

公告本

402735

729271

申請日期	86 年 9 月 2 日
案 號	86112614
類 別	Int. Cl. 6 H01L 21/00

A4
C4

402735

(以上各欄由本局填註)

發 明 專 利 說 明 書

一、發明 名稱	中 文	氮系半導體裝置及其製造方法
	英 文	Nitride system semiconductor device and method for manufacturing the same
二、發明 創作人	姓 名	(1) 杉浦理砂 (2) 鈴木真理子 (3) 板谷和彦
	國 籍	(1) 日本 (2) 日本 (3) 日本
	住、居所	(1) 日本國神奈川縣川崎市多摩區菅馬場三一八一— —— (2) 日本國神奈川縣横浜市旭區東希望個丘三六一— —— 和田公寓P三—一〇— (3) 日本國神奈川縣横浜市栄區笠間町五一〇 大船停泊城B—二—四
三、申請人	姓 名 (名稱)	(1) 東芝股份有限公司 株式会社東芝
	國 籍	(1) 日本
	住、居所 (事務所)	(1) 日本國神奈川縣川崎市幸區堀川町七二番地
	代 表 人 姓 名	(1) 西室泰三

裝 訂 線

經濟部中央標準局員工消費合作社印製

402735

申請日期	86 年 9 月 2 日
案 號	86112614
類 別	

A4
C4

(以上各欄由本局填註)

發 明 型 專 利 說 明 書

一、發明 名稱	中 文	
	英 文	
二、發明 創作	姓 名	(4) 藤本英俊 (5) 西尾讓司 (6) 雷尼約翰
	國 籍	(4) 日本 (5) 日本 (6) 日本 (4) 日本國神奈川縣川崎市中原區木月七四五 綠色山崗Ⅱ二〇一
	住、居所	(5) 日本國神奈川縣川崎市多摩區登戶一二六四 花營東芝向個丘遊園四〇九 (6) 日本國東京都文京區目白台一一四一四 多木斯N. E. 二〇二號
三、申請人	姓 名 (名稱)	
	國 籍	
	住、居所 (事務所)	
	代 表 人 姓 名	

裝

訂

線

經濟部中央標準局員工消費合作社印製

402735

申請日期	86 年 9 月 2 日
案 號	86112614
類 別	

A4
C4

(以上各欄由本局填註)

發 明 專 利 說 明 書		
一、發明 新型名稱	中 文	
	英 文	
二、發明人 創作	姓 名	(7) 菅原秀人
	國 籍	(7) 日本
	住、居所	(7) 日本國神奈川縣川崎市中原區木月住吉町 克雷爾東芝元住吉六一八
三、申請人	姓 名 (名稱)	
	國 籍	
	住、居所 (事務所)	
	代 表 人 姓 名	

裝 訂 線

經濟部中央標準局員工消費合作社印製

402735

(由本局填寫)

承辦人代碼：
大類：
IPC分類：

A6
B6

本案已向：

國(地區)	申請專利	申請日期	案號
日本	1996年	9月6日	8-236744
日本	1997年	2月21日	9-037990

有 無主張優先權
有主張優先權
有主張優先權

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

經濟部中央標準局員工消費合作社印製

五、發明說明(1)

本發明係有關於一種可用於一半導體雷射與一發光二極體之半導體雷射及其製造方法，尤有關於一種與一電極電阻接觸良好而在低電壓下操作的低電阻氮系半導體裝置及其製造方法。

最近有人注意到諸如下自 GaN 成層之 AlGaIn 氮化系半導體而以其作為自藍光至紫外短波範圍的發光二極體(下稱 LED)與半導體雷射二極體(下稱 LD)的材料。特別是，InAlGaIn 在 III-V 族化合物半導體混合晶體中具有最大的過渡型能量距離，且已獲青睞作為波長 $0.2 \mu\text{m}$ 至 $0.6 \mu\text{m}$ 或自紅光至紫光範圍的發光材料。

使用上述氮系半導體材料之半導體發光裝置需有一 p 型導電層與一 n 型導電層，由一用來作為電流注入層之氮系半導體層與一與一電極接觸之接觸層組成。

由於元素係以 pn 接合面為基礎，故在製造一電流注入型發光裝置中，基本上須分別控制 p 型與 n 型導電層的導電類型與導電性(雜質濃度、載體濃度)等。於

InAlGaIn 系材料中，n 型導電層的導電類型使用 Si 來作為雜質較容易控制。

另一方面則難以控制 p 型導電層的導電類型、導電性(受子濃度、載體濃度)等。就一形成 p 型導電層的方法而言，通常使用鎂(Mg)或鋅(Zn)來作為摻雜劑，將一保持於 1100°C 高溫的生長基板放入氮載氣(H_2)與氨氣(NH_3)中，並將 Ga 與 Al 原料供至生長基板。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(2)

惟，以上述方法形成之諸如摻鎂 GaN 層與一 AlGaIn 層之摻鎂氮系半導體層具有高電阻與非 p 型之導電性。

茲認為，Mg 與 Zn 受子可避免被 Zn 與 M 的深層雜質以及溶自作為原料氣體的氮 (NH_3) 與作為載氣的氫或特別是 MOCVD 法 (金屬有機化學汽相淀積法) (J.A. Van Vechten et al., Jpn. J. Appln. Phys. 31, 1992, 3662) 中其他剩餘雜質的活性氫原子激活。

若摻鎂 InAlGaIn 層以 MOCVD 法生長，氫即在一摻 Mg 層生長期間或之後基板溫度降至室溫時，自氮 (NH_3) 暨載氣，與 Mg 一起被帶入晶體中，且 H^+ 會使 Mg 受子失去活性，從而增加摻 Mg InAlGaIn 層的電阻。若譬如一 GaN 層摻有 $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 濃度的 Mg，與 Mg 濃度同為 $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 的氫濃度即被加入 GaN 層中。摻 Mg 之 GaN 層的氫濃度為相同條件下所生長一摻雜或摻 Si GaN 層者的 10 倍或更多倍，且經霍耳測量，C-V 測量法確認，以生長之摻 Mg GaN 層電阻增加。

所生長而電阻增加的摻 Mg GaN 層經過電子輻射 (H. Amano et al., Jpn. J. Appl. Phys. 28, 1989, L2112) 或熱處理 (S. Nakamura et al., Jpn. J. Appl. Phys. 31, 1992, 1258)，以增進 Mg 之激活並獲得一實用的高亮度裝置與發生 LD (S. Nakamura et al., Jpn. J. Appl. Phys. 35, 1996, L74)。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (3)

一般而言，摻 Mg 氮系半導體層係在 600 °C 至 800 °C 的氣態氮氛圍中進行諸如熱處理之熱處理來將氫去除。

熱處理後，摻 Mg 氮系半導體層呈現 p 型導電性類型，惟在生長層之最上層表面上形成一高電阻層。高電阻層形成的原因容後詳述。

第 1 圖示意圖示一使用氮系半導體的典型藍光半導體雷射的構造。藍光半導體雷射具有一多層構造，其中一緩衝層（未圖示）、一 GaN 底層 2、一 GaN 接觸層 3、一 n 型 AlGaIn 電流注入層 4、一具有一使用 InGaIn 的多量子井 (MQW) 構造的活性層 5、一 p 型 AlGaIn 電流注入層 6 與一用來形成一 p 型電極的 p 型 GaN 接觸層 7 以 MOCVD 法依序形成在一藍寶石基板上。

形成多層構造的藍光半導體雷射時，氫被用來作為除 InGaIn 系活性層 5 外所有薄層的載氣。另一方面，氮被用來作為形成 InGaIn 活性層 5 之載氣。p 型 GaAlIn 電流注入層 6 與 p 型 GaN 接觸層 7 形成時，Mg 即被用來作為 p 型摻雜劑。由於 Mg 於生長期間不被激活，故多層構造於氮氛圍中予以熱處理。

熱處理後，藉由乾式蝕刻法將多層構造的一部份移除至 GaN 接觸層，且接著形成一 n 側電極於 GaN 接觸層 3 上。一 p 側電極 9 形成於 p 型 GaN 接觸層 7 的未移除部份上。將包括有此等電極 8 與 9 之樣本切開以形成供諸

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(4)

腔穴所用之諸網格，從而製成藍光半導體雷射。

惟，由於藍光半導體雷射於接觸層 7 的最上層表面上具有高電阻部份，故其工作電壓高，難以將雷射發光所需的電流注入裝置中。若要注入電流，工作電壓即會增至 20 V，或者 p 側電極 9 附近會斷裂。為解決此問題，p 側電極的接觸電阻須降低。

於藍光半導體雷射中，氮氣圍下熱處理前後鎂 (Mg)、碳 (C)、氫 (H) 與氧 (O) 循深度方向的濃度分布藉由次級離子質量光譜測量法 (下稱 SIMS) 來達成。結果，如第 2 圖所示，熱處理前後，樣本之 Mg 濃度分布循深度方向固定。另一方面，熱處理前，碳 (C)、氫 (H) 與氧 (O) 之濃度分布實際上恆定，而熱處理後，在樣本的生長層的最上層表面檢測出較生長層內部更多的碳 (C)、氫 (H) 與氧 (O) 量。譬如，碳與氫有時候各在生長層的最上層表面檢測出較生長層內部多出 1 或 2 倍。

p 型 GaN 接觸層 7 與 p 側電極 9 之間接觸電阻的增加與裝置電壓的昇高的原因如下。藉由熱處理氫自生長層擴散至其表面，且大量氫留在其最上層表面上，結果氫乃與鎂結合且鎂減活。由於碳自生長層內部擴散或進行熱處理時所產生的污染物，在生長層的最上層表面上有大量的碳，而由於熱處理或其自生長層內部擴散所產生的表面氧化膜，遂有大量的氧。

若在生長層的最上層表面上有大量的氧或碳，即會造

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(5)

成以下(1)至(3)三個問題：

(1)如載體之密度減少，諸如Mg之摻雜劑之激活率亦減少，且(2)無法與電極作良好的電阻接觸。此等問題(1)與(2)減少裝置的可靠度，即，增加與p側電極9接觸之電阻，增加裝置的工作電壓以及縮短裝置的壽命等。甚而，(3)諸如位錯與堆疊錯誤之晶體瑕疵會將雜質擴散，且漏電會增加。

上述氮系半導體裝置需要熱處理；惟，在生長層充份激活鎂所需的時間隨裝置中諸如p型層厚度與各層成份的不同而有所變化。熱處理時間固可考慮氫之擴散而作某一程度之估定，惟決定某一熱處理溫度下之最適熱處理時間並不容易。

換言之，氮系半導體裝置固需要熱處理，惟，用來分解氫之最適熱處理溫度與時間並不確定，一氫會留在p型導電層6與7，或者過度熱處理，便極有可能減少鎂的激活率。留在層6與7內的氫導致整個裝置的電阻增加，且，就像接觸電阻，這將造成裝置的工作電壓上昇。

日本早期公開案第8-125222號揭露一種為解決上述問題所作不經過熱處理而形成相當於p型導電層6者之嘗試。根據此公開案，p型導電層藉由在生長後於降溫程序中以氫氣與氮氣之外的惰性氣體來取代大氣氣體而製得。此方法無需熱處理；惟，如上所述，由於殘留的氫等，故在生長層內形成一高電阻層，而咸被認為，無法獲得良好的電阻接觸，且無法增進裝置性能。且此公開案揭

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

像

五、發明說明(6)

露一種在氮氛圍中生長之 Mg 摻雜層，此 Mg 摻雜層為 $10^8 \Omega \text{cm}$ 或更高電阻之絕緣體。

為激活鎂，上述氮系半導體裝置及其製造方法需要一種諸如熱處理與電子輻射之特定方法。因此，有由於製造步驟增加而產量減少且晶體品質劣化的問題，以及耗時，生產率減少，而又成本增加的問題。

甚而有由於生長後之熱處理故大量氫、碳與氧出現在生長層表面以致於 p 型 GaN 的接觸電阻上昇以及裝置的工作電壓增高的問題。亦有由於 p 側電極 9 附近變質故 LED 壽命未達到實用水平以致於裝置可靠度降低的問題。

LD 之問題在於，如 LED，若 p 側電極 9 的接觸電阻高，雷射光束即難以發出，且由於 p 側電極 9 變質，故有壽命顯著縮短的問題。

發明之概述

本發明係基於以上狀況而發展出來的，其目的在於提供一種氮系半導體裝置，在生長之後，無需諸如熱處理與電子輻射之特定操作，故可減少成本並增進生產率，且藉由提高 p 型導電層的品質與延長裝置的壽命來增進可靠度，以及一種製造氮系半導體裝置的方法。

本發明之另一目的在於提供一種氮系半導體裝置，使 p 型導電層之導電性易於控制，具有一良好的低電阻接觸並在一低工作電壓下操作，以及其製造方法。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(7)

本發明之第一要旨在於，就由 GaN 等構成之氮系化合物半導體裝置而言，在形成用來作為 p 型層的半導體層的程序與層形成後的降溫度程序中，氮被用來作為載氣，以防止鎂與氫形成化合物，使鎂易於進入鎵之位置，故不用熱處理即可激活鎂。

發展過程中，一開始便有人提議使用氮氣的方法。惟由於氮系化合物半導體過於難以形成高品質的層構造與達到 p 型導電性，故目前大家通常會避免使用氮來作為主要載氣。因此，在形成一 p 型層的程序中使用氮來作為主要載氣的實例報告並未找到。惟，本發明人汲汲於研究與實驗，並發現，使用高純化氮氣以及使各個生長條件最適化，即可使氮化系化合物半導體層在氮氣中生長。本發明旨在使用生長技術於氮氣並以 p 型層於氮氣圍中的生長機制為基礎來獲得種種優點。

本發明第二要旨在於，藉由略去熱處理，氫、碳、氧等可避免不均勻地出現在生長層的最上層表面上，從而可防止鎂由於氫而激活，以及由於碳與氧而有表面高電阻。

此外，表面高電阻並不限於生長層的最上層表面上的氧或碳量大的情形，亦限於量太小 ($1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 或更小) 的情形。其原因如下。生長層的最上表面上的氧或碳量為 $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 或更少時，填滿氧或碳所造成氮空位的效力即減少，氮空位會補償諸受子，且裝置增高電阻。

因此，根據本發明，為獲得良好的低電阻接觸，生長

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(8)

層的最上表面上的氧與碳濃度各控制在一適當範圍。即使形成一電阻接觸電極後，此範圍亦如下：

$$1 \times 10^{16} < \text{氧濃度} \leq 5 \times 10^{18} \text{ (cm}^{-3}\text{)}$$

$$1 \times 10^{16} < \text{碳濃度} \leq 5 \times 10^{19} \text{ (cm}^{-3}\text{)}$$

為獲得較佳低電阻接觸，氧濃度宜設定為 1×10^{18} cm^{-3} 或更低，更佳則設定為 5×10^{17} cm^{-3} 或更低。藉由控制氧與碳濃度，習知約 $10^{-1} \Omega \text{cm}^2$ 之接觸電阻即可減至 10^{-3}cm^2 或更低。

本發明第三要旨在於使裝置除含有主要載氣外，亦含有作為載氣的氫。換言之，由於 Mg、Ga 與 Al 之有機金屬材料 (Cp₂Mg, TMG, TMA 等) 易於為氮所溶解，故若使用氫來作為載氣，鎂即易於被包含在半導體層中。甚而，由於除主要載氣外，使用少量的氫載氣，故半導體層可以低溫生長，此外尚有在生長率增加與生長層表面平度增進的效用。

本發明之第四要旨在於，具有一由 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x, x + y \leq 1$)，所構成 GaN 系半導體的多層構造的氮系半導體裝置最好包含有一雙異質構造，其中一活性層介於一 n 型半導體層與一 p 型半導體層之間，復在於提供一方法，使含有銻 ($0 < x \leq 0.3$) 之層在一 p 型半導體層的至少一上層上生長。

換言之，含銻之 p 型半導體層實質上形成於氮氛圍中時，即有由於形成一鏡面的生長條件範圍較形成一 p 型 $\text{Al}_a\text{Ga}_{1-a}\text{N}$ 層廣，而易於控制的優點。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(9)

含銦半導體層 ($\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$, $0 < x$, $0 \leq y$, $0 < x + y \leq 1$) 可為 p 型或 n 型。且, 半導體層不限於 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$, 而可包含第 IV 族元素之硼 (B) 以及磷 (P) 與 / 或砷 (As), 亦即 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{B}_{1-x-y-z}\text{N}_m\text{P}_n\text{As}_{1-m-n}$ ($0 < x$, $0 \leq y$, $0 \leq z$, $0 < x + y + z \leq 1$, $0 < m$, $0 \leq n$, $0 < m + n \leq 1$)。

p 型半導體層可形成為含有諸如 Mg 與 Zn 受子雜質之 p 型 GaN 系半導體層。p 型 GaN 系半導體層與含銦於其上的半導體層的組成適用於如第 27 圖所示之內條狀 (下稱 IS) 構造或如第 33 圖所示之選擇性埋置脊式波導 (下稱 SBR) 構造。

本發明之第五要旨在於提供一如第 26A 至 26C 所示的製造一電流阻隔構造的較佳方法。最好電流阻隔構以下述方法製得。以第一 MOCVD 在一相同室中將一 n 型 GaN 導層 83、一無摻雜 GaN 活性層 84、一 p 型 GaN 導層 85 與一 n 型 GaN 電流阻隔層 86 依序形成於一藍寶石基板 81 內。然後, 藉由蝕刻將 n 型 GaN 電流阻隔層的一部份除去, 且接著以第二 MOCVD (再生長) 形成一 p 型 InGaN 接觸層 87。

最好藉 MOCVD 使用 Mg 或 Zn 作為 p 型摻雜劑來使諸層生長。根據製造方法, 由第二 MOCVD 所形成的 InGaN 半導體層與需熱處理即成為一 p 型低電阻層, 而一界面則形成於 p 型 GaN 半導體層 85 與 InGaN 半導體層 87 之間。惟, GaN 半導體層 85 與 n 型

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(10)

GaN 電流阻隔層 86 間之一界面並不變成一 p 型低電阻。結果，以第二 MOCVD 形成 InGaN 接觸層 87 之方法即有提高電流阻隔的效用以及上述無需熱處理即達成 p 型低電阻之效用。

本發明之第六要旨在於提供一如第 34A 至 34D 所示製造一 SBR 構造之較佳方法。最好 SBR 構造可以下述方法來製得。以第一 MOCVD 在一相同室中將一 n 型 GaN 半導體層 83、一無摻雜 InGaN 半導體層 84 與一 p 型 GaN 半導體層 85 依序形成於一藍寶石基板 81 內。然後藉蝕刻將 p 型 GaN 半導體層 85 部份去除以形成一脊部。藉第二 MOCVD (第二生長) 使用一如 SiO₂ 之屏蔽 99 來使一 n 型 InGaN 半導體層 98 選擇性生長。

以下係用來依本發明上述要旨達成本發明目的之諸特定裝置：

本發明係一種氮系半導體裝置，包括：

一基板；

複數氮系半導體層，堆疊於該基板上；

一 p 型 $In_xAl_yGa_zB_{1-x-y-z}N_mP_nAs_{1-m-n}$ ($0 \leq x, 0 \leq y, 0 \leq z, 0 \leq x + y + z \leq 1, 0 < m, 0 \leq n, 0 < m + n \leq 1$) 層，包含於該複數氮系半導體層中，並形成為一最上層；

一 p 側電極，形成於該 p 型 $In_xAl_yGa_zB_{1-x-y-z}N_mP_nAs_{1-m-n}$ 層之一表面上；

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(11)

— n 型 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{B}_{1-x-y-z}\text{N}_m\text{P}_n\text{As}_{1-m-n}$ ($0 \leq x$, $0 \leq y$, $0 \leq z$, $0 \leq x + y + z \leq 1$, $0 < m$, $0 \leq n$, $0 < m + n \leq 1$) 層，包含於該複數氮化系半導體層中，並形成於比該 p 型 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{B}_{1-x-y-z}\text{N}_m\text{P}_n\text{As}_{1-m-n}$ 層更靠近該基板之位置；

— n 側電極，設在該基板與該複數氮系半導體層之一的至少其中之一上，以形成一自該 p 側電極經 p 型 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{B}_{1-x-y-z}\text{N}_m\text{P}_n\text{As}_{1-m-n}$ 層與該 n 型 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{B}_{1-x-y-z}\text{N}_m\text{P}_n\text{As}_{1-m-n}$ 層伸延之電流路徑；

此氮系半導體裝置之特徵在於，靠近 p 型 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{B}_{1-x-y-z}\text{N}_m\text{P}_n\text{As}_{1-m-n}$ 層表面附近之氧濃度為 $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 或更低。

如此，即可獲得此一氮系半導體裝置，這種防止氧造成表面電阻高的裝置易於控制 p 型導電層之導電性，具有良好低電阻接觸，且可在低工作電壓下操作。

自最上層朝基板深 200 nm 或更深的氧濃度實質上均勻。「實質上均勻」意指變化在一數值或更少的範圍內，換言之，裝置內的電阻可大幅減少。

氮系半導體裝置之特徵在於 p 型 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{B}_{1-x-y-z}\text{N}_m\text{P}_n\text{As}_{1-m-n}$ 層表面附近的最大氧濃度為其表面內平均氧濃度的 5 倍或更少。宜為 3 倍或更少，而較佳則為 2 倍或更少。

由於高氧濃度區不局部出現在晶圓平面內，故不均勻電流注入、不發光區的產生、乃至於對導波、電阻、電子

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

象

五、發明說明 (12)

遷移、變形與熱力特性的負面影響等問題即可消除，藉此進一步增進可靠度。

類似地，氮系化半導體裝置之特徵在於，p型 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{B}_{1-x-y-z}\text{N}_m\text{P}_n\text{As}_{1-m-n}$ 層表面附近的碳濃度為 $5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 或更低。因此，如上所述，此裝置在防止碳造成表面高電阻以及易於控制 p 型導電層的導電性同時，具有良好低電阻接觸並可在低工作電壓下操作。

自最上層期基板深 200 nm 或更深的碳濃度實質上均勻。「實質上均勻」意義如上所述。於此情形下，裝置之電阻亦可大幅減少。

氮系半導體裝置之特徵在於，碳在 p 型 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{B}_{1-x-y-z}\text{N}_m\text{P}_n\text{As}_{1-m-n}$ 層附近的最大濃度為其表面內平均碳濃度的 5 倍或更少。宜為 3 倍或更少，較佳為 2 倍或更少。由於高碳濃度不局部出現在晶圓平面內，故諸如不均勻電流注入與非發光區產生的負面影響即可消除，從而進一步增進可靠度。

如上所述之氮系半導體裝置可進一步包括：

一活性層，由一氮系半導體組成，與該 p 型

$\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{B}_{1-x-y-z}\text{N}_m\text{P}_n\text{As}_{1-m-n}$ ($0 \leq x$ ， $0 \leq y$ ， $0 \leq z$ ， $0 \leq x + y + z \leq 1$ ， $0 < m$ ， $0 \leq n$ ， $0 < m + n \leq 1$) 層之另一表面接觸，此另一表面與其上形成有該 p 側電極之一表面相對；

一氮系 n 型半導體層，與該活性層之一表面接觸，此表面與其上形成有該 p 型 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{B}_{1-x-y-z}\text{N}_m\text{P}_n\text{As}_{1-m-n}$ 層之另

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

象

五、發明說明 (13)

一表面相對；以及

一雙異質構造，包含有該 p 型

$\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{B}_{1-x-y-z}\text{N}_m\text{P}_n\text{As}_{1-m-n}$ 層、該活性層與該 n 型半導體層；

該 p 型 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{B}_{1-x-y-z}\text{N}_m\text{P}_n\text{As}_{1-m-n}$ 層包括至少二層，且一 p 型 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{B}_{1-x-y-z}\text{N}_m\text{P}_n\text{As}_{1-m-n}$ ($0 < x \leq 0.3$, $0 \leq y$, $0 \leq z$, $0 < x + y + z \leq 1$, $0 < m$, $0 \leq n$, $0 < m + n \leq 1$) 可用來作為該二層之最上層。

由於裝置之構造最適化且銾 (In) 之成份在充份範圍內，故可易於並可靠地執行低電阻功能。

p 型 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{B}_{1-x-y-z}\text{N}_m\text{P}_n\text{As}_{1-m-n}$ ($0 \leq x$, $0 \leq y$, $0 \leq z$, $0 \leq x + y + z \leq 1$, $0 < m$, $0 \leq n$, $0 < m + n \leq 1$) 層包括有至少二層，各層可含有鎂或鋅來作為雜質元素。

由於確定有一摻雜元素，故可易於並可靠地執行控制 p 型導電性的功能。

氮系半導體裝置可進一步包括一 p 型

$\text{In}_s\text{Al}_q\text{Ga}_r\text{B}_{1-s-q-r}\text{N}_m\text{P}_n\text{As}_{1-m-n}$ ($0 \leq s < 0.3$, $s < x$, $0 \leq q$, $0 \leq r$, $0 \leq s + q + r \leq 1$, $0 < m$, $0 \leq n$, $0 < m + n \leq 1$) 層，形成於最上層的 p 型

$\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{B}_{1-x-y-z}\text{N}_m\text{P}_n\text{As}_{1-m-n}$ 與活性層測的 p 型

$\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{B}_{1-x-y-z}\text{N}_m\text{P}_n\text{As}_{1-m-n}$ 層之間。

由於直接形成於最上層下面的銾層成份比率 (s) 低於在最上層的比率 (x)，故可易達成點陣匹配與低電阻

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (14)

功能。

p 型 $In_xAl_yGa_zB_{1-x-y-z}N_mP_nAs_{1-m-n}$ ($0 < x \leq 0.3$, $0 \leq y$, $0 \leq z$, $0 < x + y + z \leq 1$, $0 < m$, $0 \leq n$, $0 < m + n \leq 1$) 層的厚度可設定在 50 nm 至 1500 nm 範圍。

由於 p 型 $In_xAl_yGa_zB_{1-x-y-z}N_mP_nAs_{1-m-n}$ 層的厚度界定在充份範圍內，故可容易且可靠地執行低電阻功能。

本發明係一製造一氮系半導體裝置之方法，包括之步驟為：

以金屬有機化學汽相淀積法形成一 n 型 $In_xAl_yGa_zB_{1-x-y-z}N_mP_nAs_{1-m-n}$ ($0 \leq x$, $0 \leq y$, $0 \leq z$, $0 \leq x + y + z \leq 1$, $0 < m$, $0 \leq n$, $0 < m + n \leq 1$) 層於一基板上；

於形成該 n 型 $In_xAl_yGa_zB_{1-x-y-z}N_mP_nAs_{1-m-n}$ 層之後，形成至少一 p 型 $In_xAl_yGa_zB_{1-x-y-z}N_mP_nAs_{1-m-n}$ ($0 \leq x$, $0 \leq y$, $0 \leq z$, $0 \leq x + y + z \leq 1$, $0 < m$, $0 \leq n$, $0 < m + n \leq 1$) 層；

形成一 p 側電極於該 p 型 $In_xAl_yGa_zB_{1-x-y-z}N_mP_nAs_{1-m-n}$ 層；以及

形成一 n 側電極於該基板，該 n 型 $In_xAl_yGa_zB_{1-x-y-z}N_mP_nAs_{1-m-n}$ 層與該 p 型 $In_xAl_yGa_zB_{1-x-y-z}N_mP_nAs_{1-m-n}$ 層之一上，以形成一至少自該 p 側電極經該 n 型 $In_xAl_yGa_zB_{1-x-y-z}N_mP_nAs_{1-m-n}$ 層與該 p 型 $In_xAl_yGa_zB_{1-x-y-z}N_mP_nAs_{1-m-n}$ 層伸延之電流路徑；

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

經濟部中央標準局員工消費合作社印製

五、發明說明 (15)

如上所述，p 型 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{B}_{1-x-y-z}\text{N}_m\text{P}_n\text{As}_{1-m-n}$ 層為一層或二層，此二層之一的氧濃度於表面附近為 $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 或更低，另一之碳濃度於表面附近為 $5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 或更低。

此製造方法之特徵為，藉金屬有機化學汽相淀積法使用至少二氣體，其一含有一有機鎂化合物與氮的原料氣體，另一則主要為氮氣之載氣，來形成 p 型 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{B}_{1-x-y-z}\text{N}_m\text{P}_n\text{As}_{1-m-n}$ 層。

由於載氣實質上為氮，故氮極難與鎂結合，且鎂不用熱處理即可激活。換言之，此方法在生長之後不用熱處理以減少成本並增進生產率，復且提高 p 型導電層並延長裝置之壽命，藉此增進可靠度。

根據上述製造方法，可使用氮來作為主要載體氣體。原料氣體可包含有機鎂 (Mg) 化合物、有機鎵 (Ga) 與有機鋁 (Al) 化合物。除主要載氣外，氮氣可用來作載氣。於反應管內的氮氣濃度可設定在 0.05 至 20 容量百分比範圍內，惟最好為 2 容量百分比或更少。

半導體層內之鎂使用氮氣來激活。藉由以氮氣來提高原料氣體的分解，原料氣體內的鎂易於進入半導體層內。結果，除上述功能外，鎂之激活比率可進一步增進。甚而，由於除主要載體氣體外復使用少量的氮氣，故半導體層可在較低溫下生長，除此，復有生長率增加與生長層表面平度方面增進之功效。

氮氣流速相對於氮氣流速可在 5 至 2000 倍範圍內

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (16)

。由於可不包括氮氣流速相對於氫氣流速低於 5 倍下可防止鎂激活之生長範圍，以及氮氣流速相對於氫氣高於 2000 倍下可防止原料氣體分解的生長氛圍，故可易於並可靠地執行上述功能，並可增進製造方法的穩定度。

p 型 $In_xAl_yGa_zB_{1-x-y-z}N_mP_nAs_{1-m-n}$ ($0 \leq x, 0 \leq y, 0 \leq z, 0 \leq x + y + z \leq 1, 0 < m, 0 \leq n, 0 < m + n \leq 1$) 層可藉 MOCVD 引入活性氮來形成。活性氮可使用譬如減壓 CVD、光激 CVD 與裂開法來引入。

若層構造藉由使用減壓 CVD、光激 CVD 與裂開法之一來添加鎂而以 MOCVD 形成，GaN 之 N 位置空缺即可減少而使鎂易於進入 Ga 位置；故除上述功能外，鎂之激活率可進一步增進。且，由於使用活性氮，故氫氣的使用量可大為減少，並可獲得 Mg 激活率增加之功效，且有製造成本大為降低的優點。

本發明之上述目的及其他目的、特色與優點將藉以下詳細說明與附圖進一步闡說。圖式中之相同參考號碼標示本發明之相同構成元件。

圖式之簡單說明

本案至少有一份彩色圖式，此份彩色圖式之影本經申請並繳交必要費用，專利商標局即會供應。

第 1 圖係習知藍光半導體雷射構造之示意圖；

第 2 圖係表示習知藍光半導體構造於熱處理前後循深度方向的複數濃度分佈圖表；

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (17)

第 3 圖係顯示本發明第一實施例之半導體雷射構造之橫剖視圖；

第 4 A 圖係顯示第一實施例之半導體雷射循深度方向之複數濃度分布圖表；

第 4 B 圖係顯示比較例於熱處理前後循深度方向之複數濃度分布圖表；

第 5 圖係第一實施例之碳濃度平面分布圖式；

第 6 圖係第一實施例之氧濃度平面分布圖式；

第 7 圖係第一實施例之氫濃度平面分布圖式；

第 8 圖係第一實施例之矽濃度平面分布圖式；

第 9 A 圖係比較例中 1 0 0 n m 深度的碳濃度平面分布圖式；

第 9 B 圖係比較例中 1 0 0 0 n m 深度的碳濃度平面分布圖式；

第 1 0 圖係比較例中氧濃度的平面分布圖式；

第 1 1 圖係比較例中氫濃度的平面分布圖式；

第 1 2 圖係比較例中矽濃度的平面分布圖式；

第 1 3 圖係一圖表，顯示比較氮載氣與氫載氣下 G a N 生長率之晶圓平面分布；

第 1 4 圖係一圖表，顯示比較氮載氣與氫載氣下 G a N 層之生長率相對於生長溫度之依存度；

第 1 5 圖係一圖表，顯示比較氮載氣與氫載氣下，p 型導電層之受子濃度相對於生長溫度之依存度；

第 1 6 圖係一圖表，顯示比較氮載氣與氫載氣下，用

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

表

訂

線

五、發明說明 (18)

來作為一電流注入層的 GaN 層中 Al 成份的晶圓平面分布；

第 17 圖係一圖示本發明第二實施例的半導體雷射構造的橫剖視圖；

第 18 圖係一圖示本發明第三實施例的發光二極體構造的橫剖視圖；

第 19 圖係一圖示本發明第五實施例的氮系半導體裝置構造的橫剖視圖；

第 20 A 圖係一圖表，顯示第五實施例中生長層循深度方向的雜質濃度分布；

第 20 B 圖係一圖表，顯示習知構造中生長層循深度方向的雜質濃度分布；

第 21 圖係一表，顯示第五實施例與習用例的 C - V 計量結果；

第 22 圖係第五實施例之變化例圖式；

第 23 圖係第五實施例之另一變化例圖式；

第 24 圖係第五實施例之再另一變化例圖式；

第 25 圖係一圖示本發明第六實施例之氮系半導體裝置之橫剖視圖；

第 26 A 至 26 C 圖係顯示一製造第六實施例之氮系半導體裝置之方法圖式；

第 27 圖係第六實施例之一變化例圖式；

第 28 圖係本發明第七實施例之氮系半導體雷射構造之橫剖視圖；

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(19)

第 29 A 至 29 C 圖係顯示一製造第七實施例之氮系半導體裝置之方法圖式；

第 30 A 至 30 C 圖係顯示一製造第七實施例之氮系半導體裝置之方法圖式；

第 31 圖係第七實施例之一變化例圖式；

第 32 圖係第七實施例之一變化圖式；

第 33 圖係本發明第八實施例之一半導體雷射之橫剖視圖；

第 34 A 至 34 D 圖係顯示一製造第八實施例之半導體雷射之方法圖式；

第 35 圖係第八實施例之一變化例之圖式；

第 36 圖係本發明第九實施例之半導體雷射構造之橫剖視圖；

第 37 A 至 37 C 圖係顯示一製造第九實施例之半導體雷射之方法圖式；以及

第 38 A 至 38 C 圖係顯示一製造第九實施例之半導體雷射之方法圖式。

發明之詳細說明

茲參考附圖說明本發明諸實施例。

(第一實施例)

第 3 圖係本發明第一實施例之半導體雷射構造之橫剖視圖。半導體雷射具有一多層構造，其中一緩衝層（未圖

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(20)

示)、一無摻雜 GaN 底層 12、一 n 型 GaN 接觸層、一 n 型 AlGaIn 電流注入層 14、一 GaN 光導層 15、一 InGaIn 活性層 16、一 GaN 光導層 17、一 p 型 AlGaIn 電流注入層 18 與一 p 型 GaN 接觸層 19 依序形成在一藍寶石基板 11。

以乾式蝕刻法自 p 型 GaN 接觸層 19 的最上層表面將多層構造部份去除至達到 n 型 GaN 接觸層 13 的深度為止，且一 n 側電極 20 形成於 GaN 接觸層 13 的露出表面上。

一 SiO₂ 層 21 選擇性形成於 p 型 GaN 接觸層 19 的未去除部份上，且一 p 側電極 22 形成於 SiO₂ 層 21 與 p 型 GaN 接觸層 19 上。

第一實施例之半導體雷射包括多層構造的 n 側與 p 側電極。

因如后詳述，惟於層 18 與 19 形成期間以及在這之後的降溫步驟中，使用氮來作為載氣，俾激活鎂以防止鎂與氫的化合物形成。氫被用來作為含 p 型摻雜劑的有機材料的載氣以增進有機材料的分解。

茲說明一種製造上述半導體雷射之方法及其功能。

半導體雷射以已知之 MOCVD 法來製造。特別是使用三甲基鎵 (TMG)、三甲基鋁 (TMA)、三甲基銮 (TMI) 與雙環戊二烯鎂 (CP₂Mg) 來作為有機金屬。氮 (NH₃) 與矽烷 (SiH₄) 用來作為原料氣體，而氫與氮則用來作為載氣。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (21)

首先，藍寶石基板 1 1 進行有機清洗與酸清洗，並放在一接受器上，此接受器於 M O C V D 設備之反應室內以高頻加熱。在常壓下以 2 5 C (升) / m (秒) 流速引入氫的氛圍中以 1 2 0 0 ° C 進行汽相蝕刻約 1 0 分鐘，藉此自藍寶石基板的表面去除一天然氧化膜。

然後以一約 5 5 0 ° C 的低溫將一緩衝層形成於藍寶石基板 1 1 上。基板之溫度為 1 1 0 0 ° C 時，使氫以 2 0 . 5 L / m 的速率流動而用來作為載氣，且氮以 9 . 5 L / m 的速率供給 6 0 分鐘，而三甲基鎵 (T M G) 則以 1 0 0 cc / m 的速率供給 6 0 分鐘，藉此於緩衝層上形成一無摻雜底層 1 2 。

使矽烷 (S i H ₄) 以 1 0 cc / m 的速率流動以形成一 n 型 G a N 接觸層 1 3 ，並使三甲基鋁 (T M A) 以 6 0 cc / m 的速率流動以形成一 n 型 A l G a N 電流注入層 1 4 。接著，停止供給 S i H ₄ 與 T M A ，並在形成無摻雜的 G a N 底層 1 2 的相同條件下形成一 G a N 光導層 1 5 。

然後，若基板溫度減至 7 8 0 ° C ，載氣即由氫改變為以 2 0 . 5 L / m 速率流動的氮，並分別使氮、T M G 與 T I M 以 9 . 5 L / m 、 9 cc / m 與 4 6 5 cc / m 的速率流動約 3 0 分鐘而形成一 I n G a N 活性層。

形成 I n G a N 活性層 1 6 之後，基板之溫度即再度昇至 1 1 0 0 ° C 。溫度達到 1 1 0 0 ° C 時，載氣即再度改變為以 2 0 . 5 L / m 速率流動的氫，並在與 G a N 光導

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(22)

層 1 5 相同的條件下形成一 GaN 光導層 1 7。

GaN 光導層 1 7 可使用氫作為載氣來形成，且於此情形下，InGa_N 活性層 1 6 可避免在暴露於高溫氫時蒸發。

如后述，於後續的生長程序與降溫程序中，改變載氣，且提供三個與本發明一具體例對應的氮系藍光半導體雷射與二個習知技術比較例，復且相互比較其特性。

(本發明具體例)

根據本發明形成一 p 型導電層，換言之，如以下，於 p 型導電層的生長程序及其後續降溫程序中使用氮為載氣來形成。

形成 GaN 光導層 1 7 之後，將載氣改變為以 20.5 L/m 速率流動的氮，並分別以 9.5 L/m、100 cc/m、60 cc/m 與 25 cc/m 的（速率供給氮、TMG、TMA 與 Cp₂Mg 等 p 型摻雜材料，而形成一厚度為 0.7 μm 的 p 型 AlGa_N 層 1 8 於 GaN 光導層 1 7 上。將 Cp₂Mg 的流速增至 50 cc/m，並形成一厚度為 0.7 μm 的 p 型 GaN 接觸層 1 9。

於此例子中，除主要載氣之氮氣外，亦使用小量的氫氣。使用氫氣的理由容後說明。於此程序中，最好在活性層生長後採用低溫生長方法以防止 InGa_N 系活性層的變質。於低溫生長方法中，氫氣的使用可增進材料的分解效率以增加生長速率，增進生長層表面平度，以及增進有

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(23)

機鎂材料的分解效率以增加進入生長層的 Mg 量。進入反應管內之氫濃度可適當選擇，並可在譬如 0.05 至 20 容量百分比的範圍內。

於 p 型導電層的生長程序中，最好氣態氮 (NH_3) 相對於用來作為主要載氣的氮的比率為 0.5 左右並在 0.1 至 1.0 範圍。若比率低，p 型導電層即呈島狀生長，且形態不佳，而若比率高，即會發生晶體瑕疵等情形。

p 型 GaN 接觸層 19 生長之後，即停止有機金屬材料之供給，且僅氮載體氣體與氮持續分別以 20.5 L/m 與 9.5 L/m 的速率流動，復且，基板溫度自然減低。惟在基板溫度達到 350 °C 時停止氮之供給。

〔比較例 1〕

此例子與發明背景所述習知之方法相同。在 p 型導電層的生長程序與其後續降溫程序中，使用氫來作為主要載氣。

〔比較例 2〕

於 p 型導電層生長程序中使用氫來作為主要載氣如上述本發明之具體例，於後續降溫程序中，使用氮來作為主要載氣。

(評估)

(C - V 計量)

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (24)

將 C - V 技術分別運用於上述三個具體例標本與比較例 1 暨 2 以獲得 p 型導電層之受子濃度。

作為具體例樣本之 p 型導電層可不經熱處理來獲得。於此樣本中，p 型 AlGaIn 電流注入層 18 之受子濃度為 $6 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ，而 p 型 GaN 接觸層 19 之受子濃度為 $9 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 。換言之，鎂被激活來作為二 p 型導電層 18 與 19 之受子。

比較例 1 與 2 之樣本分別不經熱處理來形成為一非 p 型高電阻導電層。此等樣本於氮氣圍中以 750°C 加熱處理 30 分鐘，接著則進行 C - V 計量。p 型 AlGaIn 電流注入層 18 之受子濃度為 $4 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ，而 p 型 GaN 接觸層 19 之受子濃度為 $4 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 。鎂被激活來作為受子。

(I - V 計量)

形成一 n 型電極 20 與一 p 型電極 22 而分別用於上述三樣本俾獲得一具有如第 3 圖所示構造之安裝有電極之樣本。

於具體例之安裝有電極之樣本中，獲得良好的電阻接觸，而於比較例 1 與 2 中，電阻接觸則不佳。

(雷射發光特性)

由上述三個安裝有電極之樣本製造半導體雷射，並評估其特性。特別是，將安裝有電極之樣本 (晶圓) 切成

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (25)

350 μm 大小以形成共振鏡面而製得三個半導體雷射。

於第一實施例之具體例之半導體雷射中，工作電壓為 5 V，且閾值電流密度為 5 k A / cm^2 時，在室溫下持續發出一波長為 420 nm 的雷射光束。

於習知之比較例之半導體雷射中，工作電壓增高至 35 V 時，即無雷射光束發出，且此裝置由於 p 側電極附近變質而損壞掉。

(循深度方向之雜質分布)

就此三樣本，以 SIMS (次級離子質量測量法) 分別取得鎂 (Mg)、氫 (H)、碳 (C) 與氧 (O) 在熱處理前後循深度方向的濃度分布。

於第一實施例之具體例樣本中，如第 4 A 圖所示，鎂循深度方向之濃度恆定，約為 $5 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 。氫濃度並不高於下限 ($2 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$)，且生長層的最上表面並未檢測出氫。生長層內之碳濃度恆定，約為 $2 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ ，而氧濃度並不高於下限 ($1 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$)。

於比較例 1 與 2 中，如第 4 B 圖所示，正如同第一實施例之具體例，不管在熱處理之前或之後，鎂濃度均約為 $5 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 。

且，於比較例 1 與 2 中，熱處理前，氫濃度約為 $4 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 。熱處理後，於多層生長膜內之氫濃度並不高於下限 ($2 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$)，惟於生長層的最上層表

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (26)

面上則增至約 $3 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 。即使熱處理延長 30 分鐘，亦可自生長層之最上層表面檢測出約 $3 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 的氫濃度。

於比較例 1 與 2 比較例中，熱處理之前，生長層內之碳濃度恆定，約為 $3 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ ，且熱處理後，在生長層表面上增至約 $8 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 。熱處理前，氧濃度不高於下限 ($1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$)，且在熱處理後，於表面附近的濃度約為 $7 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 。計量結果，熱處理後的氧濃度 (約 $7 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$) 係最低值，通常約高出一位數或更多。

(雜質濃度之平面分布)

針對以上具體例與比較例之樣本，以 SIMS 檢查一 D 型接觸層表面附近的雜質濃度的平面分布。具體例與比較例之雜質係指碳 (C)、氧 (O)、氫 (H) 與矽 (Si)。第一實施例之結果圖示於第 5 至 8 圖中，而習知技術之結果則圖示於第 9 A 至 12 圖中。於這些圖式中，第 5、6、... 與 12 圖顯示雜質濃度之平面分布。雜質結團之計算數字依據一顯示計算數字與顏色間之相互關係使用不同顏色來區分。

如第 5、6、7 與 8 圖所示，碳、氧、氫與矽的個別濃度分布在相當於自表面起 100 nm 深的表面上實質上均勻，且無任何雜質出現局部高濃度。特別是，各雜質之最大濃度為相同雜質的平均濃度的 5 倍或更少的倍數。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (27)

就比較例之樣本而言，將首先說明第 9 A、9 B、第 10 至 12 圖，其次則說明各雜質的濃度分布。

第 9 A、9 B、10、11 與 12 對應於上述第 5、6、7 與 8 圖且各使用不同顏色來顯示各雜質結團之計算數字。

於比較例 1 之樣本中，如第 9 A、9 B、10、11 與 12 圖所示，一局部高濃度部份分別出現在碳、氧、氫與矽之濃度之平面分布中。

局部高濃度部份的值約為平均濃度部份的十倍。特別是，就碳濃度而言，高濃度部份的值為 $3 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ ，而平均濃度部份的值為 $2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ ，且於此情形下，高濃度部份的值較平均濃度部份大約二位數。

如第 9 B 圖所示，碳與氧（未圖示）雜質濃度的局部高濃度部份出現在相當於自最上層表面深 $1 \mu\text{m}$ 的位置。相對地，第一實施例之樣本並無碳與氧雜質濃度的局部濃度部份；惟，若樣本經過退火，此一高濃度部份即會出現。

於比較例 1，碳與氧雜質濃度的局部高濃度部份即無使電流注入不均勻，產生不發光區，並負面影響導波、電阻、電子遷移、變形與熱力性能，從而降低可靠度。此一問題並未發生在第一實施例之具體例中。

雖未特別說明，惟比較例 1 之樣本具有一局部高濃度部份於氫與矽雜質濃度中，而第一實施例之例子則無此部份。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (28)

(載氣之特性變化)

檢查第一實施例之具體例與習知技術之比較例之間的不同。於本發明中，氮氣被用來作為主要載氣。檢查結果顯示於第 13 至 16 圖中。於此等圖式中，「氮載氣」係指第一實施例之例子，且「氫載氣」係指習知技術之比較例 1。

第 13 圖係 GaN 層上生長率分布或晶圓內層厚度之平面分布圖。於此圖中，縱座標係指相當於層厚度之生長率，而生長率則係以層厚度除以生長時而得者。厚度係以習知掃描電子顯微鏡（下稱 SEM）來計量。橫座標係指氮體在晶圓內的預定位置。晶圓之上游側被界定為「前」，下游側則被界定為「後」，而晶圓的中間位置則被界定為「中」。如圖所示，本發明之厚度分佈實質上均勻，而習知技術之厚度由於在「中」位置的生長率低，故不均勻。

第 14 圖係顯示 GaN 層上生長率（層厚度）相對於生長溫度的依存度圖表。於此圖中，縱座標係指 GaN 層中間部份之生長率（即層厚度 / 生長時間）。厚度以 SEM 來計算。橫座標係指生長溫度。如圖所示，於本發明中，GaN 之厚度在生長溫度 1000℃ 至 1100℃ 下實質上均勻，而於比較例中，溫度自 1050℃ 增至 1120℃ 時厚度減少。

第 15 圖係顯示 p 型導電層 18 與 19 之受子濃度

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

線

五、發明說明 (29)

(p 型載體密度) 相對於生長溫度之依存度圖表。受子濃度以習知 C - V 法計量。如圖所示，受子濃度於 1 0 0 0 °C 至 1 1 0 0 °C 生長溫度下實質上均勻，而於比較例 1 中，溫度自 1 0 5 0 °C 增至 1 1 5 0 °C 時濃度增加。

第 1 6 圖係一顯示用來作為電流注入 (包) 層之 GaAlN 層上 Al 化合物之平面分佈圖表。於第 1 6 圖中，縱座標係指 Al 化合物，而橫座標則指與第 1 3 圖所示相同者。Al 化合物以習知 X 光衍射法 (XRD) 來計量。如圖所示，本發明中 Al 化合物之變化較比較例 1 小。

以下結果得自上述實驗。

根據在氫載氣中生長一薄膜而後以熱處理使其成為 p 型導電層的比較例 1 與 2 中，氫、碳與氧的濃度於多層結構的最上層表面 (若係發光裝置，則為 p 型接觸層之最上層) 上增高。經推斷，濃度之增加係由於熱處理。氫使最上層表面上的鎂減活，且氧提高最上層表面的電阻，因此無法獲得與 p 側電極電阻接觸。

根據本發明之具體例，由於生長程序中的載氣實質上為氮氣，故氫亦難以與鎂結合且鎂可不經熱處理而激活。因此，層生長後無需進行熱處理，且可避免氫、碳、氧等因熱處理而不均勻出現在生長層的最上層表面上，藉此乃可防止氫使鎂減活並防止碳與氧使表面增加電阻。

根據本發明，生長後無需熱處理，故可減少成本，增進生產率，即使在一非發光二極體的高電流注入所需的半

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

象

五、發明說明 (30)

導體雷射中亦可大幅降低電壓，雷射發光可單純化，裝置壽命可大幅延長，且可增進可靠度。

不像習知技術之比較例 1，本發明並無高碳濃度與高氧濃度的局部區。如此，即可防止電流不均勻注入，可避免產生不發光區，且可消除對導波、電阻、電子遷移、變形與熱力性能的負面影響，結果獲得可靠度。

根據本發明，由於氮氣被用來作為主要載氣且含有少量氫氣用來作為另一載氣，故氮氣提高半導體層內鎂的激活，且氫氣提高含鎂原料氣體的分解，結果使得鎂易於混合進入半導體中，並可進一步增進鎂之激活。

根據第一實施例，由於氮氣流速相對於氫氣流速的倍數在 5 至 2000 倍範圍內，氮氣流速為氫氣流速的低於 5 倍情形下可防止鎂激活的生長氛圍以及氮氣流速為氫氣流速的高於 2000 倍情形下可防止鎂原料氣體分解的生長氛圍均可予以排除，故可容易地與可靠地獲得上述優點，且可增進製造程序的穩定度。

根據本發明第一實施例，由於 p 型 $In_xAl_yGa_zB_{1-x-y-z}N_mP_nAs_{1-m-n}$ ($0 < x$, $0 \leq y$, $0 \leq z$, $0 < x + y + z \leq 1$, $0 < m$, $0 \leq n$, $0 < m + n \leq 1$) 層的生長溫度在 500°C 至 1230°C 範圍內，故可排除生長期間低於 500°C 而無法具有 p 型導電性的部份與高於 1230°C 而無法成為良好晶體的部份。因此，可容易地與可靠地獲得上述優點，並可增進製造程序的穩定度。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

五、發明說明 (31)

本發明第一實施例的製造程序穩定度如第 13 至 16 圖所示。

根據第一實施例，由於膜厚度之平面分佈大幅增進，故產量與可靠度可獲得增進。且由於厚度相對於生長溫度之依存度低於習知技術，故作業中的厚度變化可大幅減少，且，可再製造性乃至於產量與可靠度可獲得增進。

第一實施例在 p 型導電層中受子濃度相對於生長溫度之依存度方面較習知技術獲得更大的增進。因此，晶體內或作業中的受子濃度變化可減少，且可再製造性乃至於產量與可靠度可獲得增進。

由於本發明第一實施例在用來作為電流注入層的 GaAlN 層的 Al 化合物分佈方面可較習知技術獲得更大的增進，故可提高可再製造性、產量與可靠度。

且，本發明的生長溫度可為 40℃ 至 60℃，較習知技術低。換言之，習知技術問題在於，低溫下生長的 InGa_xN_{1-x} 系活性層具有一高 In (銦) 化合物比率時，若高溫下生長的 p 型電流注入 (包) 層與 p 型接觸層二者形成於其上，晶體的品質即會因高溫而降低。由於，於本發明中，生長溫度可減低，故可解決上述習知技術之問題，從而維持活性層的品質。

(第二實施例)

茲說明本發明第二實施例之半導體雷射。

第 17 圖係半導體雷射構造之橫剖視圖。於此雷射中

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

號

五、發明說明 (32)

一緩衝層 3 2、一 n 型 GaN 層 3 3、一 n 型 AlGaIn 電流注入層 3 4、一 GaN 層 3 5、多量子井 (MQW) 構造之一活性層 3 6、一 GaN 層 3 7 以及一 p 型 AlGaIn 電流注入層 3 8 依序形成於一藍寶石基板 3 1 上。

層 3 4 至 3 8 構成一使用一高電阻 GaN 層 3 9 的埋置台平構造的雙異質構造。

p 型 GaN 層 4 0 形成於層 3 8 與 3 9，且一 p 型 GaN 接觸層 4 1 形成於層 4 0 上。

一 p 側電極 4 3 形成於 p 型 GaN 接觸層 4 1 上，而一 n 側電極 4 2 則形成於 n 型 GaN 層以蝕刻等法露出的部份上。

茲說明一製造上述半導體雷射之方法及其功能。

首先，以一有機溶劑與酸清洗藍寶石基板 3 1，然後將其放在一可加熱之 MOCVD 設備之一接受器上。使氫以 20 L (升) / m (分) 的流速流動時，藉由在 1200 °C 下汽相蝕刻約 10 分鐘來將藍寶石基板的表面去除。溫度降至 55 °C 而在藍寶石基板 3 1 上形成一緩衝層 3 2。接著溫度增至 1100 °C，使氫、氮、TMG、氨與矽分別以 15 L / m，5 L / m，100 cc / m，10 L / m 與 5 cc / m 流動約一小時，並形成一 n 型 GaN 層 3 3，使其具有約 2 μm 之厚度。

溫度維持 1100 °C 時，藉由以 50 cc / m 流速添加 TMA 十五分鐘形成一 n 型 AlGaIn 電流注入層 3 4，

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

五、發明說明 (33)

使其厚度約為 500 nm，然後再度停止 TMA 之添加十分鐘，以形成一厚度約 200 nm 的 GaN 層 35。

停止供給 TMG，且基板溫度增至 780 °C。於此溫度下，使 TMG、氫與氮分別以 10 cc/m、10 L/m、30 cc/m 與 19.7 L/m 的流速流動，且輪流以 140 cc/m 與 15 cc/m 的流速供給 TMI 約 1.5 分鐘 20 次，最後則以 15 cc/m 的流速供給 3 分鐘，藉此形成多量子井 (MQW) 構造之活性層 36。

氫、氮與氨分別以 40 cc/m、19.96 L/m 與 10 L/m 的流速流動時溫度持續 4 分鐘增至 1100 °C。若上昇溫度下蒙氣為氫，即蝕刻活性層；因此，最好氛圍為氮。

保持 1100 °C 溫度時，氫、氮、TMG、氨與 Cp₂Mg 分別以 500 cc/m、14.5 L/m、100 cc/m、10 L/m 與 50 cc/m 的流速供給約 10 分鐘，並形成厚度約 20 nm 的 GaN 層。

以 50 cc/m 的流速添加 TMA 約 15 分鐘以形成一厚度約 500 nm 之 p 型 AlGaN 電流注入層 38。惟，氫被用來作為有機金屬材料之載氣以形成上述 p 型層，且於此狀態下，溫度降至室溫，晶圓自 MOCVD 設備移出，在習知熱力 CVD 設備中，形成一寬度為 20 μm 的 SiO₂ 薄膜於晶圓表面上。晶圓放在 RIE 設備內並加以蝕刻俾以 BCl₃ 氣體獲得一表面構造開口。再度將如此製成之晶圓放在 MOCVD 設備的接受器上，並在以 30 L

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

五、發明說明 (34)

／ m 流速流動的氮氣中將溫度增高至 1 1 0 0 ° C 。

溫度為 1 1 0 0 ° C 時，分別以 5 0 0 cc / m 、
1 4 . 5 L / m 、 1 0 0 cc / m 、 1 0 L / m 與 5 0 cc /
m 的流速供給氫、氮、TMG、氮與DMG（二甲基鋅）
約 1 小時，且使層 3 4 至 3 8 構成 i 型 GaN 層 3 9 之
埋置構造。此種 i 型 GaN 層藉由台面蝕刻後生長來形成
；惟亦可不用蝕刻而藉由植入諸如氫與氧之離子來形成。
譬如，此層可藉由以 $1 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$ 的劑量在 2 0 0
k e V 的加速能量下植入氫離子來達成。

溫度維持 1 1 0 0 ° C 時，將主要載體氣體自氫換成氮
，且分別以 5 0 0 cc / m 、 1 4 . 5 L / m 、 1 0 0 cc /
m 、 1 0 L / m 與 5 0 cc / m 的流速供給氫、氮、TMG
、氮與 Cp_2Mg 約 2 7 分鐘，並形成一厚度約 9 0 0 n m
的 p 型 GaN 層 4 0 。進一步將 Cp_2Mg 的流速增至
1 5 0 cc / m ，並供給約 3 分鐘，藉此形成一厚度為
1 0 0 n m 的 p 型 GaN 層 4 1 。於此層，無需諸如熱處
理之後置處理即可獲得 p 型晶體。層 4 0 與 4 1 生長時，
減少載體的不激活機制，並藉由添加 $3 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 濃
度的鋅，使其濃度增高約 2 倍。

停止供給 TMG 與 Cp_2Mg ，並將基板溫度降至室溫
。惟，持續在 1 1 0 0 ° C 至 3 5 0 ° C 下，分別以 5 0 0 cc
／ m 、 1 4 . 5 L / m 與 1 0 L / m 供給氫、氮與氮，並
在 3 5 0 ° C 停止供給氮。

自 M O C V D 設備將如此製得之雷射構造將出。使用

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

訂

五、發明說明 (35)

習知真空濺積法或噴濺法依序使 Pt (50 nm 厚)、Ni (50 nm 厚) 與 Au (2 μ m 厚) 形成於 n 型 GaN 層 33 上，以製得一具有良好電阻接觸的 n 側電極 42。

另一方面，依序形成 Pd (20 nm 厚)、Ti (30 nm 厚)、Pt (20 nm 厚) 與 Au (2 μ m 厚) 於 p 型 GaN 層 41 上，在 500 °C 的氮中將此構造加熱 1 分鐘以形成約 $7 \times 10^{-3} \Omega \text{ cm}^2$ 的 p 側電極 43。上述金屬與 Al、Sc、Mg、Si、Cr 等之多層構造或一合金層可用於此電極。

使用劃線器等自基板切開雷射構造以形成一共振鏡面。如此製成之半導體雷射持續發出波長為 420 nm 的雷射光束。此裝置之工作電壓為 4.7 V，且閾值電流密度為 3 kA / cm²。

如上所述，根據本發明第二實施例，除具有第一實施例之優點外，復可獲得一具有內部電流阻隔構造的藍光半導體雷射。

就第二實施例之變化例而言，於形成二 p 型 GaN 層 40 與 41 時，改變轉換主要載氣的時序。尤其是，在上述條件下，形成下 p 型 GaN 層 40 時，使用氫來作為主要載氣，而在形成最上層 p 型 GaN 層 41 前，將氫轉換成氮。

即使在這之後形成層 41，亦可如第一與第二實施例，獲得同樣高的鎂激活率。其理由如下。即使在下 p 型

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

五、發明說明（ 36）

G a N 層 4 0 形成時無鎂被激活，由於最上層的 p 型 G a N 層 4 1 形成時生長溫度高達 1 1 0 0 ° C ，故可推知，熱處理效應作用在層 4 0 上。無庸贅言，由於 p 型 G a N 層 4 1 厚就形成於氮氣圍中，故鎂的激活率高。

（第三實施例）

茲說明本發明第三實施例之一發光二極體。

第 1 8 圖係一橫剖視圖，圖示發光二極體之構造。此二極體包括一 n 型、2 H 型 S i C 基板 5 1。一含 1 : 9 比例的 G a N 與 S i C 的混合層 5 2 形成於基板 5 1 上，且一 n 型 G a N 層 5 3、一 n 型 I n G a N 發光層 5 4 與一 p 型 G a N 層 5 5 依序形成於基板 5 1 上。所使用的摻雜劑係用於 n 型 G a N 層 5 3 的矽與用於 p 型 G a N 層 5 5 的鎂。只有在層 5 4 與 5 5 生長期間，氮被用來作為主要載氣，氮與有機鎵材料被用來作為原料氣體，且一有機鎂被用來作為 p 型摻雜劑。氫進一步被用來作為有機鎂材料之載氣。

p 型 G a N 層 5 5 以外諸層形成時，氫被用來作為主要載氣。層 5 3 與 5 4 的載體濃度各為 $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 。

一 n 側電極 5 6 形成於 S i C 基板上，即一 p 側電極 5 7 則形成於 p 型 G a N 層 5 5 上。

如上所述，於藉由形成 n 型與 p 型電極於一如此製得之多層膜上而製成之發光二極體中，p 側電極之接觸電壓

五、發明說明（ 37）

可降低，以致於裝置壽命可延長約為習知裝置的 5 倍，並可大幅增進其可靠度。

（第四實施例）

茲參考第 3 圖說明本發明第四實施例之半導體雷射。

第四實施例係指除本發明之上述具體例（第一實施例）外，使用減壓 C V D、光激 C V D 與裂開法之一，供給等離子氮而形成之一 p 型 A l G a N 電流注入層 1 8 與一 p 型 G a N 接觸層 1 9。

尤其是，如上所述，形成一 G a N 光導層 1 7 後，主要載氣自氫轉換為氮，並停止作為此等原料氣體之載氣即 T M G、T M A 與氫氣之供給。

使用上述方法之一，若基板之溫度降低而氣態氮持續供給直至可供給活性氮原子為止，G a、I n、N 等即可避免自基板上所形成的生長層分離。

其次，輸入定量的氮氣與原料氣體，並藉由控制排出速度等將一反應室設定於一預定壓力。

p 型 A l G a N 電流注入層 1 8 與 p 型 G a N 接觸層 1 9 依序由反應室內所產生的等離子來形成。

而後，停止供給原料氣體，且自然而然降低基板溫度。

後續的電極形成步驟與上述相同，並完成一藍光半導體雷射。

藍光半導體雷射可於閾值電流抵達 3 0 m A 時在室溫

五、發明說明 (38)

下持續發出一雷射光束。

根據上述第四實施例，由於使用諸如等離子氮之氮原子來形成 p 型 AlGa_{1-x}N 電流注入層 18 與 p 型 GaN 接觸層 19，故氮空位密度可減少，且鎂 (Mg) 易於進入鎵 (Ga) 位置。且由於使用活性氮，故氫用量可大為減少，從而可獲得 Mg 激活比率增加的功效，並具有製造成本大為減低的優點。

茲認為，在若干托或更低大氣壓力下，大量空位會由 Ga (Al)N 的 N 位置產生，且鎂 (Mg) 會進入 N 位置，從而易於使鎂減活。惟，於第四實施例中，由於使用等離子氮，故 N 位置之空位減少，且鎂進入 Ga 位置並被激活；如此，藍光半導體雷射即可持續在室溫下發出雷射光束。

第四實施例可用於第二實施例之 p 型 GaN 層 40 與 41 以及第三實施例之 p 型 GaN 層 55 二者。換言之，即使此等層 40，41 與 55 使用等離子，鎂激活率可如第四實施例增進。等離子可包含有直流電等離子、射頻等離子與微波等離子。

上述第一至第四實施例係指不含銦 (In) 之 p 型 GaN 層半導體層，此層用來作為與一電極接觸之接觸層。如以下第五至第九實施例，一含銦 GaN 系半導體層 { $In_xAl_yGa_zB_{1-x-y-z}N_mP_nAs_{1-m-n}$ ($0 < x, 0 \leq y, 0 \leq z, 0 < x + y + z \leq 1, 0 < m, 0 \leq n, 0 < m + n \leq 1$) } 被用來作為與一電極接觸之接觸層。茲先說明與氮系半

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

五、發明說明 (39)

導體裝置之原理有關之第五與第六實施例，接著則說明顯示具體例之第七至第九實施例。由於基板之溫度與載氣之流速與第一暨第二實施例相同，故其詳細說明從略。

(第五實施例)

第 19 圖係一橫剖視圖，顯示本發明第五實施例之氮系半導體裝置之原理。此裝置包括依序形成在一藍寶石基板 61 上之一 n 型 $GaN (In_xAl_yGa_{1-x-y}N, x=y=0)$ 層 62、一 p 型 GaN 層 63 以及一 p 型 $InGaN (In_xAl_yGa_{1-x-y}N, 0 < x < 1, 0=y)$ 層 64。p 型 GaN 層 63 與 n 型 GaN 層 62 構成一 pn 接合面。

(循深度方向之雜質濃度分布)

至於第 19 圖所示之構造則如第 20 A 圖所示，鎂 (Mg) 與氫 (H) 循生長層深度方向之濃度分布分別以 SIMS 來檢查。為比較檢查對應於本發明而去除 p 型 $InGaN$ 層 64 之習知構造。

由第 20 A 與 20 B 圖可知，p 型 GaN 層 63 與 p 型 $InGaN$ 層 64 二者之 Mg 濃度為 $5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 時，習知構造之 p 型 GaN 層之氫濃度為 $8 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ ，而 p 型 $InGaN$ 層 64 與 p 型 GaN 層 63 之氫濃度則為 $6 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 。後者之值實質上與習知 p 型 GaN 層生長後並接著以 750°C 在氮氣中加熱 30 分

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

五、發明說明 (40)

鐘的氫濃度相同。

雖未圖示，p型InGa_{0.64}N層64於表面附近的氧濃度與碳濃度為 $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 或更低以及 $5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 或更低。自最上層表面朝基板深100nm或更深的各濃度實質上均勻而在 $3 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 範圍內。換言之，裝置內與表面附近的電阻極低。於習知p型GaN層中，表面附近的氧與碳濃度分別高於本發明一位數或更多位置。

(C - V 計量)

第21圖係一表，顯示以C-V技術計量用於SIMS之受子濃度之結果。由於本發明之t型InGa_{0.64}N層64於富含氮的氛圍中生長，而有低電阻p型層的功能，接著如圖所示，p型GaN層63用來作為一低電阻p型層，且其電阻為 $5.4 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ，實質上等於習知p型GaN層生長接著在氮氛圍中熱處理後所獲得的結果。換言之，由於用來作為含銦(In)半導體層的p型InGa_{0.64}N層64形成於上面，故氫可避免進入p型GaN層63而形成於下面，並提高鎂之激活。

(構造變化)

於第19圖所示之構造中，一n型InGa_{0.64}N (In_xAl_y0Ga_{1-x-y}N, $0 < x < 1$, $0 = y$) 層65可如第22圖所示形成在頂部表面上以取代p型

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

五、發明說明(41)

InGa_N層64。

含銦(In)成份比率低於p型InGa_N層64所含者之p型InGa_N可進一步介於p型Ga_N層63與p型InGa_N層64，俾便於點陣匹配。

如第23圖所示，一接腳式連接可藉由一無摻雜i型InGa_N層66介設n型Ga_N層62與p型Ga_N層63之間來形成。本發明可應用於pn或接腳式連接。

如第24圖所示，一Ga_N緩衝層71與一無摻雜或n型Ga_N層72可形成在藍寶石基板61與n型Ga_N層62之間以增進表面形態。一接腳式連接可以無摻雜i型InGa_N層66、一成為層66之下層之n型AlGa_N層73以及一成為層66之上層之p型AlGa_N層74來形成。

(第六實施例)

第25圖係一橫剖視圖，圖示本發明第六實施例之氮系半導體裝置之原理。此裝置具有一電流阻隔構造，其中一無摻雜Ga_N底層82、一n型Ga_N接觸層83、一無摻雜InGa_N活性層84以及一p型Ga_N電流注入層85依序形成在一藍寶石基板81上。

複數n型Ga_N電流阻隔層86選擇性形成在p型Ga_N電流注入層85上。一p型InGa_N接觸層87形成在p型Ga_N電流注入層85與n型Ga_N電流阻隔層86上。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (42)

茲說明製造上述具有一電流阻隔構造的氮系半導體裝置的方法以及其功能。

於氮系半導體裝置中，如第 26 A 圖所示，以第一 MOCVD 在相同室中，依序將一無摻雜 GaN 層 82、一 n 型 GaN 層 83、一無摻雜 GaN 活性層 84、一 p 型 GaN 電流注入層 85 以及一 n 型 GaN 電流阻隔層 86 形成於一藍寶石基板 81 上。此後，如第 26 B 圖所示，經由蝕刻將 n 型 GaN 電流阻隔層 86 一部份去除，然後以第二 MOCVD (再生長) 形成一 p 型 InGa_N 接觸層 87。

鎂 (Mg) 或鋅 (Zn) 被用來作為 p 型摻雜劑。

根據上述製造方法，由第二 MOCVD 所形成之 p 型 InGa_N 接觸層 87 如上所述具有低氧濃度與低碳濃度，且不用任何熱處理來降低其電阻。

以第一 MOCVD 形成，對應於 n 型 GaN 電流阻隔層 86，或在第二 MOCVD 時暴露於室內的 p 型 GaN 電流注入層 85 的一部份時，一 p 型低電阻層。根據 C-V 測量，受子濃度為 $3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 。(而根據 SIMS 分析，鎂濃度為 $2 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$)。

於再生長期間，以 n 型 GaN 電流阻隔層 86 覆蓋的 p 型 GaN 電流注入層 85 的另一部份的電阻並未減低。

根據上述第六實施例，由於 p 型 InGa_N 接觸層 87 以第二 MOCVD (再生長) 來形成，故無需熱處理，可形成一低電阻 p 型層，並可進一步增進電流阻隔。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

五、發明說明(43)

(構造變化)

於第六實施例之構造中，如第27圖所示，一Ga_{1-x}N緩衝層82a可設在藍寶石基板81與無摻雜Ga_{1-x}N底層82之間。如第27圖所示，一n型AlGa_{1-x}N電流注入層81可介設於無摻雜InGa_{1-x}N活性層84與n型Ga_{1-x}N接觸層83之間，且可形成一p型AlGa_{1-x}N電流注入層95以取代p型Ga_{1-x}N電流注入層85。所需之n型Ga_{1-x}N電流阻隔層86或n型InGa_{1-x}N電流阻隔層可形成在層85或95上。

(第七實施例)

第28圖係本發明第七實施例之一半導體雷射構造之橫剖視圖。於第28圖中，與第26A至26C所示相同之組件以相同參考號碼標示。於此半導體雷射中，一Ga_{1-x}N緩衝層82a、一無摻雜Ga_{1-x}N底層82、一n型Ga_{1-x}N接觸層83、一n型AlGa_{1-x}N電流注入層91、一無摻雜Ga_{1-x}N導層92、一MQW構造之無摻雜AlGa_{1-x}N活性層、一p型Ga_{1-x}N導層94、一p型AlGa_{1-x}N電流注入層95與一p型Ga_{1-x}N電流注入層85依序形成於一藍寶石基板81上。

一n型Ga_{1-x}N電流阻隔層86選擇性形成於p型Ga_{1-x}N電流注入層85上。一p型InGa_{1-x}N接觸層87形成於p型Ga_{1-x}N電流注入層85與n型Ga_{1-x}N電流阻隔

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

象

五、發明說明(44)

層 8 6 上。

一 p 側電極 9 7 形成於 p 型 InGaN 接觸層 8 7 上。
一 n 側電極 9 6 形成於 n 型 GaN 接觸層 8 3 藉由蝕刻等暴露之部份上。

茲說明上述半導體雷射之製造方法及其功能。

如第 2 9 A 圖所示，一 5 0 n m 厚無摻雜 GaN ($\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$, $x=y=0$) 緩衝層 8 2 a、一 2 μm 厚無摻雜 GaN 底層 8 2、一 4 μm 厚 n 型 GaN 接觸層 8 3、一 0.3 μm 厚 n 型 $\text{Al}_q\text{Ga}_{1-q}\text{N}$ ($0 \leq q \leq 1$) 電流注入層 9 1、一 0.1 μm 厚無摻雜 GaN 導層 9 2、一具有 0.1 μm 厚 MQW 構造的 InGaN 活性層 9 3、一 0.1 μm 厚 p 型 GaN 導層 9 4、一 0.3 μm 厚 p 型 $\text{Al}_q\text{Ga}_{1-q}\text{N}$ ($0 \leq q \leq 1$) 電流注入層 9 5、一 0.5 μm 厚 n 型 GaN 電流注入層 8 5 與一 1 μm 厚 n 型 GaN ($\text{Al}_q\text{Ga}_{1-q}\text{N}$, $q=0$) 電流阻隔層 8 6 以 MOCVD 連續形成於一藍寶石基板 8 1 上。

藉由輸入單矽烷 (SiH_4) 適當控制 n 型雜質的密度。同樣地，藉由輸入雙環鋅二烯 (Cp_2Mg) 適當控制 p 型雜質的密度。

如第 2 9 B 圖所示，使 n 型 GaN 電流注入層 8 6 圖型化，並藉由蝕刻等去除其一部份，俾自最上層表面暴露 p 型 GaN 電流注入層 8 5。

如第 2 9 C 圖所示，以 MOCVD 形成一厚度為

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (45)

1.5 μm 之 p 型 InGaN ($\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$, $0 < x \leq 0.3$, $y = 0$) 接觸層於層 85 與 86 上。生長溫度自 750 $^\circ\text{C}$ 至 1100 $^\circ\text{C}$ ，且氫被用來作為原料氣體之載氣，而氮氣則用來作為主要載氣。

自 MOCVD 爐取出如此製得之晶圓，並以 SiO_2 等部份掩蔽。如第 30A 圖所示，將晶圓蝕刻達 n 型 GaN 接觸層深度。

形成藍寶石基板 81，藉由拋光使其具有約 100 μm 的厚度，並在 GaN 系半導體層 82a 至 95 上澱積。

於第 30B 圖中，一諸如 Ti-Au 之金屬製成之 n 側電極 96 形成於 n 型 GaN 接觸層 83。此後，即將屏蔽之 SiO_2 移除，且如第 30C 圖所示，一由 Pt 、 Ti/Au 、 Ni 等製成之 p 側電極 97 形成於 p 型 InGaN 接觸層 87 上。

p 型 InGaN 接觸層 87 具有 $5 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 或更低的表面氧濃度以及 $5 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 或更低的表面碳濃度。層 87 亦具有良好的低電阻接觸。

藉由劃線、切開、乾式蝕刻等依規格將如此製得之晶圓切成若干晶片。線接合後，此等晶片安裝在一預定心柱（線支架）上並予以模壓，即完成本發明之 GaN 系雷射。

此半導體雷射具有一可在低閾值電壓發出波長為 400 nm 的雷射光束的良好特性。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (46)

上述本發明之方法可較習知技術簡單。尤其是，根據本發明，只要增加一生長 p 型 InGa_N 半導體層的簡單步驟於習知連續外延生長步驟，即可抑制氫輸入 p 型包層與 p 型接觸層所造成的受子減活。

由於無需熱處理，故可減少製造步驟數，並可消除表面污染導致減少裝置特性之因素以及生長後熱處理步驟所造成晶體的雜質擴散等。

復由於表面氧與碳濃度可降低，故可獲得良好的低電阻接觸並可減少工作電壓，從而具有在一低閾值電流（低工作電壓）下發出波長為 400 nm 的雷射光束的良好半導體雷射特性。

p 型摻雜劑種類（如 Mg）、p 型 InGa_N 接觸層 87 的厚度（ $0 < x \leq 0.3$ ）、載氣種類（含氫氣與氮之原料氣體、氮氣之載氣）、流速（氮氣：氧氣 = 5 至 2000 : 1）等均在適當範圍內。如此即可容易地與可靠地獲致上述優點，並可增進裝置特性與製造方法的穩定度。

（構造變化）

於本發明第七實施例中，如第 31 圖所示，可省略以第一 MOCVD 形成之 p 型 Ga_N 電流注入層 85。於此情形下，如第 32 圖所示，由第二 MOCVD 形成之層可具有包含 p 型 Ga_N 層 85a 與 p 型 InGa_N 接觸 87 的二層構造。

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

裝

五、發明說明(47)

(第八實施例)

茲說明本發明第八實施例之半導體雷射。

第33圖係一圖示半導體雷射原理的橫剖視圖。於此圖式中，與第25圖所示相同的組件以相同參考號碼標示。半導體雷射具有一SBR構造。一無摻雜底層82、一n型Ga_{0.9}In_{0.1}N接觸層83、一無摻雜InGa_{0.9}N活性層84以及一p型Ga_{0.9}N電流注入層85依序形成在一藍寶石基板81上。

藉由選擇性蝕刻形成一脊部於p型Ga_{0.9}N電流注入層85上。複數n型InGa_{0.9}N光約束層98選擇性形成在層85上除形成有脊部以外的部份。一p型InGa_{0.9}N接觸層87形成在層85的脊部85與層98上。

茲說明具有SBR構造的半導體雷射的製造方法及其功能。

於此半導體雷射中，如第34A圖所示，以第一MOCVD：在相同室中，依序形成一無摻雜Ga_{0.9}N底層82、一n型Ga_{0.9}N接觸層83、一無摻雜InGa_{0.9}N活性層84以及一p型Ga_{0.9}N電流注入層85於一藍寶石基板81上。此後，即如第34B圖所示，藉由蝕刻將p型Ga_{0.9}N層部份去除以形成一脊部。如第34C圖所示，一譬如SiO₂製成之屏蔽99形成於脊部上。接著，n型InGa_{0.9}N層98再度生長（以第二MOCVD）並選擇性形成於p型Ga_{0.9}N層85形成有屏蔽99以外的部份。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(48)

此後，移除屏蔽99，並如第34D圖所示，以第三MOCVD形成p型InGa_nN層87於層85之脊部與n型InGa_nN層98上。

即使於上述SBR構造中，p型InGa_nN接觸層87亦可如電流阻隔構造，具有低的氧與碳濃度，獲得良好的低電阻接觸，並具有在低閾值電流下可發生波長為400nm的雷射光束的良好特性。

(構造變化)

於第八實施例中，如第35圖所示，一Ga_nN緩衝層82a可設在藍寶石基板81與無摻雜Ga_nN底層82之間。一n型AlGa_nN電流注入層91可進一步介於無摻雜InGa_nN活性層84與n型Ga_nN接觸層83之間，且可形成一p型AlGa_nN電流注入層95以取代p型Ga_nN電流注入層85。

形成p型AlGa_nN電流注入層95時，n型InGa_nN光阻隔層98可為n型Ga_nN光約束層所取代，換言之，銦(In)的成份比率於n型In_xGa_{1-x}N (0 ≤ x ≤ 1)光阻隔層98可以為零。無庸贅言，n型InGa_nN光阻隔層98可用來取代p型AlGa_nN電流注入層95。

(第九實施例)

第36圖係一圖示本發明第九實施例之半導體構造之

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

裝

五、發明說明(49)

橫剖視圖。於此圖中，與第34A至34D暨35圖所示相同之構成元件以相同參考號碼標示。於此半導體雷射中，一Ga_{1-x}N緩衝層82a、一無摻雜Ga_{1-y}N底層82、一n型Ga_{1-z}N接觸層83、一n型Al_qGa_{1-q}N電流注入層91、一無摻雜Ga_{1-r}N導層92、一MQW構造之無摻雜InGa_{1-s}N活性層93、一p型Ga_{1-t}N導層94與一p型Al_qGa_{1-q}N電流注入層95依序形成於一藍寶石基板81上。

藉由選擇性蝕刻一脊部形成於p型Al_qGa_{1-q}N電流注入層95上。複數n型InGa_{1-s}N光約束層98選擇性形成於層95形成有脊部以外的部份上。一p型InGa_{1-t}N接觸層87形成於層95之脊部與層98上。

一p側電極97形成於p型InGa_{1-t}N接觸層87上，而一n側電極96則形成於n型Ga_{1-z}N接觸層83以蝕刻等暴露的部份上。

茲說明上述半導體雷射之製造方法及其功能。

茲參考第37A圖，如上所述，一50nm厚無摻雜Ga_{1-x}N (In_xAl_yGa_{1-x-y}N, x=y=0) 緩衝層82a、一2μm厚無摻雜Ga_{1-y}N底層82、一4μm厚n型Ga_{1-z}N接觸層83、一0.3μm厚n型Al_qGa_{1-q}N (0 ≤ q ≤ 1) 電流注入層91、一0.1μm厚無摻雜Ga_{1-r}N導層92、一具有0.1μm厚MQW構造的無摻雜InGa_{1-s}N活性層93、一0.1μm厚p型Ga_{1-t}N導層94以及一0.3μm厚p型

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

象

五、發明說明(50)

$Al_qGa_{1-q}N$ ($0 \leq q \leq 1$) 電流注入層 95 以 MOCVD 連續形成於一藍寶石基板 81 上。

如第 37B 圖所示，一 SiO_2 層藉由圖型化與掩蔽形成於 p 型 ($Al_qGa_{1-q}N$ ($0 \leq q \leq 1$) 電流注入層 95 上，並藉由蝕刻等選擇性去除以形成一脊部。

此後，如第 37C 圖所示，一 n 型 $In_xGa_{1-x}N$ ($0 \leq x \leq 1$) 光阻隔層 98 再選擇性生長並形成於層 95 形成有脊部以外的部份上。

自 p 型層 95 之脊部將 SiO_2 層 99 之屏蔽移除。如第 38A 圖所示，使用 MOCVD，形成一 $1 \mu m$ 厚 $InGaN$ ($In_xAl_yGa_{1-x-y}N$, $0 < x \leq 0.3$, $y = 0$) 層 87 於層 95 之脊部 95 與 n 型 $InGaN$ 光阻隔層 98 上。生長溫度於 $750^\circ C$ 至 $1000^\circ C$ 範圍，且氫被用來作為原料氣體之載氣，而氮則用來作為主要載氣。

如以上所述，復如第 38B 圖所示，選擇性蝕刻如此製得之晶圓達 n 型 GaN 接觸層 83 之深度，然後藉由拋光形成一厚度約為 $100 \mu m$ 的藍寶石基板 81。

同樣地，如第 38C 圖所示，一 n 側電極 96 形成於 n 型 GaN 接觸層 83 上，且一 p 側電極 97 形成於 p 型 $InGaN$ 接觸層 87。此等電極 96 與 97 可由相同於上述之材料構成。

藉由如上述實施例切開等之方法將具有電極之晶圓成品切成若干晶片。將各晶片安裝於一預定心柱（線支架）

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

線

五、發明說明 (51)

上供線連接與模壓，接著則加工製成一 G a N 系雷射成品。

根據半導體雷射，p 型 I n G a N 接觸層 8 7 具有低的氧與碳濃度，並形成有良好的低電阻接觸，從而獲得可在一低閾值電流下發生波長為 4 0 0 n m 的雷射光束的良好特性。

根據第九實施例，除具有第七實施例之優點外，由於 p 型層 9 5 之脊部與其他部份均經適當界定，故成份限定成，就具有一 S B R 構造與一 I S 構造之半導體而言，n 型層 9 8 之帶隙能量小於活性層 9 3 。

(其他實施例)

本發明運用一種於製造中使載氣與摻雜劑之組合最適化，不用熱處理以提高摻雜劑之激活，以及使生長層的最上層表面上的氧與碳濃度最適化俾減低接觸電阻的技術。如此，本發明即不限於雙異質構造 (D H) 之 I S 構造或 S B R 構造；而與異於雙異質構造之一同質結合構造與一單異質構造 (S H) 有關聯。無庸贅言，本發明因為雙異質構造，亦與異於 I S 構造或 S B R 構造之構造有關聯。

本發明可應用於使用一氮系半導體的諸如一 p 頻道 H E M T 與一 H B T 的電子裝置以及諸如一 L E D 與一 L D 之發光裝置。

即使除氮氣外使用諸如氫 (A r) 與氦 (H e) 之惰性氣體來作為主要載氣，亦可獲得如本發明之優點。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (52)

根據以上說明，一實質上由諸如氮氣之惰性氣體形成之載氣係用在 p 型層生長場合。惟，可使用氮載氣於用來製造如 LED 與 LD 的氮系半導體裝置的 n 型層生長場合。換言之，所有層可在裝置之多層生長情形下使用如氮氣之惰性氣體作為主要載氣來形成。

本發明提供一種氮系半導體裝置，具有生長後無需熱處理之良好特性。惟，熱處理可在生長後進行俾進一步在特性上增進，換言之，生長後之熱處理因不排除，惟可在本發明中省略。

可在不悖離本發明標的之範疇下作種種改變與變化。

熟於此技藝人士對其他優點與變化可一觸即通。因此，本發明就較廣層面而言並不限於所示與所述之特定細節與代表性實施例。故而，在不悖離所附申請專利範圍及均等者界定的概括性發明概念的精神或範疇下可作種種變化。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

象

四、中文發明摘要(發明之名稱:氮系半導體裝置及其製造方法)

本發明提供一種氮系半導體裝置，生長之後不用熱處理而可減少成本並增進生產率，復藉由提高 p 型導電層品質來增加壽命與可靠度，以及一製造氮系半導體裝置之方法。氮系半導體裝置具有一 n 型 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{B}_{1-x-y-z}\text{N}_m\text{P}_n\text{As}_{1-m-n}$ ($0 \leq x, 0 \leq y, 0 \leq z, 0 \leq x + y + z \leq 1, 0 < m, 0 \leq n, 0 < m + n \leq 1$) 層、一 p 型 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{B}_{1-x-y-z}\text{N}_m\text{P}_n\text{As}_{1-m-n}$ ($0 \leq x, 0 \leq y, 0 \leq z, 0 \leq x + y + z \leq 1, 0 < m, 0 \leq n, 0 < m + n \leq 1$) 層以及一形成於一基板上之電極 22。p 型 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{B}_{1-x-y-z}\text{N}_m\text{P}_n\text{As}_{1-m-n}$ 層表面之氧濃度為 $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 或更低。

英文發明摘要(發明之名稱: Nitride system semiconductor device and method) for manufacturing the same

The present invention provides a nitride system semiconductor device which decreases in cost and improves in productivity without heat treatment after the growth and which increases in lifetime and reliability by enhancing the quality of a p-type conductive layer, and a method for manufacturing the nitride system semiconductor device. The nitride system semiconductor device has a multilayer structure of an n-type $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{B}_{1-x-y-z}\text{N}_m\text{P}_n\text{As}_{1-m-n}$ ($0 \leq x, 0 \leq y, 0 \leq z, 0 \leq x + y + z \leq 1, 0 < m, 0 \leq n, 0 < m + n \leq 1$) layer, a p-type $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{B}_{1-x-y-z}\text{N}_m\text{P}_n\text{As}_{1-m-n}$ ($0 \leq x, 0 \leq y, 0 \leq z, 0 \leq x + y + z \leq 1, 0 < m, 0 \leq n, 0 < m + n \leq 1$) layer, and an electrode 22 formed on a substrate. The oxygen concentration of the surface of the p-type $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{B}_{1-x-y-z}\text{N}_m\text{P}_n\text{As}_{1-m-n}$ layer is $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ or lower.

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

裝

訂

線

六、申請專利範圍

1. 一種氮系半導體裝置，包括：

— 基板；

複數氮系半導體層，堆疊於該基板上；

— p 型 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{B}_{1-x-y-z}\text{N}_m\text{P}_n\text{As}_{1-m-n}$ ($0 \leq x$, $0 \leq y$, $0 \leq z$, $0 \leq x + y + z \leq 1$, $0 < m$, $0 \leq n$, $0 < m + n \leq 1$) 層，包含於該複數氮系半導體層中，並形成爲一最上層；

— p 側電極，形成於該 p 型 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{B}_{1-x-y-z}\text{N}_m\text{P}_n\text{As}_{1-m-n}$ 層之一表面上；

— n 型 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{B}_{1-x-y-z}\text{N}_m\text{P}_n\text{As}_{1-m-n}$ ($0 \leq x$, $0 \leq y$, $0 \leq z$, $0 \leq x + y + z \leq 1$, $0 < m$, $0 \leq n$, $0 < m + n \leq 1$) 層，包含於該複數氮化系半導體層中，並形成於比該 p 型 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{B}_{1-x-y-z}\text{N}_m\text{P}_n\text{As}_{1-m-n}$ 層更靠近該基板之位置；

— n 側電極，設在該基板與該複數氮系半導體層之一的至少其中之一上，以形成一自該 p 側電極經 p 型

$\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{B}_{1-x-y-z}\text{N}_m\text{P}_n\text{As}_{1-m-n}$ 層與該 n 型

$\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{B}_{1-x-y-z}\text{N}_m\text{P}_n\text{As}_{1-m-n}$ 層伸延之電流路徑；

其中該 p 型 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{B}_{1-x-y-z}\text{N}_m\text{P}_n\text{As}_{1-m-n}$ 層之一表面附近之氧濃度爲 $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 或更低。

2. 如申請專利範圍第 1 項之氮系半導體裝置，其中自最上層朝該基板之深度 200 nm 或更深的氧濃度實質上均勻而爲 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 或更少。

3. 如申請專利範圍第 1 項之氮系半導體裝置，其中

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

線

六、申請專利範圍

進一步包括：

一活性層，由一氮系半導體組成，與該 p 型 $In_xAl_yGa_zB_{1-x-y-z}N_mP_nAs_{1-m-n}$ ($0 \leq x, 0 \leq y, 0 \leq z, 0 \leq x + y + z \leq 1, 0 < m, 0 \leq n, 0 < m + n \leq 1$) 層之另一表面接觸，此另一表面與其上形成有該 p 側電極之一表面相對；

一氮系 n 型半導體層，與該活性層之一表面接觸，此表面與其上形成有該 p 型 $In_xAl_yGa_zB_{1-x-y-z}N_mP_nAs_{1-m-n}$ 層之另一表面相對；以及

一雙異質構造，包含有該 p 型 $In_xAl_yGa_zB_{1-x-y-z}N_mP_nAs_{1-m-n}$ 層、該活性層與該 n 型半導體層；

其中該 p 型 $In_xAl_yGa_zB_{1-x-y-z}N_mP_nAs_{1-m-n}$ 層包括至少二層，且一 p 型 $In_xAl_yGa_zB_{1-x-y-z}N_mP_nAs_{1-m-n}$ ($0 < x \leq 0.3, 0 \leq y, 0 < z, 0 \leq x + y + z \leq 1, 0 < m, 0 \leq n, 0 < m + n \leq 1$) 為該二層之最上層。

4. 如申請專利範圍第 3 項之氮系半導體裝置，其中進一步包括一 p 型 $In_sAl_qGa_rB_{1-s-q-r}N_mP_nAs_{1-m-n}$ ($0 \leq s < 0.3, s < x, 0 \leq q, 0 \leq r, 0 \leq s + q + r \leq 1, 0 < m, 0 \leq n, 0 < m + n \leq 1$) 層，形成於該最上層之 p 型 $In_xAl_yGa_zB_{1-x-y-z}N_mP_nAs_{1-m-n}$ 層與該活性層一側之該 p 型 $In_xAl_yGa_zB_{1-x-y-z}N_mP_nAs_{1-m-n}$ 層之間。

5. 如申請專利範圍第 3 項之氮系半導體裝置，其中該 p 型 $In_xAl_yGa_zB_{1-x-y-z}N_mP_nAs_{1-m-n}$ ($0 < x \leq 0.3, 0 \leq$

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

線

六、申請專利範圍

y , $0 \leq x$, $0 < x + y + z \leq 1$, $0 < m$, $0 \leq n$, $0 < m + n \leq 1$) 層之厚度在 50 nm 至 1500 nm 範圍內。

6 . 如申請專利範圍第 1 項之氮系半導體裝置，其中該 p 型 $In_xAl_yGa_zB_{1-x-y-z}N_mP_nAs_{1-m-n}$ 層包含至少二層，該二層之一最上層為 p 型 $In_xAl_yGa_zB_{1-x-y-z}N_mP_nAs_{1-m-n}$ ($0 < x \leq 0.3$, $0 \leq y$, $0 \leq z$, $0 < x + y + z \leq 1$, $0 < m$, $0 \leq n$, $0 < m + n \leq 1$) 層，且該二層各含鎂與鋅二者之一。

7 . 如申請專利範圍第 6 項之氮系半導體裝置，其中進一步包括一 p 型 $In_sAl_qGa_rB_{1-s-q-r}N_mP_nAs_{1-m-n}$ ($0 \leq s < 0.3$, $s < x$, $0 \leq q$, $0 \leq r$, $0 \leq s + q + r \leq 1$, $0 < m$, $0 \leq n$, $0 < m + n \leq 1$) 層，形成於該最上層之該 p 型 $In_xAl_yGa_zB_{1-x-y-z}N_mP_nAs_{1-m-n}$ 層與該 n 型層一側之 p 型 $In_xAl_yGa_zB_{1-x-y-z}N_mP_nAs_{1-m-n}$ 層之間。

8 . 一種氮系半導體裝置，包括：

一基板；

複數氮系半導體層，堆疊於該基板上；

一 p 型 $In_xAl_yGa_zB_{1-x-y-z}N_mP_nAs_{1-m-n}$ ($0 \leq x$, $0 \leq y$, $0 \leq z$, $0 \leq x + y + z \leq 1$, $0 < m$, $0 \leq n$, $0 < m + n \leq 1$) 層，包含於該複數氮系半導體層中，並形成為一最上層；

一 p 側電極，形成於該 p 型 $In_xAl_yGa_zB_{1-x-y-z}N_mP_nAs_{1-m-n}$ 層之一表面上；

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

線

六、申請專利範圍

— n 型 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{B}_{1-x-y-z}\text{N}_m\text{P}_n\text{As}_{1-m-n}$ ($0 \leq x$, $0 \leq y$, $0 \leq z$, $0 \leq x + y + z \leq 1$, $0 < m$, $0 \leq n$, $0 < m + n \leq 1$) 層，包含於該複數氮化系半導體層中，並形成於比該 p 型 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{B}_{1-x-y-z}\text{N}_m\text{P}_n\text{As}_{1-m-n}$ 層更靠近該基板之位置；

— n 側電極，設在該基板與該複數氮系半導體層之一的至少其中之一上，以形成一自該 p 側電極經 p 型 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{B}_{1-x-y-z}\text{N}_m\text{P}_n\text{As}_{1-m-n}$ 層與該 n 型 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{B}_{1-x-y-z}\text{N}_m\text{P}_n\text{As}_{1-m-n}$ 層伸延之電流路徑；

其中該 p 型 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{B}_{1-x-y-z}\text{N}_m\text{P}_n\text{As}_{1-m-n}$ 層之一表面附近的氧濃度之最大值為表面內氧濃度平均值的五倍或更少倍。

9. 一種氮系半導體裝置，包括：

— 基板；

複數氮系半導體層，堆疊於該基板上；

— p 型 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{B}_{1-x-y-z}\text{N}_m\text{P}_n\text{As}_{1-m-n}$ ($0 \leq x$, $0 \leq y$, $0 \leq z$, $0 \leq x + y + z \leq 1$, $0 < m$, $0 \leq n$, $0 < m + n \leq 1$) 層，包含於該複數氮系半導體層中，並形成為一最上層；

— p 側電極，形成於該 p 型 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{B}_{1-x-y-z}\text{N}_m\text{P}_n\text{As}_{1-m-n}$ 層之一表面上；

— n 型 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{B}_{1-x-y-z}\text{N}_m\text{P}_n\text{As}_{1-m-n}$ ($0 \leq x$, $0 \leq y$, $0 \leq z$, $0 \leq x + y + z \leq 1$, $0 < m$, $0 \leq n$, $0 < m + n \leq 1$) 層，包含於該複數氮化系半導體層中，並形成

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

線

六、申請專利範圍

於比該 p 型 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{B}_{1-x-y-z}\text{N}_m\text{P}_n\text{As}_{1-m-n}$ 層更靠近該基板之位置；

一 n 側電極，設在該基板與該複數氮系半導體層之一的至少其中之一上，以形成一自該 p 側電極經 p 型

$\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{B}_{1-x-y-z}\text{N}_m\text{P}_n\text{As}_{1-m-n}$ 層與該 n 型

$\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{B}_{1-x-y-z}\text{N}_m\text{P}_n\text{As}_{1-m-n}$ 層伸延之電流路徑；

其中該 p 型 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{B}_{1-x-y-z}\text{N}_m\text{P}_n\text{As}_{1-m-n}$ 層之一表面附近之碳濃度為 $5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 或更低。

10. 如申請專利範圍第 9 項之氮系半導體裝置，其中自最上層朝該基板深 200 nm 或更深的碳濃度實質上均勻而為 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 或更低。

11. 如申請專利範圍第 9 項之氮系半導體裝置，其中進一步包括：

一活性層，由一氮系半導體裝置，與該 p 型

$\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{B}_{1-x-y-z}\text{N}_m\text{P}_n\text{As}_{1-m-n}$ ($0 \leq x, 0 \leq y, 0 \leq z, 0 \leq x + y + z \leq 1, 0 < m, 0 \leq n, 0 < m + n \leq 1$)

層之另一表面接觸，此另一表面與其上形成有該 p 側電極之一表面相對；

一氮系 n 型半導體層，與該活性層之一表面接觸，此表面與其上形成有該 p 型 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{B}_{1-x-y-z}\text{N}_m\text{P}_n\text{As}_{1-m-n}$ 層之另一表面相對；以及

一雙異質構造，包含有該 p 型

$\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{B}_{1-x-y-z}\text{N}_m\text{P}_n\text{As}_{1-m-n}$ 層、該活性層與該 n 型半導體層

六、申請專利範圍

其中該 p 型 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{B}_{1-x-y-z}\text{N}_m\text{P}_n\text{As}_{1-m-n}$ 層包括至少二層，且該二層之最上層為一 p 型 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{B}_{1-x-y-z}\text{N}_m\text{P}_n\text{As}_{1-m-n}$ ($0 < x \leq 0.3$, $0 \leq y$, $0 \leq z$, $0 < x + y + z \leq 1$, $0 < m$, $0 \leq n$, $0 < m + n \leq 1$) 層。

1 2 . 如申請專利範圍第 1 1 項之氮系半導體裝置，其中進一步包括一 p 型 $\text{In}_s\text{Al}_q\text{Ga}_r\text{B}_{1-s-q-r}\text{N}_m\text{P}_n\text{As}_{1-m-n}$ ($0 \leq s < 0.3$, $s < x$, $0 \leq q$, $0 \leq r$, $0 \leq s + q + r \leq 1$, $0 < m$, $0 \leq n$, $0 < m + n \leq 1$) 層，形成於最上層之該 p 型 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{B}_{1-x-y-z}\text{N}_m\text{P}_n\text{As}_{1-m-n}$ 層與該活性層一側之該 p 型 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{B}_{1-x-y-z}\text{N}_m\text{P}_n\text{As}_{1-m-n}$ 層之間。

1 3 . 如申請專利範圍第 1 1 項之氮系半導體裝置，其中該 p 型 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{B}_{1-x-y-z}\text{N}_m\text{P}_n\text{As}_{1-m-n}$ ($0 < x \leq 0.3$, $0 \leq y$, $0 \leq z$, $0 < x + y + z \leq 1$, $0 < m$, $0 \leq n$, $0 < m + n \leq 1$) 層之厚度在 50 nm 至 1500 nm 範圍內。

1 4 . 如申請專利範圍第 9 項之氮系半導體裝置，其中該 p 型 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{B}_{1-x-y-z}\text{N}_m\text{P}_n\text{As}_{1-m-n}$ 層包括至少二者，該二層之一最上層為 p 型 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{B}_{1-x-y-z}\text{N}_m\text{P}_n\text{As}_{1-m-n}$ ($0 < x \leq 0.3$, $0 \leq y$, $0 \leq z$, $0 < x + y + z \leq 1$, $0 < m$, $0 \leq n$, $0 < m + n \leq 1$) 層，且該二層各含有鎂與鋅二者之一。

1 5 . 如申請專利範圍第 1 4 項之氮系半導體裝置，其中進一步包括一 p 型 $\text{In}_s\text{Al}_q\text{Ga}_r\text{B}_{1-s-q-r}\text{N}_m\text{P}_n\text{As}_{1-m-n}$ ($0 \leq s < 0.3$, $s < x$, $0 \leq q$, $0 \leq r$, $0 \leq s + q + r \leq 1$

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

線

六、申請專利範圍

， $0 < m$ ， $0 \leq n$ ， $0 < m + n \leq 1$) 層，形成於一最上層之 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{Bi}_{1-x-y-z}\text{N}_m\text{P}_n\text{As}_{1-m-n}$ 層與該 n 型層一側之該 p 型 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{Bi}_{1-x-y-z}\text{N}_m\text{P}_n\text{As}_{1-m-n}$ 層之間。

16. 一種氮系半導體裝置，包括：

一基板；

複數氮系半導體層，堆疊於該基板上；

一 p 型 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{Bi}_{1-x-y-z}\text{N}_m\text{P}_n\text{As}_{1-m-n}$ ($0 \leq x$ ， $0 \leq y$ ， $0 \leq z$ ， $0 \leq x + y + z \leq 1$ ， $0 < m$ ， $0 \leq n$ ， $0 < m + n \leq 1$) 層，包含於該複數氮系半導體層中，並形成爲一最上層；

一 p 側電極，形成於該 p 型 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{Bi}_{1-x-y-z}\text{N}_m\text{P}_n\text{As}_{1-m-n}$ 層之一表面上；

一 n 型 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{Bi}_{1-x-y-z}\text{N}_m\text{P}_n\text{As}_{1-m-n}$ ($0 \leq x$ ， $0 \leq y$ ， $0 \leq z$ ， $0 \leq x + y + z \leq 1$ ， $0 < m$ ， $0 \leq n$ ， $0 < m + n \leq 1$) 層，包含於該複數氮化系半導體層中，並形成於比該 p 型 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{Bi}_{1-x-y-z}\text{N}_m\text{P}_n\text{As}_{1-m-n}$ 層更靠近該基板之位置；

一 n 側電極，設在該基板與該複數氮系半導體層之一的至少其中之一上，以形成一自該 p 側電極經 p 型 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{Bi}_{1-x-y-z}\text{N}_m\text{P}_n\text{As}_{1-m-n}$ 層與該 n 型 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{Bi}_{1-x-y-z}\text{N}_m\text{P}_n\text{As}_{1-m-n}$ 層伸延之電流路徑；

其中該 p 型 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{Bi}_{1-x-y-z}\text{N}_m\text{P}_n\text{As}_{1-m-n}$ 層之一表面附近之碳濃度最大值爲表面內碳濃度平均值之五倍或更少倍。

17. 一種氮系半導體裝置之製造方法，所包括之步

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

線

六、申請專利範圍

驟為：

以金屬有機化學汽相淀積法形成一 n 型

$In_xAl_yGa_zB_{1-x-y-z}N_mP_nAs_{1-m-n}$ ($0 \leq x, 0 \leq y, 0 \leq z, 0 \leq x + y + z \leq 1, 0 < m, 0 \leq n, 0 < m + n \leq 1$)

層於一基板上；

於形成該 n 型 $In_xAl_yGa_zB_{1-x-y-z}N_mP_nAs_{1-m-n}$ 層之後，形成至少一 p 型 $In_xAl_yGa_zB_{1-x-y-z}N_mP_nAs_{1-m-n}$ ($0 \leq x, 0 \leq y, 0 \leq z, 0 \leq x + y + z \leq 1, 0 < m, 0 \leq n, 0 < m + n \leq 1$) 層；該 p 型 $In_xAl_yGa_zB_{1-x-y-z}N_mP_nAs_{1-m-n}$ 層具有 $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 或更低的氧濃度於其表面附近；

形成一 p 側電極於該 p 型 $In_xAl_yGa_zB_{1-x-y-z}N_mP_nAs_{1-m-n}$ 層；以及

形成一 n 側電極於該基板，該 n 型

$In_xAl_yGa_zB_{1-x-y-z}N_mP_nAs_{1-m-n}$ 層與該 p 型

$In_xAl_yGa_zB_{1-x-y-z}N_mP_nAs_{1-m-n}$ 層之一上，以形成一至少自該 p 側電極經該 n 型 $In_xAl_yGa_zB_{1-x-y-z}N_mP_nAs_{1-m-n}$ 層與該 p 型

$In_xAl_yGa_zB_{1-x-y-z}N_mP_nAs_{1-m-n}$ 層伸延之電流路徑；

該 p 型 $In_xAl_yGa_zB_{1-x-y-z}N_mP_nAs_{1-m-n}$ 層以金屬有機化學汽相淀積法，使用至少二氣體來形成，此二氣體之一為原料氣體，含有一有機鎂化合物與氫，另一為主要係惰性氣體之載體氣體。

18. 如申請專利範圍第 17 項之方法，其中使用一氮氣來作為一主要載體氣體與該惰性氣體，且除了主要載體氣體外，將容量百分比在 0.05 與 20 之間的氫氣加

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

線

六、申請專利範圍

入一反應管內。

19. 如申請專利範圍第18項之方法，其中該氮氣之流速為該氫氣之流速之5至2000倍。

20. 如申請專利範圍第17項之方法，其中該p型 $In_xAl_yGa_zB_{1-x-y-z}N_mP_nAs_{1-m-n}$ 層以金屬有機化學汽相淀積法加入活性氮來形成。

21. 一種製造氮系半導體裝置之方法，所包括之步驟為：

以金屬有機化學汽相淀積法形成一n型

$In_xAl_yGa_zB_{1-x-y-z}N_mP_nAs_{1-m-n}$ ($0 \leq x$, $0 \leq y$, $0 \leq z$, $0 \leq x + y + z \leq 1$, $0 < m$, $0 \leq n$, $0 < m + n \leq 1$) 層於一基板上；

於形成該n型 $In_xAl_yGa_zB_{1-x-y-z}N_mP_nAs_{1-m-n}$ 層之後，形成至少一p型 $In_xAl_yGa_zB_{1-x-y-z}N_mP_nAs_{1-m-n}$ ($0 \leq x$, $0 \leq y$, $0 \leq z$, $0 \leq x + y + z \leq 1$, $0 < m$, $0 \leq n$, $0 < m + n \leq 1$) 層；該p型 $In_xAl_yGa_zB_{1-x-y-z}N_mP_nAs_{1-m-n}$ 層具有 $5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 或更低的碳濃度於其表面附近；

形成一p側電極於該p型 $In_xAl_yGa_zB_{1-x-y-z}N_mP_nAs_{1-m-n}$ 層；以及

形成一n側電極於該基板，該n型

$In_xAl_yGa_zB_{1-x-y-z}N_mP_nAs_{1-m-n}$ 層與該p型

$In_xAl_yGa_zB_{1-x-y-z}N_mP_nAs_{1-m-n}$ 層之一上，以形成一至少自該p側電極經該n型 $In_xAl_yGa_zB_{1-x-y-z}N_mP_nAs_{1-m-n}$ 層與該p型

$In_xAl_yGa_zB_{1-x-y-z}N_mP_nAs_{1-m-n}$ 層伸延之電流路徑；

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

號

六、申請專利範圍

該 p 型 $In_xAl_yGa_zB_{1-x-y-z}N_mP_nAs_{1-m-n}$ 層以金屬有機化學汽相淀積法，使用至少二氣體來形成，此二氣體之一為一含有機鎂化合物與氮之載體氣體，另一則為主要係一氮氣之載體氣體。

2 2 . 如申請專利範圍第 2 1 項之方法，其中該氮氣用來作為一主要載體氣體，且，除了主要載體氣體外，將容量百分比在 0 . 0 5 與 2 0 之間的氫氣加入一反應管內。

2 3 . 如申請專利範圍第 2 2 項之方法，其中該氮氣之流速為該氫氣流速之 5 至 2 0 0 0 倍。

2 4 . 如申請專利範圍第 2 1 項之方法，其中以金屬有機化學汽相淀積法加入活性氮來形成該 p 型 $In_xAl_yGa_zB_{1-x-y-z}N_mP_nAs_{1-m-n}$ 層。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

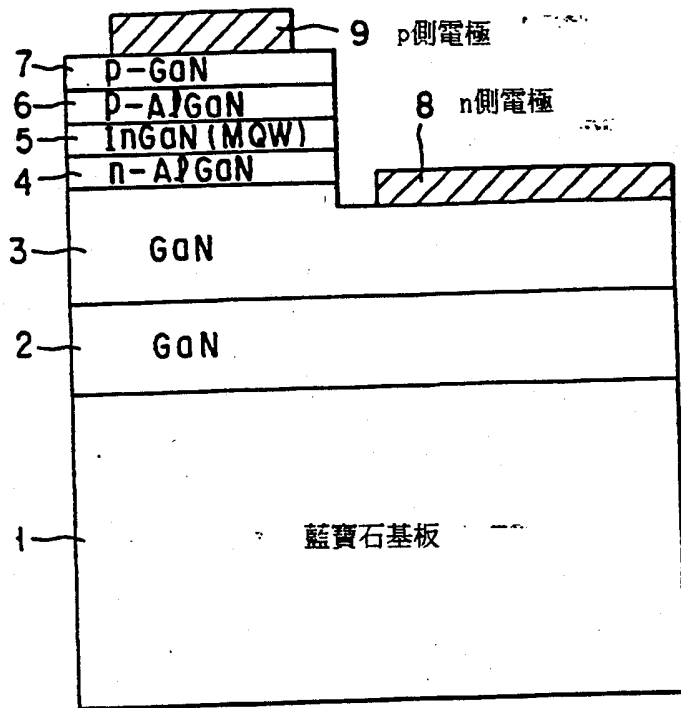
訂

線

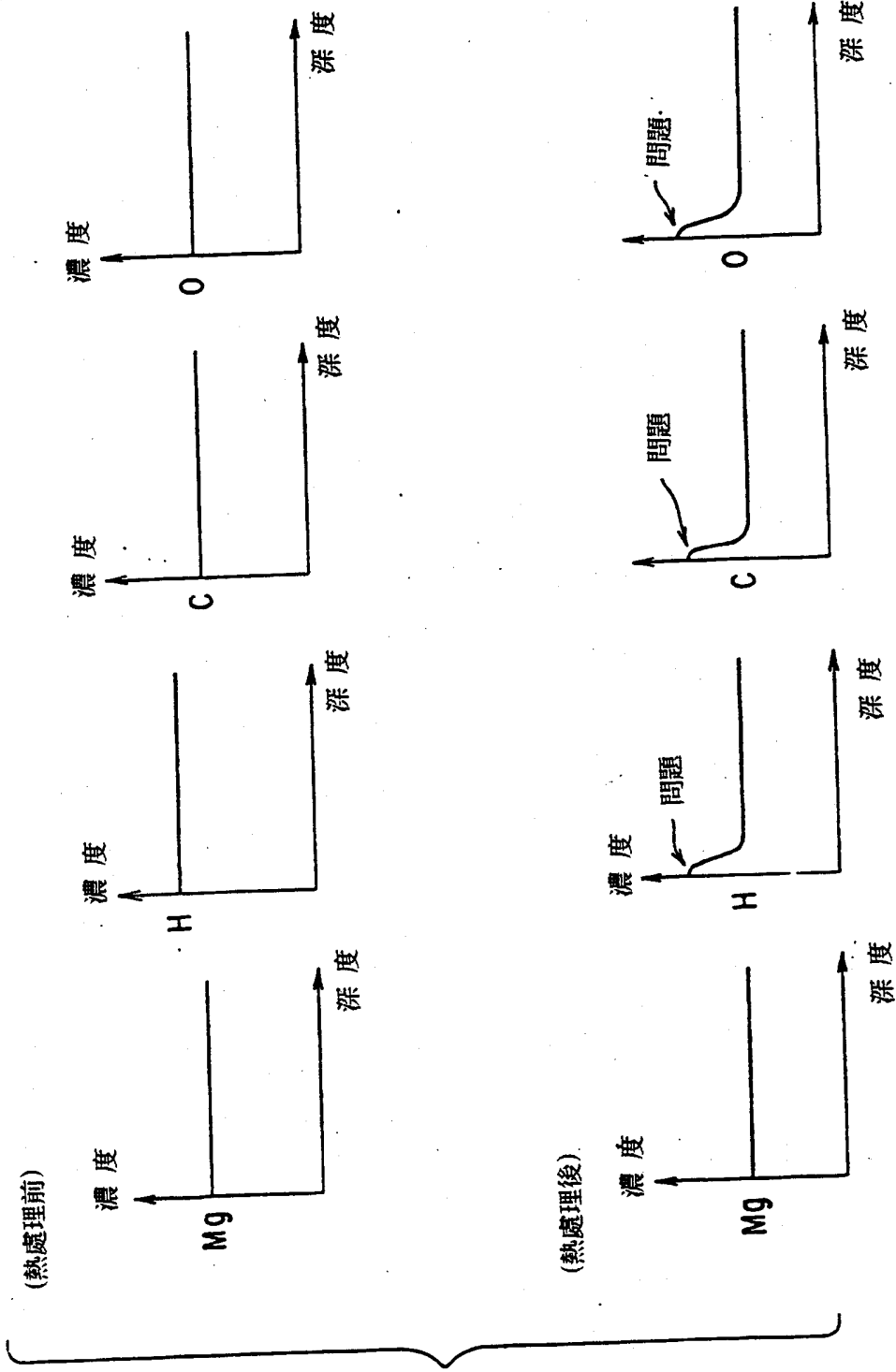
86112614

729271

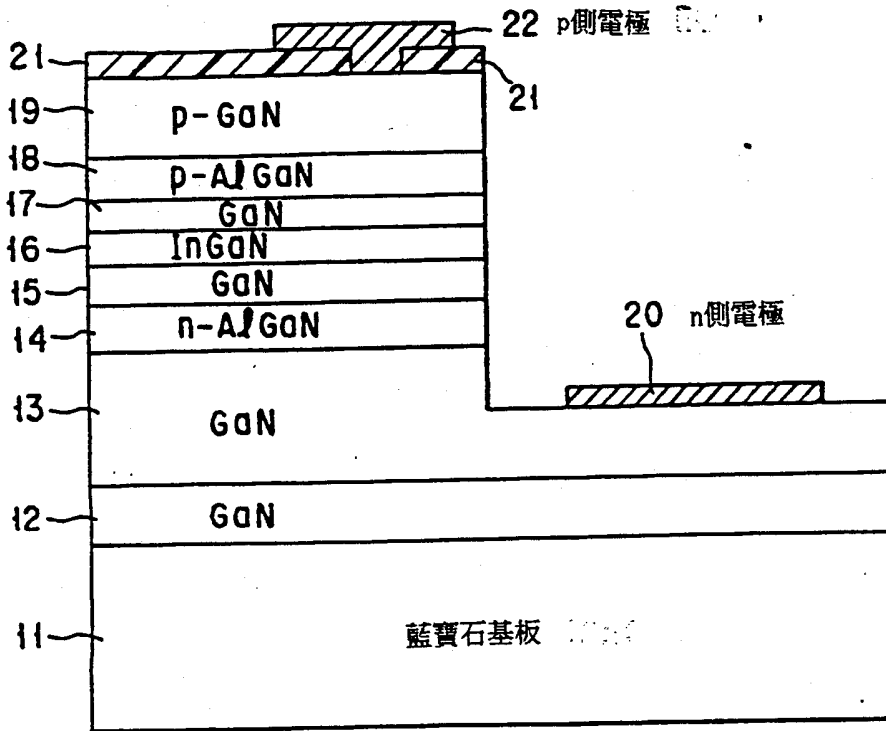
402735



第 1 圖 習知技術

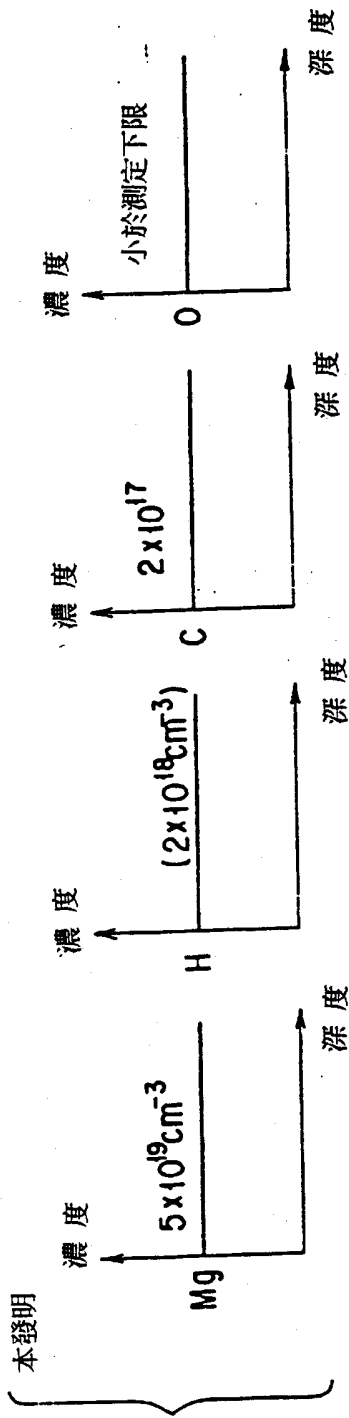


第2圖

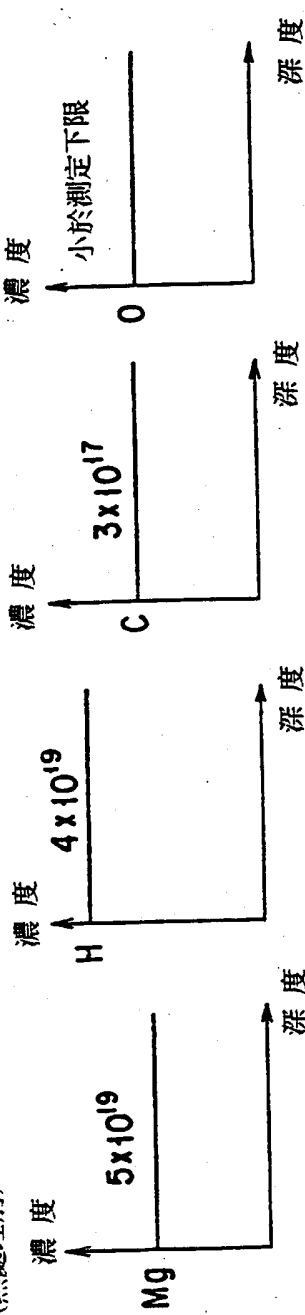


第 3 圖

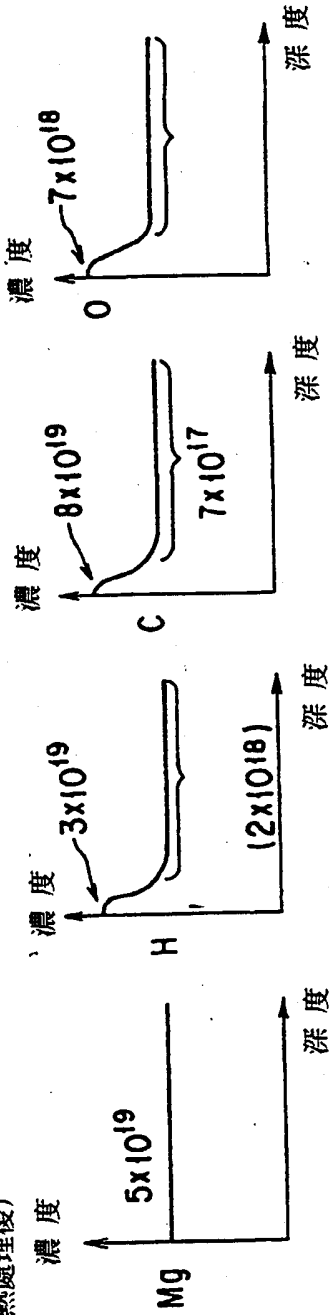
第4圖A



比較例
(熱處理前)

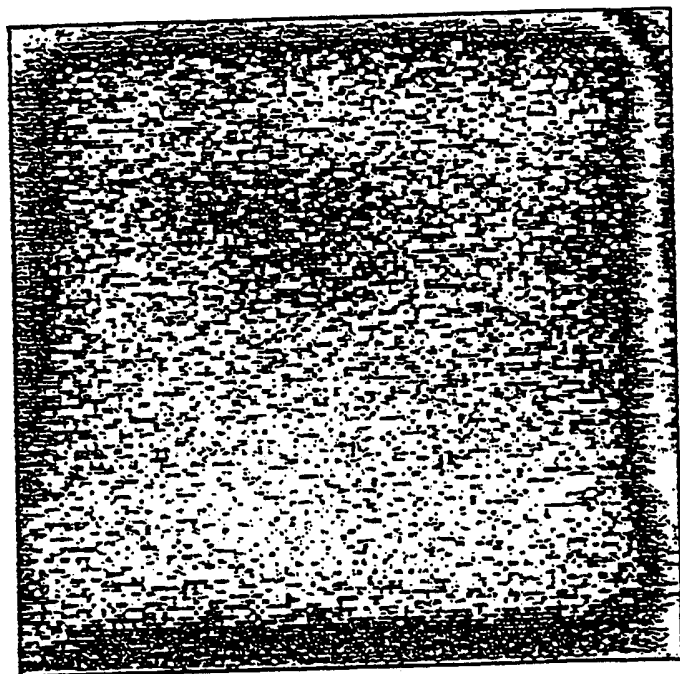
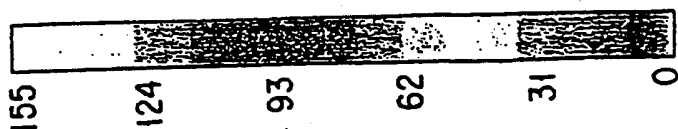


(熱處理後)



第4圖B

402735



C

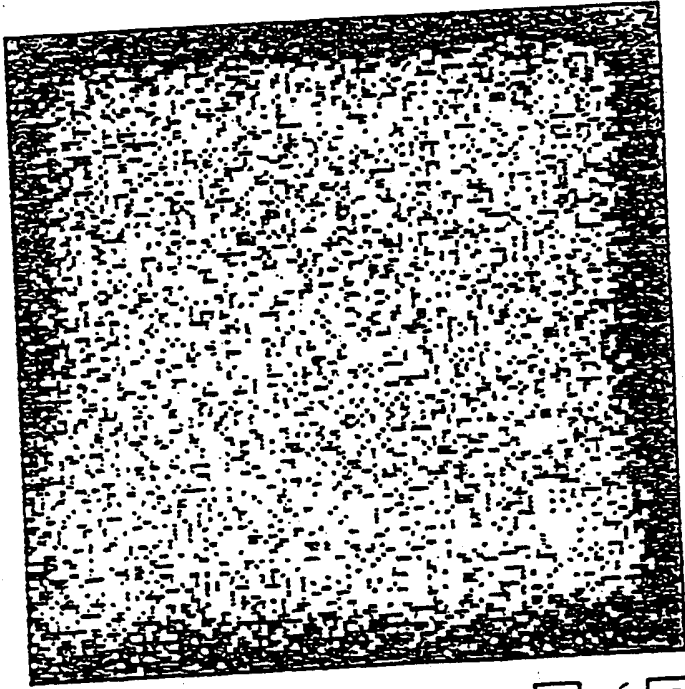
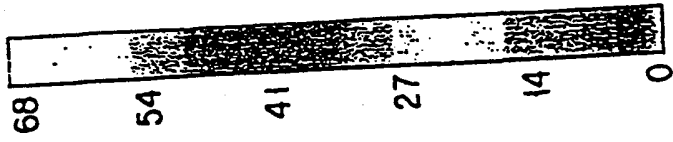
結團

4

結團大小

1

第5圖



0

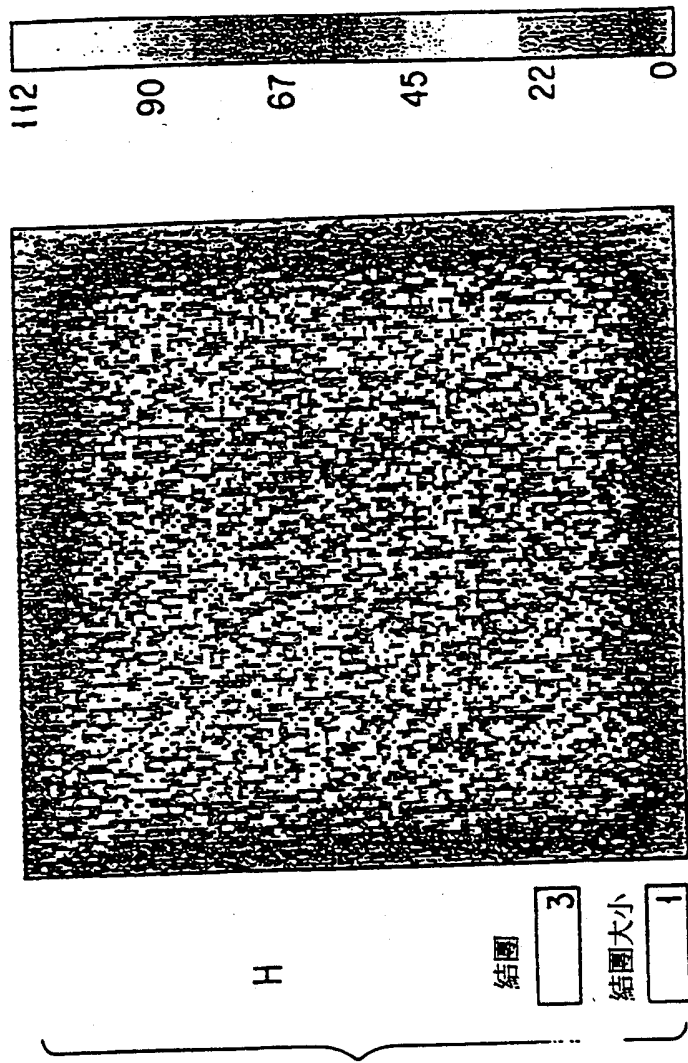
結團

3

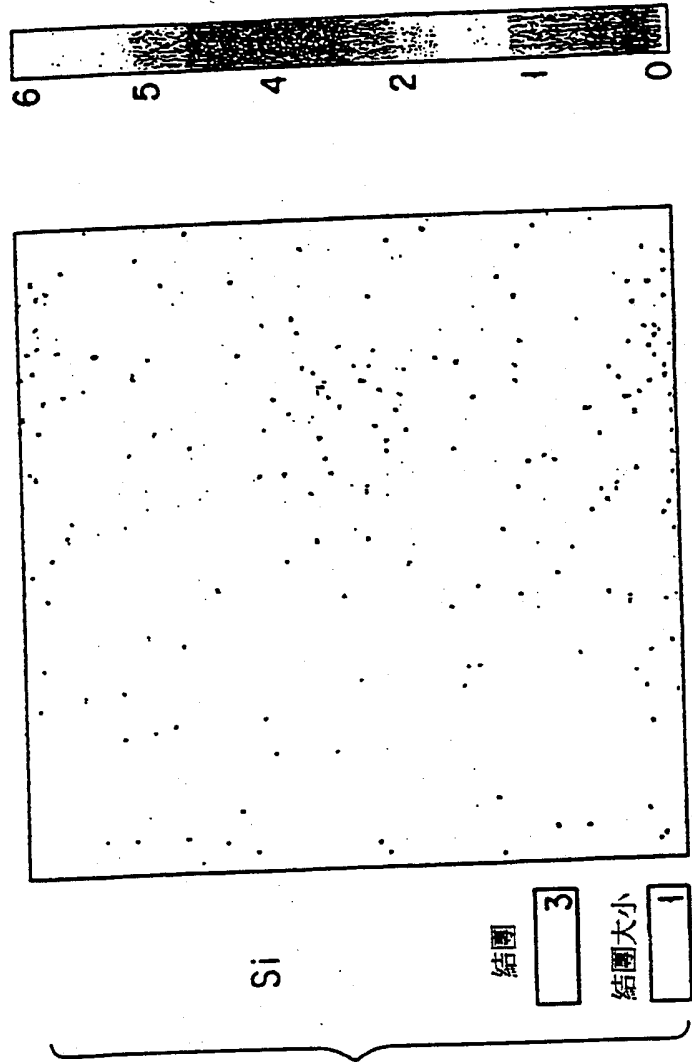
結團大小

1

第 6 圖



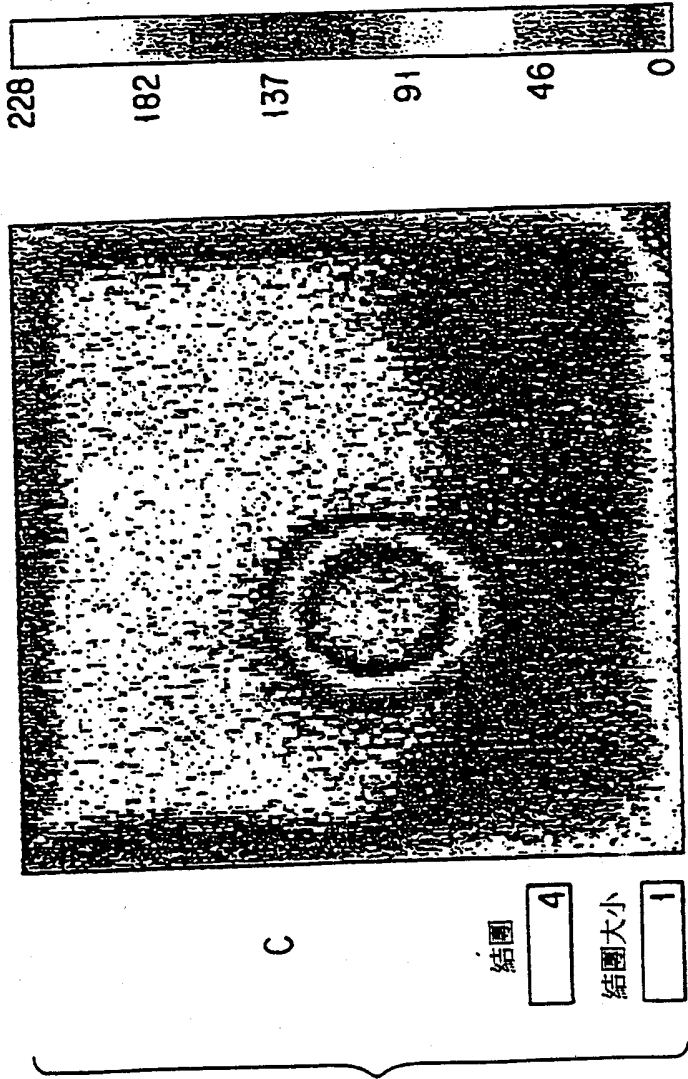
第7圖



第 8 圖

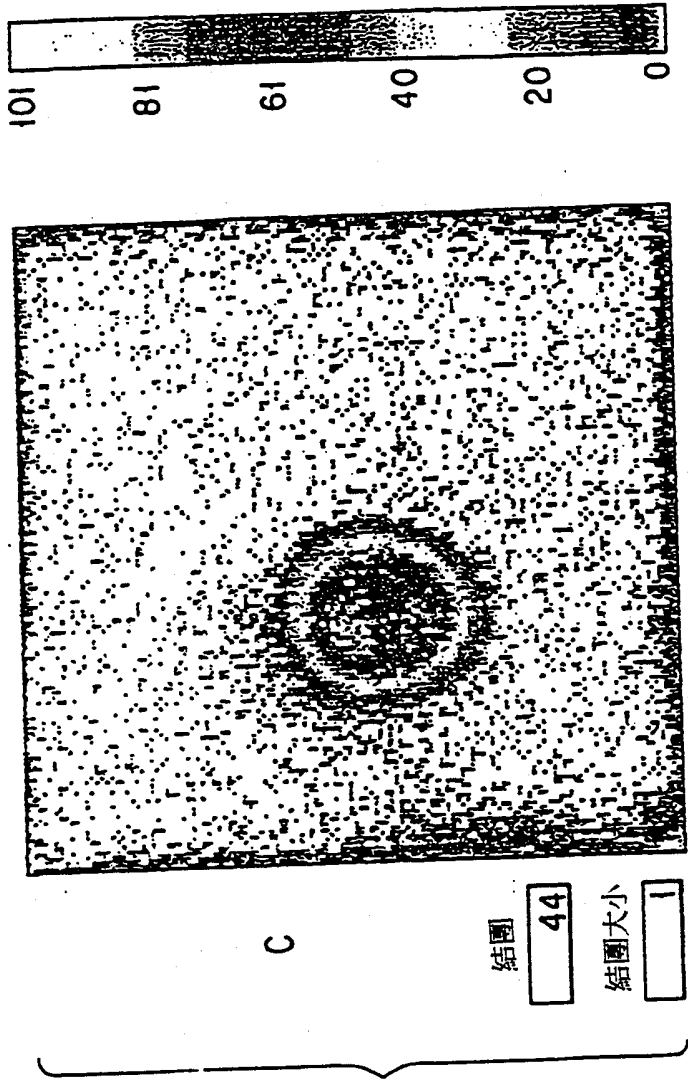
習知技術

第 9 圖 A

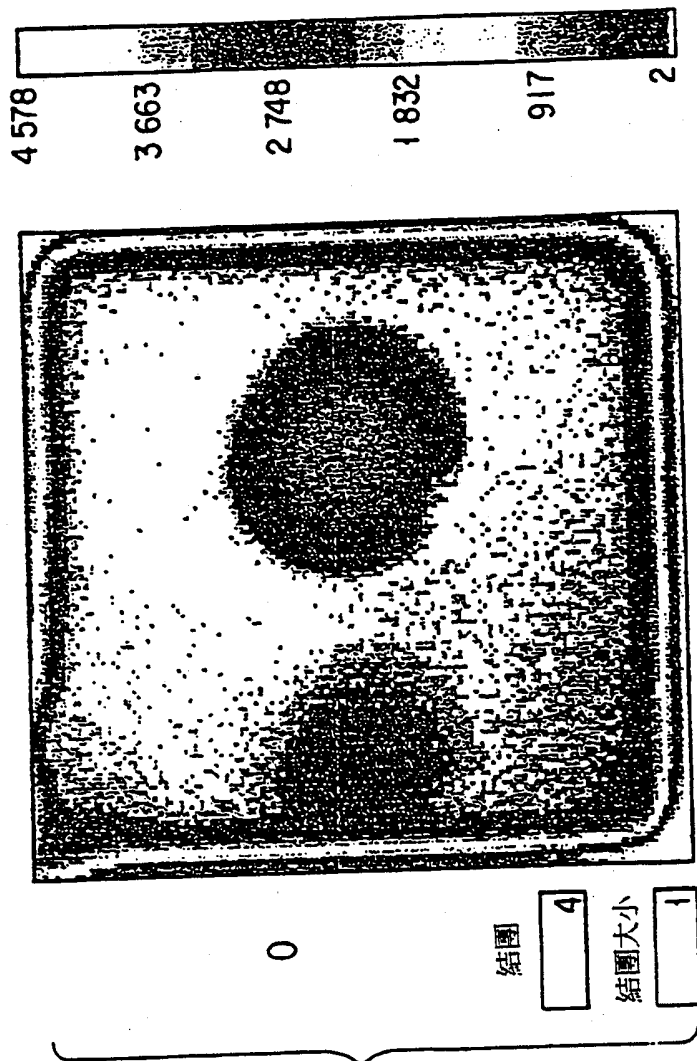


習知技術

第9圖B

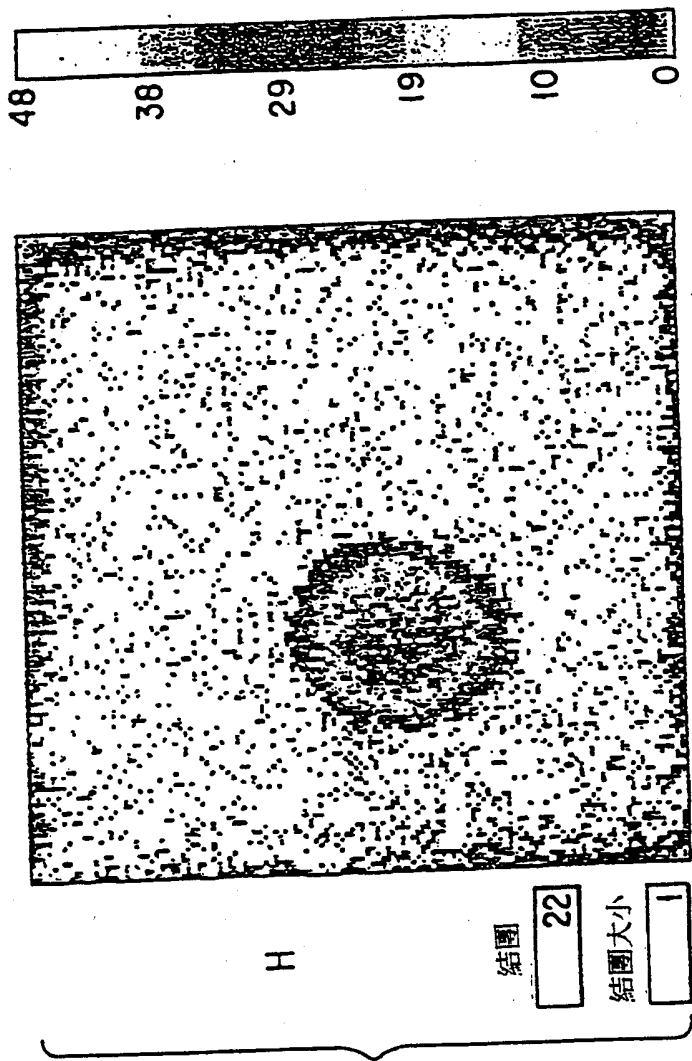


402735

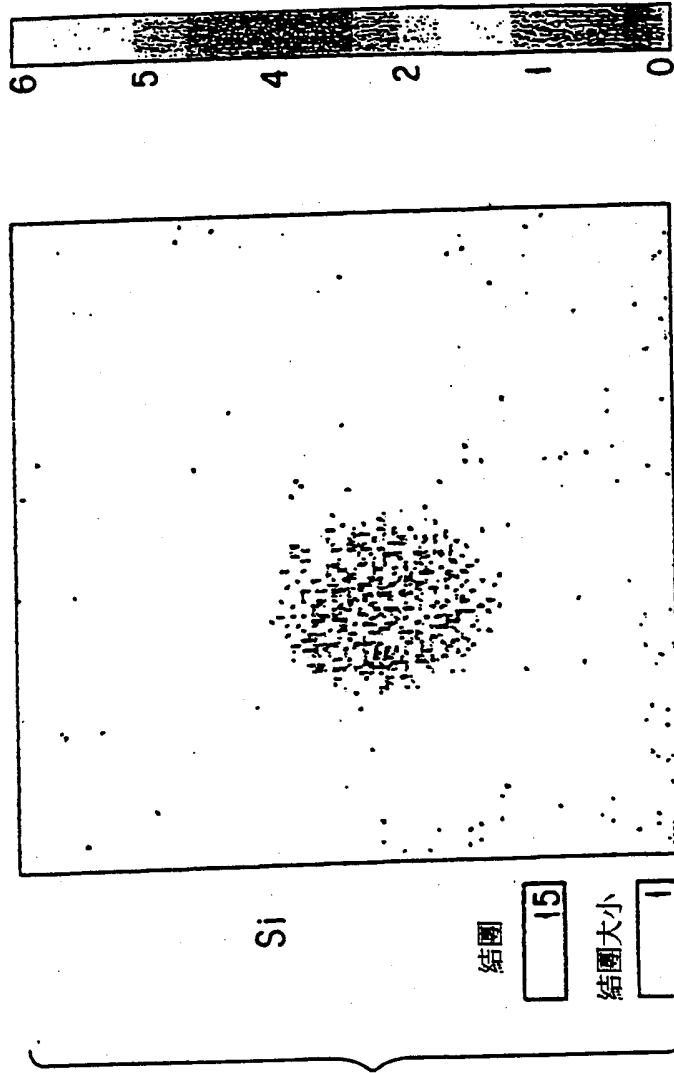


習知技術

第10圖



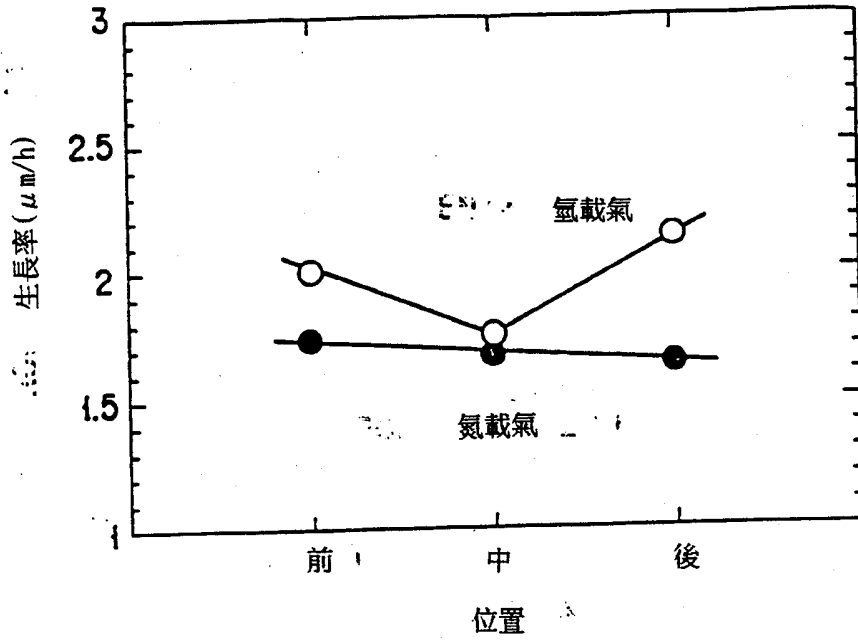
習知技術
第11圖



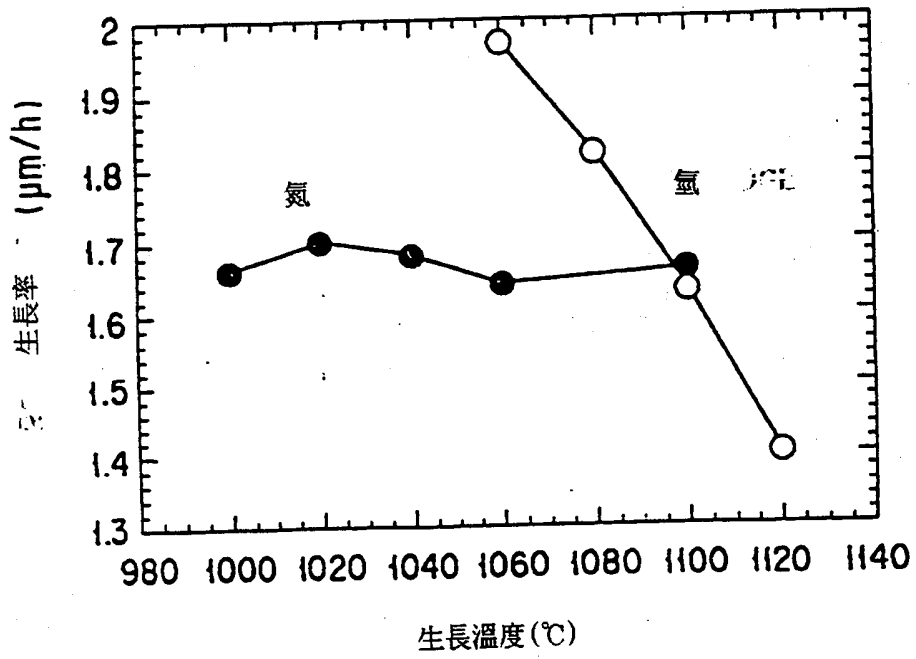
習知技術

第12圖

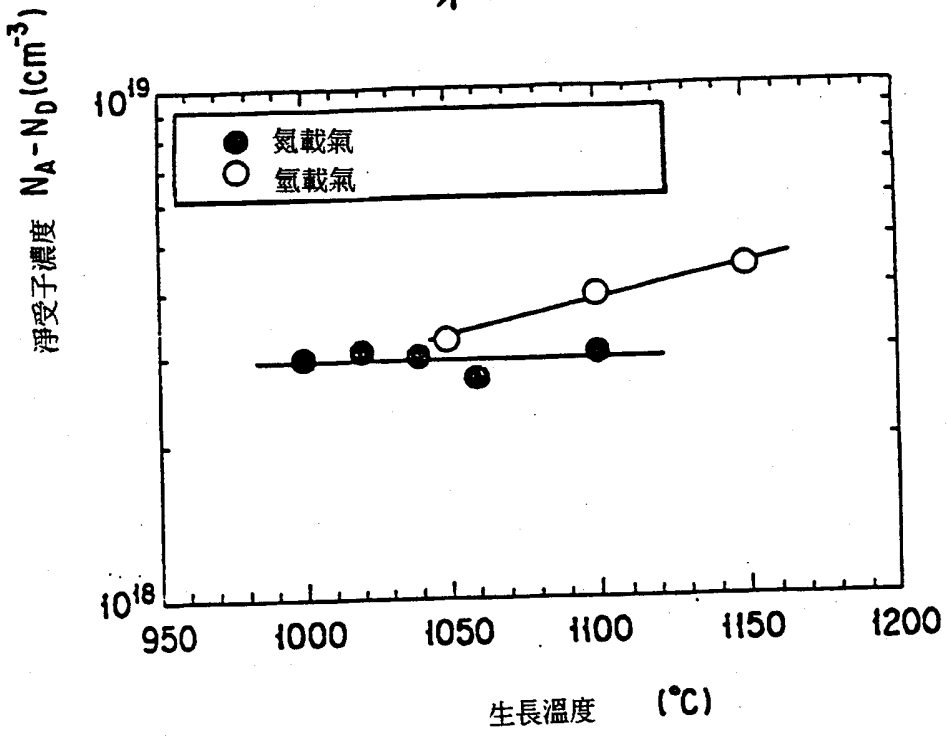
第13圖



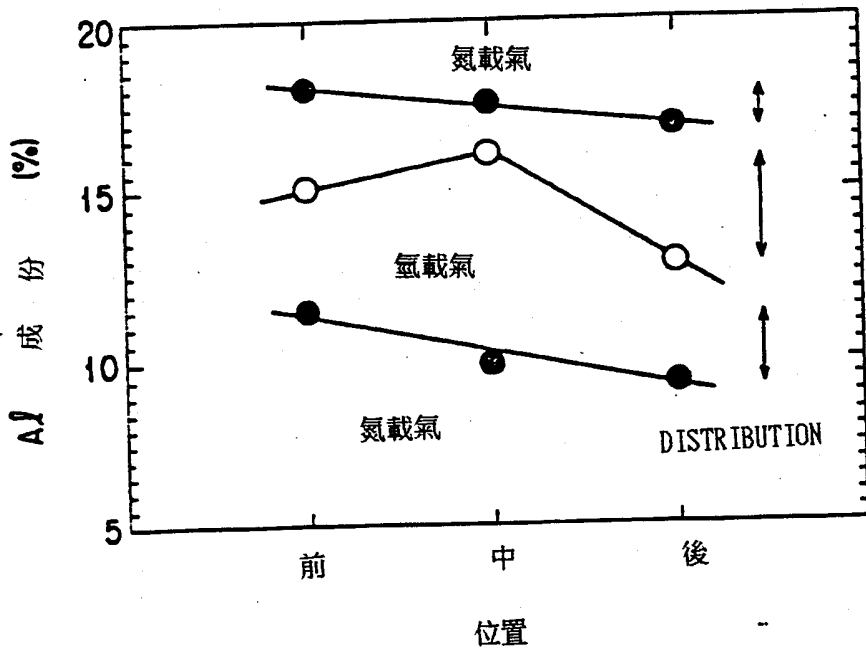
第14圖



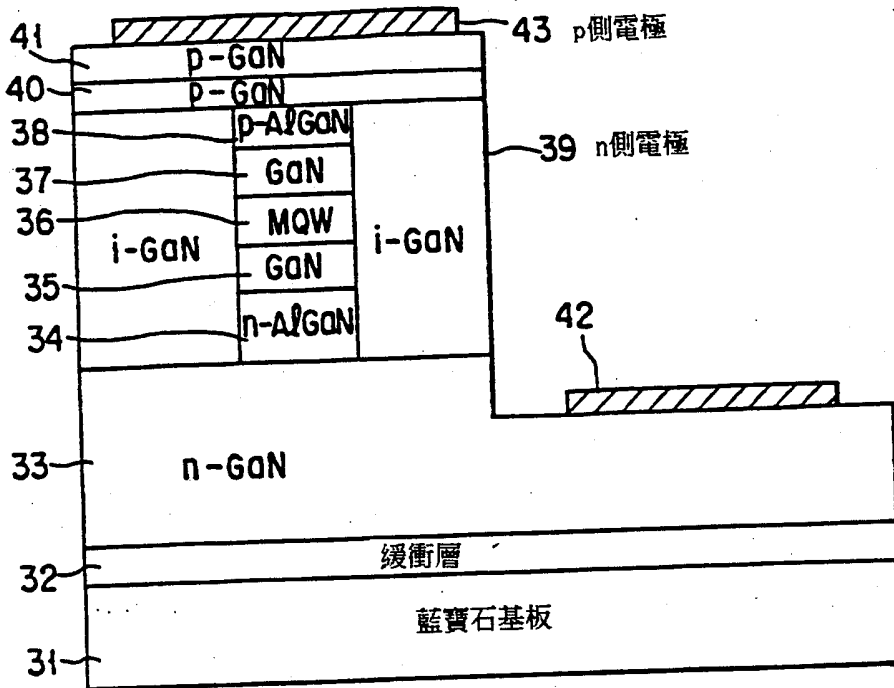
第15圖



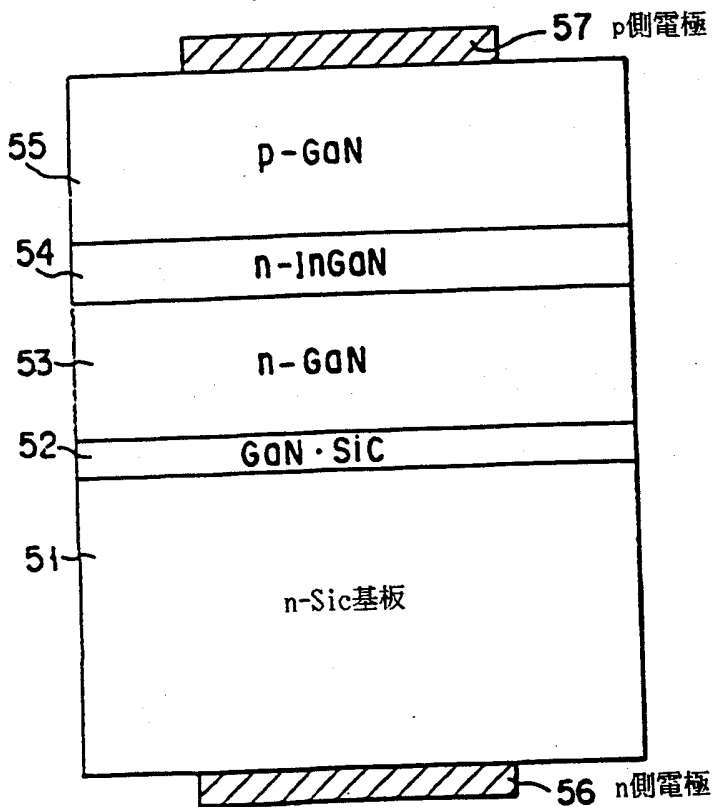
第16圖



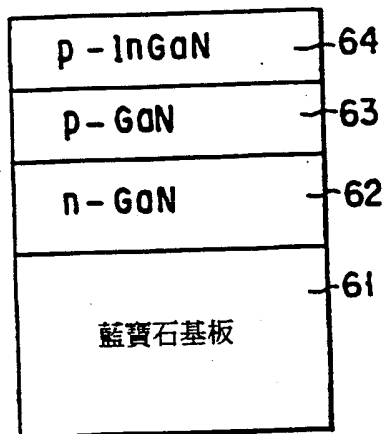
第17圖



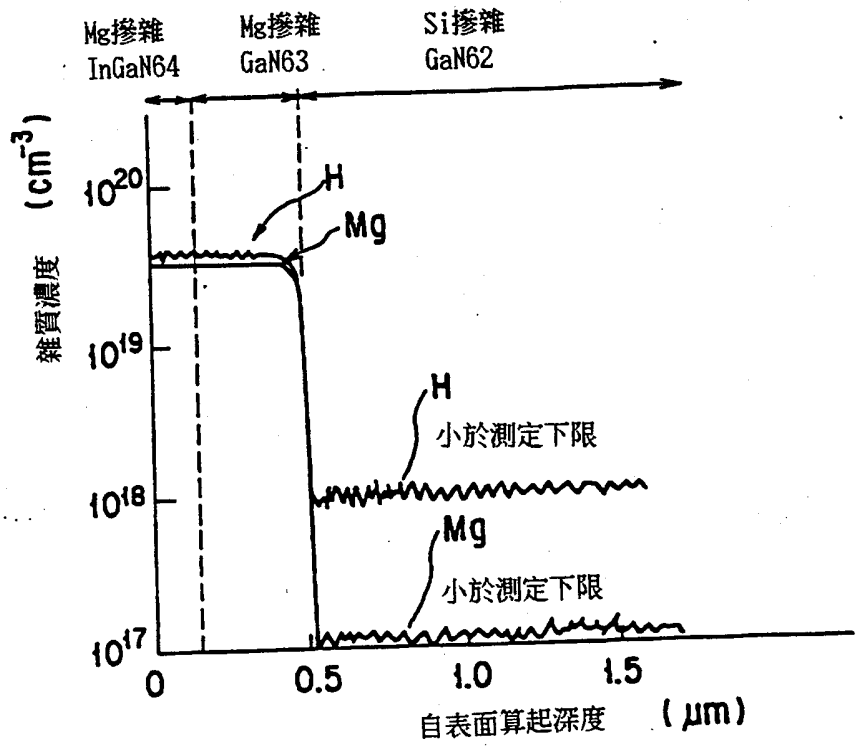
第18圖



第19圖

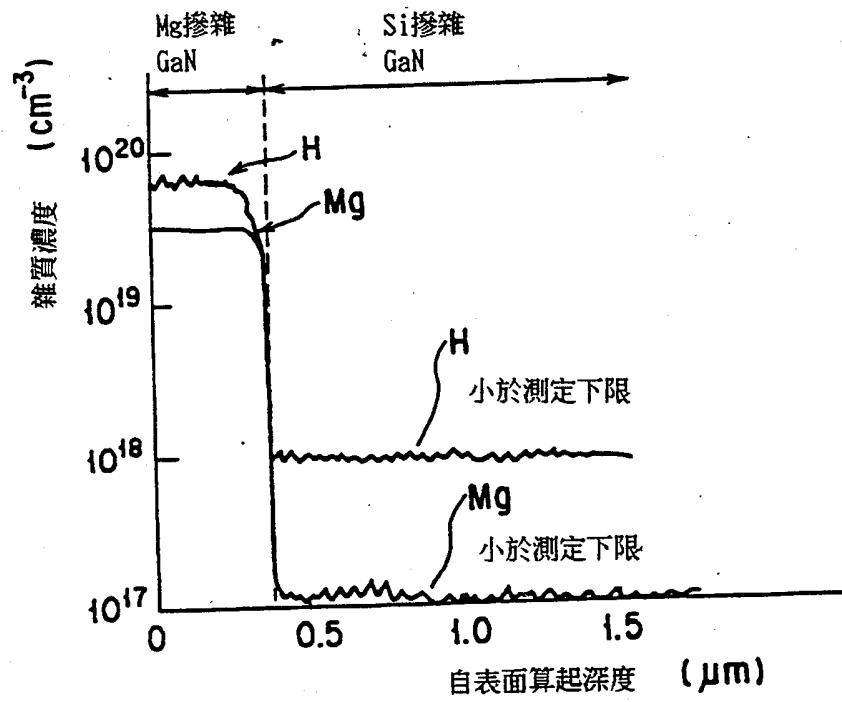


第20圖 A



第20圖 B

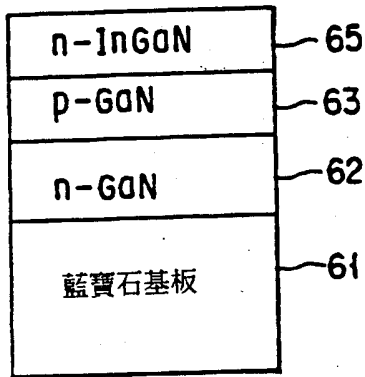
習知技術



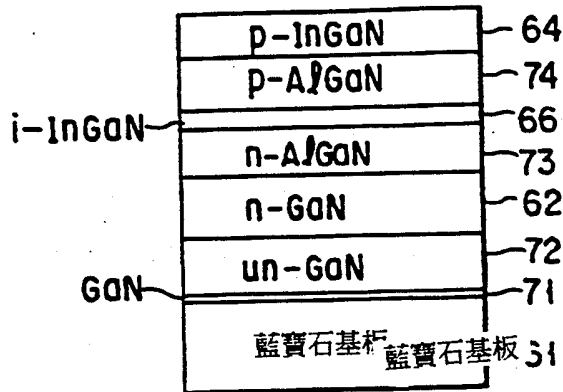
第21圖

	生長之受子濃度
第20A圖所示Mg摻雜GaN	$5.4 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$
第20B圖所示Mg摻雜GaN	小於測定下限 ($< 1 \times 10^{14} \text{cm}^{-3}$)

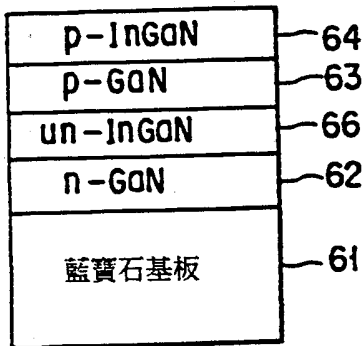
第22圖



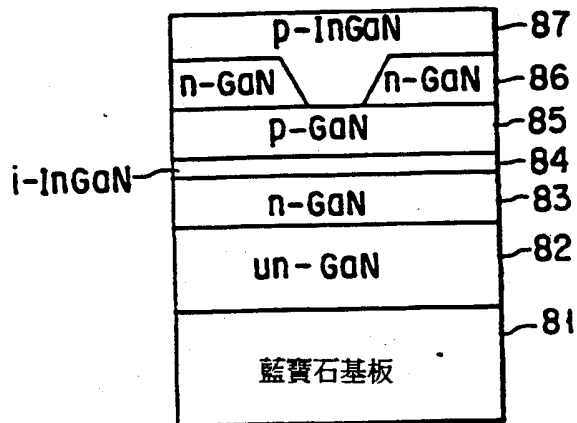
第24圖

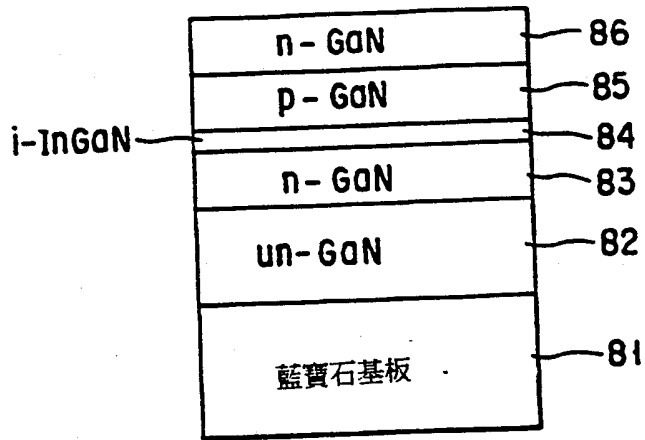


第23圖

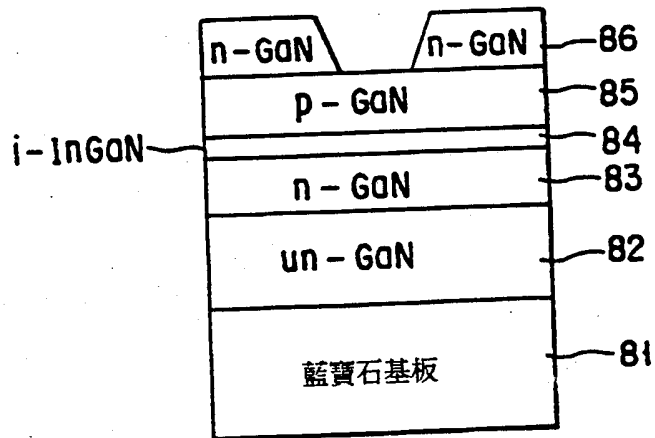


第25圖

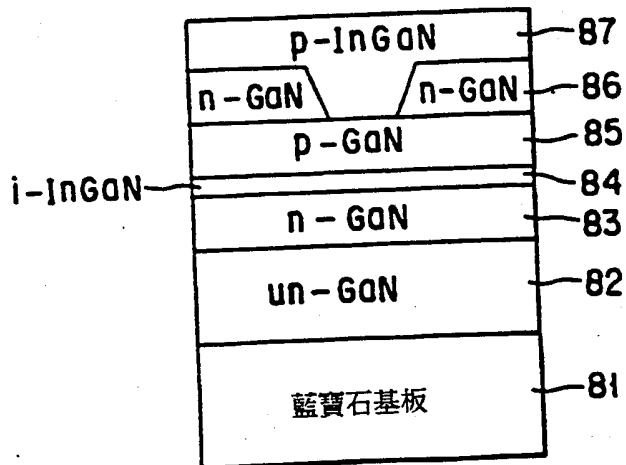




第26圖 A

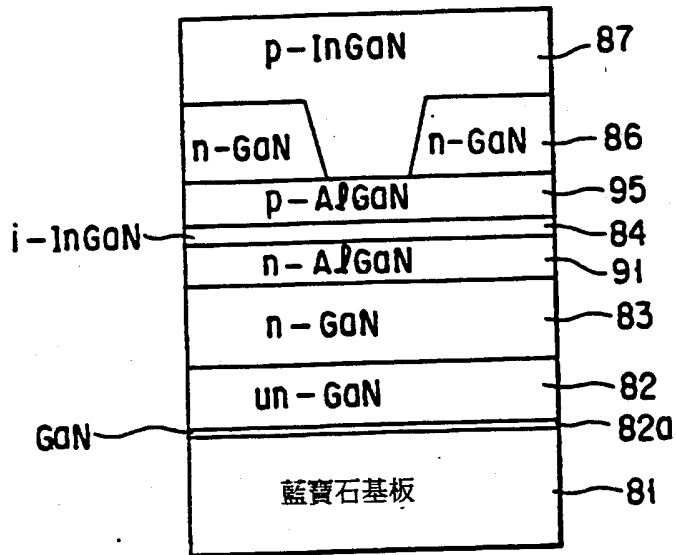


第26圖 B

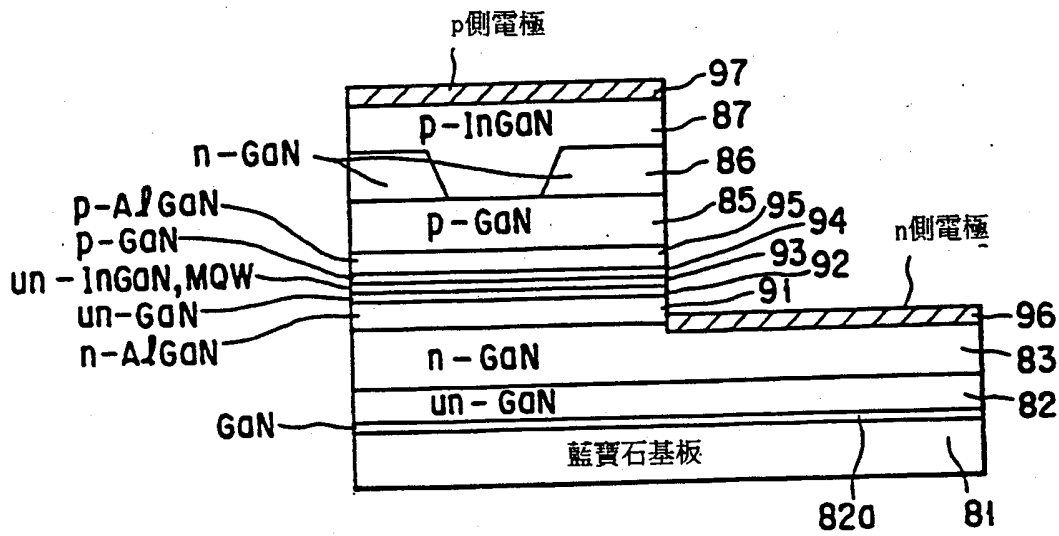


第26圖 C

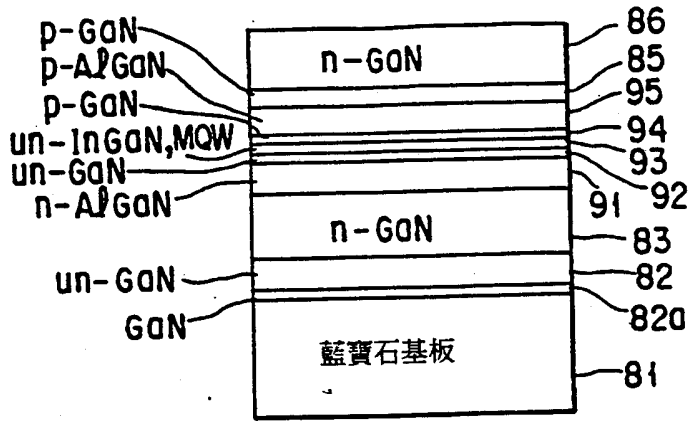
第27圖



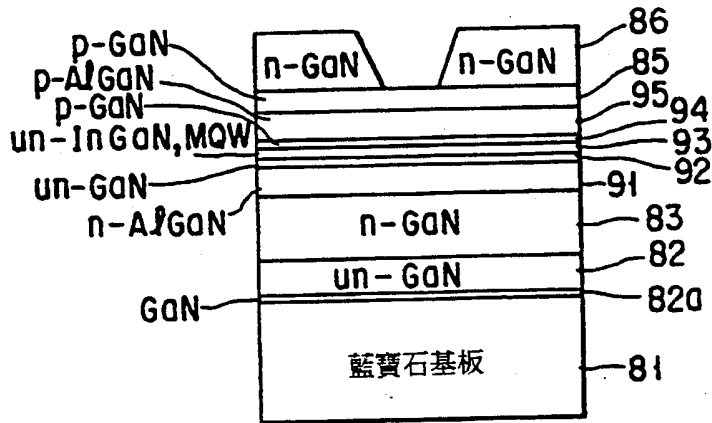
第28圖



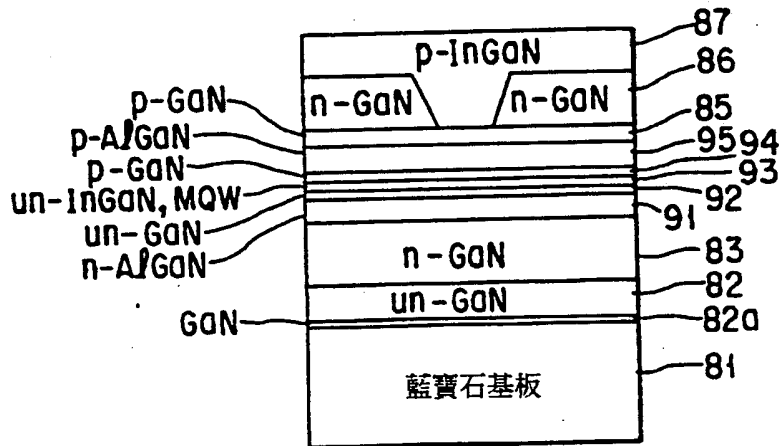
第29圖 A

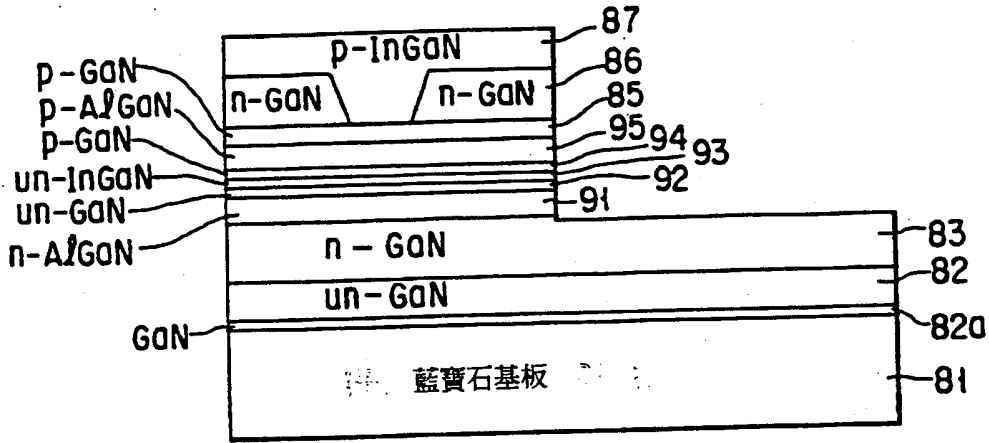


第29圖 B

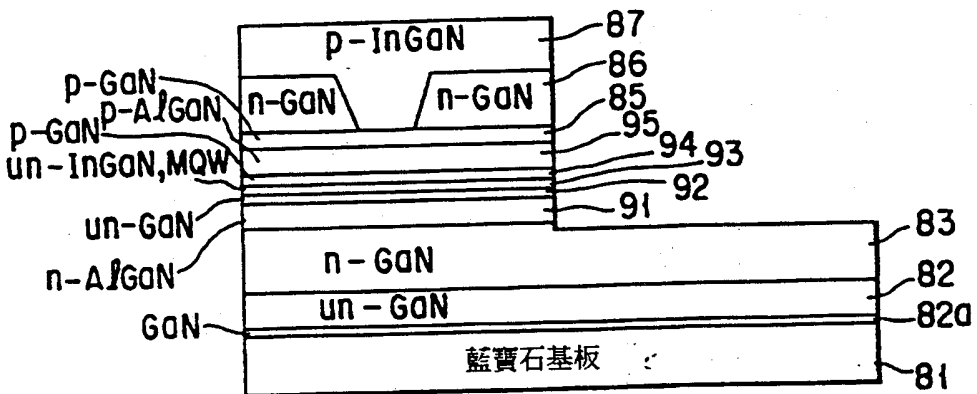


第29圖 C

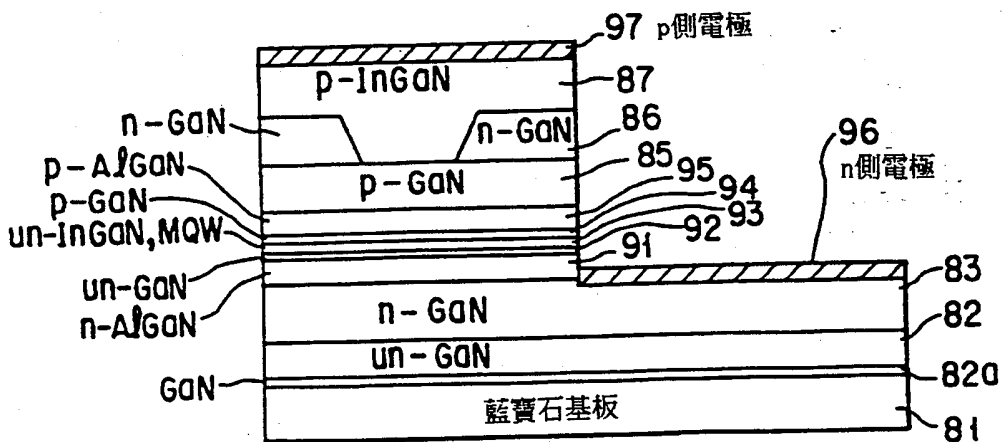




第30圖A

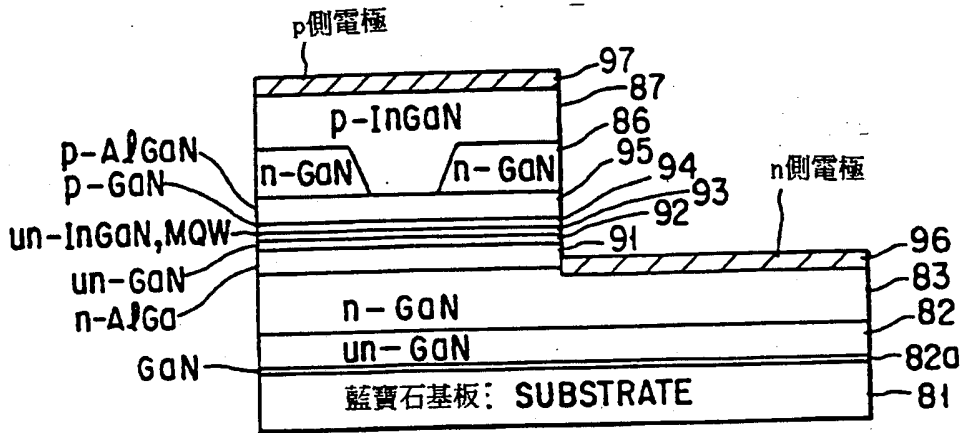


第30圖B

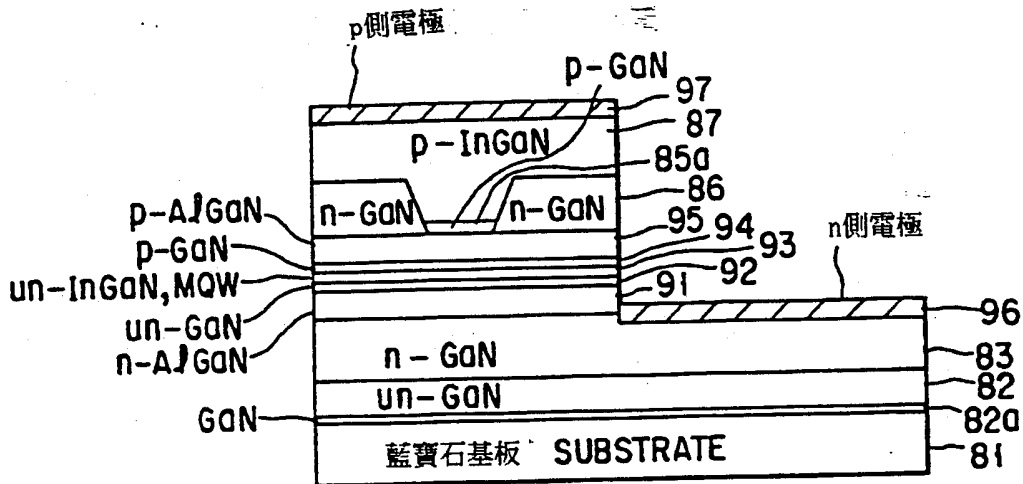


第30圖C

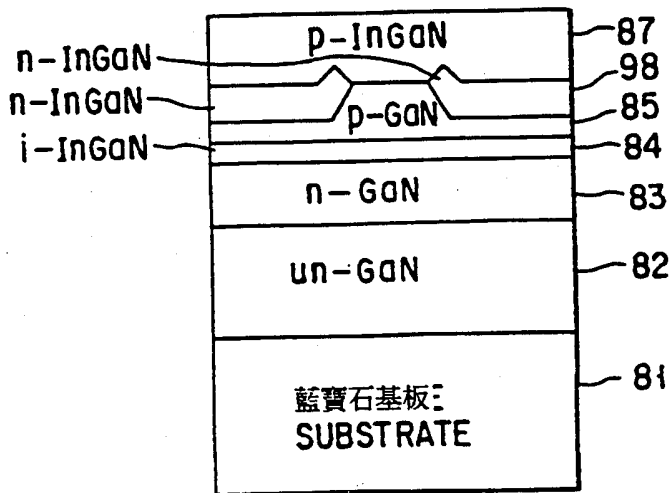
402735



第31圖

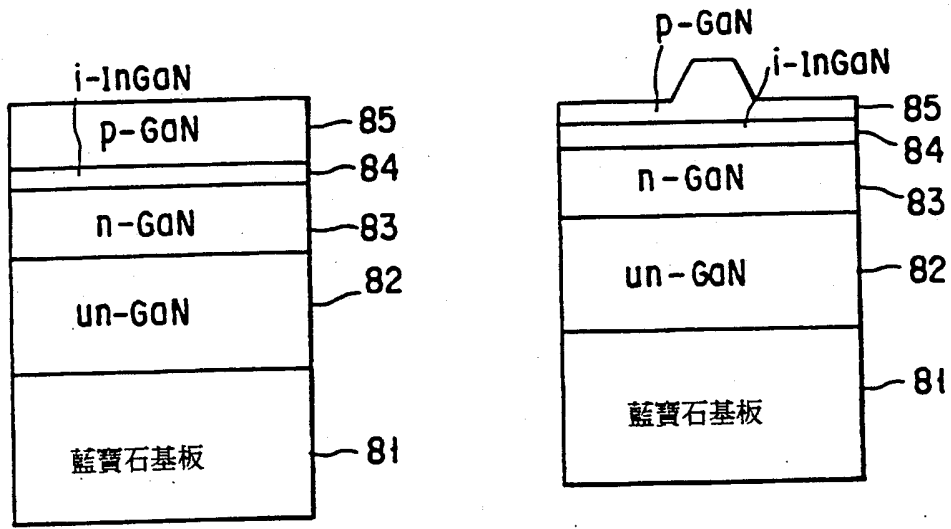


第32圖



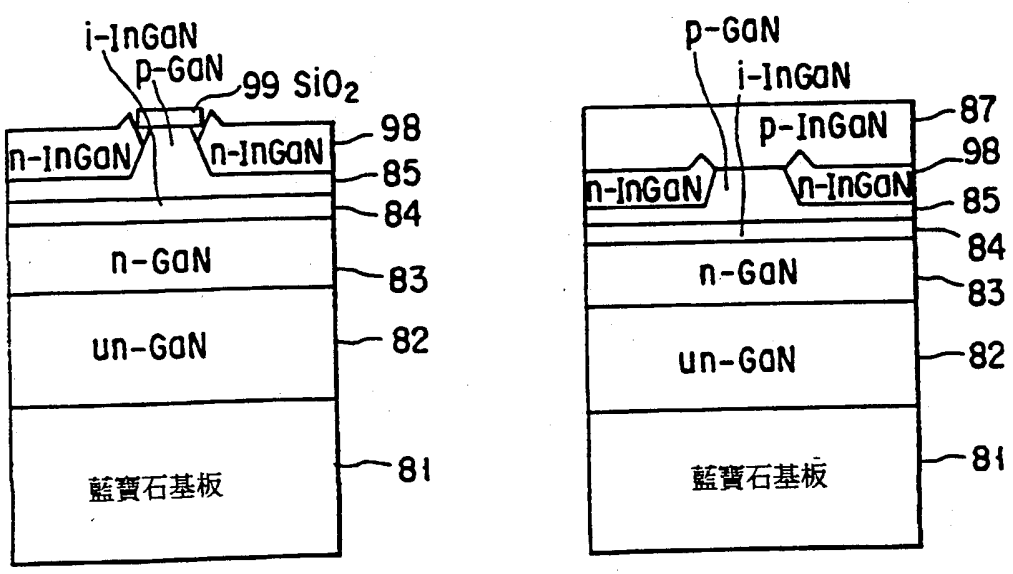
第33圖

第34圖



A

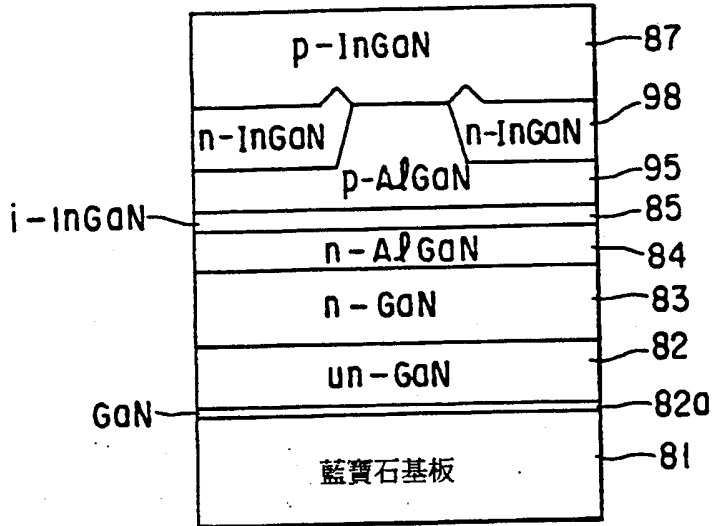
B



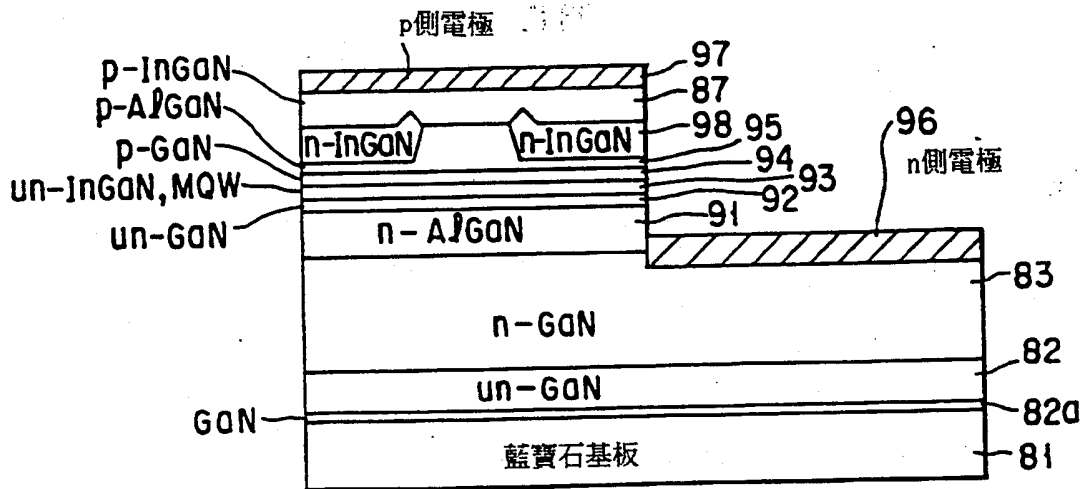
C

D

402735

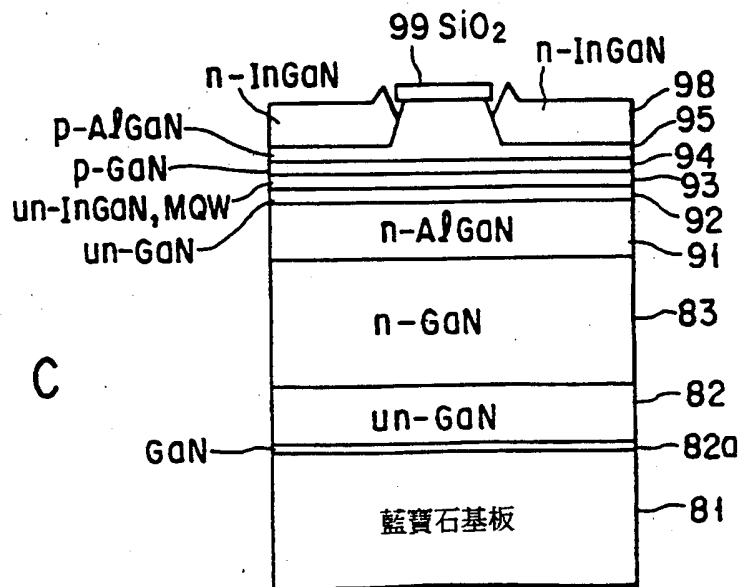
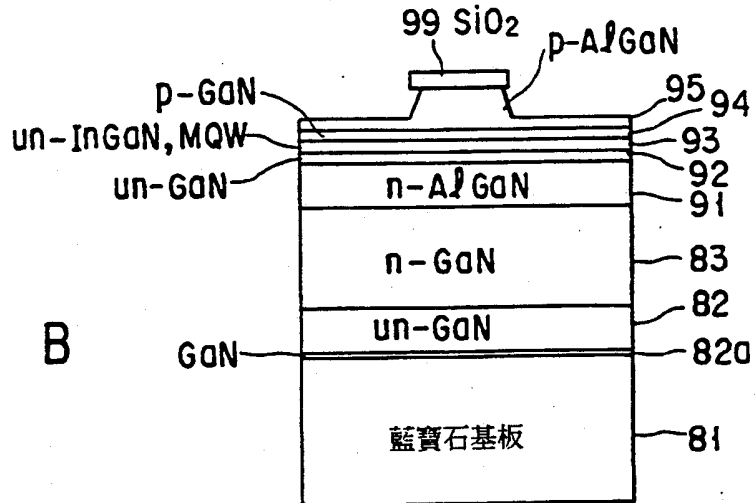
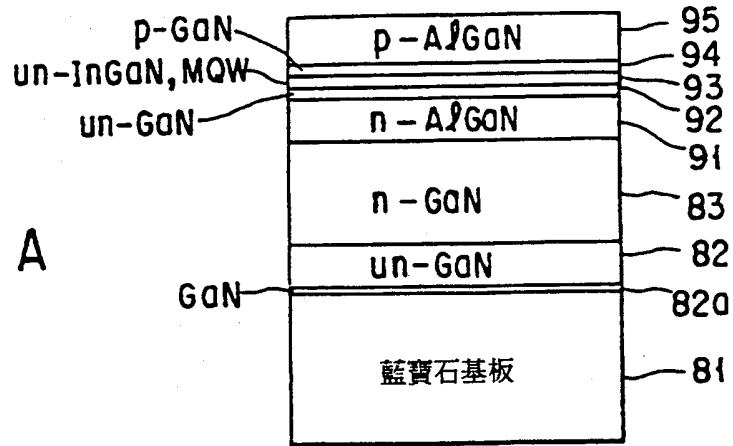


第35圖



第36圖

第37圖



第38圖

