

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4002918号  
(P4002918)

(45) 発行日 平成19年11月7日(2007.11.7)

(24) 登録日 平成19年8月24日(2007.8.24)

(51) Int. Cl. F I  
 HO 1 L 21/338 (2006.01) HO 1 L 29/80 H  
 HO 1 L 29/778 (2006.01) HO 1 L 29/80 Q  
 HO 1 L 29/812 (2006.01) HO 1 L 29/78 3 O 1 B  
 HO 1 L 29/78 (2006.01)

請求項の数 5 (全 26 頁)

(21) 出願番号	特願2004-255467 (P2004-255467)	(73) 特許権者	000003078
(22) 出願日	平成16年9月2日(2004.9.2)		株式会社東芝
(65) 公開番号	特開2006-73802 (P2006-73802A)		東京都港区芝浦一丁目1番1号
(43) 公開日	平成18年3月16日(2006.3.16)	(74) 代理人	100075812
審査請求日	平成17年3月14日(2005.3.14)		弁理士 吉武 賢次
		(74) 代理人	100088889
			弁理士 橘谷 英俊
		(74) 代理人	100082991
			弁理士 佐藤 泰和
		(74) 代理人	100096921
			弁理士 吉元 弘
		(74) 代理人	100103263
			弁理士 川崎 康
		(74) 代理人	100112793
			弁理士 高橋 佳大

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 窒化物含有半導体装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

チャンネル層として形成されたノンドープの第1の窒化アルミニウムガリウム ( $Al_x Ga_{1-x} N(0 < x < 1)$ ) 層と、

前記第1の窒化アルミニウムガリウム層上にバリア層として形成されたノンドープ又はn型の第2の窒化アルミニウムガリウム ( $Al_y Ga_{1-y} N(0 < y < 1, x < y)$ ) 層と、

前記第2の窒化アルミニウムガリウム層上の所定領域に所定間隔ごとに形成されたストライプ状の部分をもつp型の第3の窒化アルミニウムガリウム ( $Al_z Ga_{1-z} N(0 < z < 1)$ ) 層と、

前記第3の窒化アルミニウムガリウム層の一端に電氣的に接続されるように前記第2の窒化アルミニウムガリウム層上に形成されたソース電極と、

前記第3の窒化アルミニウムガリウム層の他端から離隔して前記第2の窒化アルミニウムガリウム層上に形成されたドレイン電極と、

前記ソース電極と前記ドレイン電極との間であって前記第3の窒化アルミニウムガリウム層の他端よりも前記ソース電極寄りに前記第2の窒化アルミニウムガリウム層上に形成されたゲート電極と、

を備えていることを特徴とする窒化物含有半導体装置。

【請求項2】

前記第2の窒化アルミニウムガリウム層と前記ゲート電極との間に形成されたp型の第

4の窒化アルミニウムガリウム ( $Al_z Ga_{1-z} N$  ( $0 < z < 1$ ))層をさらに備えていることを特徴とする請求項1に記載の窒化物含有半導体装置。

【請求項3】

前記第3の窒化アルミニウムガリウム層と前記第4の窒化アルミニウムガリウム層との間隔  $d$  が、前記ソース電極から前記ドレイン電極に向かう方向における前記第4の窒化アルミニウムガリウム層の長さ  $L$  よりも短い ( $d < L$ ) ことを特徴とする請求項2に記載の窒化物含有半導体装置。

【請求項4】

前記ゲート電極並びに前記第3及び第4の窒化アルミニウムガリウム層を被覆して形成された絶縁膜と、

前記ゲート電極並びに前記第3及び第4の窒化アルミニウムガリウム層を被覆するように前記絶縁膜上に形成され、前記ソース電極に電氣的に接続されたフィールドプレート電極と、

さらに備えていることを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載の窒化物含有半導体装置。

【請求項5】

前記第2の窒化アルミニウムガリウム層と前記ゲート電極との間に形成されたゲート絶縁膜をさらに備えていることを特徴とする請求項1に記載の窒化物含有半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電力制御に用いられる窒化物含有半導体装置に係り、特に、窒化物を含有する横型電力用 FET に関する。

【背景技術】

【0002】

スイッチング電源やインバータ等の回路には、スイッチング素子やダイオード等、電力制御に用いられる電力用半導体素子（パワー半導体素子）が用いられ、このパワー半導体素子には、高耐圧及び低オン抵抗が求められる。

【0003】

そして、半導体素子の耐圧とオン抵抗との間には、素子材料によって決まるトレードオフの関係がある。

【0004】

主な素子材料であるシリコンを用いた場合のパワー半導体素子においては、これまでの技術開発の進展により、既に限界近くまで低オン抵抗が実現されている。

【0005】

従って、パワー半導体素子のオン抵抗をさらに低減するには、素子材料の変更が必要である。窒化ガリウム ( $GaN$ ) や窒化アルミニウムガリウム ( $AlGaN$ ) 等の窒化物含有半導体や炭化珪素（シリコンカーバイド： $SiC$ ）等のワイドバンドギャップ半導体をスイッチング素子材料として用いることにより、材料によって決まる上記トレードオフの関係を改善することができ、素子の飛躍的な低オン抵抗化を図ることが可能である。

【0006】

現在、ワイドバンドギャップ半導体を用いたパワー半導体素子の研究が盛んに行われているが、窒化ガリウム ( $GaN$ ) 等の窒化物含有半導体素子は、低オン抵抗化は実現されてはいるが、アバランシェ耐量等、パワー半導体素子の特性を考慮した設計は行われていない。これは、窒化ガリウム ( $GaN$ ) 系素子は、通信用素子を基礎として設計が行われているためである。

【0007】

尚、窒化ガリウム ( $GaN$ ) を素子材料として用いたいくつかの半導体素子がこれまでに提案され、公知となっている（例えば、特許文献1参照）。

【特許文献1】特開2001-168111号公報

10

20

30

40

50

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0008】

本発明の目的は、高アバランシェ耐量を有する、高耐圧且つ超低オン抵抗の窒化物含有電力用半導体装置を提供することである。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0009】

本発明の実施の一形態に係る窒化物含有半導体装置によれば、

チャンネル層として形成されたノンドープの第1の窒化アルミニウムガリウム ( $Al_x Ga_{1-x} N$  ( $0 < x < 1$ )) 層と、

上記第1の窒化アルミニウムガリウム層上にバリア層として形成されたノンドープ又はn型の第2の窒化アルミニウムガリウム ( $Al_y Ga_{1-y} N$  ( $0 < y < 1$ ,  $x < y$ )) 層と、

上記第2の窒化アルミニウムガリウム層上の所定領域に所定間隔ごとに形成されたストライプ状の部分に有するp型の第3の窒化アルミニウムガリウム ( $Al_z Ga_{1-z} N$  ( $0 < z < 1$ )) 層と、

上記第3の窒化アルミニウムガリウム層の一端に電氣的に接続されるように上記第2の窒化アルミニウムガリウム層上に形成されたソース電極と、

上記第3の窒化アルミニウムガリウム層の他端から離隔して上記第2の窒化アルミニウムガリウム層上に形成されたドレイン電極と、

上記ソース電極と上記ドレイン電極との間であって上記第3の窒化アルミニウムガリウム層の他端よりも上記ソース電極寄りに上記第2の窒化アルミニウムガリウム層上に形成されたゲート電極と、

を備えていることを特徴とする。

## 【発明の効果】

## 【0010】

本発明の実施の一形態に係る窒化物含有半導体装置は、上記構成により、高アバランシェ耐量を有する、超低オン抵抗の窒化物含有電力用半導体装置を提供することができる。

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0011】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。尚、図面中の同一部分には同一符号を付している。

## 【0012】

図1は、本発明の第1の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置の構成を模式的に示す平面図(a)並びに断面図(b)及び(c)である。尚、断面図(b)及び(c)は、それぞれ、平面図(a)に示されている線分AA'及びBB'における断面構造を示している。

## 【0013】

本発明の第1の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置は、チャンネル層として形成されたノンドープの窒化ガリウム ( $GaN$ ) 層1と、窒化ガリウム ( $GaN$ ) 層1上にバリア層として形成されたn型窒化アルミニウムガリウム ( $AlGaN$ ) 層2と、n型窒化アルミニウムガリウム ( $AlGaN$ ) 層2上の所定領域に所定間隔ごとに略平行に形成されたストライプ状のp型窒化ガリウム ( $GaN$ ) 層3と、p型窒化ガリウム ( $GaN$ ) 層3の一端に電氣的に接続されるようにn型窒化アルミニウムガリウム ( $AlGaN$ ) 層2上に形成されたソース電極4と、p型窒化ガリウム ( $GaN$ ) 層3の他端から離隔してn型窒化アルミニウムガリウム ( $AlGaN$ ) 層2上に形成されたドレイン電極5と、ソース電極4とドレイン電極5との間であってp型窒化ガリウム ( $GaN$ ) 層3の他端よりもソース電極4寄りにn型窒化アルミニウムガリウム ( $AlGaN$ ) 層2上に形成されたゲート電極6と、を備えている。

## 【0014】

10

20

30

40

50

窒化ガリウム ( $\text{GaN}$ ) 層 1 は、第 1 の窒化アルミニウムガリウム ( $\text{Al}_x \text{Ga}_{1-x} \text{N}$  ( $0 < x < 1$ )) 層として形成されたものであり、 $n$  型窒化アルミニウムガリウム ( $\text{AlGaN}$ ) 層 2 は、第 2 の窒化アルミニウムガリウム ( $\text{Al}_y \text{Ga}_{1-y} \text{N}$  ( $0 < y < 1$ ,  $x < y$ )) 層として形成されたものである。

【0015】

また、 $n$  型窒化アルミニウムガリウム ( $\text{AlGaN}$ ) 層 2 上に形成されたゲート電極 6 は、 $n$  型窒化アルミニウムガリウム ( $\text{AlGaN}$ ) 層 2 との間にショットキー接合を形成している。

【0016】

上記構造にも表れているように、本発明の第 1 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置は、窒化アルミニウムガリウム / 窒化ガリウム ( $\text{AlGaN} / \text{GaN}$ ) ヘテロ構造を含む横型窒化ガリウム系高電子移動度トランジスタ (HEMT: High Electron Mobility Transistor) である。

【0017】

また、 $p$  型窒化ガリウム ( $\text{GaN}$ ) 層 3 は、第 3 の窒化アルミニウムガリウム ( $\text{Al}_z \text{Ga}_{1-z} \text{N}$  ( $0 < z < 1$ )) 層として形成されたものであり、従来の HEMT 構造には存在しなかった構成要素である。

【0018】

従来の HEMT 構造においては、 $p$  型窒化ガリウム ( $\text{GaN}$ ) 層 3 が形成されていないため、ドレイン電極 5 に高電圧が印加されると、ゲート電極 6 端部やドレイン電極 5 端部でアバランシェ降伏が起こる。このときに発生したホールは、 $n$  型窒化アルミニウムガリウム ( $\text{AlGaN}$ ) 層 2 の存在によってゲート電極 6 から速やかに排出されず、チャンネル層としての窒化ガリウム ( $\text{GaN}$ ) 層 1 に蓄積されてしまう。そのため、窒化ガリウム ( $\text{GaN}$ ) 層 1 内の電界がさらに大きくなって、アバランシェ降伏電流が増大し、素子の破壊に至る。即ち、従来の HEMT 構造は、アバランシェ降伏に対する耐量が小さかった。

【0019】

一方、本発明の第 1 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置においては、ソース電極 4 に電氣的に接続され、ゲート電極 6 よりもドレイン電極 5 側に突出して延在する  $p$  型窒化ガリウム ( $\text{GaN}$ ) 層 3 を  $n$  型窒化アルミニウムガリウム ( $\text{AlGaN}$ ) 層 2 上に形成しているため、ドレイン電極 5 に高電圧が印加されると、アバランシェ降伏は、 $p$  型窒化ガリウム ( $\text{GaN}$ ) 層 3 と  $n$  型窒化アルミニウムガリウム ( $\text{AlGaN}$ ) 層 2 との間に形成される  $p-n$  接合で起こる。従って、発生したホールは、 $p$  型窒化ガリウム ( $\text{GaN}$ ) 層 3 を介して速やかにソース電極 4 に排出される。即ち、 $p$  型窒化ガリウム ( $\text{GaN}$ ) 層 3 は、ホールの抜け道となる避雷針的機能を果たすことになる。そのため、チャンネル層としての窒化ガリウム ( $\text{GaN}$ ) 層 1 にホールが蓄積されることがなくなり、高いアバランシェ耐量を実現することができる。

【0020】

尚、窒化アルミニウムガリウム ( $\text{AlGaN}$ ) 層 2 は、 $n$  型層ではなくノンドープ層として形成しても実施可能である。

【0021】

$p$  型窒化ガリウム ( $\text{GaN}$ ) 層 3 は、上述のように、第 3 の窒化アルミニウムガリウム ( $\text{Al}_z \text{Ga}_{1-z} \text{N}$  ( $0 < z < 1$ )) 層として形成されたものであるから、 $p$  型窒化ガリウム ( $\text{GaN}$ ) 層ではなく  $p$  型窒化アルミニウムガリウム ( $\text{AlGaN}$ ) 層として形成しても実施可能である。

【0022】

また、 $p$  型窒化ガリウム ( $\text{GaN}$ ) 層 3 は、本実施の形態においては、所定領域に所定間隔ごとに略平行に形成するものとしているが、「所定間隔ごと」とは一定間隔ごとでなくてもよく、必ずしも相互に略平行でなくてもよい。

【0023】

さらに、 $p$  型窒化ガリウム ( $\text{GaN}$ ) 層 3 の水平断面形状は任意であるが、本実施の形

10

20

30

40

50

態及び後述する他の実施の形態のように、ストライプ状の部分の有する形状であると、所期の効果を容易に得ることができる。

【0024】

図2は、本発明の第2の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置の構成を模式的に示す平面図(a)並びに断面図(b)及び(c)である。尚、断面図(b)及び(c)は、それぞれ、平面図(a)に示されている線分AA'及びBB'における断面構造を示している。

【0025】

本発明の第2の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置は、チャンネル層として形成されたノンドープの窒化ガリウム(GaN)層1と、窒化ガリウム(GaN)層1上にバリア層として形成されたn型窒化アルミニウムガリウム(AlGaN)層2と、n型窒化アルミニウムガリウム(AlGaN)層2上の所定領域に所定間隔ごとに略平行に形成されたストライプ状のp型窒化ガリウム(GaN)層3と、p型窒化ガリウム(GaN)層3の一端に電氣的に接続されるようにn型窒化アルミニウムガリウム(AlGaN)層2上に形成されたソース電極4と、p型窒化ガリウム(GaN)層3の他端から離隔してn型窒化アルミニウムガリウム(AlGaN)層2上に形成されたドレイン電極5と、ソース電極4とドレイン電極5との間であってp型窒化ガリウム(GaN)層3の他端よりもソース電極4寄りにn型窒化アルミニウムガリウム(AlGaN)層2上に形成されたp型窒化ガリウム(GaN)層7と、p型窒化ガリウム(GaN)層7上に形成されたゲート電極6と、を備えている。

【0026】

即ち、本発明の第2の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置は、本発明の第1の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置に対して、ゲート電極6直下のn型窒化アルミニウムガリウム(AlGaN)層2上にp型窒化ガリウム(GaN)層7を追加して形成したものである。換言すると、p型窒化ガリウム(GaN)層7は、n型窒化アルミニウムガリウム(AlGaN)層2とゲート電極6との間に挟み込まれるように形成されている。

【0027】

このp型窒化ガリウム(GaN)層7を形成したことにより、ゲート電極6に電圧を印加していない状態でp型窒化ガリウム(GaN)層7直下のチャンネルは空乏化され、ノーマリオフを実現することができる。

【0028】

p型窒化ガリウム(GaN)層3が形成されていない従来のノーマリオフ型HEMT構造においては、アバランシェ降伏が起きると、ホールがp型窒化ガリウム(GaN)層7を介してゲート電極6に流れ込むため、アバランシェ降伏時に素子が破壊に至らなくてもゲート駆動回路が破壊されてしまうという問題点があった。

【0029】

一方、本発明の第2の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置のように、ゲート電極6直下にp型窒化ガリウム(GaN)層7が形成されているノーマリオフ型HEMT構造においても、ソース電極4に電氣的に接続され、ゲート電極6よりもドレイン電極5側に突出して延在するp型窒化ガリウム(GaN)層3をn型窒化アルミニウムガリウム(AlGaN)層2上に形成することにより、アバランシェ降伏時にゲート駆動回路に負担をかけることを回避し、高いアバランシェ耐量を実現することができる。

【0030】

尚、p型窒化ガリウム(GaN)層3とp型窒化ガリウム(GaN)層7とは、n型窒化アルミニウムガリウム(AlGaN)層2上にp型窒化ガリウム(GaN)層を結晶成長させた後、エッチングによりパターンングすることによって同時に形成することが可能である。

【0031】

図3は、本発明の第2の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置におけるp型窒

10

20

30

40

50

化ガリウム層3とp型窒化ガリウム層7との間隔d、及び、p型窒化ガリウム層7の長さ(チャンネル長)Lを示す平面図である。

【0032】

図3に示すように、p型窒化ガリウム(GaN)層3とp型窒化ガリウム(GaN)層7との間隔dとは、両者間の距離のことであり、p型窒化ガリウム(GaN)層7の長さ、即ち、チャンネル長Lとは、ソース電極4からドレイン電極に向かう方向におけるp型窒化ガリウム(GaN)層7の寸法のことである。

【0033】

本発明の第2の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置においては、p型窒化ガリウム(GaN)層3とp型窒化ガリウム(GaN)層7との間隔dを、p型窒化ガリウム(GaN)層7の長さ、即ち、チャンネル長Lよりも短くすることによって、換言すると、上記間隔dとチャンネル長Lとの関係を不等式 $L > d$ が成立するように設定することによって、ゲート電極6直下のチャンネルを確実に空乏化してノーマリオフを実現し、ドレイン電圧に対するゲート閾値電圧の変動を小さくすることができる。

【0034】

図4は、本発明の第3の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置の構成を模式的に示す平面図(a)並びに断面図(b)及び(c)である。尚、断面図(b)及び(c)は、それぞれ、平面図(a)に示されている線分AA'及びBB'における断面構造を示している。

【0035】

本発明の第3の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置は、チャンネル層として形成されたノンドープの窒化ガリウム(GaN)層1と、窒化ガリウム(GaN)層1上にバリア層として形成されたn型窒化アルミニウムガリウム(AlGaN)層2と、n型窒化アルミニウムガリウム(AlGaN)層2上の所定領域に所定間隔ごとに略平行に形成されたストライプ状のp型窒化ガリウム(GaN)層3と、p型窒化ガリウム(GaN)層3の一端に電氣的に接続されるようにn型窒化アルミニウムガリウム(AlGaN)層2上に形成されたソース電極4と、p型窒化ガリウム(GaN)層3の他端から離隔してn型窒化アルミニウムガリウム(AlGaN)層2上に形成されたドレイン電極5と、ソース電極4とドレイン電極5との間であってp型窒化ガリウム(GaN)層3の他端よりもソース電極4寄りにn型窒化アルミニウムガリウム(AlGaN)層2上に形成されたp型窒化ガリウム(GaN)層7と、p型窒化ガリウム(GaN)層7上に形成されたゲート電極6と、ゲート電極6及びp型窒化ガリウム(GaN)層7並びにp型窒化ガリウム(GaN)層3を被覆して形成された絶縁膜8と、ゲート電極6及びp型窒化ガリウム(GaN)層7並びにp型窒化ガリウム(GaN)層3を被覆するように絶縁膜8上に形成され、ソース電極4に電氣的に接続されたフィールドプレート電極9と、を備えている。

【0036】

即ち、本発明の第3の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置は、本発明の第2の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置に対して、絶縁膜8を介してゲート電極6及びp型窒化ガリウム(GaN)層7並びにp型窒化ガリウム(GaN)層3を被覆するように形成され、ソース電極4に電氣的に接続されたフィールドプレート電極9を追加して形成したものである。

【0037】

このフィールドプレート電極9を形成したことにより、p型窒化ガリウム(GaN)層3端部の電界を緩和して、高耐圧を実現することができる。

【0038】

尚、フィールドプレート電極9は、本実施の形態に限らず、他の実施の形態において形成してもよい。

【0039】

図5は、本発明の第4の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置の構成を模式的

10

20

30

40

50

に示す平面図 ( a ) 並びに断面図 ( b ) 及び ( c ) である。尚、断面図 ( b ) 及び ( c ) は、それぞれ、平面図 ( a ) に示されている線分 A A ' 及び B B ' における断面構造を示している。

【 0 0 4 0 】

本発明の第 4 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置は、チャンネル層として形成されたノンドープの窒化ガリウム ( G a N ) 層 1 と、窒化ガリウム ( G a N ) 層 1 上にバリア層として形成された n 型窒化アルミニウムガリウム ( A l G a N ) 層 2 と、n 型窒化アルミニウムガリウム ( A l G a N ) 層 2 上の所定領域に所定間隔ごとに略平行に形成されたストライプ状の p 型窒化ガリウム ( G a N ) 層 3 と、p 型窒化ガリウム ( G a N ) 層 3 の一端に電氣的に接続されるように n 型窒化アルミニウムガリウム ( A l G a N ) 層 2 上に形成されたソース電極 4 と、p 型窒化ガリウム ( G a N ) 層 3 の他端から離隔して n 型窒化アルミニウムガリウム ( A l G a N ) 層 2 上に形成されたドレイン電極 5 と、ソース電極 4 とドレイン電極 5 との間であって p 型窒化ガリウム ( G a N ) 層 3 の他端よりもソース電極 4 寄りに n 型窒化アルミニウムガリウム ( A l G a N ) 層 2 上に形成された p 型窒化ガリウム ( G a N ) 層 7 と、p 型窒化ガリウム ( G a N ) 層 7 上に形成されたゲート電極 6 と、ゲート電極 6 及び p 型窒化ガリウム ( G a N ) 層 7 並びに p 型窒化ガリウム ( G a N ) 層 3 を被覆して形成された絶縁膜 8 と、ゲート電極 6 及び p 型窒化ガリウム ( G a N ) 層 7 並びに p 型窒化ガリウム ( G a N ) 層 3 を被覆するように絶縁膜 8 上に形成され、ソース電極 4 に電氣的に接続されたフィールドプレート電極 9 と、ドレイン電極 5 近傍領域を被覆するように絶縁膜 8 上に形成され、ドレイン電極 5 に電氣的に接続された第 2 のフィールドプレート電極 1 0 と、を備えている。

10

20

【 0 0 4 1 】

即ち、本発明の第 4 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置は、本発明の第 3 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置に対して、さらに、絶縁膜 8 を介してドレイン電極 5 近傍領域を被覆するように形成され、ドレイン電極 5 に電氣的に接続された第 2 のフィールドプレート電極 1 0 を追加して形成したものである。

【 0 0 4 2 】

この第 2 のフィールドプレート電極 1 0 を形成したことにより、ドレイン電極 5 端部の電界も緩和して、さらに高耐圧を実現することができる。

【 0 0 4 3 】

また、本発明の第 4 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置の構造において、ドレイン電極 5 に高電圧が印加されたときに、アバランシェ降伏が起これるとすれば、ドレイン電極 5 端部ではなく、確実に p 型窒化ガリウム ( G a N ) 層 3 端部で起こるようにすることにより、ホールが確実に排出されるようにして高いアバランシェ耐量を確保することが可能である。

30

【 0 0 4 4 】

そのためには、ゲート電極 6 端部からフィールドプレート電極 9 端部までの距離を、ドレイン電極 5 端部から第 2 のフィールドプレート電極 1 0 端部までの距離よりも短くするとよい。

【 0 0 4 5 】

尚、フィールドプレート電極 9 及び第 2 のフィールドプレート電極 1 0 は、本実施の形態に限らず、他の実施の形態において形成してもよい。

40

【 0 0 4 6 】

図 6 は、本発明の第 5 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置の構成を模式的に示す平面図 ( a ) 並びに断面図 ( b ) 及び ( c ) である。尚、断面図 ( b ) 及び ( c ) は、それぞれ、平面図 ( a ) に示されている線分 A A ' 及び B B ' における断面構造を示している。

【 0 0 4 7 】

本発明の第 5 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置は、チャンネル層として形成されたノンドープの窒化ガリウム ( G a N ) 層 1 と、窒化ガリウム ( G a N ) 層 1 上に

50

バリア層として形成された n 型窒化アルミニウムガリウム (AlGa<sub>N</sub>) 層 2 と、n 型窒化アルミニウムガリウム (AlGa<sub>N</sub>) 層 2 上の所定領域に所定間隔ごとに略平行に形成されたストライプ状の p 型窒化ガリウム (Ga<sub>N</sub>) 層 3 と、p 型窒化ガリウム (Ga<sub>N</sub>) 層 3 の一端に電氣的に接続されるように n 型窒化アルミニウムガリウム (AlGa<sub>N</sub>) 層 2 上に形成されたソース電極 4 と、p 型窒化ガリウム (Ga<sub>N</sub>) 層 3 の他端から離隔して n 型窒化アルミニウムガリウム (AlGa<sub>N</sub>) 層 2 上に形成されたドレイン電極 5 と、ソース電極 4 とドレイン電極 5 との間の n 型窒化アルミニウムガリウム (AlGa<sub>N</sub>) 層 2 及び p 型窒化ガリウム (Ga<sub>N</sub>) 層 3 を被覆して形成されたゲート絶縁膜 11 と、ソース電極 4 とドレイン電極 5 との間であって p 型窒化ガリウム (Ga<sub>N</sub>) 層 3 の他端よりもソース電極 4 寄りにゲート絶縁膜 11 上に形成されたゲート電極 6 と、を備えている。

10

【0048】

本発明の第 5 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置は、本発明の第 1 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置と異なり、ゲート電極 6 と n 型窒化アルミニウムガリウム (AlGa<sub>N</sub>) 層 2 との間にゲート絶縁膜 11 が形成されている。

【0049】

従って、ゲート電極 6 は、n 型窒化アルミニウムガリウム (AlGa<sub>N</sub>) 層 2 との間にショットキー接合を形成せず、本発明の第 5 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置は、MIS ゲート構造となる。

【0050】

上記構造にも表れているように、本発明の第 5 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置は、窒化アルミニウムガリウム / 窒化ガリウム (AlGa<sub>N</sub> / Ga<sub>N</sub>) ヘテロ構造を含む MIS ゲート構造の横型窒化ガリウム系電界効果トランジスタ (MIS - HFE<sub>T</sub>) である。

20

【0051】

本発明の第 5 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置は、本発明の第 1 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置と同様の効果が得られる他、ゲート絶縁膜 11 を形成したことにより、ゲートリーク電流を劇的に小さくすることができ、ゲート駆動回路の負荷を軽減することができる。

【0052】

図 7 は、本発明の第 6 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置の構成を模式的に示す平面図 (a) 並びに断面図 (b) 及び (c) である。尚、断面図 (b) 及び (c) は、それぞれ、平面図 (a) に示されている線分 AA' 及び BB' における断面構造を示している。

30

【0053】

本発明の第 6 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置は、チャンネル層として形成されたノンドープの窒化ガリウム (Ga<sub>N</sub>) 層 1 と、窒化ガリウム (Ga<sub>N</sub>) 層 1 上にバリア層として形成された n 型窒化アルミニウムガリウム (AlGa<sub>N</sub>) 層 2 と、n 型窒化アルミニウムガリウム (AlGa<sub>N</sub>) 層 2 上の所定領域に所定間隔ごとに略平行に形成されたストライプ状の p 型窒化ガリウム (Ga<sub>N</sub>) 層 3 と、p 型窒化ガリウム (Ga<sub>N</sub>) 層 3 の一端に電氣的に接続されるように n 型窒化アルミニウムガリウム (AlGa<sub>N</sub>) 層 2 上に形成されたソース電極 4 と、p 型窒化ガリウム (Ga<sub>N</sub>) 層 3 の他端から離隔して n 型窒化アルミニウムガリウム (AlGa<sub>N</sub>) 層 2 上に形成されたドレイン電極 5 と、ソース電極 4 とドレイン電極 5 との間であって p 型窒化ガリウム (Ga<sub>N</sub>) 層 3 の他端よりもソース電極 4 寄りに n 型窒化アルミニウムガリウム (AlGa<sub>N</sub>) 層 2 上に形成された p 型窒化ガリウム (Ga<sub>N</sub>) 層 7 と、ソース電極 4 とドレイン電極 5 との間の n 型窒化アルミニウムガリウム (AlGa<sub>N</sub>) 層 2 並びに p 型窒化ガリウム (Ga<sub>N</sub>) 層 3 及び p 型窒化ガリウム (Ga<sub>N</sub>) 層 7 を被覆して形成されたゲート絶縁膜 11 と、ゲート絶縁膜 11 上の p 型窒化ガリウム (Ga<sub>N</sub>) 層 7 上の領域に形成されたゲート電極 6 と、を備えている。

40

【0054】

50

即ち、本発明の第6の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置は、本発明の第5の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置に対して、ゲート電極6直下のn型窒化アルミニウムガリウム(A1Ga<sub>2</sub>N)層2とゲート絶縁膜11との間にp型窒化ガリウム(GaN)層7を追加して形成したものである。換言すると、p型窒化ガリウム(GaN)層7は、ゲート絶縁膜11を介してゲート電極6とn型窒化アルミニウムガリウム(A1Ga<sub>2</sub>N)層2との間に挟み込まれるように形成されている。

【0055】

このp型窒化ガリウム(GaN)層7を形成したことにより、MISゲート構造の横型窒化ガリウム系電界効果トランジスタ(MIS-HFET)においても、ゲート電極6に電圧を印加していない状態でp型窒化ガリウム(GaN)層7直下のチャンネルは空乏化され、ノーマリオフを実現することができる。

10

【0056】

従来のノーマリオフ型電界効果トランジスタでは、MISゲート構造を採用すると、p型窒化ガリウム(GaN)層7がいずれの電極にも接続されない状態となるため、アバランシェ降伏時に発生するホールの排出が不可能となり、アバランシェ耐量は非常に小さかった。

【0057】

一方、本発明の第6の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置においては、ソース電極4に電氣的に接続され、ゲート電極6よりもドレイン電極5側に突出して延在するp型窒化ガリウム(GaN)層3がn型窒化アルミニウムガリウム(A1Ga<sub>2</sub>N)層2上に形成されているので、アバランシェ耐量を確保したまま、ゲート構造をMISゲート化することができる。

20

【0058】

ところで、ゲート絶縁膜と半導体層との界面には、界面準位が存在する。高温状態でゲート/ドレイン間に電圧が印加されると、上記界面準位にキャリアがトラップされて、固定電荷が発生したような状態になる。

【0059】

そして、従来のMISゲート構造電界効果トランジスタでは、ゲート絶縁膜に阻まれて電流は流ることができないため、上記固定電荷を除去することができない。その結果、素子内の電界分布が変化してしまう。また、固定電荷の量が大きくなり過ぎると、素子耐圧を低下させる結果にもなる。

30

【0060】

一方、本発明の第6の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置においては、界面準位にキャリアがトラップされたとしても、p型窒化ガリウム(GaN)層3とドレイン電極5との間で電流を流すことができるため、固定電荷とはならない。

【0061】

このように、本発明の第6の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置の構造は、高温状態での信頼性の向上にも有効である。

【0062】

図8は、本発明の第7の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置の構成を模式的に示す平面図である。

40

【0063】

本発明の第7の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置は、上述した本発明の各実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置に適用可能な素子ブロック全体の平面構成に関するものである。

【0064】

図8に示すように、本発明の第7の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置の素子ブロックは、素子ブロックの素子領域に延在する素子領域ソース電極配線、素子ブロックの周縁部近傍を周回して形成された周縁部ソース電極配線、並びに、素子領域ソース電極配線及び周縁部ソース電極配線と外部との接続に用いられる引出部ソース電極配線を有

50

するソース電極 4 と、素子ブロックの素子領域に延在する素子領域ドレイン電極配線、及び、素子領域ドレイン電極配線と外部との接続に用いられる引出部ドレイン電極配線を有するドレイン電極 5 と、一端が素子領域ソース電極配線に電氣的に接続され、他端が素子領域ドレイン電極配線から離隔するように、素子領域ソース電極配線から素子領域ドレイン電極配線に向かってストライプ状に且つ所定間隔ごとに略平行に形成された素子領域 p 型窒化ガリウム (Ga N) 層、周縁部ソース電極配線に電氣的に接続され、引出部ドレイン電極配線から離隔するように、周縁部ソース電極配線と引出部ドレイン電極配線との間に形成された素子領域外 p 型窒化ガリウム (Ga N) 層、及び、周縁部ソース電極配線を包囲して素子分離領域に形成され、素子ブロックと周囲とを絶縁分離する素子分離領域 p 型窒化ガリウム (Ga N) 層を有する p 型窒化ガリウム (Ga N) 層 3 と、素子領域ソース電極配線と素子領域ドレイン電極配線との間であって素子領域 p 型窒化ガリウム (Ga N) 層の素子領域ドレイン電極配線側端部よりも素子領域ソース電極配線よりに形成されたゲート電極 6 と、ゲート電極と外部との接続に用いられるゲート引出電極 1 2 と、を備えている。

10

## 【0065】

即ち、本発明の第 7 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置は、素子ブロック周縁部を包囲し、素子ブロックと周囲とを絶縁分離する素子分離領域を p 型窒化ガリウム (Ga N) 層 3 によって形成している点が、従来の素子構造と異なっている。

## 【0066】

従来の素子構造では、エッチングやイオン注入により素子分離領域を形成していた。

20

## 【0067】

これに対して、本発明の第 7 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置においては、素子分離領域 p 型窒化ガリウム (Ga N) 層 3 によって素子ブロック周縁部を包囲することによって p n 分離を行うのと同様な効果が得られるため、p 型窒化ガリウム (Ga N) 層 3 のパターン形成と素子分離プロセスとを同時に行うことができる。

## 【0068】

尚、素子ブロックの素子領域においては、ソース電極 4 及びドレイン電極 5 と平行な方向に沿って見ると、所定間隔ごとに形成されているゲート電極 6 と交互に配置された状態で所定間隔ごとにストライプ状の素子領域 p 型窒化ガリウム (Ga N) 層 3 が形成されているので、ゲート電極 6 を引き出すためのゲート引出電極 1 2 が多層配線技術により形成されている。

30

## 【0069】

また、ストライプ状の素子領域 p 型窒化ガリウム (Ga N) 層 3 は、必ずしも素子領域に一樣に形成する必要はなく、一部領域にのみ形成してもよい。その場合には、当該領域において上述の効果をj得ることができる。

## 【0070】

図 9 は、本発明の第 8 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置の構成を模式的に示す平面図である。

## 【0071】

本発明の第 8 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置は、本発明の第 7 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置と同様に、上述した本発明の各実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置に適用可能な素子ブロック全体の平面構成に関するものである。また、本発明の第 8 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置は、本発明の第 7 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置の一部構成を変更した変形例である。

40

## 【0072】

本発明の第 8 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置においては、図 9 に示すように、素子領域外におけるドレイン電極 5 の引出部ドレイン電極配線と素子領域外 p 型窒化ガリウム (Ga N) 層 3 との距離 L 1 が、素子領域におけるドレイン電極 5 の素子領域ドレイン電極配線と素子領域外 p 型窒化ガリウム (Ga N) 層 3 との距離 L 2 よりも小

50

さく設定されている。

【0073】

このようにp型窒化ガリウム(GaN)層3とドレイン電極5との距離を素子ブロック内の領域ごとに変化させることによって、アバランシェ降伏の起こる箇所を所定領域に誘導することが可能である。

【0074】

例えば、図9の例のように、上記距離 $L_1$ 、 $L_2$ の関係を不等式 $L_1 < L_2$ が成立するように設定することによって、アバランシェ降伏が起こるとすれば、素子領域ではなく素子領域外で起こるようになる。

【0075】

従って、アバランシェ降伏による素子領域の破壊を確実に防止することができ、仮にアバランシェ降伏が起こってもゲート駆動回路へのアバランシェ電流の流入を回避することができる。

【0076】

尚、図8、図9に示した本発明の第7、第8の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置の平面構成に完全に対応しているのは、図1に示した本発明の第1の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置であるが、上述のように、本発明の第7、第8の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置の平面構成は、図2乃至図7に示した本発明の第2乃至第6の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置、即ち、ノーマリオフ型構造素子やMISゲート構造素子にも適用可能である。

【0077】

図10は、本発明の第9の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置の構成を模式的に示す平面図(a)並びに断面図(b)及び(c)である。尚、断面図(b)及び(c)は、それぞれ、平面図(a)に示されている線分AA'及びBB'における断面構造を示している。

【0078】

本発明の第9の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置は、チャンネル層として形成されたノンドープの窒化ガリウム(GaN)層1と、窒化ガリウム(GaN)層1上にバリア層として形成されたn型窒化アルミニウムガリウム(AlGaN)層2と、n型窒化アルミニウムガリウム(AlGaN)層2上の所定領域に所定間隔ごとに略平行に形成されたストライプ状の形状を有し、かつ、所定位置において長手方向と交差する方向に突出する突出部を有するp型窒化ガリウム(GaN)層3と、p型窒化ガリウム(GaN)層3の長手方向の一端に電氣的に接続されるようにn型窒化アルミニウムガリウム(AlGaN)層2上に形成されたソース電極4と、p型窒化ガリウム(GaN)層3の長手方向の他端から離隔してn型窒化アルミニウムガリウム(AlGaN)層2上に形成されたドレイン電極5と、ソース電極4とドレイン電極5との間のn型窒化アルミニウムガリウム(AlGaN)層2及びp型窒化ガリウム(GaN)層3を被覆して形成されたゲート絶縁膜11と、ソース電極4とドレイン電極5との間であってp型窒化ガリウム(GaN)層3の長手方向の他端よりもソース電極4寄りに、かつ、p型窒化ガリウム(GaN)層3の突出部にゲート絶縁膜11を介して一部が重なり合うように、ゲート絶縁膜11上に形成されたゲート電極6と、を備えている。

【0079】

本発明の第9の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置は、図6に示した本発明の第5の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置と同様に、窒化アルミニウムガリウム/窒化ガリウム(AlGaN/GaN)ヘテロ構造を含み、かつ、ゲート電極6とn型窒化アルミニウムガリウム(AlGaN)層2との間にゲート絶縁膜11が形成されているMISゲート構造の横型窒化ガリウム系電界効果トランジスタ(MIS-HFET)である。

【0080】

但し、本発明の第9の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置は、p型窒化ガリ

10

20

30

40

50

ウム (GaN) 層 3 が単純なストライプ状の形状ではなく、所定位置において長手方向と交差する方向に突出する突出部を有している。そして、ゲート電極 6 が、p 型窒化ガリウム (GaN) 層 3 の突出部にゲート絶縁膜 11 を介して一部が重なり合うように形成されている。

【0081】

換言すると、ゲート電極 6 をゲート絶縁膜 11 上に形成したときに、ゲート電極 6 の一部がゲート絶縁膜 11 を介して p 型窒化ガリウム (GaN) 層 3 の突出部と重なり合うように、予め設計された突出部を有する p 型窒化ガリウム (GaN) 層 3 を形成しておく。

【0082】

斯かる構造を採用することによって、ゲート電極 6 直下のチャネル部分の電位分布は、p 型窒化ガリウム (GaN) 層 3 に依存することとなる。

10

【0083】

そして、ゲート絶縁膜 11 を介してゲート電極 6 の一端と重なり合う他の p 型窒化ガリウム (GaN) 層 3 とゲート電極 6 の他端と重なり合う他の p 型窒化ガリウム (GaN) 層 3 との間隔を変化させることにより、素子のゲート閾値電圧を調整することができる。例えば、上記二つの p 型窒化ガリウム (GaN) 層 3 の間隔を狭小化することにより、素子のゲート閾値電圧をプラス側に遷移させることができる。

【0084】

本発明の第 5 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置の変形例として図 7 に示した本発明の第 6 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置の構造では、ゲート電極 6 直下の p 型窒化ガリウム (GaN) 層 7 の不純物濃度に依存して素子のゲート閾値電圧が変動するのに対して、図 10 に示す本発明の第 9 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置では、ゲート絶縁膜 11 を介してゲート電極 6 の両端とそれぞれ重なり合う二つの p 型窒化ガリウム (GaN) 層 3 の間隔に依存して素子のゲート閾値電圧が変動する。

20

【0085】

通常、p 型窒化ガリウム (GaN) 層の不純物活性化率は低く、活性化した不純物濃度はばらつき易い。このため、素子のゲート閾値電圧をゲート電極 6 直下の p 型窒化ガリウム (GaN) 層 7 の不純物濃度によって調整する場合、素子のゲート閾値電圧もばらつき易くなる。

30

【0086】

しかし、本発明の第 9 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置の構造においては、素子のゲート閾値電圧が p 型窒化ガリウム (GaN) 層 3 の寸法によって決まるので、p 型窒化ガリウム (GaN) 層 3 の不純物濃度のばらつきは素子のゲート閾値電圧には影響せず、エッチング等の加工精度に依存する加工寸法のばらつきによって素子のゲート閾値電圧のばらつきが決まることになる。

【0087】

そして、エッチング等の加工精度に依存する加工寸法のばらつきは、結晶成長における不純物濃度のばらつきに比較して小さい。

【0088】

従って、本発明の第 9 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置は、本発明の第 5 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置と同様の効果が得られる他、素子のゲート閾値電圧のばらつきを小さく抑制することができる。

40

【0089】

図 11 は、本発明の第 9 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置における p 型窒化ガリウム層 3 の突出部の長さ L と突出部同士の間隔 W とを示す平面図である。

【0090】

p 型窒化ガリウム層 3 の突出部の長さ L は、ソース電極 4 からドレイン電極 5 へ向かう方向、即ち、ストライプ状の p 型窒化ガリウム層 3 の長手方向における p 型窒化ガリウム層 3 の突出部の寸法である。

50

## 【0091】

また、p型窒化ガリウム層3の突出部同士の間隔Wは、ゲート絶縁膜11を介してゲート電極6の一端と重なり合う一のp型窒化ガリウム(GaN)層3とゲート電極6の他端と重なり合う他のp型窒化ガリウム(GaN)層3との間隔である。

## 【0092】

ここでは、本発明の第9の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置におけるp型窒化ガリウム層3の突出部同士の間隔Wを、突出部の長さLよりも小さく、即ち、間隔Wと長さLとの関係を不等式 $W < L$ が成立するように設定している。

## 【0093】

ドレイン電極5に高電圧が印加されると、ゲート/ドレイン電極間の電位分布だけでなく、ゲート電極6直下のチャンネル部分の電位分布にも影響が及ぶ。

10

## 【0094】

このとき、ゲート電圧が閾値電圧より小さい値であっても、チャンネル部分の電位障壁がドレイン電圧により押し下げられると、ソース/ドレイン間に電流が流れるようになってオフリーク電流が増大し、ソフトブレイクダウンを起こすことがある。

## 【0095】

しかし、図11に示すような寸法の設定を行うことによって、ドレインからの電界がp型窒化ガリウム(GaN)層3に遮蔽され、チャンネル部分の電位分布の変化を防止することができ、結果として、ソフトブレイクダウンの発生を抑制することができる。

## 【0096】

図12は、本発明の第9の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置におけるp型窒化ガリウム層3同士の間隔 $W_b$ と、ゲート電極6のドレイン電極5側端部からp型窒化ガリウム層3のドレイン電極5側端部までの距離 $L_b$ とを示す平面図である。

20

## 【0097】

ここでは、本発明の第9の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置におけるp型窒化ガリウム層3同士の間隔 $W_b$ を、ゲート電極6のドレイン電極5側端部からp型窒化ガリウム層3のドレイン電極5側端部までの距離 $L_b$ よりも小さく、即ち、間隔 $W_b$ と距離 $L_b$ との関係を不等式 $W_b < L_b$ が成立するように設定している。

## 【0098】

このような寸法の設定を行うことによって、ドレイン電極5にさらに高電圧が印加された場合においても、チャンネル部分の電位分布は影響を受けにくくなり、ドレイン電圧の上昇に伴うオフリーク電流の増加を抑制することができる。

30

## 【0099】

図13は、本発明の第10の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置の構成を模式的に示す平面図(a)並びに断面図(b)及び(c)である。尚、断面図(b)及び(c)は、それぞれ、平面図(a)に示されている線分AA'及びBB'における断面構造を示している。

## 【0100】

本発明の第10の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置は、チャンネル層として形成されたノンドープの窒化ガリウム(GaN)層1と、窒化ガリウム(GaN)層1上にバリア層として形成されたn型窒化アルミニウムガリウム(AlGaN)層2と、n型窒化アルミニウムガリウム(AlGaN)層2の所定領域にn型窒化アルミニウムガリウム(AlGaN)層2の表面から窒化ガリウム(GaN)層1の表面部に至る深さに所定間隔ごとに略平行に形成されたストライプ状の凹陷部にn型窒化アルミニウムガリウム(AlGaN)層2上まで突出して形成されたp型窒化ガリウム(GaN)層3と、p型窒化ガリウム(GaN)層3の一端に電氣的に接続されるようにn型窒化アルミニウムガリウム(AlGaN)層2上に形成されたソース電極4と、p型窒化ガリウム(GaN)層3の他端から離隔してn型窒化アルミニウムガリウム(AlGaN)層2上に形成されたドレイン電極5と、ソース電極4とドレイン電極5との間であってp型窒化ガリウム(GaN)層3の他端よりもソース電極4寄りにn型窒化アルミニウムガリウム(AlGaN)

40

50

)層2上に形成されたゲート電極6と、を備えている。

【0101】

図1に示した本発明の第1の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置においては、p型窒化ガリウム(GaN)層3がn型窒化アルミニウムガリウム(AlGaN)層2上に形成されていたのに対し、図10に示す本発明の第10の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置においては、p型窒化ガリウム(GaN)層3は、n型窒化アルミニウムガリウム(AlGaN)層2の表面から窒化ガリウム(GaN)層1の表面部に至る深さの凹陷部にn型窒化アルミニウムガリウム(AlGaN)層2上まで突出して形成されている。即ち、本発明の第10の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置におけるp型窒化ガリウム(GaN)層3は、窒化ガリウム(GaN)層1内部にまで埋め込まれて形成されている点が、本発明の第1の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置と異なっている。

10

【0102】

p型窒化ガリウム(GaN)層3がn型窒化アルミニウムガリウム(AlGaN)層2上に形成されている本発明の第1の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置では、ドレイン電極5に高電圧が印加されてアバランシェ降伏が起きた際に窒化ガリウム(GaN)層1内部で発生したホールは、n型窒化アルミニウムガリウム(AlGaN)層2/窒化ガリウム(GaN)層1のヘテロ界面におけるバンド不連続が障壁となって、p型窒化ガリウム(GaN)層3に流れ込み難い。

【0103】

しかし、本発明の第10の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置では、窒化ガリウム(GaN)層1とp型窒化ガリウム(GaN)層3との間に、上記バンド不連続が存在しないので、窒化ガリウム(GaN)層1内部で発生したホールは、p型窒化ガリウム(GaN)層3を介して速やかに排出される。

20

【0104】

また、n型窒化アルミニウムガリウム(AlGaN)層2とp型窒化ガリウム(GaN)層3との接合においてアバランシェ降伏が起きても、n型窒化アルミニウムガリウム(AlGaN)層2とp型窒化ガリウム(GaN)層3とが接しているため、ホールは、p型窒化ガリウム(GaN)層3を介して速やかに排出される。

【0105】

以上のような構造により、本発明の第10の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置は、高いアバランシェ耐量を確保することができる。

30

【0106】

図14は、本発明の第11の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置の構成を模式的に示す平面図(a)並びに断面図(b)及び(c)である。尚、断面図(b)及び(c)は、それぞれ、平面図(a)に示されている線分AA'及びBB'における断面構造を示している。

【0107】

本発明の第11の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置は、チャンネル層として形成されたノンドープの窒化ガリウム(GaN)層1と、窒化ガリウム(GaN)層1上にバリア層として形成されたn型窒化アルミニウムガリウム(AlGaN)層2と、n型窒化アルミニウムガリウム(AlGaN)層2の所定領域にn型窒化アルミニウムガリウム(AlGaN)層2の表面から窒化ガリウム(GaN)層1の表面部に至る深さに所定間隔ごとに略平行に形成されたストライプ状の凹陷部にn型窒化アルミニウムガリウム(AlGaN)層2上まで突出して形成されたp型窒化ガリウム(GaN)層3と、p型窒化ガリウム(GaN)層3の一端に電氣的に接続されるようにn型窒化アルミニウムガリウム(AlGaN)層2上に形成されたソース電極4と、p型窒化ガリウム(GaN)層3の他端から離隔してn型窒化アルミニウムガリウム(AlGaN)層2上に形成されたドレイン電極5と、ソース電極4とドレイン電極5との間のn型窒化アルミニウムガリウム(AlGaN)層2及びp型窒化ガリウム(GaN)層3を被覆して形成されたゲート

40

50

絶縁膜 11 と、ソース電極 4 とドレイン電極 5 との間であって p 型窒化ガリウム ( Ga N ) 層 3 の他端よりもソース電極 4 寄りにゲート絶縁膜 11 上に形成されたゲート電極 6 と、を備えている。

【 0 1 0 8 】

本発明の第 11 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置は、図 6 に示した本発明の第 5 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置と同様に、窒化アルミニウムガリウム / 窒化ガリウム ( Al Ga N / Ga N ) ヘテロ構造を含み、かつ、ゲート電極 6 と n 型窒化アルミニウムガリウム ( Al Ga N ) 層 2 との間にゲート絶縁膜 11 が形成されている M I S ゲート構造の横型窒化ガリウム系電界効果トランジスタ ( M I S - H F E T ) である。

10

【 0 1 0 9 】

但し、p 型窒化ガリウム ( Ga N ) 層 3 及びその周辺の構造については、図 13 に示した本発明の第 10 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置と同様の構造となっている。

【 0 1 1 0 】

M I S ゲート構造の本発明の第 11 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置においても、本発明の第 10 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置と同様の上記効果を得ることができる。

【 0 1 1 1 】

図 15 は、本発明の第 12 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置の構成を模式的に示す平面図 ( a ) 並びに断面図 ( b ) 及び ( c ) である。尚、断面図 ( b ) 及び ( c ) は、それぞれ、平面図 ( a ) に示されている線分 A A ' 及び B B ' における断面構造を示している。

20

【 0 1 1 2 】

本発明の第 12 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置は、チャンネル層として形成されたノンドープの窒化ガリウム ( Ga N ) 層 1 と、窒化ガリウム ( Ga N ) 層 1 上にバリア層として形成された n 型窒化アルミニウムガリウム ( Al Ga N ) 層 2 と、n 型窒化アルミニウムガリウム ( Al Ga N ) 層 2 の所定領域に n 型窒化アルミニウムガリウム ( Al Ga N ) 層 2 の表面から窒化ガリウム ( Ga N ) 層 1 の表面部に至る深さに所定間隔ごとに略平行に形成されたストライプ状の形状を有し、かつ、所定位置において長手方向と交差する方向に突出する突出部を有する凹陷部に n 型窒化アルミニウムガリウム ( Al Ga N ) 層 2 上まで突出して形成された p 型窒化ガリウム ( Ga N ) 層 3 と、p 型窒化ガリウム ( Ga N ) 層 3 の長手方向の一端に電氣的に接続されるように n 型窒化アルミニウムガリウム ( Al Ga N ) 層 2 上に形成されたソース電極 4 と、p 型窒化ガリウム ( Ga N ) 層 3 の長手方向の他端から離隔して n 型窒化アルミニウムガリウム ( Al Ga N ) 層 2 上に形成されたドレイン電極 5 と、ソース電極 4 とドレイン電極 5 との間の n 型窒化アルミニウムガリウム ( Al Ga N ) 層 2 及び p 型窒化ガリウム ( Ga N ) 層 3 を被覆して形成されたゲート絶縁膜 11 と、ソース電極 4 とドレイン電極 5 との間であって p 型窒化ガリウム ( Ga N ) 層 3 の長手方向の他端よりもソース電極 4 寄りに、かつ、p 型窒化ガリウム ( Ga N ) 層 3 の突出部にゲート絶縁膜 11 を介して一部が重なり合うように、ゲート絶縁膜 11 上に形成されたゲート電極 6 と、を備えている。

30

40

【 0 1 1 3 】

本発明の第 12 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置は、図 10 に示した本発明の第 9 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置と同様に、p 型窒化ガリウム ( Ga N ) 層 3 が、単純なストライプ状の形状ではなく、所定位置において長手方向と交差する方向に突出する突出部を有しており、かつ、ゲート電極 6 が、p 型窒化ガリウム ( Ga N ) 層 3 の突出部にゲート絶縁膜 11 を介して一部が重なり合うように形成されている。

【 0 1 1 4 】

p 型窒化ガリウム ( Ga N ) 層 3 の水平断面形状は上述の通りであるが、p 型窒化ガリ

50

ウム (GaN) 層 3 及びその周辺の垂直断面構造については、図 13 に示した本発明の第 10 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置と同様の構造となっている。

【0115】

p 型窒化ガリウム (GaN) 層 3 の形状が変更されている本発明の第 12 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置においても、本発明の第 9 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置と同様の効果が得られる他、本発明の第 10 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置と同様の効果を得ることができる。

【0116】

図 16 は、本発明の第 13 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置の構成を模式的に示す平面図 (a) 並びに断面図 (b) 及び (c) である。尚、断面図 (b) 及び (c) は、それぞれ、平面図 (a) に示されている線分 AA' 及び BB' における断面構造を示している。

10

【0117】

本発明の第 13 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置は、チャンネル層として形成されたノンドープの窒化ガリウム (GaN) 層 1 と、窒化ガリウム (GaN) 層 1 上にバリア層として形成された n 型窒化アルミニウムガリウム (AlGaN) 層 2 と、n 型窒化アルミニウムガリウム (AlGaN) 層 2 の所定領域に n 型窒化アルミニウムガリウム (AlGaN) 層 2 の表面から窒化ガリウム (GaN) 層 1 の表面部に至る深さに所定間隔ごとに略平行に形成されたストライプ状の凹陷部に n 型窒化アルミニウムガリウム (AlGaN) 層 2 上まで突出して形成された p 型窒化ガリウム (GaN) 層 3 と、p 型窒化ガリウム (GaN) 層 3 の一端に電氣的に接続されるように n 型窒化アルミニウムガリウム (AlGaN) 層 2 上に形成されたソース電極 4 と、p 型窒化ガリウム (GaN) 層 3 の他端から離隔して n 型窒化アルミニウムガリウム (AlGaN) 層 2 上に形成されたドレイン電極 5 と、ソース電極 4 とドレイン電極 5 との間であって p 型窒化ガリウム (GaN) 層 3 の他端よりもソース電極 4 寄りに n 型窒化アルミニウムガリウム (AlGaN) 層 2 上に形成された p 型窒化ガリウム (GaN) 層 7 と、p 型窒化ガリウム (GaN) 層 7 上に形成されたゲート電極 6 と、を備えている。

20

【0118】

本発明の第 13 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置は、図 2 に示した本発明の第 2 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置と同様に、ゲート電極 6 直下に p 型窒化ガリウム (GaN) 層 7 が形成されているノーマリオフ型 HEMT 構造を有している。

30

【0119】

但し、p 型窒化ガリウム (GaN) 層 3 及びその周辺の構造については、図 13 に示した本発明の第 10 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置と同様の構造となっている。

【0120】

ノーマリオフ型 HEMT 構造を有する本発明の第 13 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置においても、本発明の第 2 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置と同様の効果が得られる他、本発明の第 10 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置と同様の効果を得ることができる。

40

【0121】

図 17 は、本発明の第 14 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置の構成を模式的に示す平面図 (a) 並びに断面図 (b) 及び (c) である。尚、断面図 (b) 及び (c) は、それぞれ、平面図 (a) に示されている線分 AA' 及び BB' における断面構造を示している。

【0122】

本発明の第 14 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置は、チャンネル層として形成されたノンドープの窒化ガリウム (GaN) 層 1 と、窒化ガリウム (GaN) 層 1 上にバリア層として形成された n 型窒化アルミニウムガリウム (AlGaN) 層 2 と、n 型

50

窒化アルミニウムガリウム (AlGa<sub>N</sub>) 層 2 の所定領域に n 型窒化アルミニウムガリウム (AlGa<sub>N</sub>) 層 2 の表面から窒化ガリウム (Ga<sub>N</sub>) 層 1 の表面部に至る深さに所定間隔ごとに略平行に形成されたストライプ状の凹陷部に n 型窒化アルミニウムガリウム (AlGa<sub>N</sub>) 層 2 上まで突出して形成された p 型窒化ガリウム (Ga<sub>N</sub>) 層 3 と、p 型窒化ガリウム (Ga<sub>N</sub>) 層 3 の一端に電氣的に接続されるように n 型窒化アルミニウムガリウム (AlGa<sub>N</sub>) 層 2 上に形成されたソース電極 4 と、p 型窒化ガリウム (Ga<sub>N</sub>) 層 3 の他端から離隔して n 型窒化アルミニウムガリウム (AlGa<sub>N</sub>) 層 2 上に形成されたドレイン電極 5 と、ソース電極 4 とドレイン電極 5 との間であって p 型窒化ガリウム (Ga<sub>N</sub>) 層 3 の他端よりもソース電極 4 寄りに n 型窒化アルミニウムガリウム (AlGa<sub>N</sub>) 層 2 上に形成された p 型窒化ガリウム (Ga<sub>N</sub>) 層 7 と、ソース電極 4 とドレイン電極 5 との間の n 型窒化アルミニウムガリウム (AlGa<sub>N</sub>) 層 2 並びに p 型窒化ガリウム (Ga<sub>N</sub>) 層 3 及び p 型窒化ガリウム (Ga<sub>N</sub>) 層 7 を被覆して形成されたゲート絶縁膜 11 と、ゲート絶縁膜 11 上の p 型窒化ガリウム (Ga<sub>N</sub>) 層 7 上の領域に形成されたゲート電極 6 と、を備えている。

10

## 【0123】

本発明の第 14 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置は、図 7 に示した本発明の第 6 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置と同様に、窒化アルミニウムガリウム / 窒化ガリウム (AlGa<sub>N</sub> / Ga<sub>N</sub>) ヘテロ構造を含み、ゲート電極 6 と n 型窒化アルミニウムガリウム (AlGa<sub>N</sub>) 層 2 との間にゲート絶縁膜 11 が形成されており、さらに、ゲート電極 6 直下のゲート絶縁膜 11 と n 型窒化アルミニウムガリウム (AlGa<sub>N</sub>) 層 2 との間に p 型窒化ガリウム (Ga<sub>N</sub>) 層 7 が形成されているノーマリオフ型であって M I S ゲート構造の横型窒化ガリウム系電界効果トランジスタ (M I S - H F E T) である。

20

## 【0124】

但し、p 型窒化ガリウム (Ga<sub>N</sub>) 層 3 及びその周辺の構造については、図 13 に示した本発明の第 10 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置と同様の構造となっている。

## 【0125】

ノーマリオフ型であって M I S ゲート構造の本発明の第 14 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置においても、本発明の第 6 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置と同様の効果が得られる他、本発明の第 10 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置と同様の効果を得ることができる。

30

## 【0126】

図 18 は、本発明の第 15 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置の構成を模式的に示す平面図 (a) 並びに断面図 (b) 及び (c) である。尚、断面図 (b) 及び (c) は、それぞれ、平面図 (a) に示されている線分 A A ' 及び B B ' における断面構造を示している。

## 【0127】

本発明の第 15 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置は、図 13 に示した本発明の第 10 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置に適用可能な素子ブロック全体の平面構成に関するものである。

40

## 【0128】

図 18 (a) に示すように、本発明の第 15 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置の素子ブロックの平面構成は、図 8 に示した本発明の第 7 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置の素子ブロックの平面構成と同様である。

## 【0129】

一方、本発明の第 15 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置の素子ブロックの断面構造は、図 18 (b) 及び図 18 (c) に示すように、図 13 に示した本発明の第 10 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置の断面構造と同様であり、従って、本発明の第 7 の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置に対応する本発明の第 1 乃

50

至第6の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置の断面構造とは異なっている。

【0130】

本発明の第15の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置も、本発明の第7の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置と同様に、素子ブロック周縁部を包囲し、素子ブロックと周囲とを絶縁分離する素子分離領域をp型窒化ガリウム(GaN)層3によって形成している。

【0131】

p型窒化ガリウム(GaN)層3によって素子ブロック周縁部を包囲することによってpn分離を行うのと同様な効果が得られるため、p型窒化ガリウム(GaN)層3のパターン形成と素子分離プロセスとを同時に行うことができる。

10

【0132】

即ち、本発明の第10の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置と同様の断面構造を有する本発明の第15の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置においても、本発明の第7の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置と同様の効果を得ることができる。

【0133】

図19は、本発明の第16の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置の構成を模式的に示す平面図である。

【0134】

本発明の第16の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置は、本発明の第15の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置と同様に、図13に示した本発明の第10の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置に適用可能な素子ブロック全体の平面構成に関するものである。また、本発明の第16の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置は、本発明の第15の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置の一部構成を変更した変形例である。

20

【0135】

尚、本発明の第16の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置と本発明の第15の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置との関係は、本発明の第7の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置と本発明の第8の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置との関係に相当する。

30

【0136】

本発明の第16の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置においては、図19に示すように、素子領域外におけるドレイン電極5の引出部ドレイン電極配線と素子領域外p型窒化ガリウム(GaN)層3との距離L1が、素子領域におけるドレイン電極5の素子領域ドレイン電極配線と素子領域外p型窒化ガリウム(GaN)層3との距離L2よりも小さく設定されている。

【0137】

このようにp型窒化ガリウム(GaN)層3とドレイン電極5との距離を素子ブロック内の領域ごとに変化させることによって、例えば、図19の例のように、上記距離L1、L2の関係を不等式 $L1 < L2$ が成立するように設定することによって、アバランシェ降伏の起こる箇所を所定領域に誘導し、アバランシェ降伏が起こるとすれば、素子領域ではなく素子領域外で起こるようにすることが可能である。

40

【0138】

従って、本発明の第16の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置においても、本発明の第8の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置と同様に、アバランシェ降伏による素子領域の破壊を確実に防止することができ、仮にアバランシェ降伏が起こってもゲート駆動回路へのアバランシェ電流の流入を回避することができる。

【0139】

尚、図18、図19に示した本発明の第15、第16の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置の平面構成に完全に対応しているのは、図13に示した本発明の第10の

50

実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置であるが、本発明の第15、第16の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置の平面構成は、図14乃至図17に示した本発明の第11乃至第14の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置、即ち、ノーマリオフ型構造素子やMISゲート構造素子にも適用可能である。

【0140】

以上に説明したように、本発明の各実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置によれば、ソース電極4に電氣的に接続され、ゲート電極6よりもドレイン電極5側に突出して延在するp型窒化ガリウム(GaN)層3を形成しているため、アバランシェ降伏が起こったとしても、発生したホールは、p型窒化ガリウム(GaN)層3を介して速やかにソース電極4に排出されるので、チャンネル層としての窒化ガリウム(GaN)層1にホールが蓄積されることがなくなり、高いアバランシェ耐量を実現することができる。

10

【0141】

従って、高アバランシェ耐量を有する、高耐圧且つ超低オン抵抗の窒化物含有電力用半導体装置を提供することができる。

【0142】

尚、上記説明においては、本発明を第1乃至第16の実施の形態を例に説明したが、本発明は、それらの実施の形態に限定されるものではなく、それら以外にも当業者が容易に想到し得る変形例の総てに適用可能である。

【0143】

例えば、ホール排出に用いるp型窒化ガリウム(GaN)層3は、ホール排出の観点から、n型窒化アルミニウムガリウム(AlGaN)層2よりもバンドギャップが狭いこと、即ち、アルミニウム(Al)の組成比が小さいことが望ましい。

20

【0144】

n型窒化アルミニウムガリウム(AlGaN)層2は、n型ではなくp型窒化アルミニウムガリウム(AlGaN)層としても実施可能である。また、コンタクト抵抗を下げるために、窒化インジウムガリウム(InGaN)層等のバンドギャップの狭い半導体層を用いてもよく、窒化インジウムガリウム(InGaN)層をコンタクト層として挿入することも可能である。

【0145】

さらに、図5及び図6に示したフィールドプレート構造は、図7乃至図19に示した構造に適用しても、高耐圧化に有効である。

30

【0146】

尚、上記本発明の各実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置においては、窒化アルミニウムガリウム/窒化ガリウム(AlGaN/GaN)ヘテロ構造を含む半導体装置について説明したが、窒化ガリウム/窒化インジウムガリウム(GaN/InGaN)構造や窒化アルミニウム/窒化アルミニウムガリウム(AlN/AlGaN)構造を含む半導体装置にも、本発明の構成は適用可能である。

【0147】

また、窒化アルミニウムガリウム/窒化ガリウム(AlGaN/GaN)ヘテロ構造を形成する基板材料に関しては特に記述していないが、本発明は、サファイア基板、シリコンカーバイド(SiC)基板、シリコン(Si)基板等の基板材料には依存せず、基板の導電性又は絶縁性といった特性にも関係なく実施可能である。

40

【図面の簡単な説明】

【0148】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置の構成を模式的に示す平面図(a)並びに断面図(b)及び(c)である。

【図2】本発明の第2の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置の構成を模式的に示す平面図(a)並びに断面図(b)及び(c)である。

【図3】本発明の第2の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置におけるp型窒化ガリウム層3とp型窒化ガリウム層7との間隔d、及び、p型窒化ガリウム層7の長さ(

50

チャンネル長) Lを示す平面図である。

【図4】本発明の第3の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置の構成を模式的に示す平面図(a)並びに断面図(b)及び(c)である。

【図5】本発明の第4の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置の構成を模式的に示す平面図(a)並びに断面図(b)及び(c)である。

【図6】本発明の第5の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置の構成を模式的に示す平面図(a)並びに断面図(b)及び(c)である。

【図7】本発明の第6の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置の構成を模式的に示す平面図(a)並びに断面図(b)及び(c)である。

【図8】本発明の第7の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置の構成を模式的に示す平面図である。 10

【図9】本発明の第8の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置の構成を模式的に示す平面図である。

【図10】本発明の第9の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置の構成を模式的に示す平面図(a)並びに断面図(b)及び(c)である。

【図11】本発明の第9の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置におけるp型窒化ガリウム層3の突出部の長さLと突出部同士の間隔Wとを示す平面図である。

【図12】本発明の第9の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置におけるp型窒化ガリウム層3同士の間隔Wbと、ゲート電極6のドレイン電極5側端部からp型窒化ガリウム層3のドレイン電極5側端部までの距離Lbとを示す平面図である。 20

【図13】本発明の第10の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置の構成を模式的に示す平面図(a)並びに断面図(b)及び(c)である。

【図14】本発明の第11の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置の構成を模式的に示す平面図(a)並びに断面図(b)及び(c)である。

【図15】本発明の第12の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置の構成を模式的に示す平面図(a)並びに断面図(b)及び(c)である。

【図16】本発明の第13の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置の構成を模式的に示す平面図(a)並びに断面図(b)及び(c)である。

【図17】本発明の第14の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置の構成を模式的に示す平面図(a)並びに断面図(b)及び(c)である。 30

【図18】本発明の第15の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置の構成を模式的に示す平面図(a)並びに断面図(b)及び(c)である。

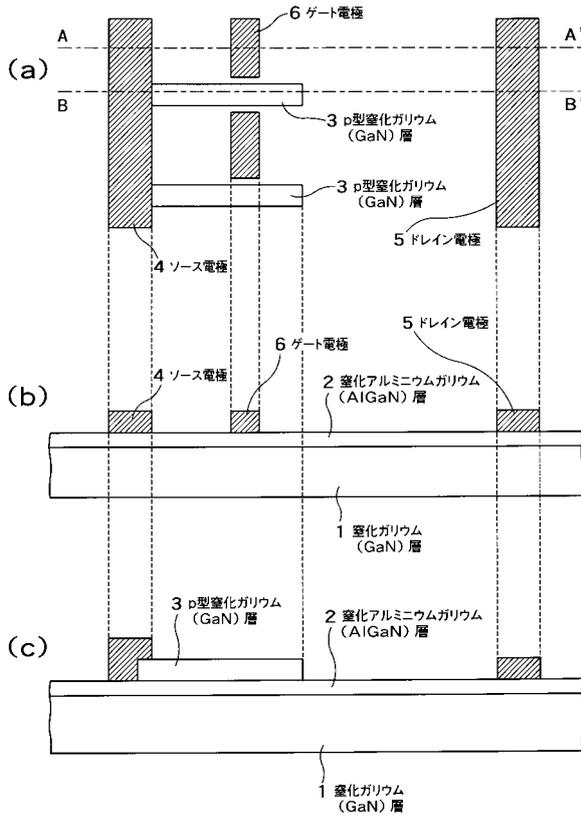
【図19】本発明の第16の実施の形態に係る窒化物含有電力用半導体装置の構成を模式的に示す平面図である。

【符号の説明】

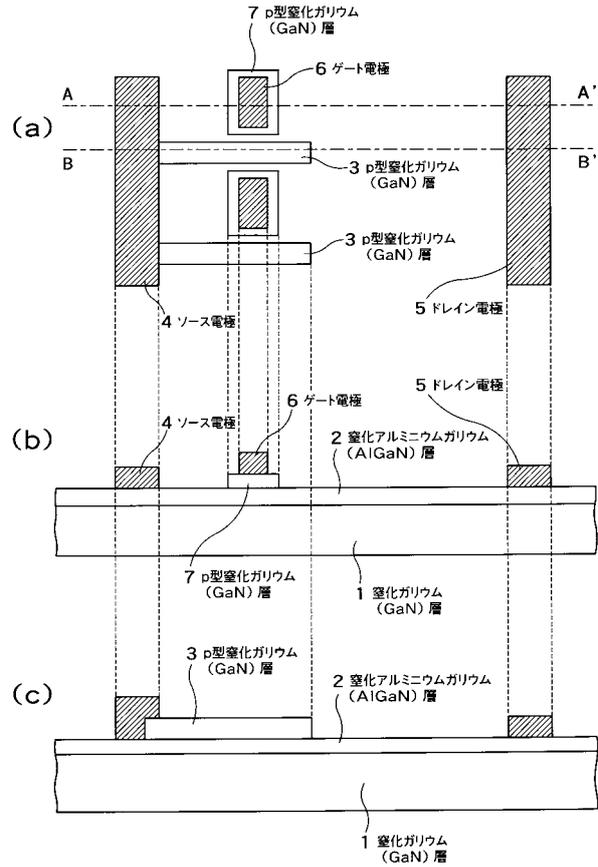
【0149】

- 1 窒化ガリウム(GaN)層
- 2 n型窒化アルミニウムガリウム(AlGaN)層
- 3 p型窒化ガリウム(GaN)層
- 4 ソース電極
- 5 ドレイン電極
- 6 ゲート電極
- 7 p型窒化ガリウム(GaN)層
- 8 絶縁膜
- 9 フィールドプレート電極
- 10 第2のフィールドプレート電極
- 11 ゲート絶縁膜
- 12 ゲート引出電極

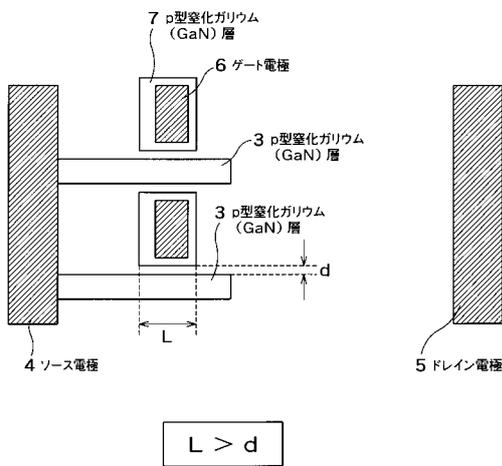
【図1】



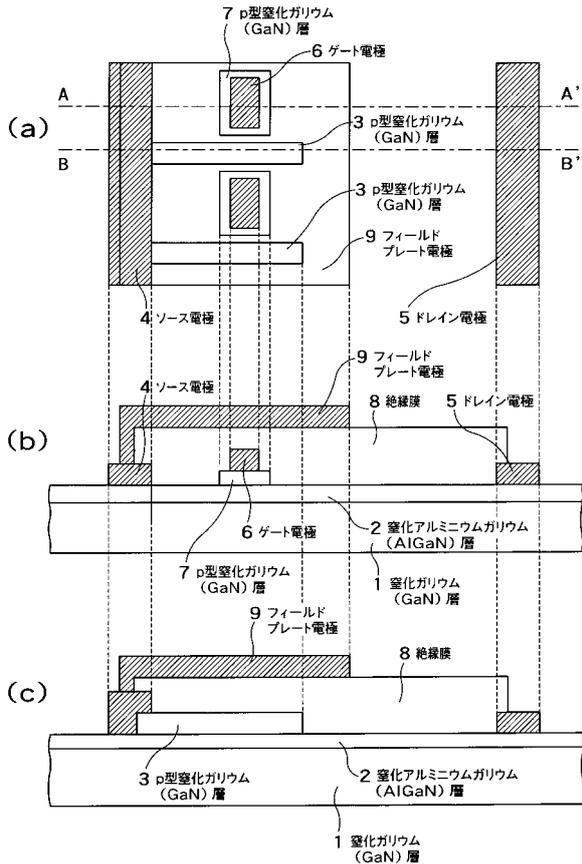
【図2】



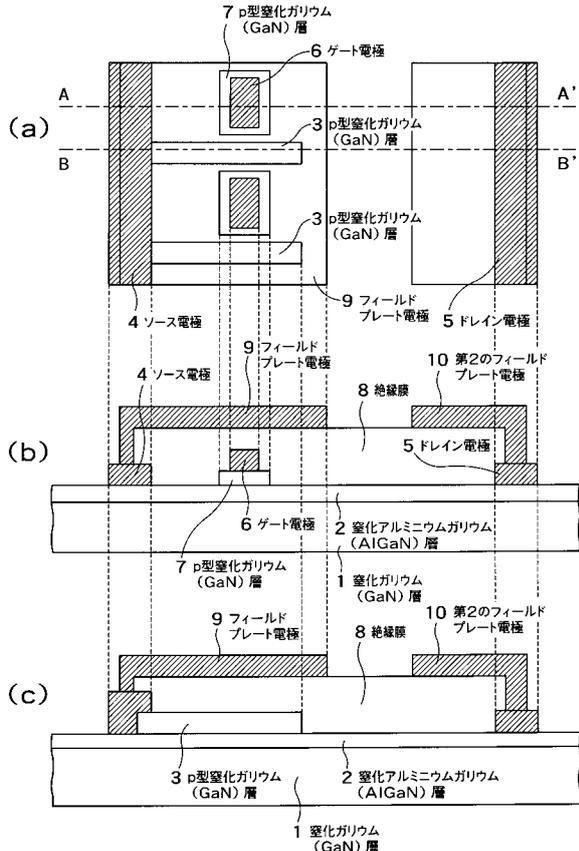
【図3】



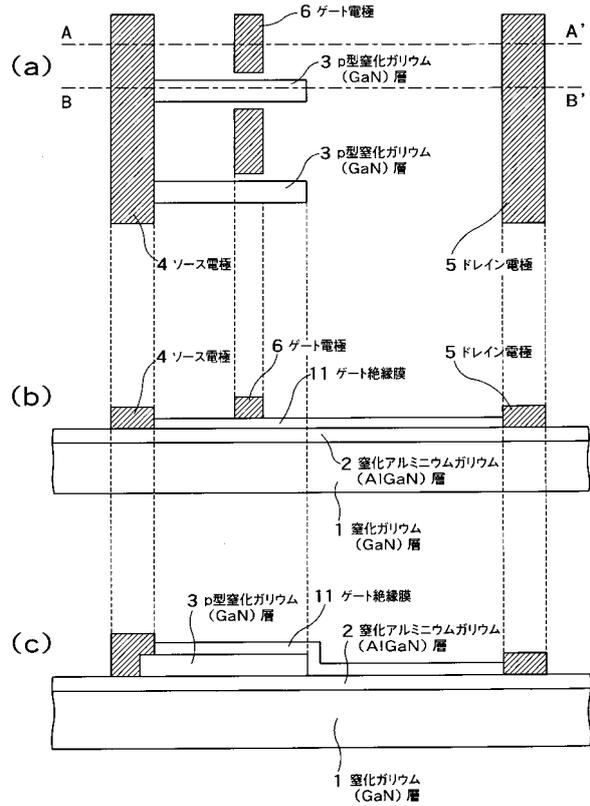
【図4】



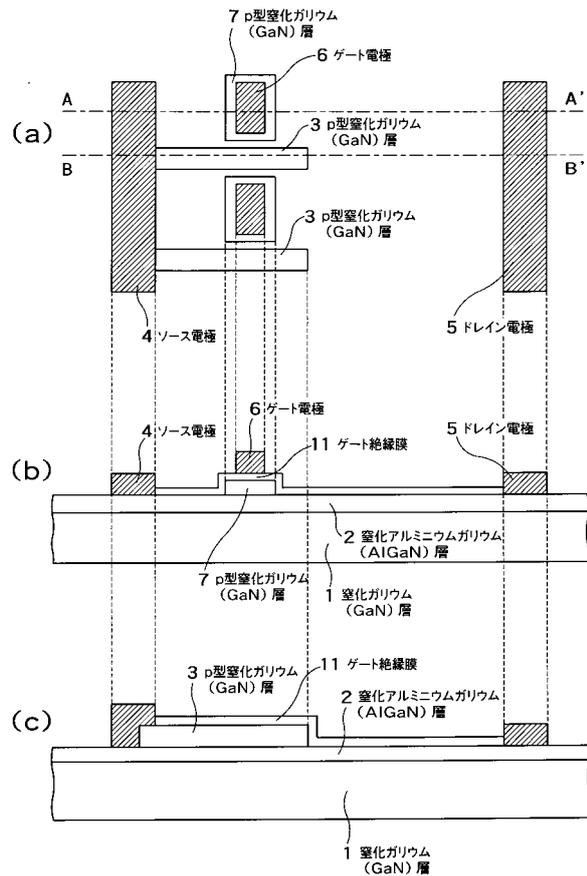
【 図 5 】



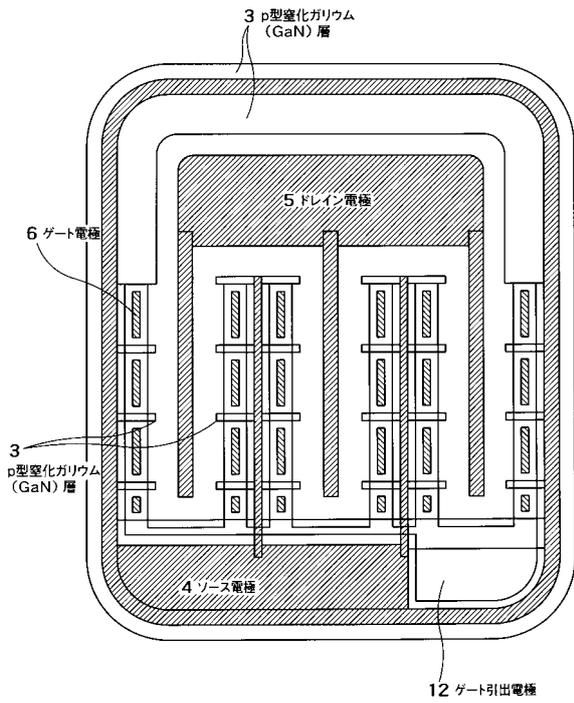
【 図 6 】



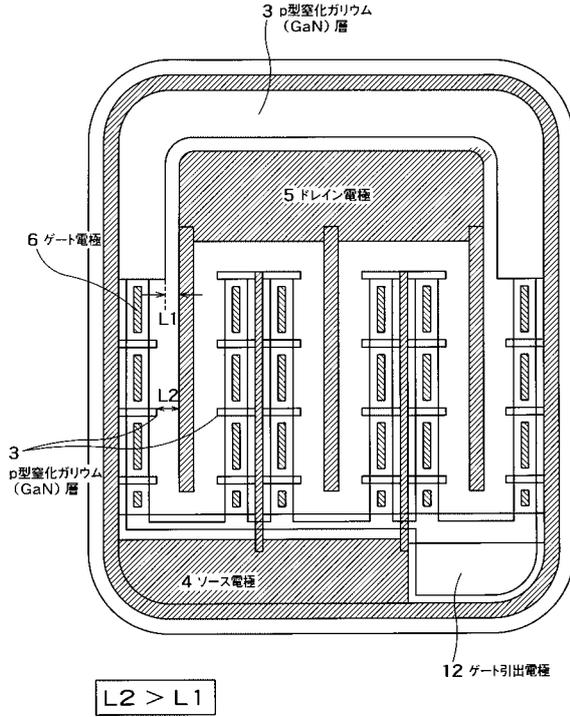
【 図 7 】



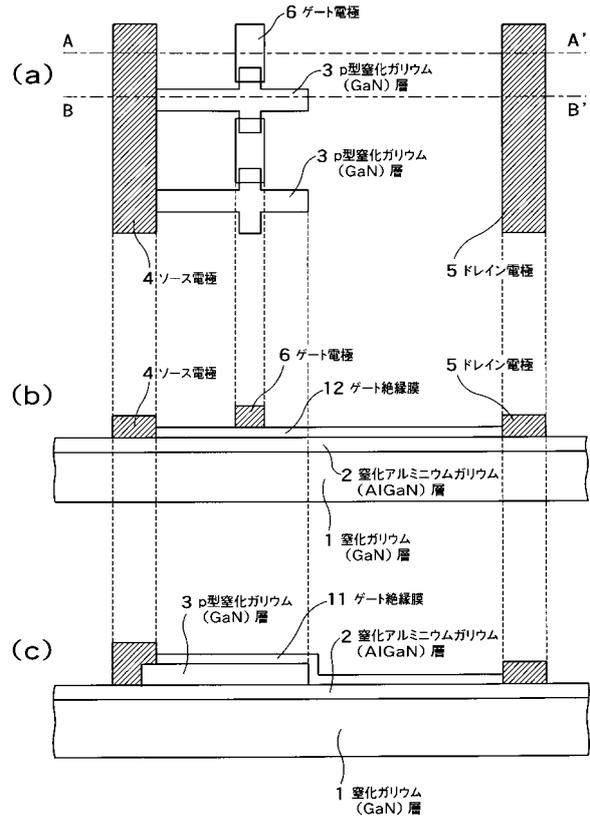
【 図 8 】



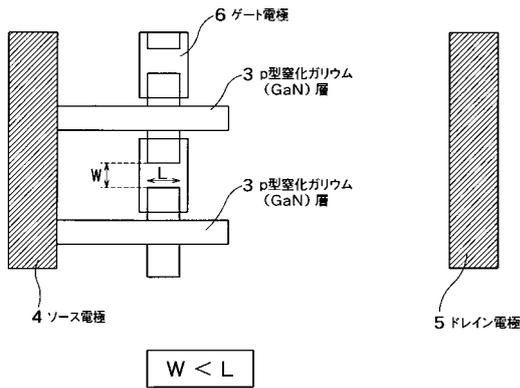
【 図 9 】



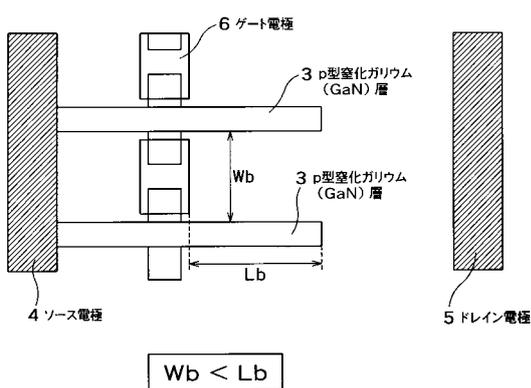
【 図 10 】



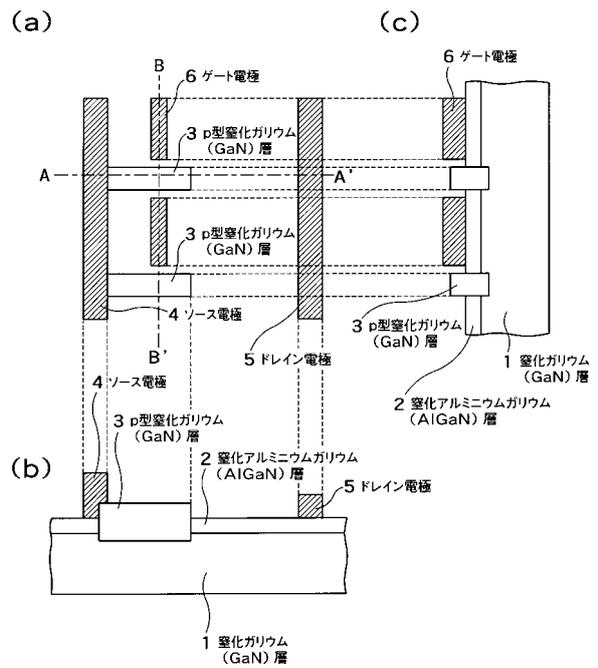
【 図 11 】



【 図 12 】

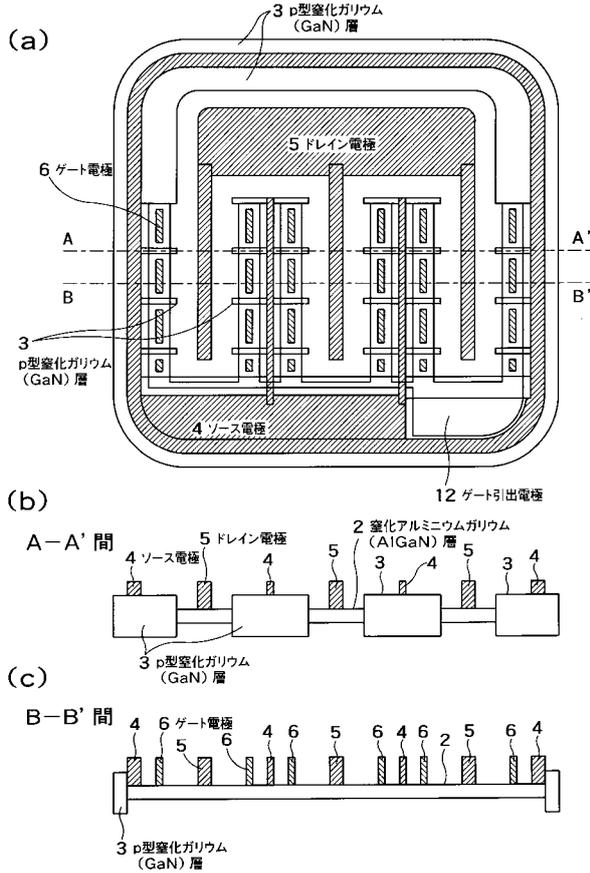


【 図 13 】

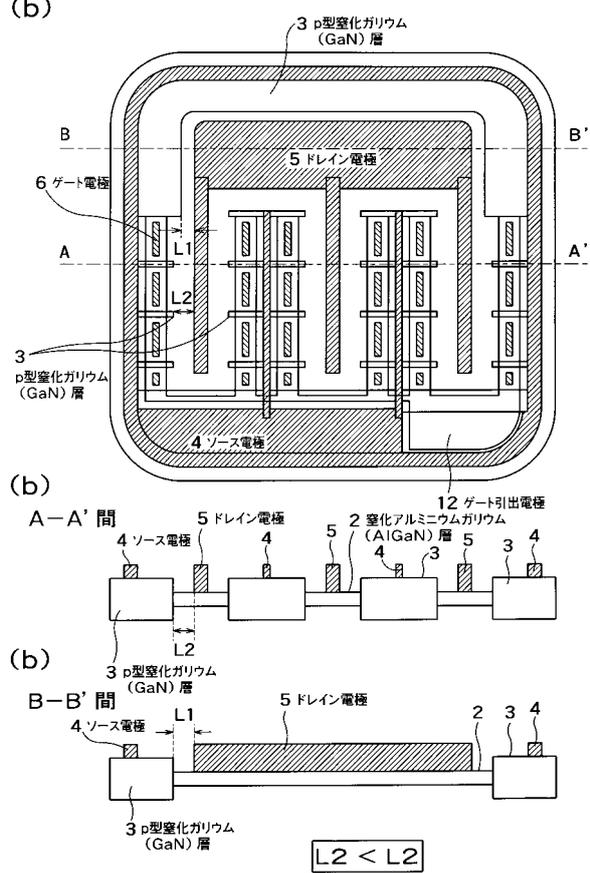




【図18】



【図19】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 齋藤 渉  
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝 マイクロエレクトロニクスセンター内
- (72)発明者 大村 一郎  
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝 マイクロエレクトロニクスセンター内

審査官 小川 将之

- (56)参考文献 特開平11-168107(JP,A)  
特開2003-297852(JP,A)  
特開昭64-061066(JP,A)  
特開2003-258003(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/338  
H01L 29/778  
H01L 29/78  
H01L 29/812