

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-212495

(P2010-212495A)

(43) 公開日 平成22年9月24日(2010.9.24)

(51) Int.Cl. F I テーマコード(参考)  
 HO 1 L 21/338 (2006.01) HO 1 L 29/80 H 5 F 1 0 2  
 HO 1 L 29/778 (2006.01)  
 HO 1 L 29/812 (2006.01)

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2009-58062(P2009-58062)  
 (22) 出願日 平成21年3月11日(2009.3.11)

(71) 出願人 000241463  
 豊田合成株式会社  
 愛知県清須市春日長畑1番地  
 (74) 代理人 100087723  
 弁理士 藤谷 修  
 (72) 発明者 園山 貴広  
 愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1番地 豊田合成株式会社内  
 (72) 発明者 池本 由平  
 愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1番地 豊田合成株式会社内  
 (72) 発明者 小崎 正芳  
 愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1番地 豊田合成株式会社内

最終頁に続く

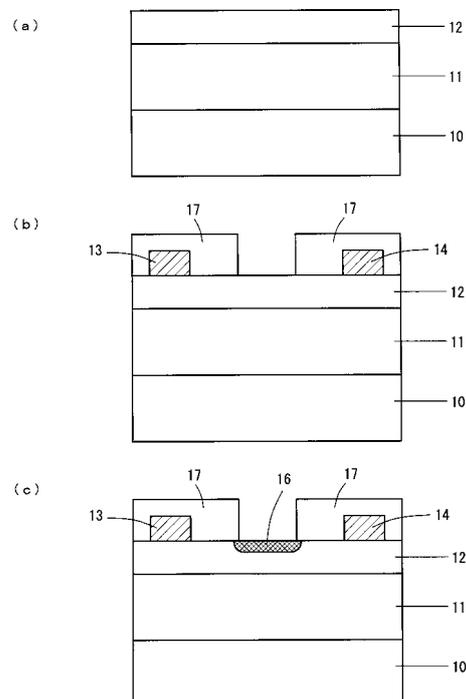
(54) 【発明の名称】 III族窒化物半導体からなるHFE Tの製造方法

(57) 【要約】

【課題】ノーマリオン型HFE Tの閾値電圧の簡易な調整方法を提供すること。

【解決手段】i-AlGa N層12のゲート電極15を形成する領域のみを開口させたパターンのマスク17を形成する。開口されたi-AlGa N層12の領域に、CF<sub>4</sub> ガスプラズマを照射し、ダメージ層16を形成する(図2(c))。CF<sub>4</sub> ガスプラズマの照射時間によってダメージ層16の厚さを調整することで、実質的なi-AlGa N層12の厚さを調整することができ、これにより閾値電圧を調整することができる。

【選択図】図2



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

III 族窒化物半導体からなり、障壁層とチャンネル層との接合構造を有したノーマリオン型の H F E T の製造方法において、

前記障壁層へのフッ素系ガスプラズマの照射によりダメージ層を形成し、フッ素系ガスプラズマの照射時間によって前記ダメージ層の厚さを調整することで、前記 H F E T の閾値電圧を調整する、

ことを特徴とする H F E T の製造方法。

**【請求項 2】**

前記フッ素系ガスは、 $CF_4$  であることを特徴とする請求項 1 に記載の H F E T の製造方法。 10

**【請求項 3】**

前記障壁層は Al Ga N であり、前記チャンネル層は Ga N であることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の H F E T の製造方法。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、III 族窒化物半導体からなるノーマリオン型の H F E T の製造方法に関するものであり、特に閾値電圧の調整方法に特徴を有するものである。

**【背景技術】**

20

**【0002】**

Ga N などの III 族窒化物半導体は、近年、LED などの発光デバイスのみならず、パワーデバイスや高周波デバイスの材料としても注目されている。そのような Ga N 系 H F E T では、閾値電圧は、障壁層の III 族元素の組成比や、障壁層の膜厚などに依存している。そこで障壁層形成後に閾値電圧を調整する場合、従来は障壁層をドライエッチングして障壁層の膜厚を調整することによって、閾値電圧を調整することが検討されてきた。

**【0003】**

また、特許文献 1 には、閾値電圧を正にシフトさせることで H F E T をノーマリオフ化する技術が示されている。この特許文献 1 によると、フッ素系ガスプラズマ照射によるチャンネルへのフッ素の導入によって閾値電圧が正にシフトし、ノーマリオフできるとの記載がある。また、このプラズマ照射によると半導体層にダメージが生じるため、フッ素の離脱を防止するための保護膜を形成した後に熱処理によるダメージの回復を行う旨の記載がある。 30

**【先行技術文献】****【特許文献】****【0004】**

【特許文献 1】特開 2009 - 10211

**【発明の概要】****【発明が解決しようとする課題】****【0005】**

40

しかしながら、障壁層のドライエッチングによって閾値電圧を調整する方法では、工程数が多くて複雑であるため、不具合を生じる原因となった。後のゲート電極形成において、電極材が段切れを起こすなどの不具合を生じる可能性があった。

**【0006】**

また、フッ素系ガスプラズマ照射によるチャンネルへのフッ素の導入による方法では、ダメージの回復のための熱処理工程や、フッ素の離脱を防止するための保護膜形成工程が必要であり、工程数が多く複雑であった。

**【0007】**

そこで本発明の目的は、III 族窒化物半導体からなるノーマリオン型の H F E T の製造方法において、容易に閾値電圧を調整することができる方法を提供することにある。 50

## 【課題を解決するための手段】

## 【0008】

第1の発明は、III族窒化物半導体からなり、障壁層とチャネル層との接合構造を有したノーマリオン型のHFEETの製造方法において、障壁層へのフッ素系ガスプラズマの照射によりダメージ層を形成し、フッ素系ガスプラズマの照射時間によってダメージ層の厚さを調整することで、HFEETの閾値電圧を調整する、ことを特徴とするHFEETの製造方法である。

## 【0009】

ここでIII族窒化物半導体とは、一般式 $Al_x Ga_y In_z N$  ( $x + y + z = 1$ 、 $0 < x, y, z < 1$ )で表される化合物半導体であり、Al、Ga、Inの一部を他の第13族元素であるBやTlで置換したもの、Nの一部を他の第15族元素であるP、As、Sb、Biで置換したものをも含むものとする。通常は、Gaを必須とするGaN、AlGaN、InGaN、AlGaInNを示す。

## 【0010】

フッ素系ガスには、 $CF_4$ 、 $CHF_3$ 、 $CH_2F_2$ 、 $C_2F_6$ 、 $SiF_4$ などを用いることができる。照射強度は、障壁層をエッチングしない程度であればよい。

## 【0011】

障壁層やチャネル層は、単層であってもよいし、複数の層で構成されていてもよい。また、障壁層およびチャネル層は、障壁層のバンドギャップがチャネル層のバンドギャップよりも大きなIII族窒化物半導体材料であればよい。たとえばチャネル層にGaN、障壁層にAlGaNを用いたり、チャネル層にInGaN、障壁層にGaNまたはAlGaNを用いたりすることができる。

## 【0012】

第2の発明は、第1の発明において、フッ素系ガスは、 $CF_4$ であることを特徴とするHFEETの製造方法である。

## 【0013】

第3の発明は、第1の発明または第2の発明において、障壁層はAlGaNであり、チャネル層はGaNであることを特徴とするHFEETの製造方法である。

## 【発明の効果】

## 【0014】

本発明では、フッ素系ガスプラズマの照射時間によって障壁層に生じるダメージ層の厚さを調整することで、実質的な障壁層の膜厚を調整し、これによってIII族窒化物半導体からなるノーマリオン型のHFEETの閾値電圧を調整している。そのため、障壁層をドライエッチングする方法や、フッ素系ガスプラズマによるチャネルへのフッ素の導入による方法に比べて簡易に閾値電圧を調整することができる。また、プラズマ照射時間は細かく制御することができるため、障壁層に生じるダメージ層の厚さも細かく調整することができ、その結果、閾値電圧も細かに調整することができる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0015】

【図1】実施例1のHFEET1の構成を示した図。

【図2】HFEET1の製造工程を示した図。

【図3】C-V特性を示したグラフ。

## 【発明を実施するための形態】

## 【0016】

以下、本発明の具体的な実施例について図を参照に説明するが、本発明は実施例に限定されるものではない。

## 【実施例1】

## 【0017】

図1は、実施例1のHFEET1の構成を示した図である。HFEET1は、SI-SiCからなる基板10と、サファイア基板10上にバッファ層(図示しない)を介して積層さ

10

20

30

40

50

れた  $i$ -Ga<sub>N</sub>層11 (本発明のチャネル層に相当)、 $i$ -AlGa<sub>N</sub>層12 (本発明の障壁層に相当)と、 $i$ -AlGa<sub>N</sub>層12上の所定の領域に離間して形成されたソース電極13、ドレイン電極14と、 $i$ -AlGa<sub>N</sub>層12上のソース電極13とドレイン電極14とに挟まれた領域に形成されたゲート電極15と、によって構成されている。 $i$ -Ga<sub>N</sub>層11の厚さは1 $\mu$ m、 $i$ -AlGa<sub>N</sub>層12の厚さは45nmでAl組成比は20%である。

**【0018】**

ゲート電極15下部の $i$ -AlGa<sub>N</sub>層12の領域には、その $i$ -AlGa<sub>N</sub>層12表面から所定の深さまでダメージ層16が形成されている。このダメージ層16は、CF<sub>4</sub>ガスプラズマの照射により $i$ -AlGa<sub>N</sub>層12の結晶性を悪化させて形成したものである。

10

**【0019】**

なお、基板10にはSI-SiC以外にも、サファイア、Si、Ga<sub>N</sub>などを用いることができる。また、ソース電極13、ドレイン電極14の材料としては $i$ -AlGa<sub>N</sub>層12に対してオーミック接合する材料であればよく、たとえばTi/Alなどを用いることができる。また、ゲート電極15の材料としては $i$ -AlGa<sub>N</sub>層12に対してショットキー接合する材料であればよく、たとえばNi、Wなどを用いることができる。

**【0020】**

このHFET1は、閾値電圧が負のノーマリオン型であり、 $i$ -Ga<sub>N</sub>層11と $i$ -AlGa<sub>N</sub>層12との界面の $i$ -Ga<sub>N</sub>層11側をチャネルとして動作する。

20

**【0021】**

実施例1のHFET1は、以下の製造方法により作製した。まず、基板10上に、バッファ層を介してMOCVD法によって $i$ -Ga<sub>N</sub>層11、 $i$ -AlGa<sub>N</sub>層12を積層する(図2(a))。キャリアガスには水素と窒素、窒素源にはアンモニア、Ga源にはTMG(トリメチルガリウム)、Al源にはTMA(トリメチルアルミニウム)、を用いた。

**【0022】**

次に、フォトリソグラフィ、蒸着、リフトオフによって $i$ -AlGa<sub>N</sub>層12上の所定の領域に、ソース電極13、ドレイン電極14を形成する。そしてその後、 $i$ -AlGa<sub>N</sub>層12、ソース電極13、ドレイン電極14を覆い、 $i$ -AlGa<sub>N</sub>層12のゲート電極15を形成する領域のみを開口させたパターンのマスク17を形成する(図2(b))。マスク17にはたとえばレジストなどを用いることができる。

30

**【0023】**

次に、RIE装置を用いてCF<sub>4</sub>ガスプラズマを発生させ、開口された $i$ -AlGa<sub>N</sub>層12の領域に、CF<sub>4</sub>ガスプラズマを照射する。出力は $i$ -AlGa<sub>N</sub>層12がエッチングされない程度とする。これにより $i$ -AlGa<sub>N</sub>層12のプラズマが照射された領域は結晶性が悪化し、 $i$ -AlGa<sub>N</sub>層12表面から所定の深さのダメージ層16が形成される(図2(c))。ダメージ層16が形成されたことにより、 $i$ -AlGa<sub>N</sub>層12のゲート電極15を形成する領域において結晶性が良好な領域の厚さが減少する。つまり、 $i$ -AlGa<sub>N</sub>層12のゲート電極15を形成する領域において、 $i$ -AlGa<sub>N</sub>層12の実質的な厚さが減少する。このとき、プラズマ照射後に、そのプラズマ照射された領域を熱処理していない。その結果、プラズマ照射を行わない場合に比べて閾値電圧が正にシフトする。このダメージ層16の厚さは、CF<sub>4</sub>ガスプラズマの照射時間によって細かに制御することができる。したがって、CF<sub>4</sub>ガスプラズマの照射時間によって、プラズマ照射後に熱処理をすることなくHFET1の閾値電圧を細かに調整することができる。

40

**【0024】**

次に、マスク17を除去し、フォトリソグラフィ、蒸着、リフトオフによってダメージ層16上にゲート電極15を形成することで、図1に示すHFET1が作製される。

**【0025】**

図3は、CF<sub>4</sub>ガスプラズマ照射時間を変えてC-V特性を測定した結果を示すグラフ

50

である。プラズマ照射時間は、225秒、450秒、675秒、900秒、としてそれぞれの照射時間におけるC-V特性を測定した。また、プラズマ照射を行わない場合のC-V特性も測定した。図3のように、プラズマ照射時間を増やすほど閾値電圧が正に大きくシフトすることがわかり、プラズマ照射時間を調整することでHFET1の閾値電圧を調整できることがわかる。

【0026】

なお、実施例1ではプラズマ照射するガスとして $CF_4$ を用いたが、 $CHF_3$ 、 $CH_2F_2$ 、 $C_2F_6$ 、 $SiF_4$ などのフッ素系ガスを用いることもできる。

【0027】

また、本発明のHFETは実施例1に示した構成に限るものではなく、障壁層とチャンネル層の接合構造を有したノーマリオン型のHFETであればよい。たとえば、実施例1のHFETはショットキーゲート型であるが、絶縁ゲート型であってもよい。また、障壁層やチャンネル層を複数の層で構成してもよい。

また、実施例ではチャンネル層にGaN、障壁層にAlGaNを用いているが、障壁層のバンドギャップがチャンネル層のバンドギャップよりも大きい材料であればよい。たとえば、チャンネル層にInGaNを用い、障壁層にGaNやAlGaNを用いてもよい。

【産業上の利用可能性】

【0028】

本発明のHFETは、増幅器などに利用することができる。

【符号の説明】

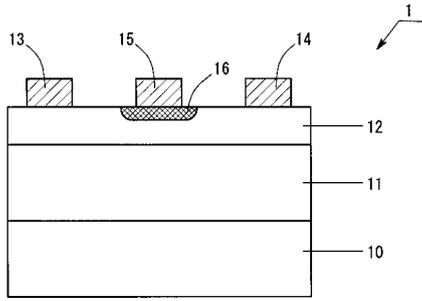
【0029】

- 10：基板
- 11：i-GaN層
- 12：i-AlGaN層
- 13：ソース電極
- 14：ドレイン電極
- 15：ゲート電極
- 16：ダメージ層

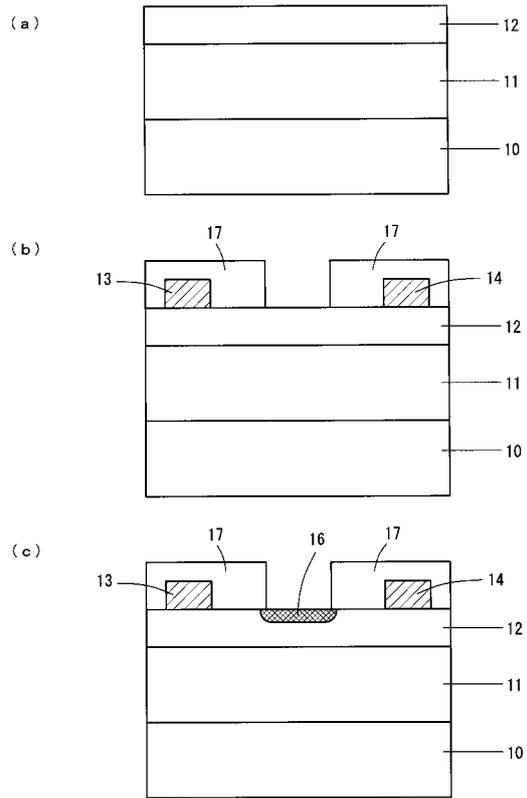
10

20

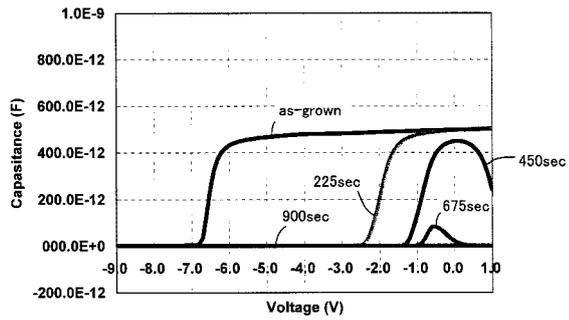
【 図 1 】



【 図 2 】



【 図 3 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 三輪 浩士

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1番地 豊田合成株式会社内

Fターム(参考) 5F102 FA00 GB01 GC01 GD01 GD10 GJ02 GJ03 GJ04 GJ10 GL04  
GL07 GM04 GM07 GQ01 GT01 HC01 HC11 HC15 HC19 HC21