

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

**特許第3589187号
(P3589187)**

(45) 発行日 平成16年11月17日(2004.11.17)

(24) 登録日 平成16年8月27日(2004.8.27)

(51) Int.Cl.⁷

F I

H O 1 L 33/00

H O 1 L 33/00

N

C O 9 K 11/64

C O 9 K 11/64

C Q E

C O 9 K 11/80

C O 9 K 11/80

C P M

H O 1 L 21/60

H O 1 L 21/92

6 O 2 Q

請求項の数 3 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2001-53511 (P2001-53511)
 (22) 出願日 平成13年2月28日(2001.2.28)
 (65) 公開番号 特開2002-118293 (P2002-118293A)
 (43) 公開日 平成14年4月19日(2002.4.19)
 審査請求日 平成14年8月26日(2002.8.26)
 (31) 優先権主張番号 特願2000-230197 (P2000-230197)
 (32) 優先日 平成12年7月31日(2000.7.31)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(73) 特許権者 000226057
 日亜化学工業株式会社
 徳島県阿南市上中町岡491番地100
 (72) 発明者 豊田 達憲
 徳島県阿南市上中町岡491番地100
 日亜化学工業株式会社内
 (72) 発明者 永峰 和浩
 徳島県阿南市上中町岡491番地100
 日亜化学工業株式会社内

審査官 近藤 幸浩

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発光装置の形成方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板上に半導体層を有する発光素子と、該発光素子からの光の一部を吸収してそれよりも長波長の光が発光可能な蛍光物質と、該蛍光物質を有し前記発光素子の表面を包囲する透光性モールド部材とを有する発光装置の形成方法であって、
 ウエハーの状態で前記発光素子の電極上にバンプを形成する第1の工程と、前記発光素子の半導体層側に前記バンプを覆うように前記透光性モールド部材となる材料を被覆させる第2の工程と、研磨により半導体層側から前記ウエハー底面と平行にバンプの上面を露出させる第3の工程と、前記ウエハーをダイシング且つスクライプすることにより切断する第4の工程とを有する発光装置の形成方法。

【請求項2】

前記第4の工程後、前記発光素子の少なくとも基板側に連続した透光性モールド部材を形成する請求項1に記載の発光装置の形成方法。

【請求項3】

前記第4の工程後、前記発光素子の少なくとも基板側に連続した反射膜を形成する請求項1に記載の発光装置の形成方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は液晶のバックライト、照明光源、各種インジケータや交通信号灯などに利用可能

な発光装置に係わり、半導体発光素子とそれよりも長波長の光が発光可能な蛍光物質とを有する長波長変換型発光装置及びその形成方法に関する。

【0002】

【従来技術】

今日、青色光が高輝度に発光可能な半導体発光素子である窒化物半導体 ($\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{N}$, $0 < x < 1$, $0 < y < 1$) を利用したLEDチップが開発された。窒化物半導体を利用した発光素子は、他のGaAs、AlInGaP等の材料を利用した赤から黄緑色を発光する発光素子と比較して出力が高く、温度による色シフトが少ないなどの特徴を持っているものの、現在までのところ、緑色以上の波長を有する長波長領域で高出力を得られにくいという傾向がある。他方、このLEDチップ上にLEDチップから放出された青色光の少なくとも一部を吸収して、黄色が発光可能な蛍光物質であるYAG:Ce蛍光体等を配置させることによって白色系が発光可能な発光ダイオードが開発された。(国際公開番号WO98/5078号)

10

【0003】

この発光ダイオードは、例えばマウントリードのカップ内底部にLEDチップを配置させ、前記LEDチップと前記マウントリード及びインナーリードとを金線等により電氣的に接続する。接続後、前記カップ内にLEDチップからの青色の光を吸収し補色関係にある黄色の光を発光する蛍光物質含有の透光性モールド樹脂を充填する。最後に両リードの先端部分に透光性の樹脂等にて凸レンズを形成する。このようにして、LEDチップと蛍光物質との光の混色からなる白色の光を凸レンズを介して発光するLEDランプが得られる。

20

【0004】

上記のLEDランプは、予めチップの周囲に蛍光物質含有の透光性モールド樹脂を設け、その後に透光性の樹脂等により凸レンズ部材を形成するものである。これによってチップからの光はカップ内に充填された蛍光物質含有の透光性モールド樹脂を通過した時点で所望の混色光となっている。従って、色変換された光を良好に正面方向に取り出すことができる。また、カップの形状を調整することで、光散乱の抑制、及び発光出力の向上を図ることができる。容易に所望の発光特性を得ることができる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

30

しかしながら、このようなLEDランプは、小型化になるにつれて発光ムラや色度バラツキが目立ち歩留まり良く生産することが困難であった。

【0006】

そこで本発明は、生産性が良好で且つ光学特性の優れたチップタイプの長波長変換型発光装置とその形成方法を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】

すなわち、本発明に係る発光装置は、基板上に半導体層を有する発光素子と、該発光素子からの光の一部を吸収してそれよりも長波長の光が発光可能な蛍光物質と、該蛍光物質を有し前記発光素子の表面を包囲する透光性モールド部材とを有する発光装置であって、前記発光素子の電極上に少なくとも1つのバンプを有し、該バンプの上面は前記透光性モールド部材の上面と略同一平面であることを特徴とする。これによって、信頼性が高く、且つ所望の混色光を均一に発光することが可能な発光装置が得られる。

40

【0008】

また、前記バンプの膜厚は $5\mu\text{m} \sim 150\mu\text{m}$ である。これによって、高出力に発光することが可能な発光装置が得られる。また、前記バンプの上面、及び前記透光性モールド部材の上面からなる発光装置の上面は、基板側底面に対して略平行であることを特徴とする。これによって、良好な指向特性を有する発光装置が得られる。

【0009】

また、蛍光物質は、Ceで付活されたイットリウム・アルミニウム・ガーネット系蛍光物

50

質、Eu及び/又はCrで付活された窒素含有CaO-Al₂O₃-SiO₂から選択される1種であることを特徴とする。これによって、簡便で高輝度に混色発光可能な信頼性の高い発光装置が得られる。

【0010】

また、前記発光素子の少なくとも基板側に連続した反射膜を有することを特徴とする。これによって、発光効率が良好で且つ輝度ムラの少ない発光装置が得られる。

【0011】

また、本発明の請求項6に係る発光装置は、発光素子と、該発光素子からの光の一部を吸収して可視光が発光可能な蛍光物質が分散された透光性モールド部材とを備え、前記発光素子からの光と前記蛍光物質からの光との混色を発光可能な発光装置であって、前記発光素子は、n型窒化物半導体層およびp型窒化物半導体層が積層され、前記p型窒化物半導体層上に形成された正電極と、前記p型窒化物半導体層の一部を除去して露出されたn型窒化物半導体層の表面に形成された負電極と、前記負電極および前記正電極の各ボンディング面上に形成されたパンプとを有し、前記透光性モールド部材は前記発光素子の半導体層上面および側面に設けられ、前記パンプ側面に、前記蛍光物質が配置されていることを特徴とする。

10

【0012】

また、本発明に係る発光装置の形成方法は、基板上に半導体層を有する発光素子と、該発光素子からの光の一部を吸収してそれよりも長波長の光が発光可能な蛍光物質と、該蛍光物質を有し前記発光素子の表面を包囲する透光性モールド部材とを有する発光装置の形成方法であって、ウエハーの状態の前記発光素子の電極上にパンプを形成する第1の工程と、前記発光素子の半導体層側に前記パンプを覆うように前記透光性モールド部材となる材料を被覆させる第2の工程と、前記透光性モールド部材となる材料を硬化させた後、研磨により半導体層側から前記ウエハー底面と平行にパンプの上面を露出させる第3の工程と、前記ウエハーをダイシング且つスクライブすることにより切断する第4の工程とを有する。これによって量産性よく発光装置を形成することができる。

20

【0013】

また、前記第3の工程において、前記各パンプの膜厚が5μm~150μmとなるように研磨される。これによって、前記第2の工程で形成されたモールド部材中の蛍光物質を破壊することなく良好に研磨することができ、信頼性が高く均一に発光することが可能な発光装置が得られる。

30

【0014】

また、前記第4の工程後、前記発光素子の少なくとも基板側に連続した透光性モールド部材を形成することを特徴とする。これによって得られる発光装置は、外部電極と電氣的に接合されるパンプ上面以外の外周全面に蛍光物質含有の透光性モールド部材を有することができ、信頼性が高く且つ色純度の高い発光装置が得られる。

【0015】

また、前記第4の工程後、前記発光素子の少なくとも基板側に連続した反射膜を形成することを特徴とする。これによって、発光素子の基板側から放射される光を半導体層側へ導くことができ、更に色ムラが少なく且つ発光出力の高い発光装置が得られる。

40

【0016】

【発明の実施の形態】

本発明者は、種々実験の結果、素子を電氣的に接続する前に色変換部材である蛍光物質含有の透光性モールド部材を設けることにより、後の実装工程が簡略化でき且つ信頼性の高い色変換型発光装置が得られることを見だし本発明を成すに至った。

【0017】

従来、波長変換型LEDランプを形成する場合、素子分割された各素子に対して凸レンズ部材とは別に予め蛍光物質含有のモールド部材を設ける必要があった。具体的には次のような過程が必要となる。

【0018】

50

チップ状の各素子をマウントリードのカップ内底部に配置し、前記素子の各電極をリード電極とワイヤー等で電氣的に接続した後、まず、素子とワイヤーを覆うようにカップ内にディスペンサ等により蛍光物質を含有させた樹脂を滴下注入し加熱硬化させて色変換部材を形成する。このようにして第１モールド部材が形成される。

【００１９】

その後、凸レンズ部材の材料である樹脂をキャストケース内に流し込むと共に、色変換部材が形成されたリード先端部分を浸漬配置させる。これをオープンに入れ加熱硬化させることにより第２モールド部材である凸レンズ部材が形成され、波長変換可能なＬＥＤランプが形成される。

【００２０】

このように１つの発光装置を形成するにあたり、各素子に対して樹脂を充填させ硬化させる工程が、２度必要となり、樹脂効果のための待留時間が比較的長く、更なる生産性の向上が望まれている。

【００２１】

また、発光装置が小型化になるにつれて必然的に第１モールド部材量も少量となり、各素子に対して精度良く所望の混色光を得るために必要な蛍光物質量を配置させることは極めて困難であり、個々の発光装置において色度バラツキが生じ歩留まりが悪かった。

【００２２】

また、前記発光装置は、発光素子を半導体層を上面として電氣的に接続した後に色変換部材を設けるため、前記色変換部材中にワイヤー等を有する。このような電気接続部材が、蛍光物質の配置に悪影響を及ぼしたり前記蛍光物質及び発光素子の光取り出し効率を低下させ、色ムラや出力低下を引き起こすと考えられる。

【００２３】

そこで本発明は、上記の問題を解決するため、発光素子自体に色変換部材を設けるものである。具体的には、個々の発光素子に分割される前のウエハー状態にて前記発光素子の電極部分を嵩上げし、発光素子周囲に色変換部材を設ける。このように構成することにより、十分に信頼性が高く且つ光学特性に優れた色変換型発光装置を生産性よく形成することができる。

【００２４】

以下、図を参照にして本発明に係る実施の形態について説明する。

図１は本発明の一実施の形態に係る発光ダイオードの模式的断面図である。絶縁性基板上１に、少なくともｎ型窒化物半導体層２、活性層（図示されていない）、及びｐ型窒化物半導体層３が順に積層形成され、ｐ型窒化物半導体層３のほぼ全面に形成された透明な第１正電極４と、第１正電極４上の一部に形成されたボンディング用の第２正電極５と、ｐ型窒化物半導体層３側からエッチング等により露出されたｎ型窒化物半導体層２上に負電極６とを有し、各電極のボンディング面を除いて絶縁性保護膜７が形成されてなる発光素子を用いている。このような発光素子の各電極のボンディング面上にそれぞれパンプ８が設けられ、これらのパンプの上面を露出させて発光素子の半導体層側上面及び側面に蛍光物質含有の透光性モールド部材９を設けている。以下、本発明の各構成について詳述する。

【００２５】

（発光素子）

本発明において、発光素子からの光は、蛍光物質から放出される光よりも短波長であると効率がよい。そのため、高効率に発光輝度の高い可視光を発光可能な半導体素子として、窒化物半導体（ $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{N}$ 、 $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ ）を活性層に利用したものが好適に挙げられる。窒化物半導体を利用した発光素子は、サファイア基板、スピネル（ MgAl_2O_4 ）基板、 SiC 、 GaN 単結晶等の上に形成させることができるが、量産性と結晶性を満たすにはサファイア基板を用いることが好ましい。よって、本発明では、ｎ型及びｐ型の窒化物半導体層が絶縁性基板であるサファイア基板上に形成され、半導体層側に両電極を有する発光素子を用いている。

10

20

30

40

50

【0026】

さらに詳細に説明すると、発光素子は、サファイア基板1上に1又は2以上の層からなるn型窒化物半導体層2、活性層(図示せず)、1又は2以上の層からなるp型窒化物半導体層3が積層され、更に正及び負の電極が以下のように形成されている。すなわち、正電極は、p型窒化物半導体層のほぼ全面に形成された第1正電極4と該第1正電極上の一部に形成されたボンディング用の第2正電極5とからなり、負電極6はp型窒化物半導体層の一部をドライエッチング等により除去して露出させたn型窒化物半導体層の表面に形成されている。

【0027】

本発明において、n型窒化物半導体層2及びp型窒化物半導体層3は特に限定されず、い 10
ずれの層構成のものを用いても良い。

【0028】

本発明の発光装置において白色系を発光させる場合は、蛍光物質との補色関係や樹脂の劣化等を考慮して、発光素子の主発光ピークは400nm以上530nm以下が好ましく、より好ましくは420nm以上490nm以下である。発光素子と蛍光物質との効率をそれぞれ向上させるためには450nm以上470nm以下に主発光ピークを有する発光素子を用いることが更に好ましい。

【0029】

一方、本発明の発光装置において、発光素子の周囲に蛍光物質含有の透光性モールド部材を有する場合、比較的紫外線に強い樹脂やガラス等を使用し、400nm付近の短波長を 20
主発光ピークとする紫外線が発光可能な発光素子を用いて白色系が発光可能な発光装置を得ることもできる。このような短波長の光により赤、青、及び緑に蛍光可能な蛍光物質、例えば赤色蛍光体として $Y_2O_2S:Eu$ 、青色蛍光体として $Sr_5(PO_4)_3Cl:Eu$ 、及び緑色蛍光体として $(SrEu)O \cdot Al_2O_3$ を前記耐紫外線樹脂などに含有させ、短波長発光の発光素子の表面に色変換層として塗布することにより、白色光を得ることができる。

【0030】

本発明の一実施の形態では、発光素子の電極上に配置されたパンプの表面を開口部として前記発光素子の周囲全てに色変換層である透光性モールド部材を有する。これにより前記発光素子の四方八方から発光される光は、周囲に配置された蛍光物質により効率よく吸収 30
され波長変換された後、放出される。このため、紫外線によって発光装置が劣化されることなく、信頼性の高い白色系発光装置が得られる。

【0031】

また白色光を得るために、紫外線が発光可能な発光素子と組み合わせて用いられる蛍光物質として、上記した他に、赤色蛍光体として $3.5MgO \cdot 0.5MgF_2 \cdot GeO_2:Mn$ 、 $Mg_6As_2O_{11}:Mn$ 、 $Gd_2O_2:Eu$ 、 $LaO_2S:Eu$ 、青色蛍光体として $Re_5(PO_4)_3Cl:Eu$ (ただし Re は Sr 、 Ca 、 Ba 、 Mg から選択される少なくとも一種)、 $BaMg_2Al_{16}O_{27}:Eu$ 等が好適に用いられる。これらの蛍光物質は、紫外光による発光が飛躍的に優れているため、高輝度に発光可能な白色発光装置を得ることができる。 40

【0032】

本発明において第1正電極4は、p型窒化物半導体層とオーミック接触可能な電極材料であれば特に限定されない。例えば、 Au 、 Pt 、 Al 、 Sn 、 Cr 、 Ti 、 Ni 、 Co 等の1種類以上を用いることができる。また、第1正電極は、実装形態に合わせて、膜厚を調整することで透光性、不透光性に調整することができるが、本発明では第1正電極は透光性となるように膜厚を調整している。透光性となるためには、膜厚は10オングストローム~500オングストローム、好ましくは10オングストローム~200オングストロームに設定される。

【0033】

また、第2正電極5としては、 Au 、 Pt 、 Al 、 Sn 、 Cr 、 Ti 、 Ni 等の1種類以 50

上の金属材料を用いることができる。第2正電極の膜厚は、1000オングストローム～2μmに設定されるのが好ましい。

【0034】

本発明において負電極6は、n型窒化物半導体とオーミック接触が可能な電極材料であれば特に限定されない。例えば、Ti、Al、Ni、Au、W、V等の金属材料の1種類以上を用いることができるが、Ti、W、VをそれぞれベースとするTi/Al、W/Al/W/Au、W/Al/W/Pt/Au、V/Al等の多層構造とすることが好ましい。n型窒化物半導体層とオーミック接触が可能な電極材料を用いることにより V_f を低減させることができる。負電極7の膜厚は、2000オングストローム～5μm、好ましくは5000オングストローム～1.5μmに設定される。

10

【0035】

本発明において、正負の電極間の短絡を防止するため、各電極のバンプ形成面を開口部として、半導体層の表面に絶縁性保護膜7を設けることが好ましい。また、絶縁性保護膜を各電極の上面に少しかかるように形成すると、各電極が接している下地層とはがれるのを抑制することができ好ましい。絶縁性保護膜の材料としては、主波長において透過率が良好で、且つ第1正電極、第2正電極、及び負電極との接着性が良好であれば特に限定されない。また、短波長領域の光をカットする材料を用いると好ましい。例えば、ケイ酸アルカリガラス、ソーダ石灰ガラス、鉛ガラス、バリウムガラス等のガラス組成物、または SiO_2 、 TiO_2 、 GeO_2 、及び Ta_2O_5 等の酸化物が好ましく形成される。また、膜厚は特に限定されるものではないが、主波長における透過率が90%以上に調整される

20

【0036】

(バンプ)

本発明において、発光素子は電極上に少なくとも1つのバンプを有し、該バンプの上面は、前記バンプの側面に接して配置された透光性モールド部材の上面と略同一平面である。このように、バンプの上面及び透光性モールド部材の上面にて略同一平面を構成することにより、実装が容易で且つ信頼性の高い発光装置が得られる。

【0037】

前記バンプは、まず発光素子が個々に切断される前のウエハー状態において、各素子の電極のボンディング面上に形成される(第1の工程)。バンプの材料は、Au、Pt等の金属材料を用いると各電極との密着性及び導電性に優れたバンプを得ることができる。バンプボンダーにて前記金属材料を前記各ボンディング面上に圧着形成させる。バンプ上面の中央先端部分に生ずる突起部分をレベラーにて押圧し平坦化すると、底面側から上面側までほぼ等しい幅を有するバンプを形成することができる。また前記押圧を調整することでバンプの側面の形状を調整することができる。バンプの側面はテーパ形状であることが好ましく、透光性モールド部材中の蛍光物質及び発光素子から発光される光を前記側面にて良好に反射散乱させることで光の取り出し効率を向上させることができる。

30

【0038】

前記金属材料の場合、バンプは20～50μmの高さで形成することが好ましい。また、バンプをメッキ等の材料を用いて厚膜に形成することも可能である。例えば、無電解Niメッキにて5～150μmの高さで形成することができる。また、バンプを無電解Niメッキ上に無電解Auメッキを設けた2層構成にすることもできる。例えば、無電解Niメッキを5～100μmの高さで形成し、前記無電解Niメッキ上に無電解Auメッキを5000オングストローム以下の高さで形成すると、ボンディング性が良好となり好ましい。このようにバンプが形成された素子の半導体層側に蛍光物質含有の透光性モールド部材を設け(第2の工程)、蛍光物質の粒径を考え、前記透光性モールド部材上面と前記バンプの上面が略同一平面を成すように、またバンプ全体の膜厚が5μm～150μm、好ましくは5μm～100μm、より好ましくは50μm～100μmとなるように前記透光性モールド部材と前記バンプを同時に研磨してバンプの表面を露出させる(第3の工程)。このように、バンプの高さを前記範囲にすることにより色調ムラが抑制され、良好な光

40

50

学特性を有する発光装置が得られる。

【0039】

また、本実施の形態で用いられた発光素子のように、同一面側に正負一对の電極を有し可視光を発光する発光素子の場合、負電極付近の電流密度が高くなり色ムラが生じる傾向にある。本発明では、前記発光素子の各電極上にバンプを設け、該バンプの上面が光取り出し面である透光性モールド部材上面と略同一平面となるように構成することにより、各電極間に生じる色ムラを改善することができ、均一に発光することが可能な発光装置が得られる。

【0040】

(蛍光物質)

本発明の発光装置に用いられる蛍光物質は、窒化物系半導体を発光層とする半導体発光素子から発光された光を励起させて発光できるセリウムで付活されたイットリウム・アルミニウム酸化物系蛍光物質をベースとしたものである。

具体的なイットリウム・アルミニウム酸化物系蛍光物質としては、 $YAlO_3 : Ce$ 、 $Y_3Al_5O_{12} : Y : Ce$ ($YAG : Ce$) や $Y_4Al_2O_9 : Ce$ 、更にはこれらの混合物などが挙げられる。イットリウム・アルミニウム酸化物系蛍光物質に Ba 、 Sr 、 Mg 、 Ca 、 Zn の少なくとも一種が含有されていてもよい。また、 Si を含有させることによって、結晶成長の反応を抑制し蛍光物質の粒子を揃えることができる。

【0041】

本明細書において、 Ce で付活されたイットリウム・アルミニウム酸化物系蛍光物質は特に広義に解釈するものとし、イットリウムの一部あるいは全体を、 Lu 、 Sc 、 La 、 Gd 及び Sm からなる群から選ばれる少なくとも1つの元素に置換され、あるいは、アルミニウムの一部あるいは全体を Ba 、 Tl 、 Ga 、 In の何れが又は両方で置換され蛍光作用を有する蛍光体を含む広い意味に使用する。

【0042】

更に詳しくは、一般式 $(Y_z Gd_{1-z})_3 Al_5 O_{12} : Ce$ (但し、 $0 < z < 1$) で示されるフォトルミネセンス蛍光体や一般式 $(Re_{1-a} Sm_a)_3 Re'_5 O_{12} : Ce$ (但し、 $0 < a < 1$ 、 $0 < b < 1$ 、 Re は、 Y 、 Gd 、 La 、 Sc から選択される少なくとも一種、 Re' は、 Al 、 Ga 、 In から選択される少なくとも一種である。) で示されるフォトルミネセンス蛍光体である。

【0043】

この蛍光物質は、ガーネット構造のため、熱、光及び水分に強く、励起スペクトルのピークを 450 nm 付近にさせることができる。また、発光ピークも、 580 nm 付近にあり 700 nm まですそを引くブロードな発光スペクトルを持つ。

【0044】

またフォトルミネセンス蛍光体は、結晶中に Gd (ガドリニウム) を含有することにより、 460 nm 以上の長波長域の励起発光効率を高くすることができる。 Gd の含有量の増加により、発光ピーク波長が長波長に移動し全体の発光波長も長波長側にシフトする。すなわち、赤みの強い発光色が必要な場合、 Gd の置換量を多くすることで達成できる。一方、 Gd が増加すると共に、青色光によるフォトルミネセンスの発光輝度は低下する傾向にある。さらに、所望に応じて Ce に加え Tb 、 Cu 、 Ag 、 Au 、 Fe 、 Cr 、 Nd 、 Dy 、 Co 、 Ni 、 Ti 、 Eu らを含有させることもできる。

【0045】

しかも、ガーネット構造を持ったイットリウム・アルミニウム・ガーネット系蛍光体の組成のうち、 Al の一部を Ga で置換することで発光波長が短波長側にシフトする。また、組成の Y の一部を Gd で置換することで、発光波長が長波長側にシフトする。

【0046】

Y の一部を Gd で置換する場合、 Gd への置換を1割未満にし、且つ Ce の含有(置換)を 0.03 から 1.0 にすることが好ましい。 Gd への置換が2割未満では緑色成分が大きく赤色成分が少なくなるが、 Ce の含有量を増やすことで赤色成分を補え、輝度を低下

10

20

30

40

50

させることなく所望の色調を得ることができる。このような組成にすると温度特性が良好となり発光ダイオードの信頼性を向上させることができる。また、赤色成分を多く有するように調整されたフォトルミネセンス蛍光体を使用すると、ピンク等の中間色を発光することが可能な発光装置を形成することができる。

【0047】

このようなフォトルミネセンス蛍光体は、Y、Gd、Al、及びCeの原料として酸化物、又は高温で容易に酸化物になる化合物を使用し、それらを化学量論比で十分に混合して原料を得る。又は、Y、Gd、Ceの希土類元素を化学量論比で酸に溶解した溶解液を蓚酸で共沈したものを焼成して得られる共沈酸化物と、酸化アルミニウムとを混合して混合原料を得る。これにフラックスとしてフッ化バリウムやフッ化アンモニウム等のフッ化物を適量混合して坩堝に詰め、空气中1350～1450℃の温度範囲で2～5時間焼成して焼成品を得、つぎに焼成品を水中でボールミルして、洗浄、分離、乾燥、最後に篩を通すことで得ることができる。

10

【0048】

本願発明の発光ダイオードにおいて、このようなフォトルミネセンス蛍光体は、2種類以上のセリウムで付活されたイットリウム・アルミニウム・ガーネット蛍光体や他の蛍光体を混合させてもよい。

【0049】

他にも青色、青緑色や緑色を吸収して赤色が発光可能な蛍光体としては、Eu及び/又はCrで付活されたサファイア(酸化アルミニウム)蛍光体やEu及び/又はCrで付活された窒素含有Ca-Al₂O₃-SiO₂蛍光体(オキシナイトライド蛍光硝子)等が挙げられる。これらの蛍光体を利用して発光素子からの光と蛍光体からの光の混色により白色光を得ることもできる。

20

【0050】

また、蛍光体が含有される透光性モールド部材の粘度や蛍光体の粒径が形成時の量産性に影響する。すなわち、透光性モールド部材となる材料の粘度が低い場合や、蛍光体の粒径が大きい場合は透光性モールド部材となる材料との比重差による分離沈降が促進する傾向にある。また、粉碎工程での結晶破壊などにより、無機蛍光体では粒径が小さくなると変換効率が低下する傾向にある。さらに、あまり小さくなりすぎると凝集体を構成するために透光性モールド部材中への分散性が低下し発光装置からの色ムラや輝度ムラを引き起こす傾向にある。そのため、透光性モールド部材の材料や蛍光体にもよるが、蛍光体の平均粒径は1～100μmが好ましく、5～50μmがより好ましい。ここで平均粒径とは、空気透過法を基本原理としてサブミクロンサイザーにて測定された平均粒子径を示す。

30

【0051】

また、発光出力を向上させるためには、本発明で用いられる蛍光物質の平均粒径は10μm～50μmが好ましく、より好ましくは15μm～30μmである。このような粒径を有する蛍光物質は光の吸収率及び変換効率が高く且つ励起波長の幅が広い。このように、光学的に優れた特徴を有する大粒径蛍光物質を含有させることにより、発光素子の主波長周辺の光をも良好に変換し発光することが可能となり、発光装置の量産性が向上される。

【0052】

また、この平均粒径値を有する蛍光物質が頻度高く含有されていることが好ましく、頻度値は20%～50%が好ましい。このように粒径のバラツキが小さい蛍光物質を用いることにより色ムラが抑制され良好な色調を有する発光装置が得られる。

40

【0053】

本発明に用いられる具体的蛍光物質として、Ceで付活されたYAG系蛍光体(Y、Lu、Sc、La、Gd及びSmから選ばれた少なくとも1つの元素と、Al、Ga、及びInからなる群から選ばれた少なくとも1つの元素とを含んでなるセリウムで付活されたガーネット系蛍光体)を挙げる。YAG系蛍光体は、Y、Gd、Ceの希土類元素を化学量論比で酸に溶解した溶解液を蓚酸で沈降させる。これを焼成して得られる共沈酸化物と酸化アルミニウムを混合して混合原料を得る。これにフラックスとしてフッ化アンモニウム

50

を混合して坩堝に詰め、空气中1400の温度で170分焼成して焼成品が得られる。焼成品を水中でボールミルして洗浄、分離、乾燥、最後に篩を通してYAG系蛍光体を形成させることができる。

【0054】

同様に、本発明に用いられる他の具体的蛍光体として、Eu及び/又はCrで付活された窒素含有CaO-Al₂O₃-SiO₂蛍光体が挙げられる。このEu及び/又はCrで付活された窒素含有CaO-Al₂O₃-SiO₂蛍光体は、酸化アルミニウム、酸化イットリウム、窒化珪素及び酸化カルシウムなどの原料に希土類原料を所定比に混合した粉末を窒素雰囲気下において1300から1900（より好ましくは1500から1750）において熔融し成形させる。成形品をボールミルして洗浄、分離、乾燥、最後
10
に篩を通して蛍光体を形成させることができる。これにより450nmにピークをもった励起スペクトルと約650nmにピークがある青色光により赤色発光が発光可能なEu及び/又はCrで付活されたCa-Al-Si-O-N系オキシナイトライド蛍光硝子とすることができる。

【0055】

なお、Eu及び/又はCrで付活されたCa-Al-Si-O-N系オキシナイトライド蛍光硝子の窒素含有量を増減することによって発光スペクトルのピークを575nmから690nmに連続的にシフトすることができる。同様に、励起スペクトルも連続的にシフトさせることができる。そのため、Mg、Znなどの不純物がドーブされたGaNやInGaNを発光層に含む窒化ガリウム系化合物半導体からの光と、約580nmの蛍光体の
20
光の合成光により白色系を発光させることができる。特に、約490nmの光が高輝度に発光可能なInGaNを発光層に含む窒化ガリウム系化合物半導体からなる発光素子との組合せに理想的に発光を得ることもできる。

【0056】

また、上述のCeで付活されたYAG系蛍光体とEu及び/又はCrで付活された窒素含有Ca-Al-Si-O-N系オキシナイトライド蛍光硝子とを組み合わせることにより青色系が発光可能な発光素子を利用してRGB（赤色、緑色、青色）成分を高輝度に含む極めて演色性の高い発光ダイオードを形成させることもできる。このため、所望の顔料を添加するだけで任意の中間色も極めて簡単に形成させることができる。本発明においては
30
何れの蛍光体も無機蛍光体であり、有機の光散乱剤やSiO₂などを利用して高コントラストと優れた量産性が両立した発光ダイオードを形成させることができる。

【0057】

（透光性モールド部材）

このような蛍光物質を透光性モールド部材に含有させる。透光性モールド部材の材料としては、発光素子及び蛍光物質からの光に対して耐光性が高く、透光性に優れたものが好ましい。また、発光素子を被覆する保護膜として働く場合には、ある程度の剛性が要求される。透光性モールド部材の材料として、具体的にはエポキシ樹脂、シリコン樹脂、ウレタン樹脂、不飽和ポリエステル樹脂、アクリルウレタン樹脂、ポリイミド樹脂等の無溶剤、あるいは溶剤タイプの液状透光性熱硬化樹脂が好適に挙げられる。同様に、アクリル樹脂、ポリカーボネート樹脂、ポリノルボルネン樹脂等の溶剤タイプの液状透光性熱可塑樹
40
脂も利用することができる。更に、有機物だけでなく二酸化珪素などの無機物やゾル-ゲル法にて形成した二酸化珪素及びアクリル樹脂などを混合したハイブリッド樹脂も好適に利用することができる。また、凸レンズ部材など更に透光性モールド部材を樹脂等にて被覆する場合は、凸レンズ部材等との密着性を考慮して上述で記載した樹脂から選択利用することができる。

【0058】

本発明において、蛍光物質含有の透光性モールド部材9は、ウエハー状態の素子の上面及び側面に設けられる。このようにウエハーの状態で行うことで、後に研磨を行い好ましい膜厚に調整することができ、理想的な色調を有する発光装置を形成することができる。また、前記蛍光物質含有の透光性モールド部材は、素子の側面まで覆うように設けることに
50

より、素子側面からの光を色変換させて放出することができ色調ムラを抑制することができる。また、本発明の発光ダイオードは、蛍光物質含有の透光性モールド部材中に、ワイヤー等電氣的に接続するのに必要なものが存在しないため、光を遮断するものがなく、光取り出し効率は良好である。

【0059】

本発明において、発光面となる透光性モールド部材の上面は、発光素子の電極上にパンプの上面と略同一平面である。ここで、本明細書において略同一平面とは、前記パンプの側面全体が前記透光性モールド樹脂にて被膜されていればよく広義のものとする。このようにパンプの側面を露出させることなく前記透光性モールド部材にて被覆することにより、前記パンプと前記透光性モールド部材との界面から水分が吸収されてしまうのを防止することができ好ましい。また、前記モールド部材の上面の形状は特に限定されるものではなく、曲線を帯びていてもよいし凹凸を有していてもよく、このような構成の場合レンズ効果が得られ良好な指向特性が得られる。

10

【0060】

このようにして得られた発光装置は、パンプ8の上面及び蛍光物質含有の透光性モールド部材9とからなる発光装置の上面と発光装置の基板側底面とが略平行であると様々な実装が可能となり好ましい。更に前記発光装置が略直方体であると、容易に複数の発光装置を密に実装することができ好ましい。特に、同一面側に両電極を有する発光素子を用いる場合、前記各電極上にそれぞれパンプを設け、各正負の電極の導電接続部分が素子底面側から互いに等しい高さとする事で、リード電極等の外部電極と発光装置とをワイヤーにて導電をとる際に、各ワイヤーのループ形状及び進入角を等しくすることができる。これによりワイヤーの強度が向上され、外力等によるワイヤー切れを防止することができる。

20

【0061】

更に、図5に示すように、前記蛍光物質含有の透光性モールド部材を、発光素子の各電極上に設けられたパンプの上面を開口部として前記発光素子の周囲を覆うように四方八方に設けても良い。このように構成すると発光素子から発光される光を全て良好に変換することができ、均一に発光することが可能な発光装置が得られる。特に基板側底面にも蛍光物質含有の透光性モールド部材を設けるとフリップ実装が可能となり出力向上を図ることができる。一方、前記発光装置の基板側を実装基板に対向させダイボンド樹脂にて固定する場合、前記ダイボンド樹脂中に前記蛍光物質を含有させることで発光素子の基板底面側から発光される光を良好に変換し外部に取り出すことができる。

30

【0062】

(反射膜)

本発明に用いられる反射膜11は、基板側から発光される光が外部に放出されるのを抑制し光取り出し効率を向上させ、より良好な発光を得るためのものである。好ましい反射膜の材料として、多層膜で形成された酸化膜や種々の金属等が挙げられる。特に形成のしやすさの観点から金属膜を用いることが好ましい。金属膜として、具体的には反射率の高いAg、Al及びそれらの合金等が挙げられる。これらの金属膜はスパッタリング法や真空蒸着法等によって形成することができる。本発明において反射膜は、少なくとも基板の底面を覆うように形成されていればよく、好ましくはチップの側面及び底面を覆うように連続して形成される。

40

【0063】

【実施例】

以下、本発明に係る実施例の発光ダイオードについて説明する。なお、本発明は以下に示す実施例のみに限定されるものではない。

【0064】

[実施例1]

サファイア(C面)よりなる絶縁性基板1上に各半導体層2, 3及び青色(470nm)が発光可能な発光層(図示していない)をMOVPE法により形成する。アニーリング後、ウェハーを反応容器から取り出し、最上層のp型窒化物半導体層の表面に所定のSiO₂

50

2等からなる絶縁膜を成膜した後、前記絶縁膜表面上に所定の形状のレジスト膜を形成し、R I E（反応性イオンエッチング）装置でp型窒化物半導体層側からエッチングを行い、負電極を形成するn型窒化物半導体層の表面を露出させる。次に、前記絶縁膜を酸により剥離した後、最上層にあるp型窒化物半導体層上のほぼ全面にN i / A uからなる第1正電極4を、470nmの波長の光透過率が40%で且つ表面抵抗率が2 / となるように、膜厚200オングストロームで形成する。次に、前記第1正電極上に、リフトオフ法によりA uからなる第2正電極5を膜厚0.7μmで形成する。一方、エッチングにより露出させたn型窒化物半導体層の表面には、同じくリフトオフ法によりW / A l / W / A uからなる負電極6を膜厚0.8μmで形成し、L E D素子とする。

【0065】

次に、パターニングにより、各電極のボンディング部のみを露出させ素子全体を覆うようにS i O₂よりなる絶縁性保護膜7を470nmの波長において光透過率が90%となるように膜厚2μmで形成する。

【0066】

以上のようにして形成された窒化物半導体ウエハーにおいて、図3-(a)のように、ダイシングにより半導体層側面に蛍光物質含有の透光性モールド部材を設けるための凹部を形成する。このようにダイシングすることにより発光素子の発光層の側面に蛍光物質含有の透光性モールド部材を配置することができ色ムラを抑制することができ好ましい。またウエハーをスクライブする際、該ウエハーにかかる圧力を低減させることができ基板の反りや劈開を抑制することができる。ダイシング後、各電極の各ボンディング面上にパンプボンバーにてパンプ8の材料であるA uを高さ50μmで圧着させる。（第1の工程）。

【0067】

一方、蛍光物質として(Y_{0.8}Gd_{0.2})₃Al₅O₁₂:Ceを80重量部、エポキシ樹脂100重量部と酸無水物、硬化促進剤及び拡散剤としてS i O₂を65で十分に攪拌させ、蛍光物質含有の透光性モールド部材9となる材料を形成する。このときのエポキシ樹脂の粘度は700c pである。このように形成された蛍光物質含有の透光性モールド部材となる材料を、ディップにより前記パンプを覆うように膜厚150μmで被覆させる（第2の工程）。これを85 180分の一次硬化、140 240分の二次硬化によって硬化させる。

【0068】

次に、発光素子の発光面から該透光性モールド部材上面が40μmとなるように、各パンプ8及び蛍光物質含有の透光性モールド部材9を半導体層側から共に研磨してパンプ8の表面を露出させる（第3の工程）。また、基板を厚さが120μmとなるように基板側から研削・研磨する。

【0069】

最後に、窒化物半導体ウエハーの切断される位置の透光性モールド部材をダイシングにより除去した後、スクライバーによりスクライブラインを引き外力によって300μm角のチップ状に切断する（第4の工程）。

【0070】

以上のようにして形成された発光ダイオードを用いて白色L E Dランプを形成すると、歩留まりは95%である。このように、本発明である発光ダイオードを使用することで、量産性良く発光装置を生産でき、信頼性が高く且つ色調ムラの少ない発光装置を提供することができる。

【0071】

（比較例1）

これに対して、絶縁膜を設けた後に窒化物半導体層半導体ウエハーをチップ状に切断し、個々の発光素子をマウントリードのカップ内底面に配置し、ワイヤーにより電氣的に接続した後に、まず蛍光物質含有透光性モールド部材を発光素子を覆うようにカップ内に充填させ、その後透光性の凸レンズ部材を設ける以外は実施例1と同様にして発光ダイオードを形成すると、歩留まりは85%である。また、実施例1の発光ダイオードと比較すると

10

20

30

40

50

色調にムラが見られる。

【0072】

(実施例2)

第4の工程後、個々の発光ダイオードにシート・エキスパンド10を用いてスパッタ法によりサファイア基板側に反射膜11を形成する第5の工程を行う以外は実施例1と同様にして発光ダイオードを形成すると、実施例1と同様の効果が得られる。また、端面の光を良好に発光面に取り出すことができ高出力の発光ダイオードが得られる。

【0073】

(実施例3)

第4の工程後、個々の発光ダイオードに、基板側から基板の周囲に蛍光物質含有の透光性モールド部材を形成する以外は実施例1と同様にして発光ダイオードを形成すると、発光素子上に設けられたパンプの露出面以外の全て外周に前記蛍光物質含有の透光性モールド部材を有する発光装置が得られ、実施例1と同様の効果が得られる他、発光素子の四方八方から発光される光を良好に色変換することができるため、色ムラが抑制され更に均一な発光が得られる。

【0074】

一方、蛍光物質として $(Y_{0.8}Gd_{0.2})_3Al_5O_{12}:Ce$ を80重量部、シラノール $(Si(OEt)_3OH)$ 100重量部、更に前記シラノールの2倍の重量でエタノールを混合してスラリーを形成し、該スラリーをノズルからウエハーに吐出させて蛍光物質含有の透光性モールド部材の材料と塗布した後、300℃にて3時間加熱してシラノールを SiO_2 とし、蛍光物質をウエハー上に固着させる以外は実施例1と同様にして発光装置を形成すると、実施例1と同様の効果が得られる。

【0075】

【発明の効果】

詳細に説明したように、本発明に係る発光装置は、ウエハーをチップ状に切断する前に、各電極上にパンプを形成して導電部分を嵩上げし、蛍光物質含有透光性モールド部材を半導体層側に設けることで、信頼性が高く且つ光学特性に優れた色変換型発光装置を効率よく生産することができる。

【0076】

また、本発明の発光装置は、パンプ露出面を開口部として発光素子の周囲全面に蛍光物質含有の透光性モールド部材を有するため、発光素子からの光を蛍光物質にて効率よく変換させることができ、所望とする色調を均一に発光することができる。このため、発光素子からの光による外部の劣化を抑制することができる。

【0077】

また、基板側に連続した絶縁性反射膜を設けることにより、光取り出し効率が良好で発光ムラの少ない発光装置とすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る実施の形態の発光ダイオードの模式的断面図である。

【図2】本発明に係る実施の形態の他の態様の発光ダイオードの模式的平面図である。

【図3】本発明に係る実施の形態の発光ダイオードの形成方法である。

【図4】本発明に係る実施の形態の他の発光ダイオードの形成方法の一工程である。

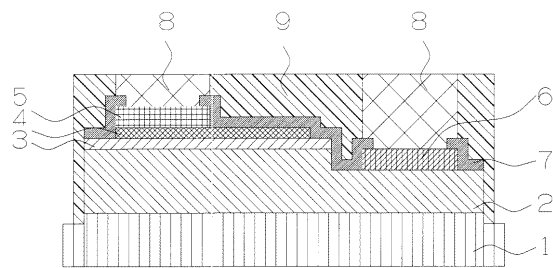
【図5】本発明に係る実施の形態の他の発光ダイオードの模式的断面図である。

【符号の説明】

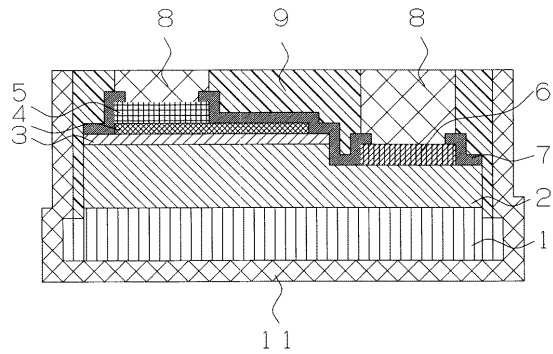
- 1・・・基板
- 2・・・n型窒化物半導体層
- 3・・・p型窒化物半導体層
- 4・・・第1正電極
- 5・・・第2正電極

- 6 . . . 負電極
- 7 . . . 絶縁膜
- 8 . . . パンプ
- 9 . . . 蛍光物質含有の透光性モールド部材
- 10 . . . シート・エキスパンド
- 11 . . . 反射膜

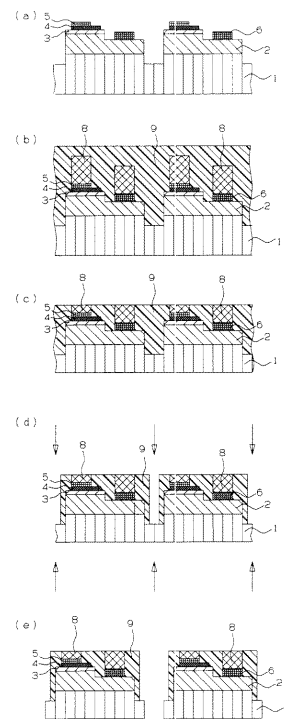
【図 1】



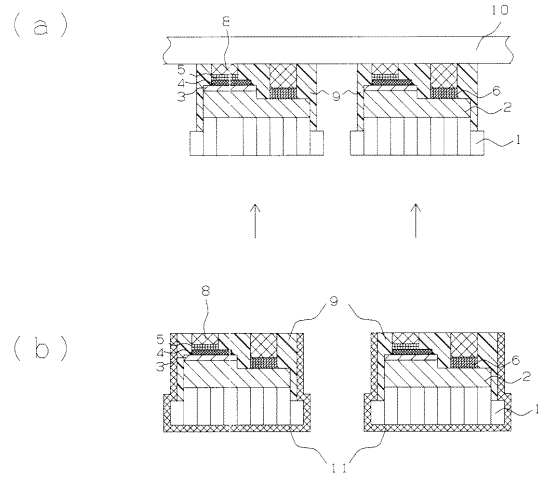
【図 2】



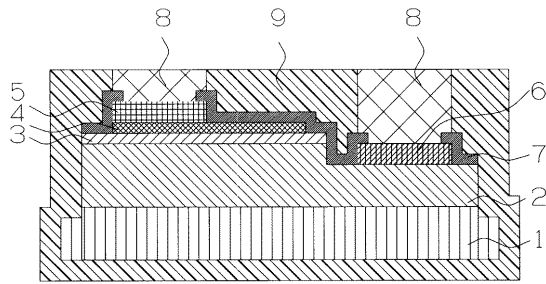
【図 3】



【 図 4 】



【 図 5 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2000-244012(JP,A)
特表平11-500584(JP,A)
国際公開第98/005078(WO,A1)
特開平10-270754(JP,A)
特開平10-125952(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)
H01L 33/00
H01L 21/60