(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2006-190813
(P2006-190813A)
(43)公開日　平成18年7月20日(2006.7.20)

(51)Int.Cl.		F I		テーマコード（参考）
H01L 33/00	(2006.01)	H01L 33/00	N	5F041

審査請求 未請求　請求項の数 18　ＯＬ　（全 20 頁）

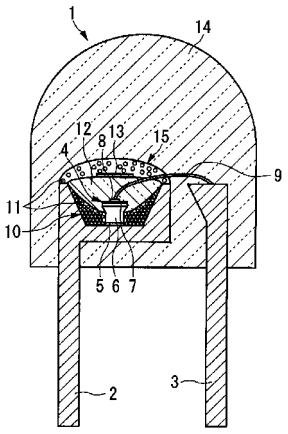
(21)出願番号　特願2005-1383(P2005-1383)
(22)出願日　平成17年1月6日(2005.1.6)

(71)出願人　000005186
株式会社フジクラ
東京都江東区木場１丁目５番１号
(71)出願人　301023238
独立行政法人物質・材料研究機構
茨城県つくば市千現一丁目２番１号
(74)代理人　100064908
弁理士　志賀　正武
(74)代理人　100108578
弁理士　高橋　詔男
(74)代理人　100089037
弁理士　渡邊　隆
(74)代理人　100101465
弁理士　青山　正和

最終頁に続く

(54)【発明の名称】発光デバイス、発光デバイスの色度調節方法及び照明装置

(57)【要約】
【課題】　発光効率に優れ、各種の蛍光体を使用して所望の白色光を得ることができる発光デバイス、発光デバイスの色度調節方法及び照明装置の提供。
【解決手段】　一対の電極端子２，３と、可視域で発光し前記一対の電極端子と電気的に接続された発光素子４と、該発光素子から発せられた光の一部又は全部を吸収し該光とは異なる波長の光を発する蛍光体１１が含まれた蛍光体含有反射部材１０と、前記蛍光体が透明材料中に希薄に分散された材料からなる蛍光体分散透過層１５とを有し、発光素子から発せられた光が前記蛍光体含有反射部材で反射され、その反射光が前記蛍光体分散透過層を通って外部に取り出されるように構成されたことを特徴とする発光デバイス。
【選択図】　図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
一対の電極端子と、可視域で発光し前記一対の電極端子と電気的に接続された発光素子と、該発光素子から発せられた光の一部又は全部を吸収し該光とは異なる波長の光を発する蛍光体が含まれた蛍光体含有反射部材と、前記蛍光体が透明材料中に希薄に分散された材料からなる蛍光体分散透過層とを有し、発光素子から発せられた光が前記蛍光体含有反射部材で反射され、その反射光が前記蛍光体分散透過層を通って外部に取り出されるように構成されたことを特徴とする発光デバイス。
【請求項２】
前記発光素子から発せられた光を反射して前記蛍光体含有反射部材に導く反射部材が設けられたことを特徴とする請求項１に記載の発光デバイス。
【請求項３】
前記蛍光体含有反射部材が、前記発光素子の外周をすり鉢状の斜面で囲うように設けられたことを特徴とする請求項１又は２に記載の発光デバイス。
【請求項４】
前記蛍光体含有反射部材がすり鉢状の凹部を有し、該凹部の中央部に前記発光素子がその発光部位を蛍光体含有反射部材から露出させた状態で配置され、前記発光素子の上方に離間して反射部材が配置され、かつ反射部材の上部に蛍光体分散透過層が設けられていることを特徴とする請求項１～３のいずれかに記載の発光デバイス。
【請求項５】
前記蛍光体含有反射部材の凹部内に前記発光素子を覆って透明樹脂層が設けられ、該透明樹脂層の上部に前記反射部材が設けられたことを特徴とする請求項４に記載の発光デバイス。
【請求項６】
前記蛍光体分散透過層における蛍光体の分散量が１０質量％以下であることを特徴とする請求項１～５のいずれかに記載の発光デバイス。
【請求項７】
蛍光体含有反射部材のすり鉢状の斜面が、蛍光体の含有量が５０質量％以上である反射面であることを特徴とする請求項１～６のいずれかに記載の発光デバイス。
【請求項８】
前記反射部材が、白色又は金属光沢の反射面を有する板状の部材であり、発光デバイスの主たる発光方位から該発光デバイスを見た際に発光素子が反射部材に隠れる程度の面積を有していることを特徴とする請求項２～７のいずれかに記載の発光デバイス。
【請求項９】
前記反射部材が前記発光素子の方向に対して凸形状を有していることを特徴とする請求項８に記載の発光デバイス。
【請求項１０】
一対の電極端子の一方に設けられた凹部内に前記発光素子がその主たる発光方位を上向きにして固定され、各電極端子と発光素子の電極とが電気的に接続され、該凹部内に該発光素子の外周をすり鉢状の斜面で囲うように前記蛍光体含有反射部材が設けられ、さらに前記発光素子と蛍光体含有反射部材とを覆うように透明樹脂層が設けられ、前記発光素子の上方に位置する透明樹脂層上に反射部材が設けられ、前記反射部材と前記透明樹脂層を覆って前記蛍光体分散透過層が設けられていることを特徴とする請求項１～９のいずれかに記載の発光デバイス。
【請求項１１】
一対の電極端子が配設された基板上に前記発光素子がその主たる発光方位を上向きにして固定され、各電極端子と発光素子の電極とが電気的に接続され、該発光素子の外周をすり鉢状の斜面で囲うように前記蛍光体含有反射部材が設けられ、さらに前記発光素子と蛍光体含有反射部材とを覆うように透明樹脂層が設けられ、前記発光素子の上方に位置する透明樹脂層上に反射部材が設けられ、前記反射部材と前記透明樹脂層を覆って前記蛍光体

分散透過層が設けられていることを特徴とする請求項１～９のいずれかに記載の発光デバイス。
【請求項１２】
前記蛍光体分散透過層の上方に、レンズ又はレンズ機能を有する透明樹脂被覆が設けられたことを特徴とする請求項１～１１のいずれかに記載の発光デバイス。
【請求項１３】
前記蛍光体分散透過層からの出射光がＣＩＥ１９３１色度図上の黒体輻射軌跡と実質的に重なる色度を有していることを特徴とする請求項１～１２のいずれかに記載の発光デバイス。
【請求項１４】
前記発光素子が、青色発光ダイオード素子であることを特徴とする請求項１～１３のいずれかに記載の発光デバイス。
【請求項１５】
前記蛍光体分散透過層に分散した蛍光体と、前記蛍光体含有反射部材に含有された蛍光体とが同一であるか又は異なり、セリウムで賦活したイットリウム・アルミニウム・ガーネット系蛍光体又はユーロピウムで賦活したアルファサイアロン蛍光体からなる群から選択される１種又はそれ以上の蛍光体であることを特徴とする請求項１～１４のいずれかに記載の発光デバイス。
【請求項１６】
請求項１～１５のいずれかに記載の発光デバイスの色度を調節する方法であって、前記蛍光体分散透過層の厚さを変更することで蛍光体分散透過層からの出射光の色度を調節することを特徴とする発光デバイスの色度調節方法。
【請求項１７】
請求項１～１５のいずれかに記載の発光デバイスと、前記発光デバイスが少なくとも１個以上取り付けられた支持部と、前記発光デバイスを駆動させるための発光デバイス駆動部とを備えることを特徴とする照明装置。
【請求項１８】
半透明の材料又は光散乱材料により作製され、前記発光デバイスを覆うカバーを備えることを特徴とする請求項１７に記載の照明装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、主に照明分野での利用を目的とした発光デバイス及び照明装置に関し、特に、その発光効率を向上させた発光デバイス、発光デバイスの色度調節方法及びそれを用いた照明装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
従来、青色等の短波長領域で発光する発光ダイオード（以下、ＬＥＤと記す。）素子と、このＬＥＤ素子が発する発光の一部又は全部を吸収することにより励起され、より長波長側の黄色等の蛍光を発光する蛍光体を用いた白色ＬＥＤランプが一般に知られている。
【０００３】
その一例として化合物半導体青色ＬＥＤ素子と、青色光を吸収し青色の補色である黄色の蛍光を発するセリウムで賦活されたイットリウム・アルミニウム・ガーネット系（以下、ＹＡＧ系と記す。）蛍光体とからなる白色ＬＥＤランプが特許文献１等に開示されている。
【０００４】
図４及び図５に、このＬＥＤ素子の代表的な構成を示す。まず、図４を参照し、従来の透過型の砲弾型白色ＬＥＤランプ１００について説明する。
【０００５】
この砲弾型白色ＬＥＤランプ１００は、２本のリードワイヤ１０１ａ，１０１ｂを有し

、そのうちの一方のリードワイヤ１０１ａには凹部が形成されており、その凹部に青色ＬＥＤ素子１０２が載置されている。また凹部には、青色ＬＥＤ素子１０２から発せられた光を前方（矢印Ａ方向）に取り出すための斜面１０７が設けられている。この斜面１０７の傾斜角度は光の反射方向を考慮して設計されている。

【０００６】

この青色ＬＥＤ素子１０２の下部電極１０２ａと凹部の底面とが導電性ペーストにより電気的に接続されている。また青色ＬＥＤ素子１０２の上部電極１０２ｂが金細線１０６によりリードワイヤ１０１ｂに電気的に接続されている。そして、この青色ＬＥＤ素子１０２の全体を被覆するように、予め蛍光体１０４が分散された透明な蛍光体分散樹脂１０３が凹部に充填されている。

【０００７】

この凹部を含むリードワイヤ１０１ａ，１０１ｂの先端部、青色ＬＥＤ素子１０２、蛍光体１０４を分散した蛍光体分散樹脂１０３は、透明な樹脂１０５により封止されている。この透明な樹脂１０５は全体がほぼ円柱形状を有しており、その先端部はレンズ形状の曲面を有している。このような白色ＬＥＤランプ１００は、その形状から通常「砲弾型」と呼ばれている。

【０００８】

次に、図５を参照して従来の透過型のチップ型白色ＬＥＤランプ１１０について説明する。

このチップ型白色ＬＥＤランプ１１０は、可視光線反射率の高い白色のアルミナセラミックス基板（以下、単に基板と記す。）１１１に２本のリードワイヤ（又は導電薄膜、以下同様）１１２ａ，１１２ｂが固定されており、これらリードワイヤ１１２ａ，１１２ｂの一方の片端は基板１１１のほぼ中央に接続され、他方の片端はそれぞれ基板の外部に突出し、電気基板（プリント配線基板ともいう。）への実装時に半田付けされる電極となっている。

【０００９】

このリードワイヤ１１２ａ，１１２ｂのうちの一方には、その片端に、基板中央部に位置する場所に青色ＬＥＤ素子１１３が載置及び固定されている。この青色ＬＥＤ素子１１３の下部電極１１３ａとその下方のリードワイヤ１１２ａとは導電性ペーストにより電気的に接続されており、青色ＬＥＤ素子１１３の上部電極１１３ｂと他方のリードワイヤ１１２ｂとが金細線１１７により電気的に接続されている。

【００１０】

青色ＬＥＤ素子１１３の発する光を吸収する蛍光体１１５は樹脂に分散され、この青色ＬＥＤ素子１１３の近傍に実装されている。この蛍光体１１５は透明な樹脂１１４に分散された状態で、青色ＬＥＤ素子１１３の全体を被覆している。

【００１１】

また基板１１１上には、中央部に穴１１８が開口された形状を有する壁面部材１１６が固定されている。この壁面部材１１６は、図５に示す通り、その中央部に青色ＬＥＤ素子１１３と、蛍光体１１５を分散させた蛍光体分散樹脂１１４を充填させるための穴１１８として開口されており、その中央部に面した部分は斜面１１６ａを形成している。

【００１２】

この斜面１１６ａは、青色ＬＥＤ素子１１３から発せられた光を前方（図中矢印Ａ方向）に取り出すための反射面であり、その斜面１１６ａの曲面形状は光の反射方向を考慮して設計される。また斜面１１６ａは、少なくとも反射面を構成する面の色が白色又は金属光沢を有し、高い反射率で可視光線を反射する面となっている。

【００１３】

尚、前記白色ＬＥＤランプ１００，１１０を更に改良した反射型白色ＬＥＤランプが特許文献２に開示されている。また、この技術内容が非特許文献１に開示されている。

【００１４】

前記特許文献２又は非特許文献１によれば、蛍光体を分散させた蛍光体分散樹脂１０３

，１１４は蛍光体の比率が一定以上に高くなるとその透過率が不十分なものとなる。つまり、図４及び図５に示した従来構造の砲弾型白色ＬＥＤランプ１００又はチップ型白色ＬＥＤランプ１１０では、光の取り出し効率が悪く、青色ＬＥＤ素子１０２，１１３で発生した光エネルギーを効率よく発光デバイスの外部に取り出すことが困難である。

【００１５】

これを改善するものとして特許文献２には、反射型の白色ＬＥＤが提案されている。しかし特許文献２に開示されている技術では、光の取り出し効率について向上が見られるものの、半導体ＬＥＤ素子（ＬＥＤチップ）を凹部上方の透明樹脂のほぼ中央部に配置する構造となっており、半導体ＬＥＤ素子の固定工程が困難且つ複雑なものになることや、金細線が非常に長く必要であること、及びＬＥＤ素子からの放熱が十分に確保できないことなどの問題を有している。

【００１６】

本発明者らは、前述した従来技術における課題を克服し、従来のものよりも光の取り出し効率を改善できる白色ＬＥＤランプとして、図６及び図７に示す構造の白色ＬＥＤランプを発明し、既に特許出願している（特願２００４－１６４４４２）。

【００１７】

図６に示す砲弾型白色ＬＥＤランプ１２０は、少なくとも２本のリードワイヤ１２１，１２２と、該リードワイヤ１２１，１２２のうち少なくとも１本のリードワイヤ１２１の端部に載置され、この端部及び他のリードワイヤ１２２と金細線１２６を介して電気的に接続された青色ＬＥＤ素子１２３と、蛍光体１２４を含有し且つ青色ＬＥＤ素子１２３の外周をすり鉢の斜面で囲うように形成された蛍光体分散樹脂層１２５と、この蛍光体分散樹脂層１２５で囲われてなる中央部の凹部に充填される透明樹脂１２７と、該透明樹脂１２７の上部に設けられた反射部材１２９と、これらリードワイヤ１２１，１２２の上部、青色ＬＥＤ素子１２３、蛍光体分散樹脂層１２５、金細線１２６、透明樹脂１２７及び反射部材１２９をモールドする砲弾型のモールド樹脂１２８とを備えて構成されている。

【００１８】

また、図７に示すチップ型白色ＬＥＤランプ１３０は、可視光線反射率の高い白色のアルミナセラミックス基板に２本のリードワイヤ１３１，１３２が固定されており、その一方の片端に、基板中央部に位置する場所に青色ＬＥＤ素子１２３が載置、固定されている。蛍光体１２４を分散した蛍光体分散樹脂層１２５、金細線１２６、透明樹脂１２７及び反射部材１２９は前記図６に示す砲弾型白色ＬＥＤランプ１２０と同じである。透明樹脂１２７及び反射部材１２９の上部には、凸レンズ形状に加工された透明樹脂１３３が設けられている。

【００１９】

図６に示す砲弾型白色ＬＥＤランプ１２０及び図７に示すチップ型白色ＬＥＤランプ１３０にあっては、青色ＬＥＤ素子１２３に通電して発光させることによって該素子から発生される青色光は、反射部材１２９により反射されて蛍光体分散樹脂層１２５に到達し、蛍光体１２４に吸収されて蛍光体１２４を励起し、白色光が矢印Ａ方向から取り出される。

【００２０】

また、蛍光体に関する従来技術としては、白色ＬＥＤに適用が可能な黄色アルファサイアロン蛍光体が開発され（特許文献３参照。）、これを利用した白色ＬＥＤランプが開示されている（非特許文献２参照）。

【特許文献１】特許第２９２７２７９号公報

【特許文献２】特開２００２－２９９６９２号公報

【非特許文献１】K.Yamada, Y.IMAI and K.ISHII,“Optical Simulation of Light Source Devices Composed of Blue LEDs and YAG Phosphor,”J.Light & Vis.Env.Vol.27,No.2 (2003),pp.70-74

【特許文献３】特開２００２－３６３５５４号公報

【非特許文献２】K.Sakuma et al.,“Warm-white light-emitting diode with yellowish

orange SiAlON phosphor,”Opt. Lett., Vol.29, pp.2001-2003 (2004)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【００２１】

しかしながら、図６及び図７に示した特願２００４－１６４４４２に記載した技術は、蛍光体の外部量子効率が適切であることが必要要件であり、３価のセリウムで賦活したＹＡＧ系蛍光体（Ｙ，Ｇｄ）$_3$Ａｌ$_5$Ｏ$_{12}$：Ｃｅ$^{3+}$では適切な色度になり、白色光源として使用可能であるが、他の蛍光体では必ずしも適切な色度になるとは限らなかった。

【００２２】

白色光源として適切な色度とは、その色度座標がＣＩＥ１９３１色度図上で黒体輻射軌跡またはＣＩＥ昼光の軌跡の近傍にあることを言う。

【００２３】

特許文献３に記載されているアルファサイアロン蛍光体は、ＹＡＧ系蛍光体と同様に波長４５０ｎｍ付近の青色光で効率よく励起可能であり、ＹＡＧ系蛍光体よりも長波長の５８５ｎｍ付近に発光ピーク波長を有している。青色ＬＥＤ素子とアルファサイアロン蛍光体とを組み合わせた白色ＬＥＤランプが発する白色光は、電球色と呼ばれる色温度の低い温かみのある白色となる。

【００２４】

このアルファサイアロン蛍光体を用いて特願２００４－１６４４４２に記載した白色ＬＥＤランプ（比較例１）を作製したところ、その色度は黒体輻射軌跡に一致せず、白色とは言えない白紫色とでも言うべき色合いのものになった。図８にその発光スペクトルを、図９にＣＩＥ１９３１色度図上におけるその色度座標を示す。

【００２５】

このアルファサイアロン蛍光体の外部量子効率は、市販のＹＡＧ系蛍光体とほぼ同程度であり、その組成、合成条件によって市販のＹＡＧ系蛍光体の９５～１０３％程度である。アルファサイアロン蛍光体を用いた電球色ＬＥＤランプは、色温度が２６００～３１００Ｋ程度と低いために、黒体輻射軌跡に色度を一致させるには蛍光体塗布量を多くすることにより青色光成分を少なくし黄色光成分を多くする必要がある。特願２００４－１６４４４２に記載した構造でそのような発光スペクトルを達成するためには、アルファサイアロン蛍光体の外部量子効率を非常に高いものとする必要があるが、そのような蛍光体の改良は容易ではなく、特願２００４－１６４４４２に記載した構造をアルファサイアロン蛍光体含有白色ＬＥＤランプに適用することはできなかった。

【００２６】

本発明は前記事情に鑑みてなされ、発光効率に優れ、各種の蛍光体を使用して所望の白色光を得ることができる発光デバイス、発光デバイスの色度調節方法及び照明装置の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【００２７】

前記目的を達成するため、本発明は、一対の電極端子と、可視域で発光し前記一対の電極端子と電気的に接続された発光素子と、該発光素子から発せられた光の一部又は全部を吸収し該光とは異なる波長の光を発する蛍光体が含まれた蛍光体含有反射部材と、前記蛍光体が透明材料中に希薄に分散された材料からなる蛍光体分散透過層とを有し、発光素子から発せられた光が前記蛍光体含有反射部材で反射され、その反射光が前記蛍光体分散透過層を通って外部に取り出されるように構成されたことを特徴とする発光デバイスを提供する。

【００２８】

本発明の発光デバイスにおいて、前記発光素子から発せられた光を反射して前記蛍光体含有反射部材に導く反射部材が設けられたことが好ましい。

【００２９】

本発明の発光デバイスにおいて、前記蛍光体含有反射部材が、前記発光素子の外周をす

り鉢状の斜面で囲うように設けられたことが好ましい。

【００３０】

本発明の発光デバイスにおいて、前記蛍光体含有反射部材がすり鉢状の凹部を有し、該凹部の中央部に前記発光素子がその発光部位を蛍光体含有反射部材から露出させた状態で配置され、前記発光素子の上方に離間して反射部材が配置され、かつ反射部材の上部に蛍光体分散透過層が設けられていることが好ましい。

【００３１】

本発明の発光デバイスにおいて、前記蛍光体含有反射部材の凹部内に前記発光素子を覆って透明樹脂層が設けられ、該透明樹脂層の上部に前記反射部材が設けられたことが好ましい。

【００３２】

本発明の発光デバイスにおいて、前記蛍光体分散透過層における蛍光体の分散量が１０質量％以下であることが好ましい。

【００３３】

本発明の発光デバイスにおいて、蛍光体含有反射部材のすり鉢状の斜面が、蛍光体の含有量が５０質量％以上である反射面であることが好ましい。

【００３４】

本発明の発光デバイスにおいて、前記反射部材が、白色又は金属光沢の反射面を有する板状の部材であり、発光デバイスの主たる発光方位から該発光デバイスを見た際に発光素子が反射部材に隠れる程度の面積を有していることが好ましい。

【００３５】

本発明の発光デバイスにおいて、前記反射部材が前記発光素子の方向に対して凸形状を有していることが好ましい。

【００３６】

本発明の発光デバイスにおいて、一対のリードワイヤの一方に設けられた凹部内に前記発光素子がその主たる発光方位を上向きにして固定され、各リードワイヤと発光素子の電極とが電気的に接続され、該凹部内に該発光素子の外周をすり鉢状の斜面で囲うように前記蛍光体含有反射部材が設けられ、さらに前記発光素子と蛍光体含有反射部材とを覆うように透明樹脂層が設けられ、前記発光素子の上方に位置する透明樹脂層上に反射部材が設けられ、前記反射部材と前記透明樹脂層を覆って前記蛍光体分散透過層が設けられていることが好ましい。

【００３７】

本発明の発光デバイスにおいて、一対のリードワイヤが配設された基板上に前記発光素子がその主たる発光方位を上向きにして固定され、各リードワイヤと発光素子の電極とが電気的に接続され、該発光素子の外周をすり鉢状の斜面で囲うように前記蛍光体含有反射部材が設けられ、さらに前記発光素子と蛍光体含有反射部材とを覆うように透明樹脂層が設けられ、前記発光素子の上方に位置する透明樹脂層上に反射部材が設けられ、前記反射部材と前記透明樹脂層を覆って前記蛍光体分散透過層が設けられていることが好ましい。

【００３８】

本発明の発光デバイスにおいて、前記蛍光体分散透過層の上方に、レンズ又はレンズ機能を有する透明樹脂被覆が設けられたことが好ましい。

【００３９】

本発明の発光デバイスにおいて、前記蛍光体分散透過層からの出射光がＣＩＥ１９３１色度図上の黒体輻射軌跡と実質的に重なる色度を有していることが好ましい。

【００４０】

本発明の発光デバイスにおいて、前記発光素子が、青色ＬＥＤ素子であることが好ましい。

【００４１】

本発明の発光デバイスにおいて、前記蛍光体分散透過層に分散した蛍光体と、前記蛍光体含有反射部材に含有された蛍光体とが同一であるか又は異なり、セリウムで賦活したイ

ットリウム・アルミニウム・ガーネット系蛍光体又はユーロピウムで賦活したアルファサイアロン蛍光体からなる群から選択される１種又はそれ以上の蛍光体であることが好ましい。

【００４２】

また本発明は、前述した本発明に係る発光デバイスの色度を調節する方法であって、前記蛍光体分散透過層の厚さを変更することで蛍光体分散透過層からの出射光の色度を調節することを特徴とする発光デバイスの色度調節方法を提供する。

【００４３】

また本発明は、前述した本発明に係る発光デバイスと、前記発光デバイスが少なくとも１個以上取り付けられた支持部と、前記発光デバイスを駆動させるための発光デバイス駆動部とを備えることを特徴とする照明装置を提供する。

【００４４】

本発明の照明装置において、半透明の材料又は光散乱材料により作製され、前記発光デバイスを覆うカバーを備えることが好ましい。

【発明の効果】

【００４５】

本発明によれば、発光素子から発せられた光が蛍光体含有反射部材で反射され、その反射光が蛍光体分散透過層を通って外部に取り出されるように構成したことによって、光の取り出し効率を大幅に改善できるとともに、蛍光体分散透過層の厚さを変えることで出射光の色度を調節できることから、外部量子効率が最適値からずれた蛍光体を用いても黒体輻射軌跡に一致した色度を有する発光デバイスを提供することができる。

【００４６】

更に、砲弾型又はチップ型の反射型白色ＬＥＤランプにおいて、半導体ＬＥＤ素子の固定工程、接続工程を従来と同じ工程として、簡易な工程、素子固定の高信頼性、十分な放熱の可能な構造を従来通り維持しながら、反射型の蛍光体の実装構造を実現できる。これにより色度のばらつきを低減するとともに発光効率を大幅に改善することができる。

【００４７】

本発明によれば、蛍光体分散透過層の厚さを変更することで蛍光体分散透過層からの出射光の色度を調節できるので、外部量子効率が最適値からずれた蛍光体を用いても黒体輻射軌跡に一致した色度に調節することが可能な発光デバイスの色度調節方法を提供することができる。

【００４８】

本発明によれば、照明装置の光源として本発明に係る発光デバイスを適用することにより、従来よりも発光効率に優れ、同じ光量を得るために必要な発光デバイスの数が低減でき、製品コストを低減できると共に、消費電力の少ない照明装置を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【００４９】

以下、図面を参照して、本発明を実施するための最良の形態を説明する。

【００５０】

図１は、本発明の第１実施形態に係る砲弾型の反射型白色ＬＥＤランプ（発光デバイス）１の構成を示す断面図であり、図１中の符号１は砲弾型の反射型白色ＬＥＤランプ（以下、白色ＬＥＤランプと記す。）、２及び３はリードワイヤ（電極端子）、４は青色ＬＥＤ素子（発光素子）、５は青色ＬＥＤ素子の下部電極、６は青色ＬＥＤ素子の基板、７は青色ＬＥＤ素子の発光層、８は青色ＬＥＤ素子の上部電極、９は金細線（ボンディングワイヤ）、１０は蛍光体含有反射部材、１１は蛍光体、１２は透明樹脂層、１３は反射部材、１４はモールド樹脂、１５は蛍光体分散透過層である。

【００５１】

この白色ＬＥＤランプ１は、２本のリードワイヤ２，３と、一方のリードワイヤ２先端部に設けられた凹部内にその主たる発光方位を上向きにして固定された青色ＬＥＤ素子４

と、該凹部内に青色ＬＥＤ素子４の外周をすり鉢状の斜面で囲うように設けられた蛍光体含有反射部材１０と、凹部内の青色ＬＥＤ素子４と蛍光体含有反射部材１０とを覆うように設けられた透明樹脂層１２と、青色ＬＥＤ素子４の上方に位置する透明樹脂層１２上に設けられた反射部材１３と、この反射部材１３と透明樹脂層１２を覆って設けられた蛍光体分散透過層１５と、これらを覆っている透明樹脂からなる砲弾型に成型されたモールド樹脂１４とを主な構成要素として備えている。

【００５２】

前記青色ＬＥＤ素子４は、青色光を発光できればよく、各層の材質や発光層の構造などは特に限定されず、例えば、炭化珪素（ＳｉＣ）の基板６上に窒化インジウムガリウム（ＩｎＧａＮ）半導体の発光層７を形成し、その上面及び下面に電極５及び８を設けた構造の素子を用いることができ、その高さは０．２５ｍｍ程度である。この青色ＬＥＤ素子４は、その下部電極５が一方のリードワイヤ２の凹部内に導電性ペーストなどを用いて実装、固定されることによって一方のリードワイヤ２と下部電極５とが電気的に接続され、かつ上部電極８と他方のリードワイヤ３とが金細線９をワイヤボンディングすることによって電気的に接続されている。

【００５３】

前記蛍光体含有反射部材１０は、バインダーとなる樹脂と５０質量％以上の蛍光体とを混合し、青色ＬＥＤ素子４を囲うすり鉢状の凹部を有する形状に成形して硬化せしめて作製され、又はすり鉢状の凹部を有する蛍光体を含まない材料からなる部材の斜面に前記樹脂と蛍光体との混合物を塗布して反射面を形成した部材を用いることができる。青色ＬＥＤ素子４を囲う斜面の蛍光体含有量が５０質量％未満であると、光の取り出し効率の改善効果が不十分になる可能性がある。

【００５４】

この蛍光体含有反射部材１０は、青色ＬＥＤ素子４の発光層７を埋めることなく、該発光層７は蛍光体含有反射部材１０から露出し、かつ蛍光体含有反射部材１０の凹部に設けられたエポキシ樹脂などの透明樹脂層１２によって覆われている。

【００５５】

青色ＬＥＤ素子４の上方に位置する透明樹脂層１２上には、反射部材１３が設けられている。反射部材１３は、白色又は金属光沢の反射面を有する板状の部材であり、例えば白色のシリコーン樹脂板などが挙げられる。透明樹脂層１２の厚さと反射部材１３の径とは、青色ＬＥＤ素子４から上方に発せられる青色光の放射の広がり角及びその他の要因を考慮して決定される。青色ＬＥＤ素子４から発せられる青色光のほとんどが反射部材１３で反射されるためには、透明樹脂層１２の厚さを小さくして青色ＬＥＤ素子４と反射部材１３との距離が近くなるようにし、また反射部材１３の径を大きくとることが必要である。一方で、反射部材１３で反射された光が青色ＬＥＤ素子４に戻るのではなく蛍光体含有反射部材１０に導かれるためには、反射部材１３が青色ＬＥＤ素子４から一定距離離隔していることが必要である。また、金細線９と反射部材１３が接触してしまうと反射部材１３が傾くので、この観点からも青色ＬＥＤ素子４と反射部材１３とは一定距離離隔していることが必要である。

【００５６】

反射部材１３の径については、反射部材１３は少なくとも上方から白色ＬＥＤランプ１を見た時に青色ＬＥＤ素子４を覆い隠す面積を有することが必要である。例えば、青色ＬＥＤ素子４が平面視で０．３ｍｍ×０．３ｍｍの正方形とし、円形の反射部材１３を用いる場合、反射部材１３は直径０．４３ｍｍ以上である必要があり、大きめの方がよい。ただし、反射部材１３があまり大きいと、蛍光体含有反射部材１０から反射してきた白色光を白色ＬＥＤランプ１外部に取り出す際の障害となるため、適度な大きさとする必要がある。

【００５７】

この反射部材１３と透明樹脂層１２を覆って設けられた蛍光体分散透過層１５は、エポキシ樹脂などの透明樹脂に１０質量％以下の量の蛍光体を分散させた材料からなっている

。この蛍光体分散透過層１５に分散させる蛍光体１１の量が１０質量％を超えると、光の透過率が低下して、光の取り出し効率が低下してしまう。この蛍光体分散透過層１５の蛍光体分散濃度は、薄ければ薄いほど透過率が向上することから、実装作業上困難の生じない範囲でできるだけ希薄であることが好ましい。

【００５８】

本実施形態の白色ＬＥＤランプ１は、蛍光体１１の分散量が一定である蛍光体分散透過層１５の厚さを変えることにより、出射光の色度を調節することが可能である。従って、従来技術では白色ＬＥＤランプからの出射光の色度がＣＩＥ１９３１色度図上で黒体輻射軌跡からずれてしまうような外部量子効率が最適値からずれたアルファサイアロン蛍光体を用いた場合でも、この蛍光体分散透過層１５の厚さを適切な厚さとすることで、出射光の色度を任意に調節できる。

【００５９】

蛍光体含有反射部材１０に含有させる蛍光体１１と、蛍光体分散透過層１５に分散している蛍光体とは、それぞれ同じであっても異なっていても良い。この蛍光体１１としては、セリウムで賦活したイットリウム・アルミニウム・ガーネット系蛍光体又はユーロピウムで賦活したアルファサイアロン蛍光体からなる群から選択される１種又はそれ以上の蛍光体が挙げられる。

【００６０】

前記モールド樹脂１４は、図４及び図６に示す従来の砲弾型白色ＬＥＤランプ１００又は１２０において用いられている樹脂１０５又は１２８と同様の透明な樹脂を用い、キャスティング法などの従来公知の成型法によって先端部に凸レンズ状の曲面を有する円柱状に形成することができる。

【００６１】

本実施形態の白色ＬＥＤランプ１は、例えば、以下の工程を経て製造される。

（１）まず、リードワイヤ２，３の一方にある素子載置用の凹部に青色ＬＥＤ素子４を導電性ペーストを用いてダイボンディングする。

（２）次に、蛍光体１１を５０質量％以上の量で分散させた樹脂を、凹部の側面及び底面を覆うように塗布し、硬化させて蛍光体含有反射部材１０を形成する。

（３）次に、青色ＬＥＤ素子４の上部電極８ともう一方のリードワイヤ３とを金細線９でワイヤボンディングする。

（４）次に、凹部を透明樹脂で満たし、その上部に反射部材１３を載置し、この樹脂を硬化させて透明樹脂層１２とする。

（５）次に、透明な樹脂に１０質量％以下の蛍光体を分散させた材料を反射部材１３と透明樹脂層１２の上部に塗布し、硬化させて蛍光体分散透過層１５を形成する。この蛍光体分散透過層１５の蛍光体分散量を一定とし、蛍光体分散透過層１５の厚さを調節することで、白色ＬＥＤランプ１からの出射光の色度を調節することが可能であり、例えば、蛍光体１１としてアルファサイアロン蛍光体を用い、ＣＩＥ１９３１色度図上の黒体輻射軌跡に重なった色度の白色ＬＥＤランプ１を作製することができる。

（６）次に、白色ＬＥＤランプ１の主要部をエポキシ樹脂などの透明なモールド樹脂１４で包囲し硬化させる。

【００６２】

前述した製造方法によって、図１に示す白色ＬＥＤランプ１が作製される。なお、白色ＬＥＤランプ１の作製において、蛍光体含有反射部材１０作製用の樹脂、透明樹脂層１２、蛍光体分散透過層１５に用いる樹脂及びモールド樹脂１４の各樹脂材料は、同じ樹脂でも良いし異なる樹脂を用いてもよい。

【００６３】

本実施形態の白色ＬＥＤランプ１は、青色ＬＥＤ素子４から発せられた光が蛍光体含有反射部材１０で反射され、その反射光が蛍光体分散透過層１５を通って外部に取り出されるように構成したことによって、光の取り出し効率を大幅に改善できるとともに、蛍光体分散透過層１５の厚さを変えることで出射光の色度を調節できることから、外部量子効率

が最適値からずれた蛍光体１１を用いても黒体輻射軌跡に一致した色度の出射光を得ることができる。

また、この白色ＬＥＤランプ１は、青色ＬＥＤ素子４の固定工程、接続工程を従来と同じ工程として、簡易な工程、素子固定の高信頼性、十分な放熱の可能な構造を従来通り維持しながら、反射型の蛍光体の実装構造を実現できる。これにより色度のばらつきを低減するとともに発光効率を大幅に改善することができる。

【００６４】

図２は、本発明の第２実施形態に係るチップ型の反射型白色ＬＥＤランプ（発光デバイス）２１の構成を示す断面図であり、図２中、符号２１はチップ型反射型白色ＬＥＤランプ（以下、白色ＬＥＤランプと記す。）、２２及び２３はリードワイヤ、２４は青色ＬＥＤ素子、２５は青色ＬＥＤ素子の下部電極、２６は青色ＬＥＤ素子の基板、２７は青色ＬＥＤ素子の発光層、２８は青色ＬＥＤ素子の上部電極、２９は金細線（ボンディングワイヤ）、３０は蛍光体含有反射部材、３１は蛍光体、３２は透明樹脂層、３３は反射部材、３４はモールド樹脂、３５は蛍光体分散透過層である。

【００６５】

この白色ＬＥＤランプ２１は、すり鉢状の凹部が設けられたアルミナセラミックス製の基板と、該基板の凹部内に一部が延出して配設された２本のリードワイヤ２２，２３と、凹部の中央に実装された青色ＬＥＤ素子２４と、該凹部内に青色ＬＥＤ素子２４の外周をすり鉢状の斜面で囲うように設けられた蛍光体含有反射部材３０と、凹部内の青色ＬＥＤ素子２４と蛍光体含有反射部材３０とを覆うように設けられた透明樹脂層３２と、青色ＬＥＤ素子２４の上方に位置する透明樹脂層３２上に設けられた反射部材３３と、この反射部材３３と透明樹脂層３２を覆って設けられた蛍光体分散透過層３５と、これらを覆っている透明樹脂からなる凸レンズ形状に成型されているモールド樹脂３４とを主な構成要素として備えている。

【００６６】

本実施形態において、基板及びリードワイヤ２２，２３以外の各構成要素、青色ＬＥＤ素子２４、金細線２９、蛍光体含有反射部材３０、蛍光体３１、透明樹脂層３２、反射部材３３、モールド樹脂３４及び蛍光体分散透過層３５は、前述した第１実施形態の白色ＬＥＤランプ１における青色ＬＥＤ素子４、金細線９、蛍光体含有反射部材１０、蛍光体１１、透明樹脂層１２、反射部材１３、モールド樹脂１４及び蛍光体分散透過層１５と同様である。

【００６７】

この白色ＬＥＤランプ２１の製造手順は、アルミナセラミックス基板にリードワイヤを固定する部分を除いては、第１実施形態による白色ＬＥＤランプ１とほぼ同様に製造することができる。

【００６８】

この白色ＬＥＤランプ２１は、前述した第１実施形態による白色ＬＥＤランプ１と同様に、青色ＬＥＤ素子２４から発せられた光が蛍光体含有反射部材３０で反射され、その反射光が蛍光体分散透過層３５を通って外部に取り出されるように構成したことによって、光の取り出し効率を大幅に改善できるとともに、蛍光体分散透過層３５の厚さを変えることで出射光の色度を調節できることから、外部量子効率が最適値からずれた蛍光体３１を用いても黒体輻射軌跡に一致した色度の出射光を得ることができる。

また、この白色ＬＥＤランプ２１は、青色ＬＥＤ素子２４の固定工程、接続工程を従来と同じ工程として、簡易な工程、素子固定の高信頼性、十分な放熱の可能な構造を従来通り維持しながら、反射型の蛍光体の実装構造を実現できる。これにより色度のばらつきを低減するとともに発光効率を大幅に改善することができる。

【００６９】

次に、本発明に係る照明装置について説明する。

図３は、本発明に係る第３実施形態として、前述した白色ＬＥＤランプ１（又は２１）を適用した白色照明装置を示す断面図である。

【００７０】
この白色照明装置４１は、１個又は複数個の前述した白色ＬＥＤランプ１（又は２１、以下同様）と、この白色ＬＥＤランプ１が取り付けられた支持部４３と、白色ＬＥＤランプ１を駆動させるためのランプ駆動部（図示せず）と、白色ＬＥＤランプ１を覆う光散乱部材として機能するカバー４４とを備えて構成されている。
【００７１】
支持部４３は、一定の強度を有する箱状の部材であり、天井又は側壁に固定されるようになっている。支持部４３の内部には、外部から供給された電源を利用して白色ＬＥＤランプ１を点灯させるための電気回路である駆動部が内蔵されている。駆動部は通常、電源回路と白色ＬＥＤランプ用ドライバＩＣとそれらに付属する周辺部品とからなる。またドライバＩＣは、白色ＬＥＤランプ１をパルス駆動する機能や、調光機能を有している場合もある。支持部４３には、前述した第１実施形態又は第２実施形態に示した白色ＬＥＤランプ１又は２１が多数個設置されており、これらはそれぞれのリードワイヤ２，３，２２，２３を介して駆動部に電気的に接続されている。
【００７２】
白色ＬＥＤランプ１の全体を覆うように配置されているカバー４４は、曇りガラス又は一定の表面粗さを有する透明樹脂製カバーなどであり、光散乱部材としての機能を有する。このカバー４４により、白色ＬＥＤランプ１から発せられた白色光は、直接人の目に入射することなく、白色照明装置の全体が明るく発光しているものとして認識される。このため、第１実施形態又は第２実施形態に示した白色ＬＥＤランプ１を直接観察した際には反射部材１３が影をつくるが、このことが白色照明装置の使用にあたって問題になることはない。
【００７３】
またこの照明装置４１においては、従来の透過型の白色ＬＥＤランプ１００，１１０に代えて本発明の反射型の白色ＬＥＤランプ１を用いることにより、従来よりも高い発光効率を得ることが可能になった。この結果、従来と同様の白色ＬＥＤランプを使用する場合には、従来より多くの光量が得られることとなり、また従来と同等の光量を要求される白色照明装置においては、必要となる白色ＬＥＤランプ１の数量が減少しコストダウンになるとともに、運用時の電気代低減にも寄与することとなった。また、既に提案されている特許文献２に開示された反射型白色ＬＥＤランプを使用した場合と比較してより信頼性の高いものとなっている。
【００７４】
次に、本発明に係る色度調節方法の実施形態を、図１１を参照して説明する。図１１は、ＣＩＥ１９３１色度図上において、青色ＬＥＤ素子の出射光の色度（○）、黄色発光アルファサイアロン蛍光体（図中、黄色サイアロン蛍光体と記す。）を励起して発する蛍光の色度（△）、及び図１又は図２に示す構造の白色ＬＥＤランプ１において、蛍光体として黄色サイアロン蛍光体を用い、蛍光体分散透過層１５の厚さを変化させた事前実験の各ランプからの色度（●）のそれぞれの色度座標を示すグラフである。
【００７５】
図４又は図５に示す従来の透過型の白色ＬＥＤランプ１００，１１０では、蛍光体分散樹脂１０３，１１４の塗布量（厚さ）を変化させた時に、その色度が青色ＬＥＤ素子の色度座標から黄色サイアロン蛍光体の色度座標まで変化することが、非特許文献２などに開示されている。しかし、この従来の透過型の白色ＬＥＤランプ１００，１１０では、蛍光体分散樹脂１０３，１１４中の蛍光体分散量を高くするか、又は蛍光体分散樹脂の塗布量（厚さ）を大きくすると、極端に光の取り出し効率が低下してしまうため、実際には黄色サイアロン蛍光体の色度座標の近傍まで色度を変化させるとランプの発光効率は低下する。
【００７６】
また、図６又は図７に示す従来の反射型の白色ＬＥＤランプ１２０，１３０においては、色度の調整は不要であり、反射型構造としたことで色度のばらつきを低減することを目

的としている。従って、図６又は図７に示す白色ＬＥＤランプ１２０，１３０では、所望の白色光、例えば、ＣＩＥ１９３１色度図上で黒体輻射軌跡に重なるか、その近傍となる白色光を得るためには、外部量子効率が最適値である蛍光体を用いる必要があり、外部量子効率が最適値からずれた蛍光体を用いて黒体輻射軌跡に一致した色度の出射光を得ることはできない。

【００７７】

これらの従来技術に対し、本発明に係る白色ＬＥＤランプ１，２１では、図６又は図７に示す反射型の白色ＬＥＤランプを基本構成としているが、青色ＬＥＤ素子４，２４から発せられ蛍光体含有反射部材１０、３０で反射した光が、希薄に蛍光体を分散した蛍光体分散透過層１５、３５を通って外部に取り出される構成とし、この蛍光体分散透過層１５，３５の厚さを変えることで出射光の色度を調節することができるようになっている。また、蛍光体を希薄に分散させたことで透過率も向上するため、光の取り出し効率を損なうことがない。

【００７８】

図１及び図２に示す白色ＬＥＤランプ１，２１は、蛍光体分散透過層１５，３５を通して出射光を得る構造であり、この点は一見すると図４や図５に示した従来技術における蛍光体分散樹脂１０３，１１４と同様であり、この透過層の厚さのばらつきによって出射光の色度のばらつきを生じ得る構造となっている。しかしながら、図４や図５に示した従来技術では、蛍光体を２５質量％又は５０質量％と高濃度で分散した蛍光体分散樹脂について、その塗布量（厚さ）を調節しているが、図１や図２に示す本発明に係る白色ＬＥＤランプ１，２１では、蛍光体を１０質量％以下と希薄に分散させた蛍光体分散透過層１５，３５についてその厚さを調節するため、従来技術と比較して色度の調節は容易であり、また色度のばらつきを十分抑制できたものとなる。これは、蛍光体の濃度が薄ければ、同一量の樹脂厚さの誤差に起因する色度ずれが小さいからである。

【００７９】

本発明に係る色度調節方法は、樹脂中の蛍光体を１０質量％以下と低く設定し、その蛍光体分散透過層１５，３５の塗布量（すなわち、形成される蛍光体分散透過層１５，３５の厚さ）を調節することで、白色ＬＥＤランプ１，２１の出射光の色度を調節する。図１１に複数の●のプロット（事前実験の各ランプ）にて示す通り、図１に示す構造の白色ＬＥＤランプ１において、蛍光体として黄色サイアロン蛍光体を用い、樹脂中の蛍光体を１０質量％程度とし、蛍光体分散透過層１５の厚さを変化させた場合、蛍光体分散透過層１５を厚くするに従って、ランプ出射光の色度は、○で示す青色ＬＥＤ素子の色度座標から、△で示す黄色サイアロン蛍光体の色度座標に向けてシフトしていく。なお、蛍光体分散透過層１５を設けない（厚さがゼロ）場合の色度座標は、図９に示す比較例１のランプの色度座標と等しく、黒体輻射軌跡から青色側に向け離間している。一方、好ましい白色系の目安である黒体輻射軌跡は、複数の●のプロットで表されるシフト線上にあり、両者は交叉している。従って、本発明に係る色度調節方法によって、蛍光体分散透過層１５の厚さを調節することで、黒体輻射軌跡と重なる（又は近傍に位置する）色度座標の白色光を出射する白色ＬＥＤランプ１，２１を作製することができる。

【００８０】

本発明に係る色度調節方法は、使用する蛍光体の種類及び樹脂中の蛍光体分散量を決め、前述した事前実験によって黒体輻射軌跡と重なるか又は近傍に位置する色度座標の白色光、またはそれよりも暖かみのある白色光などの所望の色度の光が得られる蛍光体分散透過層の厚さを予め決定しておき、白色ＬＥＤランプの製造時に、前記決定した蛍光体分散透過層の厚さが得られるように、蛍光体分散樹脂の塗布量を調節することで、所望の色度の白色ＬＥＤランプ１，２１を得ることができる。

【００８１】

なお、前述した各実施形態は、本発明の例示に過ぎず、本発明はこれらの実施形態に限定されることなく、適宜変更や修正が可能である。

例えば、前記第１実施形態及び第２実施形態では、青色ＬＥＤ素子として上方に一つ、

下方に一つ電極が配置された構成の素子を用いたが、下方には電極を設けず、上方に二つの電極を設ける構成であっても良い。この場合には、製造工程の内第１の工程では導電性のペーストを用いる必要はなく、青色ＬＥＤ素子４が適切に固定されていればよく、第２の工程においてそれぞれのリードワイヤ２，３とそれぞれの電極とを金細線でワイヤボンディングすることになる。

また、発光素子としては、短波長のＬＥＤ素子とこのＬＥＤ素子の発光の一部又は全部を吸収することにより励起され、より長波長の蛍光を発する蛍光体材料とを用いたＬＥＤランプであれば、通常どのようなものにも適用できる。また、ＬＥＤ以外の光源を用いるものであっても良い。

以下、実施例により本発明の効果を実証する。

【実施例】

【００８２】

［蛍光体の調製］

使用したアルファサイアロン蛍光体は、一般式Ca_p（Ｓｉ，Ａｌ）$_{12}$（Ｏ，Ｎ）$_{16}$：Eu_qで表されるユーロピウムで賦活したカルシウムアルファサイアロン蛍光体である。本実施例では、その組成をｐ＝０．８７５、ｑ＝０．０７とし、$Ca_{0.875}Si_{9.06}Al_{2.94}O_{0.98}N_{15.02}$：$Eu_{0.07}$として組成設計した。出発原料であるアルファ窒化珪素（αSi_3N_4）６５．７８質量％、窒化アルミニウム（ＡｌＮ）１８．７１質量％、炭酸カルシウム（$CaCO_3$）１３．５９質量％、酸化ユーロピウム（Eu_2O_3）１．９１質量％を秤量し、溶媒のｎ－ヘキサンと窒化珪素ボールとともに窒化珪素容器に入れ、遊星ボールミルを用いて毎分１５０回転で２時間湿式混練した。その後、ロータリーエバポレータで乾燥させ、乾燥した粉末の状態で乳鉢を用いて十分にほぐし、ＪＩＳ　Ｚ　８８０１に準拠した公称目開き１２５μｍのステンレス製の試験用ふるいを用いて１２５μｍ以下に造粒し、窒化ホウ素製の蓋付き容器に収めた。これをガス加圧焼結装置を用いて１７００℃、窒素雰囲気０．５ＭＰａで５０時間保持して焼結した。焼結後、装置から取り出した段階では一つの固まりのようになっているものを乳鉢上でわずかな力を加え、粉末状に崩した。その後ＪＩＳ　Ｚ　８８０１に準拠した公称目開き４５μｍのステンレス製の試験用ふるいを用いて４５μｍ以下のもののみ選別し、アルファサイアロン蛍光体とした。

【００８３】

［実施例１の白色ＬＥＤランプの作製］

図１に示す構造の白色ＬＥＤランプ１を以下の手順で作製した。

白色ＬＥＤランプ製造の第一の工程では、一組のリードワイヤ２，３の一方にある素子載置用の凹部に、発光ピーク波長４５０ｎｍの青色ＬＥＤ素子４を導電性ペーストを用いてダイボンディングした。この青色ＬＥＤ素子４の寸法は０．３ｍｍ×０．３ｍｍ×０．２５ｍｍである。

【００８４】

第二の工程では、前述した通り製造した２価のユーロピウムで賦活したカルシウム固溶アルファサイアロン蛍光体粉末を７０質量％で分散させた樹脂を、凹部の側面及び底面を覆うように塗布し、硬化させて蛍光体含有反射部材１０を形成した。この時、特に底面についてはその厚さに注意し、青色ＬＥＤ素子４の発光層７が露出する程度の厚さにとどめた。なお、反射型の白色ＬＥＤランプにおいては、透過型と異なり、蛍光体含有反射部材１０が十分な蛍光体濃度と厚みを持ってさえいれば白色光の発光が可能なので、蛍光体分散量又は厚さについての微妙な調整は必要ない。

【００８５】

第三の工程では、青色ＬＥＤ素子４の上部電極８ともう一方のリードワイヤ３とを金細線９でワイヤボンディングした。

【００８６】

第四の工程では、凹部を透明樹脂で埋め、その上部に白色樹脂製板状の反射部材１３を載置し、透明樹脂を硬化させて透明樹脂層１２を形成した。反射部材１３としては、厚さ

０．２ｍｍ、直径０．６ｍｍの白色シリコーン樹脂製円板を用いた。

【００８７】

第五の工程では、反射部材１３及び透明樹脂層１２の上部に、前記のアルファサイアロン蛍光体を１０質量％分散させた透明樹脂を塗布し、硬化させて蛍光体分散透過層１５を形成した。この蛍光体分散透過層１５の形成に際しては、形成される蛍光体分散透過層１５の厚さが後述する事前実験によって決定した最適厚さ（ランプからの出射光の色度がＣＩＥ１９３１色度図上で黒体輻射軌跡と重なる色度となる蛍光体分散透過層１５の厚さ）となるように樹脂塗布量を調節した。

【００８８】

第六の工程では、蛍光体分散透過層１５形成後、ランプ１の主要部を透明な樹脂で包囲して硬化させ、砲弾型のモールド樹脂１４を形成した。この第六の工程は、キャスティング法により実施した。

【００８９】

リードワイヤ２，３は一組のリードワイヤが一体に成形されたものを用いたので、第七の工程でこの２本のリードワイヤ２，３間をつないでいる部分を切り落とした。これによって図１に示す構造の白色ＬＥＤランプ１（以下、実施例１のランプと記す。）を作製した。

本実施例において、蛍光体含有反射部材１０、透明樹脂層１２、蛍光体分散透過層１５及びモールド樹脂１４の形成に用いた樹脂材料は、同一のエポキシ樹脂を用いた。

【００９０】

［比較例１の白色ＬＥＤランプの作製］

前記第五の工程を実施せず、蛍光体分散透過層１５を形成しなかった以外は、前記実施例１と同様にして、図６に示す構造の白色ＬＥＤランプ１２０（以下、比較例１のランプと記す。）を作製した。

【００９１】

［蛍光体分散透過層の厚さ決定のための事前実験］

実施例１のランプにおいて、出射光の色度がＣＩＥ１９３１色度図上で黒体輻射軌跡と重なる色度とするために必要な蛍光体分散透過層１５の厚さは、以下の事前実験により決定した。

【００９２】

実施例１のランプの作製と同様にして、第五の工程における蛍光体分散樹脂の塗布量を変え、蛍光体分散透過層１５の厚さが異なる多数のランプ（以下、事前実験のランプと記す。）を作製した。

【００９３】

これらの事前実験のランプから発する白色光の色度、青色ＬＥＤ素子の出射光の色度、及び前記アルファサイアロン蛍光体（以下、黄色サイアロン蛍光体と記す場合がある）を励起して発する蛍光の色度を、Optronic Laboratories, Inc.社製の発光ダイオード測定装置ＯＬ－７７０と積分球を用いてそれぞれ測定し、ＣＩＥ１９３１色度図上にプロットした。図１１はその結果を示すグラフである。図中、●は事前実験の各ランプから発する白色光の色度、△は黄色サイアロン蛍光体を励起して発する蛍光の色度、○は青色ＬＥＤ素子の出射光の色度をそれぞれ示している。

【００９４】

図１１から、蛍光体分散透過層１５の厚さを変えることで、事前実験の各ランプの色度（●）が、○で示す青色ＬＥＤ素子の色度座標から、△で示す黄色サイアロン蛍光体の色度座標までの間で変化していることが分かる。さらに詳細に言えば、樹脂中の蛍光体を１０質量％とし、蛍光体分散透過層１５の厚さを変化させた場合、蛍光体分散透過層１５を厚くするに従って、ランプ出射光の色度は、○で示す青色ＬＥＤ素子の色度座標から、△で示す黄色サイアロン蛍光体の色度座標に向けてシフトする傾向が見られた。一方、黒体輻射軌跡は、複数の●のプロットで表されるシフト線上にあり、両者は交叉している。そして、この黒体輻射軌跡と重なる色度が得られたランプにおける蛍光体分散透過層１５の

厚さをもって蛍光体分散透過層１５の最適厚さとし、この最適厚さが得られるように蛍光体分散樹脂の塗布量を調節して実施例１のランプを作製した。

【００９５】

［各ランプの発光特性の比較］

実施例１のランプと比較例１のランプのそれぞれの発光スペクトル及び色度を測定した。発光スペクトル及び色度は、前記事前実験の場合と同じく、Optronic Laboratories, Inc.社製の発光ダイオード測定装置ＯＬ－７７０と積分球を用いて測定し、色度をＣＩＥ１９３１色度図上にプロットした。

【００９６】

図８は、比較例１のランプの発光スペクトルを示すグラフである。図９は、比較例１のランプの色度座標をプロットしたＣＩＥ１９３１色度図である。図１０は、実施例１のランプの発光スペクトルを示すグラフである。図１２は、実施例１のランプの色度座標をプロットしたＣＩＥ１９３１色度図である。

【００９７】

比較例１のランプの発光スペクトルは、図８に示すように、青色系の光が多くなっている。また、その色度は、図９中◆印で示す通り、黒体輻射軌跡から青色側に離間しており、白色とは言えない白紫色とでも言うべき色合いのものであった。

【００９８】

一方、実施例１のランプの発光スペクトルは、図１０に示すように、比較例１のランプと比べて青色系の光が少なくなり、黄色系の光が増加している。また、その色度は、図１２中◇印で示す通り、黒体輻射軌跡と一致しており、照明用などとして理想的な白色光が得られた。

【００９９】

これらの実験結果から、この実施例１のランプは、特願２００４－１６４４４２に記載した白色ＬＥＤランプに存在した、外部量子効率がちょうど良い蛍光体を用いないとその色度が黒体輻射軌跡に一致しない、という問題を克服し、アルファサイアロン蛍光体など他の蛍光体であっても黒体輻射軌跡に一致した色度を実現できるものとなった。これにより、反射型構造を有する電球色の白色ＬＥＤランプを実現することができた。また、実施例１のランプは、特願２００４－１６４４４２の白色ＬＥＤランプ（図６）と同様の利点も併せ持っており、図４に示す従来の白色ＬＥＤランプと比較して色度のばらつきが少なく、再現性良く白色を発し、また同一の供給電力に対してその発光強度は大幅に増加した。作製にあたっては従来の白色ＬＥＤランプと同様の簡易な半導体ＬＥＤ素子固定・接続工程（ダイボンディング工程、ワイヤボンディング工程）をそのまま利用することが可能であり、素子固定・接続の信頼性は従来同様の高信頼性が確保できており、また放熱についても従来同様の効率良い放熱構造が維持されている。

【図面の簡単な説明】

【０１００】

【図１】本発明の第１実施形態の白色ＬＥＤランプを示す断面図である。

【図２】本発明の第２実施形態の白色ＬＥＤランプを示す断面図である。

【図３】本発明の第３実施形態の白色照明装置を示す断面図である。

【図４】従来の透過型の砲弾型白色ＬＥＤランプを例示する断面図である。

【図５】従来の透過型のチップ型白色ＬＥＤランプを例示する断面図である。

【図６】従来の反射型の砲弾型白色ＬＥＤランプを例示する断面図である。

【図７】従来の反射型のチップ型白色ＬＥＤランプを例示する断面図である。

【図８】比較例１のランプの発光スペクトルを示すグラフである。

【図９】比較例１のランプの色度座標をプロットしたＣＩＥ１９３１色度図である。

【図１０】実施例１のランプの発光スペクトルを示すグラフである。

【図１１】実施例１のランプにおける蛍光体分散透過層の最適厚さを決定するための事前実験の結果を示すＣＩＥ１９３１色度図である。

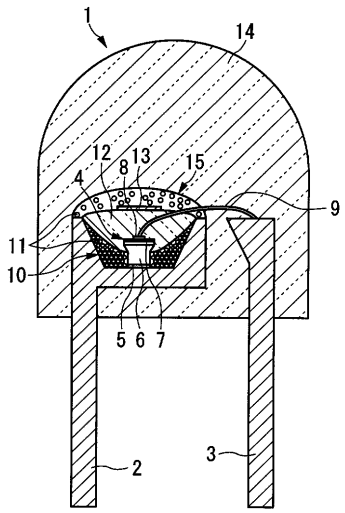
【図１２】実施例１のランプの色度座標をプロットしたＣＩＥ１９３１色度図である。

【符号の説明】

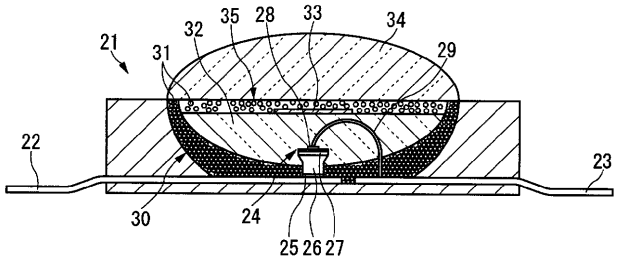
【０１０１】

１，２１…白色ＬＥＤランプ（発光デバイス）、２，３，２２，２３…リードワイヤ（電極端子）、４，２４…青色ＬＥＤ素子（発光素子）、５，２５…下部電極、６，２６…基板、７，２７…発光層、８，２８…上部電極、９，２９…金細線、１０，３０…蛍光体含有反射部材、１１，３１…蛍光体、１２，３２…透明樹脂層、１３，３３…反射部材、１４，３４…モールド樹脂、１５，３５…蛍光体分散透過層、４１…白色照明装置（照明装置）、４３…支持部、４４…カバー。

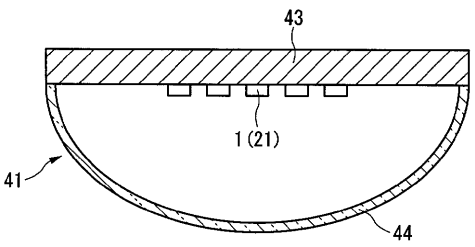
【図１】



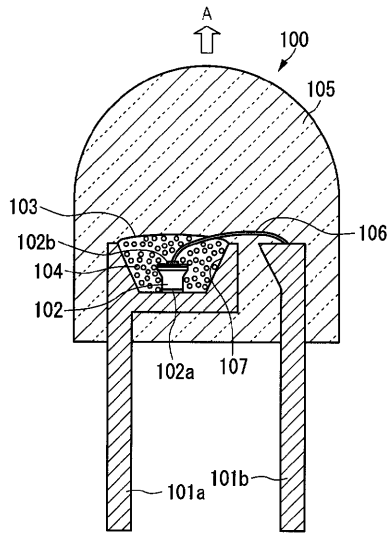
【図２】



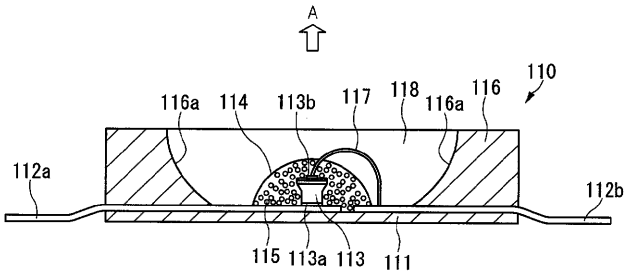
【図３】



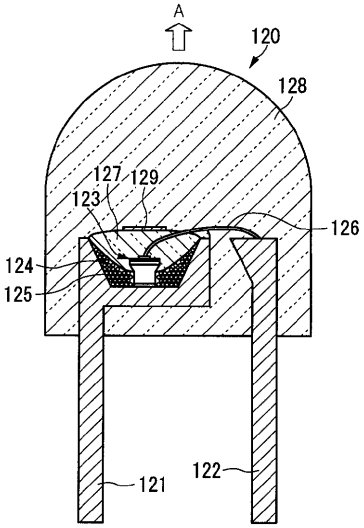
【図４】



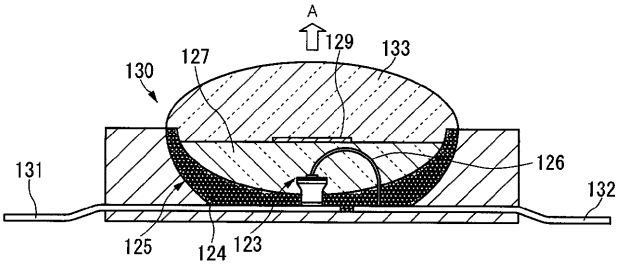
【図５】



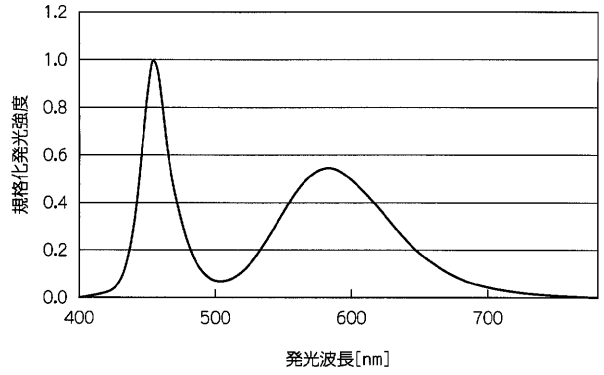
【図６】



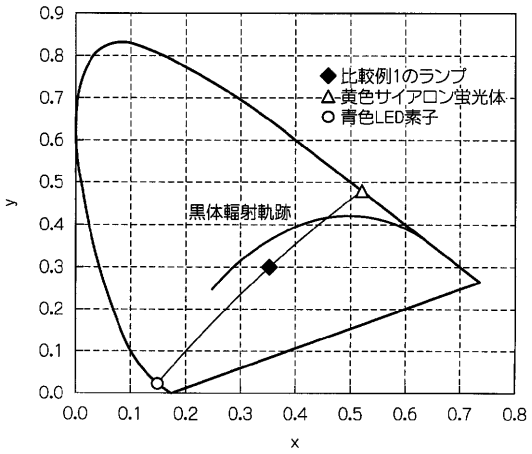
【図７】



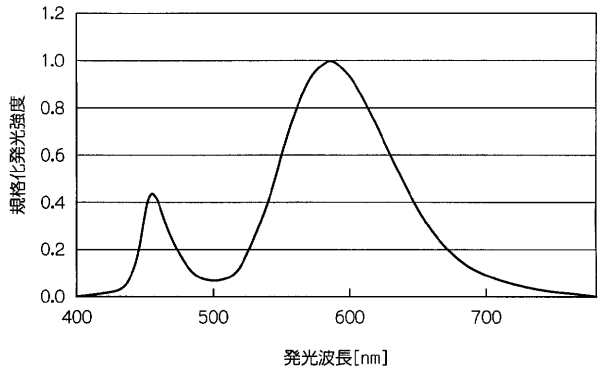
【図８】



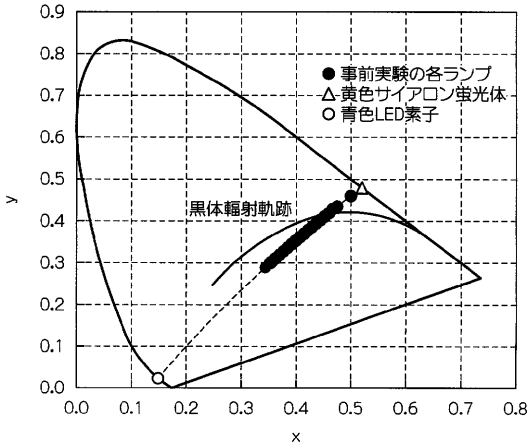
【図９】



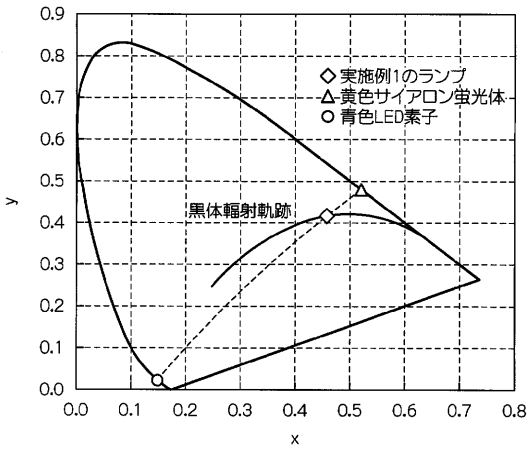
【図１０】


規格化発光強度
1.2
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
400
500
600
700
発光波長[nm]

【図１１】


● 事前実験の各ランプ
△ 黄色サイアロン蛍光体
○ 青色LED素子
黒体輻射軌跡
y
x
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9

【図１２】


◇ 実施例1のランプ
△ 黄色サイアロン蛍光体
○ 青色LED素子
黒体輻射軌跡
y
x
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9

フロントページの続き

(72)発明者　佐久間　健
千葉県佐倉市六崎１４４０番地　株式会社フジクラ佐倉事業所内
(72)発明者　広崎　尚登
茨城県つくば市千現一丁目２番１号　独立行政法人物質・材料研究機構内

Ｆターム(参考) 5F041 AA11 CA40 DA02 DA07 DA12 DA18 DA26 DA44 EE23 EE25