

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第7部門第2区分

【発行日】平成20年1月31日(2008.1.31)

【公開番号】特開2005-244207(P2005-244207A)

【公開日】平成17年9月8日(2005.9.8)

【年通号数】公開・登録公報2005-035

【出願番号】特願2005-20219(P2005-20219)

【国際特許分類】

H 01 L 33/00 (2006.01)

【F I】

H 01 L 33/00 C

H 01 L 33/00 E

【手続補正書】

【提出日】平成19年12月10日(2007.12.10)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0016

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0016】

コンタクト層は、例えば、下部クラッド層の下部に配置することが出来る。しかし、格子不整合の関係にある結晶基板により近接させたコンタクト層は、結晶基板との格子ミスマッチの影響を受けて、例えば、ミスフィット転位等の結晶欠陥の密度の高い層となる。この様な結晶欠陥の多い結晶層上にオーミック電極を設けたところで、電気的特性に優れるオーミック電極が安定して得られるとは限らない。例えば、転位を介した局所的な耐圧不良(local breakdown)を引き起こす電極が帰結されることとなり不都合となる。また、コンタクト層を、窒素以外の第V族元素を含む例えば、組成式 $A_{1-x}Ga_YIn_zN_{1-a}M_a$ (0 \leq X, Y, Z \leq 1、X + Y + Z = 1、記号Mは窒素以外の第V族元素を表し、0 \leq a < 1である。)で表せるGaN系化合物半導体から構成すると、局所的な耐圧不良の少ないオーミック電極が構成できる利点がある。また、n型コンタクト層の膜厚を、1 μm 以上と厚くすると、順方向電圧を低減させるに効果を上げられる。3 μm 以上の層厚とすると、却って、表面の平坦性が悪化するため、密着性の強いオーミック電極を設けるに支障を来す。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0018

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0018】

この様な、部分的に膜厚を薄くした、層厚の不均一な井戸層は、それを成膜する際の成膜系への第V族原料の供給方法を独特とすることで形成され得る。例えば、 Ga_YIn_zN (0 \leq Y, Z \leq 1、Y + Z = 1)からなる井戸層を成膜するに際し、成膜中に常時一定の量の窒素の原料を供給するのではなく、経時的に窒素の原料の供給量を変化させると形成できる。特に、窒素原料の供給量を周期的に減少させると効率的に形成できる。井戸層を成膜するための成長時間内に於いて、例えば、1秒間に供給する窒素原料を増減させる。減少させるとしても、成長層から窒素の揮散を防止できる供給量は維持する。窒素原料が不足した成長環境をより長く継続すると、層厚の薄い領域を同一の井戸層内により多く

形成できる。構成元素としての窒素の不足が超時間に亘ると、第ⅠⅡⅢ族構成元素が凝縮して液滴となる度合いが高まり、その液滴の周囲では、第ⅠⅡⅢ族元素が不足するため、従って、形成される膜の膜厚は薄くなると推定される。井戸層内部の層厚の薄い領域の存在とその領域の層厚は、例えば、透過型電子顕微鏡(TEM)を使用した断面TEM技法で、井戸層の断面を観察すれば知れる。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0026

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0026】

本発明の量子井戸構造をなす井戸層の層厚は、1nm以上で15nm以下とするのが適する。障壁層の層厚は、10nm以上で50nm以下とするのが適する。障壁層の層厚を、井戸層の層厚に対応して減ずる必要は必ずしも無い。量子井戸構造を構成する井戸層の数は、5以上で20以下とするのが適当である。本発明に係わる井戸層の層厚は、領域的に不均一であるため、井戸層の数が増加すると共に、井戸層の層厚の不均一さに起因する、量子井戸構造の発光層の表面の凹凸は増加する。従って、層厚が厚い井戸層を用いる場合程、量子井戸構造の構成に用いる井戸層の数は減少させると、発光層上に表面の平坦な上層、例えば、p型上部クラッド層を形成するに好都合となる。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0033

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0033】

また、金属酸化物膜を電極の構成要素とすることにより、発光の透光性をより向上させたp型オーミック電極を形成できる。透光性に優れるp型オーミック電極を構成するに寄与できる金属酸化物として酸化ニッケル(NiO；必ずしも組成比は正確に1:1とは限らない。)や酸化コバルト(CoO；必ずしも組成比は正確に1:1とは限らない。)を例示できる。これらの金属酸化物膜は、GaN系或いは燐化硼素系化合物半導体コンタクト層の表面に接触させて設けた金(Au)膜或いは金合金膜の上に積層されて設けられているのが望ましい。この様な金属酸化物膜を含む重層構造の電極は、予め、Au層と、NiまたはCoの層とを、順次、積層させておき、次に、その積層体を、酸素を含む雰囲気中で酸化すれば作製できる。或いはまた、積層順序を逆にして、Ni膜またはCo膜を先に被着させ、次にAu膜を積層して、酸化処理を及ぼしても、最終的には、コンタクト層側に接触する側をAu層とし、その上層をNiまたはCoの酸化物層とする透光性電極を形成できる。これは、NiやCo等の遷移金属は、金(Au)に比較すれば、酸化され易く、且つ拡散し易いことに起因していると想到される。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0035

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0035】

何れの平面形状の透光性電極にあっても、開口部は、コンタクト層を経由して、発光層の全面へ均等に素子駆動電流を拡散できる様に設ける必要がある。このため、開口部以外の領域は、互いに連結されて電気的に導通されている必要がある。本発明の透光性電極は、

開口部以外に残置された電極部位も発光を透過できる金属薄膜層から形成されているために、それ自体、透光性に優れるものとなっているが、加えて開口部を設けているために更に、発光を外部へ透過する機能を備えたものとなっている。開口部が占める平面積を大とすれば、透過性が増大し、高強度のGaN系半導体発光素子を構成するに優位であるが、逆に、電極の敷設された領域が減少するため、素子駆動電流を拡散できる領域が減少する。従って、開口部の占める表面積的な比率は、素子駆動電流を十分に平面的に拡散でき、尚且つ、発光の高い透過性を維持するために、コンタクト層の表面積に対して30%から80%とすることが望ましい。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0037

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0037】

そもそも、それ自体、発光の透光性を有する本発明の透光性の電極には、その一部の領域に、素子駆動電流を供給するための導線を、直接、結線することができる。従来では、透光性電極の一部を除去して、コンタクト層等を露出させ、その露出させた半導体層上に結線用の台座（pad）電極を敷設し、そこに結線するのが一般的となっている。一方、本発明の透光性電極には、上記の如く開口部が設けられており、その開口部に導線を埋め込めば、台座電極を設ける必要も無く、また台座電極へ結線する必要も無く、透光性電極へ素子駆動電流を直接に、しかも簡便に供給できる。この際、開口部は、周囲に残置された透光性金属膜電極に囲まれた窪地となっているため、凹地を目がけて圧着されたワイヤ（wire）導線は周囲の金属膜電極材料により強固に固着される。

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0040

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0040】

特に、透光性オーム電極を構成する金属、その合金と同一の材料から金属膜を利用して反射鏡を構成することとすると、工程的に簡便に外部への発光の取り出し効率に優れるGaN系化合物半導体発光素子を形成できる。例えば、パラジウム（Pd）やロジウム（Rh）または白金（Pt）等の金属膜は、透光性電極及び反射鏡を構成するに共通する材料として好適に利用できる。また、この様な金属膜を利用して構成した多層構造の反射膜も発光を外部へ反射できる反射鏡として有益となる。多層構造の反射鏡にあって、透光性電極を構成するのと同一の材料からなる金属膜を、結晶基板の裏面に直接、被着させて設けると、即ち、透光性電極と対向する様に設けると、反射効率に優れる多層構造反射鏡を構成するに優位となる。多層構造となして、多重に発光を反射させることにより外部への発光の反射効率を向上させられるからである。多重構造の反射鏡を構成する各金属膜の膜厚は、発光層から出射される発光の波長の長短に応じて変化させる。より長い波長の発光を反射させる場合には、膜厚のより厚い金属膜をもって、多層構造の反射鏡を構成する。多層構造の反射鏡を構成するに好適な金属膜の膜厚は、発光波長（=）の1/4で与えられる。

【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0041

【補正方法】変更

【補正の内容】**【0041】**

本発明は、層内に、部分的に、層厚が薄い領域と、厚い領域とを含む不均一な層厚の井戸層を含む量子井戸構造の発光層であり、高い強度の発光をもたらす作用を有する。

【手続補正9】**【補正対象書類名】明細書****【補正対象項目名】0056****【補正方法】変更****【補正の内容】****【0056】****(実施例4)**

実施例4では、n型GaNコンタクト層のキャリア濃度は $6 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ とし、膜厚は3μm、活性層はInGaN井戸層に膜厚3nmの厚膜部と膜厚1.5nm以下の薄膜部を持つ多重量子井戸構造とし、また、p型GaNコンタクト層のキャリア濃度は $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ とした以外は、実施例1と同じ積層構造を持つウエーハに、全く同じ手順で、Au/NiOからなる構造の電極を作製した。電極のパターンを変え、図3に示すようなくし型のパターンを用いた。電流20mAにおける駆動電圧は3.3Vであり、出力は6mWであった。