

410495

申請日期	88.2.19
案 號	88104358
類 別	H01S 3/18

A4
C4

(以上各欄由本局填註)

發 明 專 利 說 明 書

410495

一、發明 名稱	中 文	具有CO摻雜分布之布拉格反射器的半導體雷射裝置
	英 文	SEMICONDUCTOR LASER HAVING CO-DOPED DISTRIBUTED BRAGG REFLECTORS
二、發明 人	姓 名	(1)鄧宏煜 (2)王曉中 (3)雷春
	國 籍	(1)~(3)中國大陸
三、申請人	住、居所	(1)美國加州聖荷西市西河岸大道1025號 (2)美國加州陽光谷·艾利斯街611號#39 (3)美國加州陽光谷·阿卡迪亞巷614號#202
	姓 名 (名稱)	美商·惠普公司
	國 籍	美 國
	住、居所 (事務所)	美國加州帕羅亞托·哈諾維街3000號
	代 表 人 姓 名	D. 柯瑞格·諾得蘭得

裝

訂

線

410495

(由本局填寫)

承辦人代碼：
大 類：
I P C 分類：

A6

B6

本案已向：

美 國 (地區) 申請專利，申請日期： 案號： ， ☒ 有 ☐ 無主張優先權
1998,08,31 09/144,355

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)

發明領域

一般而言本發明係關半導體裝置和其製造之領域。更明確的說，本發明係關發光裝置，例如半導體雷射裝置。本發明特別可應用於垂直腔穴表面發光雷射(VCSEL)裝置。

發明背景

一種半導體雷射裝置例如垂直腔穴表面發光雷射(VCSEL)裝置，當電流通過其中時產生單色、相干性光。本質上，垂直腔穴表面發光雷射係以一層發光材料夾於兩反射性層間之方式產製。

熱散逸係垂直腔穴表面發光雷射設計者所必須涉及的挑戰之一。產生的熱量係與垂直腔穴表面發光雷射之電阻，以及垂直腔穴表面發光雷射所承載的電流量相關。由於電流係以串聯方式流經層，電阻通常係稱之為「串聯電阻」。雖然希望使垂直腔穴表面發光雷射儘可能承載大量的電流，藉以使雷射光之功率輸出最大，而發熱則限制其可能承載的電流量。

曾使用習常的方式藉以降低垂直腔穴表面發光雷射結構之熱散逸效率。例如，Kish, Jr.,等人的美國專利第5,724,376號，「以半導體晶圓黏著產製透明基材垂直腔穴表面發光雷射」，將於下文與第1圖結合作為參考，說明一種結構其於鄰近主動層運用散熱器。

也已經曉得組成反射性結構各層之電阻，可以由攪雜予以降低。對既定的發熱量而言，這將容許更大電流之流動，因此增加了光功率的輸出。例如，請看K.L. Lear

(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)

等人在1993年4月1日的「電子公報(Electronics Letters)」，第29卷，第7期，第584-6頁所刊登的「低閾電壓垂直腔穴表面發光雷射」。

也請參考P. Zhou等人在1991年7月份IEEE的「光電技術公報(Photonics Technology Letters)」，第3卷，第7期所刊登的，「具有以MOCVD成長之連續性梯度鏡面的低串聯電阻高效率鎵砷化物/鋁鎵砷化物垂直腔穴表面發光雷射」，係在說明一種以反射器層間之梯度界面用以降低串聯電阻的技術。

然而，仍有對另外的新的垂直腔穴表面發光雷射結構之需求，其進一步改進電流承載容量而限制電阻，而且其具備優良的可生產性。

發明概述

根據本發明係在提供一種半導體雷射裝置，其具有低串聯電阻並且其係易於生產。

該半導體雷射裝置包含主動層和沈積於層相反兩面之第一和第二反射性結構。各個第一和第二反射性結構係分布之布拉格反射器，而各分布之布拉格反射器則個別包括，(i)具有第一折射指數之第一層，以及(ii)具有第二折射指數之第二層。

該兩種分布之布拉格反射器係攙雜呈一種係p型而其他則係n型。同時，對各分布之布拉格反射器而言，攙雜之形式係固定的，對既定的分布之布拉格反射器之不同層係使用不同的攙雜劑。

在一較佳具體例中，反射性結構係以鋁鎵砷化物產

(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)

製之分布之布拉格反射器，其中鋁含量係在改變，藉以改變層之折射指數。較佳的是，p型分布之布拉格反射器之兩層層係分別以鎂和碳用以攙雜低和高折射指數之層。

圖式之簡單說明

第1圖係習常半導體雷射裝置之示意圖。

第2圖係根據本發明第一具體例之半導體雷射裝置之示意圖。

第3圖係根據本發明第二和第三具體例之半導體雷射裝置之示意圖。

較佳具體例之詳細說明

本發明提供一種用於半導體垂直腔穴表面發光雷射，以有機金屬氣相磊晶生長(OMPVE)製備p型分布之布拉格反射器所發展之共同攙雜處理。使用這種共同攙雜處理的結果，以這些裝置可以在具有優良的可產製性下，達成低串聯電阻和工作電壓。

第1圖、一種習常的垂直腔穴表面發光雷射

在第1圖所顯示的係一種習常的垂直腔穴表面發光雷射舉例之一般性標示10。第1圖的垂直腔穴表面發光雷射係在Kish, Jr. 等人的美國專利第5,724,376號「以半導體晶圓黏著產製透明基材垂直腔穴表面發光雷射」內予以說明。下文係以複製Kish專利之第1圖作為本專利申請案之第1圖，作更詳細的說明。

在半導體雷射如垂直腔穴表面發光雷射10中，一種其在電流流過時會發光之材料層11係用以作為主動材料。如業界人士所了解的，多種材料具有這種發光的性質。

(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)

在主動層之上面和下面製作兩相對的反射表面。所顯示的係一上方的反射結構13和一下方的反射結構15。主動層11係在反射結構13和15間。該反射面13和15通常係以具有不同折射指數之材料層之程序沈積產製。該種結構稱之為分布之布拉格反射器(DBR)。分布之布拉格反射器間之空間(由主動層11所佔有的空間)係稱之為Fabry-Perot腔穴。

所說明之結構係於基材17上形成。

在垂直腔穴表面發光雷射之設計中，常見實務係以相反的方式摻雜該兩反射結構13和15。那就是，反射結構之一係摻雜呈n型，而其他則係摻雜呈p型。如此，垂直腔穴表面發光雷射可以具有足以與pn接面二極體相媲美的特性。一種運用垂直腔穴表面發光雷射的線路，係以在垂直腔穴表面發光雷射兩終端間施加順向偏壓之方式驅動垂直腔穴表面發光雷射，藉以產生光。

已知有既有的設定一層半導體材料之折射指數的方法。例如，若該層係以鋁鎵砷化物(AlGaAs)產製，則鋁含量可能予以改變；鋁含量愈高，折射指數愈低。

至於常見實務，該層可能被摻雜使其呈n型或p型。例如，碳(C)或鎂(Mg)摻雜劑可能被使用藉以使鋁鎵砷化物呈p型。

電氣接觸面19和21係設置於前述半導體結構之相反的兩面，以容許電流得以施加至結構藉以激勵主動層11。上方接觸面19係形成能提供讓雷射光從垂直腔穴表面發光雷射裝置10冒出的空敞空間。在第1圖所示意顯示的一種

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

表

訂

線

五、發明說明 (5)

可能形狀，上方接觸面19具有孔徑，經由該孔通過雷射光。在第1圖，雷射光係顯示呈通過在上方接觸面19的孔徑往上進行。

一種垂直腔穴表面發光雷射裝置，例如垂直腔穴表面發光雷射10，具有一接觸面19和21間的特性電阻。當電流通過垂直腔穴表面發光雷射10時，會產生熱。該熱係由附裝在焊接方塊之散熱器23予以散逸。

第2圖、本發明之結構性具體例

第2圖係根據本發明的垂直腔穴表面發光雷射裝置之部份示意圖。在第2圖所示的結構相當於第1圖的結構11, 13, 和15。在第1圖所包括的其餘元件對本發明並非必要。因此這些額外的元件在第2圖中予以省略。

主動層25，類似於第1圖之主動層11，在反射結構27和29間形成垂直腔穴表面發光雷射腔穴。反射結構27和29分別顯示呈p型分布之布拉格反射器和n型分布之布拉格反射器。

分布之布拉格反射器27和29包括具有兩種不同折射指數材料的選擇性層。如前文所討論的，此處的材料係鋁鎵砷化物，低鋁的鋁鎵砷化物化合物作為高指數材料，而高鋁的鋁鎵砷化物化合物作為低指數材料。若適當，層間可使用梯度化界面(圖中未顯示)。

在一分布之布拉格反射器內部的一對層可以被認為是一個單位次結構。如此，一分布之布拉格反射器可以結構呈包括適當數目的次結構。在第2圖，p型分布之布拉格反射器27包括一單位次結構31，包括一低折射指數層33以

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(6)

及一高折射指數層35。

而每個分布之布拉格反射器一個單位次結構，係理論上的最小值，在實務上分布之布拉格反射器包括多於一個單位次結構。如所示的，單位次結構係以重複N1的倍數藉以形成整個p型分布之布拉格反射器27。n型分布之布拉格反射器29包括一個單位次結構37，其係以重複N2的倍數。N1和N2係整數，表示單位次結構之總數。用於較佳具體例的N1和N2可以高達大約50。

攪雜

該電氣泵電流，當其以串聯方式經由所有的層通過時，以與結構總電阻相關的方式產生熱。根據本發明，係在這些層和界面運用適切的攪雜藉以降低總體電阻。因此，有利地降低跨越分布之布拉格反射器27和29的電壓降，以及由電流流動所產生的熱。P形分布之布拉格反射器要比n型分布之布拉格反射器具有較高電阻之趨勢。因此，本發明當在運用於p型分布之布拉格反射器時尤其有利。

根據本發明，係使用不同的攪雜劑用於分布之布拉格反射器單位次結構之兩個層的一種「共同攪雜」設計。

第2圖的結構包括以較佳材料鋁鎵砷化物製造的分布之布拉格反射器，其中折射指數係以改變鋁含量予以變更。在p型分布之布拉格反射器中常用的兩種攪雜劑係鎂和碳。用於p型分布之布拉格反射器27，碳係在高鋁鋁鎵砷化物層如層33中使用作為攪雜劑，而鎂係使用於低鋁鋁鎵砷化物層如層35。

順便要注意的是，用於本發明的其他較佳具體例中

(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)

，該高鋁鋁鎔砷化物層(例如層33)可以碳和鎂的組合攪雜，以及僅只以碳攪雜。

可生產性-較佳攪雜

無論鋁鎔砷化物材料中鋁含量如何，都可以使用鎂作為一種攪雜劑。以有機金屬氣相磊晶生長攪雜鎂係經由使用既有的鎂攪雜劑材料源進行。

然而，對高鋁含量的鋁鎔砷化物和界面層而言，鎂具有缺點，其最高可能活化的攪雜劑離子濃度(亦即，可達成的載體濃度)，係限制至不利的每立方厘米 10^{18} 個攪雜劑原子的低值。因此，使用鎂攪雜的p型分布之布拉格反射器成長之垂直腔穴表面發光雷射，由於其較高的串聯電阻，通常具有較高的工作電壓。

另一方面，碳度易與鋁鎔砷化物層結合。然而，碳攪雜劑有機金屬氣相磊晶生長所用氣體具有不利的腐蝕性趨向。在一種製造處理中其包括由周邊的碳攪雜劑材料源氣體攪雜的一個攪雜步驟，該材料源氣體會回蝕待進行碳攪雜磊晶生長的鋁鎔砷化物層。

若係以一種四溴化碳(CBr_4)攪雜劑氣體使用於低鋁鋁鎔砷化物，則回蝕發生率超過正常成長率的30%。然而，回蝕率對鋁砷化物而言係可忽視的。對中間值配方包括鋁和鎔兩者，回蝕率亦係呈中間值。另外，回蝕率對溫度以及對氣體越過晶圓之流動狀況變化敏感。

因此，以碳攪雜之p型分布之布拉格反射器，其橫互晶圓之厚度分布勢必不會一致。相對的，n型分布之布拉格反射器結構之產製，並不採用其會造成回蝕的物質。因

(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)

此，n型分布之布拉格反射器之產製係易於控制，而p型分布之布拉格反射器之產製具有導致分布之布拉格反射器厚度不匹配的一致性問題。

在習常的垂直腔穴表面發光雷射，其中n型和p型分布之布拉格反射器兩者都需要的狀況下，其相互間的厚度不匹配，大幅貶損橫互晶圓的裝置之性能一致性。

然而，根據本發明係以碳攪雜之使用僅用於層之材料其係高鋁含量的方式達成較佳的一致性，並且因此較不易回蝕而解決一致性的問題。比起用於低鋁含量高折射指數層，碳攪雜更適用於高鋁含量低折射指數鋁鎵砷化物層。

對更易感受回蝕的低鋁含量層，鎂攪雜並不屬於與高鋁含量材料同樣的每立方厘米 1×10^{18} 的限制。如此易於兩層獲得超過 3×10^{18} /立方厘米之高攪雜濃度而無回蝕問題。因此，低鋁含量層之鎂攪雜在整體結構情況中提供一種電阻其係有利地低值，而且在避免回蝕並解決不一致性下具有可生產性。

而本發明的一較佳具體例，僅只採用碳作為高鋁含量層之攪雜，其亦可能以鎂和碳混合攪雜。由於係高鋁含量，攪雜劑氣體的碳含量並不致造成不利的回蝕總量。

界面層；區段之不同攪雜

第2圖之具體例，以及相關的具體例其由前述說明，業界人士將認為可以看作係第一類具體例。

也還有另外兩類具體例(「第二」和「第三」類)。第二類也包括垂直腔穴表面發光雷射之腔穴與前述，鄰近或

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

表

訂

線

五、發明說明(9)

這些層間的層之間的相當窄的界面層。為了區別這些形式的層，將使用「正常」層這個名詞表示前述層。

界面層平順化了在由高鋁層至低鋁層組成的尖銳轉換。這有利地降低串聯電阻。

一般情況下，界面層必須作重度攪雜藉以適當的降低串聯電阻。共同攪雜設計(碳+鎂，或只有碳)在這個界面層有利地達成這種電阻之降低。

在第三類具體例中，層係以有些連續性的變更或個別的鋁組成之方式分為區段，及/或作不同區段之共同攪雜。這可以以正常的層進行。界面梯度層也可以分為多個區段並據此作共同攪雜。

已發現區段性的共同攪雜在設置有界面層的案例將會特別有效。較佳的區段性界面包括界面在正常層間的鋁鎵砷化物界面層。界面層係以準據區段方式進行共同攪雜。

區段性共同攪雜可以用許多不同的方式進行。例如，一個界面層可以具有兩個區段，而其中只有一個係作共同攪雜。

在高鋁和低鋁正常層個別具有界面層的場合，可以在高鋁層後之界面，但是並不在低鋁層後界面之方式作共同攪雜。另外，在這種層形狀中兩個正常層本身可以作或者不作共同攪雜。

第3圖係一橫剖面圖其顯示一種半導體雷射裝置之p型分布之布拉格反射器之一例。第3圖的裝置具有根據具體例第二類之界面層，而其中界面層顯示根據具體例第三

(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)

類舉例之區段性共同攙雜。

第3圖顯示一垂直腔穴表面發光雷射腔穴39以及一p型分布之布拉格反射器，通常的顯示如41。為簡化，雖然可能會有更多的單位次結構，只顯示兩個單位次結構43和45。該等單位次結構43和45各包括一高鋁正常層(分別為47和49)以及一低鋁正常層(分別為51和53)。

正常層及/或該垂直腔穴表面發光雷射腔穴39間的界面說明本發明的第二和第三具體例。將分別討論個別的舉例。

根據第二類具體例，一界面層55係顯示於垂直腔穴表面發光雷射腔穴39與高鋁正常層49間。

根據第三類具體例，一由區段57和59構成之界面顯示於高鋁正常層49與低鋁正常層53間。在後文討論中層如57和59可表示彼此毗鄰的個別界面層或表示整個界面層的區段。其命名規則將會由文字內容清晰顯示。

如顯示，界面層55，57和59係比正常層53和49為薄。如前述界面層如55，57和59相當薄乃較佳特性。

還有，界面層可反應其相對鋁含量。鋁含量了解成具有其直覺的意義，亦即，由低鋁(亦即，最低鋁含量)經由中間低鋁和中間高鋁至高鋁(亦即，最高鋁含量)進行。

以特殊運用之不同可能改變明確的鋁組成，但是本發明具體例第二類和第三類的較佳具體例所具有的層其鋁含量係在鄰接層或正常層鋁含量間的中間值。例如，連續性的鄰接層由49(高鋁)經由59(中間高鋁)和57(中間低鋁)至53(低鋁)進行。

(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)

第3圖的結構係以整體方式顯示一較佳之方式，其中界面層係與整體p型分布之布拉格反射器結構結合。亦即，每個正常層在兩面都具有有一界面層。

以次結構45為例做細部考量。界面層55和57鄰接在高鋁正常層49的兩面。界面層55和57各具中間高鋁含量，因此鋁含量在層跨越邊界時係作適度的相對改變。在低鋁正常層53的兩面鄰接，界面層57和界面層61也是一樣。該界面層57和61具有中間低鋁含量，因此再度在跨越這些層邊界時鋁含量並不作激烈改變。57-59邊界的鋁含量變化也是僅從中間低至中間高。

界面層的共同攙雜也是根據本發明進行。例如，按不同界面層鋁之絕對含量，中間低鋁含量界面層57和61可能以鎂攙雜，而中間高鋁含量界面層55和59則可能以碳，或以碳+鎂攙雜。

結論

因此根據本發明，解決了對完好攙雜之分布之布拉格反射器用以使串聯電阻最低之需求與對一種裝置其產製避免回蝕相抵觸的問題。具有分布之布拉格反射器的垂直腔式表面發光雷射係期望其具有低串聯電阻和工作電壓，以及相當好的橫互晶圓一致性。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(12)

元件標號對照

10	垂直腔穴表面發光雷射	11	主動發光層
13	上反射性結構	15	下反射性結構
17	基材	19	上接觸面
21	下接觸面	23	散熱器
25	主動層	27	反射性結構
29	反射性結構	31	單位次結構
33	低折射指數層	35	高折射指數層
37	單位次結構	39	雷射腔穴
41	雷射腔穴及p型分布之 布拉格反射器	43	單位次結構
45	單位次結構	47	高鋁正常層
49	高鋁正常層	51	低鋁正常層
53	低鋁正常層	55	界面層
57	區段	59	區段
61	界面層		

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂
線

四、中文發明摘要 (發明之名稱：具有CO摻雜分布之布拉格反射器的半導體雷射裝置)

本發明提供一種雷射裝置，例如一種垂直腔穴表面發光雷射 (VCSEL) 裝置，其包括一分布之布拉格反射器 (DBR) (27, 29)，其係以不同的摻雜劑共同摻雜層 (33, 35) 構成。例如，一種由有機金屬氣相磊晶生長 (OMPVE) 產製的 p 型 DBR (27)，包括的層分別具有一低折射指數 (33) 和一高折射指數 (35)，該等層係分別以高鋁鋁鎵砷化物 (AlGaAs) 和低鋁鋁鎵砷化物製造。根據本發明，以碳 (C) 本身或加入鎂 (Mg)，係使用於高鋁鋁鎵砷化物層作為摻雜劑，而鎂 (Mg) 係使用於低鋁鋁鎵砷化物層作為摻雜劑。由於這種共同摻雜，半導體雷射達成具有良好可生產性的低串聯電阻和工作電壓特性。

英文發明摘要 (發明之名稱：SEMICONDUCTOR LASER HAVING CO-DOPED DISTRIBUTED BRAGG REFLECTORS)

This invention provides a semiconductor laser device, such as a Vertical Cavity Surface-Emitting Laser (VCSEL) device which includes a Distributed Bragg Reflector (DBR) (27, 29) made up of layers (33, 35) which are co-doped with different dopants. For instance, a p-type DBR (27) produced by organometallic vapor-phase epitaxy (OMPVE) includes layers having, respectively, a low refractive index (33) and a high refractive index (35), the layers being made, respectively, of high-Al AlGaAs and low-Al AlGaAs. According to the invention, C, by itself or in addition to Mg, is used as the dopant in the high-Al AlGaAs layers, and Mg is used in the low-Al AlGaAs layers. Because of this co-doping, the semiconductor laser device achieves low series resistance and operating voltage, with good manufacturability.

(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. 一種半導體雷射裝置，包括：

一主動層(25)具有相對側的兩面；以及

一反射性結構(27)沈積在主動層(25)的一面，該反射性結構包括(i)一第一層(33)，具有第一折射指數並且係以包括第一摻雜劑之第一半導體化合物製成，以及(ii)一第二層(35)，具有第二折射指數並且係以包括第二摻雜劑之第二半導體化合物製成。

2. 如申請專利範圍第 1 項之半導體雷射裝置，其中用於各第一和第二反射性結構(27, 29)：

該第一層(33)係以第一 III-V 半導體化合物製成；以及第二層(35)係以第二 III-V 半導體化合物製成。

3. 如申請專利範圍第 2 項之半導體雷射裝置，其中：

該第一 III-V 半導體化合物(33)係鋁鎵砷化物具有第一鋁含量；以及

該第二 III-V 半導體化合物(35)係鋁鎵砷化物具有第二鋁含量其係少於第一鋁含量。

4. 如申請專利範圍第 2 項之半導體雷射裝置，其中用於各個第一和第二反射性結構(27)：

該第一層(33)係由一組包含(i)碳以及(ii)碳和鎂的摻雜劑摻雜；以及

該第二層(35)係以鎂摻雜。

5. 如申請專利範圍第 1 項之半導體雷射裝置，其中各個第一和第二反射性結構(27, 29)另外個別包括(i)一第三層具有第一折射指數並且係以包括第一摻雜劑之第一半導體化合物製成，以及(ii)一第四層具有第二折射指

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂線

410495

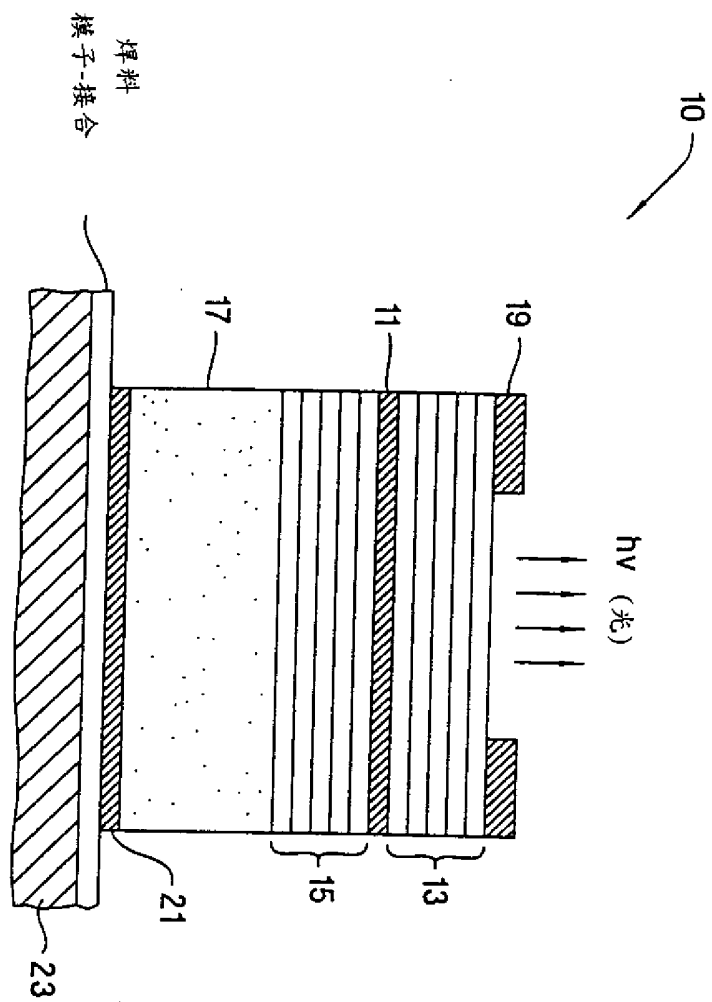
六、申請專利範圍

數並且係以包括第二摻雜劑之第二半導體化合物製成。

6. 如申請專利範圍第 1 項之半導體雷射裝置，其另外包含一界面層(57, 59)鄰接於第一層和第二層之一。
7. 如申請專利範圍第 6 項之半導體雷射裝置，其中界面層具有一第一區段(57)和一第二區段(59)，該第一區段與第二區段具有不同的化學組成。
8. 如申請專利範圍第 1 項之半導體雷射裝置，其中第一和第二層(33, 35)具有一第一區段和一第二區段，該第一與第二區段具有不同的化學組成。
9. 如申請專利範圍第 2 項之半導體雷射裝置，其另外包含一第二反射性結構(29)沈積於主動層(25)反面之一面，該第二反射結構(29)包括(i)一第一層，具有第一折射指數並且係以包括第一摻雜劑之第一半導體化合物製成，以及(ii)一第二層，具有第二折射指數並且係以包括第二摻雜劑之第二半導體化合物製成。

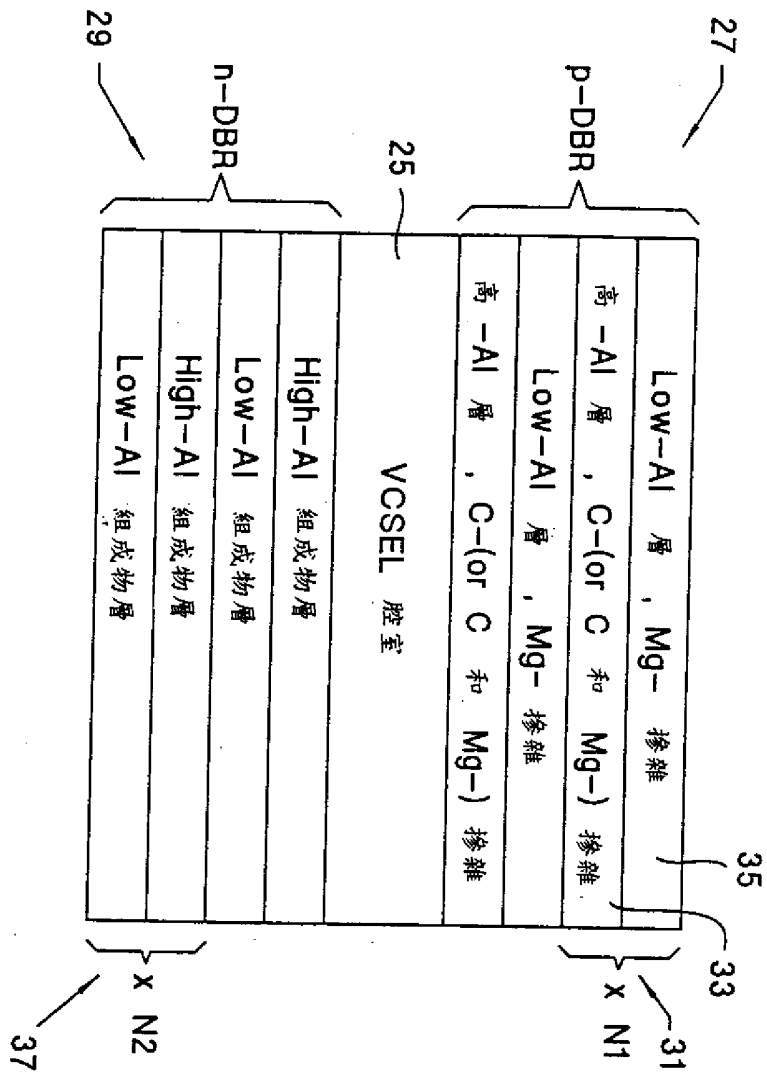
(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂
線

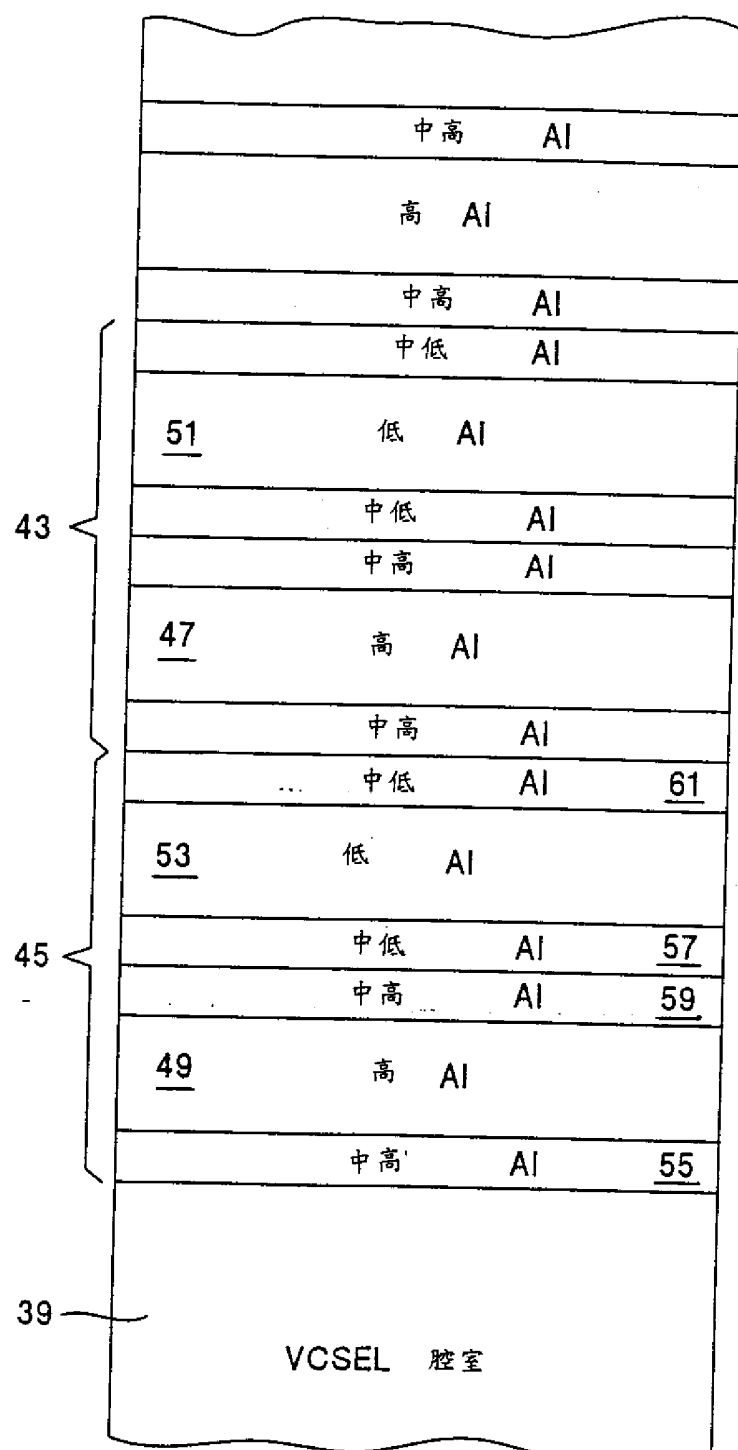


第 1 圖

習知技藝



第 2 圖



第 3 圖