

(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
2012 年 9 月 20 日(20.09.2012)



(10) 国際公開番号

WO 2012/124420 A1

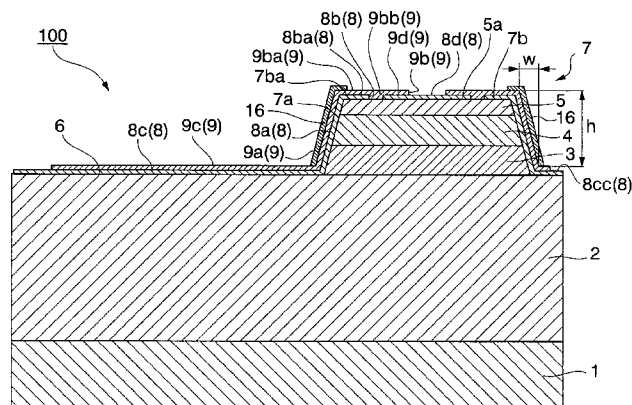
- (51) 国際特許分類:
H01L 33/10 (2010.01) H01L 33/36 (2010.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/053348
- (22) 国際出願日: 2012 年 2 月 14 日(14.02.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2011-055833 2011 年 3 月 14 日(14.03.2011) JP
特願 2011-203449 2011 年 9 月 16 日(16.09.2011) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 昭和
電工株式会社 (SHOWA DENKO K.K.) [JP/JP]; 〒
1058518 東京都港区芝大門一丁目 1 3 番 9 号
Tokyo (JP).
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 村木 典孝
(MURAKI Noritaka) [JP/JP]; 〒3691893 埼玉県秩父
市下影森 1 5 0 5 番地 昭和電工株式会社内
Saitama (JP). 栗飯原 範行 (AIHARA Noriyuki)
[JP/JP]; 〒3691893 埼玉県秩父市下影森 1 5 0 5
番地 昭和電工株式会社内 Saitama (JP).
- (74) 代理人: 志賀 正武, 外 (SHIGA Masatake et al.); 〒
1006620 東京都千代田区丸の内一丁目 9 番 2 号
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, 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, IS,
KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT,
LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY,
MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA,
RO, RS, RU, RW, 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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシ
ア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, ML,
MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: LIGHT-EMITTING DIODE AND METHOD FOR MANUFACTURING SAME

(54) 発明の名称: 発光ダイオード及びその製造方法

[図1]



(57) Abstract: Provided is a light-emitting diode having a protective film and an electrode film thereabove formed to a uniform thickness, and a method for manufacturing the light-emitting diode. The light-emitting diode has, on an upper part, a flat portion and a mesa-structure unit having a sloped side surface and a top surface. At least some of each of the flat portion and the mesa-structure portion is covered by the protective film and the electrode film in the stated order. The sloped side surface is formed by wet etching, and the horizontal sectional area is formed continuously smaller toward the top surface. The protective film covers the sloped side surface, a peripheral region of the top surface, and at least some of the flat portion; and has an electrification window through which a portion of the front surface of a compound semiconductor layer is exposed within the peripheral region as seen from above. An electrode layer is a continuous film making direct contact with the front surface of the compound semiconductor layer exposed through the electrification window, and covering at least some of the protective film formed on the flat portion, the electrode layer formed so that a light emission hole is provided in the top surface of the mesa-structure portion.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2012/124420 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

保護膜及びその上の電極膜が均一な膜厚で形成された発光ダイオード及びその製造方法が提供される。そのような発光ダイオードは、上部に平坦部と傾斜側面及び頂面を有するメサ型構造部とを有し、平坦部及びメサ型構造部はそれぞれ、少なくとも一部は保護膜、電極膜によって順に覆われ、傾斜側面はウェットエッチングによって形成されてなると共に頂面に向かって水平方向の断面積が連続的に小さく形成され、保護膜は、平坦部の少なくとも一部と、傾斜側面と、頂面の周縁領域とを覆うとともに、平面視して周縁領域の内側に化合物半導体層の表面の一部を露出する通電窓を有し、電極層は、前記通電窓から露出された化合物半導体層の表面に直接接触すると共に、前記平坦部上に形成された保護膜の一部を少なくとも覆い、前記メサ型構造部の頂面上に光射出孔を有するように形成された連続膜である。

明 細 書

発明の名称：発光ダイオード及びその製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、発光ダイオード及びその製造方法に関するものである。

本願は、2011年3月14日に日本に出願された特願2011-055833号、および2011年9月16日に日本に出願された特願2011-203449号に基づき優先権を主張し、それらの内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 発光層で発生した光を素子上面の一部から取り出す点光源型の発光ダイオードが知られている。この型の発光ダイオードにおいて、発光層における通電領域をその面内の一部に制限するための電流狭窄構造を有するものが知られている（例えば、特許文献1）。電流狭窄構造を有する発光ダイオードでは、発光領域が限定され、その領域の真上に設けられた光射出孔から光を射出させるため、高い光出力が得られると共に射出させた光を光学部品等に効率良く取り込むことが可能である。

[0003] 点光源型の発光ダイオードのうち特に、共振器型発光ダイオード（RCL ED : Resonant-Cavity Light Emitting Diode）は、2つのミラーからなる共振器内で発生する定在波の腹が共振器内に配置した発光層に位置するように構成すると共に、光出射側のミラーの反射率を基板側のミラーの反射率よりも低く設定することによりレーザ発振させないでLEDモードで動作する、高効率の発光素子である（特許文献2, 3）。共振器型発光ダイオードは通常の発光ダイオードと比較して、共振器構造の効果によって、発光スペクトル線幅が狭い、出射光の指向性が高い、自然放出によるキャリア寿命が短いなどため高速応答が可能である、等の特徴があるため、センサなどに適している。

[0004] 共振器型発光ダイオードにおいて、基板に平行な方向において発光領域を狭くするために上部ミラー層及び活性層等をピラー構造とし、そのピラー構

造の頂面の光取り出し面に光出射用の開口を有する層を備えた構成が知られている（例えば、特許文献４）。

図１８は、基板１３１上に、下部ミラー層１３２と、活性層１３３と、上部ミラー層１３４と、コンタクト層１３５とを順に備えた共振器型発光ダイオードであって、活性層１３３と、上部ミラー層１３４と、コンタクト層１３５とをピラー構造１３７とし、ピラー構造１３７及びその周囲を保護膜１３８で被覆し、その保護膜１３８上に電極膜１３９を形成し、ピラー構造１３７の頂面１３７ａ（光取り出し面）において電極膜１３９に光出射用の開口１３９ａを形成した共振器型発光ダイオードを示す。符号１４０は裏面電極である。

[0005] 図１８で示したようなピラー構造の電流狭窄構造は、共振器型ではない点光源型の発光ダイオードにおいても適用が可能である。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献１：特開２００５－３１８４２号公報

特許文献２：特開２００２－７６４３３号公報

特許文献３：特開２００７－２９９９４９号公報

特許文献４：特開平９－２８３８６２号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 上記ピラー構造を形成する際、活性層等を成膜した後の、ピラー構造以外の部分の除去を異方性のドライエッチングによって実施するため、図１８に示すように、ピラー構造１３７の側面１３７ｂは基板１３１に対して垂直あるいは急傾斜に形成されてしまう。このピラー構造の側面には通常、蒸着法やスパッタ法によって保護膜が形成された後、蒸着法によって電極用金属（例えば、Ａｕ）膜を形成するが、この垂直あるいは急傾斜の側面に、保護膜や電極用金属膜を一様な膜厚で形成するのは容易ではなく、不連続な膜にな

りやすいという問題がある。保護膜が不連続な膜になった場合（図18中の符号A）には、その不連続部分に電極用金属膜が入り込んで活性層等に接触してリークの原因になる。また、電極用金属膜が不連続な膜になった場合（図18中の符号B）には、通電不良の原因になる。

[0008] また、ピラー構造以外の部分の除去をドライエッチングで行うと、高価な装置が必要となり、エッチング時間も長くなるという問題もある。

[0009] 本発明は、上記事情を鑑みてなされたものであり、保護膜及びその上に形成された電極膜が均一な膜厚で形成された発光ダイオード、及び、リークや通電不良を低減して歩留まりが向上すると共に従来より低コストで製造可能な発光ダイオードの製造方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0010] 本発明は、以下の手段を提供する。

（1）基板上に反射層と活性層を含む化合物半導体層とを備えた発光ダイオードであって、その上部に平坦部と、傾斜側面及び頂面を有するメサ型構造部とを有し、前記平坦部及び前記メサ型構造部はそれぞれ、少なくとも一部は保護膜、電極膜によって順に覆われてなり、前記メサ型構造部は少なくとも前記活性層の一部を含むものであって、前記傾斜側面はウェットエッチングによって形成されてなると共に前記頂面に向かって水平方向の断面積が連続的に小さく形成されてなり、前記保護膜は、前記平坦部の少なくとも一部と、前記メサ型構造部の前記傾斜側面と、前記メサ型構造部の前記頂面の周縁領域とを少なくとも覆うとともに、平面視して前記周縁領域の内側に前記化合物半導体層の表面の一部を露出する通電窓を有し、前記電極層は、前記通電窓から露出された化合物半導体層の表面に直接接触すると共に、前記平坦部上に形成された保護膜の一部を少なくとも覆い、前記メサ型構造部の頂面上に光射出孔を有するように形成された連続膜である、ことを特徴とする発光ダイオード。

なお、本発明で「平坦部」とは、化合物半導体層をウェットエッチングしてメサ型構造部を形成したときに同時に形成されるものであって、“平坦”

化はウェットエッチングで行ったものである。

(2) 前記反射層がDBR反射層であることを特徴とする(1)に記載の発光ダイオード。

(3) 前記活性層の基板と反対側に上部DBR反射層を備えることを特徴とする(2)に記載の発光ダイオード。

(4) 前記反射層が金属からなることを特徴とする(1)に記載の発光ダイオード。

(5) 前記化合物半導体層が、前記電極層に接触するコンタクト層を有することを特徴とする(1)～(4)のいずれか一つに記載の発光ダイオード。

(6) 前記メサ型構造部が前記活性層のすべてと、前記反射層の一部または全部を含むことを特徴とする請求項1～5のいずれか一項に記載の発光ダイオード。

(7) 前記メサ型構造部は平面視して矩形であることを特徴とする(1)～(6)のいずれか一つに記載の発光ダイオード。

(8) 前記メサ型構造部の各傾斜側面は前記基板のオリエンテーションフラットに対してオフセットして形成されていることを特徴とする(7)に記載の発光ダイオード。

(9) 前記メサ型構造部の高さが $3\sim 7\mu\text{m}$ であって、平面視した前記傾斜側面の幅が $0.5\sim 7\mu\text{m}$ であることを特徴とする(1)～(8)のいずれか一つに記載の発光ダイオード。

(10) 前記光射出孔は平面視して円形又は楕円であることを特徴とする(1)～(9)のいずれか一つに記載の発光ダイオード。

(11) 前記光射出孔の径が $50\sim 150\mu\text{m}$ であることを特徴とする(10)に記載の発光ダイオード。

(12) 前記電極層の前記平坦部上の部分にボンディングワイヤを有することを特徴とする(1)～(11)のいずれか一つに記載の発光ダイオード。

(13) 前記活性層に含まれる発光層が多重量子井戸からなることを特徴とする(1)～(12)のいずれか一つに記載の発光ダイオード。

(14) 前記活性層に含まれる発光層が $(\text{Al}_{x_1}\text{Ga}_{1-x_1})_{y_1}\text{In}_{1-y_1}\text{P}$ ($0 \leq x_1 \leq 1$, $0 < y_1 \leq 1$)、 $(\text{Al}_{x_2}\text{Ga}_{1-x_2})\text{As}$ ($0 \leq x_2 \leq 1$)、 $(\text{In}_{x_3}\text{Ga}_{1-x_3})\text{As}$ ($0 \leq x_3 \leq 1$) のいずれかからなることを特徴とする (1) ~ (13) のいずれか一つに記載の発光ダイオード。

(15) 基板上に、反射層と活性層を含む化合物半導体層とを形成する工程と、前記化合物半導体層をウェットエッチングして、頂面に向かって水平方向の断面積が連続的に小さく形成されてなるメサ型構造部と該メサ型構造部の周囲に配置する平坦部とを形成する工程と、前記メサ型構造部の頂面に、前記化合物半導体層の表面の一部を露出する通電窓を有するように、前記メサ型構造部及び平坦部上に保護膜を形成する工程と、前記通電窓から露出された化合物半導体層の表面に直接接触すると共に、前記平坦部上に形成された保護膜の一部を少なくとも覆い、前記メサ型構造部の頂面上に光射出孔を有するように、連続膜である電極層を形成する工程と、を有することを特徴とする発光ダイオードの製造方法。

(16) 前記ウェットエッチングを、リン酸／過酸化水素水混合液、アンモニア／過酸化水素水混合液、ブロムメタノール混合液、ヨウ化カリウム／アンモニアの群から選択される少なくとも1種以上を用いて行うことを特徴とする (15) に記載の発光ダイオードの製造方法。

発明の効果

[0011] 本発明の発光ダイオードによれば、その上部に平坦部と、傾斜側面及び頂面を有するメサ型構造部とを有し、平坦部及びメサ型構造部はそれぞれ、少なくとも一部は保護膜、電極膜によって順に覆われてなり、メサ型構造部は少なくとも活性層の一部を含むものであって、保護膜は、平坦部の少なくとも一部と、メサ型構造部の傾斜側面と、メサ型構造部の前記頂面の周縁領域とを少なくとも覆うとともに、平面視して前記周縁領域の内側に化合物半導体層の表面の一部を露出する通電窓を有し、電極層は、通電窓から露出された化合物半導体層の表面に直接接触すると共に、平坦部上に形成された保護膜の一部を少なくとも覆い、メサ型構造部の頂面上に光射出孔を有するよう

に形成された連続膜である構成を採用したので、高い光出力が得られると共に射出させた光を光学部品等に効率良く取り込むことが可能である。

また、メサ型構造部の傾斜側面はウェットエッチングによって形成されると共に頂面に向かって水平方向の断面積が連続的に小さく形成されてなる構成を採用したので、垂直側面の場合に比べて側面に保護膜及びその上の電極膜を形成しやすいために均一な膜厚で連続な膜が形成されるため、不連続な膜に起因したリークや通電不良がなく、安定で高輝度の発光が担保されている。かかる効果は、ウェットエッチングによって形成されてなる傾斜側面を有するメサ型構造部を備えていれば奏する効果であり、発光ダイオードの内部の積層構造や基板の構成によらずに得られる効果である。

[0012] 本発明の発光ダイオードによれば、反射層が金属からなる構成を採用することにより、発光層で発光した光を高い反射率で反射して高い光出力が可能となる。

[0013] 本発明の発光ダイオードによれば、反射層がDBR反射層である構成を採用することにより、発光スペクトル線幅が狭い発光が可能となる。また、さらに、活性層の基板と反対側に上部DBR反射層を備える構成を採用することにより、発光スペクトル線幅が狭く、出射光の指向性が高く、高速応答が可能となる。

[0014] 本発明の発光ダイオードによれば、化合物半導体層が電極層に接触するコンタクト層を有する構成を採用することにより、オーミック電極の接触抵抗を下げて低電圧駆動が可能となる。

[0015] 本発明の発光ダイオードによれば、メサ型構造部は活性層のすべてと、反射層の一部または全部を含む構成を採用することにより、発光は全て、メサ型構造部内で生ずることになり、光取り出し効率が向上する。

[0016] 本発明の発光ダイオードによれば、メサ型構造部を平面視して矩形である構成を採用することにより、製造時のウェットエッチングにおける異方性の影響によりエッチング深さによりメサ形状が変化することが抑制され、メサ部面積の制御が容易なので、高精度の寸法形状が得られている。

- [0017] 本発明の発光ダイオードによれば、メサ型構造部の各傾斜側面が基板のオリエンテーションフラットに対してオフセットして形成されている構成を採用することにより、矩形メサ型構造部を構成する4辺に対し基板方位による異方性の影響が緩和されているため、均等なメサ形状・勾配が得られている。
- [0018] 本発明の発光ダイオードによれば、メサ型構造部の高さが3～7 μm であって、平面視した傾斜側面の幅が0.5～7 μm である構成を採用することにより、垂直側面の場合に比べて側面に保護膜及びその上の電極膜を形成しやすいために均一な膜厚で連続な膜が形成されるため、不連続な膜に起因したリークや通電不良がなく、安定で高輝度の発光が担保されている。
- [0019] 本発明の発光ダイオードによれば、光射出孔が平面視して円形又は楕円である構成を採用することにより、矩形等の角を持つ構造に比べ均一なコンタクト領域を形成しやすく、角部での電流集中等の発生を抑制できる。また、受光側でのファイバー等への結合に適している。
- [0020] 本発明の発光ダイオードによれば、光射出孔の径が50～150 μm である構成を採用することにより、50 μm 未満ではメサ型構造部での電流密度が高くなり、低電流で出力が飽和してしまう一方、150 μm を超えるとメサ型構造部全体への電流拡散が困難であるため、やはり出力は飽和するという問題が回避されている。
- [0021] 本発明の発光ダイオードによれば、電極層の平坦部上の部分にボンディングワイヤを有する構成を採用することにより、十分な荷重（及び超音波）をかけられる平坦部にワイヤボンディングがなされているので、接合強度の強いワイヤボンディングが実現されている。
- [0022] 本発明の発光ダイオードの製造方法によれば、化合物半導体層をウェットエッチングして、頂面に向かって水平方向の断面積が連続的に小さく形成されてなるメサ型構造部と該メサ型構造部の周囲に配置する平坦部とを形成する工程と、メサ型構造部の頂面に、化合物半導体層の表面の一部を露出する通電窓を有するように、メサ型構造部及び平坦部上に保護膜を形成する工程と、通電窓から露出された化合物半導体層の表面に直接接触すると共に、前

記平坦部上に形成された保護膜の一部を少なくとも覆い、メサ型構造部の頂面上に光射出孔を有するように、連続膜である電極層を形成する工程と、を有する構成を採用したので、高い光出力を有すると共に射出させた光を光学部品等に効率良く取り込むことが可能であると共に、垂直側面の場合に比べて傾斜斜面に保護膜及びその上の電極膜を形成しやすいために均一な膜厚で連続な膜が形成されるため、不連続な膜に起因したリークや通電不良がなく、安定で高輝度の発光が担保された発光ダイオードを製造することができる。従来の異方性のドライエッチングによりピラー構造を形成すると側面が垂直に形成されるが、ウェットエッチングによりメサ型構造部を形成することにより、側面を緩やかな傾斜の側面を形成することができる。また、ウェットエッチングによりメサ型構造部を形成することにより、従来のドライエッチングによってピラー構造を形成する場合に比べて形成時間が短縮することができる。

図面の簡単な説明

- [0023] [図1]本発明の第1の実施形態である発光ダイオードの断面模式図である。
- [図2]本発明の第1の実施形態である発光ダイオードの斜視図である。
- [図3]本発明の第1の実施形態である発光ダイオードの傾斜斜面の断面を示す電子顕微鏡写真である。
- [図4]本発明の第1の実施形態である発光ダイオードの活性層の断面模式図である。
- [図5]本発明の第2の実施形態である発光ダイオードの断面模式図である。
- [図6]本発明の第3の実施形態である発光ダイオードの断面模式図である。
- [図7]本発明の第4の実施形態である発光ダイオードの断面模式図である。
- [図8]本発明の第1の実施形態の発光ダイオードの製造方法を説明するための断面模式図である。
- [図9]本発明の第1の実施形態の発光ダイオードの製造方法を説明するための断面模式図である。
- [図10]ウェットエッチングのエッチング時間に対する深さ及び幅の関係を示

すグラフである。

[図11]本発明の第1の実施形態の発光ダイオードの製造方法を説明するための断面模式図である。

[図12]本発明の第4の実施形態の発光ダイオードに用いる金属基板の製造工程の一例を示す工程断面図である。

[図13]本発明の第4の実施形態の発光ダイオードの製造方法の一例を示す工程断面図である。

[図14]本発明の第4の実施形態の発光ダイオードの製造方法の一例を示す工程断面図である。

[図15]本発明の第4の実施形態の発光ダイオードの製造方法の一例を示す工程断面図である。

[図16]発光ダイオードの直上における光スペクトルの測定結果を示すグラフである。

[図17]発光した光の指向性の測定結果を示すグラフである。

[図18]従来の発光ダイオードの断面図である。

発明を実施するための形態

[0024] 以下、本発明を適用した発光ダイオード及びその製造方法について、図を用いてその構成を説明する。なお、以下の説明で用いる図面は、特徴をわかりやすくするために便宜上特徴となる部分を拡大して示している場合があり、各構成要素の寸法比率などは実際と同じであるとは限らない。また、以下の説明において例示される材料、寸法等は一例であって、本発明はそれらに限定されるものではなく、その要旨を変更しない範囲で適宜変更して実施することが可能である。

なお、本発明の効果を損ねない範囲で以下に記載していない層を備えてもよい。

[0025] [発光ダイオード（第1の実施形態）]

図1に、本発明を適用した発光ダイオードの一例である共振器型発光ダイオードの断面模式図である。図2は、図1で示した発光ダイオードを含むウ

ェハ上に形成された発光ダイオードの斜視図である。

以下に、図 1 及び図 2 を参照して、本発明を適用した一実施形態の発光ダイオードについて詳細に説明する。

[0026] 図 1 に示す発光ダイオード 100 は、基板 1 上に反射層 2 と活性層 3 を含む化合物半導体層とを備えた発光ダイオードであって、その上部に平坦部 6 と、傾斜側面 7 a 及び頂面 7 b を外面として有するメサ型構造部 7 とを有し、平坦部 6 及びメサ型構造部 7 はそれぞれ、少なくとも一部は保護膜 8、電極膜 9 によって順に覆われてなり、メサ型構造部 7 は少なくとも活性層 3 の一部を含むものであって、傾斜側面 7 a はウェットエッチングによって形成されてなると共に頂面 7 b に向かって水平方向の断面積が連続的に小さく形成されてなり、保護膜 8 は、平坦部 6 の少なくとも一部と、メサ型構造部 7 の傾斜側面 7 a と、メサ型構造部 7 の頂面 7 b の周縁領域 7 b a とを少なくとも覆うとともに、平面視して周縁領域 7 b a の内側に化合物半導体層の表面の一部を露出する通電窓 8 b を有し、電極層 9 は、通電窓 8 b から露出された化合物半導体層の表面に直接接触すると共に、平坦部 6 上に形成された保護膜 8 の一部を少なくとも覆い、メサ型構造部 7 の頂面 7 b 上に光射出孔 9 b を有するように形成された連続膜であって、反射層 2 は DBR 反射層（下部 DBR 反射層）であり、活性層 3 の基板 1 と反対側に上部 DBR 反射層 4 に備え、化合物半導体層は電極層 9 に接触するコンタクト層 5 を有するものである。

本実施形態の共振器型発光ダイオードのメサ型構造部 7 は、平面視して矩形であり、電極層 9 の光射出孔 9 b は平面視して円形である。メサ型構造部 7 の平面視は矩形に限定されず、また、光射出孔 9 b の平面視も円形に限定されない。

メサ型構造部 7 の電極膜上に、側面からの光の漏れを防止するための光漏れ防止膜 16 を備えている。

また、基板 1 の下面側には裏面電極 10 を備えている。

[0027] 本発明の発光ダイオードは、図 2 に示すように、ウェハ状の基板上に多数

の発光ダイオード１００を作製した後、各発光ダイオードごとにストリート（切断予定ライン）２１（点線２２はストリート２１の長手方向の中心線）に沿って切断することにより製造することができる。すなわち、点線２２に沿ってストリート２１の部分にレーザーやブレード等を当てることにより、各発光ダイオードごとに切断することができる。

[0028] メサ型構造部７は、平坦部６に対して上方に突出した構造であり、傾斜側面７ａと頂面７ｂとを外面として有する。図１で示した例の場合、傾斜側面７ａは、活性層３の全層、上部ＤＢＲ層４及びコンタクト層５の傾斜断面上に保護膜を介して形成された電極層（おもて面電極層）９の表面からなり、頂面７ｂは、保護膜８の中央部分を覆う部分８ｄの表面と、電極層９（符号９ｂａ、９ｂｂ及び９ｄの部分）の表面とからなる。

[0029] また、本発明のメサ型構造部７の内部は、コンタクト層５と、上部ＤＢＲ層４と、活性層３の少なくとも一部とを含む。

図１で示した例の場合、メサ型構造部７の内部は、コンタクト層５と、上部ＤＢＲ層４と、活性層３の全層とを含む。メサ型構造部７の内部には、活性層３の一部だけを含んでもよいが、活性層３の全層がメサ型構造部７の内部に含まれるのが好ましい。活性層３で発光した光を全てメサ型構造部内で生ずることになり、光取り出し効率が向上するからである。また、メサ型構造部７の内部に下部ＤＢＲ層２の一部を含んでもよい。

[0030] また、メサ型構造部７は、その傾斜側面７ａはウェットエッチングによって形成されてなると共に、基板１側から頂面に向かって水平方向の断面積が連続的に小さく形成されてなる。傾斜側面７ａはウェットエッチングによって形成されたものなので、下に凸状に形成されてなる。メサ型構造部７の高さｈは３～７μｍであって、平面視した傾斜側面７ａの幅ｗが０．５～７μｍであるのが好ましい。この場合、メサ型構造部７の側面が垂直若しくは急傾斜でなく、緩やかな傾斜であるために、保護膜や電極用金属膜を一様な膜厚で形成するのが容易となり、不連続な膜になるおそれがなく、そのため、不連続な膜に起因したリークや通電不良がなく、安定で高輝度の発光が担保

されるからである。

また、高さが $7\mu\text{m}$ を超えるまでウェットエッチングを行うと、傾斜側面がオーバーハング形状（逆テーパ状）になりやすくなるので好ましくない。オーバーハング形状（逆テーパ状）では保護膜や電極膜を均一な膜厚で不連続箇所なく形成することが垂直側面の場合よりもさらに困難になる。

なお、本明細書において、高さ h とは、平坦部6上の保護膜を介して形成された電極膜9（符号9cの部分）の表面から、保護膜8の符号8baの部分を覆う電極膜9（符号9baの部分）の表面までの垂直方向の距離（図1参照）をいう。また、幅 w とは、保護膜8の符号8baの部分を覆う電極膜9（符号9baの部分）のエッジからそのエッジにつながった傾斜側面の電極膜9（符号9aの部分）の最下のエッジの水平方向の距離（図1参照）をいう。

[0031] 図3は、メサ型構造部7近傍の断面の電子顕微鏡写真である。

図3で示した例の層構成は、コンタクト層が $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ からなり、層厚が $3\mu\text{m}$ である点以外は、後述する実施例と同様な構成である。

[0032] 本発明のメサ型構造部はウェットエッチングによって形成されてなるので、その頂面側から基板側へ行くほど（図で下方に行くほど）、メサ型構造部の水平断面積（又は、幅もしくは径）の増大率が大きくなるように形成されている。この形状によってメサ型構造部がドライエッチングではなく、ウェットエッチングによって形成されたものであることを判別することができる。

図3で示した例では、高さ h は $7\mu\text{m}$ であり、幅 w は $3.5\sim 4.5\mu\text{m}$ であった。

[0033] メサ型構造部7は、平面視して矩形であるのが好ましい。製造時のウェットエッチングにおける異方性の影響でエッチング深さによりメサ形状が変化することが抑制され、メサ型構造部の各面の面積の制御が容易なので、高精度の寸法形状が得られるからである。

[0034] 発光ダイオードにおけるメサ型構造部7の位置は、図1及び図2に示すよう

に、素子の小型化のためには発光ダイオードの長軸方向の一方に片寄っているのが好ましい。平坦部6はボンディングワイヤ（図示せず）を取り付けるのに要する広さが必要であるため、狭くするのには限界があり、メサ型構造部7をもう一方に寄せることにより、平坦部6の範囲を最小化でき、素子の小型化を図ることができるからである。

[0035] 平坦部6は、メサ型構造部7の周囲に配置する部分である。本発明では、十分な荷重（及び超音波）をかけることが可能な電極層の平坦部に位置する部分にワイヤボンディングがなされるので、接合強度の強いワイヤボンディングが実現できる。

[0036] 平坦部6の上には、保護膜8、電極層（おもて面電極層）9が順に形成されており、電極層9の上にはボンディングワイヤ（図示せず）が取り付けられる。平坦部6の保護膜8の直下に配置する材料は、メサ型構造部7の内部の構成により決まる。図1で示した例の場合、メサ型構造部7の内部はコンタクト層5と、上部DBR層4と、活性層3の全層とを含み、活性層3の直下の層である下部DBR層の最上面が平坦部6の保護膜8の直下に配置するので、平坦部6の保護膜8の直下に配置する材料は下部DBR層の最上面の材料である。

[0037] 保護膜8は、メサ型構造部7の傾斜側面7aを覆う部分8aと、平坦部6の少なくとも一部を覆う部分8c（メサ型構造部7を挟んで反対側の平坦部を覆う部分8ccも含む）と、メサ型構造部7の頂面7bの周縁領域7baを覆う部分8baと、前記頂面7bの中央部分を覆う部分8dとからなり、平面視して周縁領域7baの内側にコンタクト層5の表面の一部を露出する通電窓8bを有する。

本実施形態の通電窓8bは、メサ型構造部7の頂面7bにおいてコンタクト層5の表面のうち、周縁領域7baの下に位置する部分8baと中央部分を覆う部分8dの下に位置する部分との間の径の異なる2つの同心円間の領域を露出する。

[0038] 保護膜8の第1の機能は発光が生じる領域及び光を取り出す範囲を狭くする

ために、おもて面電極層 9 の下層に配置しておもて面電極層 9 と裏面電極 10 との間の電流が流れる領域を制限することである。すなわち、保護膜 8 を形成した後、保護膜 8 を含む全面におもて面電極層を形成し、その後、おもて面電極層をパターニングするが、保護膜 8 を形成した部分についてはおもて面電極層を除去しなくても裏面電極 10 との間に電流が流れることはない。裏面電極 10 との間の電流を流したいところに保護膜 8 の通電窓 8 b を形成する。

従って、第 1 の機能を持たせるように、メサ型構造部 7 の頂面 7 b の一部に通電窓 8 b を形成する構成であれば、通電窓 8 b の形状や位置は図 1 のような形状や位置に限定されない。

[0039] 保護膜 8 の第 2 の機能は、第 1 の機能は必須の機能であるのに対して必須の機能ではないが、図 1 に示す保護膜 8 の場合、第 2 の機能として、平面視しておもて面電極層 9 の光射出孔 9 a 内のコンタクト層 5 の表面に配置して、保護膜 8 越しに光を取り出すことができ、かつ、光を取り出すコンタクト層 5 の表面を保護することである。

なお、後述する第 2 の実施形態では、光射出孔の下に保護膜を有さず、保護膜を介さずに光射出孔 9 b から直接、光を取り出す構成であり、第 2 の機能を有さない。

[0040] 保護膜 8 の材料としては絶縁層として公知のものをを用いることができるが、安定した絶縁膜の形成が容易であることから、シリコン酸化膜が好ましい。

なお、本実施形態では、この保護膜 8 (8 d) 越しに光を取り出すので、保護膜 8 は透光性を有する必要がある。

[0041] また、保護膜 8 の膜厚は、0.3 ~ 1 μm が好ましい。0.3 μm 未満では絶縁が十分ではないからであり、1 μm を超えると形成するのに時間がかかり過ぎるからである。

[0042] 電極層(おもて面電極層) 9 は、保護膜 8 のうち傾斜側面 7 a を覆う部分 8 a を覆う部分 9 a と、保護膜 8 のうち平坦部 6 の少なくとも一部を覆う部分

8 c を覆う部分 9 c と、保護膜 8 のうちメサ型構造部 7 の頂面 7 b の周縁領域 7 b a を覆う部分 8 b a の部分を覆う部分 9 b a と、保護膜 8 の通電窓 8 b を埋め込む部分 9 b b (以下適宜、「コンタクト部分」という) と、メサ型構造部 7 の頂面 7 b において保護膜 8 のうち頂面 7 b の中央部分を覆う部分 8 d の外周縁部を覆う部分 9 d とからなる。

[0043] 電極層(おもて面電極層) 9 の第1の機能は裏面電極 10 との間に電流を流すことであり、第2の機能は発光した光が射出される範囲を制限することである。図1で示した例の場合、第1の機能はコンタクト部分 9 b b が担い、第2の機能は中央部分を覆う部分 8 d の外周縁部を覆う部分 9 d が担っている。

第2の機能については非透光性の保護膜を用いることにより、その保護膜に担わせる構成でもよい。

[0044] 電極層 9 は平坦部 6 の保護膜 8 全体を覆っていてもよいし、その一部を覆っても構わないが、ボンディングワイヤが適切に取り付けるためにはできるだけ広範囲を覆っているのが好ましい。コスト低減の観点から、図2に示すように、各発光ダイオードごとに切断する際のストリート 21 には電極層を覆わないのが好ましい。

[0045] この電極層 9 はメサ型構造部 7 の頂面 7 b においてコンタクト部分 9 b b でしかコンタクト層 5 に接触していないので、電極層 9 と裏面電極 10 とは、コンタクト部 9 b b と裏面電極 10 との間でしか電流が流れない。そのため、発光層 13 において平面視して光射出孔 9 b と重なる範囲に電流が集中し、その範囲に発光が集中するため、効率的に光を取り出すことができる。

[0046] 電極層 9 の材料としては公知の電極材料を用いることができるが、良好なオーミックコンタクトが得られることから、AuBe/Au が最も好ましい。

また、電極層 9 の膜厚は、0.5~2.0 μm が好ましい。0.5 μm 未満では均一かつ良好なオーミックコンタクトを得ることが困難な上、ボンディング時の強度、厚みが不十分だからであり、2.0 μm を超えるとコストがかかり過ぎるからである。

- [0047] 図1に示すように、活性層で発光した光がメサ型構造部7の側面から素子外に漏れることを防止する光漏れ防止膜16を備えてもよい。
- [0048] 光漏れ防止膜16の材料としては公知の反射材料を用いることができる。電極層9と同じAuBe/Auでもよい。
- [0049] 本実施形態においては、光射出孔9bの下に保護膜8d(8)が形成されており、メサ型構造部7の頂面において保護膜8d(8)を介して光射出孔9bから光を取り出す構成である。
- [0050] 光射出孔9bの形状は、平面視して円形又は楕円であるのが好ましい。矩形等の角を持つ構造に比べ均一なコンタクト領域を形成しやすく、角部での電流集中等の発生を抑制できる。また、受光側でのファイバー等への結合に適しているからである。
- [0051] 光射出孔9bの径は、50～150 μm であるのが好ましい。50 μm 未満では射出部での電流密度が高くなり、低電流で出力が飽和してしまう一方、150 μm を超えると射出部全体への電流拡散が困難であるため、注入電流に対する発光効率が低下するからである。
- [0052] 基板1としては、例えば、GaAs基板を用いることができる。
- [0053] GaAs基板を用いる場合は、公知の製法で作製された市販品の単結晶基板を使用できる。GaAs基板のエピタキシャル成長させる表面は、平滑であることが望ましい。GaAs基板の表面の面方位は、エピ成長しやすく、量産されている(100)面および(100)から、 $\pm 20^\circ$ 以内にオフした基板が、品質の安定性の面からのぞましい。さらに、GaAs基板の面方位の範囲が、(100)方向から(0-1-1)方向に 15° オフ $\pm 5^\circ$ であることがより好ましい。
- [0054] GaAs基板の転位密度は、下部DBR層2、活性層3及び上部DBR層4の結晶性を良くするために低い方が望ましい。具体的には、例えば、10,000個 cm^{-2} 以下、望ましくは、1,000個 cm^{-2} 以下であることが好適である。
- [0055] GaAs基板は、n型であってもp型であってもよい。GaAs基板のキ

キャリア濃度は、所望の電気伝導度と素子構造から、適宜選択することができる。例えば、GaAs基板がSiドーパのn型である場合には、キャリア濃度が $1 \times 10^{17} \sim 5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の範囲であることが好ましい。これに対して、GaAs基板がZnをドーパしたp型の場合には、キャリア濃度 $2 \times 10^{18} \sim 5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ の範囲であることが好ましい。

[0056] GaAs基板の厚さは、基板のサイズに応じて適切な範囲がある。GaAs基板の厚さが適切な範囲よりも薄いと、化合物半導体層の製造プロセス中に割れてしまうおそれがある。一方、GaAs基板の厚さが適切な範囲よりも厚いと材料コストが増加することになる。このため、GaAs基板の基板サイズが大きい場合、例えば、直径75mmの場合には、ハンドリング時の割れを防止するために250～500 μm の厚さが望ましい。同様に、直径50mmの場合は、200～400 μm の厚さが望ましく、直径100mmの場合は、350～600 μm の厚さが望ましい。

[0057] このように、GaAs基板の基板サイズに応じて基板の厚さを厚くすることにより、活性層3に起因する化合物半導体層の反りを低減することができる。これにより、エピタキシャル成長中の温度分布が均一となることため、活性層3の面内の波長分布を小さくすることができる。なお、GaAs基板の形状は、特に円形に限定されず、矩形等であっても問題ない。

[0058] 反射層（下部DBR層2）及び化合物半導体層（活性層3、上部DBR層4、コンタクト層5）の構造には、公知の機能層を適時加えることができる。例えば、素子駆動電流を発光部の全般に平面的に拡散させるための電流拡散層、逆に素子駆動電流の通流する領域を制限するための電流阻止層や電流狭窄層など公知の層構造を設けることができる。

[0059] 基板1上に形成される反射層（下部DBR層）及び化合物半導体層は、下部DBR層2、活性層3及び上部DBR層4が順次積層されて構成されている。

[0060] DBR (Distributed Bragg Reflector) 層は、 $\lambda / (4n)$ の膜厚で (λ : 反射すべき光の真空中での波長、 n : 層材料の屈折率)、屈折率が異なる

2種類の層を交互に積層した多層膜からなるものである。反射率は2種類の屈折率の差が大きいと、比較的少ない層数の多層膜で高反射率が得られる。通常の反射膜のようにある面で反射されるのではなく、多層膜の全体として光の干渉現象に基づき反射が起きることが特徴である。

DBR層の材料は発光波長に対して透明であることが好ましく、又、DBR層を構成する2種類の材料の屈折率の差が大きくなる組み合わせとなるよう選択されるのが好ましい。

[0061] 下部DBR層2は、屈折率の異なる2種類の層が交互に10～50対積層されてなるのが好ましい。10対以下である場合は反射率が低すぎるために出力の増大に寄与せず、50対以上にしてもさらなる反射率の増大は小さいからである。

下部DBR層2を構成する屈折率の異なる2種類の層は、組成の異なる2種類の $(\text{Al}_{x_h}\text{Ga}_{1-x_h})_{y_3}\text{In}_{1-y_3}\text{P}$ ($0 < x_h \leq 1$, $y_3 = 0.5$)、 $(\text{Al}_{x_l}\text{Ga}_{1-x_l})_{y_3}\text{In}_{1-y_3}\text{P}$; $0 \leq x_l < 1$, $y_3 = 0.5$)の対であり、両者のAlの組成差 $\Delta X = x_h - x_l$ が0.5より大きいか又は等しくなる組み合わせか、又は、 GaInP と AlInP の組み合わせか、又は、組成の異なる2種類の $\text{Al}_{x_l}\text{Ga}_{1-x_l}\text{As}$ ($0.1 \leq x_l \leq 1$)、 $\text{Al}_{x_h}\text{Ga}_{1-x_h}\text{As}$ ($0.1 \leq x_h \leq 1$)の対であり、両者の組成差 $\Delta X = x_h - x_l$ が0.5より大きいか等しくなる組み合わせかのいずれかから選択されるのが効率よく高い反射率が得られることから望ましい。

組成の異なる AlGaInP の組み合わせは、結晶欠陥を生じやすいAsを含まないので好ましく、 GaInP と AlInP はその中で屈折率差を最も大きくとれるので、反射層の数を少なくすることができ、組成の切り替えも単純であるので好ましい。また、 AlGaAs は、大きな屈折率差をとりやすいという利点がある。

[0062] 上部DBR層4も、下部DBR層2と同様の層構造を用いることができるが、上部DBR層4を透過させて光を射出する必要があるので、下部DBR層2よりも反射率が低くなるように構成する。具体的には、下部DBR層2

と同じ材料からなる場合、下部DBR層2よりも層数が少なくなるように、屈折率の異なる2種類の層が交互に3～10対積層されてなるのが好ましい。2対以下である場合は反射率が低すぎるために出力の増大に寄与せず、11対以上にすると上部DBR層4を透過する光量が低下しすぎるからである。

[0063] 本発明の発光ダイオードは、活性層3を低反射率の上部DBR層4と高反射率の下部DBR層2で挟み、活性層3で発光した光が上部DBR層4と下部DBR層2と間で共振して定在波の腹が発光層に位置させる構成をとることにより、レーザ発振させないで、従来の発光ダイオードよりも指向性が高く、高効率の発光ダイオードとなっている。

[0064] 図4に示すように、活性層3は、下部クラッド層11、下部ガイド層12、発光層13、上部ガイド層14、上部クラッド層15が順次積層されて構成されている。すなわち、活性層3は、放射再結合をもたらすキャリア（担体；carrier）及び発光を発光層13に「閉じ込める」ために、発光層13の下側及び上側に対峙して配置した下部クラッド層11、下部ガイド層12、及び上部ガイド層14、上部クラッド層15を含む、所謂、ダブルヘテロ（英略称：DH）構造とすることが高強度の発光を得る上で好ましい。

[0065] 図4に示すように、発光層13は、発光ダイオード（LED）の発光波長を制御するため、量子井戸構造を構成することができる。すなわち、発光層13は、バリア層（障壁層ともいう）18を両端に有する、井戸層17とバリア層18との多層構造（積層構造）とすることができる。

[0066] 発光層13の層厚は、0.02～2μmの範囲であることが好ましい。発光層13の伝導型は特に限定されるものではなく、アンドープ、p型及びn型のいずれも選択することができる。発光効率を高めるには、結晶性が良好なアンドープ又は $3 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 未満のキャリア濃度とすることが望ましい。

[0067] 井戸層17の材料としては公知の井戸層材料を用いることができる。例え

ば、 AlGaAs 、 InGaAs 、 AlGaInP を用いることができる。

[0068] 井戸層 17 の層厚は、 $3 \sim 30 \text{ nm}$ の範囲が好適である。より好ましくは、 $3 \sim 10 \text{ nm}$ の範囲である。

[0069] バリア層 18 の材料としては、井戸層 17 の材料に対して適した材料を選択するのが好ましい。バリア層 18 での吸収を防止して発光効率を高めるため、井戸層 17 よりもバンドギャップが大きくなる組成とするのが好ましい。

[0070] 例えば、井戸層 17 の材料として AlGaAs 又は InGaAs を用いた場合にはバリア層 18 の材料として AlGaAs や AlGaInP が好ましい。バリア層 18 の材料として AlGaInP を用いた場合、欠陥を作りやすい As を含まないので結晶性が高く、高出力に寄与する。

井戸層 17 の材料として $(\text{Al}_{x_1}\text{Ga}_{1-x_1})_{y_1}\text{In}_{1-y_1}\text{P}$ ($0 \leq x_1 \leq 1$, $0 < y_1 \leq 1$) を用いた場合、バリア層 18 の材料としてより Al 組成の高い $(\text{Al}_{x_4}\text{Ga}_{1-x_4})_{y_1}\text{In}_{1-y_1}\text{P}$ ($0 \leq x_4 \leq 1$, $0 < y_1 \leq 1$, $x_1 < x_4$) または井戸層 $(\text{Al}_{x_1}\text{Ga}_{1-x_1})_{y_1}\text{In}_{1-y_1}\text{P}$ ($0 \leq x_1 \leq 1$, $0 < y_1 \leq 1$) よりバンドギャップエネルギーが大きくなる AlGaAs を用いることができる。

[0071] バリア層 18 の層厚は、井戸層 17 の層厚と等しいか又は井戸層 17 の層厚より厚いのが好ましい。トンネル効果が生じる層厚範囲で十分に厚くすることにより、トンネル効果による井戸層間への広がりが抑制されてキャリアの閉じ込め効果が増大し、電子と正孔の発光再結合確率が大きくなり、発光出力の向上を図ることができる。

[0072] 井戸層 17 とバリア層 18 との多層構造において、井戸層 17 とバリア層 18 とを交互に積層する対の数は特に限定されるものではないが、2 対以上 40 対以下であることが好ましい。すなわち、活性層 11 には、井戸層 17 が 2 ～ 40 層含まれていることが好ましい。ここで、活性層 11 の発光効率が好適な範囲としては、井戸層 17 が 5 層以上であることが好ましい。一方、井戸層 17 及びバリア層 18 は、キャリア濃度が低いため、多くの対にす

ると順方向電圧 (V_F) が増大してしまう。このため、40対以下であることが好ましく、20対以下であることがより好ましい。

[0073] 下部ガイド層12及び上部ガイド層14は、図4に示すように、発光層13の下面及び上面にそれぞれ設けられている。具体的には、発光層13の下面に下部ガイド層12が設けられ、発光層13の上面に上部ガイド層14が設けられている。

[0074] 下部ガイド層12および上部ガイド層14の材料としては、公知の化合物半導体材料を用いることができ、発光層13の材料に対して適した材料を選択するのが好ましい。例えば、 $AlGaAs$ 、 $AlGaInP$ を用いることができる。

[0075] 例えば、井戸層17の材料として $AlGaAs$ 又は $InGaAs$ を用い、バリア層18の材料として $AlGaAs$ 又は $AlGaInP$ を用いた場合、下部ガイド層12および上部ガイド層14の材料としては $AlGaAs$ 又は $AlGaInP$ が好ましい。下部ガイド層12および上部ガイド層14の材料として $AlGaInP$ を用いた場合、欠陥を作りやすい As を含まないので結晶性が高く、高出力に寄与する。

井戸層17の材料として $(Al_{x1}Ga_{1-x1})_{y1}In_{1-y1}P$ ($0 \leq x1 \leq 1$, $0 < y1 \leq 1$)を用いた場合、ガイド層14の材料としてより Al 組成の高い $(Al_{x4}Ga_{1-x4})_{y1}In_{1-y1}P$ ($0 \leq x4 \leq 1$, $0 < y1 \leq 1$, $x1 < x4$)または井戸層 $(Al_{x1}Ga_{1-x1})_{y1}In_{1-y1}P$ ($0 \leq x1 \leq 1$, $0 < y1 \leq 1$)よりバンドギャップエネルギーが大きくなる $AlGaAs$ を用いることができる。

[0076] 下部ガイド層12及び上部ガイド層14は、夫々、下部クラッド層11及び上部クラッド層15と活性層11との欠陥の伝搬を低減するために設けられている。このため、下部ガイド層12および上部ガイド層14の層厚は10nm以上が好ましく、20nm~100nmがより好ましい。

[0077] 下部ガイド層12及び上部ガイド層14の伝導型は特に限定されるものではなく、アンドープ、p型及びn型のいずれも選択することができる。発光

効率を高めるには、結晶性が良好なアンドープ又は $3 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 未満のキャリア濃度とすることが望ましい。

[0078] 下部クラッド層 11 及び上部クラッド層 15 は、図 4 に示すように、下部ガイド層 12 の下面及び上部ガイド層 14 上面にそれぞれ設けられている。

[0079] 下部クラッド層 11 及び上部クラッド層 15 の材料としては、公知の化合物半導体材料を用いることができ、発光層 13 の材料に対して適した材料を選択するのが好ましい。例えば、 AlGaAs 、 AlGaInP を用いることができる。

[0080] 例えば、井戸層 17 の材料として AlGaAs 又は InGaAs を用い、バリア層 18 の材料として AlGaAs 又は AlGaInP を用いた場合、下部クラッド層 11 及び上部クラッド層 15 の材料としては AlGaAs 又は AlGaInP が好ましい。下部クラッド層 11 及び上部クラッド層 15 の材料として AlGaInP を用いた場合、欠陥を作りやすい As を含まないので結晶性が高く、高出力に寄与する。

井戸層 17 の材料として $(\text{Al}_{x1}\text{Ga}_{1-x1})_{y1}\text{In}_{1-y1}\text{P}$ ($0 \leq x1 \leq 1$, $0 < y1 \leq 1$) を用いた場合、クラッド層 15 の材料としてより Al 組成の高い $(\text{Al}_{x4}\text{Ga}_{1-x4})_{y1}\text{In}_{1-y1}\text{P}$ ($0 \leq x4 \leq 1$, $0 < y1 \leq 1$, $x1 < x4$) または井戸層 $(\text{Al}_{x1}\text{Ga}_{1-x1})_{y1}\text{In}_{1-y1}\text{P}$ ($0 \leq x1 \leq 1$, $0 < y1 \leq 1$) よりバンドギャップエネルギーが大きくなる AlGaAs を用いることができる。

[0081] 下部クラッド層 11 と上部クラッド層 15 とは、極性が異なるように構成されている。

また、下部クラッド層 11 及び上部クラッド層 15 のキャリア濃度及び厚さは、公知の好適な範囲を用いることができ、活性層 11 の発光効率が高まるように条件を最適化することが好ましい。なお、下部および上部クラッド層は設けなくてもよい。

また、下部クラッド層 11 及び上部クラッド層 15 の組成を制御することによって、化合物半導体層 20 の反りを低減させることができる。

[0082] コンタクト層 5 は、電極との接触抵抗を低下させるために設けられている。コンタクト層 5 の材料は、発光層 1 3 よりバンドギャップの大きい材料であることが好ましい。また、コンタクト層 5 のキャリア濃度の下限値は、電極との接触抵抗を低下させるために $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上であることが好ましく、 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以上がより好ましい。キャリア濃度の上限値は、結晶性の低下が起こりやすくなる $2 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以下が望ましい。コンタクト層 5 の厚さは、 $0.05 \mu\text{m}$ 以上が好ましい。コンタクト層 5 の厚さの上限値は特に限定されないが、エピタキシャル成長に係るコストを適正範囲にするため、 $10 \mu\text{m}$ 以下とすることが望ましい。

[0083] 本発明の発光ダイオードは、ランプ、バックライト、携帯電話、ディスプレイ、各種パネル類、コンピュータ、ゲーム機、照明などの電子機器や、それらの電子機器を組み込んだ自動車などの機械装置等に組み込むことができる。

[0084] 〔発光ダイオード（第 2 の実施形態）〕

図 5 に、本発明を適用した発光ダイオードの一例である共振器型発光ダイオードの他の例を示した断面模式図を示す。

第 1 の実施形態においては、光射出孔の下に保護膜が形成されており、メサ型構造部の頂面において保護膜を介して光射出孔から光を取り出す構成であったが、第 2 の実施形態は、光射出孔の下に保護膜を有さず、保護膜を介さずに光射出孔 9 b から直接、光を取り出す構成である。

すなわち、第 2 の実施形態に係る共振器型発光ダイオード 200 では、保護膜 28 は、平坦部 6 の少なくとも一部 28 c と、メサ型構造部 7 の傾斜側面 7 a と、メサ型構造部 7 の頂面 7 b の周縁領域 7 b a とを覆うとともに、平面視して周縁領域 7 b a の内側にコンタクト層 5 の表面を露出する通電窓 28 b を有し、電極膜 29 は、保護膜 28 を介して平坦部 6 の少なくとも一部と、保護膜 28 を介してメサ型構造部 7 の傾斜側面 7 a と、保護膜 28 を介してメサ型構造部 7 の頂面 7 b の周縁領域 7 b a とを覆い、さらに、メサ型構造部 7 の頂面において通電窓 28 b から露出するコンタクト層 5 の表面

の一部だけを覆ってコンタクト層 5 の表面の他の部分 5 a を露出する光射出孔 2 9 b を有する、ことを特徴とする。

[0085] 図 5 に示すように、第 2 の実施形態の保護膜 2 8 は、メサ型構造部 7 の傾斜側面 7 a を覆う部分 2 8 a と、平坦部 6 の少なくとも一部を覆う部分 2 8 c (メサ型構造部 7 を挟んで反対側の平坦部を覆う部分 2 8 c c も含む) と、メサ型構造部 7 の頂面 7 b の周縁領域 7 b a を覆う部分 2 8 b a とからなり、平面視して周縁領域 7 b a の内側にコンタクト層 5 の表面を露出する通電窓 2 8 b を有する。すなわち、通電窓 2 8 b はメサ型構造部 7 の頂面 7 b においてコンタクト層 5 の表面のうち、周縁領域 7 b a の下に位置する部分以外を露出する。保護膜 8 の上に電極層(おもて面電極層) 9 を形成するが、この電極層 9 と裏面電極 1 0 との間において電流を流さない部分に保護膜 8 を形成している。

[0086] また、図 5 に示すように、第 2 の実施形態の電極層(おもて面電極層) 2 9 は、保護膜 2 8 のうち傾斜側面 7 a を覆う部分 2 8 a を覆う部分 2 9 a と、保護膜 2 8 のうち平坦部 6 の少なくとも一部を覆う部分 2 8 c を覆う部分 2 9 c と、保護膜 2 8 のうちメサ型構造部 7 の頂面 7 b の周縁領域 7 b a を覆う部分 2 8 b a の部分を覆う部分 2 9 b a と、メサ型構造部 7 の頂面 7 b において保護膜 2 8 のうち符号 2 8 b a の部分を越えて光射出孔 2 9 b を開口するようにコンタクト層 5 を覆う部分 2 9 b b とからなる。

第 2 の実施形態の電極層(おもて面電極層) 2 9 では、部分 2 9 b b が上記の第 1 の機能及び第 2 の機能の両方を担っている。

[0087] [発光ダイオード(第 3 の実施形態)]

本発明を適用した第 3 の実施形態の発光ダイオードは、第 1 の実施形態の発光ダイオードと比較すると、上部 D B R 反射層がなく、その代わりに電流拡散層を備えた点異なる。

[0088] 図 6 に、第 3 の実施形態に係る発光ダイオード 3 0 0 の一例の断面模式図を示す。

図 6 に示すように、発光ダイオード 3 0 0 は、活性層 3 上に電流拡散層 4 0

を備えた構成である。

[0089] 本実施形態では、電流拡散層40の材料としては、例えば、AlGaAs等を用いることができる。

電流拡散層40の厚さとしては、0.1 μm 以上10 μm 以下であることが好ましい。

0.1 μm 未満では電流拡散効果が不十分だからであり、10 μm を超えると効果に対しエピタキシャル成長に係わるコストが大きすぎるからである。

[0090] [発光ダイオード（第4の実施形態）]

本発明を適用した第4の実施形態の発光ダイオードは、第1の実施形態の発光ダイオードと比較すると、上部DBR反射層がなく、また、下部DBR反射層に替えて金属からなる反射層を備えると共に、基板として金属基板やシリコンやゲルマニウム等からなる基板の導電性基板を備えた点異なる。

なお、本実施形態では、上部クラッド層が第3の実施形態における電流拡散層40の電流拡散機能をも有する構成としてもよい。

[0091] 図7に、第4の実施形態に係る発光ダイオード400の一例の断面模式図を示す。

図7に示すように、発光ダイオード400は、導電性基板51上に金属からなる反射層52、GaP層53、活性層54、コンタクト層5を順に備えた発光ダイオードである。

また、導電性基板51の下面側には裏面電極56を備えている。

[0092] 金属からなる反射層52としては、発光波長に対して90%以上の反射率を有する金属が好ましく、例えば、金(Au)、銀(Ag)、銅(Cu)、アルミニウム(Al)、又はこれらの合金やAgPdCu合金(APC)により構成される。

[0093] 活性層54は、上部クラッド層63aと、発光層64と、下部クラッド層63bとを含む構成であるが、上部クラッド層に、第3の実施形態における電流拡散層40の電流拡散機能をも持たせる場合、上部クラッド63aの厚さとしては、0.1 μm 以上10 μm 以下であることが好ましい。0.1 μ

m未満では電流拡散効果が不十分だからであり、 $10\mu\text{m}$ を超えると効果に対しエピタキシャル成長に係わるコストが大きすぎるからである。

[0094] GaP層53は、金属からなる反射層52と、化合物半導体からなる活性層54の両方に対して接触抵抗を低く両者を電氣的に接続することができる。かかる機能を有する材料であれば、GaPに限らず、 $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{1-y}\text{In}_y\text{P}$ 、 $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{1-y}\text{In}_y\text{As}$ 等を用いることができる。

GaP層53の厚さとしては、 $1\mu\text{m}$ 以上 $5\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。 $1\mu\text{m}$ 未満では接合界面の応力により、発光出力が低下するからであり、 $5\mu\text{m}$ を超えると効果に対しエピタキシャル成長に係わるコストが大きすぎるからである。

[0095] 導電性基板51の材料としては、金属、Si、Ge、GaP、GaInP、SiC等を用いることができる。Si基板、Ge基板は安価で耐湿性に優れているという利点がある。GaP、GaInP、SiC基板は、発光部と熱膨張係数が近く、耐湿性に優れ、熱伝導性が良いという利点がある。金属基板はコスト面、機械強度、放熱性の観点から優れており、また、後述するように、複数の金属層（金属板）を積層した構造とすることにより、金属基板全体として熱膨張係数を調整できるという利点がある。

[0096] 導電性基板51として金属基板を用いる場合、複数の金属層（金属板）を積層した構造とすることができる。

複数の金属層（金属板）を積層した構造とする場合、2種類の金属層が交互に積層されてなるのが好ましく、特に、この2種類の金属層（例えば、これらを第1の金属層、第2の金属層という）の層数は合わせて奇数とするのが好ましい。

[0097] 例えば、第2の金属層を第1の金属層で挟んだ金属基板とした場合、金属基板の反りや割れの観点から、第2の金属層として化合物半導体層より熱膨張係数が小さい材料を用いるときは、第1の金属層、を化合物半導体層3より熱膨張係数が大きい材料からなるものを用いるのが好ましい。金属基板全体

としての熱膨張係数が化合物半導体層の熱膨張係数に近いものとなるため、化合物半導体層と金属基板とを接合する際の金属基板の反りや割れを抑制することができ、発光ダイオードの製造歩留まりを向上させることができるからである。同様に、第2の金属層として化合物半導体層2より熱膨張係数が大きい材料を用いるときは、第1の金属層、を化合物半導体層2より熱膨張係数が小さい材料からなるものを用いるのが好ましい。金属基板全体としての熱膨張係数が化合物半導体層の熱膨張係数に近いものとなるため、化合物半導体層と金属基板とを接合する際の金属基板の反りや割れを抑制でき、発光ダイオードの製造歩留まりを向上できるからである。

以上の観点からは、2種類の金属層はいずれが第1の金属層でも第2の金属層でも構わない。

2種類の金属層としては、例えば、銀（熱膨張係数＝18.9 ppm/K）、銅（熱膨張係数＝16.5 ppm/K）、金（熱膨張係数＝14.2 ppm/K）、アルミニウム（熱膨張係数＝23.1 ppm/K）、ニッケル（熱膨張係数＝13.4 ppm/K）およびこれらの合金のいずれかからなる金属層と、モリブデン（熱膨張係数＝5.1 ppm/K）、タングステン（熱膨張係数＝4.3 ppm/K）、クロム（熱膨張係数＝4.9 ppm/K）およびこれらの合金のいずれかからなる金属層との組み合わせを用いることができる。

好適な例としては、Cu/Mo/Cuの3層からなる金属基板があげられる。上記の観点ではMo/Cu/Moの3層からなる金属基板でも同様な効果が得られるが、Cu/Mo/Cuの3層からなる金属基板は、機械的強度が高いMoを加工しやすいCuで挟んだ構成なので、Mo/Cu/Moの3層からなる金属基板よりも切断等の加工が容易であるという利点がある。

[0098] 金属基板全体としての熱膨張係数は例えば、Cu（30 μm）/Mo（25 μm）/Cu（30 μm）の3層からなる金属基板では6.1 ppm/Kであり、Mo（25 μm）/Cu（70 μm）/Mo（25 μm）の3層からなる金属基板では5.7 ppm/Kとなる。

[0099] また、放熱の観点からは、金属基板を構成する金属層は熱伝導率が高い材料からなるのが好ましい。これにより、金属基板の放熱性を高くして、発光ダイオードを高輝度で発光させることができるとともに、発光ダイオードの寿命を長寿命とすることができるからである。

例えば、銀（熱伝導率＝ $420\text{ W/m}\cdot\text{K}$ ）、銅（熱伝導率＝ $398\text{ W/m}\cdot\text{K}$ ）、金（熱伝導率＝ $320\text{ W/m}\cdot\text{K}$ ）、アルミニウム（熱伝導率＝ $236\text{ W/m}\cdot\text{K}$ ）、モリブデン（熱伝導率＝ $138\text{ W/m}\cdot\text{K}$ ）、タングステン（熱伝導率＝ $174\text{ W/m}\cdot\text{K}$ ）およびこれらの合金などを用いることが好ましい。

それらの金属層の熱膨張係数が化合物半導体層の熱膨張係数と略等しい材料からなるのがさらに好ましい。特に、金属層の材料が、化合物半導体層の熱膨張係数の $\pm 1.5\text{ ppm/K}$ 以内である熱膨張係数を有する材料であるのが好ましい。これにより、金属基板と化合物半導体層との接合時の発光部への熱によるストレスを小さくすることができ、金属基板を化合物半導体層と接続させたときの熱による金属基板の割れを抑制することができ、発光ダイオードの製造歩留まりを向上させることができる。

金属基板全体としての熱伝導率は例えば、 $\text{Cu}(30\text{ }\mu\text{m})/\text{Mo}(25\text{ }\mu\text{m})/\text{Cu}(30\text{ }\mu\text{m})$ の3層からなる金属基板では $250\text{ W/m}\cdot\text{K}$ となり、 $\text{Mo}(25\text{ }\mu\text{m})/\text{Cu}(70\text{ }\mu\text{m})/\text{Mo}(25\text{ }\mu\text{m})$ の3層からなる金属基板では $220\text{ W/m}\cdot\text{K}$ となる。

[0100] また、金属基板の上面及び下面を金属保護膜で覆うことが好ましい。さらにその側面も金属保護膜で覆うことが好ましい。

金属保護膜の材料としては、密着性に優れるクロム、ニッケル、化学的に安定な白金、又は金の少なくともいずれか一つを含む金属からなるものが好ましい。

金属保護膜は密着性がよいニッケルと耐薬品に優れる金を組み合わせた層からなるのが最適である。

金属保護膜の厚さは特に制限はないが、エッチング液に対する耐性とコス

トのバランスから、 $0.2 \sim 5 \mu\text{m}$ 、好ましくは、 $0.5 \sim 3 \mu\text{m}$ が適正な範囲である。高価な金の場合は、厚さは $2 \mu\text{m}$ 以下が望ましい。

[0101] 〔発光ダイオード（第1の実施形態）の製造方法〕

次に、本発明の発光ダイオードの製造方法の一実施形態として、第1の実施形態の発光ダイオード（共振器型発光ダイオード）の製造方法を説明する。

図8は、発光ダイオードの製造方法の一工程を示す断面模式図である。また、図9は、図8の後の一工程を示す断面模式図である。

[0102] （化合物半導体層の形成工程）

まず、図8に示す化合物半導体層20を作製する。

化合物半導体層20は、基板1上に、下部DBR層2と、活性層3と、上部DBR層4と、コンタクト層5とを順次積層して作製する。

[0103] 基板1と下部DBR層2との間に、緩衝層（バッファ）を設けてもよい。

緩衝層は、基板1と活性層3の構成層との欠陥の伝搬を低減するために設けられている。このため、基板の品質やエピタキシャル成長条件を選択すれば、緩衝層は、必ずしも必要ではない。また、緩衝層の材質は、エピタキシャル成長させる基板と同じ材質とすることが好ましい。

緩衝層には、欠陥の伝搬を低減するために基板と異なる材質からなる多層膜を用いることもできる。緩衝層の厚さは、 $0.1 \mu\text{m}$ 以上とすることが好ましく、 $0.2 \mu\text{m}$ 以上とすることがより好ましい。

[0104] 本実施形態では、分子線エピタキシャル法（MBE）や減圧有機金属化学

気相堆積法（MOCVD法）等の公知の成長方法を適用することができる。

なかでも、量産性に優れるMOCVD法を適用することが、最も望ましい。

具体的には、化合物半導体層のエピタキシャル成長に使用する基板1は、成長前に洗浄工程や熱処理等の前処理を実施して、表面の汚染や自然酸化膜を除去することが望ましい。上記化合物半導体層を構成する各層は、直径 $50 \sim 150 \text{mm}$ の基板1をMOCVD装置内にセットし、同時にエピタキシャル成長させて積層することができる。また、MOCVD装置としては、自公転型、高速回転型等の市販の大型装置を適用することができる。

[0105] 上記化合物半導体層20の各層をエピタキシャル成長する際、III族構成元素の原料としては、例えば、トリメチルアルミニウム ($(\text{CH}_3)_3\text{Al}$)、トリメチルガリウム ($(\text{CH}_3)_3\text{Ga}$) 及びトリメチルインジウム ($(\text{CH}_3)_3\text{In}$) を用いることができる。また、Mgのドーピング原料としては、例えば、ビスシクロペンタジエニルマグネシウム ($\text{bis}-(\text{C}_5\text{H}_5)_2\text{Mg}$) 等を用いることができる。また、Siのドーピング原料としては、例えば、ジシラン (Si_2H_6) 等を用いることができる。また、V族構成元素の原料としては、ホスフィン (PH_3)、アルシン (AsH_3) 等を用いることができる。

さらに、各層のキャリア濃度及び層厚、温度条件は、適宜選択することができる。

[0106] このようにして作製した化合物半導体層は、活性層3を有するにもかかわらず結晶欠陥が少ない良好な表面状態が得られる。また、化合物半導体層20は、素子構造に対応して研磨などの表面加工を施しても良い。

[0107] (裏面電極の形成工程)

次に、図8に示すように、基板1の裏面に、裏面電極10を形成する。

具体的には、例えば、基板がn型基板である場合には、蒸着法により、例えば、Au、AuGeを順に積層してn型オーミック電極の裏面電極10を形成する。

[0108] (メサ型構造部の形成工程)

次に、メサ型構造部(保護膜及び電極膜を除く)を形成するために、メサ型構造部以外の部分の化合物半導体層すなわち、コンタクト層と上部DBR層と活性層の少なくとも一部と、又は、コンタクト層と上部DBR層と活性層と下部DBR層の少なくとも一部とをウェットエッチングする。

具体的には、まず、図9に示すように、化合物半導体層の最上層であるコンタクト層上にフォトレジストを堆積し、フォトリソグラフィによりメサ型構造部以外に開口23aを有するレジストパターン23を形成する。

レジストパターンにおいてメサ型構造部形成予定箇所の大きさを、「メサ

型構造部」の頂面より各辺上下左右 $10\ \mu\text{m}$ 程度大きめに形成するのが好ましい。

[0109] 次いで、例えば、リン酸／過酸化水素水混合液を用いて、メサ型構造部以外の部分のコンタクト層と上部DBR層と活性層の少なくとも一部、又は、コンタクト層と上部DBR層と活性層と下部DBR層の少なくとも一部をエッチングして除去する。

リン酸／過酸化水素水混合液としては例えば、 $\text{H}_2\text{PO}_4 : \text{H}_2\text{O}_2 : \text{H}_2\text{O} = 1 \sim 3 : 4 \sim 6 : 8 \sim 10$ のリン酸／過酸化水素水混合液を用いて、ウェットエッチング時間を $30 \sim 120$ 秒間として、上記エッチング除去を行うことができる。

その後、レジストを除去する。

[0110] メサ型構造部の平面視形状はレジストパターン23の開口23aの形状によって決まる。レジストパターン23に所望の平面視形状に対応する形状の開口23aを形成する。

また、エッチングの深さすなわち、化合物半導体層のうち、どの層までエッチング除去するかは、エッチャントの種類及びエッチング時間によって決まる。

[0111] 図10に、 $\text{H}_2\text{PO}_4 : \text{H}_2\text{O}_2 : \text{H}_2\text{O} = 2 : 5 : 9$ ($100 : 250 : 450$)、 56% (H_2O)、液温 $30^\circ\text{C} \sim 34^\circ\text{C}$ のエッチャントを用いて、後述する実施例1で示した化合物半導体層についてウェットエッチングを行った場合のエッチング時間に対する深さ及び幅の関係を示す。表1にその条件及び結果を数値で示す。

[0112]

[表1]

時間(sec)	深さ(μm)	幅(μm)
5	0.45	0.25
10	0.91	0.55
30	2.7	1.6
45	4.2	2.6
60	5.45	3.8
90	8.5	7.2

[0113] 図10及び表1から、エッチング深さ（図1の「h」に相当）はエッチング時間（sec）にほぼ比例するが、エッチング幅はエッチング時間が長くなるほど増大率が大きくなることがわかる。すなわち、図3に示すように、深くなるほど（図で下方に行くほど）、メサ型構造部の水平断面積（又は、幅もしくは径）の増大率が大きくなるように形成される。このエッチング形状はドライエッチングによるエッチング形状とは異なる。従って、メサ型構造部の傾斜斜面の形状から、メサ型構造部がドライエッチングで形成されたのか、又は、ウェットエッチングで形成されたのかを判別することができる。

[0114] （保護膜の形成工程）

次に、全面に保護膜8の材料を成膜する。具体的には、例えば、 SiO_2 を全面にスパッタリング法により成膜する。

[0115] （ストリートおよびコンタクト層の部分の保護膜の除去工程）

次に、全面にフォトリソグレイスを堆積し、フォトリソグラフィによりコンタクト層上の通電窓8bに対応する部分とストリートに対応する部分と、を開口とするレジストパターンを形成する。

次いで、例えば、バッファードフッ酸を用いてウェットエッチングにより、メサ型構造部の頂面の通電窓8bに対応する部分とストリートに対応する部分の保護膜8の材料を除去して保護膜8を形成する。

図11に、保護膜8の通電窓8b近傍の平面図を示す。

その後、レジストを除去する。

[0116] （おもて面電極層の形成工程）

次に、おもて面電極層 9 を形成する。すなわち、保護膜 8 上、及び、保護膜 8 の通電窓 8 b から露出しているコンタクト層 5 上に、光射出孔 9 b を有するおもて面電極層 9 を形成する。

具体的には、全面にフォトリソグロフィにより光射出孔 9 b に対応する部分と、ウェハ基板上の多数の発光ダイオード間の切断部分（ストリート）とを含む、電極膜が不要な部分以外を開口とするレジストパターンを形成する。次いで、電極層材料を蒸着する。この蒸着だけではメサ型構造部の傾斜側面には電極層材料が十分には蒸着されない場合は、さらに、メサ型構造部の傾斜側面に電極層材料を蒸着するために蒸着金属が回りこみやすいプラネタリタイプの蒸着装置を用いて蒸着を行う。

その後、レジストを除去する。

[0117] 光射出孔 9 b の形状はレジストパターン（図示せず）の開口の形状によって決まる。この開口形状を所望の光射出孔 9 b の形状に対応するものとしたレジストパターンを形成する。

[0118] （個片化工程）

次に、ウェハ基板上の発光ダイオードを個片化する。

具体的には、例えば、ダイシングソーもしくはレーザーにより、ストリート部分を切断してウェハ基板上の発光ダイオード毎に切断して個片化する。

[0119] 〔発光ダイオード（第 2 の実施形態）の製造方法〕

本発明の発光ダイオード（第 2 の実施形態）は、発光ダイオード（第 1 の実施形態）と保護膜及び電極の配置構成が異なるだけであり、その製造方法は発光ダイオード（第 1 の実施形態）の製造方法と同様に行うことができる。

[0120] 〔発光ダイオード（第 3 の実施形態）の製造方法〕

本発明の発光ダイオード（第 3 の実施形態）の製造方法において、発光ダイオード（第 1 の実施形態）の製造方法と異なる点は、化合物半導体層の形成工程で、基板 1 上に、下部 DBR 層 2 と、活性層 3 とを積層した後、活性層 3 上に電流拡散層 4 0 を積層する点であり、その他は発光ダイオード（第

1の実施形態)の製造方法と同様に行うことができる。

[0121] [発光ダイオード(第4の実施形態)の製造方法]

次に、本発明の発光ダイオード(第4の実施形態)の製造方法を説明する。

基板51として金属基板を用いた場合について説明する。

[0122] <金属基板の製造工程>

図12(a)~図12(c)は、金属基板の製造工程を説明するための金属基板の一部の断面模式図である。

金属基板51として、熱膨張係数が活性層の材料より大きい第1の金属層(第1の金属板)51bと、熱膨張係数が活性層の材料より小さい第2の金属層(第2の金属板)51aとを採用して、ホットプレスして形成する。

[0123] 具体的にはまず、2枚の略平板状の第1の金属層51bと、1枚の略平板状の第2の金属層51aを用意する。例えば、第1の金属層51bとしては厚さ10 μ mのCu、第2の金属層51aとしては厚さ75 μ mのMoを用いる。

次に、図12(a)に示すように、2枚の第1の金属層51bの間に第2の金属層51aを挿入してこれらを重ねて配置する。

[0124] 次に、重ね合わせたそれらの金属層を所定の加圧装置に配置して、高温下で第1の金属層51bと第2の金属層51aに矢印の方向に荷重をかける。これにより、図12(b)に示すように、第1の金属層51bがCuであり、第2の金属層51aがMoであり、Cu(10 μ m)/Mo(75 μ m)/Cu(10 μ m)の3層からなる金属基板1を形成する。

金属基板51は、例えば、熱膨張係数が5.7ppm/Kとなり、熱伝導率は220W/m $\cdot$ Kとなる。

[0125] 次に、図12(c)に示すように、金属基板1の全面すなわち、上面、下面及び側面を覆う金属保護膜51cを形成する。このとき、金属基板は各発光ダイオードに個片化のために切断される前なので、金属保護膜が覆う側面とは金属基板(プレート)の外周側面である。従って、個片化後の各発光ダ

イオードの金属基板 5 1 の側面を金属保護膜 5 1 c で覆う場合には別途、金属保護膜で側面を覆う工程を実施する。

図 1 2 (c) は、金属基板 (プレート) の外周端側でない箇所の一部を示しているものであり、外周側面の金属保護膜は図に表れていない。

[0126] 金属保護膜は公知の膜形成方法を用いることができるが、側面を含めた全面に膜形成ができるめっき法が最も好ましい。

例えば、無電解めっき法では、ニッケルその後、金をめっきし、金属基板の上面、側面、下面をニッケル膜及び金膜 (金属保護膜) で覆われた金属基板 5 1 を作製できる。

めっき材質は、特に制限はなく、銅、銀、ニッケル、クロム、白金、金など公知の材質が適用できるが、密着性がよいニッケルと耐薬品に優れる金を組み合わせた層が最適である。

めっき法は、公知の技術、薬品が使用できる。電極が不要な無電解めっき法が、簡便で望ましい。

[0127] <化合物半導体層の形成工程>

まず、図 1 3 に示すように、半導体基板 (成長用基板) 6 1 の一面 6 1 a 上に、複数のエピタキシャル層を成長させて活性層 5 4 を含むエピタキシャル積層体 8 0 を形成する。

半導体基板 6 1 は、エピタキシャル積層体 8 0 形成用基板であり、例えば、一面 6 1 a が (1 0 0) 面から 1 5 ° 傾けた面とされた、Si ドープした n 型の GaAs 単結晶基板である。エピタキシャル積層体 8 0 として AlGaInP 層または AlGaAs 層を用いる場合、エピタキシャル積層体 8 0 を形成する基板として砒化ガリウム (GaAs) 単結晶基板を用いることができる。

[0128] 活性層 5 4 の形成方法としては、有機金属化学気相成長 (Metal Organic Chemical Vapor Deposition : MOCVD) 法、分子線エピタキシャル (Molecular Beam Epitaxy : MBE) 法や液相エピタキシャル (Liquid Ph

a s e E p i t a x i c y : L P E) 法などを用いることができる。

[0129] 本実施形態では、トリメチルアルミニウム ($(\text{CH}_3)_3\text{Al}$)、トリメチルガリウム ($(\text{CH}_3)_3\text{Ga}$) 及びトリメチルインジウム ($(\text{CH}_3)_3\text{In}$) を III 族構成元素の原料に用いた減圧 MOCVD 法を用いて、各層をエピタキシャル成長させる。

なお、Mg のドーピング原料にはビスシクロペンタジエニルマグネシウム ($(\text{C}_5\text{H}_5)_2\text{Mg}$) を用いる。また、Si のドーピング原料にはジシラン (Si_2H_6) を用いる。また、V 族構成元素の原料としては、ホスフィン (PH_3) 又はアルシン (AsH_3) を用いる。

なお、p 型の GaP 層 53 は、例えば、 750°C で成長させ、その他のエピタキシャル成長層は、例えば、 730°C で成長させる。

[0130] 具体的には、まず、成長用基板 61 の一面 61a 上に、Si をドーブした n 型の GaAs からなる緩衝層 62a を成膜する。緩衝層 62a としては、例えば、Si をドーブした n 型の GaAs を用い、キャリア濃度を $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ とし、層厚を $0.2 \mu\text{m}$ とする。

[0131] 次に、本実施形態では、緩衝層 62a 上にエッチングストップ層 62b を成膜する。

エッチングストップ層 62b は、半導体基板をエッチング除去する際、クラッド層および発光層までがエッチングされてしまうことを防ぐための層であり、例えば、Si ドープの $(\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ からなり、層厚を $0.5 \mu\text{m}$ とする。

[0132] 次に、エッチングストップ層 62b 上に例えば、Si ドープした n 型の $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ($0.1 \leq x \leq 0.3$) からなるコンタクト層 5 を成膜する。

[0133] 次に、コンタクト層 5 上に例えば、Si をドーブした n 型の $(\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ からなるクラッド層 63a を成膜する。

[0134] 次に、クラッド層 63a 上に例えば、 $\text{Al}_{0.17}\text{Ga}_{0.83}\text{As} / \text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ の対からなる井戸層／バリア層の 3 対の積層構造からなる発光層 6

4 を成膜する。

[0135] 次に、発光層 6 4 上に例えば、Mg をドーピングした p 型の $\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ からなるクラッド層 6 3 b を成膜する。

[0136] 次に、クラッド層 6 3 b 上に例えば、Mg ドーピングした p 型の GaP 層 5 3 を成膜する。

後述する金属基板等の基板に貼り付けする前に、貼り付け面を整える（すなわち、鏡面加工する。例えば、表面粗さを 0.2 nm 以下とする）ため、例えば、 $1\text{ }\mu\text{m}$ 程度研磨することが好ましい。

[0137] なお、クラッド層と発光層との間にガイド層を設けてもよい。

[0138] <反射層の形成工程>

次に、図 1 3 に示すように、p 型の GaP 層 5 3 上に例えば、Au からなる反射層 5 2 を形成する。

[0139] <金属基板の接合工程>

金属基板 5 1 を、反射層 5 2 に接合する前に、反射層 5 2 上に、バリア層（図示せず）及び／又は接合層（図示せず）を形成してもよい。

[0140] バリア層は、金属基板に含まれる金属が拡散して反射層 5 2 と反応するのを抑制することができる。

バリア層の材料としては、ニッケル、チタン、白金、クロム、タンタル、タングステン、モリブデン等を用いることができる。バリア層は、2 種類以上の金属の組み合わせ、たとえば白金とチタンの組み合わせなどにより、バリアの性能を向上させることができる。

なお、バリア層を設けなくても、接合層にそれらの材料を添加することにより接合層にバリア層と同様な機能を持たせることもできる。

接合層は、活性層 5 4 を含む化合物半導体層 1 0 等を密着性よく金属基板 1 に接合するための層である。

接合層の材料としては、化学的に安定で、融点の低い Au 系の共晶金属などを用いられる。Au 系の共晶金属としては、例えば、AuGe、AuSn、AuSi、AuIn などの合金の共晶組成を挙げることができる。

[0141] 次に、図 1 4 に示すように、エピタキシャル積層体 8 0 や反射層 6 等を形成した半導体基板 6 1 と、金属基板の製造工程で形成した金属基板 5 1 とを減圧装置内に搬入して、その接合層の接合面と金属基板 5 1 の接合面 5 1 A とが対向して重ね合わされるように配置する。

次に、減圧装置内を 3×10^{-5} Pa まで排気した後、重ね合わせた半導体基板 6 1 と金属基板 5 1 とを 400°C に加熱した状態で、 500 kg の荷重を印加して接合層の接合面と金属基板 5 1 の接合面 5 1 A とを接合して、接合構造体 9 0 を形成する。

[0142] <半導体基板および緩衝層除去工程>

次に、図 1 5 に示すように、接合構造体 9 0 から、半導体基板 6 1 及び緩衝層 6 2 a をアンモニア系エッチャントにより選択的に除去する。

このとき、本発明の金属基板は金属保護膜に覆われており、エッチャントに対する耐性が高いため、金属基板が品質劣化することが防止される。

[0143] <エッチングストップ層除去工程>

さらに、図 1 5 に示すように、エッチングストップ層 6 2 b を塩酸系エッチャントにより選択的に除去する。

本発明の金属基板は金属保護膜に覆われており、エッチャントに対する耐性が高いため、金属基板が品質劣化することが防止される。

[0144] (裏面電極の形成工程)

次に、図 1 5 に示すように、金属基板 5 1 の裏面に、裏面電極 5 6 を形成する。

[0145] (メサ型構造部の形成工程)

次に、発光ダイオード（第 1 の実施形態）の製造方法と同様に、メサ型構造部（保護膜及び電極膜を除く）を形成するために、メサ型構造部以外の部分の化合物半導体層すなわち、電流拡散層と活性層の少なくとも一部と、又は、電流拡散層と活性層の全部とをウェットエッチングする。

具体的には、まず、発光ダイオード（第 1 の実施形態）の製造方法と同様に、レジストパターンを形成する。

[0146] 次に、メサ型構造部以外の部分の化合物半導体層についてウェットエッチングを行う。

ウェットエッチングに用いるエッチャントとしては限定的ではないが、 AlGaAs 等の As 系の化合物半導体材料に対してはアンモニア系エッチャント（例えば、アンモニア／過酸化水素水混合液）が適しており、 AlGaInP 等の P 系の化合物半導体材料に対してはヨウ素系エッチャント（例えば、ヨウ化カリウム／アンモニア）が適しており、リン酸／過酸化水素水混合液は AlGaAs 系に、ブロムメタノール混合液は P 系に適している。

また、 As 系のみで形成されている構造では燐酸混合液、 As/P 系が混在している構造では As 系構造部にアンモニア混合液、 P 系構造部にヨウ素混合液を使用してもよい。

[0147] 上記に示したような化合物半導体層の場合すなわち、最上層の AlGaAs からなるコンタクト層5、 AlGaInP からなるクラッド層63a、 AlGaAs からなる発光層64、 AlGaInP からなるクラッド層63b、 GaP 層53の場合、 As 系のコンタクト層5及び発光層64と、他の P 系の層とでそれぞれにエッチング速度が高い、異なるエッチャントを用いることが好ましい。

例えば、 P 系の層のエッチングにはヨウ素系エッチャントを用い、 As 系のコンタクト層5及び発光層64のエッチングにはアンモニア系エッチャントを用いることが好ましい。

ヨウ素系エッチャントとしては例えば、ヨウ素（ I ）、ヨウ化カリウム（ KI ）、純水（ H_2O ）、アンモニア水（ NH_4OH ）を混合したエッチャントを用いることができる。

また、アンモニア系エッチャントとしては例えば、アンモニア／過酸化水素水混合液（ $\text{NH}_4\text{OH}:\text{H}_2\text{O}_2:\text{H}_2\text{O}$ ）を用いることができる。

[0148] この好ましいエッチャントを用いてメサ型構造部以外の部分を除去する場合を説明すると、まず、メサ型構造部以外の部分の AlGaAs からなるコンタクト層5をアンモニア系エッチャントを用いてエッチング除去する。

このエッチングの際、次の層である AlGaInP からなるクラッド層 55 がエッチングストップ層として機能するので、エッチング時間を厳密に管理することは要しないが、例えば、コンタクト層 5 の厚さを $0.05\ \mu\text{m}$ 程度とすると、10 秒程度エッチングを行えばよい。

[0149] 次に、メサ型構造部以外の部分の AlGaInP からなるクラッド層 55 をヨウ素系エッチャントを用いてエッチング除去する。

エッチング速度は、ヨウ素 (I) $500\ \text{cc}$ 、ヨウ化カリウム (KI) $100\ \text{g}$ 、純水 (H_2O) $2000\ \text{cc}$ 、水酸化アンモニア水 (NH_4OH) $90\ \text{cc}$ の比率で混合されたエッチャントを用いた場合、 $0.72\ \mu\text{m}/\text{min}$ だった。

このエッチングの際も、次の層である AlGaAs からなる発光層 64 がエッチングストップ層として機能するので、エッチング時間を厳密に管理することは要しないが、このエッチャントの場合、クラッド層 55 の厚さが $4\ \mu\text{m}$ 程度とすると、6 分間程度エッチングを行えばよい。

[0150] 次に、メサ型構造部以外の部分の AlGaAs からなる発光層 64 をアンモニア系エッチャントを用いてエッチング除去する。

このエッチングの際も、次の層である AlGaInP からなるクラッド層 63b がエッチングストップ層として機能するので、エッチング時間を厳密に管理することは要しないが、発光層 64 の厚さを $0.25\ \mu\text{m}$ 程度とすると、40 秒程度エッチングを行えばよい。

[0151] 次に、メサ型構造部以外の部分の AlGaInP からなるクラッド層 63b をヨウ素系エッチャントを用いてエッチング除去する。

このクラッド層 63b の下には GaP 層 53 があるが、GaP 層 53 の下の金属からなる反射層 52 が露出すると電気特性上好ましくないので、GaP 層 53 まででエッチングを止める必要がある。

例えば、GaP 層を $3.5\ \mu\text{m}$ 形成し、その後 $1\ \mu\text{m}$ 研磨したとすると GaP 層の厚さは $2.5\ \mu\text{m}$ となり、クラッド層 63b の厚さを $0.5\ \mu\text{m}$ とすると、上記のヨウ素系エッチャントを用いた場合には、エッチング時間は

4 分間以下にする必要がある。

[0152] この後の保護膜の形成工程、ストリートおよびコンタクト層の部分の保護膜の除去工程、おもて面電極層の形成工程については、発光ダイオード（第 1 の実施形態）の製造方法と同様に行うことができる。

[0153] （個片化工程）

次に、ウェハ基板上の発光ダイオードを、エッチングとレーザー切断を順に行って個片化する。

具体的には、ストリート部分に開口を有するレジストパターンを形成した後、ストリート上の化合物半導体層と反射層とをエッチング除去し、次いで、金属基板をレーザー切断して個片化を完了する。化合物半導体層だけエッチングしたり、化合物半導体層及び反射層の他に金属保護層もエッチングした後に、レーザー切断を行うなど、エッチングする層の選択は上記の場合に限らない。

[0154] （金属基板側面の金属保護膜形成工程）

個片化された発光ダイオードの切断された金属基板の側面について、上面及び下面の金属保護膜の形成条件と同様な条件で金属保護膜を形成してもよい。

実施例

[0155] 以下に、本発明の発光ダイオード及びその製造方法を実施例によりさらに詳細に説明するが、本発明はこの実施例にのみ限定されるものではない。本実施例では、特性評価のために発光ダイオードチップを基板上に実装した発光ダイオードランプを作製した。

[0156] （実施例 1）

実施例 1 の発光ダイオードは、第 1 の実施形態の発光ダイオードの実施例である。

実施例 1 の発光ダイオードは、まず、Si をドーピングした n 型の GaAs 単結晶からなる GaAs 基板上に、化合物半導体層を順次積層してエピタキシャルウェハを作製した。GaAs 基板は、（100）面を成長面とし、キャ

リア濃度を $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ とした。また、GaAs 基板の層厚は、約 $250 \mu\text{m}$ とした。化合物半導体層とは、Si をドーピングした GaAs からなる n 型の緩衝層、Si をドーピングした $\text{Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}$ と $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{As}$ の 40 対の繰り返し構造である n 型の下部 DBR 反射層、Si をドーピングした $\text{Al}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{As}$ からなる n 型の下部クラッド層、 $\text{Al}_{0.25}\text{Ga}_{0.75}\text{As}$ からなる下部ガイド層、GaAs/ $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{As}$ の 3 対からなる井戸層／バリア層、 $\text{Al}_{0.25}\text{Ga}_{0.75}\text{As}$ からなる上部ガイド層、C をドーピングした $\text{Al}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{As}$ からなる p 型の上部クラッド層、C をドーピングした $\text{Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}$ と $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{As}$ の 5 対の繰り返し構造である p 型の上部 DBR 反射層、C ドーピングした p 型 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{As}$ からなるコンタクト層である。

[0157] 本実施例では、減圧有機金属化学気相堆積装置法 (MOCVD 装置) を用い、直径 50 mm 、厚さ $250 \mu\text{m}$ の GaAs 基板に化合物半導体層をエピタキシャル成長させて、エピタキシャルウェハを形成した。エピタキシャル成長層を成長させる際、III 族構成元素の原料としては、トリメチルアルミニウム ($(\text{CH}_3)_3\text{Al}$)、トリメチルガリウム ($(\text{CH}_3)_3\text{Ga}$) 及びトリメチルインジウム ($(\text{CH}_3)_3\text{In}$) を使用した。また、C のドーピング原料としては、テトラブロモメタン (CBr_4) を使用した。また、Si のドーピング原料としては、ジシラン (Si_2H_6) を使用した。また、V 族構成元素の原料としては、ホスフィン (PH_3)、アルシン (AsH_3) を使用した。

また、各層の成長温度としては、 700°C で成長させた。

[0158] GaAs からなる緩衝層は、キャリア濃度を約 $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、層厚を約 $0.5 \mu\text{m}$ とした。下部 DBR 反射層はキャリア濃度を約 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、層厚を約 54 nm とした $\text{Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}$ と、キャリア濃度を約 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、層厚を約 51 nm とした $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{As}$ を交互に 40 対積層した。下部クラッド層は、キャリア濃度を約 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、層厚を約 54 nm とした。下部ガイド層は、アンドープで層厚を約 50 nm とした。井

戸層は、アンドープで層厚が約7 nmのGaAsとし、バリア層はアンドープで層厚が約7 nmの $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{As}$ とした。また、井戸層とバリア層とを交互に3対積層した。上部ガイド層は、アンドープで層厚を約50 nmとした。上部クラッド層は、キャリア濃度を約 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、層厚を54 nmとした。また、上部DBR反射層はキャリア濃度を約 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、層厚を約54 nmとした $\text{Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}$ と、キャリア濃度を約 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、層厚を約51 nmとした $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{As}$ を交互に5対積層した。

$\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{As}$ からなるコンタクト層は、キャリア濃度を約 $3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、層厚を約250 nmとした。

[0159] 次に、裏面電極として基板裏面に、AuGe、Ni合金を厚さが0.5 μm 、Ptを0.2 μm 、Auを1 μm となるように真空蒸着法によって成膜し、n型オーミック電極を形成した。

[0160] 次に、メサ型構造部を形成するため、パターニングしたレジスト（AZ5200NJ（クラリアント社製））を用いて、 $\text{H}_2\text{PO}_4 : \text{H}_2\text{O}_2 : \text{H}_2\text{O} = 2 : 5 : 9$ のリン酸／過酸化水素水混合液を用いて、60秒間、ウェットエッチングを行って、メサ型構造部及び平坦部を形成した。このウェットエッチングによって、コンタクト層、上部DBR反射層及び活性層の全層を除去して、頂面の大きさが $190 \mu\text{m} \times 190 \mu\text{m}$ 、高さhが7 μm 、幅wが5 μm の平面視矩形のメサ型構造部（保護膜及び電極膜を除く）を形成した。

[0161] 次に、保護膜を形成するため、 SiO_2 からなる保護膜を0.5 μm 程度形成した。

その後、レジスト（AZ5200NJ（クラリアント社製））によるパターニング後、バッファードフッ酸を用いて、平面視同心円形（外径 d_{out} ：166 μm 、内径 d_{in} ：154 μm ）の開口（図11参照）、および、ストリート部の開口を形成した。

[0162] 次に、おもて面電極（膜）を形成するため、レジスト（AZ5200NJ（クラリアント社製））によるパターニング後、Auを1.2 μm 、AuB

eを0.15 μm を順に蒸着し、リフトオフにより平面視円形（径：150 μm ）の光射出孔9bを有する、長辺350 μm 、短辺250 μm に形成してなるおもて面電極（p型オーミック電極）を形成した。

その後、450℃で10分間熱処理を行って合金化し、低抵抗のp型およびn型オーミック電極を形成した。

[0163] 次に、メサ型構造部の側面に光漏れ防止膜16を形成するため、レジスト（AZ5200NJ（クラリアント社製））によるパターニング後、Tiを0.5 μm 、Auを0.17 μm を順に蒸着し、リフトオフにより光漏れ防止膜16を形成した。

[0164] 次に、化合物半導体層側からダイシングソーを用いストリート部で切断し、チップ化した。ダイシングによる破砕層および汚れを硫酸・過酸化水素混合液でエッチング除去して、実施例の発光ダイオードを作製した。

[0165] 上記のようにして作製した実施例の発光ダイオードチップを、マウント基板上に実装した発光ダイオードランプを100個組み立てた。この発光ダイオードランプは、マウントは、ダイボンダーで支持（マウント）し、p型オーミック電極とp電極端子とを金線でワイヤボンディングした後、一般的なエポキシ樹脂で封止して作製した。

[0166] この発光ダイオード（発光ダイオードランプ）について、n型及びp型オーミック電極間に電流を流したところ、ピーク波長850 nmとする赤外光が出射された。順方向に20ミリアンペア（mA）の電流を通流した際の順方向電圧（ V_F ）は1.6 Vであった。

順方向電流を20 mAとした際の発光出力は1.5 mWであった。また、応答速度（立ち上がり時間： T_r ）は12.1 nsであった。

[0167] 作製した100個の発光ダイオードランプのいずれについても、同程度の特性が得られ、保護膜が不連続な膜になった場合のリーク（短絡）や電極用金属膜が不連続な膜になった場合の通電不良が原因と思われる不良はなかった。

[0168] 図16は、発光ダイオードの直上における光スペクトル（グラフ右の模式

図参照)の測定結果を示すグラフである。縦軸は光の強度、横軸は波長を示す。

図16に示すように、実施例の発光ダイオードでは、発光スペクトルの線幅が狭く(単色性が高く)、半値幅(HWHM)は6.3nmであった。

[0169] 図17は、発光した光の指向性(グラフ右の模式図参照)の測定結果を示すグラフである。グラフ中の横軸の「-1」から「1」につながる円周は光の強度(Int.)として13000を示すものである。従って、例えば、ある方向で光の強度が6500の場合には、その方向では横軸の「-0.5」から「0.5」につながる円周上にグラフがくることになる。また、例えば、実施例の発光ダイオードでは、真上(90°)から±10°の方向では約「-0.9」から「0.9」につながる円周(図示なし)上にグラフがあるので、その範囲では光の強度は13000の90%程度であることがわかる。

図17に示すように、実施例の発光ダイオードでは、光射出孔の直上から±15°程度の範囲に高い強度(13000の70%程度以上)を有しており、高い指向性を示した。

[0170] (実施例2)

実施例2の発光ダイオードは、第4の実施形態の発光ダイオード(金属基板を用いた場合)の実施例である。

[0171] まず、厚さ75μmのMo層(箔、板)、2枚の厚さ10μmのCu層(箔、板)で挟み、加熱圧着して厚さ95μmの金属板プレート(個片化の切断前)を形成した。この金属板プレートの上面と下面を研磨し、上面を光沢面とした後に、有機溶剤で洗浄し、汚れを除去した。次に、この金属板プレートの全面に、無電解めっき法により金属保護膜として2μmのNi層、1μmのAu層を順に形成して金属基板(個片化の切断前の金属基板)51を作製した。

[0172] 次に、Siをドーピングしたn型のGaAs単結晶からなるGaAs基板上に、化合物半導体層を順次積層して発光波長730nmのエピタキシャルウェ

ハを作製した。

GaAs基板は、(100)面から(0-1-1)方向に15°傾けた面を成長面とし、キャリア濃度を $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ とした。また、GaAs基板の層厚は、約0.5 μm とした。化合物半導体層としては、SiをドーピングしたGaAsからなるn型の緩衝層62a、Siドーピングの $(\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ からなるエッチングストップ層62b、Siドーピングしたn型の $\text{Al}_{0.3}\text{GaAs}$ からなるコンタクト層5、Siをドーピングした $(\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ からなるn型の上部クラッド層63a、 $\text{Al}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{As}$ からなる上部ガイド層、 $\text{Al}_{0.17}\text{Ga}_{0.83}\text{As}/\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ の対からなる井戸層/バリア層64、 $\text{Al}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{As}$ からなる下部ガイド層、Mgをドーピングした $(\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ からなるp型の下部クラッド層63b、 $(\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ からなる薄膜の中間層、Mgドーピングしたp型GaP層53である。

[0173] 本実施例では、減圧有機金属化学気相堆積装置法(MOCVD装置)を用い、直径50mm、厚さ250 μm のGaAs基板に化合物半導体層をエピタキシャル成長させて、エピタキシャルウェハを形成した。エピタキシャル成長層を成長させる際、III族構成元素の原料としては、トリメチルアルミニウム($(\text{CH}_3)_3\text{Al}$)、トリメチルガリウム($(\text{CH}_3)_3\text{Ga}$)及びトリメチルインジウム($(\text{CH}_3)_3\text{In}$)を使用した。また、Mgのドーピング原料としては、ビスシクロペンタジエニルマグネシウム($\text{bis}-(\text{C}_5\text{H}_5)_2\text{Mg}$)を使用した。また、Siのドーピング原料としては、ジシラン(Si_2H_6)を使用した。また、V族構成元素の原料としては、ホスフィン(PH_3)、アルシン(AsH_3)を使用した。

また、各層の成長温度としては、p型GaP層は750℃で成長させた。その他の各層では700℃で成長させた。

[0174] GaAsからなる緩衝層は、キャリア濃度を約 $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、層厚を約0.5 μm とした。エッチングストップ層は、キャリア濃度を $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、層厚を約0.5 μm とした。コンタクト層は、キャリア濃度を約2

$\times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、層厚を約 $0.05 \mu\text{m}$ とした。上部クラッド層は、キャリア濃度を約 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、層厚を約 $3.0 \mu\text{m}$ とした。井戸層は、アンドープで層厚が約 7 nm の $\text{Al}_{0.17}\text{Ga}_{0.83}\text{As}$ とし、バリア層はアンドープで層厚が約 19 nm の $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ とした。また、井戸層とバリア層とを交互に3対積層した。下部ガイド層は、アンドープで層厚を約 50 nm とした。下部クラッド層は、キャリア濃度を約 $8 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、層厚を約 $0.5 \mu\text{m}$ とした。中間層は、キャリア濃度を約 $8 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、層厚を約 $0.05 \mu\text{m}$ とした。 GaP 層は、キャリア濃度を約 $3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、層厚を約 $3.5 \mu\text{m}$ とした。

[0175] 次に、 GaP 層を表面から約 $1 \mu\text{m}$ の深さに至る領域まで研磨して、鏡面加工した。この鏡面加工によって、電流拡散層の表面の粗さを 0.18 nm とした。

[0176] 次に、 GaP 層上に、 Au からなる反射層を厚さ $0.7 \mu\text{m}$ 形成した。さらに、反射層上にバリア層として Ti 層を厚さ $0.5 \mu\text{m}$ 形成し、バリア層上に接合層として AuGe 層を厚さ $1.0 \mu\text{m}$ 形成した。

[0177] 次に、 GaAs 基板上に化合物半導体層及び反射層等を形成した構造体と、金属基板とを対向して重ね合わせるように配置して減圧装置内に搬入し、 400°C で加熱した状態で、 500 kg 重の荷重でそれらを接合して接合構造体を形成した。

[0178] 次に、接合構造体から、化合物半導体層の成長基板である GaAs 基板と緩衝層とをアンモニア系エッチャントにより選択的に除去し、さらに、エッチングストップ層を塩酸系エッチャントにより選択的に除去した。

[0179] (裏面電極の形成工程)

次に、金属基板 51 の裏面に、 Au を $1.2 \mu\text{m}$ 、 AuBe を $0.15 \mu\text{m}$ を順に真空蒸着法によって成膜し、裏面電極 56 を形成した。

[0180] 次に、メサ型構造部を形成するため、レジストパターンを形成後、アンモニア／過酸化水素水混合液 ($\text{NH}_4\text{OH} : \text{H}_2\text{O}_2 : \text{H}_2\text{O}$) を用いて、10秒間ウェットエッチングを行って、メサ型構造部以外の部分の電流拡散層 55

を除去した。

次に、ヨウ素（I）500cc、ヨウ化カリウム（KI）100g、純水（H₂O）2000cc、水酸化アンモニア水（NH₄OH）90ccの比率で混合されたヨウ素系エッチャントを用いて、45秒間ウェットエッチングを行って、メサ型構造部以外の部分の上部クラッド層55を除去した。

次に、上記アンモニア／過酸化水素水混合液（NH₄OH：H₂O₂：H₂O）を用いて、40秒間ウェットエッチングを行って、メサ型構造部以外の部分の上部ガイド層、発光層64及び下部ガイド層を除去した。

次に、上記ヨウ素系エッチャントを用いて、50秒間ウェットエッチングを行って、メサ型構造部以外の部分の下部クラッド層63bを除去した。こうしてメサ型構造部を形成した。

[0181] 次に、保護膜を形成するため、SiO₂からなる保護膜を0.5μm程度形成した。

その後、レジストパターンを形成後、バッファードフッ酸を用いて、平面視同心円形（外径d_{out}：166μm、内径d_{in}：154μm）の開口（図11参照）、および、ストリート部の開口を形成した。

[0182] 次に、おもて面電極（膜）を形成するため、レジストパターンを形成後、AuGe、Ni合金を厚さが0.5μm、Ptを0.2μm、Auを1μmとなるように真空蒸着法によって成膜し、リフトオフにより平面視円形（径：150μm）の光射出孔9bを有する、長辺350μm、短辺250μmに形成してなるおもて面電極（n型オーミック電極）を形成した。

その後、450℃で10分間熱処理を行って合金化し、低抵抗のn型オーミック電極を形成した。

[0183] 次に、メサ型構造部の側面に光漏れ防止膜16を形成するため、レジストパターンを形成後、Tiを0.5μm、Auを0.17μmを順に蒸着し、リフトオフにより光漏れ防止膜16を形成した。

[0184] 次に、ウェットエッチングとレーザー切断を順に行って個片化して、実施例の発光ダイオードを作製した。

[0185] 上記のようにして作製した実施例の発光ダイオードチップを、マウント基板上に実装した発光ダイオードランプを100個組み立てた。この発光ダイオードランプは、マウントは、ダイボンダーで支持（マウント）し、p型オーミック電極とp電極端子とを金線でワイヤボンディングした後、一般的なエポキシ樹脂で封止して作製した。

[0186] この発光ダイオード（発光ダイオードランプ）について、n型及びp型電極間に電流を流したところ、ピーク波長730nmとする赤外光が出射された。順方向に20ミリアンペア（mA）の電流を通流した際の順方向電圧（ V_F ）は1.6Vであった。順方向電流を20mAとした際の発光出力は3.2mWであった。また、応答速度（立ち上がり時間： T_r ）は12.6nsであった。

[0187] 作製した100個の発光ダイオードランプのいずれについても、同程度の特性が得られ、保護膜が不連続な膜になった場合のリーク（短絡）や電極用金属膜が不連続な膜になった場合の通電不良が原因と思われる不良はなかった。

[0188] （比較例）

液相エピタキシャル法で、厚膜成長し、基板除去した構造の波長850nmの発光ダイオードの例を示す。

GaAs基板に、スライドボート型成長装置を用いてAlGaAs層を成長した。

スライドボート型成長装置の基板収納溝にp型GaAs基板をセットし、各層の成長用に用意したルツボにGaメタル、GaAs多結晶、金属Al、及びドーパントを入れた。

成長する層は、透明厚膜層（第1のp型層）、下部クラッド層（p型クラッド層）、活性層、上部クラッド層（n型クラッド層）の4層構造とし、この順序で積層した。

これらの原料をセットしたスライドボート型成長装置を、石英反応管内にセットし、水素気流中で950℃まで加温し、原料を溶解した後、雰囲気

度を910℃まで降温し、スライダーを右側に押して原料溶液（メルト）に接触させたあと0.5℃／分の速度で降温し、所定温度に達した後、またスライダーを押して順次各原料溶液に接触させたあと高温させる動作を繰り返し、最終的にはメルトと接触させた後、雰囲気温度を703℃まで降温してnクラッド層を成長させた後、スライダーを押して原料溶液とウェハを切り離してエピタキシャル成長を終了させた。

[0189] 得られたエピタキシャル層の構造は、第1のp型層は、Al組成 $X_1 = 0.3 \sim 0.4$ 、層厚64 μm 、キャリア濃度 $3 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、p型クラッド層は、Al組成 $X_2 = 0.4 \sim 0.5$ 、層厚79 μm 、キャリア濃度 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、p型活性層は、発光波長が850 nmの組成で、層厚1 μm 、キャリア濃度 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、n型クラッド層は、Al組成 $X_4 = 0.4 \sim 0.5$ 、層厚25 μm 、キャリア濃度 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、であった。

[0190] エピタキシャル成長終了後、エピタキシャル基板を取り出し、n型GaAlAsクラッド層表面を保護して、アンモニア過酸化水素系エッチャントでp型GaAs基板を選択的に除去した。その後、エピタキシャルウェハ両面に金電極を形成し、長辺が350 μm の電極マスクを用いて、直径100 μm のワイヤボンディング用パッドを中央に配置された表面電極を形成した。裏面電極には、直径20 μm のオーミック電極を80 μm 間隔に形成した。その後、ダイシングで分離、エッチングすることにより、n型AlGaAs層が表面側となるようにした350 μm 角の発光ダイオードを作製した。

[0191] 比較例の発光ダイオードのn型及びp型オーミック電極間に電流を流したところ、ピーク波長を850 nmとする赤外光が出射された。順方向に20 ミリアンペア（mA）の電流を通流した際の順方向電圧（ V_F ）は1.9 Vであった。順方向電流を20 mAとした際の発光出力は5.0 mWであった。また、応答速度（ T_r ）は15.6 nsecであり、本発明の実施例に比べて遅かった。

[0192] 図16に示すように、比較例の発光ダイオードでは、発光スペクトルの線幅が広く、半値幅（HWHM）は42 nmであった。

[0193] 図 1 7 に示すように、比較例の発光ダイオードでは、発光ダイオードを中心として半球状に光を 1 3 0 0 0 の 2 0 % 程度以下の強度の光を発光しており、指向性は実施例に比較してかなり低かった。

産業上の利用可能性

[0194] 本発明は、発光ダイオード及びその製造方法に適用できる。

符号の説明

- [0195]
- 1 基板
 - 2 下部 D B R 層
 - 3 活性層
 - 4 上部 D B R 層
 - 5 コンタクト層
 - 6 平坦部
 - 7 メサ型構造部
 - 7 a 傾斜側面
 - 7 b 頂面
 - 7 b a 周縁領域
 - 8 保護膜
 - 8 b 通電窓
 - 9 電極膜
 - 9 b 光射出孔
 - 1 1 下部クラッド層
 - 1 2 下部ガイド層
 - 1 3 発光層
 - 1 4 上部ガイド層
 - 1 5 上部クラッド層
 - 1 6 光漏れ防止膜
 - 2 0 化合物半導体層
 - 2 3 レジストパターン

4 0 電流拡散層

5 1 金属基板（導電性基板）

5 1 c 金属保護膜

5 2 反射層

5 3 G a P 層

5 4 活性層

5 6 裏面電極

6 1 半導体基板（成長用基板）

6 3 a 上部クラッド層

6 3 b 下部クラッド層

6 4 発光層

1 0 0、2 0 0、3 0 0、4 0 0 発光ダイオード

請求の範囲

- [請求項1] 基板上に反射層と活性層を含む化合物半導体層とを備えた発光ダイオードであって、
- その上部に平坦部と、傾斜側面及び頂面を有するメサ型構造部とを有し、
- 前記平坦部及び前記メサ型構造部はそれぞれ、少なくとも一部は保護膜、電極膜によって順に覆われてなり、
- 前記メサ型構造部は少なくとも前記活性層の一部を含むものであって、前記傾斜側面はウェットエッチングによって形成されてなると共に前記頂面に向かって水平方向の断面積が連続的に小さく形成されてなり、
- 前記保護膜は、前記平坦部の少なくとも一部と、前記メサ型構造部の前記傾斜側面と、前記メサ型構造部の前記頂面の周縁領域とを少なくとも覆うとともに、平面視して前記周縁領域の内側に前記化合物半導体層の表面の一部を露出する通電窓を有し、
- 前記電極層は、前記通電窓から露出された化合物半導体層の表面に直接接触すると共に、前記平坦部上に形成された保護膜の一部を少なくとも覆い、前記メサ型構造部の頂面上に光射出孔を有するように形成された連続膜である、ことを特徴とする発光ダイオード。
- [請求項2] 前記反射層がDBR反射層であることを特徴とする請求項1に記載の発光ダイオード。
- [請求項3] 前記活性層の基板とは反対側に上部DBR反射層を備えることを特徴とする請求項2に記載の発光ダイオード。
- [請求項4] 前記反射層が金属からなることを特徴とする請求項1に記載の発光ダイオード。
- [請求項5] 前記化合物半導体層が、前記電極層に接触するコンタクト層を有することを特徴とする請求項1～4のいずれか一項に記載の発光ダイオード。

- [請求項6] 前記メサ型構造部が前記活性層のすべてと、前記反射層の一部または全部を含むことを特徴とする請求項1～4のいずれか一項に記載の発光ダイオード。
- [請求項7] 前記メサ型構造部は平面視して矩形であることを特徴とする請求項1～4のいずれか一項に記載の発光ダイオード。
- [請求項8] 前記メサ型構造部の各傾斜側面は前記基板のオリエンテーションフラットに対してオフセットして形成されていることを特徴とする請求項7に記載の発光ダイオード。
- [請求項9] 前記メサ型構造部の高さが $3 \sim 10 \mu\text{m}$ であって、平面視した前記傾斜側面の幅が $0.5 \sim 7 \mu\text{m}$ であることを特徴とする請求項1～4のいずれか一項に記載の発光ダイオード。
- [請求項10] 前記光射出孔は平面視して円形又は楕円であることを特徴とする請求項1～4のいずれか一項に記載の発光ダイオード。
- [請求項11] 前記光射出孔の径が $50 \sim 150 \mu\text{m}$ であることを特徴とする請求項10に記載の発光ダイオード。
- [請求項12] 前記電極層の前記平坦部上の部分にボンディングワイヤを有することを特徴とする請求項1～4のいずれか一項に記載の発光ダイオード。
- [請求項13] 前記活性層に含まれる発光層が多重量子井戸からなることを特徴とする請求項1～4のいずれか一項に記載の発光ダイオード。
- [請求項14] 前記活性層に含まれる発光層が $(\text{Al}_{x_1}\text{Ga}_{1-x_1})_{y_1}\text{In}_{1-y_1}\text{P}$ ($0 \leq x_1 \leq 1$, $0 < y_1 \leq 1$)、 $(\text{Al}_{x_2}\text{Ga}_{1-x_2})\text{As}$ ($0 \leq x_2 \leq 1$)、 $(\text{In}_{x_3}\text{Ga}_{1-x_3})\text{As}$ ($0 \leq x_3 \leq 1$)のいずれかからなることを特徴とする請求項1～4のいずれか一項に記載の発光ダイオード。
- [請求項15] 基板上に、反射層と活性層を含む化合物半導体層とを形成する工程と、
前記化合物半導体層をウェットエッチングして、頂面に向かって水

平方方向の断面積が連続的に小さく形成されてなるメサ型構造部と該メサ型構造部の周囲に配置する平坦部とを形成する工程と、

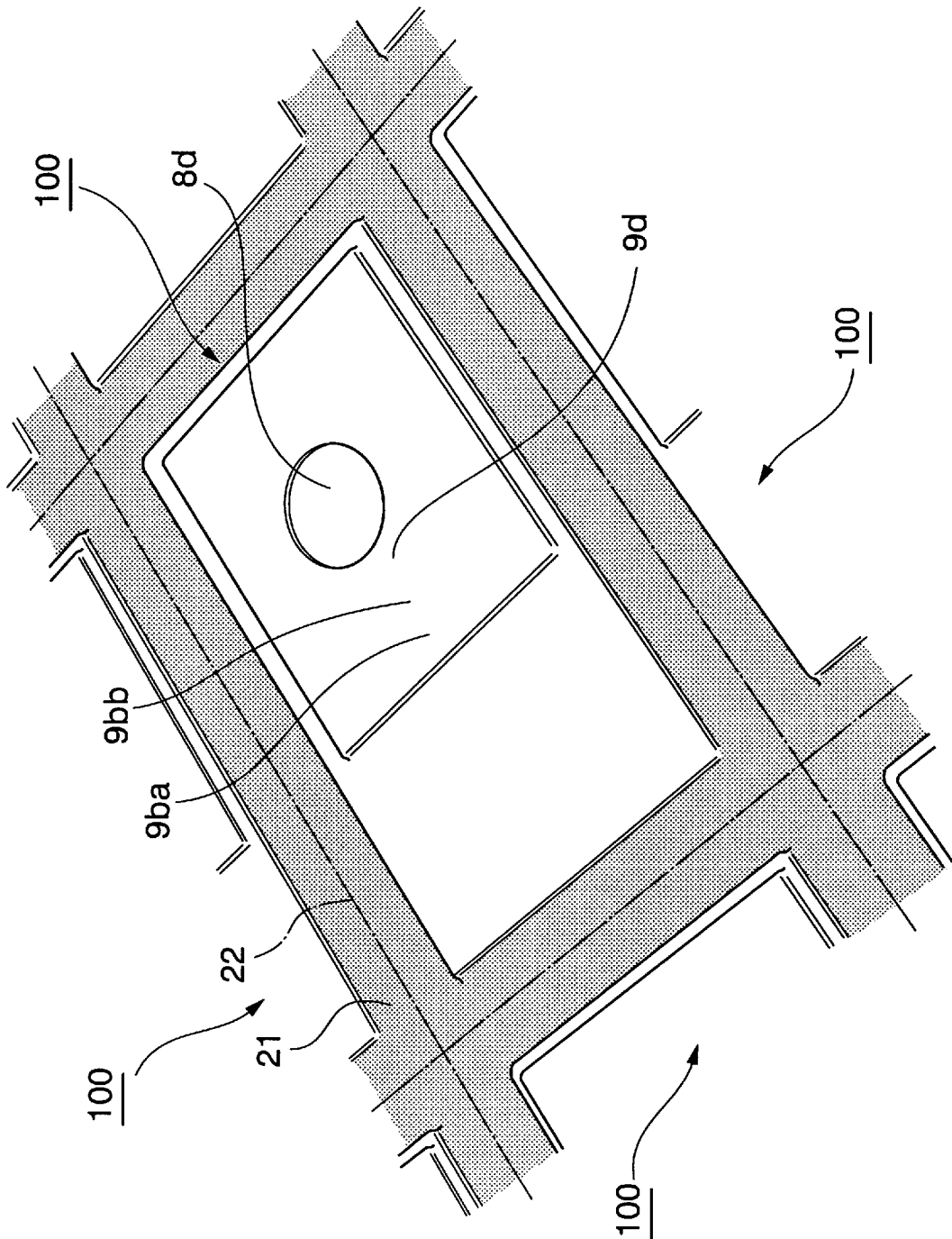
前記メサ型構造部の頂面に、前記化合物半導体層の表面の一部を露出する通電窓を有するように、前記メサ型構造部及び平坦部上に保護膜を形成する工程と、

前記通電窓から露出された化合物半導体層の表面に直接接触すると共に、前記平坦部上に形成された保護膜の一部を少なくとも覆い、前記メサ型構造部の頂面上に光射出孔を有するように、連続膜である電極層を形成する工程と、を有することを特徴とする発光ダイオードの製造方法。

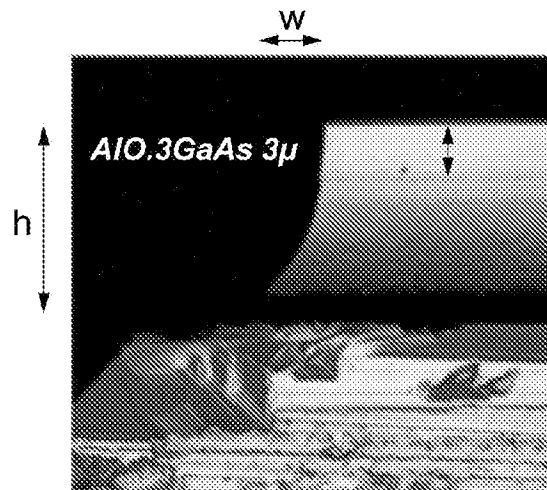
[請求項16]

前記ウェットエッチングを、リン酸／過酸化水素水混合液、アンモニア／過酸化水素水混合液、ブロムメタノール混合液、ヨウ化カリウム／アンモニアの群から選択される少なくとも1種以上を用いて行うことを特徴とする請求項15に記載の発光ダイオードの製造方法。

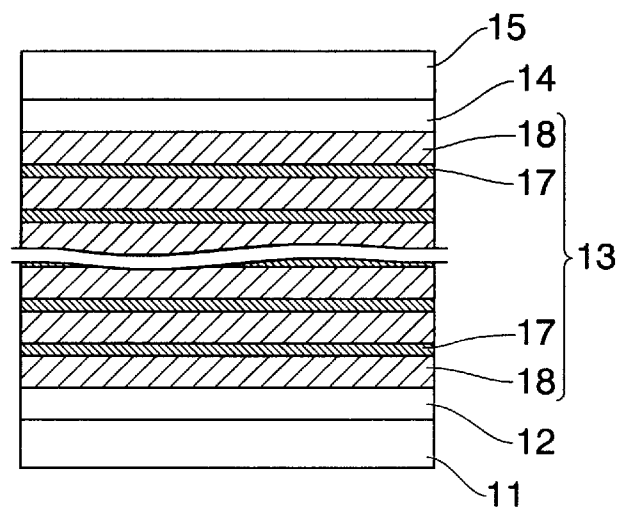
[図2]



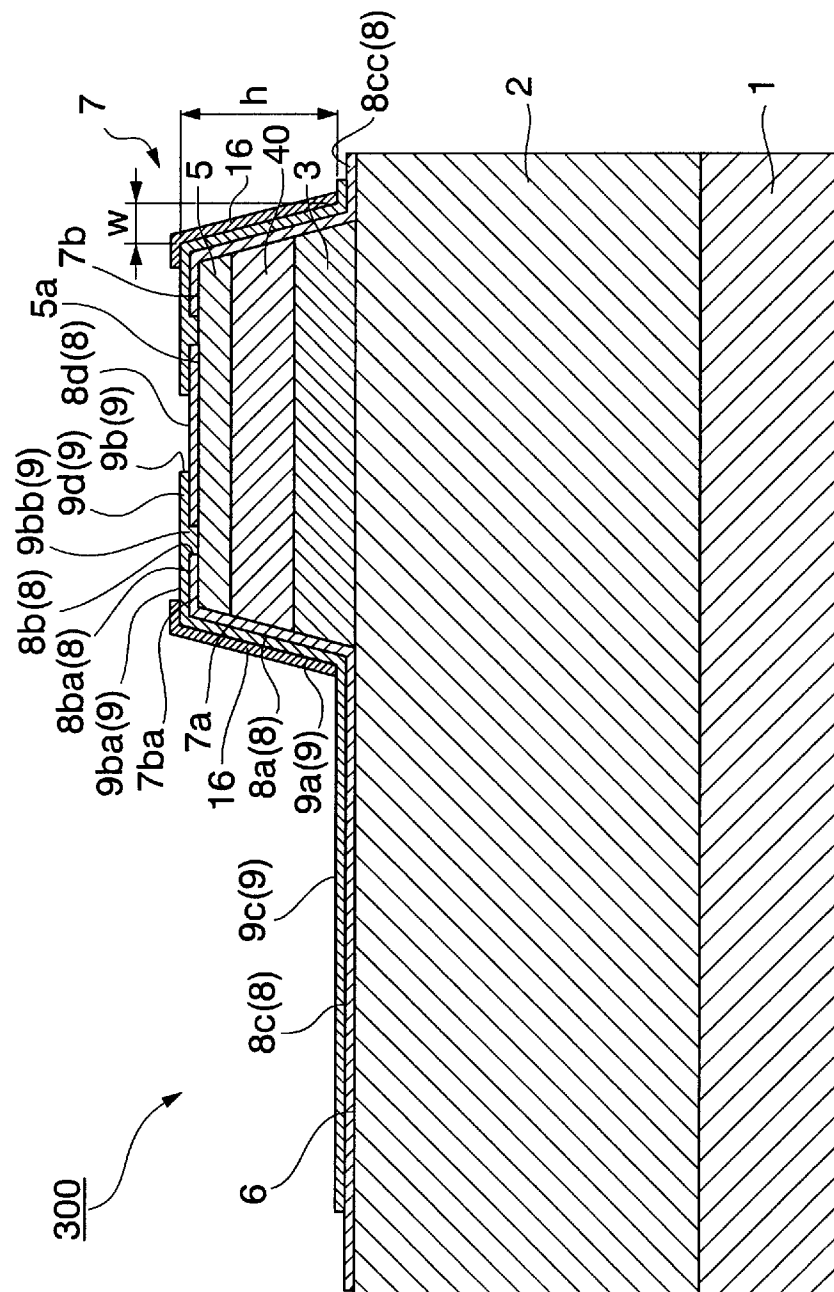
[図3]



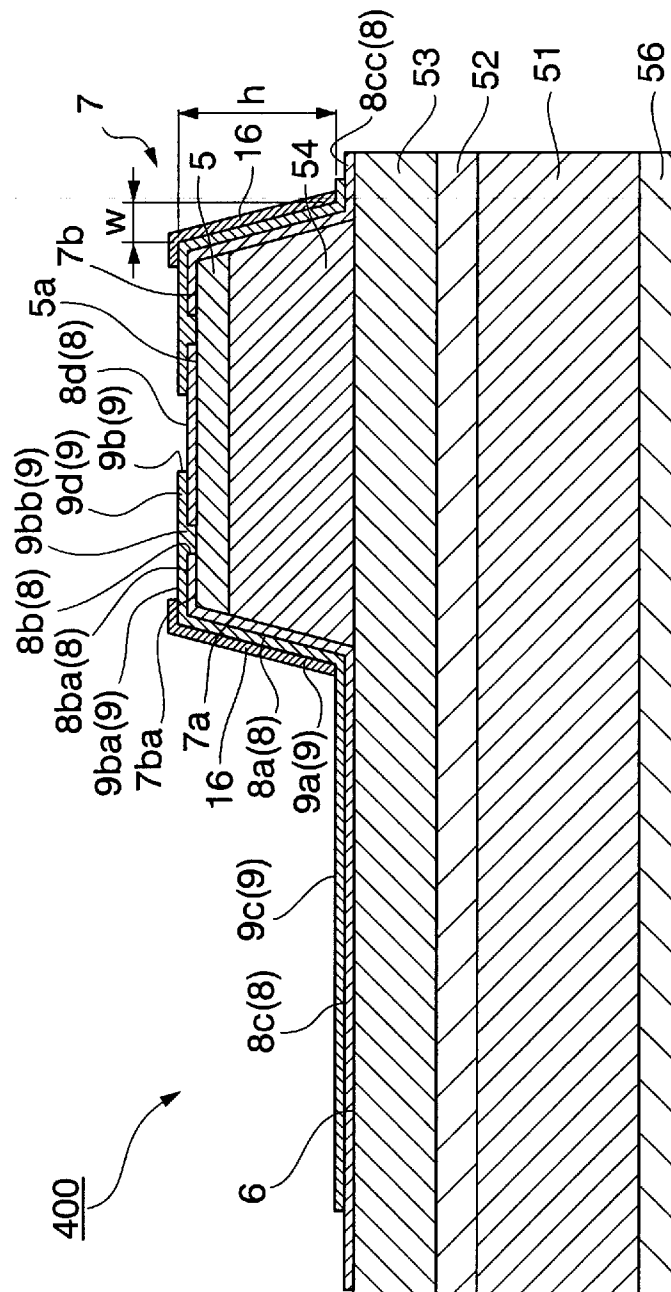
[図4]



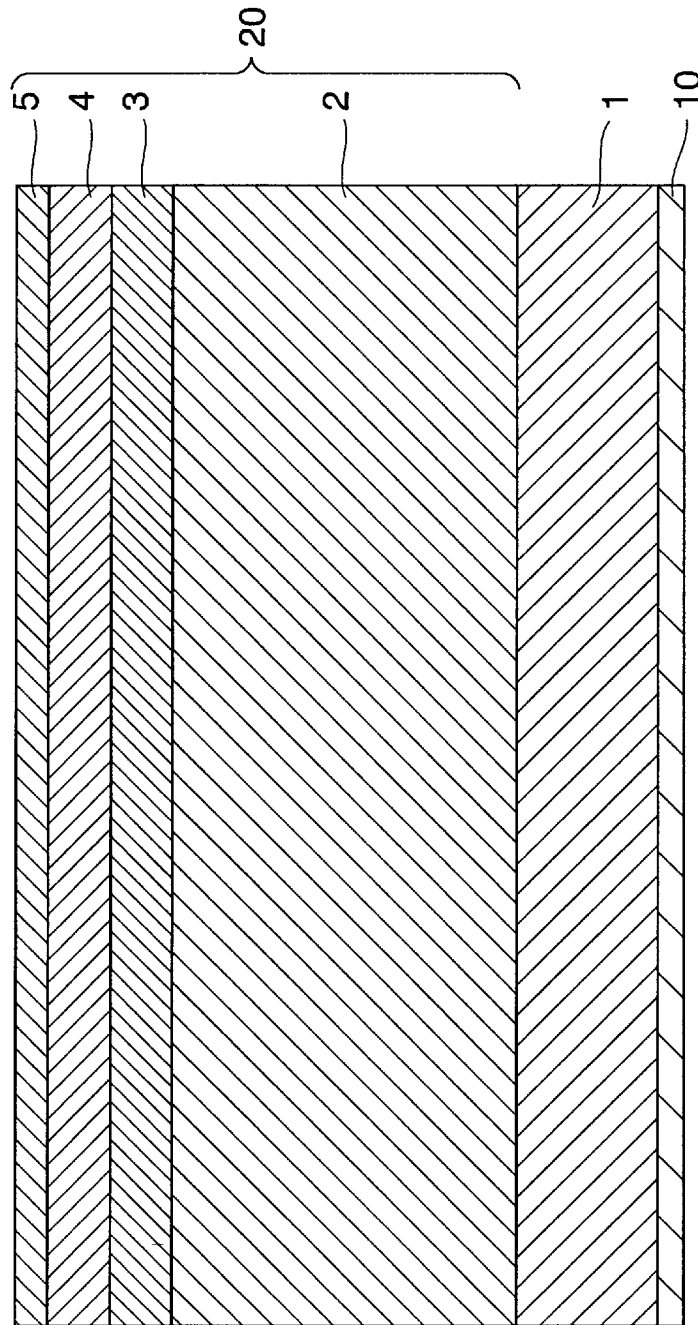
[図6]



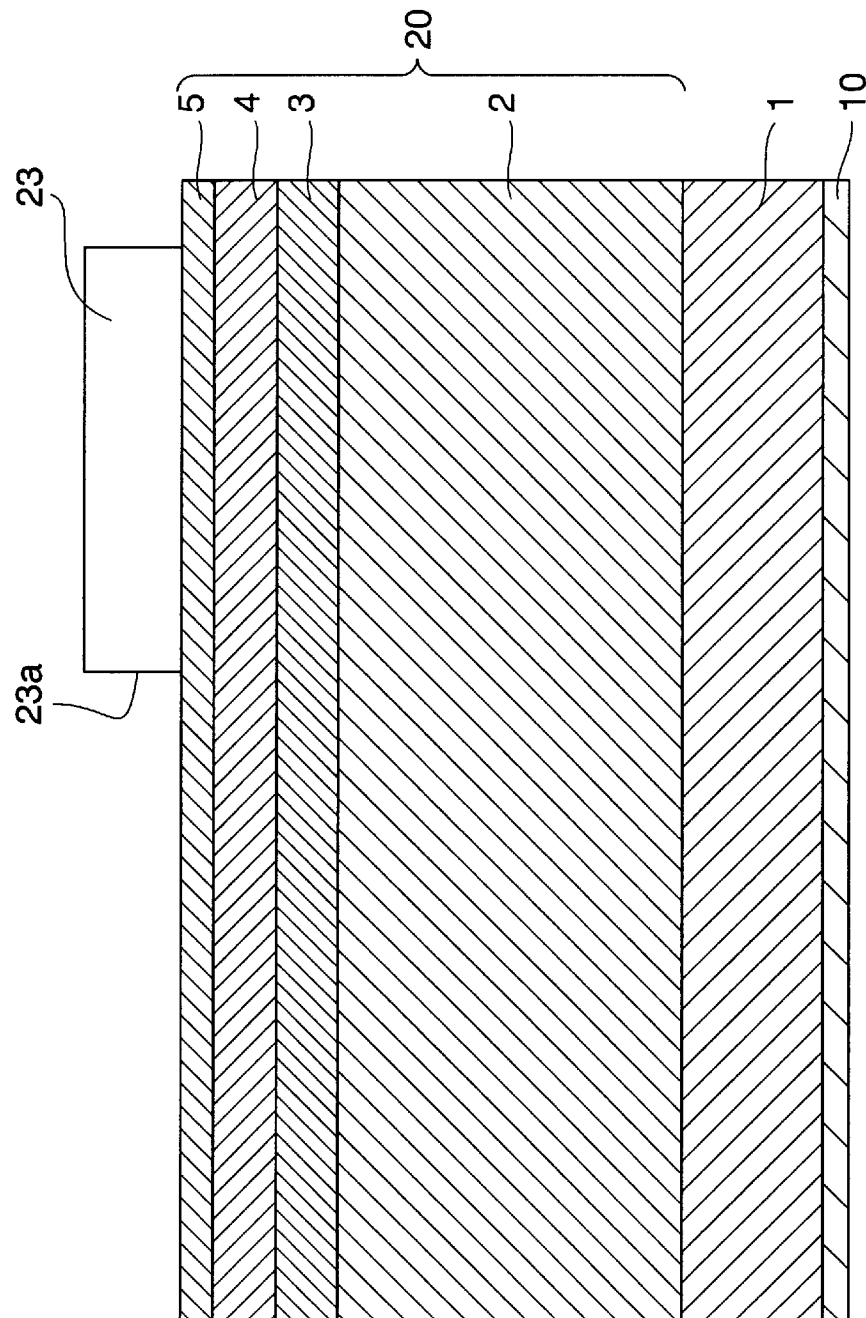
[図7]



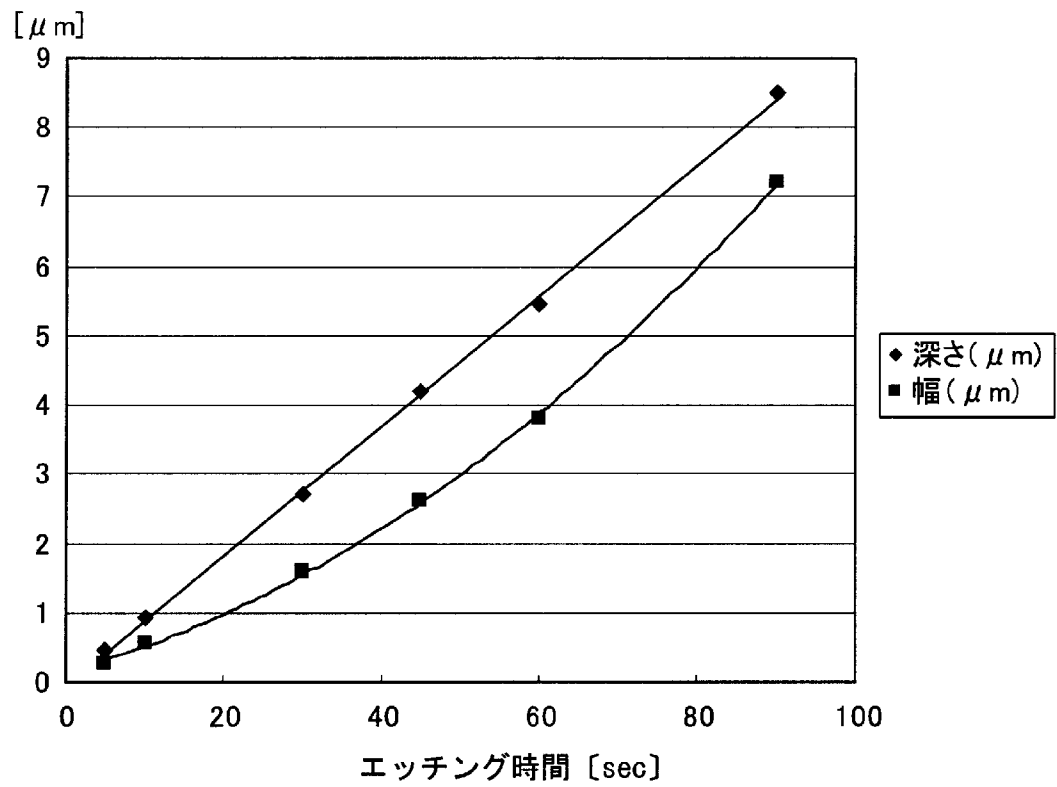
[図8]



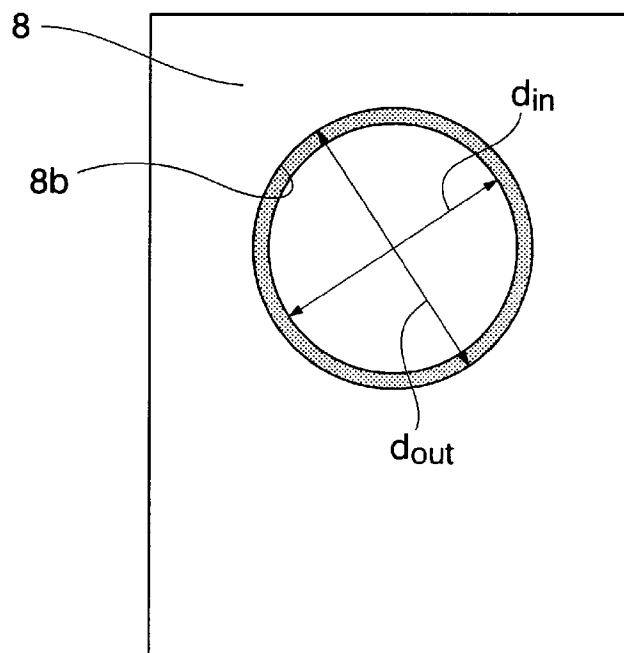
[図9]



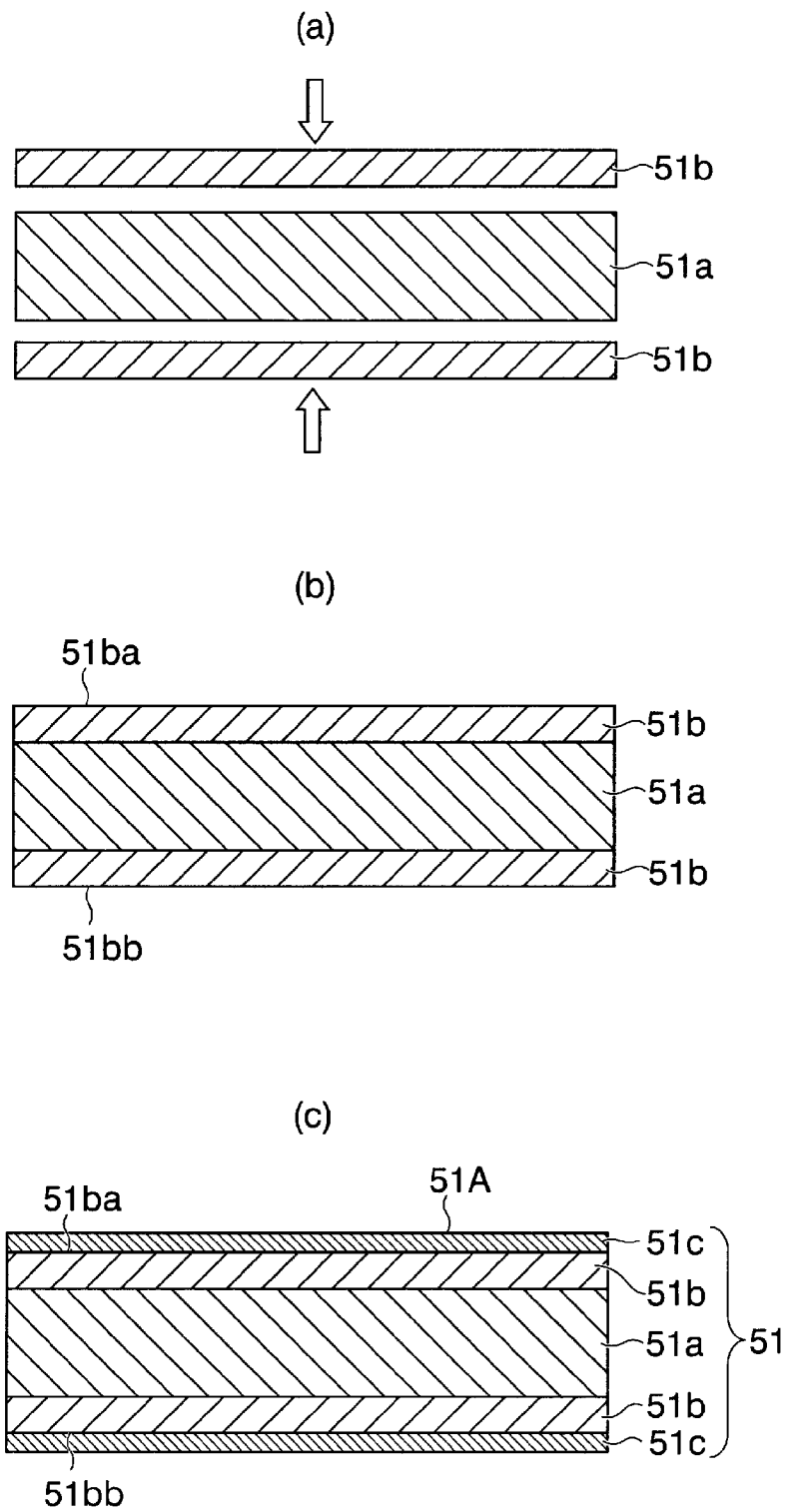
[図10]



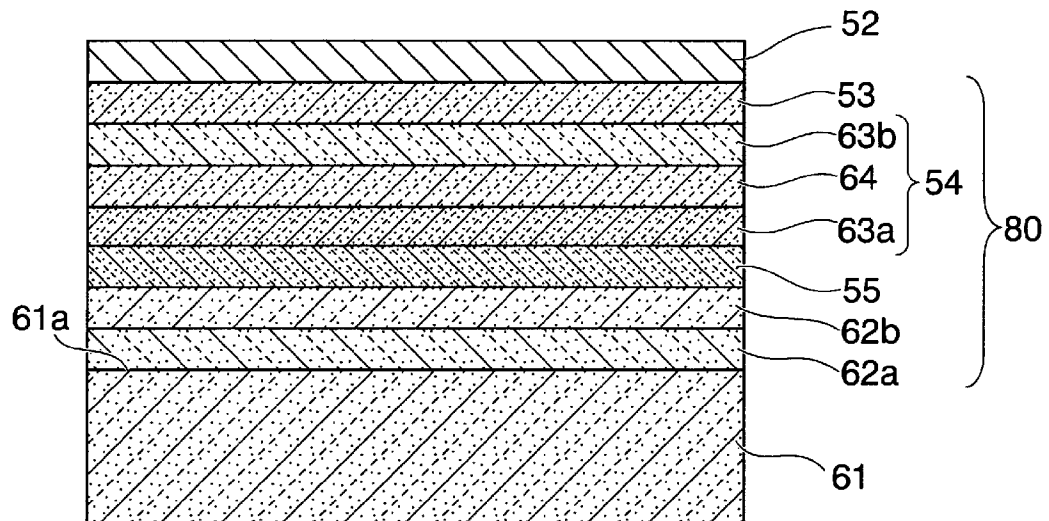
[図11]



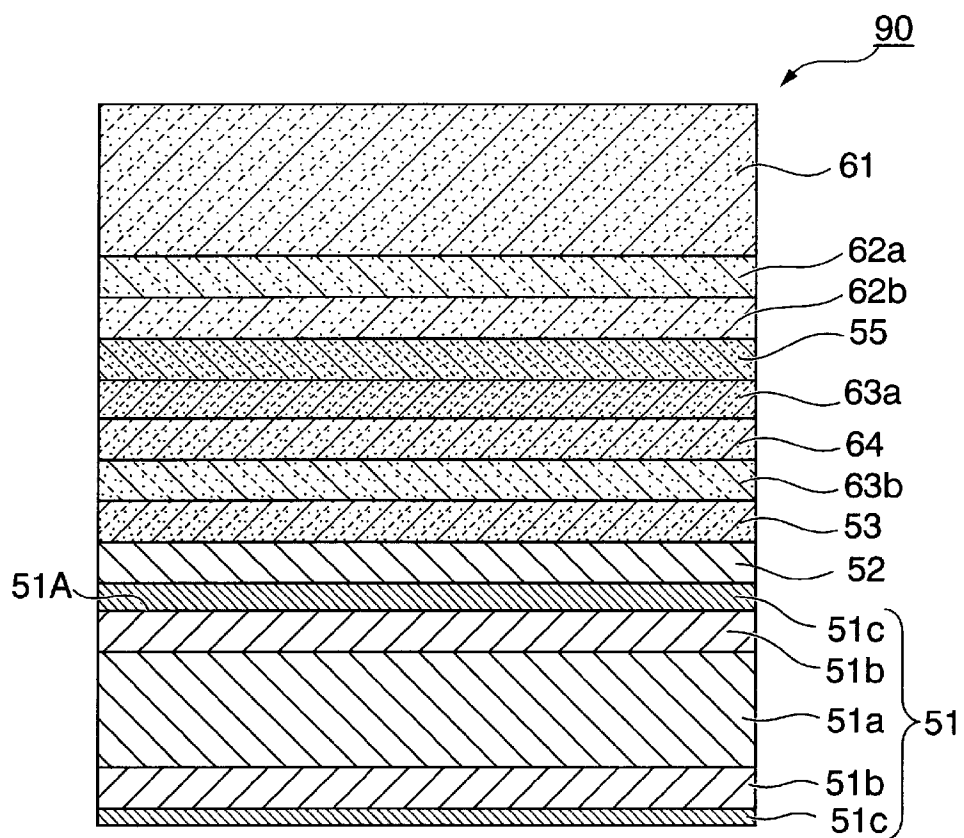
[図12]



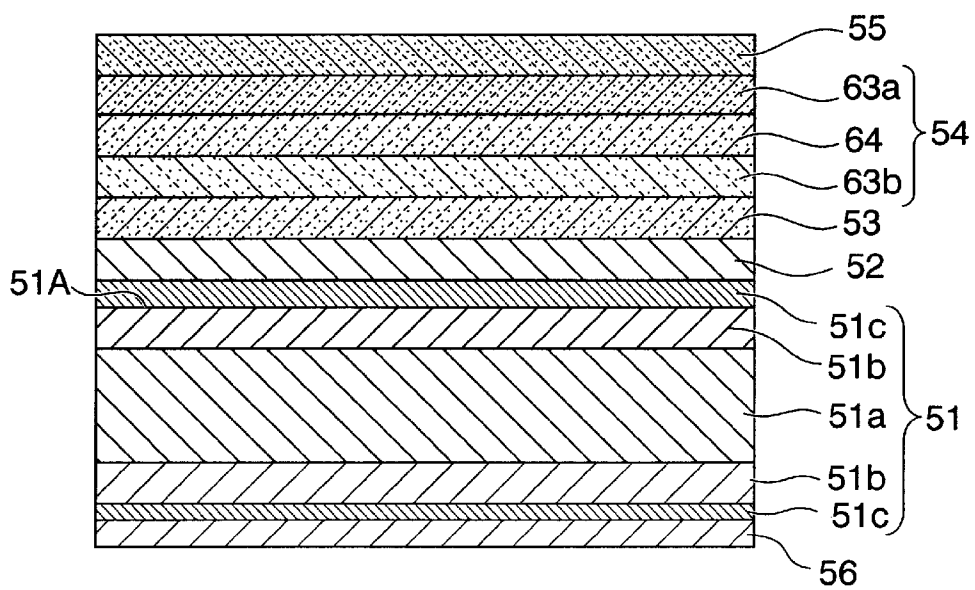
[図13]



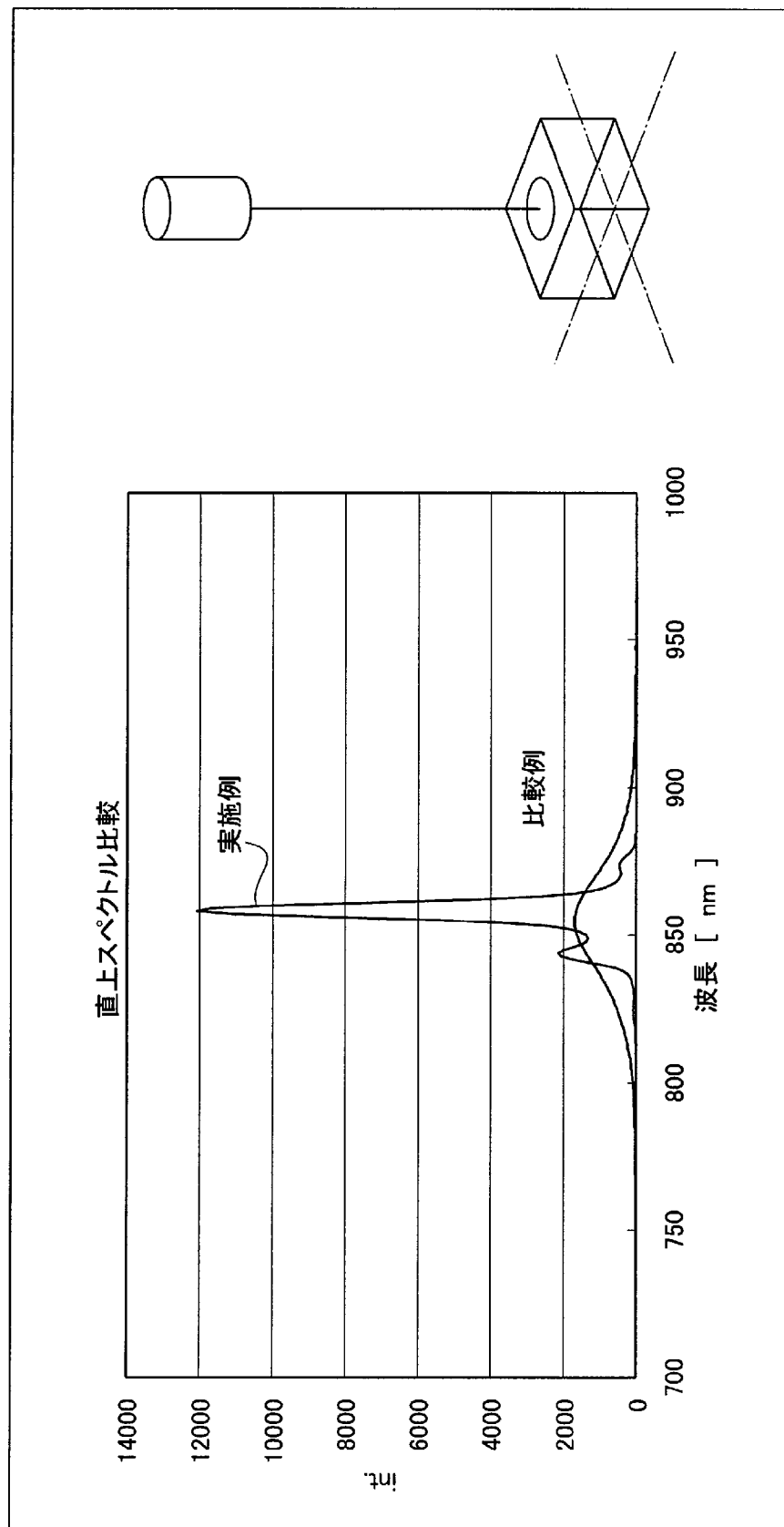
[図14]



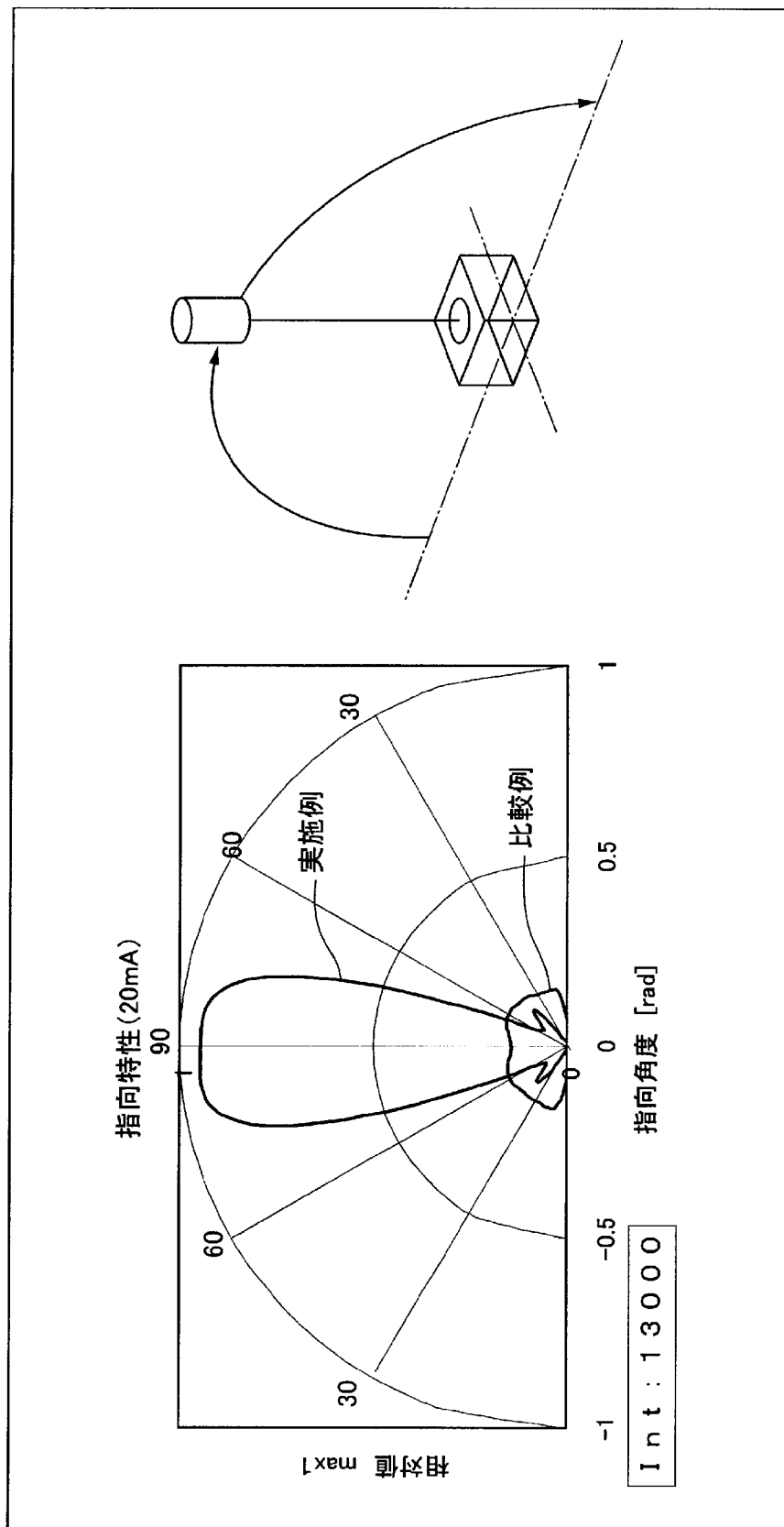
[図15]



[図16]



[図17]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/053348

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L33/10(2010.01) i, H01L33/36(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)

H01L33/00-33/64

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	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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 2008-53476 A (Sanyo Electric Co., Ltd.), 06 March 2008 (06.03.2008), paragraphs [0019] to [0059]; fig. 1 to 20 (Family: none)	1-2, 5-16 3-4
Y	JP 2002-280602 A (Toshiba Corp.), 27 September 2002 (27.09.2002), paragraphs [0028] to [0059]; fig. 1, 4, 6 & US 2002/0134987 A1	3
Y	JP 2008-70865 A (Oki Data Corp.), 27 March 2008 (27.03.2008), paragraphs [0017] to [0018]; fig. 2 & US 2009/0051993 A1	3

☒ 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
13 March, 2012 (13.03.12)

Date of mailing of the international search report
19 March, 2012 (19.03.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/053348

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 2005-79595 A (Lumileds Lighting U.S., L.L.C.), 24 March 2005 (24.03.2005), paragraphs [0018] to [0024]; fig. 5, 7 & US 2005/0045893 A1 & EP 1511137 A2	4

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））
Int.Cl. H01L33/10(2010.01)i, H01L33/36(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（I P C））

Int.Cl. H01L33/00-33/64

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 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 2008-53476 A（三洋電機株式会社） 2008.03.06, 段落【0019】 - 【0059】, 図 1-20 (ファミリーなし)	1-2, 5-16 3-4
Y	JP 2002-280602 A（株式会社東芝） 2002.09.27, 【0028】 - 【0059】, 図 1, 4, 6 & US 2002/0134987 A1	3

☒ 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

1 3 . 0 3 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

1 9 . 0 3 . 2 0 1 2

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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）

日夏 貴史

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 5 5

2 K

9 4 1 1

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 2008-70865 A (株式会社沖データ) 2008.03.27, 【0017】 - 【0018】, 図 2 & US 2009/0051993 A1	3
Y	JP 2005-79595 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) 2005.03.24, 【0018】 - 【0024】, 図 5, 7 & US 2005/0045893 A1 & EP 1511137 A2	4