

(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2016-171141

(P2016-171141A)

(43) 公開日 平成28年9月23日(2016.9.23)

(51) Int.Cl.

H01L 33/44 (2010.01)
H01L 33/32 (2010.01)

F 1

H01L 33/00
H01L 33/00

テーマコード(参考)

5F141
5F241

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号

特願2015-48725 (P2015-48725)

(22) 出願日

平成27年3月11日 (2015.3.11)

(71) 出願人 000000033

旭化成株式会社

東京都千代田区神田神保町一丁目105番地

(74) 代理人 100066980

弁理士 森 哲也

(74) 代理人 100103850

弁理士 田中 秀▲てつ▼

(72) 発明者 伊藤 由人

静岡県富士市鮫島2番地の1 旭化成株式会社内

F ターム(参考) 5F141 AA03 AA44 CA04 CA05 CA12

CA40 CA65 CA74 CA77 CB11

5F241 AA03 AA44 CA04 CA05 CA12

CA40 CA65 CA74 CA77 CB11

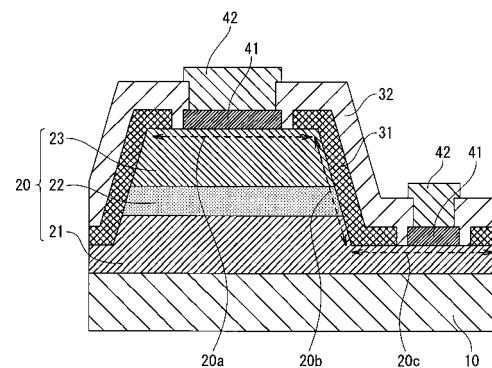
(54) 【発明の名称】窒化物発光素子および窒化物発光素子の製造方法

(57) 【要約】

【課題】発光効率と耐湿性の双方が優れた窒化物発光素子および窒化物発光素子の製造方法を提供する。

【解決手段】窒化物発光素子は、窒化物半導体基板10と、窒化物半導体基板10上で、A1およびGaの少なくとも一方を含む第1導電型の窒化物半導体層21と、A1およびGaを含む窒化物発光層22と、A1およびGaの少なくとも一方を含む第2導電型の窒化物半導体層23とがこの順で積層されたメサ型の半導体積層構造部20と、メサ型の半導体積層構造部20の表面および側面を覆う第1の保護膜31と、第1の保護膜31を覆う第2の保護膜32と、を備える。第1の保護膜31の屈折率は1.46以下である。第2の保護膜32の屈折率は1.46を超える。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

窒化物半導体基板と、

前記窒化物半導体基板上で、Al およびGa の少なくとも一方を含む第1導電型の窒化物半導体層と、Al およびGa を含む窒化物発光層と、Al およびGa の少なくとも一方を含む第2導電型の窒化物半導体層とがこの順で積層されたメサ型の半導体積層構造部と、

前記メサ型の半導体積層構造部の表面および側面を覆う第1の保護膜と、

前記第1の保護膜を覆う第2の保護膜と、を備え、

前記第1の保護膜の屈折率は1.46以下であり、

前記第2の保護膜の屈折率は1.46を超える窒化物発光素子。

10

【請求項 2】

前記第1の保護膜と第2の保護膜はそれぞれ酸化シリコンである請求項1に記載の窒化物発光素子。

【請求項 3】

前記第1の保護膜の膜厚は、150nm以上400nm以下である請求項1または請求項2に記載の窒化物発光素子。

【請求項 4】

前記第2の保護膜の膜厚は、150nm以上400nm以下である請求項1から請求項3のいずれか一項に記載の窒化物発光素子。

20

【請求項 5】

前記窒化物半導体基板はAlN単結晶である請求項1から請求項4のいずれか一項に記載の窒化物発光素子。

【請求項 6】

前記メサ型の半導体積層構造部のうちの前記第1の保護膜に覆われていない領域に形成された電極部、をさらに備える請求項1から請求項5のいずれか一項に記載の窒化物発光素子。

【請求項 7】

窒化物半導体基板上に、Al およびGa の少なくとも一方を含む第1導電型の窒化物半導体層と、Al およびGa を含む窒化物発光層と、Al およびGa の少なくとも一方を含む第2導電型の窒化物半導体層とがこの順で積層されたメサ型の半導体積層構造部を形成する工程と、

30

前記メサ型の半導体積層構造部の表面および側面に第1の保護膜を形成する工程と、

前記第1の保護膜に熱処理を加える工程と、

前記1の保護膜上に第2の保護膜を形成する工程と、を備える窒化物発光素子の製造方法。

【請求項 8】

前記第1の保護膜に熱処理を加える工程は、

前記第1の保護膜に熱処理を加えて該第1の保護膜の屈折率を1.46以下に合わせ込む工程である請求項7に記載の窒化物発光素子の製造方法。

40

【請求項 9】

前記第2の保護膜を形成する工程は、

前記第1の保護膜上に屈折率が1.46を超える第2の保護膜を形成する工程である請求項7または請求項8に記載の窒化物発光素子の製造方法。

【請求項 10】

前記第1の保護膜と前記第2の保護膜はそれぞれ酸化シリコンである請求項7から請求項9の何れか一項に記載の窒化物発光素子の製造方法。

【請求項 11】

前記窒化物半導体基板はAlN単結晶である請求項7から請求項10の何れか一項に記載の窒化物発光素子の製造方法。

50

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、窒化物発光素子および窒化物発光素子の製造方法に関する。

【背景技術】**【0002】**

近年、窒化物半導体を用いた、青色光の発光が可能な発光素子が開発され、種々の用途に使用されている。窒化物半導体を用いた発光波長の短い発光素子では、用いる基板の導電性が極めて低いため発光波長の長い発光素子で汎用される縦型構造を用いることができない。そのため、横型の構造が広く使用されている。

横型構造では、2つの導電層のうち1つの導電型の半導体層しか基板の表面に露出していない。このため、もう一方の導電型の半導体層を露出させるために、基板の表面にメサ型構造を作成する。一般的に、縦型構造の発光素子の最表面は酸化シリコン等の保護膜で覆われ、周囲の環境から保護されている。

【0003】

メサ型構造を有する発光素子の保護膜としては、酸化シリコンまたは窒化シリコンを単層で用いることが一般的に知られている（特許文献1、2参照）。これらの保護膜は、空気中の水や酸素、汚染、傷からメサ型構造を化学的物理的に保護し、さらに絶縁耐圧性も有する。従来の窒化物発光素子において、保護膜は、スパッタ装置、プラズマCVD装置等を用いて形成され、開口部分は保護膜をエッチングして除去することにより形成される。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0004】**

【特許文献1】特開平11-150301号公報

【特許文献2】特開平10-189562号公報

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0005】**

上述の通り、窒化物発光素子の保護膜としては、酸化シリコン、窒化シリコン等の材料を単層で用いる技術が知られていた。特に、横型構造の発光素子の場合、メサ型構造を作成することにより露出した半導体層の表面は化学的に非常に不安定で、空気中の水や酸素と反応しやすく、酸化膜の形成や素子特性の信頼性の低下を引き起こしやすい。このため、横型構造を有する発光素子では、保護膜の保護機能は、縦型構造のものよりも高い効果が求められる。

【0006】

しかし、保護膜として酸化シリコン又は窒化シリコンを用いる何れの場合においても、十分な耐湿性と、十分な発光効率の双方を満足した窒化物発光素子は知られていないのが実情である。例えば酸化シリコンを絶縁保護膜として使用した場合は、他の材質の保護膜を使用した場合と比較して耐湿性が低いという課題がある。また、窒化シリコンを絶縁保護膜として使用した場合は、光吸収による発光効率の低減や、応力による発光波長シフトが発生しやすいという課題がある。

そこで、本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであって、発光効率と耐湿性の双方が優れた窒化物発光素子および窒化物発光素子の製造方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】**【0007】**

本発明者は上記課題を解決するために鋭意検討した結果、以下に示す各態様により上記課題を解決できることを見出し、本発明を完成させた。

すなわち、本発明の一態様に係る窒化物発光素子によれば、窒化物半導体基板と、前記

10

20

30

40

50

窒化物半導体基板上で、A1およびGaの少なくとも一方を含む第1導電型の窒化物半導体層と、A1およびGaを含む窒化物発光層と、A1およびGaの少なくとも一方を含む第2導電型の窒化物半導体層とがこの順で積層されたメサ型の半導体積層構造部と、前記メサ型の半導体積層構造部の表面および側面を覆う第1の保護膜と、前記第1の保護膜を覆う第2の保護膜と、を備え、前記第1の保護膜の屈折率は1.46以下であり、前記第2の保護膜の屈折率は1.46を超えることを特徴とする。

【0008】

本発明の一態様に係る窒化物発光素子の製造方法は、窒化物半導体基板上に、A1およびGaの少なくとも一方を含む第1導電型の窒化物半導体層と、A1およびGaを含む窒化物発光層と、A1およびGaの少なくとも一方を含む第2導電型の窒化物半導体層とがこの順で積層されたメサ型の半導体積層構造部を形成する工程と、前記メサ型の半導体積層構造部の表面および側面に第1の保護膜を形成する工程と、前記第1の保護膜に熱処理を加える工程と、前記第1の保護膜上に第2の保護膜を形成する工程と、を備えることを特徴とする。

10

【発明の効果】

【0009】

本発明の一態様によれば、発光効率と耐湿性の双方が優れた窒化物発光素子を提供することが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

20

【図1】本実施形態に係る窒化物発光素子の構成例を示す断面模式図である。

【図2】本実施形態に係る窒化物発光素子の製造方法を示す断面模式図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、本発明を実施するための形態（本実施形態）について説明する。

<本実施形態>

(1) 全体構成

本実施形態に係る窒化物発光素子は、窒化物半導体基板と、前記窒化物半導体基板上で、A1およびGaの少なくとも一方（すなわち、A1および/またはGa）を含む第1導電型の窒化物半導体層と、A1およびGaを含む窒化物発光層と、A1および/またはGaを含む第2導電型の窒化物半導体層とがこの順で積層されたメサ型の半導体積層構造部と、前記メサ型の半導体積層構造部の表面および側面を覆う第1の保護膜と、前記第1の保護膜を覆う第2の保護膜と、を備え、前記第1の保護膜の屈折率は1.46以下であり、前記第2の保護膜の屈折率は1.46を超えることを特徴とする。本実施形態は、上記の構成を有することにより、発光効率の低減防止と高耐湿性を兼ね備えた窒化物発光素子を実現できる。半導体発光層に簡易に電力を供給できる観点から、第1導電型の窒化物半導体層と第2導電型の窒化物半導体層のそれぞれに電極部が形成されていることが好ましい。

30

【0012】

40

また、本実施形態に係る窒化物発光素子の製造方法は、窒化物半導体基板上に、A1およびGaの少なくとも一方を含む第1導電型の窒化物半導体層と、A1およびGaを含む窒化物発光層と、A1およびGaの少なくとも一方を含む第2導電型の窒化物半導体層とがこの順で積層されたメサ型の半導体積層構造部を形成する工程と、前記メサ型の半導体積層構造部の表面および側面に第1の保護膜を形成する工程と、前記第1の保護膜に熱処理を加える工程と、前記第1の保護膜上に第2の保護膜を形成する工程と、を備えることを特徴とする。

【0013】

50

(2) 窒化物半導体基板

本実施形態において、窒化物半導体基板は、その表面にメサ型の半導体積層構造部を形成できるものであれば特に制限されない。本実施形態に係る窒化物発光素子においては、

半導体積層構造部として、Al および / または Ga を含む第1導電型の窒化物半導体層、Al および Ga を含む窒化物発光層、Al および / または Ga を含む第2導電型の窒化物半導体層、を形成するため、窒化物半導体基板は例えばGaN単結晶またはAlN単結晶からなる基板であることが好ましい。特に窒化物発光層としてAl および Ga を含む窒化物発光層を低欠陥密度で形成する観点から、窒化物半導体基板はAlN単結晶からなる基板であることがより好ましい。なお、窒化物半導体基板としては、サファイア等のベース上にGaN層やAlN層等の窒化物半導体が形成された窒化物半導体基板も含まれる。また、窒化物半導体基板は、光取り出し向上の観点から、半導体積層構造部が形成される面の反対側に位置する面（すなわち、対向する面）側が加工されたものであってもよいし、光学調整層を更に備えていてもよい。

10

【0014】

(3) メサ型の半導体積層構造部

本実施形態において、メサ型の半導体積層構造部はAl および / または Ga を含む第1導電型の窒化物半導体層、Al および Ga を含む窒化物発光層、Al および / または Ga を含む第2導電型の窒化物半導体層、を有するものであれば特に制限されない。すなわち、上記層の他にバッファ層やバリア層、コンタクト層等の他の機能を発現させるための層をさらに備えていてもよい。

【0015】

本実施形態において、「第1導電型」「第2導電型」とは、一方がn型導電型の場合は他方がp型導電型であることを意味する。すなわち、第1導電型の窒化物半導体層がn型の場合は、第2導電型の窒化物半導体層がp型となる。生産性と発光効率の観点から、第1導電型の窒化物半導体層がn型であることが好ましい。

20

「メサ型」とは、基板平面に対して凸部となる部位を有することを意味する。すなわち、この凸部は、凸部の頂部表面（頂面）と、凸部の側面とで囲まれる構造となる。凸部の側面の基板平面に対する傾斜角は特に制限されないが、該側面における保護膜の被覆率の観点から順テーパー（すなわち、断面視したときに、凸部の底部表面（底面）から頂面に向けて該凸部の幅が徐々に狭くなる形）であることが好ましい。

【0016】

メサ型の半導体積層構造部を形成する方法は特に制限されないが、例えば、以下の方法による。まず、窒化物半導体基板上にMBEやMOCVD等の公知の製膜装置を用いて、Al および / または Ga を含む第1導電型の窒化物半導体層と、Al および Ga を含む窒化物発光層と、Al および / または Ga を含む第2導電型の窒化物半導体層とをこの順で積層して（さらに、これら各層の層間や層上にバッファ層やバリア層、コンタクト層等の他の機能を発現させるための層を形成してもよい）半導体積層構造膜を形成する。

30

【0017】

次に、半導体積層構造膜上にフォトリソグラフィー法でマスクパターンを形成する。そして、半導体積層構造膜のうち、マスクパターンから露出している領域（すなわち、所望の領域）をドライエッチングやウェットエッチングすることにより、メサ型の半導体積層構造部を形成することが可能である。

(3-1) 第1導電型の窒化物半導体層

40

Al および / または Ga を含む第1導電型の窒化物半導体層としては、AlN、GaN、Al_xGaNなどが挙げられる。紫外領域の発光素子では、発光層であるAl_{1-x}Ga_xN（0 < x < 1）のAl組成を変えることで発光波長を調整できる。この際、発光効率の観点から第1導電型の窒化物半導体層としては、発光層よりも高いAl組成を有するAl_{1-y}Ga_yN（0 < y < 1）であることが好ましい。n型ドーパントとしてはSiやGe等が挙げられるがこの限りではない。

【0018】

第1導電型の窒化物半導体層の膜厚は特に制限されないが、膜厚が小さすぎると（すなわち、薄すぎると）発光素子の抵抗が大きくなり発熱量が大きくなるという課題がある。一方、膜厚が大きすぎると（すなわち、厚すぎると）、用いる基板と第1導電型の窒化物

50

半導体層との格子定数差に起因した転位と呼ばれる欠陥が発生し、発光効率が低下する。以上、素子の発熱と発光効率の観点から、第1導電型の窒化物半導体層の膜厚は0.2μm以上2μm以下であることが好ましく、より好ましくは0.3μm以上1μm以下である。

【0019】

(3-2) 窒化物発光層

A1およびGaを含む窒化物発光層としては、AlGaNが挙げられる。窒化物発光層は一層からなっても複数の発光層からなっても構わないが、発光効率の観点から、複数の発光層からなることが好ましい。窒化物発光層が複数の発光層からなる場合は、発光層間にはバリア層と呼ばれる層を挿入することが好ましい。窒化物発光層のAlとGaの比率は発光波長に応じて任意に選択できる。また、バリア層のAl組成比は、発光層のAl組成比より高いことが好ましい。さらに発光層、バリア層はSi、Ge、Mgなどの元素がドープされていても構わない。

【0020】

窒化物発光層の膜厚は特に制限されないが、特に複数の発光層を用いる場合には、膜厚が小さすぎると発光層からキャリアがしみ出し、発光効率が低下する。一方、厚みが大きすぎると発光層でのキャリア濃度が低下して発光効率が低下する。さらに、極性を持つ基板を用いた場合には、ピエゾ効果により発光効率が低下するという課題がある。以上、発光効率の観点から、窒化物発光層の膜厚は1nm以上10nm以下であることが好ましく、2nm以上8nm以下であることがより好ましい。バリア層の膜厚についても特に限定されないが、小さすぎるとキャリアのしみ出し、大きすぎるとピエゾ効果による発光効率低下が低下してしまう。発光効率の観点から、バリア層の膜厚は2nm以上12nm以下であることが好ましく、4nm以上10nm以下がより好ましい。

【0021】

(3-3) 第2導電型の窒化物半導体層

A1および/またはGaを含む第2導電型の窒化物半導体層としては、AlN、GaN、AlGaNなどが挙げられる。p型ドープの容易性の観点から、第2導電型の窒化物半導体層はGaNであることが好ましい。また、発光した光の取り出し効率の観点からは、第2導電型の窒化物半導体層は、発光層のAl組成より高いAl組成を有するAl_zGa_{1-z}N (0 < z < 1) であることが好ましい。p型ドーパントとしてはMg、Cd、Zn、Be等が挙げられる。

第2導電型の窒化物半導体層の膜厚は特に制限されないが、光取り出し効率および発光層へのホール注入量の観点から5nm以上400nm以下であることが好ましく、10nm以上300nm以下であることがより好ましい。

【0022】

(4) 第1の保護膜

本実施形態において、第1の保護膜は、メサ型の半導体積層構造部の側面の少なくとも一部および頂面の一部を覆うものであればよい。耐湿性の向上の観点から、その屈折率は1.46以下である。耐湿性向上の観点から、第1の保護膜は酸化シリコンであることが好ましい。第1の保護膜を形成する方法は特に制限されないが、例えばプラズマCVD装置、スパッタ装置、真空蒸着装置等により形成することが可能である。また、第1の保護膜の屈折率を1.46以下にする方法は特に制限されないが、第1の保護膜を形成した後、熱処理を加えることで屈折率が1.46以下の保護膜を得ることが可能である。第1の保護膜の膜厚は、生産性やデバイスへの応力の観点から150nm以上400nm以下であることが好ましく、200nm以上400nm以下であることがより好ましい。

【0023】

(5) 第2の保護膜

本実施形態において、第2の保護膜は、第1の保護膜を覆うものであればよい。発光効率低減抑制の観点から、その屈折率は1.46を超えるものである。耐湿性向上の観点から、第2の保護膜は酸化シリコンであることが好ましい。第2の保護膜を形成する方法は

10

20

30

40

50

特に制限されないが、例えばプラズマCVD装置、スパッタ装置、真空蒸着装置により形成することが可能である。第2の保護膜の屈折率を1.46を超えるものにする方法は特に制限されないが、第2の保護膜を形成した後に熱処理を加えないことで屈折率が1.46を超える保護膜を得ることが可能である。

第2の保護膜の膜厚は、エッチング時のレジストとの選択比やデバイスへの応力の観点から150nm以上400nm以下であることが好ましく、200nm以上400nm以下であることがより好ましい。

【0024】

(6) 電極部

本実施形態に係る窒化物発光素子は、第1導電型の窒化物半導体層および第2導電型の窒化物半導体層に電気的に接続される電極部を備えていてもよい。発光効率を向上させる観点から、メサ型の半導体積層構造部のうち第1の保護膜に覆われていない領域に電極部が形成されていることが好ましい。電極部が該領域に形成されていることにより、第2の保護膜を形成する際に加わり得る半導体積層構造部へのダメージがより低減され、発光効率が向上するものと推察される。

10

【0025】

電極部は単層でもよいが、多層であってもよい。電極部が多層の場合、窒化物半導体層との良好なオーミック接合を取るための第1の電極部と、配線のための第2の電極部からなっていることが好ましい。また、第1導電型の窒化物半導体層上に形成される第1の電極部の材料と、第2導電型の窒化物半導体層上に形成される第1の電極部の材料とが同一であってもよいし、異なっていてもよい。以下、図面を参照しながら本実施形態の具体例を説明する。

20

【0026】

<本実施形態の具体例>

(1) 構成例

図1は本実施形態に係る窒化物発光素子の構成例を示す断面模式図である。図1に示すように、この窒化物発光素子は、窒化物半導体基板10と、窒化物半導体基板10上に形成された半導体積層構造部20と、半導体積層構造部20の表面および側面を覆う第1の保護膜31および第2の保護膜32と、半導体積層構造部20に電気的に接続する第1の電極部41および第2の電極部42とを備える。

30

【0027】

また、半導体積層構造部20は、例えば、第1導電型の窒化物半導体層21と、第1導電型の窒化物半導体層21上に形成された窒化物発光層22と、窒化物発光層22上に形成された第2導電型の窒化物半導体層23とを有する。第1導電型の窒化物半導体層21はA1および/またはGaを含む。窒化物発光層22はA1およびGaを含む。第2導電型の窒化物半導体層23はA1および/またはGaを含む。

30

【0028】

図1に示すように、メサ型の半導体積層構造部20は、窒化物半導体基板10の表面(基板平面)に対して凸部となるように形成されている。この凸部の頂面20aと、凸部の底面20cとの間に、凸部の側面20bが位置する。この側面20bは基板平面に対して順テーパーの傾きを有する。また、頂面20aの一部と、側面20bの全ておよび底面20cの一部が、第1の保護膜31で覆われている。また、第1の保護膜31は第2の保護膜32で覆われている。メサ型の半導体積層構造部20の頂部で第1の保護膜31で覆われていない領域と、半導体積層構造部20の底部で第1の保護膜31で覆われていない領域とに、第1の電極部41および第2の電極部42がそれぞれ形成されている。

40

【0029】

(2) 製造方法

次に、図1に示した窒化物発光素子を例に、本実施形態に係る窒化物発光素子の製造方法の一例について説明する。

図2(a)~(d)は、本実施形態に係る窒化物発光素子の製造方法を示す断面模式図

50

である。図2(a)において、まず、窒化物半導体基板10上に、MBEやMOCVD等の公知の製膜装置を用いて第1導電型の窒化物半導体層21、窒化物発光層22、第2導電型の窒化物半導体層23を積層して、半導体積層構造膜を形成する。次に、フォトリソグラフィー法でマスクパターンを半導体積層構造膜上に形成する。そして、マスクパターンで部分的に覆われた半導体積層構造膜をドライエッチングやウェットエッチング等でエッチングする。これにより、第2導電型の窒化物半導体層23、窒化物発光層22、窒化物半導体層21を有する、メサ型の半導体積層構造部20を形成する。

【0030】

次に、プラズマCVD装置、スパッタ装置、真空蒸着装置等の製膜装置により、窒化物半導体基板10の全面を覆うように第1の保護膜材料を形成する。次に、形成された第1の保護膜材料に熱処理を加える。この熱処理工程は、第1の保護膜の屈折率を1.46以下に合わせ込む工程である。

この熱処理工程は、第1の保護膜材料の屈折率が直ちに(すなわち、後述の開口部31a、31bを形成する前に)1.46以下となるように熱処理を行う工程であってもよいし、第1の保護膜31の屈折率が最終的に(すなわち、窒化物発光素子が完成した時点で)1.46以下となるように熱処理を行う工程であってもよい。少なくとも窒化物発光素子が完成した時点で第1の保護膜31の屈折率が1.46以下となるように、熱処理の条件(熱処理時間、熱処理温度等)を設定すればよい。

【0031】

次に、フォトリソグラフィー法でマスクパターンを第1の保護膜材料上に形成する。そして、マスクパターンで部分的に覆われた第1の保護膜材料をドライエッチングやウェットエッチング等でエッチングして開口部を形成する。これにより、図2(b)に示すように、メサ型の半導体積層構造部20の頂面20a上に開口部31aを有するとともに、その底面20c上に開口部31bを有する第1の保護膜31を形成する。

【0032】

その後、第1の電極部材料を窒化物半導体基板10の全面に蒸着し、マスクパターンをリフトオフする。これにより、図2(c)に示すように、メサ型の半導体積層構造部20の頂面20a上および底面20c上にのみ第1の電極部41を形成する。

なお、ここでは、メサ構造の半導体積層構造部20の頂面20a上および底面20c上に第1の電極部41を同時に形成する方法を説明した。しかしながら、本実施形態では、良好なオーミック接続となる電極部を形成するために、頂部と底部にそれぞれ別々に開口部を形成し、それぞれ異なる材料の第1の電極部材料を蒸着・リフトオフして、第1の電極部41を形成してもよい。プラズマCVD装置を用いる場合は、緻密性の高い膜を形成する観点から、第1の保護膜31は基板温度が200以上300以下の温度で形成されることが好ましい。

【0033】

次に、プラズマCVD装置、スパッタ装置、真空蒸着装置等の製膜装置を用いて、窒化物半導体基板10の全面を覆うように第2の保護膜材料を形成する。そして、フォトリソグラフィー法でマスクパターンを第2の保護膜材料上に形成する。次に、マスクパターンで部分的に覆われた第2の保護膜材料をドライエッチングやウェットエッチング等でエッチングして開口部を形成する。これにより、図2(d)に示すように、メサ型の半導体積層構造部20の頂部であって第1の電極部41が形成された領域上に開口部32aを有するとともに、この半導体積層構造部20の底部であって第1の電極部41が形成された領域上に開口部32bを有する第2の保護膜32を形成する。

【0034】

その後、第2の電極部材料を窒化物半導体基板10の全面に蒸着し、マスクパターンをリフトオフする。これにより、第1の電極部41上に第2の電極部42を形成して、図1に示した窒化物発光素子を得ることができる。

ここでは、開口部32a、32bを形成するためのマスクパターンを用いて第2の電極部42を形成する方法を説明した。しかしながら、本実施形態では、形成する電極部の構

10

20

30

40

50

造制御精度向上の観点から、開口部 32a、32b を形成するためのマスクパターンを第 2 の電極部材料を形成する前に除去し、第 2 の電極部 42 を形成するためのマスクパターンを別途形成した後で、第 2 の電極部材料を窒化物半導体基板 10 の全面に蒸着し、その後、マスクパターンをリフトオフすることにより、第 2 の電極部 42 を形成してもよい。プラズマ CVD 装置を用いる場合は、緻密性の高い膜を形成する観点から第 2 の保護膜 32 は基板温度が 200 以上 300 以下の温度で形成されることが好ましい。

【0035】

ここで、発光効率向上の観点から、第 1 の保護膜材料をエッティングする工程はウェットエッティングであることが好ましい。これは、ドライエッティングでは第 1 の保護膜をエッティングする際に、第 1 の保護膜下部の半導体積層構造部 20 にダメージが加わり、コンタクト抵抗が上昇し、発光効率の低下につながるためである。また、発光効率向上の観点から、第 2 の保護膜材料は酸化シリコンであることが好ましい。

10

【0036】

さらに、エッティング容易性の観点からエッティング工程はドライエッティングであることが好ましい。上記のように、ドライエッティングを用いると半導体積層構造部 20 にダメージが加わり発光効率が低下する傾向にあるが、本実施形態では、第 2 の保護膜材料をエッティングする際に、半導体積層構造部 20 は第 1 の保護膜 31 および第 1 の電極部 41 でほぼ覆われている。このため、ドライエッティングを適用しても半導体積層構造部 20 へのダメージが低減され、発光効率の低下が生じにくい為好適に使用できる。

20

本実施形態では、頂面 20a および底面 20c が本発明の「メサ型の半導体積層構造部の表面」に対応し、側面 20b が本発明の「(メサ型の半導体積層構造部の)側面」に対応している。

【0037】

<本実施形態の効果>

本実施形態に係る窒化物発光素子よれば、後述する実施例で確認したように、発光効率と耐湿性の双方が優れた窒化物発光素子を提供することが可能である。また、本実施形態に係る窒化物発光素子の製造方法によれば、発光効率と耐湿性の双方が優れた窒化物発光素子を、高い生産性で製造することが可能である。

【実施例】

【0038】

30

以下、本発明の窒化物発光素子を実施例に基づきながらより詳細に説明する。

(1) 実施例

A1N から成る窒化物半導体基板 10 上に Si がドープされた A1 組成比 0.7 の A1GaN から成る n 型の窒化物半導体層 21 を 500 nm、A1GaN から成る窒化物発光層 22 を 40 nm、Mg がドープされた GaN から成る p 型の窒化物半導体層 23 を 200 nm、MOCVD 装置でこの順に積層して、半導体積層構造膜を形成した。次に、フォトリソグラフィー法でマスクパターンを形成し、ドライエッティングやウェットエッティングにより、半導体積層構造膜をエッティングして、図 1 に示したようなメサ型の半導体積層構造部 20 を形成した。

40

【0039】

そして、プラズマ CVD 法により、基板温度 275 にて、窒化物半導体基板 10 の全面(以下、基板全面)を覆うように厚さ 230 nm の酸化シリコンを形成した。この後、基板温度 850 にて、第 1 の保護膜に熱処理を加え、屈折率が 1.45 の酸化シリコン(第 1 の保護膜 31)を得た。次に、フォトリソグラフィー法で所望のマスクパターンを形成し、n 型窒化物半導体層(メサ型の半導体積層構造部 20 の底部)上の酸化シリコンの一部をウェットエッティング処理により除去することで n 型窒化物半導体層の一部に開口部を設けた。さらに、基板全面に n 型電極材料として Ti / Al / Ti / Au を蒸着し、マスクパターンをリフトオフすることにより、n 型窒化物半導体層の開口部内に n 型電極(第 1 の電極部 41)を形成した。

【0040】

50

さらに、フォトリソグラフィー法で所望のマスクパターンを形成し、p型窒化物半導体層（メサ型の半導体積層構造部20の頂部、すなわち、凸部の頂部）上の酸化シリコンの一部をウェットエッチング処理により除去することで、p型窒化物半導体層の一部に開口部を設けた。さらに、p型電極材料としてNiAuを蒸着し、マスクパターンをリフトオフすることにより、p型窒化物半導体層の開口部内にp型電極（第1の電極部41）を形成した。

【0041】

次に、プラズマCVD法により、基板温度275にて、基板全面を覆うように厚さ230nmの酸化シリコン（第2の保護膜32）を形成した。第2の保護膜32としての酸化シリコンの屈折率は1.47であった。フォトリソグラフィー法で所望のマスクパターンを形成した。そして、n型電極とp型電極上の窒化シリコンをドライエッチング処理してn型電極とp型電極の一部が露出した開口部を設けた。さらに、フォトリソグラフィー法でn型電極とp型電極の一部が露出した開口部よりも少し大きな領域（すなわち、平面視で、縦方向及び横方向の各サイズが少し大きな領域）が開口部となるマスクパターンを形成し、第2の電極部材料としてAuを蒸着し、マスクパターンをリフトオフすることにより、n型電極とp型電極上にAuからなる第2の電極部42をそれぞれ形成した。

【0042】

上述した素子構造において、第1の保護膜31を酸化シリコン、第2の保護膜32を酸化シリコンとした2層構造の保護膜を形成したことにより、窒化物発光素子全体の周囲は酸化シリコンで保護する構造となっている。

このようにして得られた窒化物発光素子の発光効率をオーシャンオプティックス社製の照度プローブ「CC-3」および分光器「USB2000+」を用い、印加電流を100mAで測定したところ、発光効率は0.75%であった。また、この窒化物発光素子の耐湿性を評価するために、PCT（プレッシャークッカー試験；121、2気圧、100時間）を行い、PCT前後の発光強度を測定した結果、PCT試験前後でほとんど変化しなかった。

【0043】

（2）比較例1

実施例における、酸化シリコン（第1の保護膜）の熱処理を加えず、第1の保護膜および第2の保護膜ともに屈折率が1.47の酸化シリコンを形成した以外は実施例と同様の方法で窒化物発光素子を得た。なお、第1の保護膜の酸化シリコンに熱処理を加えず、その上に熱処理を加えない第2の保護膜としての酸化シリコンを製膜した場合、第1の保護膜の屈折率は1.46を超えるものとなることが事前に確認されている。このようにして得られた窒化物発光素子の発光効率を実施例と同様の方法で測定したところ、発光効率は0.75%であった。また、この窒化物発光素子の耐湿性を評価するために、PCT試験（121、2気圧、100時間）を行い、PCT試験前後の発光強度を測定した結果、PCT試験後は発光が確認されなかった。

【0044】

（3）比較例2

第2の保護膜を形成後に、第1の保護膜に対して施した熱処理と同様の熱処理を加え、第1の保護膜および第2の保護膜ともに屈折率が1.45の酸化シリコンを形成した以外は実施例と同様の方法で窒化物発光素子を得た。このようにして得られた窒化物発光素子の発光効率を実施例と同様の方法で測定したところ、発光効率は0.25%と実施例に比べ低くなかった。窒化物発光素子のフォワード電圧を確認したところ、実施例に比べて高くなっていることがわかった。より詳細に解析した結果、p型電極のコンタクト抵抗が上昇し、発光効率が低下したものと考えられる。

【0045】

（4）実施例と比較例1、2との比較

表1に実施例および比較例1、2の、各保護膜の構造と測定結果をまとめた。

【0046】

10

20

30

40

50

【表1】

		実施例	比較例1	比較例2
保護膜の屈折率	第1の保護膜	1.45	1.47	1.45
	第2の保護膜	1.47	1.47	1.45
効果	耐湿性	○ほぼ不变	×発光なし	○ほぼ不变
	発光効率	○0.75%	○0.75%	×0.25%

【0047】

10

保護膜として、屈折率が1.46以下の第1の保護膜と、屈折率が1.46を超える第2の保護膜を用いた実施例の窒化物発光素子は、発光効率および耐湿性の両方が高いことが理解される。一方、第1の保護膜として屈折率が1.46以下の酸化シリコンを使用しなかった比較例1の窒化物発光素子は耐湿性が低く、保護膜に屈折率が1.46以下の酸化シリコンのみを使用した比較例2の窒化物発光素子は、発光効率が十分ではないことが理解される。

【0048】

20

(5) 考察

この結果について以下に考察する。

実施例で得られた窒化物発光素子は、第1の保護膜は屈折率が1.46以下の酸化シリコン、第2の保護膜は屈折率が1.46を超える酸化シリコンの積層構造となっている。第1の保護膜および第1の電極部を形成する際にはエッチング工程が必須となるが、その際に第1の保護膜が酸化シリコンであることによりウェットエッチングを適用した。ウェットエッチングは半導体積層構造部に与えるダメージがドライエッチングと比較して格段に小さい為、この第1の保護膜を形成する工程においては半導体積層構造部には大きなダメージが加わっていないものと考えられる。また、第1の保護膜は成膜後の熱処理から半年が経過しても膜厚と屈折率がほぼ変化しておらず、ほとんど吸湿していないと考えられる。

【0049】

30

このことから、実施例で得られた窒化物発光素子は、高い耐湿性が得られているものと考えられる。そして、第2の保護膜は屈折率が1.46を超える酸化シリコンであり、この第2の保護膜および第2の電極部が素子全体を覆う構造となり、耐湿性が優れた窒化物発光素子が得られているものと考えられる。

なお、第2の保護膜を形成する際のエッチング工程には半導体積層構造部へのダメージの大きくなるドライエッチングを採用したが、第2の保護膜を形成する際には半導体積層構造部は第1の保護膜および第1の電極部で略覆われている（つまり、第2の電極部材料を除去する領域では、第2の電極部材料下に、第1の保護膜および第1の電極部の少なくとも一方が配置されている。）。このため、ドライエッチングによるエネルギーが半導体積層構造部には及ばず、発光効率の低減を抑制できたものと推察される。

【0050】

40

一方、比較例1で得られた窒化物発光素子では、保護膜は屈折率が1.46を超える2層の酸化シリコンからなる。このため、エッチングによるダメージが少なく、ゆえに発光効率の低減は生じていないものの、耐湿性が低くなっている。

また、比較例2で得られた窒化物発光素子では、保護膜は屈折率が1.46以下の2層の酸化シリコンからなり、実施例と同等の耐湿性を発揮しているものの発光効率が低減している。これは屈折率1.46以下の酸化シリコンのエッチング速度は、屈折率が1.46を超える酸化シリコンのエッチング速度と比べて35%遅く、酸化シリコンが残留しやすい（すなわち、エッチング不足が生じやすい）ことに起因していると考えられる。比較例2において、保護膜の屈折率以外は実施例と同様の構造の窒化物発光素子を得るために、実施例よりも長い時間のエッチングが必要とり、結果として第1の電極部にダメージ

50

が生じたものと推察される。

【産業上の利用可能性】

【0051】

本発明は、窒化物発光素子に適用するものであり、特に深紫外LEDに適用して極めて好適である。

【符号の説明】

【0052】

10 窒化物半導体基板

20 半導体積層構造部

20a 頂面

20b 側面

20c 底面

21 窒化物半導体層

22 窒化物発光層

23 窒化物半導体層

31 第1の保護膜

31a、31b、32a、32b 開口部

32 第2の保護膜

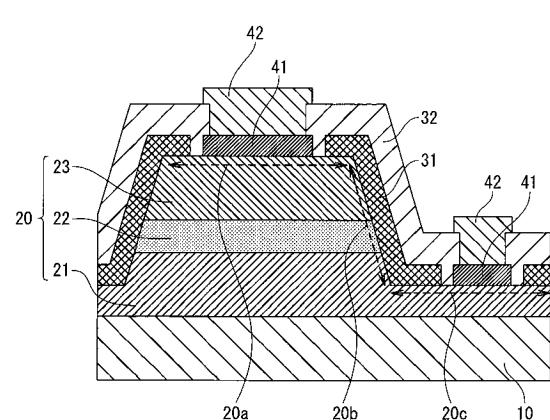
41 第1の電極部

42 第2の電極部

10

20

【図1】



【図2】

