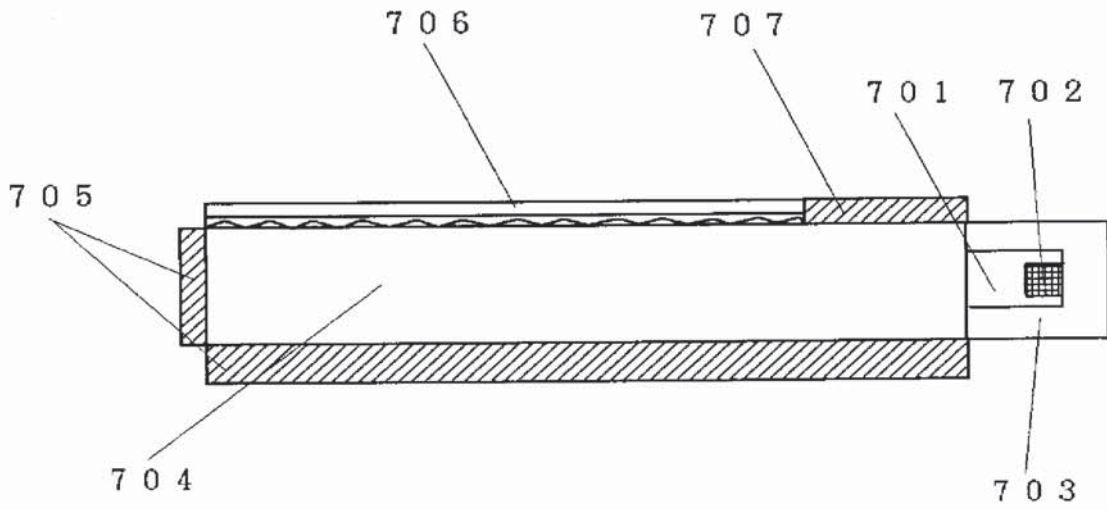


【図7】



【書類名】 要約書

【課題】

本願発明は、LEDチップからの発光を変換して発光させるフォトルミネセンス蛍光体を有し使用環境によらず高輝度、高効率に発光可能な発光ダイオード及びそれを用いた表示装置に関する。

【解決手段】

本願発明は、発光層が窒化ガリウム系化合物半導体であるLEDチップと、該LEDチップからの発光の少なくとも一部を吸収し波長変換して発光するフォトルミネセンス蛍光体と、を有する発光ダイオードであって、前記LEDチップの発光スペクトルのピークが400nmから530nmの発光波長を有すると共に、前記フォトルミネセンス蛍光体が $RE_3(A1, Ga)_5O_{12}:Ce$ である発光ダイオード。但し、REは、Y, Ga, Smから選択される少なくとも一種である。

【選択図】 図1

【書類名】 職権訂正データ

【訂正書類】 特許願

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】 申請人

【識別番号】 000226057

【住所又は居所】 徳島県阿南市上中町岡491番地100

【氏名又は名称】 日亜化学工業株式会社

出願人履歴

000226057

19900818

新規登録

徳島県阿南市上中町岡491番地100
日亜化学工業株式会社

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 1996年 9月17日

出 願 番 号
Application Number: 平成 8年特許願第244339号

パリ条約による外国への出願
に用いる優先権の主張の基礎
となる出願の国コードと出願
番号
The country code and number
of your priority application,
to be used for filing abroad
under the Paris Convention, is

J P 1 9 9 6 - 2 4 4 3 3 9

出 願 人
Applicant(s): 日亜化学工業株式会社

2009年10月 6日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

細野 哲弘



【書類名】 特許願

【整理番号】 P96ST30

【提出日】 平成 8年 9月17日

【あて先】 特許庁長官 荒井 寿光 殿

【国際特許分類】

H01L 33/00

【発明の名称】 発光装置

【請求項の数】 5

【発明者】

【住所又は居所】 徳島県阿南市上中町岡4 9 1 番地1 0 0 日亜化学工業株式会社内

【氏名】 森口 敏生

【発明者】

【住所又は居所】 徳島県阿南市上中町岡4 9 1 番地1 0 0 日亜化学工業株式会社内

【氏名】 野口 泰延

【特許出願人】

【識別番号】 000226057

【郵便番号】 774

【住所又は居所】 徳島県阿南市上中町岡4 9 1 番地1 0 0

【氏名又は名称】 日亜化学工業株式会社

【代表者】 小川 英治

【電話番号】 0884-22-2311

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 010526

【納付金額】 21,000

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】要約書 1
【プルーフの要否】要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 発光装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】

発光層が窒化ガリウム系化合物半導体であるLEDチップと、該LEDチップからの発光の少なくとも一部を吸収し波長変換して発光するフォトルミネセンス蛍光体と、を有する発光装置であって、

前記LEDチップの主発光ピークが400nmから530nm内であると共に、前記フォトルミネセンス蛍光体が $Y_3(A1, Ga)_5O_{12}:Ce$ である第1の蛍光体と、 $RE_3Al_5O_{12}:Ce$ であって第1の蛍光体の主発光波長よりも長波長側に主発光波長がある第2の蛍光体とであることを特徴とする発光装置。

但し、REは、Y, Gd, Laから選択される少なくとも一種である。

【請求項2】

発光層が窒化ガリウム系化合物半導体であるLEDチップと、該LEDチップからの発光の少なくとも一部を吸収し波長変換して発光するフォトルミネセンス蛍光体と、を有する発光装置であって、

前記LEDチップの主発光ピークが400nmから530nm内であると共に、前記フォトルミネセンス蛍光体は $Y_3Al_5O_{12}:Ce$ の主発光波長よりも短波長側に主発光波長がある $Y_3(A1, Ga)_5O_{12}:Ce$ と $Y_3Al_5O_{12}:Ce$ の主発光波長よりも長波長側に主発光波長がある $RE_3Al_5O_{12}:Ce$ であることを特徴とする発光装置。

但し、REは、Y, Gd, Laから選択される少なくとも一種である。

【請求項3】

LEDチップからの発光により励起されて蛍光を発するフォトルミネセンス蛍光体が含有された蛍光体層を介して光学的に接続されたLEDチップと、透光性導光板と、を有する面状光源であって、

前記LEDチップの発光層が400nmから530nm内に主発光波長を有する窒化ガリウム系化合物半導体であり、前記フォトルミネセンス蛍光体が $Y_3(A1, Ga)_5O_{12}:Ce$ である第1の蛍光体と、 $RE_3Al_5O_{12}:Ce$ であっ

て前記第1の蛍光体の主発光波長よりも長波長側に主発光波長がある第2の蛍光体であることを特徴とする面状光源。

但し、REは、Y、Gd、Laから選択される少なくとも一種である。

【請求項4】

透光性導光板の端面の少なくとも一箇所にLEDチップが光学的に接続されており、前記導光板の主面のいずれか一方に、前記LEDチップの発光により励起されて蛍光を発するフォトルミネセンス蛍光体が含有された蛍光部材を有する面状光源であって、

前記LEDチップの発光層が400nmから530nm内に主発光波長を有する窒化ガリウム系化合物半導体であり、前記フォトルミネセンス蛍光体が $Y_3(A1, Ga)_5O_{12}:Ce$ である第1の蛍光体と、 $RE_3Al_5O_{12}:Ce$ であって前記第1の蛍光体の主発光波長よりも長波長側に主発光波長がある第2の蛍光体とであることを特徴とする面状光源。

但し、REは、Y、Gd、Laから選択される少なくとも一種である。

【請求項5】

マウント・リードのカップ内に配置させたLEDチップと、該LEDチップと導電性ワイヤーを用いて電氣的に接続させたインナー・リードと、前記カップ内に充填させたコーティング部材と、該コーティング部材、LEDチップ、導電性ワイヤー及びマウント・リードとインナー・リードの少なくとも一部を被覆するモールド部材と、を有する発光ダイオードであって、

前記LEDチップが窒化ガリウム系化合物半導体であり、且つ前記コーティング部材が第1のフォトルミネセンス蛍光体である $Y_3(A1, Ga)_5O_{12}:Ce$ と、 $RE_3Al_5O_{12}:Ce$ であって前記第1の蛍光体の主発光波長よりも長波長側に主発光波長を有する第2の蛍光体である $RE_3Al_5O_{12}:Ce$ とを有する透光性樹脂であることを特徴とする発光ダイオード。

但し、REは、Y、Gd、Laから選択される少なくとも一種である。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】

本願発明は、バックライト光源、照光式スイッチ、信号機、表示器、LEDディスプレイ及び各種インジケータなどに利用される発光装置に係わり、特に使用環境によらず高輝度、高効率にRGB（赤、緑、青色系）成分が発光可能な発光装置に関する。

【0002】

【従来技術】

LEDチップを用いた発光装置は、小型で効率が良く鮮やかな色の発光をする。また、半導体素子であるため球切れなどの心配がない。初期駆動特性が優れ、振動やON/OFF点灯の繰り返しに強いという特徴を有する。そのため各種インジケータや種々の光源として利用されている。最近、超高輝度高効率な発光ダイオードとしてRGBなどの発光ダイオードがそれぞれ開発された。これに伴いRGBの三原色を利用した液晶用バックライトなどに使用可能なフルカラー用面状発光装置が省電力、長寿命、軽量などの特長を生かして研究されてきている。

【0003】

LEDチップは使用される発光層の半導体材料、形成条件などによって紫外から赤外まで種々の発光波長を放出させることが可能である。また、優れた単色性ピーク波長を有する。

【0004】

しかしながら、LEDチップを用いた発光装置は優れた単色性ピーク波長を有するが故に白色系発光光源などとさせるためには、RGBなどが発光可能な各LEDチップをそれぞれ近接して発光させ拡散混色させる必要がある。このような発光ダイオードは、種々の色を自由に発光させる発光装置としては有効であるが、白色系などの色のみを発光させる場合においても赤色系、緑色系及び青色系の発光ダイオードなどをそれぞれ使用せざるを得ない。LEDチップは、半導体であり色調や輝度のバラツキもまだ相当ある。また、同一半導体材料を用いて高輝度にRGBが発光可能なLEDチップが未だ開発されていない。そのため、それぞれ異なる材料を用いて形成させざるを得ず、各LEDチップの駆動電力などが異なるため個々に電源などを確保する必要がある。白色系を発光させるためには、各半導体ごとに電流などを調節して発光させなければならない。同様に、半導

体発光素子であるため個々の温度特性の差や経時変化が異なり、色調が種々変化してしまう。さらに、LEDチップからの発光を均一に混色させなければ、色むらを生ずる場合がある。

【0005】

そこで、本出願人は先にLEDチップの発光色を蛍光物質で色変換させた発光ダイオードや面状発光装置として特開平5-152609号公報、特開平7-176794号公報、特開平8-8614号公報などに記載された発光ダイオードや面状発光光源を開発した。これらの発光ダイオードや面状発光光源によって、1種類のLEDチップを用いて白色系など他の発光色を発光させることができる。

具体的には、青色が発光可能なLEDチップを透明な導光板の一端に接続させLEDチップから発光された発光を導光板上に設けられた蛍光物質含有層によって緑色及び赤色などに色変換させ白色系の発光とさせるものである。これらは、RGB発光成分を有する白色系が発光可能な発光装置として利用した場合においても十分な輝度を長時間に渡って発光する発光装置とすることができる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

LEDチップからの発光によって励起される蛍光物質は、蛍光染料、蛍光顔料さらには有機、無機化合物などから様々なものが挙げられる。蛍光体の励起波長や発光波長によっても種々のものが挙げられる。また、蛍光体は、発光素子からの発光波長を波長の短いものから長い波長へと変換する、或いは発光素子からの発光波長を波長の長いものから短い波長へと変換するものがある。

【0007】

しかしながら、波長の長いものから短い波長へと変換する場合、変換効率が極めて悪く実用に向かない。また、発光装置を直射日光など外部環境下で使用する場合や蛍光体をLEDチップ周辺に近接して配置させた場合は、紫外線など様々な高エネルギー光が蛍光体などに長期間に渡って強照射され続ける。特に、発光素子であるLEDチップを高エネルギーバンドギャップを有する半導体を用い蛍光体の変換効率向上や蛍光体の使用量を減らした場合には、LEDチップ

から発光した光が可視光域にあるといっても光エネルギーが必然的に高くなり、太陽光などの外来光からとの相乗作用で蛍光体自体が劣化しやすい。

【0008】

蛍光体が劣化すると色調がずれる、或いは蛍光体が黒ずみ光の外部取り出し効率が低下する場合がある。同様に蛍光体は、LEDチップの昇温や外部環境からの加熱など高温にもさらされる。さらに、発光装置は一般的に樹脂ケースに被覆されてはいるものの外部環境からの水分の進入などを完全に防ぐことや、製造時に付着した水分を完全に除去することはできない。蛍光体によっては、このような水分が発光素子からの高エネルギー光や熱によって蛍光体物質の劣化を促進する場合もある。また、イオン性の有機染料に至ってはチップ近傍では直流電界により電気泳動を起こし、色調が変化する可能性がある。したがって、本願発明は上記課題を解決し、野外の使用時などにおいてもより長時間、発光光率の低下や色ずれが極めて少なくRGBの発光成分を高輝度に発光可能な発光装置を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】

本願発明は、発光層が窒化ガリウム系化合物半導体であるLEDチップと、該LEDチップからの発光の少なくとも一部を吸収し波長変換して発光するフォトルミネセンス蛍光体と、を有する発光装置であって、前記LEDチップの主発光ピークが400nmから530nm内であると共に、前記フォトルミネセンス蛍光体が $Y_3(A1, Ga)_5O_{12}:Ce$ である第1の蛍光体と、 $RE_3Al_5O_{12}:Ce$ であって第1の蛍光体の主発光波長よりも長波長側に主発光波長がある第2の蛍光体とである発光装置である。(但し、REは、Y, Gd, Laから選択される少なくとも一種である。)

【0010】

また、発光層が窒化ガリウム系化合物半導体であるLEDチップと、該LEDチップからの発光の少なくとも一部を吸収し波長変換して発光するフォトルミネセンス蛍光体と、を有する発光装置であって、前記LEDチップの主発光ピークが400nmから530nm内であると共に、前記フォトルミネセンス蛍光体は

$Y_3Al_5O_{12}:Ce$ の主発光波長よりも短波長側に主発光波長がある $Y_3(A1, Ga)_5O_{12}:Ce$ と $Y_3Al_5O_{12}:Ce$ の主発光波長よりも長波長側に主発光波長がある $RE_3Al_5O_{12}:Ce$ である発光装置である。

但し、REは、Y, Gd, Laから選択される少なくとも一種である。

【0011】

さらに、LEDチップからの発光により励起されて蛍光を発するフォトルミネセンス蛍光体が含有された蛍光体層を介して光学的に接続されたLEDチップと、透光性導光板とを有する面状光源であって、前記LEDチップの発光層が400nmから530nm内に主発光波長を有する窒化ガリウム系化合物半導体であり、前記フォトルミネセンス蛍光体が $Y_3(A1, Ga)_5O_{12}:Ce$ である第1の蛍光体と、 $RE_3Al_5O_{12}:Ce$ であって前記第1の蛍光体の主発光波長よりも長波長側に主発光波長がある第2の蛍光体とである面状光源である。(但し、REは、Y, Gd, Laから選択される少なくとも一種である。)

【0012】

さらにまた、透光性導光板の端面の少なくとも一箇所にLEDチップが光学的に接続されており、前記導光板の主面のいずれか一方に、前記LEDチップの発光により励起されて蛍光を発するフォトルミネセンス蛍光体が含有された蛍光部材を有する面状光源であって、前記LEDチップの発光層が400nmから530nm内に主発光波長を有する窒化ガリウム系化合物半導体であり、前記フォトルミネセンス蛍光体が $Y_3(A1, Ga)_5O_{12}:Ce$ である第1の蛍光体と、 $RE_3Al_5O_{12}:Ce$ であって前記第1の蛍光体の主発光波長よりも長波長側に主発光波長がある第2の蛍光体とである面状光源である。(但し、REは、Y, Gd, Laから選択される少なくとも一種である。)

【0013】

また、マウント・リードのカップ内に配置させたLEDチップと、該LEDチップと導電性ワイヤーを用いて電氣的に接続させたインナー・リードと、前記カップ内に充填させたコーティング部材と、該コーティング部材、LEDチップ、導電性ワイヤー及びマウント・リードとインナー・リードの少なくとも一部を被覆するモールド部材と、を有する発光ダイオードであって、前記LEDチップが

窒化ガリウム系化合物半導体であり、且つ前記コーティング部材が第1のフォトルミネセンス蛍光体である $Y_3(A1, Ga)_5O_{12}:Ce$ と、 $RE_3Al_5O_{12}:Ce$ であって前記第1の蛍光体の主発光波長よりも長波長側に主発光波長を有する第2の蛍光体である $RE_3Al_5O_{12}:Ce$ とを有する透光性樹脂である発光ダイオードでもある。(但し、REは、Y, Gd, Laから選択される少なくとも一種である。)

【0014】

【発明の実施の態様】

本願発明者は、種々の実験の結果、可視光域における光エネルギーが比較的高いLEDチップからの発光光をフォトルミネセンス蛍光体によって緑系色及び赤系色に色変換させる発光装置において、特定の半導体及び蛍光体を選択することにより高輝度、長時間の使用時における光効率低下や色ずれを防止できることを見出し本願発明を成すに至った。

【0015】

即ち、発光ダイオードに用いられるフォトルミネセンス蛍光体としては、

1. 耐光性に優れていることが要求される。特に、様々な高エネルギー光が照射される直射日光などから長時間耐える必要がある。また、発光ダイオードとして使用する場合は半導体発光素子などの微小領域から強放射されるために $(E_e) = 3W \cdot cm^{-2}$ 以上にも及ぶ強照射強度にも耐える必要がある。
2. 発光素子との混色を利用するため紫外線ではなく青色系発光で効率よく発光すること。
3. 混色を考慮して緑色系及び赤色系の光が高輝度に発光可能なこと。
4. 外部環境下や発光素子近傍に配置されるため温度特性が良好であること。
5. 色調が組成比或いは緑色系及び赤色系の蛍光体の混合比で連続的に変えられること。
6. 発光装置の利用環境に応じて耐候性があることなどの特徴を有することが求められる。

【0016】

これらの条件を満たすものとして本願発明は、発光素子として発光層に高エネルギーバンドギャップを有する窒化ガリウム系化合物半導体素子を、フォトルミネセンス蛍光体として $Y_3(A1, Ga)_5O_{12}:Ce$ 蛍光体及び $RE_3(A1,$

Ga)₅O₁₂:Ce 蛍光体 (但し、REは、Y, Gd, Laから選択される少なくとも一種である。)を用いる。これにより発光素子から放出された可視光域における高エネルギー光を長時間近傍で高輝度に照射した場合や外部環境の使用下においても発光色の色ずれや発光輝度の低下が極めて少ない高輝度にRGBの発光成分を有する発光装置とすることができるものである。

【0017】

具体的な発光装置の一例として、チップタイプLEDを図1に示す。チップタイプLEDの筐体内に窒化ガリウム系半導体を用いたLEDチップをエポキシ樹脂などを用いて固定させてある。導電性ワイヤーとして金線103をLEDチップ102の各電極と筐体に設けられた各電極105とにそれぞれ電気的に接続させてある。緑色系のフォトルミネセンス蛍光体としてY₃(Al, Ga)₅O₁₂:Ce 蛍光体をまた赤色系のフォトルミネセンス蛍光体としてRE₃Al₅O₁₂:Ce 蛍光体 (但し、REは、Y, Gd, Laから選択される少なくとも一種である。)をアクリル樹脂中に混合分散させたものをLEDチップ、導電性ワイヤーなどを外部応力などから保護するモールド部材101として均一に硬化形成させる。このような発光装置に電力を供給させることによってLEDチップを発光させる。LEDチップからの青色系の発光と、その発光によって励起された緑色系及び赤色系をそれぞれ高輝度に発光可能な2種類以上のフォトルミネセンス蛍光体からの発光光との混色により白色系などが発光可能な発光装置の一例である発光ダイオードとすることができる。以下、本願発明の構成部材について詳述する。

【0018】

(蛍光体)

本願発明に用いられるフォトルミネセンス蛍光体としては、半導体発光層から発光された可視光や紫外線で励起されて発光するフォトルミネセンス蛍光体をいう。フォトルミネセンス蛍光体として赤色系が高輝度に発光可能な蛍光体と緑色系が高輝度に発光可能な蛍光体とを用いる。具体的なフォトルミネセンス蛍光体としては、赤色系がRE₃Al₅O₁₂:Ce 蛍光体 (但し、REは、Y, Gd, Laから選択される少なくとも一種) であり、緑色系がY₃(Al, Ga)₅O₁₂:Ce 蛍光体である。窒化ガリウム系化合物半導体を用いたLEDチップから発光

した青色系の光と、ボディカラーが黄色であるフォトルミネセンス蛍光体から発光する緑色系及び赤色系の光と、を混色表示させると白色系の発光色表示を行うことができる。発光装置はこの混色を起こさせるためにフォトルミネセンス蛍光体の粉体やバルクを樹脂や硝子中に含有させLEDチップからの光が透過する程度に薄く形成させたドット状のものや層状ものなど用途に応じて種々用いることができる。フォトルミネセンス蛍光体と樹脂などとの比率や塗布、充填量を種々調整すること及び発光素子の発光波長を選択することにより白色を含め電球色など任意の色調を提供させることができる。

【0019】

このような、フォトルミネセンス蛍光体の分布は、フォトルミネセンス蛍光体を含有する部材、形成温度、粘度やフォトルミネセンス蛍光体の形状、粒度分布などを調整させることによって種々形成させることができる。したがって、使用条件などにより蛍光体の分布濃度を、種々選択することができる。

【0020】

本願発明のフォトルミネセンス蛍光体を使用すると、放射照度として (E_e) $= 3 W \cdot cm^{-2}$ 以上 $10 W \cdot cm^{-2}$ 以下のLEDチップと接する或いは近接して配置された場合においても高効率に十分な耐光性を有する発光装置とすることができる。

【0021】

本願発明に用いられる緑色系が発光可能な第1のフォトルミネセンス蛍光体は、ガーネット構造のため、熱、光及び水分に強く、図4 (A) の実線の例の如く励起スペクトルのピークが $450 nm$ 付近にさせることができる。また、発光ピークも図4 (B) の実線の例の如く $510 nm$ 付近にあり $700 nm$ まで裾を引くブロードな発光スペクトルを持つ。一方、赤色系が発光可能な第2のフォトルミネセンス蛍光体も、ガーネット構造であり熱、光及び水分に強く、図4 (A) の波線の例の如く励起スペクトルのピークが $450 nm$ 付近にさせることができる。また、発光ピークも図4 (B) の波線の例の如く $600 nm$ 付近にあり $750 nm$ まで裾を引くブロードな発光スペクトルを持つ。

【0022】

ガーネット構造を持ったYAG蛍光体の組成の内、Alの一部をGaで置換することで発光波長が短波長にシフトし、また組成のYの一部をGd及び/又はLaで置換することで、発光波長が短波長へシフトする。AlのGaへの置換は、発光効率と発光波長を考慮してGa : Al = 1 : 1から4 : 6が好ましい。同様に、Yの一部をGd及び/又はLaで置換することは、Y : Gd及び/又はLa = 9 : 1から1 : 9であり、より好ましくは、Y : Gd及び/又はLa = 2 : 3から1 : 4である。置換が6割未満では、緑色成分が大きく赤色成分が少なくなる。また、8割以上では、赤み成分が増えるものの輝度が急激に低下する。

【0023】

このようなフォトルミネセンス蛍光体は、Y、Gd、Ce、La、Al及びGa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、Laの希土類元素を化学量論比で酸に溶解した溶解液を蔭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、酸化ガリ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°Cの温度範囲で2～5時間焼成して焼成品を得、次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。

【0024】

(LEDチップ102、202、302)

本願発明に用いられるLEDチップとは、第1及び第2のフォトルミネセンス蛍光体をそれぞれ効率良く励起できる窒化物系化合物半導体が挙げられる。発光素子であるLEDチップは、MOCVD法等により基板上にInGaN等の半導体を発光層として形成させる。半導体の構造としては、MIS接合、PIN接合やPN接合などを有するホモ構造、ヘテロ構造あるいはダブルヘテロ構成のものが挙げられる。半導体層の材料やその混晶度によって発光波長を種々選択することができる。また、半導体活性層を量子効果が生ずる薄膜に形成させた単一量子井戸構造や多重量子井戸構造とすることもできる。

【0025】

窒化ガリウム系化合物半導体を使用した場合、半導体基板にはサファイヤ、スピネル、SiC、Si、ZnO等の材料が用いられる。結晶性の良い窒化ガリウムを形成させるためにはサファイヤ基板を用いることが好ましい。このサファイヤ基板上にGaN、AlN等のバッファ層を形成しその上にPN接合を有する窒化ガリウム系半導体を形成させる。窒化ガリウム系半導体は、不純物をドーブしない状態でN型導電性を示す。発光効率を向上させるなど所望のN型窒化ガリウム半導体を形成させる場合は、N型ドーパントとしてSi、Ge、Se、Te、C等を適宜導入することが好ましい。一方、P型窒化ガリウム半導体を形成させる場合は、P型ドーパントであるZn、Mg、Be、Ca、Sr、Ba等をドーブさせる。窒化ガリウム系化合物半導体は、P型ドーパントをドーブしただけではP型化しにくいいためP型ドーパント導入後に、低電子線照射させたり、プラズマ照射等によりアニールすることでP型化させることが好ましい。エッチングなどによりP型半導体及びN型半導体の露出面を形成させた後、半導体層上にスパッタリング法や真空蒸着法などを用いて所望の形状の各電極を形成させる。

【0026】

次に、形成された半導体ウエハー等をダイヤモンド製の刃先を有するブレードが回転するダイシングソーにより直接フルカットするか、又は刃先幅よりも広い幅の溝を切り込んだ後（ハーフカット）、外力によって半導体ウエハーを割る。あるいは、先端のダイヤモンド針が往復直線運動するスクライバーにより半導体ウエハーに極めて細かいスクライブライン（経線）を例えば碁盤目状に引いた後、外力によってウエハーを割り半導体ウエハーからチップ状にカットする。このようにして窒化ガリウム系化合物半導体であるLEDチップを形成させることができる。

【0027】

本願発明の発光ダイオードにおいて白色系を発光させる場合は、フォトルミネセンス蛍光体との混色等を考慮して発光素子の主発光波長は400nm以上530nm以下内にあることが好ましく、420nm以上490nm以下内にあることがより好ましい。LEDチップとフォトルミネセンス蛍光体との効率をそれぞれより向上させるためには、450nm以上475nm以下内にあることがさら

に好ましい。

【0028】

(導電性ワイヤー103、303)

導電性ワイヤーとしては、LEDチップ102、302の電極とのオーミック性、機械的接続性、電気伝導性及び熱伝導性がよいものが求められる。熱伝導度としては $0.01 \text{ cal/cm}^2/\text{cm}/^\circ\text{C}$ 以上が好ましく、より好ましくは $0.5 \text{ cal/cm}^2/\text{cm}/^\circ\text{C}$ 以上である。また、作業性などを考慮して導電性ワイヤーの直径は、好ましくは、 $\Phi 10 \mu\text{m}$ 以上、 $\Phi 45 \mu\text{m}$ 以下である。このような導電性ワイヤーとして具体的には、金、銅、白金、アルミニウム等の金属及びそれらの合金を用いた導電性ワイヤーが挙げられる。このような導電性ワイヤーは、各LEDチップの電極と、インナー・リード306及びマウント・リード305などと、をワイヤーボンディング機器によって容易に接続させることができる。

【0029】

(マウント・リード305)

マウント・リード305としては、LEDチップ302を配置させるものであり、ダイボンド機器などでLEDチップ302を積載するのに十分な大きさがあれば良い。また、LEDチップを複数設置しマウント・リードをLEDチップの共通電極として利用する場合においては、十分な電気伝導性とボンディングワイヤー等との接続性が求められる。また、マウント・リード上のカップ内にLEDチップを配置すると共に蛍光体を内部に充填させる場合は、近接して配置させた別の発光ダイオードからの光により疑似点灯することを防止させることができる。

【0030】

LEDチップ302とマウント・リード305のカップとの接着は熱硬化性樹脂などによって行うことができる。具体的には、エポキシ樹脂、アクリル樹脂やイミド樹脂などが挙げられる。また、フェースダウンLEDチップなどによりマウント・リードと接着させると共に電氣的に接続させるためにはAgペースト、カーボンペースト、金属バンプ等を用いることができる。

【0031】

さらに、発光ダイオードの光利用効率を向上させるためにLEDチップ302が配置されるマウント・リードの表面を鏡面状とし、表面に反射機能を持たせても良い。この場合の表面粗さは、0.1S以上0.8S以下が好ましい。また、マウント・リードの具体的な電気抵抗としては $300\mu\Omega\text{-cm}$ 以下が好ましく、より好ましくは、 $3\mu\Omega\text{-cm}$ 以下である。

【0032】

また、マウント・リード上に複数のLEDチップを積置する場合は、LEDチップからの発熱量が多くなるため熱伝導度がよいことが求められる。具体的には、 $0.01\text{cal/cm}^2\text{/cm/}^\circ\text{C}$ 以上が好ましく、より好ましくは $0.5\text{cal/cm}^2\text{/cm/}^\circ\text{C}$ 以上である。これらの条件を満たす材料としては、鉄、銅、鉄入り銅、錫入り銅、メタライズパターン付きセラミック等が挙げられる。

【0033】

(インナー・リード306)

インナー・リード306としては、マウント・リード305上に配置されたLEDチップと接続された導電性ワイヤーとの接続を図るものである。マウント・リード上に複数のLEDチップ302を設けた場合は、各導電性ワイヤー同士が接触しにくい構成とすることが好ましい。

【0034】

具体的には、マウント・リード305から離れるに従って、インナー・リード306のワイヤーボンディングさせる端面の面積を大きくすることなどによってマウント・リードからより離れたインナー・リードと接続させる導電性ワイヤーの接触を防ぐことができる。

【0035】

また、導電性ワイヤーとの接続端面の粗さは、密着性を考慮して1.6S以上10S以下が好ましい。インナー・リードの先端部を種々の形状に形成させるためには、あらかじめリードフレームの形状を型枠で決めて打ち抜き形成させてもよく、或いは全てのインナー・リードを形成させた後にインナー・リード上部の一部を削ることによって形成させても良い。さらには、インナ・リードを打ち抜

き形成後、端面方向から加圧することにより所望の端面の面積と端面高さを同時に形成させることもできる。

【0036】

インナー・リードは、導電性ワイヤーであるボンディングワイヤー等との接続性及び電気伝導性が良いことが求められる。具体的な電気抵抗としては、 $300\ \mu\Omega\text{-cm}$ 以下が好ましく、より好ましくは $3\ \mu\Omega\text{-cm}$ 以下である。これらの条件を満たす材料としては、鉄、銅、鉄入り銅、錫入り銅及び銅、金、銀をメッキしたアルミニウム、鉄、銅等が挙げられる。

【0037】

(コーティング部材301)

本願発明に用いられるコーティング部材301とは、モールド部材304とは別にマウント・リード305のカップに設けられるものでありLEDチップ302の発光を変換するフォトルミネセンス蛍光体が含有されるものである。コーティング部の具体的な材料としては、エポキシ樹脂、ユリア樹脂、シリコンやアクリル樹脂などの耐候性に優れた透明樹脂や硝子などが好適に用いられる。また、フォトルミネセンス蛍光体と共に拡散剤を含有させても良い。具体的な拡散剤としては、チタン酸バリウム、酸化チタン、酸化アルミニウム、酸化珪素等が好適に用いられる。

【0038】

(モールド部材101、210、304)

モールド部材は、発光装置の使用用途に応じてLEDチップ、導電性ワイヤー、フォトルミネセンス蛍光体が含有されたコーティング部材などを外部から保護するために設けることができる。モールド部材は、樹脂や硝子を用いて形成させることができる。モールド部材中にフォトルミネセンス蛍光体を含有させることによって視野角を増やすことができる。また、拡散剤を加えることによってLEDチップからの指向性を緩和させ視野角をさらに増やすこともできる。

【0039】

更に、モールド部材を所望の形状にすることによってLEDチップからの発光を集束させたり拡散させたりするレンズ効果を持たせることができる。従って、

モールド部材は複数積層した構造でもよい。具体的には、凸レンズ形状、凹レンズ形状さらには、発光観測面から見て楕円形状やそれらを複数組み合わせさせた物である。

【0040】

モールド部材の具体的材料としては、主としてエポキシ樹脂、ユリア樹脂、シリコン、アクリル樹脂などの耐候性に優れた透明樹脂や低融点硝子などが好適に用いられる。また、拡散剤としては、チタン酸バリウム、酸化チタン、酸化アルミニウム、酸化珪素等が好適に用いられる。フォトルミネセンス蛍光体はモールド部材中に含有させてもそれ以外のコーティング部などに含有させて用いてもよい。また、コーティング部をフォトルミネセンス蛍光体が含有された樹脂、モールド部材を硝子などとした異なる部材を用いて形成させても良い。この場合、生産性良くより水分などの影響が少ない発光ダイオードとすることができる。屈折率を考慮してモールド部材とコーティング部とを同じ部材を用いて形成させても良い。

【0041】

(面状光源)

本願発明の発光装置の一つである面状光源の場合、図2(A)の如く白色光を発光させるためには白色光を導光板によって面状とさせ方法と、図2(B)の如く面状に発光したLEDチップからの青色系光を白色光に変換させる方法がある。

【0042】

白色光を導光板によって面状とさせる場合には、フォトルミネセンス蛍光体が含有された色変換層201を介して青色系が発光可能な発光ダイオード202と、導光板204と、を配置させた構成、或いはモールド部材中210などにフォトルミネセンス蛍光体を含有させ青色系が発光可能な窒化物半導体発光素子を有する発光ダイオード202と導光板204を光学的に接続させた構成をとることができる。

【0043】

他方、面状に発光したLEDチップ202からの青色系光を白色光に変換させ

る場合は、窒化物半導体を発光層に有する青色系が発光可能な発光ダイオード202と導光板204とを光学的に接続させた後、導光板204上の散乱シート206に含有させる。或いはバインダー樹脂と共に散乱シートに塗布などさせシート状に形成させる。さらには、導光板上にフォトルミネセンス蛍光体含有のバインダーをドット状に直接形成させる構成をとることができる。

【0044】

具体的には、絶縁層及び導電性パターンが形成されたコの字形状の金属基板203内などにLEDチップを固定する。LEDチップと導電性パターンとの電氣的導通を取った後、エポキシ樹脂をLEDチップ202が積載された基板上に充填させアクリル性導光板204の端面と光学的に接続させる。導光板204の発光主面上には、フォトルミネセンス蛍光体をエポキシ樹脂中に混合攪拌し予め拡散シート上に均一塗布したシート部材201を積置させてある。この拡散シート部材206は、アクリル樹脂をベースに拡散剤として酸化アルミニウム、酸化珪素、酸化チタン、チタン酸バリウムの粒子などを含有させたエポキシ樹脂を塗布させた層と、フォトルミネセンス蛍光体を含有させた層とに分かれている。

【0045】

導光板の一方の主面上には、蛍現象防止のため白色散乱剤が含有されたフィルム状の反射部材207を配置させてあることが好ましい。同様に、導光板204の裏面側全面や発光ダイオードが配置されていない端面上にも反射部材205を設け発光光率を向上させてある。これにより、LCDのバックライトなどとして使用した場合においても十分な明るさを得られる面状光源とすることができる。液晶表示装置として利用する場合は、導光板の主面上に不示図の透光性導電性パターンが形成された硝子基板間に注入された液晶を介して配された偏光板により構成させることができる。以下、本願発明の実施例について説明するが、本願発明は具体的実施例のみに限定されるものではないことは言うまでもない。

【0046】

【実施例】

(実施例1)

発光素子として発光ピークが450nmのGaInN半導体を用いた。LED

チップは、洗浄させたサファイヤ基板上にTMG（トリメチルガリウム）ガス、TMA（トリメチルアルミニウム）ガス、窒素ガス及びドーパントガスをキャリアガスと共に流し、MOCVD法で窒化ガリウム系化合物半導体を成膜させることにより形成させた。ドーパントガスとしてSiH₄とCp₂Mgと、を切り替えることによってN型導電性を有する窒化ガリウム半導体とP型導電性を有する窒化ガリウム半導体を形成しPN接合を形成させた。（なお、P型半導体は、成膜後400℃以上でアニールさせてある。）

【0047】

エッチングによりPN各半導体表面を露出させた後、スパッタリングにより各電極をそれぞれ形成させた。こうして出来上がった半導体ウエハーをスクライブラインを引いた後、外力により分割させ発光素子としてLEDチップを形成させた。

【0048】

銀メッキした銅製リードフレームの先端にカップを有するマウント・リードにLEDチップをエポキシ樹脂でダイボンディングした。LEDチップの各電極とマウント・リード及びインナー・リードと、をそれぞれ金線でワイヤーボンディングし電氣的導通を取った。

【0049】

モールド部材は、砲弾型の型枠の中にLEDチップが配置されたリードフレームを挿入し透光性エポキシ樹脂を混入後、150℃5時間にて硬化させ青色系発光ダイオードを形成させた。青色系発光ダイオードを端面が全て研磨されたアクリル性導光板の一端面に接続させた。アクリル板の片面及び側面は、白色反射部材としてチタン酸バリウムをアクリル系バインダー中に分散したものでスクリーン印刷及び硬化させるた。

【0050】

一方、フォトルミネセンス蛍光体は、緑色系及び赤色系をそれぞれ必要なY、Gd、Ce、Laの希土類元素を化学量論比で酸に溶解した溶解液を蔭酸で共沈させた。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、酸化ガリウムと混合して混合原料をそれぞれ得る。これにフラックスとしてフッ化アンモ

ニウムを混合して坩堝に詰め、空气中1400°Cの温度範囲で3時間焼成して焼成品を得た。焼成品をそれぞれ水中でボールミルして、洗浄、分離、乾燥、最後に篩を通して形成させた。

【0051】

形成された組成が $Y_3(A1_{0.6}Ga_{0.4})_5O_{12}:Ce$ であり緑色系が発光可能な第1の蛍光体120重量部と同様の工程で形成され組成が $(Y_{0.4}Gd_{0.6})_3Al_5O_{12}:Ce$ であり赤色系が発光可能な第2の蛍光体100重量部を、エポキシ樹脂100重量部とよく混合してスリラーとさせた。このスリラーを厚さ0.5mmのアクリル層上にマルチコーターを用いて均等に塗布、乾燥し、厚さ約30 μ mの色変換層として蛍光体層を形成させた。蛍光体層を導光板の主発光面と同じ大きさに切断し導光板上に配置させることにより発光装置を形成させた。発光装置の色度点、色温度、演色性指数を測定した。それぞれ、色度点($x=0.29, y=0.34$)、色温度7000K、 R_a (演色性指数)=80と三波長型蛍光灯に近い性能を示した。また、発光光率は12m/wと白色電球並であった。さらに耐候試験として室温60mA通電、室温20mA通電、60°C90%RH下で20mA通電の各試験においても蛍光体に起因する変化は観測されなかった。

【0052】

(比較例1)

第1及び第2のフォトルミネセンス蛍光体をそれぞれペリレン系誘導体である緑色有機蛍光顔料(シンロイヒ化学製FA-001)と赤色有機蛍光顔料(シンロイヒ化学製FA-005)として同量で混合攪拌した以外は、実施例1と同様にして発光ダイオードの形成及び耐候試験を行った。形成された発光ダイオードの色度座標は、 $(X, Y) = (0.34, 0.35)$ であった。耐候性試験として、カーボンアークで紫外線量を200hrで太陽光の1年分とほぼ同等とさせ時間と共に輝度の保持率及び色調を測定した。また、信頼性試験としてLEDチップを発光させ70°C一定における時間と共に発光輝度及び色調を測定した。この結果を実施例1と共に図6及び図7にそれぞれ示す。

【0053】

(実施例2)

発光素子として発光ピークが450nmのGaInN半導体を用いた。LEDチップは、洗浄させたサファイヤ基板上にTMG（トリメチルガリウム）ガス、TMA（トリメチルアルミニウム）ガス、窒素ガス及びドーパントガスをキャリアガスと共に流し、MOCVD法で窒化ガリウム系化合物半導体を成膜させることにより形成させた。ドーパントガスとしてSiH₄とCp₂Mgと、を切り替えることによってN型導電性を有する窒化ガリウム半導体とP型導電性を有する窒化ガリウム半導体を形成しPN接合を形成させた。（なお、P型半導体は、成膜後400℃以上でアニールさせてある。）

【0054】

エッチングによりPN各半導体表面を露出させた後、スパッタリングにより各電極をそれぞれ形成させた。こうして出来上がった半導体ウエハーをスクライブラインを引いた後、外力により分割させ発光素子としてLEDチップを形成させた。

【0055】

銀メッキした銅製リードフレームの先端にカップを有するマウント・リードにLEDチップをエポキシ樹脂でダイボンディングした。LEDチップの各電極とマウント・リード及びインナー・リードと、をそれぞれ金線でワイヤーボンディングし電氣的導通を取った。

【0056】

一方、フォトルミネセンス蛍光体は、緑色系及び赤色系をそれぞれ必要な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させた。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、酸化ガリウムと混合して混合原料をそれぞれ得る。これにフラックスとしてフッ化アンモニウムを混合して坩堝に詰め、空气中1400℃の温度範囲で3時間焼成してそれぞれ焼成品を得た。焼成品を水中でボールミルして、洗浄、分離、乾燥、最後に篩を通して形成させた。

【0057】

形成された組成がY₃(Al_{0.5}Ga_{0.5})₅O₁₂:Ceであり緑色系が発光可能

な第1の蛍光体と $(Y_{0.2}Gd_{0.8})_3Al_5O_{12}:Ce$ であり赤色系が発光可能な第2の蛍光体をそれぞれ40重量部、エポキシ樹脂100重量部をよく混合してスリラーとさせた。このスリラーをLEDチップが配置されたマウント・リード上のカップ内に注入させた。注入後、フォトルミネセンス蛍光体が含有された樹脂を130℃1時間で硬化させた。こうしてLEDチップ上に厚さ120 μ のフォトルミネセンス蛍光体が含有されたコーティング部材が形成された。なお、コーティング部材には、LEDチップに向かってフォトルミネセンス蛍光体が徐々に多くしてある。その後、さらにLEDチップやフォトルミネセンス蛍光体を外部応力、水分及び塵芥などから保護する目的でモールド部材として透光性エポキシ樹脂を形成させた。モールド部材は、砲弾型の型枠の中にフォトルミネセンス蛍光体のコーティング部が形成されたリードフレームを挿入し透光性エポキシ樹脂を混入後、150℃5時間にて硬化させた。こうして形成された発光ダイオードは、発光観測正面から視認するとフォトルミネセンス蛍光体のボディーカラーにより中央部が黄色っぽく着色していた。

【0058】

こうして得られた白色系が発光可能な発光ダイオードの色度点、色温度、演色性指数を測定した。それぞれ、色度点($x=0.32, y=0.34$)、色温度6000K、 R_a (演色性指数)=72、発光光率は101lm/wであった。さらに耐候試験として室温60mA通電、室温20mA通電、60℃90%RH下で20mA通電の各試験においてもフォトルミネセンス蛍光体に起因する変化は観測されず通常の青色系発光ダイオードと寿命特性に差がないことが確認できた。

【0059】

【発明の効果】

本願発明の構成とすることにより高出力の窒化物系化合物半導体の発光素子と、赤色系及び緑色系が発光可能なフォトルミネセンス蛍光体と、を利用した発光装置とすることにより長時間高輝度時の使用においても発光効率が高い発光ダイオードとすることができる。さらに、信頼性や省電力化、小型化さらには色温度の変変性など車載や航空産業、一般電気機器に港内のブイ表示用や高速道路の標

識照明など屋外での表示や照明として新たな用途を開くことができる。また、白色は人間の目で長時間視認する場合には刺激が少なく目に優しい発光ダイオードとすることができる。

【0060】

特に、本願発明の請求項1に記載の構成とすることにより長時間の使用においても色ずれ、発光光率の低下が極めて少なく高輝度にRGBの発光成分を有する白色系が発光可能な発光装置とすることができる。

【0061】

本願発明の請求項2に記載の構成とすることにより長時間の使用においても色ずれ、発光光率の低下が極めて少なくより白昼色に近い光が発光可能な発光装置とすることができる。

【0062】

本願発明の請求項3に記載の構成とすることにより長時間の使用においても色ずれ、発光光率の低下が極めて少なく白色系の光を面状に発光させることができる。

【0063】

本願発明の請求項4に記載の構成とすることにより長時間の使用においても色ずれ、発光光率の低下が極めて少なく白色系の光をより均一に面状に発光させることができる。

【0064】

本願発明の請求項5に記載の構成とすることにより外部環境下においても長時間の使用においても色ずれ、発光光率の低下が極めて少なく高輝度にRGBの発光成分を有する白色系が発光可能な発光ダイオードとすることができる。

【0065】

【図面の簡単な説明】

【図1】

図1は、本願発明の発光装置の模式的断面図である。

【図2】

図2は、本願発明の他の発光装置である面状光源の模式的断面図を示し、(A

) は、導光板と発光ダイオードとの間にフォトルミネセンス蛍光体を有する面状光源であり、(B) は、導光板の主面上にフォトルミネセンス蛍光体を有する面状光源である。

【図3】

図3は、本願発明の他の発光装置である発光ダイオードの模式的断面図である。

。

【図4】

図4 (A) は、本願発明に用いられる第1及び第2のフォトルミネセンス蛍光体の吸収スペクトルの一例を示し、図5 (B) は、本願発明に使用される第1及び第2のフォトルミネセンス蛍光体の発光スペクトルの一例を示した図である。

【図5】

図5は、本願発明に用いられる発光素子の発光スペクトル例を示した図である。

。

【図6】

図6は、本願発明と、比較のために示した発光装置との耐候性試験における結果を示し (A) は輝度保持率と時間との関係、(B) は色調と時間との関係を示したグラフである。

【図7】

図7は、本願発明と、比較のために示した発光装置との信頼性試験における結果を示し (A) は輝度保持率と時間との関係、(B) は色調と時間との関係を示したグラフである。

【符号の説明】

101、210・・・フォトルミネセンス蛍光体が含有されたモールド部材

102、202、302・・・LEDチップ

103、303・・・導電性ワイヤー

104・・・筐体

105・・・外部電極

201・・・色変換層

203・・・基板

204・・・導光板

205、207・・・反射部材

206・・・散乱シート

301・・・フォトルミネセンス蛍光体が含有されたコーティング部材

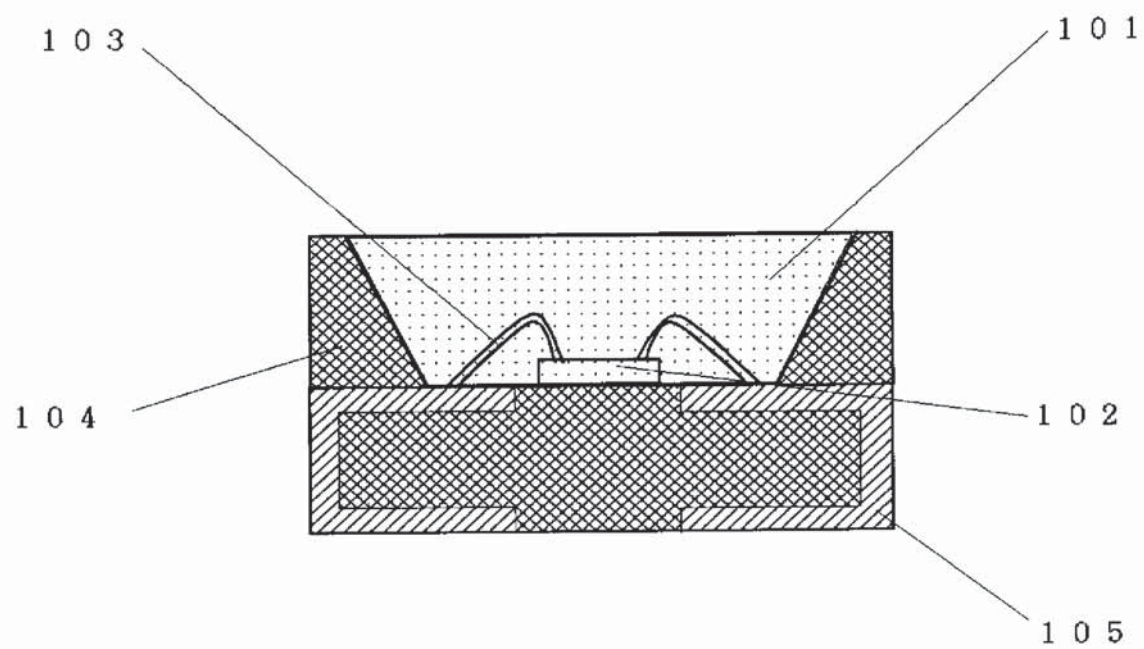
304・・・モールド部材

305・・・マウント・リード

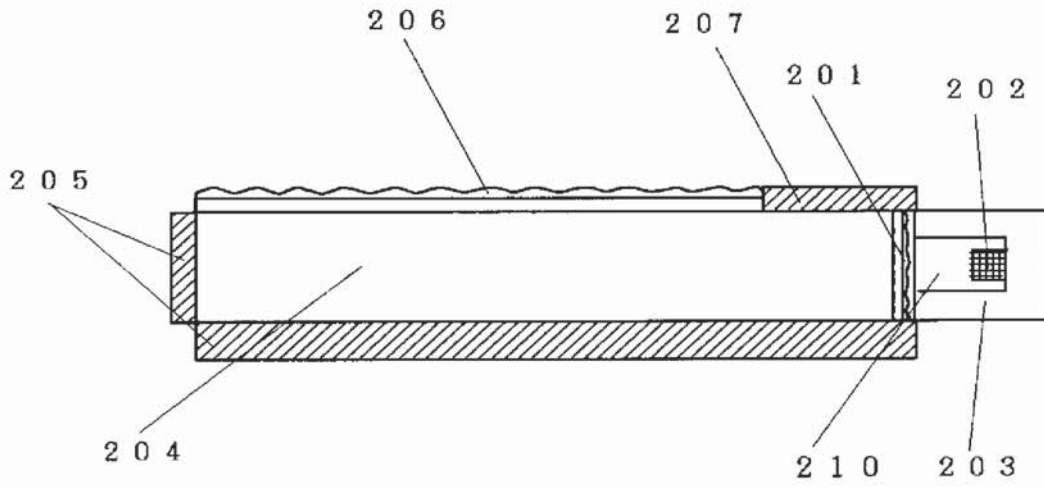
306・・・インナー・リード

【書類名】 図面

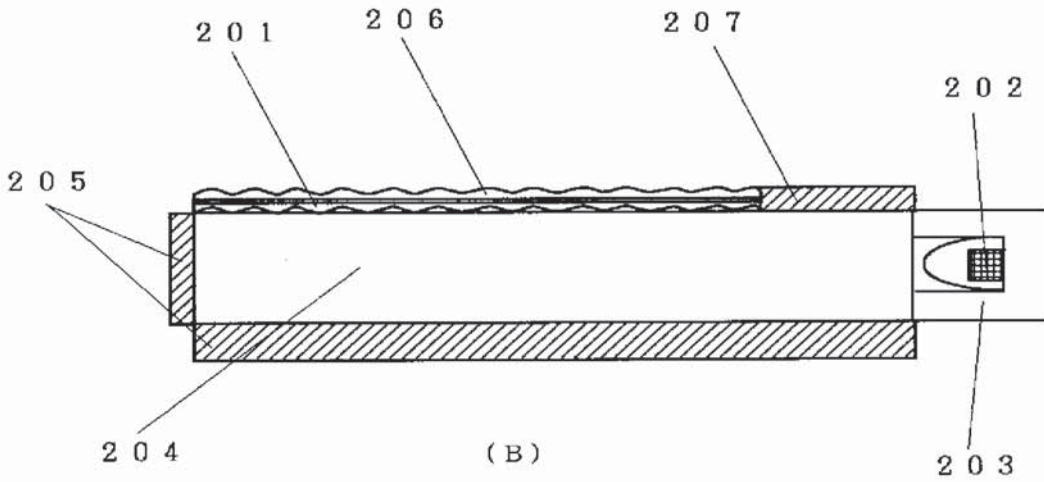
【図1】



【図2】

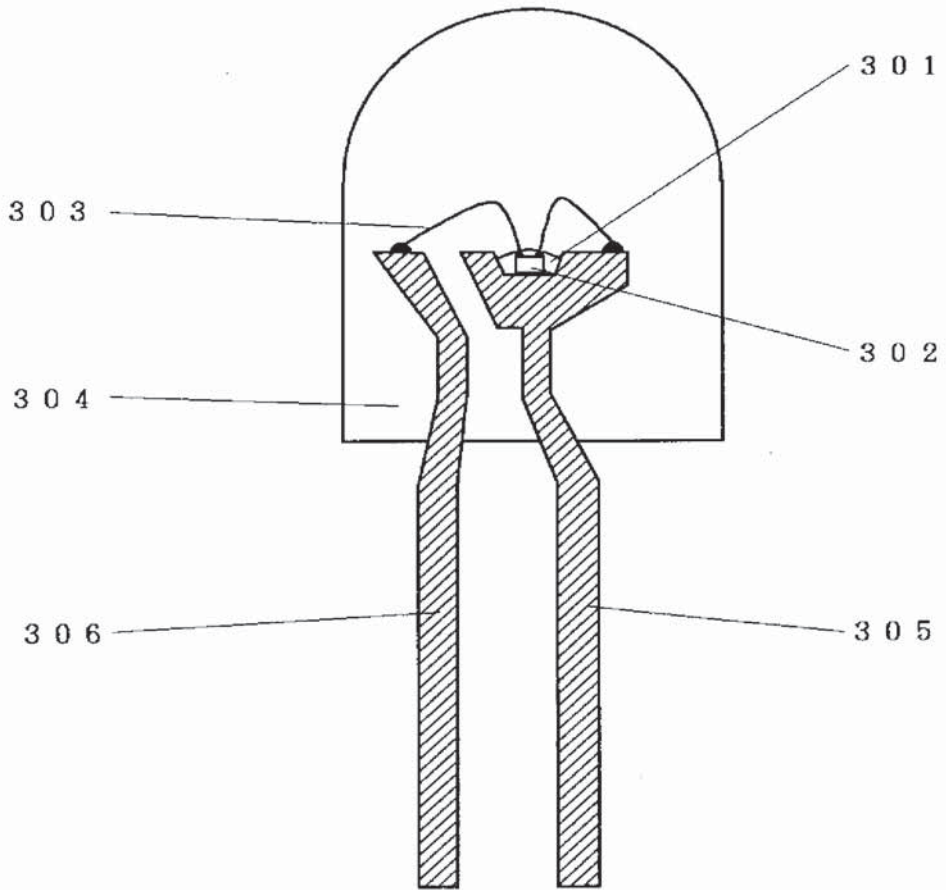


(A)

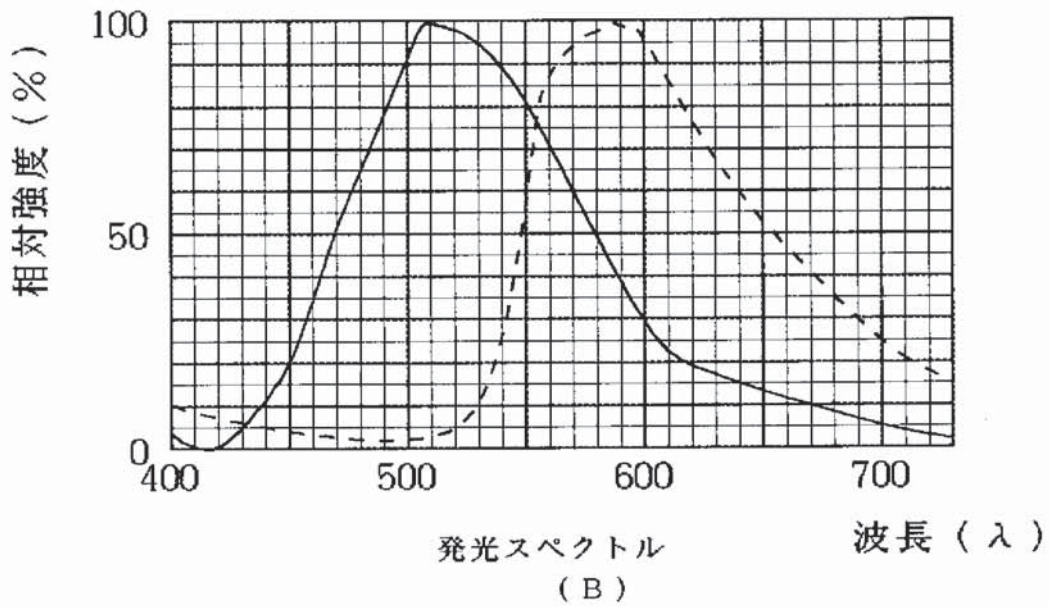
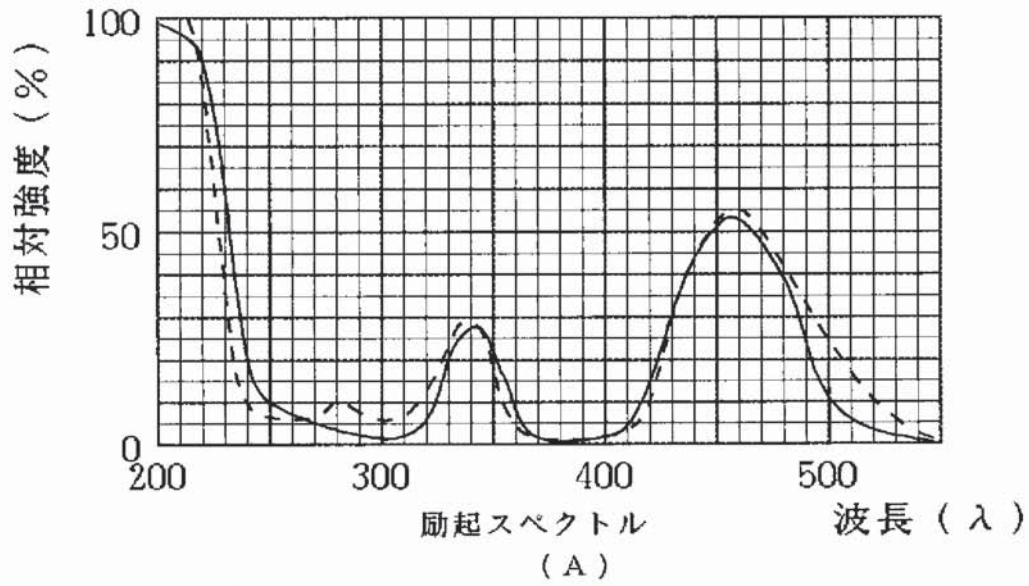


(B)

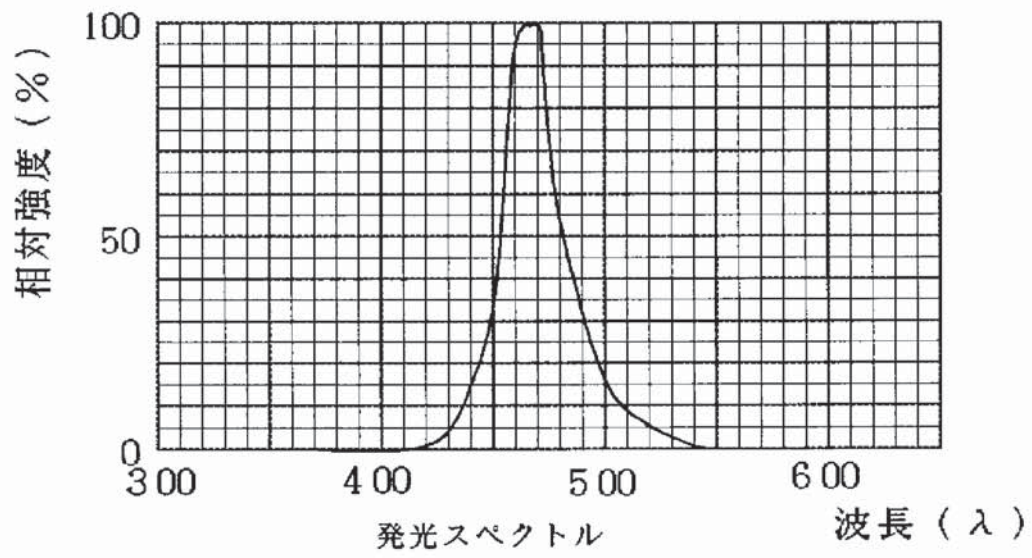
【図3】



【図4】

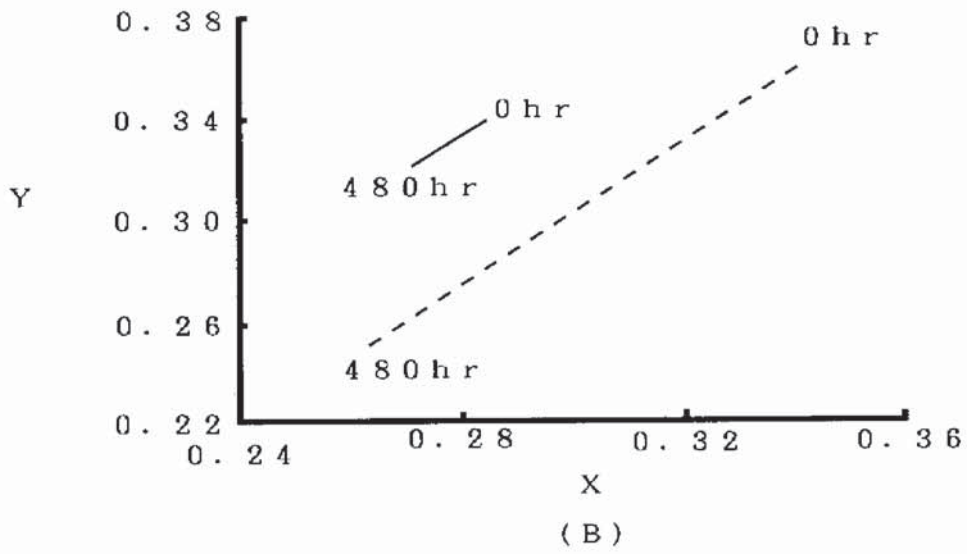
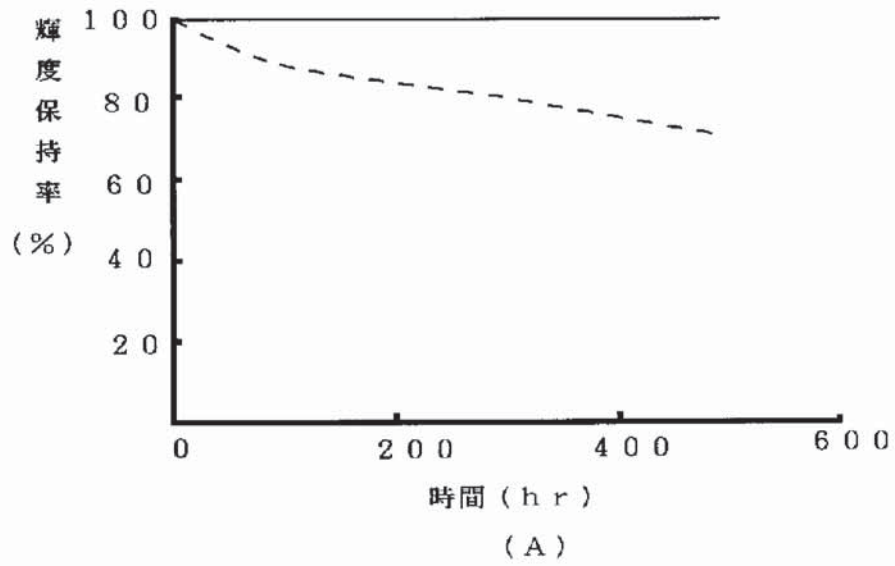


【図5】



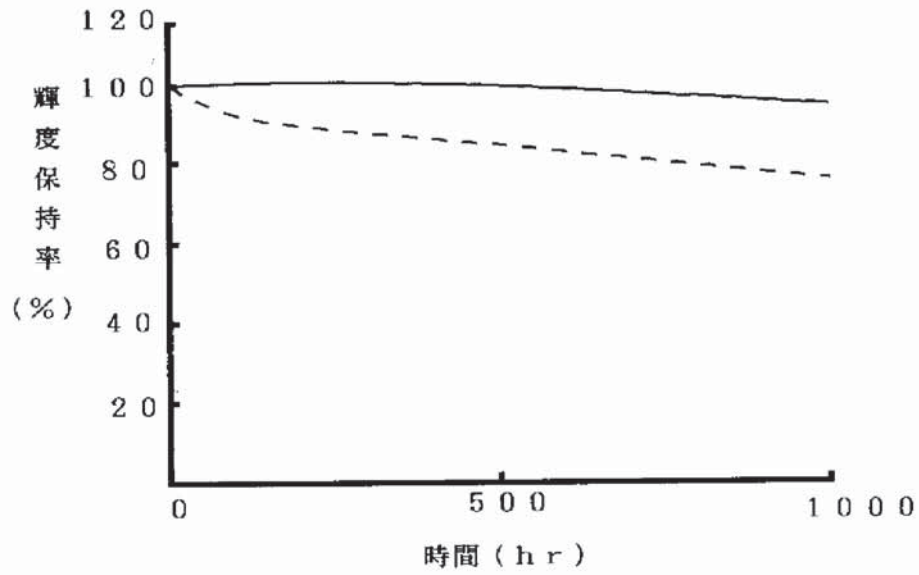
【図6】

耐候性試験

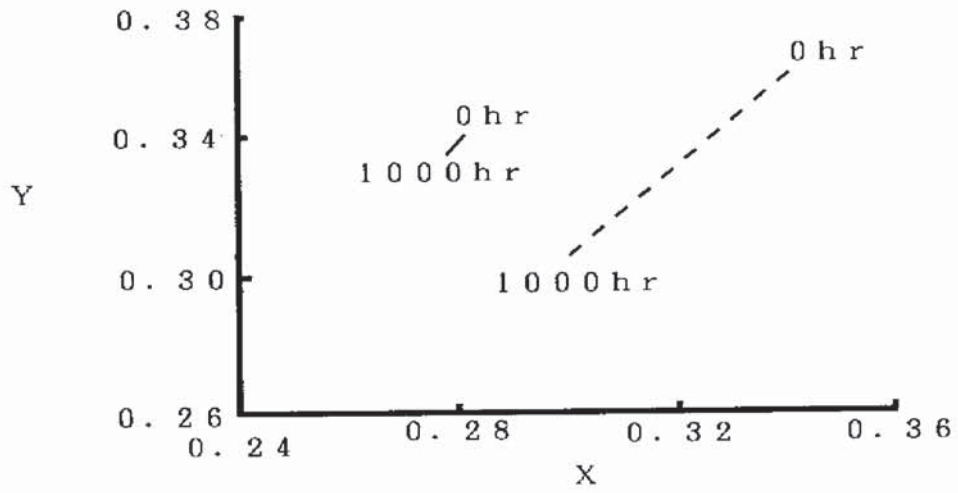


【図7】

信頼性試験



(A)



(B)

【書類名】 要約書

【課題】

本願発明は、使用環境によらず高輝度、高効率にRGB（赤、緑、青色系）成分が発光可能な発光装置を提供することにある。

【解決手段】

本願発明は、発光層が窒化ガリウム系化合物半導体であるLEDチップと、該LEDチップからの発光の少なくとも一部を吸収し波長変換して発光するフォトルミネセンス蛍光体と、を有する発光装置であって、前記LEDチップの主発光ピークが400nmから530nm内であると共に、前記フォトルミネセンス蛍光体が $Y_3(A1, Ga)_5O_{12}:Ce$ である第1の蛍光体と、 $RE_3Al_5O_{12}:Ce$ であって第1の蛍光体の主発光波長よりも長波長側に主発光波長がある第2の蛍光体とである発光装置である。（但し、REは、Y, Gd, Laから選択される少なくとも一種）

【選択図】 図1

【書類名】 職権訂正データ

【訂正書類】 特許願

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】 申請人

【識別番号】 000226057

【住所又は居所】 徳島県阿南市上中町岡491番地100

【氏名又は名称】 日亜化学工業株式会社

【書類名】 手続補正書

【提出日】 平成 8年11月25日

【あて先】 特許庁長官 荒井 寿光 殿

【事件の表示】

【出願番号】 平成 8年特許願第244339号

【補正をする者】

【事件との関係】 特許出願人

【識別番号】 000226057

【郵便番号】 774

【住所又は居所】 徳島県阿南市上中町岡4 9 1 番地1 0 0

【氏名又は名称】 日亜化学工業株式会社

【代表者】 小川 英治

【電話番号】 0884-22-2311

【発送番号】 032481

【手続補正 1】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 図面の簡単な説明

【補正方法】 変更

【補正の内容】 1

【プルーフの要否】 要

【図面の簡単な説明】

【図1】

図1は、本願発明の発光装置の模式的断面図である。

【図2】

図2は、本願発明の他の発光装置である面状光源の模式的断面図を示し、(A)は、導光板と発光ダイオードとの間にフォトルミネセンス蛍光体を有する面状光源であり、(B)は、導光板の主面上にフォトルミネセンス蛍光体を有する面状光源である。

【図3】

図3は、本願発明の他の発光装置である発光ダイオードの模式的断面図である。

【図4】

図4 (A)は、本願発明に用いられる第1及び第2のフォトルミネセンス蛍光体の吸収スペクトルの一例を示し、図4 (B)は、本願発明に使用される第1及び第2のフォトルミネセンス蛍光体の発光スペクトルの一例を示した図である。

【図5】

図5は、本願発明に用いられる発光素子の発光スペクトル例を示した図である。

【図6】

図6は、本願発明と、比較のために示した発光装置との耐候性試験における結果を示し (A)は輝度保持率と時間との関係、(B)は色調と時間との関係を示したグラフである。

【図7】

図7は、本願発明と、比較のために示した発光装置との信頼性試験における結果を示し (A)は輝度保持率と時間との関係、(B)は色調と時間との関係を示したグラフである。

【書類名】 職権訂正データ
【訂正書類】 手続補正書

<認定情報・付加情報>

【補正をする者】 申請人
【識別番号】 000226057
【住所又は居所】 徳島県阿南市上中町岡491番地100
【氏名又は名称】 日亜化学工業株式会社

出願人履歴

000226057

19900818

新規登録

徳島県阿南市上中町岡491番地100
日亜化学工業株式会社

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 1996年 9月18日

出 願 番 号
Application Number: 平成 8年特許願第245381号

パリ条約による外国への出願
に用いる優先権の主張の基礎
となる出願の国コードと出願
番号
The country code and number
of your priority application,
to be used for filing abroad
under the Paris Convention, is

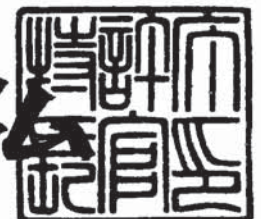
J P 1 9 9 6 - 2 4 5 3 8 1

出 願 人
Applicant(s): 日亜化学工業株式会社

2009年10月 6日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

細野 哲弘



【書類名】 特許願

【整理番号】 P96ST13-2

【提出日】 平成 8年 9月18日

【あて先】 特許庁長官 荒川 寿光 殿

【国際特許分類】

H01L 33/00

【発明の名称】 発光ダイオード及びそれを用いた表示装置

【請求項の数】 4

【発明者】

【住所又は居所】 徳島県阿南市上中町岡4 9 1 番地1 0 0 日亜化学工業株式会社内

【氏名】 清水 義則

【発明者】

【住所又は居所】 徳島県阿南市上中町岡4 9 1 番地1 0 0 日亜化学工業株式会社内

【氏名】 阪野 顕正

【特許出願人】

【識別番号】 000226057

【郵便番号】 774

【住所又は居所】 徳島県阿南市上中町岡4 9 1 番地1 0 0

【氏名又は名称】 日亜化学工業株式会社

【代表者】 小川 英治

【電話番号】 0884-22-2311

【先の出願に基づく優先権の主張】

【出願番号】 平成 8年特許願第198585号

【出願日】 平成 8年 7月29日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 010526

【納付金額】 21,000

【提出物件の目録】

【物件名】明細書 1

【物件名】図面 1

【物件名】要約書 1

【プルーフの要否】要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 発光ダイオード及びそれを用いた表示装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】

発光層が窒化ガリウム系化合物半導体であるLEDチップと、該LEDチップからの発光の少なくとも一部を吸収し波長変換して発光するフォトルミネセンス蛍光体と、を有する発光ダイオードであって、

前記LEDチップの発光スペクトルの主ピークが400nmから530nm内の発光波長を有すると共に、前記フォトルミネセンス蛍光体が $RE_3(A1, Ga)_5O_{12}:Ce$ であることを特徴とする発光ダイオード。

但し、REは、Y, Gd, Smから選択される少なくとも一種である。

【請求項2】

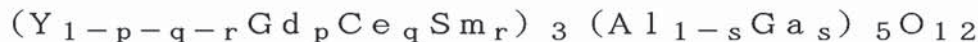
マウント・リードのカップ内に配置させたLEDチップと、該LEDチップと導電性ワイヤーを用いて電氣的に接続させたインナー・リードと、前記カップ内に充填させたコーティング部材と、該コーティング部材、LEDチップ、導電性ワイヤー及びマウント・リードとインナー・リードの少なくとも一部を被覆するモールド部材と、を有する発光ダイオードであって、

前記LEDチップが窒化ガリウム系化合物半導体であり、且つ前記コーティング部材が $RE_3(A1, Ga)_5O_{12}:Ce$ フォトルミネセンス蛍光体を有する透光性樹脂であることを特徴とする発光ダイオード。

但し、REは、Y, Gd, Smから選択される少なくとも一種である。

【請求項3】

前記フォトルミネセンス蛍光体の組成が次の一般式で示されることを特徴とする請求項1又は請求項2記載の発光ダイオード。



但し、 $0 \leq p \leq 0.8$

$$0.003 \leq q \leq 0.2$$

$$0.0003 \leq r \leq 0.08$$

$$0 \leq s \leq 1$$

【請求項4】

請求項2記載の発光ダイオードをマトリックス状に配置したLED表示器と、該LED表示器と電氣的に接続させた駆動回路と、を有するLED表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】

本願発明は、LEDディスプレイ、バックライト光源、信号機、照光式スイッチ及び各種インジケータなどに利用される発光ダイオードに係わり、特に発光素子であるLEDチップからの発光を変換して発光させるフォトルミネセンス蛍光体を有し使用環境によらず高輝度、高効率な発光装置である発光ダイオード及びそれを用いた表示装置に関する。

【0002】

【従来技術】

発光ダイオード（以下、LEDともいう）は、小型で効率が良く鮮やかな色の発光をする。また、半導体素子であるため球切れなどの心配がない。初期駆動特性が優れ、振動やON/OFF点灯の繰り返しの強いという特徴を有する。そのため各種インジケータや種々の光源として利用されている。最近、超高輝度高効率な発光ダイオードとしてRGB（赤、緑、青色）などの発光ダイオードがそれぞれ開発された。これに伴いRGBの三原色を利用したLEDディスプレイが省電力、長寿命、軽量などの特長を生かして飛躍的に発展を遂げつつある。

【0003】

発光ダイオードは使用される発光層の半導体材料、形成条件などによって紫外から赤外まで種々の発光波長を放出させることが可能である。また、優れた単色性ピーク波長を有する。

【0004】

しかしながら、発光ダイオードは優れた単色性ピーク波長を有するが故に白色系発光光源などとさせるためには、RGBなどが発光可能な各LEDチップをそれぞれ近接して発光させ拡散混色させる必要がある。このような発光ダイオードは、種々の色を自由に発光させる発光装置としては有効であるが、白色系などの

色のみを発光させる場合においても赤色系、緑色系及び青色系の発光ダイオード、或いは青緑色系及び黄色系の発光ダイオードをそれぞれ使用せざるを得ない。LEDチップは、半導体であり色調や輝度のバラツキもまだ相当ある。また、半導体発光素子であるLEDチップがそれぞれ異なる材料を用いて形成されている場合、各LEDチップの駆動電力などが異なり個々に電源を確保する必要がある。そのため、各半導体ごとに電流などを調節して白色系を発光させなければならない。同様に、半導体発光素子であるため個々の温度特性の差や経時変化が異なり、色調が種々変化してしまう。さらに、LEDチップからの発光を均一に混色させなければ色むらを生ずる場合がある。

【0005】

そこで、本出願人は先にLEDチップの発光色を蛍光体で色変換させた発光ダイオードとして特開平5-152609号公報、特開平7-99345号公報などに記載された発光ダイオードを開発した。これらの発光ダイオードによって、1種類のLEDチップを用いて白色系など他の発光色を発光させることができる。

【0006】

具体的には、発光層のエネルギーバンドギャップが大きいLEDチップをリードフレームの先端に設けられたカップ上などに配置する。LEDチップは、LEDチップが設けられたメタルステムやメタルポストとそれぞれ電氣的に接続させる。そして、LEDチップを被覆する樹脂モールド部材中などにLEDチップからの光を吸収し波長変換する蛍光体を含有させて形成させてある。

【0007】

LEDチップからの発光を波長変換した発光ダイオードとして、青色系の発光ダイオードの発光と、その発光を吸収し黄色系を発光する蛍光体からの発光との混色により白色系が発光可能な発光ダイオードなどとすることができる。これらの発光ダイオードは、白色系を発光する発光ダイオードとして利用した場合においても十分な輝度を発光する発光ダイオードとすることができる。

【0008】

【発明が解決する課題】

発光ダイオードによって励起される蛍光体は、蛍光染料、蛍光顔料さらには有機、無機化合物などから様々なものが挙げられる。また、蛍光体は、発光素子からの発光波長を波長の短いものから長い波長へと変換する、或いは発光素子からの発光波長を波長の長いものから短い波長へと変換するものがある。

【0009】

しかしながら、波長の長いものから短い波長へと変換する場合、変換効率が極めて悪く実用に向かない。また、LEDチップ周辺に近接して配置された蛍光体は、太陽光よりも約30倍から40倍にも及ぶ強照射強度の光線にさらされる。特に、発光素子であるLEDチップを高エネルギーバンドギャップを有する半導体を用い蛍光体の変換効率向上や蛍光体の使用量を減らした場合には、LEDチップから発光した光が可視光域にあるといっても光エネルギーが必然的に高くなる。この場合、発光強度を更に高め長期に渡って使用すると、蛍光体自体が劣化しやすい。蛍光体が劣化すると色調がずれる、或いは蛍光体が黒ずみ光の外部取り出し効率が低下する場合がある。同様にLEDチップの近傍に設けられた蛍光体は、LEDチップの昇温や外部環境からの加熱など高温にもさらされる。さらに、発光ダイオードは、一般的に樹脂モールドに被覆されてはいるものの外部環境からの水分の進入などを完全に防ぐことや製造時に付着した水分を完全に除去することはできない。蛍光体によっては、このような水分が発光素子からの高エネルギー光や熱によって蛍光体物質の劣化を促進する場合もある。また、イオン性の有機染料に至ってはチップ近傍では直流電界により電気泳動を起こし、色調が変化する可能性がある。したがって、本願発明は上記課題を解決し、より高輝度、長時間の使用環境下においても発光光率の低下や色ずれの極めて少ない発光ダイオードを提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】

本願発明は、発光層が窒化ガリウム系化合物半導体であるLEDチップと、該LEDチップからの発光の少なくとも一部を吸収し波長変換して発光するフォトルミネセンス蛍光体と、を有する発光ダイオードであって、前記LEDチップの発光スペクトルの主ピークが400nmから530nm内の発光波長を有すると

共に、前記フォトルミネセンス蛍光体が $RE_3(A1, Ga)_5O_{12}:Ce$ である。但し、REは、Y, Gd, Smから選択される少なくとも一種である。

【0011】

また、マウント・リードのカップ内に配置させたLEDチップと、該LEDチップと導電性ワイヤーを用いて電氣的に接続させたインナー・リードと、前記カップ内に充填させたコーティング部材と、該コーティング部材、LEDチップ、導電性ワイヤー及びマウント・リードとインナー・リードの少なくとも一部を被覆するモールド部材と、を有する発光ダイオードであって、前記LEDチップが窒化ガリウム系化合物半導体であり、且つ前記コーティング部材が $RE_3(A1, Ga)_5O_{12}:Ce$ フォトルミネセンス蛍光体を有する透光性樹脂でもある。但し、REは、Y, Gd, Smから選択される少なくとも一種である。

【0012】

さらに、前記フォトルミネセンス蛍光体の組成が次の一般式で示される発光ダイオードでもある。 $(Y_{1-p-q-r}Gd_pCe_qSm_r)_3(A1_{1-s}Ga_s)_5O_{12}$ 但し、 $0 \leq p \leq 0.8$ 、 $0.003 \leq q \leq 0.2$ 、 $0.0003 \leq r \leq 0.08$ 、 $0 \leq s \leq 1$

【0013】

また、請求項2記載の発光ダイオードをマトリックス状に配置したLED表示器と、該LED表示器と電氣的に接続させた駆動回路と、を有するLED表示装置である。

【0014】

【発明の実施の形態】

本願発明者は、種々の実験の結果、可視光域における光エネルギーが比較的高いLEDチップからの発光光をフォトルミネセンス蛍光体によって色変換させる発光ダイオードにおいて、特定の半導体及び蛍光体を選択することにより高輝度、長時間の使用時における光効率低下や色ずれを防止できることを見出し本願発明を成すに至った。

【0015】

即ち、発光ダイオードに用いられるフォトルミネセンス蛍光体としては、

1. 耐光性に優れていることが要求される。特に、半導体発光素子などの微小領域から強放射されるために太陽光の約30倍から40倍にもおよぶ強照射強度にも十分耐える必要がある。2. 発光素子との混色を利用するため紫外線ではなく青色系発光で効率よく発光すること。3. 混色を考慮して緑色系から赤色系の光が発光可能なこと。4. 発光素子近傍に配置されるため温度特性が良好であること。5. 色調が組成比或いは複数の蛍光体の混合比で連続的に変えられること。6. 発光ダイオードの利用環境に応じて耐候性があることなどの特徴を有することが求められる。

【0016】

これらの条件を満たすものとして本願発明は、発光素子として発光層に高エネルギーバンドギャップを有する窒化ガリウム系化合物半導体素子を、フォトルミネセンス蛍光体として $RE_3(A1, Ga)_5O_{12}:Ce$ 蛍光体を用いる。これにより発光素子から放出された可視光域における高エネルギー光を長時間近傍で高輝度に照射した場合であっても発光色の色ずれや発光輝度の低下が極めて少ない発光ダイオードとすることができるものである。

【0017】

具体的な発光ダイオードの一例として、チップタイプLEDを図2に示す。チップタイプLEDの筐体204内に窒化ガリウム系半導体を用いたLEDチップ202をエポキシ樹脂などを用いて固定させてある。導電性ワイヤー203として金線をLEDチップ202の各電極と筐体に設けられた各電極205とにそれぞれ電氣的に接続させてある。 $RE_3(A1, Ga)_5O_{12}:Ce$ 蛍光体をエポキシ樹脂中に混合分散させたものをLEDチップ、導電性ワイヤーなどを外部応力などから保護するモールド部材201として均一に硬化形成させる。このような発光ダイオードに電力を供給させることによってLEDチップ202を発光させる。LEDチップ202からの発光と、その発光によって励起されたフォトルミネセンス蛍光体からの発光光との混色により白色系などが発光可能な発光ダイオードとすることができる。以下、本願発明の構成部材について詳述する。

【0018】

(蛍光体)

本願発明に用いられるフォトルミネセンス蛍光体としては、半導体発光層から発光された可視光及び紫外線で励起されて発光するフォトルミネセンス蛍光体をいう。具体的なフォトルミネセンス蛍光体としては、 $RE_3(A1, Ga)_5O_{12} : Ce$ （但し、REは、Y, Gd, Smから選択される少なくとも一種）である。窒化ガリウム系化合物半導体を用いたLEDチップから発光した光と、ボディーカラーが黄色でありフォトルミネセンス蛍光体から発光する光が補色関係などにある場合、LEDチップからの発光と、フォトルミネセンス蛍光体からの発光と、を混色表示させると白色系の発光色表示を行うことができる。そのため発光ダイオード外部には、LEDチップからの発光とフォトルミネセンス蛍光体からの発光とがモールド部材を透過する必要がある。したがって、フォトルミネセンス蛍光体のバルク層内などにLEDチップを閉じこめ、フォトルミネセンス蛍光体層にLEDチップからの光が透過する開口部を1乃至2以上有する構成の発光ダイオードとしても良い。また、フォトルミネセンス蛍光体の粉体を樹脂や硝子中に含有させLEDチップからの光が透過する程度に薄く形成させても良い。フォトルミネセンス蛍光体と樹脂などとの比率や塗布、充填量を種々調整すること及び発光素子の発光波長を選択することにより白色を含め電球色など任意の色調を提供させることができる。

【0019】

さらに、フォトルミネセンス蛍光体の含有分布は、混色性や耐久性にも影響する。すなわち、フォトルミネセンス蛍光体が含有されたコーティング部やモールド部材の表面側からLEDチップに向かってフォトルミネセンス蛍光体の分布濃度が高い場合は、外部環境からの水分などの影響をより受けにくく水分による劣化を抑制しやすい。他方、フォトルミネセンス蛍光体の含有分布をLEDチップからモールド部材表面側に向かって分布濃度が高くなると外部環境からの水分の影響を受けやすいがLEDチップからの発熱、照射強度などの影響がより少なくフォトルミネセンス蛍光体の劣化を抑制することができる。このような、フォトルミネセンス蛍光体の分布は、フォトルミネセンス蛍光体を含有する部材、形成温度、粘度やフォトルミネセンス蛍光体の形状、粒度分布などを調整させることによって種々形成させることができる。したがって、使用条件などにより蛍光体

の分布濃度を、種々選択することができる。

【0020】

本願発明のフォトルミネセンス蛍光体は、特にLEDチップと接する或いは近接して配置され放射照度として $(E_e) = 3W \cdot cm^{-2}$ 以上 $10W \cdot cm^{-2}$ 以下においても高効率に十分な耐光性を有する発光ダイオードとすることができる。

【0021】

本願発明に用いられるフォトルミネセンス蛍光体は、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が450nm付近にさせることができる。また、発光ピークも530nm付近にあり700nmまで裾を引くブロードな発光スペクトルを持つ。しかも、組成のAlの一部をGaで置換することで発光波長が短波長にシフトし、また組成のYの一部をGdで置換することで、発光波長が長波長へシフトする。このように組成を変化することで発光色を連続的に調節することが可能である。したがって、長波長側の強度がGdの組成比で連続的に変えられるなど窒化物半導体の青色系発光を白色系発光に変換するための理想条件を備えている。

【0022】

また、窒化ガリウム系半導体を用いたLEDチップと、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(YAG)に希土類元素のサマリウム(Sm)を含有させたフォトルミネセンス蛍光体と、を有する発光ダイオードとすることによりさらに光効率を向上させることができる。

【0023】

このようなフォトルミネセンス蛍光体は、Y、Gd、Ce、Sm、Al及びGa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、Smの希土類元素を化学量論比で酸に溶解した溶解液を稀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、酸化ガリ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°Cの温度範囲で2~5時間焼成して焼成品を得、次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。

【0024】

$(Y_{1-p-q-r}Gd_pCe_qSm_r)_3Al_5O_{12}$ フォトルミネセンス蛍光体は、結晶中にGdを含有することにより、特に460nm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。ガドリニウムの含有量の増加により、発光ピーク波長が、530nmから570nmまで長波長に移動し、全体の発光波長も長波長側にシフトする。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徐々に低下する。したがって、pは0.8以下であることが好ましく、0.7以下であることがより好ましい。さらに好ましくは0.6以下である。

【0025】

Smを含有する $(Y_{1-p-q-r}Gd_pCe_qSm_r)_3Al_5O_{12}$ 蛍光体は、Gdの含有量の増加に関わらず温度特性の低下が少ない。このようにSmを含有させることにより、高温におけるフォトルミネセンス蛍光体の発光輝度は大幅に改善される。その改善される程度はGdの含有量が高くなるほど大きくなる。すなわち、Gdを増加してフォトルミネセンス蛍光体の発光色調に赤みを付与した組成ほどSmの含有による温度特性改善に効果的であることが分かった。(なお、ここでの温度特性とは、450nmの青色光による常温(25°C)における励起発光輝度に対する、同蛍光体の高温(200°C)における発光輝度の相対値(%)で表している。)

【0026】

Smの含有量は $0.0003 \leq r \leq 0.08$ の範囲で温度特性が60%以上となり好ましい。この範囲よりrが小さいと、温度特性改良の効果が小さくなる。また、この範囲よりrが大きくなると温度特性は逆に低下してくる。 $0.0007 \leq r \leq 0.02$ の範囲では温度特性は80%以上となり最も好ましい。

【0027】

Ceは $0.003 \leq q \leq 0.2$ の範囲で相対発光輝度が70%以上となる。qが0.003以下では、Ceによるフォトルミネセンスの励起発光中心の数が減少することで輝度低下し、逆に、0.2より大きくなると濃度消光が生ずる。

【0028】

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 $RE_3(A1, Ga)_5O_{12}:Ce$ フォトルミネセンス蛍光体を混合させてもよい。即ち、A1、Ga、Y及びGdやSmの含有量が異なる2種類以上の $RE_3(A1, Ga)_5O_{12}:Ce$ フォトルミネセンス蛍光体を混合させてRGBの波長成分を増やすことができる。これに、カラーフィルターを用いることによりフルカラー液晶表示装置用としても利用できる。

【0029】

(LEDチップ102、202、702)

本願発明に用いられるLEDチップとは、 $RE_3(A1, Ga)_5O_{12}:Ce$ 蛍光体を効率良く励起できる窒化物系化合物半導体が挙げられる。発光素子であるLEDチップは、MOCVD法等により基板上にInGaN等の半導体を発光層として形成させる。半導体の構造としては、MIS接合、PIN接合やPN接合などを有するホモ構造、ヘテロ構造あるいはダブルヘテロ構成のものが挙げられる。半導体層の材料やその混晶度によって発光波長を種々選択することができる。また、半導体活性層を量子効果が生ずる薄膜に形成させた単一量子井戸構造や多重量子井戸構造とすることもできる。

【0030】

窒化ガリウム系化合物半導体を使用した場合、半導体基板にはサファイヤ、スピネル、SiC、Si、ZnO等の材料が用いられる。結晶性の良い窒化ガリウムを形成させるためにはサファイヤ基板を用いることが好ましい。このサファイヤ基板上にGaN、AlN等のバッファ層を形成しその上にPN接合を有する窒化ガリウム半導体を形成させる。窒化ガリウム系半導体は、不純物をドーブしない状態でN型導電性を示す。発光効率を向上させるなど所望のN型窒化ガリウム半導体を形成させる場合は、N型ドーパントとしてSi、Ge、Se、Te、C等を適宜導入することが好ましい。一方、P型窒化ガリウム半導体を形成させる場合は、P型ドーパントであるZn、Mg、Be、Ca、Sr、Ba等をドーブさせる。窒化ガリウム系化合物半導体は、P型ドーパントをドーブしただけではP型化しにくいいためP型ドーパント導入後に、炉による加熱、低速電子線照射

やプラズマ照射等によりアニールすることでP型化させることが好ましい。エッチングなどによりP型半導体及びN型半導体の露出面を形成させた後、半導体層上にスパッタリング法や真空蒸着法などを用いて所望の形状の各電極を形成させる。

【0031】

次に、形成された半導体ウエハー等をダイヤモンド製の刃先を有するブレードが回転するダイシングソーにより直接フルカットするか、又は刃先幅よりも広い幅の溝を切り込んだ後（ハーフカット）、外力によって半導体ウエハーを割る。あるいは、先端のダイヤモンド針が往復直線運動するスクライバーにより半導体ウエハーに極めて細かいスクライブライン（経線）を例えば碁盤目状に引いた後、外力によってウエハーを割り半導体ウエハーからチップ状にカットする。このようにして窒化ガリウム系化合物半導体であるLEDチップを形成させることができる。

【0032】

本願発明の発光ダイオードにおいて白色系を発光させる場合は、フォトルミネセンス蛍光体との補色関係や樹脂劣化等を考慮して発光素子の発光波長は400nm以上530nm以下が好ましく、420nm以上490nm以下がより好ましい。LEDチップとフォトルミネセンス蛍光体との効率をそれぞれより向上させるためには、450nm以上475nm以下がさらに好ましい。本願発明の白色系発光ダイオードの発光スペクトルを図3に示す。450nm付近にピークを持つ発光がLEDチップからの発光であり、570nm付近にピークを持つ発光がLEDチップによって励起されたフォトルミネセンスの発光である。

【0033】

（導電性ワイヤー103、203）

導電性ワイヤー103、203としては、LEDチップ102、202の電極とのオーミック性、機械的接続性、電気伝導性及び熱伝導性がよいものが求められる。熱伝導度としては $0.01 \text{ cal/cm}^2/\text{cm}/^\circ\text{C}$ 以上が好ましく、より好ましくは $0.5 \text{ cal/cm}^2/\text{cm}/^\circ\text{C}$ 以上である。また、作業性などを考慮して導電性ワイヤーの直径は、好ましくは、 $\Phi 10 \mu\text{m}$ 以上、 $\Phi 45 \mu\text{m}$ 以

下である。このような導電性ワイヤーとして具体的には、金、銅、白金、アルミニウム等の金属及びそれらの合金を用いた導電性ワイヤーが挙げられる。このような導電性ワイヤーは、各LEDチップの電極と、インナー・リード及びマウント・リードなどと、をワイヤーボンディング機器によって容易に接続させることができる。

【0034】

(マウント・リード105)

マウント・リード105としては、LEDチップ102を配置させるものであり、ダイボンド機器などで積載するのに十分な大きさがあれば良い。また、LEDチップを複数設置しマウント・リードをLEDチップの共通電極として利用する場合においては、十分な電気伝導性とボンディングワイヤー等との接続性が求められる。また、マウント・リード上のカップ内にLEDチップを配置すると共に蛍光体を内部に充填させる場合は、近接して配置させた別の発光ダイオードからの光により疑似点灯することを防止することができる。

【0035】

LEDチップ102とマウント・リード105のカップとの接着は熱硬化性樹脂などによって行うことができる。具体的には、エポキシ樹脂、アクリル樹脂やイミド樹脂などが挙げられる。また、フェースダウンLEDチップなどによりマウント・リードと接着させると共に電氣的に接続させるためにはAgペースト、カーボンペースト、金属バンプ等を用いることができる。さらに、発光ダイオードの光利用効率を向上させるためにLEDチップが配置されるマウント・リードの表面を鏡面状とし、表面に反射機能を持たせても良い。この場合の表面粗さは、0.1 μ m以上0.8 μ m以下が好ましい。また、マウント・リードの具体的な電気抵抗としては300 $\mu\Omega$ -cm以下が好ましく、より好ましくは、3 $\mu\Omega$ -cm以下である。また、マウント・リード上に複数のLEDチップを積置する場合は、LEDチップからの発熱量が多くなるため熱伝導度がよいことが求められる。具体的には、0.01cal/cm²/cm/°C以上が好ましくより好ましくは0.5cal/cm²/cm/°C以上である。これらの条件を満たす材料としては、鉄、銅、鉄入り銅、錫入り銅、メタライズパターン付きセラミック等が挙

げられる。

【0036】

(インナー・リード106)

インナー・リード106としては、マウント・リード105上に配置されたLEDチップ102と接続された導電性ワイヤー103との接続を凶るものである。マウント・リード上に複数のLEDチップを設けた場合は、各導電性ワイヤー同士が接触しないよう配置できる構成とする必要がある。具体的には、マウント・リードから離れるに従って、インナー・リードのワイヤーボンディングさせる端面の面積を大きくすることなどによってマウント・リードからより離れたインナー・リードと接続させる導電性ワイヤーの接触を防ぐことができる。導電性ワイヤーとの接続端面の粗さは、密着性を考慮して1.6S以上10S以下が好ましい。インナー・リードの先端部を種々の形状に形成させるためには、あらかじめリードフレームの形状を型枠で決めて打ち抜き形成させてもよく、或いは全てのインナー・リードを形成させた後にインナー・リード上部の一部を削ることによって形成させても良い。さらには、インナ・リードを打ち抜き形成後、端面方向から加圧することにより所望の端面の面積と端面高さを同時に形成させることもできる。

【0037】

インナー・リードは、導電性ワイヤーであるボンディングワイヤー等との接続性及び電気伝導性が良いことが求められる。具体的な電気抵抗としては、 $300\mu\Omega\text{-cm}$ 以下が好ましく、より好ましくは $3\mu\Omega\text{-cm}$ 以下である。これらの条件を満たす材料としては、鉄、銅、鉄入り銅、錫入り銅及び銅、金、銀をメッキしたアルミニウム、鉄、銅等が挙げられる。

【0038】

(コーティング部101)

本願発明に用いられるコーティング部101とは、モールド部材104とは別にマウント・リードのカップに設けられるものでありLEDチップの発光を変換するフォトルミネセンス蛍光体が含有されるものである。コーティング部の具体的材料としては、エポキシ樹脂、ユリア樹脂、シリコンなどの耐候性に優れた

透明樹脂や硝子などが好適に用いられる。また、フォトルミネセンス蛍光体と共に拡散剤を含有させても良い。具体的な拡散剤としては、チタン酸バリウム、酸化チタン、酸化アルミニウム、酸化珪素等が好適に用いられる。

【0039】

(モールド部材104)

モールド部材104は、発光ダイオードの使用用途に応じてLEDチップ102、導電性ワイヤー103、フォトルミネセンス蛍光体が含有されたコーティング部101などを外部から保護するために設けることができる。モールド部材は、一般には樹脂を用いて形成させることができる。また、フォトルミネセンス蛍光体を含有させることによって視野角を増やすことができるが、樹脂モールドに拡散剤を含有させることによってLEDチップ102からの指向性を緩和させ視野角をさらに増やすことができる。更にまた、モールド部材104を所望の形状にすることによってLEDチップからの発光を集束させたり拡散させたりするレンズ効果を持たせることができる。従って、モールド部材104は複数積層した構造でもよい。具体的には、凸レンズ形状、凹レンズ形状さらには、発光観測面から見て楕円形状やそれらを複数組み合わせさせた物である。モールド部材104の具体的材料としては、主としてエポキシ樹脂、ユリア樹脂、シリコンなどの耐候性に優れた透明樹脂や硝子などが好適に用いられる。また、拡散剤としては、チタン酸バリウム、酸化チタン、酸化アルミニウム、酸化珪素等が好適に用いられる。さらに、拡散剤に加えてモールド部材中にもフォトルミネセンス蛍光体を含有させることもできる。したがって、フォトルミネセンス蛍光体はモールド部材中に含有させてもそれ以外のコーティング部などに含有させて用いてもよい。また、コーティング部をフォトルミネセンス蛍光体が含有された樹脂、モールド部材を硝子などとした異なる部材を用いて形成させても良い。この場合、生産性良くより水分などの影響が少ない発光ダイオードとすることができる。また、屈折率を考慮してモールド部材とコーティング部とを同じ部材を用いて形成させても良い。

【0040】

(表示装置)

本願発明の発光ダイオードをLED表示器に利用した場合、RGBをそれぞれ発光する発光ダイオードの組み合わせだけによるLED表示器よりも、より高精細に白色系表示させることができる。すなわち、各発光ダイオードを組み合わせで白色系などを混色表示させるためにはRGBの各発光ダイオードをそれぞれ同時に発光せざるを得ない。そのため赤色系、緑色系、青色系のそれぞれ単色表示した場合に比べて一画素あたりの表示が大きくなる。したがって、白色系の表示の場合においてはRGB単色表示と比較して高精細に表示させることができない。また、白色系の表示は各発光ダイオードを調節して表示させるため各半導体の温度特性などを考慮し種々調整しなければならない。さらに、混色による表示であるが故にLED表示器の視認する方向や角度によって、RGBの発光ダイオードが部分的に遮光され表示色が変わる場合もある。本願発明の発光ダイオードをRGBの発光ダイオードに加えて利用することにより、より高精細化が可能となると共に白色系の発光が安定し色むらをなくすこともできる。また、RGBの各発光ダイオードともに発光させることにより輝度を向上させることもできる。

【0041】

本願発明の発光ダイオードを用いて表示装置の1つとして、RGBの各発光ダイオードに加えて白色系発光ダイオードを1画素として利用し、標識やマトリクス状など任意の形状に配置させたLED表示器の概略構成を示す。LED表示器は、駆動回路である点灯回路などと電気的に接続させる。駆動回路からの出力パルスによって種々の画像が表示可能なディスプレイ等とすることができる。駆動回路としては、入力される表示データを一時的に記憶させるRAM（Random Access Memory）と、RAMに記憶されるデータから各発光ダイオードを所定の明るさに点灯させるための階調信号を演算する階調制御回路と、階調制御回路の出力信号でスイッチングされて、各発光ダイオードを点灯させるドライバーとを備える。階調制御回路は、RAMに記憶されるデータから発光ダイオードの点灯時間を演算してパルス信号を出力する。ここで、白色系の表示を行う場合は、RGB各発光ダイオードのパルス信号を短くする、パルス高を低くする或いは全く点灯させない。他方、それを補償するように白色系発光ダイオードにパルス信号を出力する。これにより、LED表示器の白色を表示する。

【0042】

したがって、白色系発光ダイオードを所望の輝度で点灯させるためのパルス信号を演算する階調制御回路としてCPUを別途備えることが好ましい。階調制御回路から出力されるパルス信号は、白色系発光ダイオードのドライバーに入力されてドライバをスイッチングさせる。ドライバーがオンになると白色系発光ダイオードが点灯され、オフになると消灯される。

【0043】

また、本願発明の発光ダイオードを用いた別のLED表示器を示す。本願発明の白色系発光ダイオードのみを用い白黒用のLED表示装置とすることもできる。白黒用のLED表示器は、本願発明の発光ダイオード501のみをマトリックス状などに配置し構成することができる。RGBのそれぞれの駆動回路の代わりに白色発光可能な本願発明の発光ダイオード用駆動回路のみとしてLED表示器を構成させることができる。LED表示器は、駆動回路である点灯回路などと電気的に接続させる。駆動回路からの出力パルスによって種々の画像が表示可能なディスプレイ等とすることができる。駆動回路としては、入力される表示データを一時的に記憶させるRAM (Random Access Memory) と、RAMに記憶されるデータから発光ダイオードを所定の明るさに点灯させるための階調信号を演算する階調制御回路と、階調制御回路の出力信号でスイッチングされて、発光ダイオードを点灯させるドライバーとを備える。階調制御回路は、RAMに記憶されるデータから発光ダイオードの点灯時間を演算してパルス信号を出力する。

【0044】

したがって、白黒用のLED表示器はRGBのフルカラー表示器と異なり当然回路構成を簡略化できると共に高精細化できる。そのため、安価にRGBの発光ダイオードの特性に伴う色むらなどのないディスプレイとすることができるものである。また、従来の赤色、緑色のみを用いたLED表示器に比べ人間の目に対する刺激が少なく長時間の使用に適している。

【0045】

(信号機)

本願発明の発光ダイオードを表示装置の1種である信号機として利用した場合、長時間安定して発光させることが可能であると共に発光ダイオードの一部が消灯しても色むらなどが生じないという特徴がある。本願発明の発光ダイオードを用いた信号機の概略構成として、導電性パターンが形成された基板上に白色系発光ダイオードを配置させる。このような発光ダイオードを直列又は直並列に接続された発光ダイオードの回路を発光ダイオード群として扱う。発光ダイオード群を2つ以上用いそれぞれ渦巻き状に発光ダイオードを配置させる。全ての発光ダイオードが配置されると円状に全面に配置される。各発光ダイオード及び基板から外部電力と接続させる電源コードをそれぞれ、ハンダにより接続させた後、鉄道用信号用の筐体内に固定させる。LED表示器は、遮光部材が付いたアルミダイキャストの筐体内に配置され表面にシリコンゴムの充填材で封止されている。筐体の表示面は、白色レンズを設けてある。また、LED表示器の電氣的配線は、筐体の裏面からゴムパッキンを通し筐体内を密閉する。これにより白色系信号機を形成することができる。本願発明の発光ダイオードを、複数の群に分け中心部から外側に向け輪を描く渦巻き状などに配置し、並列接続させることでより信頼性が高い信号機とさせることができる。中心部から外側に向け輪を描くとは連続的に輪を描くものも断続的に配置するものをも含む。したがって、LED表示器の表示面積などにより配置される発光ダイオードの数や発光ダイオード群の数を種々選択することができる。この信号機により、一方の発光ダイオード群や一部の発光ダイオードが何らかのトラブルにより消灯したとしても他方の発光ダイオード群や残った発光ダイオードにより信号機を円形状に均一に発光させることが可能となるものである。また、色ずれが生ずることもない。渦巻き状に配置してあることから中心部を密に配置することができ電球発光の信号と何ら違和感なく駆動させることができる。

【0046】

(面状発光光源)

本願発明の発光ダイオードを用いて図7の如く面状発光光源を構成することができる。面状発光光源の場合、フォトルミネセンス蛍光体をコーティング部や導光板上の散乱シート706に含有させる。或いはバインダー樹脂と共に散乱シ-

ト706に塗布などさせシート状701に形成しモールド部材を省略しても良い。具体的には、絶縁層及び導電性パターンが形成されたコの字形状の金属基板703内にLEDチップ702を固定する。LEDチップと導電性パターンとの電氣的導通を取った後、フォトルミネセンス蛍光体をエポキシ樹脂と混合攪拌しLEDチップ702が積載された基板703上に充填させ発光ダイオードを形成させる。こうして形成された発光ダイオードは、アクリル性導光板704の端面にエポキシ樹脂などで固定される。導光板704の一方の主面上には、蛍現象防止のため白色散乱剤が含有されたフィルム状の反射部材707を配置させてある。同様に、導光板の裏面側全面や発光ダイオードが配置されていない端面上にも反射部材705を設け発光光率を向上させてある。これにより、LCDのバックライトとして十分な明るさを得られる面状発光光源とすることができる。液晶表示装置として利用する場合は、導光板704の主面上に不示図の透光性導電性パターンが形成された硝子基板間に注入された液晶装置を介して配された偏光板により構成させることができる。以下、本願発明の実施例について説明するが、本願発明は具体的実施例のみに限定されるものではないことは言うまでもない。

【0047】

【実施例】

(実施例1)

発光素子として発光ピークが450nmのGaInN半導体を用いた。LEDチップは、洗浄させたサファイヤ基板上にTMG（トリメチルガリウム）ガス、TMA（トリメチルアルミニウム）ガス、窒素ガス及びドーパントガスをキャリアガスと共に流し、MOCVD法で窒化ガリウム系化合物半導体を成膜させることにより形成させた。ドーパントガスとしてSiH₄とCp₂Mgと、を切り替えることによってN型導電性を有する窒化ガリウム半導体とP型導電性を有する窒化ガリウム半導体を形成しPN接合を形成させた。（なお、P型半導体は、成膜後400℃以上でアニールさせてある。）

【0048】

エッチングによりPN各半導体表面を露出させた後、スパッタリングにより各電極をそれぞれ形成させた。こうして出来上がった半導体ウエハーをスクライブ

ラインを引いた後、外力により分割させ発光素子としてLEDチップを形成させた。

【0049】

銀メッキした銅製リードフレームの先端にカップを有するマウント・リードにLEDチップをエポキシ樹脂でダイボンディングした。LEDチップの各電極とマウント・リード及びインナー・リードと、をそれぞれ金線でワイヤーボンディングし電氣的導通を取った。

【0050】

一方、フォトルミネセンス蛍光体は、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共沈させた。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、酸化ガリウムと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を混合して坩堝に詰め、空气中1400°Cの温度で3時間焼成して焼成品を得た。焼成品を水中でボールミルして、洗浄、分離、乾燥、最後に篩を通して形成させた。

【0051】

形成された $(Y_{0.8}Gd_{0.2})_3Al_5O_{12}:Ce$ 蛍光体80重量部、エポキシ樹脂100重量部をよく混合してスリラーとさせた。このスリラーをLEDチップが配置されたマウント・リード上のカップ内に注入させた。注入後、フォトルミネセンス蛍光体が含有された樹脂を130°C1時間で硬化させた。こうしてLEDチップ上に厚さ120 μ のフォトルミネセンス蛍光体が含有されたコーティング部が形成された。なお、コーティング部には、LEDチップに向かってフォトルミネセンス蛍光体が徐々に多くしてある。その後、さらにLEDチップやフォトルミネセンス蛍光体を外部応力、水分及び塵芥などから保護する目的でモールド部材として透光性エポキシ樹脂を形成させた。モールド部材は、砲弾型の型枠の中にフォトルミネセンス蛍光体のコーティング部が形成されたリードフレームを挿入し透光性エポキシ樹脂を混入後、150°C5時間にて硬化させた。こうして形成された発光ダイオードは、発光観測正面から視認するとフォトルミネセンス蛍光体のボディカラーにより中央部が黄色っぽく着色していた。

【0052】

こうして得られた白色系が発光可能な発光ダイオードの色度点、色温度、演色性指数を測定した。それぞれ、色度点 ($x=0.302$ 、 $y=0.280$)、色温度 8080K 、 R_a (演色性指数) = 87.5 と三波長型蛍光灯に近い性能を示した。また、発光光率は 9.51lm/w と白色電球並であった。さらに寿命試験として温度 25°C 60mA 通電、温度 25°C 20mA 通電、温度 60°C 90% RH 下で 20mA 通電の各試験においても蛍光体に起因する変化は観測されず通常の色青発光ダイオードと寿命特性に差がないことが確認できた。

【0053】

(比較例1)

フォトルミネセンス蛍光体を $(Y_{0.8}Gd_{0.2})_3Al_5O_{12}:Ce$ から $(ZnCd)S:Cu$ 、 Al とした以外は、実施例1と同様にして発光ダイオードの形成及び寿命試験を行った。形成された発光ダイオードは通電直後、実施例1と同様白色系の発光が確信されたが輝度が低かった。また、寿命試験においては、約100時間で出力がゼロになった。劣化原因を解析した結果、蛍光体が黒化していた。

【0054】

これは、発光素子の発光光と蛍光体に付着していた水分或いは外部環境から進入した水分により光分解し蛍光体結晶表面にコロイド状亜鉛金属を析出し外観が黒色に変色したものと考えられる。温度 25°C 20mA 通電、温度 60°C 90% RH 下で 20mA 通電の寿命試験結果を実施例1と共に図8に示す。輝度は初期値を基準にしそれぞれの相対値を示す。また、実線が実施例1であり波線が比較例1を示す。

【0055】

(実施例2)

LEDチップの窒化物系化合物半導体を実施例1よりもInの含有量を増やし発光ピークを 460nm とした。同様にフォトルミネセンス蛍光体として実施例1よりもGdの含有量を増やし $(Y_{0.6}Gd_{0.4})_3Al_5O_{12}:Ce$ とした以外は実施例1と同様にして発光ダイオードを100個形成し寿命試験を行った。

【0056】

こうして得られた白色系が発光可能な発光ダイオードの色度点、色温度、演色性指数を測定した。それぞれ、色度点 ($x=0.375$ 、 $y=0.370$)、色温度 4400K 、 R_a (演色性指数) = 86.0 であった。さらに寿命試験においては、形成させた発光ダイオード 100 個平均で行った。寿命試験前の光度を 100% とし 1000 時間経過後における平均光度を調べた。寿命試験後も 98.8% であり特性に差がないことが確認できた。

【0057】

(実施例3)

フォトルミネセンス蛍光体を Y 、 Gd 、 Ce の希土類元素に加え Sm を含有させ ($Y_{0.39}Gd_{0.57}Ce_{0.03}Sm_{0.01}$) $3Al_5O_{12}$ 蛍光体とした以外は、実施例1と同様にして発光ダイオードを 100 個形成した。この発光ダイオードを 130°C の高温下において点灯させても実施例1の発光ダイオードと比較して平均温度特性が 8% ほど良好であった。

【0058】

(実施例4)

本願発明の発光ダイオードを図5の如くLED表示器の1つであるディスプレイに利用した。実施例1と同様にして形成させた発光ダイオードを銅パターンを形成させたセラミックス基板の上に、 16×16 のマトリックス状に配置させた。基板と発光ダイオードとは自動ハンダ実装装置を用いてハンダ付けを行った。次にフェノール樹脂によって形成された筐体504内部に配置し固定させた。遮光部材505は、筐体と一体成形させてある。発光ダイオードの先端部を除いて筐体、発光ダイオード、基板及び遮光部材の一部をピグメントにより黒色に着色したシリコンゴム406によって充填させた。その後、常温、72時間でシリコンゴムを硬化させLED表示器を形成させた。このLED表示器と、入力される表示データを一時的に記憶させるRAM (Random Access Memory) 及びRAMに記憶されるデータから発光ダイオードを所定の明るさに点灯させるための階調信号を演算する階調制御回路と階調制御回路の出力信号でスイッチングされて発光ダイオードを点灯させるドライバーとを備えたCPUの駆動手段と、を電氣的に接続させてLED表示装置を構成した。LED表示器を駆動

させ白黒LED表示装置として駆動できることを確認した。

【0059】

【発明の効果】

本願発明の構成とすることにより高出力の窒化物系化合物半導体の発光素子と、 $RE_3(A1, Ga)_5O_{12}:Ce$ 蛍光体と、を利用した発光ダイオードとすることにより長時間高輝度時の使用においても発光効率が高い発光ダイオードとすることができる。さらに、信頼性や省電力化、小型化さらには色温度の可変性など車載や航空産業、一般電気機器に表示の他に照明として新たな用途を開くことができる。また、白色は人間の目で長時間視認する場合には刺激が少なく目に優しい発光ダイオードとすることができる。

【0060】

特に、本願発明の請求項1に記載の構成とすることにより高輝度、長時間の使用においても色ずれ、発光光率の低下が極めて少ない白色系が発光可能な発光ダイオードなど種々の発光ダイオードとすることができる。また、樹脂劣化に伴う輝度の低下も抑制させることができる。

【0061】

本願発明の請求項2の構成とすることにより、高輝度、長時間の使用においても色ずれ、発光光率の低下が極めて少ない発光ダイオードなど種々の発光ダイオードとすることができるに加えて、発光ダイオードを複数近接して配置した場合においても他方の発光ダイオードからの光により蛍光体が励起され疑似点灯されることを防止させることができる。また、LEDチップ自体の発光むらを蛍光体により分散することができるためより均一な発光光を有する発光ダイオードとすることができる。

【0062】

本願発明の請求項3の構成とすることにより、より温度依存性の少ない発光ダイオードとすることができる。

【0063】

本願発明の請求項4の構成とすることにより、比較的安価で高精細なLED表示装置や視認角度によって色むらの少ないLED表示装置とすることができる。

【0064】

【図面の簡単な説明】

【図1】

図1は、本願発明の発光ダイオードの模式的断面図である。

【図2】

図2は、本願発明の他の発光ダイオードの模式的断面図である。

【図3】

図3は、本願発明の発光ダイオードの発光スペクトルの一例を示した図である

。

【図4】

図4（A）は、本願発明に使用されるフォトルミネセンス蛍光体の吸収スペクトルの一例を示し、図4（B）は、本願発明に使用されるフォトルミネセンス蛍光体の発光スペクトルの一例を示した図である。

【図5】

図5は、本願発明の発光ダイオードを用いたLED表示装置の模式図である。

【図6】

図6は、図5に用いられるLED表示装置のブロック図である。

【図7】

図7は、本願発明の発光ダイオードを用いた別のLED表示装置の模式図である。

【図8】

図8（A）は、本願発明の実施例1と比較のために示した比較例1の発光ダイオードとの温度25℃20mA通電における寿命試験を示し、図8（B）は、本願発明の実施例1と比較のために示した比較例1の発光ダイオードとの温度60℃90%RH下で20mA通電における寿命試験を示したグラフである。

【符号の説明】

101、701・・・フォトルミネセンスが含有されたコーティング部

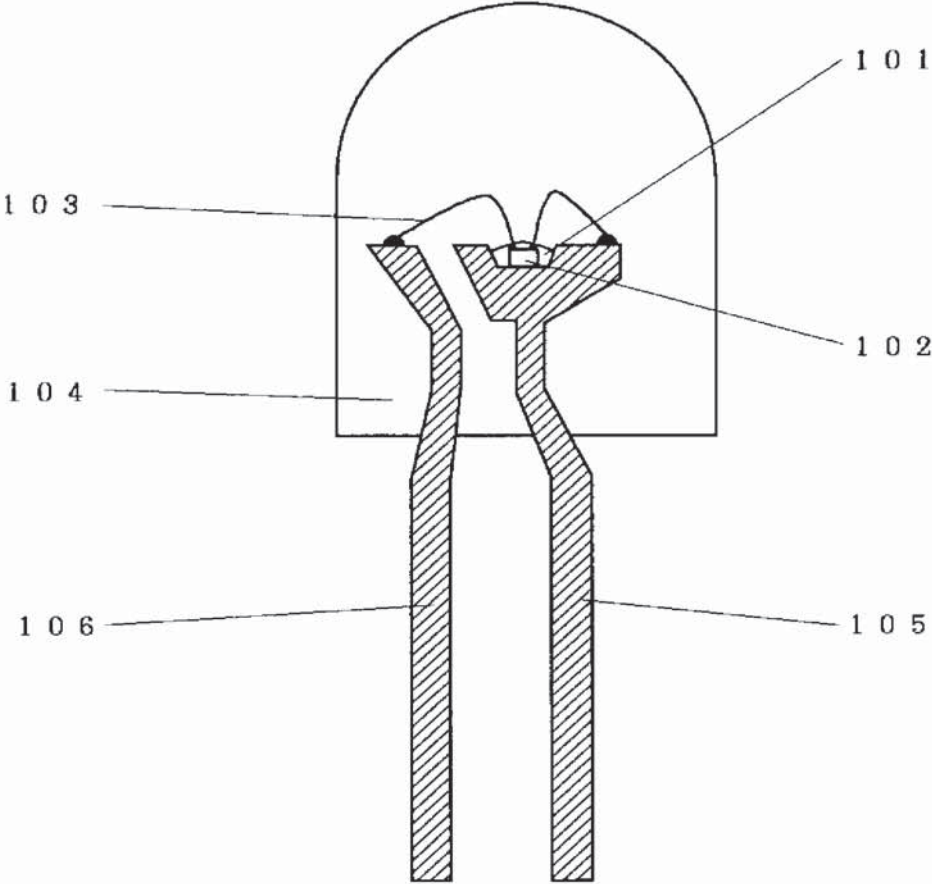
102、202、702・・・LEDチップ

103、203・・・導電性ワイヤー

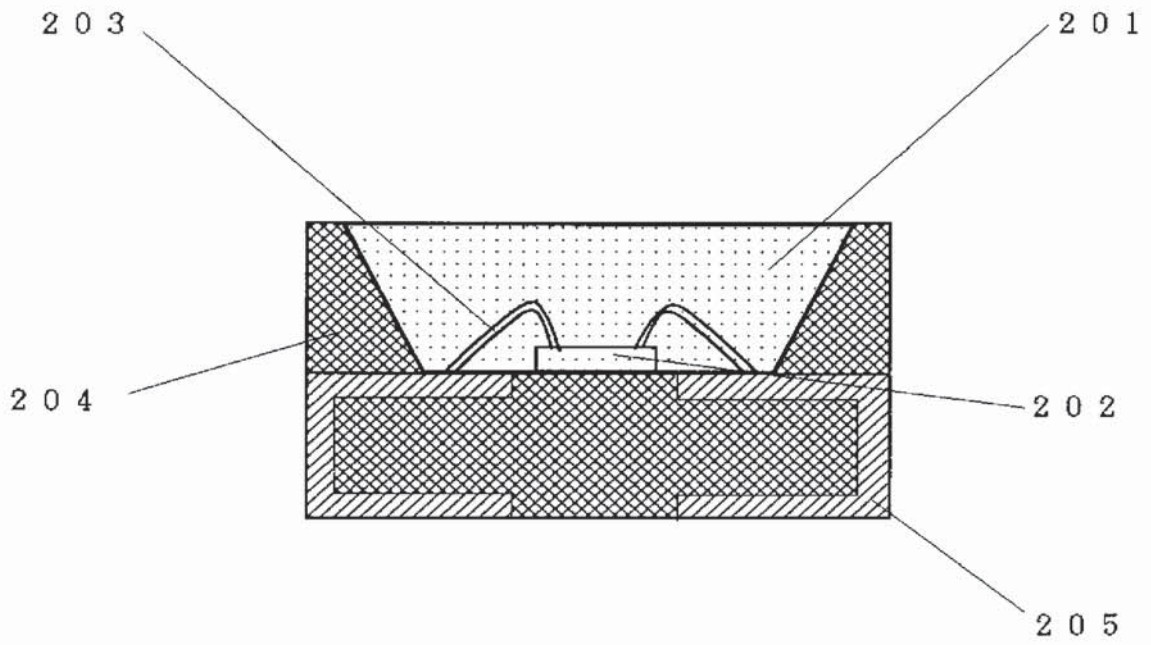
104・・・モールド部材
105・・・マウント・リード
106・・・インナー・リード
201・・・フォトルミネセンスが含有されたモールド部材
204・・・筐体
205・・・筐体に設けられた電極
501・・・発光ダイオード
504・・・筐体
505・・・遮光部材
506・・・充填材
703・・・金属製基板
704・・・導光板
705、707・・・反射部材
706・・・散乱シート

【書類名】 図面

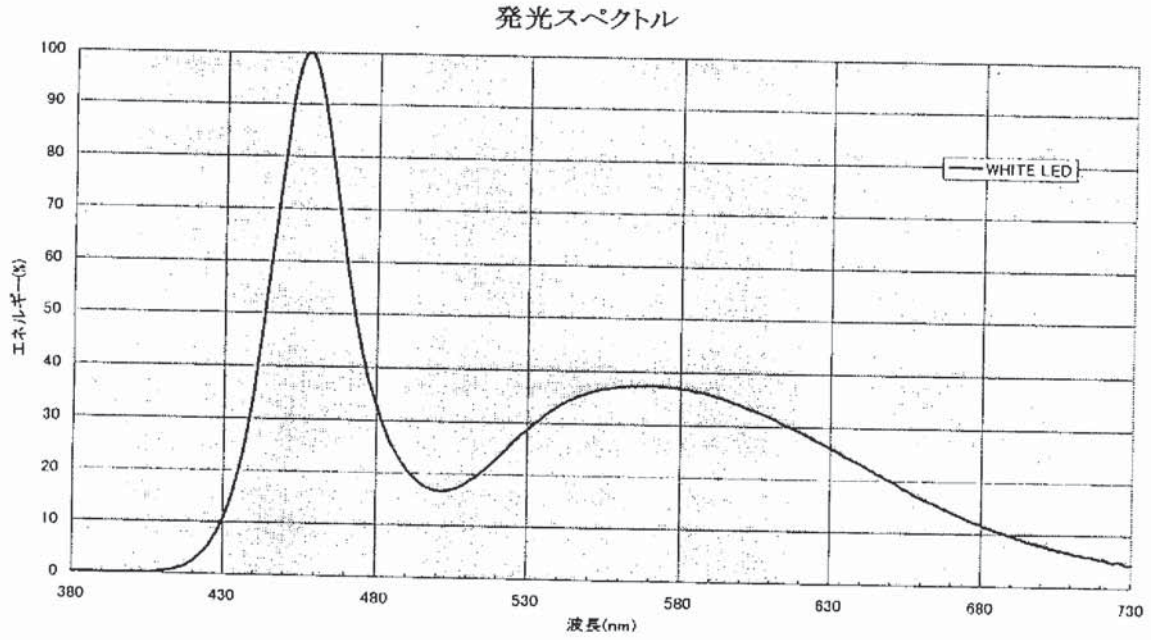
【図1】



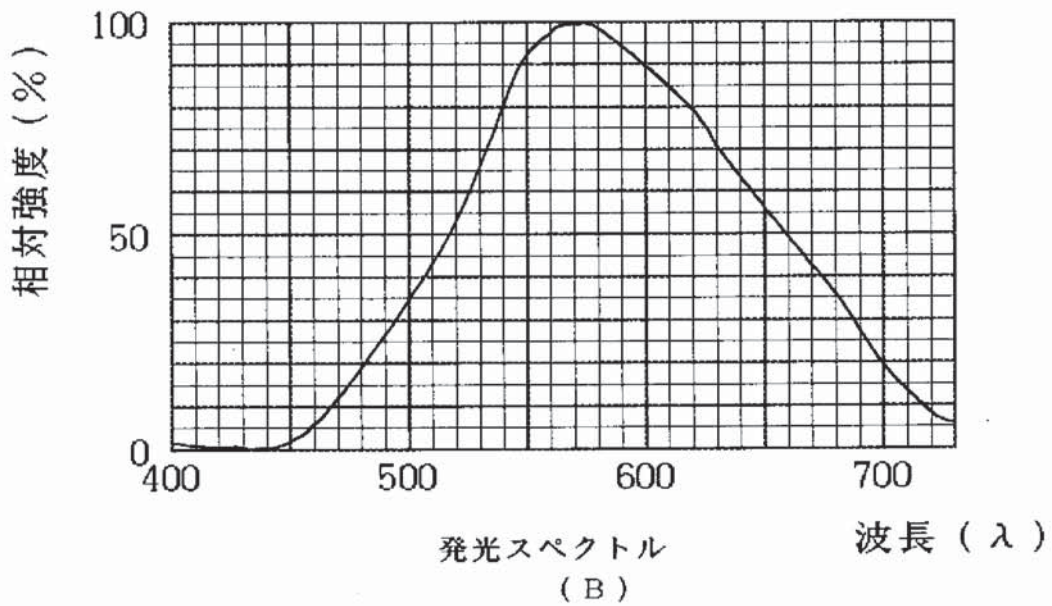
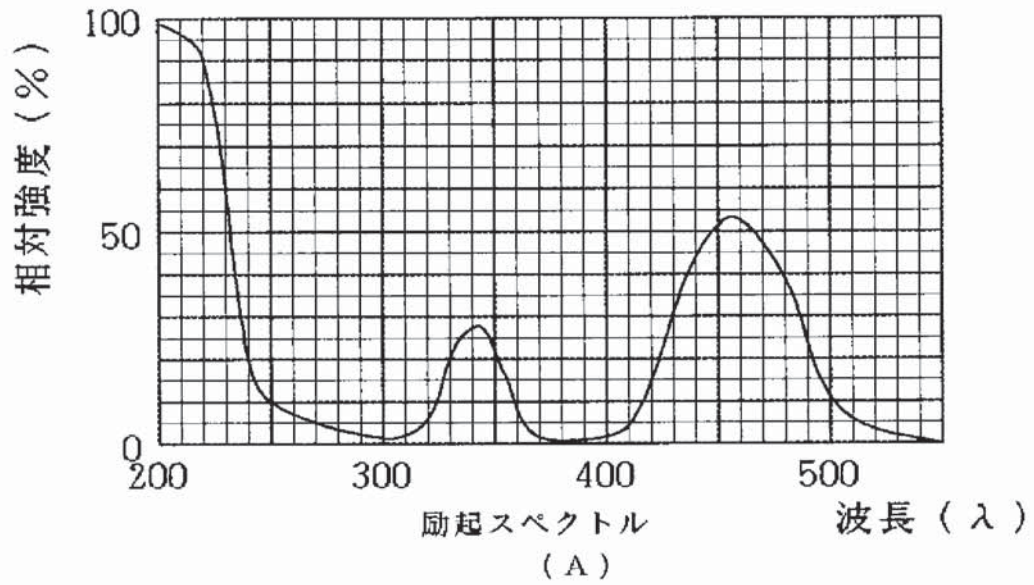
【図2】



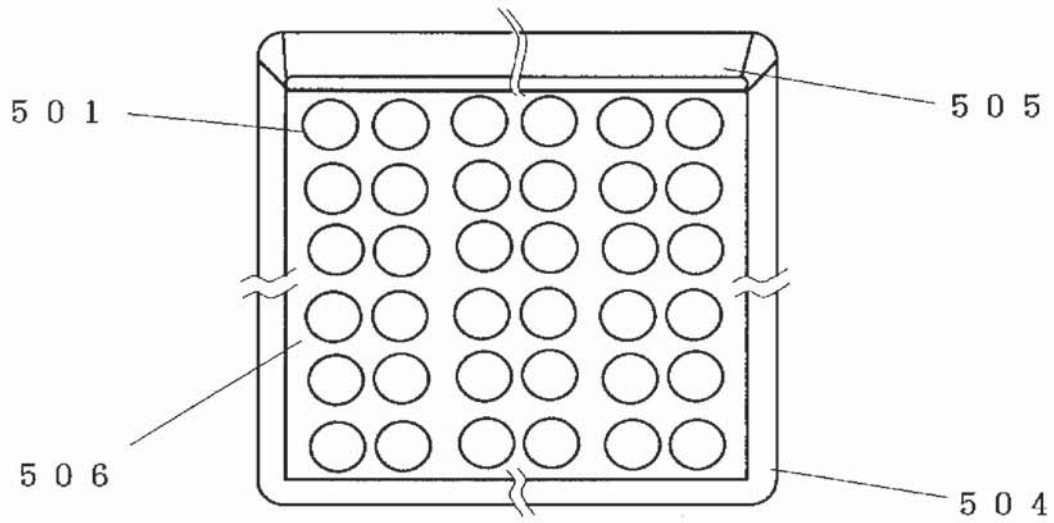
【図3】



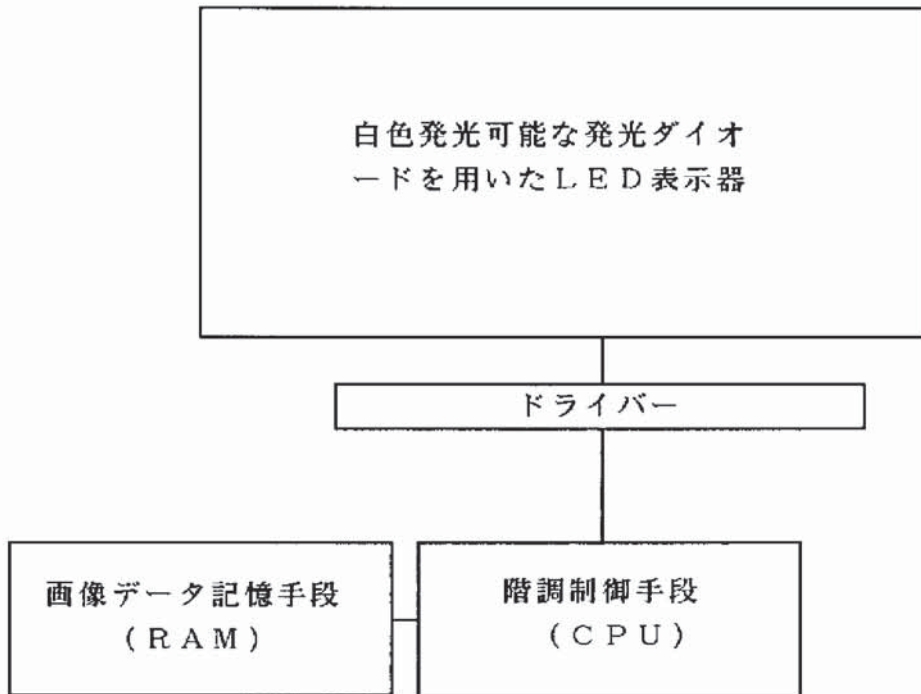
【図4】



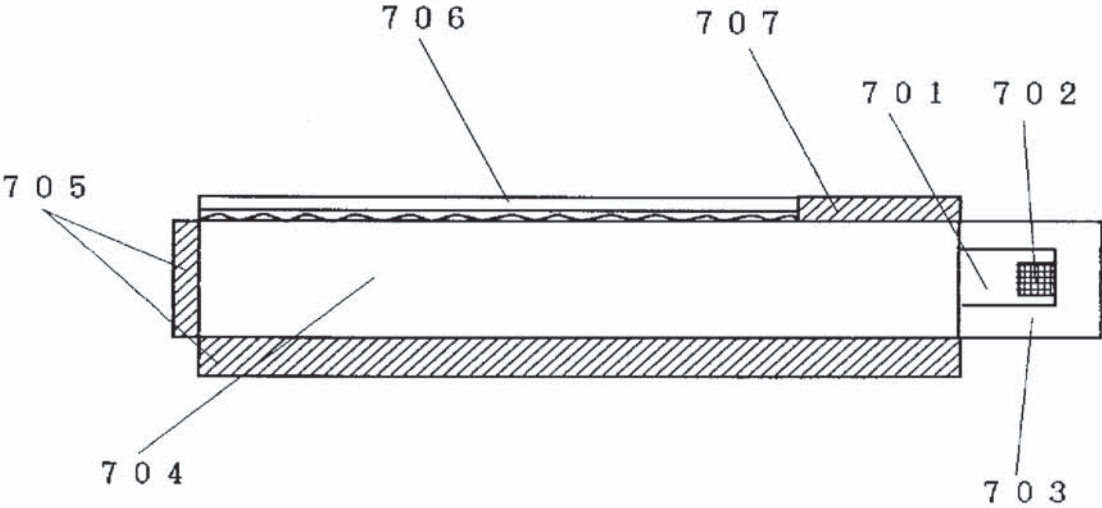
【図5】



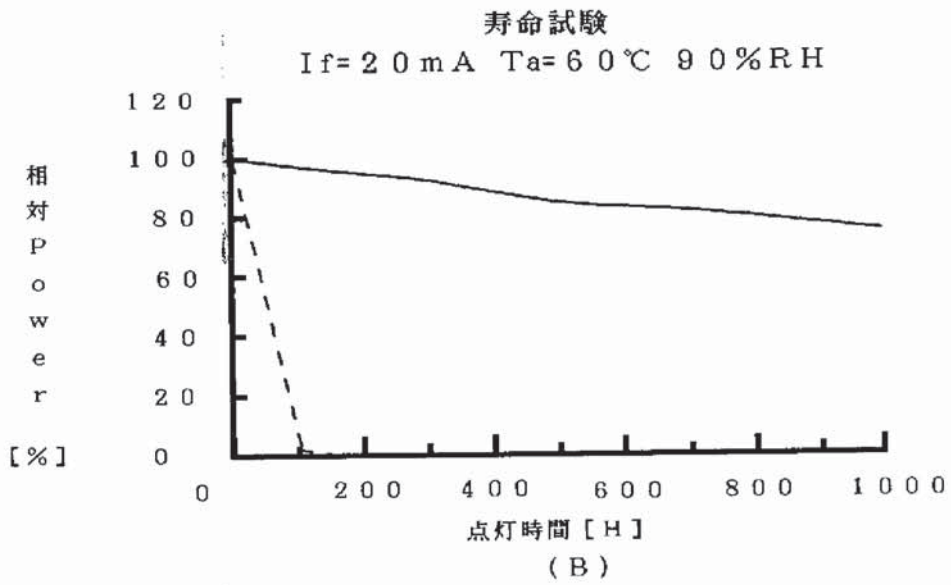
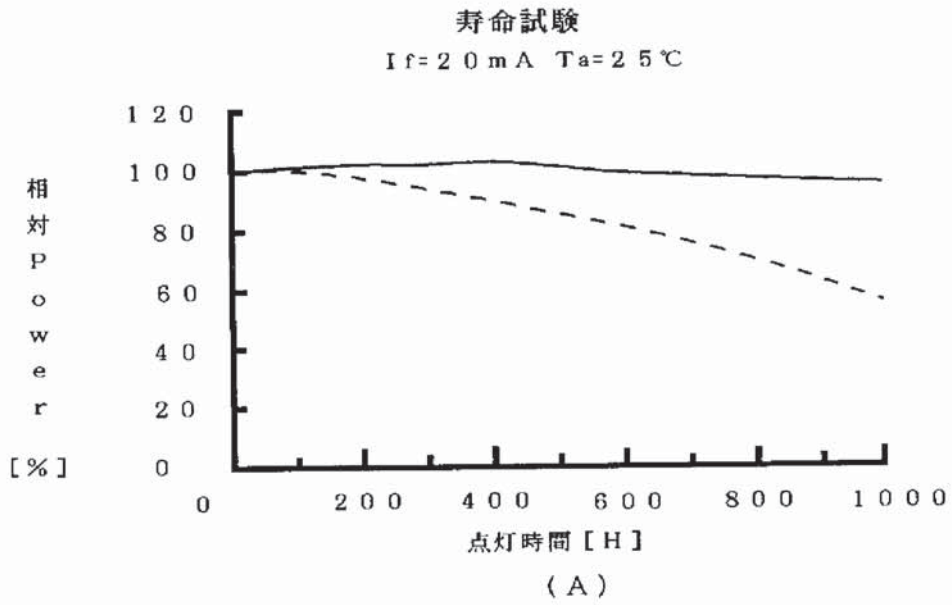
【図6】



【図7】



【図8】



【書類名】 要約書

【課題】

本願発明は、LEDチップからの発光を変換して発光させるフォトルミネセンス蛍光体を有し使用環境によらず高輝度、高効率に発光可能な発光ダイオード及びそれを用いた表示装置に関する。

【解決手段】

本願発明は、発光層が窒化ガリウム系化合物半導体であるLEDチップと、該LEDチップからの発光の少なくとも一部を吸収し波長変換して発光するフォトルミネセンス蛍光体と、を有する発光ダイオードであって、前記LEDチップの発光スペクトルの主ピークが400nmから530nm内の発光波長を有すると共に、前記フォトルミネセンス蛍光体が $RE_3(A1, Ga)_5O_{12}:Ce$ である発光ダイオード。但し、REは、Y, Ga, Smから選択される少なくとも一種である。

【選択図】 図1

【書類名】 職権訂正データ

【訂正書類】 特許願

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】 申請人

【識別番号】 000226057

【住所又は居所】 徳島県阿南市上中町岡491番地100

【氏名又は名称】 日亜化学工業株式会社

出願人履歴

000226057

19900818

新規登録

徳島県阿南市上中町岡491番地100
日亜化学工業株式会社

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 1996年12月27日

出 願 番 号
Application Number: 平成 8年特許願第359004号

パリ条約による外国への出願
に用いる優先権の主張の基礎
となる出願の国コードと出願
番号
The country code and number
of your priority application,
to be used for filing abroad
under the Paris Convention, is

J P 1 9 9 6 - 3 5 9 0 0 4

出 願 人
Applicant(s): 日亜化学工業株式会社

2009年10月 6日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

細野 哲弘



【書類名】 特許願

【整理番号】 P6270

【提出日】 平成 8年12月27日

【あて先】 特許庁長官 荒井 寿光 殿

【国際特許分類】

H01L 33/00

【発明の名称】 発光ダイオード及びそれを用いた表示装置

【請求項の数】 7

【発明者】

【住所又は居所】 徳島県阿南市上中町岡4 9 1 番地1 0 0 日亜化学工業株式会社内

【氏名】 清水 義則

【発明者】

【住所又は居所】 徳島県阿南市上中町岡4 9 1 番地1 0 0 日亜化学工業株式会社内

【氏名】 阪野 顕正

【特許出願人】

【識別番号】 000226057

【氏名又は名称】 日亜化学工業株式会社

【代表者】 小川 英治

【代理人】

【識別番号】 100074354

【弁理士】

【氏名又は名称】 豊栖 康弘

【電話番号】 0886-64-2277

【先の出願に基づく優先権の主張】

【出願番号】 平成 8年特許願第198585号

【出願日】 平成 8年 7月29日

【先の出願に基づく優先権の主張】

【出願番号】平成 8年特許願第245381号

【出願日】平成 8年 9月18日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 015141

【納付金額】 21,000

【提出物件の目録】

【物件名】明細書 1

【物件名】図面 1

【物件名】要約書 1

【包括委任状番号】 9007362

【書類名】 明細書

【発明の名称】 発光ダイオード及びそれを用いた表示装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 LEDチップと、該LEDチップからの発光の少なくとも一部を吸収し波長変換して発光するフォトルミネセンス蛍光体とを有する発光ダイオードにおいて、

前記LEDチップが窒化物系化合物半導体で、前記フォトルミネセンス蛍光体がセリウムで付活されたイットリウム・アルミニウム・ガーネット系蛍光体であることを特徴とする発光ダイオード。

【請求項2】 前記窒化物系化合物半導体であるLEDチップの発光スペクトルの主ピークが400nmから530nm内の発光波長を有する請求項1に記載される発光ダイオード。

【請求項3】 LEDチップと、該LEDチップからの発光の少なくとも一部を吸収し波長変換して発光するフォトルミネセンス蛍光体とを有する発光ダイオードにおいて、

前記LEDチップが窒化ガリウム系化合物半導体で、前記フォトルミネセンス蛍光体が $(RE_{1-x}Sm_x)_3(Al_yGa_{1-y})_5O_{12}:Ce$ 蛍光体であることを特徴とする発光ダイオード。

ただし、 $0 \leq x < 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、REは、Y、Gdから選択される少なくとも一種である。

【請求項4】 前記窒化ガリウム系化合物半導体であるLEDチップの発光スペクトルの主ピークが400nmから530nm内の発光波長を有する請求項3に記載される発光ダイオード。

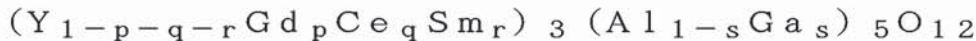
【請求項5】 マウント・リードのカップ内に配置させたLEDチップと、該LEDチップと導電性ワイヤーを用いて電氣的に接続させたインナー・リードと、前記カップ内に充填させたコーティング部材と、該コーティング部材、LEDチップ、導電性ワイヤー及びマウント・リードとインナー・リードの少なくとも一部を被覆するモールド部材と、を有する発光ダイオードであって、

前記LEDチップが窒化ガリウム系化合物半導体であり、かつ前記コーティン

グ部材が $(RE_{1-x}Sm_x)_3(AlyGa_{1-y})_5O_{12}:Ce$ 蛍光体を有する透光性樹脂であることを特徴とする発光ダイオード。

ただし、 $0 \leq x < 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、REは、Y、Gdから選択される少なくとも一種である。

【請求項6】 前記フォトルミネセンス蛍光体の組成が次の一般式で示されることを特徴とする請求項1、請求項3又は請求項5記載の発光ダイオード。



$$\begin{aligned} \text{ただし、} & \quad 0 \leq p \leq 0.8 \\ & \quad 0.003 \leq q \leq 0.2 \\ & \quad 0.0003 \leq r \leq 0.08 \\ & \quad 0 \leq s \leq 1 \end{aligned}$$

【請求項7】 請求項5記載の発光ダイオードをマトリックス状に配置したLED表示器と、該LED表示器と電気的に接続させた駆動回路と、を有するLED表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本願発明は、LEDディスプレイ、バックライト光源、信号機、照光式スイッチ及び各種インジケータなどに利用される発光ダイオードに係わり、特に発光素子であるLEDチップからの発光を変換して発光させるフォトルミネセンス蛍光体を有し使用環境によらず高輝度、高効率な発光装置である発光ダイオード及びそれを用いた表示装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

発光ダイオード（以下、LEDともいう）は、小型で効率が良く鮮やかな色の発光をする。また、半導体素子であるため球切れなどの心配がない。初期駆動特性が優れ、振動やON/OFF点灯の繰り返しの強いという特長を有する。そのため各種インジケータや種々の光源として利用されている。最近、超高輝度高効率な発光ダイオードとしてRGB（赤、緑、青色）などの発光ダイオードがそれぞれ

開発された。これに伴いRGBの三原色を利用したLEDディスプレイが省電力、長寿命、軽量などの特長を生かして飛躍的に発展を遂げつつある。

【0003】

発光ダイオードは使用される発光層の半導体材料、形成条件などによって紫外から赤外まで種々の発光波長を放出させることが可能である。また、優れた単色性ピーク波長を有する。

【0004】

しかしながら、発光ダイオードは優れた単色性ピーク波長を有するが故に白色系発光光源などとさせるためには、RGBなどが発光可能な各LEDチップをそれぞれ近接して発光させ拡散混色させる必要がある。このような発光ダイオードは、種々の色を自由に発光させる発光装置としては有効であるが、白色系などの色のみを発光させる場合においても赤色系、緑色系及び青色系の発光ダイオード、あるいは青緑色系及び黄色系の発光ダイオードをそれぞれ使用せざるを得ない。LEDチップは、半導体であり色調や輝度のバラツキもまだ相当ある。また、半導体発光素子であるLEDチップがそれぞれ異なる材料を用いて形成されている場合、各LEDチップの駆動電力などが異なり個々に電源を確保する必要がある。そのため、各半導体ごとに電流などを調節して白色系を発光させなければならない。同様に、半導体発光素子であるため個々の温度特性の差や経時変化が異なり、色調が種々変化してしまう。さらに、LEDチップからの発光を均一に混色させなければ色むらを生ずる場合がある。

【0005】

そこで、本出願人は先にLEDチップの発光色を蛍光体で色変換させた発光ダイオードとして特開平5-152609号公報、特開平7-99345号公報などに記載された発光ダイオードを開発した。これらの発光ダイオードによって、1種類のLEDチップを用いて白色系など他の発光色を発光させることができる。

【0006】

具体的には、発光層のエネルギーバンドギャップが大きいLEDチップをリードフレームの先端に設けられたカップ上などに配置する。LEDチップは、LE

Dチップが設けられたメタルステムやメタルポストとそれぞれ電氣的に接続させる。そして、LEDチップを被覆する樹脂モールド部材中などにLEDチップからの光を吸収し波長変換する蛍光体を含有させて形成させてある。

【0007】

LEDチップからの発光を波長変換した発光ダイオードとして、青色系の発光ダイオードの発光と、その発光を吸収し黄色系を発光する蛍光体からの発光との混色により白色系が発光可能な発光ダイオードなどとすることができる。これらの発光ダイオードは、白色系を発光する発光ダイオードとして利用した場合においても十分な輝度を発光する発光ダイオードとすることができる。

【0008】

【発明が解決する課題】

発光ダイオードによって励起される蛍光体は、蛍光染料、蛍光顔料さらには有機、無機化合物などから様々なものが挙げられる。また、蛍光体は、発光素子からの発光波長を波長の短いものから長い波長へと変換する、あるいは発光素子からの発光波長を波長の長いものから短い波長へと変換するものがある。

【0009】

しかしながら、波長の長いものから短い波長へと変換する場合、変換効率が極めて悪く実用に向かない。また、LEDチップ周辺に近接して配置された蛍光体は、太陽光よりも約30倍から40倍にも及ぶ強照射強度の光線にさらされる。特に、発光素子であるLEDチップを高エネルギーバンドギャップを有する半導体を用い蛍光体の変換効率向上や蛍光体の使用量を減らした場合には、LEDチップから発光した光が可視光域にあるといっても光エネルギーが必然的に高くなる。この場合、発光強度を更に高め長期にわたって使用すると、蛍光体自体が劣化しやすい。蛍光体が劣化すると色調がずれる、あるいは蛍光体が黒ずみ光の外部取り出し効率が低下する場合がある。同様にLEDチップの近傍に設けられた蛍光体は、LEDチップの昇温や外部環境からの加熱など高温にもさらされる。さらに、発光ダイオードは、一般的に樹脂モールドに被覆されてはいるものの外部環境からの水分の進入などを完全に防ぐことや製造時に付着した水分を完全に除去することはできない。蛍光体によっては、このような水分が発光素子

からの高エネルギー光や熱によって蛍光体物質の劣化を促進する場合もある。また、イオン性の有機染料に至ってはチップ近傍では直流電界により電気泳動を起こし、色調が変化する可能性がある。したがって、本願発明は上記課題を解決し、より高輝度、長時間の使用環境下においても発光光率の低下や色ずれの極めて少ない発光ダイオードを提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】

本願発明の請求項1の発光ダイオードは、LEDチップと、このLEDチップからの発光の少なくとも一部を吸収し波長変換して発光するフォトルミネセンス蛍光体とを有する。LEDチップは、窒化物系化合物半導体で、フォトルミネセンス蛍光体は、セリウムで付活されたイットリウム・アルミニウム・ガーネット系蛍光体である。

【0011】

また、本発明の請求項3の発光ダイオードは、LEDチップを窒化ガリウム系化合物半導体とし、フォトルミネセンス蛍光体を、 $(RE_{1-x}Sm_x)_3(Al_yGa_{1-y})_5O_{12}:Ce$ 蛍光体とする。ただし、 $0 \leq x < 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、REは、Y、Gdから選択される少なくとも一種である。

【0012】

さらにまた、本発明の請求項2と請求項4に記載する発光ダイオードは、窒化ガリウム系化合物半導体であるLEDチップの発光スペクトルの主ピークを、400nmから530nm内の発光波長とする。

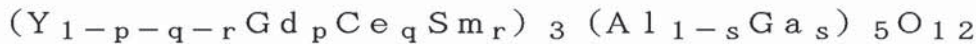
【0013】

また、本発明の請求項5の発光ダイオードは、マウント・リードのカップ内に配置させたLEDチップと、該LEDチップと導電性ワイヤーを用いて電氣的に接続させたインナー・リードと、前記カップ内に充填させたコーティング部材と、該コーティング部材、LEDチップ、導電性ワイヤー及びマウント・リードとインナー・リードの少なくとも一部を被覆するモールド部材とを有する。この発光ダイオードは、前記LEDチップを窒化ガリウム系化合物半導体とし、かつ前記コーティング部材に、 $(RE_{1-x}Sm_x)_3(Al_yGa_{1-y})_5O_{12}:Ce$ 蛍光体

を含む透光性樹脂を使用する。ただし、 $0 \leq x < 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、REは、Y、Gdから選択される少なくとも一種である。

【0014】

さらに、本発明の請求項6に記載する発光ダイオードは、前記フォトルミネセンス蛍光体を、次の組成のものとする。



ただし、 $0 \leq p \leq 0.8$

$0.003 \leq q \leq 0.2$

$0.0003 \leq r \leq 0.08$

$0 \leq s \leq 1$

【0015】

また、請求項7記載の表示装置は、前記請求項5に記載する発光ダイオードをマトリックス状に配置したLED表示器と、該LED表示器と電気的に接続させた駆動回路と、を有する。

【0016】

【発明の実施の形態】

本願発明者は、種々の実験の結果、可視光域における光エネルギーが比較的高いLEDチップからの発光光をフォトルミネセンス蛍光体によって色変換させる発光ダイオードにおいて、特定の半導体及び蛍光体を選択することにより高輝度、長時間の使用時における光効率低下や色ずれを防止できることを見出し本願発明を成すに至った。

【0017】

すなわち、発光ダイオードに用いられるフォトルミネセンス蛍光体としては、

1. 耐光性に優れていることが要求される。特に、半導体発光素子などの微小領域から強放射されるために太陽光の約30倍から40倍にもおよぶ強照射強度にも十分耐える必要がある。
2. 発光素子との混色を利用するため紫外線ではなく青色系発光で効率よく発光すること。
3. 混色を考慮して緑色系から赤色系の光が発光可能なこと。

4. 発光素子近傍に配置されるため温度特性が良好であること。
5. 色調が組成比あるいは複数の蛍光体の混合比で連続的に変えられること。
6. 発光ダイオードの利用環境に応じて耐候性があることなどの特長を有することが求められる。

【0018】

これらの条件を満たすものとして本願発明の発光ダイオードは、発光層に高エネルギーバンドギャップを有する窒化ガリウム系化合物半導体素子と、フォトルミネセンス蛍光体であるセリウムで付活されたイットリウム・アルミニウム・ガネット系蛍光体とを組み合わせる。これにより発光素子から放出された可視光域における高エネルギー光を長時間その近傍で高輝度に照射した場合であっても発光色の色ずれや発光輝度の低下が極めて少ない発光ダイオードとすることができるものである。

【0019】

具体的な発光ダイオードの一例を図1に示し、さらに、チップタイプLEDの断面図を図2に示す。チップタイプLEDの筐体204内に窒化ガリウム系半導体を用いたLEDチップ202をエポキシ樹脂などを用いて固定させてある。導電性ワイヤー203として金線をLEDチップ202の各電極と筐体に設けられた各電極205とにそれぞれ電氣的に接続させてある。 $(RE_{1-x}Sm_x)_3(AlyGa_{1-y})_5O_{12}:Ce$ 蛍光体をエポキシ樹脂中に混合分散させたものをLEDチップ、導電性ワイヤーなどを外部応力などから保護するモールド部材201として均一に硬化形成させる。このような発光ダイオードに電力を供給させることによってLEDチップ202を発光させる。LEDチップ202からの発光と、その発光によって励起されたフォトルミネセンス蛍光体からの発光光との混色により白色系などが発光可能な発光ダイオードとすることができる。以下、本願発明の構成部材について詳述する。

【0020】

(蛍光体)

本願発明の発光ダイオードに用いられるフォトルミネセンス蛍光体は、半導体発光層から発光された可視光や紫外線で励起されて発光するフォトルミネセンス

蛍光体である。具体的なフォトルミネセンス蛍光体として、セリウムで付活されたイットリウム・アルミニウム・ガーネット系蛍光体である。更に詳しくは、 $(RE_{1-x}Sm_x)_3(AlyGa_{1-y})_5O_{12}:Ce$ (但し、 $0 \leq x < 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、REは、Y、Gdから選択される少なくとも一種) である。窒化ガリウム系化合物半導体を用いたLEDチップから発光した光と、ボディカラーが黄色であるフォトルミネセンス蛍光体から発光する光が補色関係などにある場合、LEDチップからの発光と、フォトルミネセンス蛍光体からの発光とを混色表示させると、白色系の発光色表示を行うことができる。そのため発光ダイオード外部には、LEDチップからの発光とフォトルミネセンス蛍光体からの発光とがモールド部材を透過する必要がある。したがって、フォトルミネセンス蛍光体のバルク層内などにLEDチップを閉じこめ、フォトルミネセンス蛍光体層にLEDチップからの光が透過する開口部を1ないし2以上有する構成の発光ダイオードとしても良い。また、フォトルミネセンス蛍光体の粉体を樹脂や硝子中に含有させLEDチップからの光が透過する程度に薄く形成させても良い。フォトルミネセンス蛍光体と樹脂などとの比率や塗布、充填量を種々調整すること及び発光素子の発光波長を選択することにより白色を含め電球色など任意の色調を提供させることができる。

【0021】

さらに、フォトルミネセンス蛍光体の含有分布は、混色性や耐久性にも影響する。すなわち、フォトルミネセンス蛍光体が含有されたコーティング部やモールド部材の表面側からLEDチップに向かってフォトルミネセンス蛍光体の分布濃度が高い場合は、外部環境からの水分などの影響をより受けにくく水分による劣化を抑制しやすい。他方、フォトルミネセンス蛍光体の含有分布をLEDチップからモールド部材表面側に向かって分布濃度が高くなると外部環境からの水分の影響を受けやすいがLEDチップからの発熱、照射強度などの影響がより少なくフォトルミネセンス蛍光体の劣化を抑制することができる。このような、フォトルミネセンス蛍光体の分布は、フォトルミネセンス蛍光体を含有する部材、形成温度、粘度やフォトルミネセンス蛍光体の形状、粒度分布などを調整させることによって種々形成させることができる。したがって、使用条件などにより蛍光体

の分布濃度を、種々選択することができる。

【0022】

本願発明のフォトルミネセンス蛍光体は、特にLEDチップと接する、あるいは近接して配置され放射照度として $(E_e) = 3W \cdot cm^{-2}$ 以上 $10W \cdot cm^{-2}$ 以下においても高効率に十分な耐光性を有し、優れた発光特性の発光ダイオードとすることができる。

【0023】

本願発明に用いられるフォトルミネセンス蛍光体は、ガーネット構造のため、熱、光及び水分に強く、図4に示すように、励起スペクトルのピークを450nm付近にさせることができる。また、発光ピークも図4に示すように、530nm付近にあり700nmまで裾を引くブロードな発光スペクトルを持つ。しかも、組成のAlの一部をGaで置換することで発光波長が短波長にシフトし、また組成のYの一部をGdで置換することで、発光波長が長波長へシフトする。このように組成を変化することで発光色を連続的に調節することが可能である。また、254nmや365nmなどのHg輝線ではほとんど励起されず450nm付近などの青色系LEDチップからの光による励起効率が高い。したがって、長波長側の強度がGdの組成比で連続的に変えられるなど窒化物半導体の青色系発光を白色系発光に変換するための理想条件を備えている。

【0024】

また、窒化ガリウム系半導体を用いたLEDチップと、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(YAG)に希土類元素のサマリウム(Sm)を含有させたフォトルミネセンス蛍光体と、を有する発光ダイオードとすることによりさらに光効率を向上させることができる。

【0025】

このようなフォトルミネセンス蛍光体は、Y、Gd、Ce、Sm、Al及びGa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、Smの希土類元素を化学量論比で酸に溶解した溶解液を稀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、酸化ガリ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°Cの温度範囲で2～5時間焼成して焼成品を得、次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。

【0026】

($Y_{1-p-q-r}Gd_pCe_qSm_r$)₃Al₅O₁₂フォトルミネセンス蛍光体は、結晶中にGdを含有することにより、特に460nm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。ガドリニウムの含有量の増加により、発光ピーク波長が、530nmから570nmまで長波長に移動し、全体の発光波長も長波長側にシフトする。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徐々に低下する。したがって、pは0.8以下であることが好ましく、0.7以下であることがより好ましい。さらに好ましくは0.6以下である。

【0027】

Smを含有する($Y_{1-p-q-r}Gd_pCe_qSm_r$)₃Al₅O₁₂蛍光体は、Gdの含有量の増加に関わらず温度特性の低下が少ない。このようにSmを含有させることにより、高温におけるフォトルミネセンス蛍光体の発光輝度は大幅に改善される。その改善される程度はGdの含有量が高くなるほど大きくなる。すなわち、Gdを増加してフォトルミネセンス蛍光体の発光色調に赤みを付与した組成ほどSmの含有による温度特性改善に効果的であることが分かった。(なお、ここでの温度特性とは、450nmの青色光による常温(25°C)における励起発光輝度に対する、同蛍光体の高温(200°C)における発光輝度の相対値(%)で表している。)

【0028】

Smの含有量は $0.0003 \leq r \leq 0.08$ の範囲で温度特性が60%以上となり好ましい。この範囲よりrが小さいと、温度特性改良の効果が小さくなる。また、この範囲よりrが大きくなると温度特性は逆に低下してくる。 $0.0007 \leq r \leq 0.02$ の範囲では温度特性は80%以上となり最も好ましい。

【0029】

Ceは $0.003 \leq q \leq 0.2$ の範囲で相対発光輝度が70%以上となる。qが0.003以下では、Ceによるフォトルミネセンスの励起発光中心の数が減少することで輝度低下し、逆に、0.2より大きくなると濃度消光が生ずる。

【0030】

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 $(RE_{1-x}Sm_x)_3(Al_yGa_{1-y})_5O_{12}:Ce$ フォトルミネセンス蛍光体を混合させてもよい。すなわち、Al、Ga、Y及びGdやSmの含有量が異なる2種類以上の $(RE_{1-x}Sm_x)_3(Al_yGa_{1-y})_5O_{12}:Ce$ フォトルミネセンス蛍光体を混合させてRGBの波長成分を増やすことができる。これに、カラーフィルターを用いることによりフルカラー液晶表示装置用としても利用できる。

【0031】

(LEDチップ102、202、702)

LEDチップは、図1に示すように、モールド部材104に埋設されることが好ましい。本願発明の発光ダイオードに用いられるLEDチップとは、セリウムで付活されたイットリウム・アルミニウム・ガーネット系蛍光体を効率良く励起できる窒化物系化合物半導体である。発光素子であるLEDチップは、MOCVD法等により基板上にInGaN等の半導体を発光層として形成させる。半導体の構造としては、MIS接合、PIN接合やPN接合などを有するホモ構造、ヘテロ構造あるいはダブルヘテロ構成のものが挙げられる。半導体層の材料やその混晶度によって発光波長を種々選択することができる。また、半導体活性層を量子効果が生ずる薄膜に形成させた単一量子井戸構造や多重量子井戸構造とすることもできる。特に、本願発明においては、LEDチップの活性層をInGaNの単一量子井戸構造とすることにより、フォトルミネセンス蛍光体の劣化がなく、より高輝度に発光する発光ダイオードとして利用することができる。

【0032】

窒化ガリウム系化合物半導体を使用した場合、半導体基板にはサファイヤ、スピネル、SiC、Si、ZnO等の材料が用いられる。結晶性の良い窒化ガリウムを形成させるためにはサファイヤ基板を用いることが好ましい。このサファイ

ヤ基板上にGa₂N、AlN等のバッファ層を形成しその上にPN接合を有する窒化ガリウム半導体を形成させる。窒化ガリウム系半導体は、不純物をドーブしない状態でN型導電性を示す。発光効率を向上させるなど所望のN型窒化ガリウム半導体を形成させる場合は、N型ドーパントとしてSi、Ge、Se、Te、C等を適宜導入することが好ましい。一方、P型窒化ガリウム半導体を形成させる場合は、P型ドーパントであるZn、Mg、Be、Ca、Sr、Ba等をドーブさせる。窒化ガリウム系化合物半導体は、P型ドーパントをドーブしただけではP型化しにくいいためP型ドーパント導入後に、炉による加熱、低速電子線照射やプラズマ照射等によりP型化させることが好ましい。エッチングなどによりP型半導体及びN型半導体の露出面を形成させた後、半導体層上にスパッタリング法や真空蒸着法などを用いて所望の形状の各電極を形成させる。

【0033】

次に、形成された半導体ウエハー等をダイヤモンド製の刃先を有するブレードが回転するダイシングソーにより直接フルカットするか、又は刃先幅よりも広い幅の溝を切り込んだ後（ハーフカット）、外力によって半導体ウエハーを割る。あるいは、先端のダイヤモンド針が往復直線運動するスクライバーにより半導体ウエハーに極めて細いスクライブライン（経線）を例えば碁盤目状に引いた後、外力によってウエハーを割り半導体ウエハーからチップ状にカットする。このようにして窒化ガリウム系化合物半導体であるLEDチップを形成させることができる。

【0034】

本願発明の発光ダイオードにおいて白色系を発光させる場合は、フォトルミネセンス蛍光体との補色関係や樹脂劣化等を考慮して発光素子の発光波長は400nm以上530nm以下が好ましく、420nm以上490nm以下がより好ましい。LEDチップとフォトルミネセンス蛍光体との効率をそれぞれより向上させるためには、450nm以上475nm以下がさらに好ましい。本願発明の白色系発光ダイオードの発光スペクトルを図3に示す。450nm付近にピークを持つ発光がLEDチップからの発光であり、570nm付近にピークを持つ発光がLEDチップによって励起されたフォトルミネセンスの発光である。なお、本

願発明のLEDチップに加えて、蛍光体を励起しないLEDチップと一緒に用いることもできる。

【0035】

(導電性ワイヤー103、203)

導電性ワイヤー103、203としては、LEDチップ102、202の電極とのオーミック性、機械的接続性、電気伝導性及び熱伝導性がよいものが求められる。熱伝導度としては $0.01 \text{ cal/cm}^2/\text{cm}/^\circ\text{C}$ 以上が好ましく、より好ましくは $0.5 \text{ cal/cm}^2/\text{cm}/^\circ\text{C}$ 以上である。また、作業性などを考慮して導電性ワイヤーの直径は、好ましくは、 $\Phi 10 \mu\text{m}$ 以上、 $\Phi 45 \mu\text{m}$ 以下である。このような導電性ワイヤーとして具体的には、金、銅、白金、アルミニウム等の金属及びそれらの合金を用いた導電性ワイヤーが挙げられる。このような導電性ワイヤーは、各LEDチップの電極と、インナー・リード及びマウント・リードなどと、をワイヤーボンディング機器によって容易に接続させることができる。

【0036】

(マウント・リード105)

マウント・リード105としては、LEDチップ102を配置させるものであり、ダイボンド機器などで積載するのに十分な大きさがあれば良い。また、LEDチップを複数設置しマウント・リードをLEDチップの共通電極として利用する場合においては、十分な電気伝導性とボンディングワイヤー等との接続性が求められる。また、マウント・リード上のカップ内にLEDチップを配置すると共に蛍光体を内部に充填させる場合は、近接して配置させた別の発光ダイオードからの光により疑似点灯することを防止することができる。

【0037】

LEDチップ102とマウント・リード105のカップとの接着は熱硬化性樹脂などによって行うことができる。具体的には、エポキシ樹脂、アクリル樹脂やイミド樹脂などが挙げられる。また、フェースダウンLEDチップなどによりマウント・リードと接着させると共に電氣的に接続させるためにはAgペースト、カーボンペースト、金属バンプ等を用いることができる。さらに、発光ダイオー

ドの光利用効率を向上させるためにLEDチップが配置されるマウント・リードの表面を鏡面状とし、表面に反射機能を持たせても良い。この場合の表面粗さは、0.1S以上0.8S以下が好ましい。また、マウント・リードの具体的な電気抵抗としては $300\mu\Omega\text{-cm}$ 以下が好ましく、より好ましくは、 $3\mu\Omega\text{-cm}$ 以下である。また、マウント・リード上に複数のLEDチップを積置する場合は、LEDチップからの発熱量が多くなるため熱伝導度がよいことが求められる。具体的には、 $0.01\text{cal/cm}^2\text{/cm/}^\circ\text{C}$ 以上が好ましくより好ましくは $0.5\text{cal/cm}^2\text{/cm/}^\circ\text{C}$ 以上である。これらの条件を満たす材料としては、鉄、銅、鉄入り銅、錫入り銅、メタライズパターン付きセラミック等が挙げられる。

【0038】

(インナー・リード106)

インナー・リード106としては、マウント・リード105上に配置されたLEDチップ102と接続された導電性ワイヤー103との接続を凶るものである。マウント・リード上に複数のLEDチップを設けた場合は、各導電性ワイヤー同士が接触しないよう配置できる構成とする必要がある。具体的には、マウント・リードから離れるに従って、インナー・リードのワイヤーボンディングさせる端面の面積を大きくすることなどによってマウント・リードからより離れたインナー・リードと接続させる導電性ワイヤーの接触を防ぐことができる。導電性ワイヤーとの接続端面の粗さは、密着性を考慮して1.6S以上10S以下が好ましい。インナー・リードの先端部を種々の形状に形成させるためには、あらかじめリードフレームの形状を型枠で決めて打ち抜き形成させてもよく、あるいは全てのインナー・リードを形成させた後にインナー・リード上部の一部を削ることによって形成させても良い。さらには、インナー・リードを打ち抜き形成後、端面方向から加圧することにより所望の端面の面積と端面高さを同時に形成させることもできる。

【0039】

インナー・リードは、導電性ワイヤーであるボンディングワイヤー等との接続性及び電気伝導性が良いことが求められる。具体的な電気抵抗としては、300

$\mu\Omega\text{-cm}$ 以下が好ましく、より好ましくは $3\mu\Omega\text{-cm}$ 以下である。これらの条件を満たす材料としては、鉄、銅、鉄入り銅、錫入り銅及び銅、金、銀をメッキしたアルミニウム、鉄、銅等が挙げられる。

【0040】

(コーティング部101)

本願発明に用いられるコーティング部101とは、モールド部材104とは別にマウント・リードのカップに設けられるものでありLEDチップの発光を変換するフォトルミネセンス蛍光体が含有されるものである。コーティング部の具体的材料としては、エポキシ樹脂、ユリア樹脂、シリコーンなどの耐候性に優れた透明樹脂や硝子などが好適に用いられる。また、フォトルミネセンス蛍光体と共に拡散剤を含有させても良い。具体的な拡散剤としては、チタン酸バリウム、酸化チタン、酸化アルミニウム、酸化珪素等が好適に用いられる。

【0041】

(モールド部材104)

モールド部材104は、発光ダイオードの使用用途に応じてLEDチップ102、導電性ワイヤー103、フォトルミネセンス蛍光体が含有されたコーティング部101などを外部から保護するために設けることができる。モールド部材は、一般には樹脂を用いて形成させることができる。また、フォトルミネセンス蛍光体を含有させることによって視野角を増やすことができるが、樹脂モールドに拡散剤を含有させることによってLEDチップ102からの指向性を緩和させ視野角をさらに増やすことができる。更にまた、モールド部材104を所望の形状にすることによってLEDチップからの発光を集束させたり拡散させたりするレンズ効果を持たせることができる。従って、モールド部材104は複数積層した構造でもよい。具体的には、凸レンズ形状、凹レンズ形状さらには、発光観測面から見て楕円形状やそれらを複数組み合わせさせた物である。モールド部材104の具体的材料としては、主としてエポキシ樹脂、ユリア樹脂、シリコーン樹脂などの耐候性に優れた透明樹脂や硝子などが好適に用いられる。また、拡散剤としては、チタン酸バリウム、酸化チタン、酸化アルミニウム、酸化珪素等が好適に用いられる。さらに、拡散剤に加えてモールド部材中にもフォトルミネセンス蛍光

体を含有させることもできる。したがって、フォトルミネセンス蛍光体はモールド部材中に含有させてもそれ以外のコーティング部などに含有させて用いてもよい。また、コーティング部をフォトルミネセンス蛍光体が含有された樹脂、モールド部材を硝子などとした異なる部材を用いて形成させても良い。この場合、生産性良くより水分などの影響が少ない発光ダイオードとすることができる。また、屈折率を考慮してモールド部材とコーティング部とを同じ部材を用いて形成させても良い。本願発明においてモールド部材に拡散剤や着色剤を含有させることは、発光観測面側から見た蛍光体の着色を隠すことができると共により混色性を向上させることもできる。

【0042】

(表示装置)

本願発明の発光ダイオードをLED表示器に利用した場合、RGBをそれぞれ発光する発光ダイオードの組み合わせだけによるLED表示器よりも、より高精細に白色系表示させることができる。従来の装置が、3個の発光ダイオードで白色表示するのに対して、本発明の装置は1個の発光ダイオードで白色表示できるからである。すなわち、従来の表示装置は、発光ダイオードを組み合わせで白色系などを混色表示させるためには、RGBの各発光ダイオードをそれぞれ同時に発光せざるを得ない。そのため赤色系、緑色系、青色系のそれぞれ単色表示した場合に比べて、一画素あたりの表示領域が大きくなる。したがって、白色系の表示の場合においては、RGB単色のモノクローム表示に比較して、高精細に表示させることができない。また、白色系の表示は各発光ダイオードの発光出力を調節して表示させるため、各半導体の温度特性などを考慮し種々調整しなければならない。さらに、混色による表示であるが故にLED表示器の視認する方向や角度によって、RGBの発光ダイオードが部分的に遮光され表示色が変わる場合もある。

本願発明の発光ダイオードをRGBの発光ダイオードに代えて使用する表示装置は、より高精細化が可能となると共に、安定して白色系に発光でき、さらに、色むらを少なくできる特長がある。また、本発明の発光ダイオードは、RGBの各発光ダイオードとともに使用することもできる。この表示装置は、輝度を向上

させることができる。

【0043】

また、本願発明の発光ダイオードを用いたLED表示器を図5に示す。この図のLED表示器は、本願発明の白色系発光ダイオードのみを用いて、白黒用のLED表示装置に使用される。白黒用のLED表示器は、本願発明の発光ダイオード501のみをマトリックス状などに配置している。この図のLED表示器を備える表示装置は、RGBの発光ダイオードを備えない。このため、RGB発光ダイオード用の複数の駆動回路を必要としない。複数の駆動回路に代わって、白色系発光ダイオード用の駆動回路で、LED表示器を駆動できる。

【0044】

LED表示器は、駆動回路である点灯回路などと電気的に接続させる。駆動回路からの出力パルスによって種々の画像が表示可能なディスプレイ等とすることができる。駆動回路を図6に示す。駆動回路は、入力される表示データを一時的に記憶させる画像データ記憶手段であるRAM(Random Access Memory)603と、RAM603に記憶されるデータから、LED表示器1のそれぞれの発光ダイオードを所定の明るさに点灯させるための階調信号を演算する階調制御回路604と、階調制御回路604の出力信号でスイッチングされて、発光ダイオードを点灯させるドライバー602とを備える。階調制御回路604は、RAM603に記憶されるデータからLED表示器1の発光ダイオード点灯時間を演算して点滅させるパルス信号を出力する。

【0045】

したがって、白黒用のLED表示器は、RGBのフルカラー表示器と異なり、回路構成を簡略化できると共に高精細化できる。そのため、安価にRGBの発光ダイオードの特性に伴う色むらなどのないディスプレイとすることができるものである。また、従来の赤色、緑色のみを用いたLED表示器に比べ人間の目に対する刺激が少なく長時間の使用に適している。

【0046】

本願発明の発光ダイオードは、RGBに発光する発光ダイオードに加えて使用することもできる。このLED表示器は、駆動回路である点灯回路などと電気的

に接続させる。駆動回路からの出力パルスによって種々の画像が表示可能なディスプレイ等とすることができる。駆動回路は、モノクロームの表示装置と同じように、入力される表示データを一時的に記憶させる、画像データ記憶手段であるRAM (Random Access Memory) と、RAMに記憶されるデータから各発光ダイオードを所定の明るさに点灯させるための階調信号を演算する階調制御回路と、階調制御回路の出力信号でスイッチングされて、各発光ダイオードを点灯させるドライバーとを備える。ただし、この駆動回路は、RGBと白色系に発光する発光ダイオードに専用の回路を必要とする。階調制御回路は、RAMに記憶されるデータから、それぞれの発光ダイオードの点灯時間を演算して、点滅させるパルス信号を出力する。ここで、白色系の表示を行う場合は、RGB各発光ダイオードを点灯するパルス信号のパルス幅を短く、あるいは、パルス信号のピーク値を低く、あるいは全くパルス信号を出力しない。他方、それを補償するように白色系発光ダイオードにパルス信号を出力する。これにより、LED表示器の白色を表示する。

【0047】

したがって、白色系発光ダイオードを所望の輝度で点灯させるためのパルス信号を演算する階調制御回路としてCPUを別途備えることが好ましい。階調制御回路から出力されるパルス信号は、白色系発光ダイオードのドライバーに入力されてドライバをスイッチングさせる。ドライバーがオンになると白色系発光ダイオードが点灯され、オフになると消灯される。

【0048】

(信号機)

本願発明の発光ダイオードを表示装置の1種である信号機として利用した場合、長時間安定して発光させることが可能であると共に発光ダイオードの一部が消灯しても色むらなどが生じないという特長がある。本願発明の発光ダイオードを用いた信号機の概略構成として、導電性パターンが形成された基板上に白色系発光ダイオードを配置させる。このような発光ダイオードを直列又は直並列に接続された発光ダイオードの回路を発光ダイオード群として扱う。発光ダイオード群を2つ以上用いそれぞれ渦巻き状に発光ダイオードを配置させる。全ての発光ダ

イオードが配置されると円状に全面に配置される。各発光ダイオード及び基板から外部電力と接続させる電源コードをそれぞれ、ハンダにより接続させた後、鉄道用信号用の筐体内に固定させる。LED表示器は、遮光部材が付いたアルミダイキャストの筐体内に配置され表面にシリコンゴムの充填材で封止されている。筐体の表示面は、白色レンズを設けてある。また、LED表示器の電氣的配線は、筐体の裏面からゴムパッキンを通し筐体内を密閉する。これにより白色系信号機を形成することができる。本願発明の発光ダイオードを、複数の群に分け中心部から外側に向け輪を描く渦巻き状などに配置し、並列接続させることでより信頼性が高い信号機とさせることができる。中心部から外側に向け輪を描くとは連続的に輪を描くものも断続的に配置するものをも含む。したがって、LED表示器の表示面積などにより配置される発光ダイオードの数や発光ダイオード群の数を種々選択することができる。この信号機により、一方の発光ダイオード群や一部の発光ダイオードが何らかのトラブルにより消灯したとしても他方の発光ダイオード群や残った発光ダイオードにより信号機を円形状に均一に発光させることが可能となるものである。また、色ずれが生ずることもない。渦巻き状に配置してあることから中心部を密に配置することができ電球発光の信号と何ら違和感なく駆動させることができる。

【0049】

(面状発光光源)

本願発明の発光ダイオードは、図7に示すように、面状発光光源とすることもできる。図に示す面状発光光源の発光ダイオードは、フォトルミネセンス蛍光体をコーティング部や導光板上の散乱シート706に含有させる。あるいはバインダー樹脂と共に散乱シート706に塗布などさせシート状701に形成しモールド部材を省略しても良い。具体的には、絶縁層及び導電性パターンが形成されたコの字形の金属基板703内にLEDチップ702を固定する。LEDチップと導電性パターンとの電氣的導通を取った後、フォトルミネセンス蛍光体をエポキシ樹脂と混合攪拌しLEDチップ702が積載された金属基板703上に充填させる。こうして固定されたLEDチップは、アクリル性導光板704の端面にエポキシ樹脂などで固定される。導光板704の一方の主面上には、蛍現象防止

のため白色散乱剤が含有されたフィルム状の反射部材707を配置させてある。同様に、導光板の裏面側全面やLEDチップが配置されていない端面上にも反射部材705を設け発光効率を向上させてある。これにより、LCDのバックライトとして十分な明るさを得られる面状発光光源の発光ダイオードとすることができる。液晶表示装置として利用する場合は、導光板704の主面上に不示図の透光性導電性パターンが形成された硝子基板間に注入された液晶装置を介して配された偏光板により構成させることができる。以下、本願発明の実施例について説明するが、本願発明は具体的実施例のみに限定されるものではないことは言うまでもない。

【0050】

【実施例】

（実施例1）

発光素子として発光ピークが450nmのGaInN半導体を用いた。LEDチップは、洗浄させたサファイヤ基板上にTMG（トリメチルガリウム）ガス、TMI（トリメチルインジウム）ガス、窒素ガス及びドーパントガスをキャリアガスと共に流し、MOCVD法で窒化ガリウム系化合物半導体を成膜させることにより形成させた。ドーパントガスとしてSiH₄とCp₂Mgと、を切り替えることによってN型導電性を有する窒化ガリウム半導体とP型導電性を有する窒化ガリウム半導体を形成しPN接合を形成させた。（なお、P型半導体は、成膜後400℃以上でアニールさせてある。）

【0051】

エッチングによりPN各半導体表面を露出させた後、スパッタリングにより各電極をそれぞれ形成させた。こうして出来上がった半導体ウエハーをスクライブラインを引いた後、外力により分割させ発光素子としてLEDチップを形成させた。

【0052】

銀メッキした銅製リードフレームの先端にカップを有するマウント・リードにLEDチップをエポキシ樹脂でダイボンディングした。LEDチップの各電極とマウント・リード及びインナー・リードと、をそれぞれ金線でワイヤーボンディ

ングし電氣的導通を取った。

【0053】

一方、フォトルミネセンス蛍光体は、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礫酸で共沈させた。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を混合して坩堝に詰め、空气中1400°Cの温度で3時間焼成して焼成品を得た。焼成品を水中でボールミルして、洗浄、分離、乾燥、最後に篩を通して形成させた。

【0054】

形成された $(Y_{0.8}Gd_{0.2})_3Al_5O_{12}:Ce$ 蛍光体80重量部、エポキシ樹脂100重量部をよく混合してスラリーとさせた。このスラリーをLEDチップが配置されたマウント・リード上のカップ内に注入させた。注入後、フォトルミネセンス蛍光体が含有された樹脂を130°C1時間で硬化させた。こうしてLEDチップ上に厚さ120 μ のフォトルミネセンス蛍光体が含有されたコーティング部が形成された。なお、コーティング部には、LEDチップに向かってフォトルミネセンス蛍光体が徐々に多くしてある。その後、さらにLEDチップやフォトルミネセンス蛍光体を外部応力、水分及び塵芥などから保護する目的でモールド部材として透光性エポキシ樹脂を形成させた。モールド部材は、砲弾型の型枠の中にフォトルミネセンス蛍光体のコーティング部が形成されたリードフレームを挿入し透光性エポキシ樹脂を混入後、150°C5時間にて硬化させた。こうして形成された発光ダイオードは、発光観測正面から視認するとフォトルミネセンス蛍光体のボディカラーにより中央部が黄色っぽく着色していた。

【0055】

こうして得られた白色系が発光可能な発光ダイオードの色度点、色温度、演色性指数を測定した。それぞれ、色度点($x=0.302$ 、 $y=0.280$)、色温度8080K、Ra(演色性指数)=87.5と三波長型蛍光灯に近い性能を示した。また、発光効率は9.51m/wと白色電球並であった。さらに寿命試験として温度25°C60mA通電、温度25°C20mA通電、温度60°C90%RH下で20mA通電の各試験においても蛍光体に起因する変化は観測されず通

常の青色発光ダイオードと寿命特性に差がないことが確認できた。

【0056】

(比較例1)

フォトルミネセンス蛍光体を $(Y_{0.8}Gd_{0.2})_3Al_5O_{12}:Ce$ から $(ZnCd)S:Cu, Al$ とした以外は、実施例1と同様にして発光ダイオードの形成及び寿命試験を行った。形成された発光ダイオードは通電直後、実施例1と同様白色系の発光が確認されたが輝度が低かった。また、寿命試験においては、約100時間で出力がゼロになった。劣化原因を解析した結果、蛍光体が黒化していた。

【0057】

これは、発光素子の発光光と蛍光体に付着していた水分あるいは外部環境から進入した水分により光分解し蛍光体結晶表面にコロイド状亜鉛金属を析出し外観が黒色に変色したものと考えられる。温度25℃20mA通電、温度60℃90%RH下で20mA通電の寿命試験結果を実施例1と共に図8に示す。輝度は初期値を基準にしそれぞれの相対値を示す。また、実線が実施例1であり波線が比較例1を示す。

【0058】

(実施例2)

LEDチップの窒化物系化合物半導体を実施例1よりもInの含有量を増やし発光ピークを460nmとした。同様にフォトルミネセンス蛍光体として実施例1よりもGdの含有量を増やし $(Y_{0.6}Gd_{0.4})_3Al_5O_{12}:Ce$ とした以外は実施例1と同様にして発光ダイオードを100個形成し寿命試験を行った。

【0059】

こうして得られた白色系が発光可能な発光ダイオードの色度点、色温度、演色性指数を測定した。それぞれ、色度点 ($x=0.375$ 、 $y=0.370$)、色温度4400K、Ra (演色性指数) = 86.0であった。さらに寿命試験においては、形成させた発光ダイオード100個平均で行った。寿命試験前の光度を100%とし1000時間経過後における平均光度を調べた。寿命試験後も98.8%であり特性に差がないことが確認できた。

【0060】

(実施例3)

フォトルミネセンス蛍光体をY、Gd、Ceの希土類元素に加えSmを含有させ $(Y_{0.39}Gd_{0.57}Ce_{0.03}Sm_{0.01})_3Al_5O_{12}$ 蛍光体とした以外は、実施例1と同様にして発光ダイオードを100個形成した。この発光ダイオードを130℃の高温下において点灯させても実施例1の発光ダイオードと比較して平均温度特性が8%ほど良好であった。

【0061】

(実施例4)

本願発明の発光ダイオードを図5のごとくLED表示器の1つであるディスプレイに利用した。実施例1と同様にして形成させた発光ダイオードを銅パターンを形成させたセラミックス基板の上に、16×16のマトリックス状に配置させた。基板と発光ダイオードとは自動ハンダ実装装置を用いてハンダ付けを行った。次にフェノール樹脂によって形成された筐体504内部に配置し固定させた。遮光部材505は、筐体と一体成形させてある。発光ダイオードの先端部を除いて筐体、発光ダイオード、基板及び遮光部材の一部をピグメントにより黒色に着色したシリコンゴム406によって充填させた。その後、常温、72時間でシリコンゴムを硬化させLED表示器を形成させた。このLED表示器と、入力される表示データを一時的に記憶させるRAM(Random Access Memory)及びRAMに記憶されるデータから発光ダイオードを所定の明るさに点灯させるための階調信号を演算する階調制御回路と階調制御回路の出力信号でスイッチングされて発光ダイオードを点灯させるドライバーとを備えたCPUの駆動手段と、を電氣的に接続させてLED表示装置を構成した。LED表示器を駆動させ白黒LED表示装置として駆動できることを確認した。

【0062】

【発明の効果】

本願発明の発光ダイオードは、窒化物系化合物半導体の発光素子と、セリウムで付活されたイットリウム・アルミニウム・ガーネット系蛍光体や $(RE_{1-x}Sm_x)_3(Al_yGa_{1-y})_5O_{12}:Ce$ 蛍光体を組み合わせることにより長時間高

輝度時の使用においても発光効率が高い発光ダイオードを実現する。さらに、本願発明の発光ダイオードは、信頼性や省電力化、小型化さらには色温度の可変性など車載や航空産業、一般電気機器に表示の他に照明として新たな用途を開くことができる。特に、本願発明に用いられるフォトルミネセンス蛍光体は、短残光であり120nsecという応答速度を有する光源などとして利用することもできる。また、発光色を白色にして、人間の目で長時間視認する場合には刺激が少なく目に優しい発光ダイオードとすることができる。

【0063】

特に、本願発明の請求項1または3に記載の構成とすることにより高輝度、長時間の使用においても色ずれ、発光効率の低下が極めて少ない白色系が発光可能な発光ダイオードなど種々の発光ダイオードとすることができる。また、樹脂劣化に伴う輝度の低下も抑制させることができる。

【0064】

本願発明の請求項5の構成とすることにより、高輝度、長時間の使用においても色ずれ、発光効率の低下が極めて少ない発光ダイオードなど種々の発光ダイオードとすることができることに加えて、発光ダイオードを複数近接して配置した場合においても他方の発光ダイオードからの光により蛍光体が励起され疑似点灯されることを防止させることができる。また、LEDチップ自体の発光むらを蛍光体により分散することができるためより均一な発光光を有する発光ダイオードとすることができる。

【0065】

本願発明の請求項6の構成とすることにより、より温度依存性の少ない発光ダイオードとすることができる。

【0066】

本願発明の請求項7の構成とすることにより、比較的安価で高精細なLED表示装置や視認角度によって色むらの少ないLED表示装置とすることができる。

【0067】

【図面の簡単な説明】

【図1】

図1は、本願発明の発光ダイオードの模式的断面図である。

【図2】

図2は、本願発明の他の発光ダイオードの模式的断面図である。

【図3】

図3は、本願発明の発光ダイオードの発光スペクトルの一例を示した図である。

。

【図4】

図4（A）は、本願発明に使用されるフォトルミネセンス蛍光体の吸収スペクトルの一例を示し、図4（B）は、本願発明に使用されるフォトルミネセンス蛍光体の発光スペクトルの一例を示した図である。

【図5】

図5は、本願発明の発光ダイオードを用いたLED表示装置の模式図である。

【図6】

図6は、図5に用いられるLED表示装置のブロック図である。

【図7】

図7は、本願発明の発光ダイオードを用いた別のLED表示装置の模式図である。

【図8】

図8（A）は、本願発明の実施例1と比較のために示した比較例1の発光ダイオードとの温度25℃20mA通電における寿命試験を示し、図8（B）は、本願発明の実施例1と比較のために示した比較例1の発光ダイオードとの温度60℃90%RH下で20mA通電における寿命試験を示したグラフである。

【符号の説明】

101、701・・・フォトルミネセンスが含有されたコーティング部

102、202、702・・・LEDチップ

103、203・・・導電性ワイヤー

104・・・モールド部材

105・・・マウント・リード

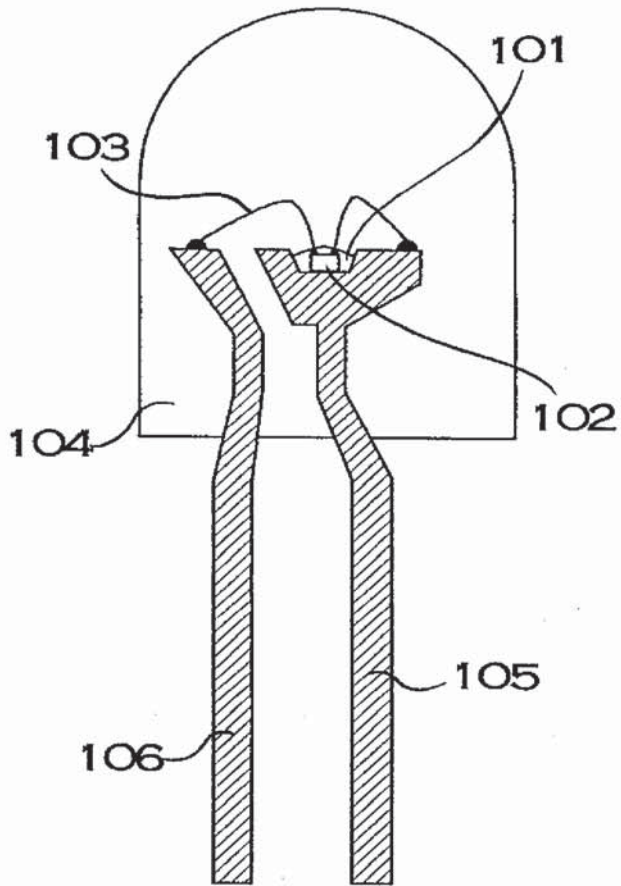
106・・・インナー・リード

201・・・フォトルミネセンスが含有されたモールド部材
204・・・筐体
205・・・筐体に設けられた電極
501・・・発光ダイオード
504・・・筐体
505・・・遮光部材
506・・・充填材
601・・・LED表示器
602・・・ドライバー
603・・・RAM
604・・・階調制御手段
703・・・金属製基板
704・・・導光板
705、707・・・反射部材
706・・・散乱シート

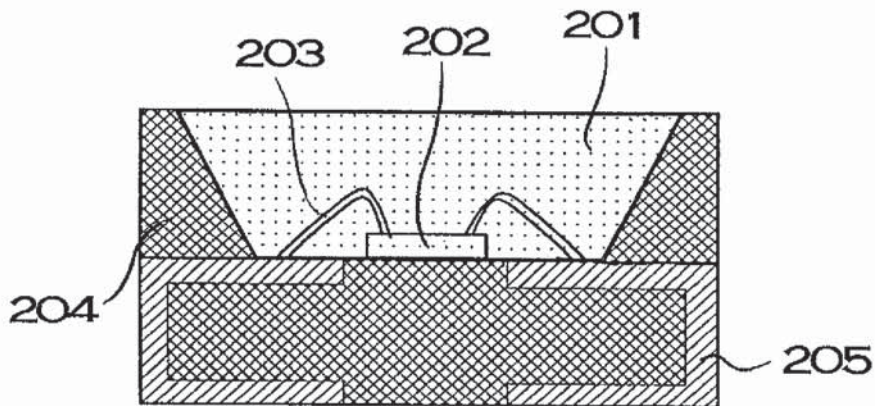
【書類名】

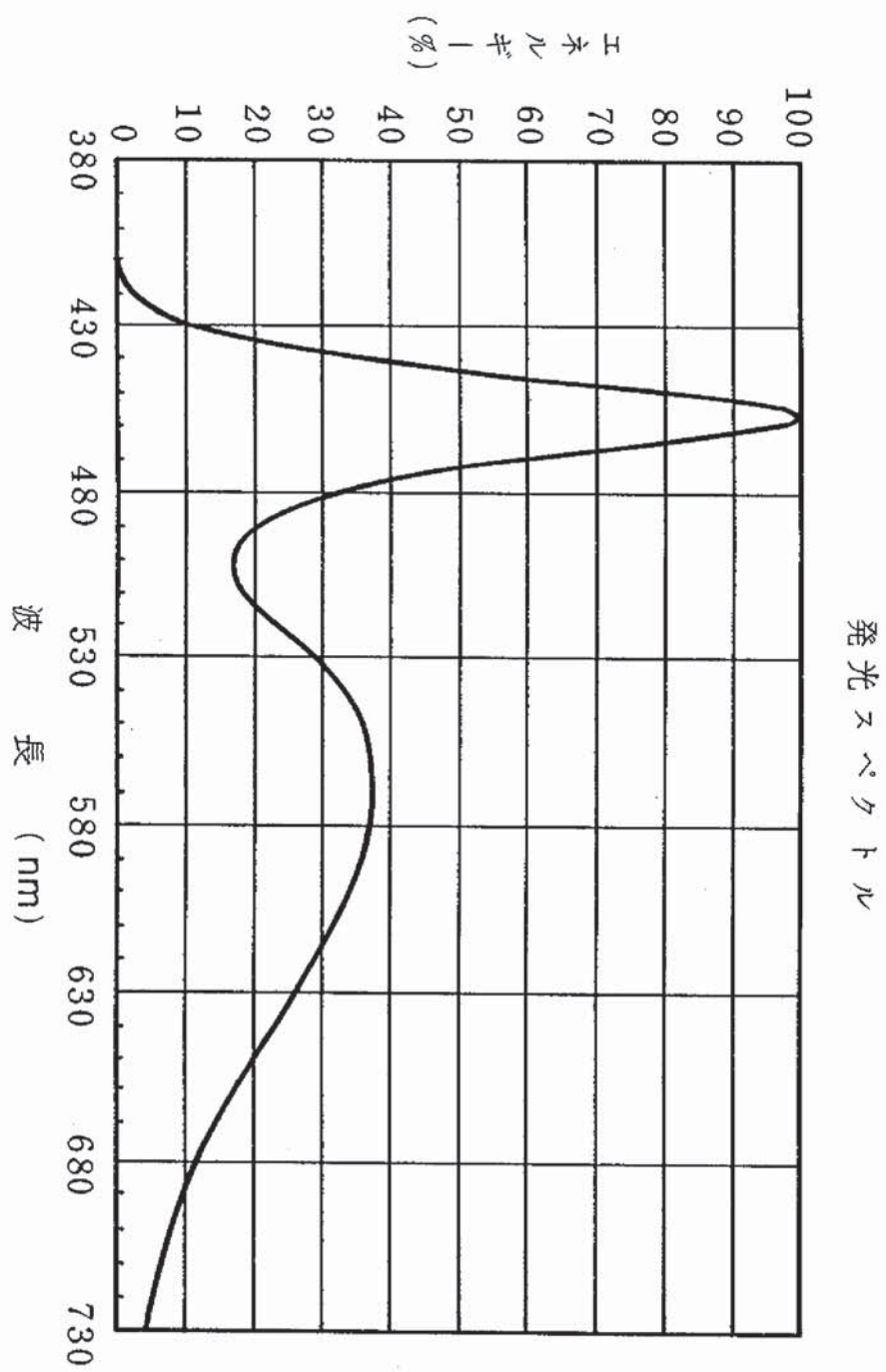
図面

【図1】



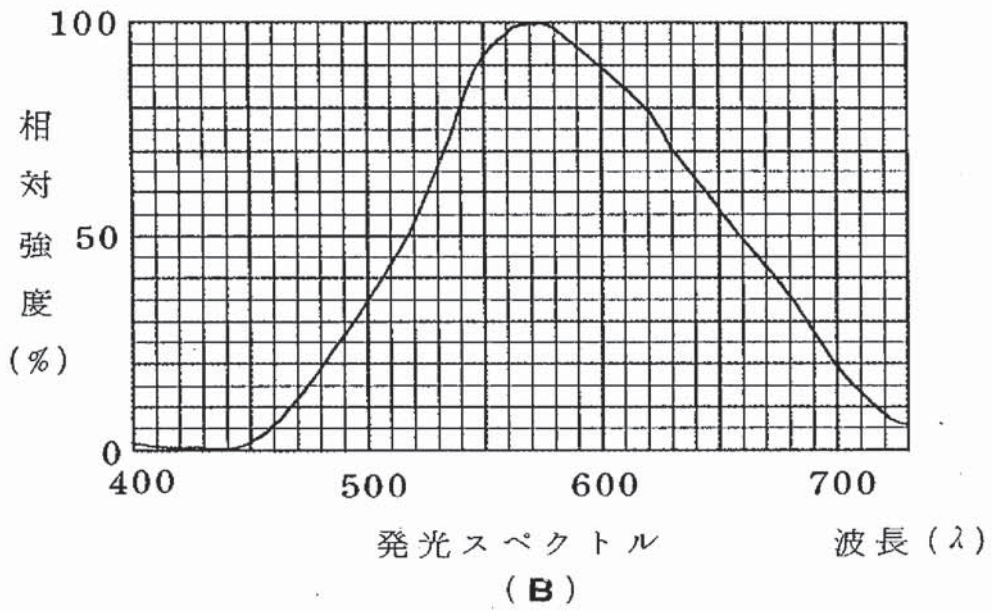
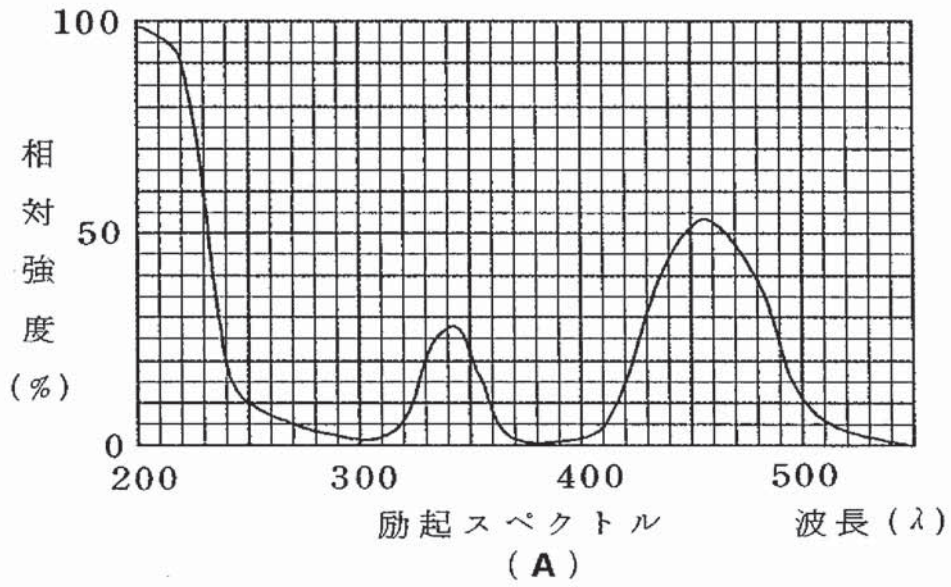
【図2】



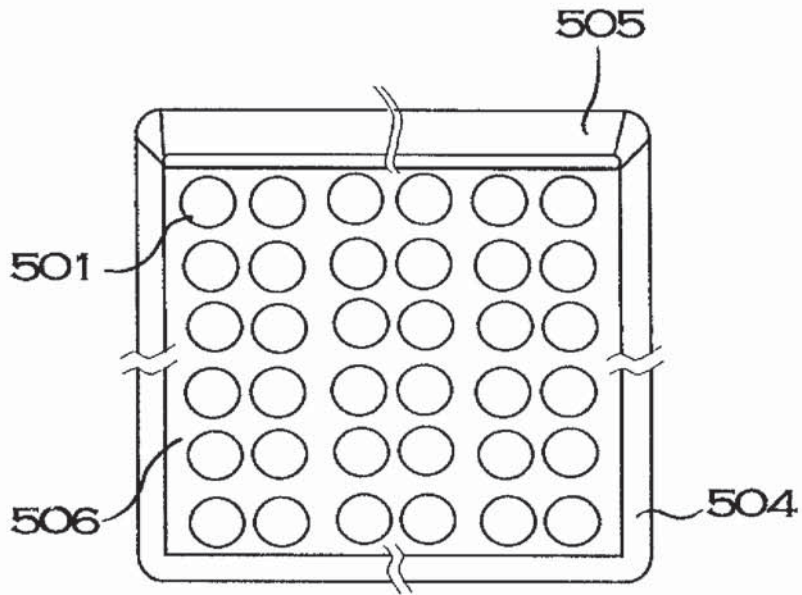


【図3】

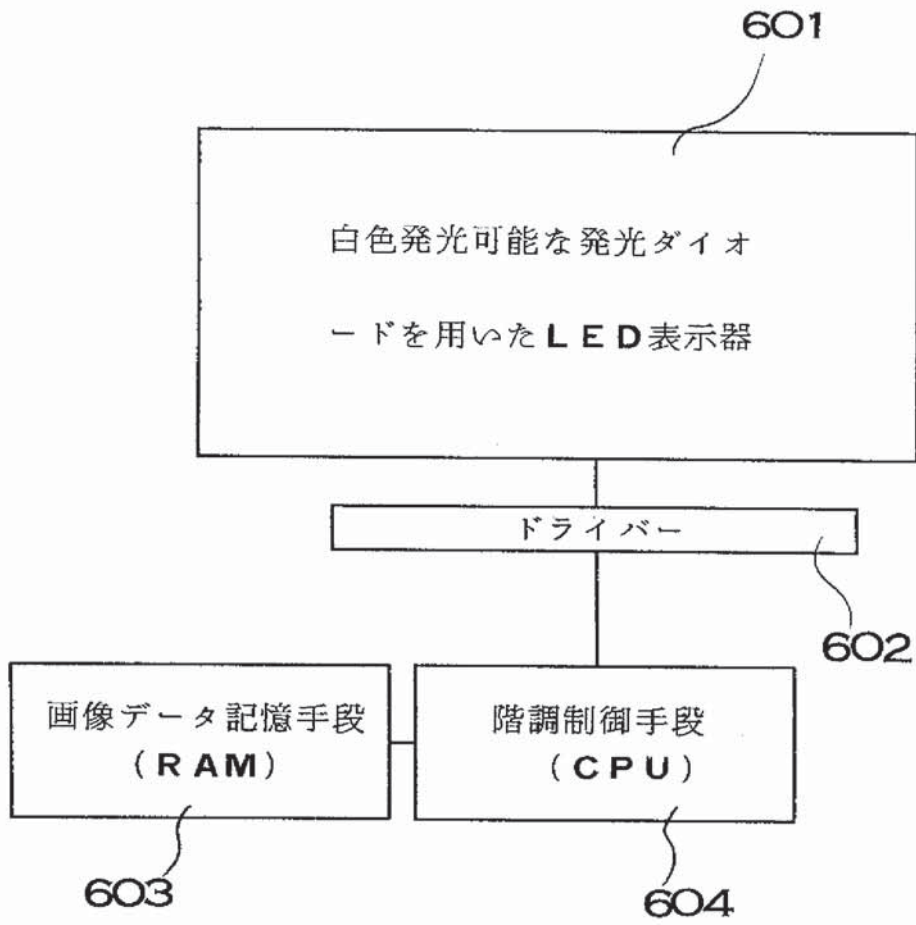
【図4】



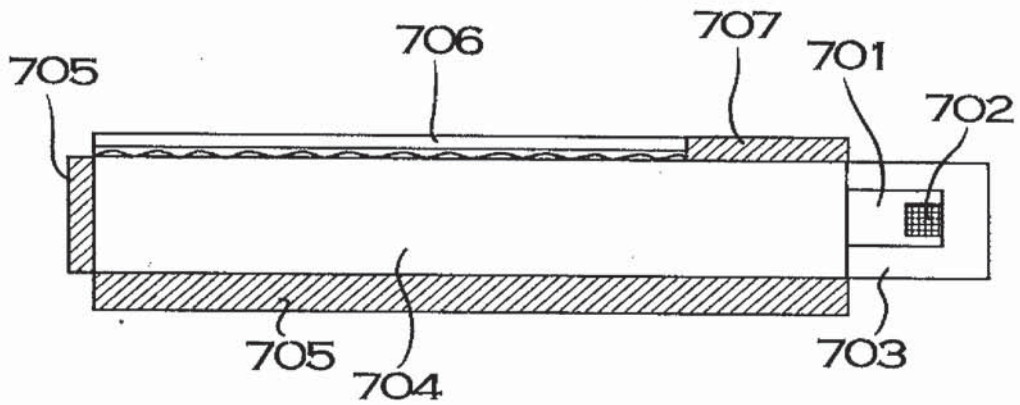
【図5】



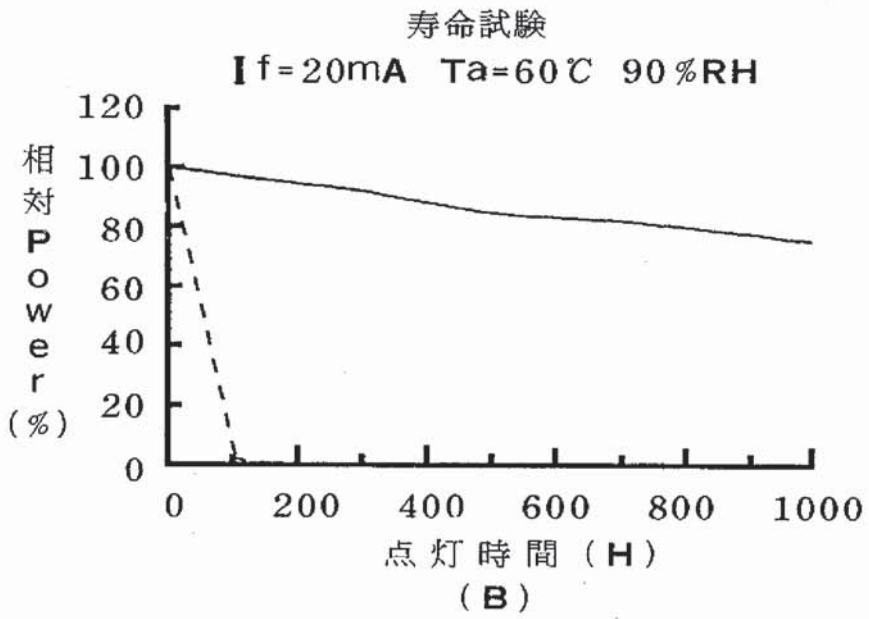
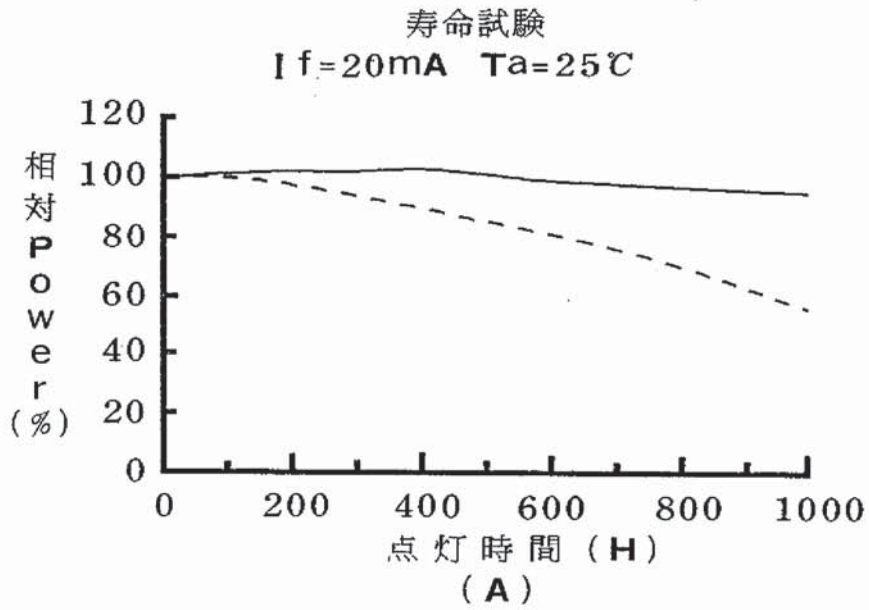
【図6】



【図7】



【図8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 高輝度、長時間の使用環境下においても発光光率の低下や色ずれを少なくする。

【解決手段】 発光ダイオードは、LEDチップと、LEDチップからの発光の少なくとも一部を吸収し波長変換して発光するフォトルミネセンス蛍光体を有する。LEDチップは、窒化物系化合物半導体で、フォトルミネセンス蛍光体がセリウムで付活されたイットリウム・アルミニウム・ガーネット系蛍光体である。

【書類名】 職権訂正データ
【訂正書類】 特許願

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】 000226057
【住所又は居所】 徳島県阿南市上中町岡491番地100
【氏名又は名称】 日亜化学工業株式会社

【代理人】

申請人
【識別番号】 100074354
【住所又は居所】 徳島県徳島市金沢1丁目5番9号
【氏名又は名称】 豊栖 康弘

出願人履歴

000226057

19900818

新規登録

徳島県阿南市上中町岡491番地100
日亜化学工業株式会社

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 1997年 3月31日

出 願 番 号
Application Number: 平成 9年特許願第081010号

パリ条約による外国への出願
に用いる優先権の主張の基礎
となる出願の国コードと出願
番号
The country code and number
of your priority application,
to be used for filing abroad
under the Paris Convention, is

J P 1 9 9 7 - 0 8 1 0 1 0

出 願 人
Applicant(s): 日亜化学工業株式会社

2009年10月 6日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

細野 哲弘



【書類名】 特許願

【整理番号】 P96ST30-2

【提出日】 平成 9年 3月31日

【あて先】 特許庁長官 荒川 寿光 殿

【国際特許分類】

H01L 33/00

【発明の名称】 発光装置

【請求項の数】 8

【発明者】

【住所又は居所】 徳島県阿南市上中町岡4 9 1 番地1 0 0 日亜化学工業株式会社内

【氏名】 森口 敏生

【発明者】

【住所又は居所】 徳島県阿南市上中町岡4 9 1 番地1 0 0 日亜化学工業株式会社内

【氏名】 野口 泰延

【特許出願人】

【識別番号】 000226057

【郵便番号】 774

【住所又は居所】 徳島県阿南市上中町岡4 9 1 番地1 0 0

【氏名又は名称】 日亜化学工業株式会社

【代表者】 小川 英治

【電話番号】 0884-22-2311

【先の出願に基づく優先権の主張】

【出願番号】 平成 8年特許願第244339号

【出願日】 平成 8年 9月17日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 010526

【納付金額】 21,000

【提出物件の目録】

【物件名】明細書 1

【物件名】図面 1

【物件名】要約書 1

【プルーフの要否】要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 発光装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】

発光層が窒化物系化合物半導体である発光素子と、該発光素子からの発光の少なくとも一部を吸収し前記発光素子からの発光よりも長波長光を発光するフォトルミネセンス蛍光体と、を有する発光装置であって、

前記フォトルミネセンス蛍光体が組成の異なる2種類以上のセリウムで付活されたイットリウム・アルミニウム酸化物系蛍光体であることを特徴とする発光装置。

【請求項2】

前記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体が $(\text{Re}_x\text{Sm}_{1-x})_3(\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y})_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$ である請求項1記載の発光装置。

但し、 $0 < x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、Reは、Y、Gd、Laから選択される少なくとも一種である。

【請求項3】

前記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体は、 $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$ の主発光波長よりも短波長側に主発光波長があ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体と、 $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$ の主発光波長よりも長波長側に主発光波長があ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体である請求項1記載の発光装置。

【請求項4】

前記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体は、 $\text{Y}_3(\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y})_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$ である第1の蛍光体と、 $\text{Re}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$ であって第1の蛍光体の主発光波長よりも長波長側に主発光波長がある第2の蛍光体である請求項1記載の発光装置。

但し、 $0 \leq y \leq 1$ 、Reは、Y、Gd、Laから選択される少なくとも一種である。

【請求項5】

前記組成が異なる2種類以上のセリウムで付活されたイットリウム・アルミニウム酸化物系蛍光体は、Gdを有する第3の蛍光体と、第3の蛍光体よりもGdの組成比が高い第4の蛍光体である請求項1記載の発光装置。

【請求項6】

前記発光素子の主発光ピークが400nmから530nm内にある請求項1記載の発光装置。

【請求項7】

前記発光素子と光学的に接続された導光板上に配置されたフォトルミネッセンス蛍光体を有する色変換部材、或いは前記フォトルミネッセンス蛍光体を有する色変換部材を介して発光素子と導光板とが光学的に接続されることによって面状に発光可能な請求項1記載の発光装置。

【請求項8】

マウント・リードのカップ内に配置させた発光素子と、該発光素子と導電性ワイヤを用いて電氣的に接続させたインナー・リードと、前記カップ内に充填させたコーティング部材と、該コーティング部材、発光素子、導電性ワイヤ及びマウント・リードとインナー・リードの少なくとも一部を被覆するモールド部材と、を有する発光ダイオードであって、

前記発光素子の発光層が窒化物系化合物半導体であり、且つ前記コーティング部材が前記発光素子からの発光の少なくとも一部を吸収し前記発光素子からの発光よりも長波長光を発光する組成の異なる2種類以上のセリウムで付活されたイットリウム・アルミニウム酸化物系蛍光体を有することを特徴とする発光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】

本願発明は、バックライト光源、照光式スイッチ、信号機、表示器、LEDディスプレイ及び各種インジケータなどに利用される発光装置に係わり、特に使用環境によらず高輝度、高効率に所望の色に発光可能な発光装置に関する。

【0002】

【従来技術】

発光素子であるLEDチップを用いた発光装置は、小型で効率が良く鮮やかな色の発光をする。また、半導体素子であるため球切れなどの心配がない。初期駆動特性が優れ、振動やON/OFF点灯の繰り返しに強いという特徴を有する。そのため各種インジケータ、センサーや種々の光源として利用されている。最近、超高輝度高効率な発光ダイオードとして1000mcdにも及ぶ発光ダイオードがRGB（赤色系、緑色系、青色系）ともそれぞれ開発された。これに伴いRGBの三原色を利用した液晶用バックライトなどに使用可能なフルカラー用面状発光装置が省電力、長寿命、軽量などの特長を生かして研究されてきている。

【0003】

LEDチップは使用される発光層の半導体材料、形成条件などによって紫外から赤外まで種々の発光波長を放出させることが可能である。また、優れた単色性ピーク波長を有する。

【0004】

しかしながら、LEDチップを用いた発光装置は優れた単色性ピーク波長を有するが故に白色系発光光源などとさせるためには、RGBなどが発光可能な各LEDチップをそれぞれ近接して発光させ拡散混色させる必要がある。このような発光ダイオードは、種々の色を自由に発光させる発光装置としては有効であるが、白色系などの色のみを発光させる場合においても赤色系、緑色系及び青色系の発光ダイオードなどをそれぞれ使用せざるを得ない。LEDチップは、半導体であり色調や輝度のバラツキもまだ相当ある。また、同一半導体材料を用いて高輝度にRGBなどが発光可能なLEDチップは、未だ開発されていない。そのため、それぞれ異なる材料を用いて形成させざるを得ず、各LEDチップの駆動電力などが異なるため個々に電源などを確保する必要がある。白色系を発光させるためには、各半導体ごとに電流などを調節して発光させなければならない。同様に、半導体発光素子であるため個々の温度特性の差や経時変化が異なり、色調が種々変化してしまう。さらに、LEDチップからの発光を均一に混色させなければ、色むらを生ずる場合がある。

【0005】

そこで、本出願人は先にLEDチップの発光色を蛍光物質で色変換させた発光

ダイオードや面状発光装置として特開平5-152609号公報、特開平7-176794号公報、特開平8-8614号公報などに記載された発光ダイオードや面状発光光源を開発した。これらの発光ダイオードや面状発光光源によって、1種類のLEDチップを用いて白色系など他の発光色を発光させることができる。

【0006】

具体的には、青色が発光可能なLEDチップを透明な導光板の一端に接続させLEDチップから発光された発光を導光板上に設けられた蛍光物質含有層によって緑色及び赤色などに色変換させ白色系の発光とさせるものである。これらは、RGB発光成分を有する白色系が発光可能な発光装置として利用した場合においても十分な輝度を長時間に渡って発光する発光装置とすることができる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

LEDチップからの発光によって励起される蛍光物質は、蛍光染料、蛍光顔料さらには有機、無機化合物などから様々なものが挙げられる。蛍光体の励起波長や発光波長によっても種々のものが挙げられる。また、蛍光体は、発光素子からの発光波長を波長の短いものから長い波長へと変換する、或いは発光素子からの発光波長を波長の長いものから短い波長へと変換するものがある。

【0008】

しかしながら、波長の長いものから短い波長へと変換する場合、変換効率が極めて悪く実用に向かない。また、発光装置を直射日光など外部環境下で使用する場合や蛍光体をLEDチップ周辺に近接して配置させた場合は、紫外線など様々な高エネルギー光が蛍光体などに長期間に渡って強照射され続ける。特に、蛍光物質を励起し且つ二次的な放出を行うのに十分に高いエネルギーを放出可能な高エネルギーバンドギャップを有する半導体発光素子からの光エネルギーは、必然的に高くなる。そのため、太陽光などの外来光からとの相乗作用でも蛍光物質自体が劣化しやすい。

【0009】

蛍光物質が劣化すると色調がずれる、或いは蛍光物質が黒ずみ光の外部取り出

し効率が低下する場合がある。同様に蛍光物質は、LEDチップの昇温や外部環境からの加熱など高温にもさらされる。さらに、発光装置は一般的に樹脂ケースに被覆されてはいるものの外部環境からの水分の進入などを完全に防ぐことや、製造時に付着した水分を完全に除去することはできない。蛍光物質によっては、このような水分が発光素子からの高エネルギー光や熱によって蛍光物質の劣化を促進する場合もある。また、イオン性の有機染料に至ってはチップ近傍では直流電界により電気泳動を起こし、色調が変化する可能性がある。したがって、本願発明は上記課題を解決し、野外の使用時などにおいてもより長時間、発光効率の低下や色ずれが極めて少なく所望の発光成分を高輝度に発光可能な発光装置を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】

本願発明の発光装置は、発光層が窒化物系化合物半導体である発光素子と、該発光素子からの発光の少なくとも一部を吸収し前記発光素子からの発光よりも長波長光を発光するフォトルミネセンス蛍光体と、を有すると共に、フォトルミネセンス蛍光体が組成の異なる2種類以上のセリウムで付活されたイットリウム・アルミニウム酸化物系蛍光体である。

【0011】

本願発明の請求項2に記載の発光装置は、前記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体が $(Re_xSm_{1-x})_3(Al_yGa_{1-y})_5O_{12} : Ce$ である。(但し、 $0 < x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、Reは、Y、Gd、Laから選択される少なくとも一種である。)

本願発明の請求項3に記載の発光装置は、前記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体が、 $Y_3Al_5O_{12} : Ce$ の主発光波長よりも短波長側に主発光波長があ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体と、 $Y_3Al_5O_{12} : Ce$ の主発光波長よりも長波長側に主発光波長があ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体である。

【0012】

本願発明の請求項4に記載の発光装置は、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体が、 $Y_3(A l_y G a_{1-y})_5 O_{12} : C e$ である第1の蛍光体と、 $R e_3 A l_5 O_{12} : C e$ であって第1の蛍光体の主発光波長よりも長波長側に主発光波長がある第2の蛍光体である。(但し、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $R e$ は、 Y 、 $G d$ 、 $L a$ から選択される少なくとも一種である。)

本願発明の請求項5に記載の発光装置は、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体は、 $G d$ を有する第3の蛍光体と、第3の蛍光体よりも $G d$ が多い第4の蛍光体である。

【0013】

本願発明の請求項6に記載の発光装置は、発光素子の主発光ピークが400nmから530nm内である。

【0014】

本願発明の請求項7に記載の発光装置は、発光素子と光学的に接続された導光板上に配置されたフォトルミネッセンス蛍光体を有する色変換部材、或いは前記フォトルミネッセンス蛍光体を有する色変換部材を介して発光素子と導光板とが光学的に接続されることによって面状に発光可能な発光装置である。

【0015】

本願発明の請求項8に記載の発光装置は、マウント・リードのカップ内に配置させた発光素子と、該発光素子と導電性ワイヤーを用いて電氣的に接続させたインナー・リードと、前記カップ内に充填させたコーティング部材と、該コーティング部材、発光素子、導電性ワイヤー及びマウント・リードとインナー・リードの少なくとも一部を被覆するモールド部材と、を有する発光ダイオードであって、

前記発光素子の発光層が窒化物系化合物半導体であり、且つ前記コーティング部材が前記発光素子からの発光の少なくとも一部を吸収し前記発光素子からの発光よりも長波長光を発光する組成の異なる2種類以上のセリウムで付活されたイットリウム・アルミニウム酸化物系蛍光体を有する。

【0016】

【作用】

本願発明の発光装置は、発光素子と、発光素子からの光によって励起されそれよりも長波長側の光を発光する蛍光物質とを有している。蛍光物質は、組成の異なる2種類以上のイットリウム・アルミニウム酸化物系蛍光体を用いている。これによって、所望の発光色が効率よく発光可能な発光装置とすることができる。即ち、半導体発光素子から放出される発光波長がその半導体発光素子毎によって図8のA点からB点の範囲であるとする、組成の異なる2種類以上のイットリウム・アルミニウム酸化物系蛍光体の色度点である図8のC点及びD点で囲まれた斜線内にある任意の発光色を発光させることができる。特に、発光素子、蛍光体の組成或いはその量を種々選択させることによって調節させることができる。特に、発光素子の発光ばらつきを蛍光体を種々選択させることによって吸収させ所望の発光波長が得られる発光装置とすることができる。また、蛍光物質の発光波長を選択させることによってRGBの発光成分を高輝度に含んだ発光装置とさせることができる。

【0017】

さらに、イットリウム・アルミニウム酸化物系蛍光体は、長時間高輝度に発光可能な発光装置として利用することができる。また、発光素子からの光よりもより長波長側に発光する蛍光物質とさせることによって、効率よく発光可能である。また、変換された光は発光チップから放出される光よりも長波長側になっているために、発光チップのバンドギャップよりも小さく発光素子に吸収されにくい。そのため蛍光体が等方的に発光して発光素子側に向かったとしても発光素子に吸収されず効率よく発光可能となる。

【0018】

【発明の実施の形態】

本願発明者は、種々の実験の結果、可視光域における光エネルギーが比較的高いLEDチップからの発光光をフォトルミネセンス蛍光体によって色変換させる発光装置において、特定の半導体及び蛍光体を選択することにより高輝度、長時間の使用時における光効率低下や色ずれを防止できること及び歩留まりの高い発光装置が形成できることを見出し本願発明を成すに至った。

【0019】

即ち、本願発明の発光装置に用いられるフォトルミネセンス蛍光体としては、

1. 耐光性に優れていることが要求される。特に、様々な高エネルギー光が照射される直射日光などから長時間耐える必要もある。また、発光ダイオードとして使用する場合、半導体発光素子などの微小領域から強放射されるために $(E_e) = 3 \text{ W} \cdot \text{cm}^{-2}$ 以上にも及ぶ強照射強度にも耐える必要がある。
2. 発光素子との混色を利用するため紫外線ではなく青色系発光などの可視光で効率よく発光すること。
3. 混色を考慮して緑色系及び赤色系の光などが高輝度に発光可能なこと。
4. 外部環境下や発光素子近傍に配置されるため温度特性が良好であること。
5. 色調が組成比或いは緑色系や赤色系などの蛍光体の混合比で連続的に変えられること。
6. 発光装置の利用環境に応じて耐候性があることなどの特徴を有することが求められる。

【0020】

上記の条件を満たすものとして本願発明は、発光素子として発光層に高エネルギーバンドギャップを有する窒化物系化合物半導体素子を、フォトルミネセンス蛍光体として組成の異なる2種類以上のフォトルミネセンス蛍光体が、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体を用いる。これにより本願発明は、発光素子の製造工程などによって発光素子から放出される発光波長が所望値からずれたとしても2種類以上の蛍光体を調節させることによって所望の色調を持った発光装置とできる。より具体的には、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体として $(\text{Re}_x\text{Sm}_{1-x})_3(\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y})_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$ を用いる。(但し、 $0 < x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、Reは、Y、Gd、Laから選択される少なくとも一種である。) これにより発光素子から放出された可視光域における高エネルギー光を長時間近傍で高輝度に照射した場合や外部環境の使用下においても発光色の色ずれや発光輝度の低下が極めて少ない高輝度に所望の発光成分を有する発光装置とすることができるものである。

【0021】

以下、具体的な発光装置の一例として、チップタイプLEDを図1に示す。チップタイプLEDの筐体内に窒化ガリウム系半導体を用いたLEDチップ102をエポキシ樹脂などを用いて固定させてある。LEDチップ102は、470nm

mの $\text{In}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{N}$ 半導体発光層を有する発光素子を用いた。発光素子は、サファイア基板上にN型導電性を有する窒化ガリウム半導体であるコンタクト層、P型導電性を有する窒化ガリウムアルミニウム半導体であるクラッド層、P型導電性を有する窒化ガリウム半導体であるコンタクト層を形成させた。N型導電性を有するコンタクト層とP型導電性を有するクラッド層との間に厚さ約3 nmであり、単一量子井戸構造とされるノンドープ InGaN の活性層を形成させた。

(なお、サファイア基板上には、低温で窒化ガリウム半導体を形成させバッファ層とさせてある。) このような発光素子102の電極と筐体に設けられた各電極105とを導電性ワイヤーである金線103でそれぞれ電気的に接続させてある。緑色系のフォトルミネセンス蛍光体として $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$ 蛍光体をまた赤色系のフォトルミネセンス蛍光体として $(\text{Y}_{0.8}\text{Gd}_{0.2})_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$ 蛍光体をアクリル樹脂中に混合分散させたものを発光素子であるLEDチップ、導電性ワイヤーなどを外部応力などから保護するモールド部材101として均一に硬化形成させる。このような発光装置に電力を供給させることによってLEDチップを発光させる。LEDチップからの青色系の発光と、その発光によって励起されそれぞれ高輝度に発光可能な2種類以上のフォトルミネセンス蛍光体からの発光との混色により白色系などが発光可能な発光装置の一例である発光ダイオードとすることができる。また、このように形成された発光ダイオードは、蛍光体が含有されない発光ダイオードにおいて通常発光時に見られる発光パターンがない。LEDチップの発光面状に形成された電極などが陰になることによって形成される発光パターンは、蛍光物質の散乱などによって均一にされる。そのためより均一発光が可能な発光ダイオードともなる。以下、本願発明の構成部材について詳述する。

【0022】

(フォトルミネセンス蛍光体)

本願発明に用いられるフォトルミネセンス蛍光体としては、半導体発光素子から発光された可視光や紫外線で励起されて発光するフォトルミネセンス蛍光体をいう。特に本願発明においては、フォトルミネセンス蛍光体が組成の異なる2種類以上のセリウムで付活されたイットリウム・アルミニウム酸化物系蛍光体を利

用する。発光層に窒化物系化合物半導体を用いた発光素子から発光した青色系の光と、青色光を吸収させるためボディカラーが黄色であるフォトルミネセンス蛍光体から発光する緑色系及び赤色系の光と、或いは、黄色系の光であってより緑色系及びより赤色系の光を混色表示させると所望の白色系発光色表示を行うことができる。発光装置はこの混色を起こさせるためにフォトルミネセンス蛍光体の粉体やバルクをエポキシ樹脂、アクリル樹脂或いはシリコン樹脂などの各種樹脂や酸化珪素、酸化アルミニウムなどの無機物中に含有させることが好ましい。このようにフォトルミネセンス蛍光体が含有されたものは、LEDチップからの光が透過する程度に薄く形成させたドット状のものや層状ものなど用途に応じて種々用いることができる。フォトルミネセンス蛍光体と樹脂などとの比率や塗布、充填量を種々調整すること及び発光素子の発光波長を選択することにより白色を含め電球色など任意の色調を提供させることができる。

【0023】

また、フォトルミネセンス蛍光体の分布を種々変えることによって耐候性の強い発光装置など種々の特性を持たせることができる。このような分布はフォトルミネセンス蛍光体を含有する部材、形成温度、粘度やフォトルミネセンス蛍光体の形状、粒度分布などを調整させることによって種々調整させることができる。したがって、使用条件などにより蛍光体の分布濃度を、種々選択することができる。また、2種類以上の蛍光体をそれぞれ発光素子からの入射光に対して順に配置させることによって効率よく発光可能な発光装置とすることができる。即ち、反射部材を有する発光素子上には、長波長側に吸収波長があり長波長に発光可能な蛍光体が含有された色変換部材と、それよりも長波長側に吸収波長がありより長波長に発光可能な色変換部材とを積層などさせることで反射光を有効利用することができる。

【0024】

本願発明のフォトルミネセンス蛍光体を使用すると、放射照度として $(E_e) = 3 W \cdot cm^{-2}$ 以上 $10 W \cdot cm^{-2}$ 以下のLEDチップと接する或いは近接して配置された場合においても高効率に十分な耐光性を有する発光装置とすることができる。