



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I856366 B

(45)公告日：中華民國 113 (2024) 年 09 月 21 日

(21)申請案號：111134469

(22)申請日：中華民國 111 (2022) 年 09 月 13 日

(51)Int. Cl. : H01L33/32 (2010.01)

H01L33/26 (2010.01)

H01L33/02 (2010.01)

(30)優先權：2021/09/21 日本

2021-153331

(71)申請人：日商日機裝股份有限公司(日本) NIKKISO CO., LTD. (JP)

日本

(72)發明人：松倉勇介 MATSUKURA, YUSUKE (JP)；佩爾諾 西里爾 PERNOT, CYRIL (FR)

(74)代理人：李世章；彭國洋

(56)參考文獻：

TW 201909443A

CN 112753108A

審查人員：吳鴻鎮

申請專利範圍項數：5 項 圖式數：5 共 36 頁

(54)名稱

氮化物半導體發光元件

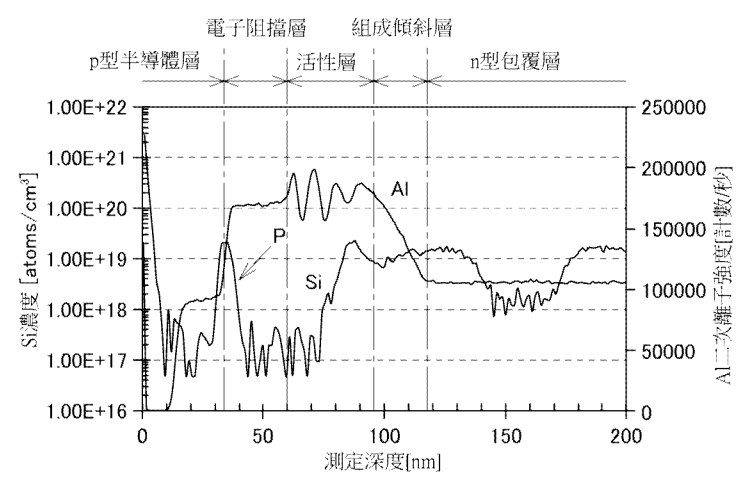
(57)摘要

本發明提供一種氮化物半導體發光元件，其能夠抑制氫往活性層的擴散。作為解決手段的氮化物半導體元件具備：n型半導體層、p型半導體層、設置於n型半導體層與p型半導體層之間的活性層、及設置於活性層與p型半導體層之間的電子阻擋層。電子阻擋層的膜厚為100 nm以下。在n型半導體層、活性層、電子阻擋層及p型半導體層的積層方向之中，電子阻擋層的各位置的氫濃度的平均值為 $2.0 \times 10^{18} \text{atoms/cm}^3$ 以下。p型半導體層與前述電子阻擋層之邊界部處含有n型雜質。

無

指定代表圖：

第2圖





I856366

【發明摘要】

公告本

【中文發明名稱】氮化物半導體發光元件

【英文發明名稱】NITRIDE SEMICONDUCTOR LIGHT-EMITTING ELEMENT

【中文】本發明提供一種氮化物半導體發光元件，其能夠抑制氮往活性層的擴散。作為解決手段的氮化物半導體元件具備：n型半導體層、p型半導體層、設置於n型半導體層與p型半導體層之間的活性層、及設置於活性層與p型半導體層之間的電子阻擋層。電子阻擋層的膜厚為100 nm以下。在n型半導體層、活性層、電子阻擋層及p型半導體層的積層方向之中，電子阻擋層的各位置的氮濃度的平均值為 $2.0 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以下。p型半導體層與前述電子阻擋層之邊界部處含有n型雜質。

【英文】無

【指定代表圖】第2圖

【代表圖之符號簡單說明】

無

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】氮化物半導體發光元件

【英文發明名稱】NITRIDE SEMICONDUCTOR LIGHT-EMITTING ELEMENT

【技術領域】

【0001】 本發明關於一種氮化物半導體發光元件。

【先前技術】

【0002】 專利文獻 1 中揭示了一種氮化鎵系化合物半導體發光元件，其在 p 型氮化鎵系化合物半導體層與活性層之間設置有厚度 100 nm 以下的無摻雜中間層 (undoped spacer layer)。在專利文獻 1 所記載的氮化鎵系化合物半導體發光元件中，若無摻雜中間層超過 100 nm，驅動氮化鎵系化合物半導體發光元件的電壓會上升，因此將無摻雜中間層設為 100 nm 以下。在此處，若將無摻雜中間層設為 100 nm 以下，p 型氮化鎵系化合物半導體層與活性層之間的距離會變近，而會有氫由 p 型氮化鎵系化合物半導體層往活性層擴散的疑慮。因此，在專利文獻 1 所記載的氮化鎵系化合物半導體發光元件中，使 p 型氮化鎵系化合物半導體層中含有氧，來用以抑制氫由 p 型氮化鎵系化合物半導體層往活性層的擴散。

[先前技術文獻]

(專利文獻)

【0003】 專利文獻 1：國際公開第 2012/140844 號公報。

【發明內容】

【0004】 [發明所欲解決的問題]

專利文獻 1 所記載的氮化鎵系化合物半導體發光元件中，從抑制氫往活性層的擴散這樣的觀點來看，仍有改善的空間。

【0005】 本發明是有鑑於上述情況所完成者，目的在於提供一種氮化物半導體發光元件，其能夠抑制氫往活性層的擴散。

[解決問題的技術手段]

【0006】 為了達成前述目的，本發明提供一種氮化物半導體發光元件，其具備 n 型半導體層、p 型半導體層、設置於前述 n 型半導體層與前述 p 型半導體層之間的活性層、及設置於前述活性層與前述 p 型半導體層之間的電子阻擋層；前述電子阻擋層的膜厚為 100 nm 以下；在前述 n 型半導體層、前述活性層、前述電子阻擋層及前述 p 型半導體層的積層方向之中，前述電子阻擋層的各位置的氫濃度的平均值為 2.0×10^{18} atoms/cm³ 以下；並且，前述 p 型半導體層與前述電子阻擋層之邊界部含有 n 型雜質。

[發明的效果]

【0007】 根據本發明，能夠提供一種氮化物半導體發光元件，其能夠抑制氫往活性層的擴散。

【圖式簡單說明】**【0008】**

第 1 圖是概略性地顯示實施形態中的氮化物半導體發光元件的構成的示意圖。

第 2 圖是顯示實驗例的樣品 1 ~ 樣品 4 的發光元件中的積層方向的矽濃度分布及 A1 二次離子強度分布的圖表。

第 3 圖是顯示實驗例的樣品 1 ~ 樣品 4 的發光元件中的積層方向的鎂濃度分布及 A1 二次離子強度分布的圖表。

第 4 圖是顯示實驗例的樣品 1 ~ 樣品 4 的發光元件中的積層方向的氫濃度分布及 A1 二次離子強度分布的圖表。

第 5 圖是顯示實驗例的樣品 1 ~ 樣品 4 的發光元件中的初始發光輸出及殘留發光輸出的圖表。

【實施方式】**【0009】 [實施形態]**

參照第 1 圖來說明本發明的實施形態。再者，以下說明的實施形態是表示作為在實施本發明上較合適的具體例，並且雖然有具體例示技術上較佳的各種技術事項的部分，但本發明的技術範圍並不受該具體態樣所限定。

【0010】 (氮化物半導體發光元件 1)

第 1 圖是概略地顯示本形態中的氮化物半導體發光元件 1 的構成的示意圖。再者，第 1 圖中，氮化物半導體發

光元件 1 (以下，也僅稱為「發光元件 1」) 的各層的積層方向的尺寸比未必與實際物一致。

【0011】 發光元件 1 是用以構成例如：發光二極體 (LED : Light Emitting Diode) 或半導體雷射 (LD : Laser Diode)。本形態中，發光元件 1 是用以構成發出紫外區域的波長的光的發光二極體 (Light Emitting Diode : LED)。特別是，本形態的發光元件 1 是用以構成會發出中心波長為 200 nm 以上且 365 nm 以下的深紫外光的深紫外 LED。本形態的發光元件 1 能夠在例如下述領域中使用：殺菌 (例如空氣淨化、淨水等)、醫療 (例如光線治療、量測 / 分析等)、UV (紫外線) 硬化等。

【0012】 發光元件 1 在基板 2 上依序具備：緩衝層 3、n 型包覆層 4 (n 型半導體層)、組成傾斜層 5、活性層 6、電子阻擋層 7 及 p 型半導體層 8。基板 2 上的各層能夠使用下述周知磊晶成長法來形成：有機金屬化學氣相沉積法 (Metal Organic Chemical Vapor Deposition : MOCVD)、分子束磊晶法 (Molecular Beam Epitaxy : MBE)、鹵化物氣相磊晶法 (Hydride Vapor Phase Epitaxy : HVPE) 等。此外，發光元件 1 具備：n 側電極 11，其設置於 n 型包覆層 4 上；及，p 側電極 12，其設置於 p 型半導體層 8 上。

【0013】 以下，將基板 2、緩衝層 3、n 型包覆層 4、組成傾斜層 5、活性層 6、電子阻擋層 7、及 p 型半導體層 8 的積層方向 (第 1 圖的上下方向) 僅稱為「積層方向」。此外，

將相對於基板 2 來積層有發光元件 1 的各層之側(亦即第 1 圖的上側)稱為上側,將其相反側(亦即第 1 圖的下側)稱為下側。上下的表現是為了方便,並非用以限定例如:使用發光元件 1 時的發光元件 1 相對於垂直方向的姿勢。用以構成發光元件 1 的各層在積層方向具有厚度。

【0014】 作為構成發光元件 1 的半導體能夠使用例如： $A l_x G a_y I n_{1-x-y} N$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x + y \leq 1$) 表示的 2 ~ 4 元系的 III 族氮化物半導體。再者，深紫外 LED 中，經常使用不含銦的 $A l_z G a_{1-z} N$ 系 ($0 \leq z \leq 1$)。此外，構成發光元件 1 的半導體的 III 族元素的一部分可置換為硼 (B)、銻 (Tl) 等。此外，也能夠以下述來將氮的一部分置換：磷 (P)、砷 (As)、銻 (Sb)、鉍 (Bi) 等。以下說明發光元件 1 的各構成要素。

【0015】 (基板 2)

基板 2 是由會使活性層 6 發出的光(本形態中為深紫外光)穿透的材料所構成。基板 2 為例如藍寶石 ($A l_2 O_3$) 基板。再者，基板 2 可使用例如：氮化鋁 (AlN) 基板、或氮化鋁鎵 (AlGaIn) 基板等。

【0016】 (緩衝層 3)

緩衝層 3 形成於基板 2 上。本形態中，緩衝層 3 是藉由氮化鋁來形成。再者，當基板 2 為氮化鋁基板或氮化鋁鎵基板時，緩衝層 3 未必要設置。

【0017】 (n 型包覆層 4)

n型包覆層4形成於緩衝層3上。n型包覆層4是n型半導體層，其由例如摻雜有n型雜質之 $\text{Al}_a\text{Ga}_{1-a}\text{N}$ ($0 \leq a \leq 1$)所構成。n型包覆層4的Al組成比a例如較佳是設為20%以上，更佳是設為25%以上且70%以下。再者，Al組成比也稱為AlN莫耳分率。

【0018】 n型包覆層4是摻雜有矽(Si)作為n型雜質之n型半導體層。再者，作為n型雜質，可使用鍺(Ge)、硒(Se)或碲(Te)等。n型包覆層4以外的包含n型雜質之半導體層亦同。n型包覆層4具有 $1 \mu\text{m}$ 以上且 $4 \mu\text{m}$ 以下的膜厚。n型包覆層4可以是單層結構，也可以是複數層結構。

【0019】 (組成傾斜層5)

組成傾斜層5形成於n型包覆層4上。組成傾斜層5是由 $\text{Al}_b\text{Ga}_{1-b}\text{N}$ ($0 < b \leq 1$)所構成。組成傾斜層5的積層方向的各位置中的Al組成比是越靠上側的位置變得越大。再者，組成傾斜層5在積層方向的極小部分的區域(例如組成傾斜層5的整個積層方向的5%以下的區域)中，可包含Al組成比不會隨著越往上側變得越大的區域。

【0020】 組成傾斜層5較佳是：其下端部的Al組成比與n型包覆層4的Al組成比大致相同(例如差值在5%以內)，並且其上端部的Al組成比與和組成傾斜層5鄰接的障壁層61的Al組成比大致相同(例如差值在5%以內)。藉由設置組成傾斜層5，即能夠在和組成傾斜層5的上下相鄰的障壁層61與n型包覆層4之間防止Al組成比急遽變化。藉此，能夠抑制起因於晶格失配的錯位發生。其結果，活性

層6中能夠藉由非發光性的再結合來抑制電子與電洞被消耗，從而提升發光元件1的光輸出。組成傾斜層5的膜厚能夠設為例如5 nm以上且20 nm以下。本形態中，組成傾斜層5中較佳是含有作為n型雜質的矽，但不限於此。

【0021】 (活性層6)

活性層6形成於組成傾斜層5上。本形態中，活性層6是以成為具有複數層的阱層62之多重量子阱結構的方式來形成。本形態中，活性層6具有各3層的障壁層61與阱層62，並且障壁層61與阱層62交互地進行積層。活性層6中，障壁層61位於下端，阱層62位於上端。活性層6在多重量子阱結構內會使電子與電洞再結合來產生既定波長的光。本形態中，活性層6為了輸出波長365 nm以下的深紫外光，是以使能帶隙成為3.4 eV以上的方式構成。特別是，本形態中，活性層6是以能夠產生中心波長為200 nm以上且365 nm以下的深紫外光的方式構成。

【0022】 各障壁層61是由 $\text{Al}_c\text{Ga}_{1-c}\text{N}$ ($0 < c \leq 1$)所構成。各障壁層61的Al組成比c，例如能夠設為75%以上且95%以下。此外，各障壁層61具有2 nm以上且12 nm以下的膜厚。

【0023】 各阱層62是由 $\text{Al}_d\text{Ga}_{1-d}\text{N}$ ($0 \leq d < 1$)所構成。本形態中，3層的阱層62為最下方阱層621與2層的上側阱層622，而在構成上不同，最下方阱層621是被形成在距離p型半導體層8最遠的位置處的阱層62，上側阱層622是最下方阱層621以外的2層的阱層62。

【0024】 最下方阱層 6 2 1 的膜厚比各上側阱層 6 2 2 的膜厚大 1 n m 以上。本形態中，最下方阱層 6 2 1 具有 4 n m 以上且 6 n m 以下的膜厚，各上側阱層 6 2 2 具有 2 n m 以上且 4 n m 以下的膜厚。最下方阱層 6 2 1 與各上側阱層 6 2 2 的膜厚差，能夠設為 2 n m 以上且 4 n m 以下。最下方阱層 6 2 1 的膜厚能夠設為上側阱層 6 2 2 的膜厚的例如 2 倍以上且 3 倍以下。藉由最下方阱層 6 2 1 的膜厚大於上側阱層 6 2 2 的膜厚，最下方阱層 6 2 1 會平坦化，並且形成於最下方阱層 6 2 1 上的活性層 6 的各層의 平坦性也會提升。藉此，能夠抑制在活性層 6 的各層中產生 A 1 組成比的變異，而能夠使輸出光的單色性提升。

【0025】 此外，最下方阱層 6 2 1 的 A 1 組成比比 2 層的上側阱層 6 2 2 分別的 A 1 組成比大 2 % 以上。本形態中，最下方阱層 6 2 1 的 A 1 組成比具有 3 5 % 以上且 5 5 % 以下的 A 1 組成比，各上側阱層 6 2 2 具有 2 5 % 以上且 4 5 % 以下的 A 1 組成比。最下方阱層 6 2 1 的 A 1 組成比與各上側阱層 6 2 2 的 A 1 組成比的差值，例如能夠設為 1 0 % 以上且 3 0 % 以下。最下方阱層 6 2 1 的 A 1 組成比能夠設為上側阱層 6 2 2 的 A 1 組成比的例如 1 . 4 倍以上且 2 . 2 倍以下。藉由將最下方阱層 6 2 1 的 A 1 組成比設為大於上側阱層 6 2 2 的 A 1 組成比，能夠將 n 型包覆層 4 與最下方阱層 6 2 1 之間的 A 1 組成比的差值減少至較小，而提升最下方阱層 6 2 1 的結晶性。藉由最下方阱層 6 2 1 的結晶性提升，也可提升形成於最下方阱層

6 2 1 上的活性層 6 的各層的結晶性。藉此，能夠使活性層 6 中的載體的移動度提升，而提升發光強度。

【0026】 此外，例如：在最下方阱層 6 2 1 中可摻雜有作為 n 型雜質的矽。藉此，會誘發活性層 6 中的 V 坑 (pit) 的形成，該 V 坑會產生停止錯位從 n 型包覆層 4 側進展的作用。再者，上側阱層 6 2 2 中也可以含有矽等 n 型雜質。此外，本形態中，活性層 6 設為多重量子阱結構，但是也可以是僅具備 1 層的阱層 6 2 之單一量子阱結構。

【0027】 (電子阻擋層 7)

電子阻擋層 7 具有下述功能：藉由抑制電子從活性層 6 漏出至 p 型半導體層 8 側的外溢 (overflow) 現象的產生，來提高對活性層 6 的電子注入效率。本形態中，電子阻擋層 7 由 $\text{Al}_e\text{Ga}_{1-e}\text{N}$ ($0.7 < e \leq 1$) 所構成。亦即，本形態中，電子阻擋層 7 的 Al 組成比 e 為 70% 以上。電子阻擋層 7 具有從下側依序積層而成的第一層 7 1 及第二層 7 2。

【0028】 第一層 7 1 是以與位於活性層 6 最上側的上側阱層 6 2 2 相接的方式來設置。第一層 7 1 的 Al 組成比較佳是設為 80% 以上，本形態中是由氮化鋁所構成 (亦即 Al 組成比為 100%)。Al 組成比越大則抑制電子通過的電子阻擋效果越高。因此，藉由在與活性層 6 鄰接的位置形成 Al 組成比大的第一層 7 1，即能夠在接近活性層 6 的位置處獲得高電子阻擋效果，並且容易確保 3 層的阱層 6 2 中的電子的存在機率。

【0029】 在此處，若 A1 組成比高的第一層 71 的膜厚過大，會有整個發光元件 1 的電阻值變得過大的疑慮。因此，第一層 71 的膜厚較佳是設為 0.5 nm 以上且 10 nm 以下，更佳是設為 0.5 nm 以上且 5 nm 以下。另一方面，若降低第一層 71 的膜厚，則可能會因穿隧效應而增加電子從下側至上側穿過第一層 71 的機率。因此，本形態的發光元件 1 中，在第一層 71 上形成有第二層 72，藉此，已抑制電子穿過整個電子阻擋層 7。

【0030】 第二層 72 具有比第一層 71 的 A1 組成比更小的 A1 組成比。第二層 72 的 A1 組成比例如能夠設為 70% 以上且 90% 以下。此外，第二層 72 的膜厚，較佳是第一層 71 的膜厚以上，從確保電子阻擋效果及降低電阻值的觀點來看，較佳是設為 1 nm 以上且小於 100 nm。

【0031】 電子阻擋層 7 的膜厚 T 即第一層 71 及第二層 72 的合計膜厚，能夠設為 15 nm 以上且 100 nm 以下。特別是，當將電子阻擋層 7 的膜厚 T 設為 100 nm 以下時，伴隨對發光元件 1 通電，作為自 p 型半導體層 8 往活性層 6 側擴散的 p 型雜質的鎂會變得容易到達活性層 6。並且，因為氫容易與鎂結合，若自 p 型半導體層 8 往活性層 6 側擴散的鎂變得容易到達活性層 6，氫也會同時地變得容易往活性層 6 擴散。若鎂往活性層 6 擴散，會由於構成活性層 6 的母相原子與鎂的原子半徑的差異，變得容易在活性層 6 中發生錯位。若是如此，活性層 6 中的電子與電洞的再結合會容易成為非發光性的再結合（例如使振動產生的再結

合)，而有發光效率降低的疑慮。此外，若氫往活性層6擴散，活性層6會劣化，並且伴隨通電時間的經過，會有發光輸出降低並且發光元件1的壽命變短的疑慮。

【0032】 因此，本形態中，整個電子阻擋層7的積層方向的各位置的氫濃度的平均值成為 2.0×10^{18} atoms/cm³以下，較佳是成為 1.0×10^{18} atoms/cm³以下。如此，電子阻擋層7的氫濃度較低，藉此能夠抑制氫結合於由p型半導體層往活性層6擴散的鎂，並且能夠抑制氫往活性層6擴散。

【0033】 電子阻擋層7的各層中的氫濃度的調整，例如能夠藉由調整電子阻擋層7的各層的鎂濃度來實現。亦即，因為氫會容易收到鎂的牽引，例如藉由降低電子阻擋層7的各層的鎂濃度，即能夠降低電子阻擋層7的各層的氫濃度。從降低電子阻擋層7的各層的氫濃度的觀點來看，電子阻擋層7的各層的積層方向的各位置的鎂濃度，較佳是設為 5.0×10^{18} atoms/cm³以下，更佳是設為背景濃度程度。背景濃度程度的鎂濃度，是在不摻雜鎂時所檢測出的鎂濃度。

【0034】 本形態中，電子阻擋層7的各層是無摻雜的層。再者，電子阻擋層7的各層能夠設為含有n型雜質之層、含有p型雜質之層、或含有n型雜質及p型雜質雙方之層。當電子阻擋層7的各層含有雜質時，電子阻擋層7的各層所含有的雜質可包含於電子阻擋層7的各層的整體中，也可以包含於電子阻擋層7的各層的一部分中。作為電子阻

擋層7的各層所包含的p型雜質，能夠使用鎂(Mg)，除了鎂以外，也可以使用：鋅(Zn)、鈹(Be)、鈣(Ca)、銦(Sr)、鋇(Ba)、或碳(C)等。此外，整個電子阻擋層7中的各雜質濃度的積層方向平均，較佳是分別為 5.0×10^{18} atoms/cm³以下。如此，藉由降低電子阻擋層7的各層的雜質濃度，可抑制自p型半導體層8往活性層6側擴散的氫到達至活性層6。此外，電子阻擋層7能夠以單層來構成。

【0035】 (電子阻擋層7與p型半導體層8之邊界部13)

在電子阻擋層7與p型半導體層8之邊界部13處，包含有作為n型雜質的矽。設置邊界部13中所含有的矽的目的在於，抑制鎂及氫自p型半導體層8往活性層6擴散。亦即，藉由電子阻擋層7與p型半導體層8之邊界部13中含有矽，能夠藉由邊界部13的矽來攔截p型半導體層8中的鎂。藉此，可抑制p型半導體層8中的鎂往活性層6擴散。再者，p型雜質與n型雜質，特別是鎂與矽容易互相牽引。進而，因為氫容易結合於鎂，所以藉由鎂自p型半導體層8往活性層6的擴散受到抑制，氫自p型半導體層8往活性層6的擴散也會一併受到抑制。再者，鎂在III-V族半導體中，時常被用來作為p型雜質。

【0036】 在邊界部13處，矽只要能夠以下述至少任一狀態存在即可：固溶於結晶中的狀態；形成有團簇(cluster)的狀態；及，析出了含有矽之化合物的狀態。所謂矽固溶於結晶中的狀態，是構成邊界部13的氮化鋁鎵中摻雜有矽的狀態，亦即矽位於氮化鋁鎵的晶格位置中

的狀態。又，所謂矽形成有團簇的狀態是下述狀態：構成邊界部 13 的氮化鋁鎵中過剩地摻雜有矽，而矽存在於氮化鋁鎵的晶格位置，並且在晶格間位置處也有進行凝聚等而存在有矽。並且，所謂析出了含有矽之化合物的狀態，例如是形成有氮化矽等的狀態。在電子阻擋層 7 與 p 型半導體層 8 之邊界部 13 處，可形成有含矽之層，也可以是含矽之部位分散地存在於與積層方向正交的面方向上。

【0037】 在發光元件 1 的積層方向的矽濃度分布中，邊界部 13 中的矽濃度的峰值，較佳是滿足 1.0×10^{18} atoms/cm³ 以上且 1.0×10^{20} atoms/cm³ 以下。藉由設為 1.0×10^{18} atoms/cm³ 以上，能夠進一步容易地抑制鎂的擴散。此外，藉由設為 1.0×10^{20} atoms/cm³ 以下，能夠抑制與邊界部 13 鄰接的第二層 72 及第一 p 型包覆層 81 的結晶性降低的情況。進一步，在發光元件 1 的積層方向的矽濃度分布中，邊界部 13 中的矽濃度的峰值，更佳是滿足 3.0×10^{18} atoms/cm³ 以上且 5.0×10^{19} atoms/cm³ 以下。並且，將位於包含有矽之邊界部 13 與活性層 6 之間的電子阻擋層 7，設為如同前述那樣的雜質較少的層（特別是無摻雜的層），並將位於與邊界部 13 中的活性層 6 側為相反側的 p 型半導體層 8 設為 p 型雜質較多的層，藉此可增加 p 型半導體層 8 的載體濃度，還能夠抑制鎂及氫自 p 型半導體層 8 往活性層 6 擴散。

【0038】 （p 型半導體層 8）

p 型半導體層 8 形成於第二層 7 2 上。本形態中，p 型半導體層 8 的 Al 組成比為小於 70%。本形態中，p 型半導體層 8 是具有從下側依序積層而成的第一 p 型包覆層 8 1、第二 p 型包覆層 8 2 及 p 型接觸層 8 3。

【0039】 第一 p 型包覆層 8 1 是以與第二層 7 2 相接的方式設置。第一 p 型包覆層 8 1 是由包含鎂作為 p 型雜質之 $\text{Al}_f\text{Ga}_{1-f}\text{N}$ ($0 < f \leq 1$) 所構成。第一 p 型包覆層 8 1 的鎂濃度，能夠設為 $1.0 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以上且 $5.0 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ 以下。第一 p 型包覆層 8 1 的 Al 組成比 f，能夠設為 45% 以上且 65% 以下。第一 p 型包覆層 8 1 具有 15 nm 以上且 35 nm 以下的膜厚。

【0040】 第二 p 型包覆層 8 2 是由包含鎂作為 p 型雜質之 $\text{Al}_g\text{Ga}_{1-g}\text{N}$ ($0 < g \leq 1$) 所構成。第二 p 型包覆層 8 2 的鎂濃度，與第一 p 型包覆層 8 1 的鎂濃度相同，能夠設為 $1.0 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以上且 $5.0 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ 以下。

【0041】 第二 p 型包覆層 8 2 的積層方向的位置中的 Al 組成比，呈越靠上側的位置越小。再者，第二 p 型包覆層 8 2 在積層方向的極小部分的區域(例如第二 p 型包覆層 8 2 的整個積層方向的 5% 以下的區域)中，可包含 Al 組成比不會隨著越往上側變得越小的區域。

【0042】 第二 p 型包覆層 8 2 較佳是：其下端部的 Al 組成比與第一 p 型包覆層 8 1 的 Al 組成比大致相同(例如差值在 5% 以內)，並且其上端部的 Al 組成比與 p 型接觸層 8 3 的 Al 組成比大致相同(例如差值在 5% 以內)。藉由設置第二

p 型包覆層 8 2，即能夠在與第二 p 型包覆層 8 2 的上下相鄰的 p 型接觸層 8 3 與第一 p 型包覆層 8 1 之間防止 Al 組成比急遽變化。藉此，能夠抑制起因於晶格失配的錯位發生。其結果，活性層 6 中的電子與電洞能夠藉由非發光性的再結合來抑制受到消耗的情況，從而提升發光元件 1 的光輸出。第二 p 型包覆層 8 2 的膜厚能夠設為例如 2 nm 以上且 4 nm 以下。

【0043】 p 型接觸層 8 3 是連接有 p 側電極 1 2 的層，是由高濃度地摻雜有作為 p 型雜質的鎂之 $\text{Al}_h\text{Ga}_{1-h}\text{N}$ ($0 \leq h < 1$) 所構成。p 型接觸層 8 3 的鎂濃度能夠設為 5.0×10^{18} atoms/cm³ 以上且 5.0×10^{21} atoms/cm³ 以下。本形態中，p 型接觸層 8 3 是由 p 型的氮化鎵 (GaN) 所構成。p 型接觸層 8 3 為了實現與 p 側電極 1 2 的歐姆接觸，是以使 Al 組成比 h 降低的方式構成，從這樣的觀點來看，較佳是藉由 p 型的氮化鎵 (GaN) 來形成。p 型接觸層 8 3 的膜厚，能夠設為例如 10 nm 以上且 25 nm 以下。

【0044】 再者，p 型半導體層 8 的各層中所含有的 p 型雜質設為鎂，但是也可以設為：鋅、銻、鈣、鋇、鋇、或碳等。

【0045】 (n 側電極 1 1)

n 側電極 1 1 形成於在 n 型包覆層 4 中在上側露出的面上。n 側電極 1 1 能夠設為例如多層膜，該多層膜在 n 型包覆層 4 上依序積層有鈦 (Ti)、鋁、鈦、金 (Au)。

【0046】 (p 側電極 1 2)

p 側電極 12 形成於 p 型接觸層 83 上。p 側電極 12 是將從活性層 6 所發出的深紫外光進行反射的反射電極。p 側電極 12 具有在活性層 6 所發出的光的中心波長中的 50% 以上的反射率，較佳是 60% 以上的反射率。p 側電極 12 較佳是含銦 (Rh) 之金屬。含銦之金屬對於深紫外光的反射率高，且與 p 型接觸層 83 的黏合性也高。本形態中，p 側電極 12 由銦的單膜所構成。由活性層 6 往上側發出的光，會在 p 側電極 12 與 p 型半導體層 8 之界面處被反射。

【0047】 本形態中，發光元件 1 是覆晶 (flip chip) 安裝在未圖示的封裝基板。亦即，發光元件 1 是將積層方向中的設置有 n 側電極 11 及 p 側電極 12 之側朝向封裝基板側，經由金凸塊等來將 n 側電極 11 及 p 側電極 12 分別安裝在封裝基板。覆晶安裝而成的發光元件 1 從基板 2 側 (亦即下側) 將光萃取出。再者，不限於此，發光元件 1 也可以藉由打線接合 (wire bonding) 等來安裝在封裝基板。此外，本形態中，發光元件 1 是設為所謂的橫型的發光元件 1，該橫型的發光元件 1 是 n 側電極 11 及 p 側電極 12 雙方設置於發光元件 1 的上側而成，但不限於此，也可以是縱型的發光元件 1。縱型的發光元件 1 為藉由 n 側電極 11 及 p 側電極 12 來將活性層 6 夾在中間而成的發光元件 1。再者，當將發光元件 1 設為縱型時，基板 2 及緩衝層 3 較佳是藉由雷射剝離 (lift-off) 等來去除。

【0048】 (有關元素濃度的數值)

前述的發光元件1的積層方向的各位置中的元素濃度(氫濃度、矽濃度等)的數值，是藉由二次離子質量分析法(SIMS: Secondary Ion Mass Spectrometry)所獲得的值。即便在使用二次離子質量分析法時，仍可能會因為同時進行測定元素濃度的元素數量及元素種類等，造成測定結果大幅地變化，因此針對元素濃度的測定方法進行說明。

【0049】 當要進行發光元件1的積層方向的各位置中的元素濃度的測定時，分別實行：同時測定矽、氧、碳及氫這4種元素的濃度及鋁的二次離子強度的步驟；及，同時測定鎂濃度及鋁的二次離子強度的步驟。當要測定該等元素時，能夠使用ULVAC-PHI, Inc.製造的PHI ADEPT1010。再者，二次離子質量分析法中，無法正確地進行構成最表面的層(本形態中是p型接觸層83)的元素濃度的測定，但是前述的發光元件1的積層方向的各位置中的元素濃度(氧濃度、氫濃度、矽濃度等)的數值，是忽略了無法正確地測量的區域的測定值。作為測定條件，能夠將一次離子種類設為Cs⁺，將一次加速電壓設為2.0 kV，並將檢測區域設為88×88 μm²。

【0050】 (實施形態的作用及效果)

本形態中，電子阻擋層7的膜厚T是100 nm以下。電子阻擋層7因為A1組成比高，所以若變厚會成為使整個發光元件1的電阻值上升的主要原因，因而藉由將電子阻擋層7的膜厚T設為100 nm以下，即能夠使整個發光元件1

的電阻值降低。在此處，當將電子阻擋層7的膜厚T設為100 nm以下時，若是沒有特別地處置，p型雜質(鎂)會變得容易由p型半導體層8通過電子阻擋層7地往活性層6擴散。進而，因為氫容易與鎂結合，若自p型半導體層8往活性層6側擴散的鎂變得容易到達活性層6，氫也會同時地變得容易往活性層6擴散。若鎂往活性層6擴散，會由於構成活性層6的母相原子與鎂的原子半徑的差異，變得容易在活性層6中發生錯位。若是如此，活性層6中的電子與電洞的再結合會容易成為非發光性的再結合(例如使振動產生的再結合)，而有發光效率降低的疑慮。此外，若氫往活性層6擴散，活性層6會劣化，並且伴隨通電時間的經過，會有發光輸出降低並且發光元件1的壽命變短的疑慮。

【0051】 因此，本形態中，使在p型半導體層8與電子阻擋層7之邊界部13中含有n型雜質(矽)。因為鎂容易受矽牽引，所以藉由邊界部13中含有矽，要自p型半導體層8往活性層6側擴散的鎂會由於邊界部13的矽而被攔截。因此，能夠降低自p型半導體層8往活性層6側擴散的鎂，繼而能夠抑制與鎂結合的氫往活性層6擴散。進一步，本形態中，將電子阻擋層7中的積層方向的各位置的氫濃度的平均值設為 $2.0 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以下。藉此，即便鎂自p型半導體層8往活性層6擴散，仍能夠抑制氫結合於往活性層6擴散的鎂，因此能夠抑制氫往活性層6擴散。

【0052】 此外，電子阻擋層7的積層方向的各位置的氫濃度的平均值進一步滿足 $1.0 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以下。藉此，能夠進一步抑制氫自p型半導體層8往活性層6擴散。

【0053】 此外，發光元件1中的積層方向的矽濃度分布中，邊界部13的峰值是 $1.0 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以上。由此能夠更加抑制鎂及氫自p型半導體層8往活性層6側的擴散。

【0054】 此外，發光元件1中的積層方向的矽濃度分布中，邊界部13的峰值進一步滿足 $1.0 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$ 以下。由此能夠抑制與邊界部13鄰接的第二層72及第一p型包覆層81的結晶性降低的情況。

【0055】 此外，電子阻擋層7中的積層方向的各位置的n型雜質濃度的平均值及電子阻擋層7中的積層方向的各位置的p型雜質濃度的平均值，分別為 $5.0 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以下。如此，藉由降低電子阻擋層7的雜質濃度，能夠抑制氫經由電子阻擋層7地自p型半導體層8往活性層6擴散。

【0056】 如同上述，根據本形態能夠提供一種氮化物半導體發光元件，其能夠抑制氫往活性層的擴散。

【0057】 [實驗例]

本實驗例是針對分別且適當地變更鎂濃度與氫濃度而成的樣品1～樣品4的發光元件，評價初始發光輸出及殘留發光輸出後的示例。再者，在本實驗例中所使用的構

成要素的名稱中，與既有形態所使用的名稱相同者，只要沒有特別說明，即表示與既有形態相同的構成要素。

【0058】 首先，針對樣品 1～樣品 4 的發光元件進行說明。表 1 中顯示了樣品 1～樣品 4 的發光元件的各層的厚度、A1 組成比、矽濃度、鎂濃度及氫濃度。

【0059】 [表 1]

構造	膜厚	Al 組成比[%]	Si 濃度[atoms/cm ³]	Mg 濃度[atoms/cm ³]	H 濃度[atoms/cm ³]	
基板	430um±25 um	-	BG	BG	BG	
緩衝層	2000±200 nm	100	BG	BG	BG	
n 型包覆層	2000±200 nm	55±10	(1.50±1.00)E+19	BG	BG	
組成傾斜層	15±5 nm	55→85	BG-最下方阱層的波峰濃度	BG	BG	
活性層(3QW)	障壁層	7±5 nm	85±10	BG-最下方阱層的波峰濃度	BG	BG
	阱層(最下方阱層)	5±1 nm	45±10	波峰濃度：(3.50±2.50)E+19	BG	BG
	障壁層	7±5 nm	85±10	BG-最下方阱層的波峰濃度	BG	BG
	阱層(上側阱層)	3±1 nm	35±10	BG-1.00E+19	BG	BG
	障壁層	7±5 nm	85±10	BG-1.00E+19	BG-1.00E+19	BG-1.00E+19
	阱層(上側阱層)	3±1 nm	35±10	BG-1.00E+18	BG-1.00E+19	BG-1.00E+19
電子阻擋層	第一層	2±1nm	95±5	・ 邊界部の波峰濃度 (2.00±1.00)E+19 ・ 邊界部以外 BG	平均值 樣品 1：1.97E+17 樣品 2：3.96E+18 樣品 3：6.56E+18 樣品 4：7.80E+18	平均值 樣品 1：2.80E+17 樣品 2：7.14E+17 樣品 3：2.69E+18 樣品 4：4.15E+18
	第一層	20±5 nm	80±10		1.00E+18-5.00E+19	1.00E+18-5.00E+19
p 型半導體層	第一 p 型包覆層	25±10 nm	55±10		1.00E+18-5.00E+19	1.00E+18-5.00E+19
	第二 p 型包覆層	3±1nm	55→0		1.00E+18-5.00E+19	1.00E+18-5.00E+19
	p 型接觸層	20±5 nm	0		5.00E+18-5.00E+21	BG-5.00E+21

【0060】 表 1 中所記載的各層的 A1 組成比，是基於藉由 SIMS 測定出的 A1 的二次離子強度所推算出的值。表 1 中，「BG」這樣的標記表示背景濃度程度。表 1 中的組成傾斜層的欄位表示了自組成傾斜層的下端起延續到上端為止，組成傾斜層的積層方向的各位置的 A1 組成比自 55% 逐漸增加到 85% 的情況。同樣地，在表 1 中的第二 p 型包覆層的欄位表示了自第二 p 型包覆層的下端起延續到上端為止，第二 p 型包覆層的積層方向的各位置的 A1 組成比自 55% 逐漸減少到 0% 的情況。表 1 中，電子阻擋層的鎂濃度的欄位，表示了樣品 1 ~ 樣品 4 中的電子阻擋層的積層方向的各位置的鎂濃度的平均值。表 1 中，電子阻擋層的氫濃度的欄位，表示了樣品 1 ~ 樣品 4 中的電子阻擋層的積層方向的各位置的氫濃度的平均值。再者，表 1 中所記載的電子阻擋層的欄位中的鎂濃度的平均值及氫濃度的平均值，是忽略了下述區域之測定結果：自電子阻擋層與活性層的邊界起至往 p 型半導體層側距離 5 nm 的位置為止的區域、及自電子阻擋層與 p 型半導體層的邊界起至往遠離活性層側距離 5 nm 的位置為止的區域。其原因在於，該等區域是無法利用 SIMS 獲得正確的數值之處。

【0061】 由表 1 可知，樣品 1 ~ 樣品 4 中，電子阻擋層中的積層方向的各位置的鎂濃度的平均值及電子阻擋層中的積層方向的各位置的氫濃度的平均值不同。亦即，電子阻擋層中的積層方向的各位置的鎂濃度的平均值及電子阻

擋層中的積層方向的各位置的氫濃度的平均值，分別依照樣品 1、樣品 2、樣品 3、樣品 4 的順序變大。至於其他構成方面，樣品 1～樣品 4 具有互為相同的構成。

【0062】 第 2 圖中顯示了各樣品的發光元件中的積層方向的矽濃度分布及 A1 二次離子強度分布。第 3 圖中顯示了各樣品的發光元件中的積層方向的鎂濃度分布及 A1 二次離子強度分布。第 4 圖中顯示了各樣品的發光元件中的積層方向的氫濃度分布及 A1 二次離子強度分布。再者，第 2 圖中，有關積層方向的矽濃度分布及 A1 二次離子強度分布兩者，在樣品 1～樣品 4 的結果方面沒有太大的差異，因此僅表示作為代表的樣品 1 的結果。第 3 圖及第 4 圖中，有關積層方向的 A1 二次離子強度分布，在樣品 1～樣品 4 的結果方面沒有太大的差異，因此僅表示作為代表的樣品 1 的結果。此外，第 3 圖及第 4 圖中，從容易觀察的觀點來看，有關鎂濃度分布及氫濃度分布，以實線表示樣品 1 及樣品 3 的結果，並以虛線表示樣品 2 及樣品 4 的結果。此外，第 2 圖～第 4 圖中，顯示了樣品 1～樣品 4 的發光元件的各層大致的邊界位置。

【0063】 第 2 圖中，在電子阻擋層與 p 型半導體層之邊界部中表現有矽濃度的波峰 P。在此處，第 2 圖中，波峰 P 雖然看起來具有一定程度的寬度，但是這僅是測定上的問題，實際上邊界部大致沒有含矽之部分的厚度。此外，比較第 3 圖及第 4 圖可知，氫濃度會與鎂濃度連動地進行增

減。亦即，可知電子阻擋層包含越多鎂，則氫濃度會變得越高。

【0064】 並且，針對樣品1～樣品4測定初始發光輸出與殘留發光輸出。初始發光輸出是在製造後立即使500 mA的電流流經樣品1～樣品4時的發光輸出。此外，殘留發光輸出是持續112小時流通500 mA的電流後的樣品1～樣品4時的發光輸出。發光輸出的測定，是藉由設置在樣品1～樣品4的發光元件各自的下側的光偵測器來測定。將結果顯示於第5圖的圖表。第5圖中，將樣品1的結果以圓形記號標示，將樣品2的結果以方形記號標示，將樣品3的結果以三角形記號標示，並將樣品4的結果以X形記號標示。

【0065】 由第5圖可知，樣品1～樣品4中，電子阻擋層的平均氫濃度越低，初始發光輸出會變得越高。此外，樣品1～樣品4中，電子阻擋層的平均氫濃度越低，殘留發光輸出也會變得越高。進一步，樣品3及樣品4與樣品1及樣品2，在圖表上的斜率不同，並且可知樣品1及樣品2在發光輸出方面降低的速度較為緩和。因而可知，在樣品1及樣品2即電子阻擋層的積層方向的各位置的氫濃度的平均值滿足 $2.0 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以下的發光元件中，可達成發光元件的長壽命化。此外，從該結果可知，特佳是電子阻擋層的積層方向的各位置的氫濃度的平均值滿足 $1.0 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以下。此外還可知，比起電子阻擋層的積層方向的各位置的氫濃度的平均值超過 7.0×10^{17}

atoms/cm^3 的樣品 2 ~ 樣品 4，樣品 1 即前述平均值為 $2.80 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 的發光元件中，初始發光輸出及殘留發光輸出兩者皆變高，且也能夠達成高壽命化。因此可知，電子阻擋層的積層方向的各位置的氫濃度的平均值進一步較佳是滿足 $7.0 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 以下。

【0066】 （實施形態的總括）

繼而，援用實施形態中的符號來記載由以上說明的實施形態所掌握的技術思想。但是，以下的記載中的各符號等，並非用以將發明申請專利範圍中的構成要素限定為實施形態中具體地表示的構件等。

【0067】 [1] 本發明的第一實施態樣是一種氮化物半導體發光元件(1)，其具備 n 型半導體層(4)、p 型半導體層(8)、設置於前述 n 型半導體層(4)與前述 p 型半導體層(8)之間的活性層、及設置於前述活性層與前述 p 型半導體層(8)之間的電子阻擋層(7)；前述電子阻擋層(7)的膜厚(T)為 100 nm 以下；在前述 n 型半導體層(4)、前述活性層、前述電子阻擋層(7)及前述 p 型半導體層(8)的積層方向之中，前述電子阻擋層(7)的各位置的氫濃度的平均值為 $2.0 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以下；並且，前述 p 型半導體層(8)與前述電子阻擋層(7)之邊界部(13)含有 n 型雜質。

藉此，能夠抑制氫由 p 型半導體層往活性層擴散。

【0068】 [2] 本發明的第二實施態樣是針對第一實施態樣，前述積層方向中的前述電子阻擋層(7)的各位置的氫濃度的平均值進一步滿足 $1.0 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以下。

藉此，能夠進一步抑制 p 型雜質及氫由 p 型半導體層往活性層側的擴散。

【0069】 [3] 本發明的第三實施態樣是針對第一或第二實施態樣，在前述積層方向中的前述 n 型雜質的濃度分布中，前述邊界部 (13) 的峰值為 $1.0 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以上。

藉此，能夠進一步抑制 p 型雜質及氫由 p 型半導體層往活性層側的擴散。

【0070】 [4] 本發明的第四實施態樣是針對第三實施態樣，前述峰值進一步滿足 $1.0 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$ 以下。

藉此，能夠抑制與邊界部鄰接的電子阻擋層及 p 型半導體層的結晶性降低的情況。

【0071】 [5] 本發明的第五實施態樣是針對第一～第四實施態樣中的任一態樣，前述電子阻擋層 (7) 中的前述積層方向的各位置的 n 型雜質濃度的平均值及前述電子阻擋層 (7) 中的前述積層方向的各位置的 p 型雜質濃度的平均值，分別為 $5.0 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以下。

藉此，能夠進一步抑制 p 型雜質及氫由 p 型半導體層往活性層側的擴散。

【0072】 (附記)

以上已說明本發明的實施形態，但前述實施形態並非用以限定申請專利範圍的發明。此外，應注意的是：實施形態中所說明的特徵的全部組合不一定對於解決發明所

欲解決的問題的技術手段而言皆為必須。此外，本發明能夠在不脫離其要旨的範圍內適當變形來實施。

【符號說明】

【0073】

1：發光元件

1 1：n 側電極

1 2：p 側電極

1 3：邊界部

2：基板

3：緩衝層

4：n 型包覆層（n 型半導體層）

5：組成傾斜層

6：活性層

6 1：障壁層

6 2：阱層

6 2 1：最下方阱層

6 2 2：上側阱層

7：電子阻擋層

7 1：第一層

7 2：第二層

8：p 型半導體層

8 1：第一 p 型包覆層

8 2 : 第二 p 型 包 覆 層

8 3 : p 型 接 觸 層

T : 電 子 阻 擋 層 的 膜 厚

【生物材料寄存】

國 內 寄 存 資 訊 (請 依 寄 存 機 構 、 日 期 、 號 碼 順 序 註 記)

無

國 外 寄 存 資 訊 (請 依 寄 存 國 家 、 機 構 、 日 期 、 號 碼 順 序 註 記)

無

【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種氮化物半導體發光元件，其具備

n 型半導體層、

具有由 p 型的氮化鎵所構成之 p 型接觸層之 p 型半導體層、

設置於前述 n 型半導體層與前述 p 型半導體層之間的活性層、及

設置於前述活性層與前述 p 型半導體層之間的電子阻擋層；

前述電子阻擋層的膜厚為 100 nm 以下；

在前述 n 型半導體層、前述活性層、前述電子阻擋層及前述 p 型半導體層的積層方向之中，前述電子阻擋層的各位置的氮濃度的平均值為 $2.0 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以下；
前述 p 型半導體層與前述電子阻擋層之邊界部含有 n 型雜質；

前述電子阻擋層由無摻雜的層所構成；

前述 p 型接觸層的膜厚為 10 nm 以上且 25 nm 以下。

【請求項2】 如請求項 1 所述之氮化物半導體發光元件，其中，前述積層方向中的前述電子阻擋層的各位置的氮濃度的平均值進一步滿足 $1.0 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以下。

【請求項3】 如請求項 1 或 2 所述之氮化物半導體發光元件，其中，在前述積層方向中的前述 n 型雜質的濃度分布中，前述邊界部的峰值為 $1.0 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以上。

【請求項4】 如請求項 3 所述之氮化物半導體發光元件，

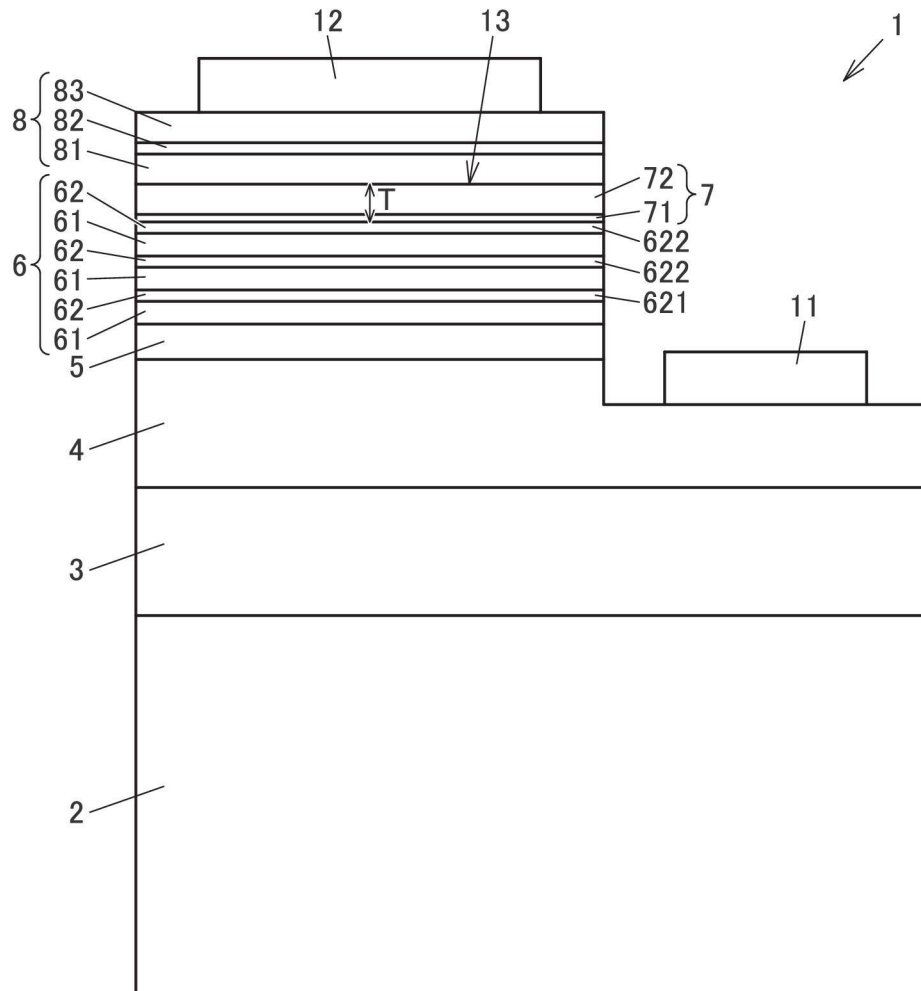
第 1 頁(發明申請專利範圍)

其中，前述峰值進一步滿足 $1.0 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$ 以下。

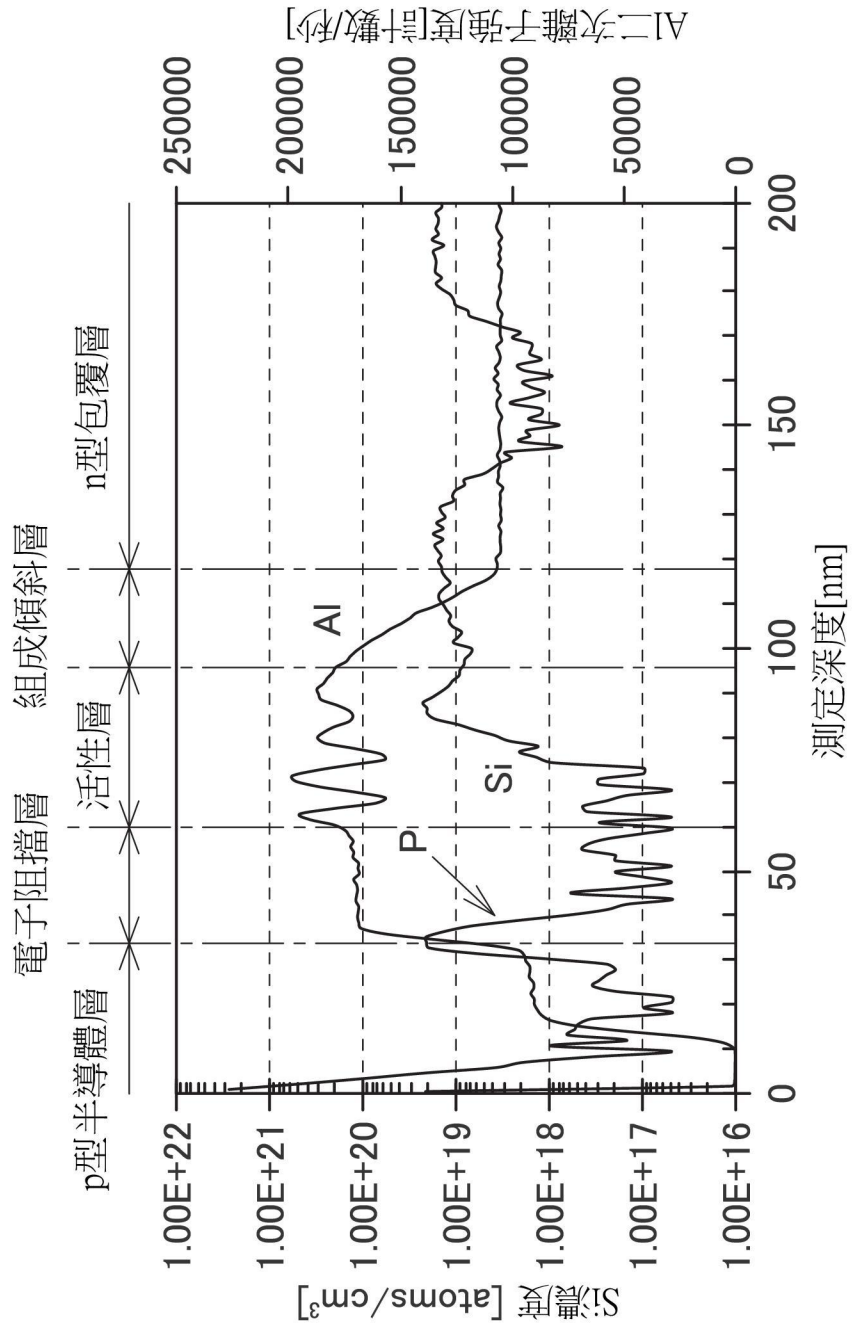
【請求項5】 如請求項1所述之氮化物半導體發光元件，其中，前述電子阻擋層中的前述積層方向的位置的 n 型雜質濃度的平均值及前述電子阻擋層中的前述積層方向的位置的 p 型雜質濃度的平均值，分別為 $5.0 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以下。

【發明圖式】

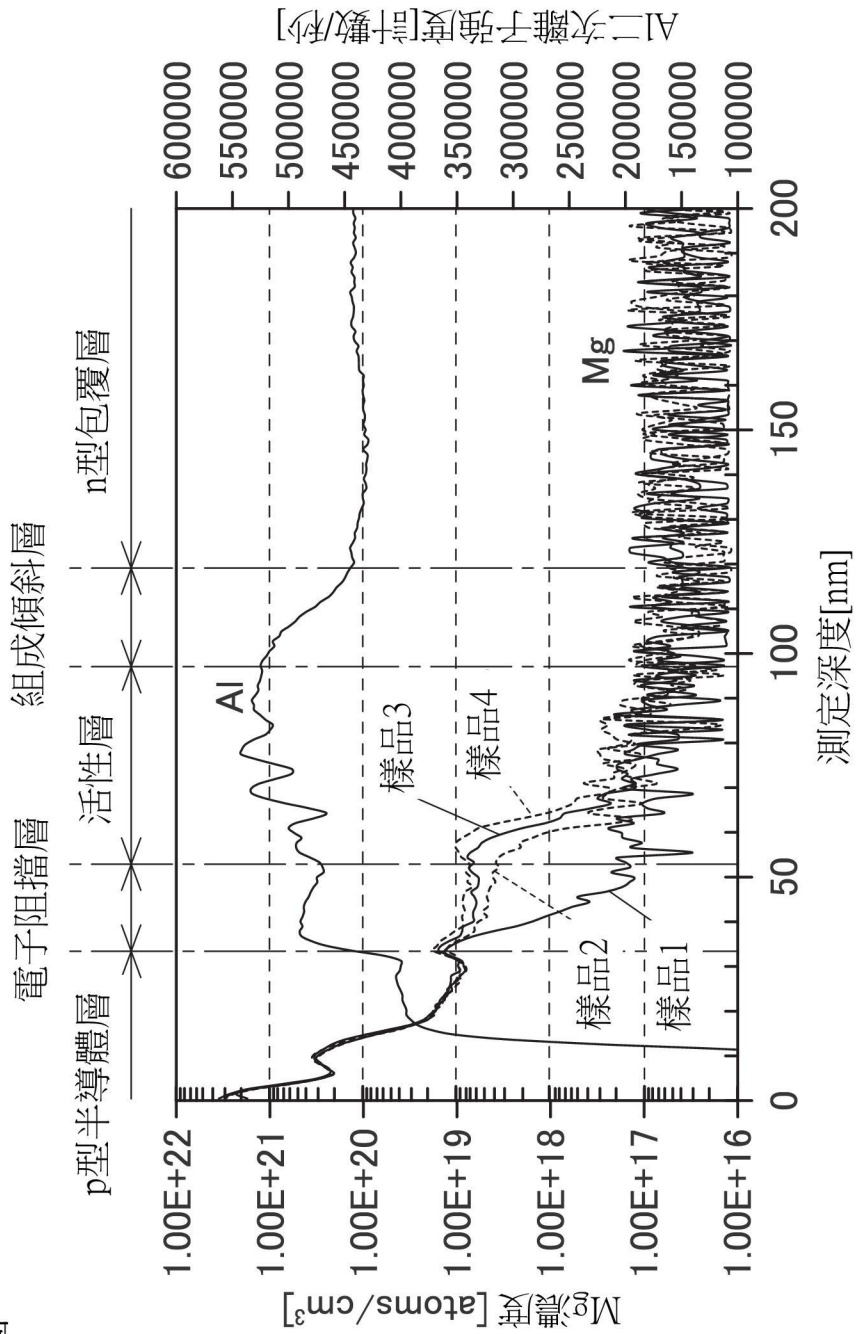
第1圖



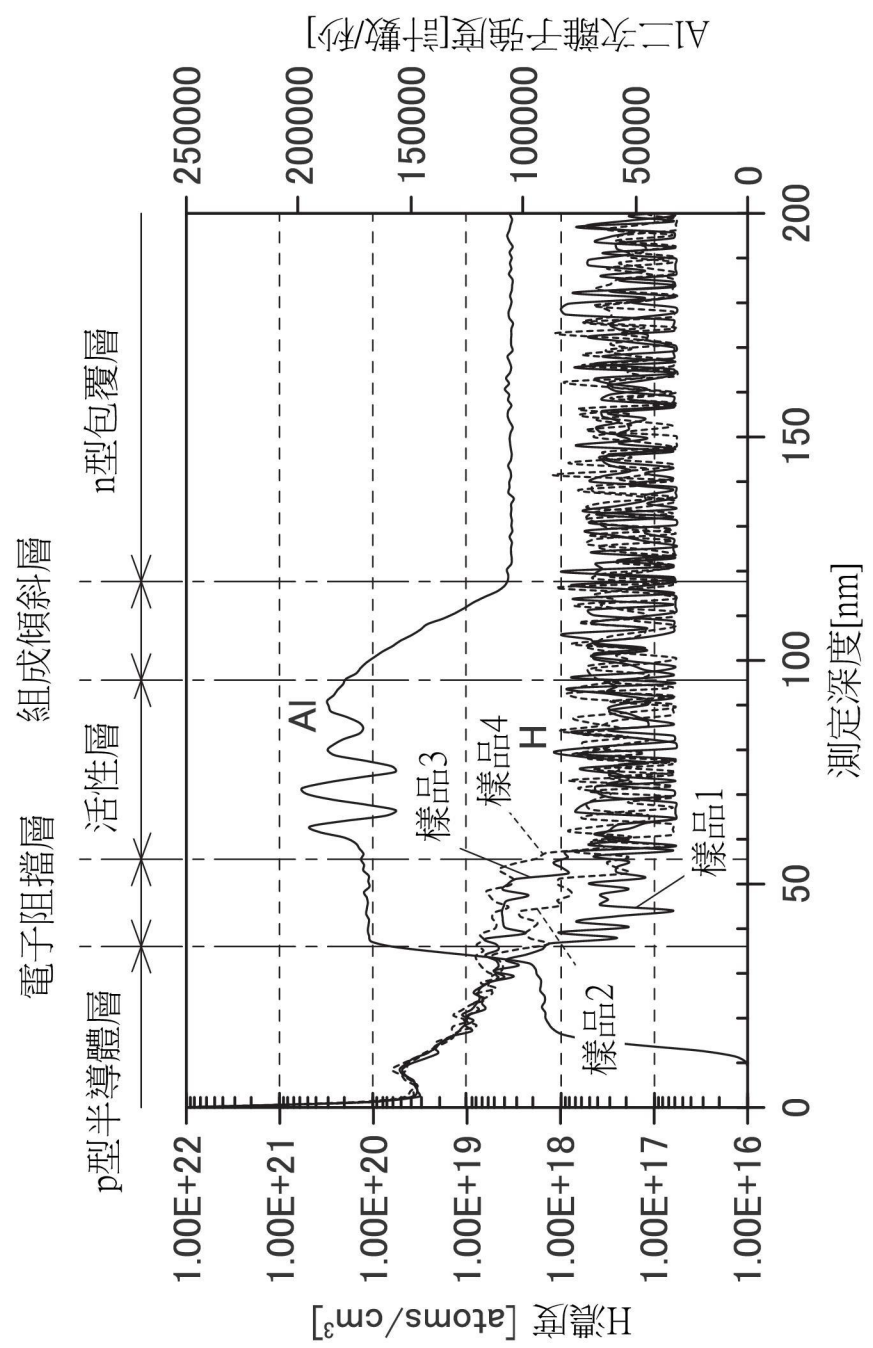
第2圖



第3圖



第4圖



第5圖

