(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2016 年 6 月 23 日(23.06.2016)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2016/098632 A1

(51) 国際特許分類:
*H01L 33/14* (2010.01) *H01L 33/32* (2010.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2015/084356

(22) 国際出願日: 2015 年 12 月 8 日(08.12.2015)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2014-257859 2014 年 12 月 19 日(19.12.2014) JP

(71) 出願人: 株式会社トクヤマ(**TOKUYAMA CORPORATION**) [JP/JP]; 〒7458648 山口県周南市御影町１番１号 Yamaguchi (JP).

(72) 発明者: 小幡　俊之(**OBATA, Toshiyuki**); 〒7458648 山口県周南市御影町１番１号　株式会社トクヤマ内 Yamaguchi (JP).

(74) 代理人: 田坂　一朗，外(**TASAKA, Kazuaki** et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内三丁目３番１号　新東京ビル２２５区 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

規則 4.17 に規定する申立て:

— 発明者である旨の申立て (規則 4.17(iv))

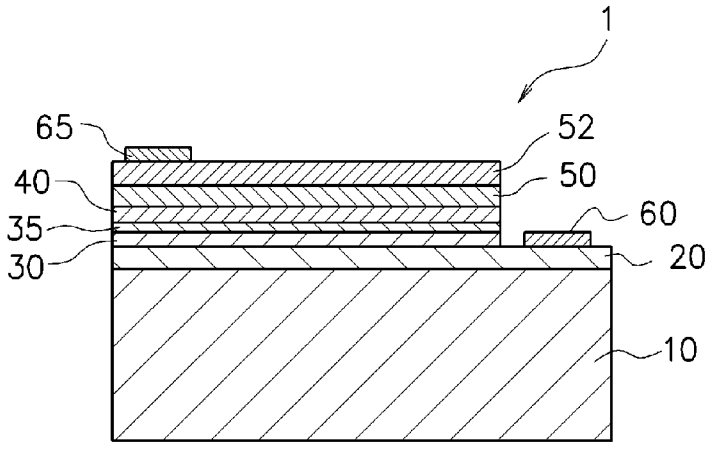
添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

— 補正された請求の範囲及び説明書（条約第 19 条(1)）

(54) **Title**: LIGHT EMITTING ELEMENT

(54) 発明の名称 : 発光素子




(57) **Abstract**: Provided is a light emitting element capable of improving external quantum efficiency by controlling a dopant concentration in an interface between a light emitting layer and another semiconductor layer. This nitride-based semiconductor light emitting element is provided with: a first semiconductor layer 20 of a first conductive type; a second semiconductor layer 50 of a second conductive type; a carrier block layer 40 provided at a side of the first semiconductor layer 20 of the second semiconductor layer 50 and including an impurity of the second conductive type; a light emitting layer 30 provided between the first semiconductor layer 20 and the carrier block layer 40; and a spacer layer 35 provided between the carrier block layer 40 and the light emitting layer 30 and allowing the concentration of the second conductive type impurity around an interface with the light emitting layer 30 to be equal to or less than a prescribed concentration.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2016/098632 A1

発光層と他の半導体層との界面におけるドーパント濃度を制御することで外部量子効率を向上させることができる発光素子を提供する。　窒化物系半導体発光素子は、第１導電型の第１半導体層２０と、第２導電型の第２半導体層５０と、第２半導体層５０の第１半導体層２０側に設けられ、第２導電型の不純物を含むキャリアブロック層４０と、第１半導体層２０とキャリアブロック層４０との間に設けられる発光層３０と、キャリアブロック層４０と発光層３０との間に設けられ、発光層３０との界面近傍の第２導電型の不純物濃度を予め定められた濃度以下にするスペーサー層３５とを備える。

# 明　細　書

## 発明の名称 ： 発光素子

## 技術分野

[0001] 本発明は、発光素子に関する。特に、本発明は、窒化物系化合物半導体の発光素子に関する。

## 背景技術

[0002] 従来、ｎ型層とｐ型層との間に、活性層を有する窒化物半導体素子において、活性層が、ＡｌＩを含む窒化物半導体からなる井戸層と、最もｐ型層側に設けられ、ＡｌＩを含む窒化物半導体からなり、かつ、井戸層よりもバンドギャップエネルギーの大きな窒化物半導体からなるｐ側障壁層と共に、最もｎ型層側に設けられたｎ側障壁層とを有する量子井戸構造であり、活性層が近接して設けられた光ガイド層で挟持されて導波路が形成され、ｐ型層内に設けられた光ガイド層が障壁層よりもバンドギャップエネルギーの小さい窒化物半導体層からなり、活性層とｐ型層内に設けられた光ガイド層の間に、活性層より大きなバンドギャップエネルギーを有するＡｌＩを含む窒化物半導体からなりかつｐ型不純物がドープされたキャリア閉じ込め層を有する窒化物半導体素子が知られている（例えば、特許文献１参照。）。特許文献１に記載の窒化物半導体素子によれば、３８０ｎｍ以下の短波長域において、レーザ発振可能な活性層、導波路構造を提供できる。

[0003] また、ＩｎＧａＮ／ＧａＮ多重量子井戸の障壁層にＭｇをドーピングした発光ダイオードの特性について報告されている（例えば、非特許文献１参照。）。非特許文献１に記載の技術によれば、障壁層にＭｇをドーピングしていない発光ダイオードよりも、Ｍｇをドーピングした発光ダイオードの方が、光出力を向上させることができる。

## 先行技術文献

## 特許文献

[0004] 特許文献1：特許第４１６１６０３号公報

[0005] 非特許文献1：Sang-Heon Han, Chu-Young Cho, Sang-Jun Lee, Tae-Young Park, Tae-Hun Kim, Seung Hyun Park, Sang Won Kang, Je Won Kim, Yong Chun Kim, and Seong-Ju Park, "Effect of Mg doping in the barrier or InGaN/GaN multiple quantum well on optical power of light-emitting diodes", APPLIED PHYSICS LETTERS 96, 051113 (2010)

## 発明の概要

## 発明が解決しようとする課題

[0006] しかし、特許文献１に記載の技術においては、量子井戸の井戸層に所定濃度のドーパントをドーピングすることで発光効率を向上できることが記載されているものの（例えば、特許文献１の段落００７１参照。）、発光層と他の半導体層との界面におけるドーピング濃度には着目していない。また、非特許文献１に記載の技術は、障壁層にＭｇをドーピングすることに着目しているが、この技術も発光層と他の半導体層との界面におけるドーピング濃度には着目していない。

[0007] したがって、本発明の目的は、発光層と他の半導体層との界面におけるドーパント濃度を制御することで外部量子効率を向上させることができる発光素子を提供することにある。

## 課題を解決するための手段

[0008] 本発明は、上記目的を達成するため、第１導電型の第１半導体層と、第１導電型とは異なる第２導電型の第２半導体層と、第２半導体層の第１半導体層側に設けられ、第２導電型の不純物を含むキャリアブロック層と、第１半導体層とキャリアブロック層との間に設けられる発光層と、キャリアブロック層と発光層との間に設けられ、発光層との界面近傍の第２導電型の不純物濃度を予め定められた濃度以下にするスペーサー層とを備える窒化物系半導体発光素子が提供される。

[0009] また、上記窒化物系半導体発光素子において、スペーサー層が、界面近傍の第２導電型の不純物濃度を１×１０$^{17}$ｃｍ$^{-3}$以下に制御することもできる。

[0010] また、上記窒化物系半導体発光素子において、発光層が、障壁層と井戸層とが交互に積層される量子井戸層であり、スペーサー層が、井戸層に接し、スペーサー層と井戸層との界面の第２導電型の不純物濃度が１×１０$^{17}$ｃｍ$^{-3}$以下であってもよい。

[0011] また、上記窒化物系半導体発光素子において、第１半導体層が、半導体基板の上に設けられ、第１半導体層、第２半導体層、発光層、スペーサー層、及びキャリアブロック層が、ＡｌＧａＮ系半導体を含んで構成されてもよい。

[0012] また、上記窒化物系半導体発光素子において、半導体基板が、ＡｌＮ基板であり、第１半導体層が、ＡｌＮ基板のＣ面上に設けられてもよい。

[0013] また、上記窒化物系半導体発光素子において、第２導電型の不純物が、Ｍｇ、Ｚｎ、Ｃａ、Ｃ、又はＢｅであってもよい。

## 発明の効果

[0014] 本発明に係る発光素子によれば、発光層と他の半導体層との界面におけるドーパント濃度を制御することで外部量子効率を向上させることができる発光素子を提供できる。

## 図面の簡単な説明

[0015] [図1]本実施の形態に係る発光素子の断面の概要図である。

[図2]本実施の形態に係る発光層近傍の断面図である。

[図3]本実施の形態に係る発光素子を構成する半導体層のエネルギーバンド図の一部の概要図である。

[図4]実施例に係る発光素子、及び比較例に係る発光素子におけるサブピーク発光の強度とＭｇ濃度との関係を示す図である。

## 発明を実施するための形態

[0016] ［実施の形態］

図１は、本発明の実施の形態に係る発光素子の断面の概要の一例を示す。また、図２は、本発明の実施の形態に係る発光層近傍の断面の概要の一例を示す。なお、本実施の形態において説明する図はあくまでも概要図であり、

各図に示す各半導体層の厚さ、及びサイズ等は、実際の厚さ及びサイズ等を反映しているとは限らない。

[0017] （発光素子１の構造の概要）

本実施の形態に係る発光素子１は、例えば、主としてＧａＮ系、若しくはＡｌＧａＮ系のＩＩＩ－Ｖ族化合物半導体を用いて構成され、深紫外領域の光を放射する発光素子としての発光ダイオード（Ｌｉｇｈｔ　Ｅｍｉｔｔｉｎｇ　Ｄｉｏｄｅ：ＬＥＤ）あるいはレーザダイオードである。発光素子１は、一例として、平面視にて矩形状を有する。発光素子１は、基板１０と、基板１０の上に設けられる第１導電型の第１半導体層２０と、第１半導体層２０の上に設けられる発光層３０と、発光層３０の上に設けられるスペーサー層３５と、スペーサー層３５の上に設けられるキャリアブロック層４０と、キャリアブロック層４０の上に設けられ、第１導電型とは異なる第２導電型の第２半導体層５０と、第２半導体層５０の上に設けられる第３半導体層５２とを備える。

[0018] なお、本実施の形態において「一の半導体層の上に他の半導体層が設けられる」と記載する場合、一の半導体層の直上に他の半導体層が設けられる形態と、一の半導体層と他の半導体層との間に更に他の半導体層が設けられる形態（つまり、一の半導体層の上方に他の半導体層が設けられる形態）とを含むものとする。

[0019] また、発光素子１は、第１半導体層２０の基板１０側の反対側の一部の領域に設けられる第１電極６０と、第３半導体層５２の第２半導体層５０側の反対側の面の一部の領域に設けられる第２電極６５とを備える。

[0020] ここで、第１半導体層２０は第１導電型の不純物としてのドーパントを含み、第２半導体層５０及び第３半導体層５２はそれぞれ、第１導電型とは異なる第２導電型のドーパントを含んで構成される。そして、本実施の形態において、キャリアブロック層４０は、第２導電型のドーパントを含んで構成される。また、発光層３０は、一例として、交互に積層された井戸層と障壁層とを含む量子井戸層を有して構成される。

[0021] スペーサー層３５は、発光層３０とキャリアブロック層４０との間に設けられ、発光層３０とスペーサー層３５との界面近傍における第２導電型の不純物濃度を予め定められた濃度以下に調整する。例えば、スペーサー層３５は、発光層３０のキャリアブロック層４０側の井戸層と接して設けられ、キャリアブロック層４０からの不純物をキャリアブロック層４０に最も近い位置の井戸層とスペーサー層３５との界面近傍若しくは界面に実質的に到達させない機能及び構成を有する。

[0022] 本発明者は、発光素子を構成する各半導体層中におけるドーパントの挙動、ドーパントの各半導体層に対する影響、及び外部量子効率に与えるドーパント濃度の影響等を検討する過程において、発光層のみならず、発光層３０を構成する井戸層であって、キャリアブロック層４０に最も近い側の井戸層とスペーサー層３５（又は、キャリアブロック層４０に最も近い側に設けられるアンドープ半導体層）との界面近傍にキャリアブロック層４０から拡散してくるドーパントを実質的に存在させないようにすると、発光素子１の外部量子効率が向上する現象を初めて見出し、本発明を創出するに至った。以下、実施の形態に沿って詳細を説明する。

[0023]（発光素子１の構造の詳細）

一例として、第１導電型がｎ型であり、第２導電型がｐ型である例を説明する。

[0024]（基板１０）

基板１０は、予め定められた厚さ及び面方位を有する半導体基板、若しくはサファイア等の単結晶基板である。例えば、基板１０として半導体基板を用いる場合、炭化ケイ素（ＳｉＣ）基板、窒化ガリウム（ＧａＮ）基板、又は高熱伝導性を有する窒化アルミニウム（ＡｌＮ）基板等を用いることができる。本実施の形態では、格子整合する基板を用いることで転位等の結晶欠陥の発生を防ぎ、高品質な半導体層を積層する事を目的として、一例として、Ｃ面のＡｌＮ基板を基板１０として用いる。なお、基板１０にサファイア等の第１半導体層２０の格子定数とは大きく異なる格子定数を有する材料を

用いる場合、基板１０と第１半導体層２０との間にバッファ層を設けることもできる。

[0025]（各半導体層）

第１半導体層２０、発光層３０、スペーサー層３５、キャリアブロック層４０、第２半導体層５０、及び第３半導体層５２はこの順に積層され、それぞれ、主として窒化物系化合物半導体を用いて構成される。これらの半導体層は、例えば、$Al_xGa_{1-x}N$（ただし、０≦ｘ≦１）で表される化合物半導体から構成される。ここで、キャリアブロック層４０は、第１半導体層２０側から伝搬してくるキャリア（例えば、電子）が第２半導体層５０側に伝搬することを抑制する半導体層である。

[0026] 具体的に、第１半導体層２０は、ｎ型ドーパントを含むＡｌＧａＮ系化合物半導体から形成される。また、キャリアブロック層４０、第２半導体層５０、及び第３半導体層５２は、ｐ型ドーパントを含むＡｌＧａＮ系化合物半導体から形成される。

[0027] より具体的に、第１半導体層２０は、Ｓｉ、Ｓｅ等のｎ型ドーパントを所定の濃度含む$Al_xGa_{1-x}N$（ただし、０≦ｘ≦１）から形成される。一例として、第１半導体層２０は、ｎ型ドーパントを含む$Al_{0.75}Ga_{0.25}N$層から形成される。第１半導体層２０に含まれるｎ型ドーパントの濃度は、１×$10^{17}$$cm^{-3}$以上５×$10^{20}$$cm^{-3}$以下である。

[0028] キャリアブロック層４０は、Ｍｇ、Ｚｎ、Ｃａ、Ｃ、又はＢｅ等のｐ型ドーパントを所定の濃度含む$Al_xGa_{1-x}N$（ただし、０≦ｘ≦１）から形成される。本実施の形態においてキャリアブロック層４０は、第１半導体層２０側から伝搬してくるキャリアの第２半導体層５０側への伝搬を抑制する機能を有するので、他の半導体層よりバンドギャップの大きい材料を用いて形成することが好ましい。一例として、キャリアブロック層４０は、ｐ型ドーパントを含むＡｌＮから形成される。キャリアブロック層４０に含まれるｐ型ドーパントの濃度は、１×$10^{18}$$cm^{-3}$以上５×$10^{20}$$cm^{-3}$以下である。

[0029] また、第２半導体層５０及び第３半導体層５２は、ｐ型ドーパントを所定の濃度含む$Al_xGa_{1-x}N$（ただし、０≦ｘ≦１）から形成される。ここで、第２半導体層５０はクラッド層としての機能を有し、第３半導体層５２はコンタクト層としての機能を有する。一例として、第２半導体層５０は、ｐ型ドーパントを含む$Al_{0.8}Ga_{0.2}N$から形成され、第３半導体層５２は、ｐ型ドーパントを含むＧａＮから形成される。第２半導体層５０に含まれるｐ型ドーパントの濃度は、$1\times10^{17}cm^{-3}$以上$5\times10^{20}cm^{-3}$以下であり、第３半導体５２に含まれるｐ型ドーパントの濃度は、$1\times10^{17}cm^{-3}$以上$5\times10^{20}cm^{-3}$以下である。

[0030] 発光層３０は、外部から電流が供給されると所定の範囲の波長の光を発する。具体的に、発光層３０は、深紫外領域を含む波長の光（例えば、発光ピーク波長で２００ｎｍ以上３５０ｎｍ以下の光）を発する構成を有する。ここで発光層３０は、第１半導体層２０とキャリアブロック層４０との間、具体的には第１半導体層２０とスペーサー層３５との間に、障壁層（例えば、障壁層３００）と井戸層（例えば、井戸層３０２、井戸層３０４）とが交互に積層される量子井戸構造を有して形成される。一例として、発光層３０は、ｎ型ドーパントを含む障壁層としての$Al_{0.65}Ga_{0.35}N$層と、アンドープの井戸層としての$Al_{0.50}Ga_{0.50}N$層とのペアを含む。そして、キャリアブロック層４０と発光層３０との間に、一例として、アンドープの$Al_{0.65}Ga_{0.35}N$からなるスペーサー層３５が形成される。

[0031] なお、発光層３０は、障壁層と井戸層とのペアを複数含む多重量子井戸構造（すなわち、障壁層と井戸層とが交互に複数積層される構造）を有することもできる。また、障壁層に含まれるｎ型ドーパントの濃度は、$1\times10^{17}cm^{-3}$以上$5\times10^{20}cm^{-3}$以下である。ここで障壁層はｎ型ドーパントを含くんでも含まなくても良い。また、本実施の形態において「アンドープ」の半導体層とは、製造過程においてドーパントを積極的には添加せずに形成される半導体層であって、不可避的不純物を含むことを排除するものではない。

[0032] ここで、本実施の形態においては、量子井戸構造のキャリアブロック層４０に最も近い位置の井戸層３０４とスペーサー層３５との界面、及び井戸層３０４には、キャリアブロック層４０から拡散してくるｐ型ドーパントが実質的に含まれない。すなわち、スペーサー層３５は、キャリアブロック層４０から井戸層３０４に向けて拡散するドーパントの大部分を、スペーサー層３５内にとどめる機能を有する。キャリアブロック層４０にドーピングされたｐ型ドーパント中には、スペーサー層３５中を井戸層３０４側に向けて拡散するｐ型ドーパントが存在する。本実施の形態に係るスペーサー層３５は、スペーサー層３５及びスペーサー層３５に隣接する各半導体層を予め定められた成長条件で形成することで、井戸層３０４に向けて拡散してくるドーパントをその内部にとどめることができる。

[0033] 具体的に、キャリアブロック層４０、スペーサー層３５、及び井戸層３０４（並びに井戸層３０４とスペーサー層３５との界面）におけるｐ型ドーパントの濃度プロファイルを調整し、井戸層３０４とスペーサー層３５との界面にｐ型ドーパントが実質的に到達しないように、アンドープ層としてのスペーサー層３５は形成される。より具体的に、スペーサー層３５と発光層３０との界面近傍（すなわち、スペーサー層３５と井戸層３０４との界面）における第２導電型の不純物濃度を、$１\times１０^{17}ｃｍ^{-3}$以下に制御することが好ましい。なお、スペーサー層３５は、キャリアブロック層４０と同程度の厚さ、若しくはキャリアブロック層４０より厚く形成される共に、発光層３０が有する井戸層及び障壁層より厚く形成されることが好ましい。

[0034] （第１電極６０、第２電極６５）

第１電極６０は、第１半導体層２０にオーミック接合する材料から形成される。同様に、第２電極６５は、第３半導体層５２にオーミック接合する材料から形成される。また、第１電極６０及び第２電極６５はそれぞれ、単一材料から構成される電極層、又は一部が異なる材料から構成される複数の電極層の組合せを含んで構成される。

[0035] 例えば、第１電極６０は、第１半導体層２０がｎ型半導体である場合、第

１半導体層２０側から所定の厚さを有するＴｉ層、ＡｌＩ層、及びＡｕ層をこの順で形成することで構成される。また、第２電極６５は、第３半導体層５２がｐ型半導体である場合、第３半導体層５２側から所定の厚さを有するＮｉ層、及びＡｕ層をこの順で形成することで構成される。なお、第１電極６０及び第２電極６５を構成する材料はこれらに限られず、第１半導体層２０及び第３半導体層５２にオーミック接合する材料であれば、他の金属材料、導電性酸化物材料、及び／又は導電性高分子材料等を用いることもできる。

[0036] 図３は、本実施の形態に係る発光素子を構成する半導体層のエネルギーバンド図の一部の概要を示す。

[0037] 図３においては、発光素子１を形成する半導体層の一部の概念的なバンド図１００と共に、ドーパントの濃度プロファイル１１０の概要を示す。図３は、左側から第２半導体層５０の一部、キャリアブロック層４０、スペーサー層３５、及び井戸層３０４の順で各半導体層が設けられている様子を示す。本実施の形態においては、キャリアブロック層４０内に、ｐ型ドーパント濃度が少なくともキャリアブロック層４０とスペーサー層３５との二つの層中で最大となる領域が存在している。そして、スペーサー層３５の厚さ方向において、キャリアブロック層４０側からキャリアブロック層４０に最も近い井戸層３０４側に向かうにつれて当該濃度は徐々に減少する。

[0038] そして、本実施の形態では、発光素子１のサブピーク発光を抑制して外部量子効率を向上させることを目的として、スペーサー層３５と井戸層３０４との界面若しくは界面近傍に、ｐ型ドーパントを実質的に存在させないこと、若しくは当該界面におけるｐ型ドーパント濃度を極めて低くすること（例えば、不純物濃度を$1\times10^{17}cm^{-3}$以下にすること）が好ましい。このような濃度プロファイル１１０は、キャリアブロック層以降の各半導体層を形成する過程で、所定の成長温度の昇降プロファイルで到達した所定の成長温度下において、所定のドーパントを所定のドーピング速度で各半導体層にドープしつつ、所定の厚さを有する半導体層の成長を実行することで実現できる。より具体的にはキャリアブロック層を含む第２導電型層の成長時間の短

縮（好ましくは９０分以内）や、第２導電型層の成長温度の低温化（好ましくは１０３０℃以下）、あるいは第２導電型不純物濃度の低濃度化、キャリアブロック層のアンドープ化乃至は、第２導電型不純物のドーピング開始を遅らせる等の方策が挙げられる。

[0039] （発光素子１の製造方法）

以下、本実施の形態に係る発光素子１の製造方法の一例を説明する。

[0040] まず、基板１０の上に、例えば、有機金属気相成長法（Ｍｅｔａｌ Ｏｒｇａｎｉｃ Ｃｈｅｍｉｃａｌ Ｖａｐｏｒ Ｄｅｐｏｓｉｔｉｏｎ：ＭＯＣＶＤ法）によって複数の化合物半導体層を含むＡｌＧａＮ系の半導体積層構造を形成する。具体的には、基板１０の上に、ｎ型ドーパントがドープされた$Al_xGa_{1-x}N$（ただし、０≦ｘ≦１。以下同じ。）を有する第１半導体層２０と、ｎ型ドーパントがドープされた$Al_xGa_{1-x}N$を有する障壁層、及びアンドープの$Al_xGa_{1-x}N$を有する井戸層を所定のペア数有する発光層３０と、アンドープの$Al_xGa_{1-x}N$を有するスペーサー層３５と、ｐ型ドーパントがドープされた$Al_xGa_{1-x}N$を有するキャリアブロック層４０と、ｐ型ドーパントがドープされた$Al_xGa_{1-x}N$を有する第２半導体層５０と、ｐ型ドーパントがドープされた$Al_xGa_{1-x}N$を有する第３半導体層５２とをＭＯＣＶＤ法を用いて所定の成長温度、所定の成長時間でこの順に形成する。これにより、基板１０の上に半導体積層構造が形成されたエピタキシャルウエハが形成される。

[0041] なお、ＭＯＣＶＤ法において用いる原料は、トリメチルガリウム（ＴＭＧａ）、トリエチルガリウム（ＴＥＧａ）、トリメチルアルミニウム（ＴＭＡｌ）、トリエチルアルミニウム（ＴＥＡｌ）等の有機金属化合物、及びアンモニア（$NH_3$）を用いることができる。更に、ｎ型のドーパントの原料は、トリエチルシラン（ＴＥＳｉ）等を用いることができる。そして、ｐ型のドーパントの原料は、ビスシクロペンタジエニルマグネシウム（$Cp_2Mg$）等を用いることができる。

[0042] また、ｎ型のドーパントの原料として、セレン化水素（$H_2Se$）、ジシラ

ン（$Si_2H_6$）、モノシラン（$SiH_4$）、ジエチルテルル（ＤＥＴｅ）、又はジメチルテルル（ＤＭＴｅ）を用いることもできる。そして、ｐ型のドーパントとしてＺｎを用いる場合、その原料として、ジメチルジンク（ＤＭＺｎ）又はジエチルジンク（ＤＥＺｎ）を用いることもできる。キャリアガスとしては水素、又は窒素等を用いることができる。

[0043] また、基板１０の上の半導体積層構造は、分子線エピタキシー法（Ｍｏｌｅｃｕｌａｒ　Ｂｅａｍ　Ｅｐｉｔａｘｙ：ＭＢＥ）等の他の半導体層形成方法を用いて形成することもできる。

[0044] 次に、エピタキシャルウエハをＭＯＣＶＤ装置から搬出した後、基板１０の上に形成された半導体積層構造に、所定の雰囲気下、所定の温度で所定時間、熱処理を施す。続いて、フォトリソグラフィー法を用い、半導体積層構造の第３半導体層５２の表面の一部を露出させる開口部を有するフォトレジストパターンを形成する。そして、開口部に対しエッチング処理を施す。エッチング処理は、湿式エッチング、及び／又は乾式エッチング（例えば、反応性イオンエッチング）を用いて実行できる。そして、開口部に対応する第３半導体層５２の表面から第１半導体層２０の表面が露出するまでエッチング処理を実行することで、エッチング処理済み半導体積層構造が形成される。

[0045] 続いて、エッチング処理済み半導体積層構造に洗浄処理を施すことでフォトレジストパターンを除去する。フォトレジストパターンを除去した後、フォトリソグラフィー法を用い、外部に露出した第１半導体層２０の表面の所定の領域に所定形状の開口を有するフォトレジストパターンを形成する。そして、この開口に、真空蒸着法（例えば、抵抗加熱法、電子ビーム蒸着法、又はスパッタ法等）を用い、第１電極６０を形成する。第１電極６０の形成に用いたフォトレジストパターンを除去、洗浄後、第１電極６０が形成されたエッチング処理済み半導体積層構造に、不活性雰囲気下若しくは活性雰囲気下、所定の温度で所定時間、アニール処理を施すことで、第１電極６０を有する半導体積層構造が形成される。

[0046] 次に、フォトリソグラフィー法を用い、第１電極６０を有する半導体積層構造の第３半導体層５２の表面の所定の領域に所定形状の開口を有するフォトレジストパターンを形成する。そして、第１電極６０の形成と同様に真空蒸着法を用いて第２電極６５を形成する。第２電極６５の形成に用いたフォトレジストパターンを除去、洗浄後、第２電極６５が形成された半導体積層構造に、活性雰囲気下若しくは不活性雰囲気下、所定の温度で所定時間、アニール処理を施すことで、発光素子構造を有するウェーハが形成される。

[0047] そして、ダイシング装置等のウエハを切断する装置を用い、得られたウエハを所定寸法の矩形状に切り出すことで、本実施の形態に係る発光素子１が製造される。

[0048] なお、発光素子１が備える各半導体層は、各半導体層を構成する化合物半導体層の導電型を、本実施の形態の反対にすることもできる。例えば、第１導電型をｐ型にすると共に、第２導電型をｎ型にすることもできる。

[0049] 本実施の形態においては深紫外光に相当する波長の光を発する発光素子１について説明したが、発光層３０を構成する化合物半導体の組成、及び／又は量子井戸構造等を制御することで、紫外光、青色光、緑色光等の深紫外光とは異なる光に相当する波長の光を発する発光素子を形成することもできる。そして、発光層３０は、アンドープ若しくは所定のドーパントがドーピングされた活性層、単一量子井戸構造、若しくは多重量子井戸構造から形成することもできる。

[0050] また、発光素子１の平面形状は上記の実施形態に限られない。例えば、発光素子１の平面寸法を、縦寸法の方が横寸法より短くなるように設計すると、発光素子１の平面視における形状は、略長方形となる。

[0051] また、本実施の形態では発光ダイオード構造を例に挙げて説明したが、本実施の形態に係る半導体積層構造を有した半導体レーザを形成することもできる。

[0052] （実施の形態の効果）

本実施の形態に係る発光素子１は、キャリアブロック層４０に最も近い側

の井戸層３０４とスペーサー層３５との界面にドーパントを実質的に存在させないこと、若しくは予め定められた不純物濃度に制御することで、発光素子１の外部量子効率を向上させることができる。

## 実施例

[0053] 実施例１においては、本発明の実施の形態に係る製造工程で製造した発光素子１と同様に図１に示した構造を備えると共に、以下の構造を有する発光素子を製造した。

[0054] まず、基板１０として、一辺７ｍｍ角であり、５００μｍの厚さを有するＣ面のＡｌＮ基板を準備した。そして、このＡｌＮ基板をＭＯＣＶＤ装置にセットした。次に、ＭＯＣＶＤ法により、ＡｌＮ基板の上に第１半導体層２０として、１．０μｍの厚さを有し、Ｓｉがドープされた$Al_{0.75}Ga_{0.25}N$層を形成した（ただし、Ｓｉ濃度は、$1\times10^{19}cm^{-3}$である。）。そして、第１半導体層２０の上に、発光層３０として障壁層と井戸層とを有する量子井戸層を形成した。

[0055] 障壁層としては、７ｎｍの厚さを有し、ＳｉがドープされたＡｌ$_{0.65}$Ｇａ$_{0.35}$Ｎ層を形成すると共に、井戸層としては、４ｎｍの厚さを有し、アンドープのＡｌ$_{0.5}$Ｇａ$_{0.5}$Ｎ層を形成した（ただし、障壁層のＳｉ濃度は、$1\times10^{18}cm^{-3}$である。）。また、量子井戸層は、３層の井戸層と、３層の障壁層とを含む構成とした。すなわち、第１半導体層２０の側から障壁層と井戸層とからなるペアを３組形成した。なお、各障壁層は、組成、厚みとも同一にした。同様に、各井戸層も、組成、厚みとも同一にした。更に、発光層３０の上にスペーサー層３５を形成した。スペーサー層３５としては、２０ｎｍの厚さを有し、アンドープのＡｌ$_{0.65}$Ｇａ$_{0.35}$Ｎ層を形成した。

[0056] 次に、スペーサー層３５の上にキャリアブロック層４０として、１５ｎｍの厚さを有し、ＭｇがドープされたＡｌＮ層を形成した（ただし、Ｍｇ濃度は$5\times10^{19}cm^{-3}$であり、ＡｌＮのバンドギャップは６．００ｅＶである。）。そして、キャリアブロック層４０上に第２半導体層５０として、３５ｎｍの厚さを有し、ＭｇがドープされたＡｌ$_{0.80}$Ｇａ$_{0.20}$Ｎ層を形成した（

ただし、Ｍｇ濃度は５×１０$^{19}$ｃｍ$^{-3}$である。）。この第２半導体層５０はｐ型クラッド層として機能する半導体層である。更に、第２半導体層５０の上に第３半導体層５２として、７０ｎｍの厚さを有し、Ｍｇがドープされた ＧａＮ層を形成した（ただし、Ｍｇ濃度は２×１０$^{19}$ｃｍ$^{-3}$であり、ＧａＮのバンドギャップは３．４０ｅＶである。）。この第３半導体層５２はｐ型コンタクト層として機能する半導体層である。このようにして、ＡｌＮ基板の上に半導体積層構造を形成した（以下、単に「半導体積層構造」と称する。）。

[0057] 続いて、発光素子構造に、窒素雰囲気中、２０分間、９００℃の条件で熱処理を施した。そして、第３半導体層５２（すなわち、ｐ型コンタクト層）の表面にフォトリソグラフィー法を用い、予め定められた形状の開口部を有するフォトレジストパターンを形成した。次に、第１半導体層２０の表面が露出するまで、この開口部に対し反応性イオンエッチング処理を施した。その後、第１半導体層２０の表面に真空蒸着法により第１電極６０を形成した。具体的に、第１半導体層２０側からＴｉ層（ただし、厚さは２０ｎｍである。）、Ａｌ層（ただし、厚さは２００ｎｍである。）、及びＡｕ層（ただし、厚さは５ｎｍである。）をこの順に形成することで第１電極６０を形成した。そして、第１電極６０が形成された半導体積層構造に対し、窒素雰囲気中、１分間、８１０℃の条件で熱処理を施した。

[0058] 次に、第３半導体層５２の表面に真空蒸着法により第２電極６５を形成した。具体的に、第３半導体層５２側からＮｉ層（ただし、厚さは２０ｎｍである。）、及びＡｕ層（ただし、厚さは５０ｎｍである。）をこの順に形成することで第２電極６５を形成した。そして、第２電極６５が形成された半導体積層構造に対し、酸素雰囲気中、３分間、５５０℃の条件で熱処理を施した。これにより、発光構造を有するウエハを製造した。

[0059] そして、ダイシング装置を用い、当該ウエハから７００μｍ角のチップを切り出すことで、実施例１に係る窒化物半導体発光素子を作製した。

[0060] そして、作製した実施例１に係る窒化物半導体発光素子の特性を評価した

。

[0061] ここで、各半導体層の組成評価は、Ｘ線回折法（ＸＲＤ）、透過型電子顕微鏡によるエネルギー分散型Ｘ線分析法（Ｔｒａｎｓｍｉｓｓｉｏｎ Ｅｌｅｃｔｒｏｎ Ｍｉｃｒｏｓｃｏｐｅ－Ｅｎｅｒｇｙ Ｄｉｓｐｅｒｓｉｖｅ Ｘ－ｒａｙ ｓｐｅｃｔｒｏｍｅｔｒｙ：ＴＥＭ－ＥＤＸ）、及び３次元アトムプローブ法（３Ｄｉｍｅｎｓｉｏｎａｌ Ａｔｏｍ Ｐｒｏｂｅ：３ＤＡＰ）を用いた。また、各半導体層のドーパント濃度の評価については、二次イオン質量分析計（Ｓｅｃｏｎｄａｒｙ Ｉｏｎ－ｍｉｃｒｏｐｒｏｂｅ Ｍａｓｓ Ｓｐｅｃｔｒｏｍｅｔｅｒ：ＳＩＭＳ）を用いて実施した。更に、発光層３０の発光波長の評価については、フォトルミネッセンス法（ＰＬ法）を用いた。これらの分析手法を用いることで、各半導体層の組成、及びドーパント濃度は上記のとおりであることを確認した。

[0062] また、最終井戸層（すなわち、キャリアブロック層に最も近い側の井戸層３０４）とスペーサー層３５との界面におけるＭｇ濃度を評価した。その結果、実施例１に係る発光素子１においては、当該界面におけるＭｇ濃度が４．３６×１０$^{16}$ｃｍ$^{-3}$であり、当該界面にドーパントとしてのＭｇが実質的に到達していないことが示された。

[0063] ここで、発光素子１の外部量子効率は、内部量子効率と注入効率との積に比例して決定される。内部量子効率は、発光層（例えば、量子井戸を構成する井戸層）の結晶品質に依存しており、発光層の結晶品質が高い場合、結晶品質が低い場合よりも内部量子効率は向上する。一方注入効率はＬＥＤの構造自身、例えばｎ型層、ｐ型層のドーパント濃度、組成、膜厚等のＬＥＤの設計値に依存する。その結果、同一構造においては内部量子効率の増加により発光素子１の外部量子効率も向上する。発光層の結晶品質の低下に伴って外部量子効率が低下する理由は、結晶品質の低下により発生する結晶欠陥における非発光遷移の増加に起因すると考えられる。そして、発光素子１の発光波長を分析した場合、非発光遷移の増加は、主ピーク波長とは異なる波長領域におけるサブピーク発光の強度の増加により観察される。と同時にサブ

ピーク発光強度の増加にしたがい、主ピーク波長の発光強度の低下が観察される。ゆえにサブピーク発光の強度が増えるにしたがって、外部量子効率は低下する。

[0064] そこで、実施例２、及び比較例１～４に係る発光素子をそれぞれ製造した。実施例２、及び比較例１～４に係る発光素子は、最終井戸層とスペーサー層３５との界面におけるＭｇ濃度を変化させた点を除き、実施例１に係る発光素子１と略同様の構造を備える。

[0065] 図４は、実施例に係る発光素子、及び比較例に係る発光素子におけるサブピーク発光の強度とＭｇ濃度との関係を示す図である。具体的に図４は、Ｘ軸が最終井戸層とスペーサー層３５との界面におけるＭｇ濃度を示し、Ｙ軸がサブピーク発光の強度（ただし、１０ｍＡ駆動時。単位はａ．ｕ．）を示す。また、表１に、実施例及び比較例それぞれについて、当該界面におけるＭｇ濃度とサブピーク強度とを示す。

[0066] [表1]

| | 最終障壁層／最終井戸層界面におけるMg濃度（$cm^{-3}$） | 10mA駆動時のサブピーク発光強度（a. u. ） |
|---|---|---|
| 実施例1 | 4.36E+16 | 0.04 |
| 実施例2 | 6.09E+16 | 1.60 |
| 比較例1 | 1.83E+17 | 4.41 |
| 比較例2 | 2.80E+17 | 5.91 |
| 比較例3 | 2.81E+17 | 7.58 |
| 比較例4 | 1.98E+17 | 8.72 |

[0067] 図４を参照して分かるように、最終井戸層とスペーサー層３５との界面におけるＭｇ濃度が高くなると、サブピーク強度も高くなる傾向があることが示された。すなわち、当該界面におけるＭｇ濃度が高くなると、発光素子の非発光遷移が増加し、外部量子効率が低下することが示された。換言すれば

、当該界面にドーパントとしてのＭｇをキャリアブロック層から実質的に到達させないこと（若しくは、当該界面にドーパントを実質的に存在させないこと）により、発光素子の外部量子効率を向上できることが示された。

[0068] そして、最終井戸層とスペーサー層３５との界面におけるドーパント濃度が$1\times10^{17}cm^{-3}$以下、好ましくは$7\times10^{16}cm^{-3}$以下に制御することで、サブピーク発光の強度を大幅に抑制でき、発光素子の外部量子効率が大幅に向上すること（少なくとも、サブピーク強度が「２（ａ．ｕ．）」以下になること）が示された。

[0069] 以上、本発明の実施の形態及び実施例を説明したが、上記に記載した実施の形態及び実施例は特許請求の範囲に係る発明を限定するものではない。また、実施の形態及び実施例の中で説明した特徴の組合せのすべてが発明の課題を解決するための手段に必須であるとは限らない点に留意すべきである。更に、上記した実施形態及び実施例の技術的要素は、単独で適用されてもよいし、複数の部分に分割されて適用されるようにすることもできる。

## 符号の説明

[0070] １　発光素子

１０　基板

２０　第１半導体層

３０　発光層

３５　スペーサー層

４０　キャリアブロック層

５０　第２半導体層

５２　第３半導体層

６０　第１電極

６５　第２電極

１００　バンド図

１１０　濃度プロファイル

３００　障壁層

３０２　井戸層

３０４　井戸層

# 請求の範囲

[請求項1] 第１導電型の第１半導体層と、

前記第１導電型とは異なる第２導電型の第２半導体層と、

前記第２半導体層の前記第１半導体層側に設けられ、前記第２導電型の不純物を含むキャリアブロック層と、

前記第１半導体層と前記キャリアブロック層との間に設けられる発光層と、

前記キャリアブロック層と前記発光層との間に設けられ、前記発光層との界面近傍の前記第２導電型の不純物濃度を予め定められた濃度以下にするスペーサー層と

を備える窒化物系半導体発光素子。

[請求項2] 前記スペーサー層が、前記界面近傍の前記第２導電型の不純物濃度を１×１０$^{17}$ｃｍ$^{-3}$以下に制御する請求項１に記載の窒化物系半導体発光素子。

[請求項3] 前記発光層が、障壁層と井戸層とが交互に積層される量子井戸層であり、

前記スペーサー層が、前記井戸層に接し、前記スペーサー層と前記井戸層との界面の前記第２導電型の不純物濃度が１×１０$^{17}$ｃｍ$^{-3}$以下である請求項１又は２に記載の窒化物系半導体発光素子。

[請求項4] 前記第１半導体層が、半導体基板の上に設けられ、

前記第１半導体層、前記第２半導体層、前記発光層、及び前記キャリアブロック層が、ＡｌＧａＮ系半導体を含んで構成される請求項１～３のいずれか１項に記載の窒化物系半導体発光素子。

[請求項5] 前記半導体基板が、ＡｌＮ基板であり、

前記第１半導体層が、前記ＡｌＮ基板のＣ面上に設けられる請求項４に記載の窒化物系半導体発光素子。

[請求項6] 前記第２導電型の不純物が、Ｍｇ、Ｚｎ、Ｃａ、Ｃ、又はＢｅである請求項１～５のいずれか１項に記載の窒化物系半導体発光素子。

# 補正された請求の範囲
[2016年4月4日(04.04.2016)国際事務局受理]

[請求項 1] （補正後）第１導電型の第１半導体層と、

前記第１導電型とは異なる第２導電型の第２半導体層と、

前記第２半導体層の前記第１半導体層側に設けられ、前記第２導電型の不純物を含むキャリアブロック層と、

前記第１半導体層と前記キャリアブロック層との間に設けられる発光層と、

前記キャリアブロック層と前記発光層との間に設けられ、前記発光層との界面近傍の前記第２導電型の不純物濃度を予め定められた濃度以下にするスペーサー層と

を備え、

前記スペーサー層が、前記界面近傍の前記第２導電型の不純物濃度を$1\times10^{17}cm^{-3}$以下に制御する窒化物系半導体発光素子。

[請求項 2] （補正後）前記発光層が、障壁層と井戸層とが交互に積層される量子井戸層であり、

前記スペーサー層が、前記井戸層に接し、前記スペーサー層と前記井戸層との界面の前記第２導電型の不純物濃度が$1\times10^{17}cm^{-3}$以下である請求項１に記載の窒化物系半導体発光素子。

[請求項 3] （補正後）前記第１半導体層が、半導体基板の上に設けられ、

前記第１半導体層、前記第２半導体層、前記発光層、及び前記キャリアブロック層が、ＡｌＧａＮ系半導体を含んで構成される請求項１又は２に記載の窒化物系半導体発光素子。

[請求項 4] （補正後）前記半導体基板が、ＡｌＮ基板であり、前記第１半導体層が、前記ＡｌＮ基板のＣ面上に設けられる請求項３に記載の窒化物系半導体発光素子。

[請求項 5] （削除）

[請求項 6] （削除）

# 条約第19条（1）に基づく説明書

１．補正の内容

（１）補正前の請求の範囲第１項に補正前の請求の範囲第２項の構成を組み入れた。

（２）補正前の請求の範囲第２項、及び第６項を削除した。

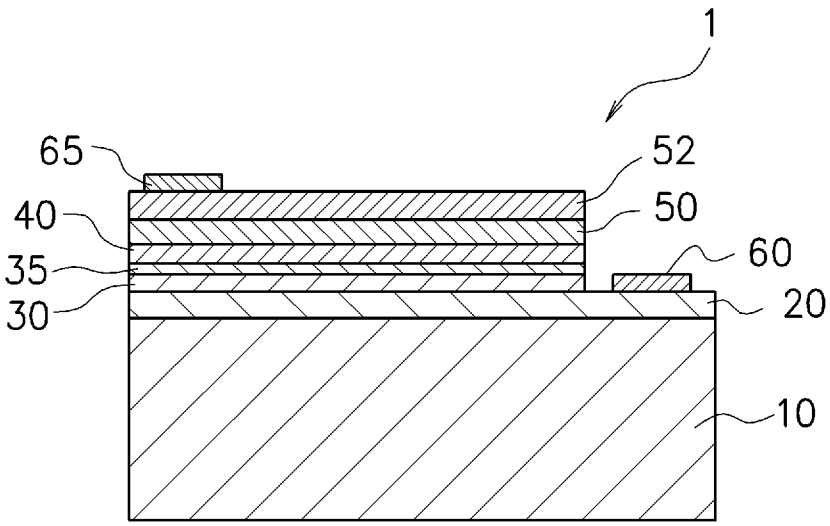
（３）補正前の請求の範囲第３項，第４項、及び第５項をそれぞれ、補正後の請求の範囲第２項，第３項，及び第４項に繰り上げた。

２．説明

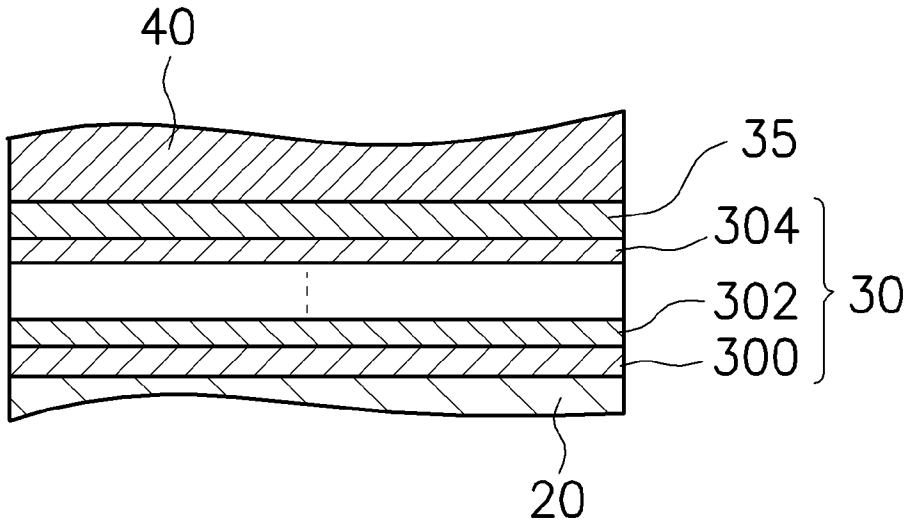
補正前の請求の範囲第２項の「前記スペーサー層が、前記界面近傍の前記第２導電型の不純物濃度を１×１０$^{17}$ｃｍ$^{-3}$以下に制御する」との記載を、補正後の請求の範囲第１項に組み入れた。

上記構成を備える補正後の請求の範囲第１～４項に記載された窒化物系半導体発光素子は、いずれの引用文献にも記載されていない。

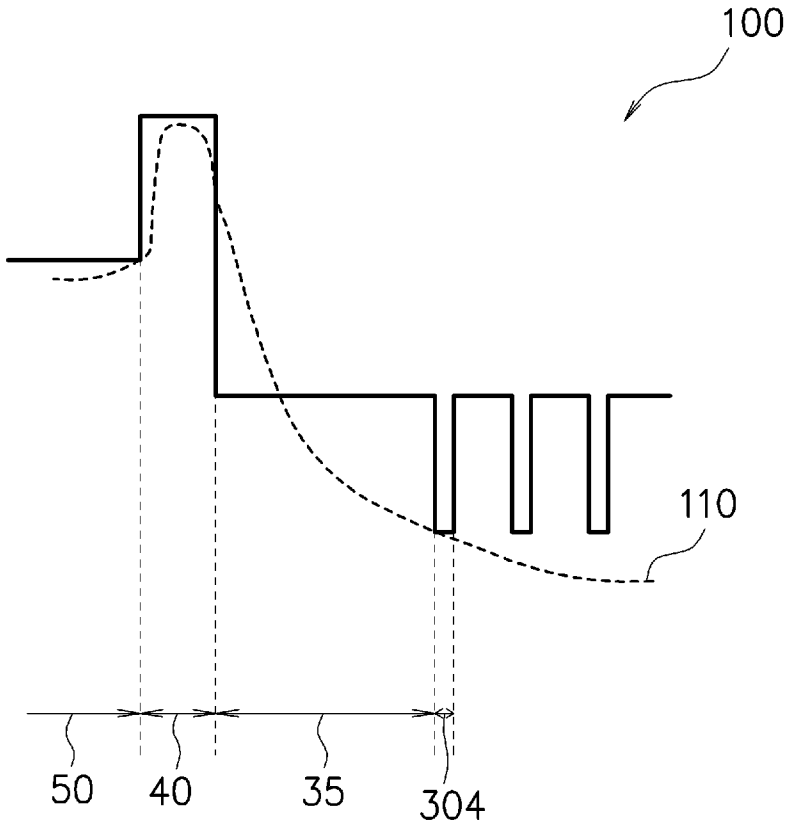
[図1]



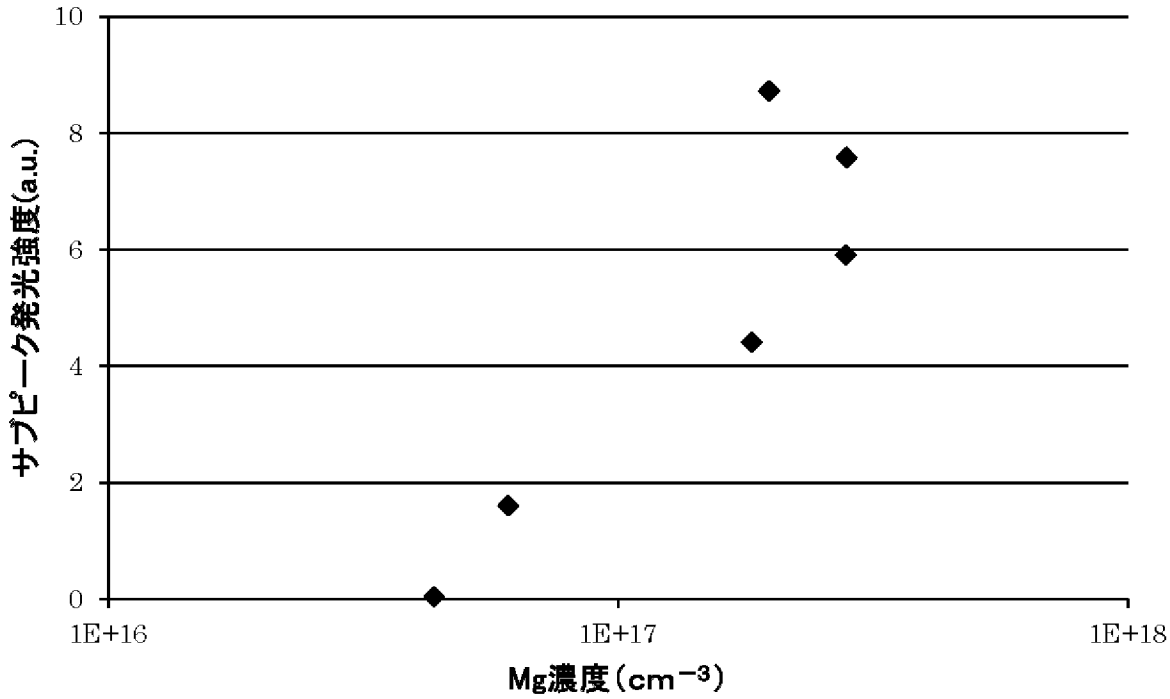

[図2]



[図3]


100
110
50
40
35
304

[図4]


10
8
6
4
2
0
サブピーク発光強度(a.u.)
1E+16
1E+17
1E+18
Mg濃度(cm⁻³)

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2015/084356

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
*H01L33/14*(2010.01)i, *H01L33/32*(2010.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H01L33/14, H01L33/32

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

| | | | |
|---|---|---|---|
| Jitsuyo Shinan Koho | 1922-1996 | Jitsuyo Shinan Toroku Koho | 1996-2016 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2016 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2016 |

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|---|---|---|
| X<br>Y | JP 2014-127708 A (Toshiba Corp.),<br>07 July 2014 (07.07.2014),<br>paragraphs [0010] to [0085]; fig. 1 to 3<br>& US 2014/0183446 A1<br>paragraphs [0021] to [0107]; fig. 1 to 3<br>& US 2015/0318435 A1 | 1,6<br>2-5 |
| X<br>Y | JP 2010-272593 A (Hamamatsu Photonics Kabushiki Kaisha),<br>02 December 2010 (02.12.2010),<br>paragraphs [0019] to [0048]; fig. 1<br>(Family: none) | 1,6<br>2-5 |
| X<br>Y | JP 2012-146847 A (Sharp Corp.),<br>02 August 2012 (02.08.2012),<br>paragraphs [0150] to [0173]; fig. 13, 14<br>(Family: none) | 1,6<br>2-5 |

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

| Date of the actual completion of the international search | Date of mailing of the international search report |
|---|---|
| 01 February 2016 (01.02.16) | 16 February 2016 (16.02.16) |

| Name and mailing address of the ISA/ | Authorized officer |
|---|---|
| Japan Patent Office<br>3-4-3,Kasumigaseki,Chiyoda-ku,<br>Tokyo 100-8915,Japan | Telephone No. |

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１５／０８４３５６

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H01L33/14(2010.01)i, H01L33/32(2010.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H01L33/14, H01L33/32

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

| | |
|---|---|
| 日本国実用新案公報 | １９２２－１９９６年 |
| 日本国公開実用新案公報 | １９７１－２０１６年 |
| 日本国実用新案登録公報 | １９９６－２０１６年 |
| 日本国登録実用新案公報 | １９９４－２０１６年 |

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

| 引用文献のカテゴリー＊ | 引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する請求項の番号 |
|---|---|---|
| X<br>Y | JP 2014-127708 A (株式会社東芝) 2014.07.07,<br>[0010]-[0085]、図 1-3<br>& US 2014/0183446 A1, [0021]-[0107]、図 1-3<br>& US 2015/0318435 A1 | 1,6<br>2-5 |
| X<br>Y | JP 2010-272593 A (浜松ホトニクス株式会社) 2010.12.02,<br>[0019]-[0048]、図 1<br>(ファミリーなし) | 1,6<br>2-5 |

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。　　☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

| 国際調査を完了した日 | 国際調査報告の発送日 |
|---|---|
| ０１．０２．２０１６ | １６．０２．２０１６ |


国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　２Ｋ　４００９
小濱　健太
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２５５

C（続き）．　関連すると認められる文献

| 引用文献のカテゴリー＊ | 引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する請求項の番号 |
|---|---|---|
| X<br>Y | JP 2012-146847 A（シャープ株式会社）2012.08.02,<br>[0150]-[0173]、図 13,14<br>(ファミリーなし) | 1,6<br>2-5 |