

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5084099号
(P5084099)

(45) 発行日 平成24年11月28日 (2012.11.28)

(24) 登録日 平成24年9月14日 (2012.9.14)

(51) Int. Cl. F I
H O 1 L 33/42 (2010.01) H O 1 L 33/00 2 2 2

請求項の数 13 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2004-369466 (P2004-369466)	(73) 特許権者	390019839
(22) 出願日	平成16年12月21日 (2004.12.21)		三星電子株式会社
(65) 公開番号	特開2005-184001 (P2005-184001A)		S a m s u n g E l e c t r o n i c s
(43) 公開日	平成17年7月7日 (2005.7.7)		C o . , L t d .
審査請求日	平成19年10月17日 (2007.10.17)		大韓民国京畿道水原市靈通区三星路129
(31) 優先権主張番号	2003-094698		129, S a m s u n g - r o , Y e o n
(32) 優先日	平成15年12月22日 (2003.12.22)		g t o n g - g u , S u w o n - s i , G
(33) 優先権主張国	韓国 (KR)		y e o n g g i - d o , R e p u b l i c
(31) 優先権主張番号	2004-088166		o f K o r e a
(32) 優先日	平成16年11月2日 (2004.11.2)	(73) 特許権者	504127739
(33) 優先権主張国	韓国 (KR)		光州科學技術院
前置審査		(74) 代理人	110000671
			八田国際特許業務法人
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 トップエミット型窒化物系発光素子及びその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

n型クラッド層とp型クラッド層との間に活性層を有するトップエミット型窒化物系発光素子において、

前記p型クラッド層上に改質金属層／透明伝導性薄膜層を積層反復単位として少なくとも1組以上が反復積層されたマルチオーミックコンタクト層と、

前記改質金属層と前記透明伝導性薄膜層との間に介在された金属挿入層と、
を具備し、

前記改質金属層は、銀を主な成分とし、1nm～20nmの厚さに形成されていることを特徴とするトップエミット型窒化物系発光素子。

10

【請求項 2】

前記透明伝導性薄膜層は、透明伝導性酸化物 (T C O) と透明伝導性窒化物 (T C N) のうち、何れか1つで形成されることを特徴とする請求項1に記載のトップエミット型窒化物系発光素子。

【請求項 3】

前記透明伝導性薄膜層は、チタンと窒素を含有して形成されたことを特徴とする請求項2に記載のトップエミット型窒化物系発光素子。

【請求項 4】

前記透明伝導性酸化物は、インジウム、錫、亜鉛、ガリウム、カドミウム、マグネシウム、ベリリウム、銀、モリブデン、バナジウム、銅、イリジウム、ロジウム、ルテニウム

20

、タングステン、コバルト、ニッケル、マンガン、アルミニウム、ランタン元素系列の金属のうち、少なくとも1つ以上の成分と酸素が結合されて形成されたことを含むことを特徴とする請求項2に記載のトップエミット型窒化物系発光素子。

【請求項5】

前記透明伝導性薄膜層は10nm～1000nmの厚さに形成されたことを特徴とする請求項1～4のいずれか一項に記載のトップエミット型窒化物系発光素子。

【請求項6】

前記金属挿入層は、白金、ニッケル、金、ルテニウム、パラジウム、ロジウム、イリジウム、亜鉛、マグネシウム、クロム、銅、コバルト、インジウム、錫、ランタン系列の元素、これら金属で形成された合金、固溶体または遷移金属で形成された窒化物のうちから選択された少なくとも1つの材料を利用して少なくとも1層以上で形成されたことを特徴とする請求項5に記載のトップエミット型窒化物系発光素子。

10

【請求項7】

n型クラッド層とp型クラッド層との間に活性層を有するトップエミット型窒化物系発光素子の製造方法において、

基板上にn型クラッド層、活性層及びp型クラッド層が順次に積層された発光構造体の前記p型クラッド層上に改質金属層／透明伝導性薄膜層を積層反復単位として少なくとも1組以上を積層してマルチオーミックコンタクト層を形成する段階と、

前記段階を経た電極構造体を熱処理する段階と、

を含み、

20

前記改質金属層は銀を主な成分とし、1nm～20nmの厚さに形成され、

前記改質金属層と前記透明伝導性薄膜層との間に金属挿入層が追加的に介在されることを特徴とするトップエミット型窒化物系発光素子の製造方法。

【請求項8】

前記透明伝導性薄膜層は透明伝導性酸化物(TCO)と透明伝導性窒化物(TCN)のうち何れか1つで形成されることを特徴とする請求項7に記載のトップエミット型窒化物系発光素子の製造方法。

【請求項9】

前記透明伝導性薄膜層は、チタンと窒素とを含有して形成されたことを特徴とする請求項8に記載のトップエミット型窒化物系発光素子の製造方法。

30

【請求項10】

前記透明伝導性酸化物は、インジウム、錫、亜鉛、ガリウム、カドミウム、マグネシウム、ベリリウム、銀、モリブデン、バナジウム、銅、イリジウム、ロジウム、ルテニウム、タングステン、コバルト、ニッケル、マンガン、アルミニウム、ランタン元素系列の金属のうち、少なくとも1つ以上の成分と酸素が結合されて形成されたことを含むことを特徴とする請求項8に記載のトップエミット型窒化物系発光素子の製造方法。

【請求項11】

前記透明伝導性薄膜層は、10nm～1000nmの厚さに形成することを特徴とする請求項7～10のいずれか一項に記載のトップエミット型窒化物系発光素子の製造方法。

【請求項12】

40

前記金属挿入層は、白金、ニッケル、金、ルテニウム、パラジウム、ロジウム、イリジウム、亜鉛、マグネシウム、クロム、銅、コバルト、インジウム、錫、ランタン系列の元素、これら金属で形成された合金、固溶体または遷移金属で形成された窒化物のうちから選択された少なくとも1つの材料を利用して少なくとも1層以上で形成されたことを特徴とする請求項7～11のいずれか一項に記載のトップエミット型窒化物系発光素子の製造方法。

【請求項13】

n型クラッド層とp型クラッド層との間に活性層を有するトップエミット型窒化物系発光素子において、

前記p型クラッド層上に改質金属層／透明伝導性薄膜層を積層反復単位として多数回反

50

復積層されたマルチオーミックコンタクト層を具備し、

前記改質金属層は、銀を主な成分とし、1 nm～20 nmの厚さに形成されていることを特徴とするトップエミット型窒化物系発光素子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、トップエミット型窒化物系発光素子及びその製造方法に係り、詳細には、オーミック特性及び発光効率が改善されたトップエミット型窒化物系発光素子及びその製造方法に関する。

【背景技術】

10

【0002】

現在、透明伝導性薄膜は光電子分野、ディスプレイ分野及びエネルギー産業分野で多様に利用されている。

【0003】

発光素子分野では円滑なホール注入及び高効率の光放出の役割をする透明伝導性薄膜電極を開発するために活発に研究中である。

【0004】

現在、最も活発に研究されている透明伝導性薄膜素材としては、透明伝導性酸化物（Transparent Conducting Oxide：TCO）と透明伝導性窒化物（Transparent Conducting Nitride：TCN）とがある。

20

【0005】

TCOは、インジウム酸化物、錫酸化物、亜鉛酸化物、錫インジウム酸化物などがあり、TCNとしては、チタン窒化物がある。

【0006】

ところが、これら物質は相対的に大きい面抵抗、高い光反射率、そして相対的に小さな仕事関数を有しており、単独でトップエミット型窒化ガリウム系発光素子のp型透明電極として適用するのは難しい問題点を抱いている。

【0007】

その問題点を説明すれば、第1に、前記透明伝導性薄膜は、スパッタリング、e-ビーム蒸着器または熱蒸着器などのPVD方法によって薄膜形成時、殆ど $100\Omega/\text{sq.}$ に近い大きい面抵抗を有しているために、発光素子の水平方向（層間境界面と平行した方向）への電流の拡散を難しくするだけでなく、垂直方向への円滑なホール注入も難しくする。したがって、大面積及び大容量の高輝度発光素子を具現するのに適用し難い。

30

【0008】

第2に、前記透明伝導性薄膜は窒化ガリウム系発光ダイオードから出射される光に対して高い光反射率を有しており、光効率を落とす。

【0009】

第3に、錫インジウム酸化物（Indium Tin Oxide：ITO）及びチタン窒化物などをはじめとする透明伝導性薄膜は相対的に小さな仕事関数を有しているために、p型窒化ガリウムとの直接的な接触によるオーミック接触を形成し難い。

40

【0010】

第4に、TCOは、窒化ガリウム系化合物半導体と直接オーミック接触された電極として適用する場合、薄膜形成工程の間に窒化ガリウムの表面でガリウムの大きい酸化能により絶縁性物質である酸化ガリウムの生成を誘発して良質のオーミック接触電極を形成するのが難しいという問題点がある。

【0011】

一方、窒化ガリウム系化合物半導体を利用した発光ダイオード（LED）及びレーザーダイオード（LD）などの発光素子を具現するためには、半導体と電極との間のオーミック接触を形成する電極構造が極めて重要である。

50

【0012】

このような窒化ガリウム系発光素子はトップエミット型発光ダイオード (top-emitting light emitting diodes: TLEDs) とフリップチップ発光ダイオード (フリップチップ light emitting diodes: FCLLEDs) に分類される。

【0013】

現在、一般的に広く使われている TLEDs は p 型クラッド層と接触しているオーミックコンタクト層を通じて光が出射されるように形成される。また、高輝度の TLEDs を具現するためには、低いホール濃度を有する p 型クラッド層の高い面抵抗を補償するための良質のオーミックコンタクト層であるカレントスプレディング薄膜が絶対的に必要である。したがって、低い面抵抗を有し、高い光透過度を有するカレントスプレディング薄膜層を形成して円滑なホール注入、電流拡散、及び優秀な光放出の役割を提供できることが要求される。

10

【0014】

現在までに知られているトップエミット型発光ダイオードは、p 型クラッド層の上にニッケル層と金属層を順次に積層した構造が利用されている。

【0015】

ニッケル／金属層を酸素雰囲気中で熱処理すれば、 $10^{-3} \sim 10^{-4} \Omega \text{cm}^2$ 程度の優秀な非接触抵抗を有する半透明オーミック接触層が形成されると知られている。このような半透明オーミック接触層の低い非接触抵抗は、 $500^\circ\text{C} \sim 600^\circ\text{C}$ 程度の温度及び酸素雰囲気中で熱処理する時、ショットキー障壁の高さ (Schottky barrier height: SBH) を減少させて、p 型クラッド層の表面付近に多数キャリアであるホールを容易に供給する。

20

【0016】

また、ニッケル／金属層を p 型クラッド層上に形成した後、熱処理すれば、Mg-H 金属間化合物を除去することによって、窒化ガリウム表面でのマグネシウムドーパント濃度を増加させる再活性化過程を通じて、p 型クラッド層の表面で実効キャリア濃度を 10^{18} 以上にする。その結果、p 型クラッド層と酸化ニッケルとを含有したオーミックコンタクト層間にトンネリング伝導を引き起こして、低い非接触抵抗値を有するオーミック伝導特性を示すと理解されている。

30

【0017】

しかし、ニッケル／金で形成される半透明薄膜電極を利用したトップエミット型発光ダイオードは、光の透過度を阻害している金を含んでおり、発光効率が低くて次世代大容量及び高輝度発光素子を具現するのに限界を示している。

【0018】

また、発光ダイオードの作動時に発生する熱の放出及び光の発光効率を上昇させるために、反射層を適用して透明基板であるサファイアを通じて光を放射するフリップチップ発光ダイオード構造でも反射層の酸化及び悪い接着性により高抵抗を有するなどの多くの問題点がある。

【0019】

40

したがって、トップエミット型及びフリップチップ発光ダイオードの素子の限界を克服するために、p 型オーミックコンタクト層として使われている既存の半透明ニッケル／金構造より優秀な光透過度を有するように金を完全に排除した TCO 物、例えば ITO を利用しようとする研究内容が幾つかの文献 (非特許文献 1、非特許文献 2 参照) を通じて報告されている。最近、ITO オーミックコンタクト層を利用して、既存のニッケル／金構造と比較する時より向上した出力を示すトップエミット型発光ダイオードを具現したという内容が非特許文献 3 を通じて報告されている。しかし、このような構造のオーミックコンタクト層は、発光素子の出力を増大させようとする一方、相対的に高い動作電圧を示す問題点を有しており、広い面積及び大容量の高輝度発光素子への応用には多くの限界点を有している。

50

【0020】

また、さらに一方では、米国のルミレッズライティング社は酸化した薄いNi/AuまたはNi/Ag構造とITOとの結合を通じた高い光透過度と優秀な電気的特性を有する発光ダイオードを製作したと報告している（特許文献1参照）。しかし、オーミック接触の電極形成工程が複雑であり、ニッケル金属をはじめとする遷移金属、または元素周期律表上にグループ2族元素の酸化物で形成されるオーミック電極の高い面抵抗を有しており、高効率の発光素子を具現し難い。また、ニッケルをはじめとする酸化した金属は、高い光透過度を有し難いと知られている。

【0021】

このように、良質のオーミック接触を形成する透明電極を開発し難い点があるが、その根本的な原因は、次のように要約できる。

10

【0022】

第1に、p型窒化ガリウムの低いホール濃度と、それによって $10^4 \Omega/\text{sq.}$ 以上の高い面抵抗を有する点と、第2に、p型窒化ガリウムの仕事関数値に比べて相対的に大きい仕事関数値を有する透明電極物質の不在によってp型窒化ガリウムと電極間の界面に高いショットキー障壁が形成されて垂直方向への円滑なホール注入が難しいという点と、第3に、ほとんどの物質の電気的特性と光学的な特性が相互反比例し、それによって高い光透過度を有する透明電極は大体に大きい面抵抗を有しており、水平方向への電流拡散が急激に低下するという点と、第4に、TCO物をp型窒化ガリウム上部に直接蒸着する工程で窒化ガリウムの表面に絶縁性である酸化ガリウムの生成によって発光素子の電気的特性

20

【0023】

また、前記指摘された問題点によってp型窒化ガリウムと透明電極との間に熱の発生が増加して素子の寿命を短縮させるだけでなく、作動に信頼性を確保し難いという問題点がある。

【特許文献1】米国特許第6,287,947号明細書（Michael J. Ludowski et c.）

【非特許文献1】IEEE PTL（Photonics Technology Letters）, Y. C. Lin, et c. Vol. 14, 1668

【非特許文献2】IEEE PTL, Shyi-Ming Pan, et c. Vol. 15, 646

30

【非特許文献3】Semicond. Sci. Technol., C S Chang, et c. 18（2003）, L21

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0024】

本発明は前記のような問題点を改善するために創案されたものであって、高い光透過度と低い面抵抗を有する電極構造を有するトップエミット型窒化物系発光素子及びその製造方法を提供するところにその目的がある。

【課題を解決するための手段】

40

【0025】

本発明によるトップエミット型窒化物系発光素子は、n型クラッド層とp型クラッド層との間に活性層を有するトップエミット型窒化物系発光素子において、前記p型クラッド層上に改質金属層／透明伝導性薄膜層を積層反復単位として少なくとも1組以上が反復積層されたマルチオーミックコンタクト層を具備し、前記改質金属層は銀を主な成分として形成される。

【0026】

望ましくは、前記透明伝導性薄膜層は、インジウム、錫、亜鉛、ガリウム、カドミウム、マグネシウム、ベリリウム、銀、モリブデン、バナジウム、銅、イリジウム、ロジウム、ルテニウム、タングステン、コバルト、ニッケル、マンガン、アルミニウム、ランタン

50

元素系列の金属のうち少なくとも1つ以上の成分と酸素とが結合されたTCO物で形成される。

【0027】

さらにほかには、前記透明伝導性薄膜層は、チタンと窒素を含有して形成されたTCNが適用される。

【0028】

望ましくは、前記改質金属層は1nm～20nmの厚さに形成される。

【0029】

また、前記透明伝導性薄膜層の厚さは10nm～1000nmに形成する。

【0030】

また、前記改質金属層と透明伝導性薄膜層との間には金属挿入層が追加的に介在される。前記金属挿入層は、白金、ニッケル、金、ルテニウム、パラジウム、ロジウム、イリジウム、亜鉛、マグネシウム、クロム、銅、コバルト、インジウム、錫、ランタン系列の元素、これら金属で形成された合金、固溶体または遷移金属で形成された窒化物のうちから選択された少なくとも1つの材料を利用して少なくとも1層以上で形成されたことを特徴とする。

【0031】

また、本発明の他の類型によれば、n型クラッド層とp型クラッド層との間に活性層を有するトップエミット型窒化物系発光素子の製造方法において、基板上にn型クラッド層、活性層及びp型クラッド層が順次に積層された発光構造体の前記p型クラッド層上に改質金属層／透明伝導性薄膜層を積層反復単位として少なくとも1組以上を積層してマルチオーミックコンタクト層を形成する段階と、前記段階を経た電極構造体を熱処理する段階と、を含み、前記改質金属層は銀を主な成分として形成される。

【0032】

本発明のさらに他の側面によれば、前記透明伝導性薄膜は、前記TCO及びTCNに対して電気的特性を調節するためのドーパントを添加できる。ここで、ドーパントとして適用される物質は元素周期律表上で金属に分類された元素のうち少なくとも1つが適用される。

【0033】

前記熱処理段階は常温ないし800℃で10秒～3時間行われることが望ましい。

【0034】

また、前記熱処理段階は前記電極構造体が内蔵された反応器内に窒素、アルゴン、ヘリウム、酸素、水素、空気、真空のうち少なくとも1つを含む気体雰囲気で行う。

【発明の効果】

【0035】

本発明によるトップエミット型窒化物系発光素子及びその製造方法によれば、p型クラッド層とのオーミック接触特性が改善して優秀な電流－電圧特性を示すだけでなく、高い光透過性を提供して素子の発光効率を高めうる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0036】

以下、添付された図面を参照しつつ本発明の望ましいトップエミット型窒化物系発光素子及びその製造方法をより詳細に説明する。

【0037】

図1は、本発明の第1実施例によるトップエミット型発光素子を示した断面図である。

【0038】

図面を参照すれば、トップエミット型発光素子は基板110、バッファ層120、n型クラッド層130、活性層140、p型クラッド層150、マルチオーミックコンタクト層160が順次に積層された構造よりなっている。180はp型電極パッドであり、190はn型電極パッドである。

【0039】

マルチオーミックコンタクト層 160 は、改質金属層 160 a と透明伝導性薄膜層 160 b が順次に積層されている。

【0040】

ここで、基板 110 から p 型クラッド層 150 までは発光構造体に該当し、p 型クラッド層 150 上に積層されたマルチオーミックコンタクト層 160 が p 型電極構造体に該当する。

【0041】

基板 110 は、サファイア、シリコンカーバイド、シリコン、ガリウムヒ素のうち何れか 1 つで形成されることが望ましい。

【0042】

バッファ層 120 は省略されうる。

【0043】

バッファ層 120 から p 型クラッド層 150 までの各層は III 族窒化物系化合物の一般式である $Al_x In_y Ga_z N$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq z \leq 1$, $0 \leq x + y + z \leq 1$) で表現される化合物のうち、選択された何れかの化合物を基本として形成され、n 型クラッド層 130 及び p 型クラッド層 150 は該当ドーパントが添加される。

【0044】

また、活性層 140 は単層または MQW (Multiple Quantum Well) 層などの公知された多様な方式で構成されうる。

【0045】

一例として、窒化ガリウム系化合物を適用する場合、バッファ層 120 は窒化ガリウムで形成され、n 型クラッド層 130 は窒化ガリウムに n 型ドーパントとして Si、Ge、Se、Te などが添加されて形成され、活性層は $InGaN/GaN$ MQW、または $AlGaIn/GaN$ MQW で形成され、p 型クラッド層 150 は、窒化ガリウムに P 型ドーパントであって、Mg、Zn、Ca、Sr、Ba などが添加されて形成される。

【0046】

n 型クラッド層 130 と n 型電極パッド 190 との間には、n 型オーミックコンタクト層 (図示せず) が介在し、n 型オーミックコンタクト層は、チタンとアルミニウムが順次に積層された層構造など公知された多様な構造が適用されうる。

【0047】

p 型電極パッド 180 は、ニッケル/金、または銀/金が順次に積層された層構造が適用されうる。

【0048】

各層の形成方法は、電子ビーム蒸着器、PVD、CVD、PLD (plasma Laser Deposition)、二重型の熱蒸着器、スパッタリングなどの公知の蒸着方式により形成すればよい。

【0049】

マルチオーミックコンタクト層 160 は p 型電極構造体であって、p 型クラッド層 150 上に形成された改質金属層 160 a 及び改質金属層 160 a 上に形成された透明伝導性薄膜層 160 b で形成されている。

【0050】

改質金属層 160 a は高い電気伝導性を有しながら、600℃以下の温度と酸素雰囲気中で熱処理時に容易に伝導性ナノ相粒子に分解し、酸化が容易にされない物質が適用される。

【0051】

このような条件を備えた改質金属層 160 a 用素材としては銀が適用される。

【0052】

望ましくは、改質金属層 160 a は銀単独で形成される。さらに望ましくは、改質金属層 160 a は銀を主な成分とした合金または固溶体で形成されうる。

【0053】

10

20

30

40

50

また、マルチオーミックコンタクト層160を形成している改質金属層160aの厚さは、熱処理時に容易に伝導性ナノ相粒子に分解できる厚さである1nm~20nm以内に形成することが望ましい。

【0054】

透明伝導性薄膜層160bは、TCOまたはTCNのうち何れか1つが適用される。

【0055】

TCOは、インジウム、錫、亜鉛、ガリウム、カドミウム、マグネシウム、ベリリウム、銀、モリブデン、バナジウム、銅、イリジウム、ロジウム、ルテニウム、タングステン、コバルト、ニッケル、マンガン、アルミニウム、ランタン元素系列などの金属のうち、少なくとも1つ以上の成分と酸素で形成されるTCOが適用される。

10

【0056】

TCO用素材としては、仕事関数値と面抵抗値を優先的に考慮して選択すればよい。

【0057】

TCNは、低い面抵抗値と高い光透過度を有するチタンと窒素とで形成されたTCNが適用されることが望ましい。

【0058】

また、透明伝導性薄膜層160bとして適用されるTCO及びTCNは、前記主な成分に対して電気的特性を向上させるために、元素周期律表上の金属成分のうち少なくとも1つ以上の元素をドーパントとして添加できる。

【0059】

20

ここで、TCO及びTCNに適切な電気的特性を有させるために添加されるドーパントの添加比率は、0.001~20weight%範囲内で適用されることが望ましい。ここで、weight%は添加される元素相互間の重量比率をいう。

【0060】

また、透明伝導性薄膜層160bの厚さは、適切な光透過度と電気伝導性を有する10nm~1000nmの厚さに形成されることが望ましい。

【0061】

このようなマルチオーミックコンタクト層160は電子ビーム蒸着器、熱蒸着器、スパッタリング蒸着器、レーザー蒸着器のうち何れか1つで形成することが望ましい。

【0062】

30

また、マルチオーミックコンタクト層160を形成するために適用される蒸着温度は、20℃~1500℃範囲内で、蒸着器内の圧力は大気圧ないし 10^{-12} Torr程度で行う。

【0063】

また、マルチオーミックコンタクト層160を形成した後には、熱処理過程を経ることが望ましい。

【0064】

熱処理は、反応器内の温度を100℃~800℃で真空またはガス雰囲気中で10秒~3時間程度行う。

【0065】

40

熱処理時に反応器内に投入されるガスは、窒素、アルゴン、ヘリウム、酸素、水素、空気のうち少なくとも1つ以上の気体が適用されうる。

【0066】

図2には、本発明の第1実施例によるp型電極構造体として、p型クラッド層150上に改質金属層160aとして銀を3nm積層し、その上に透明伝導性薄膜層160bとしてITOを200nm厚さで積層した後、530℃で熱処理した結果物と、p型クラッド層150上にITOを単独で200nm厚さに積層した後、同一温度(530℃)で熱処理した結果物とに対してそれぞれ光透過度を測定した結果が示されている。

【0067】

図2を通じて分かるように、電極をITO単独で適用した場合より、本実施例のように

50

、マルチオーミックコンタクト層 160 で形成した場合の方が光透過度が高いことが分かる。

【0068】

また、図 3 は本発明の実施例によって、p 型クラッド層 150 上に改質金属層 160 a として銀を 3 nm 積層し、その上に透明伝導性薄膜層 160 b として SnO_2 を 200 nm 積層した後、530℃で熱処理した結果物と、p 型クラッド層 150 上に金を 3 nm 積層し、その上に透明伝導性薄膜層として SnO_2 を 200 nm 積層した後、同一温度（530℃）で熱処理した結果物とに対してそれぞれ光透過度を測定した結果が示されている。

【0069】

図 3 を通じて分かるように、改質金属層 160 a に銀を使用した場合が、金に替えた場合より電気的特性が極めて優秀であることが確認できる。

【0070】

図 2 及び図 3 の結果から、銀を主な成分とした改質金属層 160 a と透明伝導性薄膜層 160 b とを順次に積層した後、熱処理を行って形成されたマルチオーミックコンタクト層 160 は次のような長所を提供する。すなわち、p 型クラッド層 150 と改質金属層 160 a との間にガリウム関連化合物が形成されて有効表面のホール濃度が濃くなり、ガリウム酸化物の生成は抑制されてショットキー障壁幅が減少し、オーミック接触形成に有利なトンネリング現象を誘発し、600℃以下の低温で熱処理時に高い光透過度を維持し、 $10\Omega/\text{sq}$ 以下の低い面抵抗値を有する特性を提供する。

【0071】

一方、マルチオーミックコンタクト層 160 は、このような改質金属層 160 a / 透明伝導性薄膜層 160 b を単位として反復積層されて形成されうることは言うまでもない。

【0072】

このような反復積層構造の例が図 4 に示されている。前記図 1 に示された図面と同一機能をする要素は同一参照符号で示す。

【0073】

図面を参照すれば、マルチオーミックコンタクト層 160 は、第 1 改質金属層 160 a / 第 1 透明伝導性薄膜層 160 b / 第 2 改質金属層 160 c / 第 2 透明伝導性薄膜層 160 d で形成されている。

【0074】

第 1 及び第 2 改質金属層 160 a、160 c は、前記素材である銀、または銀を主な成分とした合金または固溶体で 1～20 nm 以内の厚さでそれぞれ形成され、第 1 及び第 2 透明伝導性薄膜層 160 b、160 d も前記素材で 10～1000 nm の厚さにそれぞれ形成する。

【0075】

図 4 を通じて説明された発光素子は、基板 110 上に p 型クラッド層 150 まで積層された発光構造体に先立ち、図 1 を通じて説明された蒸着方法で該当 p 型電極構造体を蒸着して形成した後、熱処理過程を経て製造すればよい。

【0076】

熱処理過程を経れば、熱処理過程の以前より光学的特性である光透過度及び電気的特性である電流－電圧特性が向上する。

【0077】

一方、図 5 は、本発明のさらに他の実施例によるトップエミット型発光素子の p 型電極構造体を図示する断面図である。図 5 に示されたように、本実施例による p 型電極構造体は、改質金属層 160 a と透明伝導性薄膜層 160 b との間に金属挿入層 160 e を追加的に介在している。前記金属挿入層 160 e は、下部にある改質金属層 160 a と実質的にほぼ同じ役割をする第 2 改質金属層として形成される。

【0078】

このような前記金属挿入層 160 e として使用できる金属材料としては、白金、ニッケ

10

20

30

40

50

ル、金、ルテニウム、パラジウム、ロジウム、イリジウム、亜鉛、マグネシウム、クロム、銅、コバルト、インジウム、錫、ランタン系列の元素、これら金属で形成された合金、固溶体または遷移金属で形成された窒化物のうち少なくとも1つを選択して使用できる。

【0079】

図6Aは、金属挿入層160eを追加した場合に関する発光素子の電流－電圧特性を測定した結果を示すグラフである。改質金属層160aとしては銀を1nm厚さに積層し、金属挿入層160eとしては白金を1nm厚さに積層し、透明伝導性薄膜層160bとしてはITOを200nm厚さに積層した。図6Aは、このように形成したp型電極構造体を熱処理前（図中四角形で示す）及び、空気雰囲気ですべて500℃（図中丸形で示す）、600℃（図中三角形で示す）、700℃（図中逆三角形で示す）で熱処理した場合についての電流－電圧特性を示す。図6Aに示されたように、特に600℃以上に熱処理した場合に極めて優秀な電気的特性を示す。

10

【0080】

図6Bは、本発明の第3実施例によるp型電極構造体の光透過度を従来の電極と比較して示すグラフである。ここで、図6Aの場合のように、p型電極構造体は、改質金属層160aとして銀を1nm厚さに積層し、金属挿入層160eとして白金を1nm厚さに積層し、透明伝導性薄膜層160bとしてITOを200nm厚さに積層した後、空気雰囲気ですべて600℃で1分間熱処理して形成した。比較対象となる従来の電極は、ニッケルと金層をそれぞれ5nmに積層した後、空気雰囲気ですべて530℃で1分間熱処理して形成した。図6Bに示されたように、450～500nmの波長範囲で従来の電極を使用した場合、光透過度が約73%～81%程度であった。しかし、本発明の第3実施例による場合、同じ波長範囲内ではほぼ90%を超える高い光透過度を示している。

20

【産業上の利用可能性】

【0081】

本発明は、オーミック特性及び発光効率が改善されたトップエミット型窒化物系発光素子の製造に関わる技術分野に使われうる。

【図面の簡単な説明】

【0082】

【図1】本発明の第1実施例によるマルチオーミックコンタクト層が適用されたトップエミット型発光素子を示した断面図である。

30

【図2】本発明の第1実施例による発光素子の光透過度を測定した結果を単一透明電極層と比較して示したグラフである。

【図3】本発明の第1実施例による発光素子の電流－電圧特性を測定した結果と金を適用した場合と比較して示したグラフである。

【図4】本発明の第2実施例によるマルチオーミックコンタクト層が適用されたトップエミット型発光素子を示した断面図である。

【図5】本発明の第3実施例によるマルチオーミックコンタクト層が適用されたトップエミット型発光素子を示した断面図である。

【図6A】本発明の第3実施例による発光素子の電流－電圧特性を測定した結果を示したグラフである。

40

【図6B】本発明の第3実施例による発光素子の光透過度を測定した結果を示すグラフである。

【符号の説明】

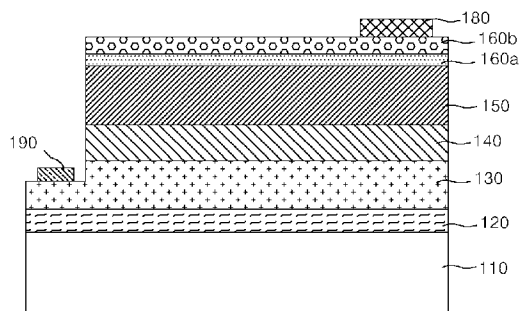
【0083】

- 110 基板
- 120 バッファ層
- 130 n型クラッド層
- 140 活性層
- 150 p型クラッド層
- 160a 改質金属層

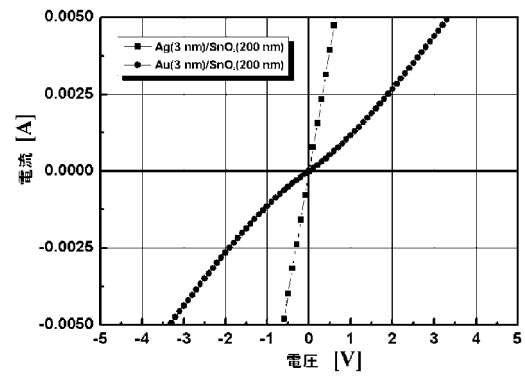
50

- 160b 透明伝導性薄膜層
 180 p型電極パッド
 190 n型オーミックコンタクト層

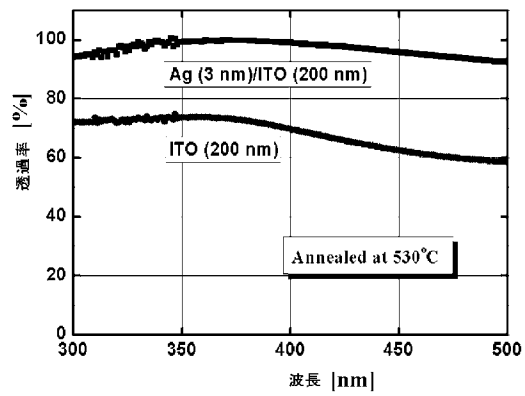
【図1】



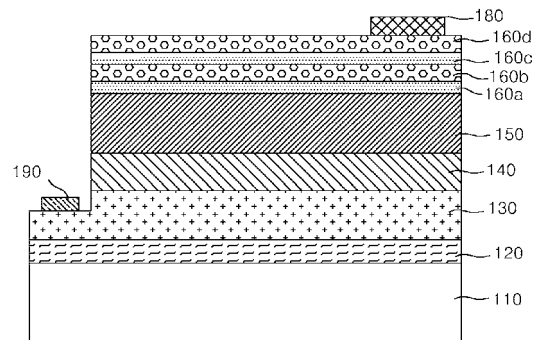
【図3】



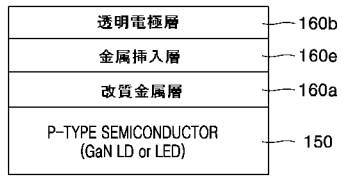
【図2】



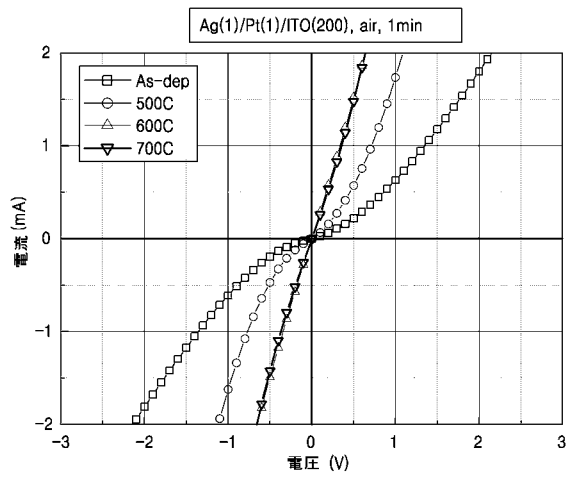
【図4】



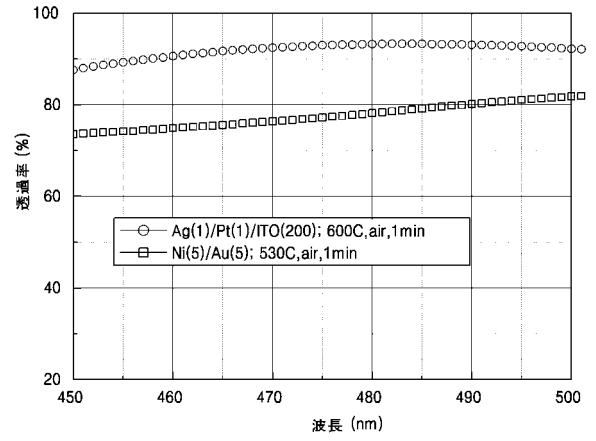
【図 5】



【図 6 A】



【図 6 B】



フロントページの続き

(72)発明者 宋 俊 午

大韓民国光州廣域市北區五龍洞 1 番地 光州科學技術院 新素材工學科

(72)発明者 成 泰 連

大韓民国光州廣域市北區五龍洞 1 番地 光州科學技術院 新素材工學科

(72)発明者 郭 準 燮

大韓民国京畿道華城市台安邑半月里 8 6 0 番地 新靈通現代アパート 3 0 1 棟 1 1 0 1 号

(72)発明者 洪 雄 基

大韓民国光州廣域市北區五龍洞 1 番地 光州科學技術院 新素材工學科

審査官 吉野 三寛

(56)参考文献 特開平 1 0 - 1 7 3 2 2 4 (J P , A)

特開平 0 9 - 1 2 9 9 1 9 (J P , A)

特開 2 0 0 2 - 1 8 5 0 4 1 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl., D B 名)

H 0 1 L 3 3 / 0 0 - 3 3 / 6 4