

(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2013-149889

(P2013-149889A)

(43) 公開日 平成25年8月1日(2013.8.1)

(51) Int.Cl. F I テーマコード (参考)
 H O 1 L 33/32 (2010.01) H O 1 L 33/00 1 8 6 5 F O 4 1
 5 F 1 4 1

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 9 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2012-10809 (P2012-10809) (22) 出願日 平成24年1月23日 (2012.1.23)</p>	<p>(71) 出願人 000002303 スタンレー電気株式会社 東京都目黒区中目黒2丁目9番13号 (74) 代理人 100091340 弁理士 高橋 敬四郎 (74) 代理人 100141302 弁理士 鶴飼 伸一 (74) 代理人 100168561 弁理士 足立 能啓 (72) 発明者 岩山 章 東京都目黒区中目黒2丁目9番13号 ス タンレー電気株式会社内 (72) 発明者 茂木 正彦 東京都目黒区中目黒2丁目9番13号 ス タンレー電気株式会社内 最終頁に続く</p>
--	--

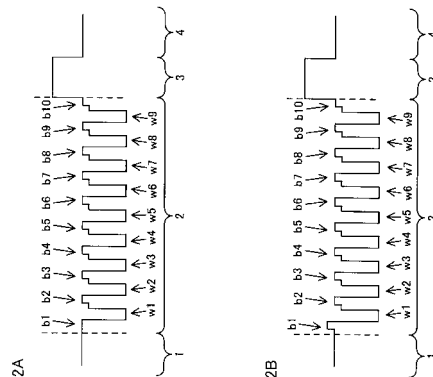
(54) 【発明の名称】 GaN系半導体発光素子

(57) 【要約】

【課題】発光効率向上が図られた新規な構造のGaN系半導体発光素子を提供する。

【解決手段】GaN系半導体発光素子は、n型導電性を有するGaN系半導体で形成されたn型半導体層と、n型半導体層上に形成され、GaN系半導体で形成され、バリア層とウェル層とが交互に複数層積層された多重量子井戸構造を有する活性層と、活性層上に形成され、p型導電性を有するGaN系半導体で形成されたp型半導体層とを有し、活性層は、最もn型半導体層側の第1バリア層がGaN/AlGaN層で形成され、第1バリア層よりもp型半導体層側のバリア層がInGaN/GaN層で形成され、ウェル層が、InGaN/GaN層のバリア層のInGaN層よりもバンドギャップの狭いInGaN層で形成されている。

【選択図】図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

n 型導電性を有する GaN 系半導体で形成された n 型半導体層と、
前記 n 型半導体層上に形成され、GaN 系半導体で形成され、バリア層とウェル層とが
交互に複数層積層された多重量子井戸構造を有する活性層と、

前記活性層上に形成され、p 型導電性を有する GaN 系半導体で形成された p 型半導体
層と

を有し、

前記活性層は、最も n 型半導体層側の第 1 バリア層が GaN / AlGaIn 層で形成され
、前記第 1 バリア層よりも p 型半導体層側のバリア層が InGaIn / GaN 層で形成され
、ウェル層が、前記 InGaIn / GaN 層のバリア層の InGaIn 層よりもバンドギャッ
プの狭い InGaIn 層で形成されている GaN 系半導体発光素子。

10

【請求項 2】

前記活性層は、前記第 1 バリア層よりも前記 p 型半導体層側のバリア層のうち、最も p
型半導体層側のバリア層が InGaIn 層で形成されている請求項 1 に記載の GaN 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、GaN 系半導体発光素子に関する。

20

【背景技術】

【0002】

GaN 系半導体を用いた発光ダイオード (LED) は、近年、照明用途等として、大電
流で大出力のものが求められている。しかし、GaN 系半導体を用いた LED は、電流密
度を増加させると発光効率が低下する Droop 現象が生じるなど、発光効率を向上させ
ることが容易ではない。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【非特許文献 1】Appl. Phys. Lett. 91, 183507 (2007)

30

【非特許文献 2】Appl. Phys. Lett. 94, 011113 (2009)

【非特許文献 3】Appl. Phys. Lett. 95, 241109 (2009)

【特許文献 1】特開 2004 - 87908 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

本発明の一目的は、発光効率向上が図られた新規な構造の GaN 系半導体発光素子を提
供することである。

【課題を解決するための手段】

【0005】

40

本発明の一観点によれば、n 型導電性を有する GaN 系半導体で形成された n 型半導体
層と、前記 n 型半導体層上に形成され、GaN 系半導体で形成され、バリア層とウェル層
とが交互に複数層積層された多重量子井戸構造を有する活性層と、前記活性層上に形成さ
れ、p 型導電性を有する GaN 系半導体で形成された p 型半導体層とを有し、前記活性層
は、最も n 型半導体層側の第 1 バリア層が GaN / AlGaIn 層で形成され、前記第 1 バ
リア層よりも p 型半導体層側のバリア層が InGaIn / GaN 層で形成され、ウェル層が
、前記 InGaIn / GaN 層のバリア層の InGaIn 層よりもバンドギャップの狭い In
GaN 層で形成されている GaN 系半導体発光素子が提供される。

【発明の効果】

【0006】

50

GaN系半導体発光素子の多重量子井戸構造の活性層において、最もn型半導体層側の第1バリア層をGaN/AlGaN層で形成し、第1バリア層よりもp型半導体層側のバリア層をInGaN/GaN層で形成することにより、発光効率の向上を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】図1は、第1シミュレーションで想定した発光素子の構造を示す概略断面図である。

【図2】図2A及び図2Bは、それぞれ、第1比較例及び第1実施例によるGaN系半導体発光素子のコンダクションバンドの概略的なバンド図である。

【図3】図3は、第1シミュレーションで得られた第1実施例及び第1比較例によるGaN系半導体発光素子のIQEの電流密度依存性を示すグラフである。

【図4】図4は、活性層のファーストバリア層をGaN/AlGaN層とした場合の影響を示した、コンダクションバンド及びバレンスバンドの概略的なバンド図である。

【図5】図5は、第1実施例の変形例によるGaN系半導体発光素子のコンダクションバンドの概略的なバンド図である。

【図6】図6A及び図6Bは、それぞれ、第2シミュレーションで得られた第2比較例及び第3比較例の活性層におけるコンダクションバンドのバンド図及びバレンスバンドのバンド図である。

【発明を実施するための形態】

【0008】

まず、本発明の第1実施例によるGaN系半導体発光素子、及び、第1比較例によるGaN系半導体発光素子に対し、内部量子効率(IQE)の電流密度依存性を調べた第1シミュレーションについて説明する。

【0009】

なお、GaN系半導体は、少なくともGaとNとを含む。例えばInをGaNに添加してInGaNとすることにより、In組成に応じてバンドギャップを狭くすることができる。また、例えばAlをGaNに添加してAlGaNとすることにより、Al組成に応じてバンドギャップを広くすることができる。

【0010】

図1は、第1シミュレーションで想定した発光素子の構造を示す概略断面図である。厚さ5 μ mのn型GaN層1上に、多重量子井戸構造の活性層2が形成され、活性層2上に、p型Al_{0.15}Ga_{0.85}N層による厚さ20nmのp型クラッド層(電子ブロック層)3が形成され、p型クラッド層3上に、厚さ80nmのp型GaN層4が形成されている。第1実施例及び第1比較例によるGaN系半導体発光素子は、それぞれ、活性層2の構造が異なり、残りの構造は共通である。

【0011】

図2A及び図2Bは、それぞれ、第1比較例及び第1実施例によるGaN系半導体発光素子のコンダクションバンドの概略的なバンド図であり、活性層2の積層構造を示す。

【0012】

積層構造のバリア層、例えば、InGaN層とGaN層との積層構造のバリア層を、InGaN/GaN層等と表記する。「/」の左方側に、n型半導体層側に配置される層を記す。

【0013】

第1比較例及び第1実施例の活性層2において共通に、10層のバリア層b₁~b₁₀と、9層のウェル層w₁~w₉とが、交互に積層されている。最もn型半導体層側のバリア層b₁をファーストバリア層、最もp型半導体層側のバリア層b₁₀をラストバリア層と呼び、中間のバリア層b₂~b₉を、内部バリア層と呼ぶ。

【0014】

第1比較例による活性層2は、以下のようなものである。

10

20

30

40

50

【0015】

バリア層・・・ファーストバリア：GaN（厚さ5nm）
 内部バリア：In_{0.03}Ga_{0.97}N / GaN（厚さ2nm / 3nm）
 ラストバリア：In_{0.03}Ga_{0.97}N / GaN（厚さ2nm / 3nm）

バリア数：10

ウェル層・・・In_{0.17}Ga_{0.83}N（厚さ3.5nm）
 ウェル数：9

第1実施例による活性層2は、以下のようなものである。

10

【0016】

バリア層・・・ファーストバリア：GaN / Al_{0.03}Ga_{0.97}N（厚さ3nm / 2nm）
 内部バリア：In_{0.03}Ga_{0.97}N / GaN（厚さ2nm / 3nm）
 ラストバリア：In_{0.03}Ga_{0.97}N / GaN（厚さ2nm / 3nm）

バリア数：10

ウェル層・・・In_{0.17}Ga_{0.83}N（厚さ3.5nm）
 ウェル数：9

20

つまり、第1比較例はファーストバリア層b1がGaN層であり、第1実施例はファーストバリア層b1がGaN / AlGaN層である。

【0017】

なお、ウェル層に用いられるIn_xGa_{1-x}N層のIn組成xは、バリア層に用いられるIn_yGa_{1-y}N層のIn組成yに対し、バンドギャップが狭くなるように選ばれており、例えば0.10 < x < 0.25であり、0.01 < y < 0.05である。本シミュレーションでは一例として、x = 0.17、y = 0.03としている。

【0018】

シミュレーションには、STR社のバンドギャップモデリングシミュレーションソフトウェアであるSiLENSeを用い、歪み、分極、転位欠陥、オージェ効果等を考慮した計算を行った。電子移動度を200cm²/V・sとし、ホール移動度を5cm²/V・sとした。

30

【0019】

図3は、第1シミュレーションで得られた第1実施例及び第1比較例によるGaN系半導体発光素子のIQEの電流密度依存性を示すグラフである。第1実施例の結果を四角のプロットで示し、第1比較例の結果を菱形のプロットで示す。

【0020】

どちらのサンプルについても、IQEは、電流密度が0から増えると急激に大きくなり、最大値を取った後、電流密度増加に伴い緩やかに減少する傾向を示している。ファーストバリア層をGaNとした第1比較例に比べ、ファーストバリア層をGaN / AlGaNとした第1実施例は、調べた電流密度のほぼ全域に亘ってIQEがやや高くなる傾向が見られる。

40

【0021】

第1実施例で第1比較例に比べIQEが向上した理由について考察する。なお、以下の考察は、上述のシミュレーション結果を解釈するための1つの考え方を示すものである。

【0022】

図4は、活性層のファーストバリア層をGaN / AlGaN層とした場合の影響を示した、コンダクションバンド及びバレンスバンドの概略的なバンド図である。ファーストバリア層BRをGaN単層とした場合、及びファーストバリア層BRをGaN / AlGaN層とした場合のバンド図を、それぞれ、実線及び破線で示す。

50

【0023】

ファーストバリア層BRにAlGa_N層を形成したことにより、バンドギャップが広がり、ファーストバリア層のコンダクションバンドにおける電子に対するポテンシャル、及び、バレンスバンドのホールに対するポテンシャルが増加する。

【0024】

これにより、ファーストバリア層の電子に対するバリア性が向上し、n型半導体層側から活性層に流入する電子が減少すると考えられる。Ga_N系半導体素子では、電子に対しホールの移動度が遅く、電子がp型半導体層側にリークしやすい。n型半導体層側から活性層に流入する電子の減少により、電子のp型半導体層側へのリークが抑制されて、発光効率が向上するのではないかと推測される。

10

【0025】

また、ファーストバリア層のホールに対するバリア性が向上し、活性層からn型半導体層側にリークして非発光再結合するホールが減少して、発光効率が向上するのではないかと推測される。

【0026】

なお、第1実施例の構造において、ラストバリア層側では、バリア層がInGa_N/Ga_N層のままであり、ホールに対するポテンシャル増加が(ホールに対するバリア性の増加が)抑制されている。これにより、p型半導体層側から活性層に入るホールの流れの低減は抑制されている。

【0027】

図5は、第1実施例の変形例によるGa_N系半導体発光素子のコンダクションバンドの概略的なバンド図である。第1実施例との差は、活性層2の構造であり、本変形例は、ラストバリア層b10をInGa_N層(例えば厚さ5nmのIn_{0.03}Ga_{0.97}N層)としている。

20

【0028】

ラストバリア層b10をInGa_N/Ga_N層からInGa_N層に変えることにより、ラストバリア層b10のバンドギャップが狭くなり、ホールに対するバリア性が減少する。これにより、p型半導体層側から活性層2に入るホールの流れの増加が図られ、さらなる発光効率向上が期待される。

【0029】

なお、上述の実施例では、バリア層として、n型半導体層側にInGa_N層を形成したInGa_N/Ga_N層を用いた。以下、Ga_N系半導体発光素子の多重量子井戸構造の活性層における、Ga_Nバリア層とInGa_N/Ga_Nバリア層との違いについて調べた第2シミュレーションについて説明する。

30

【0030】

第2シミュレーションでは、活性層のバリア層をGa_N層とした第2比較例のGa_N系半導体発光素子と、活性層のバリア層をIn_{0.03}Ga_{0.97}N/Ga_N層とした第3比較例のGa_N系半導体発光素子とについて、シミュレーションを行った。第2比較例及び第3比較例とも、ウェル層はIn_{0.17}Ga_{0.83}N層とした。バリア層やウェル層の厚さや、層数等の条件は、第2比較例及び第3比較例で共通である。

40

【0031】

シミュレーションには、STR社のバンドギャップモデリングシミュレーションソフトウェアであるSiLENSeを用い、歪み、分極、転位欠陥、オージェ効果等を考慮した計算を行った。

【0032】

図6A及び図6Bは、それぞれ、第2シミュレーションで得られた第2比較例及び第3比較例の活性層におけるコンダクションバンドのバンド図及びバレンスバンドのバンド図である。バレンスバンドにおいて、バリア層をGa_N層とした第2比較例に比べ、バリア層をInGa_N/Ga_N層とした第3比較例の方が、バリア層のホールに対するポテンシャルのピークがやや低くなっていることわかる。これにより、InGa_N/Ga_Nバリア

50

層の方が、GaNバリア層に比べて、例えば、ホールを活性層へ注入しやすくなる効果等があるものと期待される。

【0033】

なお、概略的なバンド図（例えば前述の図2A参照）を考える限りは、GaN層のバリア層のポテンシャルのピークと、InGaN/GaN層のバリア層のポテンシャルのピークとは、どちらもGaN層の部分でピークを取って一致するように思われる。しかし、第2シミュレーションを実施したところ、バレンスバンドにおいて、GaNバリア層よりも、InGaN/GaNバリア層の方が、ホールに対するポテンシャルのピークがやや低くなることがわかった。

【0034】

以上説明したように、GaN系半導体発光素子の多重量子井戸構造の活性層において、最もn型半導体層側のファーストバリア層をGaN/AlGaN層で形成し、ファーストバリア層よりもp型半導体層側のバリア層をInGaN/GaN層で形成することにより、発光効率の向上を図ることができる。また、最もp型半導体層側のラストバリア層をInGaN層とすることにより、さらなる発光効率向上が期待される。

10

【0035】

以上実施例に沿って本発明を説明したが、本発明はこれらに制限されるものではない。例えば、種々の変更、改良、組み合わせ等が可能なことは当業者に自明であろう。

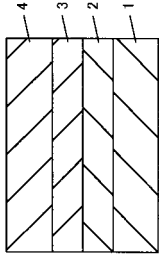
【符号の説明】

【0036】

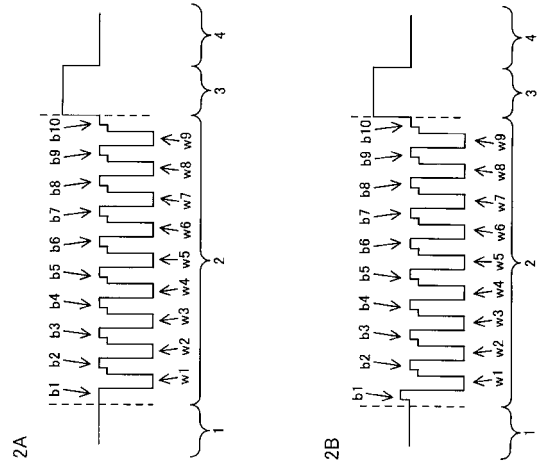
- 1 n型GaN層
- 2 活性層
- 3 p型AlGaNクラッド層
- 4 p型GaN層
- b1～b10 バリア層
- w2～w9 ウェル層

20

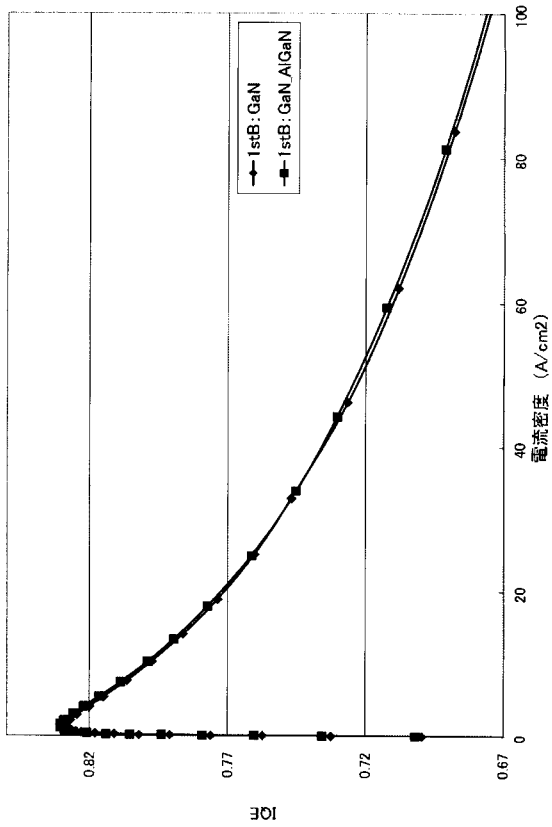
【 図 1 】



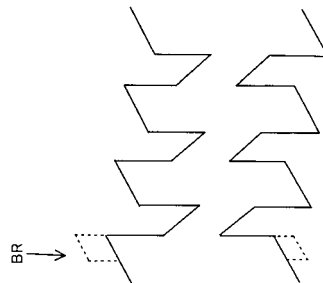
【 図 2 】



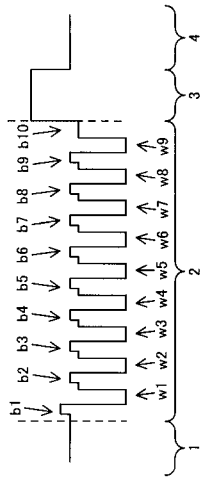
【 図 3 】



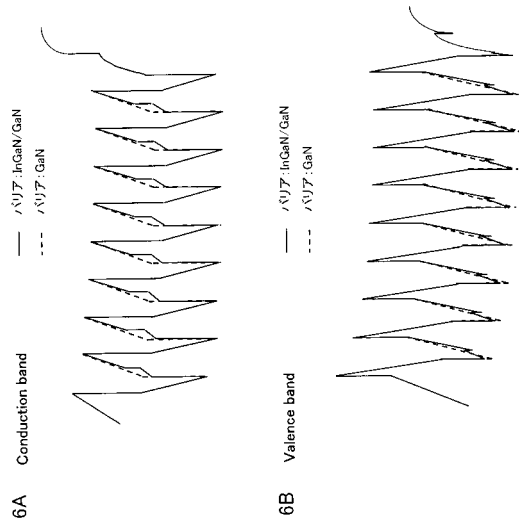
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5F041 AA03 CA05 CA40
5F141 AA03 CA05 CA40