

(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2005-294820
(P2005-294820A)

(43) 公開日 平成17年10月20日(2005.10.20)

(51) Int.Cl.⁷

H01L 33/00

F 1

H01L 33/00

C

テーマコード(参考)

5FO41

審査請求 未請求 請求項の数 18 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2005-65005 (P2005-65005)
 (22) 出願日 平成17年3月9日 (2005.3.9)
 (31) 優先権主張番号 特願2004-70182 (P2004-70182)
 (32) 優先日 平成16年3月12日 (2004.3.12)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 000002004
 昭和電工株式会社
 東京都港区芝大門1丁目13番9号
 (74) 代理人 100094178
 弁理士 寺田 實
 (72) 発明者 三谷 和弘
 千葉県市原市八幡海岸通5-1 昭和電工
 株式会社研究開発センター内
 (72) 発明者 宇田川 隆
 埼玉県秩父市下影森1505 昭和電工株
 式会社秩父事業所内
 (72) 発明者 楠木 克輝
 千葉県市原市八幡海岸通5-1 昭和電工
 株式会社研究開発センター内

最終頁に続く

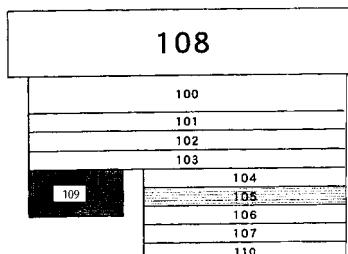
(54) 【発明の名称】 III族窒化物半導体発光素子及びその形成方法、それを用いたランプ、光源

(57) 【要約】

【課題】光励起に都合の良い短波長の発光をもたらせるIII族窒化物半導体発光素子を利用して、多波長発光素子或いは波長を相違する光を混色させ白色発光素子を簡便に得る。

【解決手段】透明な結晶基板上に形成したIII族窒化物半導体素子において、結晶基板の表面とは反対側の基板裏面に、蛍光体物質を含む板状体を設けて、発光層からの発光と、蛍光体物質からの蛍光とを併せて出射できる構造である。これにより、発光層からの発光色と、蛍光体からの蛍光とを混色させて白色を呈する発光素子とすることができる。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

透明な結晶基板の表面上に形成された、第一の伝導型の第一のIII族窒化物半導体層と、第一とは反対の第二の伝導型の第二のIII族窒化物半導体層と、第一及び第二のIII族窒化物半導体層の中間に、III族窒化物半導体からなる発光層とが備えられている積層構造体から構成されたIII族窒化物半導体発光素子に於いて、積層構造体の形成に用いた上記の結晶基板の、積層構造体を設けた表面とは反対側の結晶基板の裏面に蛍光体物質を含む板状体が貼付されている、ことを特徴とするIII族窒化物半導体発光素子。

【請求項 2】

蛍光体物質を含む板状体が、熱膨張係数を、上記の透明な結晶基板と略同一とする材料から構成されている、ことを特徴とする請求項1に記載のIII族窒化物半導体発光素子。 10

【請求項 3】

蛍光体物質を含む板状体が、発光層からの発光を透過できる透明な材料から構成されている、ことを特徴とする請求項1または2に記載のIII族窒化物半導体発光素子。

【請求項 4】

蛍光体物質を含む板状体が、非晶質材料から構成されている、ことを特徴とする請求項1乃至3の何れか1項に記載のIII族窒化物半導体発光素子。

【請求項 5】

蛍光体物質を含む板状体が、ガラス材料から構成されている、ことを特徴とする請求項1乃至4の何れか1項に記載のIII族窒化物半導体発光素子。 20

【請求項 6】

蛍光体物質を含む板状体が、上記の透明な結晶基板よりも屈折率を小とする材料から構成されている、ことを特徴とする請求項1乃至5の何れか1項に記載のIII族窒化物半導体発光素子。

【請求項 7】

透明な結晶基板の表面上に、第一の伝導型の第一のIII族窒化物半導体層と、第一、または第一とは反対の第二の伝導型を有するIII族窒化物半導体からなる発光層と、第二の伝導型のIII族窒化物半導体層とを、順次、気相成長手段により堆積して、積層構造体を形成し、その後、積層構造体が形成されているのとは反対側の上記結晶基板の裏面を研削して、結晶基板を薄板化し、その薄板化した基板の表面に、陽極酸化手段により、蛍光体物質を含む板状体を貼付する、ことを特徴とするIII族窒化物半導体発光素子の形成方法。 30

【請求項 8】

蛍光体物質を含む板状体を、熱膨張係数が上記の透明な結晶基板と略同一とする材料とした、ことを特徴とする請求項7に記載のIII族窒化物半導体発光素子の形成方法。

【請求項 9】

蛍光体物質を含む板状体を、発光層からの発光を透過できる透明な材料とした、ことを特徴とする請求項7または8に記載のIII族窒化物半導体発光素子の形成方法。

【請求項 10】

蛍光体物質を含む板状体を、非晶質材料とした、ことを特徴とする請求項7乃至9の何れか1項に記載のIII族窒化物半導体発光素子の形成方法。 40

【請求項 11】

蛍光体物質を含む板状体を、ガラス材料とした、ことを特徴とする請求項7乃至10の何れか1項に記載のIII族窒化物半導体発光素子の形成方法。

【請求項 12】

蛍光体物質を含む板状体を、上記の透明な結晶基板よりも屈折率を小とする材料とした、ことを特徴とする請求項7乃至11の何れか1項に記載のIII族窒化物半導体発光素子の形成方法。

【請求項 13】

結晶基板の裏面を、砥粒を使用してラッピングにより粗研磨して薄板化し、次に、鏡面 50

に研磨した後、鏡面表面に蛍光体物質を含む板状体を貼付する、ことを特徴とする請求項7乃至12の何れか1項に記載のIII族窒化物半導体発光素子の形成方法。

【請求項14】

結晶基板の裏面を、エッチングにより薄板化し、鏡面となした結晶基板の裏面に、鏡面表面に蛍光体物質を含む板状体を貼付する、ことを特徴とする請求項7乃至12の何れか1項に記載のIII族窒化物半導体発光素子の形成方法。

【請求項15】

III族窒化物半導体からなる発光層からの発光と、その発光により光励起された、結晶基板の裏面に貼付された蛍光体物質を含む板状体からの発光とを同時に射出する、ことを特徴とする請求項1乃至14の何れか1項に記載のIII族窒化物半導体発光素子から構成したランプ。10

【請求項16】

III族窒化物半導体からなる発光層からの発光と、その発光とは補色の関係にある、結晶基板の裏面に貼付された蛍光体物質を含む板状体からの発光とを同時に射出する、ことを特徴とする請求項15に記載のIII族窒化物半導体発光素子から構成したランプ。

【請求項17】

発光層からの発光と、結晶基板の裏面に貼付された蛍光体物質を含む板状体からの発光との混色により白色光を射出するIII族窒化物半導体発光素子から構成されている、ことを特徴とする請求項15または16に記載のランプ。

【請求項18】

請求項14乃至17の何れか1項に記載のランプを備えている、ことを特徴とする光源。20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、発光層からの発光と、その発光とは相違する波長の発光を同時に放射できるIII族窒化物半導体発光素子に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来から、波長を異にする複数の発光を射出する発光ダイオード(LED)として、多波長LEDと呼称される発光素子が知られている(例えば、特許文献1参照)。波長を相違する短波長可視光を射出する多波長LEDは、従来では、例えば、インジウム組成比(=Z)を互いに異なる窒化ガリウム・インジウム(組成式 $Ga_Y In_z N$: 0 < Y, Z < 1, Y + Z = 1)から異なる波長の発光を呈する発光層を各々、形成して構成されている(前出の特許文献1参照)。例えば、光の3原色である青色、緑色、及び赤色を射出する様に各々、インジウム組成比を調整した $Ga_Y In_z N$ (0 < Y, Z < 1, Y + Z = 1)発光層を利用して多波長LEDが構成されている(例えば、特許文献2及び3参照)。30

【0003】

また、別の多波長発光素子として、窒素(元素記号:N)、砒素(元素記号:As)及びアンチモン(元素記号:Sb)の複数の第V族元素を含むIII族窒化物半導体層を発光層とするレーザダイオード(LD)が知られている(例えば、特許文献4参照)。この従来の多波長LDに於いても、互いに異なる波長のレーザー光を発するために、発光層は、組成比を相違する $Al_{1-x} Sb_x As_y N$ (0 < x, y < 1, x + y = 1)から構成されるものとなっている(例えば、特許文献4参照)。40

【0004】

【特許文献1】特開昭49-19783号公報

【特許文献2】特開平08-88407号公報

【特許文献3】特開平08-88408号公報

【特許文献4】特開平07-07223号公報

【発明の開示】

10

20

30

40

50

【発明が解決しようとする課題】**【0005】**

しかしながら、従来の多波長発光素子は、各波長に相応した発光をもたらす発光層を各々、個別に形成する必要がある。このため、光の3原色の発光を得るには、例えば、インジウム組成比を相違する3種類の Ga_YIn_zN ($0 \leq Y, Z \leq 1, Y + Z = 1$)発光層を別々に形成する必要があり、発光層の形成工程からして煩雑となっている。

【0006】

また、その様な組成比を異にする発光層を、エッティング手段等を利用して、互いに電気的に分離(アイソレーション)するのも、また煩雑である。ましてや、従来の多波長発光素子では、電気的に分離した発光層について、これまた、各発光層毎にオーミック(Ohmic)性電極を設ける必要がある。従って、従来の多波長発光素子を構成するには、発光層等の結晶成長工程からして、また、発光素子となすための素子化工程からして極めて煩雑な工程を経なければならなかった。

【0007】

本発明は、上記の如くの従来技術の問題点に鑑みなされたもので、発光波長毎に個別に発光層を設ける従来の手段に依らず、従って、簡易に構成できる多波長発光素子を提供するものである。即ち、本発明では、単一(同一)の発光層を利用するため、各発光層を分離する必要も無く簡便に構成できる多波長の発光をもたらせるIII族窒化物半導体発光素子を提供する。

【課題を解決するための手段】**【0008】**

本発明は、上記の半導体発光素子を提供するため研究した結果到達したもので、以下の各項の発明からなる。

(1) 透明な結晶基板の表面上に形成された、第一の伝導型の第一のIII族窒化物半導体層と、第一とは反対の第二の伝導型の第二のIII族窒化物半導体層と、第一及び第二のIII族窒化物半導体層の中間に、III族窒化物半導体からなる発光層とが備えられている積層構造体から構成されたIII族窒化物半導体発光素子に於いて、積層構造体の形成に用いた上記の結晶基板の、積層構造体を設けた表面とは反対側の結晶基板の裏面に蛍光体物質を含む板状体が貼付されている、ことを特徴とするIII族窒化物半導体発光素子。

(2) 蛍光体物質を含む板状体が、熱膨張係数を、上記の透明な結晶基板と略同一とする材料から構成されている、ことを特徴とする上記(1)に記載のIII族窒化物半導体発光素子。

【0009】

(3) 蛍光体物質を含む板状体が、発光層からの発光を透過できる透明な材料から構成されている、ことを特徴とする上記(1)または(2)に記載のIII族窒化物半導体発光素子。

(4) 蛍光体物質を含む板状体が、非晶質材料から構成されている、ことを特徴とする上記(1)乃至(3)の何れかに記載のIII族窒化物半導体発光素子。

(5) 蛍光体物質を含む板状体が、ガラス材料から構成されている、ことを特徴とする上記(1)乃至(4)の何れかに記載のIII族窒化物半導体発光素子。

(6) 蛍光体物質を含む板状体が、上記の透明な結晶基板よりも屈折率を小とする材料から構成されている、ことを特徴とする上記(1)乃至(5)の何れかに記載のIII族窒化物半導体発光素子。

【0010】

(7) 透明な結晶基板の表面上に、第一の伝導型の第一のIII族窒化物半導体層と、第一、または第一とは反対の第二の伝導型を有するIII族窒化物半導体からなる発光層と、第二の伝導型のIII族窒化物半導体層とを、順次、気相成長手段により堆積して、積層構造体を形成し、その後、積層構造体が形成されているのとは反対側の上記結晶基板の裏面を研削して、結晶基板を薄板化し、その薄板化した基板の表面に、陽極酸化手段により、蛍光体物質を含む板状体を貼付する、ことを特徴とするIII族窒化物半導体発光素子の形

10

20

30

40

50

成方法。

(8) 萤光体物質を含む板状体を、熱膨張係数が上記の透明な結晶基板と略同一とする材料とした、ことを特徴とする上記(7)に記載のIII族窒化物半導体発光素子の形成方法。

(9) 萤光体物質を含む板状体を、発光層からの発光を透過できる透明な材料とした、ことを特徴とする上記(7)または(8)に記載のIII族窒化物半導体発光素子の形成方法。

(10) 萤光体物質を含む板状体を、非晶質材料とした、ことを特徴とする上記(7)乃至(9)の何れかに記載のIII族窒化物半導体発光素子の形成方法。

【0011】

(11) 萤光体物質を含む板状体を、ガラス材料とした、ことを特徴とする上記(7)乃至(10)の何れかに記載のIII族窒化物半導体発光素子の形成方法。

(12) 萤光体物質を含む板状体を、上記の透明な結晶基板よりも屈折率を小とする材料とした、ことを特徴とする上記(7)乃至(11)の何れかに記載のIII族窒化物半導体発光素子の形成方法。

(13) 結晶基板の裏面を、砥粒を使用してラッピングにより粗研磨して薄板化し、次に、鏡面に研磨した後、鏡面表面に萤光体物質を含む板状体を貼付する、ことを特徴とする上記(7)乃至(12)の何れかに記載のIII族窒化物半導体発光素子の形成方法。

(14) 結晶基板の裏面を、エッチングにより薄板化し、鏡面となした結晶基板の裏面に、鏡面表面に萤光体物質を含む板状体を貼付する、ことを特徴とする上記(7)乃至(12)の何れかに記載のIII族窒化物半導体発光素子の形成方法。

【0012】

(15) III族窒化物半導体からなる発光層からの発光と、その発光により光励起された、結晶基板の裏面に貼付された萤光体物質を含む板状体からの発光とを同時に射出する、ことを特徴とする上記(1)乃至(14)の何れかに記載のIII族窒化物半導体発光素子から構成したランプ。

(16) III族窒化物半導体からなる発光層からの発光と、その発光とは補色の関係にある、結晶基板の裏面に貼付された萤光体物質を含む板状体からの発光とを同時に射出する、ことを特徴とする上記(15)に記載のIII族窒化物半導体発光素子から構成したランプ。

(17) 発光層からの発光と、結晶基板の裏面に貼付された萤光体物質を含む板状体からの発光との混色により白色光を射出するIII族窒化物半導体発光素子から構成されている、ことを特徴とする上記(15)または(16)に記載のランプ。

(18) 上記(14)乃至(17)の何れかに記載のランプを備えている、ことを特徴とする光源。

【発明の効果】

【0013】

本発明に依れば、数量的にも材料的にも唯一の発光層を共通的に利用して、発光層からの発光と、それによって光励起された萤光体材料からの萤光発光とを射出できる構造として、III族窒化物半導体発光素子を構成することとしたので、従来の如く、各発光色に対応させて発光領域を個別に電気的に分離(アイソレーション)する必要も無く、波長を相違する発光をもたす多波長発光素子を簡便に提供できる。

【0014】

特に、発光層からの発光色と、補色の関係にある萤光を発光できる萤光体物質を含む板状体を貼付したIII族窒化物半導体LEDを利用すれば、白色光を呈するLEDランプを簡便に提供できる。

【0015】

本発明において、萤光体物質を含む板状体を、特に、陽極接合手段で結晶基板の裏面に貼付したものでは、発光層からの発光と共に、萤光を発するIII族窒化物半導体LEDを簡便に構成するに効果を上げられる。

10

20

30

40

50

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

本発明に係わるIII族窒化物半導体発光素子は、透明な結晶基板の一表面上に形成されたIII族窒化物半導体層を備えた積層構造体から構成する。透明な結晶とは、発光層からの発光を透過できる光学的に透明な結晶である。好ましくは光学的に透明な単結晶である。例えば、サファイア(Al_2O_3 単結晶)等の酸化物結晶、酸化亜鉛(ZnO)や炭化珪素(SiC)等の広禁止帯幅の結晶を例示できる。また、成長させるに高温を要するIII族窒化物半導体もあるため、耐熱性を有する単結晶、例えば、珪素(Si)単結晶も基板として利用できる。

【0017】

高い強度の発光を獲得するために、積層構造体には、pn接合型2重ヘテロ(DH)構造の発光部が備えられているのが好ましい。発光部とは、n型及びp型クラッド(clad)層と、その中間に挟持されたn型またはp型の発光層とのDH構造からなる構造部である。クラッド層は、例えば、窒化アルミニウム・ガリウム・インジウム(組成式 $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_z\text{N}$: 0 \leq X, Y, Z \leq 1, X + Y + Z = 1)から構成できる。また、発光層は、例えば、窒化ガリウム・インジウム(組成式 $\text{Ga}_y\text{In}_z\text{N}$: 0 \leq Y, Z \leq 1, Y + Z = 1)から構成する。クラッド層と発光層はまた、窒素と窒素以外の第V族元素を含むIII族窒化物半導体から構成できる。

【0018】

発光層は、単一(SQW)または多重(MQW)量子井戸構造(QW)とするのが得策である。量子井戸構造は、例えば、 $\text{Ga}_y\text{In}_z\text{N}$ (0 \leq Y, Z \leq 1, Y + Z = 1)を井戸層とし、 $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_z\text{N}$ (0 \leq X, Y, Z \leq 1, X + Y + Z = 1)を障壁層として構成する。また、例えば、窒化燐化ガリウム(組成式 $\text{GaN}_{1-a}\text{P}_a$: 0 \leq a < 1)を井戸層として構成する。井戸層及び障壁層は共に、不純物を故意に添加しないアンドープのIII族窒化物半導体層から構成できる。また、共に不純物ドーピングを施したIII族窒化物半導体層から構成できる。また、アンドープの井戸層とドーピングした障壁層とから構成できる。珪素(元素記号: Si)或いはゲルマニウム(元素記号: Ge)等の第IV族元素をドーピングしたn型障壁層は、井戸層へ及ぼす歪(ピエゾ効果による歪み)を低減して、発光波長を安定させるに効果が上げられる。

【0019】

格子定数を相違するため、格子の整合性に欠ける関係にある結晶基板の一表面上に発光部を形成するにあって、比較的低温で成長させた緩衝層(低温緩衝層)を介して設けるのが得策である。低温緩衝層を窒化アルミニウム(AlN)から構成する場合、層厚は1 nmから100 nm、好ましくは2 nm ~ 50 nm、更に好ましくは2 nm ~ 5 nmとするのが好適である。低温緩衝層を介在させると、結晶性に優れるIII族窒化物半導体層が得られる。このため、低温緩衝層を介して成長させたIII族窒化物半導体層からは、結晶基板側から発光を外部へ取り出すにしても、高い強度の発光を与えられる発光部を構成できる。

【0020】

本発明では、発光層からの発光に対して透明な結晶基板を透過する発光を利用して多波長の発光素子を得る。結晶基板を透過して来る発光の強度は、結晶基板の層厚が薄い程、増加する。しかし、結晶基板の厚さが薄くなると、素子化工程等でのハンドリングが難しくなる。このため、結晶基板の厚さは、当初から、或いは研磨、エッティング等の手段に依り薄くするとしても、40 μm 以上で200 μm 以下、望ましくは50 μm 以上で150 μm 以下とするのが望ましい。結晶基板を薄板化するには、カーボランダム等の一般的な研磨用砥粒を使用するラッピング手段を利用できる。サファイアや炭化珪素(SiC)等の高硬度の結晶は、例えば、ダイヤモンド砥粒を使用してラッピング研磨或いは鏡面研磨できる。

【0021】

珪素(Si)単結晶(シリコン)基板であれば、弗化水素酸(HF)と硝酸(HNO₃)

10

20

30

40

50

) の混合液などの湿式エッティングで薄板化させられる。砒化ガリウム結晶基板であれば、弗化アンモニウム (NH_4F) と過酸化水素 (H_2O_2) と水 (H_2O) 系混合液を使用する湿式エッティングにより薄板化できる。塩素ガス (Cl_2) 等のハロゲン (halogen) ガス、及び三塩化硼素 (BCl_3) や四塩化珪素 (SiCl_4) 等の塩化物ガスを使用する高周波プラズマエッティング等によって薄板化できる。上記したラッピング等の機械的研磨を施した比較的に粗度の大きな結晶表面に、湿式エッティング或いはプラズマエッティングを施すとより平滑な鏡面となすことができる。

【0022】

結晶基板の裏面側（積層構造体を設けたのとは反対側の結晶基板の表面）には、結晶基板を透過して来る発光を吸収して、蛍光を発する蛍光体物質を含有する板状体を貼付する。より長波長側の他の視感度領域の光を発光するものであれば、使用可能である。例えば、セリウム（元素記号：Ce）が添加されたイットリウム・アルミニウム・ガーネット（YAG）粒を含む板状体を貼付する。Ce添加YAG蛍光体は、460 nm前後の波長の青色帯光を吸収し、黄色帯の発光をもたらす。従って、例えば、青色帯光を発する発光層とこの蛍光体を含む板状体とを備えたLED用途の積層構造体からは、青色光と黄色光を同時に発する多波長LEDを構成できる。即ち、本発明によれば、蛍光体材料を含む板状体を結晶基板に貼付するだけで、多色の発光を呈するIII族窒化物半導体LEDを構成できる。

【0023】

この場合、蛍光体を含む板状体の一部を、発光層からの青色光を透過できる透明な材料から構成すれば、青色光と蛍光体物質からの黄色光との補色の混合に依り、白色光を発する、例えば、III族窒化物半導体LEDが提供できる。白色を呈するLEDは、赤色、緑色及び青色の蛍光を呈する蛍光体物質を含む板状体を設けることでも構成できる。これら光の3原色を発する蛍光体材料を同時に併せて含む一板状体を用いれば、従来の如く、各々の原色毎に発光領域を分離する必要もなくなり、数量的に唯一の発光層を利用して、簡便に多色を発光できるIII族窒化物半導体発光素子を提供できる。

【0024】

異なる波長の蛍光を呈する複数の蛍光体物質を含有した一板状体を使用して、多波長の発光素子とする場合、一板状体に含ませる各蛍光体物質の量を変化させることで異なった色調の発光素子が得られる。板状体に含ませる蛍光体の濃度は、蛍光体の励起効率に応じて、0.5重量パーセント以上で80重量%以下であるのが好ましい。更には、20重量%以上で40重量%以下であるのが望ましい。同色の蛍光を発する蛍光体材料であっても、励起効率を異にする蛍光体を代替に含有させると、発光の色調に変化を与える。同一光源を使用して励起した蛍光体物質からの発光を混色させて白色のIII族窒化物半導体発光素子を得る場合、各色を呈する蛍光体材料の含有量は、その光源の波長についての励起効率と視感度を勘案して調整する。例えば、同一の励起光源に対し、赤色、緑色、次ぎに青色の順序で励起効率が減少する蛍光体材料であれば、それらの蛍光体物質の含有量は励起効率とは逆の順序に増加させる。即ち、本例では、赤色の蛍光を発する蛍光体材料の含有量を最も大きくし、緑色用の蛍光体材料の含有量を最も少なくする。

蛍光体物質としては公知の各種のものが使用できる。

【0025】

蛍光を発する蛍光体物質を含有する結晶を基板として当初から使用しても構わないが、強度の高い蛍光を得るには、単結晶の基板として不適となる程、多量に蛍光体物質を添加する必要がある。結晶性に劣る基板上には、結晶性の良好なIII族窒化物半導体層を安定して成長させることができない。高い強度の発光をもたらす結晶性に優れるIII族窒化物半導体層を得るには、蛍光体材料を然して含有しない結晶性に優れる結晶を基板として利用するのが得策である。従って、本発明では、先ず、蛍光体物質を故意に添加していない結晶を基板として、発光素子用途の積層構造体を形成する。その後、その結晶基板を薄板化する。但し、積層構造体を機械的に充分に支持できる厚みは保持しておく。次に、残存させた結晶基板に、蛍光体物質を多量に含有した板状体を貼付する技術手段に依って、多波

10

20

30

40

50

長発光素子を得るものである。

【0026】

本発明において蛍光体物質を含む板状体を貼付するとは、蛍光体物質を含む溶液を塗布し、固化する方法も含む。蛍光体物質を多量に含む板状体は、蛍光体物質を多量に混在させた有機珪素化合物を含む溶液を、結晶基板の裏面に塗布し、ゾル・ゲル手段で固化させて得た二酸化珪素(SiO₂)から形成できる。また、ゾル・ゲル手段に依り成膜した、蛍光体物質を含むインジウム・錫複合酸化膜(ITO)を固化させて形成できる。この様な非晶質物質では、構成物質相互間の結合が堅牢では無いため、結晶基板との格子ミスマッチ性を緩和する作用が発揮され、格子不整合性に起因して発生する亀裂の無い板状体を得るに効果的となる。

10

【0027】

板状体は、また、比較的低温で融解でき、多量の蛍光体材料を混在できる非晶質ガラス材料から好適に構成できる。非晶質ガラスとは、例えば、シリカガラス(吉澤 四郎他著、工業化学基礎講座5「無機工業化学」、(株)朝倉書店、昭和48年2月25日発行、6版、169頁参照)、ソーダ石灰ガラス等の珪酸塩ガラス(上記の「無機工業化学」、205~206頁参照)、シリカの一部を酸化硼素で置換した硼珪酸ガラス(上記の「無機工業化学」、207頁参照)である。具体的には、例えば96%シリカガラスである。特に、低膨張率のガラス材料、例えば、低膨張硼珪酸ガラス(上記の「無機工業化学」、208頁参照)やガラスセラミック類は貼付する結晶基板に与える熱的応力を低減でき、亀裂を発生させることなく、III族窒化物半導体発光素子を効率的に構成できる。

20

最近は、ゾルゲル法を用いて、直径5nm以下の超微粒子を作成し、ガラス中に保持する技術が確立し、より蛍光体として発光効率のよい素材を使用することが可能であり、これらからなる板状体を使用するのが好適である。

【0028】

また、蛍光体物質を含む板状体は、結晶基板と線膨張係数を略同等とする材料から構成するのが望ましい。例えば、線膨張係数を約 5×10^{-6} /Kとする炭化珪素(SiC)結晶(「III-V族化合物半導体」、(株)培風館、1994年5月20日発行、初版、148頁参照)基板の裏面に、線膨張率を、 3×10^{-6} /K以上で 8×10^{-6} /K以下とする非晶質のガラスを貼付する。貼付する非晶質ガラスの厚さは100μm以上で300μm以下であるのが適する。

30

【0029】

また、蛍光体物質を含む板状体は、結晶基板より屈折率を小とする材料から構成するのが望ましい。例えば、屈折率を約2.0とするサファイア基板に貼付する板状体は、例えば、1.3以上で2.0未満の範囲の屈折率を有するガラスから構成できる。特に、基板をなす結晶と、発光素子を封止するに一般的に利用されるエポキシ樹脂との中間的な屈折率を有するガラスから好適に構成できる。例えば、1.5以上で1.8以下の屈折率を有するガラスから好適に構成できる。

【0030】

波長を587nmとするナトリウム(元素記号:Na)のd線に対して、屈折率を1.5~1.8とするガラスとして、例えば、クラウン(K)、ホウケイクラウン(BK)、バリウムクラウン(BaK)、フリンント(F)、バリウムフリンクト(BaF)、ランタンクラウン(LaK)、ランタンフリンクト(LaF)系ガラス等の光学ガラス類を例示できる(例えば、上記の「無機工業化学」、214頁参照)。

40

【0031】

結晶基板にガラス等の板状体を接合させるには、例えば、陽極接合手段を利用できる。この手段に於いて、例えば、ガラス板状体に印加する負(-)の電圧は、100V以上で1200V以下であるのが適する。印加電圧は高ければ、双方の貼り合わせは容易になるが、歩留まりが低下する。このため、印加電圧は200V~700Vの範囲、好ましくは、300V以上で500V以下が好適である。結晶基板なり、板状体なりを加熱すれば、双方の貼付は更に容易となる。加熱温度としては、200以上で700以下が適する

50

。貼り合わせ温度を高温とする程、双方に印加する電圧は低く設定できる。逆に、貼り合わせ温度を低くした場合は、印加電圧を高めに設定する必要がある。陽極接合手段に依る貼り合わせに適したガラスとしては、アルカリ成分を含むガラスが適する。例えば、ソーダ石灰ガラスなどの珪酸塩ガラス等である。

【0032】

蛍光体物質を含む板状体を貼付した後、結晶基板の表面側に設けた積層構造体を加工して、n型及びp型オーミック(Ohmic)電極を形成して、発光素子を構成する。例えば、結晶基板に何れかの極性のオーミック電極を設けるのでは、なく、積層構造体の表面側に双方の極性の電極を配置して発光素子を形成する。例えば、積層構造体の最表層をなす第一の伝導型(此處では仮にp型層とする)のIII族窒化物半導体からなるp型コンタクト(contact)層上にp型オーミック電極を設ける。本発明のIII族窒化物半導体発光素子では、発光層からの発光を積層構造体のコンタクト層側から外部へ取り出すのではなく、板状体が貼付されている方向に出射させる方式である。従って、発光の取り出し方向と反対側に在るp型コンタクト層上に配置するp型オーミック電極は、透光性或いは透過性の機能も敢えて備えている必要は無く、金属厚膜をコンタクト層の略全面に配置した、所謂、“べた”電極であって構わない。

【0033】

一方、n型オーミック電極は、p型コンタクト層の一部の領域に於いて、p型コンタクト層や発光層等を除去して第二の伝導型(此處では、第一の伝導型をp型と仮に設定しているので、第二の伝導型はn型である。)のn型III族窒化物半導体層の表面を露出させた後に形成する。n型オーミック電極は、例えば、アルミニウム(A1)、チタン(Ti)、クロム(Cr)などの遷移金属及びその合金等から構成できる。

【0034】

積層構造体の最表層、即ち、発光の外部に取り出す方向とは逆の方向にある例えば、コンタクト層上に設ける“べた”電極は、発光を反射でき、且つオーミック接触をする金属から構成すると、発光層へ円滑に流通されると共に、蛍光体材料を含む板状体へ発光を反射できる。従って、蛍光材料を励起するに好都合となり、強い強度の蛍光をもたらすに効果的となる。III族窒化物半導体発光層から放射される比較的短い波長の発光を反射させるに適する金属反射膜は、半導体層とオーミックコンタクトが形成でき、且つ光を透過する薄い金属層と、その透過した光を反射せることの可能な金属層の2層構造とするのがよい。そのオーミック接合用の金属としては、例えば、ロジウム(Rh)、パラジウム(Pd)や白金(Pt)等の白金族6元素(「ダフィー 無機化学」、(株)廣川書店、昭和46年4月15日発行、5版、249頁参照)等、Ni、Au、Co、Ti、Cr、W、Taなどの金属およびその合金から構成できる。反射膜としては、例えば、ロジウム(Rh)、パラジウム(Pd)や白金(Pt)等の白金族6元素(「ダフィー 無機化学」、(株)廣川書店、昭和46年4月15日発行、5版、249頁参照)等、Ag、Auなどの金属およびその合金が用いられる。

【0035】

本発明の発光素子は、III族窒化物半導体からなる発光層からの発光と、蛍光体物質を含む板状体からの発光とを同時に射出できる。従って、本発明に係わるIII族窒化物半導体発光素子からは、単一素子でありますながら多波長の発光をもたらすランプを構成できる。特に、III族窒化物半導体発光層からの発光色と補色の関係にある蛍光色を発する板状体を備えた本発明に係わるIII族窒化物半導体発光素子からは、白色のランプを構成できる。また、III族窒化物半導体発光層と、貼付された板状体からの発光とを併せて光の3原色に相応する発光を射出するIII族窒化物半導体発光素子を用いれば、白色を呈するランプを提供できる。蛍光を発する蛍光体物質の板状体内の含有量を変化させれば、色調の異なる白色ランプを提供できる。

【0036】

また、積層構造体の一表面側に、n型及びp型オーミック電極の双方を設けた本発明に係わるIII族窒化物半導体発光素子(チップ)を利用すれば、フリップ型に固定(マウン

10

20

30

40

50

ト)されたチップを供えたランプを構成できる。結晶基板の裏面に貼付した板状体を上面として、フリップ式に平面的にマウントした本発明に係わるIII族窒化物半導体発光素子に、更に、蛍光を発する物質を載置すれば、これまた。発光層からの発光と、貼付された板状体からの蛍光と、載置された蛍光物質からの蛍光とを同時に射出するランプを構成できる。何も、貼付した板状体の上に新たに蛍光物質を載置せずとも、蛍光を発する蛍光体を含む樹脂類で封止すれば、発光層と、貼付された板状体からの蛍光と、封止樹脂に含まれた蛍光物質からの蛍光とを同時に射出するランプを構成できる。

【0037】

例えは、発光層からの発光と、貼付された板状体からの蛍光との混色により、目視で白色を呈するランプを集合させれば、白色の光源を構成できる。また、本発明では、数量的にも材質的にも単一の発光層を利用して例えは、白色光を呈するランプを構成できる。即ち、従来の如く、例えは光の3原色を発する3個の発光素子を組み合わせるか、または、3原色を一チップから射出させるために大型のチップとする必要も敢えてない。従って、限られた平面積内に於いて、より多数のランプを搭載できるため、強度の強い白色光を発する光源を構成できる。また、白色ランプに限らず、本発明に係わるIII族窒化物半導体多色発光素子を備えたランプを用いれば、限られた平面積内により多数のランプを搭載できるため、画素数の多いカラー光源を提供できる。

【0038】

(作用)

薄板化され結晶基板の裏面側に、例えは、陽極接合手段によって貼付された板状体は、III族窒化物半導体からなる発光層からの発光を受給して発光を射出する発光体として作用する。

【実施例】

【0039】

サファイア基板上に構成したLEDからの発光と、サファイア基板に貼付した蛍光体材料を含む板状体からの発光とを射出するランプを形成する場合を例にして、本発明を具体的に説明する。

【0040】

図1に本実施例に記載するLED10の平面模式図を示す。図1に示すのは、LED10を形成するのに利用した図2に示す積層構造体11の表面側からみた平面図である。図3には、図1に示すLED10の破線A-A'に沿った断面模式図を示す。図4は本発明の半導体発光素子を用いたランプの模式断面図である。

【0041】

LED10を形成するための積層構造体11は、(0001)-サファイア基板100上に、次記の各層101~110を順次、堆積して構成した。次記する(1)~(7)項の各層は、一般的な減圧有機金属化学的気相堆積(MOCVD)法で成長させた。特に、GaNバッファ層101は、シーディング(seeding)プロセス(SP)手段(特開2003-243302号公報参照)法により成長させた。

【0042】

- (1) アンドープGaNバッファ(buffer)層(層厚=5nm)101
- (2) アンドープAlNバッファ(緩衝)層(層厚=15nm)102
- (3) 硅素(Si)ドープn型 $Ga_{x_1}In_{1-x_1}N$ (0< x_1 <1)コンタクト層
(層厚=2.5μm、 $n=8\times10^{18}/cm^3$)103
- (4) Siドープn型 $Ga_{x_2}In_{1-x_2}N$ (x_1 < x_2 <1)クラッド層(層厚=0.5μm、 $n=4\times10^{18}/cm^3$)104
- (5) Siデルタ(鐘)ドーピングGaN障壁層と、 $Ga_{0.8}In_{0.2}N$ 井戸層とからなる多重量子井戸構造の発光層(積層周期数=5)105
- (6) Mgドープp型AlGaNクラッド層(層厚=2.5nm、 $p=8\times10^{17}/cm^3$)106
- (7) Mgドープp型GaNコンタクト層(層厚=0.2μm、 $p=2\times10^{18}/cm^3$)107

m^3) 107

【 0043 】

LED10用途の積層構造体11の形成を終了した後、サファイア基板100の裏面(積層構造体11を形成したのとは反対側の表面)側をラッピング研削した。その後、より細かい粒径の小さなダイヤモンド微粉を用いて、ラッピングした面を精密研磨して、鏡面に仕上げた。これより、サファイア基板100の厚さを、当初の350μmから90μmに減少させた。

【 0044 】

次に、その鏡面に仕上げたサファイア基板100の裏面に、セリウム(Ce)添加YAG蛍光体を含む厚さ約350μmのソーダ石灰ガラス板108を貼り付けた。蛍光体を含む透明なガラス板は、ソーダ石灰ガラスを溶融し、その際、Ce-YAG微粉を添加、分散させて作製した。Ce-YAG微粉は、ガラス板108での含有量が10重量%となる様に添加した。サファイア基板100と、非晶質ガラス基板108とは陽極接合手段で貼り合わせた。貼り合わせは室温で行い、サファイア基板100と非晶質ガラス板108との間に印加した電圧は220Vであった。

【 0045 】

その後、今度は、積層構造体11の表面側を、公知のフォトリソグラフィー技術及び選択エッチング技術を利用して加工し、n型コンタクト層103の表面を露出させた。露出させたn型コンタクト層103の表面には、クロム(Cr)/チタン(Ti)/金(Au)3層重層構造のn型オーム電極109を形成した。n型オーム電極109をなす、各金属層は一般的な真空蒸着手段、電子ビーム蒸着手段を利用して形成した。電極109の最表層は、ワイヤーボンディング(wire bonding)を容易となすために金(Au)膜とした。

【 0046 】

一方、p型GaNコンタクト層107の表面の略前面には、PtとAuとの重層構造からなるp型オーム電極110を形成した。これらの金属膜は、被着後、ガラス板108の軟化温度を上回らない、軟化温度近傍の温度まで加温処理され、p型コンタクト層107との密着性を向上させた。加熱処理後の冷却時には、熱的ストレスに因り、蛍光体物質を含むガラス板108が剥離しない様に、また、積層構造体11にクラックを発生させない様に、時間をかけて緩やかに除冷した。

【 0047 】

その後、レーザースクライプ法により、素子分割用の割り溝を積層構造体11の表面側に形成した。その後、一般的なブレーカーを利用して、その割り溝に機械的な圧力を及ぼし、個別の素子(チップ)に分割し、III族窒化物半導体発光素子(チップ)10とした。

【 0048 】

上記の手順で得たIII族窒化物半導体発光素子チップ10を、導電性で低抵抗のSi単結晶板111にマウントした。チップ10は、マウント位置に金(Au)バンプを形成した後、一般的なフリップチップ(FC)ボンダーを使用してマウントした。Si単結晶板111上には、発光層105からの、波長を約460nmとする青色光を反射しやすくするため、全面にアルミニウム(Al)の反射膜112を形成した。Si単結晶板111と、反対側の表面に蛍光体物質を含むガラス板108とを備えてなるLED10を通常のエポキシ樹脂で封止して、図4に示す断面構造を有する発光ダイオードランプ12を完成させた。

【 0049 】

LED10のn型及びp型オーム電極109,110間に、順方向に20mAの電流を通流してランプ12を発光させた。通電により、発光層105からの青色の発光と、Ce-YAG蛍光体を含むガラス板108からの黄色の蛍光とが同時に発せられたため、それらの混色により目視で白色を呈するLEDランプ12が提供された。一般的な積分球を使用して測定した白色光の光度は、20ルーメン(1m)/ワット(W)であり、強い

10

20

30

40

50

光度の白色 L E D ランプが提供された。

【産業上の利用可能性】

【0050】

本発明の III族窒化物半導体発光素子は多波長発光素子として利用できる。例えば、赤色、緑色、青色を同時に発光させ白色光とすることもできる。

【図面の簡単な説明】

【0051】

【図1】実施例に記載の L E D の平面模式図である。

【図2】図1の L E D に使用した積層構造体の断面模式図である。

【図3】図1の波線 A - A' 断面図である。

10

【図4】ランプの断面模式図である。

【符号の説明】

【0052】

10 III族窒化物半導体発光素子チップ

11 発光素子用積層構造体

12 ランプ

100 結晶基板

101 AlN バッファ層

102 GaN バッファ層

103 n型コンタクト層

20

104 n型クラッド層

105 発光層

106 p型クラッド層

107 p型コンタクト層

108 蛍光体物質を含む板状体

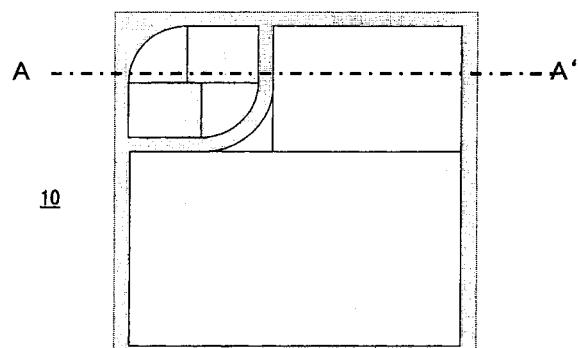
109 n型オーミック電極

110 p型オーミック電極

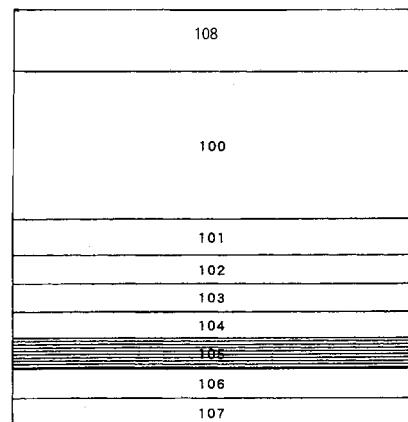
111 Si 単結晶板

112 反射膜

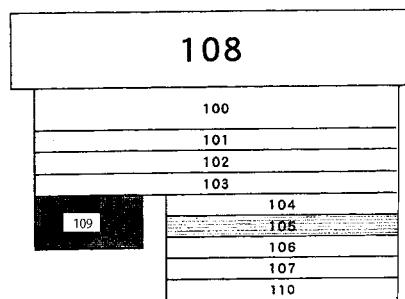
【図1】



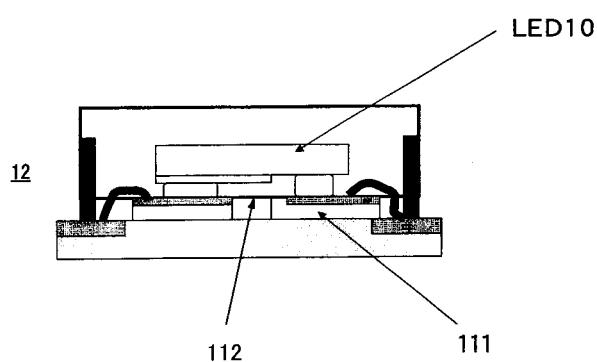
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

F ターム(参考) 5F041 AA11 CA04 CA05 CA13 CA40 CA49 CA74 CB31 DA04 DA07
FF11