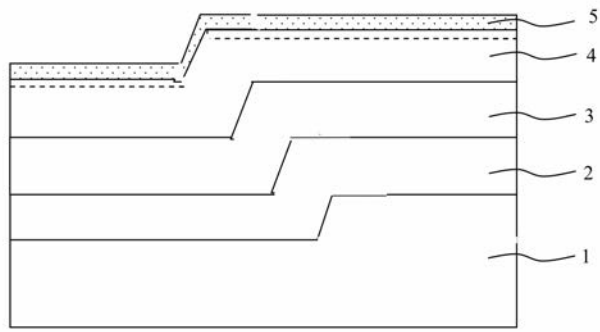


図 8E

【図 8 F】

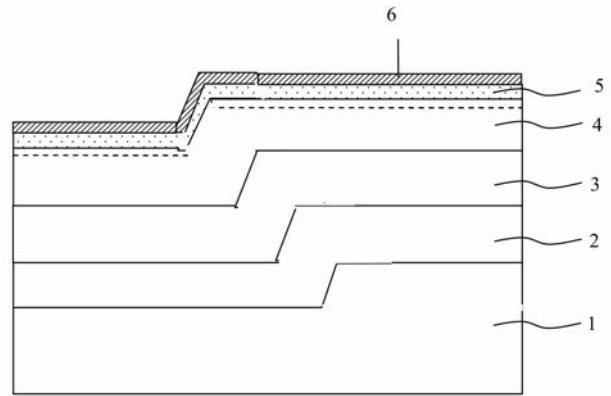


図 8F

【図 8 G】

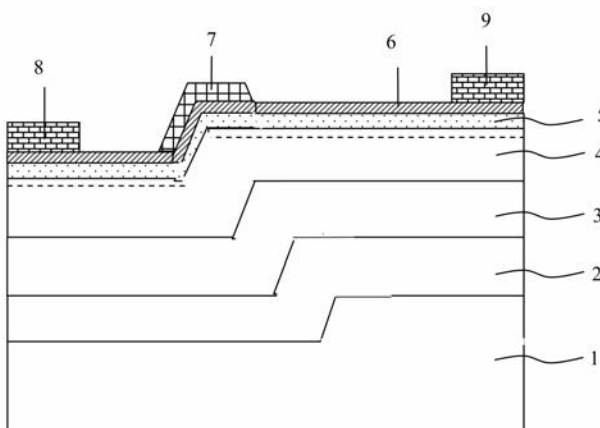


図 8G

【図 9 B】

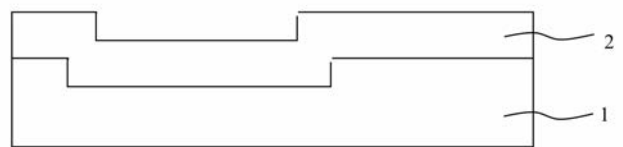


図 9B

【図 9 C】

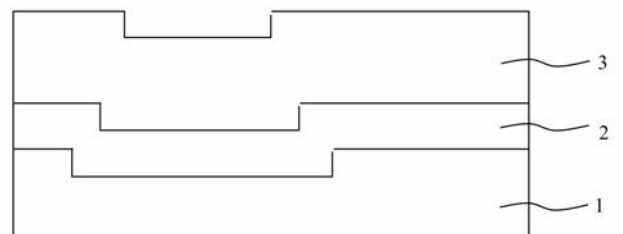


図 9C

【図 9 A】



図 9A

【図 9 D】

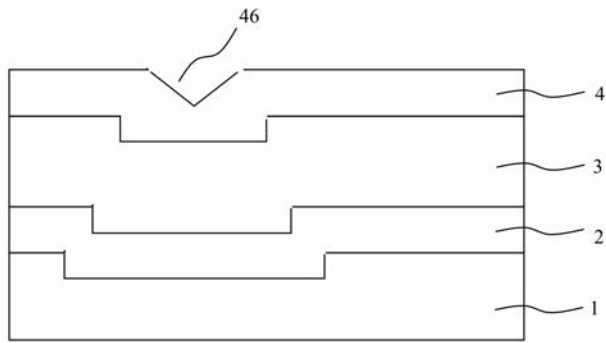


図 9D

【図 9 E】

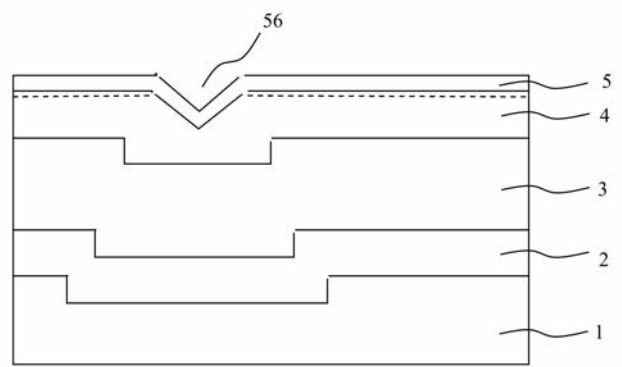


図 9E

【図 9 F】

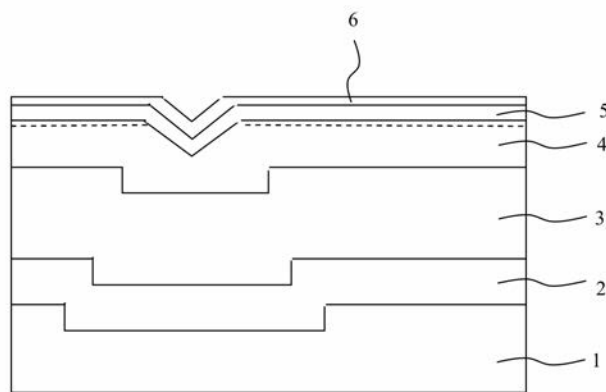


図 9F

【図 9 G】

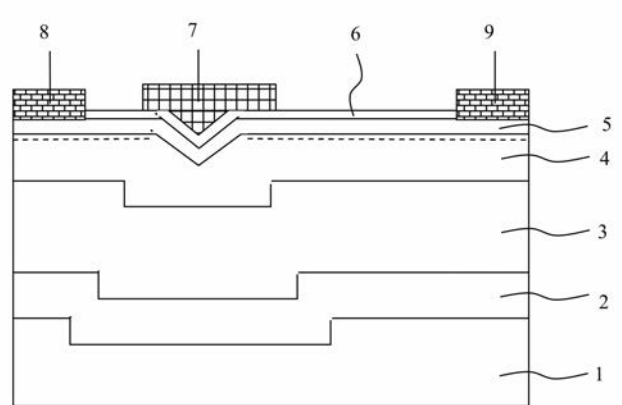


図 9G

【図 10】

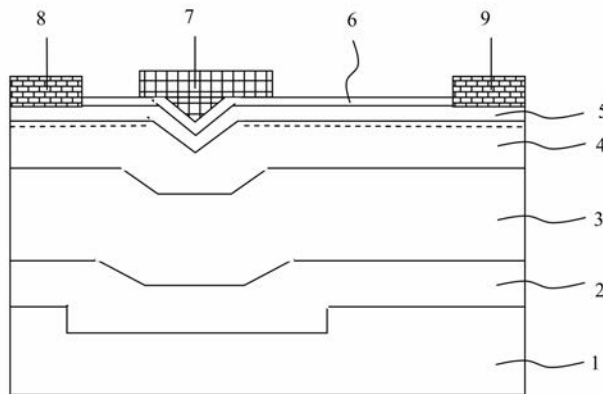


図 10

【図 11】

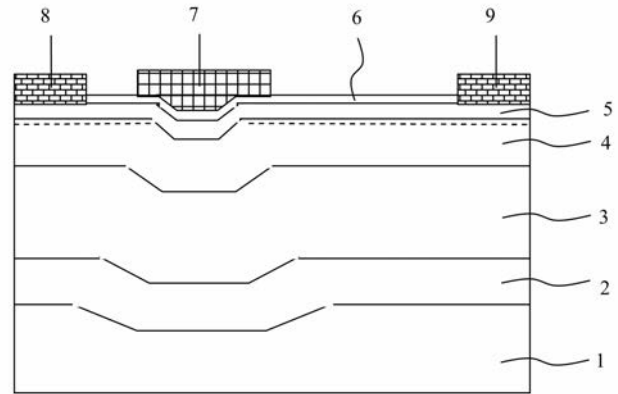


図 11

【手続補正書】

【提出日】平成28年7月28日(2016.7.28)

【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】

エンハンスメント型デバイスの製造方法であって、
 基板を提供し、前記基板上に非平面構造を形成するステップ S 1 と、
 ゲート領域、ソース領域、およびドレイン領域が定義され、ゲート領域に前記基板の前記非平面構造から転移した非平面構造を有する窒化物チャンネル層を前記基板上に堆積するステップ S 2 と、

前記窒化物チャンネル層の前記非平面構造の上方に位置し前記窒化物チャンネル層の前記非平面構造に対応する非平面構造を有し、前記窒化物チャンネル層と共に窒化物チャンネル層 / 窒化物バリア層ヘテロ接合を形成する窒化物バリア層を前記窒化物チャンネル層上に堆積するステップ S 3 と、
 を含むことを特徴とするエンハンスメント型デバイスの製造方法。

【請求項 2】

前記基板、前記窒化物チャンネル層、および前記窒化物バリア層の非平面構造は、凹溝または突起である、ことを特徴とする請求項 1 に記載のエンハンスメント型デバイスの製造方法。

【請求項 3】

前記凹溝または突起の断面形状は、矩形、三角形、台形、鋸歯形、多角形、半円形、U

形のうちの１つまたは複数の組み合わせを含む、ことを特徴とする請求項２に記載のエンハンスメント型デバイスの製造方法。

【請求項４】

前記基板および前記窒化物チャネル層の非平面構造は、異なる断面形状を有する、ことを特徴とする請求項２または３に記載のエンハンスメント型デバイスの製造方法。

【請求項５】

前記基板、前記窒化物チャネル層、および前記窒化物バリア層の非平面構造は、階段である、ことを特徴とする請求項１に記載のエンハンスメント型デバイスの製造方法。

【請求項６】

前記階段の断面は、垂直面、斜面、円弧状面、不規則形状面のうちの１つまたは複数の組み合わせである、ことを特徴とする請求項５に記載のエンハンスメント型デバイスの製造方法。

【請求項７】

ステップＳ１の後に、前記基板の前記非平面構造から転移した非平面構造を有する窒化物核形成層を前記基板上に堆積することをさらに含む、ことを特徴とする請求項１～６のいずれか１項に記載のエンハンスメント型デバイスの製造方法。

【請求項８】

前記基板の前記非平面構造から転移した非平面構造を有する窒化物バッファ層を前記窒化物核形成層上に堆積することをさらに含む、ことを特徴とする請求項７に記載のエンハンスメント型デバイスの製造方法。

【請求項９】

ステップＳ３の後に、
前記窒化物チャネル層における前記ソース領域、前記ドレイン領域、および前記ゲート領域の上方にそれぞれ位置するソース、ドレイン、および、前記ソースと前記ドレインとの間に位置するゲートを前記窒化物バリア層上に形成するステップＳ４をさらに含む、ことを特徴とする請求項１～８のいずれか１項に記載のエンハンスメント型デバイスの製造方法。

【請求項１０】

基板と、
前記基板上に位置し、ゲート領域、ソース領域、およびドレイン領域が定義される窒化物チャネル層と、
前記窒化物チャネル層上に位置し、前記窒化物チャネル層と共に窒化物チャネル層／窒化物バリア層ヘテロ接合を形成する窒化物バリア層と、を含むエンハンスメント型デバイスであって、
前記基板は非平面構造を有し、前記窒化物チャネル層は、ゲート領域に前記基板の前記非平面構造から転移した非平面構造を有し、前記窒化物バリア層は、前記窒化物チャネル層の前記非平面構造の上方に位置し前記窒化物チャネル層の前記非平面構造に対応する非平面構造を有する、
ことを特徴とするエンハンスメント型デバイス。

【請求項１１】

前記基板、前記窒化物チャネル層、および前記窒化物バリア層の非平面構造は、凹溝または突起である、ことを特徴とする請求項１０に記載のエンハンスメント型デバイス。

【請求項１２】

前記基板および前記窒化物チャネル層の非平面構造は、異なる断面形状を有する、ことを特徴とする請求項１１に記載のエンハンスメント型デバイス。

【請求項１３】

前記基板、前記窒化物チャネル層、および前記窒化物バリア層の非平面構造は、階段である、ことを特徴とする請求項１０に記載のエンハンスメント型デバイス。

【請求項１４】

前記基板と前記窒化物チャネル層との間に、前記基板の非平面構造から転移した非平面

構造を有する窒化物核形成層、および／または、前記基板の非平面構造から転移した非平面構造を有する窒化物パルファ層をさらに含む、ことを特徴とする請求項１０～１３のいずれか１項に記載のエンハンスメント型デバイス。

【請求項１５】

前記窒化物バリア層上に位置し、前記窒化物チャネル層における前記ソース領域、前記ドレイン領域、および前記ゲート領域の上方にそれぞれ位置するソース、ドレイン、および、前記ソースと前記ドレインとの間に位置するゲートをさらに含む、ことを特徴とする請求項１０～１４のいずれか１項に記載のエンハンスメント型デバイス。

【手続補正３】

【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】

本発明は、半導体エレクトロニクス技術分野に関し、特にエンハンスメント型デバイスの製造方法およびエンハンスメント型デバイスに関する。

【手続補正４】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】００１２

【補正方法】変更

【補正の内容】

【００１２】

エンハンスメント型デバイスの製造方法であって、

基板を提供し、前記基板上に非平面構造を形成するステップＳ１と、

ゲート領域、ソース領域、およびドレイン領域が定義され、ゲート領域に前記基板の前記非平面構造から転移した非平面構造を有する窒化物チャネル層を前記基板上に堆積するステップＳ２と、

前記窒化物チャネル層の前記非平面構造の上方に位置し前記窒化物チャネル層の前記非平面構造に対応する非平面構造を有し、前記窒化物チャネル層と共に窒化物チャネル層／窒化物バリア層ヘテロ接合を形成する窒化物バリア層を前記窒化物チャネル層上に堆積するステップＳ３と、を含む。

【手続補正５】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】００１３

【補正方法】変更

【補正の内容】

【００１３】

本発明の更なる改良として、前記基板、前記窒化物チャネル層、および前記窒化物バリア層の非平面構造は、凹溝または突起である。

本発明の更なる改良として、前記凹溝または突起の断面形状は、矩形、三角形、台形、鋸歯形、多角形、半円形、Ｕ形のうちの１つまたは複数の組み合わせを含む。

【手続補正６】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】００１４

【補正方法】変更

【補正の内容】

【００１４】

本発明の更なる改良として、前記基板および前記窒化物チャネル層の非平面構造は、異なる断面形状を有する。

【手続補正７】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0015

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0015】

本発明の更なる改良として、前記基板、前記窒化物チャンネル層、および前記窒化物バリア層の非平面構造は、階段である。

本発明の更なる改良として、前記階段の断面は、垂直面、斜面、円弧状面、不規則形状面のうちの1つまたは複数の組み合わせである。

【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0016

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0016】

本発明の更なる改良として、前記エンハンスメント型デバイスの製造方法は、ステップS1の後に、前記基板の前記非平面構造から転移した非平面構造を有する窒化物核形成層を前記基板上に堆積することをさらに含む。

本発明の更なる改良として、前記エンハンスメント型デバイスの製造方法は、前記基板の前記非平面構造から転移した非平面構造を有する窒化物バッファ層を前記窒化物核形成層上に堆積することをさらに含む。

【手続補正9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0017

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0017】

本発明の更なる改良として、前記エンハンスメント型デバイスの製造方法は、ステップS3の後に、

前記窒化物チャンネル層における前記ソース領域、前記ドレイン領域、および前記ゲート領域の上方にそれぞれ位置するソース、ドレイン、および、前記ソースと前記ドレインとの間に位置するゲートを前記窒化物バリア層上に形成するステップS4をさらに含む。

【手続補正10】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0018

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0018】

基板と、

前記基板上に位置し、ゲート領域、ソース領域、およびドレイン領域が定義される窒化物チャンネル層と、

前記窒化物チャンネル層上に位置し、前記窒化物チャンネル層と共に窒化物チャンネル層/窒化物バリア層ヘテロ接合を形成する窒化物バリア層と、を含むエンハンスメント型デバイスであって、

前記基板は非平面構造を有し、前記窒化物チャンネル層は、ゲート領域に前記基板の前記非平面構造から転移した非平面構造を有し、前記窒化物バリア層は、前記窒化物チャンネル層の前記非平面構造の上方に位置し前記窒化物チャンネル層の前記非平面構造に対応する非平面構造を有する。

【手続補正11】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】 0 0 1 9

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 0 1 9 】

本発明の更なる改良として、前記基板、前記窒化物チャネル層、および前記窒化物バリア層の非平面構造は、凹溝または突起である。

本発明の更なる改良として、前記基板および前記窒化物チャネル層の非平面構造は、異なる断面形状を有する。

【手続補正 1 2】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0 0 2 0

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 0 2 0 】

本発明の更なる改良として、前記基板、前記窒化物チャネル層、および前記窒化物バリア層の非平面構造は、階段である。

【手続補正 1 3】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0 0 2 1

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 0 2 1 】

本発明の更なる改良として、前記エンハンスメント型デバイスは、前記基板と前記窒化物チャネル層との間に、前記基板の非平面構造から転移した非平面構造を有する窒化物核形成層、および / または、前記基板の非平面構造から転移した非平面構造を有する窒化物バッファ層をさらに含む。

【手続補正 1 4】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0 0 2 2

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 0 2 2 】

本発明の更なる改良として、前記エンハンスメント型デバイスは、前記窒化物バリア層上に位置し、前記窒化物チャネル層における前記ソース領域、前記ドレイン領域、および前記ゲート領域の上方にそれぞれ位置するソース、ドレイン、および、前記ソースと前記ドレインとの間に位置するゲートをさらに含む。

【 国际调查报告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/CN2014/094757		
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER				
H01L 21/335 (2006.01) i				
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)				
H01L 21/-				
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched				
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)				
CNABS: nitride, channel layer, gate region, source region, drain region, non-planar, barrier layer, active region, substrate, two-dimensional electron gas				
WPI: REINFORCED, DEVICE, FORMING, NITRIDE, BARRIER, CHANNEL, TWO-DIMENSIONAL, ELECTRON, GAS				
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT				
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.		
PX	CN 103715086 A (SUZHOU JINGZHAN SEMICONDUCTOR CO., LTD.), 09 April 2014 (09.04.2014), claims 1-12	1-12		
X	CN 102130160 A (XIDIAN UNIVERSITY), 20 July 2011 (20.07.2011), description, paragraphs [0055]-[0091], and figures 1-3	1-12		
X	CN 101252088 A (XIDIAN UNIVERSITY), 27 August 2008 (27.08.2008), description, pages 5-7, and figures 1-3	1-12		
A	CN 102856370 A (CHENG, Kai), 02 January 2013 (02.01.2013), the whole document	1-12		
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.				
<table border="0"> <tr> <td style="vertical-align: top;"> * Special categories of cited documents: “A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date “L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed </td> <td style="vertical-align: top;"> “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 </td> </tr> </table>			* Special categories of cited documents: “A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date “L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention “X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone “Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art “&” document member of the same patent family
* Special categories of cited documents: “A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date “L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention “X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone “Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art “&” document member of the same patent family			
Date of the actual completion of the international search 28 January 2015 (28.01.2015)		Date of mailing of the international search report 10 March 2015 (10.03.2015)		
Name and mailing address of the ISA/CN: State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No.: (86-10) 62019451		Authorized officer GAO, Yingran Telephone No.: (86-10) 62411596		

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family membersInternational application No.
PCT/CN2014/094757

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 103715086 A	09 April 2014	None	
CN 102130160 A	20 July 2011	None	
CN 101252088 A	27 August 2008	CN 101252088 B	14 April 2010
CN 102856370 A	02 January 2013	WO 2014059950 A1	24 April 2014

国际检索报告		国际申请号 PCT/CN2014/094757															
A. 主题的分类 H01L 21/335(2006.01)i 按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类																	
B. 检索领域 检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号) H01L21/ 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用)) CNABS;氮化物;沟道层;栅极区;源极区;漏极区;非平面;势垒层;有源区;衬底;二维电子气WPI:REINFORCED;DEVICE;FORMING;NITRIDE;BARRIER;CHANNEL;TWO=DIMENSIONAL;ELECTRON;GAS																	
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PX</td> <td>CN 103715086 A (苏州晶湛半导体有限公司) 2014年 4月 9日 (2014 - 04 - 09) 权利要求1-12</td> <td>1-12</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>CN 102130160 A (西安电子科技大学) 2011年 7月 20日 (2011 - 07 - 20) 说明书【0055】-【0091】, 图1-3</td> <td>1-12</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>CN 101252088 A (西安电子科技大学) 2008年 8月 27日 (2008 - 08 - 27) 说明书5-7页, 图1-3</td> <td>1-12</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 102856370 A (程凯) 2013年 1月 2日 (2013 - 01 - 02) 全文</td> <td>1-12</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	PX	CN 103715086 A (苏州晶湛半导体有限公司) 2014年 4月 9日 (2014 - 04 - 09) 权利要求1-12	1-12	X	CN 102130160 A (西安电子科技大学) 2011年 7月 20日 (2011 - 07 - 20) 说明书【0055】-【0091】, 图1-3	1-12	X	CN 101252088 A (西安电子科技大学) 2008年 8月 27日 (2008 - 08 - 27) 说明书5-7页, 图1-3	1-12	A	CN 102856370 A (程凯) 2013年 1月 2日 (2013 - 01 - 02) 全文	1-12
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求															
PX	CN 103715086 A (苏州晶湛半导体有限公司) 2014年 4月 9日 (2014 - 04 - 09) 权利要求1-12	1-12															
X	CN 102130160 A (西安电子科技大学) 2011年 7月 20日 (2011 - 07 - 20) 说明书【0055】-【0091】, 图1-3	1-12															
X	CN 101252088 A (西安电子科技大学) 2008年 8月 27日 (2008 - 08 - 27) 说明书5-7页, 图1-3	1-12															
A	CN 102856370 A (程凯) 2013年 1月 2日 (2013 - 01 - 02) 全文	1-12															
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																	
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件																	
国际检索实际完成的日期 2015年 1月 28日		国际检索报告邮寄日期 2015年 3月 10日															
ISA/CN的名称和邮寄地址 中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN) 北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 中国 传真号 (86-10)62019451		受权官员 高莺然 电话号码 (86-10)62411596															

表 PCT/ISA/210 (第2页) (2009年7月)

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2014/094757

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	103715086	A	2014年 4月 9日	无	
CN	102130160	A	2011年 7月 20日	无	
CN	101252088	A	2008年 8月 27日	CN 101252088	B 2010年 4月 14日
CN	102856370	A	2013年 1月 2日	WO 2014059950	A1 2014年 4月 24日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US

(72)発明者 程 凱

中国江蘇省蘇州市工業園區金雞湖大道99号西北区20棟517室

Fターム(参考) 5F102 GB01 GC01 GC03 GD10 GJ02 GJ03 GJ04 GJ10 GK04 GK08
GL04 GM04 GQ01 GR01 GR12 GS04 GS06
5F140 AA06 AC36 BA00 BA01 BA02 BA06 BA20 BB03 BB06 BD04
BD07 BD09 BD11 BF42 BF43 BF44