

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載  
 【部門区分】第 7 部門第 2 区分  
 【発行日】平成 17 年 5 月 19 日 (2005.5.19)

【公開番号】特開 2003-224307 (P2003-224307A)  
 【公開日】平成 15 年 8 月 8 日 (2003.8.8)  
 【出願番号】特願 2003-28989 (P2003-28989)  
 【国際特許分類第 7 版】

H 0 1 L 33/00  
 C 0 9 K 11/02  
 C 0 9 K 11/08  
 C 0 9 K 11/80

【F I】

H 0 1 L	33/00	N
H 0 1 L	33/00	C
C 0 9 K	11/02	Z
C 0 9 K	11/08	J
C 0 9 K	11/80	C P M
C 0 9 K	11/80	C P N
C 0 9 K	11/80	C P P

【手続補正書】

【提出日】平成 16 年 7 月 5 日 (2004.7.5)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【書類名】明細書

【発明の名称】発光ダイオードの形成方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】支持体上に配置された発光素子と、該発光素子からの発光の少なくとも一部を吸収し波長変換して発光する粒子状蛍光体と、を有する発光ダイオードの形成方法であって、

気相または液相中に粒子状蛍光体を分散させた後、その気相または液相中に前記支持体および発光素子を静置する工程と、

前記気相または液相中で粒子状蛍光体を沈降させ堆積させる工程と、を有することを特徴とする発光ダイオードの形成方法。

【発明の詳細な説明】

【産業上の利用分野】

【0001】

本発明は、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、各種センサー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、特に発光素子からの発光を波長変換して発光可能な蛍光体を有する発光ダイオードにおいて、発光方位、色調ムラ及び量産性を改善した発光ダイオード及びその形成方法に関する。

【従来技術】

【0002】

発光装置である発光ダイオード（以下、LED と呼ぶ。）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。駆動特性に優れ、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。しかしながら、ＬＥＤは優れた単色性ピーク波長を有するが故に白色系などの発光波長を発光することができない。

【０００３】

そこで、本出願人は、青色発光ダイオードと蛍光物質により青色発光ダイオードからの発光を色変換させて他の色などが発光可能な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や青色ＬＥＤチップを用いた緑色など他の発光色を発光させることができる。

【０００４】

具体的には、青色系が発光可能なＬＥＤチップなど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物質を含有させて形成させてある。青色系の発光ダイオードと、その発光を吸収し黄色系を発光する蛍光物質などを選択することにより、混色を利用して白色系を発光させることができる。これは、十分な輝度を発光する白色系発光ダイオードとして利用することができる。

【０００５】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、この発光ダイオードは、所望通りの色に形成されにくい傾向にある。発光ダイオードを量産させた場合において、各発光ダイオードがそれぞれ所望の色度範囲に形成させることが難しく歩留まりが低下する傾向にある。また、発光ダイオードの発光観測面において僅かながら色むらを生じるという問題がある。

【０００６】

具体的には、発光観測面側から見て発光素子であるＬＥＤチップが配置された中心部が青色っぽく、その周囲方向にリング状に黄、緑や赤色っぽい部分が見られる場合がある。人間の色調感覚は、白色において特に敏感である。そのため、わずかな色調差でも赤っぽい白、緑色っぽい白、黄色っぽい白等と感ずる。

【０００７】

このような発光観測面を直視することによって生ずる色むらは、品質上好ましくないばかりでなく表示装置に利用したときの表示面における色むらや、光センサーなど精密機器における誤差を生ずることにもなる。さらに、より厳しい条件として高輝度長時間の使用においては発光ダイオードの輝度が低下する傾向がある。本発明は上記問題点を解決し発光観測面における色調むらや発光ダイオードごとのバラツキが極めて少なく、量産性の良い発光ダイオードを形成させることにある。

【課題を解決するための手段】

【０００８】

本発明は、支持体上に配置された発光素子と、該発光素子からの発光の少なくとも一部を吸収し波長変換して発光する粒子状蛍光体と、を有する発光ダイオードの形成方法であって、気相または液相中に粒子状蛍光体を分散させた後、その気相または液相中に前記支持体および発光素子を静置する工程と、上記気相または液相中で粒子状蛍光体を沈降させ堆積させる工程とを有することを特徴とする発光ダイオードの形成方法である。

【０００９】

また、上記コーティング部は、さらにモールド部材で被覆される。

【００１０】

さらに、上記発光素子の発光層は、窒化物系化合物半導体であることが好ましい。上記粒子状蛍光体は、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ことが好ましい。

【００１１】

上記発光素子の主発光ピークは、４００ｎｍから５３０ｎｍであり、且つ上記粒子状蛍光体の主発光波長が前記発光素子の主発光ピークよりも長いことが好ましい。

## 【 0 0 1 2 】

上記発光素子の発光層は、窒化物系化合物半導体であり、且つ上記粒子状蛍光体が ( $\text{Re}_{1-x}\text{Sm}_x$ )<sub>3</sub>( $\text{Al}_{1-y}\text{Ga}_y$ )<sub>5</sub>O<sub>12</sub>:Ceであることが好ましい(ただし、 $0 < x < 1$ 、 $0 < y < 1$ 、Reは、Y、Gd、Laから選択される少なくとも一種の元素である。)

## 【 0 0 1 3 】

## 【作用】

本発明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とすることができる。

## 【 0 0 1 4 】

すなわち、本発明は、粒子状蛍光体が含有されたコーティング部の厚みがLEDチップ上及びLEDチップが配置された基体上の何れにおいても略等しい。LEDチップから放出された光の光路長差が比較的等しく均一な発光特性を得ることができる。また、発光面における色むらや発光ダイオードごとのバラツキのきわめて少なくすることができる。さらに、複数のLEDチップが配置されたパッケージ上に粒子状蛍光体を沈降堆積させることにより、一度に大量の発光ダイオードを量産性良く形成させることができる。LED上に配置される粒子状蛍光体の量がきわめて少量であっても粒子状蛍光体の量(コーティング部の厚み)を均等に制御させることができる。そのため、よりバラツキの少ない発光ダイオードを形成させることが容易にできる。

## 【 0 0 1 5 】

## 【発明の実施の形態】

本発明者は種々の実験の結果、LEDチップ上に配置された粒子状蛍光体と、それ以外の支持体上に配置された粒子状蛍光体とを略均等に配分させることによって発光観測面における色調むらや発光装置ごとのバラツキを改善できることを見出し、本発明を成すに到った。

## 【 0 0 1 6 】

発光観測面における色調むらや発光ダイオードごとのバラツキは、コーティング部形成時にコーティング部中に含まれる粒子状蛍光体の平面分布における傾きが生ずることにより生ずると考えられる。即ち、コーティング部は粒子状蛍光体を含有させた樹脂を先の細いノズルの如き管から吐出させることによって所望のカップ上に配置させることができる。

## 【 0 0 1 7 】

しかし、バインダー中に含有された粒子状蛍光体をLEDチップ上に等量均一且つ、高速に塗布させることは極めて難しい。また、バインダーの粘度やコーティング部と接するパッケージ表面などとの表面張力により、最終的に形成されるコーティング部の形状が一定しない。コーティング部の厚み(粒子状蛍光体の量)が部分的に異なり、LEDチップからの光量、粒子状蛍光体からの光量が部分的に異なる。

## 【 0 0 1 8 】

そのため発光観測面上において部分的にLEDチップからの発光色が強くなったり、蛍光体からの発光色が強くなり色調むらが生ずる。また、各発光ダイオードごとのバラツキが生ずると考えられる。本発明では、LEDチップ上とそれ以外に形成される粒子状蛍光体が均一に配置させることにより、色調むらや指向性を改善させることができるものである。以下、本発明の構成部材について詳述する。

## 【 0 0 1 9 】

(コーティング部 1 1 1、1 1 2)

本発明に用いられるコーティング部 1 1 1、1 1 2とは、モールド部材とは別にマウント・リードのカップ内やパッケージの開口部内などに設けられるものでありLEDチップ 1 0 3の発光を変換する粒子状蛍光体及び粒子状蛍光体を結着する樹脂や硝子などである。本発明のコーティング部 1 1 1、1 1 2は、LEDチップ 1 0 3上に設けられたコーティング部 1 1 1の厚みとLEDチップ以外の支持体上に設けられたコーティング部 1 1 2

の厚みとが略等しい。LEDチップ103上に設けられたコーティング部111と、支持体となるパッケージの開口部表面に設けられたコーティング部112との厚みは、気相や液相中に分散させた粒子状蛍光体を静置させ沈降することにより比較的簡単に略等しく形成させることができる。

#### 【0020】

コーティング部では、カップなどによりLEDチップから放出される高エネルギー光などが反射もされるため高密度になる。さらに、粒子状蛍光体によっても反射散乱されコーティング部が高密度の高エネルギー光にさらされる場合がある。そのため、発光強度が強く高エネルギー光が発光可能な窒化物系半導体をLEDチップとして利用した場合は、それらの高エネルギー光に対して耐光性のあるSi、Al、Ga、Ti、Ge、P、B及びアルカリ土類金属の1種又は2種以上有する酸化物を結着剤として利用することが好ましい。

#### 【0021】

コーティング部の具体的主材料の一つとしては、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{MSiO}_3$ （なお、Mとしては、Zn、Ca、Mg、Ba、Srなどが挙げられる。）などの透光性無機部材に粒子状蛍光体を含有させたものが好適に用いられる。これらの透光性無機部材により粒子状蛍光体が結着され層状にLEDチップや支持体上に堆積される。なお、コーティング部には、粒子状蛍光体と共に紫外線吸収剤を含有させても良い。

#### 【0022】

このようなコーティング部111、121は、コーティング部111、121の材料となる粒子状蛍光体と結着剤とをよく混合させ容器202内に排出手段201のノズルから噴出する。容器202内には、LEDチップを有するパッケージ105が配置されている。ノズルから噴出された材料は、懸濁液として容器202内にたまる。容器202を静置しておくと、蛍光体粒子が沈降し容器202の底に蛍光体膜204が形成される。上澄液を排出後、乾燥装置205から放出される加温エアを吹き付け乾燥させる。その後、各パッケージ105を取り出すことにより粒子状蛍光体を有する発光ダイオードとすることができる。

#### 【0023】

（粒子状蛍光体）

本発明に用いられる蛍光体としては、少なくともLEDチップ103の半導体発光層から発光された光で励起されて発光する粒子状蛍光体をいう。LEDチップ103が発光した光と、粒子状蛍光体が発光した光が補色関係などにある場合、それぞれの光を混色させることで白色を発光することができる。具体的には、LEDチップ103からの光と、それによって励起され発光する粒子状蛍光体の光がそれぞれ光の3原色（赤色系、緑色系、青色系）に相当する場合やLEDチップ103が発光した青色の光と、それによって励起され発光する粒子状蛍光体の黄色の光が挙げられる。

#### 【0024】

発光ダイオードの発光色は、粒子状蛍光体と粒子状蛍光体の結着剤として働く各種樹脂やガラスなどの無機部材などとの比率、粒子状蛍光体の沈降時間、粒子状蛍光体の形状などを種々調整すること及びLEDチップの発光波長を選択することにより電球色など任意の白色系の色調を提供させることができる。発光ダイオードの外部には、LEDチップからの光と蛍光体からの光がモールド部材を効率よく透過することが好ましい。

#### 【0025】

具体的な粒子状蛍光体としては、銅で付活された硫化カドミ亜鉛や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が挙げられる。特に、高輝度且つ長時間の使用時においては $(\text{Re}_{1-x}\text{Sm}_x)_3(\text{Al}_{1-y}\text{Ga}_y)_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$ （ $0 < x < 1$ 、 $0 < y < 1$ 、但し、Reは、Y、Gd、Laからなる群より選択される少なくとも一種の元素である。）などが好ましい。粒子状蛍光体として特に $(\text{Re}_{1-x}\text{Sm}_x)_3(\text{Al}_{1-y}\text{Ga}_y)_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$ を用いた場合には、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 $(E_e) = 3\text{ W} \cdot \text{cm}^{-2}$ 以上 $10\text{ W} \cdot \text{cm}^{-2}$ 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。

【0026】

$(\text{Re}_{1-x}\text{Sm}_x)_3(\text{Al}_{1-y}\text{Ga}_y)_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$  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470nm付近などにさせることができる。また、発光ピークも530nm付近にあり720nmまで裾を引くブロードな発光スペクトルを持たせることができる。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利用して白色系発光に変換するための理想条件を備えている。

【0027】

このような蛍光体は、Y、Gd、Ce、Sm、Al、La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℃の温度範囲で2～5時間焼成して焼成品を得る。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所望の粒子状蛍光体を得ることができる。

【0028】

本発明の発光ダイオードにおいて、粒子状蛍光体は、2種類以上の粒子状蛍光体を混合させてもよい。即ち、Al、Ga、Y、La及びGdやSmの含有量が異なる2種類以上の $(\text{Re}_{1-x}\text{Sm}_x)_3(\text{Al}_{1-y}\text{Ga}_y)_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$  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。また、現在のところ半導体発光素子の発光波長には、バラツキが生ずるものがあるため2種類以上の蛍光体を混合調整させて所望の白色光などを得ることができる。具体的には、発光素子の発光波長に合わせて色度点の異なる蛍光体の量を調整し含有させることでその蛍光体間と発光素子で結ばれる色度図上の任意の点を発光させることができる。

【0029】

このような粒子状蛍光体は、気相や液相中に分散させ均一に放出させることができる。気相や液相中での粒子状蛍光体は、自重によって沈降する。特に液相中においては懸濁液を静置させることで、より均一性の高い粒子状蛍光体を持つ層を形成させることができる。所望に応じて複数回繰り返すことにより所望の粒子状蛍光体量を形成することができる。

【0030】

(LEDチップ103)

本発明に用いられるLEDチップ103とは、粒子状蛍光体を励起可能なものである。発光素子であるLEDチップ103は、MOCVD法等により基板上にGaAs、InP、GaAlAs、InGaAlP、InN、AlN、GaN、InGaN、AlGaN、InGaAlN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造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。好ましくは、粒子状蛍光体を効率良く励起できる比較的短波長を効率よく発光可能な窒化物系化合物半導体(一般式 $\text{In}_i\text{Ga}_j\text{Al}_k\text{N}$ 、ただし、 $0 \leq i, 0 \leq j, 0 \leq k, i+j+k=1$ )である。

【0031】

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ア、スピネル、SiC、Si、ZnO、GaN等の材料が好適に用いられる。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ア基板を用いることがより好ましい。サファイア基板上に

半導体膜を成長させる場合、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ことが好ましい。また、サファイア基板上にSiO<sub>2</sub>をマスクとして選択成長させたGaN単結晶自体を基板として利用することもできる。この場合、各半導体層を形成後SiO<sub>2</sub>をエッチング除去させることによって発光素子とサファイア基板とを分離させることもできる。窒化ガリウム系化合物半導体は、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。

#### 【0032】

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。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。具体的発光素子の層構成としては、窒化ガリウム、窒化アルミニウムなどを低温で形成させたバッファ層を有するサファイア基板や炭化珪素上に、窒化ガリウム半導体であるN型コンタクト層、窒化アルミニウム・ガリウム半導体であるN型クラッド層、Zn及びSiをドーブさせた窒化インジウムガリウム半導体である活性層、窒化アルミニウム・ガリウム半導体であるP型クラッド層、窒化ガリウム半導体であるP型コンタクト層が積層されたものが好適に挙げられる。LEDチップ103を形成させるためにはサファイア基板を有するLEDチップ103の場合、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。SiC基板の場合、基板自体の導電性を利用して一對の電極を形成させることもできる。

#### 【0033】

次に、形成された半導体ウェ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ェハーを割る。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ェ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、外力によってウェハーを割り半導体ウェハーからチップ状にカットする。このようにして窒化物系化合物半導体であるLEDチップ103を形成させることができる。

#### 【0034】

本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、粒子状蛍光体との補色等を考慮してLEDチップ103の主発光波長は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103と粒子状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。

#### 【0035】

##### （パッケージ102）

パッケージ102は、LEDチップ103を凹部内に固定保護する支持体として働く。また、外部との電氣的接続が可能な外部電極104を有する。LEDチップ103の数や大きさに合わせて複数の開口部を持ったパッケージ102とすることもできる。また、好適には遮光機能を持たせるために黒や灰色などの暗色系に着色させる、或いはパッケージ102の発光観測表面側が暗色系に着色されている。パッケージ102は、LEDチップ103をさらに外部環境から保護するためにコーティング部111、112に加えて透光性保護体であるモールド部材106を設けることもできる。パッケージ102は、コーティング部111、112やモールド部材106との接着性がよく剛性の高いものが好ましい。LEDチップ103と外部とを電氣的に遮断させるために絶縁性を有することが望まれる。さらに、パッケージ102は、LEDチップ103などからの熱の影響をうけた場合、モールド部材106との密着性を考慮して熱膨張率の小さい物が好ましい。

#### 【0036】

パッケージ 102 の凹部内表面は、エンボス加工させて接着面積を増やしたり、プラズマ処理してモールド部材との密着性を向上させることもできる。パッケージ 102 は、外部電極 104 と一体的に形成させてもよく、パッケージ 102 が複数に分かれ、はめ込みなどにより組み合わせて構成させてもよい。このようなパッケージ 102 は、インサート成形などにより比較的簡単に形成することができる。パッケージ材料としてポリカーボネート樹脂、ポリフェニレンサルファイド (PPS)、液晶ポリマー (LCP)、ABS 樹脂、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、アクリル樹脂、PBT 樹脂等の樹脂やセラミックなどを用いることができる。また、パッケージ 102 を暗色系に着色させる着色剤としては種々の染料や顔料が好適に用いられる。具体的には、 $\text{Cr}_2\text{O}_3$ 、 $\text{MnO}_2$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  やカーボンブラックなどが好適に挙げられる。

#### 【0037】

LED チップ 103 とパッケージ 102 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、LED チップ 103 を配置固定させると共にパッケージ 102 内の外部電極 104 と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、ITO ペースト、金属バンプ等が好適に用いられる。

#### 【0038】

(外部電極 104)

外部電極 104 は、パッケージ 102 外部からの電力を内部に配置された LED チップ 103 に供給させるために用いられるためのものである。そのためパッケージ 102 上に設けられた導電性を有するパターンやリードフレームを利用したものなど種々のものが挙げられる。また、外部電極 104 は放熱性、電気伝導性、LED チップ 103 の特性などを考慮して種々の大きさに形成させることができる。外部電極 104 は、各 LED チップ 103 を配置すると共に LED チップ 103 から放出された熱を外部に放熱させるため熱伝導性がよいことが好ましい。外部電極 104 の具体的な電気抵抗としては  $300\ \mu \cdot \text{cm}$  以下が好ましく、より好ましくは、 $3\ \mu \cdot \text{cm}$  以下である。また、具体的な熱伝導度は、 $0.01\ \text{cal}/(\text{s})(\text{cm}^2)(\text{cm})$  以上が好ましく、より好ましくは  $0.5\ \text{cal}/(\text{s})(\text{cm}^2)(\text{cm})$  以上である。

#### 【0039】

このような外部電極 104 としては、銅やりん青銅板表面に銀、パラジウム或いは金などの金属メッキや半田メッキなどを施したものが好適に用いられる。外部電極 104 としてリードフレームを利用した場合は、電気伝導度、熱伝導度によって種々利用できるが加工性の観点から板厚  $0.1\ \text{mm}$  から  $2\ \text{mm}$  が好ましい。ガラスエポキシ樹脂やセラミックなどの支持体上などに設けられた外部電極 104 としては、銅箔やタングステン層を形成させることができる。プリント基板上に金属箔を用いる場合は、銅箔などの厚みとして  $18 \sim 70\ \mu\text{m}$  とすることが好ましい。また、銅箔等の上に金、半田メッキなどを施しても良い。

#### 【0040】

(導電性ワイヤー 105)

導電性ワイヤー 105 としては、LED チップ 103 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  $0.01\ \text{cal}/(\text{s})(\text{cm}^2)(\text{cm})$  以上が好ましく、より好ましくは  $0.5\ \text{cal}/(\text{s})(\text{cm}^2)(\text{cm})$  以上である。また、作業性などを考慮して導電性ワイヤー 105 の直径は、好ましくは、 $10\ \mu\text{m}$  以上、 $45\ \mu\text{m}$  以下である。このような導電性ワイヤー 105 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 105 は、各 LED チップ 103 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。

#### 【0041】

(モールド部材 106)

モールド部材 106 は、発光ダイオードの使用用途に応じて LED チップ 103、導電性ワイヤー 105、粒子状蛍光体が含有されたコーティング部 111、112 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 106 は、各種樹脂や硝子などを用いて形成させることができる。モールド部材 106 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、モールド部材に拡散剤を含有させることによって LED チップ 103 からの指向性を緩和させ視野角を増やすこともできる。このような、モールド部材 106 は、コーティング部の結着剤と同じ材料を用いても良いし異なる材料としても良い。以下、本発明の実施例について説明するが、本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。

#### 【0042】

##### 【実施例】

##### (実施例 1)

LED チップとして主発光ピークが 460 nm の  $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$  半導体を用いた。LED チップは、洗浄させたサファイア基板上に 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  $\text{SiH}_4$  と  $\text{Cp}_2\text{Mg}$  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系半導体と P 型導電性を有する窒化ガリウム系半導体を形成し PN 接合を形成させる。半導体発光素子として、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と、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  $\text{InGaIn}$  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。また、P 型導電性を有する半導体は、成膜後 400 °C 以上でアニールさせてある。)

エッチングによりサファイア基板上的 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に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 350  $\mu\text{m}$  角の LED チップを形成させた。

#### 【0043】

一方、インサート成形によりポリカーボネート樹脂を用いてチップタイプ LED のパッケージを形成させた。チップタイプ LED のパッケージ内は、LED チップが配される開口部を備えている。パッケージ中には、銀メッキした銅板を外部電極として配置させてある。パッケージ内部で LED チップをエポキシ樹脂などを用いて固定させる。導電性ワイヤーである金線を LED チップの各電極とパッケージに設けられた各外部電極とにそれぞれワイヤーボンディングさせ電氣的に接続させてある。こうして LED チップが配置されたパッケージを 8280 個形成させた。各パッケージの開口部を除く表面には、レジスト膜が形成されている。8280 個の LED チップが配置されたパッケージを純粋電解質が入った容器中に配置させる。

#### 【0044】

他方、粒子状蛍光体は、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。形成された  $(\text{Y}_{0.8}\text{Gd}_{0.2})_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$  : Ce 蛍光体を  $\text{SiO}_2$  ゼル中に分散させる。

#### 【0045】

次に、酢酸で pH を 5.0 に調整した後、直ちにパッケージが配置された容器中に  $(\text{Y}_{0.8}\text{Gd}_{0.2})_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$  : Ce 蛍光体と  $\text{SiO}_2$  ゼルを一挙に懸濁注入させる (図 2 (A))



。静置後 ( $Y_{0.8}Gd_{0.2}$ )<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub>:Ce 蛍光体が沈降しパッケージ上に沈降する (図 2 (B))。容器内の廃液を除し LED チップ上に粒子状蛍光体が堆積したパッケージを 120 度に加熱した空気で乾燥させる (図 2 (C))。この後に、容器から各発光ダイオードを取り出して発光ダイオードの非発光部に付着した粒子状蛍光体をレジストマスクごと除去することによって LED チップ上とパッケージ底面との膜厚が共に約 40 μm と略等しいコーティング部を形成させることができる。さらに、LED チップや粒子状蛍光体を外部応力、水分及び塵埃などから保護する目的でコーティング部が形成されたパッケージ開口部内にモールド部材として透光性エポキシ樹脂を形成させた。透光性エポキシ樹脂を混入後、150 5 時間にて硬化させた。こうして図 1 の如き発光装置である発光ダイオードを形成させた。

#### 【0046】

得られた発光ダイオードに電力を供給させることによって白色系を発光させることができる。発光ダイオードの正面から色温度、演色性をそれぞれ測定した。色温度 8090 K、Ra (演色性指数) = 87.5 を示した。また、発光光率は 10.8 lm/W であった。さらに、CIE 色度図上の x, y = (0.305, 0.315) ± 0.03 で囲まれた範囲内に、約 8114 個の各発光ダイオードが分布しており歩留まりは、約 98% であった。

#### 【0047】

(比較例 1)

エポキシ樹脂中に ( $Y_{0.8}Gd_{0.2}$ )<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub>:Ce 蛍光体を混合させてノズルから突出させコーティング部を形成させた以外は、実施例 1 と同様にして発光ダイオードを形成させた。形成された発光ダイオードの断面は、コーティング部の端面がはい上がっていると共に粒子状蛍光体の量が不均一であった。こうして形成された発光ダイオードの色度点を実施例 1 と同様に測定した。形成された発光ダイオードの色度点は、LED チップの主発光ピークと蛍光体の主発光波長を結んだ線上に略位置していたが、歩留まりは約 61% にしか過ぎなかった。

#### 【0048】

##### 【発明の効果】

本発明は、発光観測面における色調むらや発光ダイオードごとのバラツキが極めて少ない発光ダイオードを量産性の良く形成させることができる。

##### 【図面の簡単な説明】

【図 1】 図 1 は、本発明の発光装置であるチップタイプ LED の模式的断面図である。

【図 2】 図 2 は、本発明の発光ダイオードを形成させる形成装置を示した模式図である。

##### 【符号の説明】

- 111・・・LED チップ上のコーティング部
- 112・・・支持体上のコーティング部
- 102・・・パッケージ
- 103・・・LED チップ
- 104・・・外部電極
- 105・・・導電性ワイヤー
- 106・・・モールド部材
- 201・・・コーティング部の材料を噴出させる排出手段
- 202・・・容器
- 203・・・ノズルから噴出されたコーティング部の材料
- 204・・・蛍光体膜
- 205・・・加温エアを吹き付ける乾燥装置