

【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 22 年 2 月 25 日 (2010.2.25)

【公開番号】特開 2009-60046 (P2009-60046A)  
 【公開日】平成 21 年 3 月 19 日 (2009.3.19)  
 【年通号数】公開・登録公報 2009-011  
 【出願番号】特願 2007-228178 (P2007-228178)  
 【国際特許分類】

H 0 1 L 33/00 (2010.01)

【F I】

H 0 1 L 33/00 A

【手続補正書】

【提出日】平成 22 年 1 月 6 日 (2010.1.6)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

順に積層された第 1 半導体層、活性層、第 2 半導体層と、前記第 1 半導体層と電氣的に接続された第 1 電極と、第 2 半導体層と電氣的に接続された第 2 電極とを備えた回折格子型発光ダイオードにおいて、

前記第 1 半導体層及び第 2 半導体層の少なくとも一方と前記活性層を貫通する多数の空孔を 2 次元周期的に配置すると共に、非発光再結合速度を  $v_s$  とした場合に前記空孔の配置周期  $a$  が次の式

【数 1】

$$v_s \eta_{in}^{(0)} / a < \frac{(F_\gamma - 1)}{2\sqrt{\pi} K \frac{\sqrt{f}}{(1-f)}} R_{sp}$$

(ただし、 $\eta_{in}^{(0)}$  は空孔を設けない場合の内部量子効率、 $K$  は空孔の配列状態により定まる定数、 $f$  は空孔の 2 次元的充填率、 $R_{sp}$  は空孔を設けた場合の自然放出レート、 $F$  は空孔を設けない構造に対する空孔を設けた構造の光取り出し効率増加比を示す。)

を満たすように設計されることを特徴とする回折格子型発光ダイオード。

【請求項 2】

順に積層された第 1 半導体層、活性層、第 2 半導体層と、前記第 1 半導体層と電氣的に接続された第 1 電極と、第 2 半導体層と電氣的に接続された第 2 電極とを備えた回折格子型発光ダイオードにおいて、

前記第 1 半導体層及び第 2 半導体層の少なくとも一方と前記活性層を貫通する多数の空孔を 2 次元周期的に配置すると共に、その配置周期を前記活性層の発光中心波長の 1.8 倍以上に設定したこと、

を特徴とする回折格子型発光ダイオード。

【請求項 3】

前記活性層の発光中心波長が 470 ~ 570 nm であることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の回折格子型発光ダイオード。

## 【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0004

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0004】

例えば特許文献 1 には、発光ダイオードにフォトリック結晶構造を形成し、外部量子効率を高める方法が記載されている。

フォトリック結晶内では、その周期構造により、結晶中の光のエネルギーに関してバンド構造が形成され、光の伝播が不可能となるエネルギー領域(波長帯、フォトリックバンドギャップ(PBG))が存在する。フォトリックバンドギャップ内の波長を有する光は、周期構造が形成された面内を伝播することができず、この面に垂直な方向にのみ伝播する。フォトリックバンドギャップは、誘電体の屈折率や周期構造の周期により定まる。

## 【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0006

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0006】

フォトリック結晶構造は、半導体層に空孔を 2 次元周期的に形成することにより得られるが、フォトリック結晶と同様の構造であっても回折格子として機能する場合がある。このような構造は一般的に回折格子型構造と呼ばれ、上述のフォトリック結晶構造はフォトリックバンドギャップ型(PBG型)構造と呼ぶ。PBG型構造と回折格子型構造は、発光体の外部量子効率を向上させるメカニズムが異なる。

## 【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0010

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0010】

上記課題を解決するために成された本発明は、

順に積層された第 1 半導体層、活性層、第 2 半導体層と、前記第 1 半導体層と電気的に接続された第 1 電極と、第 2 半導体層と電気的に接続された第 2 電極とを備えた回折格子型発光ダイオードにおいて、

前記第 1 半導体層及び第 2 半導体層の少なくとも一方と前記活性層を貫通する多数の空孔を 2 次元周期的に配置すると共に、非発光再結合速度を  $v_s$  とした場合に前記空孔の配置周期  $a$  が次の式

【数 1】

$$v_s \eta_{in}^{(0)} / a < \frac{(F_r - 1)}{2\sqrt{\pi} K \frac{\sqrt{f}}{(1-f)}} R_{sp}$$

(ただし、 $\eta_{in}^{(0)}$  は空孔を設けない場合の内部量子効率、 $K$  は空孔の配列状態により定まる定数、 $f$  は空孔の 2 次元的充填率、 $R_{sp}$  は空孔を設けた場合の自然放出レート、 $F$  は空孔を設けない構造に対する空孔を設けた構造の光取り出し効率増加比を示す。)を満たすように設計されることを特徴とする。

## 【手続補正 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】 0 0 2 5

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 0 2 5 】

透明電極層 1 8、p 型 GaN 層 1 6、InGaN/GaN 活性層 1 4、n 型 GaN 層 1 2 には、これらの層にほぼ垂直な方向に延びる多数の空孔 2 4 が設けられている。前記空孔 2 4 は、p 型 GaN 層 1 6、InGaN/GaN 活性層 1 4、n 型 GaN 層 1 2 に平行な面内で三角格子状に配置されている。尚、透明電極層 1 8 上に前記 p 型電極 2 0 が設けられている領域には空孔 2 4 は形成されていない。

前記空孔 2 4 は、その径が 8 0 0 nm、深さが 8 5 0 nm、三角格子の一辺の長さは 1  $\mu$ m に設定されており、透明電極層 1 8、p 型 GaN 層 1 6 及び InGaN/GaN 活性層 1 4 を貫通し、n 型 GaN 層 1 2 内で終止するように形成されている。