

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3708730号
(P3708730)

(45) 発行日 平成17年10月19日(2005.10.19)

(24) 登録日 平成17年8月12日(2005.8.12)

(51) Int. Cl.⁷

H01L 33/00

F I

H01L 33/00

L

H01L 33/00

C

請求項の数 3 (全 12 頁)

<p>(21) 出願番号 特願平10-342124 (22) 出願日 平成10年12月1日(1998.12.1) (65) 公開番号 特開2000-174346(P2000-174346A) (43) 公開日 平成12年6月23日(2000.6.23) 審査請求日 平成14年10月31日(2002.10.31)</p> <p>前置審査</p>	<p>(73) 特許権者 000003263 三菱電線工業株式会社 東京都千代田区丸の内三丁目4番1号</p> <p>(72) 発明者 只友 一行 兵庫県伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線工業株式会社 伊丹製作所内</p> <p>(72) 発明者 岡川 広明 兵庫県伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線工業株式会社 伊丹製作所内</p> <p>(72) 発明者 大内 洋一郎 兵庫県伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線工業株式会社 伊丹製作所内</p> <p>(72) 発明者 湖東 雅弘 兵庫県伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線工業株式会社 伊丹製作所内</p> <p style="text-align: right;">最終頁に続く</p>
--	---

(54) 【発明の名称】 発光装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

波長450nm以下の光を発する下記(A)のGaN系発光ダイオードを励起光源として有し、該励起光源からの前記光によって励起されて可視域の蛍光を発するよう、蛍光体が下記(A)のGaN系発光ダイオードの凹部内に配置された構成を少なくとも有する発光装置であって、

発光層から積層体の上方へ向かう光が略全てp型電極によって遮られており、これによって発光層で発せられた光が蛍光体に入射し、蛍光だけが外部へ放出される構成となっている発光装置。

(A) 結晶基板上に、GaN系結晶からなる積層体が発光層を含むように形成され、これに電極が設けられた構造を有するGaN系発光ダイオードであって、該積層体の上面全体はp型電極によって覆われており、かつ、該積層体にはその上面から凹部が設けられ、該凹部の内部側面には少なくとも発光層の発光部分が露出しているものであるGaN系発光ダイオード。

【請求項2】

蛍光体より発せられる可視域の蛍光が、可視域のスペクトルに2つ以上のピークを有するものである請求項1に記載の発光装置。

【請求項3】

上記(A)のGaN系発光ダイオードが、ウエハを共通の結晶基板として該ウエハ上に複数の発光素子部が形成されてなるGaN系発光ダイオードアレイである請求項1に記載の

10

20

発光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、GaN系半導体発光素子および蛍光体の技術分野に属する。

【0002】

【従来の技術】

発光ダイオード(LED)を用いた白色光源には、LEDの発光色だけで白色をつくり出す構成と、LEDに蛍光体を組み合わせた構成とがある。

前者の構成は、赤色光(AlGaAs系、AlInGaP系、GaN系などのLED)、緑色光(GaN系LED)、青色光(GaN系LED)を混合し、白色光とするものである。

一方、後者の構成には、GaN系の青色LEDを励起光源として、青色と補色関係にある黄色系の蛍光を発する蛍光体とで白色光をつくり出す発光装置が実現されている。この発光装置では、蛍光体を通過して漏れ出る励起光源からの青色光と、蛍光体からの黄色系の蛍光とによって、白色光としている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

本発明者等は、従来の青色LEDと蛍光体とを用いた発光装置の性能を検討し、該装置から高輝度の発光が得られていないという点を問題とした。さらにその原因を検討したところ、励起光源として用いているGaN系の青色LEDの光取り出し効率が低く、実使用上において有効な量の蛍光体を配置しても、それが十分に励起されていないことがわかった。これは、420nm以下の短波長LEDを使って、多色の発光が可能な蛍光体を励起し、現在実用化されている放電管式の蛍光灯に代わる照明灯を実現するときにも問題となり、特に、前記LEDが面発光型の場合には、光取り出し効率の低さが致命的欠陥になることが分かった。

【0004】

本発明はこのような事情に鑑みてなされたものであり、青色光、紫外線などの波長450nm以下の短い波長の光により蛍光体が十分に励起されて高輝度の発光が得られる発光装置を提供することを課題としている。

【0005】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するため、本発明は以下の特徴を有している。

(1) 波長450nm以下の光を発する下記(A)のGaN系発光ダイオードを励起光源として有し、該励起光源からの前記光によって励起されて可視域の蛍光を発するよう、蛍光体が下記(A)のGaN系発光ダイオードの凹部に配置された構成を少なくとも有する発光装置であって、発光層から積層体の上方へ向かう光が略全てp型電極によって遮られており、これによって発光層で発せられた光は蛍光体に入射し、蛍光だけが外部へ放出される構成となっている発光装置。

(A) 結晶基板上に、GaN系結晶からなる積層体が発光層を含むように形成され、これに電極が設けられた構造を有するGaN系発光ダイオードであって、該積層体の上面全体はp型電極によって覆われており、かつ、該積層体にはその上面から凹部が設けられ、該凹部の内部側面には少なくとも発光層の発光部分が露出しているものであるGaN系発光ダイオード。

(2) 蛍光体より発せられる可視域の蛍光が、可視域のスペクトルに2つ以上のピークを有するものである上記(1)に記載の発光装置。

(3) 上記(A)のGaN系発光ダイオードが、ウエハを共通の結晶基板として該ウエハ上に複数の発光素子部が形成されてなるGaN系発光ダイオードアレイである上記(1)に記載の発光装置。

【0015】

10

20

30

40

50

本発明でいう「GaN系」とは、式 $In_x Ga_y Al_z N$ ($0 < x < 1, 0 < y < 1, 0 < z < 1, x + y + z = 1$)で決定される化合物半導体であることを意味する。

【0016】

【作用】

本発明では、課題を解決するための1つの態様として、波長450nm以下のレーザ光を発するGaN系半導体レーザを、蛍光体の励起光源として用いている。これによって、波長450nm以下の短い波長の励起光としては、従来にない強い光が得られることになり、これに伴い高輝度な蛍光が得られる。特に、従来の面発光型の青色LEDにおける光取り出し効率の低さは、面発光レーザを用いることによって、顕著に改善され、好ましい面発光型の発光装置となる。

10

【0017】

また、本発明では、課題を解決するための他の態様として、蛍光体の励起光源としてGaN系LEDを用いる場合には、上記(A)および図4に示したように、本発明独自の構造を付与したGaN系LEDを用いる。さらに該LEDに、本発明独自の組み合わせ方にて蛍光体を取付けて発光装置を構成し、それによって蛍光の独自の取出し方を得、青色LEDにおける光の取出し効率の低さを改善し、青色LEDと蛍光体との組み合わせ方に新たな態様を提供している。

【0018】

上記、GaN系LEDに付与した本発明独自の構造とは凹部であり、そして発光の主な部分を該凹部の内部へ放出させようとした構造である。一般のLEDでこのような凹部を設けた構造としても、凹部に放出された光は減衰するだけである。また、本発明独自の組み合わせ方、蛍光の独自の取出し方とは、凹部の内部に蛍光体を配置したこと、およびそれによって凹部内から上方へ蛍光を取り出したことである。

20

【0019】

【発明の実施の形態】

先ず、本発明の発光装置の一態様である、GaN系半導体レーザ(以下、単に「レーザ」とも言う)を励起光源として用いた装置について説明する。

本発明の発光装置は、図1に示すように、レーザ1を励起光源として、このレーザ1と蛍光体2とが組み合わせられた構成を有するものである。レーザ1は、波長450nm以下のレーザ光L1を発するものであり、蛍光体2はレーザ光L1によって励起されて可視域の蛍光L2を発するものである。

30

【0020】

図1(a)、(b)に示すように、レーザ1と蛍光体2との組み合わせは、互いを密着させたものでも、分離したものでもよい。蛍光体2は、レーザ1からのレーザ光L1を受光し得るように、レーザ1に対して配置される。図1(a)に示すように、蛍光体を塗布又はコーティングした面にレーザ光を照射する配置でも良いし、レーザ光と光学的結合性(カップリング)の良好な球状体又は光ファイバ状に加工した蛍光体を配置してもよい。図1(b)に示すように、レーザ1に蛍光体2を直接取り付け付けた態様は、コンパクトであり、作製も装置の取扱いも容易である。

【0021】

GaN系半導体レーザは、波長450nm以下のレーザ光を発するものであればよく、図2に示すような面発光型の素子、図3に示すようなストライプ型の素子、これらのいずれかのタイプの素子がウエハ上に配列されたレーザアレイなどが挙げられる。

40

【0022】

レーザ光は、その一部を蛍光体を通過させて蛍光と共に利用してもよいが、本発明の発光装置を照明などに用いる場合、レーザ光を外界へ放出させるのは人体に対して好ましくない。その場合には、蛍光体で全て吸収させるか、或いはフィルターなどで外界へ放出させないようにするのが好ましい態様となる。

【0023】

レーザ光の波長は、波長450nm以下であればよく、蛍光体の励起に必要な波長を用い

50

る。従って、レーザ光の波長は、下記蛍光体との組み合わせを考慮して決定すればよい。特に、上記解決すべき問題として挙げたように、従来の青色LEDと蛍光体とを組み合わせた装置で得られる白色光は、十分な光強度が得られていない。従って、白色光またはそれに近い色の光を、半導体発光素子で得るときには、本発明の有用性は特に顕著となる。白色光またはそれに近い色の光を得るためには、発せられる蛍光が、例えば、2色を混合された光、3色を混合された光など、可視域のスペクトルに2つ以上のピークを有する光となるように、蛍光体を選択すればよい。

【0024】

本発明でいう蛍光とは、光励起によって放出されるルミネセンスを意味する。

また、本発明でいう蛍光体とは、蛍光物質と媒体との混合物をも包含する。蛍光体は、励起光源からの光で励起されて可視域の蛍光を発するものであればよく、透明な媒体（特にガラスや結晶などの固体）中に発光中心となる物質が局在したのものや、純粋な状態で固有の発光を示す物質など、公知のものを用いてよい。具体的には、放電管式の蛍光灯で使用されている蛍光体、カラーテレビのブラウン管で使用される蛍光体が例示される。450nm以下の短い光で励起され、可視光を放出する半導体材料は、本発明でいう蛍光体に含まれる。

【0025】

蛍光を、白色光に近づけるべく、可視域のスペクトルに2つ以上のピークを有する光とするためには、次の態様が挙げられる。

1 1つのピーク光を発する物質を、必要なピークのみだけ集めて1つの蛍光体とし、複数のピーク光を混合する態様。

2 多数のエネルギー準位を有し、求める2つ以上のピーク光が、1つの物質から発せられるようなものを蛍光体として用いる態様。

3 上記 1 2 を複合した態様。

上記 1 ~ 3 のうちでも、1 及び 3 は発色を自在に調整でき有用である。

【0026】

上記 1 の態様において、各物質から発せられる固有のピーク光を混合するには、各物質を、原料レベルで化合、混合するか、各物質を励起光が照射される面にマトリクス状に配列するか、各物質を励起光が順に通過するよう積層する態様などが挙げられる。

【0027】

蛍光体（または蛍光物質）としては、例えば、（社）電気学会発行、電気学会大学講座「照明工学」（改訂第20版）の78頁に記載の蛍光体や、特開平10-163535号公報に記載の蛍光体などから選ばれる1種以上の蛍光体を用いることができる。蛍光体の好ましい態様としては、焼結体となされたもの、石英のような透明な板状物に塗布されたもの、ガラス状の物体に溶かし、球体、円柱状、ファイバ状に固化、加工、成形されたもの等の態様が挙げられる。

【0028】

蛍光体を、図1(a)に示すように、レーザ1と蛍光体2とを分離して組み合わせる場合、蛍光体は単独の部材、部品となる。例えば、蛍光体2を、蛍光物質が塗布又はコーティングされた透明部材、蛍光物質が分散したガラス部材などとし、レーザ素子と組み合わせ用いればよい。この場合、レーザには、面発光レーザが好ましい態様として挙げられる。

【0029】

蛍光体を、図1(b)、図2、図3、図4に示すように、レーザの出射部分に直接設ける場合、出射面へ蛍光体を形成する方法としては、例えば、ゾル-ゲル法などの液状のガラス前駆体物質に混合して製膜に使用する方法や、蛍光物質をバインダーや溶剤などと混合して塗布する方法や、材料によっては、スパッタリング、真空蒸着などの成膜法が挙げられる。

【0030】

図2の例は、図1(b)に示す発光装置の具体的な態様の一例であって、GaN系半導体

10

20

30

40

50

レーザに面発光レーザを用いたものである。同図の例では、面発光レーザ1の出射面に、蛍光体2が膜状に形成されている。同図の面発光レーザ1は、結晶基板（例えば、サファイア結晶基板）B上に、バッファ層（図示せず）を介して、n-AlGaIn層（コンタクト層）S1、下側の反射器H1、発光層を含むGaIn系結晶層（n-AlGaInクラッド層S2、InGaIn活性層S3、p-AlGaInクラッド層S4、p-AlGaInコンタクト層S5）が順に積層され、n型電極P2、p型電極P1が設けられた構造となっている。

【0031】

p型電極P1の中央部分には円形の開口が設けられ、p-AlGaInコンタクト層S5が開口内に露出しており、この部分に上側の反射器H2が設けられ、H1とH2とで光共振器が構成されている。蛍光体2は、上側の反射器H2の上面に設けられている。積層体の上側をp型とするのは、導電型の形成工程上の理由から好ましい態様であるが、これに限定されず、n型が上側でもよい。

10

【0032】

図2に示した構成によって、活性層で発せられた光は基板面に垂直方向に発振し、レーザ光が蛍光体2内に出射され、蛍光L2が外界に出射され、強い蛍光が得られる。

【0033】

発光部分の材料、例えば、図2では活性層の材料は、GaIn系材料であって波長450nm以下の光を放出し得る材料であればよく、蛍光体の励起に必要な波長に応じて組成を決定すればよい。

20

【0034】

図2の例では、活性層S3のうちレーザ発振の光路上となる部分に集中的に電流が流れるように、電流狭窄構造が付与されている。電流狭窄構造は、p型電極の形成パターンに対応する形成パターンにて、例えば、低キャリア濃度のGaIn系結晶層やSiO₂層などの高抵抗層S6、または、n-GaIn層等の逆導電型の層S6を設けることで達成されている。

【0035】

図2の例における蛍光体は、特に、限定はされないが、目的とする色温度、色調に相応しいものを、公知のまたは市販の材料の中から選択して使用される。形成方法としては、例えば、溶剤や樹脂などと混合し、塗布および乾燥することで薄膜を形成する方法、ゾル-ゲル法により蛍光体含有のガラス薄膜を形成する方法等が挙げられる。

30

【0036】

光共振器の構成は限定されないが、下側の反射器は、上層の結晶成長に耐え、GaIn系結晶層によって構成し得るブラッグ反射層とするのが好ましい。また、上側の反射器は、ブラッグ反射層、誘電体多層膜などでよい。

【0037】

面発光レーザ1自体のその他の構造、各部の形状、材料、各部の形成方法については、公知技術を参照してもよい。また、レーザ光を基板側から出射させる場合には、結晶基板の裏面のうち出射される光の光路に当たる部分に開口を設ける等、必要に応じて加工を施してもよい。

40

【0038】

また、上記説明の面発光レーザは、例えば、外径2インチのサファイア結晶基板ウエハ上に素子として2次元マトリクス状に多数形成し、GaIn系面発光レーザアレイとしてもよい。そのとき、図2の態様のように蛍光体を個々の素子に個別に設けてもよいし、また、大面積の板状の蛍光体をアレイの出射側に取り付けて個々のレーザ光全てを1つの蛍光体で受ける態様としてもよい。

【0039】

図2の構成によって、面発光レーザ素子1から強い青色光であるレーザ光が蛍光体2に照射され、従来になく高輝度な白色の蛍光を発する面発光型の発光装置が得られる。

【0040】

50

図3の例は、図1(b)に示す発光装置の他の態様の一例である。同図のGa_{0.9}N_{0.1}系半導体レーザ1は、公知のストライプ構造と同様、活性層の両端に劈開による共振器を形成し、活性層に平行に共振させて出射する構造である。同図の例では、共振方向は紙面に垂直であり、レーザ光は紙面の裏から表の向きに出射されるとする。従って、劈開面や蛍光体は図面には現れていないが、説明のために、出射されるレーザ光のビームの中心を活性層S₃の中央部に「x」印で示し、出射面に形成する蛍光体2を太線の一点鎖線で図に重ねて表現している。この構成によって、レーザ光は紙面に垂直に発振し、蛍光体2内に出射され、蛍光が外界に出力される。

【0041】

図3のレーザ1は、光共振器、p型電極、マスク層Mの存在以外の他の構造は図2と略同様であり、結晶基板B、バッファ層、n-Ga_{0.9}N_{0.1}系コンタクト層S₁、n-Ga_{0.9}N_{0.1}系クラッド層S₂、Ga_{0.9}N_{0.1}系活性層S₃、p-Ga_{0.9}N_{0.1}系クラッド層S₄、電流狭窄構造S₆、p-Ga_{0.9}N_{0.1}系コンタクト層S₅が順に積層され、これに、n型電極P₂、p型電極P₁が形成された構造となっている。

10

【0042】

蛍光体は出射側の劈開面に形成し、出射されるレーザ光のビームを包含する大きさ以上であればよく、素子の側面全体にわたって形成してもよい。蛍光体の材料の構成、形成方法は図1、図2の説明で挙げたものが利用できる。

【0043】

電流狭窄構造S₆は、活性層の中央の紙面に垂直なストライプ状部分に電流を集中させる構造であり、活性層その部分で集中的に発光し、紙面に垂直にレーザ発振し、レーザ光が出射される。

20

【0044】

図3のレーザ1の構造中に設けられたマスク層Mは、コンタクト層S₁以降のGa_{0.9}N_{0.1}系結晶層を、低転位な結晶層として成長させるために設けられたものである。このマスク層を用いた結晶成長方法を概略的に説明すると、Ga_{0.9}N_{0.1}系結晶が実質的に成長しないSiO₂などの材料を用いて、基板の上にマスクパターンを形成し、マスク層が形成されていない領域(非マスク領域)を出発面としてGa_{0.9}N_{0.1}系結晶を成長させ、該結晶がマスク層を埋め込んで覆うまで成長を継続するという方法である。図3の例では、マスク層を埋め込んで覆うGa_{0.9}N_{0.1}系結晶層は、n-コンタクト層S₁として用いられている。このマスク層Mによる低転位化の構造と、高抵抗層S₆による電流狭窄構造とによって、活性層内には低転位なストライプ状の発光部分を生じさせることができる。

30

【0045】

また、図3で説明したレーザは、大面積の1枚の結晶基板上に隣合った素子同士が連なるように多数設けてレーザアレイとしてもよい。そのとき、蛍光体は、個々の素子に個別に設けてもよいし、また、隣同士連なった素子からのレーザ光全てを1枚で受ける板状部材として該アレイの出射側に取り付けてもよい。

【0046】

次に、本発明の他の態様として、Ga_{0.9}N_{0.1}系LEDを励起光源として用いた装置について説明する。

40

図4の例では、Ga_{0.9}N_{0.1}系LEDは、結晶基板B上に、バッファ層を介して、発光層を含むGa_{0.9}N_{0.1}系結晶層(n-AlGa_{0.9}N_{0.1}コンタクト層S₁、n-クラッド層S₂、活性層S₃、p-クラッド層S₄、p-コンタクト層S₅)の積層体が形成され、これに、n型電極P₂、p型電極P₁が形成され、p型電極P₁の上面から積層体の内部まで達する凹部(u₁、u₂、u₃)が設けられた構造となっている。凹部の内部側面には、活性層S₃の断面が露出しており、活性層からの光L₁が凹部内に放出される構造となっている。

【0047】

図4の発光装置では、凹部内に蛍光体2₁、2₂、2₃が充填されており、さらに、積層体の外側の壁面にも蛍光体2₄、2₅が設けられている。また、図4の例では、p型電極が積層体の上面全体を覆っており、活性層から積層体の上方へ向かう光はp型電極によっ

50

て遮られる構造となっている。この構成によって、活性層から凹部内に放出された光は、各蛍光体を励起し、蛍光体から発せられる蛍光 L 2 が、凹部内から外界に向かって発せられる。

【 0 0 4 8 】

蛍光体の態様、蛍光のピークの数、蛍光の波長、LEDの発光波長、およびこれらの関係は、励起光源をレーザとする場合についての上記説明と同様である。また素子に蛍光体を設ける方法としては、励起光源をレーザとする場合で挙げた方法が挙げられる。

【 0 0 4 9 】

凹部の態様は、限定されず、角穴や丸穴など種々の開口形状の穴を凹部としてこれが2次元配列された態様であっても、積層体部分を分断する溝を凹部としてこれが格子状や縞状に設けられた態様などが挙げられる。

10

【 0 0 5 0 】

凹部の深さは、少なくとも発光する部分（例えば、pn接合における空乏層部分や、井戸型のポテンシャル構造における井戸の部分）が凹部の内壁に露出するような深さであればよい。図4の例では、凹部の深さは、n-AlGaInクラッド層 S 2 に達しており、活性層 S 3 は完全に凹部の内壁に露出している。

【 0 0 5 1 】

凹部の開口形状の大きさ、例えば、丸穴の場合の直径、角穴の場合の一辺、溝の場合の溝幅など、図4で示す寸法 w 1 は、限定されないが、2 μ m ~ 2 0 0 μ m 程度が好ましい寸法である。

20

一方、2つの凹部に挟まれた積層体の幅（図4で示す寸法 w 2 ）は、限定されないが、発光の強度を考慮して2 μ m ~ 4 0 0 μ m 程度とするのが好ましい。

上記凹部の寸法 w 1 と、積層体の幅 w 2 との比率は、最も効率よく強い蛍光が外部（上方）へ放出されるように決定すればよい。

【 0 0 5 2 】

図4の例は、p型電極で積層上部を完全に覆い、発光層で発せられた光をほとんど蛍光体だけに入射させ、蛍光だけを外部への光源として用いることを意図する態様である。しかしそのような態様だけではなく、p型電極の占有面積やp型電極の透明度を調整して、発光層で発せられた光を直接外界へ放出させて、蛍光と共に用いてもよい。

【 0 0 5 3 】

図4の例は、1つの素子に凹部を設けた例として示しているが、このような素子を大面積の1枚の結晶基板上に2次元マトリクス状に多数形成し、GaIn系LEDアレイとしてもよい。また、アレイとする場合、個々の素子という区別を設けず、大面積の1枚の結晶基板上に、結晶基板と同じ大きさで各GaIn系結晶層を積層し、凹部を必要なだけ形成するという態様でもよい。

30

【 0 0 5 4 】

図2～図4のいずれの態様も、結晶基板、電極材料などは同様のものが用いられる。結晶基板には、サファイア結晶基板の他、SiC、水晶など、GaIn系結晶が成長可能な公知の基板を用いることができる。

【 0 0 5 5 】

発光に係る構造は、レーザの発光と発振、LEDの発光に好ましい構造とすればよく、ダブルヘテロ接合構造、SQW (Single Quantum Well)、MQW (Multiple Quantum Well)、量子ドットを含む構造などが好ましいものとして挙げられる。さらに、LEDの場合には、ホモ接合、ヘテロ接合による単純な2層によるpn接合であってもよい。

40

【 0 0 5 6 】

【実施例】

実施例 1

本実施例では、図2に示す態様、即ち、面発光レーザに蛍光体を設けてなる発光装置を製作した。以下の説明において、単位 [c m ⁻³] のものは、キャリア濃度である。

〔面発光レーザの作製〕

50

図2に示すように、C面サファイア結晶基板の上に、低温Ga_{0.95}Nバッファ層（厚さ30nm）を介して、n-Al_{0.05}Ga_{0.95}Nコンタクト層S1（厚さ3μm、 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ）、ブラッグ反射層H1、n-Al_{0.15}Ga_{0.85}Nクラッド層S2（厚さ0.4μm、 $8 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ ）、In_{0.02}Ga_{0.98}N活性層S3（厚さ4nm、 $2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、発光波長370nm）、p-Al_{0.2}Ga_{0.8}Nクラッド層S4（厚さ0.2μm、 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ ）、アンドープのAl_{0.5}Ga_{0.5}N（厚さ80nm）からなる電流狭窄構造S6、p-Al_{0.05}Ga_{0.95}Nコンタクト層S5（厚さ0.2μm、 $8 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ ）を順次成長させた。

【0057】

前記ブラッグ反射層H1の仕様は、(Ga_{0.95}N、厚さ38nm)と、(Al_{0.28}Ga_{0.72}N、厚さ43nm)とを1組として、25組積層した構造である。 10

【0058】

次に、RIEによって部分的に積層体の上層からエッチングしてn-AlGa_{0.95}Nコンタクト層S1の一部を露出させ、その部分にn型電極P2(Ti/Al)を形成し、残されたp-AlGa_{0.95}Nコンタクト層S5の上層にはp型電極P1(Ni/Au)を形成した。

【0059】

さらに、p型電極P1の中央部分を直径5μmの円形に除去してp-AlGa_{0.95}Nコンタクト層S5を露出させ、誘電体多層膜による上側の反射層H2を形成した。この誘電体多層膜による反射層H2の仕様は、上層側(ZrO₂)と、下層側(SiO₂)とを1組として、40組積層した構造であって、電子ビーム蒸着法によって形成した。これによって、波長370nmのレーザー光を出射し得る面発光レーザーを得た。 20

【0060】

〔蛍光体の付与〕

この面発光レーザーの上側の反射層H2の上層に、ゾルゲル法によって、蛍光物質を分散したガラスを膜状（厚さ3μm）に形成し、本発明の発光装置を得た。なお、前記蛍光体は、波長370nmのレーザー光を受けて、青、緑、黄、赤の色成分を含む蛍光を発するものであり、目視では、白色に近い色となる。

【0061】

〔評価〕

上記発光装置のレーザーに電力を供給し、レーザー発振させたところ、80(lm/W)のエネルギー変換効率であった。 30

【0062】

実施例2

本実施例では、図3に示す態様、即ち、ストライプ型のレーザーと蛍光体とを組み合わせる発光装置を製作した。

〔レーザーの作製〕

先ず、ストライプ型のGa_{0.95}N系レーザー1として、C面サファイア結晶基板の上に、低温Ga_{0.95}Nバッファ層（厚さ30nm、図示せず）、Ga_{0.95}N薄膜（厚さ4μm、 $8 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、図示せず）を形成してベース基板Bとした。スパッタおよびパターニング技術によって、ベース基板Bの上に、低転位化用のSiO₂マスク層M（縞模様パターン）を形成した。MOCVD装置によって、非マスク領域を結晶成長の出発面として、n-Al_{0.05}Ga_{0.95}N（ $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ）を成長させ、SiO₂マスク層Mを覆うまで成長させ、n-コンタクト層S1とした。 40

【0063】

さらに、n-Al_{0.15}Ga_{0.85}Nクラッド層S2（厚さ0.4μm、 $8 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ ）、MQW構造からなる活性層S3、p-Al_{0.2}Ga_{0.8}Nクラッド層S4（厚さ0.1μm、 $7 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ ）を形成した。前記MQW構造は、n-Al_{0.1}Ga_{0.9}Nをバリア層とし、n-In_{0.02}Ga_{0.98}Nをウエル層としたものである。

【0064】

さらに、n-Al_{0.2}Ga_{0.8}N（厚さ70nm、 $4 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ ）からなる電流狭窄 50

構造S6を形成し、電流狭窄構造の電流通過部をp-Al_{0.05}Ga_{0.95}N(8×10¹⁷cm⁻³)で充填し、同じ材料で続けて、p-コンタクト層S5(厚さ0.1μm)を順次成長させ、p型電極P1(Ni/Au)、n型電極P2(Ti/Al)を形成し、積層体の側面の劈開面を光共振器として、図3の紙面に垂直に発振し、波長370nmのレーザー光を出射し得るGaN系レーザーを得た。

【0065】

〔蛍光体の付与〕

このレーザーの出射面(図3に示す素子の活性層の手前の面)に、選ばれた蛍光体を含有せしめた球レンズ状のガラス(平均粒径50~100μm)を出射レーザー光とカップリングするように配置して、本発明の発光装置を得た。なお、前記蛍光体は、波長370nmのレーザー光を受けて、青、緑、黄、赤の色成分を含む蛍光を発するものであり、目視では、白色に近い色となる。

10

【0066】

〔評価〕

上記発光装置のレーザーに電力を供給し、レーザー発振させたところ、蛍光体からは90(lm/W)のエネルギー変換効率であった。

【0067】

実施例3

本実施例では、図4に示す態様、即ち、GaN系LEDに蛍光体を設けてなる発光装置を製作した。

20

〔GaN系LEDの作製〕

図4に示すように、C面サファイア結晶基板上に、低温GaNバッファ層(厚さ25μm、図示せず)、アンドープAl_{0.05}Ga_{0.95}N(厚さ3μm)を形成してベース基板Bとした。スパッタおよびパターニング技術によって、ベース基板Bの上に、低転位化用のSiO₂マスク層M(縞模様パターン)を形成した。MOCVD装置によって、非マスク領域を結晶成長の出発面として、n-Al_{0.05}Ga_{0.95}N(1×10¹⁸cm⁻³)を成長させ、SiO₂マスク層Mを覆うまで成長させ、n-コンタクト層S1とした。

【0068】

さらに、n-Al_{0.15}Ga_{0.85}Nクラッド層S2(厚さ0.3μm、1×10¹⁸cm⁻³)、In_{0.02}Ga_{0.98}N活性層S3(厚さ3.5nm、発光波長370nm)、p-Al_{0.2}Ga_{0.8}Nクラッド層S4(厚さ0.2μm、7×10¹⁷cm⁻³)、p-Al_{0.05}Ga_{0.95}Nコンタクト層S5(厚さ0.1μm、1×10¹⁸cm⁻³)を順次成長させ積層体とした。

30

【0069】

実施例1と同様に、RIEによって部分的に積層体の上層からエッチングしてn-コンタクト層S1の一部を露出させてn型電極P2(Ti/Al)を形成し、p-コンタクト層S5上にはp型電極P1(材料Ni/Au)を形成した。

【0070】

上記で形成されたGaN系結晶層からなる積層体に対し、RIE(Reactive Ion Etching)によって、p型電極の上面から下方に掘り下げ、溝状の凹部u1~u3を形成し、励起光源として用いるLEDを得た。各凹部の溝幅w1は15μm、積層体の幅w2は50μmである。各凹部の深さは、凹部側面に活性層の全厚みが完全に現れ、底面にn-クラッド層が露出する深さ(0.8μm)とした。

40

【0071】

〔蛍光体の付与〕

上記LEDの溝状の凹部u1~u3の内部、および活性層の外側の壁面に、スクリーン印刷法によって、蛍光体を塗布し、300℃までの低温で焼結して蛍光体21~25を膜状に形成し、本発明の発光装置を得た。なお、前記蛍光体は、LEDからの波長370nmの光を受けて、青、緑、黄、赤の色成分を含む蛍光を発するものであり、目視では、白色に近い色となる。

50

【 0 0 7 2 】

〔 評 価 〕

上記発光装置のLEDに電力を供給し、発光させたところ、80〔lm/W〕エネルギー変換効率であった。

【 0 0 7 3 】

【 発 明 の 効 果 】

本発明の発光装置は、第一の態様として、励起光源にレーザを用いており、これによって、波長450nm以下の短い波長の光を励起光としても、蛍光体が十分に励起されて高輝度の蛍光が得られる。また、第二の態様として、励起光源にLEDを用いる場合には、該LEDに凹部を設け、凹部に蛍光体を配置するという特殊な構造として蛍光を外部に放出させる。この構造によって、青色LEDにおける光の取出し効率の低さを改善している。

10

【 図 面 の 簡 単 な 説 明 】

【 図 1 】 本発明の発光装置の構成の概要を示す図である。

【 図 2 】 本発明の発光装置の一態様を示す図であって、励起光源として面発光レーザを用いた例を示している。

【 図 3 】 本発明の発光装置の一態様を示す図であって、励起光源としてストライプ型のレーザを用いた例を示している。

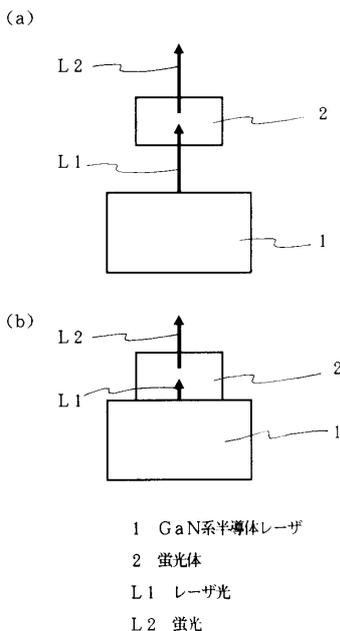
【 図 4 】 本発明の発光装置の他の態様として、励起光源としてGaN系LEDを用いた例を示している。

20

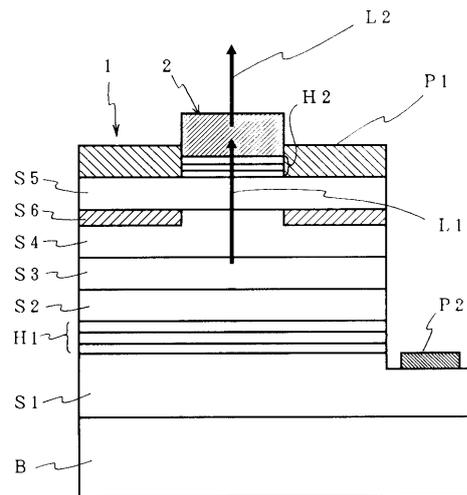
【 符 号 の 説 明 】

- 1 GaN系半導体レーザ
- 2 蛍光体
- L1 レーザ光
- L2 蛍光

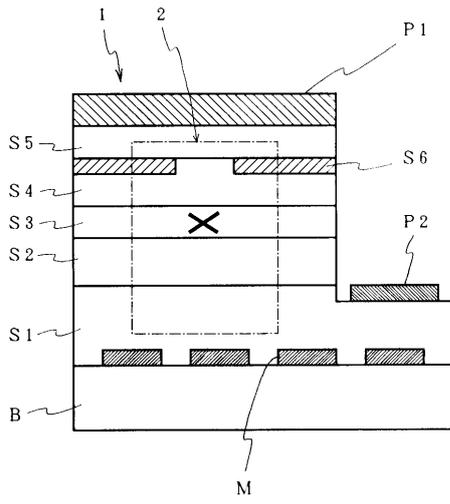
【 図 1 】



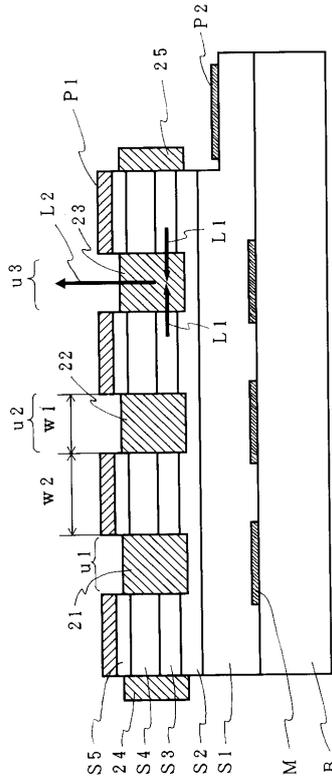
【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】



フロントページの続き

審査官 笹野 秀生

- (56)参考文献 特開平08 - 063119 (JP, A)
特開平09 - 064475 (JP, A)
特開平09 - 129984 (JP, A)
特開平09 - 153644 (JP, A)
特開平10 - 041546 (JP, A)
特開平10 - 163526 (JP, A)
特開平10 - 303493 (JP, A)
特開平11 - 168262 (JP, A)
特開平11 - 204832 (JP, A)
特開平11 - 204862 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

H01L 33/00
H01S 5/00 - 5/50