



I259634

發明專利分割說明書

(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：

※ 申請日期：

※IPC 分類：

原申請案號：

一、發明名稱：(中文/英文)

氮化物半導體元件

NITRIDE SEMICONDUCTOR DEVICE

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

日商日亞化學工業股份有限公司

NICHIA CORPORATION

代表人：(中文/英文)

小川 英治

EIJI OGAWA

住居所或營業所地址：(中文/英文)

日本國德島縣阿南市上中町岡491番地100

國 籍：(中文/英文)

日本 JAPAN

三、發明人：(共 1 人)

姓 名：(中文/英文)

小崎 德也

TOKUYA KOZAKI

國 籍：(中文/英文)

日本 JAPAN

類
檢
委
員
明
示
本
案
分
割
後
不
變
更
原
實
質
內
容

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；2000.07.07；特願2000-207576
2. 日本；2000.10.05；特願2000-306372
3. 日本；2000.11.21；特願2000-355078
4. 日本；2001.06.08；特願2001-174903

☐ 無主張專利法第二十七條第一項國際優先權。

☐ 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】

本發明係關於一種使用發光二極體元件(LED)、雷射二極體元件(LD)等發光元件、太陽能電池、光學傳感器等光電探測器或電晶體、功率器件等電子元件所使用的氮化物半導體($\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ 、 $0 \leq x$ 、 $0 \leq y$ 、 $x+y \leq 1$)的氮化物半導體元件，特別是關於一種具有含有銦的氮化物半導體層的氮化物半導體元件。

【先前技術】

現今使用氮化物半導體的半導體雷射器對於DVD等利用於可大容量、高密度資訊記錄、重放的光碟系統的要求正在提高之中。因此，使用氮化物半導體的半導體雷射元件正在積極進行研究。此外，使用氮化物半導體的半導體雷射元件被認為從紫外區到紅色可廣泛在可見光區振盪，其應用範圍被期待不限於上述光碟系統的光源，還涉及雷射列印機、光網路等光源等多方面。此外，本申請人發表過一種雷射器：在405 nm、室溫、5 mW的連續振盪條件下超過一萬小時。

此外，使用氮化物半導體的發光元件、光電探測器等具有使用含有銦的氮化物半導體作為活性層的構造，形成活性層的更佳的活性區域在提高元件特性上很重要。

以往作為氮化物半導體元件的活性層，一般使用摻入n型雜質等的n型氮化物半導體，特別是量子井構造的情況，將摻入n型雜質的氮化物半導體、n型氮化物半導體用於井

層、阻擋層起來。

作為使用氮化物半導體的元件，在發光元件方面，要將其用途擴大到許多領域，必須再完成元件特性，特別是元件壽命的提高。

就使用氮化物半導體的雷射元件而言，要利用於上述高密度光碟系統的讀取、寫入光源等或更進一步的應用，更加提高元件壽命、提高輸出是必須的課題。此外，在其他氮化物半導體元件也還是同樣需要提高元件壽命、輸出，使用氮化物半導體的發光元件也需要提高發光輸出。

以往使用成為問題的氮化物半導體的元件的脆弱的反向耐壓特性在其製造上的處理、封裝於應用製品時的處理，被破壞的危險性高，是極為重要的課題之一。

本發明係鑑於上述情況所完成的，其目的在於得到一種臨界電流密度等元件特性佳且長壽命、高輸出的氮化物半導體元件。

【發明內容】

(1)本件發明之發光元件係在具有以p型氮化物半導體層和n型氮化物半導體層夾住具有由含有銦的氮化物半導體構成的井層和由氮化物半導體構成的阻擋層的量子井構造的活性層的構造之氮化物半導體元件，其特徵在於：前述活性層作為前述阻擋層，具有配置於最接近前述p型氮化物半導體層的位置的第一阻擋層及和該第一阻擋層不同的第二阻擋層，同時前述第一阻擋層實質上不含n型雜質，前述第二阻擋層具有n型雜質者。又，關於活性層中的阻擋層內

除了第一阻擋層及第二阻擋層之外的阻擋層，雖然不被特別限定，但用於高輸出的雷射元件、發光元件時，最好是n型雜質摻雜或無摻雜。

在習知多重量子井型(以下MQW型)氮化物半導體元件方面，為了提高活性層中的起始電子濃度而提高發光效率，一般在全部阻擋層摻入矽等n型雜質，但在本發明之氮化物半導體元件方面，雖然也有摻入以往同樣的n型雜質的阻擋層，但只是最接近p型氮化物半導體層的第一阻擋層實質上不含n型雜質。藉由這種結構，可提高氮化物半導體元件的元件壽命、反耐壓特性。

壽命特性提高的作用原理未必明確，但一個推測是載子(carrier)的壽命比以往常有幫助。以往在p型層側配置摻入n型雜質的阻擋層，產生不少來自p型層的p型雜質擴散，因此而設置含有n型雜質和p型雜質的阻擋層，結果成為使載子壽命降低的原因。根據本發明，因在第一阻擋層不摻入n型雜質而可防止n型及p型雜質並存於阻擋層。

此外，在活性層中的阻擋層，配置於p型層側的阻擋層(第一阻擋層)實質上不含n型雜質，和具有n型雜質的阻擋層(第二阻擋層)在活性層中其功能不同。即，藉由具有第二阻擋層，增多從n型層注入活性層內的載子，並且增多達到活性層深處(p型層側)的載子，可提高載子的注入效率，另一方面藉由具有第一阻擋層，就會配置不含n型雜質的阻擋層作為在活性層內最接近p型層的阻擋層，增多來自p型層的載子注入，而且可使效率良好。

若第一阻擋層含有n型雜質，往往會阻礙來自p型層的載子注入。特別是與來自n型層的載子相比，來自p型層的載子有其擴散長度短的傾向，所以在從p型層到活性層的載子注入口的第一阻擋層有n型雜質，則會帶給來自p型層的載子注入嚴重的不良影響。如圖14所示，得知隨著第一阻擋層的n型雜質濃度變大，元件壽命急劇降低。

因此，藉由第一阻擋層設於活性層，可有許多電洞，而且顯出載子壽命也變長的傾向，這些被認為不是有助於提高上述特性嗎？

第二阻擋層也可以鄰接於第一阻擋層，但最好透過至少一個以上的井層，和第一阻擋層離間設置。藉此，在活性層內隔著井層可設置配置於p側的第一阻擋層和配置於n側的第二阻擋層，更有效的載子注入成為可能，例如在光碟系統的光源的雷射元件減少損失，元件特性特別是導致元件壽命、輸出的提高。此時，最好第二阻擋層在活性層中的阻擋層是最接近n型層的阻擋層，藉此成為來自n型層的載子注入口，載子大量的注入、有效的注入成為可能，元件特性提高。

又，所謂實質上不含n型雜質，係指因製程中的污染等超過混入的濃度而不含n型雜質，例如n型雜質為矽時，指濃度為 $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 以下。

(2)最好前述第一阻擋層膜厚比第二阻擋層膜厚大。藉由此結構，可實現元件壽命提高。若第一阻擋層為比其他阻擋層(第二阻擋層)小的膜厚，則顯出元件壽命降低。特別

是若第一阻擋層配置於最外側，則此傾向顯著。此外，第一阻擋層在活性層內位於最外側，即最上部時，若在活性層上有p型氮化物半導體層，則上述元件壽命的降低會更大。例如如圖8所示，第一阻擋層2c配置於p型電子封閉層(第一p型氮化物半導體層)的最近處時，此p型電子封閉層如以下說明，係密切帶給活性層，特別是井層影響之層，所以成為第一阻擋層膜厚決定活性層及井層特性的重要之層。

即，在關於本發明的氮化物半導體元件方面，若利用含有銦的氮化物半導體形成活性層中的阻擋層，利用含有鋁的氮化物半導體(電子封閉層)形成p型氮化物半導體層中鄰接於至少活性層之層，則可將載子有效封閉於活性層。然而，使含有銦的氮化物半導體生長後使含有鋁的氮化物半導體生長，因InN的高蒸氣壓和兩者生長條件不同而含有銦的氮化物半導體容易引起分解。因此，第一阻擋層最好比其他阻擋層厚地形成。

例如利用MOCVD法進行生長時，一般InGa_N係在氮氣氮氣下以低溫且慢的氣體流速條件使其生長，另一方面AlGa_N係在氮氣氮氣下以高溫且快的氣體流速條件使其生長。因此，例如使InGa_N生長作為第一阻擋層後使AlGa_N生長作為p型氮化物半導體層，則切換反應爐內的生長條件之際，InGa_N因氣體蝕刻而引起分解。於是，藉由比其他阻擋層厚地形成第一阻擋層，即使第一阻擋層稍微引起分解，亦可維持良好的量子井構造。即，第一阻擋層起作為

防止含有銦的活性層分解的保護層的作用。

再者，若最接近配置於p型氮化物半導體層的第一阻擋層為厚膜，則可增大和p型電子封閉層的距離，所以即使p型載子變多，亦可確保十分寬的空間，在元件的連續驅動可穩定注入高濃度的載子。因此，元件壽命等的元件可靠性提高。

(3)此外，以配置於最接近n型氮化物半導體層的位置的阻擋層為阻擋層 B_1 ，從該阻擋層 B_1 向前述p型氮化物半導體層計算以第 i 號($i=1、2、3、\dots L$)阻擋層為阻擋層 B_i 時，最好從 $i=1$ 到 $i=n(1<n<L)$ 的阻擋層 B_i 有n型雜質。藉由此結構，載子注入活性層的各井層會更加有效。此外，載子注入活性層的深處(p型層側)也良好，亦可適應大量的載子注入。因此，例如在LED、LD方面發光效率提高，並且振盪臨界電流密度、正向電壓降低、元件壽命提高成為可能。此外，藉由在從第1號到第 n 號的阻擋層 B_i 有n型雜質，在元件驅動初期可立刻注入載子到井層，所以也有助於臨界電流密度降低。

(4)此外，更好是在除了第一阻擋層之外的其他全部阻擋層摻入n型雜質。如此一來，可更加增多來自n型層的載子注入，並且效率良好。

(5)最好前述第一阻擋層配置於前述活性層的最外側。藉由第一阻擋層配置於在活性層內最接近p型氮化物半導體之側，第一阻擋層成為載子注入口，從p型層到活性層內的載子注入有效率，並可注入大量的載子，臨界電流密度、

元件壽命、輸出等元件特性提高。此外，可得到具有能耐大電流、高輸出的嚴格條件的驅動的元件可靠性的氮化物半導體元件。此時，p型氮化物半導體層最好接觸活性層被形成，並且作為接觸第一阻擋層之層，可設置後述第一p型氮化物半導體層。

(6)再者，最好將前述第二阻擋層配置於接近前述活性層內的前述n型氮化物半導體層的最外側位置。藉由此結構，在p型氮化物半導體層側、n型氮化物半導體側成為分別配置第一p側阻擋層、第二n側阻擋層的活性層，可向活性層的中央部有效注入來自p型層、n型層的載子。

(7)在上述(6)的結構，最好前述第一p側阻擋層膜厚和前述第二n側阻擋層膜厚大致相同。藉由此結構，活性層內的對稱性提高，結果抑制元件的偏差而良率提高，並且臨界電流密度降低。

(8)此外，在上述(6)的結構，最好前述活性層有2以上的井層，在該井層和井層之間有第三阻擋層，同時前述第三阻擋層膜厚比前述第一p側阻擋層及前述第二n側阻擋層膜厚小。藉由此結構，第二n側阻擋層及第一p側阻擋層和第三阻擋層可使其具有不同的作用，抑制元件特性的偏差，可使臨界電流密度 V_f 降低。即，第二n側阻擋層、第一p側阻擋層配置於活性層的最外側，成為來自n型層、p型層的載子注入口，因比第三阻擋層膜厚大而可確保保持許多載子的寬廣空間，反之因第三阻擋層膜厚小而可抑制活性層全體膜厚成低的，有助於 V_f 降低。

(9)最好前述活性層內的至少一個井層有40埃以上的膜厚。以往井層膜厚重視振盪、發光初期階段的特性(例如振盪臨界電流)，作為較佳範圍，約20埃~30埃被認為最適當，但這麼一來，在大電流的連續驅動，元件惡化變早，妨礙元件壽命提高。本發明藉由上述結構解決此問題。

即，藉由本案發明的結構可有效率的載子注入之後，藉由設置適於其的厚膜的井層，在高輸出的發光元件、雷射元件的驅動可增加穩定性，並且在對於注入電流的輸出可抑制損失成低的，在元件壽命可飛躍的提高。對於在高輸出的發光、振盪，雖然要求在井層內不損失所大量注入的載子而有效被發光再結合，但上述結構就適於實現此。

井層膜厚的上限取決於阻擋層及活性層膜厚，雖然不被特別限定，但最好是500埃以下。特別是若考慮在量子井構造層疊多數層，則最好是300埃以下。再者，若是50埃以上200埃以下的範圍，則多重量子井構造、單一量子井構造的任一構造都可形成較佳的活性層。特別是若是多重量子井構造，則層疊數(井層和阻擋層的對數)變多，所以最好控制在50埃以上200埃以下的範圍內。此外，藉由在此適當的範圍有井層，在大電流、高輸出的發光、振盪可得到高的元件可靠性、長壽命，並且在雷射元件方面，在80 mW的連續振盪成為可能，而在5~80 mW這種寬廣的輸出區亦可實現良好的元件壽命。此時，活性層為多重量子井構造時，井層膜厚需要適用於至少一個井層，最好在全部井層適用上述膜厚。如此一來，在各井層可得到如上述的效果，發

光再結合、光電變換效率更加提高。作為井層，使用含有銦的氮化物半導體，更好是InGaN，可有良好的元件壽命。此時，以銦組成比 x 為 $0 < x \leq 0.3$ 的範圍，可形成結晶性佳、厚膜的井層，較佳是 $x \leq 0.2$ ，可形成多數結晶性佳、厚膜的井層，可成為良好MQW構造的活性層。

(10)最好前述第一阻擋層有p型雜質。藉由此結構，來自上述p型層的載子注入有效率，並且載子壽命也有提高的傾向，結果有助於反耐壓特性、元件壽命、輸出的提高。此如上述，藉由實質上不含n型雜質，來自p型層的載子注入成為良好，再藉由在第一阻擋層有p型雜質，可更加促進載子注入活性層內，有效從p型層注入大量的載子到活性層內，甚至活性層的深處(n型層側)，除了發光再結合、光電變換效率、元件壽命提高之外，還可實現反耐壓特性提高。

(11)此外，第一阻擋層的p型雜質濃度雖然不被特別限定，但最好是 $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以下。是因為p型雜質濃度過低則到井層的電洞注入效率降低，過高則第一阻擋層中的載子移動度降低而雷射的 V_f 值增大。

(12)p型雜質濃度在於這種範圍的第一阻擋層成為i型或p型。

(13)p型雜質摻入第一阻擋層係使第一阻擋層以無摻雜生長後藉由來自p型氮化物半導體層的擴散進行比第一阻擋層生長時進行較佳。是因為後者的情況，第一阻擋層生長時，p型雜質擴散到在於其下方的n型井層而有元件壽命特性降低之虞，另一方面前者的情況，不給與井層不良影

響，可在第一阻擋層摻入p型雜質。

(14)若按n型氮化物半導體層、活性層、p型氮化物半導體層的順序層疊元件構造，則即使使第一阻擋層以無摻雜生長，p型雜質也會從其次使其生長的p型氮化物半導體層擴散，所以可形成有p型雜質的阻擋層。

(15)本發明之氮化物半導體元件最好前述p型氮化物半導體層具有由含有平均混晶比 x 為 $0 < x \leq 0.05$ 之鋁的氮化物半導體構成的上部覆蓋層，前述n型氮化物半導體層具有由含有平均混晶比 x 為 $0 < x \leq 0.05$ 之鋁的氮化物半導體構成的下部覆蓋層，具有雷射元件構造。藉由此結構，所得到的雷射元件在5~100 mW的輸出可連續振盪，成為適於光碟系統讀取、寫入光源的元件特性的LD，並可實現長壽命。藉由將覆蓋層的鋁平均混晶比抑制在0.05以下，設置可抑制高輸出時的自激振盪的光波導路，在高輸出穩定的連續振盪成為可能，可得到光碟光源用的LD。以往使用使覆蓋層的鋁平均成分在於0.05以上0.3以下的範圍的氮化物半導體，這樣的話光的封閉過強，在30 mW以上的高輸出的連續振盪產生自激振盪。此自激振盪起因於縱向的光封閉大，在提高光密度的LD構造，電流-光輸出特性的曲折(kink)產生於低輸出側，這種曲折的產生作為光碟系統的光源是不利的，起因於曲折的自激振盪不穩定，並有元件偏差。根據本發明之結構，藉由形成縮小在覆蓋層的折射率差的光波導路，並且使用在於上述範圍的活性層，成為可連續穩定注入、發光再結合大量載子的構造，超過覆蓋層的光

封閉降低所造成的損失可連續振盪，並可提高在活性層內的發光效率。

最好前述上部覆蓋層有p型導電性，前述下部覆蓋層有n型導電性，前述活性層作為前述阻擋層，有配置於最接近前述上部覆蓋層的位置的第一阻擋層及和該第一阻擋層不同的第二阻擋層，同時前述第一阻擋層有p型雜質，前述第二阻擋層有n型雜質。藉由此結構，如上述，來自p型層的載子注入佳，結果元件特性，特別是元件壽命提高。

(16)最好在前述p型氮化物半導體層中，鄰接活性層有第一p型氮化物半導體層，該第一p型氮化物半導體層由含有鋁的氮化物半導體構成。藉由此結構，如圖4~7所示，第一p型氮化物半導體層28起作用作為電子封閉層，特別是在大電流驅動、高輸出的LD、LED，可將大量的載子封閉於活性層內。此外，在和前述第一阻擋層、阻擋層BL、第一p側阻擋層之關係方面，如圖8所示，這些阻擋層膜厚決定第一p型氮化物半導體和井層1b的距離dB，所以使元件特性大幅互相受到影響。

此外，第一p型氮化物半導體層以薄膜使其生長即可，所以比p型覆蓋層可以低溫使其生長。因此，藉由形成p型電子封閉層，比在活性層上直接形成p型覆蓋層的情況可抑制含有銦的活性層分解。即，p型電子封閉層和第一阻擋層共同起防止含有銦的活性層分解的作用。

(17)最好前述第一p型氮化物半導體層係接觸最接近前述p型氮化物半導體層的阻擋層所設，摻入比前述活性層中

的阻擋層高的濃度的p型雜質而生長。藉由此結構，可從p型層容易注入載子到最接近p型層的阻擋層(前述第一阻擋層)。此外，藉由在第一p型氮化物半導體層以高濃度摻入p型雜質，可使p型雜質擴散到阻擋層而添加適度的p型雜質。如此一來，阻擋層生長時不添加雜質亦可，所以可使阻擋層結晶性良好地生長。特別是此阻擋層為含有銦的氮化物半導體時，因添加雜質而結晶性惡化大，所以其效果顯著。此外，第一p型氮化物半導體層如後述，係含有鋁的氮化物半導體且其鋁混晶比比p型覆蓋層的鋁混晶比高時，有效地起作用作為將電子封閉於活性層內的電子封閉層，在大電流驅動、高輸出的LD、LED等方面，可得到使振盪臨界值、驅動電流降低的效果。

(18)在前述活性層，最好井層數為1以上3以下的範圍。藉由此結構，在LD方面比井層數為4以上的情況，可降低振盪臨界值。此外，此時如上述，藉由以井層膜厚為40埃以上，在少的井層內亦可確保寬廣空間，即使注入大量的載子，有效的發光再結合亦可能，此可提高元件壽命、發光輸出。特別是在井層膜厚為40埃以下、以井層數為4以上時，以大電流使其驅動要得到高輸出的LD、LED，比上述情況要注入大量的載子到薄膜的各井層，井層就會在嚴酷的條件下使其驅動，早發生元件惡化。此外，若增多井層數，則載子不均勻分佈，有不均勻分佈的傾向，所以在這種狀態使大電流的驅動進行，前述元件惡化就成為嚴重的問題。在此結構，藉由上述最p型層側的阻擋層不含n型雜

質或有p型雜質、其他阻擋層有n型雜質，可穩定注入大量的載子到井層內，再藉由以井層為如上述的膜厚(40埃以上)，這些密切關連，在連續的驅動適當地作用於良好元件壽命、高發光輸出的實現。

(19)最好前述第二阻擋層係夾入井層所配置，前述井層和第二阻擋層的膜厚比 R_t 為 $0.5 \leq R_t \leq 3$ 的範圍。藉由此結構，特別是使用於光碟系統、光通信系統等，可得到回應特性佳、RIN低的發光元件、雷射元件。即，在量子井構造的活性層，井層、阻擋層及活性層的膜厚成為使RIN、回應特性大幅受到影響的主要原因，但在此結構，藉由將井層和阻擋層的膜厚比限定在上述範圍，可得到這些特性佳的發光元件、雷射元件。

(20)最好前述井層膜厚 d_w 為 $40 \text{ 埃} \leq d_w \leq 100 \text{ 埃}$ 的範圍，前述第二阻擋層膜厚 d_b 為 $d_b \geq 40 \text{ 埃}$ 的範圍。藉由此結構，在上述膜厚比 R_t ，以井層膜厚為上述範圍，如圖12所示，係長壽命、高輸出的雷射元件，同時可得到適於光碟系統光源的RIN特性、回應特性的雷射元件。即，在本發明之發光元件，增大井層膜厚謀求長壽命化，另一方面井層膜厚變大，回應特性、RIN特性就有降低的傾向。在此結構，適當改善此。此外，阻擋層膜厚40埃以上，如圖13所示，可得到良好的元件壽命，可得到成為光碟系統佳的光源的雷射元件。

(21)最好在前述p型氮化物半導體層、前述n型氮化物半導體層分別有上部覆蓋層、下部覆蓋層，上部覆蓋層的氮

化物半導體的鋁平均混晶比比下部覆蓋層大。此在有效折射率型雷射元件方面，在製作有效折射率差的上部覆蓋層，藉由增大鋁混晶比而形成折射率小的上部覆蓋層，可縮小橫向封閉。即，藉由在波導路兩側縮小製作有效折射率差的嵌入層和上部覆蓋層的折射率差，可成為縮小橫向封閉的構造。藉此，減低橫向封閉，縮小光密度，可成為到高輸出區不產生曲折(kink)的雷射元件。

(22)再者，藉由前述上部覆蓋層的鋁平均混晶比 x 為 $0 < x \leq 0.1$ 的範圍，可得到具有雷射特性，特別是可適合使用於光碟系統的電流-光輸出特性等特性的雷射元件。此時，雷射元件的振盪波長為380 nm以上420 nm以下的範圍者，使用上述覆蓋層可得到適當的雷射元件。

(23)前述p型氮化物半導體層具有接觸前述活性層而成為電子封閉層的第一p型氮化物半導體層，活性層具有離第一p型氮化物半導體層的距離 d_B 成為100埃以上400埃以下的範圍的井層，藉由在該距離 d_B 內有第一阻擋層，可得到元件壽命佳的氮化物半導體元件。此如圖8所示，離第一p型氮化物半導體層28的距離 d_B 具有第一阻擋層，即調整成雜質實質上沒有n型雜質或有p型雜質的阻擋層，防止起因於為p型載子封閉層的第一p型氮化物半導體層的元件惡化，提高元件壽命，可成為可使配置於距離 d_B 外部的井層的發光再結合促進的元件構造。此處，在距離 d_B 區域有至少上述第一阻擋層，即在距離 d_B 區域，至少一部分如上述，有雜質或調整其量的雜質調整區域。此時，最好距離 d_B 為

第一阻擋層，即將膜厚為 d_B 的第一阻擋層接觸第一p型氮化物半導體形成，可將上述效果引出到最大限度，很理想。如此，在以距離 d_B 區域為雜質調整區域，如圖8B所示，也可以成為設置多數帶隙能量(band gap energy)不同的層的構造。例如在圖8B雖然形成帶隙能量比阻擋層2c小的區域4，但以區域 d_B 為雜質調整區域，可得到上述效果。和此相反，設置具有比阻擋層2b大的帶隙能量的層4亦同樣。即，在區域 d_B 即使設置多數帶隙能量不同的層之類的情況，以區域 d_B 為第一阻擋層，藉由調整雜質或雜質量，亦可得到特性佳的元件。再者，距離 d_B 最好是120埃以上200埃以下的範圍，可得到適當的活性層、元件構造的氮化物半導體元件。

就用於本發明之氮化物半導體元件的n型雜質而言，可使用矽、鍺、錫、硫、氧、鈦、鉛等IV族或VI族元素，較好使用矽、鍺、錫，甚至最好使用矽。此外，就p型雜質而言，雖然不被特別限定，但可舉鈹、鋅、錳、鉻、鎂、鈣等，較好使用鎂。

此外，在本發明所謂無摻雜，係氮化物半導體生長時，在不添加成為摻雜物的p型雜質、n型雜質等的狀態使其生長，例如在有機金屬氣相生長法，在不供應成為前述摻雜物的雜質給反應容器內的狀態使其生長。

圖式之簡單說明

【實施方式】

就用於本發明之氮化物半導體元件的氮化物半導體而

言，有 GaN、AlN、InN 或為這些混晶的氮化鎵系化合物半導體 ($\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ 、 $0 \leq x$ 、 $0 \leq y$ 、 $x+y \leq 1$)。此外，再加上作為 III 族元素使用硼或作為 V 族元素以磷、砷調換氮的一部分的混晶亦可。

(活性層)

就本發明的活性層而言，具有量子井構造，多重量子井構造、單一量子井構造的任一構造都可以。較佳是形成多重量子井構造，可謀求輸出提高、振盪臨界值降低等。就活性層的量子井構造而言，可使用層疊後述井層、阻擋層者。此外，就層疊構造而言，係層疊以阻擋層夾入井層的構造，即，在單一量子井構造，如夾住井層一般在 p 型氮化物半導體層側、n 型氮化物半導體層側分別有至少一層阻擋層，在多重量子井構造，在層疊多數井層和阻擋層的活層內有後述的各實施形態。

再者，作為活性層的構造，較好是作為配置於最接近 n 型氮化物半導體層、p 型氮化物半導體層的位置之層(以下記作最外層)，有阻擋層，更好是兩側的最外層為阻擋層。

此外，在多重量子井構造，夾入井層的阻擋層並不特別限於是一層(井層/阻擋層/井層)，也可以將兩層或其以上之層的阻擋層如「井層/阻擋層(1)/阻擋層(2)/.../井層」一般設置多數成分、雜質量等不同的阻擋層。例如如圖 10 所示，也可以是下述構造：在各井層 402(402a、402b)之間設置由含有鋁的氮化物半導體構成的上部阻擋層 403a、403b 比上部阻擋層能帶隙(energy band gap)小的下部阻擋層 401a、401b。

(井層)

就本發明的井層而言，最好使用含有銦的氮化物半導體層，此時就具體的成分而言，可適當地使用 $\text{In}_\alpha\text{Ga}_{1-\alpha}\text{N}$ ($0 < \alpha \leq 1$)。藉此，成為可良好發光、振盪的井層。此時，根據銦混晶比可決定發光波長。此外， InGaN 以外亦可使用上述氮化物半導體，例如 InAlGaN 、 InN 等，而本發明亦可適用於不含銦的氮化物半導體，例如 AlGaN 、 GaN 等，但使用含有銦的氮化物半導體發光效率變高，很理想。

此外，就井層膜厚及井層數而言，除了後述第5實施形態所示的情況之外，可任意決定膜厚及井層數。就具體的膜厚而言，10埃以上300埃以下的範圍，最好是20埃以上200埃以下的範圍可使 V_f 、臨界電流密度減低。此外，從結晶生長的觀點，若是20埃以上，則膜厚沒有大的不均勻，可得到比較均勻膜質之層，200埃以下抑制結晶缺陷產生成低的而可結晶生長。就活性層內的井層數而言，不被特別限定，最好是1以上，此時井層數為4以上時，若構成活性層的各層膜厚變厚，則活性層全體膜厚變厚，招致 V_f 上升，所以以井層膜厚為100埃以下的範圍，抑制活性層膜厚成低的。

在本發明之井層摻不摻入n型雜質都可以。然而，井層使用含有銦的氮化物半導體，n型雜質濃度變大，則有結晶性惡化的傾向，所以最好抑制n型雜質濃度成低的而形成結晶性良好的井層。具體而言，為了使結晶性成為最大限度良好，要使井層以無摻雜生長，此時n型雜質濃度為

$5 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ 以下，則成為實質上不含 n 型雜質的井層。此外，在井層摻入 n 型雜質時，若 n 型雜質濃度在 1×10^{18} 以下 5×10^{16} 以上的範圍被摻入，則可抑制結晶性惡化成低的並可提高載子濃度，可使臨界電流密度、 V_f 降低。此時，就井層的 n 型雜質濃度而言，和阻擋層的 n 型雜質濃度大致相同或縮小，促進在井層的發光再結合，有發光輸出提高的傾向，很理想。如此摻入 n 型雜質的井層用於 5 mW 輸出的 LD、LED 等低輸出的元件，可得到臨界電流密度降低、 V_f 降低，很理想。此外，要使井層的 n 型雜質濃度和阻擋層大致相同或比其低，在井層生長時摻入比阻擋層生長時少的 n 型雜質或是在阻擋層摻雜而使井層以無摻雜生長的調製摻雜亦可。此時，也可以使井層、阻擋層以無摻雜生長而構成活性層的一部分。

特別是以大電流使元件驅動時(高輸出的 LD、大功率 LED 等)，井層無摻雜、實質上不含 n 型雜質，促進在井層的載子再結合，實現高機率的發光再結合，反之在井層摻入 n 型雜質，由於在井層的載子濃度高，所以反而發光再結合的機率減少，在一定輸出下產生招致驅動電流、驅動電流上升的不良循環，有元件可靠性(元件壽命)大幅降低的傾向。因此，在這種高輸出的元件(5~100 mW 輸出區的 LD、大功率 LED)，使井層的 n 型雜質濃度成為至少 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 以下，最好是無摻雜或成為實質上不含 n 型雜質的濃度，可得到可高輸出且穩定驅動的氮化物半導體元件。此外，在井層摻入 n 型雜質的雷射元件有雷射光的峰值波長的光譜

寬度變寬的傾向，所以不良的是 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ ，最好是 $1 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ 以下。此外，在井層摻入雜質也會發生結晶性的惡化，在結晶性惡化的井層內如雷射元件，增大密流密度使元件動作，井層及元件的惡化就變大，有使元件壽命受到不良影響的傾向。

(阻擋層)

在本發明，就阻擋層成分而言，雖然不被特別限定，但可使用比井層銻混晶比低的含有銻的氮化物半導體或含有氮化鎵、鋁的氮化物半導體等。就具體成分而言，可使用 $\text{In}_\beta\text{Al}_\gamma\text{Ga}_{1-\gamma}\text{N}$ ($0 \leq \beta \leq 1$, $0 \leq \gamma \leq 1$)、 $\text{In}_\beta\text{Ga}_{1-\beta}\text{N}$ ($0 \leq \beta < 1$, $\alpha > \beta$)、 GaN 、 $\text{Al}_\gamma\text{Ga}_{1-\gamma}\text{N}$ ($0 < \gamma \leq 1$) 等。此處，接觸井層而成為底層的阻擋層(下部阻擋層)時，最好使用不含鋁的氮化物半導體，具體而言，如圖10所示，最好使用 $\text{In}_\beta\text{Ga}_{1-\beta}\text{N}$ ($0 \leq \beta < 1$, $\alpha > \beta$)、 GaN 。這是因為使由含有In的氮化物半導體構成的井層直接生長於AlGaN等含有鋁的氮化物半導體上，就有結晶性降低的傾向，有井層功能惡化的傾向。此外，使阻擋層的帶隙能量比井層大，考慮也起作用作為決定井層結晶性的底層，從上述成分中決定適當的井層、阻擋層成分組合即可。

此外，除了後述最p型層例的阻擋層之外，阻擋層摻入n型雜質、不摻雜都可以，但最好是摻入n型雜質。此時，就阻擋層中的n型雜質濃度而言，摻入至少 $5 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ 以上，上限為 $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ 。具體而言，例如LED的情況，在 $5 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ 以上 $2 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 以下的範圍有n型雜質，而更高

輸出的LED及高輸出的LD在 $5 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ 以上 $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ 以下的範圍，最好是在 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 以上 $5 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ 以下的範圍摻雜，如此以高濃度摻雜時，最好使井層實質上不含n型雜質或以無摻雜生長。此時，在通常的LED、高輸出的LED(大功率LED)及高輸出的LD(5~100 mW輸出的LD等)之所以n型雜質量不同，是因為在高輸出的元件，為了以更大電流驅動，得到高的輸出，需要高的載子濃度。在上述較佳的範圍摻雜，如上述，是良好的結晶性並可注入高濃度的載子。反之，不是高輸出的低輸出的LD、LED等氮化物半導體元件時，在活性層中的一部分阻擋層摻入n型雜質或使全部阻擋層實質上不含n型雜質亦可。

就阻擋層膜厚而言，不被特別限定，可適用500埃以下，更具體的是和井層同樣，10埃以上300埃以下的範圍。

此外，在後述各實施形態雖然使用摻入p型雜質的阻擋層，但此時就p型雜質量而言，係 $5 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ 以上 $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ 以下的範圍，最好是 $5 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ 以上 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 以下的範圍。此因若超過 $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ 則即使增多p型雜質，載子濃度也幾乎不變化，所以含有雜質所造成的結晶性惡化、因雜質而光的散射作用所造成的損失變大，反而使活性層的發光效率降低。再者，若低於 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 則向下抑制上述雜質增加所造成的發光效率降低，並可穩定高度保持到活性層內的來自p型層的載子濃度。此外，就p型雜質的下限而言，最好即使是一點也有p型雜質，這是因為雜質為低濃度時，與為高濃度時比較為高的機率，p型雜質有起作用作為

載子的傾向。此時，最好在後述各實施形態的含有p型雜質的阻擋層實質上不含n型雜質。因為在含有p型雜質的阻擋層即使只是不含n型雜質，也起作用作為促進來自p型層的載子注入的阻擋層，再加上有p型雜質將可更加強其作用。圖14、15顯示最p側阻擋層的n型雜質量 and 元件壽命或反耐壓特性的關係，如從圖可明白，n型雜質變多，元件壽命及反耐壓特性就急劇降低，使元件特性惡化。因此，在本發明之氮化物半導體元件，最接近p型層的阻擋層(後述第一阻擋層、阻擋層BL、第一p側阻擋層)較好是使n型雜質以無摻雜生長或實質上不含n型雜質，更好是有p型雜質，最好是不含n型雜質而有p型雜質。此因不含n型雜質而來自p型層的載子注入有效率，因另外還有p型雜質而促進載子注入，合併兩者，即不含n型雜質而有p型雜質，來自p型層的載子即使大量亦可有效的注入。

(n型雜質摻雜)

在本發明，在活性層有含有至少 5×10^{16} 以上n型雜質的井層、阻擋層，最好是活性層中的至少一層以上的井層及/或阻擋層為無摻雜或實質上不含n型雜質。藉此，就活性層全體而言，平均含有n型雜質，在構成活性層一部分的井層及/或阻擋層摻入n型雜質，作為活性層，實現有效的載子濃度分佈。

在本發明，所謂無摻雜係特意不摻雜，在氮化物半導體生長時不摻入n型或p型雜質而使其生長。此時，雜質濃度成為小於 $5 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ 。此外，所謂本發明的實質上不含n型

雜質或p型雜質，係小於 $5 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ 的濃度區域。

以上說明了關於在下述說明的各實施形態未說明的活性層及阻擋層、井層的實施形態，在各實施形態補充其說明。

<第1實施形態>

在本發明之氮化物半導體元件，就第1實施形態而言，係下述構造：如圖2、3所示，在以p型氮化物半導體層13和n型氮化物半導體層11夾住的活性層12內有最接近位於p型氮化物半導體層的第一阻擋層；和此層不同，有n型雜質的第二阻擋層。此時，第一阻擋層係n型雜質為無摻雜或以無摻雜使其生長而實質上不含n型雜質。此時，第一阻擋層雖然有兩個情況：在活性層內之層接近最p型氮化物半導體層之層（以下稱為最p側之層）如圖2所示，為井層1b的情況和如圖3所示，該層為第一阻擋層2d的情況，但哪一種都可以。最好如圖3所示，在活性層內最p側之層作為第一阻擋層，可接觸p型氮化物半導體層將第一阻擋層設於活性層內，如圖3所示，可到活性層內形成p型氮化物半導體層13和活性層12內的第一阻擋層2d及連續的p型層。藉此，可有效從p型層注入載子到活性層，減少元件驅動的損失，可提高元件特性，特別是可提高反向耐壓、元件壽命。圖3所示的情況和此不同，因井層1b介於p型氮化物半導體層13和第一阻擋層2c之間而有時不成為連續p型層的形成，但因第一阻擋層2c為活性層內的最p側的阻擋層而不如前述的情況（圖3的情況），可是同樣起作用，有效的載子注入成為可能，比前述的情況（圖3的情況）其效果有差的傾向，但可得

到同種的效果。此時，井層如上述，最好是無摻雜，有n型雜質時，最好是比阻擋層低濃度。

和此不同，有p型雜質的阻擋層(以下稱為p型阻擋層)在活性層內為不位於最p側的阻擋層時，例如在圖3以阻擋層2c為p型阻擋層，則反而成為使元件特性惡化的結果。此因p型載子(電洞)擴散長度比n型大幅地短，所以到上述活性層內的載子注入效率的提高幾乎沒有，阻礙n型載子注入而增大損失。此在最p側的阻擋層不含p型雜質，不位於最p側的阻擋層含有p型雜質時最顯著。

此外，第二阻擋層也可以鄰接第一阻擋層設於n型氮化物半導體層側(以下稱為n側)，但最好如圖2、3所示，透過至少一層以上的井層設置。如此一來，形成配置夾住一層以上的井層、設於最p側、有p型雜質的第一阻擋層和設於n側、有n型雜質的第二阻擋層的構造的活性層，比不透過井層而鄰接配置的情況可使到此所夾的一層以上的井層內的載子注入更有效率。因此，最好最n側的阻擋層，在圖2、3阻擋層2a是至少第二阻擋層，即第一阻擋層、第二阻擋層是活性層最外側的阻擋層，分別配置於p側、n側。再者，第二阻擋層可以只是一層，也可以是除了第一阻擋層之外的全部阻擋層。因此，在第一實施形態，最好最p側的阻擋層為第一阻擋層，最n側的阻擋層是第二阻擋層，更好是除了以上結構之外，再加上除了最p側的阻擋層之外的全部阻擋層為第二阻擋層。藉此，在高輸出下的元件驅動，可有效注入大量的載子，可提高高輸出下的元件可靠性。此時，

除了最p側的阻擋層為第一阻擋層、最n側的阻擋層為第二阻擋層之外，也可以是第二或第二及其以後配置於p側的阻擋層也形成p型阻擋層的結構，但例如在圖3形成第一阻擋層2d、p型阻擋層2c、第二阻擋層2a的結構，此結構因上述各載子擴散長度不同而阻礙有效的載子注入、再結合等，有損失增加的傾向。

在本發明之第一實施形態，就第一阻擋層更加詳述，則含有p型雜質同樣，第一阻擋層實質上不含n型雜質也在產生上述作用上成為重要因素。此因不含n型雜質而可期待和有上述p型雜質的情況同樣的效果。此因第一阻擋層不含n型雜質而在活性層內的p型層界面附近或第一阻擋層附近可從p型層增多且有效注入載子到活性層或最p側的井層，和上述同樣，元件特性提高。反之，使第一阻擋層實質上不含n型雜質可導致元件特性提高，更好是實質上不含n型雜質且含有p型雜質，上述效果顯著。此外，最好在第二阻擋層使p型雜質以無摻雜生長或實質上不含p型雜質。

在本發明之第一實施形態，比第二阻擋層膜厚增大第一阻擋層膜厚，可提高元件壽命。此除了和後述第一p型氮化物半導體層的關係之外，再加上在高輸出的驅動，設置寬廣空間作為存在許多p型載子的第一阻擋層，即使高輸出亦可注入、再結合穩定的載子。反之，第二阻擋層比第一阻擋層膜厚小，就會使從n型層側到活性層內的各井層的距離相對接近，促進從n型層側到各井層的載子注入。此時，第二阻擋層為一層以上，最好是以除了第一阻擋層以外的全

部阻擋層為第二阻擋層，從n型層可相對縮小全部井層的距離，來自n型層的載子注入有效率。

<第2實施形態>

就本發明之第2實施形態而言，其特徵在於：前述活性層有L個($L \geq 2$)前述阻擋層，以配置於最接近前述n型氮化物半導體層的位置的阻擋層為阻擋層B1，從該阻擋層B1向前述p型氮化物半導體層計算以第i號($i=1、2、3、\dots L$)阻擋層為阻擋層Bi時，從 $i=1$ 到 $i=n$ ($1 < n < L$)的阻擋層Bi有n型雜質， $i=L$ 的阻擋層Bi有p型雜質者。此處，阻擋層BL相當於第一實施形態的第一阻擋層，係最p側的阻擋層，此阻擋層BL的作用和第一實施形態同樣。因此，第二實施形態的阻擋層BL有至少p型雜質，更好是實質上不含n型雜質，優先注入p型載子到阻擋層BL，可有效的載子注入。此外，在從 $i=1$ 到 $i=n$ 的阻擋層Bi有n型雜質，就會從n型層側按接近的順序摻入n型雜質到n個阻擋層，載子濃度提高，所以從n型層到活性層內部順利注入載子，結果促進載子的注入、再結合，元件特性提高。此時，井層無摻雜、摻入n型雜質哪個都可以。特別是以大電流使元件(高輸出的LD、LED等)驅動時，如上述，井層為無摻雜、實質上不含n型雜質，促進在井層的載子再結合，成為富有元件特性、元件可靠性的氮化物半導體元件。

此處，在第二實施形態的n需要滿足至少條件式 $0 < n < L$ ，最好是滿足 $nm < n < L$ 、 $nm = L/2$ (但是nm為捨去小數點以下的正整數)的條件。這是因為活性層內的阻擋層總數大致一半

以上含有n型雜質，來自n型層的載子可有效注入到活性層的深處(p型層側)，特別是活性層中的井層數3以上或活性層內部的層疊數7以上的多重量子井構造時會有利地起作用。具體而言，在圖2、3，以阻擋層2a、2b為阻擋層Bi摻入n型雜質，以阻擋層2c(圖2)或阻擋層2d(圖3)為阻擋層BL摻入p型雜質，以夾入阻擋層Bi和BL的其他阻擋層為無摻雜，構成活性層。

此外，在第二實施形態，阻擋層BL膜厚比阻擋層Bi($i \neq L$)膜厚大，如上述，在需要穩定注入大量的載子到井層的高輸出元件，最接近p型層(來自p型層的載子注入口附近)、存在許多p型載子的阻擋層BL有寬廣空間，可穩定將大量的載子從p型層注入到井層，元件可靠性、元件壽命提高。

<第3實施形態>

在本實施形態，活性層107具有MQW構造：按阻擋層—井層—阻擋層的順序僅適當次數交互反覆層疊 $\text{In}_{x_1}\text{Ga}_{1-x_1}\text{N}$ 井層($0 < x_1 < 1$)和 $\text{In}_{x_2}\text{Ga}_{1-x_2}\text{N}$ 阻擋層($0 \leq x_2 < 1$, $x_1 > x_2$)，活性層兩端都成為阻擋層。井層以無摻雜形成。另一方面，除了鄰接p型電子封閉層108的第一阻擋層之外，在全部阻擋層摻入矽、錫等n型雜質，第一阻擋層以無摻雜生長。此外，鎂等p型雜質從鄰接的p型氮化物半導體層擴散到第一阻擋層。

藉由在除了第一阻擋層之外的阻擋層摻入n型雜質，活性層中的起始電子濃度變大而至井層的電子注入效率高，雷射器的發光效率提高。另一方面，第一阻擋層因在於最p

型層側而無助於到井層的電子注入。於是，在第一阻擋層不摻入n型雜質，不如藉由利用來自p型層的擴散實質上摻入p型雜質，可提高到井層的電洞注入效率。此外，藉由在第一阻擋層不摻入n型雜質，可防止不同型的雜質混在阻擋層中而載子的移動度降低。

茲就活性層107的具體例加以說明。活性層107具有MQW構造：僅適當次數交互反覆層疊 $\text{In}_{x_1}\text{Ga}_{1-x_1}\text{N}$ 井層($0 < x_1 < 1$)和 $\text{In}_{x_2}\text{Ga}_{1-x_2}\text{N}$ 阻擋層($0 \leq x_2 < 1$, $x_1 > x_2$)，活性層兩端都成為阻擋層。井層以無摻雜形成，除了第一阻擋層之外的全部阻擋層係矽、錫等n型雜質最好以 $1 \times 10^{17} \sim 1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 的濃度摻入所形成。

第一阻擋層以無摻雜形成，藉由來自其次使其生長的p型電子封閉層108的擴散含有 $1 \times 10^{16} \sim 1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 鎂等p型雜質。又，也可以使第一阻擋層生長時，使鎂等p型雜質以 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以下的濃度一面摻入一面生長。此外，第一阻擋層為了抑制其次使p型電子封閉層108生長時的氣體蝕刻所造成的分解的影響，比其他阻擋層被厚地形成。第一阻擋層的適當厚度按照p型電子封閉層108的生長條件而適當變化，例如使其生長成其他阻擋層的最好是1.1~10倍，更好是1.1~5倍的厚度。藉此，第一阻擋層起作為防止含有銦的活性層分解的保護膜的作用。

<第4實施形態>

就本發明之第4實施形態而言，其特徵在於：作為前述活性層內的最外側之層，有配置於接近p型氮化物半導體層的

位置的第一p側阻擋層和配置於接近前述n型氮化物半導體層的位置的第二n側阻擋層，同時第一p側阻擋層有p型雜質，第二n側阻擋層有n型雜質者。此結構具體而言，如圖3所示，成為下述構造：活性層夾入最外側的第一p側阻擋層2a、第二n側阻擋層2d，設置井層1、阻擋層2b、2c。在活性層內作為最p側之層，設置第一p側阻擋層，如上述，可注入來自p型層的有效載子，而在活性層內作為最n側之層，設置第二n側阻擋層，使來自n型層的載子注入成為良好。其結果，可注入、再結合來自p型層、n型層的有效載子到活性層內，即使高輸出元件亦可提高高的元件可靠性及元件壽命。此時，最好是如圖3所示，接觸第一p側阻擋層2d、第二n側阻擋層2a設置p型層、n型層，藉此直接在活性層連接p型層、n型層，實現更良好的載子注入。此時，就夾入第一p側阻擋層、第二n側阻擋層的阻擋層，例如圖3的阻擋層2b、2c而言，雖然不被特別限定，但如上述，最好是摻入n型雜質，藉此可有效進行來自n型層的載子注入，元件可靠性提高。

此外，藉由前述第一p側阻擋層膜厚和前述第二n側阻擋層膜厚大致相同，如圖5、7所示，可設置活性層最外側之層大致對稱的阻擋層，防止元件偏差，良率提高。此雖然詳情不明，但被認為p型層、n型層的載子注入口的第一p側阻擋層、第二n側阻擋層成為對稱，在活性層的層結構對稱性增加，藉此可得到臨界電流降低、穩定的元件壽命。

再者，在第4實施形態，活性層有二以上的井層，在該井

層和井層之間有第三阻擋層，同時前述第三阻擋層膜厚比前述第一p側阻擋層及前述第二n側阻擋層膜厚小，更能提高元件特性。此因配置於活性層最外側的第二n側阻擋層、第一p側阻擋層分別成為來自n型層、p型層的載子注入口，是比其他阻擋層大的膜厚而確保可保持大量的載子的寬廣空間，即使大電流亦可驅動穩定的元件。另一方面，第三阻擋層夾入井層而設置成注入載子到各井層，若可連絡井層之間就夠了，所以無需如外側的阻擋層以厚膜設置。此外，在活性層內成為外側厚膜的阻擋層、活性層中央部薄膜的阻擋層這種結構，以外側的阻擋層注入來自p型層、n型層的載子，從n型層、p型層看位於相反側，以比第三阻擋層厚膜的第一p側阻擋層、第二n側阻擋層起作用作為堅固的障壁，促進到各井層的載子注入、發光再結合。此外，比外側的阻擋層薄地設置第三阻擋層，可向下抑制活性層全體的膜厚，有助於降低 V_f 、臨界電流密度。

以上，如所說明，在第1~4實施形態，作為共同的結構如下：

在第1~4實施形態，在活性層內部配置於最p型層側的阻擋層(第一阻擋層、阻擋層BL、第一p側阻擋層)實質上不含n型雜質，促進到活性層內的載子注入，可得到良好的元件壽命、高輸出的氮化物半導體元件，並且含有p型雜質，即使大量的載子也有效注入、發光再結合，可得到高輸出、長壽命的氮化物半導體元件。此時，最p型層側的阻擋層有p型雜質時，最好是以n型雜質為非摻雜或使n型雜質以無摻

雜生長而實質上不含n型雜質的狀態。這是因為最p型層側的阻擋層有p型雜質時，若有n型雜質則有阻礙來自p型層的載子注入的傾向，有效注入大量的載子的效果變弱，結果使元件壽命、輸出特性降低。

<第5實施形態：雷射元件>

在本發明之氮化物半導體元件，就雷射元件實施形態而言，至少有下列構造：以p型氮化物半導體層、n型氮化物半導體層內的n型覆蓋層和p型覆蓋層夾入活性層。此外，如在實施例所示，在覆蓋層和活性層之間設置夾住活性層的導光層亦可。

圖1為顯示關於本發明的氮化物半導體雷射器一例的截面圖。在GaN基板101上利用n型 $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ ($0 \leq y < 1$)層103~106(各層y之值不同)和p型 $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ ($0 \leq z < 1$)層108~111(各層z之值不同)夾住由 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x < 1$)構成的活性層107，形成所謂的雙異質(double hetero)構造。

此處，就n型覆蓋層、p型覆蓋層而言，使用含有鋁的氮化物半導體，具體而言，適當使用 $\text{Al}_b\text{Ga}_{1-b}\text{N}$ ($0 < b < 1$)。

在本發明，就導光層的成分而言，並不被特別限定，由氮化物半導體構成，對形成波導路有充分能帶隙即可，單一膜、多層膜的任一種膜都可以。例如波長370~470 nm使用GaN，比其長波長使用InGaN/GaN的多層膜構造，可增大波導路的折射率，如此可使用上述各種氮化物半導體、InGaN、GaN、AlGaIn等。此外，波導層、覆蓋層也可以形成超晶格多層膜。

以下，將就圖1所示的氮化物半導體雷射器，對於構造詳細加以說明。在基板101上透過緩衝層102形成為n型氮化物半導體層的n型接觸層103、防裂層104、n型覆蓋層105及n型導光層106。除了n型覆蓋層105之外的其他層也可以根據元件省略。n型氮化物半導體層在和至少活性層接觸的部分需要有比活性層寬的帶隙，因此最好是含有鋁的構造。此外，各層可以使n型雜質一面摻入一面生長而作為n型，也可以以無摻雜生長而作為n型。

在n型氮化物半導體層103~106上形成活性層107。活性層107的結構如前述。

在活性層107上作為p型氮化物半導體層，形成p型電子封閉層108、p型導光層109、p型覆蓋層110、p型接觸層111。除了p型覆蓋層110之外的其他層也可以根據元件省略。p型氮化物半導體層在和至少活性層接觸的部分需要有比活性層寬的帶隙，因此最好是含有鋁的構造。此外，各層可以使p型雜質一面摻入一面生長而作為p型，也可以從鄰接的其他層使p型雜質擴散而作為p型。

p型電子封閉層108由具有比p型覆蓋層110高的鋁混晶比的p型氮化物半導體構成，最好有 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0.1 < x < 0.5$) 的構造。以高濃度，最好是以 $5 \times 10^{17} \sim 1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 的濃度摻入鎂等p型雜質。藉此，p型電子封閉層108可將電子有效封閉於活性層中，使雷射器的臨界值降低。此外，p型電子封閉層108以30~200埃程度的薄膜使其生長即可，若是薄膜則可比p型導光層109或p型光覆蓋層110以低溫使其生長。因

此，藉由形成p型電子封閉層108，比將p型導光層109等直接形成於活性層上的情況，可抑制含有銦的活性層107分解。

此外，P型電子封閉層108起下述作用：將P型雜質利用擴散供應給以無摻雜使其生長的第一阻擋層，兩者合作起保護活性層107防止分解，同時提高到活性層107的電洞注入效率的作用。即，作為MQW活性層的最後層，將無摻雜 $\text{In}_{x_2}\text{Ga}_{1-x_2}\text{N}$ 層($0 \leq x_2 < 1$)比其他阻擋層厚地形成，藉由在其上使由高濃度摻入鎂等p型雜質的p型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0.1 < x < 0.5$)構成的薄膜以低溫生長，保護含有銦的活性層107防止分解，同時鎂等p型雜質從p型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層擴散到無摻雜 $\text{In}_{x_2}\text{Ga}_{1-x_2}\text{N}$ 層而可提高到活性層的電洞注入效率。

p型氮化物半導體層中，到p型導光層109中途形成脊峰條帶(ridge stripe)，再形成保護膜161、162、p型電極120、n型電極121、p小塊(pad)電極122及n小塊電極123而構成半導體雷射器。

(電子封閉層：第一p型氮化物半導體層)

在本發明，作為p型氮化物半導體層，特別是在雷射元件，最好設置第一p型氮化物半導體層。就此第一p型氮化物半導體層而言，使用含有鋁的氮化物半導體，具體而言，使用 $\text{Al}_a\text{Ga}_{1-a}\text{N}$ ($0 < a < 1$)。此時，就鋁混晶比 γ 而言，用於雷射元件時，為了起作用作為電子封閉層，需要有比活性層十分大的帶隙能量(採取偏離)，係至少 $0.1 \leq \gamma < 1$ 的範圍，最好是 $0.2 \leq \gamma < 0.5$ 的範圍。因為若 γ 為0.1以下，則在雷射元件

不起作用作為充分的電子封閉層，若為0.2以上，則充分進行電子封閉(載子封閉)，抑制載子溢出，並且若為0.5以下，則可向下抑制裂紋產生而使其生長，更好是以 γ 為0.35以下，可以良好結晶性生長。此時，鋁混晶比比p型覆蓋層大，這是因為要封閉載子，需要比成為光封閉的覆蓋層高的混晶比的氮化物半導體。此第一p型氮化物半導體層可用於本發明之氮化物半導體元件，特別是如雷射元件，以大電流使其驅動，將大量的載子注入活性層內時，比沒有第一p型氮化物半導體層時，可封閉有效的載子，不僅雷射元件，而且也可以用於高輸出的LED。

就本發明之第一p型氮化物半導體層膜厚而言，至少1000埃以下，最好是400埃以下。這是因為含有鋁的氮化物半導體比其他氮化物半導體(不含鋁)體電阻(bulk resistance)大，若超過1000埃設於元件內，就成為極高電阻層，會招致正向電壓 V_f 大幅增加，若為400埃以下，則可向下抑制 V_f 上升，更好是200埃以下，可更向下抑制。此處，就第一p型氮化物半導體層膜厚的下限而言，至少10埃以上，最好是50埃以上，良好地起作用作為電子封閉。

此外，在雷射元件，此第一p型氮化物半導體為使其起作用作為電子封閉層而設於活性層和覆蓋層之間，再有波導層時，設於波導層和活性層之間。此時，活性層和第一p型氮化物半導體的距離至少1000埃以下，起作用作為載子封閉，最好是500埃以下，良好的載子封閉成為可能。即，第一p型氮化物半導體層越接近活性層，載子封閉越有效起

作用，而且在雷射元件，在活性層和第一p型氮化物半導體層之間，大部分的情況，特別是不需要其他層，所以通常最好接觸活性層可設置第一p型氮化物半導體層。此時，在量子井構造的活性層內連接設置位於最p型氮化物半導體層側之層和第一p型氮化物半導體層，結晶性惡化時，為避免此情況也可以將在結晶生長的緩衝層設於兩者之間。例如在將活性層最p側之層和InGa_N、AlGa_N的第一p型氮化物半導體層之間設置由Ga_N構成的緩衝層或有由比第一p型氮化物半導體層低的鋁混晶比的含有鋁的氮化物半導體構成的緩衝層等。

此處，第一p型氮化物半導體層和活性層的位置關係，特別是和井層的距離成為決定雷射元件的臨界電流密度、元件壽命的重要因素，具體而言，第一p型氮化物半導體層越接近活性層，越使臨界電流密度降低，但越接近會越使元件壽命降低。此被認為是如上述，第一p型氮化物半導體層係比其他層有極高的電阻之層，所以在元件驅動時發熱量，即在元件內呈現高溫，此被認為使不耐熱的活性層、井層受到不良影響，使元件壽命大幅降低。在另一方面，如上述，擔負載子封閉的第一p型氮化物半導體層越接近活性層，特別是井層，載子封閉越有效，所以離開活性層其效果就變弱。

因此，為了抑制元件壽命降低，如圖8A所示，離井層1b以第一p型氮化物半導體層28的距離dB為至少100埃以上，較好是120埃以上，更好是140埃以上。因為若井層和

第一p型氮化物半導體層的距離dB比100埃短，則顯出元件壽命急劇降低的傾向，若為120埃以上，則元件壽命可大幅提高，若為150埃以上，則元件壽命有更加提高的傾向，但臨界電流密度卻開始顯出逐漸變高的傾向。再者，若其距離比200埃大，則顯出臨界電流密度明顯上升傾向，若比400埃大，則有發生臨界電流密度急劇上升的傾向，所以就上述距離的上限而言，400埃以下，最好是200埃以下。此被認為第一p型氮化物半導體層離開井層，載子封閉效率降低，此成為主要原因而臨界電流密度上升或招致發光效率降低。

此處，成為距離基準的井層在圖8，係在活性層內鄰接最p型層13側的阻擋層2c、配置於n型層側的井層1b。在量子井構造的活性層，接觸活性層設置第一p型氮化物半導體層的情況，有如圖8A所示，接觸最p型層側的阻擋層2c設置第一p型氮化物半導體層28時和如圖8B所示，在最p型層13側的阻擋層2c及第一p型氮化物半導體層28之間有井層4時。在最p型層13側的阻擋層2c及第一p型氮化物半導體層28之間有井層4時，此井層4反而過度接近p型層13，由p型層所注入的載子大部分穿過井層4，不發生在此井層4的發光再結合，不起作用作為井層。此時，最p型層側的阻擋層2c有p雜質時，到比此阻擋層2c位於n型層側的井層1a、1b的載子注入成為良好，另一方面載子通知如上述的比此阻擋層2c位於p型層側的井層4，無助於發光再結合的傾向越發強烈起來，急劇喪失作為井層的功能。因此，在圖8B所

示的井層4和第一p型氮化物半導體層之間沒有如上述的因距離而特性變化，和前述井層的距離dB不管比最p型層側的阻擋層位於p型層側的前述井層1c，成為和比最p型層側的阻擋層位於n型層側的井層的距離，反之即使在這種活性層內有成為最p型層側之層的井層，也顯出如上述的因距離dB而特性變化。此外，這種比最p型層側的阻擋層配置於p型層側的井層不僅不充分起作用作為井層，而且比沒有此井層的情況，有元件壽命等元件特性惡化的傾向，所以最好沒有這種井層，以在活性層內配置於最p型層側之層為阻擋層，即比圖8B採用圖8A的結構。

此外，連接設置最p型層側的阻擋層2c和第一p型氮化物半導體層28時，在上述井層和第一p型氮化物半導體層之間設置阻擋層2c(最p型層側的阻擋層)而以此阻擋層膜厚可決定上述距離dB。因此，最p型層側的阻擋層(上述第一阻擋層、阻擋層BL、第一p側阻擋層)膜厚成為決定氮化物半導體元件特性的重要因素。此外，在雷射元件，臨界電流密度上升由於上述載子封閉為主要原因，所以此處亦可適用上述活性層和第一p型氮化物半導體層的關係。

本發明之第一p型氮化物半導體中通常摻入p型雜質，雷射元件、大功率LED等以大電流使其驅動時，為提高載子移動度而以高濃度摻雜。就具體摻雜量而言，摻入至少 $5 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ 以上，最好摻入 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 以上，在於前述大電流驅動的元件，摻入 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 以上，最好 $1 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ 以上。p型雜質量的上限雖然不被特別限定，但為 $1 \times 10^{21}/\text{cm}^3$

以下。但是，p型雜質量增多，體電阻就有變大的傾向，結果 V_f 上升，所以避免此時，最好是可確保必需載子移動度的最低限度的p型雜質濃度。此外，使用鎂等擴散傾向強的p型雜質時，也可以使第一p型氮化物半導體層以無摻雜生長，利用來自其鄰接層，例如導光層等的雜質擴散摻雜。再者，使第一p型氮化物半導體層以無摻雜生長，鄰接層或p型雜質擴散區域外p型雜質摻雜層存在，在第一p型氮化物半導體層沒有雜質擴散之類的情況，即使非摻雜，若形成如上述載子可適度隧穿的膜厚，則也可以以非摻雜設置。

除了以上之外，再加上在本發明之雷射元件，接觸第一p型氮化物半導體層設置p型導光層時，利用來自第一p型氮化物半導體層的擴散摻入p型雜質，則成為良好的導光層。此係根據波導層內的p型雜質在光波導成為光散射物質，所以在可確保導電性的範圍內，盡量以低濃度有雜質結果導致元件特性提高，很理想。然而，p型導光層生長時摻入p型雜質的方法，在可向下抑制前述光損失的低濃度區域控制雜質摻入有困難傾向成為問題。因為氮化物半導體元件一般具有按n型層/活性層/p型層順序層疊的構造，但按此構造使其生長，因活性層中的InGa_N等而在接著其後之層的生長需要防止鎵的分解等，一般使用使p型層的生長溫度以700~900℃程度的低溫生長的方法，低溫所以缺乏雜質摻雜量的控制量。此外，作為p型雜質，一般使用鎂，但有時摻雜量的控制比較困難，生長時在前述低濃度區域摻入雜質，就成為產生元件特性偏差的原因。

因此，第一p型氮化物半導體層考慮p型雜質擴散到導光層，在第一p型氮化物半導體層生長時以高濃度摻入雜質，擔負作為雜質供應層的作用較佳。再者，在上述各實施形態，在接觸第一p型氮化物半導體層的阻擋層(前述第一阻擋層、阻擋層BL、第一P側阻擋層)摻入p型雜質時也同樣可使其起作用作為供應雜質之層。

本發明之雷射元件如實施例所示，設置脊峰(ridge)後，在脊峰側面形成成為嵌入層的絕緣膜。此時，就嵌入層而言，此處作為第二保護膜材料，除了二氧化矽以外的材料，最好以包含由含有鈦、釩、鉍、鈮、鉛、鉭的群所選擇的至少一種元素的氧化物、氮化矽、氮化硼、碳化矽、氮化鋁中的至少一種形成，其中尤以使用鉍、鉛的氧化物、氮化硼、碳化矽特別理想。再者，作為嵌入層，可用半絕緣性、i型氮化物半導體、和脊背部相反的導電型、在實施例中n型氮化物半導體、作為電流狹窄層AlGa_xN等含有鋁的氮化物半導體或利用InGa_xN等含有銦的氮化物半導體以嵌入層為比波導路光吸收大的構造，形成此光損失波導路構造等。此外，也可以採取下述構造：利用蝕刻等，不設脊峰，注入硼、鋁等離子，以非注入區域為帶狀，形成電流流動的區域。就此時所用的氮化物半導體而言，可適當使用以 $\text{In}_x\text{Al}_{1-y}\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $x+y=1$)表示的氮化物半導體。

此外，本發明之第一p型氮化物半導體層如上述，起作用作為載子封閉，如實施例所示，在發光元件，不需要光封

閉的覆蓋層而只設置載子封閉的覆蓋層時，亦可適用第一p型氮化物半導體層作為覆蓋層。

再者，此第一p型氮化物半導體層為將電子封閉於活性層內而在和活性層之間採取能帶偏離(band off set)，即比活性層增大帶隙能量，在兩者之間設置電位障壁，但在SCH構造的雷射元件，最好是比波導層大的帶隙能量。此外，設置由帶隙能量不同的二層以上之層構成的覆蓋層時，在覆蓋層內將第一p型氮化物半導體層配置於活性層側，最好比其他層增大帶隙能量設置。具體而言，可形成下述構造：以帶隙能量大的第一p型氮化物半導體層為第一覆蓋層，比第一覆蓋層離活性層遠地配置比其帶隙能量小的第二覆蓋層，例如在實施例1成為去掉波導層的構造。

如以上說明，以第一p型氮化物半導體層為基礎思考上述第一阻擋層(最p側的阻擋層)，則在如圖8所示的帶構造，利用擔負載子封閉的第一p型氮化物半導體層決定到活性層的載子封閉，在本發明可從接觸第一p型氮化物半導體層的位置起作為活性層。即，最p側的阻擋層有和其他阻擋層不同的功能時，如上述，由於和載子封閉的第一p型氮化物半導體層有密切的關係，所以從接觸第一p型氮化物半導體層的界面起可看作活性層。如此，從接觸第一p型氮化物半導體層的位置起看作是活性層，則例如如圖8B示的井層4，某些層介於第一阻擋層和第一p型氮化物半導體層之間時，亦可由本發明之第一阻擋層、最p側的阻擋層取得上述效果。具體而言，除了圖8B所示的形態之外，也可以在第

一阻擋層和第一 p 型氮化物半導體層之間透過有這些中間的帶隙能量之層。再者，如上述，第一阻擋層、最 p 側的阻擋層因和其他阻擋層，例如夾入井層的阻擋層其功能大不相同而也可以形成不同的構造、帶隙能量。

此外，就脊峰寬度而言， $1\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $3\text{ }\mu\text{m}$ 以下，最好是 $1.5\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $2\text{ }\mu\text{m}$ 以下，作為光碟系統的光源，可得到良好光點形狀、射束形狀的雷射光。此外，本發明之雷射元件不限於脊峰構造的折射率波導型，也可以是增益波導型，在脊峰方面，可以是利用再生長嵌入脊峰側面的 BH 構造或者利用再生長嵌入脊峰的構造，也可以是設置電流狹窄層的構造，上述活性層對所有雷射元件構造都有效。

<第 6 實施形態>

在以上說明的氮化物半導體元件方面，在第 4 實施形態，係具有以有含有鋁的氮化物半導體的上部覆蓋層和有含有鋁的氮化物半導體的下部覆蓋層夾住量子井構造的活性層的雷射元件構造的氮化物半導體元件，其特徵在於：前述上部覆蓋層、下部覆蓋層的鋁平均混晶比 x 為 $0 < x \leq 0.05$ 者。此以覆蓋層的鋁混晶比為 0.05 以下，緩和以上部覆蓋層、下部覆蓋層夾住的光波導路的封閉，以活性層的阻擋層、井層的膜厚比為上述範圍，可一面抑制自激振盪，一面使輸出特性、元件壽命提高。此以降低鋁混晶比使覆蓋層的折射率差降低，藉此可擴大光波導路內的光分佈，成為即使高輸出亦可防止自激振盪的雷射元件，在 $5\sim 100\text{ mW}$ 的輸出可連續振盪，得到適於光碟系統的讀取、寫入的元

件特性的雷射元件。此時，最好如圖3、4、6、7所示，在前述上部、下部覆蓋層和活性層之間有導光層，縮小覆蓋層的折射率差，即使擴大光分佈在波導層內光也多分佈，可向下抑制光洩漏損失。

此外，在活性層，井層為40埃以上的厚膜，膜厚比 R_t 在於 $1/3$ 以上1以下的範圍時，在上述第1~4實施形態、第5實施形態亦可提高元件特性。對於此也是如何起作用而元件特性提高不清楚，但以往使用設置比井層十分厚的阻擋層提高在井層的發光再結合的機率的構造。然而，在前述活性層形成超過40埃加厚井層，並且與井層比較使阻擋層變薄的結構，藉由井層厚，發光再結合的區域增加，設於井層間的阻擋層變薄，均勻注入載子到各井層，發光再結合的機率提高。再者，在高輸出的元件，因以大電流驅動而注入大量的載子到井層，但藉由井層厚，可擴大發光再結合的區域，藉由阻擋層薄，有越過阻擋層均勻注入到各井層的傾向。

此時，井層膜厚超過40埃，井層和阻擋層膜厚比 R_t ($R_t = [\text{井層膜厚}] / [\text{阻擋層膜厚}]$) 為 $1/3$ 以上1以下的範圍，則作為光碟系統的光源，可得到良好特性的雷射元件。這是因為以井層膜厚為40埃以上，如圖12所示，成為元件壽命佳的元件，在於前述範圍，有可向下抑制RIN(相對雜訊強度)的傾向。更好是以井層膜厚為50埃以上，可再提高元件壽命。此外， R_t 為1以上時，雖然RIN變大，但元件壽命長，可得到輸出大的雷射元件，所以光碟系統以外的應用可

能。在以上，阻擋層膜厚超過40埃，如圖13所示，可得到元件壽命佳的雷射元件，很理想。

<第7實施形態：井層數>

在以上說明的第1~6實施形態，以活性層中的井層數為1以上3以下，即使大電流的元件驅動亦可得到良好元件特性的氮化物半導體元件。此在以往作為活性層中的井層數，使用4~6程度者，但井層數增多，可提高載子再結合機率的反面，包含阻擋層數在內，活性層全體膜厚必然變大，有 V_f 變大的傾向。再者，即使增多井層數，載子再結合機率也不太變高實驗的結果明確，特別是如LD，以大電流、高電流密度使其驅動的元件的情況，該傾向特別顯著。例如LD的情況，在多重量子井構造使井層數變化，藉由井層數減少，有臨界電流下降的傾向，將井層數從6急劇減少到成為4之間，再在4到3之間平穩減少，然後井層數在2或3之處取極小值，在1時，即單一量子井構造，比2、3時稍高或有取2和3間之值的傾向。此外，關於高輸出的LED也顯出同樣的傾向。

此處，就各圖說明於下。圖2、3為關於本發明一實施形態的模式截面圖，特別是在雷射元件構造，顯示以n型層11和p型層13夾入活性層12的構造。圖2有以下構造：以上部覆蓋層30和下部覆蓋層25夾住活性層12，在活性層12和上部覆蓋層30之間有為電子封閉層的第一p型氮化物半導體層28，活性層12的量子井構造係以阻擋層2a/井層1a為一對而反覆層疊，最後設置阻擋層2c。圖3與圖2相比不同之點，

係在上部、下部覆蓋層30、25和活性層12之間有上部、下部導光層29、26。圖4~8、10顯示活性層12或活性層周邊的層疊構造20和在其層疊構造20下與其對應的能帶隙21。圖4、6係活性層的量子井構造在膜厚有非對稱構造，和其相反，圖5、7有對稱構造，圖4、5係活性層內的井層數為3，圖6、7為2，圖5為不含導光層，圖4、7、8為有導光層的構造層。圖8為層疊活性層12和p型層13的構造，顯示p型層13內的第一p型氮化物半導體層28、配置於活性層、最p型層側的阻擋層2c及配置於比該阻擋層2c接近n型層之側的井層1b之關係。

<第8實施形態>

在本發明，第8實施形態可得到適於DVD、CD等光碟系統的光源的高速回應特性、RIN的雷射元件。具體而言，在量子井構造的活性層有第一阻擋層(最p側的阻擋層)和第二阻擋層時，以第二阻擋層和井層的膜厚比 R_t 為 $0.5 \leq R_t \leq 3$ 的範圍。此時，第一阻擋層(最p側的阻擋層)和第二阻擋層與上述實施形態同樣。特別是在此膜厚比方面，第二阻擋層在MQW夾入井層的阻擋層，即井層間的距離重要。如上述，由於在最p側的阻擋層和其他阻擋層有不同的功能，所以影響上述回應特性、RIN的阻擋層係前述最p側的阻擋層(第一阻擋層)以外的阻擋層重要，特別是在MQW，夾入井層的阻擋層和井層的膜厚比會使上述特性大幅受到影響。若膜厚比 R_t 在於上述範圍，則成為光碟系統的光源佳的雷射元件，若小於0.5，則阻擋層膜厚比井層過大，特

別有回應特性惡化的傾向，而超過3，則特別使RIN受到不良影響，在高頻重疊下有成為雜訊大的光源的傾向。最好是 $0.8 \leq R_t \leq 2$ ，成為上述各特性佳的雷射元件。此外，此時井層膜厚dw分別最好是 $40 \text{埃} \leq dw \leq 100 \text{埃}$ 。因為如從圖12得知，在上述各實施形態，井層越是厚膜，越可實現良好的元件壽命，另一方面，若膜厚超過100埃，則回應特性、RIN的惡化變大，有不適於光碟系統的光源的傾向。此外，最好是 $60 \text{埃} \leq dw \leq 80 \text{埃}$ 。這是因為在為元件壽命另外評價的惡化速度評價方面，井層膜厚變大，則有惡化速度降低的傾向，但在60埃以上80埃以下的區域增大井層膜厚，顯出急劇的降低，在超過80埃的區域則有平緩降低的傾向。此外，就阻擋層(第二阻擋層)膜厚db而言，由圖13的膜厚和元件壽命之關係，40埃以上可形成良好元件壽命的雷射元件。

此實施形態最好和上述1~7實施形態組合適用。此外，上述第二阻擋層在圖6、7所示的形態，係至少活性層中的阻擋層，適用於上述最p側的阻擋層(第一阻擋層)2c以外的阻擋層之任一阻擋層，最好如上述，適用於夾入井層的阻擋層2b，更好是適用於除了上述最p側的阻擋層之外的全部阻擋層將導致上述特性提高，很理想。

以下，就本案發明之實施例加以說明。

[實施例1]

以下，作為實施例，就使用如圖8所示的雷射元件構造的氮化物半導體的雷射元件加以說明。

此處，在本實施例使用 GaN 基板，但作為基板也可以使用與氮化物半導體不同的異種基板。就異種基板而言，例如以 C 面、R 面及 A 面之任一面為主面的藍寶石、尖晶石 (MgAl_2O_4 之類的) 絕緣性基板、SiC (含有 6H、4H、3C)、ZnS、ZnO、GaAs、Si 及與氮化物半導體晶格匹配的氧化物基板等可使氮化物半導體生長，係所習知，可使用與氮化物半導體不同的基板材料。就較佳的異種基板而言，可舉藍寶石、尖晶石。此外，異種基板也可以傾斜 (off-angle)，這種情況使用傾斜成階梯狀者，由氮化鎵構成的底層生長使其結晶性佳地生長，很理想。再者，使用異種基板時，可以在異種基板上使成為元件構造形成前的底層的氮化物半導體生長後，利用研磨等方法除去異種基板，作為氮化物半導體的單體基板形成元件構造，或者也可以是元件構造形成後除去異種基板的方法。

使用異種基板時，透過由緩衝層 (低溫生長層)、氮化物半導體 (最好是 GaN) 構成的底層形成元件構造，氮化物半導體的生長良好。此外，作為設於異種基板上的底層 (生長基板)，其他使用 ELOG (Epitaxially Laterally Overgrowth；磊晶橫向附生) 生長的氮化物半導體，可得到結晶性良好的生長基板。就 ELOG 生長層的具體例而言，在異種基板上使氮化物半導體層生長，將在其表面設置氮化物半導體生長困難的保護膜等形成的罩幕區域和使氮化物半導體生長的非罩幕區域設置成帶狀，藉由從其非罩幕區域使氮化物半導體生長，除了向膜厚方向生長之外，還向橫向生長，在

罩幕區域也氮化物半導體生長而有成膜之層等。其他形態，在使其生長於異種基板上的氮化物半導體層設置開口部，進行從其開口部側面向橫向的生長而成膜之層亦可。

(基板101)作為基板，使生長於異種基板的氮化物半導體，在本實施例為Ga₂N，以厚膜(100 μm)生長後，除去異種基板，使用由80 μm的Ga₂N構成的氮化物半導體基板。基板的詳細形成方法如下。將由2英寸φ、以C面為主面的藍寶石構成的異種基板放置於MOVPE反應容器內，以溫度為500℃，使用三甲基鎵(TM₂G)、氮(NH₃)，使由Ga₂N構成的緩衝層以200埃的膜厚生長，其後提高溫度，使無摻雜的Ga₂N以1.5 μm的膜厚生長而成為底層。其次，在底層表面形成多數帶狀罩幕，從罩幕開口部(窗部)使氮化物半導體，在本實施例為Ga₂N選擇生長，使由伴隨橫向生長的生長(ELOG)所成膜的氮化物半導體層再以厚膜生長，除去異種基板、緩衝層、底層，得到氮化物半導體基板。此時，選擇生長時的罩幕由二氧化矽構成，罩幕寬度15 μm，開口部(窗部)寬度5 μm。

(緩衝層102)在氮化物半導體基板上，以溫度為1050℃，使用TM₂G(三甲基鎵)、TMA(三甲基鋁)、氮，使由Al_{0.05}Ga_{0.95}N構成的緩衝層102以4 μm的膜厚生長。此層在AlGa₂N的n型接觸層和由Ga₂N構成的氮化物半導體基板之間起作用作為緩衝層。其次，在由氮化物半導體構成的底層上層疊成為元件構造的各層。

具體而言，橫向生長層或使用其形成的基板為Ga₂N時，

使用由比其熱膨脹係數小的氮化物半導體的 $\text{Al}_a\text{Ga}_{1-a}\text{N}$ ($0 < a \leq 1$) 構成的緩衝層 102，可使坑(pit)減少。最好設於為氮化物半導體的橫向生長層的 GaN 上。再者，緩衝層 102 的鋁混晶比為 $0 < a < 0.3$ ，則可使結晶性良好形成緩衝層。可以形成此緩衝層作為 n 側接觸層，也可以是下述形態：形成緩衝層 102 後，形成以前述緩衝層組成式顯示的 n 側接觸層，使緩衝層 102 和其上的 n 側接觸層 104 都具有緩衝效果。即，此緩衝層 102 設於使用橫向生長的氮化物半導體基板、形成於其上的橫向生長層和元件構造之間、元件構造中的活性層和橫向生長層(基板)或和形成於其上的橫向生長層(基板)之間，更好是在元件構造中的基板側、下部覆蓋層和橫向生長層(基板)之間設置至少一層以上，可減少坑(pit)，使元件特性提高。此緩衝層在本發明可在活性層，特別是上述厚膜的含有銦的氮化物半導體形成使結晶性良好，所以最好設置緩衝層。

(n 型接觸層 103) 其次在所得到的緩衝層 102 上使用 TMG、TMA、氮、矽烷氣體作為雜質氣體，使以 1050°C 摻入矽的由 $\text{Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ 構成的 n 型接觸層 103 以 $4\ \mu\text{m}$ 的膜厚生長。

(防裂層 104) 其次使用 TMG、TMI(三甲基銦)、氮，以溫度為 800°C ，使由 $\text{In}_{0.06}\text{Ga}_{0.94}\text{N}$ 構成的防裂層 104 以 $0.15\ \mu\text{m}$ 的膜厚生長。又，此防裂層可省略。

(n 型覆蓋層 105) 其次以溫度為 1050°C ，在原料氣體使用 TMA、TMG 及氮，使由無摻雜的 $\text{Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ 構成的 A 層以

25埃的膜厚生長，接著停止TMA，使用矽烷氣體作為雜質氣體，使由摻入 $5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 矽的GaN構成的B層以25埃的膜厚生長。然後，將此操作分別反覆200次而A層和B層層疊，使由總膜厚1 μm 的多層膜(超晶格構造)構成的n型覆蓋層106生長。此時，就無摻雜AlGaN的鋁混晶比而言，若是0.05以上0.3以下的範圍，則可設置充分起作用作為覆蓋層的折射率差。

(n型導光層106)其次以同樣的溫度在原料氣體使用TMG及氮，使由無摻雜的GaN構成的n型導光層106以0.15 μm 的膜厚生長。此外，也可以摻入n型雜質。

(活性層107)其次以溫度為 800°C ，在原料氣體使用TMI(三甲基銦)、TMG及氮，使用矽烷氣體作為雜質氣體，將由摻入 $5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 矽的 $\text{In}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ 構成的阻擋層(B)以140埃的膜厚，停止矽烷氣體，將由無摻雜的 $\text{In}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ 構成的井層(W)以25埃的膜厚，按(B)/(W)/(B)/(W)的順序層疊此阻擋層(B)、井層(W)。最後，作為最上部的阻擋層，在原料氣體使用TMI(三甲基銦)、TMG及氮，使無摻雜的 $\text{In}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ 以140埃的膜厚生長。活性層107成為總膜厚約470埃的多重量子井構造(MQW)。

(p型電子封閉層108：第一p型氮化物半導體層)其次以同樣的溫度在原料氣體使用TMA、TMG及氮，使用 Cp_2Mg (環戊二烯合鎂)，使由摻入 $1 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ 鎂的 $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{N}$ 構成的p型電子封閉層108以100埃的膜厚生長。此層也可以不特別設置，但設置可起作用作為電子封閉，有助於臨界值降低。

此外，此處 p 型雜質的鎂從 p 型電子封閉層 108 擴散到鄰接其的最上部阻擋層，成為摻入 $5 \sim 10 \times 10^{16} / \text{cm}^3$ 程度鎂到最上部阻擋層的狀態。

(p 型導光層 109) 其次以溫度為 1050°C ，在原料氣體使用 TMG 及 氨，使由無摻雜的 GaN 構成的 p 型導光層 109 以 $0.15 \mu\text{m}$ 的膜厚生長。

此 p 型導光層 109 雖然作為無摻雜使其生長，但藉由來自 p 型電子封閉層 108、p 型覆蓋層 109 等鄰接層的鎂擴散，鎂濃度成為 $5 \times 10^{16} / \text{cm}^3$ ，顯示 p 型。此外，此層在生長時特意摻入鎂亦可。

(p 型覆蓋層 110) 接著以 1050°C 使由無摻雜 $\text{Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ 構成之層以 25 埃的膜厚生長，接著停止 TMA，使用 Cp_2Mg 使由摻入鎂的 GaN 構成之層以 25 埃的膜厚生長，將其反覆 90 次而使由總膜厚 $0.45 \mu\text{m}$ 的超晶格層構成的 p 型覆蓋層 110 生長。p 型覆蓋層至少一方包含含有鋁的氮化物半導體層，以層疊帶隙能量互相不同的氮化物半導體層的超晶格製作時，雜質多摻入任何一方之層，進行所謂的調製摻雜，則有結晶性良好的傾向，但兩方相同般地摻雜亦可。覆蓋層 110 希望是含有鋁的氮化物半導體層，較好是含有 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 < x < 1$) 的超晶格構造，更好是層疊 GaN 和 AlGaIn 的超晶格構造。藉由以 p 側覆蓋層 110 為超晶格構造，可提高覆蓋層全體的鋁混晶比，所以覆蓋層本身的折射率變小，並且帶隙能量變大，所以在使臨界值降低上非常有效。再者，藉由形成超晶格，在覆蓋層本身產生的坑 (pit) 比不

形成超晶格者少，所以短路的發生也低。

(p型接觸層 111)最後以 1050°C 在 p 型覆蓋層 110 上使由摻入 $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ 鎂的 p 型 GaN 構成的 p 型接觸層 111 以 150 埃的膜厚生長。P 型接觸層 111 可用 p 型 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x$ 、 $0 \leq y$ 、 $x+y \leq 1$) 構成，較好是若是摻入鎂的 GaN，則和 p 電極 120 可得到最好的電阻性接觸。由於接觸層 111 是形成電極之層，所以希望是 $1 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ 以上的高載子濃度。若比 $1 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ 低，則有和電極得到良好電阻性困難的傾向。再者，若以接觸層的組成為 GaN，則和電極材料容易得到良好電阻性。反應結束後，在反應容器內將晶圓在氮氣氛中以 700°C 進行退火 (annealing)，使 p 型層更低電阻化。

如以上使氮化物半導體生長，層疊各層後，由反應容器取出晶圓，在最上層的 p 型接觸層表面形成由二氧化矽構成保護膜，使用 RIE (反應性離子蝕刻)，利用四氯化矽氣體蝕刻，如圖 1 所示，使為了形成 n 電極的 n 型接觸層 103 表面露出。如此要深深地蝕刻氮化物半導體，二氧化矽最適合作為保護膜。

其次，形成脊峰條帶作為上述帶狀波導路區域。首先，在最上層的 p 型接觸層 (上部接觸層) 大致全面利用 PVD 裝置以 0.5 μm 的膜厚形成由矽氧化物 (主要是二氧化矽) 構成的第一保護膜 161 後，在第一保護膜 161 上施加預定形狀的罩幕，利用 RIE (反應性離子蝕刻) 裝置，使用四氟化碳氣體，藉由微影技術形成條帶寬度 1.6 μm 的第一保護膜 161。此時，脊峰條帶高度 (蝕刻深度) 係蝕刻 p 型接觸層 111 及 p 型

覆蓋層 109、p 型導光層 110 一部分，蝕刻到 p 型導光層 109 膜厚成為 0.1 μm 的深度而形成。

其次，脊峰條帶形成後，從第一保護膜 161 上將由鋅氧化物(主要是二氧化鋅)構成的第二保護膜 162 在第一保護膜 161 上和由蝕刻所露出的 p 型導光層 109 上以 0.5 μm 的膜厚連續形成。

第二保護膜 162 形成後，將晶圓以 600°C 熱處理。如此形成二氧化矽以外的材料作為第二保護膜時，在第二保護膜成膜後，藉由以 300°C 以上，最好是 400°C 以上，氮化物半導體的分解溫度以下(1200°C)熱處理，第二保護膜對於第一保護膜的溶解材料(氫氟酸)難以溶解，所以更希望增加此製程。

其次，將晶圓浸入氫氟酸，利用卸下法(lift-off)除去第一保護膜 161。藉此，除去設於 p 型接觸層 111 上的第一保護膜 161，露出 p 型接觸層。如以上，如圖 1 所示，在脊峰條帶側面及接著其之平面(p 型導光層 109 露出面)形成第二保護膜 162。

如此除去設於 p 型接觸層 112 上的第一保護膜 161 後，如圖 1 所示，在其露出的 p 型接觸層 111 表面形成由鎳/金構成的 p 電極 120。但是，p 電極 120 作為 100 μm 的條帶寬度，如圖 1 所示，遍及第二保護膜 162 上形成。第二保護膜 162 形成後，在已使其露出的 n 型接觸層 103 表面將由鈦/鋁構成的帶狀 n 電極 121 在和條帶平行的方向形成。

其次，在為形成 n 電極而蝕刻露出之面，為在 p、n 電極設

置取出電極而給希望區域掩蓋，設置由二氧化矽和二氧化鈦構成的介電體多層膜164後，在p、n電極上分別設置由鎳-鈦-金(1000埃-1000埃-8000埃)構成的取出(小塊)電極122、123。此時，活性層107寬度為200 μm 的寬度(與諧振器方向垂直方向的寬度)，在諧振器面(反射面側)也設置由二氧化矽和二氧化鈦構成的絕緣多層膜。

如以上形成n電極和p電極後，在與帶狀電極垂直方向，在氮化物半導體的M面(GaN的M面、(11-00)等)分割成棒狀，再分割棒狀晶圓而得到雷射元件。此時，諧振器長為650 μm 。

如此得到的雷射元件成為圖7所示的層疊構造20及帶隙能量圖，相當於上述第1、2、4、5實施形態。成為棒狀之際，可以在夾入蝕刻端面的波導路區域內劈開，以得到的劈開面為諧振器面，也可以在波導路區域外劈開而以蝕刻端面為諧振器面，也可以形成以一方為蝕刻端面、以他方為劈開面的一對諧振器面。此外，雖然在上述蝕刻端面的諧振面設置由絕緣多層膜構成的反射膜，但也可以在劈開面的諧振器面也劈開後設置反射膜。此時，就反射膜而言，使用由 SiO_2 、 TiO_2 、 ZrO_2 、 ZnO 、 Al_2O_3 、 MgO 、聚醯亞胺構成之群的至少一種，可以是以 $\lambda/4n$ (λ 為波長， n 為材料折射率)的膜厚層疊的多層膜，也可以只用一層，也可以也使其起作用作為和反射膜同時防止諧振器端面露出的表面保護膜。要使其起作用作為表面保護膜，也可以以 $\lambda/2n$ 的膜厚形成。此外，也可以是下述雷射元件：在元件加工製程

不形成蝕刻端面，即只使n電極形成面(n側接觸層)露出，以一對劈開面為諧振器面。

再分割棒狀晶圓之際也可以使用氮化物半導體(單體基板)的劈開面，可以在六方晶系在近似的M面、A面($\{1010\}$)劈開與劈開成棒狀時的劈開面垂直的氮化物半導體(GaN)，取出晶片，或者也可以在劈開成棒狀之際使用氮化物半導體的A面。

在室溫，在臨界值 $2.8 \text{ } \mu\text{A}/\text{cm}^2$ 、 $5\sim 30 \text{ mW}$ 的輸出可得到振盪波長 405 nm 的連續振盪的雷射元件。所得到的雷射元件的元件壽命與比較例1相比，在 60°C 、 5 mW 的連續振盪可得到相當於 $2\sim 3$ 倍的 $2000\sim 3000$ 小時的元件壽命。此外，在反向耐壓特性方面，與比較例1相比，就反向耐壓進行檢查的結果，許多雷射元件不被破壞，再提高電壓，在 100V 即使在檢查也得到不被破壞，與比較例1相比，顯出大約2倍的反向耐壓特性提高。

[實施例2]

在實施例1，活性層中的阻擋層內，摻入 $1\times 10^{18}/\text{cm}^3$ 鎂形成位於活性層和p型電子封閉層的界面的阻擋層(最後層疊的阻擋層、位於最p側的阻擋層)之外，同樣進行而得到雷射元件。所得到的雷射元件與實施例1相比，利用前述最後阻擋層摻入許多鎂。此外，其特性在元件壽命、反耐壓特性方面，得到大致同等的特性。

[實施例3]

除了按下述條件形成活性層之外，和實施例1同樣製作氮

化物半導體元件。

(活性層 107)

其次，以溫度為 800°C ，在原料氣體使用 TMI (三甲基銦)、TMG 及 氮，使用矽烷氣體作為雜質氣體，將由摻入 $5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 矽的 $\text{In}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ 構成的阻擋層 (B) 以 140 埃的膜厚，停止矽烷氣體，將由無摻雜的 $\text{In}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ 構成的井層 (W) 以 40 埃的膜厚，按 (B)/(W)/(B)/(W) 的順序層疊此阻擋層 (B)、井層 (W)。最後，作為最後阻擋層，在原料氣體使用 TMI(三甲基銦)、TMG 及 氮，使無摻雜的 $\text{In}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ 生長。活性層 107 成為總膜厚約 500 埃的多重量子井構造 (MQW)。

在室溫，在臨界值 $2.8 \text{ kA}/\text{cm}^2$ 、 $5 \sim 30 \text{ mW}$ 的輸出可得到振盪波長 405 nm 的連續振盪的雷射元件。所得到的雷射元件的元件壽命在 60°C 、 5 mW 的連續振盪成為 5000~6000 小時。此在室溫相當於接近十萬小時的元件壽命。此外，就反向耐壓而言，得到約 45V。

[實施例 4]

在實施例 3，活性層中的阻擋層內，摻入 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 鎂形成位於活性層和 p 型電子封閉層的界面的阻擋層 (最後阻擋層) 之外，同樣進行而得到雷射元件。所得到的雷射元件與實施例 3 相比，利用前述最後阻擋層摻入許多鎂。此外，其特性在元件壽命、反向耐壓特性方面，得到大致同等的特性。

[實施例 5]

在實施例 1，以井層膜厚為 55 埃。其結果所得到的雷射元

件與實施例1相比，元件壽命大幅提高，按50°C、30 mW的條件使其連續振盪的結果，可得到1000~2000小時的長壽命的雷射元件。

再者，同樣地將實施例1的井層膜厚增加為60、80、90埃，元件壽命有與膜厚大致成比例增加的傾向，另一方面可確認井層膜厚增加而活性層全體膜厚增加而 V_f 、臨界電流增加。然而，任一情況與比較例1相比，都有非常良好的元件壽命。此外，關於 V_f 、臨界電流，活性層全體膜厚有關係，取決於其層疊構造，不能一概而論，但如實施例1，井層數少成2層時，在多重量子井構造不太大幅取決於最小井層數、井層膜厚變化， V_f 、臨界電池上升被向下抑制，在比實施例1稍大的程度平穩下來，在LD的連續振盪不至於重大元件特性惡化。因此，井層膜厚在40埃以上可謀求元件特性提高，較好是50埃以上，可更顯著大幅長壽命化。此外，此時若以井層膜厚為50埃以上，則可在輸出80 mW振盪，可得到100 mW的輸出。

[實施例6]

在實施例1，以最後阻擋層(位於最上部的阻擋層)為150埃的膜厚的結果，元件壽命有比實施例1長的傾向。此被認為如圖9A及9B所示，最上部阻擋層2c變厚，井層1b和p型電子封閉層28的距離dB必然變大，如上述，因第一p型氮化物半導體層(p型電子封閉層)為高電阻而在元件驅動時比其他層成為高的溫度，可能分開此層和井層，保護井層不受溫度上升的不良影響，以良好的振盪特性進行雷射振

盪所致。

[實施例 7]

在實施例 1，活性層以阻擋層膜厚 70 埃按阻擋層/井層/阻擋層/井層的順序層疊，最後層疊膜厚 140 埃的阻擋層。此時，使井層膜厚成 22.5 埃、45 埃、90 埃、130 埃變化，將按 50°C、30 mW 的條件使其連續振盪時的元件壽命顯示於圖 12。如從圖可明白，隨著井層膜厚增加，元件壽命增大，可得到良好元件壽命的雷射元件。此時，在井層膜厚 45 埃、90 埃、130 埃，和實施例 5 同樣，30 mW 以上的高輸出振盪可能，90 埃、130 埃時，可得到在 80~100 mW 的輸出可能的雷射元件。

[實施例 8]

在實施例 1，活性層以井層膜厚 45 埃按阻擋層/井層/阻擋層/井層的順序層疊，最後層疊膜厚 140 埃的阻擋層。此時，使最後層疊的阻擋層以外的阻擋層膜厚成 22.5 埃、45 埃、90 埃、135 埃變化，將按 50°C、30 mW 的條件使其連續振盪時的元件壽命顯示於圖 13。如從圖可明白，若阻擋層膜厚增加，則即使從 50 埃附近使膜厚增加，元件壽命也成為大致一定，顯出不變化的傾向。因此，得知作為阻擋層，形成至少 40 埃以上，在本發明之氮化物半導體元件可實現良好的元件壽命。

[實施例 9]

在實施例 1，以覆蓋層多層膜的 AlGaIn 層的鋁混晶比為 0.1 之外，同樣進行而得到雷射元件。所得到的雷射元件係

覆蓋層的鋁平均混晶比為0.05，以30 mW在單一模式、連續振盪可觀測到自激振盪。再者，若以覆蓋層多層膜中的AlGaIn的鋁混晶比為0.15，則此時覆蓋層的鋁平均混晶比成為約0.78，比鋁平均混晶比為0.05時證實明顯以高的機率自激振盪。因此，覆蓋層的鋁平均混晶比為0.05以下，最好是0.025或是0.03以下，可得到確實無自激振盪的雷射元件。

[實施例10]

在實施例1，使最上部阻擋層(配置於最p型層側的阻擋層)以150埃的膜厚使其生長之外，和實施例1同樣進行而得到雷射元件。所得到的雷射元件與實施例1相比，雖然稍微但顯出元件壽命上升的傾向。反之，以最上部阻擋層為100埃的膜厚的雷射元件與實施例1相比，元件壽命大幅降低。

[實施例11]

在實施例1，除了不設置p型電子封閉層108而在活性層107上直接設置p型導光層109之外，和實施例1同樣進行而得到雷射元件。所得到的雷射元件雖然Vf降低約1V左右，但臨界電流卻急劇上升，在雷射元件中也顯出振盪困難。此被認為不含高電阻的第一p型氮化物半導體層(p型電子封閉層108)，雖然Vf降低，但電子封閉於活性層內成為困難，導致臨界值急劇上升。

[實施例12]

在實施例1，以井層數為3層，以阻擋層數為4層，如圖4所示，形成層疊的活性層之外，和實施例1同樣進行而得到

雷射元件。所得到的雷射元件與實施例1相比，因活性層全體膜厚變大而 V_f 上升，並且井層數多，顯出臨界電流也稍微上升的傾向。再者，阻擋層/井層交互層疊，最後層疊阻擋層，形成阻擋層5層、井層4層的活性層，比井層為2層、3層時明顯臨界電流上升，並且 V_f 也變高。

此處，在圖4，以最初阻擋層(第二n側阻擋層)2a和最後阻擋層(第一p側阻擋層)2d為膜厚140埃，以阻擋層2b、2c膜厚為100埃時(圖5所示的活性層構造)比前述圖5的情況，元件特性的偏差，特別是元件壽命的晶片間的偏差減少，顯出可得到良好元件特性的雷射元件的傾向。

[比較例1]

在實施例1，以活性層中的阻擋層全部為摻入矽之外，同樣進行而得到雷射元件。所得到的雷射元件在 60°C 、5 mW輸出的連續振盪，成為1000小時的元件壽命。此外，就所得到的雷射元件的反向耐壓特性評價的結果，雷射元件的大部分在反向耐壓50V的條件被破壞。此處，使在活性層中最後層疊的阻擋層的矽摻雜量成 1×10^{17} 、 1×10^{18} 、 $1\times 10^{19}/\text{cm}^3$ 變化，調查元件壽命和反耐壓特性的變化，顯示於圖14、15。在圖中所謂無摻雜，與實施例1對應。如從圖可明白，得知摻入矽到在活性層內配置於最p型層側的阻擋層，隨著摻雜量變多，反耐壓特性降低，元件特性惡化。特別是可知元件壽命在 $1\times 10^{17}\text{cm}^{-3}$ 以下會提昇，而在 $1\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ 以上會惡化。

對於所得到的雷射元件利用SIMS(二次離子質量分析法)等分析的結果，活性層中的阻擋層內，在位於和p型電子封

閉層的界面的最上部阻擋層(位於最p型層側的阻擋層)檢測出矽和鎂。因此，所得到的雷射元件有在所述最上部阻擋層摻入矽和鎂的狀態，此情況與在實施例1所得到的雷射元件相比，被認為是其特性大幅降低的原因。然而，如圖14、15所示，使矽摻雜量變化時，因鎂摻雜量不變化而元件特性降低被認為主要是起因於n型雜質。

[實施例13]

在實施例1，取代活性層107，使用圖10及以下說明的活性層407得到雷射元件。

(活性層407)

以溫度為880°C，在原料氣體使用TMI、TMG及氮，使用矽烷氣體作為雜質氣體，使用摻入 $5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 矽的 $\text{In}_{0.01}\text{Ga}_{0.99}\text{N}$ 構成的第一阻擋層401a以100埃的膜厚生長。接著將溫度降到820°C，停止矽烷氣體，使由無摻雜的 $\text{In}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{N}$ 構成的井層402a以50埃的膜厚生長。再以同溫度使用TMA，使由 $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{N}$ 構成的第二阻擋層403a以10埃的膜厚生長。如圖10所示，再反覆一次這些第一阻擋層401a、井層402a、第二阻擋層403a的三層構造而層疊各層401b、402b、403b，最後以膜厚140埃形成無摻雜的 $\text{In}_{0.01}\text{Ga}_{0.99}\text{N}$ 作為最上部的阻擋層404，形成由總膜厚460埃的多重量子井(MQW)構成的活性層407。此時，p型雜質的鎂從鄰接的p型電子封閉層108擴散到位於最p型層側的最上部阻擋層404，成為有鎂的阻擋層。所得到的雷射元件可得到波長470 nm的光，成為高輸出、長壽命的雷射元件。

此時，就設於井層上部的第二阻擋層而言，係含有鋁的氮化物半導體，最好是以 $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ ($0 < z \leq 1$)顯示的氮化物半導體，在井層形成適度的凹凸，產生銦偏析或濃度分佈，藉此可得到量子點或量子細線的效果，比不設第二阻擋層的情況成為高輸出的氮化物半導體元件。此時，鋁混晶比 z 為0.3以上，有良好產生井層凹凸的傾向，很理想。此時，第二阻擋層即使不特別接觸井層設置，亦可得到同樣的效果。此外，接觸井層位於下部的阻擋層如第一阻擋層，係不含鋁的阻擋層，可結晶性良好地形成井層，很理想。

[實施例 14]

如下製作圖9A及9B所示的發光元件。

將由藍寶石(C面)構成的基板301放置於MOVPE的反應容器內，一面使氫流動，一面使基板溫度上升到 1050°C ，進行基板的清洗。

(緩衝層 302)

接著，將溫度降到 510°C ，在載氣使用氫，在原料氣體使用氮、TMG(三甲基鎔)及TMA(三甲基鋁)，在基板301上使由GaN構成的緩衝層302以約150埃的膜厚生長。

(底層 303)

緩衝層302生長後，只停止TMG，使溫度上升到 1050°C 。達到 1050°C ，在同原料氣體使用TMG、氮氣，使由無摻雜GaN構成的底層303以 $1.5\ \mu\text{m}$ 的膜厚生長。此底層303起作用作為使氮化物半導體生長的基板。

(n型接觸層 304)

接著，以1050℃在同原料氣體使用TMG、氮氣，在雜質氣體使用矽烷氣體，使由摻入 $4.5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 矽的Ga₂N構成的n型接觸層304以2.25 μm的膜厚生長。

(n側第一多層膜層305)

其次，只停止矽烷氣體，以1050℃使用TMG、氮氣，使由無摻雜Ga₂N構成的下層305a生長，接著以同溫度追加矽烷氣體，使由摻入 $4.5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 矽的Ga₂N構成的中間層305b以300埃的膜厚生長，再接著只停止矽烷氣體，以同溫度使由無摻雜Ga₂N構成的上層305c以50埃的膜厚生長，使由305a/305b/305c的三層構成的總膜厚3350埃的第一多層膜層305生長。

(n側第二多層膜層306)

其次，以同樣溫度使由無摻雜Ga₂N構成的第二氮化物半導體層生長40埃，其次以溫度為800℃，使用TMG、TMI、氮，使由無摻雜In_{0.13}Ga_{0.87}N構成的第一氮化物半導體層生長20埃。反覆這些操作，按第二氮化物半導體層+第一氮化物半導體層的順序使其交互各層疊十層，最後使由Ga₂N構成的第二氮化物半導體層生長40埃後使由所形成的超晶格構造的多層膜構成的n側第二多層膜層306以640埃的膜厚生長。

(活性層307)

其次，使由Ga₂N構成的阻擋層以250埃的膜厚生長，接著以溫度為800℃，使用TMG、TMI、氮，使由無摻雜In_{0.3}Ga_{0.7}N構成的井層以30埃的膜厚生長。然後，按阻擋層B1/井層/

阻擋層 B2/井層/阻擋層 B3/井層/阻擋層 B4/井層/阻擋層 B5/井層/阻擋層 B6/井層/阻擋層 B7 的順序以阻擋層為 7 層，以井層為 6 層，交互層疊，使由總膜厚 1930 埃的多重量子井構造構成的活性層 307 生長。此時，摻入 $1 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ 矽到阻擋層 B1、B2，剩餘的阻擋層 Bi ($i=3、4、\dots、7$) 以無摻雜形成。

(p 型多層膜覆蓋層 308)

其次，以溫度 1050°C 使用 TMG、TMA、氮、 Cp_2Mg (環戊二烯合鎂)，使由摻入 $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ 鎂的 p 型 $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ 構成的第三氮化物半導體層以 40 埃的膜厚生長，接著以溫度為 800°C 使用 TMG、TMI、氮、 Cp_2Mg ，使由摻入 $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ 鎂的 $\text{In}_{0.03}\text{Ga}_{0.97}\text{N}$ 構成的第四氮化物半導體層以 25 埃的膜厚生長。反覆這些操作，按第三氮化物半導體層+第四氮化物半導體層的順序交互各層疊 5 層，最後使第三氮化物半導體層以 40 埃的膜厚生長的使由超晶格構造的多層膜構成的 p 型多層膜覆蓋層 308 以 365 埃的膜厚生長。

(p 型 GaN 接觸層 310)

接著，以 1050°C 使用 TMG、氮、 Cp_2Mg ，使由摻入 $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ 鎂的 p 型 GaN 構成的 p 型接觸層 310 以 700 埃的膜厚生長。

反應結束後，將溫度降到室溫，再在氮氣氛中，將晶圓在反應容器內以 700°C 進行退火，使 p 型層更低電阻化。

退火後，從反應容器取出晶圓，在最上層的 p 型接觸層 310 表面形成預定形狀的罩幕，用 RIE (反應性離子蝕刻) 裝置從 p 型接觸層側進行蝕刻，如圖 9A 及 9B 所示，使 n 型接觸層 4

表面露出。

蝕刻後，在最上層的p型接觸層310大致全面將含有膜厚200埃的鎳和金的透光性p電極311及其p電極311上由焊接用的金構成的p墊片電極以0.5 μm的膜厚形成。另一方面，在利用蝕刻使其露出的n型接觸層304表面形成含有鎢和鋁的n電極312，得到發光元件。所得到的發光元件在最接近n型層的阻擋層B1和其其次的阻擋層B2摻入n型雜質，可有效注入來自n型層的載子到活性層的深處(p型層側)，比以全部阻擋層為無摻雜的比較例2，光電變換效率提高，Vf及漏電流減少，發光輸出提高。

[實施例15]

在實施例14的活性層，在位於最p側的阻擋層B7摻入 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 鎂作為p型雜質之外，和實施例14同樣進行而得到發光元件。所得到的發光元件與實施例14相比，在最上部的阻擋層B7有p型雜質，來自p型層的載子注入也有效率，光電變換效率提高，發光輸出也提高。

[比較例2]

在實施例14，活性層中的全部阻擋層、井層都以無摻雜使其生長之外，和實施例14同樣進行而得到發光元件。所得到的發光元件與實施例14相比，發光輸出低，並有元件壽命差的傾向。

[實施例16]

茲就圖11所示的面發光型雷射元件說明於下。

(基板501)使用和用於實施例1的氮化物半導體基板101

同樣的基板501。

在氮化物半導體基板501上作為反射膜530，交互分別各層疊3層由AlN構成的第一層531和由GaN構成的第二層532。此時，各層以滿足 $\lambda/(4n)$ (但是 λ 為光波長、 n 為材料折射率)式的膜厚設置，此處 $n=2$ (AlN)、 2.5 (GaN)，以第一層約500埃、第二層約400埃的膜厚形成各膜厚。此時，氮化物半導體的反射膜可使用將第一、二層以 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $x+y=1$)顯示的氮化物半導體，氮化物半導體的反射膜最好使用交互層疊將第一、二層以 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$)顯示的組成不同的氮化物半導體多層膜，此時形成一層以上各層，形成一對以上第一層/第二層之對。具體而言，可以AlGaN/AlGaN、GaN/AlGaN、AlGaN/AlN、GaN/AlN等形成第一層/第二層。若是 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ ($0 < x$ 、 $x < y < 1$)，則為AlGaN多層膜，所以可縮小熱膨脹係數差，可結晶性良好地形成，若是 $\text{GaN}/\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ ($0 < y < 1$)，則可形成利用GaN層改善結晶性的多層膜。此外，若增大鋁組成比之差($y-x$)，則第一層和第二層的折射率差變大，反射率變高，具體而言， $y-x \geq 0.3$ ，最好是 $y-x \geq 0.5$ ，可形成反射率高的多層膜反射膜。此外，和實施例1同樣，作為多層膜層，藉由形成 $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ ($0 < y \leq 1$)，起作用作為緩衝層102，可得到坑(pit)減少效果。

接著，按照和實施例2(井層55埃)同樣的條件層疊n型接觸層533、活性層534、p型電子封閉層(未圖示)、p型接觸

層 535，設置有圓形開口部的由二氧化矽構成的屏蔽層 (block) 536，從該圓形開口部使鎂摻雜 GaN 生長，形成第二 p 型接觸層 537。此時，p 型接觸層 535、第二 p 型接觸層 537 也可以只形成任何一方。在該第二 p 型接觸層 537 上形成由二氧化矽/二氧化鈦構成的絕緣多層膜，作為反射膜 538，在前述屏蔽層 536 的開口部上設置成圓形狀。然後，蝕刻到 n 型接觸層 533 露出的深度，在露出的 n 型接觸層 533 上形成環形 n 電極 521，在第二 p 型接觸層 537 上形成包圍反射膜 538 周圍的 p 電極 520。如此一來，所得的面發光型雷射元件和實施例 2 同樣，可得到元件壽命佳、高輸出的雷射元件。

[實施例 17]

在實施例 1，形成下述活性層、p 側覆蓋層之外，同樣進行而得到雷射元件。

(活性層 107) 將由摻入 $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 矽的 $\text{In}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ 構成的阻擋層 (B) 以 70 埃的膜厚，停止矽烷氣體，將由無摻雜的 $\text{In}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ 構成的井層 (W) 以 70 埃的膜厚，按 (B)/(W)/(B)/(W) 的順序層疊此阻擋層 (B)、井層 (W)。最後，作為最上部的阻擋層，在原料氣體使用 TMI(三甲基銦)，使無摻雜的 $\text{In}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ 以 150 埃的膜厚生長。活性層 107 形成總膜厚約 430 埃的多重量子井構造 (MQW)。

(p 型覆蓋層 110) 接著，使由無摻雜 $\text{Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ 構成之層以 25 埃的膜厚、使由鎂摻雜 GaN 構成之層以 25 埃的膜厚生長，將其反覆 90 次而使由總膜厚 0.45 μm 的超晶格層構成的 p 型覆蓋層 110 生長。

如此所得到的雷射元件，在活性層，除了配置於最p型層側的阻擋層之外的阻擋層和井層之比 R_t 為1，但有圖12所示的井層膜厚和元件壽命之關係，成為可實現高輸出、長壽命的雷射元件，並且上述阻擋層(夾入n側阻擋層或井層的阻擋層)膜厚變小，在光碟系統可得到良好回應特性、RIN的雷射元件。此外，藉由比n側覆蓋層增大p側覆蓋層的鋁混晶比，和嵌入層162的折射率變小，可形成橫向封閉小的有效折射率型雷射元件，可形成到高輸出區不產生曲折的雷射元件。作為p側覆蓋層，最好是以平均組成為 $Al_xGa_{1-x}N$ ，以鋁平均混晶比 x 為 $0 < x \leq 0.1$ ，可得到抑制曲折產生的雷射元件。

本發明之氮化物半導體元件成為壽命特性(元件壽命)佳，並且大幅提高使用以往被視為問題的氮化物半導體的元件的脆弱反向耐壓特性，可得到高輸出的氮化物半導體元件。此外，在本發明之氮化物半導體元件，即使作為雷射元件時亦可得到同樣的特性提高，並且成為無自激振盪的良好雷射元件。

【圖式簡單說明】

圖1為說明本發明一實施形態的模式截面圖。

圖2為說明本發明一實施形態的模式截面圖。

圖3為說明本發明一實施形態的模式截面圖。

圖4為說明關於本發明一實施形態的層疊構造的模式截面圖及帶構造的模式圖。

圖5為說明關於本發明一實施形態的層疊構造的模式截

面圖及帶構造的模式圖。

圖6為說明關於本發明一實施形態的層疊構造的模式截面圖及帶構造的模式圖。

圖7為說明關於本發明一實施形態的層疊構造的模式截面圖及帶構造的模式圖。

圖8A及8B為說明關於本發明一實施形態的層疊構造的模式截面圖及帶構造的模式圖。

圖9A及9B為關於本發明一實施形態的元件的模式截面圖。

圖10為說明關於本發明一實施形態的層疊構造的模式截面圖及帶構造的模式圖。

圖11為說明本發明一實施形態的模式截面圖。

圖12為顯示關於本發明的一實施形態的元件壽命和井層膜厚的關係之圖。

圖13為顯示關於本發明的一實施形態的元件壽命和阻擋層膜厚的關係之圖。

圖14為顯示關於本發明的一實施形態的元件壽命和摻雜量的關係之圖。

圖15為顯示關於本發明的一實施形態的反耐壓和摻雜量的關係之圖。

【主要元件符號說明】

1a, 1b, 1c, 4, 402a	井層
2a, 2b, 2c, 2d, Bi, 401a, 403a, 404	阻擋
11	n型氮化物半導體層
12	活性層

13	p型氮化物半導體層
20	積層構造
21	能帶隙
25	下部覆蓋層
26	上部導光層
28	第1p型氮化物半導體層
29	下部導光層
30	上部覆蓋層
101	氮化物半導體基板
102	緩衝層
103	接觸層
104	防裂層
105	n型覆蓋層
106	n型導光層
107, 407	活性層
108	p型電子封閉層
109	p型導光層
110	p型覆蓋層
111	p型接觸層
120	p型電極
121	n型電極
122	p型小塊(pad)電極
123	n型小塊電極
161	第1保護膜
162	第2保護膜
164	介電體多層膜
301	基板
302	緩衝層

303	下地層
304	n型接觸層
305	n側第1多層膜
306	n側第2多層膜
307	活性層
308	p型多層膜覆蓋層
310	p型GaN接觸層
311	p型電極

五、中文發明摘要：

本發明作為夾入p型氮化物半導體層11、n型氮化物半導體層13的活性層12，至少具有阻擋層2a：具有n型雜質；井層1a：由含有銦的氮化物半導體構成；及，阻擋層2c：具有p型雜質或以無摻雜使其生長，藉由配置該阻擋層2作為最接近p型層側的阻擋層，可注入適當的載子到活性層12。

六、英文發明摘要：

十、申請專利範圍：

1. 一種氮化物半導體元件，其具有以p型氮化物半導體層和n型氮化物半導體層夾住具有由包含In之氮化物半導體構成之井層及由氮化物半導體構成之阻擋層的量子井構造之活性層的構造，其中

前述活性層具有夾住前述井層而配置於前述p型氮化物半導體層側之第一阻擋層及配置於前述n型氮化物半導體層側之第二阻擋層，並且

前述第一阻擋層之膜厚大於前述第二阻擋層；

於前述p型氮化物半導體層中具有與前述井層之距離為100埃以上的第一p型氮化物半導體層，該第一p型氮化物半導體層係由包含Al之氮化物半導體所構成；

於前述井層和前述第一p型氮化物半導體層之間具有前述第一阻擋層。

2. 一種氮化物半導體元件，其具有以p型氮化物半導體層和n型氮化物半導體層夾住具有由包含In之氮化物半導體構成之井層及由氮化物半導體構成之阻擋層的量子井構造之活性層的構造，其中

前述活性層具有夾住前述井層而配置於前述p型氮化物半導體層側之第一阻擋層及配置於前述n型氮化物半導體層側之第二阻擋層，並且

前述第一阻擋層之膜厚大於前述第二阻擋層；

於前述p型氮化物半導體層中具有第一p型氮化物半導體層，該第一p型氮化物半導體層係由包含Al之氮化物半

導體所構成；

於前述第一阻擋層和前述第一p型氮化物半導體層之間具有緩衝層，該緩衝層具有前述第一阻擋層和前述第一p型氮化物半導體層中間的帶隙能量。

3. 一種氮化物半導體元件，其於具有以p型氮化物半導體層和n型氮化物半導體層夾住具有由氮化物半導體構成之井層及阻擋層的量子井構造之活性層的構造，其中

於前述p型氮化物半導體層中，包含Al之氮化物半導體之第一p型氮化物半導體層設於離前述活性層之距離為1000埃以下之位置；

前述第一p型氮化物半導體層具有p型雜質；

鄰接於前述第一p型氮化物半導體層兩側之層之p型雜質濃度比前述第一p型氮化物半導體層為低之濃度；

前述活性層具有配置於最接近前述p型氮化物半導體層之位置之第一阻擋層作為前述阻擋層；

於前述第一阻擋層和第一p型氮化物半導體層之間具有緩衝層，該緩衝層具有前述第一阻擋層和前述第一p型氮化物半導體層中間的帶隙能量。

4. 一種氮化物半導體元件，其具有以p型氮化物半導體層及n型氮化物半導體層夾住量子井構造之活性層的構造，其中

於前述p型氮化物半導體層中，包含Al之氮化物半導體之第一p型氮化物半導體層設於離前述活性層之距離為1000埃以下的位置；

該第一p型氮化物半導體層具有p型雜質；

前述活性層具有：第一阻擋層，其配置於最接近前述p型氮化物半導體層之位置；井層，其配置於該第一阻擋層之n型氮化物半導體層側；及第二阻擋層，其經由該井層比前述第一阻擋層配置於前述n型氮化物半導體層側；前述第一阻擋層比前述第二阻擋層膜厚大；

前述第一阻擋層中的p型雜質濃度為 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 以下，n型雜質濃度為 $1 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ 以下。

5. 一種氮化物半導體元件，其具有以p型氮化物半導體層及n型氮化物半導體層夾住具有由氮化物半導體構成之井層和阻擋層的量子井構造之活性層的構造，其特徵在於：

前述活性層之最外側之阻擋層，係具有配置於最接近前述p型氮化物半導體層之位置之第一阻擋層，及經由該第一阻擋層和井層配置於n型氮化物半導體層側之第二阻擋層，並且

於前述p型氮化物半導體層中，於離活性層1000埃以下的距離具有包含Al之氮化物半導體之第一p型氮化物半導體層；

前述第一阻擋層之n型雜質濃度為 $1 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ 以下，前述第二阻擋層之n型雜質濃度為 $5 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ 以上 $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ 以下；

鄰接於前述第一阻擋層而配置於前述n型氮化物半導體層側之井層和前述第一p型氮化物半導體層之距離 d_B 為100埃以上。

6. 如請求項1、4或5中任一項之氮化物半導體元件，其中於前述第一p型氮化物半導體層和前述第一阻擋層之間具有前述第一阻擋層和前述第一p型氮化物半導體層中間的帶隙能量的緩衝層。
7. 如請求項1、2、4或5中任一項之氮化物半導體元件，其中前述活性層具有2以上的井層，於該井層和井層之間具有第三阻擋層，並且
前述第三阻擋層之膜厚小於前述第一阻擋層及前述第二阻擋層之膜厚。
8. 如請求項1至5中任一項之氮化物半導體元件，其中前述阻擋層具有組成、雜質量不同的兩層以上。
9. 如請求項8之氮化物半導體元件，其中前述阻擋層組成不同的兩層中的一方為包含Al之氮化物半導體。
10. 如請求項8之氮化物半導體元件，其中前述阻擋層組成不同的兩層為 $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ ($0 < z \leq 1$) 和 $\text{In}_\beta\text{Ga}_{1-\beta}\text{N}$ ($0 \leq \beta < 1$)。
11. 如請求項1至5中任一項之氮化物半導體元件，其中前述第一阻擋層配置於前述活性層之最外側。
12. 如請求項1至5中任一項之氮化物半導體元件，其中前述井層為 $\text{In}_\alpha\text{Ga}_{1-\alpha}\text{N}$ ($0 < \alpha \leq 1$)，前述阻擋層為 $\text{In}_\beta\text{Ga}_{1-\beta}\text{N}$ ($0 \leq \beta < 1$ 、 $\alpha > \beta$)。
13. 如請求項1至5中任一項之氮化物半導體元件，其中前述第一p型氮化物半導體層為 $\text{Al}_a\text{Ga}_{1-a}\text{N}$ ($0 < a < 1$)。
14. 如請求項1、4或5中任一項之氮化物半導體元件，其中前述井層和第一p型氮化物半導體層間之區域之p型雜質濃

度比第一 p 型氮化物半導體層為低之濃度。

15. 如請求項 1 至 5 中任一項之氮化物半導體元件，其中於前述第一 p 型氮化物半導體層和第一阻擋層之間設置第一阻擋層和第一 p 型氮化物半導體層中間的帶隙能量的緩衝層；

前述井層為 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 < x \leq 1$)；

前述阻擋層為 $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ ($0 \leq y < 1$ 、 $y > x$)；

前述第一 p 型氮化物半導體層為 $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ ($0 < z < 1$)；

該緩衝層為 $\text{Al}_\alpha\text{Ga}_{1-\alpha}\text{N}$ ($0 \leq \alpha < x$) 或 $\text{In}_\beta\text{Ga}_{1-\beta}\text{N}$ ($0 \leq \beta < y$)。

16. 如請求項 1 至 5 中任一項之氮化物半導體元件，其中具有雷射元件構造，其係以具有包含 Al 之氮化物半導體之上部覆蓋層和具有包含 Al 之氮化物半導體之下部覆蓋層夾住前述活性層者。

17. 如請求項 16 之氮化物半導體元件，其中於前述雷射元件構造之上部覆蓋層和活性層之間具有光導層。

十一、圖式：

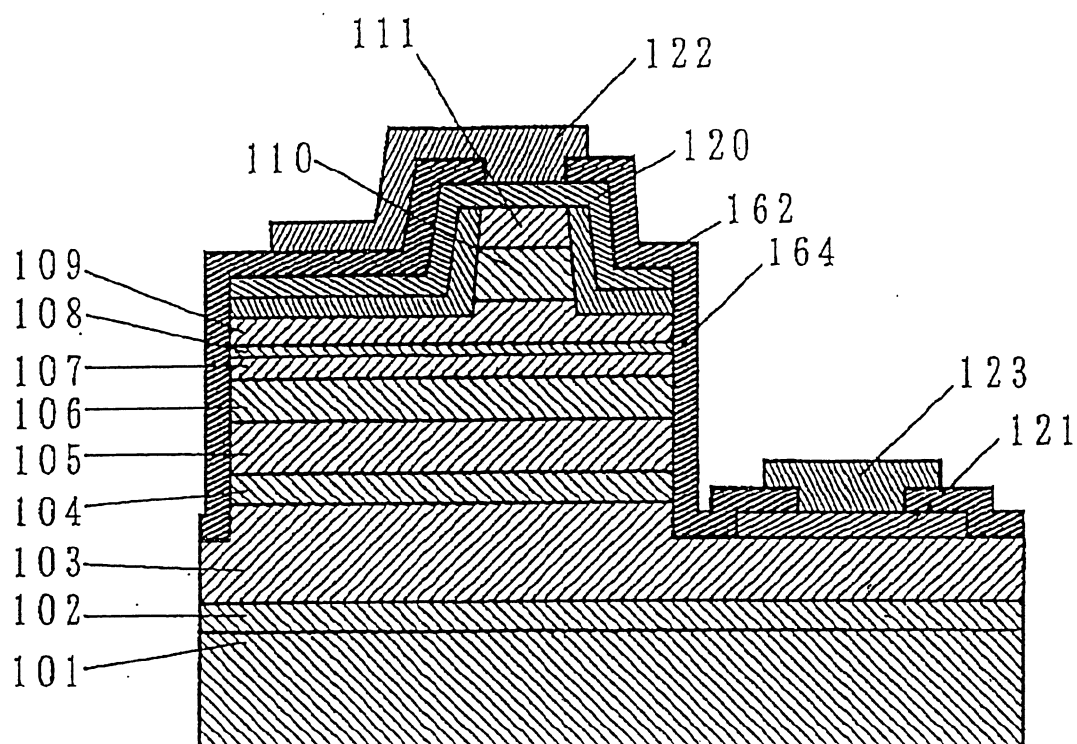


圖 1

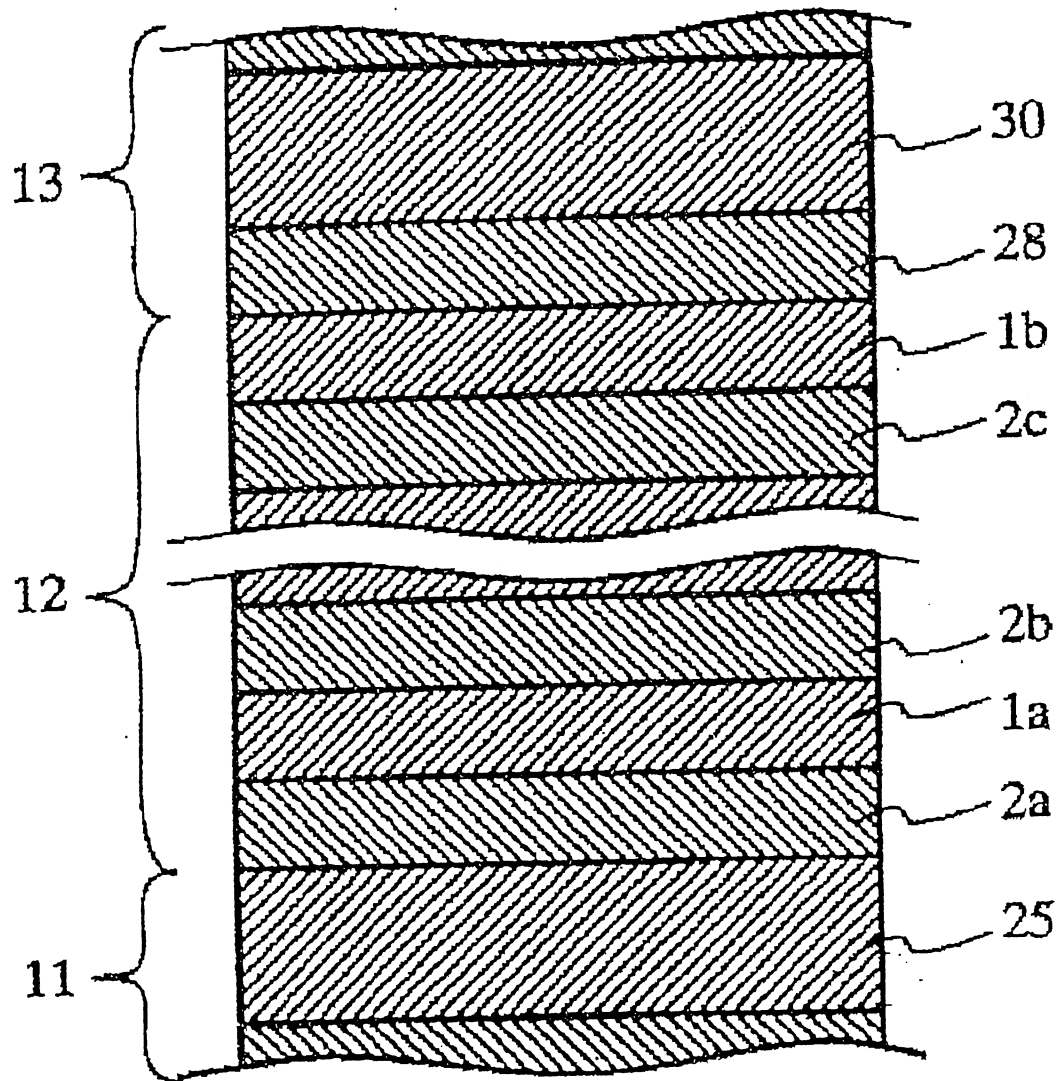


圖 2

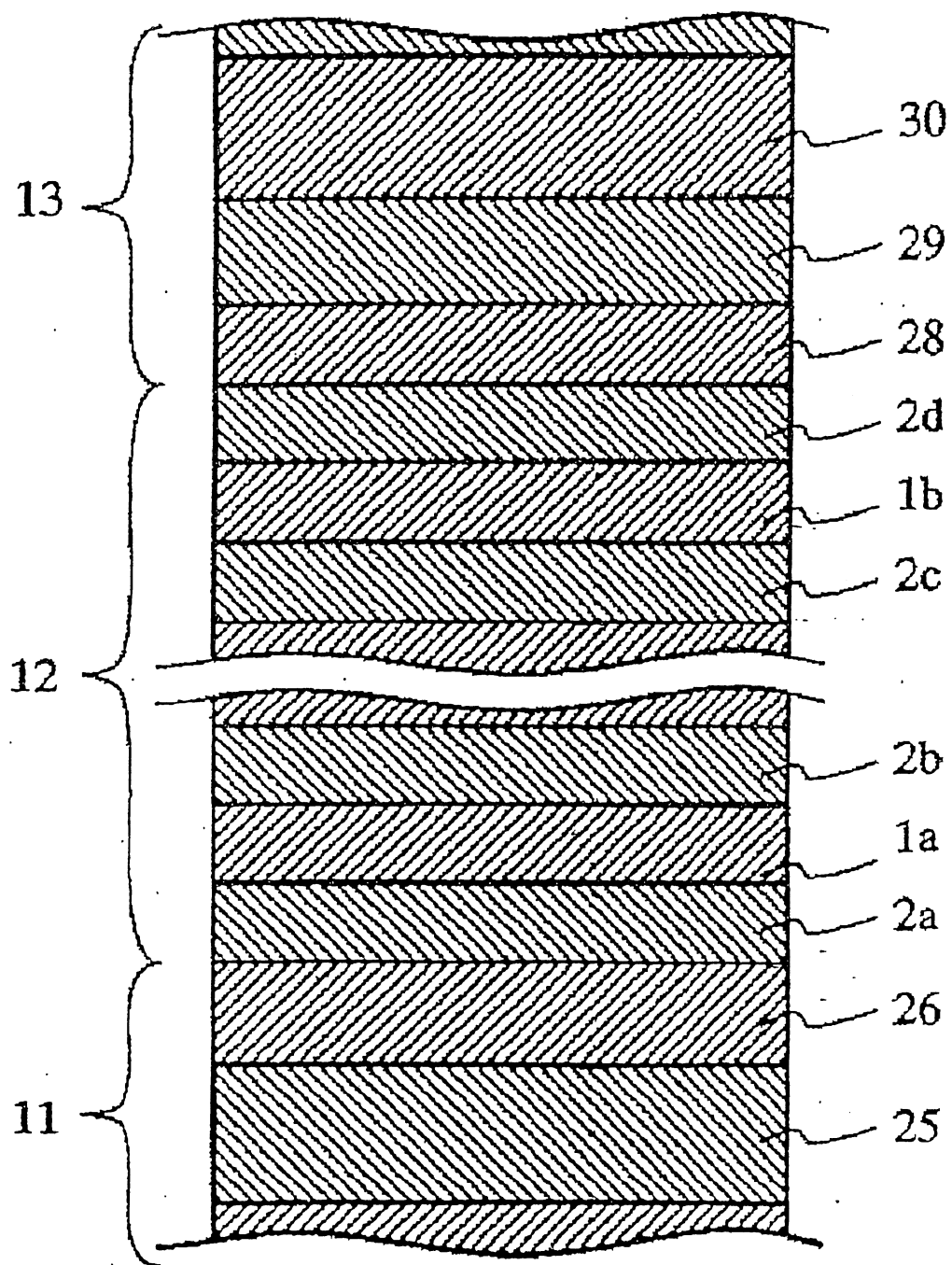


圖 3

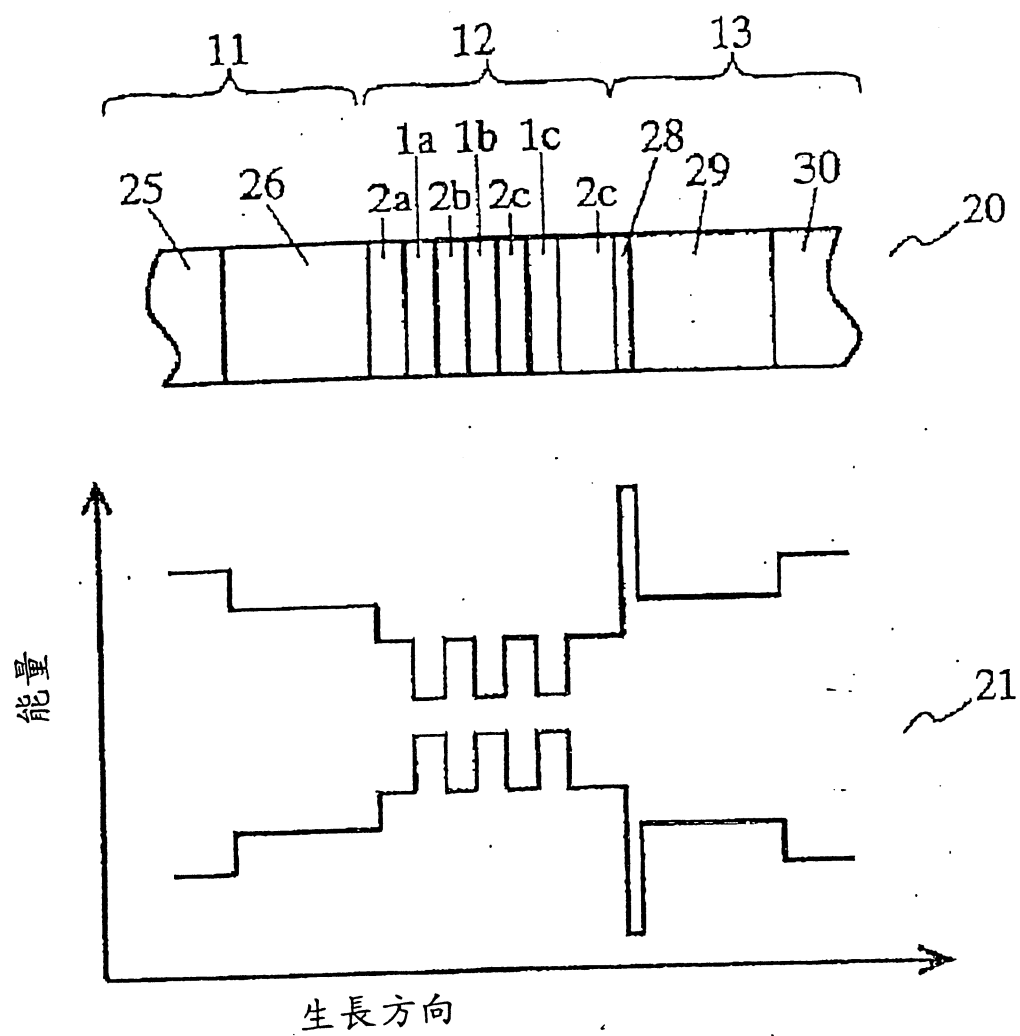


圖 4

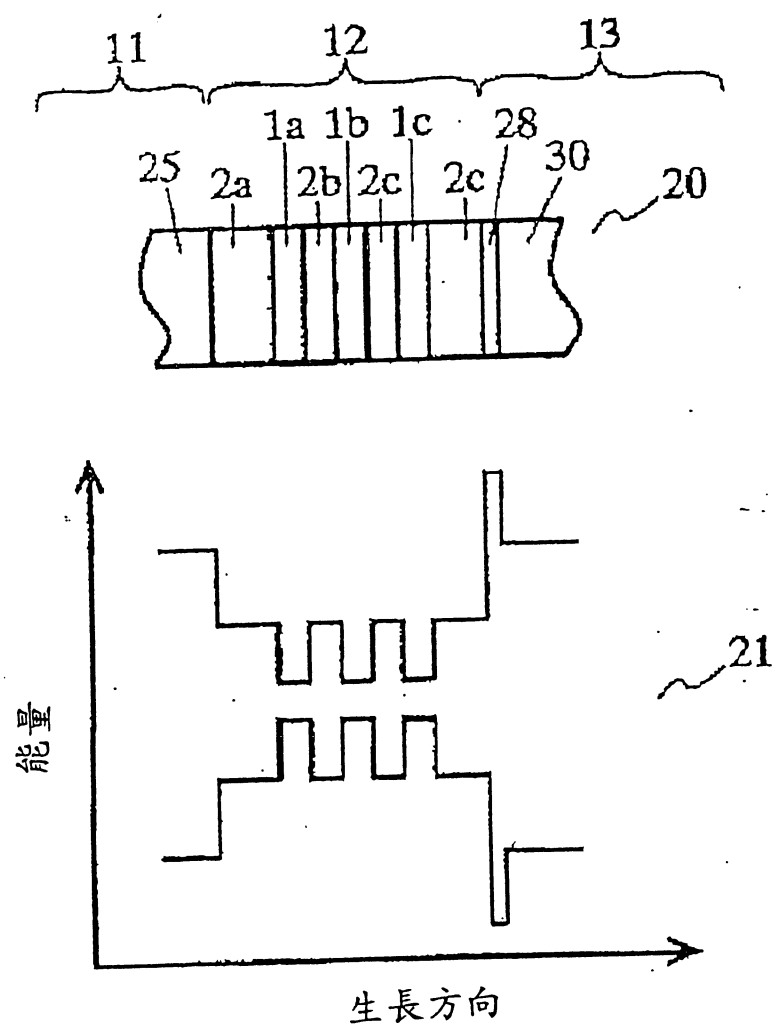


圖 5

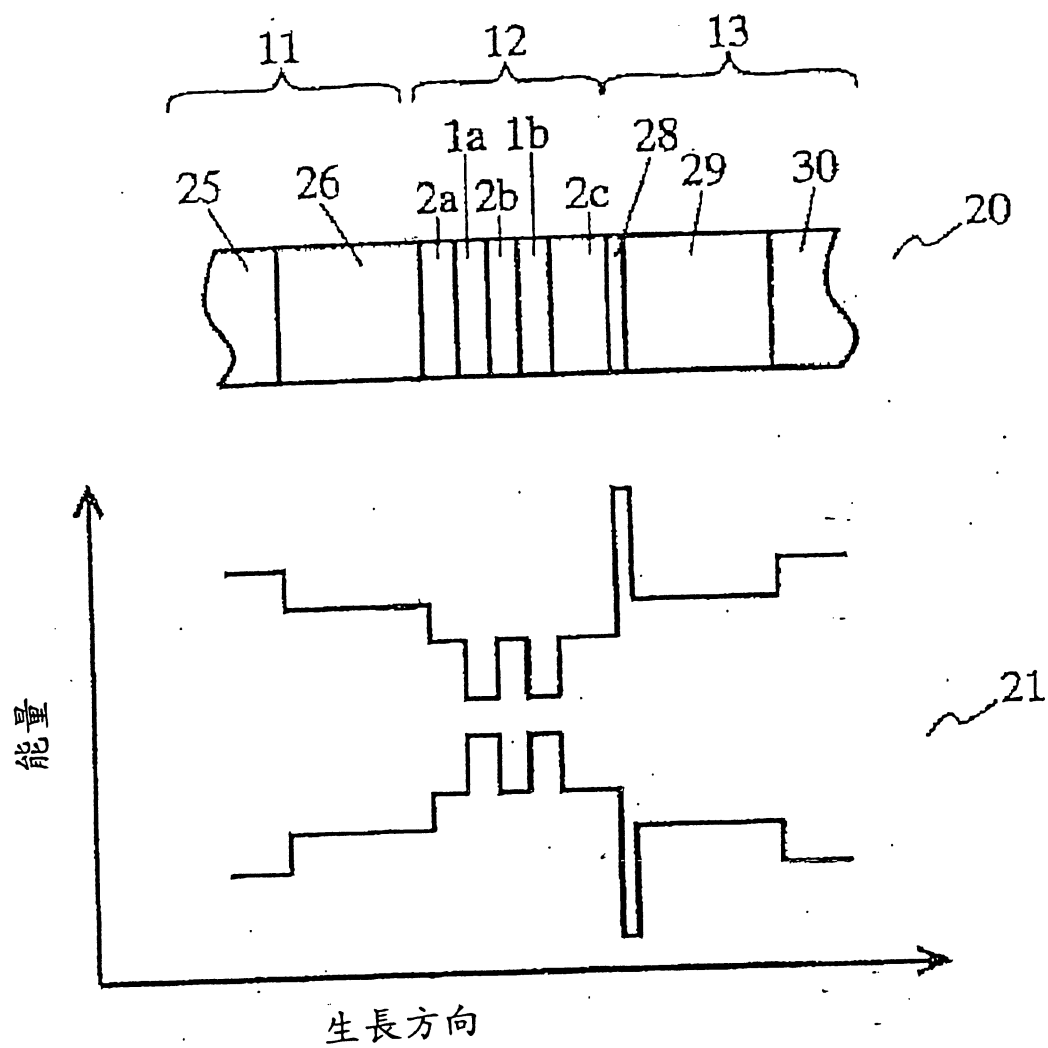


圖 6

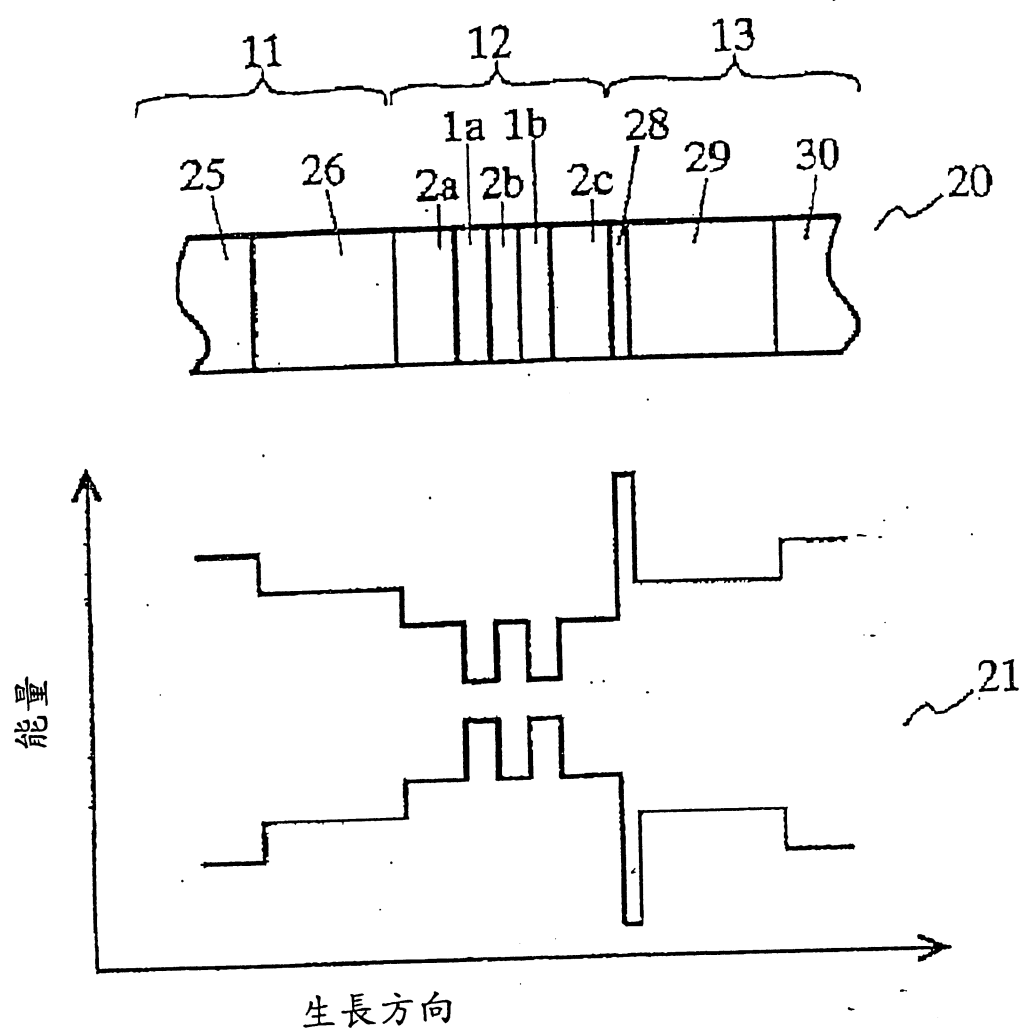


圖 7

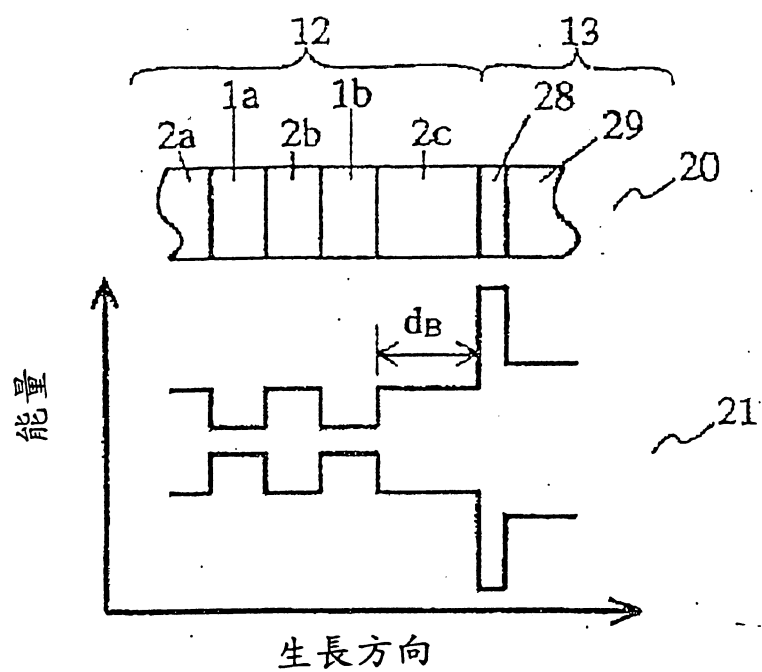


圖 8A

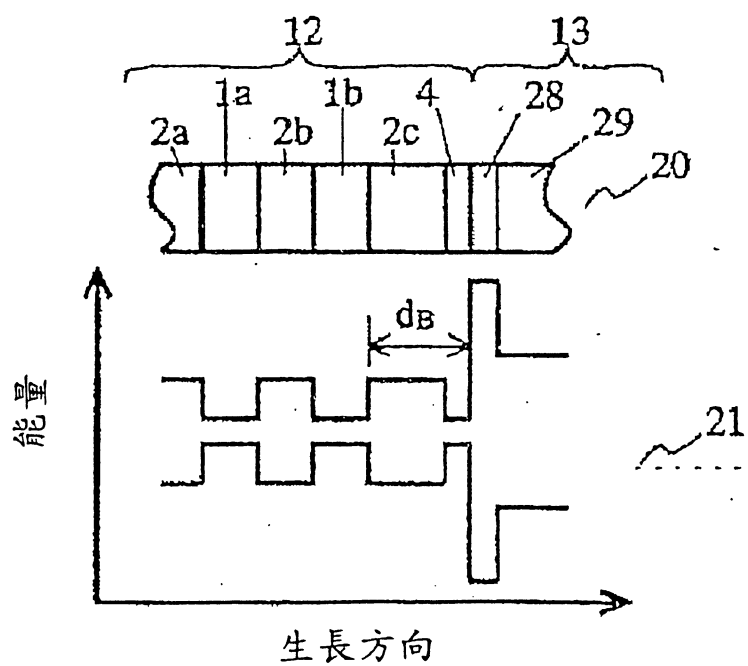


圖 8B

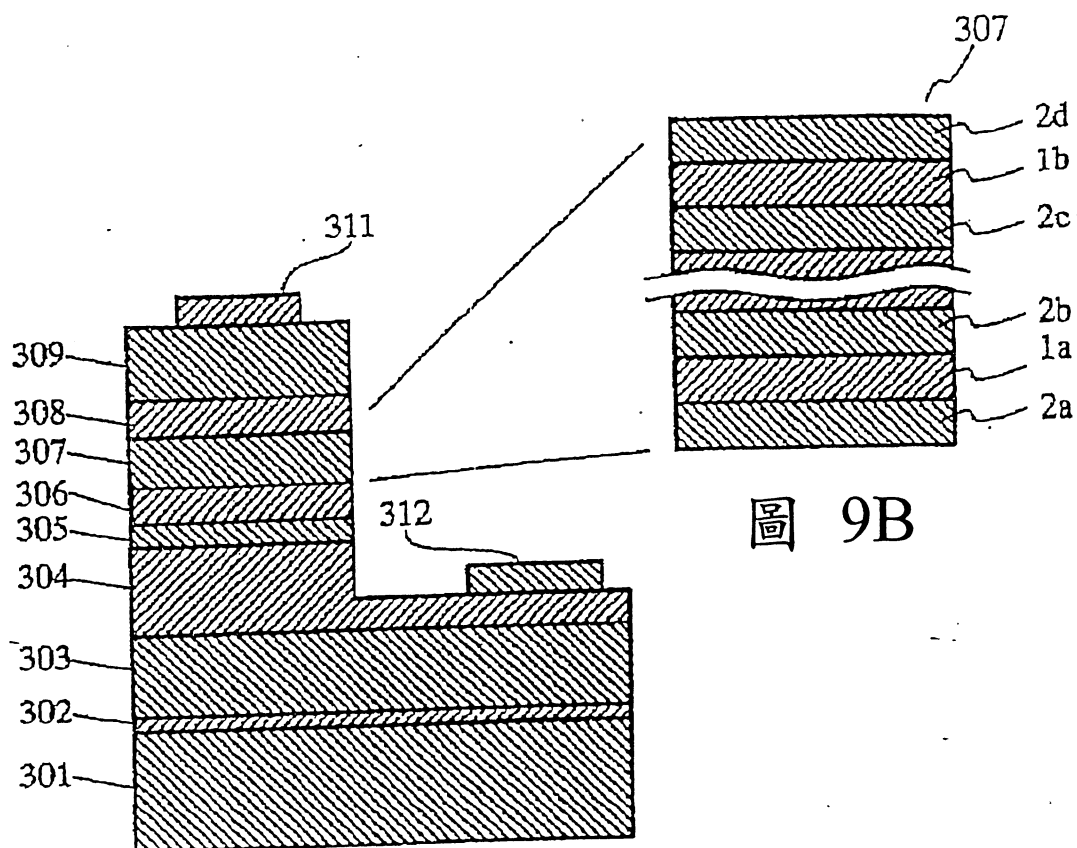


圖 9A

圖 9B

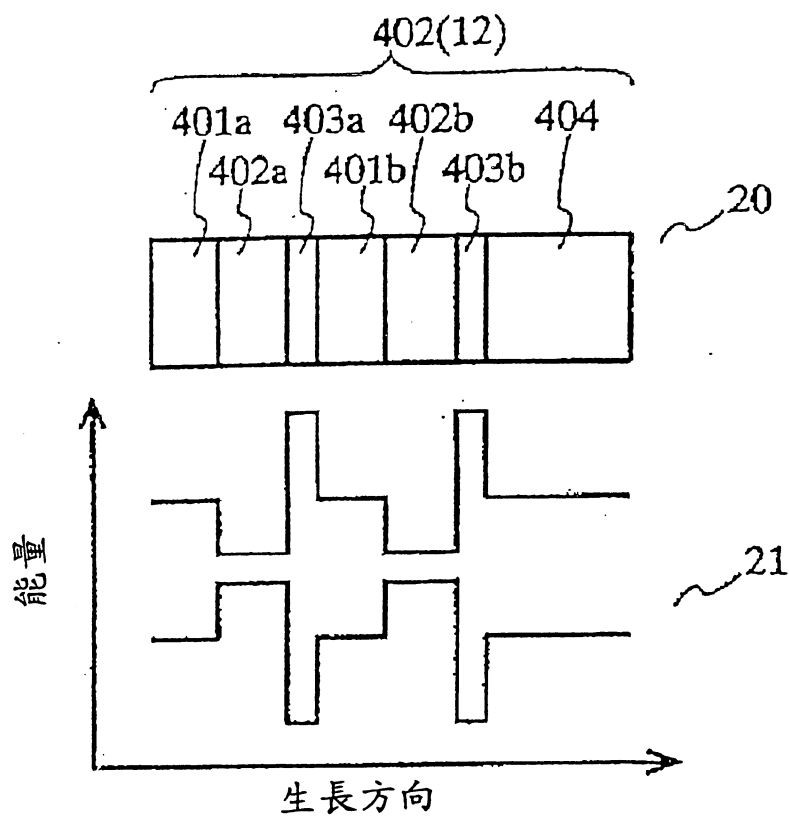


圖 10

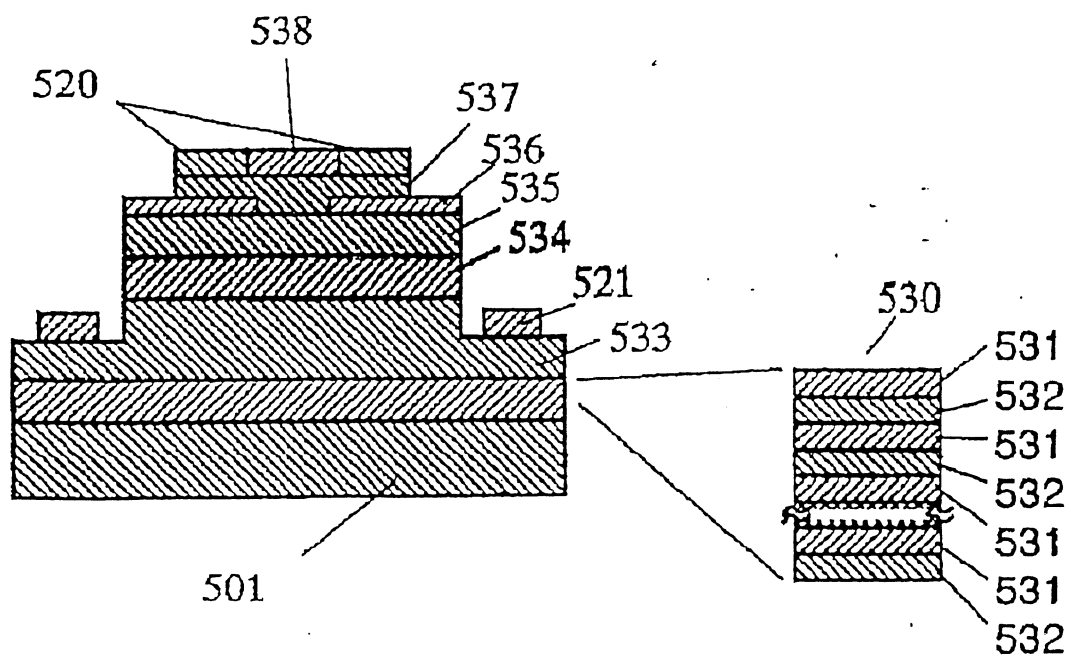


圖 11

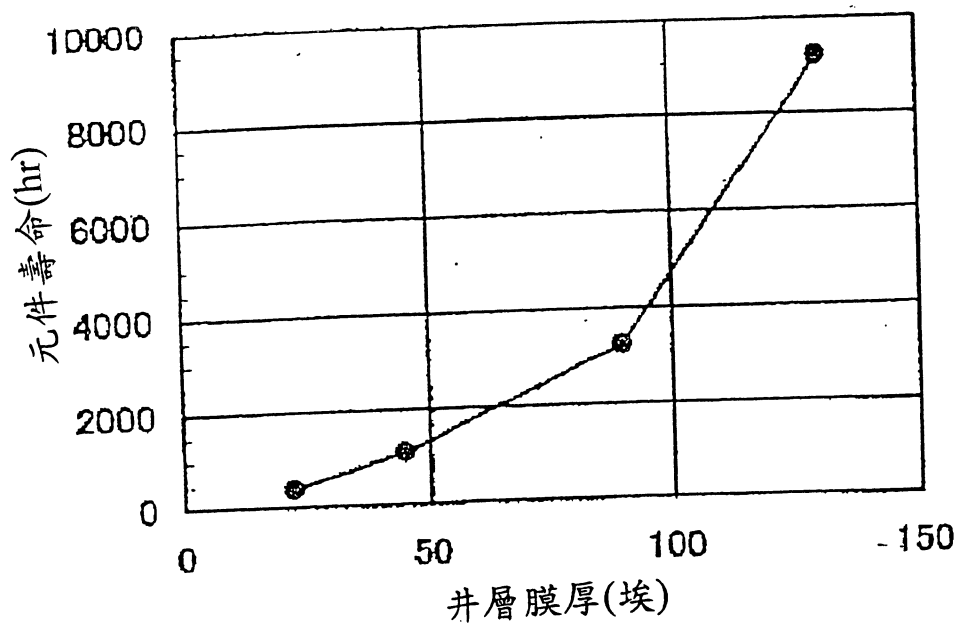


圖 12

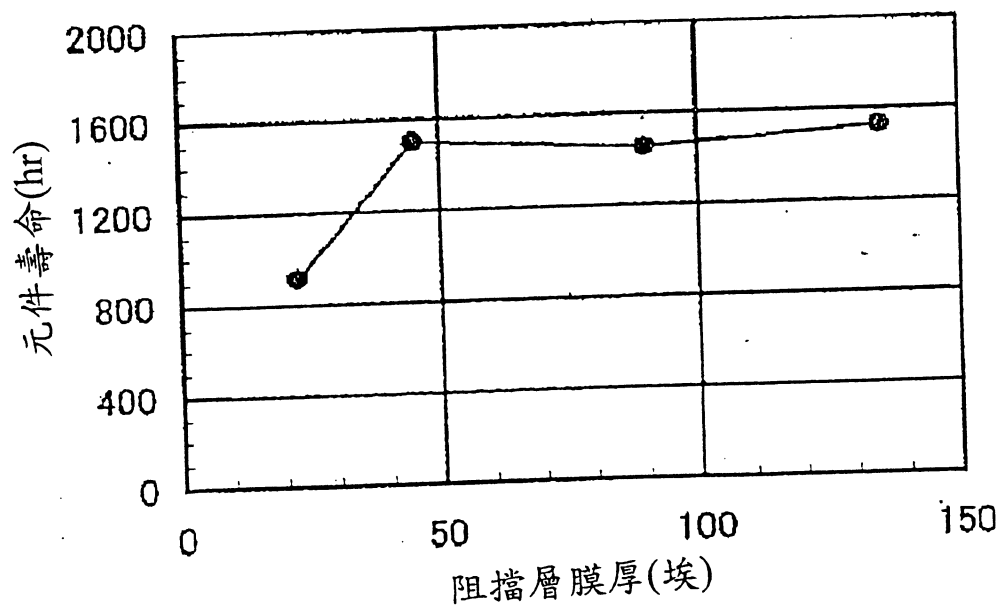


圖 13

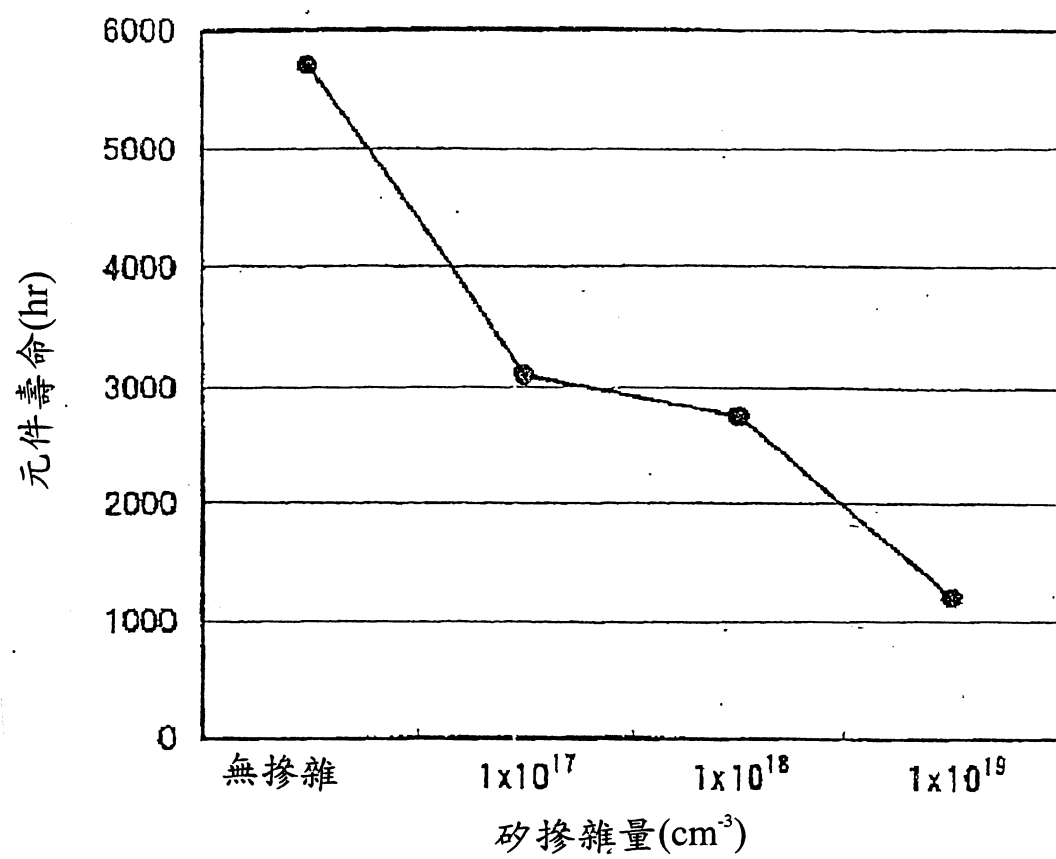


圖 14

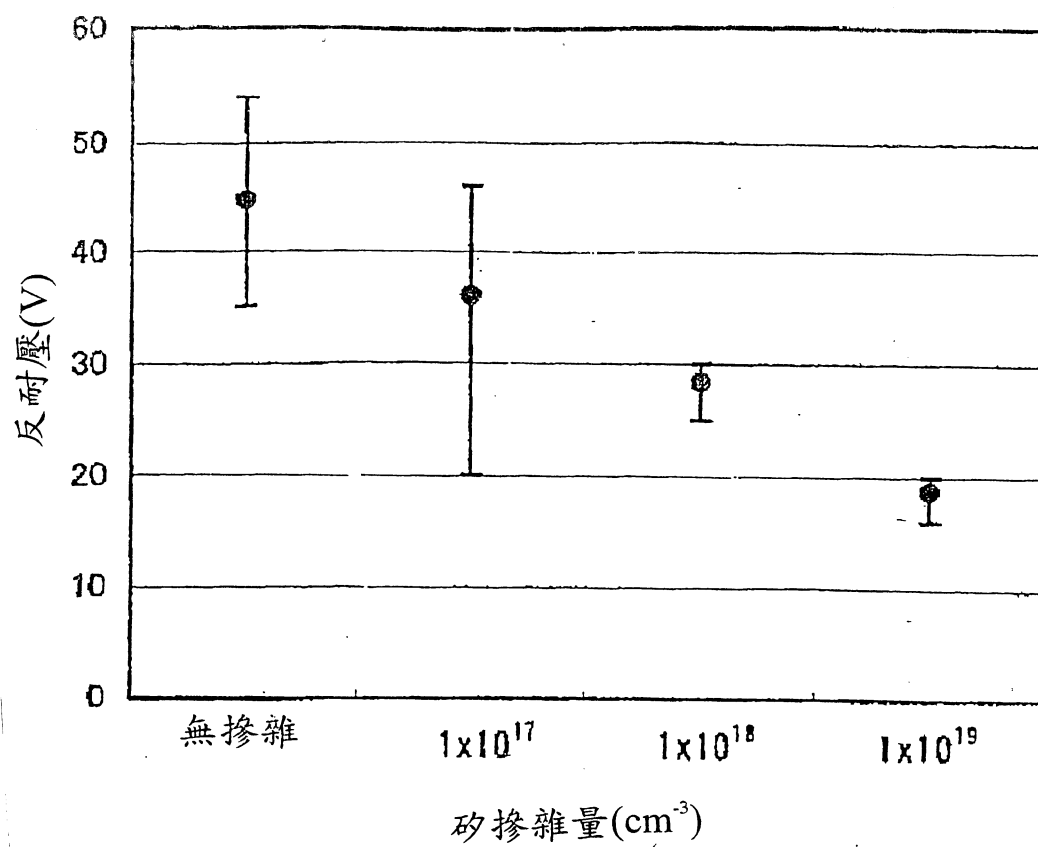


圖 15

七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 (1) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

101	氮化物半導體基板
102	氮緩衝層
103	接觸層
104	防裂層
105	n型覆蓋層
106	n型導光層
107	活性層
108	p型電子封閉層
109	p型導光層
110	p型覆蓋層
111	p型接觸層
120	p型電極
121	n型電極
122	p型小塊(pad)電極
123	n型小塊電極
162	第2保護膜
164	介電體多層膜

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)