

發明專利說明書

公告本

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號： 97117332

※ 申請日期：

※IPC 分類：H01L 33/00(2006.01)

97. 5. 9
一、發明名稱：(中文/英文)

第III族氮化物系半導體發光元件

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

日商住友電氣工業股份有限公司

SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.

代表人：(中文/英文)

松本 正義

MATSUMOTO, MASAYOSHI

住居所或營業所地址：(中文/英文)

日本國大阪府大阪市中央區北濱四丁目5番33號

5-33, KITAHAMA 4-CHOME, CHUO-KU, OSAKA-SHI, OSAKA 541-0041, JAPAN

國 籍：(中文/英文)

日本 JAPAN

三、發明人：(共 3 人)

姓 名：(中文/英文)

1. 上野 昌紀
UENO, MASAKI
2. 京野 孝史
KYONO, TAKASHI
3. 善積 祐介
YOSHIZUMI, YUSUKE

國 籍：(中文/英文)

1. 日本 JAPAN
2. 日本 JAPAN
3. 日本 JAPAN

四、聲明事項：

☐ 主張專利法第二十二條第二項 ☐ 第一款或 ☐ 第二款規定之事實，其事實發生日期為： 年 月 日。

☒ 申請前已向下列國家(地區)申請專利：

【格式請依：受理國家(地區)、申請日、申請案號 順序註記】

☒ 有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1. 日本；2007年06月21日；特願2007-164060
- 2.

☐ 無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

- 1.
- 2.

☐ 主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

☐ 主張專利法第三十條生物材料：

☐ 須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

☐ 不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於一種第III族氮化物系半導體發光元件。

【先前技術】

專利文獻1(日本專利特開平8-330629號公報)中揭示有一種氮化物半導體發光元件。陽極電極與第一p型氮化物半導體層接觸。於活性層上，第二p型氮化物半導體層位於p型包覆層與第一p型氮化物半導體層之間。亦即，於活性層上依序設置有p型包覆層、第二p型氮化物半導體層以及第一p型氮化物半導體層。第二p型氮化物型半導體層之受主雜質濃度低於陽極電極所接觸之第一p型氮化物半導體層之受主雜質濃度。

專利文獻2(日本專利特開平10-4210號公報)中揭示有一種氮化物化合物半導體發光元件。於發光層上依序設置有p型 $\text{Al}_{0.08}\text{Ga}_{0.92}\text{N}$ 包覆層、p型第一GaN接觸層以及 p^+ 型第二GaN接觸層，電極與 p^+ 型第二GaN接觸層接觸。

【發明內容】

引用文獻1及2中所揭示之發光元件中，於活性層上設置有由p型AlGa_N電子包覆層/p型Ga_N接觸層構成之積層。p型Ga_N接觸層包含通常Mg濃度之p型Ga_N層與高Mg濃度之p型Ga_N層。

業者期望提高該結構之發光二極體之光輸出。根據發明者對發光二極體之特性進行之分析，於p型半導體層與量子井結構活性層之界面附近觀察到了予體能階。又，於低

溫之發光光譜中觀察到了由與活性層不同之p型半導體層引起之發光與所推測之峰值。該發光之原因在於，量子井層之活性層與p型半導體層之界面附近形成有予體缺陷，該缺陷使電子包覆層之障壁高度下降。一般認為由於該下降，電子自活性層向p型半導體區域洩漏，藉此，發光效率降低。

因此，本發明之目的在於提供一種第III族氮化物系半導體發光元件，該第III族氮化物系半導體發光元件係鑒於上述事項開發而成者，且能夠減少自活性層向p型半導體區域之電子洩漏。

根據本發明之一方面，第III族氮化物系半導體發光元件包括(a)n型氮化鎵系半導體層；(b)第一p型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x < 1$)層；(c)設於上述n型氮化鎵系半導體層與上述第一p型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層之間、含有InGaN層之發光層；(d)設於上述第一p型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層上之第二p型 $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ ($0 \leq y \leq x < 1$)層；(e)設於上述第二p型 $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 層上之第三p型 $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ 層 ($0 \leq z \leq y \leq x < 1$)；以及(f)與上述第三p型 $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ 層接觸之p電極。上述第二p型 $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 層之p型摻雜劑濃度大於上述第一p型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層及上述第三p型 $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ 層之p型摻雜劑濃度。

根據該第III族氮化物系半導體發光元件，第二p型 $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 層之p型摻雜劑濃度大於第一p型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層之p型摻雜劑濃度，因此，來自第二p型 $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 層之p型摻雜劑藉由製造該元件時之熱量而向第一p型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層擴

散，並到達第一 p 型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層與活性層之界面附近為止。藉此，於第一 p 型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層與活性層之界面附近之第一 p 型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層上，p 型摻雜劑濃度之分布曲線變得陡峭。藉此，電子洩漏減小，使發光效率增加。又，第三 p 型 $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ 層之 p 型摻雜劑濃度可設定為用以獲得適合之接觸電阻之值。

本發明之第 III 族氮化物系半導體發光元件中，上述第二 p 型 $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 層之 p 型摻雜劑濃度較好為 $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 以上。當 p 型摻雜劑濃度達到 $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 以上時，會提高促進摻雜劑擴散之效果。

本發明之第 III 族氮化物系半導體發光元件中，上述第三 p 型 $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ 層之 p 型摻雜劑濃度較好為 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以上。該摻雜劑濃度可減小第三 p 型 $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ 層與電極之間之接觸電阻。又，上述第三 p 型 $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ 層之 p 型摻雜劑濃度較好為 $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 以下。過度之 p 型摻雜劑濃度會使正向電壓 (Vf) 增加。

本發明之第 III 族氮化物系半導體發光元件中，上述第一 p 型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層之 p 型摻雜劑濃度較好為 $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 以下。

過量之摻雜劑濃度會使活性化率降低，因此，p 型摻雜劑濃度較好為 $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 以下。第一 p 型 $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 層之作用在於向活性層提供電洞，因此，較好的是第一 p 型 $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 層之載子濃度高。

本發明之第 III 族氮化物系半導體發光元件中，上述第二 p 型 $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 層較好的是由 GaN 形成。又，本發明之第 III

族氮化物系半導體發光元件中，上述第三p型 $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ 層較好的是由GaN形成。GaN之成長速度可大於AlGa N 之成長速度，因此可縮短成長時間，從而可降低成本。

進而，本發明之第III族氮化物系半導體發光元件中，上述第一p型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層較好的是由GaN形成。對應於活性層中之發光波長，GaN亦可用作電子障壁。又，GaN之成長速度可大於AlGa N 之成長速度，因此可縮短成長時間，從而可降低成本。

本發明之第III族氮化物系半導體發光元件中，上述第一p型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層之p型摻雜劑可為Be、Mg、Zn中之至少一個。上述第二p型 $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 層之p型摻雜劑可為Be、Mg、Zn中之至少一個。上述第三p型 $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ 層之p型摻雜劑可為Be、Mg、Zn中之至少一個。於該第III族氮化物系半導體發光元件中，藉由用於p型摻雜劑之上述元素而提供優良之效果。

【實施方式】

藉由參照作為例示而表示之附圖並考慮以下之詳細記述，可容易地理解本發明之見解。接著，一方面參照附圖，一方面說明本發明之第III族氮化物系半導體發光元件之實施形態。於可能之情形時，對同一部分標註同一符號。

(實施形態)

圖1係概略表示本實施形態之第III族氮化物系半導體發光元件之圖。作為第III族氮化物系半導體發光元件11，例

如有面發光之發光二極體。第III族氮化物系半導體發光元件11包括n型氮化鎵系半導體層13、第一p型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq X < 1$)層15、含有InGaN層之活性層17、第二p型 $\text{Al}_Y\text{Ga}_{1-Y}\text{N}$ 層19、第三p型 $\text{Al}_Z\text{Ga}_{1-Z}\text{N}$ ($0 \leq Z \leq Y \leq X < 1$)層21、以及電極23。第一p型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層(以下記作p型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層)15設於InGaN活性層17上。第二p型 $\text{Al}_Y\text{Ga}_{1-Y}\text{N}$ 層(以下記作p型 $\text{Al}_Y\text{Ga}_{1-Y}\text{N}$ 層)19設於p型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層15上。第三p型 $\text{Al}_Z\text{Ga}_{1-Z}\text{N}$ 層(以下記作p型 $\text{Al}_Z\text{Ga}_{1-Z}\text{N}$ 層)21設於p型 $\text{Al}_Y\text{Ga}_{1-Y}\text{N}$ 層19上。電極23與p型 $\text{Al}_Z\text{Ga}_{1-Z}\text{N}$ 層21接觸，例如為陽極電極。較好的是，該接觸為良好之歐姆接觸。p型 $\text{Al}_Y\text{Ga}_{1-Y}\text{N}$ 層19之p型摻雜劑濃度 N_{P19} 大於型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層15之p型摻雜劑濃度 N_{P15} 。又，p型摻雜劑濃度 N_{P19} 大於p型 $\text{Al}_Z\text{Ga}_{1-Z}\text{N}$ 層21之p型摻雜劑濃度 N_{P21} 。p型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層15可由GaN或者AlGaN形成。p型 $\text{Al}_Y\text{Ga}_{1-Y}\text{N}$ 層19可由GaN或者AlGaN形成。p型 $\text{Al}_Z\text{Ga}_{1-Z}\text{N}$ 層21可由GaN或者AlGaN形成。p型 $\text{Al}_Y\text{Ga}_{1-Y}\text{N}$ 層19與p型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層15形成接觸。p型 $\text{Al}_Z\text{Ga}_{1-Z}\text{N}$ 層21與p型 $\text{Al}_Y\text{Ga}_{1-Y}\text{N}$ 層19形成接觸。

根據該第III族氮化物系半導體發光元件11，p型摻雜劑濃度 N_{P19} 大於p型摻雜劑 N_{P15} 濃度，因此，來自p型 $\text{Al}_Y\text{Ga}_{1-Y}\text{N}$ 層19之p型摻雜劑於半導體發光元件11之製造步驟中，於型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層15中熱擴散，並到達p型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層15與活性層17之界面附近為止。藉此，於p型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層15與活性層17之界面附近之p型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層15上，p型摻雜劑之濃

度分布曲線變得陡峭。藉此，減少來自活性層17之電子洩漏，提高發光效率。又，p型 $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ 層21之p型摻雜劑濃度 N_{P21} 係與p型摻雜劑濃度 N_{P19} 互相獨立被規定，因此，可對於電極23於p型 $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ 層21之接觸提供適合之接觸電阻。

第III族氮化物系半導體發光元件11進而包括基板25。基板25於本實施例中，例如可為導電性之GaN基板這樣之第III族氮化物基板。或者，亦可使用藍寶石基板作為基板25。於n型GaN基板之主表面(與主表面25a相對應)上，例如設有n型AlGaN層27，又，電極29與n型GaN基板之背面(與背面25b相對應)上接觸。電極29例如為陰極電極。

活性層17例如具有量子井結構，且包含InGaN井層17a及障壁層17b。障壁層17b包含氮化鎵系半導體，例如可包含銦組成少於較井層17a之InGaN之銦組成之InGaN。作為障壁層17b之材料，於必要時可為GaN。活性層17之結構不限定於單一或多重量子井結構，亦可由單一之InGaN層形成。來自活性層17之光L經由電極23而射出。

於第III族氮化物系半導體發光元件11中，用於p型 $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 層19之p型摻雜劑可為Be、Mg、Zn中之至少一個。將上述元素用作p型摻雜劑，從而可提供優良之特性。用於p型 $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ 層21之p型摻雜劑可為Be、Mg、Zn中之至少一個。可實現低接觸電阻。摻雜劑濃度之調整例如藉由改變成長速度等而實現。又，用於p型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層15之p型摻雜劑可為Be、Mg、Zn中之至少一個。

(實施例)

製造發光二極體(LED, light-emitting diode)。準備n型GaN基板。接著，於結晶成長中，例如使用有機金屬氣相成長(OMVPE, Organic Metal Vapor Phase Epitaxial)法。作為OMVPE之原料，使用三甲基鎵(TMGa)作為鎵原料，使用三甲基銦(TMIn)作為銦原料，使用三甲基鋁(TMAI)作為鋁原料，使用氨作為氮化原料。使用氫氣與氮氣作為載氣。使用二環戊二烯鎂(Cp_2Mg)作為p型摻雜劑，使用甲基矽甲烷(CH_3SiH_3)作為n型摻雜物。

於n型GaN基板上，依序成長n型 $\text{Al}_{0.07}\text{Ga}_{0.93}\text{N}$ 層(例如，厚度為50 nm)、n型GaN層(例如，厚度為2 μm)、 $\text{In}_{0.14}\text{Ga}_{0.86}\text{N}$ 井層(例如，厚度為3 nm)/ $\text{In}_{0.003}\text{Ga}_{0.997}\text{N}$ 障壁層(例如，厚度為15 nm)之活性層(6個井層)、p型 $\text{Al}_{0.085}\text{Ga}_{0.915}\text{N}$ (例如，厚度20 nm、Mg濃度為 $3.0 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$)、添加高量Mg之GaN層(例如，厚度為20 nm、Mg濃度為 $1.8 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$)、添加一般量Mg之GaN層(例如，厚度為30 nm、Mg濃度為 $7.6 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$)，從而形成磊晶晶圓。

為了參考，不成長添加高量Mg之GaN層，而依序成長添加一般量Mg之GaN層(例如，厚度為50 nm)，形成磊晶晶圓R1(比較例1)。又，不成長添加一般量Mg之GaN層，而依序成長添加高量Mg之GaN層(例如，厚度為50 nm)，形成磊晶晶圓R2(比較例2)

圖2係表示用於磊晶晶圓A之二次離子質量分析(SIMS, Secondary Ion mass Spectroscopy)之結果之圖。圖3係表示

用於磊晶晶圓R之SIMS之結果之圖。參照圖2，添加高量Mg之Ga_{0.915}N層(圖2中之參照符號19)設於p型Al_{0.085}Ga_{0.915}N層(圖2中之參照符號15)與添加一般量Mg之Ga_{0.915}N層(圖2中之參照符號21)之間，因此，p型Al_{0.085}Ga_{0.915}N層上之Mg(p型摻雜劑)之分布曲線PF1_{Mg}表示Mg濃度為 $3\sim4\times10^{19}\text{ cm}^{-3}$ ，又，於p型Al_{0.085}Ga_{0.915}N層與活性層(圖2中之參照符號17)之界面附近，分布曲線PF1_{Mg}之變化之陡峭性增大。參照圖3，p型Al_{0.085}Ga_{0.915}N層(圖3中之參照符號45)設於活性層(圖3中之參照符號17)與添加一般量Mg之Ga_{0.915}N層(圖3中之參考符號49)之間。p型Al_{0.085}Ga_{0.915}N層上之Mg(p型摻雜劑)之分布曲線PF2_{Mg}表示Mg濃度為 $2\sim3\times10^{19}\text{ cm}^{-3}$ ，又，關於p型Al_{0.085}Ga_{0.915}N層(圖3中之參照符號45)與活性層(圖3中之參照符號17)之界面附近的分布曲線PF2_{Mg}之變化，與圖2之分布曲線PF1_{Mg}相比，分布曲線PF2_{Mg}之陡峭性差。若比較表示Al濃度之分布曲線與分布曲線PF1_{Mg}、PF2_{Mg}，則可良好地表現陡峭性之差別。

自成長爐取出磊晶晶圓A、R1、R2之後，使用真空蒸鍍法與微影法，於Ga_{0.915}N基板之背面形成n電極(例如Ti/Al電極)，同時於磊晶晶圓之表面形成p電極(例如Ni/Au電極)。p電極之尺寸例如為400 μm見方。

進而，形成用於p電極及n電極之焊墊電極之後，使20 mA之電流流向晶圓之元件而測定發光波長與輸出。又，藉由TLM法(Transmission Line Method，傳輸線法)而測定接觸電阻。根據SIMS之結果來估計Mg濃度。

	p-GaN層之結構	光輸出	發光波長	驅動電壓	接觸電阻
A	通常Mg濃度/高Mg濃度2層	5 mW	468 nm	3.3 V	7E-3Ωcm ²
R1	通常Mg濃度1層	4 mW	470 nm	3.3 V	7E-3Ωcm ²
R2	高Mg濃度1層	4.8 mW	465 nm	3.7 V	8E-2Ωcm ²

測定驅動電壓作為接通20 mA之直流電流時之值。

該結果顯示，實施例之LED對於兩種比較例之LED具有高光輸出與低驅動電壓及低接觸電阻該兩方面。雖然於比較例1之LED中，接觸電阻與驅動電壓低，但是比較例1之光輸出較實施例之LED之光輸出低20%。比較例2之LED之光輸出與實施例之LED之光輸出大致相等，但是比較例2之LED之接觸電阻與驅動電壓高於實施例之LED。

Mg濃度過高或過低，LED之p電極之接觸電阻均有惡化之傾向，較好為 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以上，又，較好為 $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 以下。另一方面，根據SIMS分布曲線，p型AlGaIn層與活性層之界面上之Mg分布曲線之上升存在如下傾向，即，與p型AlGaIn層相接之p型GaIn層之Mg濃度越高，則該Mg分布曲線之上升越陡峭。其原因在於，當p型GaIn層之Mg濃度變高時，鎂原子容易經由p型AlGaIn層而向活性層擴散。

關於比較例1、2及實施例，一方面使用低溫恆溫器向LED通電，一方面於10絕對溫度10 K~420 K之範圍內測定LED之發光光譜。圖4(a)係表示實施例中之EL光譜之圖。圖4(b)係表示比較例1中之EL光譜之圖。圖5係根據實施例及比較例1中之活性層而表示發光強度與環境溫度之關係的圖。實施例之測定值由「Δ」表示，比較例1之測定值由

「□」表示。比較例1中，於低溫下380 nm附近出現由p型半導體層上之予體受主對引起之發光峰值。因此，普遍認為由於低溫下p型半導體層中之予體受主對發光效率提高，故而自活性層向p型半導體層洩漏之電子引起上述發光。另一方面，於實施例中，普遍認為即使於低溫下亦只能觀測到來自活性層之460 nm附近之發光，因此，電子自活性層向p型半導體層洩漏之洩漏量小至可忽略不計的程度。

如圖6(a)所示，於比較例1之LED結構中，p型AlGa_N與活性層之界面上形成有予體性缺陷D，該缺陷使p型AlGa_N層之障壁高度降低。認為由於該障壁高度之降低而產生電子洩漏。

於比較例2之LED結構中，結果為，雖然發光效率高，但是驅動電壓大，該結構並不理想。

於實施例之LED結構中，藉由來自高濃度MgGa_N層之Mg擴散而控制p型AlGa_N層中之Mg濃度，如圖6(b)所示，實現Mg分布曲線之陡峭性及予體缺陷之補償C。其結果，可獲得高發光效率。又，與Mg分布曲線之控制相獨立地，提供用以與電極良好地接觸之p型Ga_N層。根據實施例之LED，可良好地與p型電極進行接觸電阻，同時可對予體性缺陷進行補償。

根據上述說明，於第III族氮化物系半導體發光元件11中，當p型摻雜劑濃度達到 $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 以上時，促進摻雜劑擴散之效果提高，因此，p型Al_YGa_{1-Y}N層19之p型摻雜

劑濃度 N_{p19} 較好為 $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 以上。又，p型摻雜劑濃度 N_{p19} 較好為 $1 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ 以下。

於第 III 族氮化物系半導體發光元件 11 中，為了減小與 p 型電極之接觸電阻，p 型 $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ 層 21 之 p 型摻雜劑濃度 N_{p21} 較好為 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以上。又，為了抑制正向電壓 (Vf) 之增加，避免過度添加 p 型摻雜劑，且 p 型 $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ 層 21 之 p 型摻雜劑濃度 N_{p21} 較好為 $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 以下。

於第 III 族氮化物系半導體發光元件 11 中，過量之摻雜劑濃度會使活性化率降低，因此，向活性層供給電洞之 p 型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層 15 之 p 型摻雜劑濃度 N_{p15} 較好為 $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 以下。又，p 型摻雜劑濃度 N_{p15} 較好為 $1.0 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以上。

於第 III 族氮化物系半導體發光元件 11 中，作為 p 型 $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 層 19，可使用 AlGaN 或 GaN。作為 p 型 $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ 層 21，可使用 AlGaN 或 GaN。

較好的是 p 型 $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 層 19 及 p 型 $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ 層 21 均由 GaN 形成。GaN 可加快成長速度，故而可縮短成長時間，從而能夠降低成本。又，由於受主之活性化率提高，故而可降低接觸電阻或電阻率。

於第 III 族氮化物系半導體發光元件 11 中，p 型 $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 層 19 較好的是由 AlGaN 形成，又，p 型 $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ 層 21 較好的是由 GaN 形成。若由 AlGaN 形成，則必需減緩成長速度，故而可容易地提高供給原料中之 Mg 之比率，從而可提高 AlGaN 中之 Mg 濃度。

進而，於第 III 族氮化物系半導體發光元件 11 中，p 型

$\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層15之材料不限定於 AlGaN ，亦可使用 GaN 。依據活性層中之發光波長， GaN 亦可用作電子塊層。

於較佳之實施形態中，已對本發明之原理進行了圖示與說明，但業者認為本發明於不脫離該原理之情形下，其配置及詳細情況可變更。本發明並不限於本實施形態中所揭示之特定之構成。因此，主張基於申請專利範圍及其精神之範圍的所有修正及變更之權利。

【圖式簡單說明】

根據參照附圖而說明之本發明之較佳實施形態之以下的詳細記述，更容易使本發明之上述目的及其他目的、特徵、以及優點變得明確。

圖1係概略表示本實施形態之第III族氮化物系半導體發光元件之圖

圖2係表示用於磊晶晶圓A之二次離子質量分析(SIMS)之結果的圖。

圖3係表示用於磊晶晶圓R之SIMS之結果的圖。

圖4(a)、(b)係表示實施例及比較例1中之EL光譜之圖。

圖5係藉由實施例及比較例1中之活性層而表示發光強度與環境溫度之間之關係的圖。

圖6(a)、(b)係表示活性層及p型半導體層之能帶圖之圖。

【主要元件符號說明】

11 第III族氮化物系半導體發光元件

13 n型氮化鎵系半導體層

15	第一 p 型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層
17	活性層
17a	InGaN 井層
17b	障壁層
19	p 型 $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 層
21	p 型 $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ 層
23, 29	電極
25	基板
25a	主表面
25b	背面
27	n 型 AlGaIn 層
L	光
$N_{P15}, N_{P19}, N_{P21}$	p 型摻雜劑濃度

五、中文發明摘要：

本發明提供一種第III族氮化物系半導體發光元件。於該第III族氮化物系半導體發光元件11中，p型 $\text{Al}_Y\text{Ga}_{1-Y}\text{N}$ 層19之p型摻雜劑濃度 N_{P19} 大於p型 $\text{Al}_X\text{Ga}_{1-X}\text{N}$ 層15之p型摻雜劑濃度 N_{P15} ，因此，p型摻雜劑自p型 $\text{Al}_Y\text{Ga}_{1-Y}\text{N}$ 層19向p型 $\text{Al}_X\text{Ga}_{1-X}\text{N}$ 層15擴散，且到達p型 $\text{Al}_X\text{Ga}_{1-X}\text{N}$ 層15與活性層17之界面附近為止。於p型 $\text{Al}_X\text{Ga}_{1-X}\text{N}$ 層15與活性層17之界面附近之p型 $\text{Al}_X\text{Ga}_{1-X}\text{N}$ 層15上，p型摻雜劑濃度之分布曲線 PF1_{Mg} 變得陡峭。又，p型 $\text{Al}_Z\text{Ga}_{1-Z}\text{N}$ 層21之p型摻雜劑濃度與p型 $\text{Al}_Y\text{Ga}_{1-Y}\text{N}$ 層19之p型摻雜劑濃度 N_{P19} 互相獨立被規定。

六、英文發明摘要：

十一、圖式：

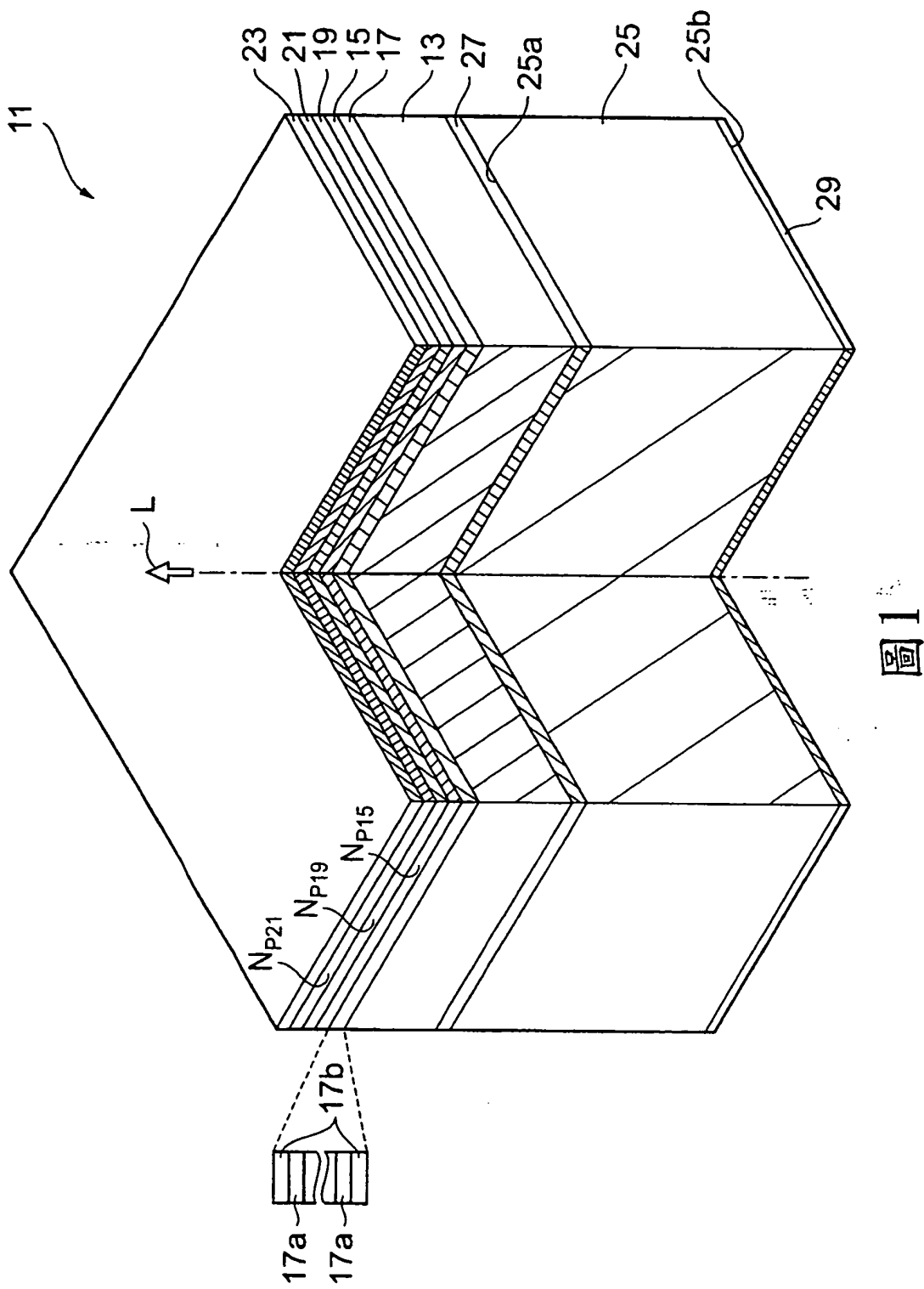


圖1

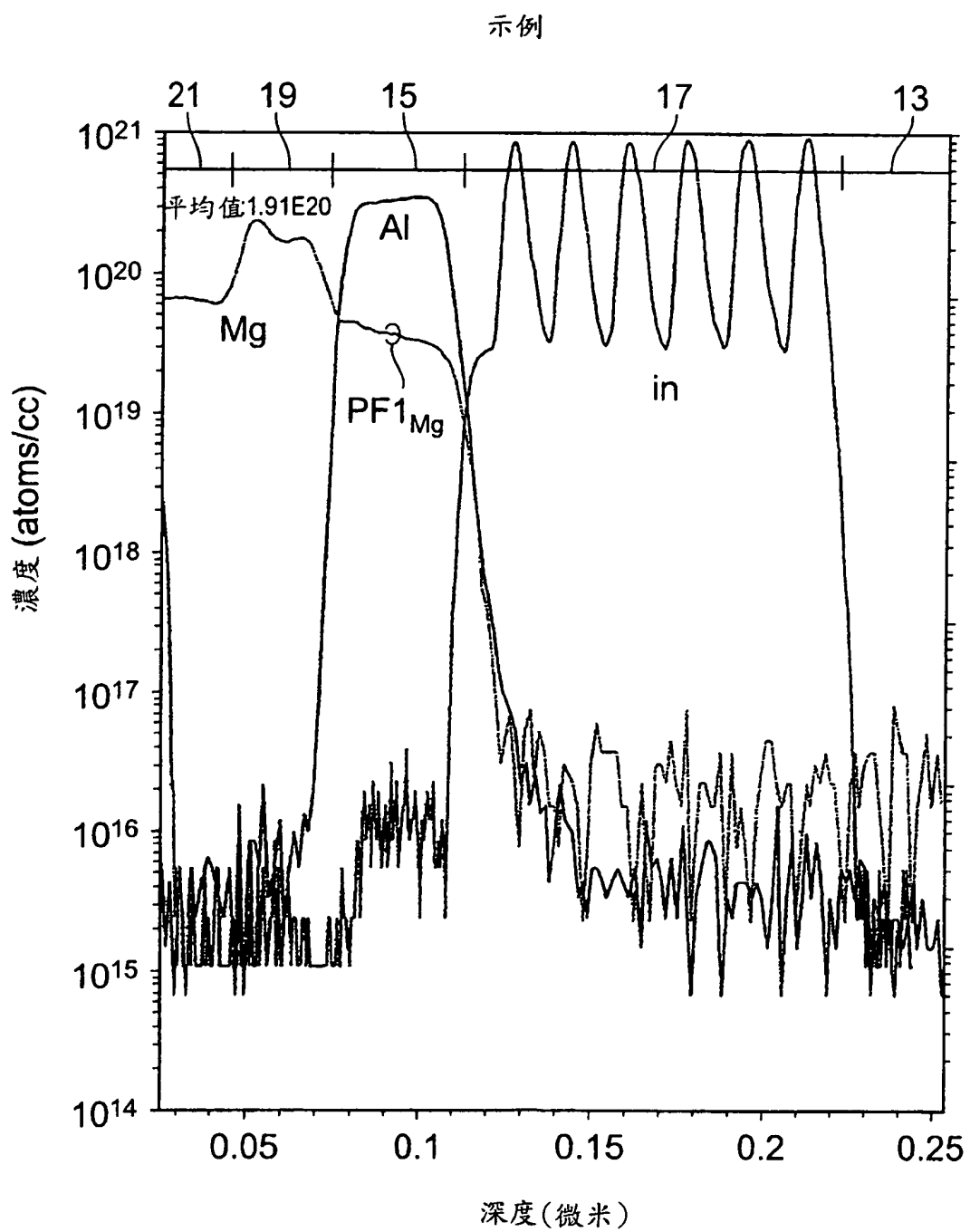


圖2

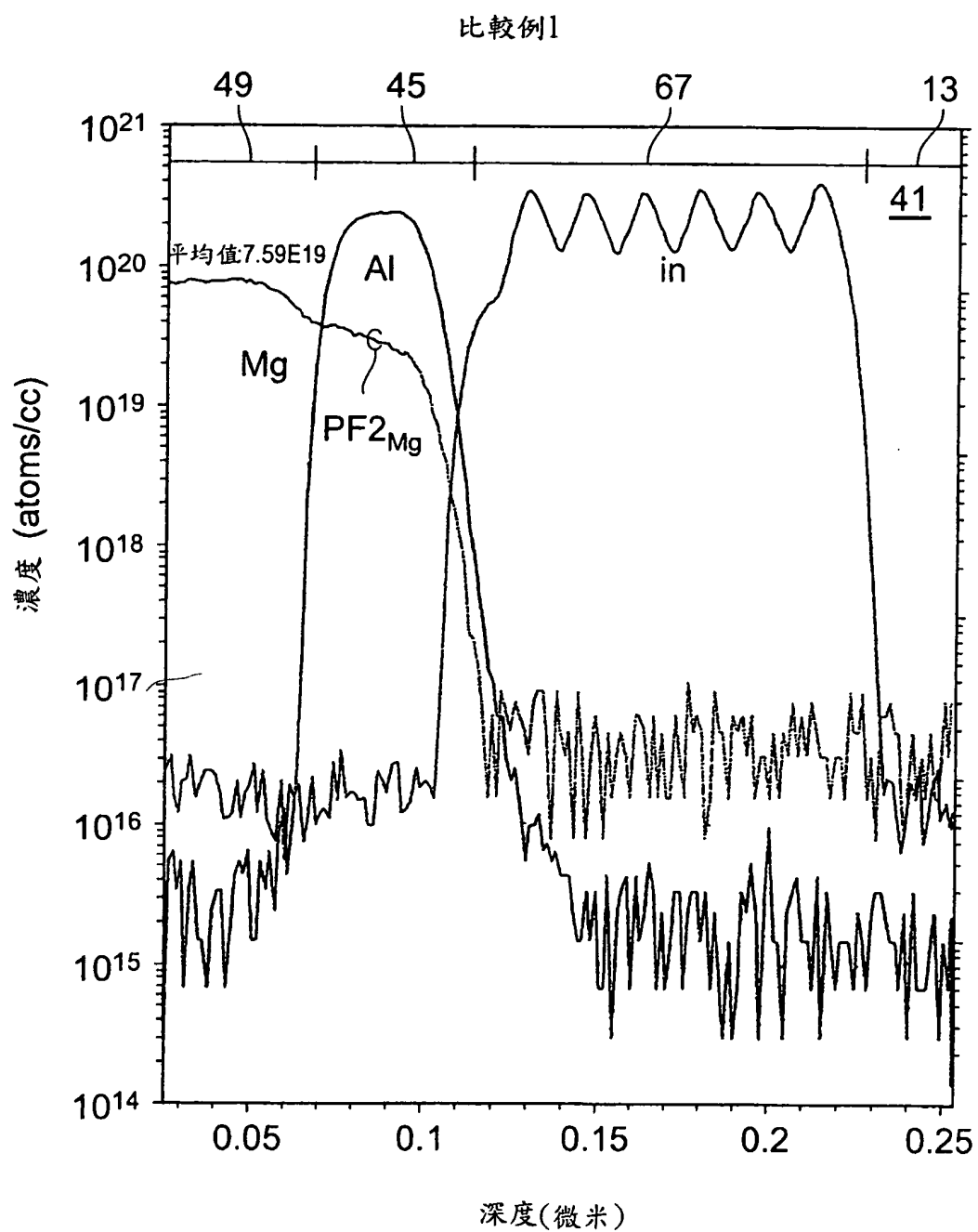


圖3

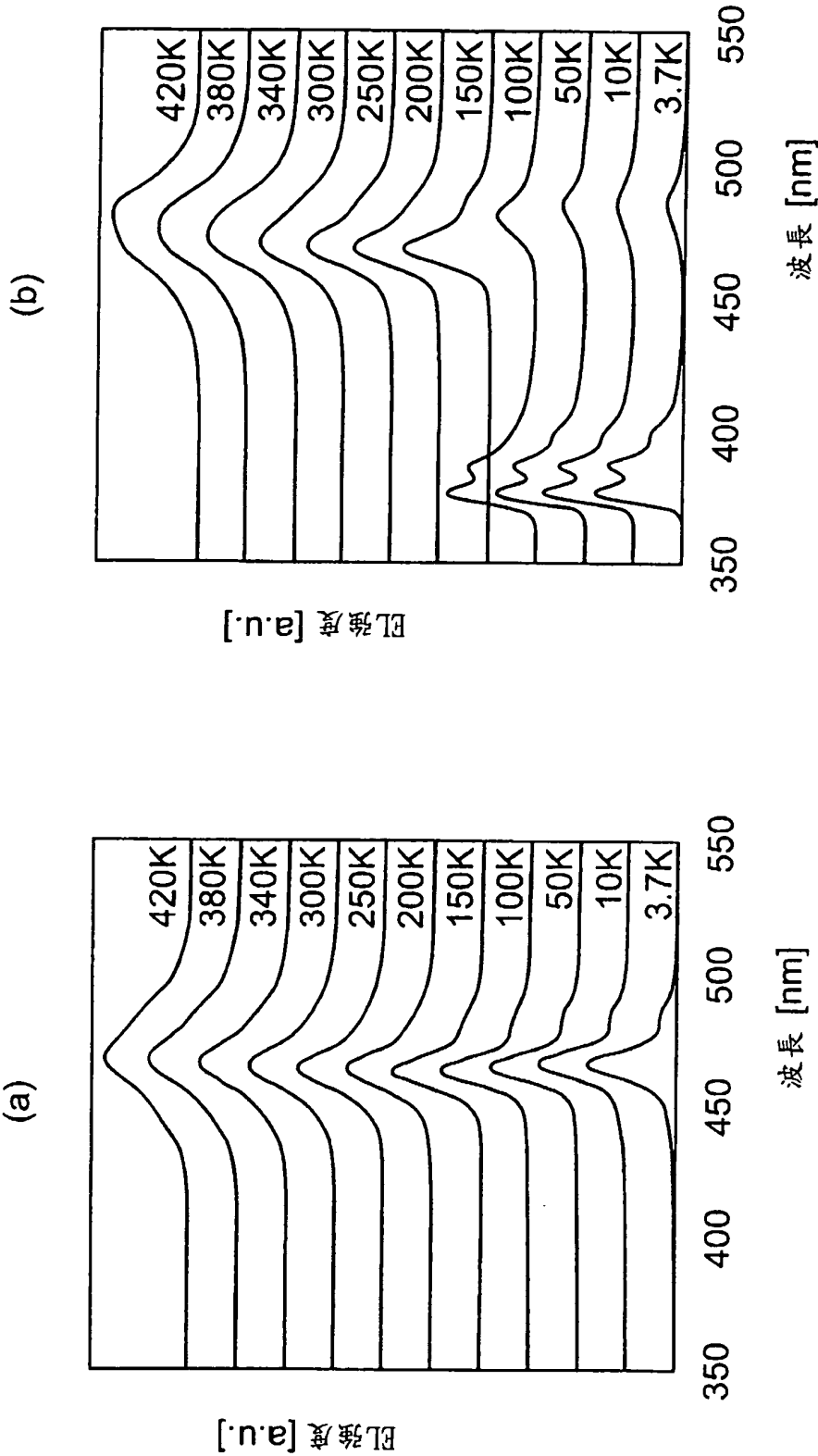


圖4

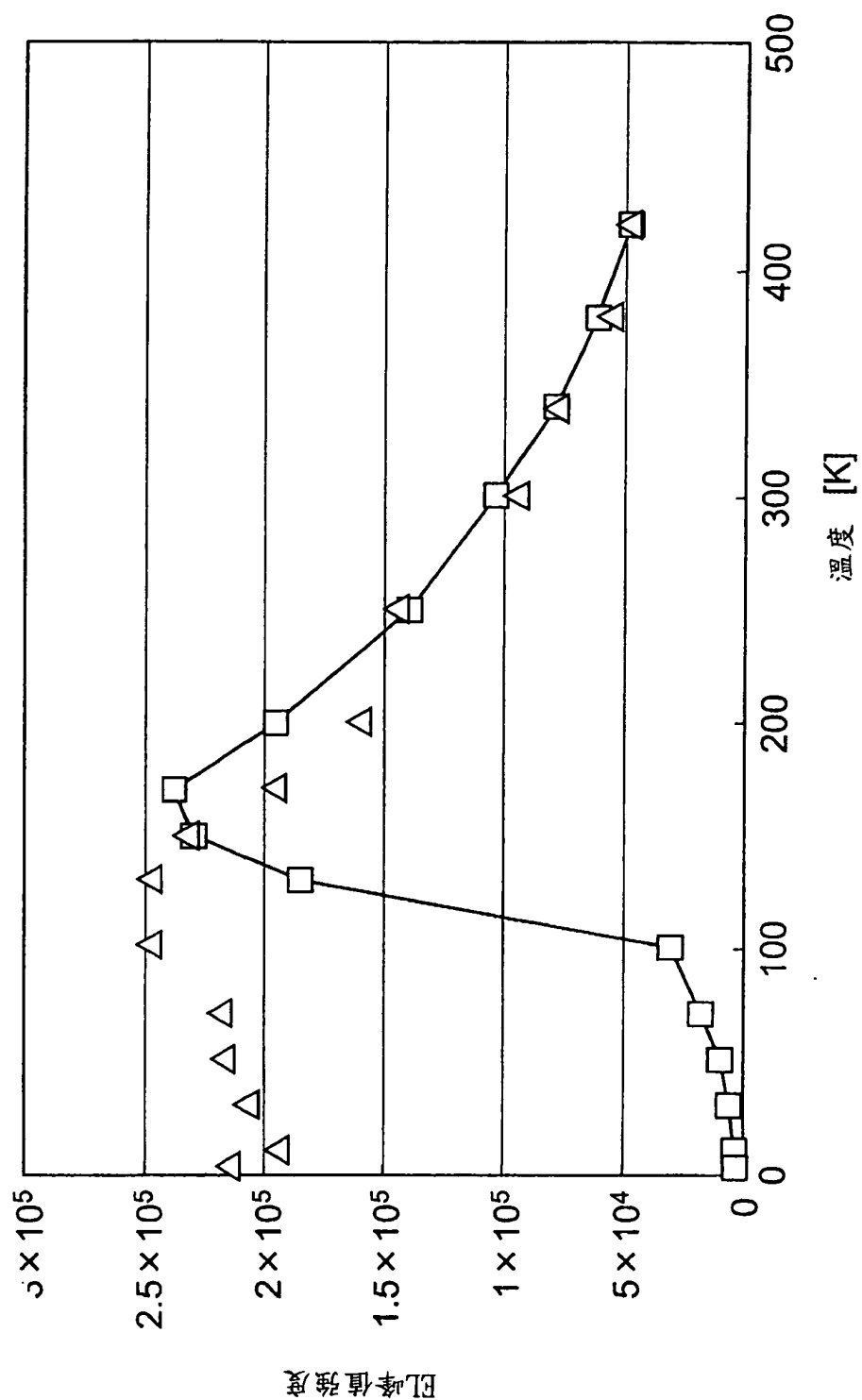


圖5

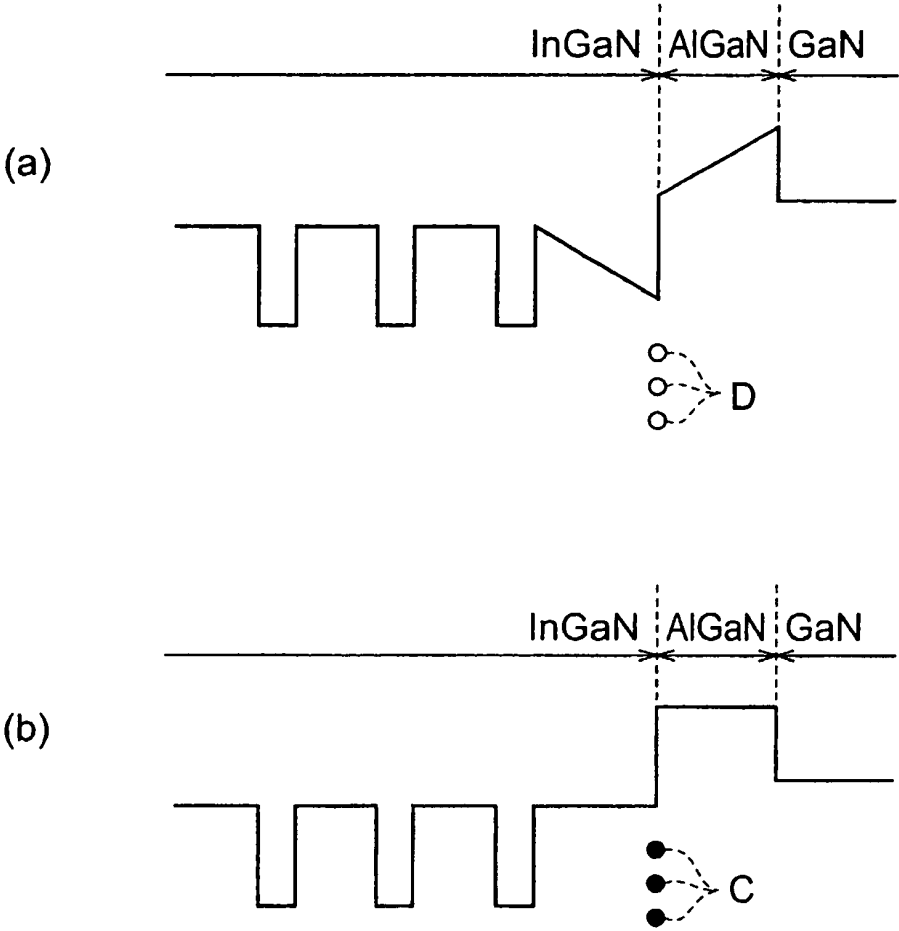


圖6

七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(2)圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

(無元件符號說明)

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

(無)

十、申請專利範圍：

1. 一種第 III 族氮化物系半導體發光元件，其特徵在於：其具備：

n 型氮化鎵系半導體層；

第一 p 型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x < 1$) 層；

發光層，設置於上述 n 型氮化鎵系半導體層與上述第一 p 型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層之間，且包含 InGaN 層；

第二 p 型 $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ ($0 \leq y \leq x < 1$) 層，設置於上述第一 p 型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層上；

第三 p 型 $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ 層 ($0 \leq z \leq y \leq x < 1$)，設置於上述第二 p 型 $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 層上；以及

與上述第三 p 型 $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ 層接觸之 p 電極；且

上述第二 p 型 $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 層之 p 型摻雜劑濃度大於上述第一 p 型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層及上述第三 p 型 $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ 層之 p 型摻雜劑濃度。

2. 如請求項 1 之第 III 族氮化物系半導體發光元件，其中上述第二 p 型 $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 層之 p 型摻雜劑濃度為 $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 以上。
3. 如請求項 1 之第 III 族氮化物系半導體發光元件，其中上述第三 p 型 $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ 層之 p 型摻雜劑濃度為 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以上、 $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 以下。
4. 如請求項 2 之第 III 族氮化物系半導體發光元件，其中上述第三 p 型 $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ 層之 p 型摻雜劑濃度為 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以上、 $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 以下。

5. 如請求項1~3中任一項之第III族氮化物系半導體發光元件，其中

上述第一p型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層之p型摻雜劑濃度為 $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 以下。

6. 如請求項1~3中任一項之第III族氮化物系半導體發光元件，其中

上述第二p型 $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 層包含GaN。

7. 如請求項1~3中任一項之第III族氮化物系半導體發光元件，其中

上述第一p型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層包含GaN。

8. 如請求項1~3中任一項之第III族氮化物系半導體發光元件，其中

上述第三p型 $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ 層包含GaN。

9. 如請求項1~3中任一項之第III族氮化物系半導體發光元件，其中

上述第一p型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層之p型摻雜劑為Be、Mg、Zn中之至少一種；

上述第二p型 $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 層之p型摻雜劑為Be、Mg、Zn中之至少一種；

上述第三p型 $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ 層之p型摻雜劑為Be、Mg、Zn中之至少一種。