

(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2009-200227

(P2009-200227A)

(43) 公開日 平成21年9月3日(2009.9.3)

(51) Int.Cl.  
H01L 33/00 (2006.01)

F I  
H01L 33/00 C

テーマコード (参考)  
5F041

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2008-39979 (P2008-39979)  
(22) 出願日 平成20年2月21日 (2008.2.21)

(71) 出願人 000006633  
京セラ株式会社  
京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地  
(72) 発明者 川口 義之  
京都府相楽郡精華町光台3丁目5番地3号  
京セラ株式会社中央研究所内  
Fターム(参考) 5F041 AA03 AA47 CA40 CA66 CA74

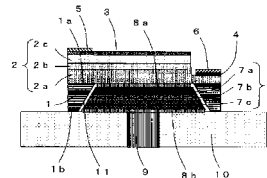
(54) 【発明の名称】 発光素子及び照明装置

(57) 【要約】

【課題】 基板による光の吸収を大幅に低減させて光取り出し効率を大幅に向上させることができ、また発光素子及び照明装置のサイズを従来よりも小型化することができる多波長発光型の発光素子及び照明装置を提供すること。

【解決手段】 発光素子は、第1の主面1aと第2の主面1bとを有し、これら両主面1a, 1bを貫通する貫通孔11を有する基板1と、基板1の第1の主面1aに形成された第1の波長の光を発する第1の発光層2bを含む第1の半導体層2と、基板1の貫通孔11内に第1の半導体層2に電気的に接続されて設けられた、第2の波長の光を発する第2の発光層7bを含む第2の半導体層7と、を具備している。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

第 1 の主面と第 2 の主面とを有し、これら両主面を貫通する貫通孔を有する基板と、前記基板の前記第 1 の主面に形成された第 1 の波長の光を発する第 1 の発光層を含む第 1 の半導体層と、前記基板の前記貫通孔内に前記第 1 の半導体層に電氣的に接続されて設けられた、第 2 の波長の光を発する第 2 の発光層を含む第 2 の半導体層と、を具備している発光素子。

## 【請求項 2】

前記第 1 及び第 2 の半導体層はそれぞれ、第 1 導電型窒化ガリウム系化合物半導体層と、窒化ガリウム系化合物半導体からなる発光層と、第 2 導電型窒化ガリウム系化合物半導体層とが順次積層されている発光素子。

10

## 【請求項 3】

前記貫通孔は、前記第 1 の主面側の開口よりも前記第 2 の主面側の開口が大きくなるように内面が傾斜している請求項 1 または 2 記載の発光素子。

## 【請求項 4】

上面が前記基板を設置する設置面とされ、前記第 2 の半導体層に電流を注入する貫通導体が形成されている回路基板をさらに有する請求項 1 乃至 3 のいずれか記載の発光素子。

## 【請求項 5】

請求項 1 乃至 4 のいずれか記載の発光素子と、前記発光素子からの発光を受けて光を発する蛍光体及び燐光体の少なくとも一方とを具備している照明装置。

20

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、窒化物ガリウム系化合物半導体を利用した発光ダイオード（LED：Light Emitting Diode）等の発光素子及び照明装置に関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

近年、紫外光領域から青色光までの光を発光する発光素子として、 $Al_xGa_yIn_{1-x-y}N$  ( $0 < x < 1$ 、 $0 < y < 1$ 、 $0 < x + y < 1$ ) で表される窒化物系半導体、窒化ガリウム系化合物半導体を用いた発光素子が注目されている。

30

## 【0003】

窒化ガリウム系化合物半導体を用いた発光素子は、蛍光体と組み合わせることにより白色光を発光することが可能であり、また省エネルギーかつ長寿命であることから、白熱電球、蛍光ランプの代替品として有望視されると共に実用化が始まっている。

## 【0004】

また、波長の異なる 2 つ以上の発光素子を同じパッケージ内に実装することによって、多色発光が可能な小型の照明装置がパネルディスプレイ等の発光色を自在に制御するための光源として応用されている。

## 【0005】

しかしながら、窒化ガリウム系化合物半導体を用いた発光素子の発光効率は、蛍光灯と比較すると低く、さらに多色発光の照明装置とする場合、波長の異なる発光素子を同じパッケージ内に複数個実装する必要があることから、小型化には限界がある。

40

## 【0006】

ところで、発光素子の発光効率である外部量子効率は、発光層で電気エネルギーが光エネルギーに変換される割合を示す内部量子効率と、変換された光エネルギーが外部へ放出される割合を示す光取り出し効率との積によって決定される。

## 【0007】

内部量子効率は、発光素子を形成する窒化ガリウム系化合物半導体の結晶性に大きく影響を受ける。内部量子効率を向上させる方法として、サファイア等から成る基板上に非晶質または多結晶の AlN 系または AlGaIn 系の材料から成るバッファ層を形成し、この

50

バッファ層上に窒化ガリウム系化合物半導体層を成長させることにより、基板と窒化ガリウム系化合物半導体層との格子不整合及び熱膨張係数差を緩和し、窒化ガリウム系化合物半導体層の結晶性を向上させるという方法が知られている。

【0008】

一方、光取り出し効率の向上に関しても種々の技術が公開されており、発光素子の表面に凹凸構造を形成することによって外部との屈折率差を緩和し、発光素子の内部での全反射（多重反射）を抑制する方法がある。

【0009】

また、多色発光素子の小型化技術としては、基板の両面に波長の異なる光を発する発光層を形成することによってパッケージへの実装面積を低減する方法、発光層上に異なる波長の光を発する発光層を積層して小型化する方法等がある（例えば、特許文献1, 2を参照）。

10

【0010】

従来の発光素子の一例の断面図を図2に示す。基板12上にn型窒化ガリウム系化合物半導体層13a、窒化ガリウム系化合物半導体層からなる発光層13b及びp型窒化ガリウム系化合物半導体層13cより成る半導体層13が形成されていると共に、p型窒化ガリウム系化合物半導体13c上にp型の透明導電層14、n型窒化ガリウム系化合物半導体層13a上にn型電極15が形成されている。p型の透明導電層14及びn型電極15には、外部から電流を注入するために、それぞれp型パッド電極16、n型パッド電極17が設けられており、ワイヤーボンディングによって外部のパッケージの配線等と接続される。基板12としては、一般的にサファイア（ $Al_2O_3$ ）、窒化ガリウム（GaN）、炭化珪素（SiC）基板が使用される。そして、上記の発光素子であって、発光層13bから発光する光の波長が互いに異なる複数の発光素子を同じパッケージ内に実装することによって、多色発光が可能な照明装置が形成される。

20

【0011】

図3に、図2の従来の発光素子を複数用いた多色発光が可能な照明装置を示す。この照明装置は、実装基体（あるいはパッケージ）20上に第1の波長の光を発する第1の発光素子18と第2の波長の光を発する第2の発光素子19とが設置されており、第1及び第2の発光素子18, 19を覆うように透明樹脂が設けられている。

30

【特許文献1】特開平6-53549号公報

【特許文献2】特開平13-274462号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

図3の従来の多色発光が可能な照明装置においては、発光する光の波長の数だけ発光素子を同じパッケージ内に収容する必要があることから、照明装置のサイズが大きくなり、小型化することが難しい。そのため、パネルディスプレイ等の光源に適用する場合、単位面積当たりの画素数に限界が生じることになり、映し出す映像を高精細にすることが困難になるという問題点がある。また、発光する光の波長が異なる複数の発光素子が互いに離れて実装されているため、同時に発光させたときの発光色の混ざり具合を均一にすることが難しい。

40

【0013】

特許文献1, 2に記載された発光素子の構成は、上記の問題点を解決することができる。しかしながら、これらの従来の構成においては、発光層から発光した光で基板に入射した光は基板で吸収されるために、発光素子の輝度が低下する。また、半導体層の一方側の主面にp型電極及びn型電極の両方が形成されるため、一般にp型窒化ガリウム系化合物半導体の電気抵抗が高いことから、半導体層に注入した電流が十分均一に半導体層中に拡散しないという問題点がある。さらに、基板として窒化ガリウム（GaN）、炭化珪素（SiC）などの半導体性の基板を用いた場合、基板における電気抵抗により電流注入効率が低下するという問題点がある。

50

## 【0014】

従って、本発明は上記従来技術における問題点に鑑みて完成されたものであり、その目的は、基板による光の吸収を大幅に低減させて光取り出し効率を大幅に向上させることができ、また発光素子及び照明装置のサイズを従来よりも小型化することができる多波長発光型の発光素子及び照明装置を提供することである。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0015】

本発明の発光素子は、第1の主面と第2の主面とを有し、これら両主面を貫通する貫通孔を有する基板と、前記基板の前記第1の主面に形成された第1の波長の光を発する第1の発光層を含む第1の半導体層と、前記基板の前記貫通孔内に前記第1の半導体層に電氣的に接続されて設けられた、第2の波長の光を発する第2の発光層を含む第2の半導体層と、を具備している。

10

## 【0016】

また、本発明の発光素子は好ましくは、前記第1及び第2の半導体層はそれぞれ、第1導電型窒化ガリウム系化合物半導体層と、窒化ガリウム系化合物半導体からなる発光層と、第2導電型窒化ガリウム系化合物半導体層とが順次積層されている。

## 【0017】

また、本発明の発光素子は好ましくは、前記貫通孔は、前記第1の主面側の開口よりも前記第2の主面側の開口が大きくなるように内面が傾斜している。

## 【0018】

また、本発明の発光素子は好ましくは、上面が前記基板を設置する設置面とされ、前記第2の半導体層に電流を注入する貫通導体が形成されている回路基板をさらに有する。

20

## 【0019】

本発明の照明装置は、前記発光素子からの発光を受けて光を発する蛍光体及び燐光体の少なくとも一方とを具備している。

## 【発明の効果】

## 【0020】

本発明の発光素子は、第1の主面と第2の主面とを有し、これら両主面を貫通する貫通孔を有する基板と、基板の第1の主面に形成された第1の波長の光を発する第1の発光層を含む第1の半導体層と、基板の貫通孔内に第1の半導体層に電氣的に接続されて設けられた、第2の波長の光を発する第2の発光層を含む第2の半導体層と、を具備していることにより、第1の半導体層と第2の半導体層との間に基板の部位が存在しないために、基板による光の吸収を大幅に低減させて、光取り出し効率を大幅に向上させることができる。

30

## 【0021】

また、第1の半導体層と第2の半導体層とが直接に電氣的に接続されているため、基板を介して接続する場合と比較して接続抵抗が格段に小さくなり、その結果、光取り出し効率を大幅に向上させることができる。

## 【0022】

さらに、第1の半導体層と第2の半導体層との間に基板の部位が存在しないために、薄型化、小型化された発光素子となる。

40

## 【0023】

また、本発明の発光素子は好ましくは、第1及び第2の半導体層はそれぞれ、第1導電型窒化ガリウム系化合物半導体層と、窒化ガリウム系化合物半導体からなる発光層と、第2導電型窒化ガリウム系化合物半導体層とが順次積層されていることから、窒化ガリウム系化合物半導体の組成の調整により紫外光から青色光までの光を効率よく発光させることが可能な発光素子が得られる。

## 【0024】

また、本発明の発光素子は好ましくは、貫通孔は、第1の主面側の開口よりも第2の主面側の開口が大きくなるように内面が傾斜していることから、第2の半導体層を貫通孔の

50

内面に沿わせて貫通孔の内部に位置合わせを兼ねて容易に収容することができる。その結果、第1の半導体層と第2の半導体層とを容易に電氣的に接続でき、その接続性が向上する。

【0025】

また、本発明の発光素子は好ましくは、上面が基板を設置する設置面とされ、第2の半導体層に電流を注入する貫通導体が形成されている回路基板をさらに有することから、貫通導体から第2の半導体層へ電流を直接的に注入することができる。その結果、第2の半導体層へ電流を均一に拡散させることが可能となり、電流注入効率を向上させることができる。

【0026】

本発明の照明装置は、本発明の発光素子と、発光素子からの発光を受けて光を発する蛍光体及び燐光体の少なくとも一方とを具備していることから、従来の蛍光灯等よりも消費電力が小さく、小型で高輝度の照明装置となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0027】

以下、本実施の形態の発光素子について、図面を参照しつつ詳細に説明する。

【0028】

図1は本実施の形態の発光素子の1例を示す断面図である。図1において、1は基板、2は窒化ガリウム系化合物半導体層を複数層積層して成る第1の半導体層（積層体）であり、2aは第1導電型（本実施の形態ではn型であり、以下「第1導電型」を「n型」とも記載する。）窒化ガリウム系化合物半導体層、2bは窒化ガリウム系化合物半導体からなる第1の波長の光を発する第1の発光層、2cは第2導電型（本実施の形態ではp型であり、以下「第2導電型」を「p型」とも記載する。）窒化ガリウム系化合物半導体層、3はp型の透明導電層、4はn型電極、5はp型パッド電極、6はn型パッド電極である。

【0029】

また、7は窒化ガリウム系化合物半導体層を複数層積層して成る第2の半導体層（積層体）であり、7aはn型窒化ガリウム系化合物半導体層、7bは窒化ガリウム系化合物半導体からなる第2の波長の光を発する第2の発光層、7cはp型窒化ガリウム系化合物半導体層である。

【0030】

本実施の形態の発光素子は、第1の主面1aと第2の主面1bとを有し、これら両主面1a, 1bを貫通する貫通孔11を有する基板1と、基板1の第1の主面1aに形成された第1の波長の光を発する第1の発光層2bを含む第1の半導体層2と、基板1の貫通孔11内に第1の半導体層2に電氣的に接続されて設けられた、第2の波長の光を発する第2の発光層7bを含む第2の半導体層7と、を具備している。

【0031】

上記の構成により、第1の半導体層2と第2の半導体層7との間に基板1の部位が存在しないために、基板1による光の吸収を大幅に低減させて、光取り出し効率を大幅に向上させることができる。また、第1の半導体層2と第2の半導体層7とが直接に電氣的に接続されているため、基板1を介して接続する場合と比較して接続抵抗が格段に小さくなり、その結果、光取り出し効率を大幅に向上させることができる。さらに、第1の半導体層2と第2の半導体層7との間に基板1の部位が存在しないために、薄型化、小型化された発光素子となる。

【0032】

窒化ガリウム系化合物半導体の成長用の基板1は、サファイア、炭化ケイ素（SiC）、GaN等の窒化ガリウム系化合物半導体、ZrB<sub>2</sub>等の二硼化物単結晶等から成ることが良い。特に、窒化ガリウム系化合物半導体との良好な格子整合性及び熱膨張係数整合性、さらに導電性を有する点から、n型GaNまたはXB<sub>2</sub>（但し、XはZr, Ti及びHfの少なくとも1種を含む）で表記される二硼化物単結晶が好ましい。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 3 3 】

また、基板 1 は、サファイア、GaN 等の窒化ガリウム系化合物半導体等の透光性を有するものが好ましく、この場合貫通孔 11 内に収容された第 2 の半導体層 7 の状態を外部から確認することができる。また、基板 1 による光の吸収が小さいため、光取り出し効率の向上に寄与する。

## 【 0 0 3 4 】

窒化ガリウム系化合物半導体の成長方法としては、分子線エピタキシー ( M B E ; Molecular Beam Epitaxy ) 法、有機金属エピタキシー ( M O V P E ; Metal Organic Vapor Phase Epitaxy ) 法、ハイドライド気相成長 ( H V P E ; Hydride Vapor Phase Epitaxy ) 法、パルスレーザデポジション ( P L D ; Pulse Laser Deposition ) 法等などが用いられる。

10

## 【 0 0 3 5 】

基板 1 の貫通孔 11 は、エッチング法、研削法等によって形成される。貫通孔 11 の開口の大きさは、主面 1 a , 1 b の面積の 50% ~ 80% 程度がよい。この範囲内であると、第 1 の半導体層 2 を保持して、回路基板 10 に実装するために必要な基板 1 の強度を保つとともに、基板 1 による光の吸収を効果的に低減できる。

## 【 0 0 3 6 】

第 1 の半導体層 2 と第 2 の半導体層 7 とを電気的に接続する導電性接続層 8 a は、n 型窒化ガリウム系化合物半導体 2 a と良好なオーミック接触がとれるものがよく、そのような材質のものとして、例えばアルミニウム ( Al ) , チタン ( Ti ) , ニッケル ( Ni ) , クロム ( Cr ) , インジウム ( In ) , 錫 ( Sn ) , モリブデン ( Mo ) , 銀 ( Ag ) , 金 ( Au ) , ニオブ ( Nb ) , タantal ( Ta ) , バナジウム ( V ) , 白金 ( Pt ) , 鉛 ( Pb ) , ベリリウム ( Be ) , 酸化インジウム (  $In_2O_3$  ) , 金 - シリコン ( Au - Si ) 合金 , 金 - ゲルマニウム ( Au - Ge ) 合金 , 金 - 亜鉛 ( Au - Zn ) 合金 , 金 - ベリリウム ( Au - Be ) 合金等を用いればよい。また、上記材料の中から選択した層を複数層積層したものとしても構わない。

20

## 【 0 0 3 7 】

また、導電性接続層 8 a は導電性及び透光性を有することが好ましく、その場合例えば酸化インジウム (  $In_2O_3$  ) , 酸化亜鉛 ( ZnO ) 等の材料から成る。また、導電性接続層 8 a の厚みは 250 nm ~ 500 nm 程度がよい。この厚みの範囲内であれば、導電性接続層 8 a の透光性が低下し難く、また十分な導電性が保持され、好ましい。

30

## 【 0 0 3 8 】

また、第 1 及び第 2 の半導体層 2 , 7 はそれぞれ、第 1 導電型窒化ガリウム系化合物半導体層 2 a , 7 a と、窒化ガリウム系化合物半導体からなる発光層 2 b , 7 b と、第 2 導電型窒化ガリウム系化合物半導体層 2 c , 7 c とが順次積層されていることが好ましい。この場合、窒化ガリウム系化合物半導体の組成の調整により紫外光から青色光までの光を効率よく発光させることが可能な発光素子が得られる。

## 【 0 0 3 9 】

また、貫通孔 11 は、第 1 の主面 1 a 側の開口よりも第 2 の主面 1 b 側の開口が大きくなるように内面が傾斜していることが好ましい。この場合、第 2 の半導体層 7 を貫通孔の内面に沿わせて貫通孔の内部に位置合わせを兼ねて容易に収容することができる。その結果、第 1 の半導体層 2 と第 2 の半導体層 7 とを容易に電気的に接続でき、その接続性が向上する。従って、第 2 の半導体層 7 の側面も貫通孔の内面に沿うように傾斜していることがよい。

40

## 【 0 0 4 0 】

貫通孔 11 の内面が傾斜している場合、主面 1 a に対する傾斜角度は 40° ~ 50° 程度が良い。この範囲内であれば、第 1 の半導体層 2 で発光した光で基板 1 へ入射する光は、傾斜面に達すると基板 1 の側面へ進行方向を変えるため、回路基板 10 及び第 2 の半導体層 7 で吸収されることなく、外部へ有効に取り出される。

## 【 0 0 4 1 】

50

第2の半導体層7の側面の傾斜角度は、貫通孔11の内面の傾斜角度よりも小さい方（垂直に近い方）が好ましい。この場合、第2の半導体層7が貫通孔11に收容され易くなる。

【0042】

また、上面が基板1を設置する設置面とされ、第2の半導体層7に電流を注入する貫通導体9が形成されている回路基板10をさらに有することが好ましい。この場合、貫通導体9から第2の半導体層7へ電流を直接的に注入することができる。その結果、第2の半導体層7へ電流を均一に拡散させることが可能となり、電流注入効率を向上させることができる。

【0043】

第2の半導体層7の下面には、貫通導体9との電気的な接続をするための導電性接続層8bが形成されている。導電性接続層8bは、n型窒化ガリウム系化合物半導体2aと良好なオーミック接触がとれるものがよく、そのような材質のものとして、例えばアルミニウム（Al）、チタン（Ti）、ニッケル（Ni）、クロム（Cr）、インジウム（In）、錫（Sn）、モリブデン（Mo）、銀（Ag）、金（Au）、ニオブ（Nb）、タンタル（Ta）、バナジウム（V）、白金（Pt）、鉛（Pb）、ベリリウム（Be）、酸化インジウム（ $In_2O_3$ ）、金-シリコン（Au-Si）合金、金-ゲルマニウム（Au-Ge）合金、金-亜鉛（Au-Zn）合金、金-ベリリウム（Au-Be）合金等を用いればよい。また、上記材料の中から選択した層を複数層積層したものとしても構わない。

【0044】

また、導電性接続層8bは導電性及び反射性を有することが好ましく、その場合例えばアルミニウム（Al）、銀（Ag）等の材料から成る。また、導電性接続層8bの厚みは100nm～300nm程度がよい。この厚みの範囲内であれば、導電性接続層8bの反射性及び十分な導電性が保持され、好ましい。

【0045】

貫通導体9は、銅（Cu）、アルミニウム（Al）、銀（Ag）、ロジウム（Rh）等の低抵抗の導体から成ることが好ましい。また、貫通導体9は光反射性の導体からなることがより好ましく、その場合、アルミニウム（Al）、銀（Ag）、ロジウム（Rh）等が好適である。

【0046】

また、貫通導体9は、導電性接続層8bとの電気的な接続性を良好にする点で、100μm～200μm程度の直径を有することが好ましい。

【0047】

また、貫通導体9は、第2の半導体層7へ電流をより均一に拡散させるために、また、貫通導体9における光反射性を高めるために、導電性接続層8b側の端面（上端面）の面積を下端面の面積よりも大きくしてもよい。

【0048】

回路基板10は、窒化アルミニウム（AlN）、アルミニウム（Al）、酸化珪素（ $SiO_2$ ）等の材料から成るが、透光性を有するものとする場合には酸化珪素（ $SiO_2$ ）等の材料が好ましく、光反射性を有するものとする場合にはアルミニウム（Al）等の材料が好ましい。回路基板10の厚みは1mm～3mm程度であり、この範囲内であれば、発光素子からの発熱による熱及びハンドリング時の応力に対して十分な強度を持ち、かつ高い放熱特性を有する。

【0049】

第1の半導体層2及び第2の半導体層7は、第1の波長の光を発する第1の発光層2b及び第2の波長の光を発する第2の発光層7bを、それぞれn型窒化ガリウム系化合物半導体層2a、7aと、p型窒化ガリウム系化合物半導体層2c、7cとで挟んだ構成であるが、例えば、n型窒化ガリウム系化合物半導体層2a、7aは、第1のn型クラッド層としてのGa<sub>0.98</sub>N層、第2のn型クラッド層としてのIn<sub>0.02</sub>Ga<sub>0.98</sub>N層の積層体等から

10

20

30

40

50

なる。このn型窒化ガリウム系化合物半導体層2a, 7aの厚みは2 $\mu$ m~3 $\mu$ m程度である。

【0050】

また、例えば、p型窒化ガリウム系化合物半導体層2c, 7cは、第1のp型クラッド層としてのAl<sub>0.15</sub>Ga<sub>0.85</sub>N層、第2のp型クラッド層としてのAl<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>N層、p型コンタクト層としてのGaN層の積層体等からなる。このp型窒化ガリウム系化合物半導体層2c, 7cの厚みは200nm~300nm程度である。

【0051】

また、例えば、第1及び第2の発光層2b, 7cは、禁制帯幅の広い障壁層としてのIn<sub>0.01</sub>Ga<sub>0.99</sub>N層と、禁制帯幅の狭い井戸層としてのIn<sub>0.11</sub>Ga<sub>0.89</sub>N層とを、交互に例えば3回繰り返し規則的に積層した多重量子井戸構造(MQW: Multiple Quantum Well)等からなる。この発光層2b, 7cの厚みは25nm~150nm程度である。

10

【0052】

透明導電層3としては、酸化インジウム錫(ITO), 酸化錫(SnO<sub>2</sub>), 酸化亜鉛(ZnO)等の金属酸化物系のものが使用されるが、これらの中では特に酸化インジウム錫(ITO)は紫外光から青色光に対して高い透過率を有するだけでなく、p型窒化ガリウム系化合物半導体層2cと良好なオーミック接触が取れるために好適である。

【0053】

透明導電層3の厚みは250nm~500nmがよい。この厚みの範囲内であれば、p型窒化ガリウム系化合物半導体2cと良好なオーミック接触が形成でき、また、透明導電層3での光吸収量が増加して光取り出し効率が低下するのを抑制できる。

20

【0054】

n型電極4の材質は、発光層2bが発生した光を損失なく反射し、かつn型窒化ガリウム系化合物半導体層2aと良好なオーミック接続がとれるものがよい。

【0055】

そのような材質のものとしては、例えばアルミニウム(Al), チタン(Ti), ニッケル(Ni), クロム(Cr), インジウム(In), 錫(Sn), モリブデン(Mo), 銀(Ag), 金(Au), ニオブ(Nb), タantal(Ta), バナジウム(V), 白金(Pt), 鉛(Pb), ベリリウム(Be), 酸化インジウム(In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), 金-シリコン(Au-Si)合金, 金-ゲルマニウム(Au-Ge)合金, 金-亜鉛(Au-Zn)合金, 金-ベリリウム(Au-Be)合金等を用いればよい。これらの中でも、アルミニウム(Al)または銀(Ag)は、発光層2bが発光する青色光(波長450nm)~紫外光(波長350nm)の光に対して反射率が高いので好適である。また、アルミニウム(Al)はn型窒化ガリウム系化合物半導体層2aとのオーミック接合の点でも特に好適である。また、上記材料の中から選択した層を複数層積層したものとしても構わない。

30

【0056】

また、透明導電層3及びn型電極4上には、それぞれ外部との電氣的接続をとるための導線等を接続するp型パッド電極5とn型パッド電極6が設けられている。両電極は、例えばチタン(Ti)層、またはチタン(Ti)層を下地層として金(Au)層を積層したものをを用いればよい。

40

【0057】

なお、本実施の形態の窒化ガリウム系化合物半導体を用いた発光素子は、発光ダイオード(LED), 半導体レーザ(LD)等として使用することができる。

【0058】

また、本実施の形態の上記の発光素子(LED)は次のように動作する。即ち、第1の波長の光を発する第1の発光層2bを含む半導体層2及び、第2の波長の光を発する第2の発光層7bを含む半導体層7にバイアス電流を流して、第1及び第2の発光層2b, 7bで波長350~400nm程度の紫外光~近紫外光、紫光の複数の波長の光を発生させ、発光素子の外部に取り出すように動作する。

【0059】

50

なお、上記の実施の形態においては、第1導電型をn型、第2導電型をp型としているが、第1導電型をp型、第2導電型をn型とすることもできる。

【0060】

また、本実施の形態の発光素子は照明装置に適用できるものであり、その照明装置は、本実施の形態の発光素子と、発光素子からの発光を受けて光を発する蛍光体及び燐光体の少なくとも一方とを具備している。この構成により、輝度及び照度の高い照明装置を得ることができる。この照明装置は、本実施の形態の発光素子を透明樹脂等で覆うか内包するようにし、その透明樹脂等に蛍光体及び燐光体の少なくとも一方を混入させた構成とすればよく、蛍光体、燐光体によって発光素子の紫外光～近紫外光を白色光等に変換するものとすることができる。また、集光性を高めるために透明樹脂等に凹面鏡等の光反射部材を設けることもできる。このような照明装置は、従来の蛍光灯等よりも消費電力が小さく、小型であることから、小型で高輝度の照明装置として有効である。

10

【図面の簡単な説明】

【0061】

【図1】本実施の形態の発光素子の一例を示す断面図である。

【図2】従来の発光素子の一例を示す断面図である。

【図3】従来の照明装置の一例を示す断面図である。

【符号の説明】

【0062】

- 1：基板
- 2：第1の半導体層
- 2a：第1導電型（n型）窒化ガリウム系化合物半導体層
- 2b：第1の発光層
- 2c：第2導電型（p型）窒化ガリウム系化合物半導体層
- 7：第2の半導体層
- 7a：第1導電型（n型）窒化ガリウム系化合物半導体層
- 7b：第2の発光層
- 7c：第2導電型（p型）窒化ガリウム系化合物半導体層
- 9：貫通導体
- 10：回路基板

20

30

