

公告本

申請日期	2001, 4, 20
案 號	90109518
類 別	H01L 33/00, H01S 5/02

A4
C4

541709

0116588

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書

一、發明 名稱	中 文	Ⅲ族氮化物半導體發光元件及其製法
	英 文	III GROUP NITRIDE SEMICONDUCTOR LUMINESCENT ELEMENT WITH THE PRODUCT METHOD
二、發明 創作人	姓 名	宇田川隆
	國 籍	日本
	住、居所	埼玉縣秩父市大字下影森 1505 番地 昭和電工株式會社 總合研究所秩父研究室內
三、申請人	姓 名 (名稱)	昭和電工股份有限公司 (昭和電工株式會社)
	國 籍	日本
	住、居所 (事務所)	東京都港區芝大門一丁目 13 番 9 號
	代 表 人 姓 名	大橋光夫

裝

訂

線

(由本局填寫)

承辦人代碼：
大 類：
I P C 分類：

A6
B6

本案已向：

國（地區） 申請專利，申請日期： 案號： ，☒有 ☐無主張優先權
日本

2000 年 4 月 21 日 特願 2000-121370

有關微生物已寄存於： ，寄存日期： ，寄存號碼：

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄）

裝

訂

線

五、發明說明(1)

發明所屬之技術範圍

本發明係有關於使用經由於 p 型之矽 (Si) 單晶表面上包含磷化硼 (BP) 系材料之結晶層來形成 III 族氮化物半導體結晶層之磊晶型晶圓，並用於製作 n 側昇 (side-up) 型之發光二極體 (LED) 或雷射二極體等之 III 族氮化物半導體發光元件之技術。

習知技術

具備用於 III 族氮化物半導體發光元件之 III 族氮化物半導體結晶層之磊晶型晶圓方面，已知有使用導電性之 Si 等立方體結晶於基板上，並於其上形成作為 III 族氮化物半導體之 $Al_xGa_yIn_zN$ ($0 \leq X \leq 1$ 、 $0 \leq Y \leq 1$ 、 $0 \leq Z \leq 1$ 、 $X+Y+Z=1$) 層，來製作磊晶型晶圓之習知技術 (特開平 11-40850 號公報)。如使用 Si 之鑽石型或磷化鎵等閃鋅礦型之立方體結晶作為基板，可簡單地構成利用裂開性之發光元件的終端表面。如進一步以 p 型或 n 型導電性之低電阻 Si 單晶為基板，具有所謂可簡單地形成電極之優點。

為了降低與 Si 結晶之晶格失配 (mismatch)，並在 Si 單晶基板上形成結晶缺陷密度低之結晶性優異的 III 族氮化物半導體結晶層，已揭示形成包含 BP 之結晶層於作為用來為了形成 III 族氮化物半導體結晶層於其上之底層的 Si 單晶基板上之技術 (參照特開平 11-162848 號說明書)。又，於包含閃鋅礦型結晶構造之 BP 的結晶層上，係由於光譜帶 (band) 構造，容易形成較於六方體結晶低電阻之立方體結晶的 p 型 III 族氮化物半導體層 (參照特開平 2-275682

五、發明說明(2)

號說明書)。低電阻之立方體 p 型 III 族氮化物半導體結晶層，係由於簡單地構成發光元件之 pn 接合型雙異質(DH)構造的發光部分而有利。

然而，在另一方面 III 族氮化物半導體結晶層，如果由於生成能量變低，則有容易變成六方體結晶之結晶層的傾向。(參照赤崎 勇編著，「III 族氮化物半導體」(1999 年 12 月 8 日初版)培風館(股)發行，37 頁)因此，以包含立方體結晶之 BP 的結晶層作為底層，意圖於其上形成 III 族氮化物半導體結晶層，但是所成長之 III 族氮化物半導體結晶層為底層之結晶構造型式的影響而使層厚度變薄，且容易成長六方體結晶之 III 族氮化物半導體結晶層。因此，如果產生立方晶體之光譜帶構造上特性而可簡單地製作的低電阻 p 型 III 族氮化物半導體結晶層，則有不能穩定地形成厚的層厚度問題。

[發明欲解決之課題]

從積層構造來判斷，使用 III 族氮化物半導體之 LCD 大致區分為 p 側昇型與 n 側昇型。p 側昇型係以 n 型基板作為下層，位於發光層上方的上半部覆蓋層有由 p 型結晶層所構成之 LED。相反地，n 側昇型係以 p 型基板作為下層，指出位於發光層上方配置包含 n 型結晶層之上半部覆蓋層而成的 LED。於 n 側昇型 LED 中，為了由比較於上半部覆蓋層或其上之電流擴散層為 p 型化合物半導體層，一般而言由移動度大之 n 型化合物半導體層所構成，本來，有利於擴散元件驅動電流於發光部之寬廣範圍。即，形成有利於簡

五、發明說明(3)

單地獲得高亮度之Ⅲ族氮化物半導體發光元件的構造。

因此於本發明中，係提供用來克服習知技術上之問題點，並製作高亮度之 n 側昇型Ⅲ族氮化物半導體發光元件之技術。特別地於本發明中，係提供利用於 p 型 Si 單晶基板上具有經由包含 BP 系材料之結晶層所設置之Ⅲ族氮化物半導體結晶層之磊晶型晶圓，並於製作 n 側昇型之Ⅲ族氮化物半導體發光元件時，爲了順利地組合製作有利於形成低電阻之 p 型層之立方晶體之Ⅲ族氮化物半導體結晶層，以及簡單地形成而得之六方體結晶之 n 型Ⅲ族氮化物半導體結晶層的技術。本發明係更提供由具備立方體結晶與六方體結晶之不同結晶構造型式之Ⅲ族氮化物半導體結晶層的磊晶型晶圓，所製作之 n 側昇型的Ⅲ族氮化物半導體發光元件。

[解決課題之手段]

即，本發明係具備包含 p 型導電性之矽(Si)單晶之基板、設置於該基板上之包含磷化硼(BP)系材料之緩衝層、設置並鄰接於該緩衝層上之包含 BP 系材料之立方體結晶之 p 型單晶層、設置並鄰接於該 p 型單晶層之立方體結晶之 p 型Ⅲ族氮化物半導體結晶層、以及設置於該 p 型Ⅲ族氮化物半導體結晶層上之六方體結晶之 n 型Ⅲ族氮化物半導體結晶層之Ⅲ族氮化物半導體發光元件。

特別地本發明係希望前述 p 型Ⅲ族氮化物半導體結晶層之層厚在 10 奈米(nm)以上 500nm 以下。又，希望前述 p 型Ⅲ族氮化物半導體結晶層之摻雜劑爲鋅(Zn)、鎂(Mg)或碳(C)。

五、發明說明(4)

本發明係使用前述立方體結晶之 p 型 III 族氮化物半導體結晶層，及六方體結晶之 p 型 III 族氮化物半導體結晶層於 III 族氮化物半導體發光元件之發光部分者。

又本發明係關於包含 p 型導電性之 Si 單晶之基板上，依次形成包含 BP 系材料之緩衝層、包含 BP 系材料之立方體結晶之 p 型單晶層、立方體結晶之 p 型 III 族氮化物半導體結晶層、以及六方體結晶之 n 型 III 族氮化物半導體結晶層之 III 族氮化物半導體發光元件的製造方法中，其以在較前述緩衝之積層溫度高之溫度下來積層前述 p 型單晶層為特徵之 III 族氮化物半導體發光元件的製造方法。

特別地本發明係希望前述緩衝層之積層溫度為 300℃ ~ 400℃。

又本發明係希望前述立方體結晶之 p 型 III 族氮化物半導體結晶層之積層溫度為 800℃ ~ 1000℃。

又本發明係希望前述六方體結晶之 n 型 III 族氮化物半導體結晶層之積層溫度為 800℃ ~ 1000℃。

[發明之實例]

於本發明之實例中，形成以 p 型 Si 單晶為基板之磊晶型晶圓。該情況下，在結晶面方位為 {100} 或 {111}，可利用添加硼 (B) 之 p 型 Si 單晶為基板。若以 {100}-Si 單晶為基板則有可利用裂開並可容易地分割成個別元件之優點。又若以 {111}-Si 單晶為基板，則有可於該表面上形成包含對於密著性優異之 BP 系材料之結晶層的優點。

五、發明說明(5)

於上述 p 型 Si 單晶基板表面上，首先設置包含 BP 系材料之緩衝層。BP 系材料係含有至少硼(B)與磷(P)來作為構成元素之材料。於 BP 系材料中，除了磷化硼(BP)之外，含有氮磷化硼(組成化學式 BP_xN_{1-x} : $0 < x < 1$)或砷磷化硼(組成化學式 $BA_{1-x}P_x$: $0 < x < 1$)。包含該等 BP 系材料之結晶層係可由鹵素(halogen)或氫化物(hydride)氣相成長(VPE)法來積層。或可由有機金屬熱分解氣相成長(MOCVD)法來積層。

包含 BP 系材料之緩衝層係於恰成長(as-grown)狀態以非晶形(amorphous)為主體所構成者為最適。其中係例如為了有效率地緩和造成包含 BP 之單晶層與 Si 單晶基板約 17%之重大的晶格失配，並於 Si 單晶基板上經由包含 BP 系材料之緩衝層來形成包含 BP 系材料之立方體結晶之 p 型單晶層。因此包含 BP 系材料之緩衝層的溫度係以無論上述之成長法之任一種之 $300 \sim 400^\circ\text{C}$ 之低溫為佳。右上述緩衝層之層厚係以從約 5nm 到約 50nm 範圍為適。又，緩衝層之層厚超過約 15nm 之情況，係希望成為摻雜 p 型不純物之 p 傳導型層。

該包含 BP 系材料之緩衝層係於積層包含 BP 系材料之立方體結晶之 p 型單晶層於其上之後，成為由多結晶或非晶型所構成的層。

包含 BP 系材料之立方體結晶之 p 型單晶層，係鄰接於上述緩衝層來成長。上述緩衝層係作用來緩和 Si 單晶基板與 p 型單晶層之晶格失配、並造成對於錯配(misfit)轉移

五、發明說明(6)

等之結晶缺陷密度小之結晶性優異之 p 型單晶層來作為底層。又上述緩衝層係於積層包含 BP 系材料之立方體結晶之 p 型單晶層時，該 p 型單晶層則作用為抑制從基板剝離之機能層。

包含 Si 單晶及 BP 系材料之 p 型單晶層為立方體之結晶時，係有利於作用來於其上積層立方體結晶之Ⅲ族氮化物半導體結晶層，接合於包含 BP 系材料之 p 型單晶層所設置之Ⅲ族氮化物半導體結晶層，則變成閃鋅礦型之立方體結晶之結晶層。

於本發明中係於 p 型 Si 單晶基板上，經由上述緩衝層來設置包含 BP 系材料之 p 型單晶層。包含 BP 系材料之 p 型單晶層係可由以三氯化硼(BCl_3)、三氯化磷(PCl_3)、乙硼烷(B_2H_6)或磷化氫(PH_3)等作為原料之上述一般的 VPE 法來積層。又可由以三乙基硼烷($(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{B}$)或 PH_3 為原料之 MOCVD 來積層。於包含 BP 系材料之單晶層的積層時，如果摻雜 p 型不純物，可形成 p 型單晶層。適合的 p 型不純物方面舉例有鋅(Zn)或鎂(Mg)。P 型載體濃度方面，以約 $5 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 以上約 $5 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 以下為適。於超過約 $5 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 之高載體濃度之單晶層，由於會損及總體表面之平坦性，而變得不適合於其上半部形成表面平坦性優異之層。

包含 BP 系材料之 p 型單晶層，在包含上述 BP 系材料之緩衝層的情況下，係由不同之單結晶所形成。該單晶層係以超過緩衝層之積層溫度作為積層溫度而得。例如，如

五、發明說明(7)

果以 $(C_2H_5)_3B$ 及 PH_3 爲原料、使用氫氣作爲氛圍氣體之常壓(大氣壓)的 MOCVD 法之 p 型單晶層之氣相成長爲例，若以約 $500^\circ C \sim 850^\circ C$ 爲積層溫度而得單晶層。

又，上述 p 型單晶層之層厚係以從約 50nm 至約 5nm 之範圍爲適。

此處，例如閃鋅礦結晶型之立方體結晶之 BP 結晶晶格定數爲 $4.538\text{\AA}$ ，且與由於作爲一種 III 族氮化物半導體之立方體結晶之氮化鎵(GaN)結晶之晶格定數($=4.510\text{\AA}$)約略相同，所以兩者之晶格失配小。因此在包含立方體結晶之 BP 的單晶層上，可成長結晶缺陷少之結晶性優異的立方體結晶之 GaN 結晶層。由於在該等介面之晶格失配變小，以調整包含 BP 系材料之立方體結晶之 p 型單晶層與立方體結晶之 p 型 III 族氮化物半導體結晶層的組合，可形成鄰接於 p 型單晶層、結晶缺陷少之結晶性優異之 p 型 III 族氮化物半導體結晶層。

一般地，立方體結晶之 III 族氮化物半導體，係可簡單地形成由其光譜帶構造製成之 n 型導體及 p 型導體。因此比較於六方體結晶之 III 族氮化物半導體結晶層，可簡單地形成低電阻之 p 型 III 族氮化物半導體結晶層。立方體結晶之 p 型 III 族氮化物半導體結晶層，於積層時如果以鋅(Zn)或鎂(Mg)等第 II 族元素、或第 IV 族元素的碳(C)作爲摻雜劑則可形成。爲了積層立方體結晶之 III 族氮化物半導體結晶層，積層溫度以比較於積層六方體結晶之 III 族氮化物半導體結晶層之情況爲低溫之 $800^\circ C \sim 1000^\circ C$ 爲

五、發明說明(8)

適。關於本發明之立方體結晶之 p 型 III 族氮化物半導體結晶層方面，載體濃度以 $5 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 以上、電阻率以 10 歐姆·公分 ($\Omega \cdot \text{cm}$) 以下為佳。上述之 p 型 III 族氮化物半導體結晶層係於上述氣相成長手段方面，可由分子線磊晶 (MBE) 成長法來形成。

於包含立方體結晶之 BP 系材料之 p 型單晶層上，設置 III 族氮化物半導體結晶層的情況下，亦有 III 族氮化物半導體結晶層之層厚變大，以及於該結晶層中六方體結晶之結晶形態變得優勢的傾向。於極體終端之層厚變大之 III 族氮化物半導體結晶層，係變成立方體結晶與六方體結晶混合存在的結晶層，變成不能得到以立方體結晶為主體之 III 族氮化物半導體結晶層。因此，在得到的立方體結晶之 III 族氮化物半導體結晶層中，層厚以 500nm 以下，而以 200nm 以下為佳。立方體結晶之 p 型 III 族氮化物半導體結晶層係可利用例如 pn 接合型 DH 構造之發光部分作為 p 型覆蓋層。在利用 p 型 III 族氮化物半導體結晶層作為 p 型覆蓋層的情況下，由於充分地發揮載體封閉之效果，層厚以 10nm 以上為佳。

六方體結晶之 III 族氮化物半導體結晶層，可由 VPE 法或 MOVCD 法等之氣相成長法，來形成於立方體結晶之 III 族氮化物半導體結晶層上。特別地，在不以氣相成長手段中，由於積層溫度設定在較立方體結晶之 III 族氮化物半導體結晶層之積層溫度高的 1000°C 以上，可有效率地形成六方體結晶之 III 族氮化物半導體結晶層。但是在該情況

五、發明說明(9)

下，六方體結晶之Ⅲ族氮化物半導體結晶層之積層溫度，係無視於該結晶之昇華影響之溫度。六方體結晶之Ⅲ族氮化物半導體結晶層亦可經由他層積層於立方體結晶之Ⅲ族氮化物半導體結晶層上。

Ⅲ族氮化物半導體結晶層為立方體結晶或六方體結晶，係由依照一般之 X 射線折射分析法或電子射線折射法等之折射圖案(pattern)來判斷。又如果依照例如 X 射線折射法，可由 X 射線折射強度之比例得知立方體結晶與六方體結晶之混合比例(重量比例)。此處，立方體結晶之Ⅲ族氮化物半導體結晶層或六方體結晶之Ⅲ族氮化物半導體結晶層，個別至少包含 80 重量%之立方體結晶或六方體結晶，則稱為以立方體結晶或六方體結晶為主體之結晶層。

pn 接合型 DH 構造之 n 型覆蓋層，係可與其由立方體不如由六方體之 n 型Ⅲ族氮化物半導體結晶層，較適合地來形成。例如，纖鋅礦(wurtzite)之六方體結晶 GaN 的禁止帶幅約為 3.2eV。因此，如果由六方體結晶構成 n 型Ⅲ族氮化物半導體結晶層，比較於發光層之接合障礙高，因而具有形成效率較高地得到載體之封閉效果的覆蓋層之優點。六方體結晶之 n 型Ⅲ族氮化物半導體結晶層雖亦可於非摻雜(undoped)的狀態下得到，但是如果於積層時摻雜作為 n 型不純物之已知的矽(Si)、硫(S)或硒(Se)來作為 n 型不純物，可形成與載體濃度一起調整電阻率的 n 型結晶層。以 n 型Ⅲ族氮化物半導體結晶層作為覆蓋層知適

五、發明說明(10)

當的載體濃度約為 $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 左右或以上。又希望層厚為 50nm 以下、約 5nm 以上之範圍中。

關於本發明之Ⅲ族氮化物半導體發光元件係於 p 型 Si 單晶基板上，具備包含 BP 系材料之緩衝層及六方體結晶之 n 型Ⅲ族氮化物半導體結晶層，並由使用立方體結晶之 p 型Ⅲ族氮化物半導體結晶層及六方體結晶之 n 型Ⅲ族氮化物半導體結晶層於 pn 接合型 DH 構造發光部分之磊晶型晶圓來製作。各別地形成 p 型歐姆(Ohmic)電極於該磊晶型晶圓之 p 型 Si 單晶基板之內面、及 n 型歐姆電極於晶圓之磊晶層上，由於分離成個別元件而可製作側昇型發光元件。該情況下，p 型歐姆電極可由例如鋁(Al)或金(Au)，或者該等之合金來構成，置於 n 型Ⅲ族氮化物半導體結晶層之 n 型歐姆電極則可由例如 Au 或 Au 合金等來構成。

[作用]

包含設置於本發明之 Si 單晶基板上之 BP 系材料的緩衝層，具有增強包含其上之 BP 系材料之 p 型單晶層與 Si 單晶基板之密著性的作用。又，具有對緩和 Si 單晶基板與包含 BP 系材料之 p 型單晶層之晶格失配的結晶性之 p 型單晶層的作用。

又由於在包含本發明之 BP 系材料之 p 型單晶層與立方體結晶之 p 型Ⅲ族氮化物半導體結晶層之介面的晶格失配變小，以調整 p 型單晶層與 p 型Ⅲ族氮化物半導體結晶層之組層，於 p 型單晶層上，可形成結晶缺陷少之結晶性優異的 p 型Ⅲ族氮化物半導體結晶層。又立方體結晶 p 型單晶

五、發明說明(11)

層，具有有效率地帶來立方體結晶之 p 型 III 族氮化物半導體結晶層的作用。

又於本發明中，由於以立方體結晶之 III 族氮化物半導體結晶層構成發光部分之 p 型覆蓋層、以六方體結晶之 III 族氮化物半導體結晶層構成 n 型覆蓋層，可製作 p 型覆蓋層的電阻率低，且 n 覆蓋層載體之封閉效果大之 pn 接合型 DH 構造之發光部分。

[實例]

以下基於實例來詳細地說明關於本發明之 III 族氮化物半導體發光元件。第 1 圖係關於以 III 族氮化物半導體結晶層作為發光部分之本實例的 LED 100 之平面模型圖。

於本實例中，首先，製作具備包含下述(1)~(6)之 p 型 Si 單晶之基板 101、包含 BP 之緩衝層 102、包含 BP 之立方體結晶之 p 型單晶層 103、立方體結晶之 p 型 GaN 層 104、包含氮化鎵銦之發光層 105、六方體結晶之 n 型 GaN 層 106 之磊晶型晶圓。

(1) 包含具有摻雜硼(B)之 p 型(100)面的 Si 單晶之基板 101。

(2) 以於原料中使用三乙基硼烷($(C_2H_5)_3B$)與磷化氫(PH_3)並以氫氣(H_2)作為氛圍氣之常壓(大氣壓)的 MOCVD 法，並設定 PH_3 與 $(C_2H_5)_3B$ 之供給比例(V/III 比例)成約 100，於 $350^\circ C$ 下成長，以包含層厚約 20nm 之非晶型之磷化硼(BP)之 Zn 摻雜的 p 型緩衝層 102。

(3) 以二甲基鋅($(CH_3)_2Zn$)作為 Zn 之摻雜劑原料，以上

五、發明說明(12)

述之 MOCVD 法，於約 550°C 下積層在上述緩衝層 102 上，層厚約為 $1\mu\text{m}$ ，包含載體濃度約為 $1 \times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ 之立方體結晶之 BP 的 Zn 摻雜之 p 型單晶層 103。

(4) 以於原料中使用三甲基鎵 $((\text{CH}_3)_3\text{Ga})$ 與氨 (NH_3) 並以氫氣 (H_2) 作為氛圍氣之常壓(大氣壓)的 MOCVD 法，於 880°C 下成長之層厚約為 50nm ，以約 $1 \times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ 為載體濃度之 Mg 摻雜之立方體結晶之 p 型 GaN 層 104。

(5) 以於原料中使用 $(\text{CH}_3)_3\text{Ga}$ 、環戊二烯銦(I) $(\text{C}_5\text{H}_5\text{In(I)})$ 與 NH_3 ，並以氫氣 (H_2) 作為氛圍氣之常壓(大氣壓)的 MOCVD 法，於 880°C 下成長，平均銦(In)組成比約為 0.15，由包含 In 組成不同之複數相(phase)之多相結構所構成，包含層厚約為 12nm 之 n 型氮化鎵銦 $(\text{Ga}_{0.88}\text{In}_{0.12}\text{N})$ 混晶之發光層 105。

(6) 以於原料中使用 $(\text{CH}_3)_3\text{Ga}$ 與 NH_3 ，並以氫氣 (H_2) 作為氛圍氣之常壓(大氣壓)的 MOCVD 法，於 1080°C 下成長，層厚約為 $1\mu\text{m}$ 、載體濃度約為 $3 \times 10^{17}\text{cm}^{-3}$ 之六方體結晶之 n 型 GaN 層 106。

LED 100 係由上述之磊晶型晶圓來製作。此處，立方體結晶之 p 型 GaN 層 104、發光層 105 與六方體結晶之 n 型 GaN 層 106 成為 LED 100 之 pn 接合型 DH 構造的發光體，p 型 GaN 層 104 與 n 型 GaN 層 106 個別相當於 p 型覆蓋層、n 型覆蓋層。

以利用穿透式電子顯微鏡(TEM)法之剖面 TEM 法與 X 射線

五、發明說明(13)

折射法來解析該磊晶型晶圓的結果，p 型 GaN 層 104 則顯示由於閃鋅礦型立方體結晶之折射。又 p 型 GaN 層 104 則成為上述之如載體(正孔)濃度高、且電阻率約為 $1\Omega \cdot \text{cm}$ 之低電阻結晶層。

LED 100 係利用眾所週知之微影(攝影蝕刻)技術，於上述之磊晶型晶圓上形成接下來之 n 型及 p 型的歐姆(Ohmic)電極 107、108 來製作。

(7) 形成於最表面之 n 型 GaN 層 106 上、包含金之直徑約為 $130\mu\text{m}$ 的圓形 n 型歐姆電極 107。

(8) 形成於 Si 單晶基板 101 內面之約略全面上之包含鋁(Al)的 p 型歐姆電極 108。

其次，利用基板 101 之 Si 單晶[110]方向之劈開性，以一般劃線手段，將形成歐姆電極 107、108 之磊晶型晶圓分割成個別元件(晶片)。晶片之平面形狀係一邊約為 $350\mu\text{m}$ 之正方形。

於順著 n 型及 p 型歐姆電極 107、108 之間的方向流通驅動電流，得到使 LED 100 發光之下述的發光特性。

(a) 發光波長=460nm

(b) 發光亮度=1.0 堪德拉(cd)

(c) 順方向電壓=3.6 伏特(V)(但是順方向電流=20mA)

(d) 逆方向電壓=20V 以上(但是逆方向電流= $10\mu\text{A}$)

特別在本發明中，由於設置接合 p 型 GaN 層 104 於包含立方體結晶 BP 之 p 型單晶層 103，可作為如上述之低電阻立方體結晶之結晶層，該結果為於 LED 100 中，比較習

五、發明說明(14)

知之 LED 則可降低順方向電壓。

[發明之效果]

根據本發明，於 p 型 Si 單晶基板上，由於接合於包含閃鋅礦結晶型之 BP 系材料之單晶層，並形成立方體結晶之 p 型 III 族氮化物半導體結晶層，p 型 III 族氮化物半導體結晶層則容易成為低電阻。又，由於可由六方體結晶之 n 型 III 族氮化物半導體結晶層形成 pn 型接合型雙異質 (DH) 結合構造發光部之 n 型覆蓋層，可製作高亮度之 n 側昇型之 III 族氮化物半導體發光元件。

[圖式簡單說明]

第 1 圖係關於本發明實例之 LED 平面模型圖。

第 2 圖係沿著示於第 1 圖之破折線 A-A' 之剖面模型圖。

[符號說明]

100....LED

101....基板

102....緩衝層

103....p 型單晶層

104....p 型 GaN 層

105....發光層

106....n 型 GaN 層

107....n 型歐姆電極

108....p 型歐姆電極

四、中文發明摘要 (發明之名稱： III 族氮化物半導體發光元件及其製法)

[課題] 提供一種由具備立方體結晶與六方體結晶之不同結晶構造型式之 III 族氮化物半導體結晶層，來製作 n 側昇型之 III 族氮化物半導體發光元件。

[解決手段]於包含 p 型導電性 Si 單晶之基板上，依序形成包含 BP 系材料的緩衝層、包含 BP 系材料之立方體結晶的 p 型單晶層、立方體結晶之 p 型 III 族氮化物半導體結晶層、及六方體結晶之 n 型 III 族氮化物半導體結晶層。並最適化上述緩衝層、立方體結晶之 p 型 III 族氮化物半導體結晶層、及六方體結晶之 n 型 III 族氮化物半導體結晶層之積層溫度。

英文發明摘要 (發明之名稱： III GROUP NITRIDE SEMICONDUCTOR LUMINESCENT ELEMENT WITH THE PRODUCT METHOD)

There is n-side-up type of III group nitride semiconductor luminescent element provided, which is produced from III group nitride semiconductor crystal layers with various crystal structural types of cube and hexahedron.

On the base board which includes p-type conductive Si single crystal layer, there are buffering layer including BP material, cubic crystal layer of p-type III group nitride semiconductor crystal, and hexahedral crystal layer of n-type III group nitride semiconductor crystal produced in order. And the compacting temperatures of the mentioned buffering layer including BP material, cubic crystal layer of p-type III group nitride semiconductor crystal, and hexahedral crystal layer of n-type III group nitride semiconductor crystal are optimized.

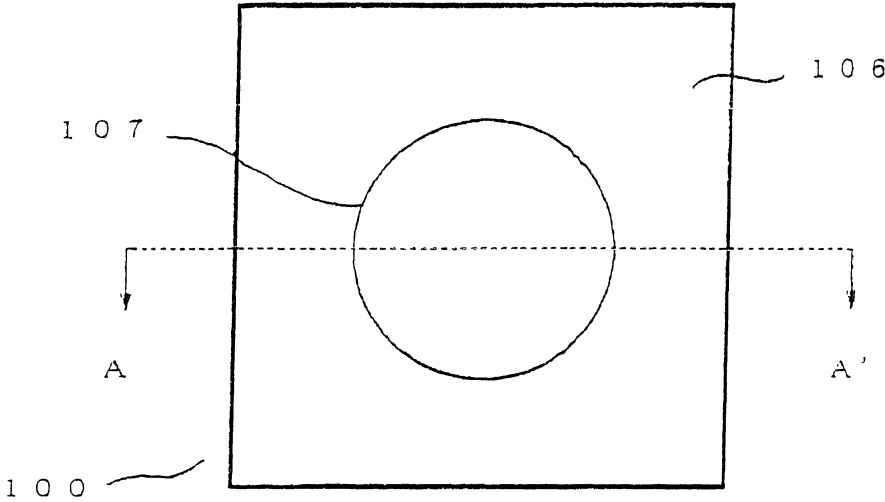
(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

裝

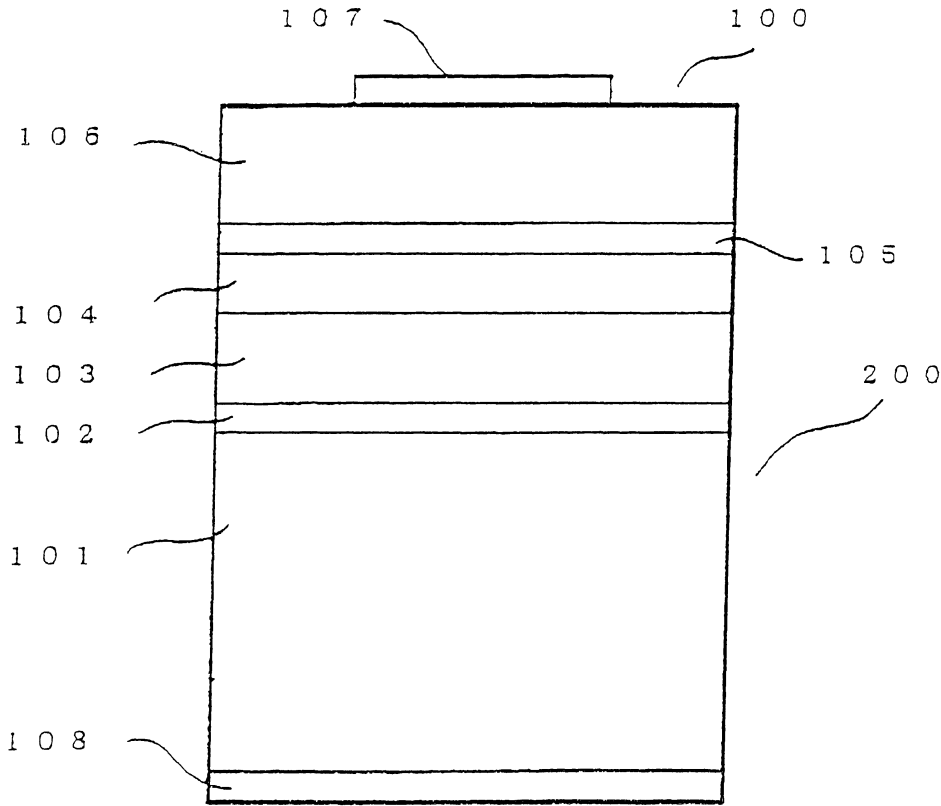
訂

線

第1圖



第2圖



六、申請專利範圍

第 90109518 號「III 族氮化物半導體發光元件及其製法」
專 利 案

(91 年 11 月 28 日修正)

六 申請專利範圍：

1. 一種 III 族氮化物半導體發光元件，其具備：p 型導電性之矽 (Si) 單晶所形成之基板、設置於該基板上之由磷化硼 (BP) 系材料所形成之緩衝層、鄰接於該緩衝層上所設置之由 BP 系材料所形成之立方體結晶之 p 型單晶層、鄰接於該 p 型單晶層所設置之立方體結晶之 p 型 III 族氮化物半導體結晶層、以及設置於該 p 型 III 族氮化物半導體結晶層上之六方體結晶之 n 型 III 族氮化物半導體結晶層。
2. 如申請專利範圍第 1 項之 III 族氮化物半導體發光元件，其中前述 p 型 III 族氮化物半導體結晶層之層厚為 10 奈米 (nm) 以上、50nm 以下。
3. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之 III 族氮化物半導體發光元件，其中 p 型 III 族氮化物半導體結晶層之摻雜劑為鋅 (Zn)、鎂 (Mg) 或碳 (C)。
4. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之 III 族氮化物半導體發光元件，其中使用立方體結晶之 p 型 III 族氮化物半導體結晶層及六方體結晶之 n 型 III 族氮化物半導體結晶層於發光部分中。
5. 如申請專利範圍第 3 項之 III 族氮化物半導體發光元件

六、申請專利範圍

，其中使用立方體結晶之 p 型Ⅲ族氮化物半導體結晶層及六方體結晶之 n 型Ⅲ族氮化物半導體結晶層於發光部分中。

6. 一種Ⅲ族氮化物半導體發光元件之製造方法，其於 p 型導電性之 Si 單晶所形成之基板上，依次形成：由 BP 系材料所形成之緩衝層、由 BP 系材料所形成立方體結晶之 p 型單晶層、立方體結晶之 p 型Ⅲ族氮化物半導體結晶層、以及六方體結晶之 n 型Ⅲ族氮化物半導體結晶層，在此種Ⅲ族氮化物半導體發光元件的製造方法中，其特徵為以較前述緩衝層之積層溫度還高之溫度來對前述 p 型單晶層進行積層。
7. 如申請專利範圍第 6 項之Ⅲ族氮化物半導體發光元件之製造方法，其中前述緩衝層之積層溫度為 $300^{\circ}\text{C} \sim 400^{\circ}\text{C}$ 。
8. 如申請專利範圍第 7 項之Ⅲ族氮化物半導體發光元件之製造方法，其中前述立方體結晶之 p 型Ⅲ族氮化物半導體結晶層之積層溫度為 $800^{\circ}\text{C} \sim 1000^{\circ}\text{C}$ 。
9. 如申請專利範圍第 8 項之Ⅲ族氮化物半導體發光元件之製造方法，其中前述六方體結晶之 n 型Ⅲ族氮化物半導體結晶層之積層溫度為 1000°C 以上。