

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2008-511154

(P2008-511154A)

(43) 公表日 平成20年4月10日(2008.4.10)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>HO 1 L 33/00 (2006.01)</b>	HO 1 L 33/00 C	5 F O 4 1
	HO 1 L 33/00 E	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 26 頁)

(21) 出願番号	特願2007-529680 (P2007-529680)	(71) 出願人	504181731 エルジー イノテック カンパニー リミテッド
(86) (22) 出願日	平成17年8月19日 (2005. 8. 19)		
(85) 翻訳文提出日	平成19年4月20日 (2007. 4. 20)		
(86) 国際出願番号	PCT/KR2005/002757		大韓民国 1 3 5 - 9 8 3 ソウル カンナム-ク ヨクサン-ドン 7 3 6 - 1
(87) 国際公開番号	W02006/022498		ハンソル ビルディング 1 4 階
(87) 国際公開日	平成18年3月2日 (2006. 3. 2)	(74) 代理人	100105924 弁理士 森下 賢樹
(31) 優先権主張番号	10-2004-0067497	(72) 発明者	リー、ソクフン
(32) 優先日	平成16年8月26日 (2004. 8. 26)		大韓民国 5 0 6 - 3 0 2 光州広域市光山区 月桂洞ライン7アパート 7 0 5 洞 5 0 2 号
(33) 優先権主張国	韓国 (KR)	F ターム (参考)	5F041 AA03 AA04 AA24 AA40 AA43 AA44 CA04 CA05 CA08 CA12 CA40 CA48 CA57 CA58 CA60 CA88 CB36
(31) 優先権主張番号	10-2004-0067495		
(32) 優先日	平成16年8月26日 (2004. 8. 26)		
(33) 優先権主張国	韓国 (KR)		最終頁に続く

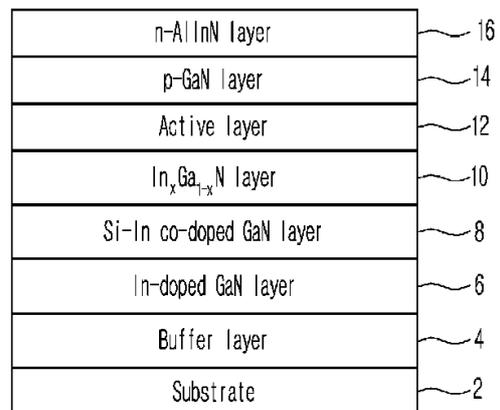
(54) 【発明の名称】 窒化物半導体発光素子及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】窒化物半導体発光素子をなす活性層の結晶性を向上させて、光出力及び信頼性を向上させることができる窒化物半導体発光素子及びその製造方法を提供する。

【解決手段】窒化物半導体発光素子は、第1窒化物半導体層と、該第1窒化物半導体層上に形成された活性層と、該活性層上に形成された第2窒化物半導体層と、該第2窒化物半導体層上に形成されてAlInを具備する第3窒化物半導体層と、を含むことにその特徴がある。

【選択図】 図 1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

第 1 窒化物半導体層と、  
前記第 1 窒化物半導体層上に形成された活性層と、  
前記活性層上に形成された第 2 窒化物半導体層と、  
前記第 2 窒化物半導体層上に形成されて AlIn を具備する第 3 窒化物半導体層と、  
を含むことを特徴とする窒化物半導体発光素子。

## 【請求項 2】

前記第 1 窒化物半導体層の下部には、  
基板と、  
前記基板の上に形成されたバッファ層と、  
がさらに形成されたことを特徴とする請求項 1 に記載の窒化物半導体発光素子。

10

## 【請求項 3】

前記第 1 窒化物半導体層は、  
In がドーピングされた、またはドーピングされなかった GaN 層と、  
前記 GaN 層の上に形成された第 1 電極層と、  
前記第 1 電極層上に形成された  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  層と、  
を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の窒化物半導体発光素子。

## 【請求項 4】

前記バッファ層は、AlInN/GaN 積層構造、InGaN/GaN 超格子構造、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{GaN}$  積層構造、 $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-(x+y)}\text{N}/\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{GaN}$  の積層構造のうちから選択されて形成されたことを特徴とする請求項 2 に記載の窒化物半導体発光素子。

20

## 【請求項 5】

前記第 1 電極層はシリコンとインジウムが同時ドーピングされた GaN 層であることを特徴とする請求項 3 に記載の窒化物半導体発光素子。

## 【請求項 6】

前記第 1 窒化物半導体層に含まれた  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  層の下部と上部には第 1  $\text{SiN}_x$  クラスタ層と第 2  $\text{SiN}_x$  クラスタ層がそれぞれさらに形成されたことを特徴とする請求項 1 に記載の窒化物半導体発光素子。

## 【請求項 7】

前記第 1  $\text{SiN}_x$  クラスタ層と前記第 2  $\text{SiN}_x$  クラスタ層は原子尺度 (atomic scale) の厚さで形成されたことを特徴とする請求項 6 に記載の窒化物半導体発光素子。

30

## 【請求項 8】

前記活性層は、 $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$  井戸層/ $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$  障壁層で構成される単一量子井戸構造または多重量子井戸構造で形成されたことを特徴とする請求項 1 に記載の窒化物半導体発光素子。

## 【請求項 9】

前記活性層をなす  $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$  井戸層と  $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$  障壁層との間に形成された  $\text{SiN}_x$  クラスタ層をさらに含むことを特徴とする請求項 8 に記載の窒化物半導体発光素子。

## 【請求項 10】

前記活性層をなす  $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$  井戸層と  $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$  障壁層との間に形成された GaN キャップ (cap) 層をさらに含むことを特徴とする請求項 8 に記載の窒化物半導体発光素子。

40

## 【請求項 11】

前記活性層と第 2 窒化物半導体層との間に形成された  $\text{SiN}_x$  クラスタ層をさらに含むことを特徴とする請求項 1 に記載の窒化物半導体発光素子。

## 【請求項 12】

前記  $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$  井戸層/ $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$  障壁層にドーピングされるインジウム含量と前記  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  層にドーピングされるインジウム含量は、それぞれ  $0 < x < 0.1$ 、 $0 < y < 0.35$ 、 $0 < z < 0.1$  の値を有することを特徴とする請求項 8 に記載の窒化物半導体発光素子。

## 【請求項 13】

50

前記第2窒化物半導体層はマグネシウムがドーピングされて形成されたことを特徴とする請求項1に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項14】

前記第3窒化物半導体層はシリコンまたはマグネシウムがドーピングされて形成されたことを特徴とする請求項1に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項15】

前記第3窒化物半導体層上部に、インジウム含量が順次に変化されたスーパーグレーディング(super grading)構造、またはInまたはAlを含む超格子構造の第4窒化物半導体層がさらに形成されたことを特徴とする請求項1に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項16】

前記スーパーグレーディング構造は $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層で形成されたことを特徴とする請求項15に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項17】

前記超格子構造は、InGaN/AlInGaN超格子構造(super lattice structure)層またはInGaN/InGaN超格子構造層であることを特徴とする請求項15に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項18】

前記第4窒化物半導体層にはシリコンがドーピングされたことを特徴とする請求項15に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項19】

前記第3窒化物半導体層の下部に、インジウム含量が順次に変化されたスーパーグレーディング構造、またはInまたはAlを含む超格子構造の第4窒化物半導体層がさらに形成されたことを特徴とする請求項1に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項20】

前記スーパーグレーディング構造は $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層( $0 < x < 0.2$ )であることを特徴とする請求項19に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項21】

前記超格子構造は、InGaN/AlInGaN超格子構造層またはInGaN/InGaN超格子構造層であることを特徴とする請求項19に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項22】

前記第3窒化物半導体層上に形成された透明電極をさらに含むことを特徴とする請求項1に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項23】

前記透明電極は透過性伝導性酸化物または透過性抵抗性物質で形成されたことを特徴とする請求項22に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項24】

前記透過性伝導性酸化物はITO、ZnO、 $\text{IrO}_x$ 、 $\text{RuO}_x$ 、NiOの物質のうちから選択されて形成されたことを特徴とする請求項23に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項25】

前記透過性抵抗性物質はNi金属を含むAu合金層で形成されたことを特徴とする請求項23に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項26】

前記第4窒化物半導体層上に形成された透明電極をさらに含むことを特徴とする請求項15に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項27】

基板の上にバッファ層を形成する段階と、  
前記バッファ層上にGaN層を形成する段階と、  
前記GaN層の上に第1電極層を形成する段階と、  
前記第1電極層上に $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層を形成する段階と、  
前記 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層の上に活性層を形成する段階と、

10

20

30

40

50

前記活性層上にp-GaN層を形成する段階と、  
前記p-GaN層の上にn-AlInN層またはp-AlInN層を形成する段階と、  
を含むことを特徴とする窒化物半導体発光素子製造方法。

【請求項28】

前記p-GaN層上に、インジウム含量が順次に変化されたスーパーグレーディング構造の $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層またはInGaN/AlInGaN超格子構造層またはInGaN/InGaN超格子構造層を形成する段階と、をさらに含むことを特徴とする請求項27に記載の窒化物半導体発光素子製造方法。

【請求項29】

前記バッファ層は、AlInN/GaN積層構造、InGaN/GaN超格子構造、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{GaN}$ 積層構造、 $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-(x+y)}\text{N}/\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{GaN}$ の積層構造のうちから選択されて形成されることを特徴とする請求項27に記載の窒化物半導体発光素子製造方法。

10

【請求項30】

前記第1電極層はシリコンとインジウムが同時ドーピングされたGaN層であることを特徴とする請求項27に記載の窒化物半導体発光素子製造方法。。

【請求項31】

前記 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層の形成段階前後に第1 $\text{SiN}_x$ クラスタ層と第2 $\text{SiN}_x$ クラスタ層をそれぞれ形成する段階をさらに含むことを特徴とする請求項27に記載の窒化物半導体発光素子製造方法。

【請求項32】

前記活性層とp-GaN層との間に、 $\text{SiN}_x$ クラスタ層が形成される段階をさらに含むことを特徴とする請求項27に記載の窒化物半導体発光素子製造方法。

20

【請求項33】

前記n-AlInN層またはp-AlInN層上部に、インジウム含量が順次に変化されたスーパーグレーディング構造の $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層またはInGaN/AlInGaN超格子構造層またはInGaN/InGaN超格子構造層が形成される段階をさらに含むことを特徴とする請求項27に記載の窒化物半導体発光素子製造方法。

【請求項34】

前記n-AlInN層またはp-AlInN層の上に透明電極が形成される段階をさらに含むことを特徴とする請求項27に記載の窒化物半導体発光素子製造方法。

30

【請求項35】

前記スーパーグレーディング構造層または超格子構造層上に透明電極が形成される段階をさらに含むことを特徴とする請求項33に記載の窒化物半導体発光素子製造方法。

【請求項36】

基板と、  
前記基板の上に形成されたバッファ層と、  
前記バッファ層上に形成されてInがドーピングされた第1GaN層と、  
前記第1GaN層の上に形成されてSi、Inがドーピングされた第2GaN層と、  
前記第2GaN層の上に形成された $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層と、  
前記 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層の上に形成された活性層と、  
前記活性層上に形成されたp-GaN層と、  
前記p-GaN層の上に形成されたn-AlInN層またはp-AlInN層と、  
を含むことを特徴とする窒化物半導体発光素子。

40

【請求項37】

前記n-AlInN層またはp-AlInN層下部に、インジウム含量が順次に変化されたスーパーグレーディング構造、またはInまたはAlを含む超格子構造の窒化物半導体層がさらに形成されたことを特徴とする請求項36に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項38】

前記n-AlInN層またはp-AlInN層上部に、インジウム含量が順次に変化されたスーパーグレーディング構造、またはInまたはAlを含む超格子構造の窒化物半導体層がさらに形成さ

50

れたことを特徴とする請求項 3 6 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 3 9】

前記第 2 GaN 層と前記 p-GaN 層との間に形成された複数個の  $\text{SiN}_x$  クラスタ層をさらに含むことを特徴とする請求項 3 6 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 4 0】

前記 n-AlInN 層または p-AlInN 層の上に形成された透明電極をさらに含むことを特徴とする請求項 3 6 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 4 1】

前記スーパーグレーディング構造または超格子構造の窒化物半導体層上に形成された透明電極をさらに含むことを特徴とする請求項 3 8 に記載の窒化物半導体発光素子。 10

【請求項 4 2】

第 1 窒化物半導体層と、  
前記第 1 窒化物半導体層上に形成された n-AlInN クラッド層と、  
前記 n-AlInN クラッド層の上に形成された n-InGaN 層と、  
前記 n-InGaN 層の上に形成された活性層と、  
前記活性層上に形成された p-InGaN 層と、  
前記 p-InGaN 層の上に形成された p-AlInN クラッド層と、  
前記 p-AlInN クラッド層の上に形成された第 2 窒化物半導体層と、  
を含むことを特徴とする窒化物半導体発光素子。

【請求項 4 3】

前記第 2 窒化物半導体層上に形成された第 2 電極層をさらに含むことを特徴とする請求項 4 2 に記載の窒化物半導体発光素子。 20

【請求項 4 4】

前記第 1 窒化物半導体層の下部に、  
基板と、  
前記基板の上に形成されたバッファ層と、  
がさらに形成されたことを特徴とする請求項 4 2 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 4 5】

前記第 1 窒化物半導体層は、  
In がドーピングされた In-doped GaN 層と、  
前記 In-doped GaN 層の上に形成された第 1 電極層と、  
を含むことを特徴とする請求項 4 2 に記載の窒化物半導体発光素子。 30

【請求項 4 6】

前記第 1 電極層はシリコンとインジウムが同時ドーピングされた GaN 層であることを特徴とする請求項 4 5 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 4 7】

前記 n-InGaN 層と前記活性層との間に形成された  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  層をさらに含むことを特徴とする請求項 4 2 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 4 8】

前記第 1 窒化物半導体層と前記 p-AlInN クラッド層との間に形成された複数個の  $\text{SiN}_x$  クラスタ層をさらに含むことを特徴とする請求項 4 2 に記載の窒化物半導体発光素子。 40

【請求項 4 9】

前記第 2 電極層はインジウム含量が順次に変化されたスーパーグレーディング構造または In が含まれた超格子構造であることを特徴とする請求項 4 3 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 5 0】

前記第 2 電極層は n-AlInN 層に形成されたことを特徴とする請求項 4 3 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 5 1】

前記第 2 電極層にはシリコンがドーピングされたことを特徴とする請求項 4 3 に記載 50

の窒化物半導体発光素子。

【請求項 5 2】

前記第 2 窒化物半導体層上に形成された透明電極をさらに含むことを特徴とする請求項 4 2 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 5 3】

前記第 2 電極層上に形成された透明電極をさらに含むことを特徴とする請求項 4 3 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 5 4】

第 1 窒化物半導体層と、  
前記第 1 窒化物半導体層上に形成された n-AlInN クラッド層と、  
前記 n-AlInN クラッド層の上に形成された活性層と、  
前記活性層上に形成された p-AlInN クラッド層と、  
前記 p-AlInN クラッド層の上に形成された第 2 窒化物半導体層と、  
を含むことを特徴とする窒化物半導体発光素子。

10

【請求項 5 5】

前記第 2 窒化物半導体層上に形成された第 2 電極層をさらに含むことを特徴とする請求項 5 4 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 5 6】

前記第 1 窒化物半導体層の下部に、  
基板と、  
前記基板の上に形成されたバッファ層と、  
がさらに形成されたことを特徴とする請求項 5 4 に記載の窒化物半導体発光素子。

20

【請求項 5 7】

前記第 1 窒化物半導体層は、  
In がドーピングされた In-doped GaN 層と、  
前記 In-doped GaN 層の上に形成された第 1 電極層と、  
を含むことを特徴とする請求項 5 4 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 5 8】

前記第 1 電極層はシリコンとインジウムが同時ドーピングされた GaN 層であることを特徴とする請求項 5 7 に記載の窒化物半導体発光素子。

30

【請求項 5 9】

前記 n-AlInN クラッド層と前記活性層との間に形成された  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  層をさらに含むことを特徴とする請求項 5 4 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 6 0】

前記第 1 窒化物半導体層と前記 p-AlInN クラッド層との間に形成された複数個の  $\text{SiN}_x$  クラスタ層をさらに含むことを特徴とする請求項 5 4 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 6 1】

前記第 2 電極層はインジウム含量が順次に変化されたスーパーグレーディング構造または In が含まれた超格子構造であることを特徴とする請求項 5 5 に記載の窒化物半導体発光素子。

40

【請求項 6 2】

前記第 2 電極層は n-AlInN 層に形成されたことを特徴とする請求項 5 5 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 6 3】

前記第 2 電極層にはシリコンがドーピングされたことを特徴とする請求項 5 5 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 6 4】

前記第 2 窒化物半導体層上に形成された透明電極をさらに含むことを特徴とする請求項 5 4 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 6 5】

50

前記第 2 電極層上に形成された透明電極をさらに含むことを特徴とする請求項 5 5 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 6 6】

前記活性層と前記 p-AlInN クラッド層との間に形成された p-InGaN 層をさらに含むことを特徴とする請求項 5 4 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 6 7】

第 1 窒化物半導体層と、  
前記第 1 窒化物半導体層上に形成された活性層と、  
前記活性層上に形成された p-InGaN 層と、  
前記 p-InGaN 層の上に形成された p-AlInN クラッド層と、  
前記 p-AlInN クラッド層の上に形成された第 2 窒化物半導体層と、  
を含むことを特徴とする窒化物半導体発光素子。 10

【請求項 6 8】

前記第 2 窒化物半導体層上に形成された第 2 電極層をさらに含むことを特徴とする請求項 6 7 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 6 9】

前記第 1 窒化物半導体層の下部に、  
基板と、  
前記基板の上に形成されたバッファ層と、  
がさらに形成されたことを特徴とする請求項 6 7 に記載の窒化物半導体発光素子。 20

【請求項 7 0】

前記第 1 窒化物半導体層は、  
In がドーピングされた In-doped GaN 層と、  
前記 In-doped GaN 層の上に形成された第 1 電極層と、  
を含むことを特徴とする請求項 6 7 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 7 1】

前記第 1 電極層はシリコンとインジウムが同時ドーピングされた GaN 層であることを特徴とする請求項 7 0 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 7 2】

前記第 1 電極層と前記活性層との間に形成された  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  層をさらに含むことを特徴とする請求項 6 7 に記載の窒化物半導体発光素子。 30

【請求項 7 3】

前記第 1 窒化物半導体層と前記 p-AlInN クラッド層との間に形成された複数個の  $\text{SiN}_x$  クラスタ層をさらに含むことを特徴とする請求項 6 7 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 7 4】

前記第 2 電極層はインジウム含量が順次に変化されたスーパーグレーディング構造または In が含まれた超格子構造であることを特徴とする請求項 6 8 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 7 5】

前記第 2 電極層は n-AlInN 層に形成されたことを特徴とする請求項 6 8 に記載の窒化物半導体発光素子。 40

【請求項 7 6】

前記第 2 電極層にはシリコンがドーピングされたことを特徴とする請求項 6 8 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 7 7】

前記第 2 窒化物半導体層上に形成された透明電極をさらに含むことを特徴とする請求項 6 7 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 7 8】

前記第 2 電極層上に形成された透明電極をさらに含むことを特徴とする請求項 6 8 に記載の窒化物半導体発光素子。 50

## 【請求項 79】

基板の上にバッファ層を形成する段階と、  
前記バッファ層上にインジウムがドーピングされたIn-doped GaN層を形成する段階と

、  
前記In-doped GaN層の上に第1電極層を形成する段階と、  
前記第1電極層上にn-AlInNクラッド層を形成する段階と、  
前記n-AlInNクラッド層の上に活性層を形成する段階と、  
前記活性層上にp-AlInNクラッド層を形成する段階と、  
前記p-AlInNクラッド層の上にp-GaN層を形成する段階と、  
前記p-GaN層の上に第2電極層を形成する段階と、

を含むことを特徴とする窒化物半導体発光素子製造方法。

10

## 【請求項 80】

前記第1電極層はシリコンとインジウムが同時ドーピングされたGaN層であることを特徴とする請求項79に記載の窒化物半導体発光素子製造方法。

## 【請求項 81】

前記n-AlInNクラッド層と前記活性層との間にn-InGa<sub>x</sub>N層が形成される段階をさらに含むことを特徴とする請求項79に記載の窒化物半導体発光素子製造方法。

## 【請求項 82】

前記n-InGa<sub>x</sub>N層と前記活性層との間にIn<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N層が形成される段階をさらに含むことを特徴とする請求項81に記載の窒化物半導体発光素子製造方法。

20

## 【請求項 83】

前記n-AlInNクラッド層と前記活性層との間にIn<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N層が形成される段階をさらに含むことを特徴とする請求項79に記載の窒化物半導体発光素子製造方法。

## 【請求項 84】

前記In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N層の下部と、前記In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N層と前記p-AlInNクラッド層との間に複数のSiN<sub>x</sub>クラスタ層が形成される段階をさらに含むことを特徴とする請求項83に記載の窒化物半導体発光素子製造方法。

## 【請求項 85】

前記第2電極層はインジウム含量が順次に変化されたスーパーグレーディング構造のn-In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N層またはInGa<sub>x</sub>N/InGa<sub>x</sub>N超格子構造層またはInGa<sub>x</sub>N/AlInGa<sub>x</sub>N超格子構造層またはn-AlInN層であることを特徴とする請求項79に記載の窒化物半導体発光素子製造方法。

30

## 【請求項 86】

前記活性層と前記p-AlInNクラッド層との間にp-InGa<sub>x</sub>N層を形成する段階をさらに含むことを特徴とする請求項79に記載の窒化物半導体発光素子製造方法。

## 【請求項 87】

前記第2電極層に透明電極が形成される段階をさらに含むことを特徴とする請求項79に記載の窒化物半導体発光素子製造方法。

## 【請求項 88】

基板の上にバッファ層を形成する段階と、  
前記バッファ層上にインジウムがドーピングされたIn-doped GaN層を形成する段階と

40

、  
前記In-doped GaN層の上に第1電極層を形成する段階と、  
前記第1電極層上に、光を放出する活性層を形成する段階と、  
前記活性層上にp-InGa<sub>x</sub>N層を形成する段階と、  
前記p-InGa<sub>x</sub>N層の上にp-AlInNクラッド層を形成する段階と、  
前記p-AlInNクラッド層の上にp-GaN層を形成する段階と、  
前記p-GaN層の上に第2電極層を形成する段階と、

を含むことを特徴とする窒化物半導体発光素子製造方法。

## 【請求項 89】

前記第1電極層はシリコンとインジウムが同時ドーピングされたGaN層であることを

50

特徴とする請求項 8 8 に記載の窒化物半導体発光素子製造方法。

【請求項 9 0】

前記第 1 電極層と前記活性層との間に  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  層が形成される段階をさらに含むことを特徴とする請求項 8 8 に記載の窒化物半導体発光素子製造方法。

【請求項 9 1】

前記  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  層の下部と、前記  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  層と前記 p-AlInN クラッド層との間に複数の  $\text{SiN}_x$  クラスタ層が形成される段階をさらに含むことを特徴とする請求項 9 0 に記載の窒化物半導体発光素子製造方法。

【請求項 9 2】

前記第 2 電極層はインジウム含量が順次に変化されたスーパーグレーディング構造の n- $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  層または InGaN/InGaN 超格子構造層または InGaN/AlInGaN 超格子構造層または n-AlInN 層であることを特徴とする請求項 8 8 に記載の窒化物半導体発光素子製造方法。

10

【請求項 9 3】

前記活性層と前記 p-AlInN クラッド層との間に p-InGaN 層を形成する段階をさらに含むことを特徴とする請求項 8 8 に記載の窒化物半導体発光素子製造方法。

【請求項 9 4】

前記第 2 電極層に透明電極が形成される段階をさらに含むことを特徴とする請求項 8 8 に記載の窒化物半導体発光素子製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

20

【0001】

本発明は窒化物半導体発光素子及びその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

一般的に GaN 系窒化物半導体はその応用分野において青色/緑 LED (Light Emitting Diode) の光素子及び MESFET (Metal Semiconductor Field Effect Transistor)、HEMT (High Electron Mobility Transistors) などの高速スイッチング、高出力素子である電子素子に應用されている。

【0003】

このような GaN 系窒化物半導体発光素子は主にサファイア基板または SiC 基板の上で成長される。そして、低温の成長温度でサファイア基板または SiC 基板の上に  $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$  の多結晶薄膜をバッファ層 (buffer layer) で成長させる。以後、高温で前記バッファ層上にドーピングされなかった GaN 層、シリコン (Si) がドーピングされた n-GaN 層または前記構造の混合した構造で成長させて n-GaN 層を形成する。また、上部にマグネシウム (Mg) がドーピングされた p-GaN 層を形成して窒化物半導体発光素子が製造される。そして、発光層 (多重量子井戸構造活性層) は前記 n-GaN 層と p-GaN 層との間にサンドイッチ構造で形成される。

30

【0004】

従来の p-GaN 層は結晶成長中に Mg 原子をドーピングして形成される。結晶成長中にドーピング源に注入された Mg 原子が Ga 位置に置き換えられて p-GaN 層として作用する必要がある。Mg 原子は、キャリアガス及びソースで分解された水素ガスと結合して GaN 結晶層で Mg-H 複合体を形成し、約 10M 程度の高低抗体となる。

40

【0005】

したがって、pn 接合発光素子を形成した後、Mg-H 複合体を切って Mg 原子を Ga の席に置き換えるための後続の活性化工程が要求される。しかし、前記発光素子は活性化工程で発光に寄与するキャリアと作用する量は  $10^{17}/\text{cm}^3$  程度に、 $10^{19}/\text{cm}^3$  以上の Mg 原子濃度 (atomic concentration) より非常に低くて抵抗性接触形成の難しいという短所がある。

【0006】

また、キャリアで活性化されないで p-GaN 窒化物半導体内に残っている Mg 原子らは活性

50

層との界面で放出される光をトラップ(trap)する中心(center)で作用して急激に光出力を減少させる。これを改善するために非常に薄い透過性抵抗性金属物質を使用して接触抵抗を低めて電流注入効率を増加させる方案が利用されている。

【0007】

ところが、接触抵抗を減少させるために使用された薄い透過性抵抗性金属は一般的に光透過度が75～80%程度であり、残りの光透過度は損失として作用する。特に高い接触抵抗によって動作電圧を減少させることに限界がある。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

本発明は窒化物半導体発光素子をなす活性層の結晶性を向上させて、光出力及び信頼性を向上させることができる窒化物半導体発光素子及びその製造方法を提供することに目的がある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

前記目的を達成するために本発明による窒化物半導体発光素子の第1実施例は、第1窒化物半導体層と、該第1窒化物半導体層上に形成された活性層と、該活性層上に形成された第2窒化物半導体層と、該第2窒化物半導体層上に形成されてAlInを具備する第3窒化物半導体層と、を含むことにその特徴がある。

【0010】

また前記目的を達成するために本発明による窒化物半導体発光素子の第2実施例は、基板と、該基板の上に形成されたバッファ層と、該バッファ層上に形成されてInがドーピングされた第1Ga<sub>x</sub>N層と、該第1Ga<sub>x</sub>N層の上に形成されてSi、Inがドーピングされた第2Ga<sub>x</sub>N層と、該第2Ga<sub>x</sub>N層の上に形成されたIn<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N層と、該In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N層の上に形成された活性層と、該活性層上に形成されたp-GaN層と、該p-GaN層の上に形成されたn-AlIn層またはp-AlIn層と、を含むことにその特徴がある。

【0011】

また前記目的を達成するために本発明による窒化物半導体発光素子の第3実施例は、第1窒化物半導体層と、該第1窒化物半導体層上に形成されたn-AlInクラッド層と、該n-AlInクラッド層の上に形成されたn-InGa<sub>x</sub>N層と、該n-InGa<sub>x</sub>N層の上に形成された活性層と、該活性層上に形成されたp-InGa<sub>x</sub>N層と、該p-InGa<sub>x</sub>N層の上に形成されたp-AlInクラッド層と、該p-AlInクラッド層の上に形成された第2窒化物半導体層と、を含むことにその特徴がある。

【0012】

また前記目的を達成するために本発明による窒化物半導体発光素子の第4実施例は、第1窒化物半導体層と、該第1窒化物半導体層上に形成されたn-AlInクラッド層と、該n-AlInクラッド層の上に形成された活性層と、該活性層上に形成されたp-AlInクラッド層と、該p-AlInクラッド層の上に形成された第2窒化物半導体層と、を含むことにその特徴がある。

【0013】

また前記目的を達成するために本発明による窒化物半導体発光素子の第5実施例は、第1窒化物半導体層と、該第1窒化物半導体層上に形成された活性層と、該活性層上に形成されたp-InGa<sub>x</sub>N層と、該p-InGa<sub>x</sub>N層の上に形成されたp-AlInクラッド層と、該p-AlInクラッド層の上に形成された第2窒化物半導体層と、を含むことにその特徴がある。

【0014】

また前記目的を達成するために本発明による窒化物半導体発光素子製造方法の第1実施例は、基板の上にバッファ層を形成する段階と、前記バッファ層上にGa<sub>x</sub>N層を形成する段階と、前記Ga<sub>x</sub>N層の上に第1電極層を形成する段階と、前記第1電極層上にIn<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N層を形成する段階と、前記In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N層の上に活性層を形成する段階と、前記活性層上にp-GaN層を形成する段階と、前記p-GaN層の上にn-AlIn層またはp-AlIn層を形成する段

10

20

30

40

50

階と、を含むことにその特徴がある。

【0015】

また前記目的を達成するために本発明による窒化物半導体発光素子製造方法の第2実施例は、基板の上にバッファ層を形成する段階と、前記バッファ層上にインジウムがドーピングされたIn-doped GaN層を形成する段階と、前記In-doped GaN層の上に第1電極層を形成する段階と、前記第1電極層上にn-AlInNクラッド層を形成する段階と、前記n-AlInNクラッド層の上に活性層を形成する段階と、前記活性層上にp-AlInNクラッド層を形成する段階と、前記p-AlInNクラッド層の上にp-GaN層を形成する段階と、前記p-GaN層の上に第2電極層を形成する段階と、を含むことにその特徴がある。

【0016】

また前記目的を達成するために本発明による窒化物半導体発光素子製造方法の第3実施例は、基板の上にバッファ層を形成する段階と、前記バッファ層上にインジウムがドーピングされたIn-doped GaN層を形成する段階と、前記In-doped GaN層の上に第1電極層を形成する段階と、前記第1電極層上に、光を放出する活性層を形成する段階と、前記活性層上にp-InGaN層を形成する段階と、前記p-InGaN層の上にp-AlInNクラッド層を形成する段階と、前記p-AlInNクラッド層の上にp-GaN層を形成する段階と、前記p-GaN層の上に第2電極層を形成する段階と、を含むことにその特徴がある。

【発明の効果】

【0017】

本発明によると、窒化物半導体発光素子をなす活性層の結晶性を向上させて、光出力及び信頼性を向上させられる長所がある。

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

以下、添付された図面を参照して本発明による実施例を詳しく説明する。

【0019】

図1は本発明による窒化物半導体発光素子の第1実施例の積層構造を概略的に示す図面である。

【0020】

本発明による窒化物半導体発光素子1は、図1に示すように、基板2上にバッファ層4が形成されている。ここで、前記バッファ層4はAlInN/GaN積層構造、InGaN/GaN超格子構造、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{GaN}$ 積層構造、 $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-(x+y)}\text{N}/\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{GaN}$ の積層構造のうちから選択されて形成されることができる( $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $x+y \leq 1$ )。

【0021】

そして、前記バッファ層4上にはインジウムがドーピングされたIn-doped GaN層6が形成されており、前記In-doped GaN層6上にはn型の第1電極層が形成されている。ここで、前記n型の第1電極層としてはシリコンとインジウムが同時ドーピングされて形成されるSi-In co-doped GaN層8が採用されることができる。

【0022】

また、前記Si-In co-doped GaN層8上にはインジウム含量が低い $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層10が形成されていて、前記 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層10上には光を放出する活性層12が形成されている。前記活性層12はInGaN井戸層/InGaN障壁層に形成される単一量子井戸構造または多重量子井戸構造で備えられることができ、その積層構造の例に対しては図3を参照して後からより詳しく説明する。

【0023】

さらに前記活性層12上にはp-GaN層14が形成されており、この時前記p-GaN層14はマグネシウムがドーピングされて形成されてもよい。

【0024】

そして、前記p-GaN層14上にはn型の第2電極層が形成されている。ここで、前記n型の第2電極層としてはn-AlInN層16が採用されることができる。この時、前記n-AlInN層16はシリコンがドーピングされて形成されてもよい。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 2 5 】

このように本発明による窒化物半導体発光素子は、第1電極層であるSi-In co-doped GaN層8と第2電極層であるn-AlInN層16がすべてn型の窒化物に形成されて、その間にp-GaN層14が形成された点を勘案すると、従来のp/n接合発光素子とは異なり、n/p/n接合発光素子の構造を有すると考えられる。

## 【 0 0 2 6 】

上述したように、本発明によると、従来のp/n接合発光素子の構造的及びp-GaN窒化物半導体自体の低いMgドーピング効率によって発生される低いキャリア濃度、それによる接触抵抗の増加による電流集中(current crowding)問題を乗り越えることができる方案が提供されうる。

10

## 【 0 0 2 7 】

特に、上部にn-AlInN窒化物半導体を適用することで、95%以上の光透過度を有するITOのような透過性伝導性酸化物を透明電極として使用することができる。すなわち、前記n-AlInN層にバイアス電圧を印加する透明電極としては、光出力を極大化させるために電流広がりを極大化させて、優秀な光透過度を有する透過性抵抗性物質または透過性伝導性酸化物の使用が可能である。このような物質としては、ITO、ZnO、RuOx、IrOx及びNiOまたはNiを含むAu合金金属が利用されることができる。このような透明電極の使用によって従来p/n接合の場合に対比して50%以上の高い光出力を具現することができる。

## 【 0 0 2 8 】

また本発明によると、低い接触抵抗によって動作電圧を低めることができるし、それによる素子の信頼性を向上させることができる。特に、フリップチップ(flip chip)方式を適用した大面積高出力の発光素子は300mA以上の高い電流の印加時に、必然的に低い動作電圧を要求している。同一な電流を印加するために発光素子自体の接触抵抗が相対的に高い場合に動作電圧が増加する。これにより、発光素子自体の内部で100以上の熱が発生する。内部的に発生する熱によって信頼性に決定的な影響が及ぶ。

20

## 【 0 0 2 9 】

したがって、本発明によるn/p/n接合発光素子によると、低い接触抵抗によって等しい電流が印加されたときに、相対的に低い動作電圧で駆動が可能であり、素子内部の熱発生が低い。このため、高い信頼性を有する発光素子が提供されうる。

30

## 【 0 0 3 0 】

一方、図2は本発明による窒化物半導体発光素子の第2実施例の積層構造を概略的に示す図面である。

## 【 0 0 3 1 】

本発明の第2実施例による窒化物半導体発光素子21の積層構造は、図1に示す窒化物半導体発光素子1と比べる時、前記n-AlInN層16上部にインジウム組成を順次に変化させてエネルギーバンドギャップを制御したスーパーグレーディングn-In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N層24がさらに形成された場合を示すものである。この時、前記スーパーグレーディング(super grading)n-In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N層24は、その組成範囲が0<x<0.2で形成されるようにすることができる。この時、前記スーパーグレーディングn-In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N層24にはシリコンがドーピングされるようにすることもできる。

40

## 【 0 0 3 2 】

このような積層構造を有する窒化物半導体発光素子21はn/n/p/n接合発光素子として解釈されうる。そして、このような積層構造を有する窒化物半導体発光素子21において、バイアス電圧を印加する透明電極は前記スーパーグレーディングn-In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N層24に形成されるようにできる。

## 【 0 0 3 3 】

また、図面に示しなかったが、前記スーパーグレーディングn-In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N層24の代わりに、前記n-AlInN層16の上部にInGaN/AlInGaN超格子構造(super lattice structure)層またはInGaN/InGaN超格子構造層を形成することもできる。ここで、前記InGaN/AlInGaN超

50

格子構造層またはInGaN/InGaN超格子構造層にはシリコンがドーピングされるようにすることもできる。

【0034】

それでは、図3を参照して本発明による窒化物半導体発光素子31に採用される活性層の構造に対してより詳細に説明する。図3は本発明による窒化物半導体発光素子の第3実施例の積層構造を概略的に示す図面である。図3に示す積層構造のうちから図1を参照して説明された層(同一符号付与)に対しては説明を省略する。

【0035】

本発明の第3実施例による窒化物半導体発光素子31には、図3に示すように、内部量子効率(internal quantum efficiency)を増加させるため、活性層の歪み(strain)を制御するインジウム含量が低いlow-mole  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層10が形成されている。また、インジウム変動(fluctuation)による光出力及び逆方向漏洩電流(reverse leakage current)を改善させるために前記low-mole  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層10の下部及び上部に、原子尺度(atomic scale)形態で制御された $\text{SiN}_x$ クラスタ層33、35がそれぞれさらに具備されている。

10

【0036】

また、光を放出する活性層は $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 井戸層/ $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ 障壁層で形成される単一量子井戸構造または多重量子井戸構造に形成されることができる。

【0037】

図3では活性層として、 $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 井戸層37、43と $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ 障壁層41、47との間に $\text{SiN}_x$ クラスタ層39、45がさらに具備された多重量子井戸構造で形成された発光素子の例を示す。ここで、前記活性層の発光効率を改善するために $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 井戸層( $0 < y < 0.35$ )/ $\text{SiN}_x$ クラスタ層/ $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ 障壁層( $0 < z < 0.1$ )で組成比を調節することもできる。そして、前記インジウム含量が低いlow-mole  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層10との関係を考慮すると、前記 $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 井戸層37、43/ $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ 障壁層41、47にドーピングされるインジウム含量と前記low-mole  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層10にドーピングされるインジウム含量は、それぞれ $0 < x < 0.1$ 、 $0 < y < 0.35$ 、 $0 < z < 0.1$ の値を有するように調節することができる。

20

【0038】

また、図面に示しなかったが、前記活性層をなす $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 井戸層と $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ 障壁層との間に、前記 $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 井戸層のインジウム変動量を制御するGaNキャップ(cap)層が形成されるようにすることもできる。この時、光を放出する井戸層と障壁層それぞれのインジウム含量は $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ ( $0 < y < 0.35$ )/GaNキャップ/ $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ ( $0 < z < 0.1$ )で構成されるようにできる。

30

【0039】

そして、単一量子井戸構造または多重量子井戸構造で構成された活性層の最後の層を成長させた後、再び $\text{SiN}_x$ クラスタ層49を原子尺度の厚さで成長させてp-GaN層14のMg元素の活性層の内部拡散を抑制するようにする。

【0040】

一方、図4は本発明による窒化物半導体発光素子の第4実施例の積層構造を概略的に示す図面である。図4に示す積層構造のうちから図1を参照して説明された層(同一符号付与)に対しては説明を省略する。

40

【0041】

本発明の第4実施例による窒化物半導体発光素子51は、p-GaN層14上にインジウム組成を順次に変化させてエネルギーバンドギャップを制御したスーパーグレーディングn- $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層52がさらに形成されている。また、前記スーパーグレーディングn- $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層52上にはn-AlInN層54がさらに形成された場合を示すものである。

【0042】

このような積層構造を有する窒化物半導体発光素子51はn/n/p/n接合発光素子で解釈されることもできる。そして、このような積層構造を有する窒化物半導体発光素子51において、バイアス電圧を印加する透明電極は前記n-AlInN層54に形成されるようにでき

50

る。

【0043】

一方、図4では前記p-GaN層15の上部にスーパーグレーディングn-In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N層52が形成された場合を示すが、前記スーパーグレーディングn-In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N層52の代りにInGaN/AlInGaN超格子構造層またはInGaN/InGaN超格子構造層が形成されるように具現することもできる。

【0044】

また、図5は本発明による窒化物半導体発光素子の第5実施例の積層構造を概略的に示す図面である。図5に示す積層構造のうちから図1を参照して説明された層(同一符号付与)に対しては説明を省略する。

10

【0045】

本発明の第5実施例による窒化物半導体発光素子61は、p-GaN層16上にp-AlInN層66が形成されたことにその特徴がある。ここで、前記p-AlInN層66はマグネシウムがドーピングされて形成されるようにできる。

【0046】

このような積層構造を有する窒化物半導体発光素子61はp/n接合の発光素子として解釈されうるが、前記p-AlInN層66の物理的特性によって前記他の実施例と類似の発光効率を提供することができる。そして、このような積層構造を有する窒化物半導体発光素子61において、バイアス電圧を印加する透明電極は前記p-AlInN層66に形成されるようにできる。

20

【0047】

そして、図6は本発明による窒化物半導体発光素子の第6実施例の積層構造を概略的に示す図面である。

【0048】

本発明の第6実施例による窒化物半導体発光素子71の積層構造は、図5に示す窒化物半導体発光素子61と比べる時、前記p-AlInN層66上部にインジウム組成を順次に変化させてエネルギーバンドギャップを制御したスーパーグレーディングn-In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N層74がさらに形成された場合を示すものである。この時、前記スーパーグレーディングn-In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N層74はその組成範囲が0<x<0.2で形成されるようにできる。この時、前記スーパーグレーディングn-In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N層74にはシリコンがドーピングされるようにすることもできる。

30

【0049】

このような積層構造を有する窒化物半導体発光素子71はn/p/p/n接合発光素子として解釈されうる。そして、このような積層構造を有する窒化物半導体発光素子71において、バイアス電圧を印加する透明電極は前記スーパーグレーディングn-In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N層74に形成されるようにできる。

【0050】

また、図面に示しなかったが、前記スーパーグレーディングn-In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N層74の代りに、前記p-AlInN層66の上部にInGaN/AlInGaN超格子構造層またはInGaN/InGaN超格子構造層を形成することもできる。ここで、前記InGaN/AlInGaN超格子構造層またはInGaN/InGaN超格子構造層にはシリコンがドーピングされるようにすることもできる。

40

【0051】

一方、図7は本発明による窒化物半導体発光素子の第7実施例の積層構造を概略的に示す図面である。

【0052】

本発明による窒化物半導体発光素子81は、図7に示すように、基板82上にバッファ層84が形成されている。ここで、前記バッファ層84はAlInN/GaN積層構造、InGaN/GaN超格子構造、In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N/GaN積層構造、Al<sub>x</sub>In<sub>y</sub>Ga<sub>1-(x+y)</sub>N/In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N/GaNの積層構造のうちから選択されて形成されることができる。

【0053】

50

そして、前記バッファ層 8 4 上にはインジウムがドーピングされた In-doped GaN 層 8 6 が形成されているし、前記 In-doped GaN 層 8 6 上には n 型の第 1 電極層が形成されている。ここで、前記 n 型の第 1 電極層としてはシリコンとインジウムが同時ドーピングされて形成される Si-In co-doped GaN 層 8 8 が採用されることができ

【 0 0 5 4 】

また、前記 Si-In co-doped GaN 層 8 8 上には n-AlInN クラッド層 9 0 が形成されていて、前記 n-AlInN クラッド層 9 0 上には n-InGaN 層 9 2 が形成されている。そして、前記 n-InGaN 層 9 2 上には光を放出する活性層 9 4 が形成されている。前記活性層 9 4 は単一量子井戸構造または多重量子井戸構造で形成されることができ

10

【 0 0 5 5 】

さらに、前記活性層 9 4 上には p-InGaN 層 9 6 が形成されていて、前記 p-InGaN 層 9 6 上には p-AlInN クラッド層 9 8 が形成されている。また、前記 p-AlInN クラッド層 9 8 上には p-GaN 層 1 0 0 が形成されているし、この時前記 p-GaN 層 1 0 0 にはマグネシウム (Mg) がドーピングされて形成されるようにでき

【 0 0 5 6 】

そして、前記 p-GaN 層 1 0 0 上には n 型の第 2 電極層が形成されている。ここで、前記 n 型の第 2 電極層としてはインジウム組成を順次に変化させてエネルギーバンドギャップを制御したスーパーグレーディング n-In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N 層 1 0 2 が採用されることができ

20

【 0 0 5 7 】

このように本発明による窒化物半導体発光素子は、第 1 電極層 8 8 と第 2 電極層 1 0 2 がすべて n 型の窒化物半導体で形成されて、その間に p-GaN 層 1 0 0 が形成された点を勘案すると、従来の pn 接合発光素子とは異なり、nnp 接合発光素子構造を有すると考えられる

【 0 0 5 8 】

また、前記第 2 電極層で使用される n 型窒化物半導体 (例えば、スーパーグレーディング n-In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N 層 1 0 2 ) は既存の p-GaN 接触層より抵抗が低いから、接触抵抗を減少させて電流注入を極大化させることができる。そして、前記第 2 電極層にバイアス電圧を印加させる透明電極としては、光出力を極大化させるために電流広がりを極大化させて、優秀な光透過度を有する透過性抵抗性物質または透過性伝導性酸化物の使用が可能である。このような物質としては、ITO、ZnO、RuO<sub>x</sub>、IrO<sub>x</sub> 及び NiO または Ni を含む Au 合金金属が利用されることができ

30

【 0 0 5 9 】

ここで、図面に示しなかったが、前記第 2 電極層として InGaN/AlInGaN 超格子構造層または InGaN/InGaN 超格子構造層が形成されるようにすることもできる。そして、前記 InGaN/AlInGaN 超格子構造層または InGaN/InGaN 超格子構造層にはシリコンがドーピングされるようにすることもでき

40

【 0 0 6 0 】

また、図面に示しなかったが、前記第 2 電極層として n-AlInN 層が形成されるようにすることもできる。

【 0 0 6 1 】

このような構成を有する本発明による窒化物半導体発光素子 8 1 によると、活性層 9 4 を中心に n-AlInN クラッド層 9 0 と p-AlInN クラッド層 9 8 を挿入して、前記活性層 9 4 内部のキャリア注入効率と電流のあふれ (overflow) 現象を抑制して内部量子効率を改善することができ

50

## 【 0 0 6 2 】

そして、図 8 は本発明による窒化物半導体発光素子の第 8 実施例の積層構造を概略的に示す図面である。図 8 に示す積層構造のうちから図 7 を参照して説明された層(同一符号付与)に対しては説明を省略する。

## 【 0 0 6 3 】

本発明の第 8 実施例による窒化物半導体発光素子 1 1 1 は、図 7 に図す第 7 実施例による窒化物半導体発光素子 8 1 と比べる時、インジウム含量が低い  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  層 1 1 4 がさらに形成されているという点にその差がある。

## 【 0 0 6 4 】

すなわち本発明の第 8 実施例による窒化物半導体発光素子 1 1 1 によると、n-InGaN 層 9 2 と活性層 9 4 との間にインジウム含量が低い  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  層 1 1 4 がさらに形成されるようにした。これは内部量子効率をより増加させるために、前記活性層 9 4 の成長前に、前記活性層 9 4 の歪み(strain)を制御するようにインジウム含量が低い  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  層 1 1 4 を追加で成長させたものである。

## 【 0 0 6 5 】

それでは、図 9 を参照して本発明による窒化物半導体発光素子 1 2 1 に採用される活性層の構造に対してより詳細に説明する。図 9 は本発明による窒化物半導体発光素子の第 9 実施例の積層構造を概略的に示す図面である。図 9 に示す積層構造のうちから図 7 を参照して説明された層(同一符号付与)に対しては説明を省略する。

## 【 0 0 6 6 】

本発明の第 9 実施例による窒化物半導体発光素子 1 2 1 には、図 9 に示すように、内部量子効率(internal quantum efficiency)を増加させるため、活性層の歪み(strain)を制御するインジウム含量が低い low-mole  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  層 1 2 2 が形成されている。また、インジウム変動(fluctuation)による光出力及び逆方向漏洩電流(reverse leakage current)を改善させるために前記 low-mole  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  層 1 2 2 の下部及び上部に、原子尺度の形態で制御された  $\text{SiN}_x$  クラスタ層 1 3 2、1 3 4 がそれぞれさらに具備されている。

## 【 0 0 6 7 】

また、光を放出する活性層は  $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$  井戸層/ $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$  障壁層に形成される単一量子井戸構造または多重量子井戸構造で形成されることができる。

## 【 0 0 6 8 】

図 9 では活性層として、 $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$  井戸層 1 2 4、1 2 8 と  $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$  障壁層 1 2 6、1 3 0 との間に  $\text{SiN}_x$  クラスタ層 1 3 6、1 3 8 がさらに具備された多重量子井戸構造で形成された発光素子の例を示す。ここで、前記活性層の発光効率を改善するために  $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$  井戸層 ( $0 < y < 0.35$ )/ $\text{SiN}_x$  クラスタ層/ $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$  障壁層 ( $0 < z < 0.1$ ) で組成比を調節することもできる。そして、前記インジウム含量が低い low-mole  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  層 1 2 2 との関係を検討すると、前記  $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$  井戸層 1 2 4、1 2 8 /  $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$  障壁層 1 2 6、1 3 0 にドーピングされるインジウム含量と前記 low-mole  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  層 1 2 2 にドーピングされるインジウム含量は、それぞれ  $0 < x < 0.1$ 、 $0 < y < 0.35$ 、 $0 < z < 0.1$  の値を有するように調節することができる。

## 【 0 0 6 9 】

また、図面に示しなかったが、前記活性層をなす  $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$  井戸層と  $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$  障壁層との間に、前記  $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$  井戸層のインジウム変動量を制御する GaN キャップ層が形成されるようにすることもできる。この時、光を放出する井戸層と障壁層それぞれのインジウム含量は  $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$  ( $0 < y < 0.35$ )/GaN キャップ/ $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$  ( $0 < z < 0.1$ ) で構成されるようにできる。

## 【 0 0 7 0 】

そして、単一量子井戸構造または多重量子井戸構造で構成された活性層の最後の層を成長させた後、再び  $\text{SiN}_x$  クラスタ層 1 4 0 を原子尺度の厚さで成長させて p-GaN 層 1 0 0 の Mg 元素の活性層内部拡散を抑制するようにする。

## 【 0 0 7 1 】

10

20

30

40

50

一方、図10は本発明による窒化物半導体発光素子の第10実施例の積層構造を概略的に示す図面である。図10に示す積層構造のうちから図7を参照して説明された層(同一符号付与)に対しては説明を省略する。

【0072】

本発明の第10実施例による窒化物半導体発光素子141は、n-AlInNクラッド層90上に活性層94が形成されているし、前記活性層94上にp-AlInNクラッド層98が形成されたことにその特徴がある。

【0073】

すなわち、本発明の第10実施例による窒化物半導体発光素子141は、図7に示す第7実施例による窒化物半導体発光素子81と比べる時、n-InGa<sub>N</sub>層92とp-InGa<sub>N</sub>層96が形成されなかった変形された積層構造を有する。

10

【0074】

そして、図11は本発明による窒化物半導体発光素子の第11実施例の積層構造を概略的に示す図面である。図11に示す積層構造のうちから図7を参照して説明された層(同一符号付与)に対しては説明を省略する。

【0075】

本発明の第11実施例による窒化物半導体発光素子151は、第1電極層であるSi-In co-doped Ga<sub>N</sub>層88上に活性層94が形成されているし、前記活性層94上にp-InGa<sub>N</sub>層96及びp-AlInNクラッド層98が形成されたことにその特徴がある。

【0076】

すなわち、本発明の第11実施例による窒化物半導体発光素子151は、図7に示す第7実施例による窒化物半導体発光素子81と比べる時、n-AlInNクラッド層90とn-InGa<sub>N</sub>層92が形成されなかった変形された積層構造を有する。

20

【産業上の利用可能性】

【0077】

本発明による窒化物半導体発光素子及びその製造方法によると、窒化物半導体発光素子をなす活性層の結晶性を向上させて、光出力及び信頼性を向上させることができる長所がある。

【図面の簡単な説明】

【0078】

【図1】図1は本発明による窒化物半導体発光素子の第1実施例の積層構造を概略的に示す図面である。

30

【図2】図2は本発明による窒化物半導体発光素子の第2実施例の積層構造を概略的に示す図面である。

【図3】図3は本発明による窒化物半導体発光素子の第3実施例の積層構造を概略的に示す図面である。

【図4】図4は本発明による窒化物半導体発光素子の第4実施例の積層構造を概略的に示す図面である。

【図5】図5は本発明による窒化物半導体発光素子の第5実施例の積層構造を概略的に示す図面である。

40

【図6】図6は本発明による窒化物半導体発光素子の第6実施例の積層構造を概略的に示す図面である。

【図7】図7は本発明による窒化物半導体発光素子の第7実施例の積層構造を概略的に示す図面である。

【図8】図8は本発明による窒化物半導体発光素子の第8実施例の積層構造を概略的に示す図面である。

【図9】図9は本発明による窒化物半導体発光素子の第9実施例の積層構造を概略的に示す図面である。

【図10】図10は本発明による窒化物半導体発光素子の第10実施例の積層構造を概略的に示す図面である。

50

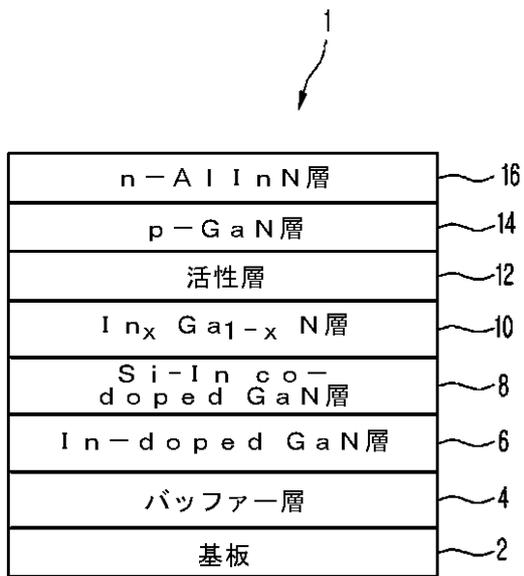
【図11】図11は本発明による窒化物半導体発光素子の第11実施例の積層構造を概略的に示す図面である。

【符号の説明】

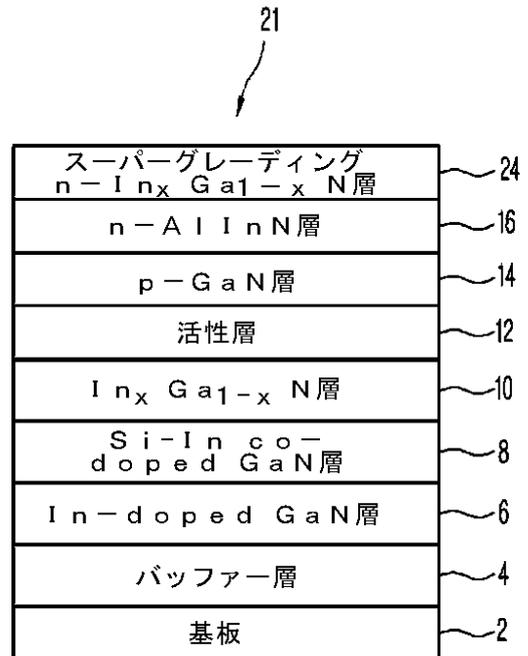
【0079】

1 窒化物半導体発光素子、 2 基板、 4 バッファ層、 6 In-doped GaN層、 8 Si-In co-doped GaN層、 10  $In_xGa_{1-x}N$ 層、 12 活性層、 14 p-GaN層、 16 n-AlInN層。

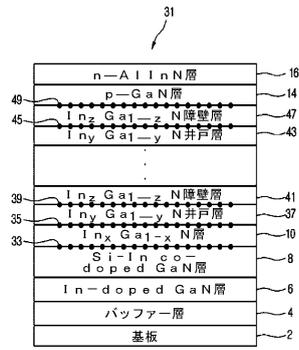
【図1】



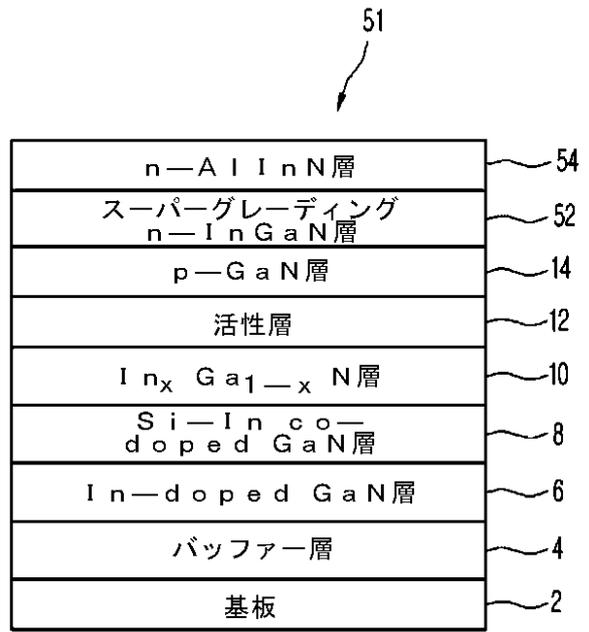
【図2】



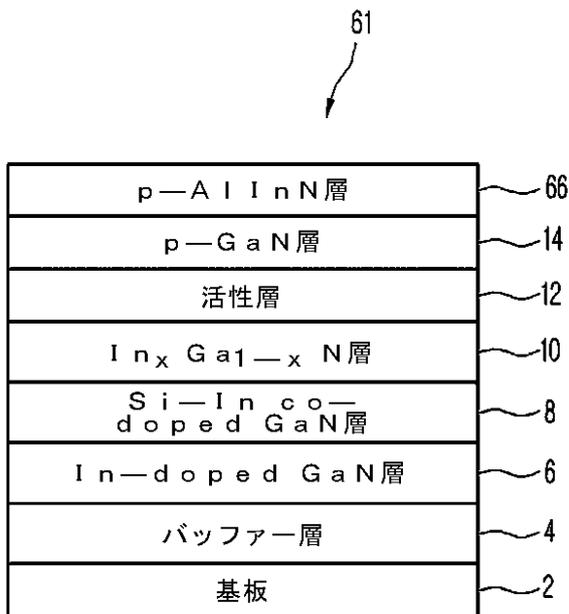
【 図 3 】



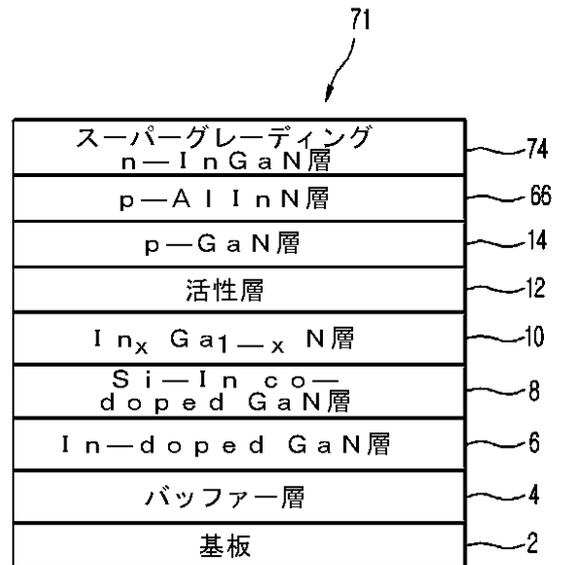
【 図 4 】



【 図 5 】

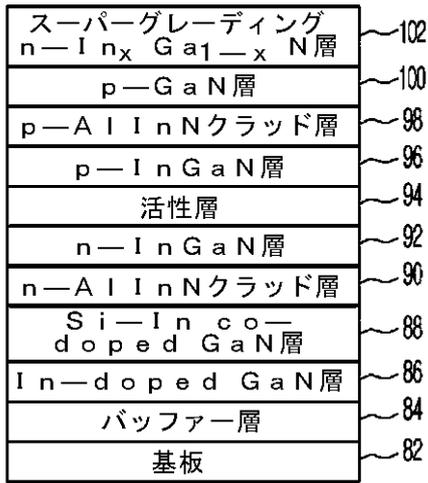


【 図 6 】



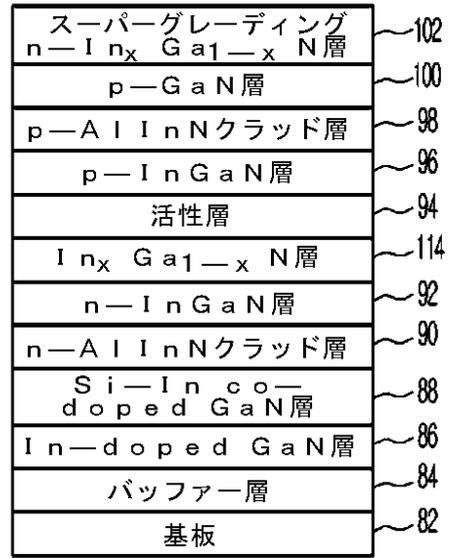
【図7】

81



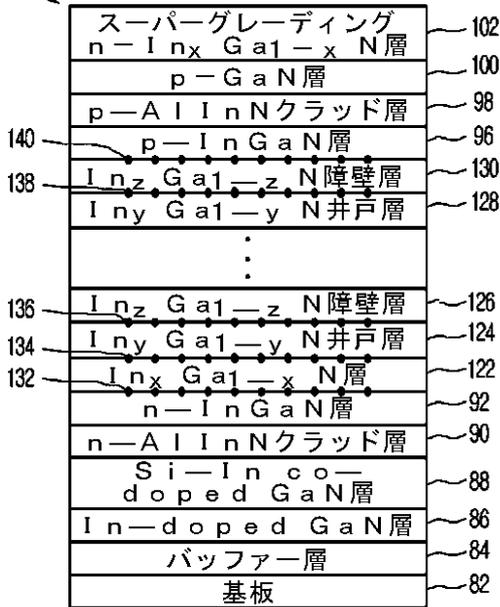
【図8】

111



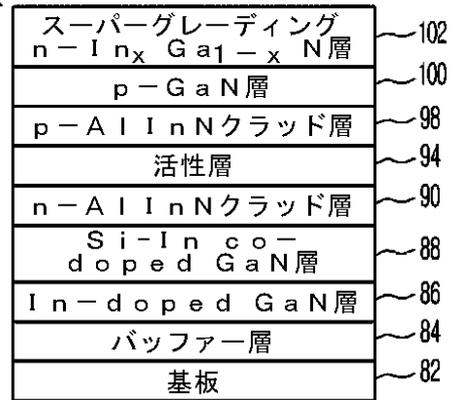
【図9】

121



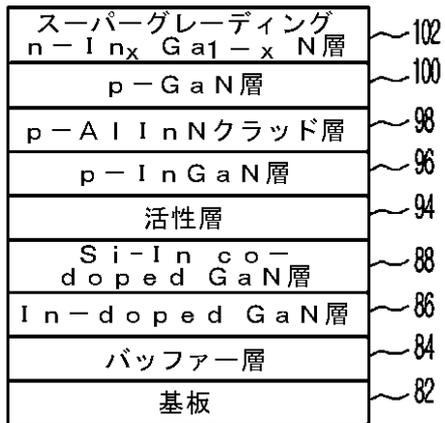
【図10】

141



【図 1 1】

151



【 国際調査報告 】

PCT/KR2005/002757

## PATENT COOPERATION TREATY

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

(PCT Article 18 and Rules 43 and 44)

Applicant's or agent's file reference FLGE-P04-009	<b>FOR FURTHER ACTION</b> see Form PCT/ISA/220 as well as, where applicable, item 5 below.	
International application No. <b>PCT/KR2005/002757</b>	International filing date ( <i>day/month/year</i> ) <b>19 AUGUST 2005 (19.08.2005)</b>	(Earliest) Priority Date ( <i>day/month/year</i> ) 26 AUGUST 2004 (26.08.2004)
Applicant <b>LG INNOTEK CO., LTD et al</b>		
This International search report has been prepared by this International Searching Authority and is transmitted to the applicant according to Article 18. A copy is being transmitted to the International Bureau.  This international search report consists of a total of <u>4</u> sheets. <input type="checkbox"/> It is also accompanied by a copy of each prior art document cited in this report.		
<p>1. <b>Basis of the report</b></p> <p>a. With regard to the <b>language</b>, the international search was carried out on the basis of the international application in the language in which it was filed, unless otherwise indicated under this item. <input type="checkbox"/> The international search was carried out on the basis of a translation of the international application furnished to this Authority (Rule 23.1(b)).</p> <p>b. <input type="checkbox"/> With regard to any <b>nucleotide and/or amino acid sequence</b> disclosed in the international application, see Box No. I.</p> <p>2. <input type="checkbox"/> <b>Certain claims were found unsearchable</b> (See Box No. II)</p> <p>3. <input checked="" type="checkbox"/> <b>Unity of invention is lacking</b> (See Box No. III)</p> <p>4. With regard to the <b>title</b>, <input checked="" type="checkbox"/> the text is approved as submitted by the applicant. <input type="checkbox"/> the text has been established by this Authority to read as follows:</p> <p>5. With regard to the <b>abstract</b>, <input checked="" type="checkbox"/> the text is approved as submitted by the applicant. <input type="checkbox"/> the text has been established, according to Rule 38.2(b), by this Authority as it appears in Box No. IV. The applicant may, within one month from the date of mailing of this international search report, submit comments to this Authority.</p> <p>6. With regard to the <b>drawings</b>, a. the figure of the <b>drawings</b> to be published with the abstract is Figure No. <u>1</u> <input checked="" type="checkbox"/> as suggested by the applicant. <input type="checkbox"/> because the applicant failed to suggest a figure. <input type="checkbox"/> because this figure better characterizes the invention. b. <input type="checkbox"/> none of the figure is to be published with the abstract.</p>		

Form PCT/ISA/210 (first sheet) (April 2005)

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No. PCT/KR2005/002757
--

**Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)**

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1.  Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
  
2.  Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
  
3.  Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

**Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)**

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

Claimed invention I : Claims 1-26 concern an LED having an AlIn-based third nitride semiconductor layer in p-side.

Claimed invention II : Claims 27-94 concern an LED having an AlInN-based intermediate semiconductor layer.

1.  As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2.  As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3.  As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
  
4.  No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

**Remark on Protest**

The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.

The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.

No protest accompanied the payment of additional search fees.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/KR2005/002757

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
<b>IPC7 H01L 33/00</b>		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)		
IPC 7 H01L H01S		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Korean Patents and applications for inventions since 1975		
Korean Utility models and applications for Utility models since 1975		
Japanese Utility models and application for Utility models since 1975		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
e-KIPASS : "Alln", "AllnN"		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2000-286451 A ( NICHIA CHEM. IND. LTD. ) 13 OCTOBER 2000 see the whole document	1-26, 27-94
A	US 6410939 B1 ( SHARP KABUSHIKI KAISHA ) 25 JUNE 2002 see the abstract, figure 1, column 3 line 45 - line 57	1-26, 27-94
A	JP 10-51074 A ( FUJITSU LTD. ) 20 FEBRUARY 1998 see the abstract, claims 1-4, figure 1, paragraph [0015]-[0017]	1-26, 27-94
A	US 6051847 ( MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD. ) 18 APRIL 2000 see the abstract, figure 3, claims 1-7, column 2 line 40 - column 18 line 22	1-26, 27-94
A	WO 2004/051707 A2 ( EMCORE CORPORATION ) 17 JUNE 2004 see the abstract, claims 1-55, figure 1	1-26, 27-94
A	JP 2002-33513 A ( SAKAI SHIRO ) 31 JANUARY 2002 see the whole document	1-26, 27-94
A	JP 10-51070 A ( FUJITSU LTD. ) 20 FEBRUARY 1998 see the abstract, claims 2-4, figure 1, paragraph [0016]-[0018],	1-26, 27-94
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 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 25 NOVEMBER 2005 (25.11.2005)		Date of mailing of the international search report <b>28 NOVEMBER 2005 (28.11.2005)</b>
Name and mailing address of the ISA/KR  Korean Intellectual Property Office 920 Dunsan-dong, Seo-gu, Daejeon 302-701, Republic of Korea Facsimile No. 82-42-472-7140		Authorized officer KIM, Dong Yup Telephone No. 82-42-481-5749 

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2005/002757

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 2000-286451 A	13.10.2000	AU 2746899 A1 CA 2322490 A1 CN 1292934 A EP 1063711A1 JP 11112909 A JP 12286509 A JP 3063757 B KR 1020010034578 A KR 1020040029165 A KR 1020040029166 A KR 1020040029167 A TW 437103 B WO 9946822 A1	27.09.1999 16.09.1999 25.04.2001 27.12.2000 20.04.1999 13.10.2000 12.07.2000 25.04.2001 03.04.2004 03.04.2004 03.04.2004 28.05.2001 16.09.1999
US 6410939 B1	25.06.2002	JP 14190621A US 20020045286 A1	05.07.2002 18.04.2002
JP 10-51074 A	20.02.1998	NONE	
US 6051847	18.04.2000	JP 11040845 A JP 11054795 A JP 3463524 B JP 3653950 B US 6051847 A	12.02.1999 28.02.1999 05.11.2003 02.06.2005 18.04.2000
WO 2004/051707 A2	17.06.2004	AU 2003298891 A1 DE 10392313 T5 EP 01568083 A2 EP 1568083 A2 JP 17527988 A KR 1020050084774 A US 2004119063 A1 WO 2004051707 A2 WO 2004051707 A3	23.06.2004 06.10.2005 31.08.2005 31.08.2005 15.09.2005 29.08.2005 24.06.2004 17.06.2004 17.02.2005
JP 2002-33513 A	31.01.2002	JP 3299739 B	08.07.2002
JP 10-51070 A	20.02.1998	NONE	

---

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KP, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW