201618331

(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本 (11)公開編號：TW 201618331 A

(43)公開日： 中華民國 105 (2016) 年 05 月 16 日

(21)申請案號：104115598 (22)申請日： 中華民國 104 (2015) 年 05 月 15 日

(51)Int. Cl.： *H01L33/32 (2010.01)*

(30)優先權：2014/08/08 日本 2014-163143

(71)申請人：牛尾電機股份有限公司 (日本) USHIO DENKI KABUSHIKI KAISHA (JP)
日本

(72)發明人：月原政志 TSUKIHARA, MASASHI (JP) ；三好晃平 MIYOSHI, KOHEI (JP) ；杉山徹 SUGIYAMA, TORU (JP)

(74)代理人：林志剛

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：5 項 圖式數：5 共 27 頁

(54)名稱

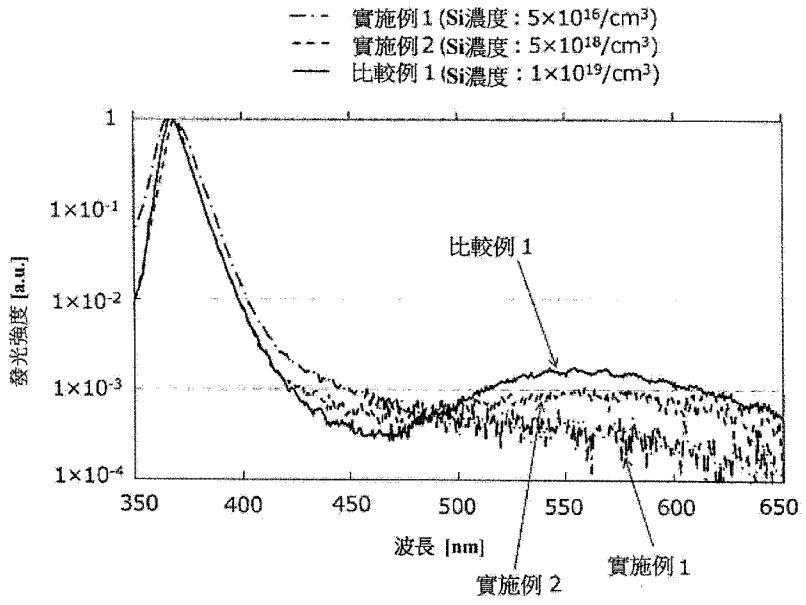
氮化物半導體發光元件

(57)摘要

提供抑制深層發光，提升單色性且發光效率高的氮化物半導體發光元件。本發明的氮化物半導體發光元件，係具有 n 型半導體層、p 型半導體層、被 n 型半導體層及 p 型半導體層挾持所構成之活性層的元件。n 型半導體層包含 GaN 層，GaN 層的 n 型摻雜物濃度為 $5\times10^{18}/cm^3$ 以下。

指定代表圖：

圖 4



201618331

發明摘要

※申請案號：104115598

※申請日：104年05月15日　　※IPC分類：H01L 33/32 (2010.1)

【發明名稱】(中文/英文)

氮化物半導體發光元件

【中文】

〔課題〕提供抑制深層發光，提升單色性且發光效率高的氮化物半導體發光元件。

〔解決手段〕本發明的氮化物半導體發光元件，係具有n型半導體層、p型半導體層、被n型半導體層及p型半導體層挾持所構成之活性層的元件。n型半導體層包含GaN層，GaN層的n型摻雜物濃度為 $5\times10^{18}/cm^3$ 以下。

【英文】

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第(4)圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：無

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：無

發明專利說明書

（本說明書格式、順序，請勿任意更動）

【發明名稱】(中文/英文)

氮化物半導體發光元件

【技術領域】

[0001] 本發明係關於氮化物半導體發光元件，尤其關於提升發光效率的發光元件。

【先前技術】

[0002] 先前，使用氮化物半導體的發光元件，係廣泛被利用於藍色發光二極體等。最近，進而進行短波長的區域，例如發光波長為 370nm 帶域的紫外發光二極體（LED）的開發。

[0003] 但是，製作發光波長為 405nm 以下之紫色波長帶，或波長為 375nm 以下之紫外區域的發光裝置時，會觀察到黃色可視光帶的發光（所謂「深層發光」），裝置的發光色產生泛白的色彩變強之現象。根據該現象，本來應放射紫外光區域或紫色的光線，卻會產生黃色或白色的發光，深層發光所致之可視光成分成為雜訊，有無法取得放射之光線的單色性的問題。又，根據放射需要之波長以外的光線之狀況，會有發光效率本身會降低的問題。

[0004] 作為該深層發光產生的原因，至今被說是活性層中的缺陷及不純物位準的發光，但是並不確定。

[0005] 再者，於後述非專利文獻 1，記載根據光致發光的測定，對於深層發光，C（碳）可能有某些影響。

〔先前技術文獻〕

〔非專利文獻〕

[0006]

〔非專利文獻 1〕水木 其他，「C 摻雜 GaN 的核反應分析：關於晶格間炭與黃色發光的相關」，平成 17 年 3 月，第 52 次應用物理學會關係聯合演講會演講預稿集 31a-L-35

〔非專利文獻 2〕S.Fritze, et al., "High Si and Ge n-type doping of GaN doping - Limits and impact on stress", Applied Physics Letters 100, 122104, （2012）

【發明內容】

〔發明所欲解決之課題〕

[0007] 本案發明者係如上所述，推察出如果活性層中的缺陷及不純物位準的發光是深層發光的原因的話，利用提升活性層的質，可讓深層發光衰減。亦即，推察出利用盡量減少活性層內的缺陷及含有不純物，可讓深層發光大幅衰減。

[0008] 因此，對於主要發光波長為 370nm 帶的各紫外 LED 元件（51～55），流通相同電流，針對個別，測定元件之主要發光波長的發光輸出，與相對於主要發光波長之光強度的深層發光強度之比例（以下，稱為「深層強

度比」）的關係。並於圖 1 揭示該測定結果。

[0009] 在流通相同電流之狀態下，主要發光波長的光強度較高的 LED 元件 54、55 相較於 LED 元件 51、52，具有缺陷及含有不純物較少之良質的活性層。

[0010] 確實，相較於 LED 元件 51，具有比該元件更良質之活性層的 LED 元件 52～55，其深層強度比會降低。僅以此觀點為前提，利用提升活性層的質，可讓深層強度比降低。亦即，可獲得活性層中的缺陷及不純物位準的發光是深層發光的原因之結論。

[0011] 但是，以 LED 元件 51、52、53、54、55 的順序，主要發光波長的發光輸出大幅提升，可說是以此順序，活性層的質提升，可是，深層強度比的降低比例，係相較於此發光輸出的提升的比例，明顯地較低。而且，比較 LED 元件 54 與 55 的話，無關於發光輸出充分出現差異，深層強度比幾乎沒有變化。

[0012] 本案發明者根據該實驗結果，考察深層發光是否依據與活性層中的缺陷及不純物位準的發光不同的其他事象所產生，藉由調查相關原因，思及可能讓深層強度比降低之狀況。

[0013] 本發明的目的係提供抑制深層發光，提升單色性且發光效率高的氮化物半導體發光元件。

〔用以解決課題之手段〕

[0014] 本發明是具有 n 型半導體層、p 型半導體層、

被前述 n 型半導體層及前述 p 型半導體層挾持所構成之活性層的氮化物半導體發光元件，其特徵為：

前述 n 型半導體層包含 GaN 層，前述 GaN 層的 n 型摻雜物濃度為 $5\times10^{18}/cm^3$ 以下。

[0015] 又，本發明是於基板上，具有 n 型半導體層、p 型半導體層、被前述 n 型半導體層及前述 p 型半導體層挾持所構成之活性層的氮化物半導體發光元件，其他特徵為：

在前述基板與前述活性層之間包含 GaN 層，前述 GaN 層的 n 型摻雜物濃度為 $5\times10^{18}/cm^3$ 以下。

[0016] 氮化物半導體發光元件，係一般於藍寶石等的成長基板的上層，使 GaN 層成長後，於該 GaN 層的上層，使各半導體層成長。在此，作為使用氮化物半導體的 LED 元件，大概存在有所謂「橫型構造」與「縱型構造」的兩種類。橫型構造係指殘留成長基板之狀態下，於成長基板的相同面側配置 n 側電極與 p 型電極的構造。又，縱型構造係指於成長基板的相反側貼附支持基板後，去除形成於成長基板及成長基板的正上方的 GaN 層，於支持基板之一方的面配置 n 側電極，於另一方的面配置 p 側電極所成的構造。

[0017] 依據本案發明者的銳意研究，使其他成長條件相同，製造橫型構造的 LED 元件與縱型構造的 LED 元件時，確認到橫型構造的 LED 元件中深層發光的強度較高之狀況（參照圖 2）。圖 2 係揭示對於去除成長基板及

成長於其上層的 GaN 層所構成之縱型構造的 LED 元件，與殘存成長基板及前述 GaN 層之橫型構造的 LED 元件，分別施加相同電壓時所得知光線的光譜分布的圖表。橫軸是發光波長，縱軸是發光強度。再者，任一 LED 元件都是以主要發光波長為 370nm 帶域的條件製造者。

[0018] 依據圖 2，可知相較於縱型構造的元件，在橫型構造的元件中，包含黃色之可視光波長帶之 550nm-600nm 帶的發光波長（深層發光）的強度變高。根據以上結果，本案發明者推測可能因為存在 GaN 層，深層發光的強度變高。

[0019] 又，本案發明者係作為該理由，豎立可能因為從活性層放出之主要發光波長的光線被 GaN 層吸收，主要發光波長的強度降低，結果，相對地深層發光的強度提高的假設。在此，作為橫型構造的元件，分別製作以 AlGaN 構成 n 型半導體層者（檢證例 1），與以 GaN 構成 n 型半導體層者（檢證例 2），以相同條件發光，測定個別的深層強度比。再者，在此所述「深層強度比」係指相對於主要發光波長的發光強度，包含黃色之可視光波長帶的波長為 550nm-600nm 帶的發光（深層發光）之強度的比率。

[0020] 如果，起因於 GaN 層的吸收而主要發光波長的強度降低，結果，相對地深層發光的強度提高的話，檢證例 2 的深層強度比應該會比檢證例 1 還高。但是，前述檢證的結果，深層強度比都是 0.1%程度，檢證例 1 與檢

證例 2 無法辨別出有意義的差，而導出前述的假設並不正確的結論。

[0021] 因此，本案發明者更反覆進行研究，結果，查明因為包含於 GaN 層的 n 型摻雜物濃度，會影響深層發光的強度。亦即，發現提升包含於 GaN 層的 n 型摻雜物濃度的話，深層發光的強度會提升，降低同濃度的話，深層發光的強度會降低。尤其，查明利用將該 GaN 層的 n 型摻雜物濃度設為 $5\times10^{18}/cm^3$ 以下，對於主要發光波長的發光輸出，可有意地讓深層發光的發光輸出降低。關於此點，也參照「實施例」於後敘述。

[0022] 再者，於前述氮化物半導體發光元件中，n 型半導體層作為僅以 GaN 層構成亦可，作為 $Al_{X1}In_{X2}Ga_{X3}N$（$0 \leqq X1 \leqq 1$，$0 \leqq X2 \leqq 1$，$0 \leqq X3 \leqq 1$，$X1+X2+X3=1$）與 GaN 層的層積構造亦可。在任一狀況中，前述 GaN 層的 n 型摻雜物濃度都為 $5\times10^{18}/cm^3$ 以下。此時，將前述氮化物半導體發光元件，作為縱型構造的 LED 元件來構成亦可，作為橫型構造的 LED 元件來構成亦可。

[0023] 又，前述氮化物半導體發光元件，係在基板與 n 型半導體層之間，具有 n 型摻雜物濃度為 $5\times10^{18}/cm^3$ 以下的 GaN 層亦可。此時，前述氮化物半導體發光元件，可作為橫型構造的 LED 元件來構成。

[0024] 於前述構造中，GaN 層的 n 型摻雜物濃度為 $1\times10^{17}/cm^3$ 以下亦可。利用作為相關構造，可使主要發光波長的發光輸出相對之深層發光的發光輸出更為降低。

[0025] 本發明的氮化物半導體發光元件，可設為主要發光波長為 405nm 以下者。

[0026] 又，本發明的氮化物半導體發光元件的其他特徵，係黃色之可視光波長的發光強度，相對於主要發光波長的發光強度，強度比為 0.1%以下。在此，所謂「強度比」係指主要發光波長的尖峰強度相對之波長 550nm 以上 600nm 以下的黃色之可視光波長的尖峰強度之比。

[0027] 如上所述，於 n 型半導體層包含 GaN 層之狀況中，利用將該 GaN 層的 n 型摻雜物濃度設為 $5\times10^{18}/cm^3$ 以下，黃色之可視光波長的發光強度，相對於前述主要發光波長的發光強度，強度比成為 0.1%以下，可將深層發光抑制到不成為問題的等級為止。又，於基板與活性層之間包含 GaN 層之狀況中，利用將該 GaN 層的 n 型摻雜物濃度設為 $5\times10^{18}/cm^3$ 以下，黃色之可視光波長的發光強度，相對於前述主要發光波長的發光強度，強度比成為 0.1%以下，可將深層發光抑制到不成為問題的等級為止。

〔發明的效果〕

[0028] 依據本發明的氮化物半導體發光元件，因為抑制深層發光，可實現具有高單色性與高發光效率的發光元件。

【圖式簡單說明】

[0029]

〔圖 1〕揭示對各紫外 LED 元件流通相同電流時，各元件的主要發光波長的發光輸出，與相對於主要發光波長之光強度的深層發光強度之比例的關係的圖表。

〔圖 2〕揭示對於成長條件設為相同所製造之橫型構造的 LED 元件與縱型構造的 LED 元件，分別施加相同電壓時所得之光線的光譜分布的圖表。

〔圖 3〕模式揭示氮化物半導體發光元件的構造的剖面圖。

〔圖 4〕揭示對實施例 1、實施例 2、比較例 1 的 3 元件施加相同電壓時所得之光線的光譜分布的圖表。

〔圖 5〕將 n 型摻雜物的濃度設為 $1.5\times10^{19}/cm^3$ 時之 GaN 的層表面的 SEM 照片。

【實施方式】

[0030]

〔構造〕

針對本發明的氮化物半導體發光元件 1 的構造，參照圖 3 來進行說明。圖 3 係模式揭示氮化物半導體發光元件 1（適切簡記為「發光元件 1」）之構造的剖面圖。

[0031] 發光元件 1 係具有基板 2、形成於基板 2 的上面的第一 GaN 層 3、形成於第一 GaN 層 3 的上層的 n 型半導體層 4、形成於 n 型半導體層 4 的上層的活性層 5、形成於活性層 5 的上層的 p 型半導體層 6。

[0032]

（基板 2）

基板 2 係以藍寶石基板所構成。再者，藍寶石之外，以 Si、SiC、AlN、AlGaN、GaN、YAG 等構成亦可。

[0033]

（第一 GaN 層 3）

第一 GaN 層 3 係以 n 型摻雜物濃度為 $5\times10^{18}/cm^3$ 以下所構成。在此作為所謂 n 型摻雜物，可舉出 Si、Ge、O 等。

[0034]

（n 型半導體層 4）

n 型半導體層 4 係例如藉由 $Al_{X1}In_{X2}Ga_{X3}N$（$0\leqq X1\leqq 1$，$0\leqq X2\leqq 1$，$0\leqq X3\leqq 1$，$X1+X2+X3=1$）所構成。作為一例，可以 $Al_{0.06}Ga_{0.94}N$ 來構成。

[0035] 再者，作為 n 型半導體層 4，也可採用 $Al_{X1}In_{X2}Ga_{X3}N$ 與 GaN 的層積構造。如將該 GaN 稱為「第二 GaN 層」的話，該第二 GaN 層也與第一 GaN 層 3 相同，以 n 型摻雜物濃度為 $5\times10^{18}/cm^3$ 以下所構成。

[0036]

（活性層 5）

活性層 5 係例如以具有重複複數層例如由 InGaN 所成之發光層與由 AlGaN 所成之障壁層所構成。該等層係作為無摻雜型亦可，作為摻雜 p 型或 n 型亦可。

[0037]

（p 型半導體層 6）

p 型半導體層 6 係例如藉由 $Al_{Y1}In_{Y2}Ga_{Y3}N$（$0 \leqq Y1 \leqq 1$，$0 \leqq Y2 \leqq 1$，$0 \leqq Y3 \leqq 1$，$Y1+Y2+Y3=1$）所構成。作為一例，可利用 $Al_{0.3}Ga_{0.7}N$ 來構成 p 型半導體層 6。

[0038] 再者，作為 p 型半導體層 6，也可採用 $Al_{Y1}In_{Y2}Ga_{Y3}N$ 與 GaN 的層積構造。

[0039]

〔製程〕

接著，針對圖 3 所示之發光元件 1 的製程，進行說明。再者，此製程僅為一例，適當調整氣體的流量、爐內溫度、爐內壓力等亦可。

[0040] 首先，於基板 2 的上層，形成第一 GaN 層 3。此係例如藉由以下方法來實現。

[0041]

（基板 2 的準備）

準備作為基板 2 的藍寶石基板，進行 c 面藍寶石基板的清洗。該清洗更具體來說，藉由例如於 MOCVD（Metal Organic Chemical Vapor Deposition：有機金屬化學氣相沉積）裝置的處理爐內配置 c 面藍寶石基板，一邊對於處理爐內流通流量為 10slm 的氫氣，一邊將爐內溫度例如升溫至 1150℃來進行。

[0042]

（第一 GaN 層 3 的形成）

接著，於 c 面藍寶石基板的表面，形成由 GaN 所成的低溫緩衝層，進而於其上層形成由 GaN 所成的基底

層。該等低溫緩衝層及基底層對應第一 GaN 層 3。

[0043] 第一 GaN 層 3 的更具體形成方法係例如以下所述。首先，將 MOCVD 裝置的爐內壓力設為 100kPa，將爐內溫度設為 480℃。然後，一邊對於處理爐內，作為載體氣體，流通流量分別為 5slm 的氮氣及氫氣，一邊作為原料氣體，將流量為 50μmol/min 的三甲基鎵（TMG）及流量為 223000μmol/min 的氨供給 68 秒鐘至處理爐內。藉此，於 c 面藍寶石基板的表面，形成由厚度為 20nm 的 GaN 所成的低溫緩衝層。

[0044] 接著，將 MOCVD 裝置的爐內溫度升溫至 1150℃。然後，一邊對於處理爐內作為載體氣體，流通流量為 20slm 的氮氣及流量為 15slm 的氫氣，一邊作為原料氣體，將流量為 100μmol/min 的 TMG 及流量為 223000μmol/min 的氨供給 30 分鐘至處理爐內。藉此，於低溫緩衝層的表面，形成由厚度為 1.7μm 的 GaN 所成的基底層。

[0045] 也有從原料氣體中的水分及 MOCVD 裝置的構件等擷取 O 之狀況。又，先前，在使此種第一 GaN 層 3 成長時，有意圖性導入 Si 之狀況。於本構造的 LED 元件 1 中，以此種 Si 或 O 等之 n 型摻雜物濃度成為 $5\times10^{18}/cm^3$ 以下的範圍內之方式，使第一 GaN 層 3 成長。作為具體方法的一例，例如可舉出在第一 GaN 層 3 的成長時不導入成為含有 Si 之原因的材料，及在利用前嚴格地清洗 MOCVD 裝置，極力去除有殘存之虞的 O 及 Si 的成

分等。

[0046]

（n型半導體層4的形成）

接著，於第一 GaN 層 3 的上層，形成由 $Al_{X1}In_{X2}Ga_{X3}N$ 的組成所成之 n 型半導體層 4。

[0047] n 型半導體層 4 的更具體形成方法係例如以下所述。首先，在繼續將爐內溫度設為 1150℃的狀態下，將 MOCVD 裝置的爐內壓力設為 30kPa。然後，一邊於處理爐內作為載體氣體，流通流量為 20slm 的氮氣及流量為 15slm 的氫氣，一邊作為原料氣體，將 TMG、三甲基鋁（TMA）、氨及用以摻雜 n 型不純物的四乙基矽烷，供給 30 分鐘至處理爐內。藉此，具有例如 $Al_{0.06}Ga_{0.94}N$ 的組成，厚度為 1.7μm 的 n 型半導體層 4，形成於第一 GaN 層 3 的上層。

[0048] 再者，也可進行於 $Al_{X1}In_{X2}Ga_{X3}N$ 的上層使 GaN（對應前述「第二 GaN 層」）成長來構成 n 型半導體層 4 的方法。此時，在 $Al_{X1}In_{X2}Ga_{X3}N$ 的成長後，例如停止 TMA 的供給，並且供給 6 秒鐘其以外的原料氣體，藉此，可形成厚度為 5nm 的第二 GaN 層。

[0049] 作為 n 型半導體層 4 而使第二 GaN 層成長時，與第一 GaN 層 3 相同，以 n 型摻雜物濃度成為 $5\times10^{18}/cm^3$ 以下的範圍內之方式使第二 GaN 層成長。

[0050] 再者，在前述範例中，已針對將包含於 n 型半導體層 4 的 n 型不純物設為 Si 之狀況進行說明，但

是，除了 Si 以外，也可使用 Ge、S、Se、Sn、Te 等。

[0051]

（活性層 5 的形成）

接著，於 n 型半導體層 4 的上層形成活性層 5。

[0052] 具體來說，將 MOCVD 裝置的爐內壓力設為 100kPa，將爐內溫度設為 830℃。然後，進行一邊對於處理爐內，作為載體氣體，流通流量為 15slm 的氮氣及流量為 1slm 的氫氣，一邊作為原料氣體，將流量為 10μmol/min 的 TMG、流量為 12μmol/min 的三甲基銦（TMI）及流量為 300000μmol/min 的氨，供給 48 秒鐘至處理爐內的步驟。之後，進行將流量為 10μmol/min 的 TMG、流量為 1.6μmol/min 的 TMA、0.002μmol/min 的四乙基矽烷及流量為 300000μmol/min 的氨，供給 120 秒鐘至處理爐內的步驟。以下，藉由重複該等兩個步驟，由厚度為 2nm 的 InGaN 所成之發光層及由厚度為 7nm 的 n 型 AlGaN 所成之障壁層重複 15 週期所成的活性層 5，被形成於 n 型半導體層 4 的表面。

[0053]

（p 型半導體層 6 的形成）

接著，於活性層 5 的上層，形成以 $Al_{Y1}In_{Y2}Ga_{Y3}N$ 所構成之 p 型半導體層 6。

[0054] 具體來說，將 MOCVD 裝置的爐內壓力維持為 100kPa，一邊對於處理爐內，作為載體氣體，流通流量為 15slm 的氮氣及流量為 25slm 的氫氣，一邊將爐內溫

度升溫至 1025℃。之後，作為原料氣體，將流量為 35μmol/min 的 TMG、流量為 20μmol/min 的 TMA、流量為 250000μmol/min 的氨及用以摻雜 p 型不純物之流量為 0.1μmol/min 的雙（環戊二烯）鎂（CP_2Mg），供給 60 秒鐘至處理爐內。藉此，於活性層 5 的表面，形成具有厚度為 20nm 之 $Al_{0.3}Ga_{0.7}N$ 的組成的電洞供給層。之後，藉由將 TMG 的流量變更為 9μmol/min，並供給 360 秒鐘的原料氣體，形成厚度為 120nm 之具有 $Al_{0.13}Ga_{0.87}N$ 的組成的電洞供給層。藉由該等電洞供給層，形成 p 型半導體層 6。

[0055] 再者，也可進行於 $Al_{Y1}In_{Y2}Ga_{Y3}N$ 的上層使 p 型 GaN 成長來構成 p 型半導體層 6 的方法。此時，在 $Al_{Y1}In_{Y2}Ga_{Y3}N$ 的成長後，例如停止 TMA 的供給，並且將 Cp_2Mg 的流量變更成 0.2μmol/min，供給 20 秒鐘的原料氣體。藉此，形成厚度為 5nm 的 p 型 GaN。

[0056] 再者，在前述範例中，雖針對將包含於 p 型半導體層 6 的 n 型不純物設為 Mg 之狀況進行說明，但是，除了 Mg 之外，也可使用 Be、Zn、C 等。

[0057]

（之後的工程）

在實現於基板 2 的相同面側配置 n 側電極與 p 型電極之所謂「橫型構造」的 LED 元件時，藉由 ICP 蝕刻來使 n 型半導體層 4 的一部分上面露出，於露出之 n 型半導體層 4 的上層形成 n 側電極，於 p 型半導體層 6 的上層形成 p

側電極。然後，藉由例如雷射切割裝置來分離各元件彼此，對於電極進行引線接合。藉此，製造具有所謂「橫型構造」的 LED 元件。

[0058] 另一方面，在製造於基板之一方的面配置 n 側電極，於另一方的面配置 p 側電極所成，所謂「縱型構造」的 LED 元件時，如以下步驟所致。首先，於 p 型氮化物半導體層 6 的上層形成成為 p 側電極的金屬電極（反射電極）、焊錫擴散防止層、及焊錫層。然後，隔著焊錫層，貼合以導體或半導體所構成的支持基板（例如 CuW 基板）之後，上下反轉，藉由雷射照射等的方法來剝離基板 2。之後，於 n 型半導體層 4 的上層形成 n 側電極。以下，與橫型構造同樣地，進行元件分離及引線接合。

[0059] 再者，如上所述，n 型半導體層 4 除了僅以 $Al_{X1}In_{X2}Ga_{X3}N$ 層構成之外，作為包含 $Al_{X1}In_{X2}Ga_{X3}N$ 層與 GaN 層的層亦可。又，$Al_{X1}In_{X2}Ga_{X3}N$ 層係以 AlN 層、AlGaN 層、AlInGaN 層、或 GaN 層的任一層構成亦可，該等被層積複數層亦可。但是，以 AlInGaN 層來構成 n 型半導體層 4 時，作為 In 的組成比極為低（例如未滿 1%）者亦可。關於 p 型半導體層 6 也相同。

[0060]

〔實施例〕

以下，參照實施例來進行說明。

[0061] 於上述的製程中，以使摻雜於 n 型半導體層 4 所包含之 GaN 層（對應前述的「第二 GaN 層」）的 Si 濃

度不同，其他條件設為相同，來製造實施例 1、實施例 2、比較例 1 的 3 個橫型構造的 LED 元件。

[0062] 實施例 1 的元件係第二 GaN 層的 Si 濃度為 $5\times10^{16}/cm^3$。實施例 2 的元件係第二 GaN 層的 Si 濃度為 $5\times10^{18}/cm^3$。比較例 1 的元件係第二 GaN 層的 Si 濃度為 $1\times10^{19}/cm^3$。

[0063] 圖 4 係揭示對實施例 1、實施例 2、比較例 1 的各 LED 元件施加相同電壓時所得之光線的光譜分布的圖表。橫軸是發光波長，縱軸是發光強度。依據圖 4，於比較例 1 中，相對於 370nm 帶域的發光強度，包含黃色之可視光波長帶的 550nm-600nm 帶的發光波長（深層發光）之強度的比率（深層強度比）為約 0.15%，超過 0.1%。此時，本來利用發出紫外光，受到相當於尖峰波長的下擺部分之紫色的可視光的影響，應該會發出較深的紫色的光線，但是，受到深層發光的影響，確認到發光泛白。可推測因為混合紫色系的光線與黃色系的光線，發光色變得泛白。再者，依據圖 4，實施例 1 的深層強度比為約 0.06%，實施例 2 的深層強度比為約 0.09%。

[0064] 在實施例 1、實施例 2 中，深層強度比被抑制成 0.1%以下，確認到來自元件的發光色變得未泛白。比較比較例 1、實施例 1、實施例 2 的話，可知越讓 n 型半導體層 4 的 Si 濃度降低，越可獲得讓深層強度比降低的效果。

[0065] 依據該結果，與「用以解決課題之手段」的

項目中前述的檢證結果，可知利用使 GaN 層所含有的 Si 濃度降低，可降低深層發光強度。再者，於前述實施例 1、實施例 2、及比較例 1 的各元件中，第一 GaN 層 3 的 Si 濃度都低於 $5\times10^{18}/cm^3$。據此，可知於具有 GaN 層的 LED 元件中，利用將該 GaN 層的 Si 濃度設為 $5\times10^{18}/cm^3$ 以下。可減低深層發光強度。

[0066] 本來，n 型半導體層 4 根據降低電阻率的觀點，一般盡可能提高 n 型摻雜物的濃度。又，作為 n 型摻雜物，一般利用 Si。

[0067] 在此，在作為 n 型半導體層 4 而具有 GaN 層之狀況中，將摻雜於 GaN 層的 Si 濃度，設為 $1\times10^{19}/cm^3$ 以上的話，公知有因原子鍵結的狀態惡化等之原因，GaN 層的表面會產生膜粗化的現象（例如，參照前述非專利文獻 1）。

[0068] 圖 5 係將 n 型摻雜物的濃度設為 $1.5\times10^{19}/cm^3$ 時之 GaN 的層表面的 SEM（Scanning Electron Microscope：掃描式電子顯微鏡）照片。如圖 5 所示，可知將摻雜於 GaN 層的 Si 濃度設為 $1.5\times10^{19}/cm^3$ 的話，表面會產生粗化。再者，即使將 Si 濃度設為 $1.3\times10^{19}/cm^3$、$2\times10^{19}/cm^3$，也可同樣確認到表面的粗化。藉此，於 GaN 中，如非專利文獻 1 所記載般，可知大於 $1\times10^{19}/cm^3$ 的話，層表面會產生粗化。

[0069] 因此，在 n 型半導體層 4 包含 GaN 層時，根據在不使 GaN 層的表面發生膜粗化的範圍內，盡可能降

低電阻率的觀點，一般將摻雜物的濃度設定成 $1\times10^{19}/cm^3$。因為只要可降低半導體層的電阻率的話，可實現在低電壓下的高發光強度。於比較例 1 中，將第二 GaN 層的 Si 濃度設為 $1\times10^{19}/cm^3$ 是因為相關的理由。

[0070] 但是，依據前述的考察，可知藉由將第二 GaN 層的 Si 濃度意圖性地設為 $5\times10^{18}/cm^3$ 以下，可使深層發光的強度降低。此為先前所未有的知識。

[0071] 再者，依據圖 2 及圖 4，此種深層發光的問題特別顯著化的是主要發光波長表示比黃色波長帶還短的區域的 LED 元件，更具體來說，是發出紫外或紫色光的 LED 元件。亦即，於 LED 元件 1 的主要發光波長為 405nm 以下之狀況中，利用將 GaN 層的 Si 濃度設為 $5\times10^{18}/cm^3$ 以下，可抑制深層發光的問題。再者，在 LED 元件 1 的主要發光波長為 375nm 以下時，利用設為前述構造，可大幅抑制深層發光的問題。

[0072] 再者，在前述的實施例中，以針對包含於 n 型半導體層 4 的第二 GaN 層進行檢討，關於第一 GaN 層 3 也可進行相同的議論。於活性層 5 與基板 2 之間具有 GaN 層之橫型構造的 LED 元件中，利用將該 GaN 層的 Si 濃度設為 $5\times10^{18}/cm^3$ 以下，可抑制深層發光的問題。亦即，即使在作為成長基板的基板 2 及設置於其上層的第一 GaN 層 3 殘存之橫型構造的 LED 元件 1，且設為作為 n 型半導體層 4 不包含 GaN 的構造之狀況中，利用將第一 GaN 層 3 的 Si 濃度設為 $5\times10^{18}/cm^3$ 以下，可抑制深層發

光的問題。

[0073] 又，LED元件不問縱型構造或橫型構造，於n型半導體層4包含GaN層（第二GaN層）時，利用將該第二GaN層的Si濃度設為$5\times10^{18}/cm^3$以下，可抑制深層發光的問題。

[0074] 又，在前述的實施例中，已針對作為n型摻雜物使用Si之狀況進行說明，但是，關於O或Ge等也可進行相同的議論。

【符號說明】

[0075]

1：氮化物半導體發光元件

2：基板

3：第一GaN層

4：n型半導體層

5：活性層

6：p型半導體層

51，52，53，54，55：LED元件

申請專利範圍

1. 一種氮化物半導體發光元件，係具有 n 型半導體層、p 型半導體層、被前述 n 型半導體層及前述 p 型半導體層挾持所構成之活性層的氮化物半導體發光元件，其特徵為：

前述 n 型半導體層包含 GaN 層，前述 GaN 層的 n 型摻雜物濃度為 $5\times10^{18}/cm^3$ 以下。

2. 一種氮化物半導體發光元件，係於基板上，具有 n 型半導體層、p 型半導體層、被前述 n 型半導體層及前述 p 型半導體層挾持所構成之活性層的氮化物半導體發光元件，其特徵為：

在前述基板與前述活性層之間包含 GaN 層，前述 GaN 層的 n 型摻雜物濃度為 $5\times10^{18}/cm^3$ 以下。

3. 如申請專利範圍第 1 項或第 2 項所記載之氮化物半導體發光元件，其中，

前述 GaN 層，係 n 型摻雜物濃度為 $1\times10^{17}/cm^3$ 以下。

4. 如申請專利範圍第 1 項至第 3 項中任一項所記載之氮化物半導體發光元件，其中，

主要發光光波長為 405nm 以下的發光元件。

5. 如申請專利範圍第 1 項至第 4 項中任一項所記載之氮化物半導體發光元件，其中，

黃色之可視光波長的發光強度，係相對於主要發光波長的發光強度，強度比為 0.1%以下。

圖式

圖 1

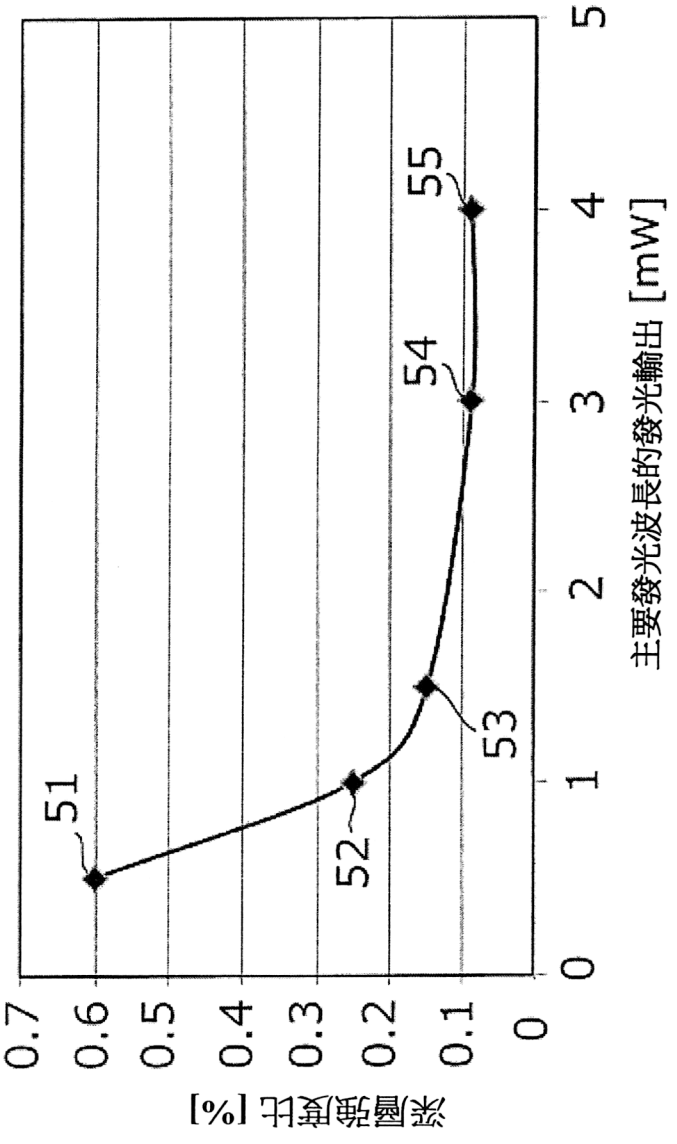
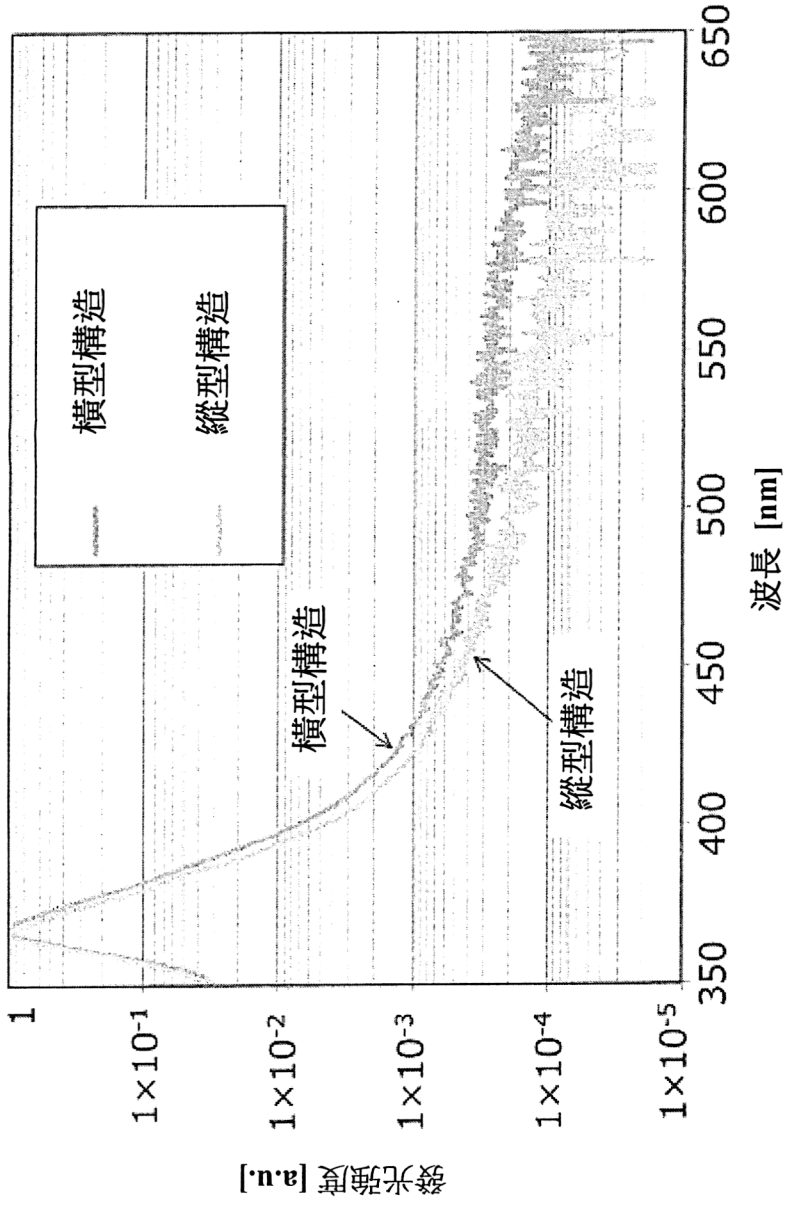


圖 2


橫型構造
縱型構造
橫型構造
縱型構造
1
1×10-1
1×10-2
1×10-3
1×10-4
1×10-5
發光強度 [a.u.]
350
400
450
500
550
600
650
波長 [nm]

S

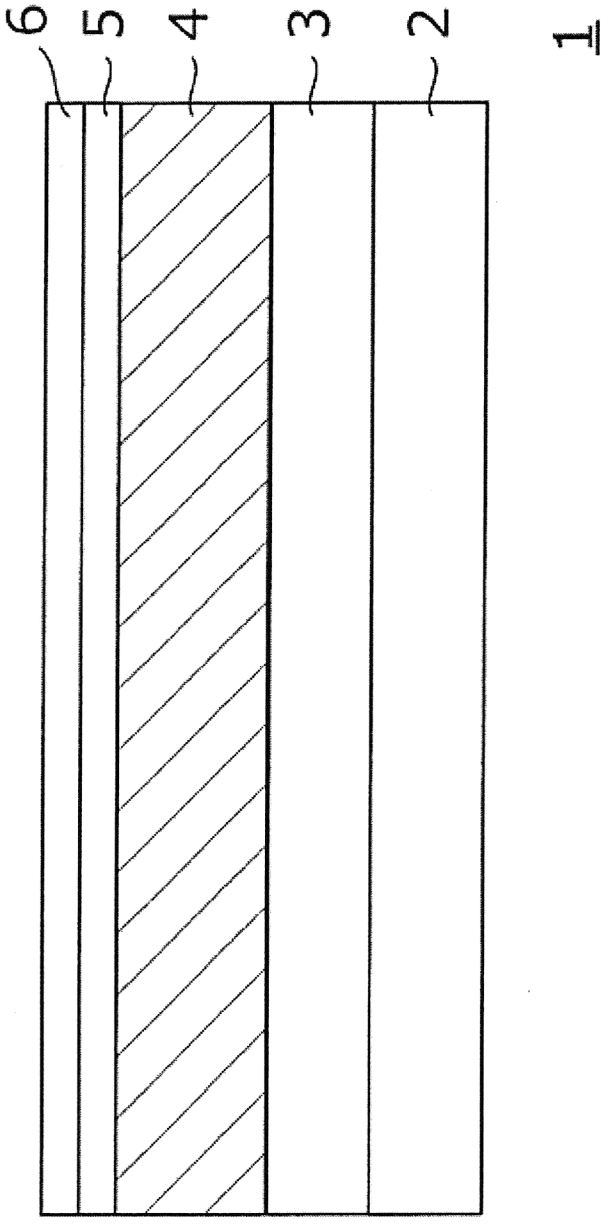
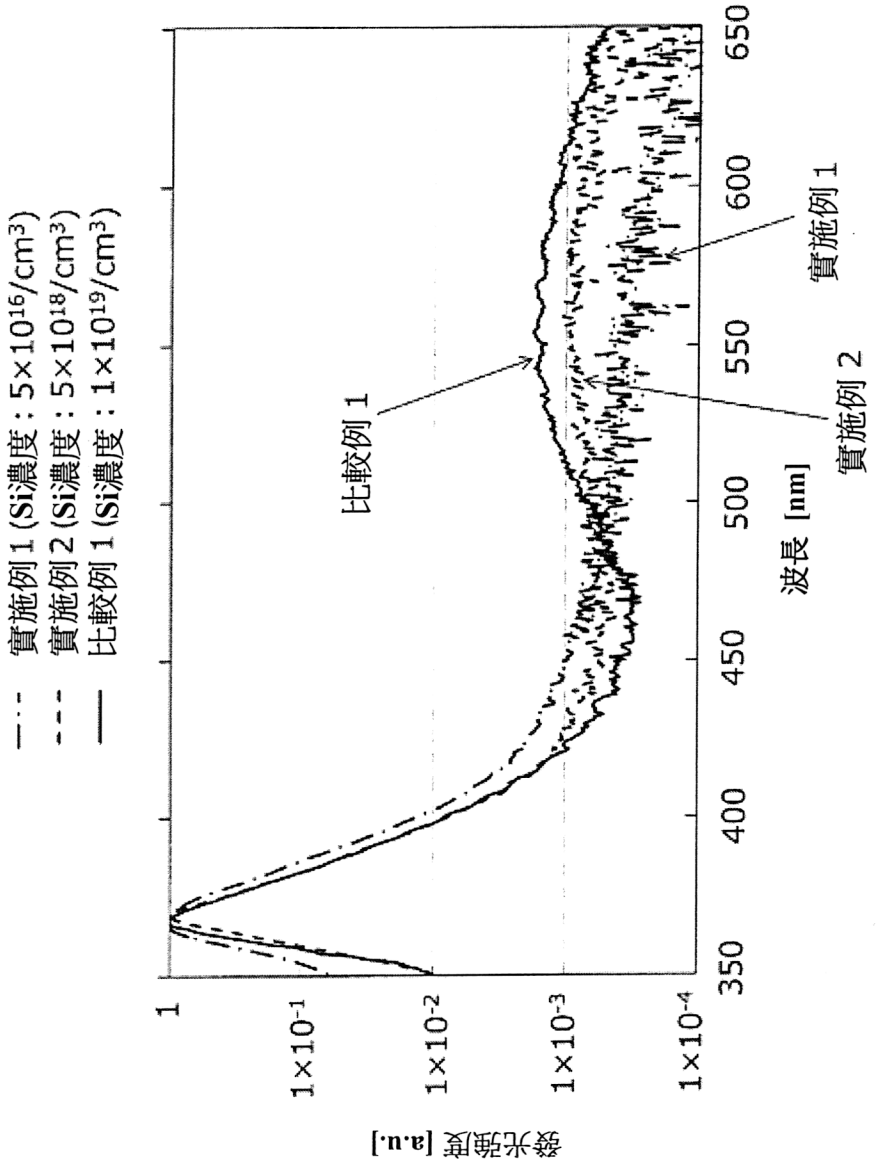


圖 3

圖 4


實施例 1 (Si濃度：5×10¹⁶/cm³)
實施例 2 (Si濃度：5×10¹⁸/cm³)
比較例 1 (Si濃度：1×10¹⁹/cm³)
比較例 1
實施例 2
實施例 1
波長 [nm]
發光強度 [a.u.]
1
1×10⁻¹
1×10⁻²
1×10⁻³
1×10⁻⁴
350
400
450
500
550
600
650

S

圖 5

