

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

III族窒化物半導体を用いた多重量子井戸構造をもつ発光層を備えたIII族窒化物半導体発光素子において、

前記発光層を構成する複数の井戸層は、各発光波長を互いに合致させるような成長条件をもってそれぞれ形成されていることを特徴とするIII族窒化物半導体発光素子。

【請求項 2】

前記発光層は、前記井戸層の p - 半導体層側に障壁層を積層してなる複数のペア層によって形成されている請求項 1 に記載のIII族窒化物半導体発光素子。

【請求項 3】

前記複数の井戸層は、各層構成成分の組成比が互いに異なる比率に設定された InGa_xN_{1-x}層からなる請求項 1 に記載のIII族窒化物半導体発光素子。

【請求項 4】

前記 InGa_xN_{1-x}層の In 組成比は、n - 半導体層側から p - 半導体層側に向かって漸次小さくなる請求項 3 に記載のIII族窒化物半導体発光素子。

【請求項 5】

前記複数の井戸層は、不純物として添加される Si の添加量が互いに異なる分量に設定された InGa_xN_{1-x}層からなる請求項 1 に記載のIII族窒化物半導体発光素子。

【請求項 6】

前記 Si の添加量は、n - 半導体層側から p - 半導体層側に向かって漸次大きくなる請求項 5 に記載のIII族窒化物半導体発光素子。

【請求項 7】

前記複数の井戸層は、各層厚が互いに異なる寸法に設定された InGa_xN_{1-x}層からなる請求項 1 に記載のIII族窒化物半導体発光素子。

【請求項 8】

前記複数の井戸層における層厚は、n - 半導体層側から p - 半導体層側に向かって漸次小さくなる請求項 7 に記載のIII族窒化物半導体発光素子。

【請求項 9】

前記複数の井戸層は、禁制帯幅が互いに異なる寸法に設定された InGa_xN_{1-x}層からなる請求項 1 に記載のIII族窒化物半導体発光素子。

【請求項 10】

前記複数の井戸層における禁制帯幅は、n - 半導体層側から p - 半導体層側に向かって漸次大きくなる請求項 1 又は 9 に記載のIII族窒化物半導体発光素子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、例えば InGa_xN_{1-x}層からなる井戸層を有する多重量子井戸 (MQW: Multiple-Quantum Well) 構造を発光層に用いたIII族窒化物半導体発光素子に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、発光ダイオード (LED: Light Emitting Diode) やレーザダイオード (LD: Laser Diode) 等の半導体素子 (発光素子) を用いた発光装置は、白熱電球と比べて小型で、電力効率が良好であるとともに、長寿命である等の利点をもつことから、各種の光源として広く利用されている。

【0003】

このような発光装置の半導体素子においては、例えば In_xGa_{1-x}N 多重量子井戸構造を活性層 (発光層) に用いた青色・緑色発光ダイオード及び紫色半導体レーザが既に製品化されている。

【0004】

従来、この種のIII族窒化物半導体発光素子には、発光層を構成する複数の井戸層がそ

10

20

30

40

50

の層構成成分の組成比を異なる比率に設定することにより形成されたものが知られている（例えば特許文献１）。

【特許文献１】特開平１０－０２２５２５号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００５】

しかし、特許文献１によると、ピエゾ効果の度合いやキャリア濃度の相異によってスクリーニング効果が各井戸層で異なるため、各井戸層で互いに異なる発光波長をもつようになり、色純度が悪くなるばかりか、発光強度が低下するという問題があった。

【０００６】

従って、本発明の目的は、各井戸層の発光波長を合致させることができ、もって良好な色純度を得ることができるとともに、発光強度を高めることができるⅢ族窒化物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】

【０００７】

本発明は、上記目的を達成するために、Ⅲ族窒化物半導体を用いた多重量子井戸構造をもつ発光層を備えたⅢ族窒化物半導体発光素子において、前記発光層を構成する複数の井戸層は、各発光波長を互いに合致させるような成長条件をもってそれぞれ形成されていることを特徴とするⅢ族窒化物半導体発光素子を提供する。

【発明の効果】

【０００８】

本発明によると、各井戸層の発光波長を合致させることができ、良好な色純度を得ることができるとともに、発光強度を高めることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【０００９】

[第１の実施の形態]

図１は、本発明の第１の実施の形態に係るⅢ族窒化物半導体発光素子を説明するために示す断面図である。図１（ａ）は素子全体を、図１（ｂ）は発光層をそれぞれ示す。

【００１０】

図１（ａ）において、Ⅲ族窒化物半導体発光素子１は、ｐ側電極１８及びｎ側電極１９を有し、サファイア基板１０上に対して低温成長条件で成長させたＡｌＮバッファ層１１と、Ｓｉドーパの n^+ -ＧａＮ層１２と、Ｓｉドーパの n -ＡｌＧａＮ層１３と、ＩｎＧａＮ／ＧａＮの多重量子井戸構造をもつＭＱＷ１４と、Ｍｇドーパの p -ＡｌＧａＮ層１５と、Ｍｇドーパの p^+ -ＧａＮ層１６と、導電膜としての電流拡散層１７とを順次積層して形成されている。そして、発光波長を例えば４６０ｎｍ～４６３ｎｍとする青色光を発する青色ＬＥＤ素子として機能するように構成されている。

【００１１】

ＡｌＮバッファ層１１の形成は、３５０～５５０（好ましくは４００～５５０）の温度条件下でキャリアガスとして H_2 を使用し、サファイア基板１０が配置されたリアクタ内にトリメチルガリウム（ＴＭＧ）を供給することにより行われる。

【００１２】

n^+ -ＧａＮ層１２及び p^+ -ＧａＮ層１６の形成は、１１００の成長温度条件下でキャリアガスとして H_2 を使用し、リアクタ内に NH_3 とＴＭＧを供給することにより行われる。 n^+ -ＧａＮ層１２に対し n 型の導電性を付与するためのドーパントとしてはモノシラン（ SiH_4 ）をＳｉ原料として、 p^+ -ＧａＮ層１６に対し p 型の導電性を付与するためのドーパントとしてはシクロペンタジエニルマグネシウム（ Cp_2Mg ）をＭｇ原料としてそれぞれ使用する。

【００１３】

n -ＡｌＧａＮ層１３及び p -ＡｌＧａＮ層１５の形成は、１１００の成長温度条件下でリアクタ内に NH_3 及びＴＭＧ・ＴＭＡ（トリメチルアルミニウム）を供給すること

10

20

30

40

50

により行われる。n - AlGaIn層13に対しn型の導電性を付与するためのドーパントとしてはSiH₄をSi原料として、p - AlGaIn層15に対しp型の導電性を付与するためのドーパントとしてはCp₂MgをMg原料としてそれぞれ使用する。

【0014】

MQW14は、図1(b)に示すように、III族窒化物半導体を用いた第1ペア層21～第4ペア層24を有する発光層によって形成されている。MQW14を構成する第1井戸層～第4井戸層(後述)は、各発光波長を互いに合致させるような成長条件をもってそれぞれ形成されている。第1井戸層～第4井戸層には不純物としてSiが添加されている。Siの添加量は、n - 半導体層側からp - 半導体層側に向かって漸次大きくなる添加量に設定されている。第1井戸層～第4井戸層の層厚は、n - 半導体層側からp - 半導体層側に向かって漸次小さくなる寸法に設定されている。ここで、III族窒化物半導体とは、少なくともIn_xGa_{1-x}N(但し、0 < x < 1)の組成比で表されるIII-V族窒化物半導体をいう。In_x(X組成比)は、n - 半導体層側からp - 半導体層側に向かって漸次小さくなる組成比に設定されている。MQW14の形成は、700～900の成長温度条件でキャリアガスとしてN₂を使用し、トリメチルインジウム(TMI)とTMGをリアクタ内に供給することにより行われる。

10

【0015】

第1ペア層21は、第1井戸層21A及び第1障壁層21Bからなり、n - AlGaIn層13上に積層されている。第1井戸層21Aは、第1障壁層21Bのn - 半導体層側に配置され、層厚を約38とするIn_{0.26}Ga_{0.74}N層によって形成されている。そして、発光波長を460nm～463nmとする青色光を発するように構成されている。第1障壁層21Bは、第1井戸層21Aのp - 半導体層側に配置され、層厚を約5nmとするGaN層によって形成されている。

20

【0016】

第2ペア層22は、第2井戸層22A及び第2障壁層22Bからなり、第1ペア層21上に積層されている。第2井戸層22Aは、第2障壁層22Bのn - 半導体層側に配置され、層厚を約34とするIn_{0.23}Ga_{0.77}N層によって形成されている。そして、発光波長を460nm～463nmとする青色光を発するように構成されている。第2井戸層22Aには、不純物として添加量を約2×10⁻⁷cm⁻³とするシリコン(Si)が添加されている。第2障壁層22Bは、第2井戸層22Aのp - 半導体層側に配置され、層厚を約5nmとするGaN層によって形成されている。

30

【0017】

第3ペア層23は、第3井戸層23A及び第3障壁層23Bからなり、第2ペア層22上に積層されている。第3井戸層23Aは、第3障壁層23Bのn - 半導体層側に配置され、層厚を約30とするIn_{0.20}Ga_{0.80}N層によって形成されている。そして、発光波長を460nm～463nmとする青色光を発するように構成されている。第3井戸層23Aには、不純物として添加量を約4×10⁻⁷cm⁻³とするSiが添加されている。第3障壁層23Bは、第3井戸層23Aのp - 半導体層側に配置され、層厚を約5nmとするGaN層によって形成されている。

【0018】

第4ペア層24は、第4井戸層24A及び第4障壁層24Bからなり、第3ペア層23上に積層されている。第4井戸層24Aは、第4障壁層24Bのn - 半導体層側に配置され、層厚を約26とするIn_{0.17}Ga_{0.83}N層によって形成されている。そして、発光波長を460nm～463nmとする青色光を発するように構成されている。第4井戸層24Aには、不純物として添加量を約6×10⁻⁷cm⁻³とするSiが添加されている。第4障壁層24Bは、第4井戸層24Aのp - 半導体層側に配置され、層厚を約5nmとするGaN層によって形成されている。

40

【0019】

なお、第1井戸層21A～第4井戸層24Aにおける層構成成分の組成比(In組成比)及び層厚・Siの添加量については表1に示す通りである。

50

【 0 0 2 0 】

【 表 1 】

	In組成比(%)	層厚(Å)	Siの添加量(cm^{-3})
第4井戸層	17	26	6×10^{-7}
第3井戸層	20	30	4×10^{-7}
第2井戸層	23	34	2×10^{-7}
第1井戸層	26	38	0

10

【 0 0 2 1 】

電流拡散層 17 は、 p^+ - GaN 層 16 上に配置され、酸化インジウム・酸化錫 (ITO : Indium Tin Oxide) からなる透明電極によって形成されている。

【 0 0 2 2 】

p 側電極 18 は電流拡散層 17 の上面に、また n 側電極 19 はエッチング処理によって露出させた n^+ - GaN 層 12 の上面にそれぞれ形成されている。

【 0 0 2 3 】

このように構成された III 族窒化物半導体発光素子 1 に電源から電圧を印加し、その MQW 14 において発光する出射光を観察したところ、鋭い発光波長ピーク (発光波長 : 460 nm ~ 463 nm) をもつ発光スペクトルが確認された。このことは、図 2 (a) (縦軸は発光強度を、また横軸は波長をそれぞれ示す。) に示す通りである。図 2 (a) において、発光スペクトルの線幅は、半値幅 (FWHM : Full-Width of Half-Maximum) で 20 nm が測定された。

20

【 0 0 2 4 】

これに対して、従来の MQW において発光する出射光の発光スペクトルは、図 2 (b) に示すように、波長 440 nm ~ 470 nm の発光波長ピーク及び 27 nm の線幅 (半値幅) をもつことが観測された。

【 0 0 2 5 】

また、発光強度についても、図 2 (a) 及び (b) より、本実施の形態の場合には、従来の場合を「1」とすると、「1.3」となり、向上することが確認された。

30

【 0 0 2 6 】

[第 1 の実施の形態の効果]

以上説明した第 1 の実施の形態によれば、次に示す効果が得られる。

【 0 0 2 7 】

第 1 井戸層 21 ~ 第 4 井戸層 24 が各発光波長を互いに合致させるような成長条件をもってそれぞれ形成されているため、第 1 井戸層 21 ~ 第 4 井戸層 24 の発光波長を合致させることができ、良好な色純度を得ることができるとともに、発光強度を高めることができる。

【 0 0 2 8 】

[第 2 の実施の形態]

図 3 は、本発明の第 2 の実施の形態に係る III 族窒化物半導体発光素子の発光層を説明するために示す断面図である。

【 0 0 2 9 】

図 3 に示すように、第 2 の実施の形態に示す III 族窒化物半導体発光素子の MQW 30 は、III 族窒化物半導体を用いた第 1 ペア層 31 ~ 第 6 ペア層 36 を有する発光層によって形成されている。MQW 30 を構成する第 1 井戸層 ~ 第 6 井戸層 (後述) は、各発光波長を互いに合致させるような成長条件をもってそれぞれ形成されている。第 1 井戸層 ~ 第 6 井戸層には不純物として Si が添加されている。Si の添加量は、n - 半導体層側から p - 半導体層側に向かって漸次大きくなる添加量に設定されている。第 1 井戸層 ~ 第 6 井

40

50

戸層の層厚は、 n -半導体層側から p -半導体層側に向かって漸次小さくなる寸法に設定されている。ここで、III族窒化物半導体とは、少なくとも $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ （但し、 $0 < x < 1$ ）の組成比で表されるIII-V族窒化物半導体をいう。 In_x （ x 組成比）は、 n -半導体層側から p -半導体層側に向かって漸次小さくなる組成比に設定されている。MQW30の形成は、MQW14を形成する場合と同様にTMIとTMGをリアクタ内に供給することにより行われる。

【0030】

第1ペア層31は、第1井戸層31A及び第1障壁層31Bからなり、 n -AlGaIn層13（図1（a）に示す）上に積層されている。第1井戸層31Aは、第1障壁層31Bの n -半導体層側に配置され、層厚を約39 nmとする $\text{In}_{0.26}\text{Ga}_{0.74}\text{N}$ 層によって形成されている。そして、発光波長を460 nm～463 nmとする青色光を発するように構成されている。第1障壁層31Bは、第1井戸層31Aの p -半導体層側に配置され、層厚を約5 nmとするGaIn層によって形成されている。

10

【0031】

第2ペア層32は、第2井戸層32A及び第2障壁層32Bからなり、第1ペア層31上に積層されている。第2井戸層32Aは、第2障壁層32Bの n -半導体層側に配置され、層厚を約36 nmとする $\text{In}_{0.24}\text{Ga}_{0.76}\text{N}$ 層によって形成されている。そして、発光波長を460 nm～463 nmとする青色光を発するように構成されている。第2井戸層32Aには、不純物として添加量を約 $1 \times 10^{-7} \text{ cm}^{-3}$ とするSiが添加されている。第2障壁層32Bは、第2井戸層32Aの p -半導体層側に配置され、層厚を約5 nmとするGaIn層によって形成されている。

20

【0032】

第3ペア層33は、第3井戸層33A及び第3障壁層33Bからなり、第2ペア層32上に積層されている。第3井戸層33Aは、第3障壁層33Bの n -半導体層側に配置され、層厚を約33 nmとする $\text{In}_{0.22}\text{Ga}_{0.78}\text{N}$ 層によって形成されている。そして、発光波長を460 nm～463 nmとする青色光を発するように構成されている。第3井戸層33Aには、不純物として添加量を約 $2 \times 10^{-7} \text{ cm}^{-3}$ とするSiが添加されている。第3障壁層33Bは、第3井戸層33Aの p -半導体層側に配置され、層厚を約5 nmとするGaIn層によって形成されている。

【0033】

第4ペア層34は、第4井戸層34A及び第4障壁層34Bからなり、第3ペア層33上に積層されている。第4井戸層34Aは、第4障壁層34Bの n -半導体層側に配置され、層厚を約30 nmとする $\text{In}_{0.20}\text{Ga}_{0.80}\text{N}$ 層によって形成されている。そして、発光波長を460 nm～463 nmとする青色光を発するように構成されている。第4井戸層34Aには、不純物として添加量を約 $3 \times 10^{-7} \text{ cm}^{-3}$ とするSiが添加されている。第4障壁層34Bは、第4井戸層34Aの p -半導体層側に配置され、層厚を約5 nmとするGaIn層によって形成されている。

30

【0034】

第5ペア層35は、第5井戸層35A及び第5障壁層35Bからなり、第4ペア層34上に積層されている。第5井戸層35Aは、第5障壁層35Bの n -半導体層側に配置され、層厚を約27 nmとする $\text{In}_{0.18}\text{Ga}_{0.82}\text{N}$ 層によって形成されている。そして、発光波長を460 nm～463 nmとする青色光を発するように構成されている。第5井戸層35Aには、不純物として添加量を約 $4 \times 10^{-7} \text{ cm}^{-3}$ とするSiが添加されている。第5障壁層35Bは、第5井戸層35Aの p -半導体層側に配置され、層厚を約5 nmとするGaIn層によって形成されている。

40

【0035】

第6ペア層36は、第6井戸層36A及び第6障壁層36Bからなり、第5ペア層35上に積層されている。第6井戸層36Aは、第6障壁層36Bの n -半導体層側に配置され、層厚を約24 nmとする $\text{In}_{0.16}\text{Ga}_{0.84}\text{N}$ 層によって形成されている。そして、発光波長を460 nm～463 nmとする青色光を発するように構成されている。第6井

50

戸層 3 6 A には、不純物として添加量を約 $5 \times 10^{-7} \text{ cm}^{-3}$ とする Si が添加されている。第 6 障壁層 3 6 B は、第 6 井戸層 3 6 A の p - 半導体層側に配置され、層厚を約 5 nm とする GaN 層によって形成されている。

【 0 0 3 6 】

なお、第 1 井戸層 3 1 A ~ 第 6 井戸層 3 6 A における層構成成分の組成比 (In の分量) 及び層厚・Si の添加量については表 2 に示す通りである。

【 0 0 3 7 】

【 表 2 】

	In組成比(%)	層厚(Å)	Siの添加量(cm^{-3})
第6井戸層	16	24	5×10^{-7}
第5井戸層	18	27	4×10^{-7}
第4井戸層	20	30	3×10^{-7}
第3井戸層	22	33	2×10^{-7}
第2井戸層	24	36	1×10^{-7}
第1井戸層	26	39	0

10

20

【 0 0 3 8 】

[第 2 の実施の形態の効果]

以上説明した第 2 の実施の形態によれば、第 1 の実施の形態の効果と同様の効果が得られる。

【 0 0 3 9 】

[第 3 の実施の形態]

図 4 は、本発明の第 3 の実施の形態に係る III 族窒化物半導体発光素子の発光層を説明するために示す断面図である。

【 0 0 4 0 】

図 4 に示すように、第 3 の実施の形態に示す III 族窒化物半導体発光素子の MQW 4 0 は、III 族窒化物半導体を用いた第 1 ペア層 4 1 ~ 第 8 ペア層 4 8 を有する発光層によって形成されている。MQW 4 0 を構成する第 1 井戸層 ~ 第 8 井戸層 (後述) は、各発光波長を互いに合致させるような成長条件をもってそれぞれ形成されている。第 1 井戸層 ~ 第 8 井戸層には不純物として Si が添加されている。Si の添加量は、n - 半導体層側から p - 半導体層側に向かって漸次大きくなる添加量に設定されている。第 1 井戸層 ~ 第 8 井戸層の層厚は、n - 半導体層側から p - 半導体層側に向かって漸次小さくなる寸法に設定されている。ここで、III 族窒化物半導体とは、少なくとも $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ (但し、 $0 < x < 1$) の組成比で表される III - V 族窒化物半導体をいう。 In_x (X 組成比) は、n - 半導体層側から p - 半導体層側に向かって漸次小さくなる組成比に設定されている。MQW 4 0 の形成は、MQW 1 4 , 3 0 を形成する場合と同様に TMI と TMG をリアクタ

30

40

【 0 0 4 1 】

第 1 ペア層 4 1 は、第 1 井戸層 4 1 A 及び第 1 障壁層 4 1 B からなり、n - AlGaIn 層 1 3 (図 1 (a) に示す) 上に積層されている。第 1 井戸層 4 1 A は、第 1 障壁層 4 1 B の n - 半導体層側に配置され、層厚を約 42 nm とする $\text{In}_{0.29}\text{Ga}_{0.71}\text{N}$ 層によって形成されている。そして、発光波長を 460 nm ~ 463 nm とする青色光を発するように構成されている。第 1 障壁層 4 1 B は、第 1 井戸層 4 1 A の p - 半導体層側に配置され、層厚を約 5 nm とする GaN 層によって形成されている。

【 0 0 4 2 】

第 2 ペア層 4 2 は、第 2 井戸層 4 2 A 及び第 2 障壁層 4 2 B からなり、第 1 ペア層 4 1

50

上に積層されている。第2井戸層42Aは、第2障壁層42Bのn-半導体層側に配置され、層厚を約39とする $\text{In}_{0.26}\text{Ga}_{0.74}\text{N}$ 層によって形成されている。そして、発光波長を460nm~463nmとする青色光を発するように構成されている。第2井戸層42Aには、不純物として添加量を約 $1 \times 10^{-7} \text{cm}^{-3}$ とするSiが添加されている。第2障壁層42Bは、第2井戸層42Aのp-半導体層側に配置され、層厚を約5nmとするGa_{0.99}N層によって形成されている。

【0043】

第3ペア層43は、第3井戸層43A及び第3障壁層43Bからなり、第2ペア層42上に積層されている。第3井戸層43Aは、第3障壁層43Bのn-半導体層側に配置され、層厚を約36とする $\text{In}_{0.24}\text{Ga}_{0.76}\text{N}$ 層によって形成されている。そして、発光波長を460nm~463nmとする青色光を発するように構成されている。第3井戸層43Aには、不純物として添加量を約 $2 \times 10^{-7} \text{cm}^{-3}$ とするSiが添加されている。第3障壁層43Bは、第3井戸層43Aのp-半導体層側に配置され、層厚を約5nmとするGa_{0.99}N層によって形成されている。

10

【0044】

第4ペア層44は、第4井戸層44A及び第4障壁層44Bからなり、第3ペア層43上に積層されている。第4井戸層44Aは、第4障壁層44Bのn-半導体層側に配置され、層厚を約33とする $\text{In}_{0.22}\text{Ga}_{0.78}\text{N}$ 層によって形成されている。そして、発光波長を460nm~463nmとする青色光を発するように構成されている。第4井戸層44Aには、不純物として添加量を約 $3 \times 10^{-7} \text{cm}^{-3}$ とするSiが添加されている。第4障壁層44Bは、第4井戸層44Aのp-半導体層側に配置され、層厚を約5nmとするGa_{0.99}N層によって形成されている。

20

【0045】

第5ペア層45は、第5井戸層45A及び第5障壁層45Bからなり、第4ペア層44上に積層されている。第5井戸層45Aは、第5障壁層45Bのn-半導体層側に配置され、層厚を約30とする $\text{In}_{0.20}\text{Ga}_{0.80}\text{N}$ 層によって形成されている。そして、発光波長を460nm~463nmとする青色光を発するように構成されている。第5井戸層45Aには、不純物として添加量を約 $4 \times 10^{-7} \text{cm}^{-3}$ とするSiが添加されている。第5障壁層45Bは、第5井戸層45Aのp-半導体層側に配置され、層厚を約5nmとするGa_{0.99}N層によって形成されている。

30

【0046】

第6ペア層46は、第6井戸層46A及び第6障壁層46Bからなり、第5ペア層45上に積層されている。第6井戸層46Aは、第6障壁層46Bのn-半導体層側に配置され、層厚を約27とする $\text{In}_{0.18}\text{Ga}_{0.82}\text{N}$ 層によって形成されている。そして、発光波長を460nm~463nmとする青色光を発するように構成されている。第6井戸層46Aには、不純物として添加量を約 $5 \times 10^{-7} \text{cm}^{-3}$ とするSiが添加されている。第6障壁層46Bは、第6井戸層46Aのp-半導体層側に配置され、層厚を約5nmとするGa_{0.99}N層によって形成されている。

【0047】

第7ペア層47は、第7井戸層47A及び第7障壁層47Bからなり、第6ペア層46上に積層されている。第7井戸層47Aは、第7障壁層47Bのn-半導体層側に配置され、層厚を約24とする $\text{In}_{0.16}\text{Ga}_{0.84}\text{N}$ 層によって形成されている。そして、発光波長を460nm~463nmとする青色光を発するように構成されている。第7井戸層47Aには、不純物として添加量を約 $6 \times 10^{-7} \text{cm}^{-3}$ とするSiが添加されている。第7障壁層47Bは、第7井戸層47Aのp-半導体層側に配置され、層厚を約5nmとするGa_{0.99}N層によって形成されている。

40

【0048】

第8ペア層48は、第8井戸層48A及び第8障壁層48Bからなり、第7ペア層47上に積層されている。第8井戸層48Aは、第8障壁層48Bのn-半導体層側に配置され、層厚を約21とする $\text{In}_{0.14}\text{Ga}_{0.86}\text{N}$ 層によって形成されている。そして、

50

発光波長を $460\text{ nm} \sim 463\text{ nm}$ とする青色光を発するように構成されている。第8井戸層48Aには、不純物として添加量を約 $7 \times 10^{-7} \text{ cm}^{-3}$ とするSiが添加されている。第8障壁層48Bは、第8井戸層48Aのp-半導体層側に配置され、層厚を約 5 nm とするGaN層によって形成されている。

【0049】

なお、第1井戸層41A～第8井戸層48Aにおける層構成成分の組成比(Inの分量)及び層厚・Siの添加量については表3に示す通りである。

【0050】

【表3】

	In組成比(%)	層厚(Å)	Siの添加量(cm^{-3})
第8井戸層	14	21	7×10^{-7}
第7井戸層	16	24	6×10^{-7}
第6井戸層	18	27	5×10^{-7}
第5井戸層	20	30	4×10^{-7}
第4井戸層	22	33	3×10^{-7}
第3井戸層	24	36	2×10^{-7}
第2井戸層	26	39	1×10^{-7}
第1井戸層	29	42	0

10

20

【0051】

[第3の実施の形態の効果]

以上説明した第3の実施の形態によれば、第1の実施の形態の効果と同様の効果が得られる。

【0052】

以上、本発明のIII族窒化物半導体発光素子を上記の実施の形態に基づいて説明したが、本発明は上記の実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々の態様において実施することが可能であり、例えば次に示すような変形も可能である。

30

【0053】

(1) 各実施の形態では、各発光波長を互いに合致させるために、複数の井戸層を各層構成成分の組成比が互いに異なる比率に設定されたInGaN層とする場合について説明したが、本発明はこれに限定されず、禁制帯幅が互いに異なる寸法に設定されたInGaN層としてもよい。この場合、複数の井戸層における禁制帯幅をn-半導体層側からp-半導体層側に向かって漸次大きくすることが望ましい。

【0054】

(2) 各実施の形態では、発光層(MQW層)のペア層数が4, 6, 8ペア層数である場合について説明したが、本発明はこれに限定されず、井戸層のp-半導体層側に障壁層を積層してなる複数のペア層であれば、そのペア層数を適宜変更することができる。

40

【0055】

(3) 各実施の形態では、各ペア層の障壁層がGaN層からなる場合について説明したが、本発明はこれに限定されず、例えば少なくとも $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ (但し、 $0 < x < 1$) の組成比で表されるGaN系半導体層であってもよい。

【0056】

(4) 各実施の形態では、LED素子である場合について説明したが、本発明はこれに限定されず、LD素子であっても勿論よい。

【図面の簡単な説明】

50

【 0 0 5 7 】

【図 1】(a) 及び (b) は、本発明の第 1 の実施の形態に係る III 族窒化物半導体発光素子の素子全体と発光層を説明するために示す断面図。

【図 2】(a) 及び (b) は、本発明の第 1 の実施の形態に係る III 族窒化物半導体発光素子と従来の III 族窒化物半導体素子から出射される出力光を比較するために示す発光スペクトル図。

【図 3】本発明の第 2 の実施の形態に係る III 族窒化物半導体発光素子の発光層を説明するために示す断面図。

【図 4】本発明の第 3 の実施の形態に係る III 族窒化物半導体発光素子の発光層を説明するために示す断面図。

10

【符号の説明】

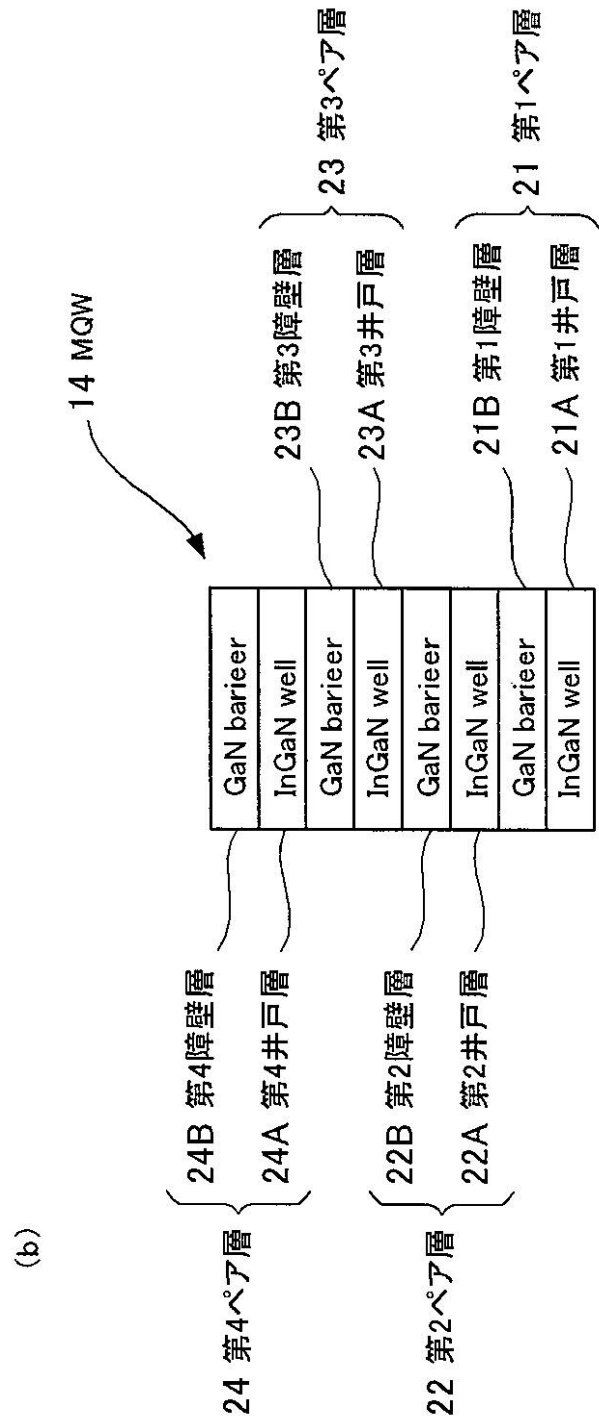
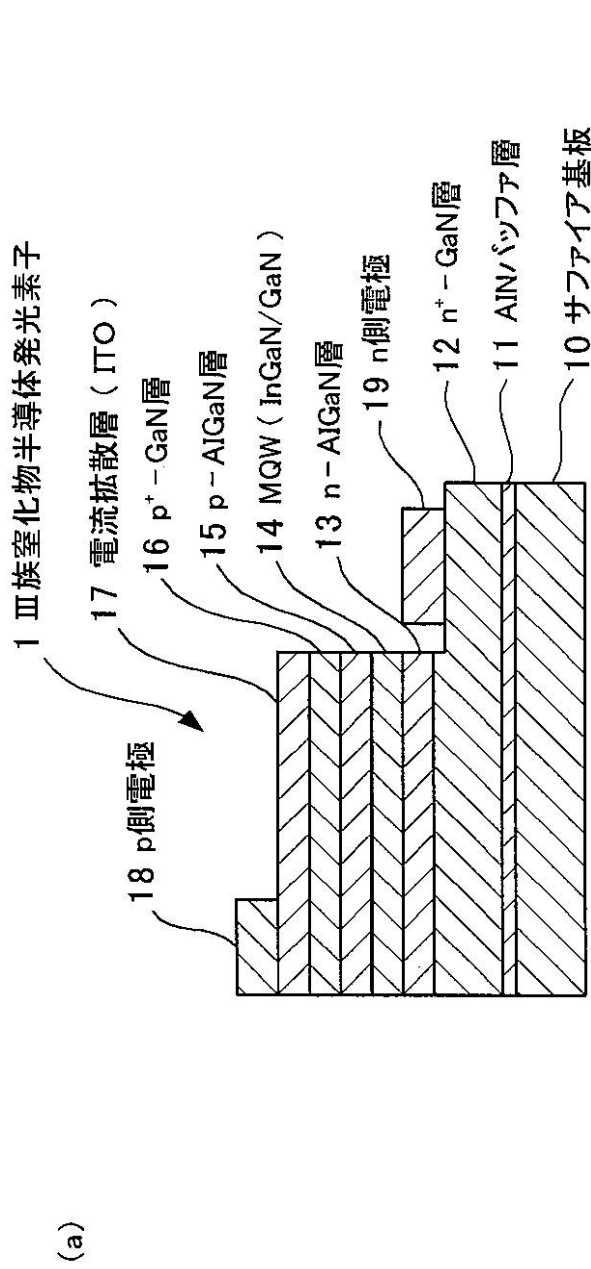
【 0 0 5 8 】

1 ... III 族窒化物半導体発光素子、10 ... サファイア基板、11 ... AlN バッファ層、12 ... n^+ - GaN 層、13 ... n - AlGaIn 層、14, 30, 40 ... MQW、15 ... p - AlGaIn 層、16 ... p^+ - GaN 層、17 ... 電流拡散層、18 ... p 側電極、19 ... n 側電極、21, 31, 41 ... 第 1 ペア層、21A, 31A, 41A ... 第 1 井戸層、21B, 31B, 41B ... 第 1 障壁層、22, 32, 42 ... 第 2 ペア層、22A, 32A, 42A ... 第 2 井戸層、22B, 32B, 42B ... 第 2 障壁層、23, 33, 43 ... 第 3 ペア層、23A, 33A, 43A ... 第 3 井戸層、23B, 33B, 43B ... 第 3 障壁層、24, 34, 44 ... 第 4 ペア層、24A, 34A, 44A ... 第 4 井戸層、24B, 34B, 44B ... 第 4 障壁層、35, 45 ... 第 5 ペア層、35A, 45A ... 第 5 井戸層、35B, 45B ... 第 5 障壁層、36, 46 ... 第 6 ペア層、36A, 46A ... 第 6 井戸層、36B, 46B ... 第 6 障壁層、47 ... 第 7 ペア層、47A ... 第 7 井戸層、47B ... 第 7 障壁層、48 ... 第 8 ペア層、48A ... 第 8 井戸層、48B ... 第 8 障壁層

20

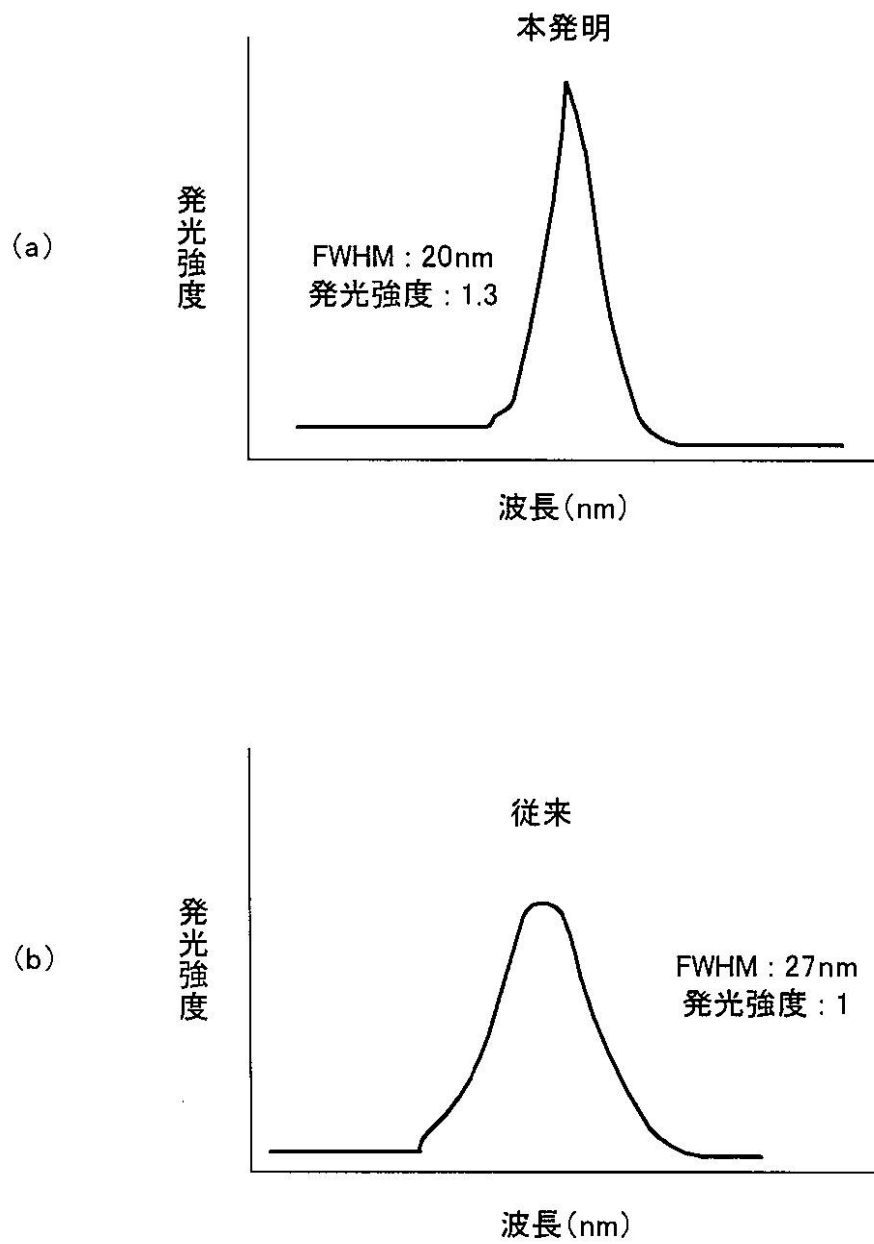
【図 1】

【図 1】



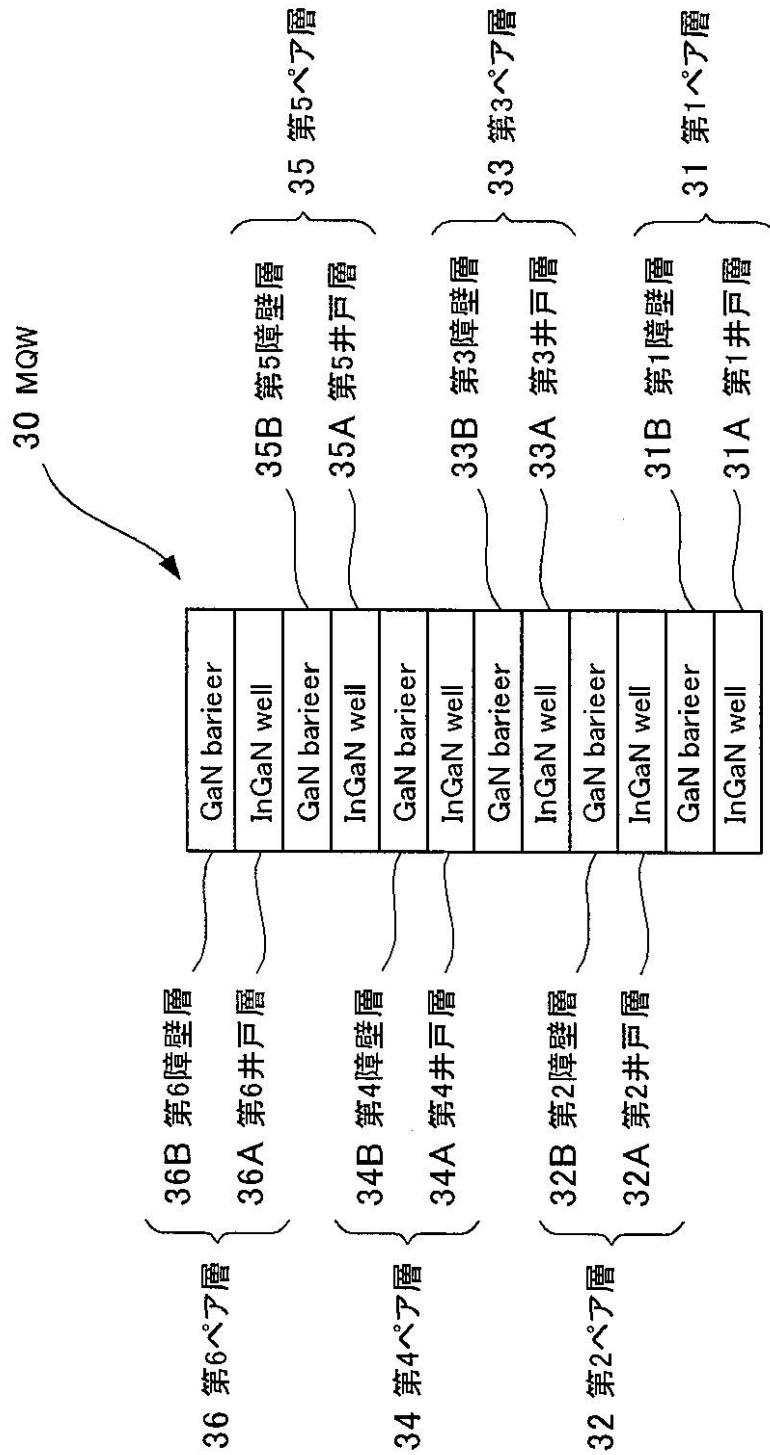
【図 2】

【図 2】



【図 3】

【図 3】



【図 4】

【図 4】

