

(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2005-294794

(P2005-294794A)

(43) 公開日 平成17年10月20日(2005.10.20)

(51) Int.Cl.⁷

H01L 33/00

H01L 21/205

F 1

H01L 33/00

H01L 21/205

C

テーマコード(参考)

5 F O 4 1

5 F O 4 5

審査請求 有 請求項の数 6 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2004-215976 (P2004-215976)
 (22) 出願日 平成16年7月23日 (2004.7.23)
 (31) 優先権主張番号 2004-021905
 (32) 優先日 平成16年3月31日 (2004.3.31)
 (33) 優先権主張国 韓国 (KR)

(71) 出願人 591003770
 三星電機株式会社
 大韓民国京畿道水原市靈通區梅灘3洞31
 4番地
 (74) 代理人 100083806
 弁理士 三好 秀和
 (74) 代理人 100095500
 弁理士 伊藤 正和
 (72) 発明者 金 制 遠
 大韓民国ソウル市瑞草區牛眠洞コロンアパートメント102洞208号
 (72) 発明者 吳 正 鐸
 大韓民国京畿道水原市靈通區梅灘3洞80
 2-3エイ洞102号

最終頁に続く

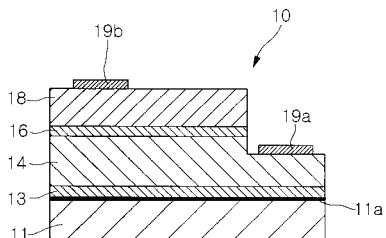
(54) 【発明の名称】窒化ガリウム系半導体発光素子

(57) 【要約】

【課題】本発明は窒化ガリウム系半導体発光素子に関するものである。

【解決手段】窒素化処理された上面を有するサファイア基板(11)と、上記基板(11)上に形成され、MgN系単結晶から成る極性変換層(13)と、上記極性変換層(13)上に形成された第1導電型窒化ガリウム系半導体層(14)と、上記第1導電型窒化ガリウム系半導体層(14)上に形成された活性層(16)と、上記活性層(16)上に形成された第2導電型窒化ガリウム系半導体層(18)とを含む窒化ガリウム系半導体発光素子(10)を提供する。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

窒素化処理された上面を有するサファイア基板と、
上記基板上に形成され、MgN系単結晶から成る極性変換層と、
上記極性変換層上に形成された第1導電型窒化ガリウム系半導体層と、
上記第1導電型窒化ガリウム系半導体層上に形成された活性層と、
上記活性層上に形成された第2導電型窒化ガリウム系半導体層と、
を有することを特徴とする窒化ガリウム系半導体発光素子。

【請求項 2】

上記極性変換層は組成式 $(Al_xGa_yIn_z)Mg_{3-(x+y+z)}N_2$ を満足する物質から成り、上記組成式において $0 < x, y, z < 1$ 、 $0 < x + y + z < 3$ であることを特徴とする請求項1に記載の窒化ガリウム系半導体発光素子。 10

【請求項 3】

上記極性変換層は組成式 $Si_aMg_{3-a}N_2$ を満足する物質から成り、上記組成式において $0 < a < 3$ であることを特徴とする請求項1に記載の窒化ガリウム系半導体発光素子。 20

【請求項 4】

上記極性変換層はMBEまたはMOCVD法により形成されることを特徴とする請求項1に記載の窒化ガリウム系半導体発光素子。

【請求項 5】

上記サファイア基板と上記極性変換層との間に形成されたバッファ層をさらに有することを特徴とする請求項1に記載の窒化ガリウム系半導体発光素子。

【請求項 6】

上記極性変換層は $0.001 \sim 0.5 \mu m$ の厚さであることを特徴とする請求項1に記載の窒化ガリウム系半導体発光素子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は窒化ガリウム系半導体発光素子に関するもので、より詳しくは窒化ガリウム系半導体の結晶性を向上させた窒化ガリウム系半導体発光素子とその製造方法に関するものである。 30

【背景技術】

【0002】

一般に、窒化ガリウム系半導体発光素子は青色または緑色波長帯の光を得るために使用される発光素子として、 $Al_xIn_yGa_{(1-x-y)}N$ 組成式（ここで、 $0 < x < 1$ 、 $0 < y < 1$ 、 $0 < x + y < 1$ である）を有する半導体物質から成る。窒化ガリウム系半導体結晶層（以下、窒化ガリウム系半導体層という）はサファイア（ $-Al_2O_3$ ）基板またはSiC基板等の異種基板上に成長させることができる。とりわけ、サファイア基板は窒化ガリウムと同じ六方晶系構造を有し、SiC基板より安価ながら高温において安定しているので主に使用されている。 40

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

しかしながら、サファイア基板もやはり窒化ガリウムと約13%の格子定数差を有し、熱膨張係数差（-34%）も大きいので、サファイア基板と窒化ガリウム単結晶との界面にストレインが発生し、これにより結晶内に格子欠陥及びクラックが生じかねない。

【0004】

こうした問題を解決しより優れた単結晶を得るための従来の一方案として、サファイア基板上にバッファ層を形成するヘテロエピタキシ（heteroepitaxy）法が挙げられる。主に、上記バッファ層には $Al_xGa_{1-x}N$ のような物質から成る低温核成

長層が使用される。しかし、上記低温核成長層は多結晶層なので、その上に形成される窒化ガリウム系半導体層は少なからず結晶欠陥密度 ($10^9 \sim 10^{10} / \text{cm}^2$ レベル) を有することが分かっている。また、サファイア基板上に熱洗浄 (thermal cleaning) 工程が必需的に要求され、低温核成長層の成長温度と厚さの工程条件が大変敏感なので適切な範囲に制御することが困難であり、結局工程制御が複雑となり、多くの工程時間がかかる問題がある。

【0005】

これと異なり、サファイア基板上面に窒素化処理 (nitridation) を施した後に窒化ガリウム系半導体層を成長させる方法がある。こうした方法においては、サファイア基板の粗い表面状態を改善し表面エネルギーを減少させることにより優れた結晶の窒化ガリウム系半導体層を成長させることができる。10

【0006】

上記窒素化処理方法はバッファ層方式より比較的簡単な工程であるが、優れた半導体結晶の成長に大きな欠点がある。こうした欠点は窒素化処理されたサファイア表面に成長させる窒化ガリウム系半導体層が窒素の豊富な (nitrogen-rich) 表面を有する事実に起因する。こうした窒素の豊富な表面を有する窒化ガリウム系半導体層の主要極性 (major polarity) はN極性であらわれ (Japanese Journal of Applied Physics, Vol 36, L73 2000 参照)。N極性表面を有する窒化ガリウム系半導体層はガリウムの豊富な (Gallium-rich) 表面を有する Ga 極性より不純物として作用する物質がはるかに結合しやすくなる。これにより N 極性表面を有する窒化ガリウム系半導体の結晶性が Ga 極性表面を有する窒化ガリウム系半導体層より結晶性が低くなることが分かっている。したがって、当技術分野においては、発光構造物のための高品質半導体結晶層を成長させる最適条件を満足する結晶膜を採用できる窒化ガリウム系半導体発光素子の製造方法が要求してきた。20

【0007】

本発明は、上記技術的課題を解決するためのもので、窒化ガリウム系半導体層の結晶性と表面特性を改善すべく、Ga 極性の表面を有する窒化ガリウム系半導体層を成長させられる極性変換層 (polarity conversion layer) を導入した窒化ガリウム系半導体発光素子を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記した技術的課題を解決すべく、本発明は、窒素化処理された上面を有するサファイア基板と、上記基板の上面に形成され、MgN 系単結晶から成る極性変換層と、上記極性変換層上に形成された第1導電型窒化ガリウム系半導体層と、上記第1導電型窒化ガリウム系半導体層上に形成された活性層と、上記活性層上に形成された第2導電型窒化ガリウム系半導体層とを含む窒化ガリウム系半導体発光素子を提供する。

【0009】

本発明の一実施形態においては、上記極性変換層として組成式 ($\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_z$) $\text{Mg}_{3-(x+y+z)}\text{N}_2$ を満足する物質を使用でき、上記組成式において、 $0 < x, y, z < 1$ 、 $0 < x + y + z < 3$ である。他の実施形態においては、上記極性変換層として、組成式 $\text{Si}_a\text{Mg}_{3-a}\text{N}_2$ を満足する物質を使用でき、上記組成式において $0 < a < 1$ である。40

本発明に用いる極性変換層はMBE または MOCVD 法により形成することができる。また、本発明による窒化ガリウム系半導体発光素子は上記サファイア基板と上記極性変換層との間に形成されるバッファ層をさらに含むことができる。本発明において、極性変換層 (polarity conversion layer) という用語は、その層上に形成される窒化ガリウム系半導体層が窒素の豊富な (nitrogen-rich) N 極性表面を有する条件においてもガリウムの豊富な (gallium-rich) Ga 極性表面 (即ち、上面) を有することができるよう設けられる結晶層のことをいう。本発明は、こうした極性変換層を窒素化処理されたサファイア表面に提供することにより後続成長させられる窒化ガリウム系半導体層の結晶性と表面特性を向上させることができ50

きる。

【発明の効果】

【 0 0 1 0 】

上述したように、本発明によると、窒素化処理されたサファイア基板上にMgN系極性変換層を設けることにより後続成長させる窒化ガリウム系半導体層がGa極性表面を有するよう成長させることができる。したがって、従来のN極性表面を有する窒化ガリウム系半導体層より優れた結晶性と表面特性を有する窒化ガリウム系半導体層で発光構造物を形成することにより最終的な窒化ガリウム系発光素子の特性を向上させることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

[0 0 1 1]

以下、添付された図面に基づいて本発明をより詳しく説明する。

[0 0 1 2]

図1は本発明の一実施形態による窒化ガリウム系半導体発光素子を示す側断面図である。図1によると、上記窒化ガリウム系半導体発光素子(10)はサファイア基板(11)上に形成されたMgN系極性変換層(13)を含み、上記極性変換層(13)上には第1導電型窒化ガリウム系半導体層(14)、アンドープ活性層(16)及びp型クラッド層(18)が順次形成される。また、上記窒化ガリウム系半導体発光素子(10)は上記第1導電型窒化ガリウム系半導体層(14)と上記第2導電型窒化ガリウム系半導体層(18)に各々接続された第1及び第2電極(19a、19b)を含む。上記活性層(16)はGaNの量子障壁層とInGaNの量子井戸層とを複数回交互積層した多重量子井戸構造である。

【 0 0 1 3 】

本発明による極性変換層（13）はサファイア基板（11）の窒素化処理された表面（11a）上に設けられる。上記サファイア基板（11）の表面（11a）は窒素化処理され複数の窒素ダングリングボンディング（nitrogen dangling bonding）を含み、その上に直接成長させられる窒化ガリウム系半導体層も窒素の豊富なn極性表面を有する。このように後続工程において成長させる窒化ガリウム系半導体層の表面極性を変換させるために、本発明においては極性変換層が用いられる。

【 0 0 1 4 】

上記極性変換層（13）はMgN系結晶から成り、上記極性変換層のMgはサファイア基板表面の窒素ダングリングボンディングと結合することにより、後続工程において成長させられる窒化ガリウム系半導体層がGa極性表面を有するよう成長させることができる。

(0 0 1 5)

好ましくは、本発明に用いられる極性変換層としては組成式 (A_{1-x}G_ayI_n_z) Mg_{3-(x+y+z)}N₂ を満足する物質 (0 < x, y, z < 1, 0 < x + y + z < 3) 、または Si_aMg_{3-a}N₂ を満足する物質 (ここで、0 < a < 3) が使用されることができる。また、上記極性変換層は 0.001 ~ 0.5 μm の厚さで成長させることができ。

【 0 0 1 6 】

このように本発明においては、窒素化処理されたサファイア基板上にMgN系極性変換層を形成することによりガリウムの豊富な面を有する窒化ガリウム半導体層を形成することができる。

【 0 0 1 7 】

こうしたガリウムの豊富な Ga 極性表面を有する窒化ガリウム系半導体層は窒素の豊富な表面を有する表面より不純物として作用する物質と結合し難く、結晶成長を妨げるヘキサゴナル (hexagonal) 面形状を有していないので、高品質の結晶性を有する窒化ガリウム系半導体層で発光構造物を形成することができる。

[0 0 1 8]

本発明による発光素子はさらに窒素化処理されたサファイア基板上に追加的なバッファ

層として低温核成長層のような他の半導体層を形成することができる。こうした実施形態において、上記MgN系極性変換層はバッファ層上に設けられ、図1に示す形態のように、後続工程において成長させられる窒化ガリウム系半導体層の表面極性を変化させることができる。

【0019】

(実施例)

本発明に用いるMgN系極性変換層の効果を確認するために、サファイア基板上に窒素化処理を施した。次いで、サファイア基板の窒素化処理した表面に極性変換層として(A1GaN)MgN結晶をMOCVD工程を利用して形成した後、連続的にGaN層を形成した。

10

【0020】

図2(A)は本実施例から得られた、極性変換層上に形成されたGaN層の表面を走査顕微鏡(SEM)で撮影した写真である。GaN層の表面極性を確認するために、85において10分間KOHを利用してエッチングした。その結果得られたGaN層の表面は図2(B)に示してある。

【0021】

図2(B)のように、エッチング後にも、GaN層の表面モルホロジーはほぼ変化しないことがわかる。これは、GaN層の表面が、KOHとほぼ反応しないガリウムが豊富な表面であるからである。このように、MgN系極性変換層を用いることにより所望のGaN極性表面を有するGaN層を成長させることができる。

20

【0022】

(比較例)

本比較例においては、従来と同一の方式によりサファイア基板上にGaN層を形成した。即ち、サファイア基板上に上記実施例と同一な条件で窒素化処理を施した後、その表面上にMOCVD工程によりGaN層を直接形成した。

【0023】

図3(A)は本比較例から得られた、サファイア基板の窒素化処理した表面上に形成されたGaN層表面のSEM写真である。次いで、GaN層の表面極性を確認するために、上記実施例のエッチング条件と同一に、85において10分間KOHを利用してエッチングした。その結果得られたGaN層の表面は図3(B)に示してある。

30

【0024】

図3(B)に示すように、本比較例から得られたGaN層の表面モルホロジーは相当な変化が見られた。より詳しくは、上記GaN層は上記実施例によるGaN層の表面と異なり、KOHにより多くの部分エッチングされ、結果としてヘキサゴナル面形状を有することが分かった。これはGaN層のエッチングされた表面が窒素の豊富な面であるので、KOHに対して高いエッチング率を示すためである。したがって、MgN系極性変換層を用いずに、窒素化処理されたサファイア基板上に直接形成されたGaN層は窒素の豊富なn極性表面であることが分かる。

【0025】

本発明においてはMgN系極性変換層を窒素化処理されたサファイア基板上に設けることにより後続工程において成長させる窒化ガリウム系半導体層がガリウムの豊富なGaN極性表面を有するようにさせることができ。こうしたガリウムの豊富なGaN極性表面を有する窒化ガリウム系半導体層は窒素の豊富な表面を有する表面に比べて不純物として作用する物質との結合を起こし難く、結晶成長を妨げるヘキサゴナル面形状を有していないので、高品質の結晶性を有する窒化ガリウム系半導体層から成る発光構造物を提供することができる。

40

【0026】

このように、本発明は上述した実施形態及び添付の図面により限定されるわけではなく、添付の請求の範囲により限定される。したがって、請求の範囲に記載される本発明の技術的思想を外れない範囲内において様々な形態の置換、変形及び変更が可能なことは当技

50

術分野において通常の知識を有する者にとっては明らかであろう。

【図面の簡単な説明】

【0027】

【図1】本発明の一実施形態による窒化ガリウム系半導体発光素子の側断面図である。

【図2】本発明の一実施例から得られた窒化ガリウム単結晶層の表面状態をエッティング前後に撮影した走査顕微鏡写真である。

【図3】従来の方式により得られた窒化ガリウム単結晶層の表面状態をエッティング前後に撮影した走査顕微鏡写真である。

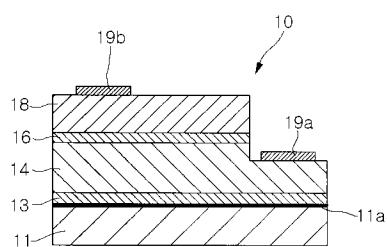
【符号の説明】

【0028】

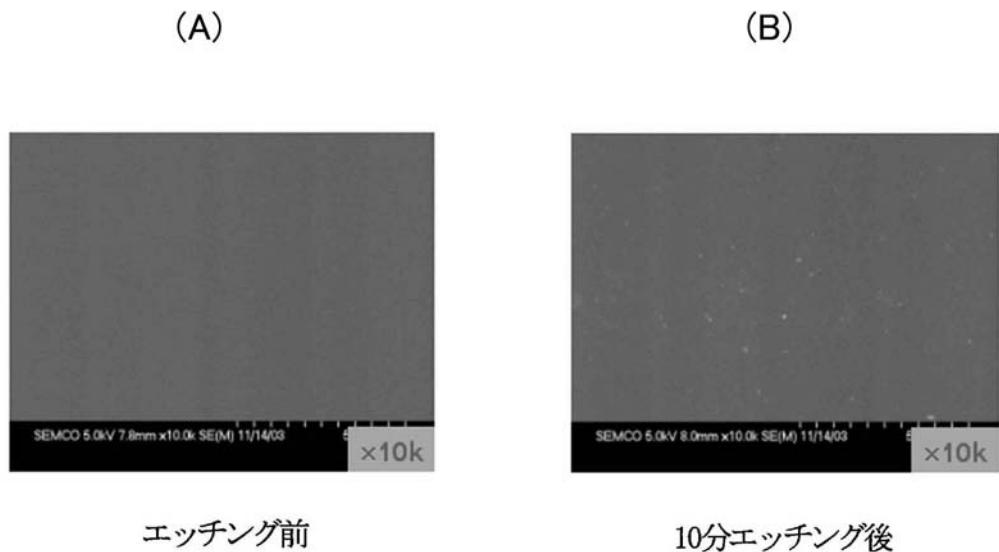
10

- 11 サファイア基板
- 13 MgN系極性変換層
- 14 第1導電型窒化ガリウム系半導体層
- 16 活性層
- 18 第2導電型窒化ガリウム系半導体層
- 19a、19b 第1及び第2電極

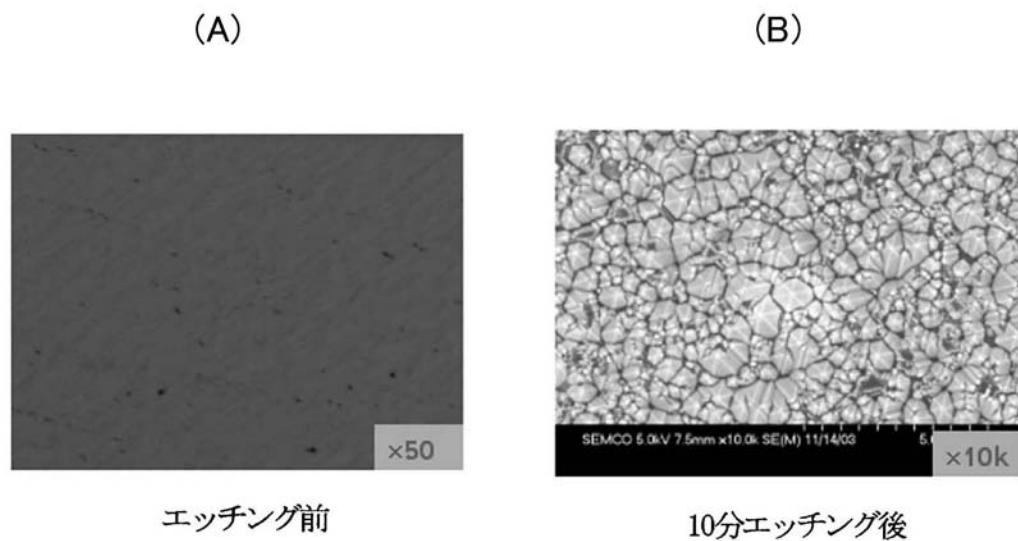
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

(72)発明者 金 東 俊
大韓民国ソウル市江南區道谷洞91 - 5三星 - 來美安アパートメント109洞1604号

(72)発明者 金 善 雲
大韓民国京畿道水原市靈通區梅灘洞1254 - 1 203号

(72)発明者 李 秀 敏
大韓民国ソウル市城東區金湖洞3街863 103号

F ターム(参考) 5F041 AA31 CA12 CA40 CA65 CA66
5F045 AA04 AB14 AB17 AB18 AB19 AB40 AF05 AF09 AF12 AF16
CA09 DA53