

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3610397号
(P3610397)

(45) 発行日 平成17年1月12日(2005. 1. 12)

(24) 登録日 平成16年10月29日(2004. 10. 29)

(51) Int. Cl.⁷

F I

H O 1 L 21/3065

H O 1 L 21/302 1 O 2

H O 1 L 21/304

H O 1 L 21/304 6 4 5 A

請求項の数 5 (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願平8-203130	(73) 特許権者	000241463
(22) 出願日	平成8年7月11日(1996. 7. 11)		豊田合成株式会社
(65) 公開番号	特開平10-27783		愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑 1
(43) 公開日	平成10年1月27日(1998. 1. 27)		番地
審査請求日	平成12年6月20日(2000. 6. 20)	(74) 代理人	100087723
審査番号	不服2002-1896(P2002-1896/J1)		弁理士 藤谷 修
審査請求日	平成14年2月7日(2002. 2. 7)	(72) 発明者	山田 正巳
			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	小塩 高英
			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	柴田 直樹
			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】 3族窒化物半導体の電極形成方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

3族窒化物半導体の電極形成方法において、
 塩素を含むガスと、不活性ガスと、塩素を含むガスに対して流量比で1/100～1/10の割合
 の酸素ガスとの混合ガスを用いて3族窒化物半導体をプラズマエッチングし、
 前記プラズマエッチングの後処理として、3族窒化物半導体のエッチング後に、不活性ガ
 スを用いて、前記3族窒化物半導体の表面を洗浄し、
 前記プラズマエッチングされた3族窒化物半導体の表面に金属を蒸着して電極を形成する
 ことを特徴とする3族窒化物半導体の電極形成方法。

【請求項 2】

前記プラズマエッチングにおいて、前記塩素を含むガスはBCl₃であり、前記不活性ガスは
 Arであることを特徴とする請求項 1 に記載の3族窒化物半導体の電極形成方法。

【請求項 3】

前記プラズマエッチングの前処理として、3族窒化物半導体を設置した反応室内に不活性
 ガスを流し、前記3族窒化物半導体の表面を洗浄することを特徴とする請求項 1 又は請求
 項 2 に記載の3族窒化物半導体の電極形成方法。

【請求項 4】

前記前処理又は前記後処理の前記不活性ガスがArガスであることを特徴とする請求項 1 乃
 至請求項 3 のいずれか 1 項に記載の3族窒化物半導体の電極形成方法。

【請求項 5】

10

20

前記プラズマエッチングは反応性イオンエッチングであることを特徴とする請求項1乃至請求項4のいずれかに記載の3族窒化物半導体の電極形成方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】

本発明は、3族窒化物半導体のドライエッチング速度を向上させると共に、オーミック性を改良し、特に、接触抵抗を低下させるための窒化ガリウム系化合物半導体のエッチング方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

3族窒化物半導体（例えば、AlGaInN）は青色発光ダイオードとして注目されている材料である。この半導体のエッチングとして、 BCl_3 のプラズマガスによるエッチングが提案されている（特開平4-34929号公報）。又、3族窒化物半導体の表面に電極を形成する方法として、炭素と、塩素又はノ及びフッ素を含む化合物ガスのプラズマガスで、表面をドライエッチングして、その後に、不活性ガスのプラズマガスでドライエッチングして、その面に金属を蒸着する方法が知られている（特開平3-108779号公報）。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記のエッチング方法はエッチング速度が低く、エッチング面に残渣物が堆積し易く、上記の方法によりエッチングされた面に金属を蒸着する方法では、オーミック性は良くなるが、接触抵抗が、未だ、大きいという問題がある。

【0004】

したがって、本発明の目的は、3族窒化物半導体のエッチング速度を向上させることと、3族窒化物半導体に対する電極において、オーミック性を良好にすると共に接触抵抗を低下させることである。

【0005】

【課題を解決するための手段】

請求項1の発明では、塩素を含むガスと、不活性ガスと、酸素ガスの混合ガスを用いて、3族窒化物半導体をプラズマエッチングすることで、不活性ガスによりエッチング面の残渣物が除去され、塩素を含むガスでのプラズマエッチングに比べて、約2倍のエッチング速度が得られた。また、酸素ガスを混合したので、塩素を含むガスがより活性化され、塩素を含むガスだけでエッチングした場合に比べて、エッチング速度を向上させることができた。このようなプラズマエッチングされた3族窒化物半導体の表面に金属を蒸着して電極を形成したので、従来の炭素、塩素又はノ及びフッ素を含むガスでプラズマエッチングした後、Arでプラズマエッチングして、その表面に金属を蒸着した場合に比べて、その電極のオーミック特性をより、良好にでき、且つ、接触抵抗を約1/3に低下させることができた。

更に、塩素を含むガスに対して酸素ガスを流量比で1/100 ~ 1/10の割合で3族窒化物半導体をプラズマエッチングすることで、塩素を含むガスがより活性化され、塩素を含むガスだけでエッチングした場合に比べて、エッチング速度を約2倍に向上させることができた。

更に、プラズマエッチングの後処理として、3族窒化物半導体のエッチング後に、不活性ガスを用いたために、エッチングの表面の不純物の付着を防止できる。よって、その面に金属を蒸着して電極を形成する場合に、その特性を改善することができる。

請求項2の発明では、 BCl_3 とArとの混合ガスでプラズマエッチングすることで、Arがエッチング面上の残渣物を除去するために、エッチング速度を150 /分とすることができ、 BCl_3 ガスだけでエッチングした場合に比べて、エッチング速度を約2倍にすることができた。

請求項3の発明では、プラズマエッチングの前処理として、3族窒化物半導体を設置した

10

20

30

40

50

反応室内に不活性ガスを流して3族窒化物半導体の表面を洗浄したので、反応室内の構成元素の分布を均一にでき、エッチングを安定化することができる。

請求項4の発明では、前処理又は後処理の不活性ガスをArとして、3族窒化物半導体の表面を洗浄したために、エッチングの表面の不純物の付着を防止できる。よって、その面に金属を蒸着して電極を形成する場合に、その特性を改善することができる。

請求項5の発明では、プラズマエッチングは反応性イオンエッチングとすることで、エッチング面の清潔度、エッチング速度の改善が見られた。

【0006】

【発明の実施の形態】

以下、本発明を具体的な実施例に基づいて説明する。

10

3族窒化物半導体としては、例えば、2元、3元、4元の一般式 $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}N$ ； $(0 < x < 1, 0 < y < 1)$ で表される半導体である。まず、GaNについて、次のようにエッチングを行った。

【0007】

本実施例方法で使用された半導体は、有機金属化合物気相成長法（以下「MOVPE」と記す）による気相成長により図2に示す構造に作成された。

【0008】

用いられたガスは、 NH_3 とキャリアガス H_2 とトリメチルガリウム $(Ga(CH_3)_3)$ （以下「TMG」と記す）とトリメチルアルミニウム $(Al(CH_3)_3)$ （以下「TMA」と記す）である。

20

【0009】

まず、有機洗浄及び熱処理により洗浄したc面を主面とする単結晶のサファイア基板1をMOVPE装置の反応室に載置されたサセプタに装着する。次に、反応室内の圧力を5 Torrに減圧し、 H_2 を流速0.3 liter/分で反応室に流しながら温度1100でサファイア基板1を気相エッチングした。

【0010】

次に、温度を800まで低下させて、 H_2 を流速3 liter/分、 NH_3 を流速2 liter/分、TMAを 7×10^{-6} モル/分で供給して1分間熱処理した。この熱処理によりAlNのバッファ層2が約500の厚さに形成された。次に、1分経過した時にTMAの供給を停止して、サファイア基板1の温度を1150に保持し、 H_2 を2.5 liter/分、 NH_3 を1.5 liter/分、TMGを 1.7×10^{-5} モル/分で60分間供給し、膜厚約3 μmのn型のGaN層3を形成した。

30

【0011】

次に、このようにして形成されたGaN層3の上面に金属マスク4を図3のように蒸着により形成した試料30を作成し、図1に示す平行平板電極型のプラズマエッチング装置により、露出したGaN層3をエッチングした。

【0012】

次に、そのエッチング装置について図1を参照して説明する。

図1に示す平行電極型電極装置において、反応室20を形成するステンレス製の真空容器10の側壁には、エッチング用のガスを導入する導入管12が連設されており、その導入管12はガス流速を可変できるマスフローコントローラ14、15、36を介してBCl₃ガス、O₂ガス、Arガスを、それぞれ、貯蔵したボンベ16、17、38に接続されている。そして、BCl₃ガス、O₂ガス又はArガスがそのボンベ16、17、38からマスフローコントローラ14、15、36を介して反応室20に導入される。又、反応室20はロータリポンプ25、27、拡散ポンプ19、メカニカルブースターポンプ13により排気されており、反応室20の真空度は、バルブ18により調整される。

40

【0013】

一方、反応室20内には上下方向に対向して、真空容器10から絶縁された電極22と電極24とが配設されている。そして、電極22は接地され、電極24には高周波電力が供

50

給される。その高周波電力は周波数 13.56 MHz の高周波電源 28 から整合器 26 を介して供給される。

【0014】

又、電極 24 の上には石英板 25 が載置されており、その石英板 29 上に、図 3 図に示す試料 30 が載置される。

次に、拡散ポンプ 19 により反応室 20 内を十分に排気して、反応室 20 の真空度を 1×10^{-5} Torr 以下にする。その後、Ar ガスがマスフローコントローラ 36 により流量 8.5 cc / 分で供給され、コンダクタンスバルブ 18 により反応室 20 の真空度は正確に 0.06 Torr に調整された。そして、電極 24 と電極 22 間に 0.2 W/cm^2 (400 W) の高周波電力が供給されて電極間でグロー放電が開始され、導入され 10
た Ar ガスはプラズマ状態となり、試料 30, 32 の表面の前処理としてのエッチング洗浄が開始された。

【0015】

次に、一旦、電力の供給を停止して、反応室 20 の真空度が 1×10^{-5} Torr 以下になるまで排気して、BCl₃ ガスがマスフローコントローラ 14 により流速 7.5 cc / 分、Ar ガスがマスフローコントローラ 36 により流速 21 cc / 分に制御されて反応室 20 に導入され、コンダクタンスバルブ 18 により反応室 20 の真空度は正確に 0.02 Torr に調整された。そして、電極 24 と電極 22 間に 0.2 W/cm^2 (400 W) の高周波電力が供給されて電極間でグロー放電が開始され、導入された BCl₃ と Ar ガスはプラズマ状態となり、試料 30, 32 のエッチングが開始された。 20

【0016】

160 分間、エッチングを行った結果、試料 30 は図 4 に示す構造にエッチングされた。即ち、マスク 4 で覆われた GaN 層 3 の部分はエッチングされず、露出した GaN 層 3 のみが図示する形状にエッチングされた。

【0017】

次に、一旦、電力の供給を停止し、BCl₃ ガスの供給を停止して、反応室 20 の真空度が 1×10^{-5} Torr 以下になるまで排気した。その後、Ar ガスがマスフローコントローラ 36 により流量 8.5 cc / 分で供給され、コンダクタンスバルブ 18 により反応室 20 の真空度は正確に 0.06 Torr に調整された。そして、電極 24 と電極 22 間に 0.2 W/cm^2 (400 W) の高周波電力が供給されて電極間でグロー放電が 30
開始され、導入された Ar ガスはプラズマ状態となり、試料 30, 32 のエッチングされた表面の後処理としてのエッチング洗浄が開始された。

【0018】

このようにしてエッチングされた試料 30, 32 をエッチング装置から取り出し、試料 30, 32 の上の金属マスク 4 を除去した。

その後、その試料に穴径 140 μm ϕ , 400 μm ピッチの穴のあいたステンレス板をマスクとしてアルミニウムを厚さ 1.5 μm に蒸着して、図 5 に示すように電極 6 を形成した。このようにして形成された電極 6 の電圧 - 電流特性 (V - I 特性) を測定した。その結果を図 6 に示す。良好なオーミック特性が得られているのが分かる。図から 0.25 V の時、20 mA の電流が流れているのが分かる。このことから、接触抵抗は、12 40
.5 Ω であることが分かる。

【0019】

尚、前処理としての Ar ガスによるエッチング条件としては、Ar ガスの流量は 2 cc / 分 ~ 500 cc / 分、RF パワーは 100 W ~ 1 kW、エッチング時間は 1 分 ~ 10 分の範囲で行うとき、良好なエッチング洗浄が実行される。

【0020】

又、本エッチングの条件としては、BCl₃ ガスの流量は 2 cc / 分 ~ 200 cc / 分、Ar ガスの流量は 2 cc / 分 ~ 500 cc / 分、RF パワーは 100 W ~ 1 kW の範囲で行うとき、エッチング速度が、BCl₃ ガスだけでエッチングする場合に比べて、2 倍に向上した。 50

【0021】

又、後処理としてのArガスによるエッチング条件としては、前処理と同様に、Arガスの流量は2cc/分～500cc/分、RFパワーは100W～1kW、エッチング時間は1分～10分の範囲で行うとき、良好なエッチング洗浄が実行され、そのエッチングされた表面に金属を蒸着して電極を形成する場合に、良好なオーミック性が得られた。尚、Arガスによる後処理のエッチング洗浄を実行しない場合にはオーミック性は得られなかった。

又、このようにして形成された電極は、従来の炭素、塩素又はノ及びフッ素を含むガスでドライエッチングした後、Arでドライエッチングして、その表面に金属を蒸着した場合に比べて、その電極のオーミック特性をより、良好にでき、且つ、接触抵抗を約1/3に低下させることができた。

10

【0022】

本エッチングにおいて、Ar:BCl₃のガス流量比を1:3, 1:2, 1:1として、それぞれの場合において、BCl₃ガスの流量を変化させた時のエッチング速度を測定した。その結果を図7に示す。BCl₃ガスの流量が増加するに連れて、エッチング速度が向上しているのが分かる。又、Arガスの比率が高くなる程、エッチング速度の向上が見られる。又、BCl₃ガスの流量を40cc/分に固定して、Arガスの流量を0～120cc/分に変化させた時のエッチング速度を測定した。その結果を図8に示す。BCl₃ガスの流量に対するArガスの流量比を多くするほど、エッチング速度が向上しているのが分かる。しかし、Ar:BCl₃=1:1で、エッチング速度は飽和する傾向があるが、Arガスが存在しない場合に比べてArガスが存在する場合には、確実に、エッチング速度は向上している。

20

【0023】

又、本エッチングにおいて、酸素ガスをBCl₃ガスに対して、1/100～1/10の範囲の割合で混合することで、エッチング速度が、酸素ガスが存在しない場合に比べて、2倍に向上した。

【0024】

上記実施例では、n-GaNについて示したが、p-GaNについても、同様にエッチング速度の改善が見られ、エッチングした表面に、NiとAuの2重層による電極を形成したが、オーミック性が改善され、接触抵抗も低下した。さらに、Al_x₁Ga_{1-x}₁N、In_x₂Ga_{1-x}₂N、一般式(A_{1-x}Ga_{1-x})_yIn_{1-y}N; (0<x<1, 0<y<1)の半導体について、上記と同様にエッチングし、電極を形成したが、同様な効果が得られた。

30

【図面の簡単な説明】

【図1】エッチングする装置を示した構成図。

【図2】エッチングする試料の構成を示した断面図。

【図3】エッチングする試料の構成を示した断面図。

【図4】エッチングされた試料の形状を示した断面図。

【図5】接触抵抗を測定するために電極の形成された試料の構成を示した断面図。

【図6】エッチングされた面に電極を形成してV-I特性を測定した測定図。

40

【図7】本エッチングにおいて、BCl₃ガスとArガスの流量比率を変化させると共に、BCl₃ガスの流量を変化させた時のエッチング速度の測定結果を示す特性図。

【図8】本エッチングにおいて、BCl₃ガスに対してArガスの流量比を変化させた時の、Arガスの流量比に対するエッチング速度の測定結果を示す特性図。

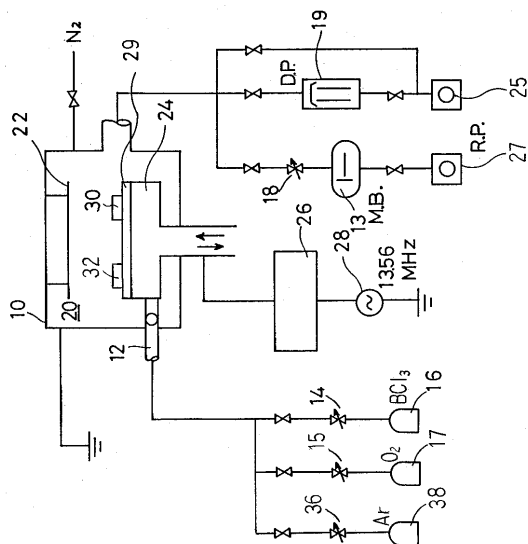
【符号の説明】

- 1 ... サファイア基板
- 2 ... パッファ層
- 3 ... GaN 層
- 4 ... マスク
- 5 ... 電極形成部

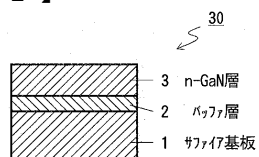
50

- 6 ... 電極
- 10 ... 真空容器
- 12, 34 ... 導入管
- 14, 15, 36 ... マスフローコントローラ
- 16, 17, 38 ... タンク
- 19 ... 拡散ポンプ
- 18 ... コンダクタンスバルブ
- 22, 24 ... 電極
- 28 ... 高周波電源

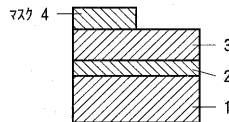
【図1】



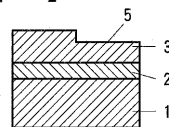
【図2】



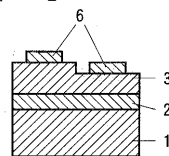
【図3】



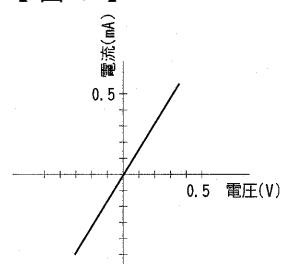
【図4】



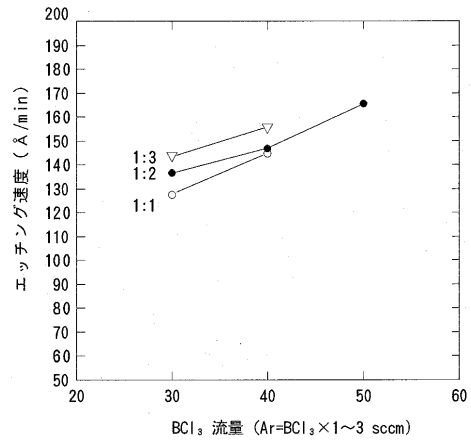
【図5】



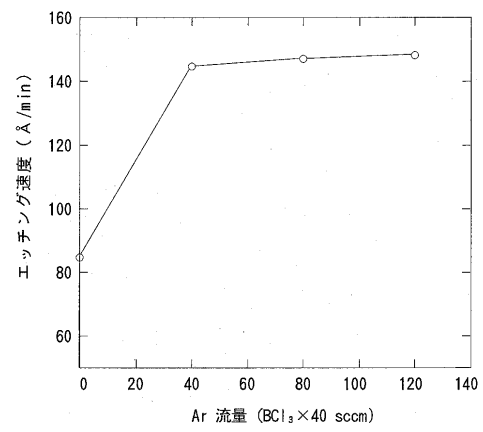
【図6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

合議体

審判長 影山 秀一

審判官 日比野 隆治

審判官 市川 裕司

- (56)参考文献 特開平3 - 108779 (JP, A)
特開平5 - 211347 (JP, A)
特開平9 - 330916 (JP, A)
特開平8 - 162441 (JP, A)
特開平7 - 263383 (JP, A)
特開平8 - 17803 (JP, A)
特開平7 - 176826 (JP, A)
特開平4 - 34929 (JP, A)