

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公 開 特 許 公 報(A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2005-72603  
(P2005-72603A)

(43) 公開日 平成17年3月17日(2005.3.17)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>  
H O 1 L 33/00

F I  
H O 1 L 33/00  
H O 1 L 33/00

テーマコード (参考)  
5 F O 4 1  
C  
E

審査請求 未請求 請求項の数 24 O L (全 14 頁)	
(21) 出願番号 特願2004-245933 (P2004-245933)	(71) 出願人 390019839
(22) 出願日 平成16年8月25日 (2004. 8. 25)	三星電子株式会社
(31) 優先権主張番号 2003-058841	大韓民国京畿道水原市靈通区梅灘洞 4 1 6
(32) 優先日 平成15年8月25日 (2003. 8. 25)	(71) 出願人 504127739
(33) 優先権主張国 韓国 (KR)	光州科學技術院
	大韓民国光州広域市北区五電洞 1 番地
	(74) 代理人 100072349
	弁理士 八田 幹雄
	(74) 代理人 100110995
	弁理士 奈良 泰男
	(74) 代理人 100111464
	弁理士 齋藤 悦子
	(74) 代理人 100114649
	弁理士 宇谷 勝幸
	最終頁に続く

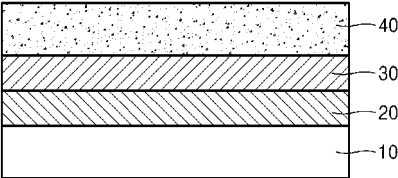
(54) 【発明の名称】 窒化物系発光素子及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 窒化物系発光素子及びその製造方法を提供する。

【解決手段】 p型クラッド層と反射層との間に亜鉛、インジウム、スズのうち少なくとも一つの金属又は合金で形成された金属層が介在しており、金属層及び反射層形成以後に熱処理工程を経て製作される窒化物系発光素子及びその製造方法である。これにより、p型クラッド層とのオーミック接触特性が改善され、発光素子のパッケージング時にワイヤボンディング効率及び収率を高めることができ、低い非接触抵抗と優秀な電流 - 電圧特性とにより素子の発光効率及び素子寿命を向上させうる。

【選択図】 図 1



## 【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発光層を有する窒化物系発光素子において、前記発光層から放射された光を反射する反射層と、前記反射層と前記 p 型クラッド層との間に形成された少なくとも一つの金属層とを備えることを特徴とする窒化物系発光素子。

## 【請求項 2】

前記金属層は亜鉛、インジウムおよびスズよりなる第 1 群金属から選ばれた少なくとも一つの金属を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の窒化物系発光素子。

## 【請求項 3】

前記金属層は前記第 1 群金属から選ばれた少なくとも一つの金属に、ニッケル、コバルト、銅、パラジウム、白金、ルテニウム、ロジウム、イリジウム、タンタル、レニウム、タングステンおよびランタン系金属よりなる第 2 群金属から選ばれた少なくとも一つの金属が添加されてなることを特徴とする請求項 2 に記載の窒化物系発光素子。

## 【請求項 4】

前記第 1 群金属に対する前記第 2 群金属の添加比は 0 . 1 乃至 5 1 アトミックパーセントであることを特徴とする請求項 3 に記載の窒化物系発光素子。

## 【請求項 5】

前記反射層は銀で形成されてなることを特徴とする請求項 1 に記載の窒化物系発光素子。

## 【請求項 6】

前記反射層はロジウムで形成されてなることを特徴とする請求項 1 に記載の窒化物系発光素子。

## 【請求項 7】

前記金属層は

前記 p 型クラッド層上に形成された第 1 金属層と、

前記第 1 金属層と前記反射層との間に形成された第 2 金属層とを含み、

前記第 1 金属層はニッケル、コバルト、銅、パラジウム、白金、ルテニウム、ロジウム、イリジウム、タンタル、レニウム、タングステンおよびランタン系金属よりなる第 2 群金属から選ばれた少なくとも一つの金属で形成され、

前記第 2 金属層は亜鉛、インジウムおよびスズよりなる第 1 群金属から選ばれた少なくとも一つの金属を含んで形成されてなることを特徴とする請求項 1 に記載の窒化物系発光素子。

## 【請求項 8】

前記第 2 金属層は前記第 1 群金属から選ばれた少なくとも一つの金属に、前記第 2 群金属から選ばれた少なくとも一つの金属がさらに含まれて形成されてなることを特徴とする請求項 7 に記載の窒化物系発光素子。

## 【請求項 9】

前記金属層及び反射層の厚さは 0 . 1 nm 乃至 10 μm であることを特徴とする請求項 1 に記載の窒化物系発光素子。

## 【請求項 10】

前記 n 型クラッド層の下部に基板が形成されており、

前記基板は光を透過する素材で形成されてなることを特徴とする請求項 1 に記載の窒化物系発光素子。

## 【請求項 11】

前記基板はサファイアであることを特徴とする請求項 10 に記載の窒化物系発光素子。

## 【請求項 12】

n 型クラッド層と p 型クラッド層との間に発光層を有する窒化物系発光素子の製造方法において、

イ) 基板上に n 型クラッド層、発光層及び p 型クラッド層が順に積層された発光構造体

10

20

30

40

50

の前記 p 型クラッド層上に少なくとも一つの金属層を形成する段階と、

ロ) 前記金属層上に反射層を形成する段階と、

ハ) 前記段階ロを経た積層構造体を熱処理する段階とを含むことを特徴とする窒化物系発光素子の製造方法。

【請求項 13】

前記金属層は

亜鉛、インジウムおよびスズよりなる第 1 群金属から選ばれた少なくとも一つの金属を含んで形成されることを特徴とする請求項 12 に記載の窒化物系発光素子の製造方法。

【請求項 14】

前記金属層は前記第 1 群金属から選ばれた少なくとも一つの金属に、ニッケル、コバルト、銅、パラジウム、白金、ルテニウム、ロジウム、イリジウム、タンタル、レニウム、タングステンおよびランタン系金属よりなる第 2 群金属から選ばれた少なくとも一つの金属をさらに含んで形成することを特徴とする請求項 13 に記載の窒化物系発光素子の製造方法。 10

【請求項 15】

前記第 1 群金属に対する前記第 2 群金属の添加比は 0.1 乃至 51 アトミックパーセントであることを特徴とする請求項 14 に記載の窒化物系発光素子の製造方法。

【請求項 16】

前記反射層は銀より形成することを特徴とする請求項 12 に記載の窒化物系発光素子の製造方法。 20

【請求項 17】

前記反射層はロジウムより形成することを特徴とする請求項 12 に記載の窒化物系発光素子の製造方法。

【請求項 18】

前記金属層形成段階は

前記 p 型クラッド層上に第 1 金属層を形成する段階と、

前記第 1 金属層上に第 2 金属層を形成する段階とを含み、

前記第 1 金属層はニッケル、コバルト、銅、パラジウム、白金、ルテニウム、ロジウム、イリジウム、タンタル、レニウム、タングステンおよびランタン系金属よりなる第 2 群金属から選ばれた少なくとも一つの金属で形成され、 30

前記第 2 金属層は亜鉛、インジウムおよびスズよりなる第 1 群金属から選ばれた少なくとも一つの金属より形成することを特徴とする請求項 12 に記載の窒化物系発光素子の製造方法。

【請求項 19】

前記第 2 金属層は前記第 1 群金属から選ばれた少なくとも一つの金属に、前記第 2 群金属から選ばれた少なくとも一つの金属をさらに含んで形成することを特徴とする請求項 18 に記載の窒化物系発光素子の製造方法。

【請求項 20】

前記金属層及び反射層の厚さは 0.1 nm 乃至 10  $\mu$ m で形成されることを特徴とする請求項 12 に記載の窒化物系発光素子の製造方法。 40

【請求項 21】

前記 n 型クラッド層の下部に基板が形成されており、

前記基板は光を透過させることができる素材で形成されたことを特徴とする請求項 12 に記載の窒化物系発光素子の製造方法。

【請求項 22】

前記基板はサファイアであることを特徴とする請求項 21 に記載の窒化物系発光素子の製造方法。

【請求項 23】

前記熱処理段階は

200 乃至 700  $^{\circ}$ C で行われることを特徴とする請求項 12 に記載の窒化物系発光素子 50

の製造方法。

【請求項 24】

前記熱処理段階は、前記積層構造体が設置された反応器内で、窒素、アルゴン、ヘリウム、酸素、水素および空気よりなる群から得ればれた少なくとも一つを含む気体雰囲気で行われることを特徴とする請求項 23 に記載の窒化物系発光素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は窒化物系発光素子及びその製造方法に係り、詳しくは量子効率を高められるオーミック接触構造を有する窒化物系発光素子及びその製造方法に関する。

10

【背景技術】

【0002】

窒化物系化合物半導体、例えば、窒化ガリウム (GaN) 半導体を用いた発光ダイオード又はレーザダイオードのような発光素子を実現するためには、半導体と電極とのオーミック接触構造が非常に重要である。現在、商業的に用いることができる窒化ガリウム系発光素子は、絶縁性サファイア (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 基板上に形成される。

【0003】

こうした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) とフリップチップ型発光ダイオード (flip-chip light emitting diodes: FCLEDs) とに分類される。

20

【0004】

TLEDs は p 型クラッド層と接触するオーミック電極層を通じて光が放射 (emit) されるように形成され、低導電性でかつ透明なオーミック電極層によって、円滑な電流注入ができる低抵抗値を持った p 型クラッド層を提供する。

【0005】

こうした TLEDs は、一般に p 型クラッド層上にニッケル層と金属とを順次積層した構造が用いられている。

【0006】

ニッケル層は、酸素雰囲気中で熱処理して  $10^{-3} \sim 10^{-4} \text{ cm}^2$  程度の非接触抵抗を有する半透明オーミック接触層を形成することが知られている。

30

【0007】

こうした半透明オーミック接触層の低い非接触抵抗は、500 乃至 600 程度の温度及び酸素雰囲気中で熱処理するとき、p 型クラッド層を形成する窒化ガリウムとオーミック接触層として適用されたニッケル層との界面で、p 型半導体酸化物であるニッケル酸化物が島状に形成されている金との間及び上層部に形成される。それにより、ショットキ障壁の高さ (Schottky barrier height: SBH) を低くして、p 型クラッド層表面付近に多数のキャリアであるホールを容易に供給する。その結果、p 型クラッド層表面付近での実効キャリア濃度を高める。

【0008】

40

また、ニッケル層 / 金属層を p 型クラッド層上に形成した後、熱処理して Mg-H 金属間化合物を除去し、窒化ガリウム表面でマグネシウムドーパント濃度を高める再活性化過程を行う。その結果、p 型クラッド層の表面でこうした実効キャリア濃度が  $10^{19}$  以上になる。それにより、p 型クラッド層と酸化ニッケルを含むオーミック電極層との間にトンネル伝導を起こしてオーミック伝導特性を現すと理解されている。

【0009】

ところで、ニッケル / 金で形成される半透明電極薄膜を用いた TLEDs は光利用効率が低くて、大容量及び高輝度発光素子を実現するのは難しい。

【0010】

最近、大容量高輝度発光素子を実現するため、高反射層素材として脚光を浴びている銀

50

又はアルミニウムを用いたフリップチップ方式の発光素子開発の必要性が叫ばれている。

【0011】

しかし、これらの金属は高反射効率を有するため、一時的に高発光効率を提供することができるが、仕事関数値が小さいので低抵抗値を持ったオーミック接触形成が難しく、素子寿命が短く、窒化ガリウムとの接着性が悪いため安定した素子信頼性を提供することができないという問題点がある。

【0012】

こうした問題点を解決するため、低い非接触抵抗値を有するけれども高反射率を提供できるオーミック接触層の開発が活発に行われている。

【0013】

特許文献1にはp型クラッド層上にニッケル/銀を順次積層した構造が開示されているが、熱処理時に接触抵抗が高く、接着性が低いという問題点がある。

【特許文献1】米国公開特許2002-0190260A1明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0014】

本発明の技術的課題は、低抵抗特性と高反射率とを提供することができる電極構造体を有する窒化物系発光素子及びその製造方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0015】

前記技術的課題を達成するために本発明に係る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発光層を有する窒化物系発光素子において、前記発光層から放射された光を反射する反射層と、前記反射層と前記p型クラッド層との間に形成された少なくとも一つの金属層と、を備える。

【0016】

本発明の一側面によると、前記金属層は亜鉛、インジウム、スズを含む第1群金属のうちから選択されたいずれか一つの金属を含む。

【0017】

本発明のさらに他の側面によると、前記金属層は前記第1群金属のうち選択されたいずれか一つの金属にニッケル、コバルト、銅、パラジウム、白金、ルテニウム、ロジウム、イリジウム、タンタル、レニウム、タングステン、ランタン系金属を含む第2群金属のうちから選択されたいずれか一つの金属が添加されて形成される。

【0018】

前記第1群金属に対する前記第2群金属の添加比は0.1乃至51アトミックパーセントであることが望ましい。

【0019】

また、前記反射層は銀又はロジウムで形成される。

【0020】

本発明のさらに他の側面によると、前記金属層は前記p型クラッド層上に形成された第1金属層と、前記第1金属層と前記反射層との間に形成された第2金属層とを含み、前記第1金属層はニッケル、コバルト、銅、パラジウム、白金、ルテニウム、ロジウム、イリジウム、タンタル、レニウム、タングステン、ランタン系金属を含む第2群金属のうちから選択されたいずれか一つの金属で形成され、前記金属層は亜鉛、インジウム、スズを含む第1群金属のうちから選択されたいずれか一つの金属を含んで形成される。

【0021】

前記第2金属層は前記第1群金属のうちから選択されたいずれか一つの金属に、前記第2群金属のうちから選択されたいずれか一つの金属がさらに含まれて形成されることができる。

【0022】

望ましくは、前記金属層及び反射層の厚さは0.1nm乃至10μmで形成される。

10

20

30

40

50

前記 n 型クラッド層の下部には基板が形成されており、前記基板はサファイア又はシリコンカーバイドのような光を透過する素材で形成される。

【 0 0 2 3 】

また、前記技術的課題を達成するために本発明に係る窒化物系発光素子の製造方法は、基板上に n 型クラッド層、発光層及び p 型クラッド層を順次積層された発光構造体の前記 p 型クラッド層上に少なくとも一つの金属層を形成する段階と、前記金属層上に反射層を形成する段階と、熱処理する段階とを含む。

【 0 0 2 4 】

前記熱処理段階は 2 0 乃至 7 0 0 で行われることが望ましく、前記積層構造体が置かれた反応器内に窒素、アルゴン、ヘリウム、酸素、水素、空気のうちから少なくとも一つを含む気体雰囲気で行われることが望ましい。

【発明の効果】

【 0 0 2 5 】

本発明に係る窒化物系発光素子及びその製造方法によると、p 型クラッド層とのオーミック接触特性が改善されて発光素子のパッケージング時、ワイヤボンディング効率及び収率を高めることができ、低い非接触抵抗と優秀な電流 - 電圧特性により素子の発光効率及び素子寿命を向上させ得る。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 2 6 】

以下、添付図面に基づき本発明の望ましい実施例による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。

【 0 0 2 7 】

図 1 は本発明の一実施例による p 型電極構造体を示す断面図である。図 1 において、p 型電極構造体 3 0 , 4 0 は金属層 3 0 及び反射層 4 0 を備える。p 型電極構造体は、基板 1 0 の上に形成された I I I 族窒化物系 p 型クラッド層 2 0 と、該クラッド層 2 0 上に順に積層された金属層 3 0 と、反射層 4 0 とを含む。p 型クラッド層 2 0 と p 型電極構造体 3 0 , 4 0 との間で特性を実験する。p 型クラッド層 2 0 は、I I I 族窒化物系発光素子の発光層を中心に相互に対向する n 型クラッド層と p 型クラッド層のオーミック特性を改善することが求められている。

【 0 0 2 8 】

p 型クラッド層 2 0 には、I I I 族窒化物に p 型ドーパントが添加されたものが適用される。ここで、I I I 族窒化物は一般式である  $Al_x In_y Ga_z N (0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq z \leq 1, 0 \leq x + y + z \leq 1)$  で示される化合物をいう。

【 0 0 2 9 】

また、p 型ドーパントには、Mg , Zn , Ca , Sr , Ba 等が適用されうる。

【 0 0 3 0 】

金属層 3 0 には、p 型クラッド層 2 0 と反応性がよい金属又は合金が適用される。金属層 3 0 に適用される素材としては、p 型クラッド層 2 0 の実効キャリア濃度を高めることができ、p 型クラッド層 2 0 を形成する化合物中の窒素以外の成分と、優先的に、反応性がよい金属が望ましい。例えば、Ga N 系化合物が適用される場合、金属層 3 0 は窒素よりガリウムに対して優先的に反応する金属が適用される。

【 0 0 3 1 】

この場合、一例として窒化ガリウムを主成分とする p 型クラッド層 2 0 の場合、前述した特性を有する金属層 3 0 により、p 型クラッド層 2 0 のガリウムと金属層 3 0 との反応により p 型クラッド層 2 0 の表面にガリウム空孔を形成する。p 型クラッド層 2 0 のガリウム空孔は p 型ドーパントとして作用するため、p 型クラッド層 2 0 と金属層 3 0 との反応により p 型クラッド層 2 0 の表面の実効 p 型キャリア濃度を高める。

【 0 0 3 2 】

こうした条件を満足させることができる金属層 3 0 は、亜鉛、インジウム、スズを含む第 1 群金属のうちから選択されたいずれか一つの金属で形成される。

10

20

30

40

50

## 【0033】

また、別の方法としては、金属層30は第1群金属のうちから選択されたいずれか一つの金属を主成分とし、第2群金属のうちから選択されたいずれか一つの金属を添加した合金で形成することができる。

## 【0034】

第2群金属としては、ニッケル、コバルト、銅、パラジウム、白金、ルテニウム、ロジウム、イリジウム、タンタル、レニウム、タングステン、ランタン系金属が挙げられる。望ましくは、第1群金属に対する第2群金属の添加比は、0.1乃至51アトミックパーセント範囲内で適用される。

## 【0035】

反射層40は、p型電極構造体で最上層に該当し、フリップチップ発光素子製作工程で一般的に適用される温度範囲である300乃至600で表面退化発生が抑制され、酸化に対して安定で、特性が変化せずに高反射能をそのまま有する物質を適用する。望ましくは、反射層40はこうした条件を満足する銀又はロジウムで形成する。

## 【0036】

さらに望ましくは、金属層30及び反射層40の厚さは0.1nm乃至10μm程度に形成される。

## 【0037】

金属層30及び反射層40は、公知の多様な蒸着方法、例えば、PVD(physical vapor deposition)、CVD(chemical vapor deposition)、PLD(plasma laser deposition)、二重型の熱蒸着器、スパッタリング等により形成できる。蒸着温度は通常20乃至1500範囲内で行われ、反応器内の圧力は大気圧乃至 $10^{-12}$  torrほどで行われる。

## 【0038】

また、金属層30及び反射層40は蒸着後熱処理工程を経る。熱処理は20乃至700で真空又はガス雰囲気中で1秒乃至10時間程度熱処理する。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一つ以上の気体が適用されうる。

## 【0039】

以下、p型電極構造体を製造する工程の実施例を説明する。但し、本発明はこれらの実施例を通じて示される工程に限定されるものではない。

## 【0040】

まず、基板10上に窒化ガリウムを主成分とするp型クラッド層20が形成された構造体を、トリクロロエチレン、アセトン、メタノール、蒸留水を用い、超音波洗浄器内において60でそれぞれ5分ずつ表面洗浄した後、試料に残っている水分を除去するために100で10分間ハードベークを行った。

## 【0041】

次に、フォトレジストをp型クラッド層20上に4,500rpmでスピンコーティングした。その後、85で15分間ソフトベークし、マスクパターンを現像するためにマスクと試料とを一致させた後に22.8mWの紫外線(UV)に15秒間露出させ、現像液と蒸留水との比を1:4に混合した溶液内に試料を浸して25秒程度経過させ、現像した。

## 【0042】

その後、現像された試料の汚染層を除去するためにBOE溶液に5分間浸し、電子ビーム蒸着器を用いて亜鉛-ニッケル合金を10nm厚さで金属層30として蒸着し、銀を10nm厚さの反射層40として蒸着した後、アセトンを用いるリフトオフ工程を経た後、急速加熱炉(rapid thermal annealing:RTA)内に試料を入れ、空気雰囲気下において500で1分間熱処理してオーミック接触形成を用いたp型電極構造体を製造した。

10

20

30

40

50

## 【0043】

本発明のさらに他の実施例によるp型電極構造体を図2に示す。前記示された図面と同一機能をする要素は同一参照符号で表記する。図2において、基板10上に形成されたp型クラッド層20上に、第1金属層50、第2金属層30及び反射層40が順に積層された構造が示される。

## 【0044】

図2でも、前述したように、III族窒化物系p型クラッド20とp型電極構造体間の特性を実験するために、サファイア基板10上にIII族窒化物系p型クラッド層20を形成させ、p型クラッド層20上に第1金属層50及び第2金属層30及び反射層を順次積層させた構造が示されている。

10

## 【0045】

第1金属層50は、前記第2群金属、即ち、ニッケル、コバルト、銅、パラジウム、白金、ルテニウム、イリジウム、タンタル、レニウム、タングステン、ランタン系金属のうちから選択されたいずれか一つの金属で形成することが望ましい。

## 【0046】

第2金属層30は、前記図1で説明した金属層30と同一な要素で形成できる。即ち、第2金属層30は亜鉛、インジウム、スズを含む第1群金属のうちから選択されたいずれか一つの金属で形成される。さらに、別の方法としては、第2金属層は第1群金属のうちから選択されたいずれか一つの金属を主成分とし、前記列挙された第2群金属のうちから選択されたいずれか一つの金属が添加されて形成されうる。

20

## 【0047】

望ましくは、第1金属層50、第2金属層30及び反射層40の全体厚さは0.1nm乃至10μm程度に形成される。

## 【0048】

こうしたp型電極構造体も、前記蒸着方法で蒸着後、熱処理過程を経る。

## 【0049】

以下、窒化ガリウムを主成分とするp型クラッド20上に前記p型電極構造体を形成した場合の実験結果を、図3乃至図5に基づいて説明する。

## 【0050】

図3乃至図5は $4 - 5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ のキャリア濃度を有する窒化ガリウムを主成分とするp型クラッド層20上に、亜鉛-ニッケル合金で形成された金属層30及び銀で形成された反射層40を、厚さを変えて適用し、それぞれ順次蒸着法で形成した後、空気雰囲気中で熱処理(350、450、550)する前後について、電気的特性を測定した結果を示すグラフである。

30

## 【0051】

図3は金属層30の厚さが10nm、反射層40の厚さが10nmに、図4は金属層30の厚さが2.5nm、反射層40の厚さが100nmに、図5は金属層30の厚さが2.5nm、反射層40の厚さが200nmに適用された場合(それぞれ、空气中、500で熱処理後)について、電流-電圧特性を測定した結果である。

## 【0052】

図3~5から、熱処理前に比べて熱処理後の電流-電圧特性が向上し、 $10^{-4} \sim 10^{-5} \text{ cm}^2$ 程度の低い非接触抵抗を有することが分かる。

40

## 【0053】

このように熱処理後の非接触抵抗特性の改良原因を調べるために、p型クラッド層20上に亜鉛-ニッケル合金で10nmの厚さに形成した金属層30及び銀で10nmの厚さの反射層40を蒸着させた後、空気雰囲気において500で1分間熱処理した後、オージェ分光器を用いて深さ方向による成分分布特性を測定した結果を図6に示す。

## 【0054】

図6に示される成分分布図に対応する熱処理後の変化した層構造を図式化した図面が図7に示される。図6及び図7から分かるように、熱処理を行うと外部の酸素が供給されて

50

亜鉛とニッケルとがそれぞれ亜鉛酸化物及びニッケル酸化物になる相変形 (phase transformation) が起こる。又、ニッケル酸化物と銀とは p 型クラッド層 20 側に拡散し、p 型クラッド層 20 の表面と直接的な接触を行う第 1 金属酸化物層 51 を形成する。

【0055】

また、亜鉛酸化物は最上層に拡散して第 2 金属酸化物層 31 を形成し、第 2 金属酸化物層 31 と銀を含む第 1 金属酸化物層 51 との間に銀を主成分とする反射層 41 が位置する。

【0056】

酸化能を示す金属の酸化物形成エンタルピー値としては、銀は常温で  $-20 \sim -30 \text{ KJ / Kmol e}$ 、ニッケル金属は  $-239 \text{ KJ / Kmol e}$ 、そして亜鉛金属は  $-350.9 \text{ KJ / Kmol e}$  値を有する。従って、銀よりエンタルピー値が数十乃至数百倍も大きい亜鉛及びニッケル金属が熱処理時に優先的に酸化物を形成することが分かる。

【0057】

こうした結果は p 型クラッド層 20 の薄膜形成以後の熱処理工程時に引き起こされるものであり、p 型クラッド層 20 と蒸着対象金属層 30 との界面でキャリア流れに障害物の役割をしながら、p 型クラッド層 20 の表面上に残留する自然酸化層であるガリウム酸化物を還元する。又、金属層 30 に適用された金属は酸化して透明な伝導性又は半伝導性酸化物に相変形して、透明伝導性又は半伝導性金属酸化物層 31, 51 を形成することにより、ショットキ障壁の高さと幅を減少させる。

【0058】

それ以外にも、前述したように、p 型クラッド層 20 の表面上にガリウム空孔の形成、自然酸化層の還元反応力及び透明な伝導性金属酸化物層 31, 51 の形成により、p 型クラッド層 20 と p 型電極構造体との界面でトンネル (tunneling) 伝導現象を発生させ得る。その結果、p 型クラッド層 20 がドーパントの役割を果たすことにより、p 型クラッド層 20 の表面付近の実効ホール濃度が高められる。

【0059】

また、空気及び酸素雰囲気中で熱処理時に形成された亜鉛酸化物と亜鉛系又はマグネシウム系合金又は第 2 群金属中から選択され投入された金属の酸化物の仕事関数値が窒化ガリウムとほぼ同じであることから、p 型クラッド層 20 と接触するときにショットキ障壁が低くなり、オーミック接触特性が向上するだけではなく、100% に近い透過度が提供される。

【0060】

また、最上層の表面には亜鉛酸化物である第 2 金属酸化物層 31 が形成され、p 型クラッド層 20 と直接的に接触する第 1 金属酸化物層 51 は銀金属を含む第 2 金属群酸化物 (例えば、 $\text{Ni-O}$ 、 $\text{Co-O}$  等) で形成されていて、それによりショットキ障壁を低くする。このように低いショットキ障壁は高品位オーミック接触を成し、このとき、厚い層である銀金属層 41 が表面の亜鉛酸化物層である第 2 金属酸化物層 31 と内部に拡散した第 2 群金属酸化物である第 1 金属酸化物層 51 との間に挿入されていて、ニッケルの伝導性向上に寄与し及び FCLDs 構造において優れた反射層として作用する。

【0061】

図 8 は図 1 の p 型電極構造体が適用された発光素子の一例を示す図面である。図 8 において、発光素子は基板 110、バッファ層 120、n 型クラッド層 130、発光層 140、p 型クラッド層 150、金属層 230 及び反射層 240 が順に積層された構造になっている。参照符号 180 は p 型電極パッドであり、190 は n 型電極パッドである。

【0062】

基板 110 は前記サファイア又はシリコンカーバイドで形成される。バッファ層 120 は省略されうる。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  $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_z\text{N}$  ( $0 < x < 1, 0 < y < 1, 0 < z < 1, x + y + z = 1$ ) で示される化合物のうち選択されたいずれか化合物を基本として

形成され、n型クラッド層及びp型クラッド層は対応するドーパントが添加される。又、発光層140は単層又はMQW(Multiple Quantum Well)層等公知である多様な方式で構成されうる。一例としてGaN化合物を適用する場合、バッファ層120はGaNで形成され、n型クラッド層130はGaNにn型ドーパントとしてはSi、Ge、Se、Te等が添加されて形成され、p型クラッド層150はGaNにp型ドーパントとしてはMg、Zn、Ca、Sr、Ba等が添加されて形成される。各層の形成方法は公知である多様な蒸着方法、例えば、PVD、CVD、PLD、二重形の熱蒸着器、スパッタリング等により形成できる。電極層230は図1で説明した第1群金属又は第1群金属に第2群金属を添加した合金で形成され、反射層240は銀又はロジウムで形成した後に熱処理過程を経る。

10

#### 【0063】

また、図2で説明した電極構造体を適用した発光素子を図9に示す。前記図面と同一機能を有する要素は同一参照符号で示す。図9において、発光素子は基板110と、バッファ層120と、n型クラッド層130と、発光層140と、p型クラッド層150と、第1金属層350と、第2金属層330と、反射層340とを備える。第1金属層350は図2で説明した第2群金属のうちのいずれか一つの金属で形成される。第2金属層330は図1で説明した第1群金属又は第1群金属に第2群金属を添加して形成される。反射層340は銀又はロジウムで形成される。

#### 【0064】

このようなp型電極構造体がInGaNを主成分とする青色発光ダイオードに適用した場合とp型クラッド層上に単純に銀に反射層を形成した場合とについて、電流-電圧特性を測定した比較結果を図10に示す。図10から、本発明のp型電極構造体が適用された発光素子の電気的特性が飛びぬけて向上したことがわかる。即ち、InGaN構造を有する青色発光ダイオードに、p型電極構造体として亜鉛-ニッケル合金を2.5nm厚さに形成した金属層230及び銀を100nm厚さに形成した反射層240を有する構造物は20mAで作動電圧が3.25V値を示すが、単に銀金属のみを100nm程度蒸着させた場合にはこれよりずっと大きい作動電圧を有する。特に、単に銀金属のみを100nm程度蒸着させた後、空気雰囲気下で熱処理した場合には、熱処理前よりずっと大きい作動電圧を有し、相当な電気的な退化現象を示す。

20

#### 【0065】

以下、実施例を通じて発光素子の製造例を説明する。但し、本発明がこれら実施例に制限されるものではない。

30

#### 【0066】

先ず、p型電極構造体を蒸着する前のGaNを主成分とする基板、バッファ層、n型クラッド層、発光層及びp型クラッド層まで積層された発光構造体のp型クラッド層150の表面処理と電子ビームリソグラフィ工程は前記実施例で記述された方式と同一に適用した。

#### 【0067】

そして、表面処理及び電子ビームリソグラフィ工程以後、亜鉛-ニッケル合金を2.5nm厚さとして金属層230を形成し、その上に銀を100nm厚さに蒸着した後、アセトンを用いるリフトオフ工程を経た後、RTA内に試料を入れ、空気雰囲気下において500で1分間熱処理してオーミック接触形成を用いた発光ダイオードを製造した。

40

#### 【産業上の利用可能性】

#### 【0068】

本発明は窒化物系発光素子及びその製造分野で広く用いられうる。特に、窒化物系発光素子の電極構造体に発光素子の特性を改善して発光素子のパッケージング時にワイヤボンディング効率及び収率を高めることができ、低い非接触抵抗と優秀な電流-電圧特性とにより素子の発光効率及び素子寿命を向上させる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0069】

50

【図 1】本発明の一実施例による p 型電極構造体を示す断面図である。

【図 2】本発明の他の実施例による p 型電極構造体を示す断面図である。

【図 3】図 1 の p 型電極構造体で金属層及び反射層の膜厚さを異にして製作された積層構造体に対し、熱処理前後について測定した電流 - 電圧特性を示すグラフである。

【図 4】図 1 の p 型電極構造体で金属層及び反射層の膜厚さを異にして製作された積層構造体に対し、熱処理前後について測定した別の電流 - 電圧特性を示すグラフである。

【図 5】図 1 の p 型電極構造体で金属層及び反射層の膜厚さを異にして製作された積層構造体に対し、熱処理前後について測定したその他の電流 - 電圧特性を示すグラフである。

【図 6】p 型クラッド層の上部に亜鉛 - ニッケル合金 / 銀を蒸着させた後、空気雰囲気下で 500 に、1 分間熱処理した後のオージェ分光器を用いた深さによる成分分析特性を示すグラフである。

【図 7】図 6 の p 型電極構造体を熱処理した後、変化した層構造を示す断面図である。

【図 8】本発明の一実施例による p 型電極構造体が適用された発光素子の一例を示す断面図である。

【図 9】本発明のさらに他の実施例による p 型電極構造体が適用された発光素子のさらに他の例を示す断面図である。

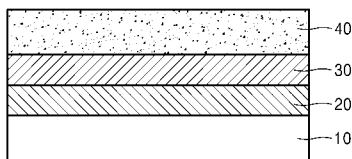
【図 10】InGaN 構造を有する青色発光ダイオードに亜鉛 - ニッケル合金 / 銀を蒸着させた後に空気雰囲気下で熱処理して製作された素子と銀のみを蒸着した素子の電流 - 電圧特性を比較して示すグラフである。

【符号の説明】

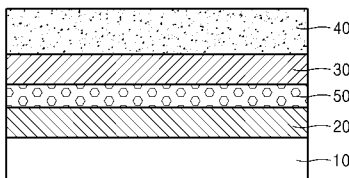
【0070】

- 10 基板
- 20 p 型クラッド層
- 30 金属層
- 40 反射層。

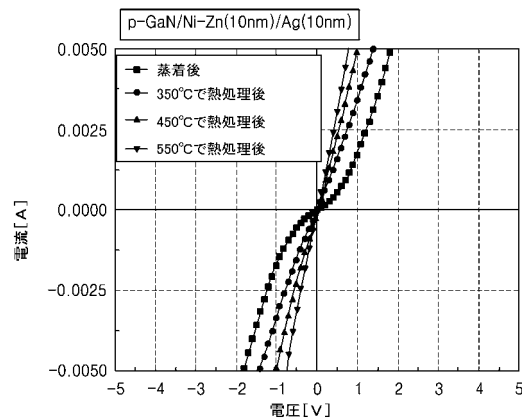
【図 1】



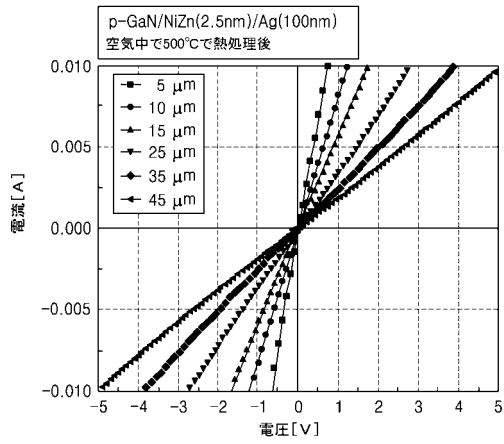
【図 2】



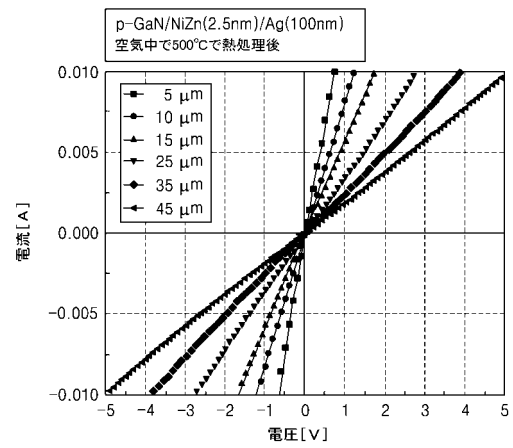
【図 3】



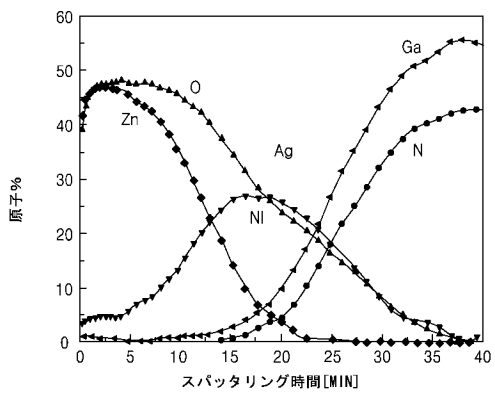
【図 4】



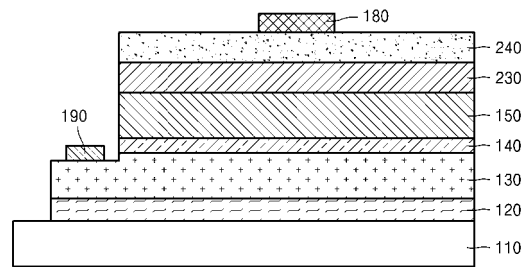
【図 5】



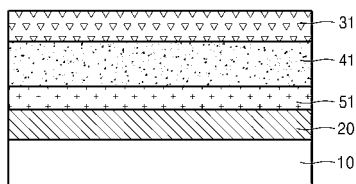
【図 6】



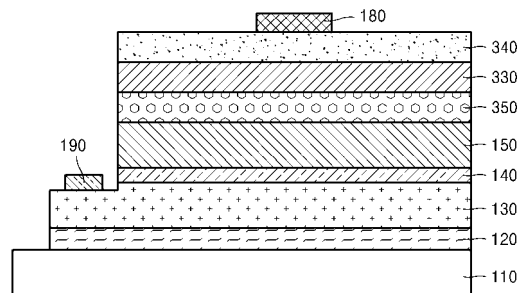
【図 8】



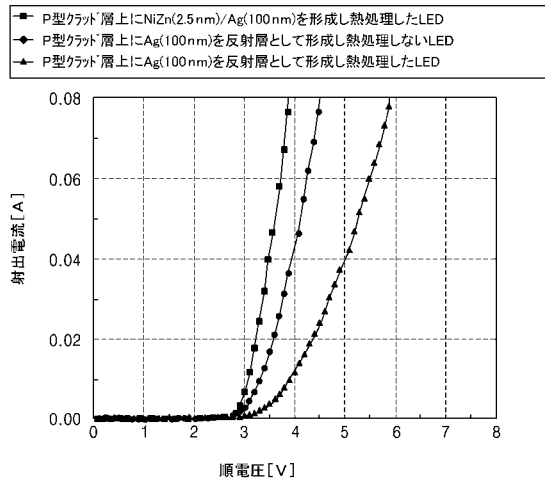
【図 7】



【図 9】



【図 10】



---

フロントページの続き

(74)代理人 100124615

弁理士 藤井 敏史

(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

F ターム(参考) 5F041 AA03 AA04 CA04 CA05 CA12 CA13 CA33 CA34 CA40 CA46  
CA64 CA73 CA84 CA86 CA88 CA92 CA98 CB15