

(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2006-86254
(P2006-86254A)

(43) 公開日 平成18年3月30日(2006.3.30)

(51) Int. Cl. F I テーマコード(参考)
H O 1 L 33/00 (2006.01) H O 1 L 33/00 C 5 F O 4 1

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2004-267995 (P2004-267995)	(71) 出願人	000006633 京セラ株式会社 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地
(22) 出願日	平成16年9月15日(2004.9.15)	(72) 発明者	松田 敏哉 京都府相楽郡精華町光台3丁目5番地3号 京セラ株式会社中央研究所内
		(72) 発明者	安田 隆則 京都府相楽郡精華町光台3丁目5番地3号 京セラ株式会社中央研究所内
		(72) 発明者	西園 和博 京都府相楽郡精華町光台3丁目5番地3号 京セラ株式会社中央研究所内
		(72) 発明者	高浪 俊 京都府相楽郡精華町光台3丁目5番地3号 京セラ株式会社中央研究所内

最終頁に続く

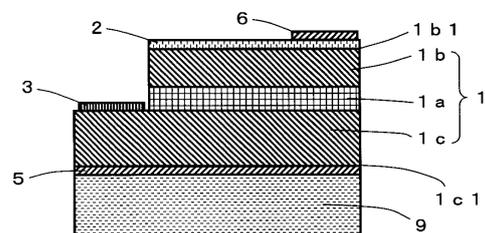
(54) 【発明の名称】 発光素子およびその製造方法ならびにその発光素子を用いた照明装置

(57) 【要約】

【課題】 光取り出し効率がより大きく改善され、小さい電力で良好な発光強度を得ることができる高性能な発光素子を提供すること。

【解決手段】 発光層1 aを含むエピタキシャル成長させた窒化ガリウム系化合物半導体層1と、窒化ガリウム系化合物半導体層1の一方主面1 b 1に形成された透光性導電層2と、窒化ガリウム系化合物半導体層1の他方主面1 c 1側の層1 cに電気的に接続された導電層3とを具備し、窒化ガリウム系化合物半導体層1の他方主面1 c 1から窒化ガリウム系化合物半導体層1をエピタキシャル成長させるために用いた基板4が除去されており、他方主面1 c 1に反射層5が形成されている発光素子である。反射層5が基板4が除去された他方主面1 c 1に形成されるため、反射層5の反射率を高くして一方主面1 b 1側からの光取り出し効率を高くすることができる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

発光層を含むエピタキシャル成長させた窒化ガリウム系化合物半導体層と、該窒化ガリウム系化合物半導体層の一方主面に形成された透光性導電層と、前記窒化ガリウム系化合物半導体層の他方主面側の層に電氣的に接続された導電層とを具備し、前記窒化ガリウム系化合物半導体層の前記他方主面から前記窒化ガリウム系化合物半導体層をエピタキシャル成長させるために用いた基板が除去されており、前記他方主面に反射層が形成されていることを特徴とする発光素子。

【請求項 2】

発光層を含むエピタキシャル成長させた窒化ガリウム系化合物半導体層と、該窒化ガリウム系化合物半導体層の一方主面に形成された第 1 の導電層と、前記窒化ガリウム系化合物半導体層をエピタキシャル成長させるために用いた基板が除去された前記窒化ガリウム系化合物半導体層の他方主面に形成された第 2 の導電層とを具備し、前記第 1 および第 2 の導電層のいずれか一方が透光性導電層であり、他方が反射層であることを特徴とする発光素子。

10

【請求項 3】

前記反射層上に基体が接合されていることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 記載の発光素子。

【請求項 4】

前記透光性導電層上に、または前記透光性導電層と前記窒化ガリウム系化合物半導体層との間に反射防止層が形成されていることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 のいずれかに記載の発光素子。

20

【請求項 5】

基板上に発光層を含む窒化ガリウム系化合物半導体層をエピタキシャル成長させる工程と、前記窒化ガリウム系化合物半導体層上に透光性導電層を形成する工程と、前記透光性導電層上を保護した状態で前記窒化ガリウム系化合物半導体層から前記基板を除去する工程と、前記窒化ガリウム系化合物半導体層の前記基板を除去した面に反射層を形成する工程とを具備することを特徴とする発光素子の製造方法。

【請求項 6】

基板上に発光層を含む窒化ガリウム系化合物半導体層をエピタキシャル成長させる工程と、前記窒化ガリウム系化合物半導体層上に第 1 の導電層を形成する工程と、前記第 1 の導電層上を保護した状態で前記窒化ガリウム系化合物半導体層から前記基板を除去する工程と、前記窒化ガリウム系化合物半導体層の前記基板を除去した面に第 2 の導電層を形成する工程とを具備することを特徴とする発光素子の製造方法。

30

【請求項 7】

前記基板に硼化物単結晶を用いることを特徴とする請求項 5 または請求項 6 記載の発光素子の製造方法。

【請求項 8】

請求項 1 乃至請求項 4 のいずれかに記載の発光素子と、該発光素子からの発光を受けて光を発する蛍光体および燐光体の少なくとも一方とを具備することを特徴とする照明装置。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、例えば照明装置等に用いられ、蛍光灯の 2 倍以上のエネルギー消費効率を有する発光素子（発光ダイオード；LED）およびその製造方法ならびにその発光素子を用いた照明装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

青色もしくは紫外の発光素子として窒化ガリウム系化合物半導体を用いた発光素子が広く知られている（例えば、特許文献 1～特許文献 5 を参照。）。このような発光素子にお

50

いては、発光素子の内部で発生した光を外部に効率良く取り出すこと、すなわち光取り出し効率を向上させることが重要であり、特に近年製品化が進められている照明装置向けにおいては不可欠となっている。

【0003】

図4(a)～(c)にそれぞれ光取り出し効率を向上させるための工夫がなされた第1～第3の従来の発光素子の例(以下、第1の従来例、第2の従来例、第3の従来例と呼ぶ。)の断面図を示す。なお、同様のものには同一の符号を付け、重複する説明を省略する。

【0004】

図4(a)に示すように、第1の従来例は、基板14の一方の表面に発光層11aを含む窒化ガリウム系化合物半導体層11が形成され、他方の表面に発光層11aから出射された光を反射する反射層15が形成されており、窒化ガリウム系化合物半導体層11の表面(基板14と接触していない面)に窒化ガリウム系化合物半導体層11に通電するとともに発光層11aから出射された光を透過させる透明電極16とこの透明電極16上の一部に透明電極16に通電するための電極パッド17とが形成されている(例えば、特許文献6～8を参照。)。ここで、窒化ガリウム系化合物半導体層11は互いに導電型の異なる半導体層11b, 11cの間に発光層11aを挟んだ構成となっており、基板14と接する半導体層11cの基板14と接する面と反対の面の上に、電圧を印加することにより電極パッド17との間で電流を流すための電極パッド13が形成されている。

10

【0005】

また、図4(b)に示すように、第2の従来例では、基板14上に形成された発光層11aを含む窒化ガリウム系化合物半導体層11の表面に窒化ガリウム系化合物半導体層11に通電するとともに発光層11aから出射された光を基板14側に反射する導電性反射層12が形成されている(例えば、特許文献9, 特許文献11を参照。)

20

【0006】

また、図4(c)に示すように、第3の従来例では、発光層11aを含む窒化ガリウム系化合物半導体層11と基板14との界面に発光層11aから出射された光を窒化ガリウム系化合物半導体層11側に反射する反射層18(例えばブラッグ反射器)が形成されており、窒化ガリウム系化合物半導体層11の表面(基板14と接触していない面)に窒化ガリウム系化合物半導体層11に通電するとともに発光層11aから出射された光を透過させる透明電極16と、この透明電極16上の一部に透明電極16に通電するための電極パッド17とが形成されている(例えば、特許文献12～特許文献20を参照。)

30

【0007】

このような従来の発光素子においては、いずれも発光層11aの一方側に設けられる反射層15, 導電性反射層12または反射層18が発光層11aから出射された光を他方側に反射する働きをするため、本来は放射状に発生する光を発散させずに所望の方向に集中させて取り出すことができるので、発光素子の内部で発生した光を外部に効率良く取り出すことができるといったものである。なお、図4(a), (c)に示す実施例では光の取り出し面は窒化ガリウム系化合物半導体層11の表面側であり、図4(b)に示す実施例では窒化ガリウム系化合物半導体層11の基板14と接触している面側である。

40

【特許文献1】特開平2-42770号公報

【特許文献2】特開平2-257679号公報

【特許文献3】特開平5-183189号公報

【特許文献4】特開平6-196757号公報

【特許文献5】特開平6-268257号公報

【特許文献6】特開平8-102549号公報

【特許文献7】特開2001-7397号公報

【特許文献8】特開2001-7392号公報

【特許文献9】特開2000-31540号公報

【特許文献10】特開平10-144961号公報

50

- 【特許文献 1 1】特開平 11 - 220168号公報
- 【特許文献 1 2】特開平 3 - 108778号公報
- 【特許文献 1 3】特開平 3 - 163882号公報
- 【特許文献 1 4】特開平 9 - 232631号公報
- 【特許文献 1 5】特開平 11 - 126925号公報
- 【特許文献 1 6】特開平 11 - 251642号公報
- 【特許文献 1 7】特開平 11 - 274568号公報
- 【特許文献 1 8】特開 2000 - 349349号公報
- 【特許文献 1 9】特開 2001 - 168387号公報
- 【特許文献 2 0】特開 2004 - 031405号公報

10

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかしながら、第 1 の従来例においては、基板 14 に形成された反射層 15 により反射した光が光取り出し面である透明電極 16 側に向かうために基板 14 中を伝搬する際に基板 14 に吸収されてしまうために、反射層 15 により光を反射させても発光素子全体の光取り出し効率があまり改善されないという問題点があった。また、反射層 15 により反射した光の一部が基板 14 の表裏面で多重反射されて基板 14 内に閉じ込められ、光取り出し面である透明電極 16 側から取り出される前に減衰してしまうため、発光素子全体の光取り出し効率があまり改善されないという問題点があった。

20

【0009】

また、第 2 の従来例においては、窒化ガリウム系化合物半導体層 11 上に形成された導電性反射層 12 により反射した光が光取り出し面である基板 14 の窒化ガリウム系化合物半導体層 11 と接触していない面側に向かうために基板 14 中を伝搬する際に基板 14 に吸収されてしまうために、導電性反射層 12 により光を反射させても発光素子全体の光取り出し効率があまり改善されないという問題点があった。また、導電性反射層 12 により反射した光の一部が基板 14 の表裏面で多重反射されて基板 14 内に閉じ込められ、光取り出し面側から取り出される前に減衰してしまうため、発光素子全体の光取り出し効率があまり改善されないという問題点があった。

【0010】

また、第 3 の従来例においては、反射層 18 の上に窒化ガリウム系化合物半導体層 11 を結晶成長させるには反射層 18 の材料や結晶性、製造方法等に制限が生じる。その結果、高い反射効率を実現するための材料や製造方法を用いることができないことより反射層 18 の反射効率を高くすることが難しかったり、発光層 11 a が出射する光の波長に対して最適な材料や製造方法を用いることができないことより反射する光の波長を限定してしまったりするために、反射層 18 により発光素子全体の光取り出し効率があまり改善されないという問題点があった。

30

【0011】

本発明は上記事情に鑑みて完成されたものであり、その目的は、光取り出し効率がより大きく改善され、その結果、小さい電力で良好な発光強度を得ることができる高性能な発光素子およびその高性能な発光素子を確実に作製することができる発光素子の製造方法ならびにその高性能な発光素子を用いた照明装置を提供することにある。

40

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明の第 1 の発光素子は、発光層を含むエピタキシャル成長させた窒化ガリウム系化合物半導体層と、この窒化ガリウム系化合物半導体層の一方主面に形成された透光性導電層と、前記窒化ガリウム系化合物半導体層の他方主面側の層に電氣的に接続された導電層とを具備し、前記窒化ガリウム系化合物半導体層の前記他方主面から前記窒化ガリウム系化合物半導体層をエピタキシャル成長させるために用いた基板が除去されており、前記他方主面に反射層が形成されていることを特徴とするものである。

50

【0013】

本発明の第2の発光素子は、発光層を含むエピタキシャル成長させた窒化ガリウム系化合物半導体層と、この窒化ガリウム系化合物半導体層の一方主面に形成された第1の導電層と、前記窒化ガリウム系化合物半導体層をエピタキシャル成長させるために用いた基板が除去された前記窒化ガリウム系化合物半導体層の他方主面に形成された第2の導電層とを具備し、前記第1および第2の導電層のいずれか一方が透光性導電層であり、他方が反射層であることを特徴とするものである。

【0014】

また、本発明の第1および第2の発光素子は、上記構成において、前記反射層上に基体が接合されていることを特徴とするものである。

10

【0015】

また、本発明の第1および第2の発光素子は、上記構成において、前記透光性導電層上に、または前記透光性導電層と前記窒化ガリウム系化合物半導体層との間に反射防止層が形成されていることを特徴とするものである。

【0016】

本発明の発光素子の第1の製造方法は、基板上に発光層を含む窒化ガリウム系化合物半導体層をエピタキシャル成長させる工程と、前記窒化ガリウム系化合物半導体層上に透光性導電層を形成する工程と、前記透光性導電層上を保護した状態で前記窒化ガリウム系化合物半導体層から前記基板を除去する工程と、前記窒化ガリウム系化合物半導体層の前記基板を除去した面に反射層を形成する工程とを具備することを特徴とするものである。

20

【0017】

本発明の発光素子の第2の製造方法は、基板上に発光層を含む窒化ガリウム系化合物半導体層をエピタキシャル成長させる工程と、前記窒化ガリウム系化合物半導体層上に第1の導電層を形成する工程と、前記第1の導電層上を保護した状態で前記窒化ガリウム系化合物半導体層から前記基板を除去する工程と、前記窒化ガリウム系化合物半導体層の前記基板を除去した面に第2の導電層を形成する工程とを具備することを特徴とするものである。

【0018】

また、本発明の発光素子の第1および第2の製造方法は、上記製造方法において、前記基板に硼化物単結晶を用いることを特徴とするものである。

30

【0019】

本発明の照明装置は、上記各構成のいずれかの本発明の発光素子と、この発光素子からの発光を受けて光を発する蛍光体および燐光体の少なくとも一方とを具備することを特徴とするものである。

【発明の効果】

【0020】

本発明の第1の発光素子によれば、発光層を含むエピタキシャル成長させた窒化ガリウム系化合物半導体層と、この窒化ガリウム系化合物半導体層の一方主面に形成された透光性導電層と、窒化ガリウム系化合物半導体層の他方主面側の層に電氣的に接続された導電層とを具備し、窒化ガリウム系化合物半導体層の他方主面から窒化ガリウム系化合物半導体層をエピタキシャル成長させるために用いた基板が除去されており、他方主面に反射層が形成されていることから、反射層および透光性導電層が、発光層から出射された光を窒化ガリウム系化合物半導体層の一方主面側に効率良く反射し、その反射した光を窒化ガリウム系化合物半導体層の一方主面側から基板に吸収されることなく出射させる働きをするため、発光層の内部で発生した光を発散させずに一方主面側に集中させて効率良く取り出すことができるので、窒化ガリウム系化合物半導体層の一方主面側からの光取り出し効率が大きく改善され、小さい電力で良好な発光強度を得ることができる高性能なものとなる。また、反射層を基板が除去された面にエピタキシャル成長によらずに設けることができるため、反射層の材質や作製プロセスを光学的な見地から種々選択することができるので、反射特性が向上するように反射層の材質や表面形状等を適切なものとする

40

50

。このような反射層を用いることより、本発明の第1の発光素子によれば、発光層の内部で発生した光を窒化ガリウム系化合物半導体層の他方主面側で効率良く反射させることができるため、窒化ガリウム系化合物半導体層の一方主面側からの光取り出し効率が大きく改善され、小さな電力で良好な発光強度を得ることができる高性能なものとなる。

【0021】

本発明の第2の発光素子によれば、発光層を含むエピタキシャル成長させた窒化ガリウム系化合物半導体層と、この窒化ガリウム系化合物半導体層の一方主面に形成された第1の導電層と、窒化ガリウム系化合物半導体層をエピタキシャル成長させるために用いた基板が除去された窒化ガリウム系化合物半導体層の他方主面に形成された第2の導電層とを具備し、第1および第2の導電層のいずれか一方が透光性導電層であり、他方が反射層であることから、窒化ガリウム系化合物半導体層を挟んでいる第1および第2の導電層である反射層および透光性導電層が、発光層から反射層側に出射された光を透光性導電層側に反射し、その反射した光を透光性導電層側から基板に吸収されることなく出射させる働きをするため、発光層の内部で発生した光を発散させずに透光性導電層側に集中させて効率良く取り出すことができるので、窒化ガリウム系化合物半導体層の透光性導電層側からの光取り出し効率が大きく改善され、小さい電力で良好な発光強度を得ることができる高性能なものとなる。また、反射層および透光性導電層は両方とも、窒化ガリウム系化合物半導体層にエピタキシャル成長によらずに設けることができるため、反射層および透光性導電層に用いる材質や作製プロセスを光学的な見地から種々選択することができるので、反射層で反射する光の反射特性および透光性導電層を透過する光の透過特性が向上するように反射層および透光性導電層の材質や表面形状等をそれぞれ適切なものとすることができる。このような反射層および透光性導電層を用いることより、本発明の第2の発光素子によれば、発光層の内部で発生した光を反射層で効率良く反射して、この反射した光を透光性導電層側から効率よく取り出すことができるので光取り出し効率が大きく改善され、小さな電力で良好な発光強度を得ることができる高性能なものとなる。さらに、第1の導電層および第2の導電層は窒化ガリウム系化合物半導体層にバイアス電圧を印加するために、窒化ガリウム系化合物半導体層の両主面を挟むように配置されているため、第1および第2の導電層により窒化ガリウム系化合物半導体層に均一なバイアス電流を流すことができるため、発光層全面において良好に発光させることができるので、小さい電力でさらに良好な発光強度を得ることができる高性能な発光素子となる。

10

20

30

【0022】

また、本発明の第1および第2の発光素子によれば、上記構成において、反射層上に基板が接合されているときには、基板により窒化ガリウム系化合物半導体層を機械的に補強することができるため高強度で取り扱いが容易なものとなり、その結果、信頼性が高く、かつ生産性の高いものとなる。また、このような基板は、基板のように窒化ガリウム系化合物半導体層をエピタキシャル成長させる必要がないため、基板の材質を自由に選択することができるので、例えば熱伝導特性、電気伝導特性、機械的特性等の所望の特性を有する基板を選択することができ、その結果、所望の特性を有する発光素子とすることができる。

【0023】

また、本発明の第1および第2の発光素子によれば、上記構成において、透光性導電層上に、または透光性導電層と窒化ガリウム系化合物半導体層との間に反射防止層が形成されているときには、窒化ガリウム系化合物半導体層の内部で発生した光が透光性導電層に到達する際に、その光を反射防止層により反射させることなく透過させることができるため、窒化ガリウム系化合物半導体層の内部で多重反射することにより減衰する光を減らして透光性導電層の表面側に効率良く光を取り出すことができるので、光取り出し効率がさらに向上し、小さい電力で良好な発光強度を得ることができる高性能なものとなる。

40

【0024】

また、本発明の発光素子の第1の製造方法によれば、基板上に発光層を含む窒化ガリウム系化合物半導体層をエピタキシャル成長させる工程と、窒化ガリウム系化合物半導体層

50

上に透光性導電層を形成する工程と、透光性導電層上を保護した状態で窒化ガリウム系化合物半導体層から基板を除去する工程と、窒化ガリウム系化合物半導体層の基板を除去した面に反射層を形成する工程とを具備することから、窒化ガリウム系化合物半導体層から基板を除去する工程において、窒化ガリウム系化合物半導体層の表面やその上に形成された透光性導電層が、例えばエッチング液等による汚染・腐食や、応力により劣化することを抑制することができるので、高性能な発光素子を確実に作製することができるものとなる。

【0025】

また、本発明の発光素子の第2の製造方法によれば、基板上に発光層を含む窒化ガリウム系化合物半導体層をエピタキシャル成長させる工程と、窒化ガリウム系化合物半導体層上に第1の導電層を形成する工程と、第1の導電層上を保護した状態で窒化ガリウム系化合物半導体層から基板を除去する工程と、窒化ガリウム系化合物半導体層の基板を除去した面に第2の導電層を形成する工程とを具備することから、窒化ガリウム系化合物半導体層から基板を除去する工程において、窒化ガリウム系化合物半導体層の表面やその上に形成された第1の導電層が、例えばエッチング液等による汚染・腐食や、応力により劣化することを抑制することができるので、高性能な発光素子を確実に作製することができるものとなる。また、第2の導電層が形成される面は第2の導電層が形成される前までは基板によって保護されているため清浄な面となり、その結果、良好な第2の導電層を作製することができるので、高性能な発光素子を確実に作製できるものとなる。

10

【0026】

また、本発明の第1および発光素子の第2の製造方法によれば、上記製造方法において、基板に硼化物単結晶を用いるときには、硼化物単結晶から成る基板と窒化ガリウム系化合物半導体層との格子定数が整合するため、結晶品質の良好な窒化ガリウム系化合物半導体層を形成することができるので、高性能な発光素子をさらに確実に作製することができるものとなる。

20

【0027】

また、本発明の照明装置によれば、上記構成の本発明の発光素子と、この発光素子からの発光を受けて光を発する蛍光体および燐光体の少なくとも一方とを具備することから、小さい電力で良好な発光強度を有する発光素子の光により蛍光体または燐光体を強く励起するため、小さい電力で良好な照度を得ることができるものとなる。また、このような本発明の照明装置は、従来の蛍光灯や放電灯等よりも省エネルギー性や小型化に優れたものとなり得て、蛍光灯や放電灯等に置き換えることができ得るものとなる。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0028】

以下、本発明の発光素子およびその製造方法ならびにその発光素子を用いた照明装置について、図面を参照しつつ詳細に説明する。

【0029】

図1は本発明の第1の発光素子の実施の形態の一例を示す模式的な断面図である。また、図2は本発明の第2の発光素子の実施の形態の一例を示す模式的な断面図である。また、図3(a)~(g)はそれぞれ本発明の発光素子の第1の製造方法を示す工程毎の模式的な断面図である。これらの図において、同様の箇所は同一の符号とし、重複する説明を省略する。

40

【0030】

図1~図3において、1は窒化ガリウム系化合物半導体層であり、1aは発光層、1bは第1導電型半導体層、1cは第2導電型半導体層、1b1は窒化ガリウム系化合物半導体層1の一方主面、1c1は窒化ガリウム系化合物半導体層1の他方主面であり、2は透光性導電層、3は導電層、4は窒化ガリウム系化合物半導体層1をエピタキシャル成長するための基板、5は反射層、6は電極パッド、7は第1の導電層、8は第2の導電層、9は基体、10は保護膜である。

【0031】

50

図 1 に示すように本発明の第 1 の発光素子は、発光層 1 a を含むエピタキシャル成長させた窒化ガリウム系化合物半導体層 1 と、この窒化ガリウム系化合物半導体層 1 の一方主面 1 b 1 に形成された透光性導電層 2 と、窒化ガリウム系化合物半導体層 1 の他方主面 1 c 1 側の層 1 c に電氣的に接続された導電層 3 とを具備し、窒化ガリウム系化合物半導体層 1 の他方主面 1 c 1 から窒化ガリウム系化合物半導体層 1 をエピタキシャル成長させるために用いた基板 4 が除去されており、他方主面 1 c 1 に反射層 5 が形成されている構成である。

【0032】

さらに具体的には、この構成において、窒化ガリウム系化合物半導体層 1 は発光層 1 a を、一方主面 1 b 1 側に配置された第 1 導電型半導体層（この例では p 型半導体層）1 b および他方主面 1 c 1 側に配置された第 2 導電型半導体層（この例では n 型半導体層）1 c で挟んだものとしている。また、第 1 導電型半導体層 1 b および第 2 導電型半導体層 1 c はそれぞれ発光層 1 a 側にインジウム（In）もしくはアルミニウム（Al）を含有する層を複数層（図示せず）積層したものとしてもよく、禁制帯幅が発光層 1 a よりも広くなるようにそれぞれ組成を制御している。また、発光層 1 a は禁制帯幅の広い障壁層と禁制帯幅の狭い井戸層とから成る量子井戸構造が複数回繰り返して規則的に積層された超格子である多層量子井戸構造（MQW）としてもよい（図示せず）。なお、第 1 導電型半導体層 1 b および第 2 導電型半導体層 1 c はそれぞれ n 型半導体層および p 型半導体層としても構わない。

10

【0033】

また、透光性導電層 2 は、第 1 導電型半導体層 1 b に良好なオーミック接合をとることができるとともに発光層 1 a で発生させた光を損失なく透過させることができる材質から成る層状のものを用いる。そのような材質のものとしては、例えば薄く成膜したアルミニウム（Al）、チタン（Ti）、ニッケル（Ni）、クロム（Cr）、インジウム（In）、錫（Sn）、モリブデン（Mo）、銀（Ag）、金（Au）、ニオブ（Nb）、タンタル（Ta）、バナジウム（V）、白金（Pt）、鉛（Pb）、ベリリウム（Be）、金-シリコン合金（Au-Si）、金-ゲルマニウム合金（Au-Ge）、金-亜鉛合金（Au-Zn）、金-ベリリウム合金（Au-Be）等の薄膜かまたは酸化錫（SnO₂）、酸化インジウム（In₂O）、酸化インジウム錫（ITO）等の透明導電膜を用いればよい。また、上記材質の中から選択した複数層を積層したり、所々薄膜が形成されていない部分を設けたメッシュ状の膜としたりしても構わない。中でも、透光性導電層 2 を、ニッケル（Ni）層を薄く形成した半透明電極または窒化ガリウム系化合物半導体層 1 側から順にニッケル（Ni）層、金（Au）層をそれぞれ薄く形成して積層した半透明電極とすれば、p 型半導体層と良好なオーミック接合が得られるとともに発光層 1 a に対して均一に電流を流すことができる点で好ましい。

20

30

【0034】

また、導電層 3 は、第 2 導電型半導体層 1 c（n 型半導体層）と良好なオーミック接合がとれる材質から成る層状のものを用いる。そのような材質のものとしては、例えばアルミニウム（Al）、チタン（Ti）、ニッケル（Ni）、クロム（Cr）、インジウム（In）、錫（Sn）、モリブデン（Mo）、銀（Ag）、金（Au）、ニオブ（Nb）、タンタル（Ta）、バナジウム（V）、白金（Pt）、鉛（Pb）、タングステン（W）、酸化錫（SnO₂）、酸化インジウム（In₂O）、酸化インジウム錫（ITO）、金-シリコン合金（Au-Si）、金-錫合金（Au-Sn）、金-ゲルマニウム合金（Au-Ge）、インジウム-アルミニウム合金（In-Al）等の薄膜を用いればよい。中でも、導電層 3 として、チタン（Ti）層または第 2 導電型半導体層 1 c 側から順にチタン（Ti）層、アルミニウム（Al）層を積層したものとすれば、良好なオーミック接合と良好な接合強度とが両方とも得られる点で好ましい。

40

【0035】

なお、図 1 においては、第 2 導電型半導体層 1 c に発光層 1 a および第 1 導電型半導体層 1 b が形成されていない領域を設け、この領域に導電層 3 を形成している。このように

50

、導電層 3 は窒化ガリウム系化合物半導体層 1 の他方主面 1 c 1 側の面と反対の面に形成することが好ましい。これにより、発光素子を実装用基板等を実装する際に透光性導電層 2 と導電層 3 とが同じ向きに形成されていることで、実装が容易になる。

【0036】

また、透光性導電層 2 上の一部には、外部との電氣的接続をとるための導線等を接続する電極パッド 6 を設けている。電極パッド 6 は例えばチタン (Ti) 層または透光性導電層 2 側から順にチタン (Ti) 層、金 (Au) 層を積層したものから成るものとすればよい。また、導電層 3 上にも電極パッド 6 と同様のものを形成してもよい。

【0037】

また、反射層 5 は、発光層 1 a が発生した光を損失なく反射する材質から成る表面が滑らかな層状のものを用いる。そのような材質のものとしては、例えばアルミニウム (Al)、チタン (Ti)、ニッケル (Ni)、クロム (Cr)、インジウム (In)、錫 (Sn)、モリブデン (Mo)、銀 (Ag)、金 (Au)、ニオブ (Nb)、タンタル (Ta)、バナジウム (V)、白金 (Pt)、鉛 (Pb)、ベリリウム (Be)、酸化錫 (SnO₂)、酸化インジウム (In₂O)、酸化インジウム錫 (ITO)、金 - シリコン合金 (Au - Si)、金 - ゲルマニウム合金 (Au - Ge)、金 - 亜鉛合金 (Au - Zn)、金 - ベリリウム合金 (Au - Be) 等の薄膜を用いればよい。中でも、チタン (Ti)、アルミニウム (Al) または銀 (Ag) は、発光層 1 a が発生させる紫外～近紫外光に対する反射率が高いので好適である。また、上記材質の中から選択した複数層を積層させたものとしても構わない。なお、反射層 5 の表面は必ずしも完璧に滑らかでなくてもよいが、滑らかでない場合反射率が低下することがあるので注意を要する。また、反射層 5 は光を反射する働きがあれば必ずしも金属である必要はないが、一般的に熱伝導性が良好である金属とすれば、窒化ガリウム系化合物半導体層 1 で発生する熱を反射層 5 を介して良好に放熱することができるので好ましい。

10

20

【0038】

上記構成において、透光性導電層 2 と導電層 3 とに順方向バイアス電圧を印加することによって窒化ガリウム系化合物半導体層 1 にバイアス電流を流して発光層 1 a で波長 350～400 nm 程度の紫外～近紫外光を発生させ、その発光層 1 a から出射された紫外～近紫外光の内、反射層 5 側に出射される光を反射層 5 により窒化ガリウム系化合物半導体層 1 の一方主面 1 b 1 側に反射させ、透光性導電層 2 により発光層 1 a で出射された紫外～近紫外光および反射層 5 により反射された紫外～近紫外光を透過させて発光素子の外側にその紫外～近紫外光を取り出すように動作する。

30

【0039】

このように、発光層 1 a から出射された光および反射層 5 により反射された光が窒化ガリウム系化合物半導体層 1 の一方主面側 1 b 1 から出射されるまでの経路に基板 4 がいないため、これらの光を基板 4 に吸収されることなく出射させることができる。その結果、本発明の第 1 の発光素子によれば、反射層 5 および透光性導電層 2 が発光層 1 a から出射された紫外～近紫外光を窒化ガリウム系化合物半導体層 1 の一方主面 1 b 1 側に効率良く反射し、その反射した光を窒化ガリウム系化合物半導体層 1 の一方主面 1 b 1 側から基板 4 に吸収されることなく出射させる働きをするため、発光層 1 a の内部で発生した光を発散させずに窒化ガリウム系化合物半導体層 1 の一方主面 1 b 1 側に集中させて効率良く取り出すことができるので、窒化ガリウム系化合物半導体層 1 の一方主面 1 b 1 側からの光取り出し効率が大きく改善され、小さい電力で良好な発光強度を得ることができる高性能なものとなる。

40

【0040】

さらに、反射層 5 を基板 4 が除去された面にエピタキシャル成長によらずに設けることができるため、反射層 5 の材質や作製プロセスを光学的な見地から種々選択することができるので、反射特性が向上するように反射層 5 の材質や表面形状等を適切なものとすることができる。このような反射層 5 を用いることより、本発明の第 1 の発光素子によれば、発光層 1 a の内部で発生した光を窒化ガリウム系化合物半導体層 1 の他方主面 1 c 1 側で

50

効率良く反射させることができるため、窒化ガリウム系化合物半導体層 1 の一方主面 1 b 1 側からの光取り出し効率が大きく改善され、小さな電力で良好な発光強度を得ることができる高性能なものとなる。

【0041】

また、図 1 に示すように、反射層 5 上に基体 9 が接合されていてもよい。この基体 9 は、窒化ガリウム系化合物半導体層 1 の他方主面 1 c 1 側からそれを形成するために用いた基板 4 を除去した後、その基板 4 を除去した面に反射層 5 を介して接合されるものである。このような本発明の第 1 の発光素子によれば、基体 9 により窒化ガリウム系化合物半導体層 1 を機械的に補強することができるため高強度で取り扱いが容易なものとなり、その結果、信頼性が高く、かつ生産性の高いものとなる。例えば、基体 9 が窒化ガリウム系化合物半導体層 1 を実装用基板等を実装する際に窒化ガリウム系化合物半導体層 1 の土台として機能して、発光素子を機械的に実装用基板等に確実に固着させることができる。

10

【0042】

このような基体 9 は、基板 4 のように窒化ガリウム系化合物半導体層 1 をエピタキシャル成長させる必要がないため、材質を自由に選択することができる。このため、基体 9 として、例えば熱伝導特性として放熱性が、電気伝導特性として導電性が、機械的特性として応力に対する強度がいずれも最適となるような材質を選択することができるが、シリコン (Si) が好適である。シリコン (Si) は、機械的特性の一つである加工性の点で優れている。このため、このような材質からなる基体 9 を用いることにより、ウエハレベルで発光素子を作製した後、各発光素子の分離位置でダイシング加工等により基体 9 を分断して、個々の発光素子を容易に切り出すことができるので、量産性に優れたものとすることができる。また、シリコン (Si) はドーパントを混入させることにより、電気伝導性を導電性にも半絶縁性にもすることができる。このため、例えば基板 9 を介して第 2 導電型半導体層 1 c に直流電圧を供給したい場合には基板 9 を導電性のものとすればよく、交流電圧を印加したい場合には半絶縁性のものとすればよい。このように半絶縁性の基体 9 を用いた発光素子は、誘電損失が少なくなるため印加する交流電圧の損失が少なくて効率のよいものとするすることができる。

20

【0043】

また、基体 9 の材質は、シリコン (Si) の他にも窒化アルミニウム (AlN)、炭化珪素 (SiC)、銅 (Cu)、銅 - タングステン合金 (Cu - W) 等を用いれば特に放熱性に優れたものとするので好ましいが、その他の特性において一長一短があるので用途に応じて適切なものを選択するようによい。

30

【0044】

このような基体 9 を用いることで、基体 9 が窒化ガリウム系化合物半導体層 1 を機械的に補強することにより高強度で取り扱いが容易なものとして加え、基体 9 として放熱性の優れたものを用いれば、窒化ガリウム系化合物半導体層 1 で発生した熱を反射層 5 および基体 9 を介して実装用基板等に逃がすことにより発光素子の信頼性を高いものとすることができ、導電性の高いものを用いれば、実装用基板側から窒化ガリウム系化合物半導体層 1 に電氣的接続をとることができ実装の容易なものとしてでき、半絶縁性のもを用いれば、実装用基板との絶縁性を確保することができるものとなる。

40

【0045】

次に、図 2 に示す本発明の第 2 の発光素子は、発光層 1 a を含むエピタキシャル成長させた窒化ガリウム系化合物半導体層 1 と、この窒化ガリウム系化合物半導体層 1 の一方主面 1 b 1 に形成された第 1 の導電層 7 と、窒化ガリウム系化合物半導体層 1 をエピタキシャル成長させるために用いた基板 4 が除去された窒化ガリウム系化合物半導体層 1 の他方主面 1 c 1 に形成された第 2 の導電層 8 とを具備し、第 1 および第 2 の導電層 7, 8 のいずれか一方が透光性導電層であり、他方が反射層であるものとしている構成である。なお、この例では、第 1 の導電層 7 が透光性導電層であり、第 2 の導電層 8 が反射層であるものとしたが、第 1 の導電層 7 を反射層とし、第 2 の導電層 8 を透光性導電層としてもよい。

50

【0046】

さらに具体的には、この構成において、窒化ガリウム系化合物半導体層1は発光層1aを、一方主面1b1側に配置された第1導電型半導体層(この例ではp型半導体層)1bおよび他方主面1c1側に配置された第2導電型半導体層(この例ではn型半導体層)1cで挟んだものとしている。

【0047】

上記構成において、透光性導電層である第1の導電層7は、上記本発明の第1の発光素子における透光性導電層2と同様の構成であり、同様の材質を用いることができる。

【0048】

また、反射層である第2の導電層8は、上記本発明の第1の発光素子における導電層3および反射層5の機能を兼ね備えた働きをするものであり、第2導電型半導体層1cに良好なオーミック接合をとることができるとともに発光層1aで発生させた光を損失なく反射させることができる材質から成る滑らかな層状のものとしている。

【0049】

そのような材質のものとしては、例えばアルミニウム(Al)、チタン(Ti)、ニッケル(Ni)、クロム(Cr)、インジウム(In)、錫(Sn)、モリブデン(Mo)、銀(Ag)、金(Au)、ニオブ(Nb)、タンタル(Ta)、バナジウム(V)、白金(Pt)、鉛(Pb)、ベリリウム(Be)、酸化錫(SnO₂)、酸化インジウム(In₂O)、酸化インジウム錫(ITO)、金-シリコン合金(Au-Si)、金-ゲルマニウム合金(Au-Ge)、金-亜鉛合金(Au-Zn)、金-ベリリウム合金(Au-Be)等の薄膜を用いればよい。中でも、アルミニウム(Al)または銀(Ag)は、発光層1aが発する青色または紫外の光に対して反射率が高いので好適である。また、上記材質の中から選択した複数層を積層したものとしても構わない。なお、第2の導電層8の表面は必ずしも完璧に滑らかでなくてもよいが、滑らかでない場合反射率が低下することがあるので注意を要する。

【0050】

本発明の第2の発光素子は、上記構成とすることから、窒化ガリウム系化合物半導体層1を挟んでいる反射層および透光性導電層である第1および第2の導電層7,8が、発光層1aから第2の導電層8側に出射された光を第1の導電層7側に反射し、その反射した光を第1の導電層7側から基板4に吸収されることなく出射させる働きをするため、発光層1aの内部で発生した光を発散させずに所望の方向(この例では第1の導電層7(2)側)に集中させて効率良く取り出すことができるので、窒化ガリウム系化合物半導体層1の透光性導電層7(2)側からの光取り出し効率がより大きく改善され、小さい電力で良好な発光強度を得ることができる高性能なものとなる。

【0051】

また、第1および第2の導電層7,8は両方とも、窒化ガリウム系化合物半導体層1にエピタキシャル成長によらずに設けることができるため、反射層および透光性導電層である第1および第2の導電層7,8に用いる材質や作製プロセスを光学的な見地から種々選択することができるので、反射層で反射する光の反射特性および透光性導電層を透過する光の透過特性が向上するように第1および第2の導電層7,8の材質や表面形状等をそれぞれ適切なものとすることができる。このような第1および第2の導電層7,8を用いることより、本発明の第2の発光素子によれば、発光層1aの内部で発生した光を第2の導電層8で効率良く反射して、この反射した光を第1の導電層7側から効率よく取り出すことができるので光取り出し効率が大きく改善され、小さな電力で良好な発光強度を得ることができる高性能なものとなる。

【0052】

さらに、本発明の第2の発光素子によれば、第1および第2の導電層7,8は窒化ガリウム系化合物半導体層1にバイアス電圧を印加するように、窒化ガリウム系化合物半導体層1の両主面1b1,1c1を挟むように配置されているため、第1および第2の導電層7,8により窒化ガリウム系化合物半導体層1に均一なバイアス電流を流すことができ、

その結果、発光層 1 a 全面において良好に発光させることができるので、小さい電力ですらに良好な発光強度を得ることができる高性能なものとなる。

【0053】

また、本発明の第 2 の発光素子によれば、第 2 導電型半導体層 1 c に発光層 1 a および第 1 導電型半導体層 1 b が形成されていない領域を設けてこの領域に導電層 3 を形成しなくてもよいので、発光層 1 a と第 1 の導電層 7 の光取り出し部分との面積を大きくすることができ、その結果、良好な発光強度を得ることができる。また、第 2 導電型半導体層 1 c に発光層 1 a および第 1 導電型半導体層 1 b が形成されていない領域を設ける工程をなくすことができ、製造が簡単なものとなる。

【0054】

また、本発明の第 2 の発光素子は、反射層である第 2 の導電層 8 上に基体 9 が接合されていてもよい。この基体 9 は上記本発明の第 1 の発光素子の場合と同様の材質を用いることができ、同様の作用効果を有するものであるが、この場合には、導電性の材質とすることが望ましい。導電性を有する基体 9 を用いることにより、発光素子を実装する実装用基板側から基体 9、第 2 の導電層 8 を介して窒化ガリウム系化合物半導体層 1 に電気的接続を取ることができ、実装の容易なものとするすることができる。

10

【0055】

また、図 1 および図 2 に示す本発明の第 1 および第 2 の発光素子は、上記各構成に対して、透光性導電層 2 もしくは透光性導電層である第 1 の導電層 7 の上に、または透光性導電層 2 もしくは透光性導電層である第 1 の導電層 7 と窒化ガリウム系化合物半導体層 1 と

20

【0056】

反射防止層は、透光性導電層 2 もしくは透光性導電層である第 1 の導電層 7 の上に、または透光性導電層 2 もしくは透光性導電層である第 1 の導電層 7 と窒化ガリウム系化合物半導体層 1 との間に例えば石英 (SiO_2)、アルミナ (Al_2O_3) またはポリカーボネート等の誘電体を単層もしくは多層に形成すればよい。この場合には、窒化ガリウム系化合物半導体層 1 側から次第に屈折率が小さくなるようにしたり、反射防止層の膜厚を発光層 1 a で発生した紫外～近紫外光の反射防止層内における波長の 4 分の 1 程度となるようにしたりすればよい。これにより、反射防止層内において多重反射する光が互いに弱め合って干渉しやすくなり、定在波が発生しにくくなる。

30

【0057】

上記のように反射防止層を設けたときには、反射防止層により、窒化ガリウム系化合物半導体層 1 の内部で発生した紫外～近紫外光を窒化ガリウム系化合物半導体層 1 の反射層 5 もしくは反射層である第 2 の導電層 8 が形成されている面側に反射することなく透過させることができるため、窒化ガリウム系化合物半導体層 1 の内部で多重反射することにより減衰する光を減らして透光性導電層 2 もしくは第 1 の導電層 7 側に効率良く光を取り出すことができるので、光取り出し効率をさらに向上させることができる。また、このような反射防止層をエピタキシャル成長によらずに設けることができるので、反射防止層に用いられる材質や作製プロセスを光学的な見地から種々選択することができるという利点もあり、反射防止層を透過する光の透過特性が向上するように反射防止層の屈折率や表面形状等を適切なものとして光取り出し面である透光性導電層 2 もしくは第 1 の導電層 7 側に効率良く光を取り出すことができる。

40

【0058】

また、このような反射防止層に対して、例えば主面に基部より頂部が小さくなっている多数の突起または開口部より底部が小さくなっている多数の窪みを形成してもよい。このような反射防止層の突起または窪みの構造は、具体的には、多角錐状または円錐状のものとするればよい。なお、多角錐状または円錐状とは、多角錐および円錐に加えて多角錐または円錐の斜面が任意の断面において変曲点を持たない曲線となっているようなものも含む。また、多角錐状および円錐状のいずれかのものに対してその頂部を平面状としたものとしても構わない。また、反射防止層の突起または窪みは半球状としても構わない。半球状

50

とは、半球に加えて半球の斜面が任意の断面において変曲点を持たない曲線となっているようなものも含む。また、基部または開口部の幅は、発光層 1 a で発生した紫外～近紫外光の反射防止層における波長に対して 1 倍以下とし、基部から頂部または開口部から底部までの高さはその 1 倍以上とすればよい。

【0059】

このような突起または窪みは、フォトリソグラフィ技術と乾式もしくは湿式エッチング技術とを用いてエッチングすることにより形成すればよい。このような突起または窪みは反射防止層の表面に対してできるだけ隙間なく多く形成すればよい。

【0060】

なお、このような反射防止層を透光性導電層 2 もしくは透光性導電層である第 1 の導電層 7 と窒化ガリウム系化合物半導体層 1 との間に形成する場合には、窒化ガリウム系化合物半導体層 1 の一方主面 1 b 1 側の面をフォトリソグラフィ技術と乾式もしくは湿式エッチング技術とを用いてエッチングすることにより窒化ガリウム系化合物半導体層 1 の一部（第 1 導電型半導体層 1 b の一部）に上述の突起または窪みを形成してもよい。このときには、窒化ガリウム系化合物半導体層 1 を厚さ方向で見たときに、突起または窪みによる凹凸が形成された部位を反射防止層とする。

【0061】

反射防止層がこのような突起または窪みを有しているときには、突起または窪みが、反射防止層に斜め方向から入射する光に対しても、突起または窪みの表面に入射する光の入射角を臨界角より大きくして反射を防ぐ働きをするため、反射防止層に斜め方向から入射する光を透過させることができ、反射防止層を透過させることができる反射防止層に対する光の入射角の範囲を広くすることができるので、さらに光取り出し効率を一層向上させることができる。

【0062】

次に、図 1 に示す第 1 の発光素子を例にとり、本発明の発光素子の第 1 の製造方法を説明する。図 3 (a) ~ (g) はそれぞれ本発明の第 1 の発光素子の製造方法の各工程を示す断面図であり、基板 4 上に発光層 1 a を含む窒化ガリウム系化合物半導体層 1 をエピタキシャル成長させる工程と、窒化ガリウム系化合物半導体層 1 上に透光性導電層 2 を形成する工程と、透光性導電層 2 上を保護した状態で窒化ガリウム系化合物半導体層 1 から基板 4 を除去する工程と、窒化ガリウム系化合物半導体層 1 の基板 4 を除去した面に反射層 5 を形成する工程とを示すものである。

【0063】

具体的には、図 3 (a) に示すように、基板 4 上に窒化ガリウム系化合物半導体層 1 を、例えば有機金属化学気相成長 (MOCVD) 法によってエピタキシャル成長させる。窒化ガリウム系化合物半導体層 1 は、基板 4 上に窒化アルミニウム (AlN) または窒化アルミニウム・ガリウム (AlGa_nN) から成るバッファ層 (図示せず) を介して、第 1 の n 型クラッド層と第 2 の n 型クラッド層とが順次積層されてなる第 2 導電型半導体層 1 c が形成され、その上に、障壁層で挟まれた井戸層から成る量子井戸層が複数回繰り返し積層された超格子である多層量子井戸層 (MQW) である発光層 1 a が形成されており、さらにその上に、第 1 の p 型クラッド層と第 2 の p 型クラッド層と p 型コンタクト層とが順次積層されてなる第 1 導電型半導体層 1 b が形成されている。これらバッファ層および窒化ガリウム系化合物半導体層 1 は、さらに具体的には、例えば次のように作製すればよい。バッファ層は基板温度を 400 ~ 950 程度として基板 4 上に窒化アルミニウム (AlN) または窒化アルミニウム・ガリウム (AlGa_nN) を 20 ~ 300 nm 程度の厚さで作製すればよい。また、第 1 の n 型クラッド層は基板温度を 950 ~ 1150 程度としてバッファ層上に窒化ガリウム (GaN) を数 μm 程度 (例えば 1 ~ 5 μm) の厚さで作製すればよい。また、第 2 の n 型クラッド層は基板温度を 700 程度として第 1 の n 型クラッド層上に窒化インジウム・ガリウム (In_{0.02}Ga_{0.98}N) を 0.1 ~ 1 μm 程度の厚さで作製すればよい。また、多層量子井戸層 (発光層 1 a) は基板温度を 700 程度として、厚さ 10 ~ 100 nm 程度の窒化インジウム・ガリウム (In_{0.01}Ga_{0.99}N) が

10

20

30

40

50

ら成る障壁層と厚さ10~100nm程度の窒化インジウム・ガリウム ($\text{In}_{0.11}\text{Ga}_{0.89}\text{N}$) から成る井戸層とを順次作製し、さらにこの上にこの障壁層および井戸層と同じ厚さおよび同じ組成の障壁層と井戸層とを例えば2回繰り返して作製して、最後にこの障壁層と同じ厚さおよび同じ組成の障壁層がくるように作製すればよい。また、第1のp型クラッド層は基板温度を700程度として多層量子井戸層の障壁層上に窒化アルミニウム・ガリウム ($\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$) を50~300nm程度の厚さで作製すればよい。また、第2のp型クラッド層は基板温度を820程度として第1のp型クラッド層上に窒化アルミニウム・ガリウム ($\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$) を50~300nm程度の厚さで作製すればよい。また、p型コンタクト層は基板温度を820~1050程度として第2のp型クラッド層上に窒化ガリウム (GaN) を0.1~1 μm 程度の厚さで作製すればよい。なお、基板4の材質としては、サファイア、炭化珪素 (SiC) とすればよいが、硼化ジルコニウム (ZrB_2) または硼化チタン (TiB_2) 等の硼化物単結晶とすれば、基板4と窒化ガリウム系化合物半導体層1との間で格子定数が整合するため、結晶品質が良好な窒化ガリウム系化合物半導体層1を形成することができるので好ましい。

10

【0064】

次に、図3(b)に示すように、窒化ガリウム系化合物半導体層1の一方主面1b1に透光性導電層2を真空蒸着やスパッタリングにより形成する。また、透光性導電層2上の一部には、電極パッド6を真空蒸着やスパッタリングにより形成している。

【0065】

次に、図3(c)に示すように、透光性導電層2および窒化ガリウム系化合物半導体層1の一部を第2導電型半導体層1cの表面が露出するまでエッチングして、その表面に導電層3を形成する工程を設けることが好ましい。また、第2導電型半導体層1cを形成した後に導電層3を形成する部位にマスクを形成することにより、第2導電型半導体層1cに発光層1aおよび第1導電型半導体層1bが形成されていない領域を設けて、その領域に導電層3を形成してもよい。このように、導電層3を形成することにより、発光素子を実装用基板等を実装するとき、透光性導電層2と導電層3とが同じ向きに形成されていることで、実装が容易になる。なお、導電層3は透光性導電層2を形成する前に形成してもよい。

20

【0066】

次に、透光性導電層2上を保護した状態で窒化ガリウム系化合物半導体層1から基板4を除去する工程においては、まず、図3(d)に示すように、透光性導電層2、導電層3を保護膜10で覆ってから、図3(e)に示すように、基板4を除去すればよい。基板4を除去するには、基板4の材質に応じて化学的・物理的手法を用いることができる。例えば、基板4の材質が硼化ジルコニウムのときには、酸をエッチャントとして基板4を化学的にエッチングすればよい。また、基板4の材質がサファイアのときには、基板4と窒化ガリウム系化合物半導体層1との界面に波長が370nm程度のレーザ光を照射し、窒化ガリウム系化合物半導体層1の一部を溶融して基板4を離脱させればよい。また、保護膜10は基板4を除去する工程に耐え得る材質により形成し、例えば無機系または有機系のコーティング材等をスピコートして形成すればよい。

30

【0067】

次に、図3(f)に示すように、窒化ガリウム系化合物半導体層1の基板4を除去した面に反射層5を真空蒸着もしくはスパッタリング等により形成する。

40

【0068】

次に、図3(g)に示すように、反射層5の窒化ガリウム系化合物半導体層1と接していない側の面に基体9を、圧着したり、ろう付けしたり、接着剤を塗布したりすることにより接合する工程を設けることが好ましい。基体9により窒化ガリウム系化合物半導体層1を機械的に強化することができるからである。最後に、保護膜10を例えば乾式のエッチング技術(ドライエッチング)により除去して、本発明の第1の発光素子が完成する。また、保護膜10を除去した後に基体9を接合してもよい。

【0069】

50

図3に示す本発明の発光素子の第1の製造方法によれば、窒化ガリウム系化合物半導体層1から基板4を除去する工程において、透光性導電層2上が保護されていることにより、窒化ガリウム系化合物半導体層1の表面やその上に形成された透光性導電層2および電極パッド6を、例えばエッチング液等による汚染・腐食から保護することができるとともに、窒化ガリウム系化合物半導体層1を機械的に補強することができるため、高性能な発光素子を確実に作製することができる。

【0070】

また、基板4に硼化物単結晶を用いるときには、硼化物単結晶から成る基板4と窒化ガリウム系化合物半導体層1とで格子定数が整合するため、結晶品質が良好な窒化ガリウム系化合物半導体層1を形成することができるので、高性能な発光素子をさらに確実に作製

10

【0071】

次に、図2に示す発光素子を例にとり、本発明の発光素子の第2の製造方法を説明する。本発明の発光素子の第2の製造方法は、基板4上に発光層1aを含む窒化ガリウム系化合物半導体層1をエピタキシャル成長させる工程と、窒化ガリウム系化合物半導体層1上に第1の導電層7を形成する工程と、第1の導電層7上を保護した状態で窒化ガリウム系化合物半導体層1から基板4を除去する工程と、窒化ガリウム系化合物半導体層1の基板4を除去した面に第2の導電層8を形成する工程とを具備する。

【0072】

まず、本発明の発光素子の第1の製造方法と同様に、基板4上に窒化ガリウム系化合物半導体層1をエピタキシャル成長させる。

20

【0073】

次に、窒化ガリウム系化合物半導体層1上に第1の導電層7を形成する。この例では第1の導電層7を透光性導電層としているため、本発明の発光素子の第1の製造方法における透光性導電層2と同様に形成すればよい。なお、第1の導電層7を反射層とする場合には、本発明の発光素子の第1の製造方法における反射層5と同様に形成すればよい。

【0074】

次に、第1の導電層7上の一部に、本発明の発光素子の第1の製造方法と同様に、電極パッド6を形成する。

【0075】

次に、本発明の発光素子の第1の製造方法と同様に、第1の導電層7上を保護膜10により保護した状態で窒化ガリウム系化合物半導体層1から基板4を除去する。

30

【0076】

次に、窒化ガリウム系化合物半導体層1の基板4を除去した面に第2の導電層8を形成する。この例では、第2の導電層8を反射層としているため、本発明の発光素子の第1の製造方法における反射層5と同様に形成すればよい。なお、第2の導電層8を透光性導電層とする場合には、本発明の発光素子の第1の製造方法における透光性導電層2と同様に形成すればよい。

【0077】

次に、反射層(この例では第2の導電層8)の窒化ガリウム系化合物半導体層1と接していない側の面に基体9を設けることが好ましい。さらに、保護膜10を除去して本発明の第2の発光素子が完成する。基体9の接合方法および保護膜10の除去方法は、本発明の発光素子の第1の製造方法と同様とすればよい。

40

【0078】

本発明の発光素子の第2の製造方法によれば、窒化ガリウム系化合物半導体層1から基板4を除去する工程において、第1の導電層7上が保護されていることにより、窒化ガリウム系化合物半導体層1の表面やその上に形成された第1の導電層7および電極パッド6を、例えばエッチング液等による汚染・腐食から保護することができるとともに、窒化ガリウム系化合物半導体層1を機械的に補強することができるため、高性能な発光素子を確実に作製することができる。

50

【 0 0 7 9 】

また、基板 4 に硼化物単結晶を用いるときには、硼化物単結晶から成る基板 4 と窒化ガリウム系化合物半導体層 1 とで格子定数が整合するため、結晶品質が良好な窒化ガリウム系化合物半導体層 1 を形成することができるので、高性能な発光素子をさらに確実に作製することができる。

【 0 0 8 0 】

次に、本発明の照明装置は、本発明の発光素子と、この発光素子からの発光を受けて光を発する蛍光体および燐光体の少なくとも一方とを具備する構成である。例えば、発光素子の光取り出し面側に蛍光体を設けた構成において、発光素子が例えば波長 350 ~ 400 nm の紫外 ~ 近紫外光で発光し、蛍光体が励起光であるその発光を受けて例えば白色光を発することによって照明装置としての動作をする。

10

【 0 0 8 1 】

本発明の照明装置は、このような構成とすることから、小さい電力で良好な発光強度を有する発光素子の光により蛍光体を強く励起するため、小さい電力で良好な照度の例えば白色光を得ることができる。また、このような本発明の照明装置は、従来の蛍光灯や放電灯等よりも省エネルギー性や小型化に優れた白色光源等となり得るものであり、それら蛍光灯や放電灯等に置き換えることができる。

【 0 0 8 2 】

かくして、本発明によれば、光取り出し効率がより大きく改善され、小さい電力で良好な発光強度を得ることができる高性能な発光素子およびその高性能な発光素子を確実に作製することができる発光素子の製造方法ならびにその高性能な発光素子を用いた照明装置を提供することができる。

20

【 0 0 8 3 】

なお、本発明は以上の実施の形態の例に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内で種々の変更・改良を施すことは何等差し支えない。例えば、反射層 5 は発光層 1 a で発光させた光の一部を例えば 1 % 程度といった透過率で透過させ、その他の光を反射するものとしてもよい。この場合には、反射層 5 を透過した光の強度や波長をモニターすることにより、そのモニターした結果を用いて発光強度等を制御したりすることができるものとなる。

【 図面の簡単な説明 】

30

【 0 0 8 4 】

【 図 1 】 本発明の第 1 の発光素子の実施の形態の一例を示す模式的な断面図である。

【 図 2 】 本発明の第 2 の発光素子の実施の形態の一例を示す模式的な断面図である。

【 図 3 】 (a) ~ (g) はそれぞれ本発明の発光素子の第 1 の製造方法を示す工程毎の模式的な断面図である。

【 図 4 】 従来の発光素子の例を示す模式図であり、(a) , (b) , (c) はそれぞれ第 1 , 第 2 , 第 3 の従来例を示す断面図である。

【 符号の説明 】

【 0 0 8 5 】

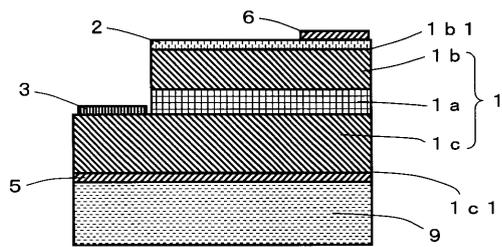
- 1 窒化ガリウム系化合物半導体層
- 1 a 発光層
- 1 b 第 1 導電型半導体層 (p 型半導体層)
- 1 b 1 一方主面
- 1 c 第 2 導電型半導体層 (n 型半導体層)
- 1 c 1 他方主面
- 2 透光性導電層
- 3 導電層
- 4 基板
- 5 反射層
- 6 電極パッド

40

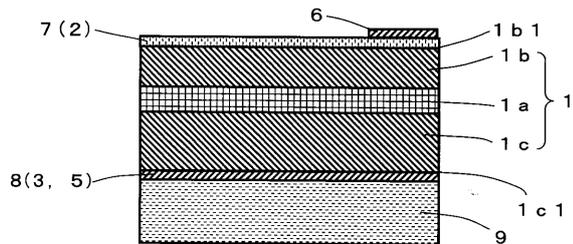
50

- 7 第 1 の 導 電 層
- 8 第 2 の 導 電 層
- 9 基 体
- 10 保 護 膜

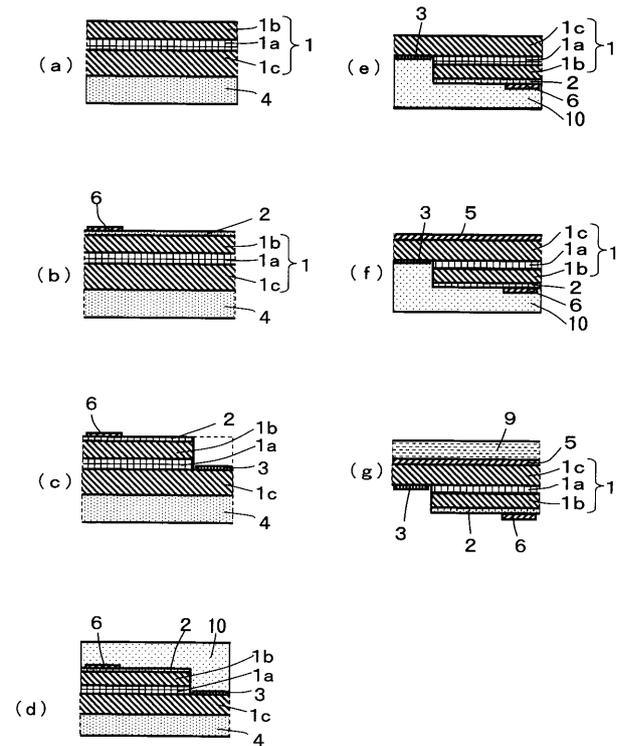
【 図 1 】



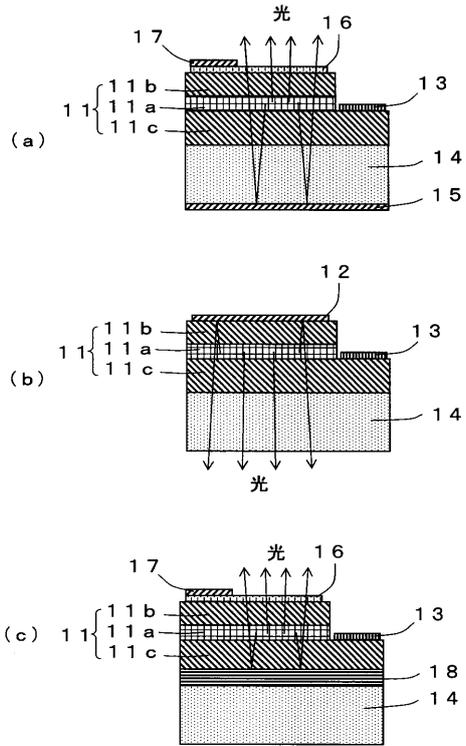
【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】



フロントページの続き

(72)発明者 岸田 裕司

京都府相楽郡精華町光台3丁目5番地3号 京セラ株式会社中央研究所内

Fターム(参考) 5F041 AA03 CA12 CA40 CA65 CA74 CA77 CA88 CB15