

公告本

583509

申請日期	86.12.5
案號	86118368
類別	H01L 33/00

A4
C4

(以上各欄由本局填註)

383509

發明專利說明書

一、發明 名稱	中 文	發光二極體及應用於 AlGaInP 發光二極體之磊晶晶圓
	英 文	
二、發明 創作人	姓 名	村里茂隆
	國 籍	日本
	住、居所	日本國埼玉縣秩父市下影森 1505 番地
三、申請人	姓 名 (名稱)	昭和電工股份有限公司
	國 籍	日本
	住、居所 (事務所)	日本國東京都港區芝大門一丁目 13 番 9 號
	代 表 人 姓 名	大橋光夫

裝

訂

線

(由本局填寫)

承辦人代碼：
大 類：
I P C分類：

A6

B6

本案已向：

國(地區) 申請專利，申請日期： 案號： ， ☒有 ☐無主張優先權
日 本 1996/12/05 8-325644
1997/03/28 9-077980

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(20)

本例之 LED 是在如例四之 n 型 AlGaAs 電流擴散層上形成如例二之參雜 Se 之 n 型厚 $0.5\mu\text{m}$ 之 AlGaInP 層得到的。混合晶體之 Al 比為 0.15 載子濃度為 $1 \times 10^{16}\text{cm}^{-3}$ 。如同例一形成一接觸層及電極以完成此 LED，特性測量列於表五。

例六

製造一 LED 結構與例五之 LED 相同，但不用 n 型 AlGaInP 保護層而改用參雜 Se 之 n 型 GaP。如同例一形成一接觸層及電極以完成此 LED，特性測量列於表五。

例子比較

為了比較以參雜 Si 的 n 型 GaAs 單晶製造了一個 LED 其含雜質濃度為 $1 \times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ 晶面方向為 (100)。在基板上參雜 Se 做了一個 25 層分別厚 41.9nm 之 $\text{Al}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{As}$ 及厚 49.3nm 之 $\text{Al}_{0.95}\text{Ga}_{0.05}\text{As}$ 的反射層。一個 AlGaInP 的層狀 DH 結構包含了一個由 $(\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 之主動層及 $(\text{Al}_{0.35}\text{Ga}_{0.65})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 之覆層加在反射層之上。一個 p 型之 AlGaAs 層其 Al 混合晶體比例為 0.7，在 DH 結構上方形成一個厚 $5\mu\text{m}$ 及載子濃度 $1.5 \times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ 的一層，再長上一層 p 型 GaAs 接觸層，還有以光蝕刻及合金法做一個電極。LED 的特性列於表五供參考。

由前面描述可知，依照本發明 AlGaInP LED 之抗潮性可藉著大量降低 AlGaAs 電流擴散層厚度到小於 $1\mu\text{m}$ 達到。

本發明之效用並不受為改進薄磨結晶性在半導體基板

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (1)

本發明乃關於高亮度半導體發光元件化合物，尤其是關於有 AlGaInP 主動層之雙異質結構(double hetero-structure, DH)之二極體磊晶晶圓，及使用磊晶晶圓(epitaxial wafer)之發光二極體。

在複合半導體基板上用磊晶成長的發光二極體(LEDs, light-emitting diodes)的特性是低耗電、壽命長、高發光效率及可靠度高，因此經常用於顯示器光源。AlGaInP 是一種在 III-IV 族混合晶體內，除了含氮化合物以外，能帶差最高的直接轉換式半導體晶體。因為使用 AlGaInP 的 LED 可在比傳統以液相鍍法(liquid-phase epitaxy, LPE)製作的 AlGaAs 類的 LEDs 短的波長發光，它可逐漸用於高亮度發光元件。尤其，最近大家注意的 LEDs 是有 GaAs 基板、雙異質結構及與基板晶格相合的 AlGaInP 主動層，因為這種 LEDs 可以在綠到紅光範圍內發出強光。而且由於這種 AlGaInP 混合晶體 LEDs 中所含的 Al 較少，一般認為它們抗溼性較 AlGaAs 類好。

AlGaInP 類的 LEDs 的缺點是它們有一層由金屬有機化學蒸鍍法(metal-organic chemical vapor deposition, MOCVD)形成的薄膜結構，由電極注入的電流不會馬上擴散。因此發光效率，尤其在短波長範圍，通常不夠。因此有不少結構上的改良方法。例如，JP-B-6-103759 揭露一種 LED 結構中就提供了一個 AlGaAs 厚層的電流擴散層。如第 1 圖，這種 LED 是由一個 n 型 GaAs 層 1，一個厚 $1\mu\text{m}$ 的 n 型 AlGaInP 下覆層 2，一個厚 $0.5\mu\text{m}$ 的 AlGaInP 主動

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

五、發明說明(2)

層3，一個厚 $0.2\mu\text{m}$ 的p型上覆層4，一個厚 $3\mu\text{m}$ 的p型AlGaAs電流擴散層5，一個p型電極6及一個n型電極7組成。

LED電流擴散層要求的條件之一是它對於發光部分所發出的光必須是透明的。用於電流擴散的AlGaAs層要能滿足這個條件，其Al含量必須高於某個值以保證AlGaAs電流擴散層的能帶寬大於主動層的能帶寬。但是，Al含量越高AlGaAs越容易氧化。AlGaAs中Al的比例大約在0.7左右時AlGaInP類的LED發出的可見光範圍的光可以穿透，這大約與AlGaAs LED的覆層以LPE方法製造的比例相同。因此，雖然AlGaInP LED可以比AlGaAs LED以LPE方法製造時發出更多的光而且抗潮性更好，但是以AlGaAs製造的電流擴散層抗潮性仍然是個問題。

鑑於電流擴散的目，AlGaAs層越厚越好。JP-A-4-212479提出的厚度是5到 $30\mu\text{m}$ ，而美國專利5,008,718提出的厚度是2到 $30\mu\text{m}$ ，5到 $15\mu\text{m}$ 更好(參見第16行第三欄)。也有AlGaAs電流擴散層厚度為 $7\mu\text{m}$ 的例子(見Appl. Phys. Lett. Vol.58 (10), 11 March 1991)。因此在使用AlGaAs電流擴散層的LED上，為了增強電流擴散效應而增加厚度，但是這樣一來也增加了Al的含量，因此就減低了抗潮性而使得AlGaAs更易於氧化。

尤有甚者，即使使用了這種電流擴散層來增加電流擴散效應，傳統的LEDs也無法提供戶外使用或其他高亮度要求情況所需的足夠亮度。在此，亮度正比於發射光強度

五、發明說明 (3)

加上可見度效應值。另一個問題是增加異質接合也增加了元件電阻，因此需要更高的工作電壓。無法達到高亮度的原因，除了由於許多異質接合介面包含在裡面以致於無法得到高品質的磊晶層成長，被認為是雙異質結構沒有在晶格上配合。以四元素混合晶體 $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ 而言當 $y=0.5$ 時一般認為可與 GaAs 基板晶格配合。但是這是在室溫時，以這種比例在磊晶成長的溫度晶格並無法配合。也就是在室溫時 GaAs 基板的晶格常數為 $0.56533nm$ ，但在磊晶成長溫度假設是 $780^\circ C$ 時晶格常數為 $0.56804nm$ ，改變了 0.48% 。而覆層使用的 $(Al_{0.7}Ga_{0.3})_{0.5}In_{0.5}P$ 晶格常數在室溫時為 $0.56640nm$ ， $780^\circ C$ 時為 $0.56837nm$ ，增加了 0.348% 。因此基板與覆層間的晶格不吻合度在室溫下為 0.19% ， $780^\circ C$ 為 0.058% 。因此乍看之下以為 $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ 磊晶成長層間晶格配合完美，實則不然。

本發明做了詳細的探討而發現即使在室溫下達到了晶格配合，在磊晶成長溫度下配合更為重要。長晶得好如果再有磊晶成長時的晶格匹配就可以得到高亮度，因為即使晶格中在冷卻到室溫後產生了缺陷，這種缺陷的大小也不足以將亮度減低太多。

如果得到了好的磊晶成長層，上覆層的電流擴散也獲得改進，到即使不用特別厚的電流擴散層也能降低元件電阻，也就能使用較低的工作電壓(V_F 的特性)。而且，不增加磊晶成長的厚度也就意味著不會增加 Al 的濃度，也就解決了元件老化的問題而得到較可靠的元件。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂



五、發明說明(4)

本發明的目的之一是提供一個有足夠電流擴散效應的 AlGaAs 電流擴散層的高亮度，耐久的 AlGaInP 發光二極體，而同時保留適當的抗潮性及一個製造發光二極體的晶圓。

本發明提供一種應用於 AlGaInP 發光二極體之磊晶晶圓，包括：一 p 型 GaAs 基板；一反射層，由在該基板上之層狀多層半導體層組成；一 AlGaInP 雙異質接合發光結構，設在反射層上，且該發光結構由上下覆層間的主動層組成；以及一 AlGaAs 電流擴散層，設在該雙異質接合發光結構之上，且該電流擴散層對該發光結構所發的光為透明；其特徵在於：該 AlGaAs 電流擴散層是一個 n 型導電性，具有載子濃度不少於 10^{17}cm^{-3} 不大於 $2 \times 10^{19}\text{cm}^{-3}$ 且厚度不大於 $1\mu\text{m}$ 。

本發明又提供一種 AlGaInP 發光二極體，包括：一 p 型 GaAs 基板；一反射層，由該基板上的多層半導體層組成；一 AlGaInP 雙異質接合發光結構，設在該反射層上，且該發光結構乃由上下覆層間的主動層組成；一 AlGaAs 電流擴散層，設在雙異質接合發光結構上，且該電流擴散層對該發光結構所發的光為透明的；一第一電極，設在該 GaAs 基板背面；以及一第二電極，設在電流擴散層上面；其特徵在於：該 AlGaAs 電流擴散層是 n 型導電性，載子濃度不小於 10^{17}cm^{-3} 不大於 $2 \times 10^{19}\text{cm}^{-3}$ 且厚度不大於 $1\mu\text{m}$ 。

如前所述，依照本發明在 p 型 GaAs 單晶基板上形成

五、發明說明(5)

一個反射層，在反射層上面形成一個雙異質接合發光結構，在雙異質接合發光結構上再形成一個 n 型電流擴散層。電流擴散層載子移動性高而且載子濃度介於 10^{17} cm^{-3} 與 $2 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 間，因此相對阻力的增加被壓抑了，因此即使擴散層的厚度不大於 $1 \mu\text{m}$ 也能達到足夠的電流擴散效應，除此以外也降低了 Al 的含量而使得 LED 的抗潮性更好。

尤有甚者，藉由在磊晶成長溫度下雙異質接合發光結構各層間與基板的晶格匹配，可得到良好的晶體，元件阻抗降低，因此可使用較低的工作電壓，這使得 LED 更穩定且壽命更長。

LED 對溼度及氧化的抵抗力可以藉由在 AlGaAs 電流擴散層上再鍍上另一層 AlGaInP 或者 GaP 不易氧化的薄膜來更進一步增強。

本發明之實施例將只以例子描述，請參照附圖：

圖式簡單說明

第 1 圖是一個有厚 AlGaAs 電流擴散層的傳統 LED 的截面圖；

第 2 圖顯示 AlGaAs 電流擴散層厚度與殘留亮度的比例的關係；

第 3 圖是一個本發明第一與第四實施例的 LED 的截面圖；

第 4 圖是一個本發明第二與第五實施例的 LED 的截面圖；以及

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂



五、發明說明(6)

第5圖是一個本發明第三與第六實施例的LED的截面圖。

實施例

如果組成成份相同 n 型半導體一般比 p 型的電阻低，因為形成 n 型半導體載子的電子的移動性比形成 p 型半導體載子的電洞移動性高。由 Baifukan 出版的「Advanced Electronics I-1/Group III-V Compound Semiconductors」(1994)第 151 頁所提供的資料知，p 型對 n 型載子移動性之比對 GaAs 為 20，InP 為 43，GaP 為 1.6。但是此載子移動性比可因晶體的完美與否，雜質濃度，等等而有極大的差異。因此有時對 GaP 的數據有些不同。

長晶的方法也會有影響，這可能是不同的方法得到不同完美程度的晶體所致。本發明以霍爾效應測量以 MOCVD 長在 GaAs 半絕緣體上的一層。以 AlGaAs 可使 AlGaInP LED 發出的光穿透的組成(Al 混合晶體比 0.7)及雜質濃度 10^{18}cm^{-3} 的階秩，可以得到 p 型對 n 型移動率的比為 10.3。因此如果使用 n 型 AlGaAs 作為電流擴散層，電流擴散效應可以比傳統 p 型 AlGaAs 得到的大。發明者就是依據此一事實得到本發明。

第 2 圖顯示一個 AlGaInP LED 的 n 型 AlGaAs 電流擴散層厚度與該 LED 亮度衰減比間的關係研究結果，其中水平軸代表 n 型 AlGaAs 電流擴散層厚度而垂直軸代表殘餘亮度比。測量條件是前向電流 10mA，溫度 85℃，溼度 85%。殘留亮度比是在加電流 1000 小時前後之亮度比。虛

五、發明說明(7)

線顯示當只用一個 AlGaAs 電流擴散層時的情況，而實線顯示當 AlGaAs 上的 AlGaInP 電流擴散層厚度為 $0.3\mu\text{m}$ 時的情況。

由第 2 圖可以看到 AlGaAs 電流擴散層厚度與殘留亮度比間有相關性存在；當電流擴散層厚度超過 $1\mu\text{m}$ 時殘留亮度顯著的衰減。此一趨勢即使在 n 型 AlGaAs 上形成 AlGaInP 保護層時仍然存在。但是當 AlGaAs 電流擴散層厚度相同時有 AlGaInP 保護層的殘留亮度較亮。當於 AlGaAs 電流擴散層上使用 GaP 保護層時此二趨勢仍然不變。因此 AlGaAs 電流擴散層的厚度以不超過 $1\mu\text{m}$ 為宜。

如果 n 型 AlGaAs 電流擴散層中的雜質濃度小於 10^{17}cm^{-3} 相對電阻將增加而減低電流擴散能力。另一方面如果濃度超過 $5 \times 10^{19}\text{cm}^{-3}$ 光就會被吸收。因此上述的範圍才適當，在 $5 \times 10^{17}\text{cm}^{-3}$ 到 $5 \times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ 間更好。AlGaAs 中 Al 混合晶體比例必須選擇適當以保證能帶寬大於主動層的能帶寬，這樣才能使發出來的光穿透過去。例如使用 Al 混合晶體比例為 0.6 或更高的 AlGaAs 電流擴散層可使 630nm 波長的波穿透。

下面描述發光核心的 AlGaInP 主動層附近的 DH 結構。發光波長主要由 Al 混合晶體比例決定。發 590 到 630nm 波長的光時 Al 混合晶體比例大約是 0.30 到 0.12，此時能帶寬 E_g 大約是 2.1 到 1.97(eV)。In 含量主要影響晶格常數。因為當使用的 GaAs 基板晶格方向為(100)時，磊晶層的晶格常數可以接近基板的晶格常數，因此 DH 結構部分

五、發明說明(8)

的 In 混合晶體比必須大約為 0.6。

DH 結構中主動層是夾在上下覆層之間。覆層的能帶寬比主動層來得大，因此注入主動層的電子被侷限著，增加了融合的機率，而且由於發出的光仍然能夠穿透，結果是對外輸出效率增加。有這種功能的覆層能帶寬做得較主動層的能帶寬高至少 0.1eV 以侷限著注入的電子。當主動層的 Al 混合晶體比例為 0.30 到 0.12 時，他可以有效的提供覆層 0.55 到不小於 0.30 的 Al 混合晶體比例。此時能帶寬 E_g 大約為 2.25 到 2.10eV。

接近基板的覆層，也就是下覆層，是用 p 型導電性而上覆層用 n 型導電性。每種覆層的載子濃度由 $1 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$ 到 $2 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 間。

關於雙異質發光結構部分的晶格吻合問題是本發明中最重要的部分將陳述如後。

組成基板的 GaAs 晶體特性為眾所周知，但是用於雙異質接合的四元素混合的 $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ 卻尚不清楚。因為 AlGaInP 是 AlP，GaP 及 InP 的混合 $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ 的性質可以由其組成成份的性質估計。已知晶體的性質如表一。

五、發明說明 (9)

表一

晶體	室溫下之晶格常數 (nm)	0 到 700K 的線膨脹係數 ($\times 10^{-6}/K$)
AlP	0.54625	4.20
GaP	0.54512	5.91
InP	0.58688	4.56
GaAs	0.56533	6.40

這些資料可以用來作為計算 $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ 四元素混合晶體的晶格常數及線膨脹係數。

把 $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ 的組成公式做一個轉換就變成

$$(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P = Al_{xy}Ga_{(1-x)y}In_{(1-y)}P \quad (1)$$

由於混合晶體包含了 AlP, GaP 及 InP 的 xy , $(1-x)y$ 及 $(1-y)$ 因此晶體在室溫下的晶格常數 a_{room} 可如下方程式(2)由各組成晶體的權重平均求得。

$$a_{room} = 0.54625xy + 0.54512(1-x)y + 0.58688(1-y) \quad 【nm】 \quad (2)$$

且線性膨脹係數 β_{epi} 可由個別線膨脹係數的權重平均求得，如方程式(3)。

$$\beta_{epi} = 4.20xy + 5.91(1-x)y + 4.56(1-y) \quad 【\times 10^{-6}/K】 \quad (3)$$

因此只要晶體混合比例決定 $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ 四元素混合晶體的室溫晶格常數 a_{room} 及 0 到 700K 的線性膨脹係數 β_{epi} 就可以求得。

其次如果磊晶成長的溫度為 T °C 而 ΔT 為成長溫度與室溫之差，則四元素混合晶體的晶格常數 a_T 及磊晶成長

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

五、發明說明(10)

溫度下基板晶格常數 s_T 為

$$a_T = a_{\text{room}}(1 + \beta_{\text{epi}}\Delta T) \quad (4)$$

$$s_T = s_{\text{room}}(1 + \beta_{\text{sub}}\Delta T) \quad (5)$$

此處 β_{sub} 為基板的線性膨脹係數(例如 GaAs)。

用(2)到(5)式可以求得四元素以 x 及 y 比例混合時在磊晶成長溫度 $T^\circ\text{C}$ 下的晶格常數 a_T 。只要 $T^\circ\text{C}$ 下的 a_T 決定了 $T^\circ\text{C}$ 下的晶格錯差 Δa 就可以決定。

如果在某一溫度下基板的晶格常數為 s 四元素混合晶體的晶格常數為 a ，晶格錯差 Δa 以方程式(6)定義如下。

$$\Delta a = (s - a) / s \times 100\% \quad (6)$$

如果基板為 GaAs 晶體 $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ 四元素混合晶體磊晶成長的溫度為 780°C ，室溫及磊晶成長溫度下已知的四元素混合晶體晶格錯差 Δa_{room} 及 Δa_{epi} 可得如表二。

訂



五、發明說明(11)

表二

晶體成份	室溫		780 °C	
	晶格常數 (nm)	晶格偏差 (%)	晶格常數 (nm)	晶格偏差 (%)
GaAs	0.56533	-	0.56804	-
(Al _{0.7} Ga _{0.3}) _{0.5}	0.56640	0.190	0.56837	0.058
In _{0.5} P	0.56612	0.140	0.56826	0.039
(Al _{0.2} Ga _{0.3}) _{0.5}	0.56601	0.120	0.56843	0.069
In _{0.5} P	0.56545	0.022	0.56822	0.032
Al _{0.5} In _{0.5} P				
Ga _{0.5} In _{0.5} P				

由表二可知室溫下 AlGaInP 四元素混合晶體的晶格錯差為 0.14 到 0.19%，在磊晶成長晶格錯差為 0.039 到 0.058%。以 Al_{0.5}Ga_{0.5}P 或者 Ga_{0.5}In_{0.5}P 作為電流擴散層將更增加晶格錯差。

因此充分運用異質接合晶體表面在磊晶成長溫度有主要的晶格錯差而顯示一個大異質峰的由 AlGaInP 已知四元素混合晶體 LED 可能就是何以無法達到高亮度的原因。最終的努力就是要避免在磊晶成長溫度下的晶格錯差。

現在解釋在磊晶成長溫度下晶格匹配的方法。

四元素混合晶體 AlGaInP 的能帶寬是由混合晶體中的 Al 比例決定。為得到想要的能帶寬混合晶體比例可以調

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

五、發明說明(12)

整，用準備好的晶體的光照度測量發光波長。表三顯示對於 GaAs(100)基板能帶寬 E_g 及目標頻率主動層的 Al 比 x 。

表三

目標波長 (nm)	Al 比例 x 及主動層能帶寬 E_g		Al 比例 x 及主動層能帶寬 E_g	
	x	E_g	x	E_g
650	0.00	1.89	≥ 0.7	≥ 2.28
630	0.15	1.97	"	"
620	0.17	2.00	"	"
600	0.34	2.06	"	"
590	0.48	2.10	1.0	2.35
570	0.58	2.18	"	"

上面的數據用來選取混合晶體中主動層 Al 的比 x 以得到想要的波長。AlGaInP 四元素混合晶體能帶寬隨混合晶體中 Al 的比 x 增加而增加，當 x 大於 0.7 時進入間接轉換區，因此 Al 的比 x 的上限為 0.7。當 x 在混合晶體中為零時混合晶體變成 GaInP 發光波長為 650nm(紅光)。X 為 0.7 時波長為 550nm(綠光)。

覆層的能帶寬須比主動層的來得寬。如果覆層的能帶寬小於主動層，載子能帶轉換將使他相對於發光體變成吸收體。

當考慮覆層的載子侷限效應後，假設 LED 在室溫下使

五、發明說明(13)

用，覆層的能帶寬必須至少比主動層的能帶寬高 0.1eV。因此表三也列出某些覆層的能帶寬。

晶格係數乃由 In 含量決定。混合晶體 In 比(1-y)由下列步驟決定。

一般說來，厚度至少 0.1 μ m 之磊晶成長層於室溫下之晶格常數可以用雙晶 x-光繞射方法或者類似方法決定。據此可以測量一個含有不同 Al 比例 x 及 In 比例 y 之磊晶成長晶體之晶格常數，依照方程式(4)，這些值再用於計算在磊晶成長溫度(T °C)下之晶格常數。方程式(6)則可用以得到 T °C 時之晶格偏差。這些數字應被用來選取 x 及 y 而得到在磊晶成長溫度下零晶格偏差(也就是完美的匹配)。如此可以調整混合晶體中的 In 比(1-y)而得到室溫下要求的晶格偏差。依照方程式(4)及(5)在磊晶成長溫度下之晶格匹配條件為

$$a_t - s_t = a_{\text{room}}(1 + \beta_{\text{epi}}\Delta T) - s_{\text{room}}(1 + \beta_{\text{sub}}\Delta T) = 0 \quad (7)$$

方程式(7)之右邊項為成長溫度，只要 ΔT 確定就可以得到。 a_{room} 及 s_{room} 由方程式(4)及(5)得到，二者均為 x 及 y 的函數。但是因為 x 對於 y 也受目標能帶的限制，方程式(7)變成一個二次式。對 y 找一解滿足條件 $0 < y \leq 1$ ，室溫晶格常數 a_{room} 仍然用 x 及 y 代入方程式(2)，可得到室溫下的晶格偏差。表四顯示 AlGaInP 四元素混合晶體在磊晶溫度 780 °C 下吻合好的晶體依照此法到室溫下晶格偏差的程度。

表四中當 AlGaInP 混合晶體中 Al 比 x 由 0.0(GaInP)變

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂



五、發明說明(14)

到 1.0(AlInP)時基板與主動層間晶格偏差由 0.085%變成 0.15%。這表示如果在室溫下晶格偏差在這個範圍內則認為在磊晶成長溫度時晶格可以達到吻合。

表四

780 °C		室溫		混合晶體比		晶體組成成分
差	晶格常數	差	晶格常數	x	1-y	(Al _x Ga _{1-x}) _y In _{1-y} P
(%)	(nm)	(%)	(nm)			
0.00	0.56804	0.085	56581	0.0000	0.5045	Ga _{0.4955} In _{0.5045} P
0.00	"	0.095	0.56587	0.1700	0.5054	(Al _{0.1700} Ga _{0.8300}) _{0.4946} In _{0.5054} P
0.00	"	0.115	0.56598	0.4800	0.5069	(Al _{0.4800} Ga _{0.5200}) _{0.4931} In _{0.5069} P
0.00	"	0.122	0.56602	0.5800	0.5074	(Al _{0.5800} Ga _{0.4200}) _{0.4926} In _{0.5074} P
00	"	0.130	0.56606	0.7000	0.5080	(Al _{0.7000} Ga _{0.3000}) _{0.4920} In _{0.5080} P
0.00	"	0.150	0.56618	1.0000	0.5095	Al _{0.4905} In _{0.5095} P

以如表四中所顯示的 xy 比例的 (Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P 四元素混合晶體製造一個雙異質接合發光結構可以在磊晶成長溫度得到有與 GaAs 基板有良好晶格吻合的磊晶成長晶體，因此可以得到高亮度極高可靠度的 LED。

表四乃依據磊晶成長溫度 780 °C 製成。但是即使磊晶成長溫度改變，也可以用同樣的步驟選取一個能在磊晶成長溫度下顯示晶格耦合四元素混合晶體組成。

磊晶成長溫度 730 到 830 °C 可以得到良好的四元素混

五、發明說明 (15)

合晶體。在這個溫度範圍會有稍微一點晶格偏差但是在容忍範圍以內。因此在混合晶體中的 In 比例(1-y)應該在 $0.5045[(1-y)[0.5095]$ 。

依照本發明在 n 型 AlGaAs 電流擴散層上面也可以有 n 型 AlGaInP 或者 n 型 GaP 保護層。這是為了希望藉由覆蓋 LED 可能與空氣接觸的低 Al 含量的表面，或者不涵蓋潮溼空氣中穩定之 Al 結晶層來改善抗潮性。GaP 的能帶寬為 2.34eV，AlGaInP 含 Al 比例 0.35 的能帶寬為 2.28eV，所以都對所發出的光為透明的。只要載子濃度不小於 $1 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 且不大於 $1 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 那麼電流擴散效應並不會打折。厚度只要大於 0.5 μm 就足以防止氧化。保護層與電流擴散層加起來的厚度不應大於 1 μm 。

對本發明而言一個由多層磊晶成長層構成的折射層可用以提供更大的亮度。折射層可能是由不同折射係數的磊晶成長層交疊成所謂的 DBR 層。為了得到高反射比對所選取的目標波長各層吸收係數低且各層折射係數差越大越好。目標波長的 1/4 厚度大約是由 10 到 25 層這種層所構成(如果 n 是要討論的那層的反射係數 λ 為目標發射波長，則厚度為 $\lambda/4n$)。例如 25 層厚度 41.9nm Al 含量為 0.4 的 AlGaAs 與 25 層的厚度 49.3nm Al 含量為 0.95 的 AlGaAs 交疊可以在 600 到 640nm 波長範圍處提供 90% 的光折射。

在電流擴散層/保護層間會形成一個接觸層在此形成一個 n 型歐姆電極。LED 完工前將在 GaAs 基板背面形成一個 p 型的歐姆電極。接觸層材料選擇的標準應該是要用

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂



五、發明說明(16)

一個可以與接觸層上的金屬電極形成歐姆接觸的材料。GaAs 是對本發明之結構說來個不錯的材料，且 0.1 到 $1\mu\text{m}$ 是適當的厚度。載子濃度必須大於 $1 \times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ 。Au/Au-Ge 可作為 n 型電極，Au/Au-Be 做 p 型電極。如此製造的 LED 晶圓對上面電極注入的電流提供足夠的擴散，其結果則是高輸出也就意味著高亮度的 LED。

本發明製造的 LED 為高亮度且藉由降低氧化傾向的含高 Al 層達到抗天候變化，改善抗潮性及採用高移動性的 n 型 AlGaAs 電流擴散層以保證適當的電流擴散效應。而且藉由高溫下發光結構部分之晶格吻合，改善磊晶成長晶體品質，而達到更高的亮度。

下面描述本發明的例子。例一到三使用 n 型 AlGaAs 電流擴散層，加上除此 n 型 AlGaAs 電流擴散層，在例四到六基板之晶格吻合及發光結構是在磊晶成長溫度下達成。

例一

製造一個截面結構如第 3 圖顯示之 LED。其中下層 11 是一參雜 Zn 之晶面為 (110) 載子濃度為 $2 \times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ 之 p 型 GaAs 單晶。在下層 11 之上一個參雜 Zn 之反射層 8 乃由 25 層各厚 41.9nm 之 $\text{Al}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{As}$ 交疊 25 層各厚 49.3nm 之 $\text{Al}_{0.95}\text{Ga}_{0.05}\text{As}$ 組成。在反射層 8 上之層狀 AlGaInP DH 結構由一個 $(\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 夾在由 $(\text{Al}_{0.35}\text{Ga}_{0.65})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 組成之上下覆層 41 及 21 間主動層 3。一個 n 型 AlGaAs 電流擴散層 51 其 Al 比例為 0.7，於是形

五、發明說明(17)

成厚 $0.5\mu\text{m}$ 載子濃度為 $1.5 \times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ 之 DH 結構。其次，在電流擴散層 51 的上面形成一個 n 型 GaAs 接觸層 9，還有電極 6 及 7 以光蝕刻及合金技術製成而得到第 3 圖的 LED。各層均是以 MOCVD 的方法長出。抗潮性乃以 1000 小時之 10mA 前向電流在 85°C 溼度 85% 下比較 1000 小時前後之亮度估計得。表五列出測得之 LED 特性。這顯示抗潮性不錯，亮度只減低了 20%。

表五

	例一	例二	例三	例四	例五	例六	比較
保護層	無	n-AlGaInP $0.5\mu\text{m}$	n-GaP $0.5\mu\text{m}$	無	n-AlGaInP $0.5\mu\text{m}$	n-GaP $0.5\mu\text{m}$	無
電流擴散層	n-AlGaInP $0.5\mu\text{m}$	n-AlGaInP $0.5\mu\text{m}$	n-AlGaInP $0.5\mu\text{m}$	n-AlGaInP $0.5\mu\text{m}$	n-AlGaInP $0.5\mu\text{m}$	n-AlGaInP $0.5\mu\text{m}$	p-AlGaInP $0.5\mu\text{m}$
有反射層?	是	是	是	是	是	是	是
基層晶格相合溫度	Room	Room	Room	780°C	780°C	780°C	Room
發光波長 (nm)	620	620	620	620	620	620	620
最初亮度 (mod) (I:20mA)	43	45	44	51	50	53	46
前向電壓 (V) (I:20mA)	1.85	1.9	1.9	1.83	1.87	1.9	1.84
測試後亮度 (mcd) (I:20mA)	34	38	37	40	42	44	20
殘餘亮度 (%)	79	84	85	78	84	83	43

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

五、發明說明(18)

例二

如例一在下層 11 之上之反射層 8 形成一個 DH 結構，一個 n 型 AlGaAs 電流擴散層 51 長在由上下覆層 41 及 21 包裹之主動層 3 構成之 DH 結構之上。然後，在電流擴散層 51 上形成一個厚 $0.5\mu\text{m}$ 參雜 Se 的 n 型 AlGaInP 保護層 101。此保護層 101 所含 Al 比例為 0.15 雜質濃度為 $1 \times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ 。

如同例一，形成一個 n 型 GaAs 接觸層 9，還有電極 6 及 7 以光蝕刻及合金法做成，以製造一個截面如第 4 圖的 LED。如表五，所列為同例一之測量結果，所示如此生產的 LED 性能良好。

例三

製造一個 LED 其截面結構圖如第 5 圖所示。此 LED 之結構與例二中之 LED，除了不使用 n 型 AlGaInP 保護層而改用參雜 Se 雜質之 n 型 GaP 保護層 102 以外，均相同。評估結果列於表五顯示這種 LED 性能優良。

例四

在例一到例三的情形發光雙異質結構層的成份均調整使在室溫時各層與基板之晶格吻合，然後各層再用 780°C 的磊晶成長溫度長出來。但是在本例四之情況，這個晶格吻合是在磊晶成長溫度達成。尤其，雙異質結構部分是如下長的。

要得到發光波長 620nm ，主動層之能帶寬 E_g 設定為 2.00eV 。還有，為了保證下覆層 21 及上覆層 41 之雜質

五、發明說明(19)

含量效果及對所發光透明，覆層之能帶寬 E_g 設定為 2.29eV ，比主動層 3 高出 0.29eV 。結果因此主動層 3 之 Al 的比例 x 大約是 0.17，下覆層 21 大約是 0.7 還有上覆層 41 大約是 0.7。

雙異質接合發光部分之磊晶成長溫度設為 780°C ，晶格常數在此溫度下與 GaAs 基板完美配合。也就是說，GaAs 之晶格常數在 780°C 時為 5.6804，因此用上面的公式來決定製造晶格常數為 5.6804 之雙異質接合四元素混合晶層所需之 xy 比例。然後計算符合本發明之精神且能滿足能帶寬晶格常數要求條件之 xy ，得到主動層 3 為 $(\text{Al}_{0.1700}\text{Ga}_{0.8300})_{0.4946}\text{In}_{0.5054}\text{P}$ 及上下覆層 41 及 21 為 $(\text{Al}_{0.7000}\text{Ga}_{0.3000})_{0.4920}\text{In}_{0.5080}\text{P}$ 。

測量所得到的雙異質接合結構各層之載子濃度，發現下覆層 21 為 $1 \times 10^{17}\text{cm}^{-3}$ ，主動層 3 為 $1 \times 10^{16}\text{cm}^{-3}$ 還有上覆層 41 為 $3 \times 10^{17}\text{cm}^{-3}$ 。

測量所得到的雙異質接合結構各層之晶格常數，發現晶格偏差程度與方程式(6)吻合。晶格偏差 λa 對下覆層 21 為 0.12%，對主動層 3 為 0.09% 還有上覆層 41 為 0.10%，因此與以往之技術相比晶格吻合有相當大的改善。

由如此得到之 LED 特性評估，波長為 620nm ，以 20mA 之電流所得最初亮度為 51mcd ，前向電壓(V_F)為 1.83V ，測量使用 1000 小時候之損壞顯示後來的亮度為 41mcd ，殘留亮度良好為 78%。結果列於表五。

例五

五、發明說明(20)

本例之 LED 是在如例四之 n 型 AlGaAs 電流擴散層上形成如例二之參雜 Se 之 n 型厚 $0.5\mu\text{m}$ 之 AlGaInP 層得到的。混合晶體之 Al 比為 0.15 載子濃度為 $1 \times 10^{16}\text{cm}^{-3}$ 。如同例一形成一接觸層及電極以完成此 LED，特性測量列於表五。

例六

製造一 LED 結構與例五之 LED 相同，但不用 n 型 AlGaInP 保護層而改用參雜 Se 之 n 型 GaP。如同例一形成一接觸層及電極以完成此 LED，特性測量列於表五。

例子比較

為了比較以參雜 Si 的 n 型 GaAs 單晶製造了一個 LED 其含雜質濃度為 $1 \times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ 晶面方向為 (100)。在基板上參雜 Se 做了一個 25 層分別厚 41.9nm 之 $\text{Al}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{As}$ 及厚 49.3nm 之 $\text{Al}_{0.95}\text{Ga}_{0.05}\text{As}$ 的反射層。一個 AlGaInP 的層狀 DH 結構包含了一個由 $(\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 之主動層及 $(\text{Al}_{0.35}\text{Ga}_{0.65})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 之覆層加在反射層之上。一個 p 型之 AlGaAs 層其 Al 混合晶體比例為 0.7，在 DH 結構上方形成一個厚 $5\mu\text{m}$ 及載子濃度 $1.5 \times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ 的一層，再長上一層 p 型 GaAs 接觸層，還有以光蝕刻及合金法做一個電極。LED 的特性列於表五供參考。

由前面描述可知，依照本發明 AlGaInP LED 之抗潮性可藉著大量降低 AlGaAs 電流擴散層厚度到小於 $1\mu\text{m}$ 達到。

本發明之效用並不受為改進薄磨結晶性在半導體基板

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(21)

上磊晶成長之與基板同組成之磊晶緩衝層之一般條款，或者 GaAs 接觸層及類似之降低連結電極歐姆電阻條款，影響。

還有，雖然上面的描述是對特定方向(100)之基板而言，其他基板也可使用，也就是說，一個與(100)成斜角的基板方向，都不會對本發明產生不利影響。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂



四、中文發明摘要(發明之名稱：發光二極體及應用於 AlGaInP 發光二極體之磊晶晶圓)

一種包含 p 型 GaAs 基板(11)的用於 AlGaInP 發光裝置的磊晶晶圓，一個在基板上的薄板型多層半導體層的反射層(8)，一個在反射層上的雙異質接合的 AlGaInP 發光結構，在上下覆層中含有主動層(3)的發光結構(41,21)，在雙異質接合上提供的 AlGaAs 的電流擴散層。對發光結構所發的光說來電流擴散層是透明的。電流擴散層是 n 型 AlGaAs，且載子濃度從 10^{17}cm^{-3} 到 $2 \times 10^{19}\text{cm}^{-3}$ ，且厚度不大於 $1\mu\text{m}$ 。

英文發明摘要(發明之名稱：)

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

裝

訂



六、申請專利範圍

- 1.一種應用於 AlGaInP 發光二極體之磊晶晶圓，包括：
 - p 型 GaAs 基板；
 - 反射層，由在該基板上之層狀多層半導體層組成；
 - AlGaInP 雙異質接合發光結構，設在反射層上，且該發光結構由上下覆層間的主動層組成；以及
 - AlGaAs 電流擴散層，設在該雙異質接合發光結構之上，且該電流擴散層對該發光結構所發的光為透明；

其特徵在於：

該 AlGaAs 電流擴散層是一個 n 型導電性，具有載子濃度不少於 10^{17}cm^{-3} 不大於 $2 \times 10^{19}\text{cm}^{-3}$ 且厚度不大於 $1\mu\text{m}$ 。

2.如申請專利範圍第 1 項所述之磊晶晶圓，其中該電流擴散層還提供了對該發光結構所發出的波長透明的 AlGaInP 保護層。

3.如申請專利範圍第 1 項所述之磊晶晶圓，其中該電流擴散層有對該發光結構發出的波長為透明的 GaP 保護層。

4.如申請專利範圍第 1 項所述之磊晶晶圓，其中室溫下該雙異質接合發光結構組成層與該 GaAs 基板間之晶格偏差從 0.085% 到小於 0.140%。

5.如申請專利範圍第 1 項所述之磊晶晶圓，其中組成該雙異質接合發光結構層及該 GaAs 基板在磊晶成長溫度下晶格吻合。

6.一種 AlGaInP 發光二極體，包括：

- p 型 GaAs 基板；



六、申請專利範圍

- 一 反射層，由該基板上的多層半導體層組成；
 - 一 AlGaInP 雙異質接合發光結構，設在該反射層上，且該發光結構乃由上下覆層間的主動層組成；
 - 一 AlGaAs 電流擴散層，設在雙異質接合發光結構上，且該電流擴散層對該發光結構所發的光為透明的；
 - 一 第一電極，設在該 GaAs 基板背面；以及
 - 一 第二電極，設在電流擴散層上面；
- 其特徵在於：

該 AlGaAs 電流擴散層是 n 型導電性，載子濃度不小於 10^{17}cm^{-3} 不大於 $2 \times 10^{19}\text{cm}^{-3}$ 且厚度不大於 $1\mu\text{m}$ 。

7. 如申請專利範圍第 6 項所述的發光二極體，其中該電流擴散層有一對該發光結構發出的光為透明之 AlGaInP 保護層。

8. 如申請專利範圍第 6 項所述的發光二極體，其中該電流擴散層有一對該發光結構發出的光為透明之 GaP 保護層。

9. 如專利範圍第 6 項所述的發光二極體，其中在室溫下該發光結構雙異質接合組成層與該 GaAs 基板之晶格偏差介於 0.085% 到小於 0.140%。

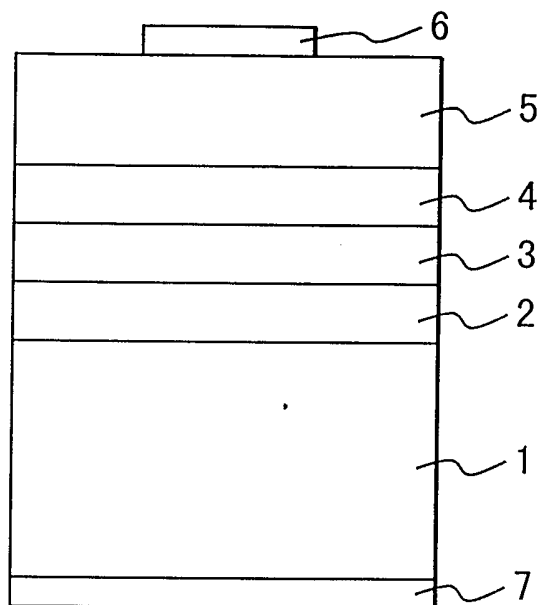
10. 如申請專利範圍第 6 項所述的發光二極體，其中在磊晶成長溫度下該發光結構雙異質接合組成層與該 GaAs 基板之晶格吻合。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

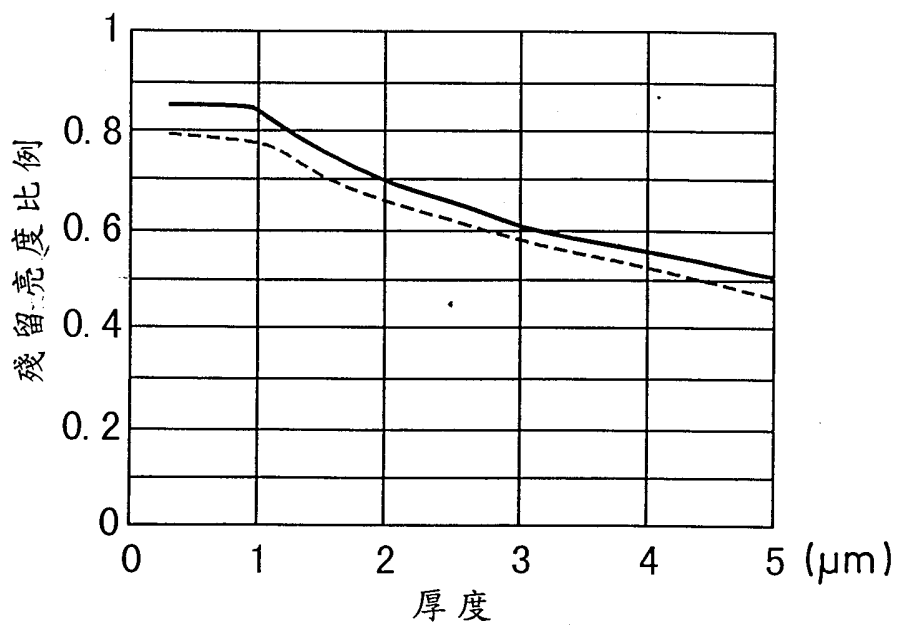
訂

86 1 18 3 68

383509

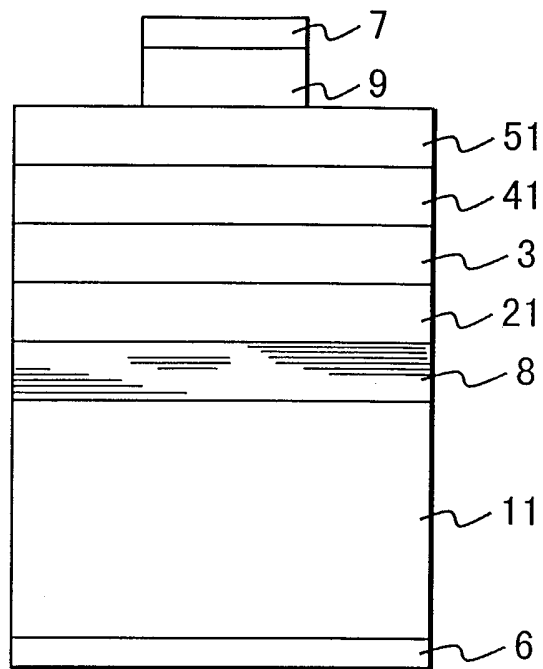


第 1 圖

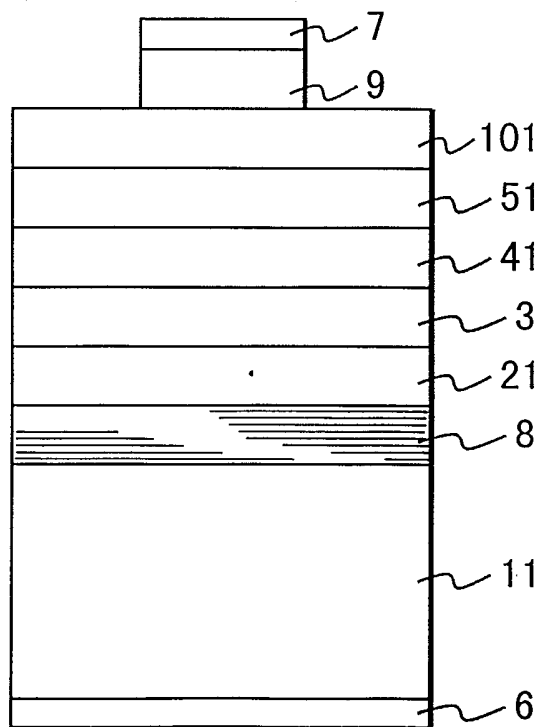


第 2 圖

383509

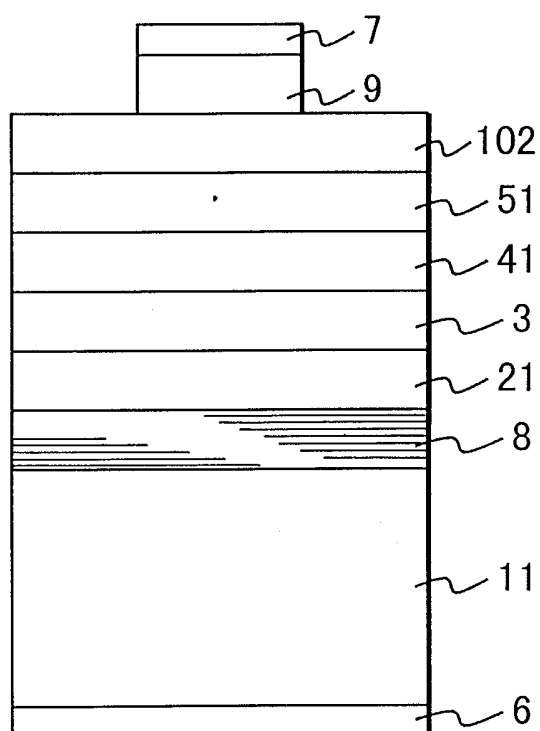


第 3 圖



第 4 圖

383509



第 5 圖