

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5481587号
(P5481587)

(45) 発行日 平成26年4月23日(2014.4.23)

(24) 登録日 平成26年2月21日(2014.2.21)

(51) Int.Cl. F I
 HO 1 L 33/50 (2010.01) HO 1 L 33/00 4 1 0
 HO 1 L 33/60 (2010.01) HO 1 L 33/00 4 3 2

請求項の数 8 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2013-91590 (P2013-91590)	(73) 特許権者	507194969
(22) 出願日	平成25年4月24日(2013.4.24)		ソウル セミコンダクター カンパニー
(62) 分割の表示	特願2011-113396 (P2011-113396) の分割		リミテッド
原出願日	平成19年12月25日(2007.12.25)		大韓民国 ソウル クムチョン-グ シフ
(65) 公開番号	特開2013-175767 (P2013-175767A)		ンダエロ 153-ギル59
(43) 公開日	平成25年9月5日(2013.9.5)		59, Siheungdaero 153
審査請求日	平成25年4月24日(2013.4.24)		-gil Geumcheon-gu, S
(31) 優先権主張番号	10-2006-0133993	(74) 代理人	110000408
(32) 優先日	平成18年12月26日(2006.12.26)		特許業務法人高橋・林アンドパートナーズ
(33) 優先権主張国	韓国 (KR)	(72) 発明者	チョイ ヒョク ジョン
(31) 優先権主張番号	10-2006-0136442		大韓民国 京畿道 安山市 檀園区 元時
(32) 優先日	平成18年12月28日(2006.12.28)		洞 727-5 1-35 ブロック
(33) 優先権主張国	韓国 (KR)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発光素子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板上に配置されて第1波長の光を放出する第1発光ダイオードと、
 前記第1発光ダイオードを覆い、前記第1発光ダイオードから放射された第1波長の光の少なくとも一部を波長変換させる蛍光体を含有する波長変換物質層と、
 前記第1発光ダイオード及び波長変換物質層から離隔して前記基板上に配置され、前記第1波長の光より長波長である第2波長の光を放射する第2発光ダイオードと、
 前記波長変換物質層の少なくとも一部の領域上に形成され、高屈折率を有する誘電体層と低屈折率を有する誘電体層の少なくとも一対を含み、前記波長変換物質層に入射される前記第2波長の光を反射させる誘電体多層膜反射ミラーとを有することを特徴とする発光素子。

【請求項 2】

前記第1の波長の光から前記波長変換材料層によって波長変換された光の波長は、第2の波長の光よりも短波長であり、前記波長変換材料層によって波長変換された光は、前記誘電体多層膜反射ミラーを透過することを特徴とする請求項1に記載の発光素子。

【請求項 3】

前記第1発光ダイオードを中心として前記第2発光ダイオードと対称に配置される別途の第2発光ダイオードをさらに有することを特徴とする請求項1に記載の発光素子。

【請求項 4】

前記誘電体多層膜反射ミラーは、前記対称に配置される第2発光ダイオードと互いに対

向するように前記波長変換物質層の少なくとも一部の領域上に配置されていることを特徴とする請求項 3 に記載の発光素子。

【請求項 5】

前記各誘電体層は、それぞれの厚さ d が、 $d = (2m - 1) / 4n$ (ここで、 n は、各誘電体層の屈折率を示し、 λ は、第 2 波長を示し、 m は、1 以上の整数を示す。) の関係を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の発光素子。

【請求項 6】

前記波長変換物質層及び第 2 発光ダイオードを覆う密封樹脂をさらに有し、該密封樹脂は、前記高屈折率を有する誘電体層に比べて相対的に低い屈折率を有することを特徴とする請求項 1 に記載の発光素子。

10

【請求項 7】

前記波長変換物質層は、前記第 1 発光ダイオード上に均一な厚さで形成された物質層であることを特徴とする請求項 1 に記載の発光素子。

【請求項 8】

前記第 1 発光ダイオードは、ピーク波長が 490 nm 以下である青色光または紫外線を放射し、

前記第 2 発光ダイオードは、ピーク波長が 580 nm 以上である赤色光を放射することを特徴とする請求項 1 に記載の発光素子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

20

【0001】

本発明は、発光素子に関し、特に、発光ダイオードから放射された光または波長変換された光が発光素子の内部で損失することを防止できる発光素子に関するものである。

【背景技術】

【0002】

化合物半導体発光ダイオードで製作された発光素子は、カラー具現が可能であり、表示灯、電光板及びディスプレイ用として広く使用されている。特に、発光素子は、白色光を具現することができるようになってから、液晶ディスプレイパネルの光源及び一般の照明用としても使用されている。

【0003】

30

一般的に、青色発光ダイオード (light emitting diode: 以下、LED と記す) と蛍光体とを組み合わせることで白色光を具現することができ、青色 LED と YAG 蛍光体を使用して白色光を具現した発光素子が、特許文献 1 として開示されている。

【0004】

しかしながら、青色光と黄色光との混合光によって白色光を具現した上述の技術は、赤色波長領域の光不足によって色再現性及び演色性が良好でない。また、青色 LED、緑色 LED 及び赤色 LED を含む 3 個の LED を採択して白色光を具現することができるが、LED から放射される光の波長領域が狭いので、色再現性に優れているが、演色性が良好でない。

【0005】

40

一方、上記のような問題を解決するために青色 LED、緑色蛍光体及び赤色蛍光体を使用したり、青色 LED 及び蛍光体と共に赤色 LED を採択して白色光を具現した発光素子が、特許文献 2 として開示されている。

これによると、緑色蛍光体と赤色蛍光体を全て含有する透光性樹脂で青色 LED を覆うことで、色再現性及び演色性に優れた白色光を具現することができる。また、青色 LED、緑色蛍光体及び赤色 LED を採択して色再現性を向上させることができる。ここで、緑色蛍光体を含有する透光性樹脂が青色 LED を覆うことで、青色 LED から放射された光の一部を緑色光に変換させる。さらに、青色 LED、赤色 LED 及び紫外線 LED を採択し、緑色蛍光体を含有する透光性樹脂で前記紫外線 LED を覆うことで白色光を具現する例も紹介されている。

50

【0006】

しかしながら、特許文献2に開示された発光素子において、青色LED、緑色及び赤色蛍光体を採択した発光素子の場合、緑色蛍光体と赤色蛍光体が同一の透光性樹脂内に分布しており、緑色蛍光体から放射された緑色光が赤色蛍光体に吸収される。一般的に、蛍光体は、励起波長によって波長変換効率が異なっており、青色LEDから放射された光を赤色光に波長変換させる赤色蛍光体は、青色光を赤色光に変換させる波長変換効率に優れている。したがって、赤色蛍光体に吸収されたほとんどの緑色光は、熱に変換されて消滅する。結果的に、緑色蛍光体と赤色蛍光体を透光性樹脂内に全て含ませた場合、緑色光が不足するとともに、消滅する光が多く発生することで発光効率が減少するという問題がある。

10

【0007】

また、蛍光体で波長変換された光は、青色LEDに再び入射される。青色LEDに入射された光は、青色LEDを通過し、青色LEDが実装された基板の底面に吸収されて消滅することで、発光効率が一層減少するという問題がある。

【0008】

一方、赤色LEDを追加した発光素子の場合、赤色LEDから放射された赤色光のうち少なくとも一部は、蛍光体を含有した透光性樹脂内に入射され、青色LEDまたは紫外線LEDに入射される。透光性樹脂内に入射された赤色光は、蛍光体を励起させないが、蛍光体によって散乱・反射されて損失される。また、青色LEDや短波長可視光線LEDに入射された赤色光は、上記LED内で反射によって損失される。その結果、赤色光の強度が弱くなり、これを補償するためには、赤色LEDの使用数や赤色LEDの駆動電流を増加させなければならないという問題がある。

20

【0009】

【特許文献1】特開2002-064220号公報

【特許文献2】米国特許出願公開第2004/0207313A1号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

そこで、本発明は上記従来の発光素子における問題点を鑑みてなされたものであって、本発明の目的は、波長変換された光が再び蛍光体に吸収されて消滅することを防止できる発光素子を提供することにある。

30

【0011】

また、本発明の他の目的は、波長変換された光が再び発光ダイオードに入射されて消滅することを防止できる発光素子を提供することにある。

さらに、長波長の光を放出する発光ダイオードから放出された光が、短波長の光を放出するLEDや蛍光体によって損失されることを防止できる発光素子を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0012】

上記目的を達成するためになされた本発明による発光素子は、基板上に配置されて第1波長の光を放射する発光ダイオードと、前記発光ダイオードを覆う透明モールドング部と、前記透明モールドング部上に配置され、前記発光ダイオードから放射された第1波長の光をそれより長波長である第2波長の光に変換する蛍光体を含有する下部波長変換物質層と、前記下部波長変換物質層上に配置され、前記発光ダイオードから放射された第1波長の光をそれより長波長で、さらに前記第2波長より短波長である第3波長の光に変換する蛍光体を含有する上部波長変換物質層とを有することを特徴とする。

40

これによって、波長変換物質層で波長変換された光が蛍光体によって損失されることを防止することができる。また、透明モールドング部が下部波長変換物質層と発光ダイオードとの間に介在されることで、波長変換された光が発光ダイオードに再び入射されて損失されることを減少させることができる。

50

【0013】

前記透明モールディング部、前記下部波長変換物質層、及び前記上部波長変換物質層の順に屈折率が増加することが好ましい。

これによって、前記発光ダイオードから放出された光が内部全反射によって損失されることを防止することができる。

【0014】

また、前記下部波長変換物質層は、前記透明モールディング部を露出させる少なくとも一つの開口部を有し、該開口部は、前記上部波長変換物質層によって充填されることが好ましい。

したがって、発光ダイオードから放射された光の一部は、下部波長変換物質層を経ずに上部波長変換物質層に入射され、その内部に含有された蛍光体を励起させることができる。

10

【0015】

前記第1波長の光は青色光であり、前記第2波長の光は赤色光であり、前記第3波長の光は緑色光であることが好ましい。

これによって白色光が具現される。

【0016】

一方、前記透明モールディング部、前記下部及び上部波長変換物質層は、モールド型を用いてモールディングして形成されることが好ましい。

また、前記透明モールディング部は、シリコン樹脂で形成され、前記下部及び上部波長変換物質層は、エポキシ樹脂で形成されることが好ましい。

20

つまり、透明モールディング部は、下部及び上部波長変換物質層に比べて小さい硬度を有する。また、上部波長変換物質層は、下部波長変換物質層に比べて高い硬度を有する。

【0017】

前記透明モールディング部と前記下部波長変換物質層との間に介在する下部誘電体多層膜反射ミラーと、前記下部波長変換物質層と前記上部波長変換物質層との間に介在する上部誘電体多層膜反射ミラーとをさらに有することが好ましい。

これによって誘電体多層膜反射ミラーは、高い屈折率を有する誘電体層と、低い屈折率を有する誘電体層が繰り返して形成されて高反射度を示す。これによって、上部波長変換物質層で波長変換された第2波長の光が下部波長変換物質層に入射することを防止することができ、下部波長変換物質層で波長変換された第2波長の光が透明モールディング部に入射することを防止することができる。

30

【0018】

前記下部誘電体多層膜反射ミラー内の各誘電体層の厚さは、 $(2m - 1) \lambda_2 / 4n_2$ (ここで、 n_2 は、各誘電体層の屈折率を示し、 λ_2 は、第2波長を示し、 m は、1以上の整数を示す。) の関係を満足し、

前記上部誘電体多層膜反射ミラー内の各誘電体層の厚さは、 $(2k - 1) \lambda_3 / 4n_3$ (ここで、 n_3 は、各誘電体層の屈折率を示し、 λ_3 は、第3波長を示し、 k は、1以上の整数を示す。) の関係を満足することが好ましい。

上記各式において、 m 及び k は1であることが好ましい。

40

【0019】

さらに、前記下部波長変換物質層は、前記透明モールディング部を露出させる少なくとも一つの開口部を有し、該開口部は、前記上部波長変換物質層によって充填されることが好ましい。

このとき、前記上部誘電体多層膜反射ミラーは、前記開口部内の前記透明モールディング部と前記上部波長変換物質層との間に延長されることが好ましい。

【0020】

また、上記目的を達成するためになされた本発明による発光素子は、基板上に配置されて第1波長の光を放出する第1発光ダイオードと、前記第1発光ダイオードを覆い、前記第1発光ダイオードから放射された第1波長の光の少なくとも一部を波長変換させる蛍光

50

体を含有する波長変換物質層と、前記第1発光ダイオード及び波長変換物質層から離隔して前記基板上に配置され、前記第1波長の光より長波長である第2波長の光を放射する第2発光ダイオードと、前記波長変換物質層上に形成され、高屈折率を有する誘電体層と低屈折率を有する誘電体層の少なくとも一対を含み、前記波長変換物質層に入射される前記第2波長の光を反射させる誘電体多層膜反射ミラーとを有することを特徴とする。

これによって、第2発光ダイオードから放出された光が波長変換物質層に入射されて損失されることを防止することができ、第2波長の光の発光効率を向上させることができる。

【0021】

前記各誘電体層は、それぞれの厚さ d が、 $d = (2m - 1) / 4n$ (ここで、 n は、各誘電体層の屈折率を示し、 λ は、第2波長を示し、 m は、1以上の整数を示す。) の関係を満足することが好ましい。

前記 m は、1であることが好ましい。

【0022】

前記波長変換物質層及び第2発光ダイオードを覆う密封樹脂をさらに有し、該密封樹脂は、前記高屈折率を有する誘電体層に比べて相対的に低い屈折率を有することが好ましい。

【0023】

前記第1発光ダイオードを中心として前記第2発光ダイオードと対称に配置される別途の第2発光ダイオードをさらに有することが好ましい。

これにより、第1発光ダイオードを中心に対称的に第2発光ダイオードが配置されるので、均一な輝度の混合光を具現することができる。

【0024】

前記誘電体多層膜反射ミラーは、前記波長変換物質層上の一部領域に形成されることが好ましい。

これによって、第2発光ダイオードから波長変換物質層に入射される第2波長の光を反射させるとともに、第1発光ダイオードから放射された光と、蛍光体によって波長変換された光が反射ミラーによって損失することを減少させることができる。

【0025】

前記波長変換物質層は、前記発光ダイオード上に均一な厚さで形成された物質層であることが好ましい。

また、前記第1発光ダイオードは、ピーク波長が490nm以下である青色光または紫外線を放射し、前記第2発光ダイオードは、ピーク波長が580nm以上である赤色光を放射することが好ましい。

【発明の効果】

【0026】

本発明に係る発光素子によれば、複数個の波長変換物質層を採択して混合光を具現し、相対的に長波長の光に波長変換させる蛍光体を含有した波長変換物質層上に、相対的に短波長の光に波長変換させる蛍光体を含有した波長変換物質層を配置することで、波長変換された光が蛍光体によって損失されることを防止可能な発光素子を提供することができるという効果がある。

また、各波長変換物質層と発光ダイオードとの間に透明モールド部を配置することで、蛍光体によって波長変換された光が発光ダイオードに再び入射されて損失されることを防止することができるという効果がある。

【0027】

さらに、誘電体多層膜反射ミラーを採択することで、波長変換された光が蛍光体または発光ダイオードに再び入射されて損失されることを防止可能な発光ダイオードを提供することができるという効果がある。

また、誘電体多層膜反射ミラーを採択することで、相対的に長波長の光を放出する第2発光ダイオードから放射された光が波長変換物質層内に入射され、蛍光体や短波長の光を

10

20

30

40

50

放射する第1発光ダイオードによって損失されることを防止可能な発光素子を提供することができるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【0028】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る複数個の波長変換物質層を有する発光素子の断面図である。

【図2】本発明の第2の実施形態に係る複数個の波長変換物質層を有する発光素子の断面図である。

【図3】本発明の第3の実施形態に係る複数個の波長変換物質層を有する発光素子の断面図である。

【図4】本発明の第4の実施形態に係る誘電体多層膜反射ミラーを採択した発光素子の断面図である。

【図5】図4のA部分を拡大した部分断面図である。

【図6】本発明の第5の実施形態に係る誘電体多層膜反射ミラーを採択した発光素子の断面図である。

【図7】本発明の第6の実施形態に係る誘電体多層膜反射ミラーを採択した発光素子の断面図である。

【図8】本発明の第7の実施形態に係る誘電体多層膜反射ミラーを採択した発光素子の断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0029】

次に、本発明に係る発光素子を実施するための最良の形態の具体例を図面を参照しながら説明する。

【0030】

下記の実施形態は、当業者に本発明の思想を伝達するための例として提供される。したがって、本発明は、以下に説明した実施形態に限定されず、他の形態で具体化されることもできる。そして、図面において、構成要素の幅、長さ及び厚さなどは、説明の便宜上、誇張されて表現されることもできる。明細書の全般における同一の参照番号は、同一の構成要素を示している。

【0031】

図1は、本発明の第1の実施形態に係る複数個の波長変換物質層を有する発光素子の断面図である。

図1を参照すると、基板20上に発光ダイオード23が搭載される。基板20は、図に示すように、リード電極21a、21bを有する印刷回路基板であるが、リードフレーム、ヒートシンクまたはプラスチックパッケージ本体などの発光ダイオードが実装されるものであれば、特別に制限されない。また、発光ダイオードは、例えば、サファイア、SiC、スピネルなどの基板上にGaAlInN系の化合物半導体層を成長させて形成されたもので、紫外線または青色光の第1波長の光を放射することができる。

【0032】

発光ダイオード23は、導電性接着剤（図示せず）を通してリード電極21aに付着され、ボンディングワイヤを通してリード電極21bに電氣的に接続される。これとは異なって、発光ダイオード23は、二つのボンディングワイヤを通してリード電極21a、21bに電氣的に接続されるか、または、サブマウント（図示せず）上に付着されてリード電極21a、21bに電氣的に接続されることもある。

【0033】

透明モルディング部25は、基板20上に形成されて発光ダイオード23を覆う。また、透明モルディング部25は、ボンディングワイヤを覆うことができる。

透明モルディング部25は、相対的に小さい硬度値を有する樹脂、例えば、シリコン樹脂で形成される。透明モルディング部25は、蛍光体を含有していないので、発光ダイオード23から透明モルディング部25に入射された光が、発光ダイオード23付近

10

20

30

40

50

で波長変換され、再び発光ダイオード 23 に入射されることを防止することができる。

【0034】

透明モルディング部 25 上に下部波長変換物質層 27 が配置される。下部波長変換物質層 27 は、発光ダイオード 23 から放射された第 1 波長の光を第 2 波長の光に変換させる蛍光体を含有する。

第 2 波長の光は、第 1 波長の光より長波長であり、例えば、第 1 波長の光が紫外線または青色光である場合、第 2 波長の光は赤色光である。これによって、発光ダイオード 23 から放射された第 1 波長の光の一部は、下部波長変換物質層 27 内に含有された蛍光体によって第 2 波長の光に変換される。

【0035】

さらに、下部波長変換物質層 27 上に上部波長変換物質層 29 が配置される。上部波長変換物質層 29 は、発光ダイオード 23 から放射された第 1 波長の光を第 3 波長の光に変換させる蛍光体を含有する。第 3 波長の光は、第 1 波長の光より長波長で、第 2 波長の光より短波長であり、例えば、第 2 波長の光が赤色光である場合、第 3 波長の光は緑色光である。

【0036】

一般的に、蛍光体は、励起光によって励起され、励起波長より長波長である光を放射するので、放射波長に比べて長波長である光が蛍光体に入射されると、長波長の光は蛍光体を励起させない。

したがって、下部波長変換物質層 27 内に含有された蛍光体によって波長変換された第 2 波長の光は、上部波長変換物質層 29 内に含有された蛍光体の放射波長に比べて長波長であるので、波長変換物質層 29 内の蛍光体を励起させない。その結果、下部波長変換物質層 27 で波長変換された第 2 波長の光は、上部波長変換物質層 29 を透過して外部に放射される。

【0037】

下部及び上部波長変換物質層 27、29 は、透明モルディング部 25 と同一の物質で形成されるが、これに限定されるものでなく、他の物質で形成することもできる。

このとき、下部波長変換物質層 27 は、透明モルディング部 25 に比べて屈折率の大きい物質で形成されることが好ましい。また、上部波長変換物質層 29 は、下部波長変換物質層 27 と同じかそれより高い屈折率を有する物質で形成される。

【0038】

これによって、発光ダイオード 23 から放射された光が、透明モルディング部 25 と下部波長変換物質層 27 との間の界面、または、下部波長変換物質層 27 と上部波長変換物質層 29 との間の界面での内部全反射によって損失することを防止することができ、下部及び上部波長変換物質層 27、29 で波長変換された光が再び内部に入射することを減少させることができる。

【0039】

また、下部及び上部波長変換物質層 27、29 は、透明モルディング部 25 に比べて大きい硬度値を有する物質で形成される。例えば、透明モルディング部 25 がシリコン樹脂である場合、下部及び上部波長変換物質層 27、29 は、それぞれ蛍光体を含有するエポキシ樹脂で形成される。これによって、透明モルディング部 25 が基板 20 から剥離することを防止するとともに、外力から発光ダイオードを保護することができる。

【0040】

本実施形態によると、例えば、青色光を放出する発光ダイオード 23 の上部に、青色光を赤色光に変換させる蛍光体を含有した下部波長変換物質層 27 を配置し、下部波長変換物質層 27 上に、青色光を緑色光に変換させる蛍光体を含有した上部波長変換物質層 29 を配置することで、白色光を具現することができる。また、紫外線を放射する発光ダイオード 23 を使用する場合、紫外線を赤色光に変換させる蛍光体を含有した下部波長変換物質層 27 と、紫外線を緑色光に変換させる蛍光体を含有した上部波長変換物質層 29 とを配置し、上部波長変換物質層 29 上に、紫外線を青色光に変換させる蛍光体を含有した追

10

20

30

40

50

加的な波長変換物質層（図示せず）を配置することで、白色光を具現することができる。

【0041】

透明モルディング部23、下部及び上部波長変換物質層27、29は、図に示すように、断面が台形状であるが、これに制限されるものではない。透明モルディング部23、下部及び上部波長変換物質層27、29は、モールド型を用いたモルディング技術を使用して成形され、例えば、トランスファーモルディングによって形成される。

これによって、透明モルディング部23、下部及び上部波長変換物質層27、29は、モールド型の形状によって多様な形状に形成される。特に、上部波長変換物質層29は、光の放射効率を向上させるために半球形状に形成され、その表面に凹凸を有することが可能である。

10

【0042】

また、下部及び上部波長変換物質層27、29内に含有された蛍光体の種類は、特別に制限されなく、例えば、YAG系、シリケート系またはチオガレート系の蛍光体が可能である。特に、蛍光体は、大韓民国特許出願公開第10-2005-0117164号明細書に開示されたような、鉛または銅を含有した化合物、例えば、鉛及び銅を含有したシリケート蛍光体であり得る。

【0043】

図2は、本発明の第2の実施形態に係る複数個の波長変換物質層を有する発光素子の断面図である。

図2を参照すると、本実施形態に係る発光素子は、下部波長変換物質層27が開口部27aを有することを除けば、図1を参照して説明した発光素子とほぼ同一である。開口部27aは、透明モルディング部25を露出させ、上部波長変換物質層29によって充填される。

20

【0044】

したがって、発光ダイオード23から放射された光の一部は、下部波長変換物質層27を経ずに、開口部27a内の上部波長変換物質層29内に直接入射される。その結果、上部波長変換物質層29内の蛍光体を励起させる光の強度を増加させることができる。

開口部27aは、複数個であり得て、上部波長変換物質層29内の蛍光体を均一に励起させるために分散される。

【0045】

図3は、本発明の第3の実施形態に係る複数個の波長変換物質層を有する発光素子の断面図である。

図3を参照すると、図1を参照して説明したように、基板20上に発光ダイオード23が搭載され、発光ダイオード23を透明モルディング部25が覆い、透明モルディング部25上に下部及び上部波長変換物質層2729が配置される。

ただし、透明モルディング部25と下部波長変換物質層27との間に下部誘電体多層膜反射ミラー26が介在し、下部波長変換物質層27と上部波長変換物質層29との間に上部誘電体多層膜反射ミラー28が介在する。

【0046】

下部誘電体多層膜反射ミラー26は、相対的に低い屈折率を有する誘電体層26aと、相対的に高い屈折率を有する誘電体層26bの少なくとも一対を含む。ここで、下部波長変換物質層27は、高屈折率の誘電体層26bに比べて低い屈折率を有する。

40

下部誘電体多層膜反射ミラー26は、それぞれの厚さが $(2m-1) \lambda_2 / 4n_2$ （ここで、 n_2 は、各誘電体層の屈折率を示し、 λ_2 は、第2波長を示し、 m は、1以上の整数を示す。）を満足する高屈折率の誘電体層26bと低屈折率の誘電体層26aの少なくとも一対を含み、第2波長の光を反射させる。

【0047】

各誘電体層の厚さは、 $\lambda_2 / 4n_2$ 、すなわち、 m が1であることが好ましい。誘電体層26a、26bの一対が複数回積層されるほど、第2波長の光に対する反射度が増加する。一方、下部誘電体多層膜反射ミラー26は、発光ダイオード23から放射された光に

50

対しては透光特性を示す。

【0048】

また、上部誘電体多層膜反射ミラー28は、相対的に低い屈折率を有する誘電体層28aと、相対的に高い屈折率を有する誘電体層28bの少なくとも一対を含み、上部波長変換物質層29は、高屈折率の誘電体層28bに比べて低い屈折率を有する。

上部誘電体多層膜反射ミラー28は、それぞれの厚さが $(2k-1) \lambda_3 / 4n_3$ （ここで、 n_3 は、各誘電体層の屈折率を示し、 λ_3 は、第3波長を示し、 k は、1以上の整数を示す。）を満足する高屈折率の誘電体層28bと低屈折率の誘電体層28aの少なくとも一対を含み、第3波長の光を反射させる。

【0049】

各誘電体層の厚さは、 $\lambda_3 / 4n_3$ 、すなわち、 k が1であることが好ましい。誘電体層28a、28bの一対が複数回積層されるほど、第3波長の光に対する反射度が増加する。一方、上部誘電体多層膜反射ミラー28は、発光ダイオード23から放射された光及び第2波長の光に対しては透光特性を示す。

【0050】

これによって、上部波長変換物質層29で波長変換された第3波長の光が、上部誘電体多層膜反射ミラー28によって下部波長変換物質層27内に入射することを防止することができ、下部波長変換物質層27で波長変換された第2波長の光が、下部誘電体多層膜反射ミラー26によって透明モールドイング部25内に入射することを防止することができる。

【0051】

本実施形態において、下部波長変換物質層27は、図2を参照して説明したように、開口部を有してもよい。開口部は、上部波長変換物質層29によって充填される。

このとき、上部誘電体多層膜反射ミラー28は、開口部内に延長され、開口部内の上部波長変換物質層29と透明モールドイング部25との間に介在する。

【0052】

図4は、本発明の第4の実施形態に係る誘電体多層膜反射ミラーを有する発光素子の断面図であり、図5は、図4のA部分を拡大した部分断面図である。

図4を参照すると、基板50上に、第1波長の光を放射する第1発光ダイオード51、例えば、ピーク波長が490nm以下である青色光を放射する青色発光ダイオード（第1発光ダイオード）51が配置される。基板50は、図1を参照して説明した基板20と同一である。第1発光ダイオード51は、例えば、GaAlInN系の化合物半導体であり、サファイア、SiC、スピネルなどの基板上に化合物半導体層を成長させて形成される。

【0053】

青色発光ダイオード（第1発光ダイオード）51を波長変換物質層55が覆う。波長変換物質層55は、青色発光ダイオード（第1発光ダイオード）51から放射された青色光の一部を他の波長の光、例えば、緑色光及び黄色光に変換させる蛍光体を含有する。波長変換物質層55は、透明樹脂、例えば、シリコン樹脂またはエポキシ樹脂を硬化させて形成する。波長変換物質層55は、図に示すように、半球形状であるが、これに限定されるものでなく、例えば、断面が直四角形状、台形状などの多様な形状を有することができる。

【0054】

波長変換物質層55上に誘電体多層膜反射ミラー60が形成される。誘電体多層膜反射ミラー60は、相対的に高い屈折率を有する誘電体層61と、相対的に低い屈折率を有する誘電体層63の少なくとも一対を含む。誘電体多層膜反射ミラー60は、図5に示すように、高屈折率の誘電体層61a、61bと低屈折率の誘電体層63a、63bの一対60a、60bが複数回繰り返して積層された構造である。

【0055】

第1発光ダイオード51と波長変換物質層55とより離隔し、基板50上に第1波長の

10

20

30

40

50

光より長波長である第2波長の光を放射する第2発光ダイオード53、例えば、赤色発光ダイオード(第2発光ダイオード)53が配置される。赤色発光ダイオード(第2発光ダイオード)53は、AlInGaP系またはGaAs系の化合物半導体で製造され、580~680nm内でピーク波長を有し、青色発光ダイオード(第1発光ダイオード)51と同一高さの平面上に配置される。

【0056】

密封樹脂70は、波長変換物質層55と赤色発光ダイオード(第2発光ダイオード)53を覆うことができる。密封樹脂70は、例えば、シリコン樹脂またはエポキシ樹脂を硬化させて形成され、モールドカップを使用して指向角または発光効率を向上させるために要求される形状に形成される。密封樹脂70は、高屈折率の誘電体層61に比べて相対的に低い屈折率を有する。

10

【0057】

赤色発光ダイオード(第2発光ダイオード)53から放射された赤色光は、密封樹脂70内に放射されて多様な方向に進行する。赤色光の一部は、波長変換物質層55側に進行して誘電体多層膜反射ミラー60に到達する。誘電体多層膜反射ミラー60は、赤色光に対して反射率の高い構造を有するように形成され、赤色光を外側に反射させる。

【0058】

誘電体多層膜反射ミラー60は、それぞれの厚さdが $d = (2m - 1) \lambda / 4n$ (ここで、nは、各誘電体層の屈折率を示し、 λ は、赤色発光ダイオードから放射された光の波長を示し、mは、1以上の整数を示す。)を満足する高屈折率の誘電体層61と低屈折率の誘電体層63の少なくとも一対を含み、赤色光を反射させる。

20

【0059】

各誘電体層の厚さdは、 $\lambda / 4n$ 、すなわち、mが1であることが好ましい。誘電体層61、63の一対が複数回積層されるほど、赤色光に対する反射度が増加する。一方、誘電体多層膜反射ミラー60は、青色発光ダイオード(第1発光ダイオード)51から放射された光または波長変換物質層55内の蛍光体によって波長変換された光に対しては透光特性を示す。

これによって、赤色発光ダイオード53から放射された赤色光が波長変換物質層55に入射することを防止することで、波長変換物質層55及び青色発光ダイオード51によって赤色光が損失することを防止することができる。

30

【0060】

図6は、本発明の第5の実施形態に係る発光素子の断面図である。

図6を参照すると、本実施形態に係る発光素子は、図4を参照して説明したように、基板50上に配置された青色発光ダイオード(第1発光ダイオード)51、青色発光ダイオード(第1発光ダイオード)51を覆う波長変換物質層55、及び波長変換物質層55と離隔されて配置された赤色発光ダイオード(第2発光ダイオード)53とを含み、密封樹脂70をさらに含む。

【0061】

また、誘電体多層膜反射ミラー60aは、図4及び図5を参照して説明したように、高屈折率の誘電体層と低屈折率の誘電体層の少なくとも一対を含む。ただし、誘電体多層膜反射ミラー60aは、図4の誘電体多層膜反射ミラー60とは異なって、波長変換物質層55の一部領域上に形成される。すなわち、誘電体多層膜反射ミラー60aは、赤色発光ダイオード(第2発光ダイオード)53から波長変換物質層55に入射する光を反射させる領域上に限定的に形成され、残りの領域では波長変換物質層55の表面が露出される。

40

これによって、青色発光ダイオード(第1発光ダイオード)51から密封樹脂70に放射される光が誘電体多層膜反射ミラー60aによって損失することを減少させることができる。

【0062】

図7は、本発明の第6の実施形態に係る発光素子の断面図である。

図7を参照すると、図4を参照して説明したように、基板50上に青色発光ダイオード

50

(第1発光ダイオード)51が配置され、波長変換物質層55が青色発光ダイオード(第1発光ダイオード)51を覆い、波長変換物質層55上に誘電体多層膜反射ミラー60が形成される。

【0063】

ただし、本実施形態においては、赤色発光ダイオード(第2発光ダイオード)53a、53bが青色発光ダイオード(第1発光ダイオード)51を中心に対称的に配置される。

これら赤色発光ダイオード(第2発光ダイオード)53a、53bは、二つ以上配置することができ、これによって、発光素子から放射される赤色光の輝度分布及び混合光の輝度分布を均一にすることができる。

また、図4を参照して説明したように、密封樹脂70は、赤色発光ダイオード(第2発光ダイオード)53a、53b及び波長変換物質層55を覆うことができる。

【0064】

図8は、本発明の第7の実施形態に係る発光素子の断面図である。

図8を参照すると、図4を参照して説明したように、基板50上に青色発光ダイオード(第1発光ダイオード)81が配置され、波長変換物質層85が青色発光ダイオード(第1発光ダイオード)81を覆い、波長変換物質層85上に相対的に低い屈折率を有する誘電体層93と、相対的に高い屈折率を有する誘電体層91の少なくとも一対を含んだ誘電体多層膜反射ミラー90が形成される。また、波長変換物質層85と離隔されて赤色発光ダイオード53が配置され、密封樹脂70が波長変換物質層85及び赤色発光ダイオード53を覆うことができる。

【0065】

ただし、本実施形態において、波長変換物質層85は、青色発光ダイオード(第1発光ダイオード)81を均一に覆う物質層で形成される。このような均一な波長変換物質層85は、青色発光ダイオード(第1発光ダイオード)81を基板上に配置した後、ステンシリング(stencil)などによって形成するか、または、サブマウント(図示せず)上に青色発光ダイオード(第1発光ダイオード)81をボンディングし、電気泳動法を使用して形成される。ステンシリングまたは電気泳動法によって均一な厚さの蛍光体を形成する方法は、例えば、米国特許第6642652号明細書、第6650044号明細書に開示されている。このとき、誘電体多層膜反射ミラー90も、ステンシリングなどの技術を使用して波長変換物質層上に均一に形成される。

【0066】

これとは異なって、波長変換物質層85は、青色発光ダイオード製造工程で基板上に化合物半導体層を成長させ、写真工程及びエッチング工程を使用して複数個の青色発光ダイオードを形成した後、蛍光体を含有する液状またはゲル状の透明有機物、例えば、SOGをコーティングして形成される。

波長変換物質層85が基板の全面に形成された後、個別の発光ダイオードに分離することで、均一な厚さの波長変換物質層85を有する青色発光ダイオード(第1発光ダイオード)81が形成される。ここで、誘電体多層膜反射ミラー90は、個別の発光ダイオードに分離する前に波長変換物質層85上に形成するか、または、個別の発光ダイオードに分離された後、ステンシリングなどの工程によって形成する。

【0067】

本実施形態によると、蛍光体を含有する波長変換物質層85が均一な厚さを有するので、青色発光ダイオード(第1発光ダイオード)81から放射された光が波長変換物質層85で均一な光経路を通して外部に放射されることで、波長変換された光が均一な光分布を示すようになる。

【0068】

本発明の各実施形態において、青色発光ダイオード(第1発光ダイオード)51、81を波長変換物質層55、85が覆う場合を説明したが、これに限定されることなく、青色発光ダイオードの代わりに他の第1波長の光、例えば、紫外線を放出する発光ダイオードも使用可能である。この場合、波長変換物質層は、紫外線を可視光線領域の光、例えば、

10

20

30

40

50

青色光及び／または黄色光に波長変換させる蛍光体を含有する。

【0069】

一方、本発明の各実施形態において、赤色発光ダイオード53、53a、53bの代わりに第1波長の光より長波長である第2波長の光を放射する他の発光ダイオード、例えば、緑色発光ダイオードも使用可能である。

【0070】

また、本発明の第4～第7の実施形態において、発光ダイオード(51、81、53)がリード電極(図示せず)に電氣的に接続されるが、このために、サブマウント(図示せず)、ボンディングワイヤ(図示せず)が使用され、発光ダイオードがリード電極に導電性接着剤を通して付着されることもある。一方、発光ダイオード(51、81、53)は、
10
同一のリード電極にそれぞれ電氣的に接続され、同一の電源によって駆動されるが、これに限定されることなく、それぞれ別個のリード電極に電氣的に接続され、互いに異なる電源によって別個に駆動されることもある。

【0071】

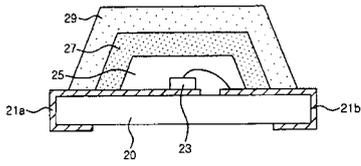
尚、本発明は、上述の実施形態に限られるものではない。本発明の技術的範囲から逸脱しない範囲内で多様に変更実施することが可能である。

【符号の説明】

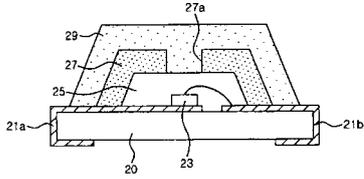
【0072】

- 20、50 基板
- 21a、21b リード電極 20
- 23 発光ダイオード
- 25 透明モールディング部
- 26 下部誘電体多層膜反射ミラー
- 26a、28a、63、63a、63b、93 (低屈折率の)誘電体層
- 26b、28b、61、61a、61b、91 (高屈折率の)誘電体層
- 27 下部波長変換物質層
- 28 上部誘電体多層膜反射ミラー
- 29 上部波長変換物質層
- 51、81 第1発光ダイオード
- 53、53a、53b 第2発光ダイオード 30
- 55、85 波長変換物質層
- 60、60a、90 誘電体多層膜反射ミラー
- 70 密封樹脂

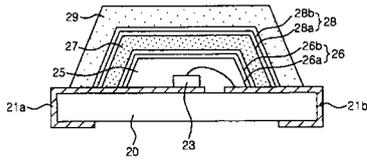
【図1】



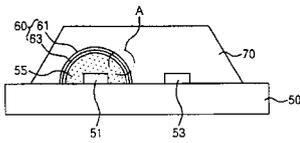
【図2】



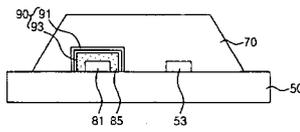
【図3】



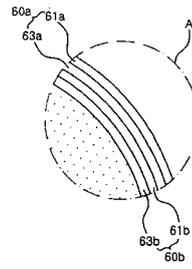
【図4】



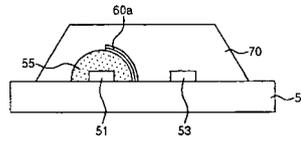
【図8】



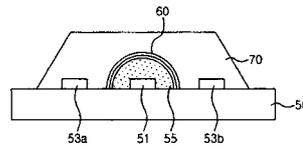
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 パク クォン イル

大韓民国 京畿道 安山市 檀園区 元時洞 727-5 1-35 ブロック

審査官 村井 友和

(56)参考文献 特開2005-142311(JP,A)

特表2000-515689(JP,A)

特開2006-245443(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 33/00-33/64