

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載  
 【部門区分】第7部門第2区分  
 【発行日】平成20年7月3日(2008.7.3)

【公開番号】特開2002-261334(P2002-261334A)  
 【公開日】平成14年9月13日(2002.9.13)  
 【出願番号】特願2001-148382(P2001-148382)  
 【国際特許分類】

H 0 1 L 33/00 (2006.01)

【F I】

H 0 1 L 33/00 N  
 H 0 1 L 33/00 C

【手続補正書】

【提出日】平成20年5月16日(2008.5.16)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

活性層が、p型層と、n型層とに挟まれた構造を有する発光素子において、前記活性層からの光の少なくとも一部を吸収し、該活性層からの光と異なる波長の光を発するフォトルミネセンス層が、前記p型層、n型層の少なくとも一方に設けられ、該フォトルミネセンス層が、Inを含む窒化物半導体からなる第1の層と、第1の層よりもバンドギャップエネルギーの大きい窒化物半導体からなる第2の層とを少なくとも有する超格子多層膜であることを特徴とする発光素子。

【請求項2】

前記活性層が、井戸層と、障壁層と、を有する量子井戸構造を有し、前記第2の層が、前記活性層の障壁層よりも膜厚が小さいことを特徴とする請求項1に記載の発光素子。

【請求項3】

前記活性層が、井戸層と、障壁層と、を有する量子井戸構造を有し、前記第1の層の数が、前記活性層内の井戸層の数よりも多いことを特徴とする請求項1又は2に記載の発光素子。

【請求項4】

前記活性層が、井戸層と、障壁層と、を有する量子井戸構造を有し、前記第1の層と第2の層とのバンドギャップエネルギー差が、前記活性層における井戸層と障壁層とのバンドギャップエネルギー差よりも大きいことを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項に記載の発光素子。

【請求項5】

前記第1の層が  $In_x Ga_{1-x}N$  ( $0 < x < 1$ ) よりなり、前記第2の層が  $In_y Ga_{1-y}N$  ( $0 < y < 1$ 、 $y < x$ ) よりなることを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載の発光素子。

【請求項6】

前記フォトルミネセンス層が、前記n型層に設けられると共に、n型不純物を有することを特徴とする請求項1乃至5のいずれか1項に記載の発光素子。

【請求項7】

前記請求項1及至6のいずれかに記載の発光素子と、

該発光素子からの光の少なくとも一部を吸収し、該発光素子からの光と異なる波長の光を発する蛍光体とを有することを特徴とする発光装置。

【請求項 8】

前記発光素子は、青色の波長域を含む単色性のピーク波長が発光可能な活性層及び、緑色及び / 又は黄色の波長域を含む発光が可能なフォトルミネセンス層とを有すると共に、

前記蛍光体は黄色及び / 又は赤色の波長域を含む光を発することにより白色系の発光が可能であることを特徴とする請求項 7 に記載の発光装置。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0011

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0011】

(1) 活性層が、p型層と、n型層とに挟まれた構造を有する発光素子において、前記活性層からの光の少なくとも一部を吸収し、該活性層からの光と異なる波長の光を発するフォトルミネセンス層が、前記p型層、n型層の少なくとも一方に設けられ、該フォトルミネセンス層が、Inを含む窒化物半導体からなる第1の層と、第1の層よりもバンドギャップエネルギーの大きい窒化物半導体からなる第2の層とを少なくとも有する超格子多層膜であることを特徴とする。

(2) 前記フォトルミネセンス層が、窒化物半導体を有することを特徴とする。この構成により、可視光域に広域なバンドギャップエネルギーを有する窒化物半導体であることで、フォトルミネセンス層から可視光域における様々な波長の光を取り出すことが可能となり、演色性に優れた発光素子を得られる。

(3) 前記フォトルミネセンス層が、前記p型層に設けられると共に、p型不純物を有することを特徴とする。この構成により、フォトルミネセンス層において、良好な光励起、波長変換を実現できる。

(4) 前記フォトルミネセンス層が、前記n型層に設けられると共に、n型不純物を有することを特徴とする。この構成により、フォトルミネセンス層において、良好な光励起、波長変換を実現できる。

(5) 前記活性層がInを含む窒化物半導体層を有し、前記フォトルミネセンス層が、Inを含む窒化物半導体層を有すると共に、該Inを含む窒化物半導体層のIn混晶比が該活性層中のInを含む窒化物半導体層のIn混晶比より大きいことを特徴とする。この構成により、Inを含む窒化物半導体を有する活性層を用いた発光素子において、活性層からの光を、フォトルミネセンス層中のInを含む窒化物半導体でもって、異なる波長の光を取り出すことができ、発光素子から様々な可視光域の光を得ることができる。具体的には、活性層が $In_aGa_{1-a}N$  ( $0 < a < 1$ ) 層を有し、フォトルミネセンス層が $In_bGa_{1-b}N$  ( $0 < b < 1$ ) 層を有する際に、 $a < b$ を満たすように各層を設ける。

(6) 前記n型層がn型窒化物半導体層、前記p型層がp型窒化物半導体層であって、前記活性層が $In_aGa_{1-a}N$  ( $0 < a < 1$ ) 層を有し、前記フォトルミネセンス層が、第1の窒化物半導体層と、該第1の窒化物半導体層と異なる組成を有する第2の窒化物半導体層とが積層されてなるn側多層膜層を有することを特徴とする。

(7) 前記フォトルミネセンス層を構成する第1の窒化物半導体層、又は第2の窒化物半導体層のうち少なくとも一方の層の膜厚が、100以下であることを特徴とする。

(8) 前記第1の層が $In_xGa_{1-x}N$  ( $0 < x < 1$ ) よりなり、前記第2の層が $In_yGa_{1-y}N$  ( $0 < y < 1$ 、 $y < x$ ) よりなることを特徴とする。

(9) 本発明の発光装置は前記発光素子と、該発光素子からの光の少なくとも一部を吸収し、該発光素子からの光と異なる波長の光を発する蛍光体とを有することを特徴とする。

(10) 前記蛍光体は、Ceで付活された $Y_2O_3 \cdot 5/3 Al_2O_3$ 、Eu及び / 又はCrで付活された窒素含有 $CaO-Al_2O_3-SiO_2$ から選ばれた少なくとも一種であること

を特徴とする。

(11) 前記発光装置において、前記発光素子は、光拡散材及び前記蛍光体を含有した透光性モールド部材によって被覆されていることを特徴とする。

(12) 前記発光装置において、前記発光素子は、青色の波長域を含む単色性のピーク波長が発光可能な活性層と、緑色及び/又は黄色の波長域を含む発光が可能なフォトルミネセンス層とを有すると共に、前記蛍光体は黄色及び/又は赤色の波長域を含む光を発することを特徴とする。

この構成により、窒化物半導体での p - n 接合の素子構造における発光出力を向上させることができる。また、活性層よりも In 混晶比の大きいフォトルミネセンス層であっても、良好な結晶性をもって窒化物半導体の積層構造体内に設けることが可能となり、長波長域での光励起を可能とする。加えて、フォトルミネセンス層を n 側多層膜層とすることで、n 型層において、様々な位置にフォトルミネセンス層を設けることが可能となり、特に、活性層に近接して、設けることが可能となることから、発光出力が向上する。n 側多層膜層の上に、活性層を設ける場合においては、n 側多層膜層が In を含む窒化物半導体の形成において、結晶性を良好なものとするように作用する。このことで、比較的結晶性の悪い In を含む窒化物半導体を有する、活性層、及びフォトルミネセンス層の形成において、有利に働き、発光素子の特性向上に寄与する。

また本発明の発光装置は、上記発光素子に蛍光体が付与されている。蛍光体からは、窒化物半導体では発光が困難な黄色又は赤色の長波長の光を得ることができる。このため本発明の発光装置は多彩な混合色を発光することができ、特に光の三原色である赤、緑、青色成分を有する色むらの少ない白色の発光も可能となる。

(13) 量子井戸構造の活性層が、p 型層と、n 型層とに挟まれた構造を有する発光素子において、前記活性層からの光の少なくとも一部を吸収し、該活性層からの光と異なる波長の光を発するフォトルミネセンス層が、前記 p 導電型層、n 導電型層の少なくとも一方に設けられ、該フォトルミネセンス層が、In を含む窒化物半導体からなる第 1 の層と、第 1 の層よりもバンドギャップエネルギーの大きい窒化物半導体からなる第 2 の層とを少なくとも有する超格子多層膜であり、前記第 2 の層が、前記活性層の障壁層よりも膜厚が小さいことを特徴とする。この構成により、量子井戸構造の活性層内の障壁層よりも膜厚の小さい第 2 の層と第 1 の層とが交互に積層された超格子多層膜のフォトルミネセンス層を形成でき、電流が注入された場合に、p - n 接合部である活性層、井戸層に効率的にキャリアが注入され、フォトルミネセンス層では、第 1 の層よりバンドギャップエネルギーが大きな第 2 の層が障壁層よりも薄膜で形成されることから、キャリアの活性層への注入を阻害せず、良好に発光素子の構造内にフォトルミネセンス層を設けることができる。また、この構成(13)は、他の構成(1)~(12)、(14)、(15)と組み合わせることもできる。

(14) 量子井戸構造の活性層が、p 型層と、n 型層とに挟まれた構造を有する発光素子において、前記活性層からの光の少なくとも一部を吸収し、該活性層からの光と異なる波長の光を発するフォトルミネセンス層が、前記 p 導電型層、n 導電型層の少なくとも一方に設けられ、該フォトルミネセンス層が、In を含む窒化物半導体からなる第 1 の層と、第 1 の層よりもバンドギャップエネルギーの大きい窒化物半導体からなる第 2 の層とを少なくとも有する超格子多層膜であり、前記第 1 の層の数が、前記活性層内の井戸層の数よりも多いことを特徴とする。この構成により、活性層内の井戸層の数よりも積層数の多い第 1 の層を有するフォトルミネセンス層を形成することで、活性層内では発光再結合が積層数の少ない井戸層で起こり、そこから得られた発光を励起光として、積層数の多い第 1 の層でフォトルミネセンスを引き起こし、効率的に波長変化される発光装置が得られる。これは、井戸層の積層数を多くしても、ある一定以上では、発光出力が上がらずに、Vf などが大きくなる傾向にあるためであり、一方で超格子多層膜のフォトルミネセンス層では、主に発光の得られる第 1 の層の積層数が多くなることで、光変換効率を高めた構造とできる。また、この構成は、他の構成(1)~(13)、(15)と組み合わせることができる。

(15) 量子井戸構造の活性層が、p型層と、n型層とに挟まれた構造を有する発光素子において、前記活性層からの光の少なくとも一部を吸収し、該活性層からの光と異なる波長の光を発するフォトルミネセンス層が、前記p導電型層、n導電型層の少なくとも一方に設けられ、該フォトルミネセンス層が、Inを含む窒化物半導体からなる第1の層と、第1の層よりもバンドギャップエネルギーの大きい窒化物半導体からなる第2の層とを少なくとも有する超格子多層膜であり、前記第1の層と第2の層とのバンドギャップエネルギー差が、前記活性層における井戸層と障壁層とのバンドギャップエネルギー差よりも大きいことを特徴とする。この構成により、活性層に比較して大きなバンドギャップエネルギー差を多層膜のフォトルミネセンス層に設けることで、所望の発光が得られるようにバンドギャップエネルギーが設けられた第1の層と、それよりもバンドギャップエネルギーの大きな第2の層との間で、バンドギャップエネルギー差を大きく設けることで、サブバンドの形成を促し、キャリアを効率的にフォトルミネセンス層を移動させることができ、活性層内への効率的なキャリアの注入を実現できる素子構造となる。また、この構成(15)は、他の構成(1)~(14)と組み合わせることができる。

以下、本発明の発光素子及び装置における作用・効果について、説明する。

本発明の発光素子は、図2に示すように、p-n接合部を含む電流注入領域内に、電流注入により発光する層22と、その光201を吸収して波長の異なる励起光202を得る層とが設けられたものである。このことは、従来の窒化物半導体を用いた発光素子において、その素子構造内部に、LED光を異なる波長の光に変換するフォトルミネセンス光を生み出す層が設けられているものである。すなわち、発光素子中のp-n接合を構成するp型層、n型層の少なくとも一方に、フォトルミネセンス層を有するものである。また、本発明の発光素子を異なる観点からとらえると、p-n接合を有する積層体の内部に、電流注入による発光の一部を吸収して、波長変換するフォトルミネセンス層を有している発光素子である。