

BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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).

添付公開書類:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

layer has a film thickness such that the second light and the first light, which shuttled within the multi-stack semiconductor layer, are joined in-phase and emitted from the lower side of the multi-quantum well layer.

(57) 要約: 窒化物半導体発光素子は、多重量子井戸層と、上方に進む第1の光を反射する金属電極部と、多重量子井戸層と金属電極部との間に位置して、複数のp型半導体層を含む多重半導体層であって、第1の光が金属電極部と多重半導体層との界面で反射して下方に向かって進む第2の光と合流するまでの間に内部を往復する多重半導体層とを備え、多重半導体層は、多重半導体層の内部を往復した第1の光と、第2の光とを同位相で合流させて多重量子井戸層の下方側から出射する膜厚を有する。

明 細 書

発明の名称：窒化物半導体発光素子

技術分野

[0001] 本発明は、窒化物半導体発光素子に関する。

背景技術

[0002] 近年、紫外光を出力する発光ダイオードやレーザダイオード等の窒化物半導体発光素子が提供されており、発光強度を向上させた窒化物半導体発光素子の開発が進められている（特許文献1参照。）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2014-103240号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献1に記載の半導体発光素子は、第1の導電型を有する第1の半導体層と、前記第1の半導体層上に形成された発光層と、前記発光層上に形成された第2の導電型を有する第2の半導体層と、前記第2の半導体層上に形成され、前記第2の半導体層よりも低い光屈折率を有する透光性の導電体層と、前記導電体層上に形成された金属層とを含み、前記第2の半導体層の層厚は、前記発光層からの直接放出光及び前記導電体層からの導電体層反射光の位相が、前記発光層から前記第1の半導体層の方向に向かって進む際に整合するように定められ、前記導電体層の層厚は、前記導電体層反射光及び前記金属層からの金属層反射光の位相が、前記発光層から前記第1の半導体層の方向に向かって進む際に整合するように定められている構成を有する。

[0005] このように、特許文献1に記載の半導体発光素子では、直接放出光及び導電体層反射光の位相と、導電体層反射光及び金属層反射光の位相とがそれぞれ整合するように、第2の半導体層の層厚及び導電体層の層厚をそれぞれ個別に定めることにより、光の取出し効率を向上させている。

[0006] ところで、特許文献 1 に記載の半導体発光素子では、第 2 の半導体層に p 型 GaN 層が用いられている。しかしながら、p 型 GaN 層は、深紫外光を吸収する性質を有する。そのため、深紫外線を発光する深紫外線発光素子では、第 2 の半導体層の層厚及び導電体層の層厚をそれぞれ個別に定める対策を施してもなお、光の取出し効率が十分に得られない可能性がある。

[0007] そこで、本発明の目的は、深紫外光の取出し効率を向上させることができる窒化物半導体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] 本発明の一実施形態による窒化物半導体発光素子は、キャリアを結合させて光を発生させる複数の井戸層を含む多重量子井戸層と、前記多重量子井戸層の上方に位置して、前記多重量子井戸層から発生した前記光のうち上方に進む第 1 の光を反射する金属電極部と、前記多重量子井戸層と前記金属電極部との間に位置して、p 型の半導体により形成されている複数の p 型半導体層を含む多重半導体層であって、前記第 1 の光が前記金属電極部と前記多重半導体層との界面で反射して前記多重井戸層から発せられた光のうち下方に向かって進む第 2 の光と合流するまでの間に内部を往復する多重半導体層とを備え、前記多重半導体層は、前記多重半導体層の内部を往復した前記第 1 の光と、前記第 2 の光とが同位相で合流させて前記多重量子井戸層の下方側から出射する膜厚を有する。

発明の効果

[0009] 本発明の一実施態様によれば、深紫外光の取出し効率を向上させることができる窒化物半導体発光素子を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]本発明の第 1 の実施の形態に係る窒化物半導体発光素子の構成を概略的に示す断面図である。

[図2]発光素子内を伝播する直接出射光及び反射光を概略的に示す図である。

[図3]図 1 に示す発光素子の多重半導体層を構成する各層の膜厚、屈折率及び光学膜厚の一例を示す図である。

[図4]自由端反射の実験に用いた各サンプルの多重半導体層を構成する各層の膜厚及び発光出力を示す図である。

[図5]自由端反射における総光学膜厚と発光強度との関係を示す実験結果の一例を示すグラフである。

[図6]固定端反射の実験に用いた各サンプルの多重半導体層を構成する各層の膜厚及び発光出力を示す図である。

[図7]固定端反射における総光学膜厚と発光強度との関係の一例を示すグラフである。

[図8]金属電極部に対して斜め方向に反射する反射光を模式的に示す図である。

[図9]本発明の第2の実施の形態に係る発光素子の構成を概略的に示す断面図である。

[図10]図9に示す発光素子の多重半導体層を構成する各層の膜厚、屈折率及び光学膜厚の一例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0011] [第1の実施の形態]

本発明の第1の実施の形態について、図1から図3を参照して説明する。なお、以下に説明する実施の形態は、本発明を実施する上での好適な具体例として示すものであり、技術的に好ましい種々の技術的事項を具体的に例示している部分もあるが、本発明の技術的範囲は、この具体的態様に限定されるものではない。また、各図面における各構成要素の寸法比は、必ずしも実際の窒化物半導体発光素子の寸法比と一致するものではない。なお、以下、本発明の実施の形態を説明するにあたり、「上方」とは、後述する基板10（図1参照）側からp側電極92（図1参照）側に向かう方向をいい、「下方」とは、p側電極92（図1参照）側から基板10（図1参照）側に向かう方向をいう。また、「上方」又は「下方」は、一つの対象物と他の対象物との相対的な位置関係を示すものであり、当該一つの対象物が当該他の対象物に直接的に上側又は下側に配置されているもののみならず、当該一つの対

象物が別の第三対象物を介して当該他の対象物に間接的に上側又は下側に配置されているものも含む。

[0012] 図1は、本発明の第1の実施の形態に係る窒化物半導体発光素子の構成を概略的に示す断面図である。窒化物半導体発光素子1（以下、単に「発光素子1」ともいう。）は、紫外領域の波長の光を発する発光ダイオード（Light Emitting Diode：LED）である。本実施の形態では、特に、中心波長が250nm～350nmの深紫外光を発する発光素子1を例に挙げて説明する。

[0013] 図1に示すように、発光素子1は、基板10と、バッファ層20と、n型クラッド層30と、多重量子井戸層を含む活性層40と、多重半導体層50と、n側電極90と、p側電極92とを含んで構成されている。

[0014] 発光素子1を構成する半導体には、例えば、 $Al_xGa_yIn_{1-x-y}N$ （ $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq x + y \leq 1$ ）にて表される2元系、3元系若しくは4元系のIII族窒化物半導体を用いることができる。また、これらのIII族元素の一部は、ホウ素（B）、タリウム（Tl）等で置き換えても良く、また、Nの一部をリン（P）、ヒ素（As）、アンチモン（Sb）、ビスマス（Bi）等で置き換えても良い。

[0015] 基板10は、発光素子1が発する深紫外光に対して透光性を有している。基板10は、例えば、サファイア（ Al_2O_3 ）を含むサファイア基板である。基板10には、サファイア（ Al_2O_3 ）基板の他に、例えば、窒化アルミニウム（AlN）基板や、窒化アルミニウムガリウム（AlGaIn）基板を用いてもよい。

[0016] バッファ層20は、基板10上に形成されている。バッファ層20は、AlN層22と、AlN層22上に形成されるアンドープの $u-Al_pGa_{1-p}N$ 層24（ $0 \leq p \leq 1$ ）を含んで構成されている。また、基板10及びバッファ層20は、下地構造部2を構成する。なお、基板10がAlN基板またはAlGaIn基板である場合、バッファ層20は必ずしも設けなくてもよい。

- [0017] n型クラッド層30は、下地構造部2上に形成されている。n型クラッド層30は、n型のAlGa_{1-q}N（以下、単に「n型AlGa_{1-q}N」ともいう。）により形成された層であり、例えば、n型の不純物としてシリコン（Si）がドーピングされたAlGa_{1-q}N層（ $0 \leq q \leq 1$ ）である。なお、n型の不純物としては、ゲルマニウム（Ge）、セレン（Se）、テルル（Te）、炭素（C）等を用いてもよい。n型クラッド層30は、1 μm～3 μm程度の膜厚を有し、例えば、2 μm程度の膜厚を有している。n型クラッド層30は、単層でもよく、多層構造でもよい。
- [0018] 多重量子井戸層を含む活性層40は、n型クラッド層30上に形成されている。活性層40は、Al_rGa_{1-r}Nによって形成された多重量子井戸層のn型クラッド層30側の障壁層42a、及び後述する電子ブロック層52側の障壁層42cを含む3層の障壁層42a、42b、42cとAl_sGa_{1-s}Nによって形成された3層の井戸層44a、44b、44c（ $0 \leq r \leq 1$ 、 $0 \leq s \leq 1$ 、 $r > s$ ）とを交互に積層した多重量子井戸層を含む層である。
- [0019] 活性層40は、多重量子井戸層内で電子及びホール（以下、「キャリア」ともいう。）を結合させて、多重量子井戸層の上方及び下方の双方向に進む所定の波長の光を発生させる。活性層40は、波長350 nm以下の深紫外光を出力するためにバンドギャップが3.4 eV以上となるように構成されている。なお、本実施の形態では、活性層40に障壁層42及び井戸層44を各3層ずつ設けたが、必ずしも3層に限定されるものではなく、2層以下でもよく、4層以上でもよい。また、以下では、3つの井戸層44a、44b、44cのうちのいずれかの井戸層を他の井戸層と区別して特定する必要がある場合は、n型クラッド層30側の井戸層を第1の井戸層44aとし、多重半導体層50側の井戸層を第3の井戸層44cとし、第1の井戸層44a及び第3の井戸層44cの間に位置する井戸層を第2の井戸層44bとして説明する。
- [0020] 多重半導体層50は、活性層40上に形成されている。多重半導体層50は、p型の半導体により形成されている複数のp型半導体層を含む多重構造

の層である。具体的には、多重半導体層50は、例えば、電子ブロック層52と、p型クラッド層54と、p型コンタクト層56とを含む多重構造の層である。各層については、後述する。

[0021] 図2は、発光素子内を伝播する直接出射光及び反射光を概略的に示す図である。図2の実線の矢印は、多重量子井戸層から発せられる光のうち下方に向かって進む光（以下、「直接出射光」ともいう。）を模式的に示したものである。また、図2の破線の矢印は、多重量子井戸層から発せられる光のうち上方に向かって進み、金属電極部920（後述）で反射して再び下方に向かって進む光（以下、「反射光」ともいう。）を模式的に示したものである。図2に示すように、多重半導体層50は、反射光が通過する経路となるとともに、反射光が多重量子井戸層の位置に戻るまでの間、すなわち、直接出射光と合流するまでの間に内部を往復する層である。なお、反射光は、第1の光の一例である。直接出射光は、第2の光の一例である。また、以下では、説明の便宜上、金属電極部920で実際に反射した光のみならず、反射する前の上方に向かって進む光も「反射光」に含めて説明する。

[0022] 電子ブロック層52は、活性層40側に形成されている。電子ブロック層52は、AlNにより形成されている。電子ブロック層52は、1nm～10nm程度の膜厚を有している。なお、電子ブロック層52は、p型のAlGa_{1-t}N（以下、単に「p型AlGa_{1-t}N」ともいう。）により形成された層を含んでもよい。また、電子ブロック層52は、必ずしもp型の半導体層に限られず、アンドープの半導体層でもよい。電子ブロック層52は、p型半導体層の一例である。

[0023] p型クラッド層54は、電子ブロック層52上に形成されている。p型クラッド層54は、p型AlGa_{1-t}Nにより形成される層であり、例えば、p型の不純物としてマグネシウム（Mg）がドーピングされたAl_{1-t}Ga_tN層（0 ≤ t ≤ 1）である。なお、p型の不純物としては、亜鉛（Zn）、ベリリウム（Be）、カルシウム（Ca）、ストロンチウム（Sr）、バリウム（Ba）等を用いてもよい。p型クラッド層54は、p型半導体層の一例である。

。

[0024] 好ましくは、p型クラッド層54は、AlNモル分率（以下、「Al組成比」ともいう。）の異なる2種類のp型AlGa_{1-u}Nによりそれぞれ形成された2つのp型クラッド層を備える。具体的には、p型クラッド層54は、電子ブロック層52側に位置して、第1のAl組成比uを有するp型Al_uGa_{1-u}N（0<u≤1）により形成されている第1のp型クラッド層542と、p型コンタクト層56側に位置して、第2のAl組成比vを有するp型Al_vGa_{1-v}N（0<v≤1）により形成されている第2のp型クラッド層544とを含んで構成されている。

[0025] 好ましくは、第2のAl組成比vは、第1のAl組成比uよりも小さい。すなわち、v<uの関係を有する。より好ましくは、第1のAl組成比uは、例えば、約0.80（すなわち、Al_{0.8}Ga_{0.2}N）、第2のAl組成比vは、例えば、約0.50（すなわち、Al_{0.5}Ga_{0.5}N）である。また、第2のAl組成比vは、第1のAl組成比uを有するp型Al_uGa_{1-u}N層側からp型コンタクト層56側に向かって徐々に小さくなる組成傾斜層でもよい。なお、p型クラッド層54は、多層構造に限られるものではなく、単層でもよい。

[0026] p型コンタクト層56は、p型クラッド層54上に形成されている。p型コンタクト層56は、例えば、Mg等の不純物が高濃度にドーピングされたp型のGa_{1-x}N（以下、「p-GaN」ともいう。）層である。p型コンタクト層56は、p型半導体層の一例である。

[0027] n側電極90は、n型クラッド層30の一部の領域上に形成されている。n側電極90は、例えば、n型クラッド層30の上に順にチタン（Ti）／アルミニウム（Al）／Ti／金（Au）が順に積層された多層膜で形成される。

[0028] p側電極92は、p型コンタクト層56の上に形成されている。p側電極92は、p型コンタクト層56側に位置して、金属により形成された金属電極部920と、金属電極部920上に形成されたパッド電極部926とを含

んで構成されている。金属電極部 920 を形成する金属材料には、例えば、アルミニウム (Al)、金 (Au)、銀 (Ag)、ニッケル (Ni) 等を用いることができる。好ましくは、金属電極部 920 は、アルミニウム (Al) により形成される。金属電極部 920 の材料に Al を用いることにより、深紫外光に対する反射率を向上させることができるからである。なお、深紫外線に対する Al の反射率は、約 90% 程度である。また、金属電極部 920 が Al である場合には、p 型コンタクト層と Al 電極の間に厚さが 5 nm 程度以下の Ti (チタン)、Ni (ニッケル)、Pd (パラジウム) 等の金属層を挿入してもよく、この金属層の挿入により、深紫外線に対する反射率をほとんど下げることなく、p 型コンタクト層と金属電極の密着性を高めることができる。

[0029] 図 3 は、図 1 に示す発光素子 1 の多重半導体層 50 を構成する各層の膜厚、屈折率及び光学膜厚の一例を示す図である。光学膜厚は、膜厚の光学的距離の一例である。なお、光学膜厚 (nm) は、膜厚 (nm) に屈折率を乗じて算出した値である。また、屈折率は、一例として、280 nm の波長を有する光に対する値を示した。以下の説明において、「光学膜厚」と区別して、実際の膜厚 (nm) を示すときは、単に「膜厚」と記載する。

[0030] 図 3 に示すように、一例として、280 nm に対する電子ブロック層 52、第 1 の p 型クラッド層 542、第 2 の p 型クラッド層 544 及び p 型コンタクト層 56 の光学膜厚がそれぞれ 4.6 nm、47.6 nm、61.8 nm 及び 26.0 nm になるように、各層の膜厚を適宜調整することができる。この場合、多重半導体層 50 の膜厚 (以下、「総光学膜厚」ともいう。) は、140.0 nm ($26.0 \text{ nm} + 61.8 \text{ nm} + 47.6 \text{ nm} + 4.6 \text{ nm}$) である。この値は、波長 280 nm の 0.5 倍に相当している。

[0031] (自由端反射における総光学膜厚と発光強度との関係を調べる実験)

次に、図 4 及び図 5 を参照して、総光学膜厚と発光強度との関係を説明する。以下では、フリップ型のサンプル、すなわち、基板 10 側から光を取り出すタイプのサンプルを例に挙げて説明する。本発明者らは、直接出射光と

、反射光との位相差、及びこれら直接出射光と反射光との強め合いの関係を評価することを目的として、総光学膜厚、すなわち、多重半導体層50の光学膜厚と発光強度との関係を調べる実験を行った。

[0032] 具体的には、発明者らは、総光学膜厚の異なる7個のサンプル（サンプルNo. 1～No. 7）を作製し、各サンプルの発光強度（任意単位、当社比）を測定する実験を行った。

[0033] なお、実験の便宜上、上述した7個のサンプルには、p側電極92が形成されていない発光素子を用いた。このため、このようなサンプルでは、反射光は、金属電極部920とp型コンタクト層56との界面ではなく、空気とp型コンタクト層56との界面で反射する。この反射は、屈折率が相対的に高い層（約2.60、図3参照）から屈折率が相対的に低い層（約1.0）に当たって行われる反射であるため、反射光の位相が反射によって変化しない自由端反射である。発光出力を計測する発光波長（nm）には、280nmの波長を有する紫外線を用いた。

[0034] 図4は、実験に用いたサンプルにおける電子ブロック層、p型クラッド層及びp型コンタクト層の膜厚及び各サンプルの発光出力を示す図である。図4に示すように、7種類の総光学膜厚を有するサンプルを用意し、各サンプルの発光出力を測定した。なお、図4に示す総光学膜厚は、図3に示した各層の屈折率を用いて算出した。すなわち、総光学膜厚（nm）は、電子ブロック層52の膜厚（nm）×2.30+第1のp型クラッド層542の膜厚（nm）×2.38+第2のp型クラッド層544の膜厚（nm）×2.50+p型コンタクト層56の膜厚（nm）×2.60に基づいて算出した。また、図4の「総光学膜厚（ $\times \lambda = 280 \text{ nm}$ ）」の欄には、各サンプルにおける測定波長（280nm）に対する総光学膜厚（nm）の比率を示した。

[0035] 以下、発光は、3つの井戸層44のうち電子ブロック層52側の第3の井戸層44cで行われるものとして説明する。多重半導体層50は、直接出射光は通らず、反射光のみが通る経路である（図2参照）。したがって、反射

光が多重半導体層 50 の内部を膜厚方向に往復する距離、すなわち、総光学膜厚の 2 倍の長さは、反射光と直接出射光との経路の差（すなわち、光路差）に相当する。

[0036] 図 5 は、自由端反射における総光学膜厚と発光強度合との関係を示す実験結果の一例を示すグラフである。図 5 の横軸は、総光学膜厚（ $\times \lambda$ ）を示し、縦軸は、発光出力（任意単位）を示している。図 5 の各点は、図 4 に示した総光学膜厚（ $\times \lambda$ ）及び発光出力（任意単位）の関係をプロットしたものである。図 5 の破線は、総光学膜厚（ $\times \lambda$ ）に対する発光出力（任意単位）の変化の傾向を概略的に示す線である。

[0037] 図 5 に示すように、発光出力は、総光学膜厚に対して所定の間隔で極大値と極小値とを繰り返すように変動している。具体的には、発光出力は、総光学膜厚に対して約 0.25（ $\times \lambda$ ）の間隔で極大値と極小値とを繰り返すように変動している。より具体的には、発光出力は、総光学膜厚が約 0.50（ $\times \lambda$ ）及び約 1.0（ $\times \lambda$ ）付近で極大値をとり、総光学膜厚が約 0.25（ $\times \lambda$ ）及び約 0.75（ $\times \lambda$ ）付近で極小値をとるように変動している。

[0038] このように、発光出力は、総光学膜厚が約 0.5（ $\times \lambda$ ）の整数倍のときに極大値をとるように周期的に変動している。総光学膜厚が約 0.5（ $\times \lambda$ ）の整数倍の値をとる場合、反射光は、p 型コンタクト層 56 の上面で反射して第 3 の井戸層 44 c に戻るまでの間、すなわち、直接出射光と合流するまでの間に、多重半導体層 50 の内部を往復し直接出射光よりも波長 λ （ $0.5\lambda \times 2$ ）の整数倍長い距離を進む。そのため、直接出射光と反射光とが同位相で合流して互いに強め合って多重量子井戸層の下方側から出射したと考えられる。

[0039] 一方で、発光出力は、総光学膜厚が約 0.5（ $\times \lambda$ ）の整数倍 + 0.25（ $\times \lambda$ ）のときに極小値をとるように周期的に変動している。総光学膜厚が約 0.5（ $\times \lambda$ ）の整数倍 + 0.25（ $\times \lambda$ ）の値をとる場合、反射光は、直接出射光と合流するまでの間に直接出射光よりも波長 λ の整数倍 + 0.5

($\times \lambda$) 長い距離を進む。そのため、直接出射光と反射光とが逆位相で合流して互いに弱め合って多重量子井戸層の下方側から出射したと考えられる。

[0040] 以上のように、反射光のみが通る多重半導体層 50 の光学膜厚が波長の整数倍に相当するときに、直接出射光と反射光とが強め合い光の取出し効率を向上させることができることが明らかになった。

[0041] (固定端反射における総光学膜厚と発光強度との関係)

次に、図 6 及び図 7 を参照して、他のサンプルにおける総光学膜厚と発光出力との関係を説明する。本発明者らは、上述の自由端反射の実験に加えて、固定端反射における直接出射光と、反射光との位相差、及びこれら直接出射光と反射光との強め合いの関係を評価することを目的として、総光学膜厚の異なる 7 個のサンプル (サンプル No. 8 ~ No. 14) を作製し、各サンプルの発光強度 (任意単位、当社比) を測定する実験を行った。

以下、自由端反射の実験と同様に、フリップ型のサンプルを例に挙げて説明する。また、上述したように、総光学膜厚の 2 倍の長さは、反射光と直接出射光との経路の差 (すなわち、光路差) に相当する。

[0042] なお、実験の便宜上、上述した 7 個のサンプル (サンプル No. 8 ~ No. 14) には、上述した本発明の第 1 の実施の形態に係る発光素子 1 において、金属電極部 920 と p 型コンタクト層 56 との間に ITO 電極がさらに形成されている発光素子を用いた。このようなサンプルでは、反射光は、金属電極部 920 と p 型コンタクト層 56 との界面で反射する。金属電極部 920 の屈折率は、p 型コンタクト層 56 の屈折率よりも大きい。このため、金属電極部 920 での反射は、位相が π (180° 、0.5 波長に相当) 変化する固定端反射である。

[0043] 図 6 は、実験に用いたサンプルにおける電子ブロック層、p 型クラッド層及び p 型コンタクト層の膜厚及び各サンプルの発光出力を示す図である。図 6 に示すように、7 種類の総光学膜厚を有するサンプルを用意し、各サンプルの発光出力を測定した。なお、図 6 に示す総光学膜厚は、図 3 に示した各層の屈折率を用いて算出した。

[0044] 図7は、固定端反射における総光学膜厚と発光強度との関係の一例を示すグラフである。図7の各点は、図6に示した総光学膜厚（ $\times \lambda$ ）及び発光出力（任意単位）の関係をプロットしたものである。図7に示すように、発光出力は、総光学膜厚に対して所定の間隔で極大値と極小値とを繰り返すように変動している。具体的には、発光出力は、総光学膜厚に対して約0.25（ $\times \lambda$ ）の間隔で極大値と極小値とを繰り返すように変動している。実際には図7では、極大値および極小値は、0.25（ $\times \lambda$ ）の整数倍よりわずかに小さい側に存在しているが、これは金属電極部920に対して斜め方向に進む光の影響であり、それについては後述する。

[0045] このように、発光出力は、金属電極部920に対して斜め方向に進む光の影響を除けば、総光学膜厚が約0.5（ $\times \lambda$ ）の整数倍+0.25（ $\times \lambda$ ）のときに極大値をとるように周期的に変動している。総光学膜厚が約0.5（ $\times \lambda$ ）の整数倍+0.25（ $\times \lambda$ ）の値をとる場合、反射光は、直接出射光と合流するまでの間に直接出射光よりも波長 λ の整数倍+0.5（ $\times \lambda$ ）長い距離を進む。また、上述のように、反射光は反射の際に位相が0.5波長分変化する。そのため、直接出射光と反射光とが同位相で合流して互いに強め合って多重量子井戸層の下方側から出射したと考えられる。

[0046] 一方で、発光出力は、総光学膜厚が約0.5（ $\times \lambda$ ）の整数倍のときに極小値をとるように周期的に変動している。総光学膜厚が約0.5（ $\times \lambda$ ）の整数倍の値をとる場合、反射光は、直接出射光と合流するまでの間に直接出射光よりも波長 λ （0.5 $\lambda \times 2$ ）の整数倍長い距離を進む。また、上述のように、反射光は反射の際に位相が0.5波長分変化する。そのため、直接出射光と反射光とが逆位相で合流して互いに弱め合って多重量子井戸層の下方側から出射したと考えられる。

[0047] 以上のように、反射光のみが通る多重半導体層50の光学膜厚が波長の整数倍+所定の値に相当するときに、直接出射光と反射光とが強め合い光の取出し効率を向上させることができることが明らかになった。

[0048] 図8は、金属電極部920に対して斜め方向に反射する反射光を模式的に

示す図である。図8では、図1に示した発光素子1の構成のうち第3の井戸層44cから金属電極部920までを抜き出して示している。上述の例では、説明の便宜上、金属電極部920に対して直行する方向（図8の図示上下方向）に当たって反射する反射光を例に挙げて説明したが、以下では、金属電極部920に対して斜め方向に当たって反射する反射光について説明する。図8の一点鎖線は、金属電極部920に対して直行する方向を示す補助線であり、図8の2つの斜めの破線は、反射光の進む方向をそれぞれ示している。図8内の矢印は、反射光が多重半導体層50の内部を進む様子を模式的に示すものである。

[0049] 金属電極部920に対して斜め方向に反射する反射光は、多重半導体層50内を、各層の厚み方向に対して斜め方向に進むため、当該反射光の光路長は、各層の厚み方向に進むときの光路長よりも長くなる。そのため、発光出力は、総光学膜厚が上述した約 $0.5(x\lambda)$ の整数倍 $+0.25(x\lambda)$ よりも短いときに極大値となる。

[0050] 具体的には、図8に示すように、反射光の方向と金属電極部920に対して直行する方向とのなす角を θ° とすると、発光出力は、総光学膜厚が $\cos\theta^\circ \times (0.5(x\lambda))$ の整数倍 $+0.25(x\lambda)$ のときに極大値となる。例えば、 θ が 20° の場合、発光出力は、総光学膜厚が $0.94 \times (0.5(x\lambda))$ の整数倍 $+0.25(x\lambda)$ のときに極大値となる。

[0051] 好ましくは、総光学膜厚は、 $0.65(x\lambda) \pm 0.15(x\lambda)$ 、すなわち、 $0.50(x\lambda)$ から $0.80(x\lambda)$ である。換言すれば、多重半導体層50の膜厚は、 60nm から 100nm である。総光学膜厚が $0.80(x\lambda)$ よりも大きい場合、発光出力が極大値をとり得る条件にあたりとしても、p型AlGaNにより形成される層の膜厚が大きくなることによって電気抵抗が大きくなり、発光出力が低下する可能性があると考えられるからである。また、総光学膜厚が $0.50(x\lambda)$ よりも小さい場合、電子ブロック層52からp型コンタクト層56までに亘る多重半導体層50の形成が容易でなくなる可能性があると考えられるからである。

[0052] (第1の実施の形態の作用及び効果)

以上説明したように、本発明の第1の実施の形態に係る発光素子1では、反射光が、例えば、電子ブロック層52、p型クラッド層54及びp型コンタクト層56を含む多重半導体層50の内部を往復する間に、直接出射光と同位相で合流して多重量子井戸層の下方側から出射するように多重半導体層50の膜厚が定められている。これにより、直接出射光と反射光とが互いに強め合い、発光素子1の深紫外光の取出し効率を向上させることが可能となる。

[0053] <変形例>

上述の例では、第3の井戸層44cから発せられた光を例に挙げて説明したが、第1の井戸層44aや第2の井戸層44bから発生された光であってもよい。この場合、発光する井戸層のうちのいずれかの井戸層44a, 44b, 44cと隣接する層との界面、すなわち、当該いずれかの井戸層44a, 44b, 44cの上面から金属電極部920までの光学的距離が、 $\cos \theta^\circ \times (0.5 (\times \lambda))$ の整数倍 + $0.25 (\times \lambda)$) になるように各層の膜厚を定めてもよい。

[0054] [第2の実施の形態]

図9は、本発明の第2の実施の形態に係る発光素子1の構成を概略的に示す縦断面図である。本発明の第2の実施の形態に係る発光素子1は、トンネルジャンクションを備えている点で、第1の実施の形態に係る発光素子1と相違する。以下、第1の実施の形態と同一の構成要素については、同一の符号を付してその重複した説明を省略するとともに、第1の実施の形態と異なる点を中心に説明する。

[0055] 図9に示すように、発光素子1は、p型クラッド層54上に、p型コンタクト層56に代えて、n型の半導体を含む層とp型の半導体を含む層とをトンネルジャンクション接合するトンネルジャンクション58を備えている。トンネルジャンクション58は、例えば、p-GaN等のp型の半導体により形成されたp型層582と、例えば、n型のGaN（以下、「n-GaN

」ともいう。)等のn型の半導体により形成されたn型層584とを含む。

[0056] p側電極92は、金属電極部920に加えて、金属電極部920とトンネルジャンクション58との間に設けられ、トンネルジャンクション58側に位置して、酸化インジウムスズ (Indium Tin Oxide: ITO) を含んで構成され、オーミック特性に優れているITOコンタクト電極部922と、金属電極部920及びITOコンタクト電極部922の間に位置するTi電極部924とをさらに備えている。なお、Ti電極部924は、金属電極部920及びITOコンタクト電極部922との密着性を向上し、金属電極部920及びITOコンタクト電極部922の間で生じる可能性のある腐食や剥離を抑制する。また、Ti電極部924は、好ましくは、5nm程度以下の膜厚を有する。Ti電極部924の膜厚を厚くすることによって、金属電極部920による反射率が低下してしまうことを抑制するためである。なお、Ti電極部924に代えて、Ni又はPdを含む電極部を用いてもよい。

[0057] 図10は、図9に示す発光素子1の多重半導体層50を構成する各層の膜厚、屈折率及び光学膜厚の一例を示す図である。図10に示すように、一例として、280nmに対する電子ブロック層52、第1のp型クラッド層542、第2のp型クラッド層544、p型層582、n型層584及びITOコンタクト電極部922の光学膜厚がそれぞれ4.6nm、47.6nm、75.8nm、26.0nm、26.0nm及び30.0nmになるように、各層の膜厚を適宜調整することができる。この場合、多重量子井戸層及び金属電極部920の間の層の総光学膜厚は、210.0nm (30.0nm + 26.0nm + 26.0nm + 75.8nm + 47.6nm + 4.6nm) である。この値は、波長280nmの0.75倍に相当している。

[0058] (第2の実施の形態の作用及び効果)

本発明の第2の実施の形態に係る発光素子1においても、総光学膜厚を所定の値に調整することにより、直接出射光と反射光とが互いに強め合い、発光素子1の深紫外光の取出し効率を向上させることが可能となる。

[0059] (実施形態のまとめ)

次に、以上説明した実施の形態から把握される技術思想について、実施の形態における符号等を援用して記載する。ただし、以下の記載における各符号等は、請求の範囲における構成要素を実施の形態に具体的に示した部材等に限定するものではない。

[0060] [1] キャリアを結合させて光を発生させる複数の井戸層（44）を含む多重量子井戸層と、前記多重量子井戸層の上方に位置して、前記多重量子井戸層から発生した前記光のうち上方に進む第1の光を反射する金属電極部（920）と、前記多重量子井戸層と前記金属電極部（920）との間に位置して、p型の半導体により形成されている複数のp型半導体層を含む多重半導体層（50）であって、前記第1の光が前記金属電極部（920）と前記多重半導体層（50）との界面で反射して前記多重井戸層から発せられた光のうち下方に向かって進む第2の光と合流するまでの間に内部を往復する多重半導体層（50）とを備え、前記多重半導体層（50）は、前記多重半導体層（50）の内部を往復した前記第1の光と、前記第2の光とが同位相で合流させて前記多重量子井戸層の下方側で出射する膜厚を有する、窒化物半導体発光素子（1）。

[2] 前記多重半導体層（50）の膜厚の光学的距離は、前記第1の光の波長の0.5の整数倍に波長の0.25倍を加えた値に略等しい、前記[1]に記載の窒化物半導体発光素子（1）。

[3] 前記多重半導体層（50）の膜厚方向と前記第1の光とのなす角を θ °とした場合に、前記多重半導体層（50）の膜厚の光学的距離は、前記第1の光の波長の0.5の整数倍に波長の0.25倍を加えた値に $\cos \theta$ °をかけた値に略等しい、前記[2]に記載の窒化物半導体発光素子（1）。

[4] 前記多重半導体層（50）の膜厚の光学的距離は、前記第1の光の波長の0.5倍から0.8倍の範囲にある、前記[3]に記載の窒化物半導体発光素子（1）。

[5] 前記多重半導体層（50）は、60nmから100nmの範囲の膜厚を有する、前記[1]から[4]のいずれか1つに記載の窒化物半導体発光

素子（１）。

〔６〕前記多重量子井戸層を構成する複数の井戸層（４４）のいずれかの上面から、前記多重半導体層（５０）と前記金属電極部（９２０）との界面までの光学的距離が、前記第１の光の波長の０．５の整数倍に波長の０．２５倍を加えた値に略等しい、前記〔１〕から〔４〕のいずれか１つに記載の窒化物半導体発光素子（１）。

〔７〕前記多重量子井戸層を構成する複数の井戸層（４４）のいずれかの上面から、前記多重半導体層（５０）と前記金属電極部（９２０）との界面までの光学的距離が、前記第１の光の波長の０．５の整数倍に波長の０．２５倍を加えた値に $\cos \theta^\circ$ をかけた値に略等しい、前記〔６〕に記載の窒化物半導体発光素子（１）。

〔８〕前記多重半導体層（５０）は、前記多重量子井戸層側に位置する電子ブロック層（５２）と、前記電子ブロック層（５２）上に位置して、 p 型 $AlGaIn$ により形成されている p 型クラッド層（５４）とを含んで構成されている、前記〔１〕から〔４〕のいずれか１つに記載の窒化物半導体発光素子（１）。

〔９〕前記多重半導体層（５０）は、前記 p 型クラッド層（５４）上に位置して、 p 型 GaN により形成されている p 型コンタクト層（５６）をさらに備える、前記〔１〕から〔４〕のいずれか１つに記載の窒化物半導体発光素子（１）。

〔１０〕前記 p 型クラッド層（５４）は、前記電子ブロック層（５２）側に位置して、第１の組成比を有する p 型 $AlGaIn$ により形成された第１の p 型クラッド層（５４２）と、前記 p 型コンタクト層（５６）側に位置して、前記第１の組成比よりも小さい第２の組成比を有する p 型 $AlGaIn$ により形成された第２の p 型クラッド層（５４４）とを備える、前記〔９〕に記載の窒化物半導体発光素子（１）。

〔１１〕前記多重半導体層（５０）は、前記 p 型クラッド層（５４）上に位置するトンネルジャンクション（５８）をさらに備えている、前記〔１〕か

ら〔４〕のいずれか１つに記載の窒化物半導体発光素子（１）。

〔１２〕前記トンネルジャンクション（５８）は、ｐ型の半導体により形成されたｐ型層（５８２）と、ｎ型の半導体により形成されたｎ型層（５８４）とを備える、前記〔１１〕に記載の窒化物半導体発光素子（１）。

〔１３〕前記金属電極部（９２０）は、Ａｌにより形成されている、前記〔１〕から〔４〕のいずれか１つに記載の窒化物半導体発光素子（１）。

〔１４〕前記金属電極部（９２０）と前記トンネルジャンクション（５８）との間に設けられ、前記トンネルジャンクション（５８）側に位置して、酸化インジウムスズを含んで構成されているＩＴＯコンタクト電極部（９２２）と、前記金属電極部（９２０）及び前記ＩＴＯコンタクト電極部（９２２）の間に位置するＴｉ、Ｎｉ又はＰｄを含む電極部とをさらに備える、前記〔１２〕に記載の窒化物半導体発光素子（１）。

〔１５〕前記金属電極部（９２０）と前記トンネルジャンクション（５８）との間に設けられ、前記トンネルジャンクション（５８）側に位置して、酸化インジウムスズを含んで構成されているＩＴＯコンタクト電極部（９２２）と、前記金属電極部（９２０）及び前記ＩＴＯコンタクト電極部（９２２）の間に位置するＴｉ、Ｎｉ又はＰｄを含む電極部とをさらに備える、前記〔１３〕に記載の窒化物半導体発光素子。

符号の説明

〔００６１〕 １…窒化物半導体発光素子（発光素子）

４４…井戸層

５０…多重半導体層

５２…電子ブロック層

５４…ｐ型クラッド層

５４２…第１のｐ型クラッド層

５４４…第２のｐ型クラッド層

５６…ｐ型コンタクト層

５８…トンネルジャンクション

5 8 2 ... p 型層

5 8 4 ... n 型層

9 2 0 ... 金属電極部

9 2 2 ... ITOコンタクト電極部

請求の範囲

- [請求項1] キャリアを結合させて光を発生させる複数の井戸層を含む多重量子井戸層と、
- 前記多重量子井戸層の上方に位置して、前記多重量子井戸層から発生した前記光のうち上方に進む第1の光を反射する金属電極部と、
- 前記多重量子井戸層と前記金属電極部との間に位置して、p型の半導体により形成されている複数のp型半導体層を含む多重半導体層であって、前記第1の光が前記金属電極部と前記多重半導体層との界面で反射して前記多重井戸層から発せられた光のうち下方に向かって進む第2の光と合流するまでの間に内部を往復する多重半導体層と
- を備え、
- 前記多重半導体層は、前記多重半導体層の内部を往復した前記第1の光と、前記第2の光とを同位相で合流させて前記多重量子井戸層の下方側から出射する膜厚を有する、
- 窒化物半導体発光素子。
- [請求項2] 前記多重半導体層の膜厚の光学的距離は、前記第1の光の波長の0.5の整数倍に波長の0.25倍を加えた値に略等しい、
- 請求項1に記載の窒化物半導体発光素子。
- [請求項3] 前記多重半導体層の膜厚方向と前記第1の光とのなす角を θ° とした場合に、
- 前記多重半導体層の膜厚の光学的距離は、前記第1の光の波長の0.5の整数倍に波長の0.25倍を加えた値に $\cos \theta^\circ$ をかけた値に略等しい、
- 請求項2に記載の窒化物半導体発光素子。
- [請求項4] 前記多重半導体層の膜厚の光学的距離は、前記第1の光の波長の0.5倍から0.8倍の範囲にある、
- 請求項3に記載の窒化物半導体発光素子。
- [請求項5] 前記多重半導体層は、60nmから100nmの範囲の膜厚を有す

る、

請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の窒化物半導体発光素子。

[請求項6] 前記多重量子井戸層を構成する複数の井戸層のいずれかの上面から、前記多重半導体層と前記金属電極部との界面までの光学的距離が、前記第 1 の光の波長の 0.5 の整数倍に波長の 0.25 倍を加えた値に略等しい、

請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の窒化物半導体発光素子。

[請求項7] 前記多重量子井戸層を構成する複数の井戸層のいずれかの上面から、前記多重半導体層と前記金属電極部との界面までの光学的距離が、前記第 1 の光の波長の 0.5 の整数倍に波長の 0.25 倍を加えた値に $\cos \theta^\circ$ をかけた値に略等しい、

請求項 6 に記載の窒化物半導体発光素子。

[請求項8] 前記多重半導体層は、前記多重量子井戸層側に位置する電子ブロック層と、前記電子ブロック層上に位置して、p 型 AlGaIn により形成されている p 型クラッド層とを含んで構成されている、

請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の窒化物半導体発光素子。

[請求項9] 前記多重半導体層は、前記 p 型クラッド層上に位置して、p 型 GaIn により形成されている p 型コンタクト層をさらに備える、

請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の窒化物半導体発光素子。

[請求項10] 前記 p 型クラッド層は、前記電子ブロック層側に位置して、第 1 の組成比を有する p 型 AlGaIn により形成された第 1 の p 型クラッド層と、前記 p 型コンタクト層側に位置して、前記第 1 の組成比よりも小さい第 2 の組成比を有する p 型 AlGaIn により形成された第 2 の p 型クラッド層とを備える、

請求項 9 に記載の窒化物半導体発光素子。

[請求項11] 前記多重半導体層は、前記 p 型クラッド層上に位置するトンネルジャンクションをさらに備えている、

請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の窒化物半導体発光素子。

- [請求項12] 前記トンネルジャンクションは、p型の半導体により形成されたp型層と、n型の半導体により形成されたn型層とを備える、
請求項11に記載の窒化物半導体発光素子。
- [請求項13] 前記金属電極部は、Alにより形成されている、
請求項1から4のいずれか1項に記載の窒化物半導体発光素子。
- [請求項14] 前記金属電極部と前記トンネルジャンクションとの間に設けられ、
前記トンネルジャンクション側に位置して、酸化インジウムスズを含んで構成されているITOコンタクト電極部と、前記金属電極部及び前記ITOコンタクト電極部の間に位置するTi、Ni又はPdを含む電極部とをさらに備える、
請求項12に記載の窒化物半導体発光素子。
- [請求項15] 前記金属電極部と前記トンネルジャンクションとの間に設けられ、
前記トンネルジャンクション側に位置して、酸化インジウムスズを含んで構成されているITOコンタクト電極部と、前記金属電極部及び前記ITOコンタクト電極部の間に位置するTi、Ni又はPdを含む電極部とをさらに備える、
請求項13に記載の窒化物半導体発光素子。

[図1]

図1

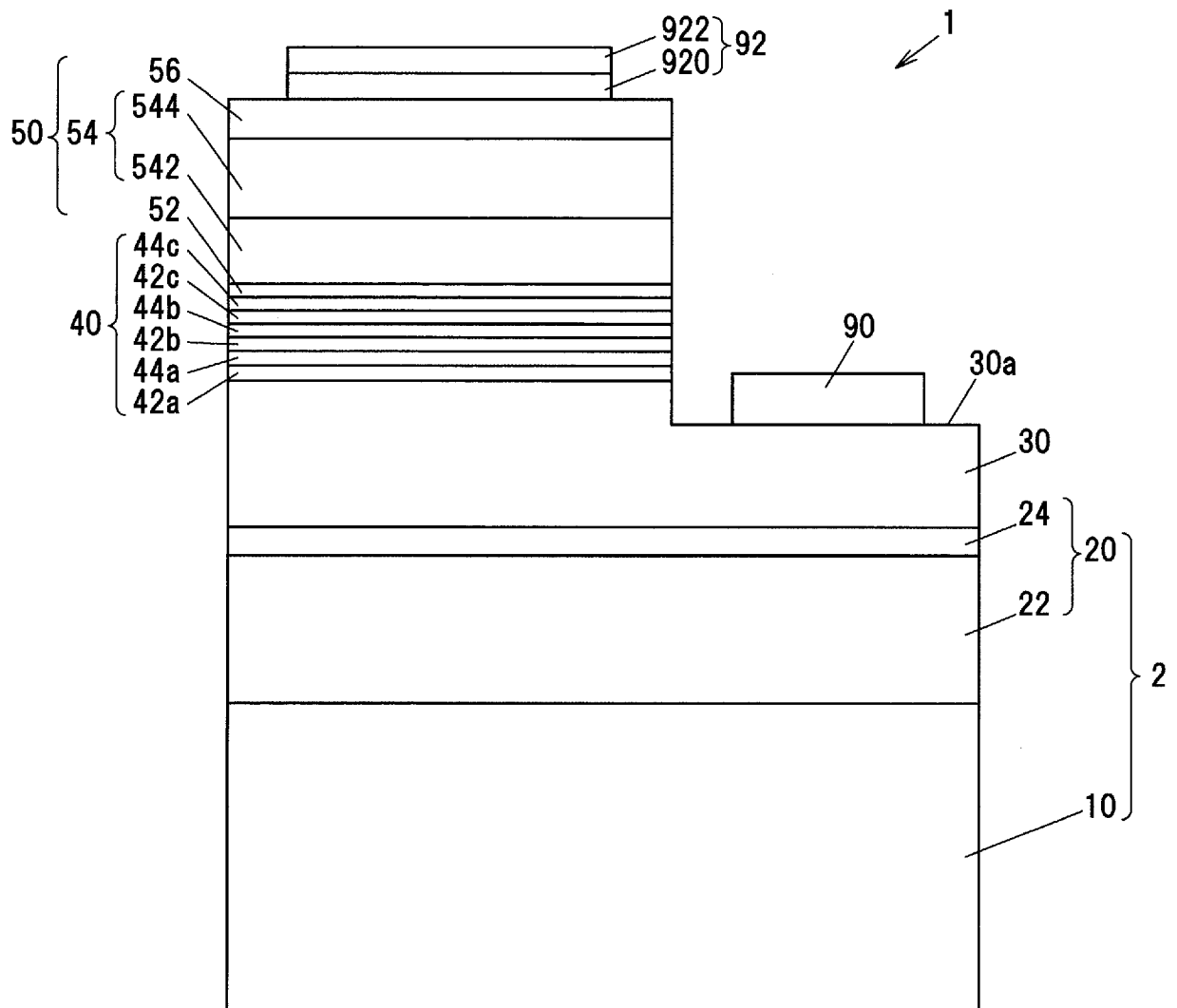
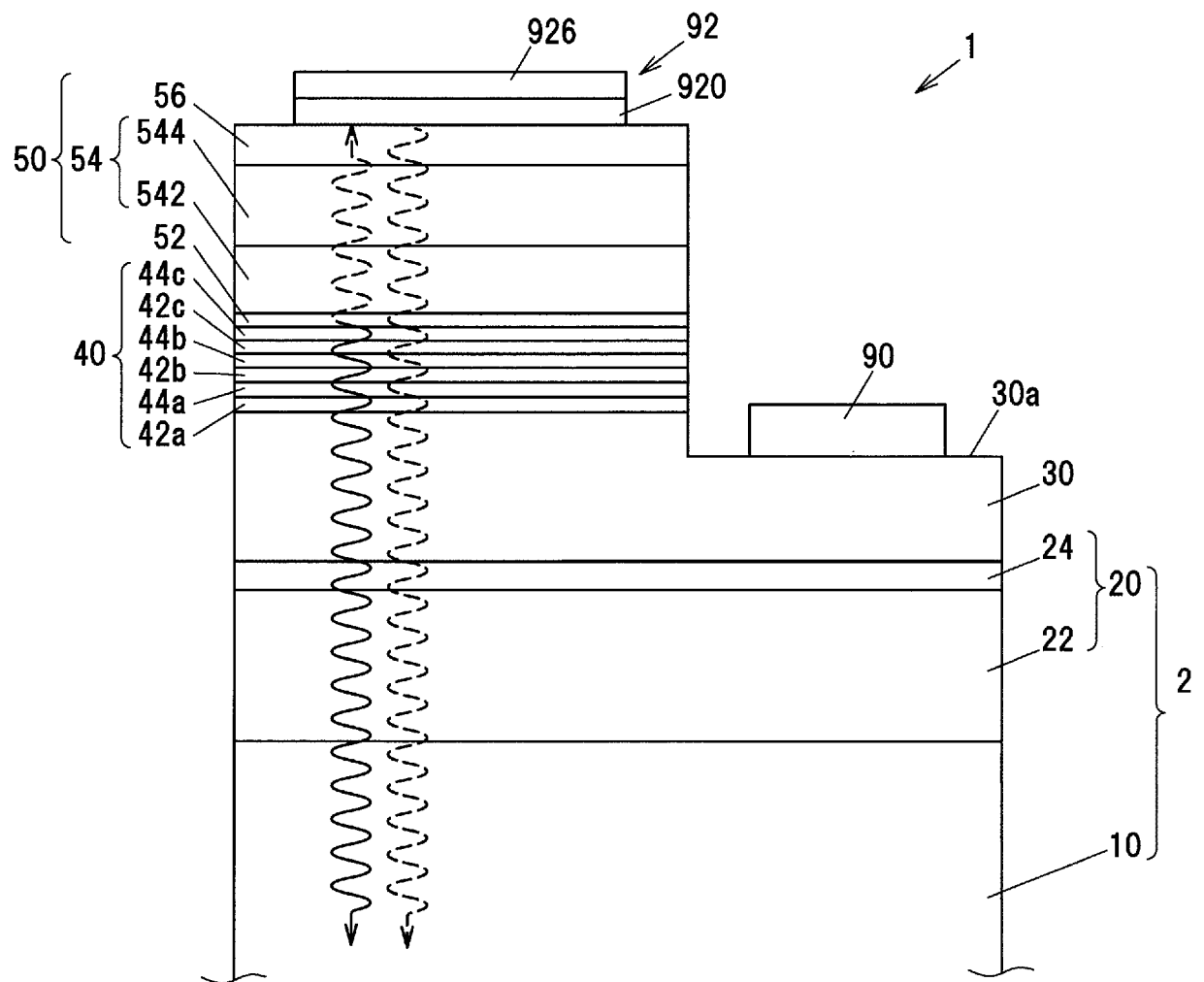


图2



[図3]

図3

	膜厚 (nm)	屈折率	光学膜厚 (nm)
p型コンタクト層 56 (Ga _{0.5} N層)	10.0	2.60	26.0
第2のp型クラッド層 544 (Al _{0.5} Ga _{0.5} N層)	24.7	2.50	61.8
第1のp型クラッド層 542 (Al _{0.8} Ga _{0.2} N層)	20.0	2.38	47.6
電子ブロック層 52 (AlN層)	2.0	2.30	4.6

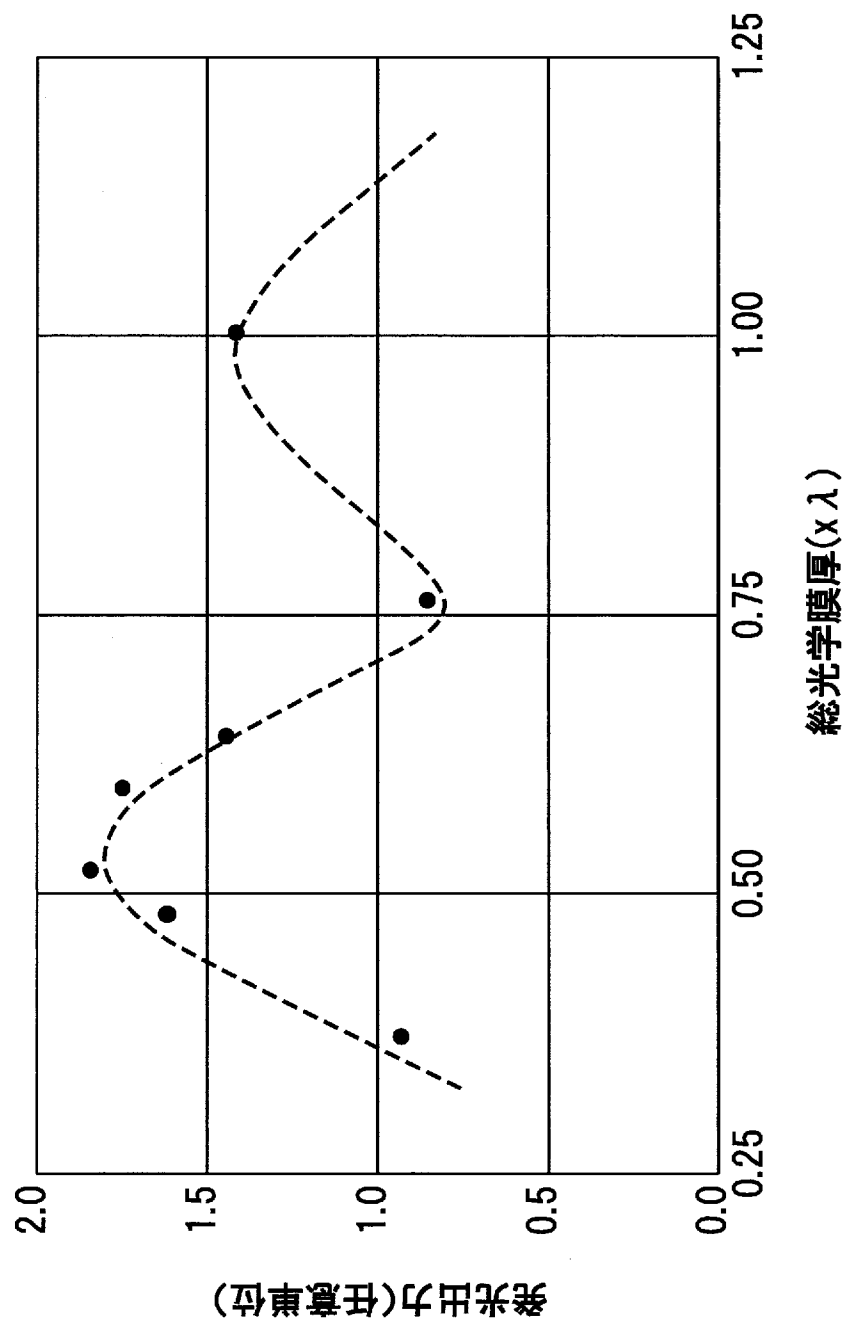
[図4]

図4

サンプルNo.	膜厚(nm)						発光出力 (任意単位)
	電子ブロック層 52 (AlN層)	第1のp型クラッド層 542 (Al _{0.8} Ga _{0.2} N層)	第2のp型クラッド層 544 (Al _{0.5} Ga _{0.5} N層)	p型コンタクト層 56 (GaN層)	総光学膜厚 (nm) (xλ=280nm)		
1	2	20	—	20	104.20	0.372	0.93
2	2	20	22.5	10	134.45	0.480	1.63
3	2	20	27.0	10	145.70	0.520	1.85
4	2	20	35.2	10	166.20	0.594	1.75
5	2	20	40.5	10	179.45	0.641	1.45
6	2	20	54.0	10	213.20	0.761	0.86
7	2	20	81.0	10	280.70	1.003	1.42

[図5]

図5



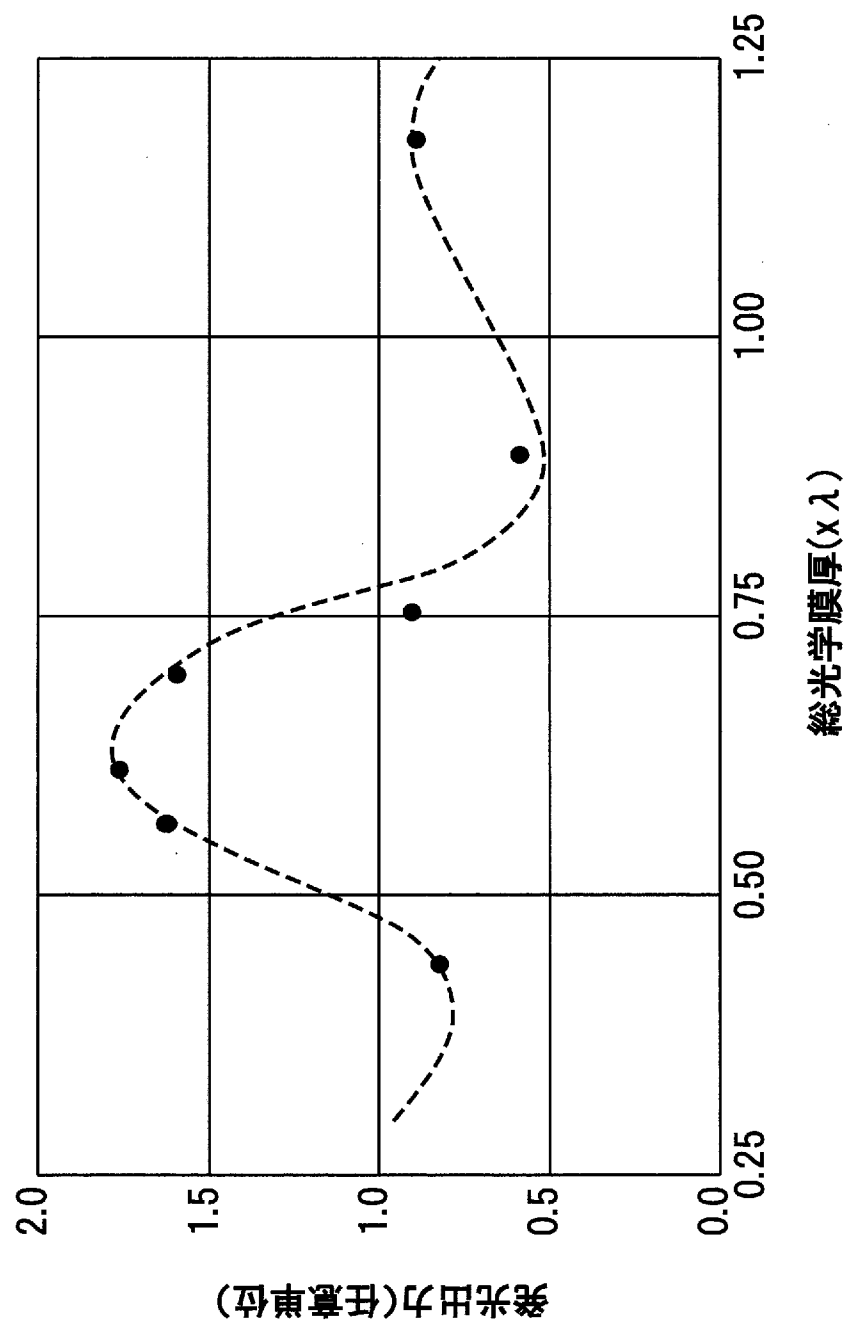
[図6]

図6

サンプルNo.	膜厚(nm)						総光学膜厚 (nm) (x λ =280nm)	発光出力 (任意単位)
	電子ブロック層 52 (AlN層)	第1のp型クラッド層 542 (Al _{0.8} Ga _{0.2} N層)	第2のp型クラッド層 544 (Al _{0.5} Ga _{0.5} N層)	p型コンタクト層 56 (GaN層)	ITO 電極			
8	2	20	—	20	14	132.20	0.472	0.82
9	2	20	22.5	10	14	162.50	0.580	1.62
10	2	20	27.0	10	14	173.50	0.620	1.76
11	2	20	35.2	10	14	194.20	0.694	1.59
12	2	20	40.5	10	14	207.50	0.741	0.90
13	2	20	54.0	10	14	241.20	0.861	0.58
14	2	20	81.0	10	14	308.70	1.103	0.89

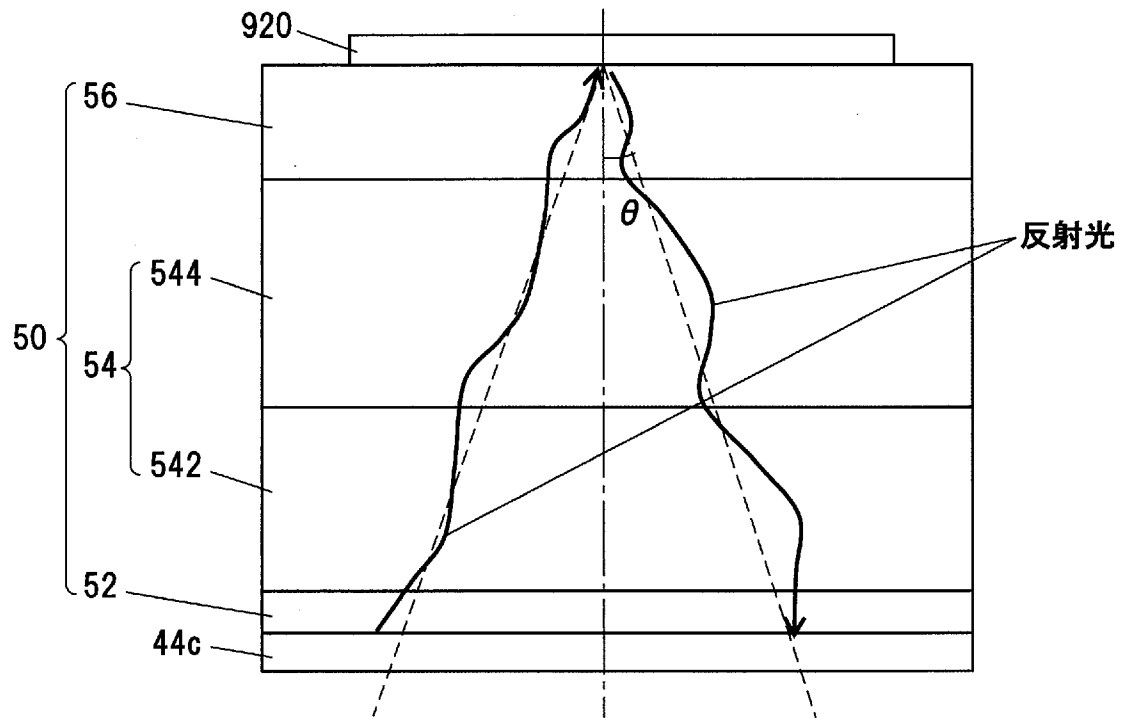
[図7]

図7



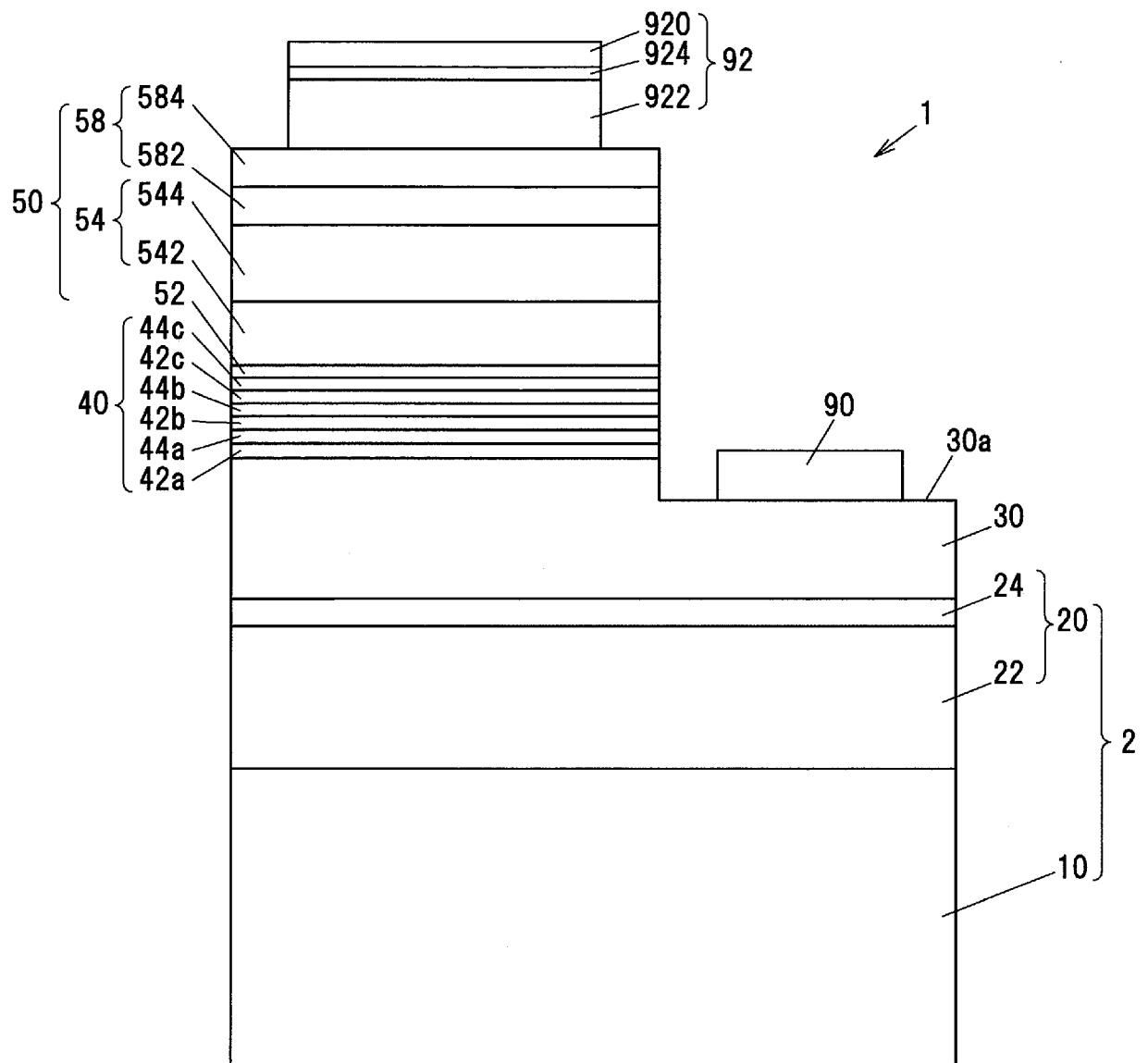
[図8]

図8



[図9]

図9



[図10]

図10

	膜厚 (nm)	屈折率	光学膜厚 (nm)
Al	—	—	—
Ti	2.0	—	—
ITO	15.0	2.00	30.0
n型層 584 (GaN層)	10.0	2.60	26.0
p型層 582 (GaN層)	10.0	2.60	26.0
第2のp型クラッド層 544 (Al _{0.5} Ga _{0.5} N層)	30.3	2.50	75.8
第1のp型クラッド層 542 (Al _{0.8} Ga _{0.2} N層)	20.0	2.38	47.6
電子ブロック層 52 (AlN層)	2.0	2.30	4.6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/040539

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. H01L33/10 (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)

Int.Cl. H01L33/10, H01L33/32

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

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2019
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019

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 Y	JP 2014-103240 A (STANLEY ELECTRIC CO., LTD.) 05 June 2014, paragraphs [0009]-[0019], [0027], [0028], fig. 1, 3 (Family: none)	1-10, 13 11-12, 14-15
X Y	JP 2004-207742 A (LUMILEDS LIGHTING U.S., LLC) 22 July 2004, paragraphs [0006]-[0011], fig. 1 & US 2005/0212005 A1, paragraphs [0022]-[0026], fig. 1 & EP 1432046 A2	1-10, 13 11-12, 14-15
X Y	JP 2006-140234 A (SONY CORPORATION) 01 June 2006, paragraphs [0020]-[0030], fig. 1 (Family: none)	1-10, 13 11-12, 14-15



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
15.01.2019

Date of mailing of the international search report
29.01.2019

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/040539

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2007-103689 A (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) 19 April 2007, paragraphs [0052], [0057]-[0070], fig. 4 (Family: none)	11-12, 14-15
Y	JP 2003-60236 A (EPISTAR CORPORATION) 28 February 2003, paragraphs [0008]-[0010], fig. 1 & US 2002/0179918 A1, paragraphs [0011]-[0013], fig. 1	11-12, 14-15
A	US 2017/0170364 A1 (SEMICON LIGHT CO., LTD.) 15 June 2017, entire text, all drawings & WO 2015/122694 A1 & KR 10-2015-0094318 A & CN 105981185 A	1-15

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H01L33/10(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. H01L33/10, 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	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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 Y	JP 2014-103240 A（スタンレー電気株式会社）2014.06.05, [0009]-[0019], [0027]-[0028], 図1, 図3（ファミリーなし）	1-10, 13 11-12, 14-15
X Y	JP 2004-207742 A（ルミレッズ ライティング ユーエス リミテ ッドライアビリティ カンパニー）2004.07.22, [0006]-[0011], 図 1 & US 2005/0212005 A1, [0022]-[0026], FIG. 1 & EP 1432046 A2	1-10, 13 11-12, 14-15
X Y	JP 2006-140234 A（ソニー株式会社）2006.06.01, [0020]-[0030], 図 1（ファミリーなし）	1-10, 13 11-12, 14-15

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

15.01.2019

国際調査報告の発送日

29.01.2019

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

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）

吉野 三寛

2 K

9010

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
Y	JP 2007-103689 A (松下電器産業株式会社) 2007. 04. 19, [0052], [0057]-[0070], 図 4 (ファミリーなし)	11-12, 14-15
Y	JP 2003-60236 A (晶元光電股▲ふん▼有限公司) 2003. 02. 28, [0008]-[0010], 図 1 & US 2002/0179918 A1, [0011]-[0013], Fig. 1	11-12, 14-15
A	US 2017/0170364 A1 (SEMICON LIGHT CO., LTD.) 2017. 06. 15, 全文, 全図 & WO 2015/122694 A1 & KR 10-2015-0094318 A & CN 105981185 A	1-15