

【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 01 L 33/00 (2010.01)

【F I】

H 01 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】

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

(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、 $F_\gamma$ 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、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470～570nm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ニ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。

フォトニック結晶内では、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、フォトニックバンドギャップ(PBG))が存在する。フォトニ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。フォトニ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】

フォトニック結晶構造は、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、フォトニ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、上述のフォトニック結晶構造はフォトニ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】

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

(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、 $F_\gamma$ 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18、p型GaN層16、InGaN/GaN活性層14、n型GaN層12には、これらの層にほぼ垂直な方向に延びる多数の空孔24が設けられている。前記空孔24は、p型GaN層16、InGaN/GaN活性層14、n型GaN層12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18上に前記p型電極20が設けられている領域には空孔24は形成されていない。

前記空孔24は、その径が800nm、深さが850nm、三角格子の一辺の長さは1μmに設定されており、透明電極層18、p型GaN層16及びInGaN/GaN活性層14を貫通し、n型GaN層12内で終止するように形成されている。