

公告本

申請日期:

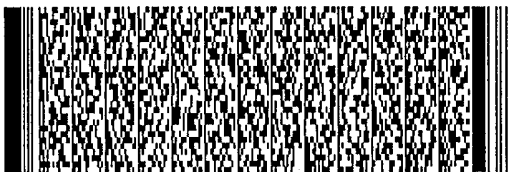
案號:

類別:

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書

454234

一、 發明名稱	中文	半導體裝置
	英文	A SEMICONDUCTOR DEVICE
二、 發明人	姓名 (中文)	1. 史黛芬 彼德 那達
	姓名 (英文)	1. STEPHEN PETER NAJDA
	國籍	1. 英國
	住、居所	1. 英國 牛津OX4 3SD 威克漢街 17號
三、 申請人	姓名 (名稱) (中文)	1. 日商夏普股份有限公司
	姓名 (名稱) (英文)	1. SHARP KABUSHIKI KAISHA
	國籍	1. 日本
	住、居所 (事務所)	1. 日本國大阪府大阪市阿倍野區長池町22番22號
	代表人 姓名 (中文)	1. 町田 勝彦
	代表人 姓名 (英文)	1. KATSUHIKO MACHIDA
		

454234

本案已向

國(地區)申請專利

英國 GB

申請日期

1999/09/01 9920496.8

案號

主張優先權

無

有關微生物已寄存於

寄存日期

寄存號碼

無



五、發明說明 (1)

發明背景

1. 發明領域：

本發明是有關於一種半導體裝置，尤其是但並不是唯一的有關於能發射出可見光輻射的半導體裝置，波長在630nm至680nm的範圍內，比如半導體雷射裝置或發光二極體。該裝置可以是邊緣發光型或表面發光型。

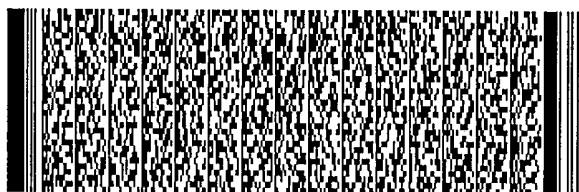
2. 相關習用技術說明：

雷射裝置或雷射二極體(LDs)是從(Al, Ga, In)P材料系統中製造出來的，能發射出波長在630nm至680nm的範圍內的可見光，該雷射裝置或雷射二極體已經是越來越為重要的高級產品元件以及消費性產品元件。例如，直覺上數位影音光碟(DVD)系統使用635nm至650nm波長的LD，能傳送高達30mW輸出功率到高達60℃的溫度。下一代半導體雷射需要更大的最最大功率輸出，更高的操作溫度(比如70℃)。

(Al, Ga, In)P系統是指具有一般配方 $(Al_xGa_{1-x})_{1-y}In_yP$ 的化合物家族，其中x與y是在0與1之間。該半導體系統的優點是，當錒的莫耳分率y等於0.48時，對於GaAs基底來說是晶格匹配的。

(Al, Ga, In)P雷射二極體的主要限制是，在最高特定操作溫度下，不能做長時間的操作(或是夠低的臨界電流)。一般相信，這是從裝置的主動區流向周圍光學導光區以及流入p型披覆層的電子漏電所引起的。

要產生630nm至680nm光線的分立式局限雷射結構的典型



五、發明說明 (2)

結構將會參閱圖1(a)，1(b)與1(c)來做說明。

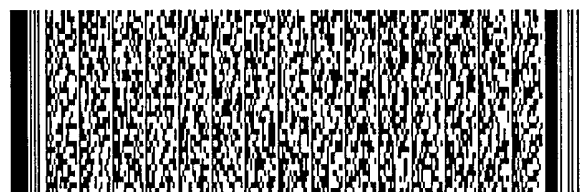
圖1(a)是在 $(Al, Ga, In)P$ 材料系統中製造的分立式局限雷射結構的能帶示意結構。包括n型摻雜的 $(Al_{0.7}Ga_{0.3})_{0.52}In_{0.48}P$ 披覆區1， $(Al_{0.5}Ga_{0.5})_{0.52}In_{0.48}P$ 光學導光區2，4與 $(Al_{0.5}Ga_{0.5})_{0.52}In_{0.48}P$ 光學導光區內的GaInP主動區3，以及p型摻雜的 $(Al_{0.7}Ga_{0.3})_{0.52}In_{0.48}P$ 披覆區5。p型接觸層(圖1(a)中未顯示)是在p型披覆層5上，而n型接觸層(圖中未顯示)是在n型披覆層1上。GaInP量子位阱主動區內 Γ 帶的電子，會導致雷射二極體的量子位阱主動區3發生雷射反應，因而產生光學傳輸。

在此所使用的 Γ 帶與X帶是指布里勞因區內的對稱點，而且是固態物理中的標準術語，見R.A. Smith所著的"Semiconductors"，(由Cambridge University在1978年發行)。 Γ 極小值與X極小值分別是指 Γ 帶與X帶中的最低能階。

$(Al, Ga, In)P$ 傳導帶中的最低能量是鋁含量的函數。在約0.55的鋁濃度下，從 Γ 帶最小值到X帶最小值會連在一起。

披覆層1與5的鋁莫耳分率不需要是0.7，假設已足夠提供有效的電壓阻障值，來限定住光學導光區內的 Γ 電子。圖1(b)顯示出與圖1(a)相類似的雷射結構，但披覆層1與5是由AlInP而非 $(Al_{0.7}Ga_{0.3})_{0.52}In_{0.48}P$ 所構成，以便增加電壓阻障值，來限定住光學導光區2與4內的 Γ 電子。

圖1(a)與圖1(b)的雷射結構中，主動區3是單一GaInP量



五、發明說明 (3)

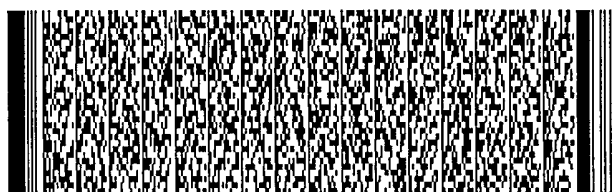
子位阱層。該主動區可以包括二層或更多層的量子位阱層，由阻障層分隔開。

圖1(c)是(Al, Ga, In)P雷射裝置的 Γ 傳導帶以及價電子帶，其中主動區包括複數個量子位阱層。圖1(c)的實施例中，主動區3包括三層GaInP量子位阱層，被阻障層3b分隔開。構成阻障層3b材料具有比形成量子位阱層3a的材料還高的 Γ 能帶，比如 $(Al_{0.3}Ga_{0.7})_{0.52}In_{0.48}P$ 或 $(Al_{0.5}Ga_{0.5})_{0.52}In_{0.48}P$ 。圖1(c)的雷射中，阻障層3b是由 $(Al_{0.5}Ga_{0.5})_{0.52}In_{0.48}P$ 所構成，與光學導光區2與4的材料相同。

半導體雷射的劣化已經是開發商用裝置的主要問題。AlGaAs/GaAs雷射具有約 $0.85\ \mu m$ 的雷射波長，在1970年代開始被開發出來，但是早期的雷射在使用後會很快劣化掉，結果使用壽命很短，而且不適合商業應用。花費相當長的時間克服掉與這些雷射有關的嚴重劣化問題，但是能長時間使用的AlGaAs/GaAs雷射到現在才商業化。在M. Fukuda的報告中，"Reliability and Degradation of Semiconductor Lasers and LEDs"，ISBN 0-89006-465-2，AlGaAs/GaAs雷射的使用壽命高於10,000小時，目前已經商業化。

為了讓(Al, Ga, In)P雷射能成功的商業化，這些雷射必須具有能與AlGaAs/GaAs雷射相容的使用壽命。

現在，可見光區帶操作下的寬能隙磷化雷射，波長約650nm，會有嚴重的劣化問題。雖然低能隙磷化雷射的使用壽命約為10,000小時，可以滿足商業化目的，但是典型的



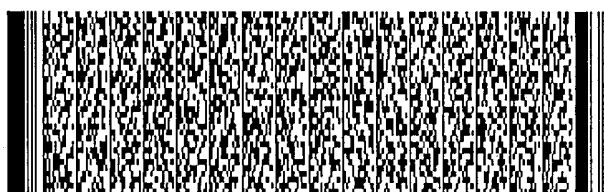
五、發明說明 (4)

高能磷化雷射的使用壽限約為5,000小時，無法讓商業化接受。此外，必須對進行雷射退火處理，以便得到這些使用壽限，而沒有經過退火處理的雷射會有很短的使用壽限。

使用分子束磊晶(MBE)製造雷射時，劣化問題尤其嚴重。目前，利用MBE成長的磷化雷射結構必須做退火處理，以改善其可靠度並降低雷射操作時的臨界值。假設退火處理能去除掉(或至少除掉)材料中的一些非輻射性復合中心。然而，並不需要進行退火步驟。鋇是一種p型披覆區中常用的p型雜質，而且如果鋇摻雜雷射裝置被退火處理過，鋇能從p型披覆區擴散到主動區。這種擴散作用會劣化掉雷射裝置的性能，而且還會降低製程的良率。

磷化雷射劣化的理由是主動區被氧所污染。含鋁磷化材料很容易受到氧的污染，因為鋁與氧的反應性很高。氧會加入非輻射性缺陷到主動區內，導致較高的雷射振盪臨界值。

氧對於含鋁的合金來說是一般的污染物，因為鋁與含氧物之間具有很高的反應性。長出AlGaAs/GaAs半導體結構時，已知磊晶製程中的氧原子具有足夠的游動率，能遷移動界面上，並在界面上被捕捉到。氧在GaAs與AlGaAs內形成非輻射性中心，而氧的出現會降低AlGaAs/GaAs雷射的性能以及可靠度。N.Chand等人在1992年"J. Vac. Sci Technol. B" Vol. 10(2), p807的報告中指出，鋁莫耳分率為0.3或更高的AlGaAs層，一般的氧原子密度至少為



五、發明說明 (5)

10^{17}cm^{-3} 。相對的，GaAs中的氧濃度一般都太小而無法偵測到。

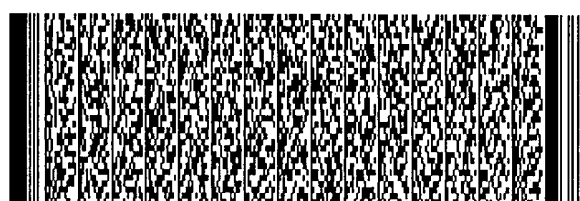
N. Chand等人指出，氧很容易聚集在AlGaAs/GaAs界面上，導致該裝置的主動區內具有"氧尖峰"。同時還指出，鋅摻雜的披覆層比矽摻雜的披覆層，具有較高的氧濃度。

圖3(a)顯示圖1(c)雷射的氧濃度。圖3(b)重複雷射的帶結構，讓氧濃度能很方便的關聯到裝置中的各薄層。

圖1(c)雷射主要是包括含鋁的(Al, Ga, In)P，讓背景氧濃度約為 10^{17}cm^{-3} 。長出該結構中，氧會遷移到四元素層與GaInP量子位阱層3a之間的界面上。導致每個界面區域內的局部性較高氧濃度，或是"尖峰"。這些氧濃度尖峰會增加主動區的氧濃度，因而在量子位阱主動區內形成非輻射性陷阱。這些陷阱會讓雷射的性能以及可靠度變差，如上所述。

圖4是在(Al, Ga, In)P系統中所製造出傳統雷射結構的氧濃度分佈。利用第二離子質譜儀(SIMS)量測氧濃度。圖4是在不同掃速描率下的量測結果。

所量測到的樣品具有包含3層GaInP量子位阱層的主動區，其中GaInP量子位阱層是夾在 $(\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5})_{0.52}\text{In}_{0.48}\text{P}$ 阻障層， $(\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5})_{0.52}\text{In}_{0.48}\text{P}$ 導波層以及 $(\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3})_{0.52}\text{In}_{0.48}\text{P}$ 披覆層之間。披覆層與導波層都具用SIMS量測約 10^{17}cm^{-3} 的氧濃度，比GaInP量子位阱層(不含鋁)中的氧濃度 10^{15}cm^{-3} 還高。因此阻障層與量子位阱層(類似於GaAlAs/GaAs)之間界面上氧濃度會有尖銳的尖峰。SIMS儀器無法解析出這種尖



五、發明說明 (6)

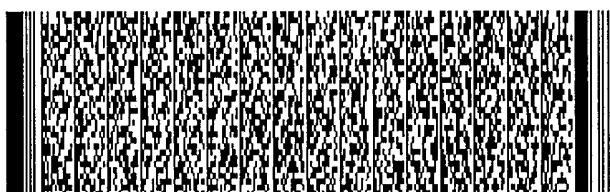
峰特性，所以實際上圖4是跨越這三層量子位阱層的氧程度迴旋結果。氧濃度中的單一尖峰是量測技術的外來圖像。

$(Al_{0.7}Ga_{0.5})_{0.52}In_{0.48}P$ 披覆層與 $(Al_{0.5}Ga_{0.5})_{0.52}In_{0.48}P$ 光學導光層經量測後具有約有 $10^{17}cm^{-3}$ 的氧濃度。主動區的氧濃度比這個值高出很多。(如上所述，圖4的單一氧濃度尖峰是量測技術的外來圖像。)

深度 $2.6-2.8\mu m$ 的區域是 $GaInP$ 層，具有較低的氧濃度。氧濃度尖峰發生在深度 $2.8-3.0\mu m$ 的區域，是酹晶結構與基底之間的界面，是因為在進行磊晶成長製程之前，沒有將氧完全從基底中去除掉所造成。

已經有一些嚐試要製造出具有不含鋁主動區的半導體雷射裝置。A. Al-Muhanna 等人已經在 "Applied Physics Letters" Vol. 72, No. 6, Pages 641-642 (1998) 的文章中，提出一種在具 $InGaAsP$ 主動層之 $InGaAlP$ 系統內的雷射裝置。此雷射所發出之光其波長為 $730nm$ 。他們報告指出此雷射具改良之效率，並認為此乃不含鋁主動區所造成。

Wade 等人在 "Applied Physics Letters" Vol. 70, No. 2, Pages 149-151 (1997) 的文章中，提出會發出 $830nm$ 雷射光的雷射，而且具有不含鋁的主動區。該裝置再一次使用 $InGaAsP$ 層當作主動層，並安置在 $InGaP$ 光學導光區內。Wade 等人改善雷射的可靠度，因為使用不含鋁的主動區。同時還指出，具有改良的 COD (嚴重的光學鏡面損壞) 功率



五、發明說明 (7)

密度程度。

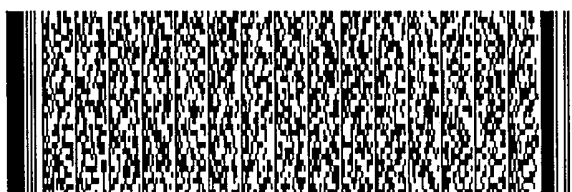
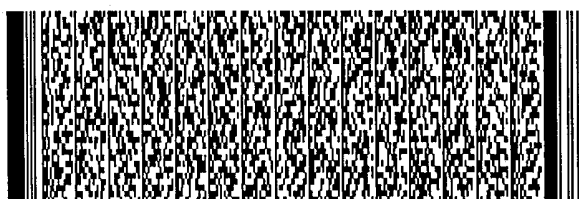
然而，使用InGaAsP主動層的方法不能用來得到發出波長630nm至680nm雷射光的雷射裝置，因為InGaAsP的能隙太小，無法產生該波長範圍內的光線。所有的III-V族半導體都是這種情形(除了氮化物雷射以外)。

專利公報中EP-A-0 476 689的專利，揭示出一種發出波長630nm至680nm雷射光的雷射裝置，其中主動區是由受應變的AlGaInP層所構成。阻障層是在拉伸應變下，而量子位阱層是在壓縮應變下，不同的應變會在阻障層與量子位阱層中引發不同的能帶結構。該文章還建議，相類似的方法可以用在受應變的GaInP層主動區，雖然沒有鋁而會增加雷射的發光波長。

EP-A-0 476 689所建議的雷射具有AlGaInP波導，鄰接到主動區。氧污染會在波導中發生，因為包含有鋁，而且主動區與波導之間的界面上會有氧濃度的尖峰發生。

US-A-5 331 656揭示出一種GaInP雷射，可以發出波長550至590nm範圍的雷射光。主動區包括量子位阱與阻障層，都是用氮摻雜的GaInP構成。然而，用氮做摻雜在實際上很難達到。此外，摻雜少量的氮不會大幅改變合金的組成，因此不會造成很大的應變，而用氮做重摻雜則會大幅降低能隙大小。

具有量子位阱與阻障層為相反應變狀態下之主動區的雷射，也在US-A 5 903 587，JP-A-11 145 549，與US-A-5 841 152中揭示出來。然而，這些文章都與發出波長



五、發明說明 (8)

630nm至680nm雷射光的(A1, GA, In)P雷射無關。JP-11 145 549揭示出一種MQW雷射，其中量子位阱層與阻障層都是InGaAsP層。US-A-5 903 587的雷射會發出0.98至1.02 μm 範圍的雷射光，並具有包含GaAsP阻障層與GaInAs量子位阱的主動區。US-A-5 841 852揭示出一種發出1.3 μm 雷射光的雷射，其中阻障層是InGaAsP，量子位阱是InGaAs。

發明摘要

本發明的第一目的在於提供一種半導體裝置，具有不含鋁的主動區，該主動區包括一個或多個量子位阱層，以及一個或多個阻障層，該量子位阱層與阻障層是交錯安置；其中該阻障層為一緊拉層；且其中該裝置進一步包括第一披覆層與不含鋁層，該不含鋁層是在第一披覆層以及接近第一披覆層的量子位阱層之間。

"不含鋁層"在此是指不用鋁來當作所需成份的薄層。

對半導體材料層施加應變，是會增加該材料的能隙大小。利用受應變的薄層當作阻障層，可以提供具有必要 Γ 能帶的阻障層，以便對相鄰量子位阱層間的 Γ 電子傳輸提供有效的阻障作用，而不需加入鋁到阻障層中。因此本發明可以製造出具有不含鋁主動層的裝置。

此外，氧很容易在成長製程中聚集在第一披覆層的界面上，導致高含氧濃度區。第一披覆層以及最接近第一披覆層的量子位阱層之間的不含鋁層，會間隔開主動層與高含氧濃度區，並降低高含氧濃度區對裝置操作特性的影響。



五、發明說明 (9)

本發明之第二目的，在於提供一種半導體裝置，具有不含鋁的主動區，該主動區包括一個或多個量子位阱層，以及一個或多個阻障層，該量子位阱層與阻障層是交錯安置；其中該阻障層為一緊拉層；且其中該裝置使用時其放射燈之波長範圍在630至680nm之間。

如上所述，使用受應變層當作阻障層可以避免加入鋁到阻障層中。因此本發明可以製造出具有不含鋁主動層的裝置，而且能發出可見光範圍中波長630nm至680nm的雷射光。例如，避免加入鋁到雷射裝置的阻障層中，讓該裝置因主動區受氧污染而產生的劣化會降低，同時該裝置的使用壽命可以因此而延長。

依據本發明第二特點的裝置可以進一步包括：第一披覆層；以及不含鋁間隔層，安置在第一披覆層以及最接近第一披覆層的量子位阱層之間。

依據本發明第一特點的裝置在使用時可以發出波長630nm至680nm的雷射光。

依據本發明另一特點的裝置在使用時可以發出波長635nm至650nm的雷射光。

每個阻障層都可以是拉伸應變層。

每個阻障層與每個量子位阱層之間的晶格不匹配會很小。增加阻障層的臨界厚度。

每個量子位阱層與披覆層是晶格匹配的。另外，每個量子位阱層可以是受壓應變層。利用受壓應變層當作量子位阱層，而拉伸應變層當作阻障層，而讓裝置具有應變補償



五、發明說明 (10)

主動區。

每個阻障層都包括銦。加入銦到阻障層中，降低阻障層的臨界厚度。

不含鋁層可以是應變層。

該裝置是在 $(Al, Ga, In)P$ 材料系統中製造出來的。例如提供一種發射出波長在630-680nm範圍雷射光的裝置，並具有不含鋁主動層。

每個主動層都可以是 $Ga_xIn_{1-x}P$ 層，而每個阻障層都可以是 $Ga_yIn_{1-y}P$ 層，其中 $y > x$ 。例如，每個主動層都可以是 $Ga_{0.52}In_{0.48}P$ 層，而每個阻障層都可以是 $Ga_{0.61}In_{0.39}P$ 層，或者，每個主動層都可以是 $Ga_{0.52}In_{0.48}P$ 層，而每個阻障層都可以是 $Ga_{0.71}In_{0.29}P$ 層。 $Ga_{0.61}In_{0.39}P$ 與 $Ga_{0.71}In_{0.29}P$ 的拉伸應變層分別具有約與 $(Al_{0.3}Ga_{0.7})_{0.52}In_{0.48}P$ 以及 $(Al_{0.5}Ga_{0.5})_{0.52}In_{0.48}P$ 相同的能隙，所以能用來取代這些材料，而不會對能隙分佈有很大的影響。

另外，每個主動層都可以是 $Ga_{0.43}In_{0.57}P$ 層。這些材料具有比GaAs還小的晶格常數，所以會在與GaAs成晶格匹配的薄層上成長時，形成受壓應變層。

該裝置可以是雷射裝置。另外，該裝置可以是發光二極體。

圖式的簡單說明

現在將利用解說性的實例，參閱相關圖式，說明本發明的較佳實施例。

圖1(a)是傳統 $(Al, Ga, In)P$ 雷射裝置的能帶示意圖；



五、發明說明 (11)

圖1(b)是另一傳統(Al, Ga, In)P雷射裝置的能帶示意圖；

圖1(c)是傳統(Al, Ga, In)P雷射裝置的能帶示意圖，其中的主動區包括複數個量子位阱層；

圖2是GaInP能帶當作是In濃度函數的分佈圖；

圖3(a)與圖3(b)是圖1(c)雷射的傳導帶與價電子帶，以及該結構中的氧濃度；

圖4是傳統AlGaInP/GaInP雷射結構的氧濃度分佈圖；

圖5(a)是依據本發明實施例的雷射裝置能帶圖；

圖5(b)是圖5(a)雷射裝置的氧濃度分佈圖；

圖6(a)是依據本發明第二實施例的雷射裝置能帶示意圖；

圖6(b)是圖6(a)雷射裝置的氧濃度分佈圖；

圖7是未摻雜GaInP的氧濃度分佈圖；

圖8是鋁摻雜 $(Al_{0.7}Ga_{0.3})_{0.52}In_{0.48}$ 的氧濃度分佈圖。

較佳實施例的詳細說明

圖5(a)是依據本發明發光範圍在波長630-680nm之雷射裝置的 Γ 傳導帶(上部曲線)與價電子帶(VB)(下部曲線)。如上述習用技術中的雷射裝置，該雷射裝置具有n型披覆區11，光學導光區12與14，在光學導光區內的主動區13，以及p型披覆區15。在圖5(a)的實施例中，本發明的雷射裝置是在(Al, Ga, In)P材料系統中製造出來的。n型披覆區11與p型披覆區15是由 $(Al_{0.7}Ga_{0.3})_{0.52}In_{0.48}P$ 所構成，光學導光區12與14是由 $(Al_{0.5}Ga_{0.5})_{0.52}In_{0.48}P$ 所構成，使得披覆層



五、發明說明 (12)

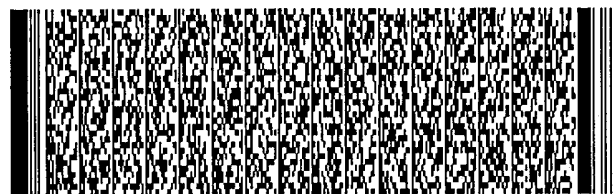
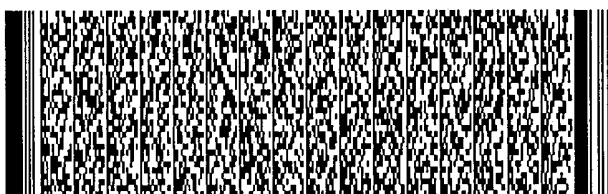
與光學導光區能晶格匹配到GaAs結構(未顯示於圖5(a)中)。

主動區13包括複數個量子位阱層13a，被阻障層13b分隔開。與圖1(c)習用技術的雷射裝置做比較，量子位阱層13a與阻障層13b都是 $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{P}$ 所構成。阻障層與量子位阱層都不含Al，所以大幅降低主動層的氧濃度。既然主動區不包括任何含鋁合金，所以主動區內的氧雜質濃度希望能低於 10^{16}cm^{-3} 。

GaP是非直接型半導體， $\Gamma-\Gamma$ 與 $\Gamma-X$ 能隙分別為2.9eV與2.3eV。晶格常數是5.451 Å。InP是直接型半導體， $\Gamma-\Gamma$ 與 $\Gamma-X$ 能隙分別為1.4eV與2.3eV。晶格常數是5.85 Å。隨著 $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{P}$ 中銦濃度的增加， $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{P}$ 也會增加。

$\text{Ga}_{0.52}\text{In}_{0.48}\text{P}$ 的晶格常數是5.653 Å，所以能晶格匹配到GaAs。隨著 $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{P}$ 中銦莫耳分率的增加，其能隙會降低。圖2是 $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{P}$ 能隙對其組成的關係。顯示出在77K下從電反射(實心圓圈)，波長調變反射(空心圓圈)，以及吸收量測(三角形)中所得的實驗數值。(藍道爾-柏恩思坦，卷17，斯普林傑-韋拉格)

施加拉伸力或擠壓力到GaP與GaInP層，會改變該材料預期的本體材料能隙數值大小。相對於GaAs，薄的GaP層具有3.7%的不匹配率。如果GaP層是在GaAs上形成，或是在與GaAs會晶格匹配的薄層上形成，則是處在拉伸應變的狀態。這種拉伸應變會從本體GaAs能隙降低0.144eV的 $\Gamma-\Gamma$ 能隙，得到約2.756eV的 $\Gamma-\Gamma$ 能隙。拉伸應變也會輕微的



五、發明說明 (13)

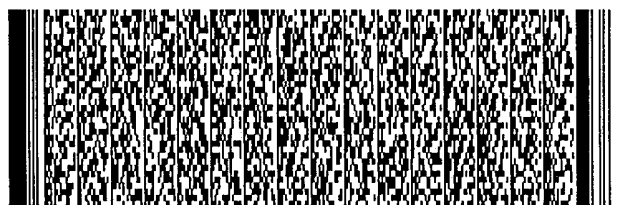
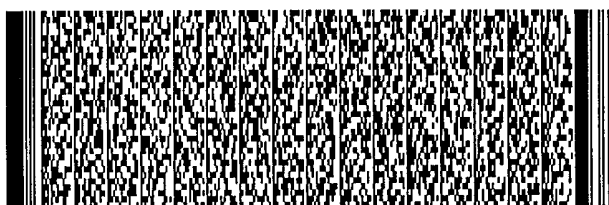
增加 Γ -X 能隙到約 2.30eV 。

因此可以看出來， $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{P}$ 層中銦莫耳分率的變化會改變該層的能隙大小。所以，可以適當的選取銦莫耳分率，而用約具相同能隙的 $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{P}$ 應變層，來取代含鋁合金層。例如，拉伸應變 GaP 層的 Γ - Γ 與 Γ -X 能隙很類似於 AlInP 的能隙。另一實例是， GaInP 材料的銦莫耳分率在 0.53 至 0.75 的範圍內（亦即銦莫耳分率是在 0.47 至 0.25 的範圍內），其能隙等於 $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{0.52}\text{In}_{0.48}\text{P}$ ， $0.1 < x < 0.5$ 。

在圖5(a)實施例中，量子位阱層13a是由 $\text{Ga}_{0.52}\text{In}_{0.48}\text{P}$ 所構成，這些層歐是晶格匹配到披覆層11與15，以及光學導光層12與14。該材料的 Γ - Γ 能隙約為 2.0eV 。

圖5(a)的阻障層13b由 $\text{Ga}_{0.61}\text{In}_{0.39}\text{P}$ 所構成。晶格常數為 $5.617\text{\AA}$ ，且相對於 $\text{Ga}_{0.52}\text{In}_{0.48}\text{P}$ 主動層13a的晶格不匹配值約為 0.6% 。一般，具有這種晶格不匹配的二種材料，其間的界面會有晶格錯位發生。在此是不希望有這種情形發生，因為這種晶格錯位會讓雷射裝置的性能變差。

已知如果底層與長長磊晶層之間的晶格不匹配夠小的話，磊晶層的第一原子層將會有應變，而晶格匹配到底層的晶格常數，形成一致性的界面。然而，隨著成長磊晶層厚度的增加，均勻應變能量也會增加，直到較會發生不匹配晶格錯位的臨界厚度為止。這種臨界厚度首先由 J. H. Van der Merwe 在 "Journal of Applied Physics" Vol. 34, p123(1962) 中提出。本發明的阻障層並不是晶格匹配到量子位阱層，而阻障層的厚度最好是小於臨界厚度，以避免



五、發明說明 (14)

發生晶格錯位。此時，阻障層是在受應變的狀態下。

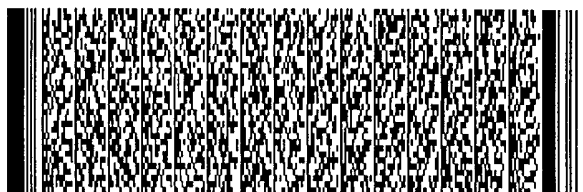
當 $\text{Ga}_{0.61}\text{In}_{0.39}\text{P}$ 層在晶格匹配到GaAs的 $\text{Ga}_{0.52}\text{In}_{0.48}\text{P}$ 層上成長時，阻擋層是在拉伸應變狀態，因為其晶格常數小於量子位阱的晶格常數。

對於0.6%的晶格不匹配值，會發生錯位的臨界厚度預估為90 Å，見R.People等人的文章，"Applied Physics Letters" Vol 74, No. 3 pages 322-324 (1985)。因此，在應變 $\text{Ga}_{0.61}\text{In}_{0.39}\text{P}$ 層當作阻障層的地方，如圖5(a)所示，每個阻障層的厚度最好是90 Å或更小。

當作圖5(a)雷射裝置中阻障層13b的應變 $\text{Ga}_{0.61}\text{In}_{0.39}\text{P}$ 層，具有與 $(\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7})_{0.52}\text{In}_{0.48}\text{P}$ 層相同的厚度。所以，在圖1(c)雷射中所使用的 $(\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7})_{0.52}\text{In}_{0.48}\text{P}$ 阻障層3b，可以用圖5(a)雷射裝置的拉伸應變 $\text{Ga}_{0.61}\text{In}_{0.39}\text{P}$ 阻障層13b所取代。產生不含鋁的主動區。

本發明並不限定使用 $\text{Ga}_{0.61}\text{In}_{0.39}\text{P}$ 當作應變阻障層13b。如果量子位阱是用 $\text{Ga}_{0.52}\text{In}_{0.48}\text{P}$ ，則阻障層13b可以用鎵莫耳分率約0.53至0.75的GaInP應變層。組成在該範圍內的拉伸應變阻障層，其能隙比晶格匹配的 $\text{Ga}_{0.52}\text{In}_{0.48}\text{P}$ 能隙還大，以產生量子位阱。(如上所述，GaInP材料的鎵莫耳分率約為0.53至0.75，具有與 $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{0.52}\text{In}_{0.48}\text{P}$ 相同的能隙，其中 $0.1 < x < 0.5$ 。

例如， $\text{Ga}_{0.71}\text{In}_{0.29}\text{P}$ 應變層的 $\Gamma-\Gamma$ 能隙約2.3eV，大約與 $(\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5})_{0.52}\text{In}_{0.48}\text{P}$ 的能隙相同。因此， $\text{Ga}_{0.71}\text{In}_{0.29}\text{P}$ 應變層可以用來取代圖1(c)雷射中的 $(\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5})_{0.52}\text{In}_{0.48}\text{P}$ 阻障層，



五、發明說明 (15)

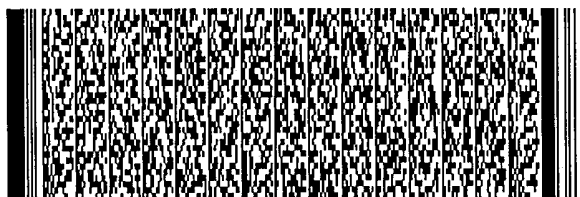
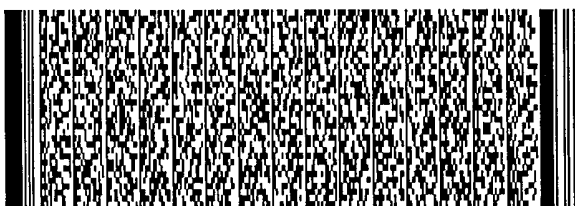
且能產生不含鋁的主動區，而不需大幅改變主動區的能隙分佈。 $\text{Ga}_{0.71}\text{In}_{0.29}\text{P}$ 具有 $5.577\text{ \AA}$ 的晶格常數，其中 $\text{Ga}_{0.71}\text{In}_{0.29}\text{P}$ 層是在能與GaAs晶格匹配的薄層上成長的，厚度約 $42\text{ \AA}$ 。所以，為了避免形成晶格錯位，阻障層13b的厚度最好是小於 $42\text{ \AA}$ 。

如上所述，本發明的雷射會發出 $630\text{--}680\text{nm}$ 波長範圍的雷射光。對於量子位阱層13a的固定鎵/銦比率來說，主動區能隙以及雷射的發光波長都可以藉改變量子位阱層的厚度來做調節，因而改變主動區13的整體厚度。所以藉改變量子位阱層的厚度，可以將本發明雷射的發光波長調節到 $630\text{--}680\text{nm}$ 波長範圍內所選取的波長，尤其是到 $630\text{--}650\text{nm}$ 波長範圍。例如，為了得到發光波長 650nm ，圖5(a)實施例中的 $\text{Ga}_{0.52}\text{In}_{0.48}\text{P}$ 量子位阱層13a的厚度必須約為 10nm 。另一實例，圖6(a)的實施例中的量子位阱層厚度必須約為 60nm ，以得到 650nm 的發光波長。

如果需要厚的阻障層，必需使用幾乎晶格匹配到主動區的GaInP層，讓臨界厚度變大。對於 $\text{Ga}_{0.52}\text{In}_{0.48}\text{P}$ 主動區，使用 $\text{Ga}_{0.55}\text{In}_{0.45}\text{P}$ 的拉伸應變層會提供約 $300\text{ \AA}$ 的臨界厚度給阻障層。該材料的拉伸應變層具有約 2.75eV 的 $\Gamma\text{--}\Gamma$ 能隙。

雖然圖5(a)的主動區13不含鋁，而且具有很低的氧濃度，但是無可避免的，光學導光區12與主動區13之間的界面中會有很高的氧濃度。這是因為氧在成長製程中，很容易聚集在界面中，如上所述。

為了極小化氧濃度尖峰對雷射性能的影響，最好是在主



五、發明說明 (16)

動區n側上最外層的量子位阱層以及光學導光區的n側部分12之間，提供一種不含鋁的間隔層。圖5(a)的雷射裝置具有不含鋁的間隔層13c。在圖5(a)的實施例中，不含鋁的間隔層是由 $\text{Ga}_{0.61}\text{In}_{0.39}\text{P}$ 所構成，而且該層是在拉伸應變下。該間隔層並不限定要用 $\text{Ga}_{0.61}\text{In}_{0.39}\text{P}$ ，而可以是 $\text{Ga}_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ ，其中 $0.5 \leq y \leq 0.65$ 。也可以在主動區p側上最外層的量子位阱層以及光學導光區的p側部分14之間，提供第二不含鋁的間隔層13d。

圖5(a)雷射裝置的量子位阱層13a正常是沒有應變的，因為是晶隔匹配到基底上。然而，有可能利用拉伸應變的阻障層13b，將應變加到量子位阱層內，進而在主動區內產生淨應變。雖然有時會需要受應變的主動區，例如要降低臨界電流，但是可以避免用某材料製造出相對於披覆層與光學導光層是受擠壓應變的量子位阱層，而在主動區內建立大量的應變。為了將擠壓應變加入鎵莫耳分率為0.52的量子位阱層中，而且讓量子位阱層的晶格常數大於GaAs的晶格常數。

圖6(a)顯示出本發明雷射裝置的實施例，其中量子位阱層13a是擠壓應變層，而阻障層是拉伸應變層。在該實施例中，基底(未顯示)又是GaAs，量子位阱層13a是 $\text{Ga}_{0.43}\text{In}_{0.57}\text{P}$ 層，而阻障層是 $\text{Ga}_{0.61}\text{In}_{0.39}\text{P}$ 。在該實施例中，產生沒有淨應變的應變補償主動區。T.Katsuyama等人已經在"Electronics Letters" Vol 26, No. 17, pages 1375-1377 (1990) 的文章中建議過，利用應變補償主動



五、發明說明 (17)

區會降低雷射裝置的臨界值。

圖6(b)顯示出圖6(a)雷射的氧濃度。可以又再次看到，主動區的氧濃度非常低，約 10^{16}cm^{-3} 。雖然光學導光區12界面上的氧分佈中會有"尖峰"，但是該尖峰對雷射性能的影響又再次用不含鋁的間隔層13c與13d而被極小化，如圖5(a)的實施例。

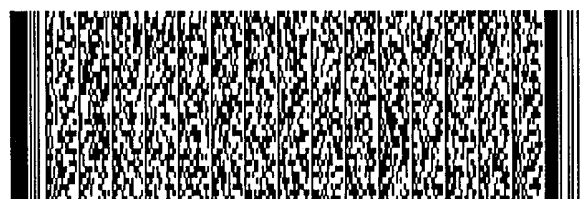
圖7是未摻雜GaInP的氧濃度分佈，是利用第二離子質譜儀(SIMS)所量測到的。這顯示，該材料的氧濃度是在量測裝置的偵測極限中或之下(約 $1 \times 10^{16}\text{cm}^{-3}$)。

未摻雜GaInP的氧濃度約為 10^{15}cm^{-3} 。(低於約 $0.1\text{ }\mu\text{m}$ 深度的氧濃度尖峰部分是由於樣品表面氧污染，部分是由於SIMS儀器"被設定到"蝕刻中。)

相對的，AlGaInP的氧濃度顯示於圖8中。這顯示，包括厚度 $1\text{ }\mu\text{m}$ 的AlGaInP層，GaInP層以及基底的樣品，其氧濃度的分佈圖。延伸到深度約 $1\text{ }\mu\text{m}$ 的AlGaInP層具有約 $1 \times 10^{17}\text{cm}^{-3}$ 的氧濃度。延伸到約1至 $1.6\text{ }\mu\text{m}$ 深度的GaInP層氧濃度如圖7所示，是在偵測儀器的偵測極限($1 \times 10^{16}\text{cm}^{-3}$)之下。(深度約 $1.6\text{ }\mu\text{m}$ 至 $1.8\text{ }\mu\text{m}$ 的氧濃度尖峰是在磊晶層與基底之間的界面上，而且是因為沒有在磊晶成長製程之前，將氧完全的從基底表面上去除掉所引起的。)

圖8是二個等效AlGaInP樣品的SIMS結果。這些樣品是相隔許多年成長出來的，而且可以看出來，氧雜質濃度不是會隨時間而改變的函數。

本發明已經參閱上述的雷射裝置做過說明。然而，本發



五、發明說明 (18)

明並不限定使用雷射裝置，而是可以應用到其它的半導體裝置，比如發光二極體。



四、中文發明摘要 (發明之名稱：半導體裝置)

磷化(鋁，鎵，銦)半導體雷射裝置具有在n型與p型披覆層之間的光學區。包含量子位阱主動層以及與量子位阱主動層交互堆疊之阻障層的主動區，是在光學導光區內。

$\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{P}$ 受壓層當作阻障層用。因此主動區不含鋁，並能減少主動區內的氧雜質濃度，進而改善雷射的性能與可靠度。

不含鋁的間隔層是在披覆層以及最接近該披覆層之量子位阱主動層之間。

本發明也可以應用到其它的半導體裝置，比如發光二極體(LED)。

英文發明摘要 (發明之名稱：A SEMICONDUCTOR DEVICE)

An (Al, Ga, In)P semiconductor laser device has an optical region disposed between n-type and p-type cladding layers. An active region containing quantum well active layers and barrier layers disposed alternately with the quantum well layers is provided within the optical guiding region. Strained layers of $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{P}$ are used as the barrier layers. The active region is thus aluminium-free, and this reduces the oxygen impurity concentration in the active region thereby improving the



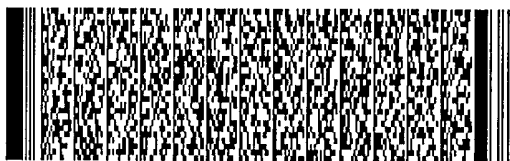
四、中文發明摘要 (發明之名稱：半導體裝置)

英文發明摘要 (發明之名稱：A SEMICONDUCTOR DEVICE)

performance and reliability of the laser.

An aluminium-free spacer layer can be provided between one of the cladding layers and the quantum well active layer disposed closest to that cladding layer.

The invention may be applied to other semiconductor devices, for example such as an LED.



六、申請專利範圍

1. 一種具有不含鋁主動區的半導體裝置，其中該主動區包括一個或多個量子位阱層以及一個或多個阻障層，該量子位阱層以及阻障層是交錯安置的；

其中該阻障層是應變層；以及其中該裝置進一步包括第一披覆層以及不含鋁層，該不含鋁層是安置在第一披覆層與最靠近該第一披覆層的量子位阱層之間。

2. 如申請專利範圍中第1項之具有不含鋁主動區的半導體裝置，可以用來發射出波長在630至680nm範圍內的光線。

3. 如申請專利範圍中第1項之具有不含鋁主動區的半導體裝置，可以用來發射出波長在635至650nm範圍內的光線。

4. 如申請專利範圍中第1項之具有不含鋁主動區的半導體裝置，其中該阻障層是拉伸應變層。

5. 如申請專利範圍中第1項之具有不含鋁主動區的半導體裝置，其中該阻障層與量子位阱層之間的該晶格不匹配很小。

6. 如申請專利範圍中第1項之具有不含鋁主動區的半導體裝置，其中該量子位阱層是晶格匹配到第一披覆層。

7. 如申請專利範圍中第1項之具有不含鋁主動區的半導體裝置，其中該量子位阱層是擠壓應變層。

8. 如申請專利範圍中第1項之具有不含鋁主動區的半導體裝置，其中該阻障層包含有銦。

9. 如申請專利範圍中第1項之具有不含鋁主動區的半導體



六、申請專利範圍

體裝置，是從(Al, Ga, In)P材料系統中所製造出來的。

10. 如申請專利範圍中第9項之具有不含鋁主動區的半導體裝置，其中該量子位阱層是 $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{P}$ 層，而阻障層是 $\text{Ga}_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ 層，其中 $y > x$ 。

11. 如申請專利範圍中第9項之具有不含鋁主動區的半導體裝置，其中該主動層是 $\text{Ga}_{0.52}\text{In}_{0.48}\text{P}$ 層，而阻障層是 $\text{Ga}_{0.61}\text{In}_{0.39}\text{P}$ 層。

12. 如申請專利範圍中第9項之具有不含鋁主動區的半導體裝置，其中該主動層是 $\text{Ga}_{0.52}\text{In}_{0.48}\text{P}$ 層，而阻障層是 $\text{Ga}_{0.71}\text{In}_{0.29}\text{P}$ 層。

13. 如申請專利範圍中第9項之具有不含鋁主動區的半導體裝置，其中該主動層是 $\text{Ga}_{0.43}\text{In}_{0.57}\text{P}$ 層。

14. 如申請專利範圍中第1項之具有不含鋁主動區的半導體裝置，其中該裝置是雷射。

15. 如申請專利範圍中第1項之具有不含鋁主動區的半導體裝置，其中該裝置是發光二極體。

16. 一種具有不含鋁主動區的半導體裝置，其中該主動區包括一個或多個量子位阱層以及一個或多個阻障層，該量子位阱層以及阻障層是交錯安置的；

其中該阻障層是應變層；以及其中該裝置在使用時，可以發射出波長在630至680nm範圍內的光線。

17. 如申請專利範圍中第16項之具有不含鋁主動區的半導體裝置，進一步包括：

第一披覆層；以及



六、申請專利範圍

不含鋁層，安置在第一披覆層與最靠近該第一披覆層的量子位阱層之間。

18. 如申請專利範圍中第16項之具有不含鋁主動區的半導體裝置，在使用時可以發射出波長在635至650nm範圍內的光線。

19. 如申請專利範圍中第16項之具有不含鋁主動區的半導體裝置，其中該阻障層是拉伸應變層。

20. 如申請專利範圍中第16項之具有不含鋁主動區的半導體裝置，其中該阻障層與量子位阱層之間的該晶格不匹配很小。

21. 如申請專利範圍中第16項之具有不含鋁主動區的半導體裝置，其中該量子位阱層是晶格匹配到第一披覆層。

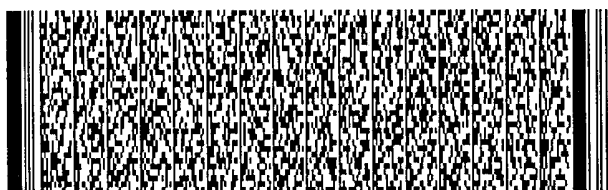
22. 如申請專利範圍中第16項之具有不含鋁主動區的半導體裝置，其中該量子位阱層是擠壓應變層。

23. 如申請專利範圍中第16項之具有不含鋁主動區的半導體裝置，其中該阻障層包含有銦。

24. 如申請專利範圍中第16項之具有不含鋁主動區的半導體裝置，其中該不含鋁層是應變層。

25. 如申請專利範圍中第16項之具有不含鋁主動區的半導體裝置，是從(Al, Ga, In)P材料系統中所製造出來的。

26. 如申請專利範圍中第25項之具有不含鋁主動區的半導體裝置，其中該量子位阱層是 $Ga_xIn_{1-x}P$ 層，而阻障層是 $Ga_yIn_{1-y}P$ 層，其中 $y > x$ 。



六、申請專利範圍

27. 如申請專利範圍中第25項之具有不含鋁主動區的半導體裝置，其中該主動層是 $\text{Ga}_{0.52}\text{In}_{0.48}\text{P}$ 層，而阻障層是 $\text{Ga}_{0.61}\text{In}_{0.39}\text{P}$ 層。

28. 如申請專利範圍中第25項之具有不含鋁主動區的半導體裝置，其中該主動層是 $\text{Ga}_{0.52}\text{In}_{0.48}\text{P}$ 層，而阻障層是 $\text{Ga}_{0.71}\text{In}_{0.29}\text{P}$ 層。

29. 如申請專利範圍中第25項之具有不含鋁主動區的半導體裝置，其中該主動層是 $\text{Ga}_{0.43}\text{In}_{0.57}\text{P}$ 層。

30. 如申請專利範圍中第16項之具有不含鋁主動區的半導體裝置，其中該裝置是雷射。

31. 如申請專利範圍中第16項之具有不含鋁主動區的半導體裝置，其中該裝置是發光二極體。



圖式

修正
補充
90年7月7日

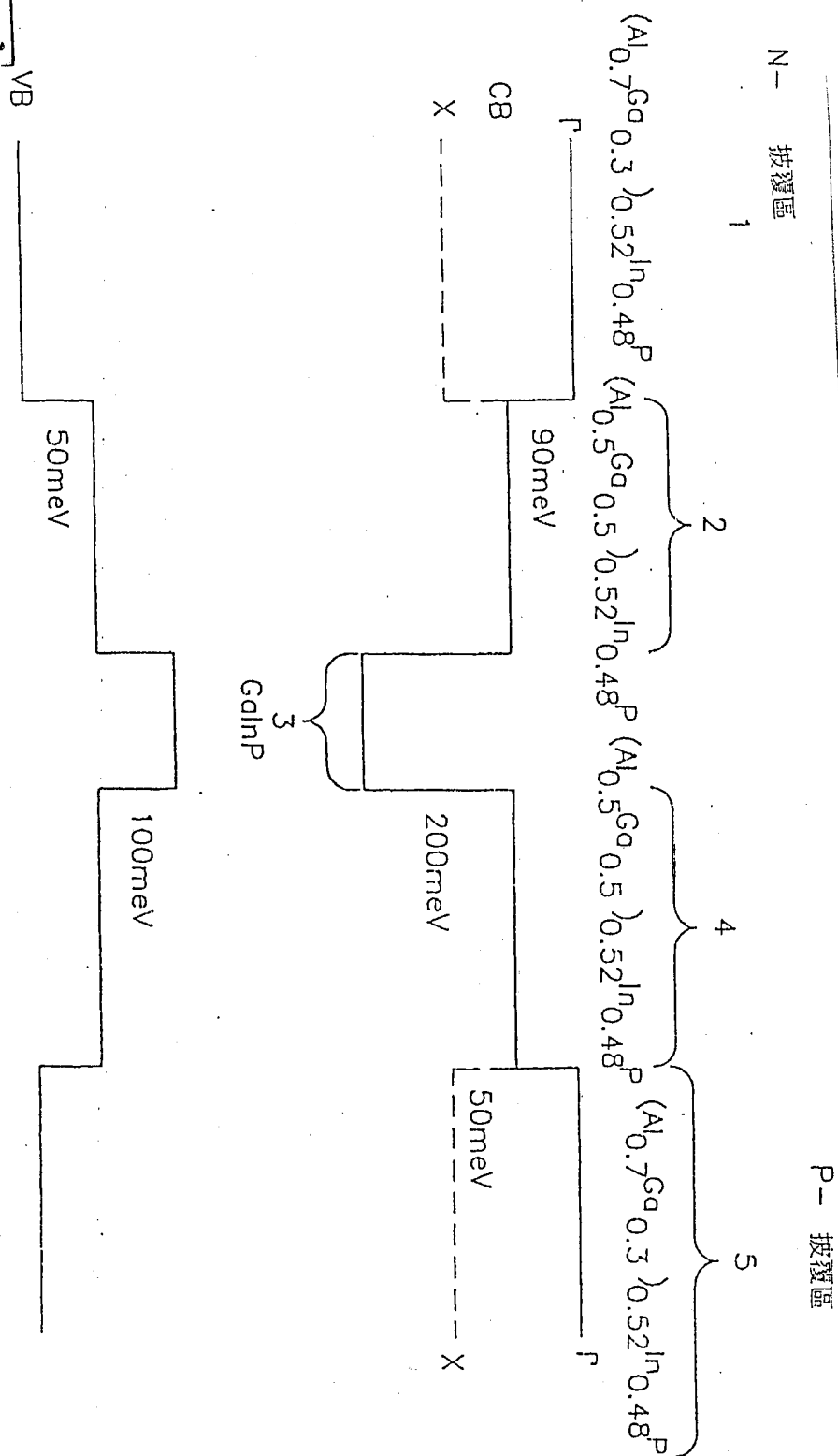


圖 1(a)

圖式

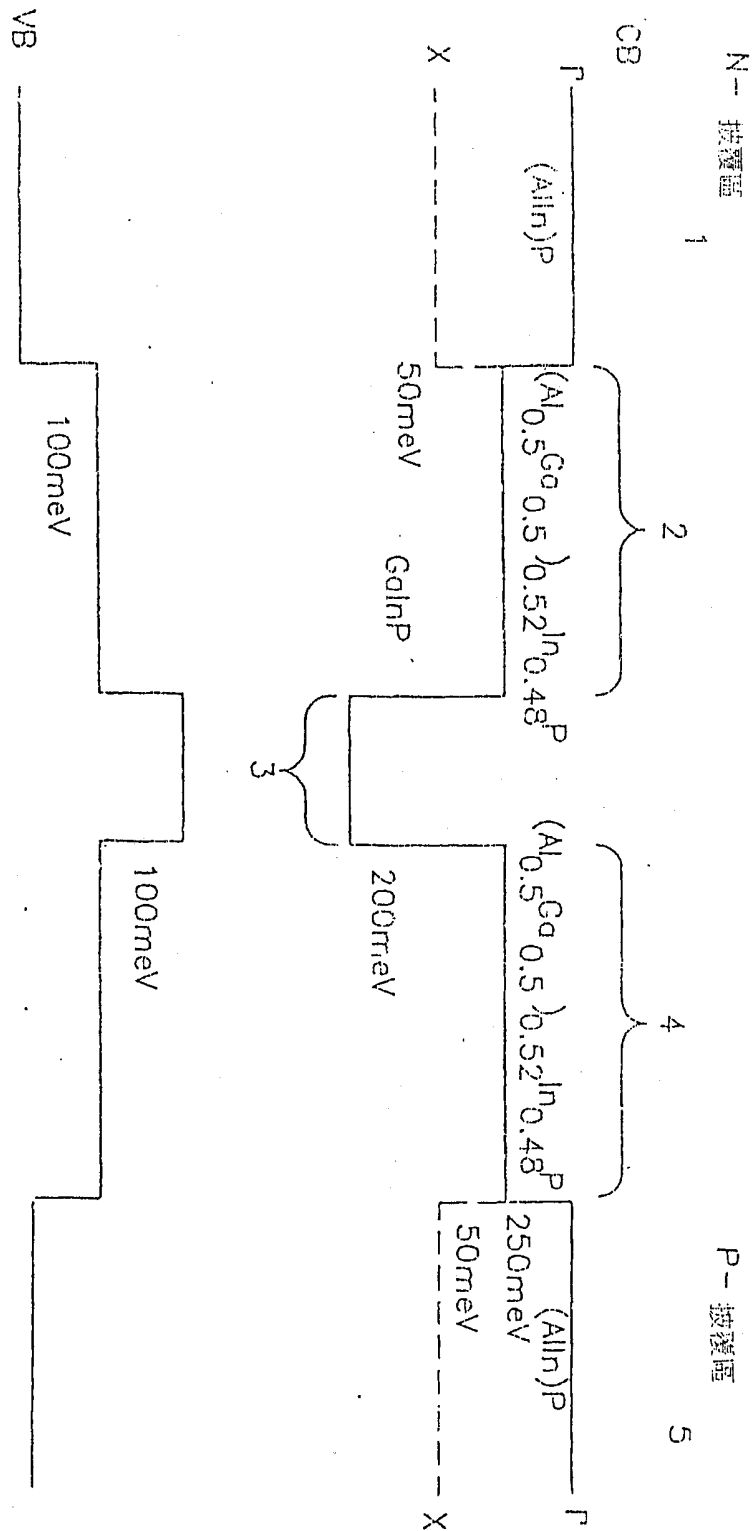


圖 1(b)

圖式

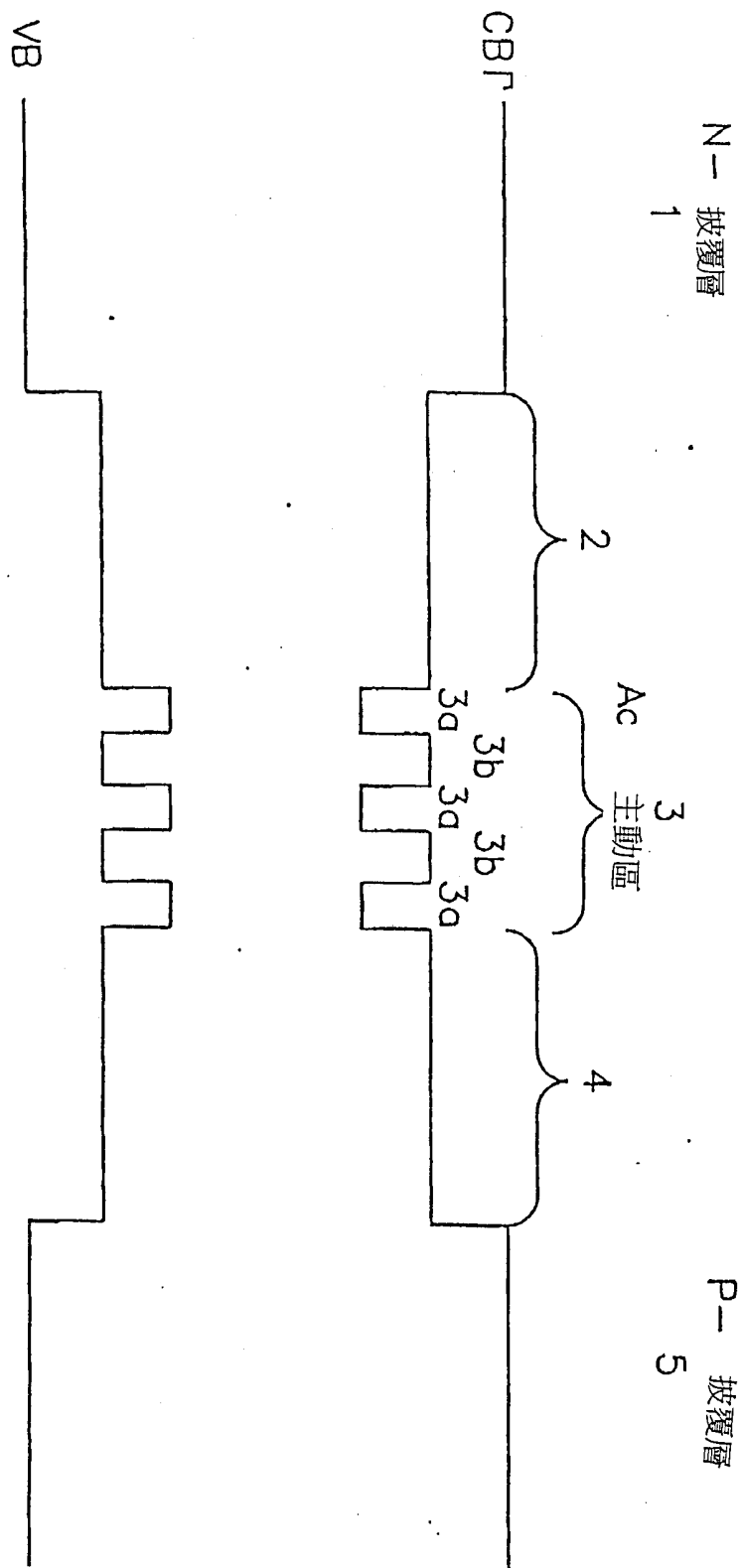


圖 1(c)

圖式

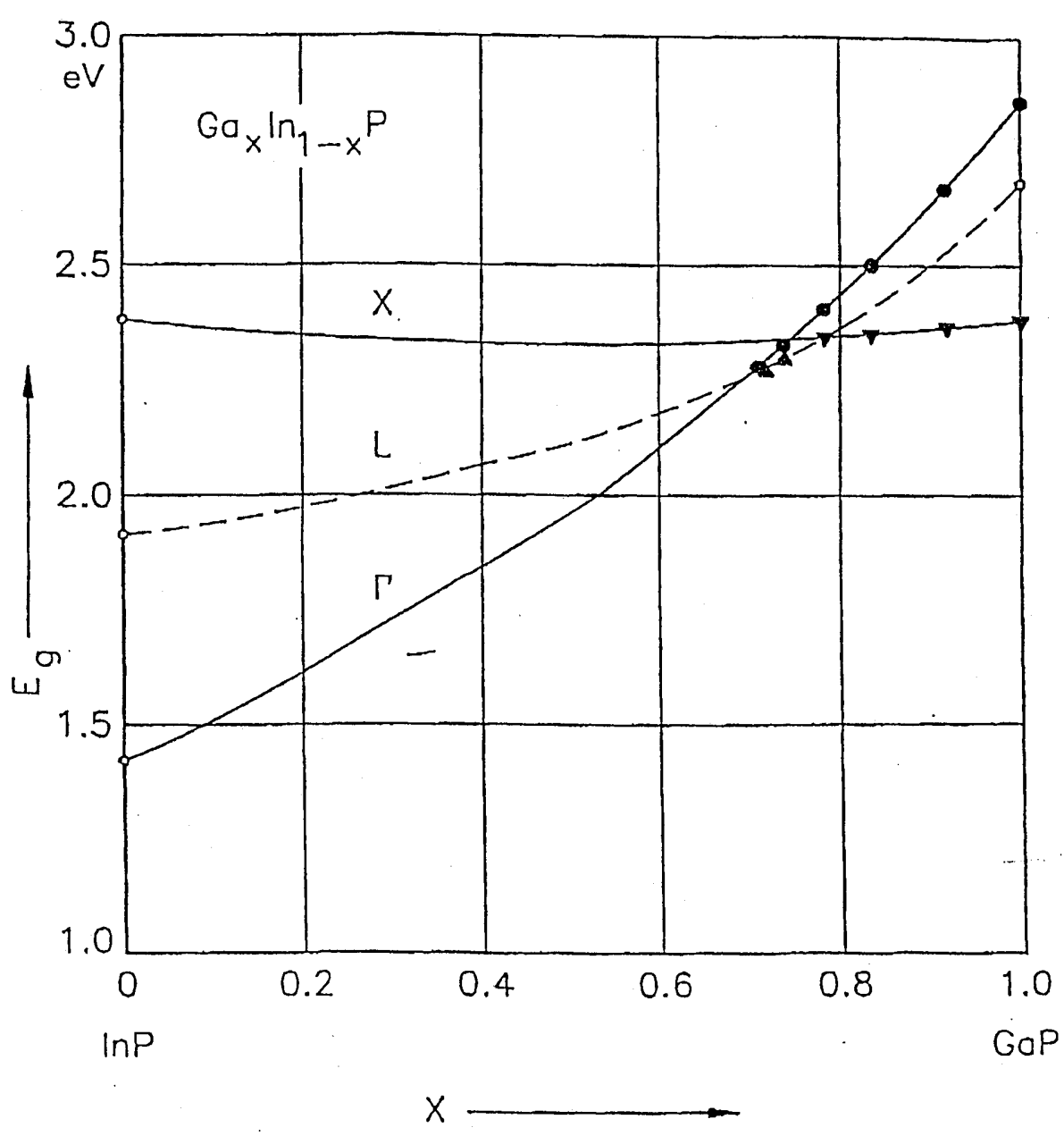
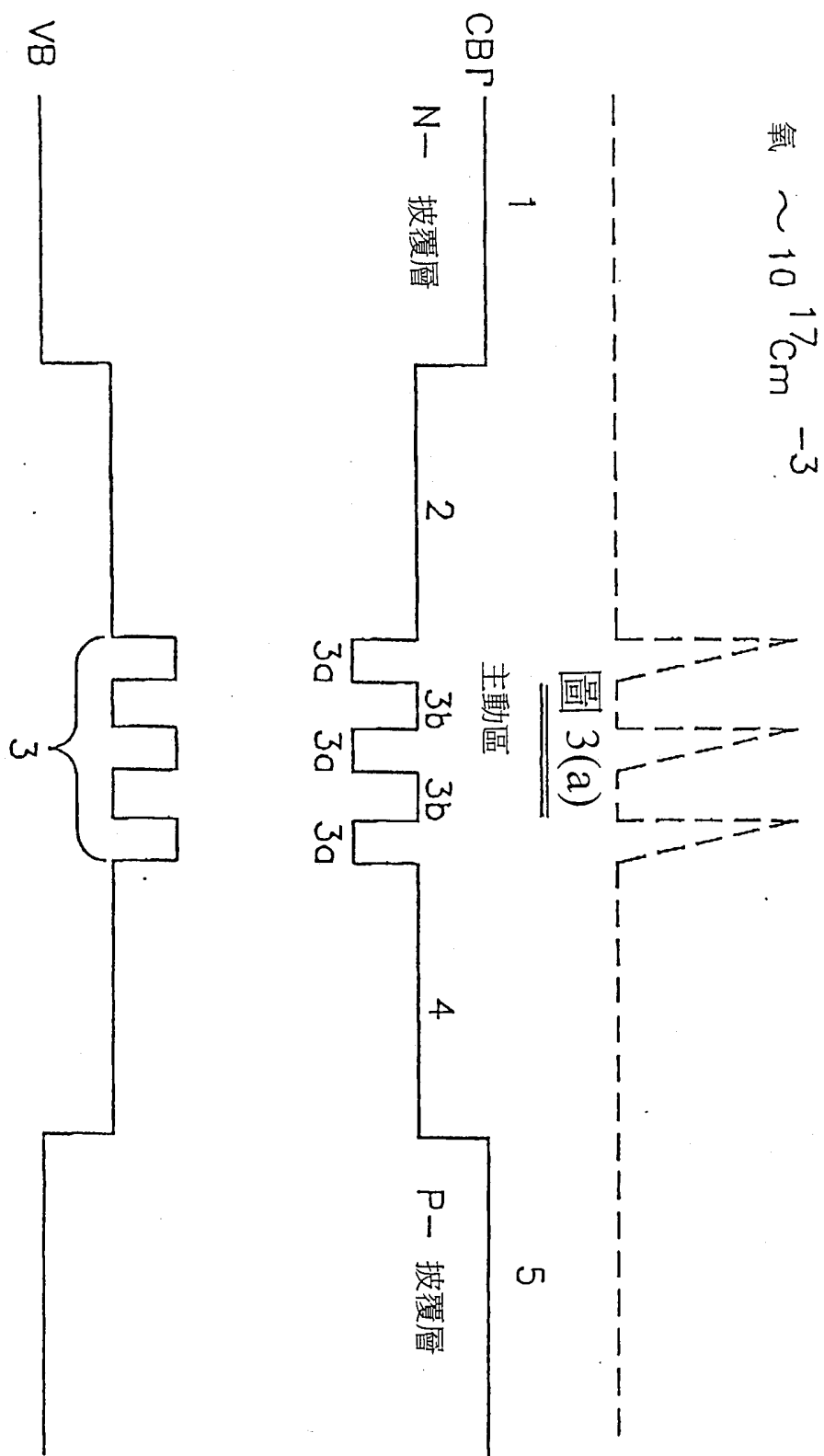


圖 2

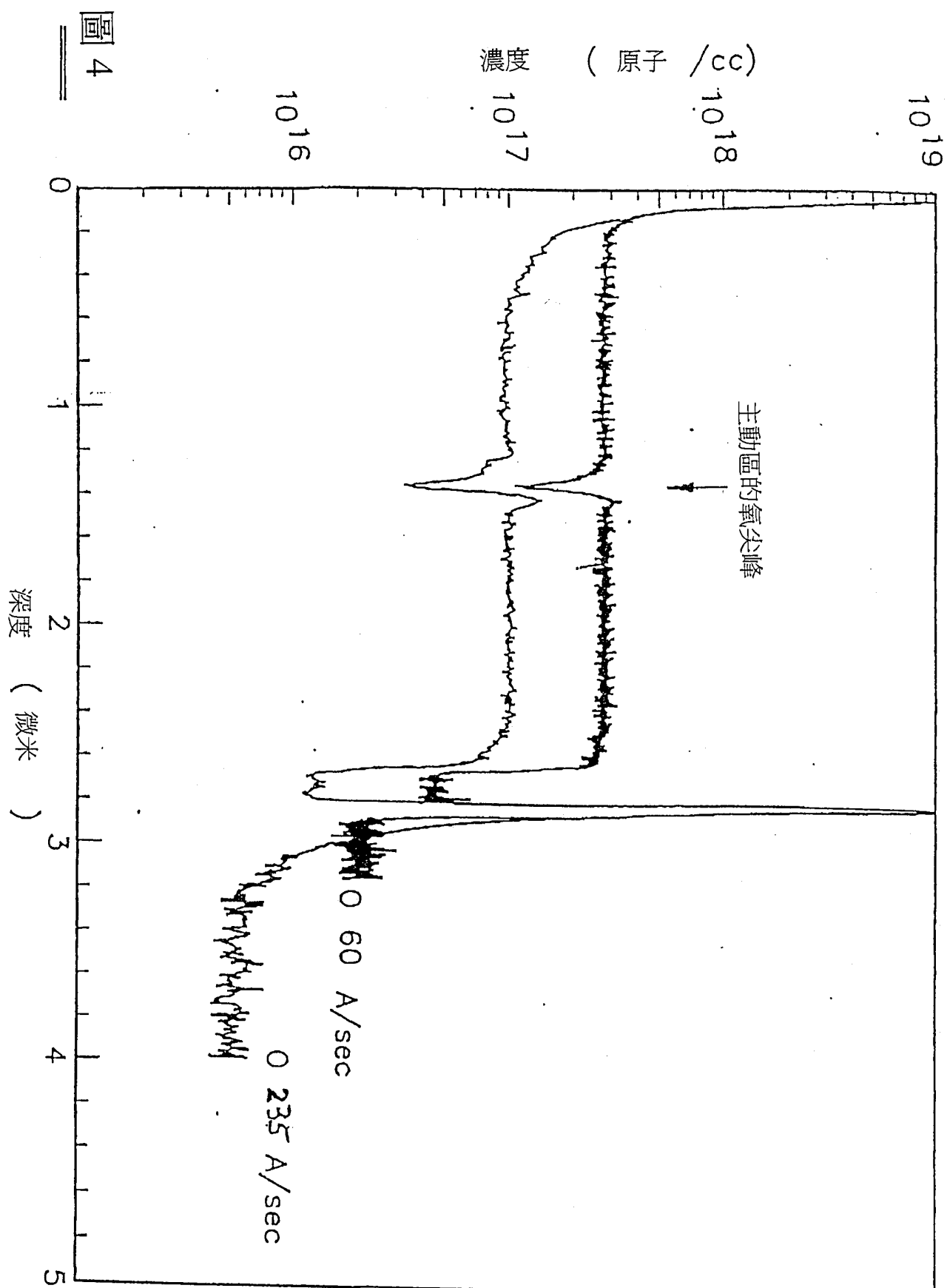
圖式



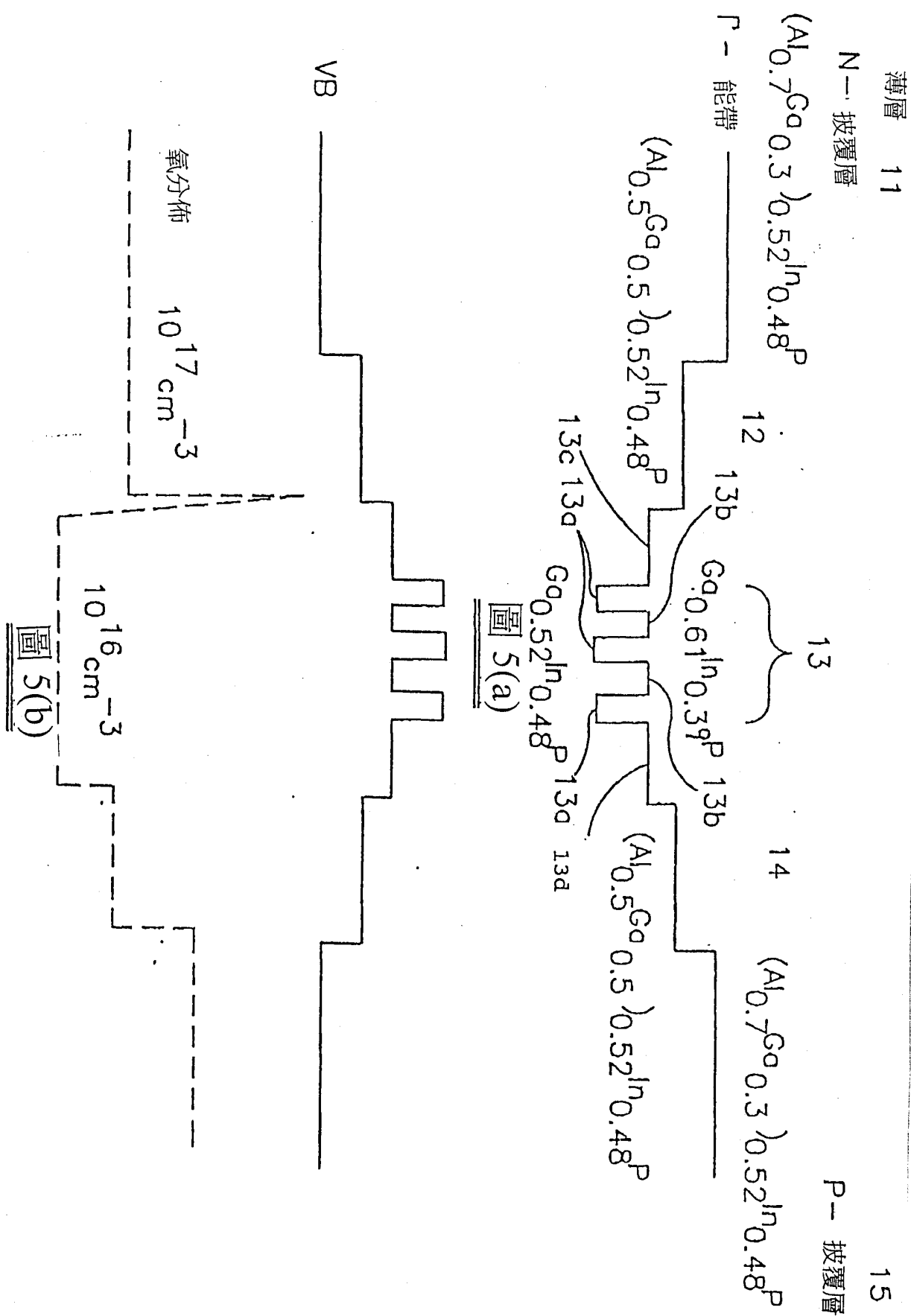
氧分佈雷射結構圖

圖 3(b)

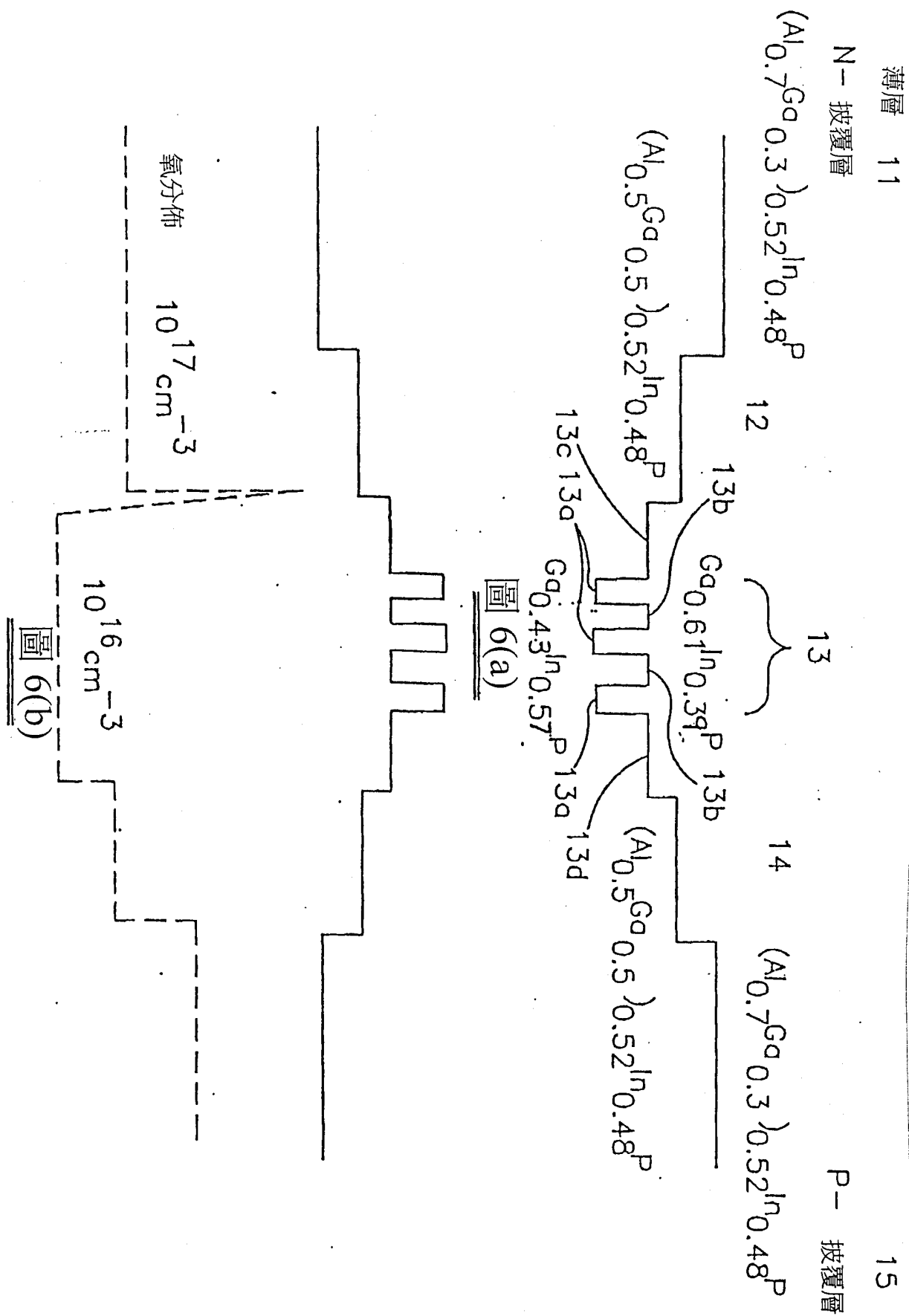
圖式



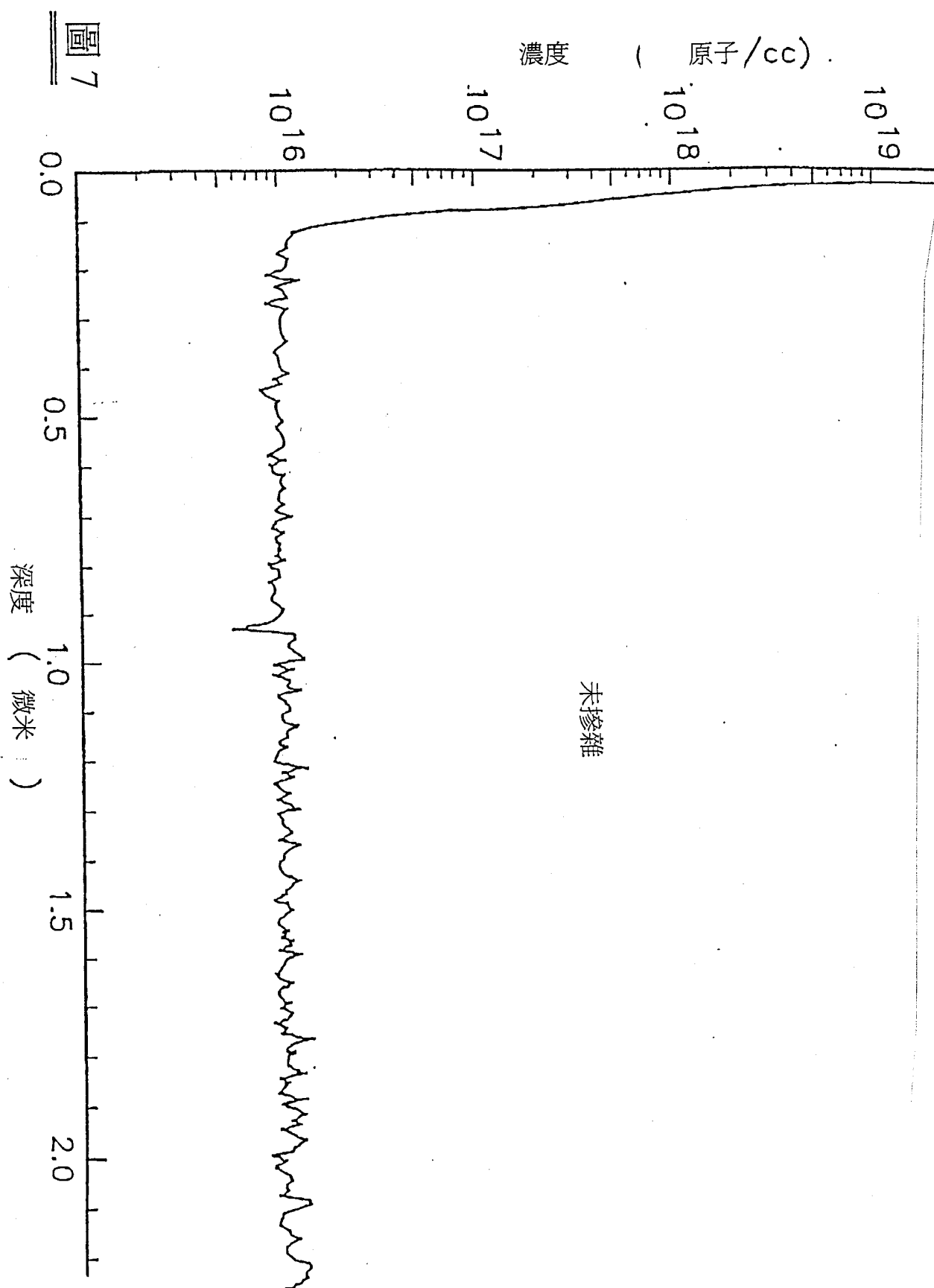
圖式



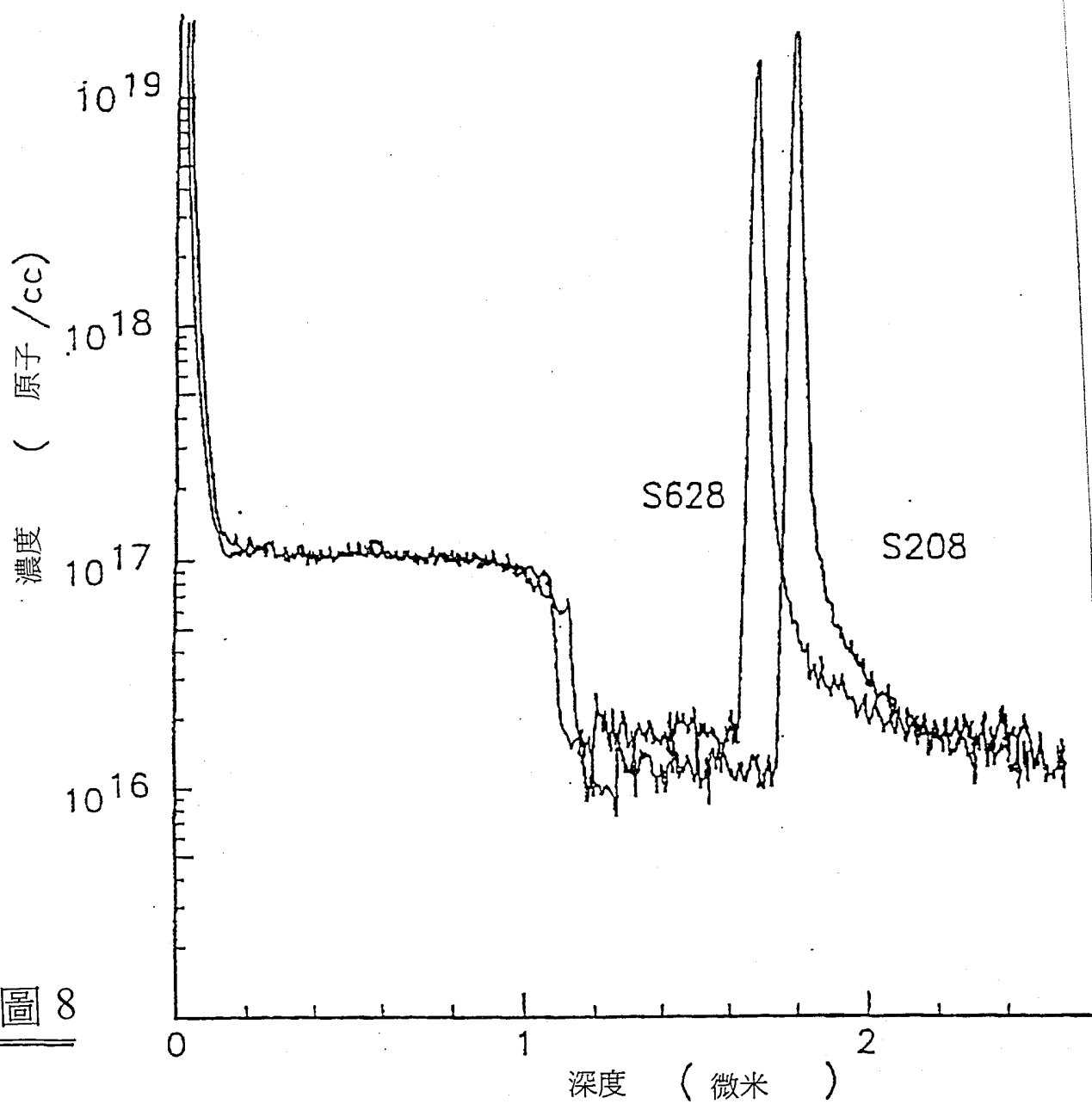
圖式



圖式



圖式



六、申請專利範圍

1. 一種具有不含鋁主動區的半導體裝置，其中該主動區包括一個或多個量子位阱層以及一個或多個阻障層，該量子位阱層以及阻障層是交錯安置的；

其中該阻障層是應變層；以及其中該裝置進一步包括第一披覆層以及不含鋁層，該不含鋁層是安置在第一披覆層與最靠近該第一披覆層的量子位阱層之間。

2. 如申請專利範圍中第1項之具有不含鋁主動區的半導體裝置，可以用來發射出波長在630至680nm範圍內的光線。

3. 如申請專利範圍中第1項之具有不含鋁主動區的半導體裝置，可以用來發射出波長在635至650nm範圍內的光線。

4. 如申請專利範圍中第1項之具有不含鋁主動區的半導體裝置，其中該阻障層是拉伸應變層。

5. 如申請專利範圍中第1項之具有不含鋁主動區的半導體裝置，其中該阻障層與量子位阱層之間的該晶格不匹配很小。

6. 如申請專利範圍中第1項之具有不含鋁主動區的半導體裝置，其中該量子位阱層是晶格匹配到第一披覆層。

7. 如申請專利範圍中第1項之具有不含鋁主動區的半導體裝置，其中該量子位阱層是擠壓應變層。

8. 如申請專利範圍中第1項之具有不含鋁主動區的半導體裝置，其中該阻障層包含有銦。

9. 如申請專利範圍中第1項之具有不含鋁主動區的半導體



修正
補充
1997年7月

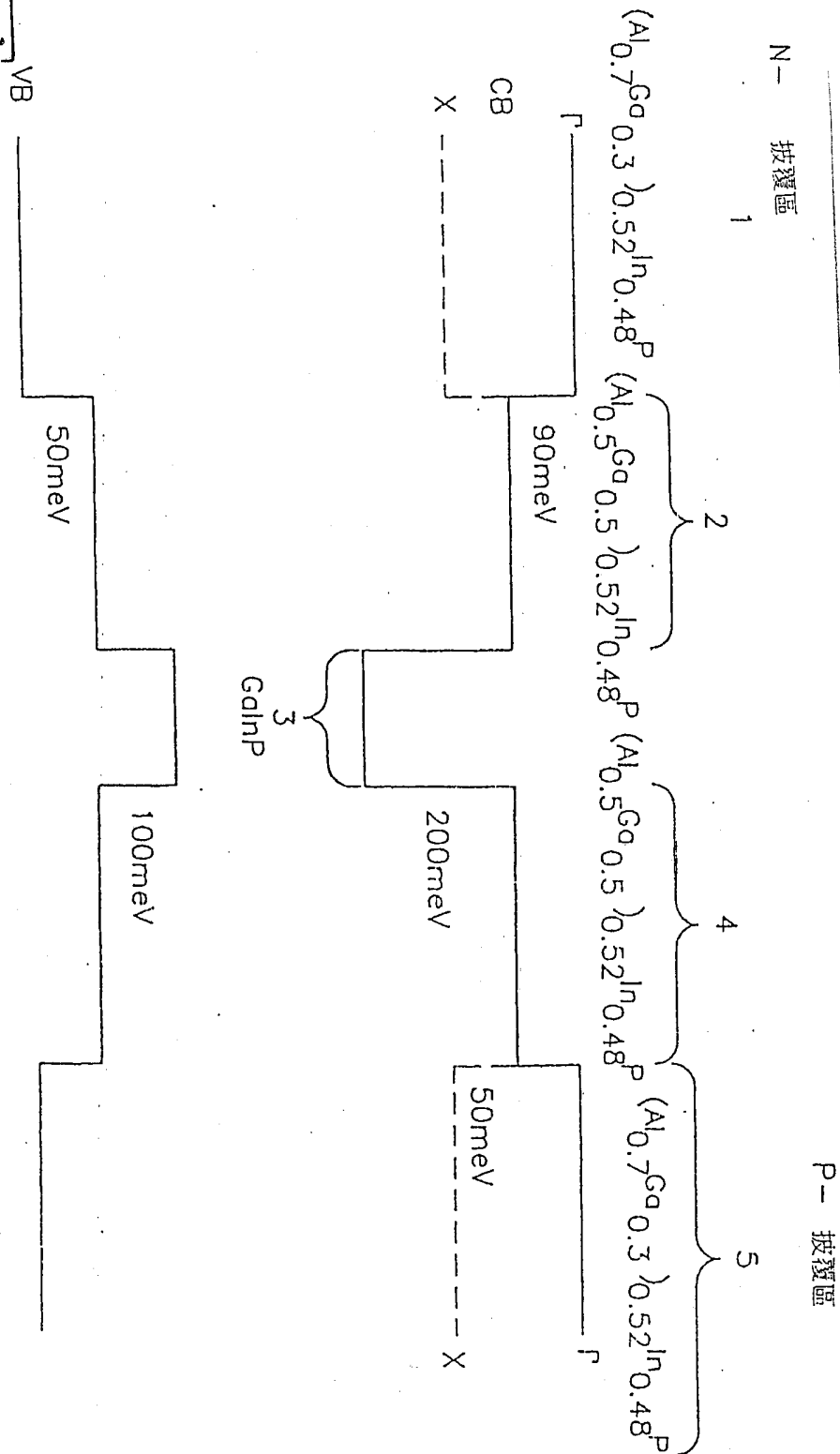


圖 1(a)