

# 公告本

385486

申請日期	87年3月10日	
案號	87103492	
類	Int. Cl. <sup>6</sup>	H01L 21/00

A4  
C4

385486

(以上各欄由本局填註)

## 發明專利說明書

一、發明 名稱	中文	具有化合物半導體層的半導體基體，其製造方法，及在半導體基體上製造的電子裝置
	英文	Semiconductor substrate having compound semiconductor layer, process for its production, and electronic device fabricated on semiconductor substrate
二、發明 創作人	姓名	(1) 佐藤信彦 (2) 米原隆夫
	國籍	(1) 日本                      (2) 日本 (1) 日本國東京都大田區下丸子三丁目三〇番二號 キャノン株式会社内
	住、居所	(2) 日本國東京都大田區下丸子三丁目三〇番二號 キャノン株式会社内
三、申請人	姓名 (名稱)	(1) 佳能股份有限公司 キャノン株式会社
	國籍	(1) 日本 (1) 日本國東京都大田區下丸子三丁目三〇番二號
	住、居所 (事務所)	
	代表人 姓名	(1) 御手洗富士夫

裝

訂

線

(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: , 有 無主張優先權  
 日本 1997年 3月 17日 9-062856 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）

### 發明背景

### 發明領域

本發明相關於半導體基體及其製造方法。本發明尤其相關於適合於製造電子裝置及形成積體電路的包含矽基體及形成在矽基體上的單晶化合物半導體的半導體基體，以及其製造方法。本發明也相關於在此半導體基體上製造的電子裝置。

### 相關的背景技術

以往一直使用屬於週期表第IV族的第IV族元素例如Si及Ge來成為半導體裝置所用的基體（晶圓）的材料，且已高度發展。目前也已知有各種不同的電子裝置例如DRAM，MPU，邏輯IC，及類比IC是在矽（Si）基體上製造，且這些元素被利用成為二極體，MOS電晶體，及雙極電晶體的主動區域所用的材料。但是，這些第IV族元素不適合用來製造發光二極體。

同時，第III-V或II-VI族化合物半導體例如GaAs，GaP，InP，GaN，及ZnSe非常適合於光發射裝置，例如LED及雷射。對此有各種不同的研究，且已實際應用LED及半導體雷射。並且，使用這些化合物半導體來製備HEMT（高電子遷移率電晶體），且已實際應用可用於十億赫（GHz）頻帶區域的高頻電路。

## 五、發明說明(2)

但是，化合物半導體基體具有非常低的機械強度，因而難以製造大面積的化合物半導體晶圓。因此，此種晶圓具有比矽晶圓小的尺寸，因而所獲得的生產效率比矽晶圓製程低。另外，晶圓本身的製造成本比具有相同尺寸的矽晶圓的製造成本大10倍以上。

為克服這些問題，嘗試在具有高機械強度的矽基體上形成化合物半導體的異質外延生長，以達成大面積晶圓的製造，典型的例子為GaAs在Si上。藉此技術的方法可在具有高機械強度並且也不昂貴但是仍具有高的熱傳導性的矽基體上形成利用化合物半導體的光發射裝置或高速電子裝置，例如LED及雷射，因而達成生產率的改進，成本的降低，以及這些裝置的廣泛應用。另外，因為可在與高度先進的Si-LSI的基體相同的基體上整合此種光發射裝置及高速電子裝置，所以可實現光電子積體電路(OEIC)。

但是，在化合物半導體於Si上的生長方面有某些問題，並且在使用在Si上生長的化合物半導體來製造裝置時有許多的困難。

其中之一為發生由極性/非極性所造成的逆相分域，此在外延層中造成大的應力或晶格缺陷。另外是有熱膨脹係數的差異及晶格失配，此造成矽基體與化合物半導體膜之間的應力或晶格缺陷。

可藉著使用具有偏角(off-angle)的矽基體來限制前者。後者不容易處理，且已有許多的研究機關對各種不同的

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

表

訂

### 五、發明說明(3)

晶體生長技術進行研究，但是，就可成爲晶體品質的指標的位錯密度而言，仍未能輕易突破  $10^6$  / 平方公分 ( $\text{cm}^2$ ) 的障壁。這是導因於由矽基體與化合物半導體層之間的晶格常數的不一致所造成的晶格應變。以高密度帶入的晶格缺陷可能會使例如光發射特性的裝置特性及使用壽命惡化且不實用。因此，尋求在矽基體上形成具有相當於化合物晶圓的低缺陷密度的第 III - V 或 II - VI 族化合物半導體薄膜。

也有許多研究是使用第 IV - IV 族化合物的單晶半導體膜例如 SiC 及 SiGe 來成爲光發射材料，而也想要將這些單晶化合物半導體膜形成在矽基體上。因此，基於類似的理由，在將第 IV - IV 族化合物型式的 SiGe 或 SiC 的單晶膜形成在矽基體上時，也一向強烈要求減少此種晶體缺陷。

如以上的詳細討論，對使具有良好的晶體品質的單晶藉由異質外延而在矽基體上生長的需求很高，但是達成此目的的可能性仍然很低。

有許多對於在矽基體上的異質外延生長的報告。

有些報告嘗試在矽基體的表面上形成多孔矽層，然後在該層上進行異質外延生長以減少晶體缺陷。

machi 等人在 The Society of Applied Physics 1987 20a X5 的「多孔 Si 上的 GaAs 生長」(NTT ECL Y.

Ohmachi, W. Watanabe, Y. Kadota, 及 H. Okamoto) 中報告在藉著 MOCVD (金屬有機化學蒸汽澱積) 及 MBE

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

不

訂

## 五、發明說明(4)

(分子束外延)而在 $10\mu\text{m}$ 厚的多孔矽基體上使晶體生長時，偏置(offset)基體與正置(just)基體之間的表面性質及半寬度有差異。

也已知當藉著M B E在 $10\mu\text{m}$ 厚的多孔矽基體上使晶體生長時，其橫截面的T E M觀察顯示有比在相同條件下在矽基體上生長的G a A s晶體多的缺陷。

因此，有報告嘗試藉著使用多孔矽來改進晶體品質。雖然可在某些情況中釋放藉著異質外延生長而形成的化合物半導體層的晶體應變，但是化合物半導體的晶體品質很差，因而非常難以將其應用於裝置。

在具有平面方向為(100)平面的主平面的矽基體上的異質外延生長中，所生長的膜通常具有粗糙的表面。為解決此問題，向來必須使用所謂的偏置基體，其中平面方向與(110)平面成若干度的角度。圖3的P A顯示偏角與表面粗糙度(平均平方粗糙度)的關係。為達成良好的表面形態，偏角必須受精確的控制。此精確的控制傾向於造成良率的增加外，也造成基體成本的增加。

同時，在多孔矽基體上的均質外延中，本發明人發現在藉著使用以氫稀釋的來源氣體的熱C V D來進行的矽均質外延生長中，當就在供應來源氣體之前執行氫預烘而阻塞表面的孔時，可增進晶體品質(N. Sato, K. Sakaguchi, K. Yamagata, Y. Fujiyama, 及T. Yonehara, J. Electrochem. Soc. 142 (1995), p.3116)。

圖2 A及2 B顯示傳統技術的製程。在圖2 A及2 B

## 五、發明說明(5)

中，參考數字 20 表示多孔層（多孔矽基體），21 表示多孔層的壁，22 表示多孔層的孔，24 表示單晶化合物半導體膜，而 25 表示晶體缺陷。

首先，製備多孔矽基體 20（圖 2A）。其次，將多孔矽基體 20 放置在 CVD 裝置的反應室中，然後使用三甲基鎵（TMGa）或砷化三氫（AsH<sub>3</sub>）成爲來源氣體，藉著異質外延生長而在多孔矽基體上形成例如 GaAs 的化合物半導體的單晶膜 24（圖 2B）。

在如此形成的單晶化合物半導體膜 24 中，由於應變，晶格失配，及晶粒邊界所造成的晶體缺陷 25 產生在多孔矽基體 20 的表面 26 側。

### 發明概說

本發明的目的爲提供一種半導體基體成爲大面積的矽基體，在其上可以高生產率，高一致性，在高可控制性之下，及低成本形成具有較少晶體缺陷的單晶化合物半導體膜。

本發明的另一目的爲提供可在偏置（平面方向的偏角）不特別規定的大面積矽基體上形成具有平滑表面及較少晶體缺陷的單晶化合物半導體膜的方法。

爲達成上述目的，本發明提供一種半導體基體，包含具有多孔區域的矽基體，及設置在多孔區域上的半導體層

其中半導體層包含單晶化合物半導體，且是在多孔區

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

表

訂

## 五、發明說明(6)

域的孔已於表面處被密封之下形成在多孔區域的表面上。

本發明也提供一種半導體基體的製造方法，包含以下步驟：

將具有多孔區域的矽基體熱處理，以於多孔區域的表面處密封孔；及

在具有藉著熱處理而被密封的孔的多孔區域上藉著異質外延生長而形成單晶化合物半導體層。

根據本發明，可在平面方向的偏角不特別規定的矽基體上形成遍及大面積的具有良好的晶體品質及平滑表面的化合物半導體層。

特別是，甚至可在具有低偏角的基體上，亦即可在市面上販售的各種不同的具有相對於(100)平面在1度內的偏角的矽基體上，藉著異質外延生長一次形成遍及大面積的具有良好的晶體品質及平滑表面的化合物半導體層。

根據本發明，可提供可解決習知技術的問題的半導體裝置，半導體基體，及其製造方法。更明確地說，可使用便宜的矽基體製造具有高品質的化合物半導體基體，並且使用此種基體，可以低成本製造具有良好特性的化合物半導體裝置。

### 圖式的簡要敘述

圖1A，1B，及1C為敘述本發明的製程的剖面圖。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

表

訂

## 五、發明說明(7)

圖 2 A 及 2 B 為敘述習知技術的製程的剖面圖。

圖 3 顯示基體的偏角與表面粗糙度的關係。

圖 4 為根據本發明的成爲光電換能器(光電伏打裝置)的太陽電池的剖面圖。

圖 5 為根據本發明的成爲光發射裝置的 L E D 的剖面圖。

圖 6 為根據本發明的成爲光發射裝置的半導體雷射的剖面圖。

圖 7 為根據本發明的成爲電晶體的 H E M T 的剖面圖。

### 元件對照表

1 0	矽基體
1 1	壁
1 2	孔
1 3	表面部分
1 4	單晶化合物半導體膜
1 5	晶體缺陷
2 0	多孔層
2 1	壁
2 2	孔
2 4	單晶化合物半導體膜
2 5	晶體缺陷
2 6	表面

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

不

訂

### 五、發明說明(8)

- 4 1 矽基體
- 4 2 多孔層
- 4 3 矽層
- 4 4 p<sup>-</sup>型 GaAs 層
- 4 5 p<sup>+</sup>型 InGaP 層
- 4 6 p 型 GaAs 層
- 4 7 n<sup>+</sup>型 GaAs 層
- 4 8 n<sup>+</sup>型 InGaP 層
- 4 9 n<sup>+</sup>型 AlInP 層
- 4 1 0 抗反射層
- 4 1 1 第一電極
- 4 1 2 第二電極
- 5 1 矽基體
- 5 2 多孔層
- 5 3 矽層
- 5 4 n<sup>-</sup>型 GaAlAs 層
- 5 5 p<sup>-</sup>型 GaAlAs 層
- 5 6 p<sup>-</sup>型 GaAlAs 層
- 5 7 電極
- 6 1 矽基體
- 6 2 多孔層
- 6 3 矽層
- 6 4 n<sup>-</sup>型 GaAs 層
- 6 5 p<sup>-</sup>型 GaAs 層

經濟部中央標準局員工消費合作社印製

五、發明說明(9)

- 6 6 n<sup>-</sup>型 Zn S e 緩衝層
- 6 7 n<sup>-</sup>型 Zn M g S S e 層
- 6 8 Zn S S e / Zn C d S e 層
- 6 9 p<sup>-</sup>型 Zn M g S S e 層
- 6 1 0 p<sup>-</sup>型 Zn S e 層
- 6 1 1 p<sup>-</sup>型 Zn S e / Zn T e 層
- 6 1 2 p<sup>-</sup>型 Zn T e 層
- 6 1 3 電極
- 7 1 矽基體
- 7 2 多孔層
- 7 3 矽層
- 7 4 單晶 G a A s 層
- 7 5 未摻雜的 G a A s 層
- 7 6 n 型 A l G a A s 層
- 7 7 n 型 G a A s 層
- 7 8 A u G e 源極電極
- 7 9 A l 閘極電極
- 7 1 0 A u G e 汲極

較佳實施例的敘述

在本發明的實施例中，於藉著異質外延生長在多孔矽基體上形成單晶化合物半導體層之前，基體在氫氣氛中被熱處理，因而可在矽基體上形成晶體品質獲得增進的單晶化合物半導體層，可在矽基體上形成就生產率，一致性，

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

表

訂

## 五、發明說明(10)

可控制性，及經濟效益而言均優越的具有良好的晶體品質的化合物半導體層，並且可提出可應用於傳統的化合物半導體裝置而同時確保其優點的半導體基體製造方法。

在本發明的另一實施例中，於藉著處理原來具有良好的晶體品質的矽基體而形成的多孔矽的表面處的孔藉著同時供應痕量的矽的熱處理而被密封，以在其上形成具有良好品質的單晶化合物半導體層。如此，可一次處理大量的基體，且可在不降低其生產率及經濟效益下，增進其晶體品質至與單晶化合物半導體基體的晶體品質相當或更高的位準。

在本發明中，於藉著處理原來具有良好的晶體品質的矽基體而形成的多孔矽的表面處的孔藉著同時供應痕量的矽的熱處理而被密封，以一次形成遍及大面積的單晶化合物半導體層，而不使單晶化合物半導體層發生任何由於應變及晶格失配所造成的晶體缺陷。如此，可在此種單晶化合物半導體層上形成例如太陽電池的光電換能器，例如雷射及發光二極體的光發射裝置，及例如 H E M T 的電晶體，而同時確保其特性與形成在單晶化合物半導體基體本身上的情況相當，並且就生產率，一致性，可控制性，及經濟效益而言均較優異。

以下參考附圖詳細敘述本發明。

圖 1 A 至 1 C 為顯示成爲本發明的較佳實施例的用來製造半導體基體的方法的剖面圖。

在圖 1 A 至 1 C 中，參考數字 1 0 表示具有多孔區域

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

家

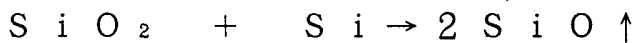
訂

## 五、發明說明(11)

的矽基體，其具有多孔區域的孔 1 2 及形成孔的壁 1 1。在圖中，為容易瞭解，將孔 1 2 顯示為簡單的形狀。實際上，在許多的情況中，孔 1 2 具有複雜的形狀，例如分支的敞開孔。

如圖 1 A 所示，首先預備具有多孔區域的矽基體 1 0（圖 2 A）。可藉著將常見的矽晶圓（非多孔狀矽基體）陽極化因而使整個晶圓或只有晶圓的表面部分成多孔狀而獲得此種矽基體 1 0。

其次，具有多孔區域的矽基體 1 0 在氫氣氛中被熱處理。由於此在氫氣氛中的熱處理的結果，不想要的形成在基體表面上的天然氧化物膜被去除。天然氧化物膜是在高溫的氫氣氛中藉著以下的反應而被去除。



氫氣氛中的熱處理進一步繼續，此時於多孔區域的表面處發生表面原子的遷移，因而使細微粗糙度平滑而降低表面能量。結果，於表面處的孔被阻塞，且形成孔密度顯著減小的表面部分 1 3。

如圖 1 B 所示，此表面部分 1 3 也可被視為非常薄的非多孔狀矽層。此矽層比稍後形成的化合物半導體層薄很多。

其次，如圖 1 C 所示，在具有於表面處的孔已被阻塞或密封的多孔區域的矽基體上藉著異質外延生長而形成單

## 五、發明說明(12)

晶化合物半導體膜 1 4。

如上所述，由於形成單晶化合物半導體膜 1 4，所以因為與矽的晶格失配，從膜形成溫度到室溫的溫度降，以及熱膨脹係數的差異而可能發生的任何晶體缺陷 1 5 只產生在密封多孔矽的孔的非常薄的矽層 1 3，而不會產生於單晶化合物半導體膜 1 4。這是因為形成在比大塊矽脆的多孔區域上的非常薄的矽層 1 3 比單晶化合物半導體膜 1 4 脆許多。因此，晶體缺陷 1 5 優先產生於此矽層 1 3 中。

以此方式，晶體缺陷 1 5 優先產生於矽層 1 3 中，因而也藉著異質外延生長而獲得具有較少晶體缺陷的單晶化合物半導體膜 1 4。

在以上的密封孔 1 2 的處理中，基體在沒有任何含有矽原子的氣體的氫氣氛中被熱處理。或者，基體可在已加入有痕量的含有矽原子的氣體的氫氣氛中被熱處理。更明確地說，基體可在例如只有氫，氫與惰氣的混合氣體，氫與矽化合物的混合氣體，或是氫，惰氣，及矽化合物的混合氣體的氣氛中被熱處理。

如果在熱處理的氣氛中存在有不想要的殘餘氧或水分，則氧或水分可能與矽反應而形成矽氧化物，並且上述的反應可能進一步地進行，使得矽可能依孔的尺寸及熱處理溫度而被蝕刻，因而於多孔狀表面處的孔可能不被密封。

因此，在本發明中，基體可能在熱處理的同時補償由於蝕刻所喪失的矽，或是同時供應稍微過量的矽。在此熱

## 五、發明說明（13）

處理中，不只是多孔狀表面上的矽原子遷移，被吸附在多孔矽表面上的矽原子也遷移，以減小表面能量，使得於表面處的孔被阻塞，因而形成孔密度已被大幅減小的表面部分。

以下詳細敘述在本發明的半導體基體的製造方法中可採用的步驟。

### — 多孔矽 —

對於多孔矽，自從其在1964年由Uhlir等人發現後，在1970年代已有針對其於FIPOS製程的應用的研究。並且，自從L.T. Canham等人的研究小組及U. Gosele等人的研究小組發現多孔矽的光激發光之後，在1990年代已有針對其於光發射裝置的應用的研究。在對於光發射裝置系統的研究中，以 $n^-$ 型及 $p^-$ 型矽基體較佳。另一方面，在藉著異質外延生長在多孔矽上形成非多孔狀單晶的情況中，就晶體的結構穩定性及外延矽層的良好晶體品質而言， $n^+$ 型及 $p^+$ 型矽基體比 $n^-$ 型及 $p^-$ 型矽基體好。本發明中所用的多孔矽與到目前為止已被研究的多孔矽大致相同，可藉著陽極化或類似製程製造，但是對於基體的雜質，平面方向，製造方法等並無任何限制，只要其為多孔矽即可。

多孔狀表面上的孔密度依基體的製造方法及基體的雜質密度而不同。例如，大約為 $10^{10}$ 到 $10^{12}$  / 平方公分 ( $\text{cm}^2$ )。

## 五、發明說明(14)

當藉著陽極化形成多孔矽時，使用主要包含HF（氫氟酸）的水溶液成爲陽極化溶液。通常加入例如乙醇的醇類，以使矽表面上的接觸角較大，因而可以較高的速率去除任何吸附在其上的氣泡，以使陽極化均勻發生。當然，也可在不使用醇類下形成多孔狀結構。本發明中的多孔矽最好具有比FIPOS製程中所用的多孔矽低的孔隙率（大約50%或更小的孔隙率，而以30%或更小較佳），但是不受限於此。

多孔矽是藉著陽極化中的電解蝕刻作用而形成，因此當以場發射型掃描電子顯微鏡（FESSEM）觀察時，可發現其表面於孔以外的部分也具有細微的粗糙度。

### — 預氧化 —

多孔矽中相鄰孔之間的壁具有從數nm到數十nm的非常小的厚度，因而於外延生長時，外延生長層的表面的熱氧化時，以及於隨後的步驟的熱處理時，多孔層的內部可能發生孔的重新排列，使得多孔矽的加速蝕刻特性可能受損。因此，在形成多孔矽之後，可藉著熱氧化或類似方法在孔壁的壁表面上預先形成薄保護膜。此防止孔變粗糙。在形成保護膜時，必須使單晶矽的區域留在孔壁的內部。因此，保護膜可爲厚度最多大約爲數nm的保護層。

如果熱處理溫度充分的低而可限制多孔矽的任何結構改變，則可省略此步驟（預氧化）。

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

訂

## 五、發明說明(15)

### — H F 浸漬 —

由於上述的預氧化或是在多孔矽形成之後發生的任何天然氧化，例如矽氧化物膜的保護膜形成在多孔矽的表面上及多孔矽中的孔的內壁表面上。因此，將此多孔矽浸在 H F 水溶液中，以只從多孔區域的表面附近去除保護膜。根據本發明的方法，不去除於多孔矽內部的孔壁上的氧化物膜，因此可充分防止多孔狀內部中的孔變粗糙，即使當隨後的熱處理是在高溫進行。

### — 熱處理 —

在本發明中，為在多孔矽區域的表面處密封孔，多孔矽區域被熱處理。

用來於多孔矽區域的表面處密封孔的熱處理可在沒有任何含有矽原子的氣體的氣氛中或是在含有含有矽原子的氣體的氫氣氛中來執行。

在沒有任何含有矽原子的氣體的氫氣氛中的熱處理可在從 600℃ 到 1400℃ 的溫度進行，而以 900℃ 到 1200℃ 較佳。對於壓力沒有任何特別的限制，熱處理可較佳地在大氣壓力或低於大氣壓力下執行。所用的氫氣可為具有 -92℃ 或低於 -92℃ 的露點的氣體。具有高露點的氫氣具有殘餘的氧及大量的水分。此種氣體會氧化矽，因而反應形成矽氧化物。

因此，矽會被過量蝕刻。一旦發生此情形，密封孔所需的矽原子的量變得不足，導致孔密度的增加。必須特別

## 五、發明說明(16)

注意反應室是否有洩漏，以使露點不會上升。

本發明中所用的熱處理氣氛可不只是只有氫的氣氛，也可以是氫與例如氫或氮的惰氣的混合氣體的氣氛。因為氣氛受氣體中殘餘的水，氧等的影響，所以在此情況中也是使用具有等於或低於 $-92^{\circ}\text{C}$ 的露點的混合氣體。當使用混合氣體時，氫的濃度較低，因此在萬一其有任何可能的機會洩漏時安全性較高。

表面矽原子的遷移以此方式發生，因而於多孔區域的表面處將孔密封。密封孔所需的矽層厚度小至大致相等於或不大於各孔的直徑，更明確地說，為 $100\text{nm}$ 或更小，而以 $30\text{nm}$ 或更小較佳。孔已被密封的表面具有緩和的不規則處（起伏），振幅為大約 $1$ 到 $10\text{nm}$ ，而週期為從 $0.5$ 到 $50\mu\text{m}$ ，而以從 $1$ 到 $9\mu\text{m}$ 較佳，且典型上為數 $\mu\text{m}$ 。使用原子力顯微鏡觀察此表面顯示原子階梯沿著不規則處形成。這些不規則處（起伏）與壓力有關，當熱處理氣氛較佳地受控制於不高於大氣壓力的壓力時，而更好是在從 $200\text{Torr}$ （托）到 $0.001$   
 $\text{Torr}$ （托）的壓力時，可使起伏的振幅較大。結果，形成在其上的化合物半導體膜的表面可具有如圖3所示的形態，其中表面比在沒有偏角的大塊矽上的實例CE的表面平滑，且與偏角無關。此推測是因為緩和和不規則處（起伏）的形成使階梯密度較高，如同偏置基體，即使偏角小。

為防止矽表面發生不想要的氮化或氧化，也可在於至

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

## 五、發明說明(17)

少 800 °C 或以上的溫度而以於 600 °C 或以上的溫度較佳的穩定狀態的熱處理步驟之前及之後於溫度上升及下降時以氫取代熱處理氣氛。

在本發明所用的熱處理步驟中，可供應痕量的含有矽原子的氣體，使得多孔矽在已加入痕量的含有矽原子的氣體的氣氛中被熱處理。以下會描述此熱處理步驟。

對於熱處理時的氣氛，熱處理最好在非氧化性氣氛中進行，且在由氫或氫及惰氣所構成的氣氛中更好。或者，其可在真空中進行。由於在這些氣氛中的熱處理結果，於多孔矽的表面處的孔被密封。但是，如果在熱處理的氣氛中有殘餘的氧或水分，則這些可能與矽反應而形成矽氧化物，並且此反應可能進一步進行，使得矽被蝕刻，因而使多孔狀表面處的孔未被密封。

因此，在本發明中，多孔狀表面處的孔是藉著對基體熱處理且同時補償由於蝕刻所喪失的矽或是同時供應稍微過量的矽而被密封。在此熱處理中，在多孔矽的表面上，多孔狀表面上的矽原子遷移而使細微粗糙度變平滑並減小表面能量，在供應自氣相的矽原子中，吸附在多孔矽表面上的矽原子也遷移，以減小表面能量，使得表面處的孔被阻塞，因而形成孔密度顯著減小的表面部分。矽原子在表面上的遷移可歸因於所供應的熱能。

在本發明中，為使表面矽原子以良好的效率遷移，可在矽的熔點的相當高的溫度或較低些執行熱處理。更明確地說，最好在從 600 °C 到 1400 °C 的溫度進行，而以

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

## 五、發明說明 ( 18 )

從 800 °C 到 1200 °C 較佳，並以從 1000 °C 到 1200 °C 更好。對於壓力並無特別的限制，熱處理可在大氣壓力或低於大氣壓力進行。在含有氫的氣氛中特別易於形成平滑的表面。

在此熱處理之後，從對截面結構的觀察可見，多孔狀結構仍存在，只有於表面處的孔被密封，並且具有從 1 nm 到 100 nm 的非常小的厚度的薄矽膜形成在表面上。

孔已以此方式被密封的表面具有起伏（緩和的不規則處），振幅為大約 1 到 10 nm，而週期為從 0.5 到 50  $\mu$ m，而以從 1 到 9  $\mu$ m 較佳，且典型上為數  $\mu$ m。使用原子力顯微鏡觀察此表面顯示原子階梯沿著不規則處形成。這些起伏（不規則處）與壓力有關，當熱處理氣氛較佳地受控制於不高於大氣壓力的壓力時，而更好是在 200 Torr（托）或以下的壓力時，可使起伏的振幅較大。

結果，形成在其上的化合物半導體膜的表面可具有如圖 3 所示的形態，其中表面比在沒有偏角的大塊矽上的情況 CE 的表面平滑，且較與偏角無關。此推測是因為起伏的形成使階梯密度較高，如同偏置基體，即使偏角小。

在供應自氣相的矽超過由於蝕刻而從多孔區域喪失的矽的情況中，非常薄的矽膜與孔的密封同時形成。如果此非常薄的膜變成具有大厚度，則在形成單晶化合物半導體層時，晶體缺陷可能會產生於化合物半導體層中。此有違

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

## 五、發明說明(19)

本發明的目的。此非常薄的膜的厚度最好小於化合物半導體層的厚度，例如不大於後者的 $1/5$ ，而以不大於後者的 $1/10$ 更好。更明確地說，其厚度可在將化合物半導體層的厚度列入考慮後從 $1\text{ nm}$ 到 $100\text{ nm}$ 的範圍選取。

當使用例如 $\text{SiH}_2\text{Cl}_2$ ， $\text{SiH}_4$ ， $\text{SiCl}_3$ ，或 $\text{SiCl}_4$ 等矽氣體成為矽原子的供應源時，來源氣體的流量可設定成使得非常薄的矽層以 $20\text{ nm}/\text{min}$ （分鐘）或以下的生長率形成，以 $10\text{ nm}/\text{min}$ 或以下較佳，而以 $2\text{ nm}/\text{min}$ 或以下更好。在從固體源供應矽且基體的溫度低至 $800^\circ\text{C}$ 或以下的膜形成過程中，如同在MBE製程的情況中，最好以 $0.1\text{ nm}/\text{min}$ 或以下的生長率形成。

### — 化合物半導體單晶的異質外延生長 —

單晶化合物半導體是藉著MOCVD或MBE形成在具有孔已於表面處被密封的多孔矽層的矽基體上。在一般的單晶矽晶圓上的異質外延生長中，晶圓在超高真空中於大約 $1200^\circ\text{C}$ 被熱處理，以在生長之前從矽表面去除天然氧化物膜。在本發明中，因為使用性質易於受熱改變的多孔矽，所以基體最好在充分低於 $1200^\circ\text{C}$ 的溫度被熱處理。

藉著將基體預先浸於HF或類似者中以去除天然氧化物膜並立即將基體設定在熱處理容器中，且藉著使用具有

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

## 五、發明說明 (20)

低露點溫度的  $H_2$  氣體對基體熱處理，可於較低的溫度去除天然氧化物膜。

或者，可將基體預先浸於  $H F$  中，然後放置在具有高純度的氫氣氛中，因而使天然氧化物膜自行去除，甚至是在大約  $800^\circ C$  的低溫，然後進行異質外延生長。

或者，在上述熱處理之後在不使矽基體曝露於空氣之下，將矽基體放置在用來生長化合物半導體的單晶的反應室中，藉此可顯著防止天然氧化物膜的形成，因此不須上述的用來去除天然氧化物膜的熱處理。最好在同一反應室中執行在氫氣氛中的熱處理及化合物半導體單晶的生長，此為好的方法。在氫氣氛中的熱處理及化合物半導體單晶的生長過程中，必須使基體溫度不低於兩個過程中較低的溫度。

當以上述的方式形成單晶化合物半導體膜時，由於與矽的晶格失配，溫度從膜形成溫度降落至室溫，及熱膨脹係數的差異所造成的晶體缺陷只產生於密封多孔矽的孔的非常薄的矽層中，而不產生於單晶化合物半導體膜中。這是因為形成在比大塊矽脆的多孔區域上的非常薄的矽層遠比單晶化合物半導體膜脆，因此晶體缺陷易於產生於該層。

為產生上述的特性，藉著異質外延生長而形成的單晶化合物半導體膜最好具有大的厚度，且厚度最好為至少  $50\text{ nm}$ ，而以至少  $200\text{ nm}$  更好。

此處所稱的化合物半導體典型上是選擇自（但是不受

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

## 五、發明說明(21)

此限制)第 III - V 族化合物, 例如 GaAs, GaP, InP, 及 GaInAs, 第 III - VI 族化合物, 例如 ZnTe, ZnSe, ZnS, CdTe, HgTe, 及 CdHgTe, 及第 IV - IV 族化合物, 例如 SiGe 及 SiC。

### — 裝置的製造 —

以上述方式形成的單晶化合物半導體膜可用在光發射裝置的製造中, 例如發光二極體及半導體雷射, 以及用在高速電子裝置的製造中, 例如 HEMT, 其中與使用單晶化合物半導體本身的情況相比, 與在單晶化合物半導體基體上實施均質外延生長的情況相比, 或與具有非常小的晶格應變的異質外延生長的情況相比, 膜可有助於達成相當或更好的特性。

以下藉著舉例更詳細敘述本發明。

### 例 1

在以醇類稀釋的 HF 溶液中陽極化各具有  $615 \mu\text{m}$  的厚度及  $0.01 \Omega \cdot \text{cm}$  的電阻係數的四個 p 型 (可以 n 型取代) 的直徑 6 英吋的 (100) 單晶矽基體, 以在其鏡面側的主要表面上形成多孔矽層。

基體是在下列條件下被陽極化。

電流密度:  $7 \text{ mA} / \text{cm}^2$  (毫安培 / 平方公分)

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

## 五、發明說明 (22)

陽極化溶液： $\text{HF} : \text{H}_2\text{O} : \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} = 1 : 1 :$

1

時間：12分鐘

多孔矽層的厚度： $10\ \mu\text{m}$  (微米)

孔隙度：20%

其次，所得的基體在氧氣氛中於 $400^\circ\text{C}$ 被氧化1小時。由於此氧化的結果，多孔矽的內壁表面被非常薄的熱氧化物膜覆蓋。

其次，兩個基體在具有 $-95^\circ\text{C}$ 的露點的氫 ( $\text{H}_2$ ) 氣氛中於 $760\ \text{Torr}$ 在 $1050^\circ\text{C}$ 被熱處理10分鐘以密封表面的孔。其於的兩個基體在具有 $-90^\circ\text{C}$ 或以下的露點的氫 ( $\text{H}_2$ ) 氣氛中於 $760\ \text{Torr}$ 在 $1050^\circ\text{C}$ 被熱處理10分鐘以密封表面的孔。在溫度上升及下降時也使用氫氣氛。

在此狀態中，以上兩組基體各有一個被取出，且以原子力顯微鏡測量其表面粗糙度，結果觀察到週期大約為 $2\ \mu\text{m}$ 的具有 $3\ \text{nm}$ 的振幅的起伏。未被觀察的其餘基體被送至隨後的步驟。

其次，在此多孔矽上，藉著MOCVD (金屬有機化學蒸汽澱積) 外延生長厚度 $1\ \mu\text{m}$ 的單晶GaAs。其係在下列條件下生長。

來源氣體： $\text{TMGa} / \text{AsH}_3 / \text{H}_2$

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

## 五、發明說明 (23)

氣體壓力：80 Torr

溫度：700 °C

在以透射電子顯微鏡觀察截面之後，證實沒有任何晶體缺陷產生於 GaAs 層中，且形成具有良好的晶體品質的 GaAs 層。同時，也證實在表面處以矽密封的多孔矽層與 GaAs 層之間形成非常清楚及平滑的界面。也以原子力顯微鏡測量 GaAs 層上  $50 \mu\text{m}$  見方的區域以求得表面粗糙度。在具有  $-95^\circ\text{C}$  的露點的氫氣氛中被熱處理且在其上形成有化合物半導體層的基體的表面粗糙度為  $0.3 \text{ nm}$  (平均平方粗糙度 (Rrms))，此比在未形成多孔矽而在矽基體 (偏角為  $0^\circ$  的情況) 上直接形成 GaAs 層的情況中所發現的  $3.5 \text{ nm}$  的表面粗糙度平滑許多，且比在偏角為  $4^\circ$  的情況中所發現的  $0.42 \text{ nm}$  的表面粗糙度好。

也在光學顯微鏡上數算藉著缺陷實際化蝕刻所實際化的晶體缺陷以求得缺陷密度，結果發現為大約  $1 \times 10^4 / \text{cm}^2$ 。

同時，在具有  $-90^\circ\text{C}$  或以下的露點的氫氣氛中被熱處理的基體的情況中，表面粗糙度為  $0.9 \text{ nm}$ ，而缺陷密度為大約  $1 \times 10^5 / \text{cm}^2$ 。

### 例 2

在以醇類稀釋的 HF 溶液中陽極化偏角為  $0^\circ$  且具有

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

## 五、發明說明(24)

625  $\mu\text{m}$  的厚度及  $0.01 \Omega \cdot \text{cm}$  的電阻係數的 p 型 (可以 n 型取代) 的直徑 5 英吋的 (100) 單晶矽基體，以在其鏡面側的主要表面上形成多孔矽層。

基體是在下列條件下被陽極化。

電流密度： $7 \text{ mA} / \text{cm}^2$  (毫安培 / 平方公分)

陽極化溶液： $\text{HF} : \text{H}_2\text{O} : \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} = 1 : 1 :$

1

時間：12 分鐘

多孔矽層的厚度： $10 \mu\text{m}$  (微米)

孔隙度：20%

其次，所得的基體在氧氣氛中於  $300^\circ\text{C}$  被氧化 1 小時。由於此氧化的結果，多孔矽的內壁表面被非常薄的熱氧化物膜覆蓋。

其次，此基體被浸入 1.25% 的 HF 溶液中 20 秒，以使形成在多孔狀表面上及在其附近的孔的內壁表面上的非常薄的熱氧化物膜剝落，隨後以純水清洗，然後旋轉乾燥。

其次，此多孔矽在具有  $-92^\circ\text{C}$  或以下的露點的氫 ( $\text{H}_2$ ) 氣氛中於  $80 \text{ Torr}$  在  $1050^\circ\text{C}$  被熱處理 10 分鐘，以密封表面的孔。

在此狀態中，基體被取出，且以原子力顯微鏡測量其表面粗糙度，結果觀察到週期大約為  $4 \mu\text{m}$  的具有  $4 \text{ nm}$

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

## 五、發明說明 (25)

的振幅的起伏。以相同方式處理但未觀察的基體被送至隨後的步驟。

其次，在此多孔矽上，藉著 MOCVD (金屬有機化學蒸汽澱積) 外延生長厚度  $1 \mu\text{m}$  的單晶 GaAs。其係在下列條件下生長。

來源氣體：TMGa / AsH<sub>3</sub> / H<sub>2</sub>

氣體壓力：80 Torr

溫度：700 °C

在以透射電子顯微鏡觀察截面之後，證實沒有任何晶體缺陷產生於 GaAs 層中，且形成具有良好的晶體品質的 GaAs 層。同時，也證實在表面處以矽密封的多孔矽層與 GaAs 層之間形成非常清楚及平滑的界面。也以原子力顯微鏡測量 GaAs 層上  $50 \mu\text{m}$  見方的區域以求得表面粗糙度。表面粗糙度為  $0.4 \text{ nm}$  (平均平方粗糙度 (Rrms))，此比在未形成多孔矽而在矽基體 (偏角為 0 度的情況) 上直接形成 GaAs 層的情況中所發現的  $3.5 \text{ nm}$  的表面粗糙度平滑許多，且比在偏角為 4 度的情況中所發現的  $0.42 \text{ nm}$  的表面粗糙度好。

也在光學顯微鏡上數算藉著缺陷實際化蝕刻所實際化的晶體缺陷以求得缺陷密度，結果發現為大約  $1 \times 10^4 / \text{cm}^2$ 。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

## 五、發明說明(26)

### 例 3

在以醇類稀釋的 HF 溶液中陽極化偏角為 0 度且具有  $625 \mu\text{m}$  的厚度及  $0.01 \Omega \cdot \text{cm}$  的電阻係數的 p 型 (可以 n 型取代) 的直徑 5 英吋的 (100) 單晶矽基體，以在其鏡面側的主要表面上形成多孔矽層。

基體是在下列條件下被陽極化。

電流密度： $7 \text{ mA} / \text{cm}^2$  (毫安培 / 平方公分)

陽極化溶液：HF :  $\text{H}_2\text{O}$  :  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} = 1 : 1 :$

1

時間：12 分鐘

多孔矽層的厚度： $10 \mu\text{m}$  (微米)

孔隙度：20%

其次，所得的基體在氧氣氛中於  $300^\circ\text{C}$  被氧化 1 小時。由於此氧化的結果，多孔矽的內壁表面被非常薄的熱氧化物膜覆蓋。

其次，此基體被浸入 1.25% 的 HF 溶液中 20 秒，以使形成在多孔狀表面上及在其附近的孔的內壁表面上的非常薄的熱氧化物膜剝落，隨後以純水清洗，然後旋轉乾燥。

其次，此多孔矽在具有  $-92^\circ\text{C}$  或以下的露點的氫 ( $\text{H}_2$ ) 氣氛中於 80 Torr 在  $1050^\circ\text{C}$  被熱處理 10 分鐘以密封表面的孔，且溫度下降至  $700^\circ\text{C}$ 。在此多孔矽上，藉著 MOCVD (金屬有機化學蒸汽澱積) 外延生長

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

## 五、發明說明(27)

厚度  $1 \mu\text{m}$  的單晶 GaAs。其係在下列條件下生長。

來源氣體：TMGa / AsH<sub>3</sub> / H<sub>2</sub>

氣體壓力：80 Torr

溫度：700 °C

在以透射電子顯微鏡觀察截面之後，證實沒有任何晶體缺陷產生於 GaAs 層中，且形成具有良好的晶體品質的 GaAs 層。同時，也證實在表面處以矽密封的多孔矽層與 GaAs 層之間形成非常清楚及平滑的界面。也以原子力顯微鏡測量 GaAs 層上  $50 \mu\text{m}$  見方的區域以求得表面粗糙度。表面粗糙度為  $0.4 \text{ nm}$  (平均平方粗糙度 (Rrms))，此比在未形成多孔矽而在矽基體 (偏角為 0 度的情況) 上直接形成 GaAs 層的情況中所發現的  $3.5 \text{ nm}$  的表面粗糙度平滑許多，且比在偏角為 4 度的情況中所發現的  $0.42 \text{ nm}$  的表面粗糙度好。

也在光學顯微鏡上數算藉著缺陷實際化蝕刻所實際化的晶體缺陷以求得缺陷密度，結果發現為大約  $1 \times 10^4 / \text{cm}^2$ 。

### 例 4

在以醇類稀釋的 HF 溶液中陽極化偏角為 0 度且具有  $625 \mu\text{m}$  的厚度及  $0.01 \Omega \cdot \text{cm}$  的電阻係數的 p 型 (可以 n 型取代) 的直徑 5 英吋的 (100) 單晶矽基體

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

## 五、發明說明 (28)

，以在其鏡面側的主要表面上形成多孔矽層。

基體是在下列條件下被陽極化。

電流密度： $7 \text{ mA} / \text{cm}^2$  (毫安培 / 平方公分)

陽極化溶液： $\text{HF} : \text{H}_2\text{O} : \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} = 1 : 1 :$

1

時間：12分鐘

多孔矽層的厚度： $10 \mu\text{m}$  (微米)

孔隙度：20%

其次，所得的基體在氧氣氛中於 $300^\circ\text{C}$ 被氧化1小時。由於此氧化的結果，多孔矽的內壁表面被非常薄的熱氧化物膜覆蓋。

其次，此基體被浸入1.25%的HF溶液中20秒，以使形成在多孔狀表面上及在其附近的孔的內壁表面上的非常薄的熱氧化物膜剝落，隨後以純水清洗，然後旋轉乾燥。

其次，此多孔矽在具有 $-92^\circ\text{C}$ 或以下的露點的氫( $\text{H}_2$ )氣氛中於80 Torr在 $1050^\circ\text{C}$ 被熱處理10分鐘以密封表面的孔，且溫度下降至 $700^\circ\text{C}$ 。在此多孔矽上，藉著MBE(分子束外延)外延生長厚度 $1 \mu\text{m}$ 的單晶AlGaAs。

在以透射電子顯微鏡觀察截面之後，證實沒有任何晶體缺陷產生於AlGaAs層中，且形成具有良好的晶體品質的AlGaAs層。同時，也證實在表面處以矽密封

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

## 五、發明說明 (29)

的多孔矽層與 AlGaAs 層之間形成非常清楚及平滑的界面。也以原子力顯微鏡測量 AlGaAs 層上  $50 \mu\text{m}$  見方的區域以求得表面粗糙度。表面粗糙度為  $0.41 \text{ nm}$  (平均平方粗糙度 (Rrms))，此比在未形成多孔矽而在矽基體 (偏角為 0 度的情況) 上直接形成 AlGaAs 層的情況中所發現的  $3.7 \text{ nm}$  的表面粗糙度平滑許多，且比在偏角為 4 度的情況中所發現的  $0.42 \text{ nm}$  的表面粗糙度好。

也在光學顯微鏡上數算藉著缺陷實際化蝕刻所實際化的晶體缺陷以求得缺陷密度，結果發現為大約  $1 \times 10^4 / \text{cm}^2$ 。

### 例 5

在以醇類稀釋的 HF 溶液中陽極化偏角為 0 度且具有  $625 \mu\text{m}$  的厚度及  $0.01 \Omega \cdot \text{cm}$  的電阻係數的 p 型 (可以 n 型取代) 的直徑 5 英吋的 (100) 單晶矽基體，以在其鏡面側的主要表面上形成多孔矽層。

基體是在下列條件下被陽極化。

電流密度： $7 \text{ mA} / \text{cm}^2$  (毫安培 / 平方公分)

陽極化溶液： $\text{HF} : \text{H}_2\text{O} : \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} = 1 : 1 :$

1

時間：12 分鐘

多孔矽層的厚度： $10 \mu\text{m}$  (微米)

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

## 五、發明說明（30）

孔隙度：20%

其次，所得的基體在氧氣氛中於400℃被氧化1小時。由於此氧化的結果，多孔矽的內壁表面被非常薄的熱氧化物膜覆蓋。

其次，此基體被浸入1.25%的HF溶液中20秒，以使形成在多孔狀表面上及在其附近的孔的內壁表面上的非常薄的熱氧化物膜剝落，隨後以純水清洗，然後旋轉乾燥。

其次，此多孔矽在具有-92℃或以下的露點的氫（ $H_2$ ）氣氛中於760 Torr在1150℃被熱處理10分鐘以密封表面的孔。然後，在此多孔矽上，藉著液相生長製程外延生長厚度1  $\mu m$ 的單晶GaP。

在以透射電子顯微鏡觀察截面之後，證實沒有任何晶體缺陷產生於GaP層中，且形成具有良好的晶體品質的GaP層。同時，也證實在表面處以矽密封的多孔矽層與GaP層之間形成非常清楚及平滑的界面。也以原子力顯微鏡測量GaP層上50  $\mu m$ 見方的區域以求得表面粗糙度。表面粗糙度為0.4 nm（平均平方粗糙度（R r m s）），此比在未形成多孔矽而在矽基體（偏角為0度的情況）上直接形成GaP層的情況中所發現的3.5 nm的表面粗糙度平滑許多，且比在偏角為4度的情況中所發現的0.42 nm的表面粗糙度好。

也在光學顯微鏡上數算藉著缺陷實際化蝕刻所實際化

### 五、發明說明(31)

的晶體缺陷以求得缺陷密度，結果發現為大約  $1 \times 10^4 / \text{cm}^2$ 。

#### 例 6

圖 4 為根據本發明的成為光電伏打裝置的太陽電池的剖面圖。在圖 4 中，參考數字 4 1 表示矽基體，4 2 表示多孔層，4 3 表示成為多孔層的孔密封部分的矽層，4 4 表示 p<sup>-</sup>型 GaAs 層，4 5 表示 p<sup>+</sup>型 InGaP 層，4 6 表示 p 型 GaAs 層，4 7 表示 n<sup>+</sup>型 GaAs 層，4 8 表示 n<sup>+</sup>型 InGaP 層，4 9 表示 n<sup>+</sup>型 AlInP 層，4 1 0 表示抗反射層，而 4 1 1 及 4 1 2 表示第一及第二電極。以下敘述此例子的裝置的製造方法。

在以醇類稀釋的 HF 溶液中陽極化具有  $625 \mu\text{m}$  的厚度及  $0.01 \Omega \cdot \text{cm}$  的電阻係數的 p 型的直徑 5 英寸的 (100) 單晶矽基體，以在其鏡面側的主要表面上形成多孔矽層。

基體是在下列條件下被陽極化。

電流密度： $7 \text{ mA} / \text{cm}^2$  (毫安培 / 平方公分)

陽極化溶液： $\text{HF} : \text{H}_2\text{O} : \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} = 1 : 1 :$

1

時間： $12$  分鐘

多孔矽層的厚度： $10 \mu\text{m}$  (微米)

孔隙度： $20\%$

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

## 五、發明說明（32）

其次，所得的基體在氧氣氛中於  $400^{\circ}\text{C}$  被氧化 1 小時。由於此氧化的結果，多孔矽的內壁表面被非常薄的熱氧化物膜覆蓋。

其次，此基體被浸入 1.25% 的 HF 溶液中 30 秒，以使形成在多孔狀表面上及在其附近的孔的內壁表面上的非常薄的熱氧化物膜剝落，隨後以純水清洗，然後旋轉乾燥。

其次，此多孔矽在具有  $-92^{\circ}\text{C}$  或以下的露點的氫 ( $\text{H}_2$ ) 氣氛中於 760 Torr 在  $1100^{\circ}\text{C}$  被熱處理 10 分鐘以密封表面的孔。然後，在此多孔矽上，藉著液相生長製程外延生長厚度  $5\ \mu\text{m}$  的單晶 GaAs。

在此層上，進一步疊加形成  $p^+$  型 InGaP 層， $p$  型 GaAs 層， $n^+$  型 GaAs 層， $n^+$  型 InGaP 層，及  $n^+$  型 AlInP 層，且在 AlInP 層 49 的表面上形成第一電極及抗反射層。在矽基體 41 的背面上形成第二電極。如此製成太陽電池。

測量此太陽電池的充填因數，以證實在除了未形成多孔矽層之外在與以上相同的單晶矽基體上形成類似結構的情況中為 0.831，在形成多孔矽層但是於多孔狀表面處的孔未被密封的情況中為 0.807，而在根據本發明的此例子中為 0.870，顯示特性的改進。

例 7

## 五、發明說明 (33)

圖 5 為根據本發明的成爲光發射裝置的 LED 的剖面圖。在圖 5 中，參考數字 5 1 表示矽基體，5 2 表示多孔層，5 3 表示成爲多孔層的孔密封部分的矽層，5 4 表示  $n^-$  型 GaAlAs 層，5 5 表示  $p^-$  型 GaAlAs 層，5 6 表示  $p^-$  型 GaAlAs 層，而 5 7 表示電極。以下敘述此例子的裝置的製造方法。

在以醇類稀釋的 HF 溶液中陽極化具有  $625 \mu m$  的厚度及  $0.01 \Omega \cdot cm$  的電阻係數的  $n$  型的直徑 5 英寸的 (100) 單晶矽基體，以在其鏡面側的主要表面上形成多孔矽層。

基體是在下列條件下被陽極化。

電流密度： $7 mA / cm^2$  (毫安培 / 平方公分)

陽極化溶液： $HF : H_2O : C_2H_5OH = 1 : 1 :$

1

時間： $12$  分鐘

多孔矽層的厚度： $10 \mu m$  (微米)

孔隙度： $20\%$

其次，所得的基體在氧氣氛中於  $400^\circ C$  被氧化 1 小時。由於此氧化的結果，多孔矽的內壁表面被非常薄的熱氧化物膜覆蓋。

其次，此基體被浸入  $1.25\%$  的 HF 溶液中 30 秒，以使形成在多孔狀表面上及在其附近的孔的內壁表面上

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

## 五、發明說明(34)

的非常薄的熱氧化物膜剝落，隨後以純水清洗，然後旋轉乾燥。

其次，此多孔矽在具有 $-92^{\circ}\text{C}$ 或以下的露點的氫( $\text{H}_2$ )氣氛中於 $760\text{ Torr}$ 在 $1100^{\circ}\text{C}$ 被熱處理10分鐘以密封表面的孔。然後，在此孔被密封的多孔矽上，藉著液相生長製程外延生長厚度 $5\mu\text{m}$ 的單晶 $n^-$ 型GaAs。

在此層上進一步疊加形成 $n^-$ 型GaAlAs層及 $p^-$ 型GaAlAs層，且在GaAlAs層56的表面上及矽基體51的背面上分別形成第一電極及第二電極。如此製成發光二極體。結果，紅光發射的強度等效於在GaAs基體上形成此種裝置結構的情況。

### 例 8

圖6為根據本發明的成為光發射裝置的半導體雷射的剖面圖。在圖6中，參考數字61表示矽基體，62表示多孔層，63表示成為多孔層的孔密封部分的矽層，64表示 $n^-$ 型GaAs層，65表示 $p^-$ 型GaAs層，66表示 $n^-$ 型ZnSe緩衝層，67表示 $n^-$ 型ZnMgSSe層，68表示ZnSSe/ZnCdSe層，69表示 $p^-$ 型ZnMgSSe層，610表示 $p^-$ 型ZnSe層，611表示 $p^-$ 型ZnSe/ZnTe層，612表示 $p^-$ 型ZnTe層，而613表示電極。以下敘述此例子的裝置的製造方法。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

## 五、發明說明 (35)

在以醇類稀釋的 H F 溶液中陽極化具有  $625 \mu\text{m}$  的厚度及  $0.01 \Omega \cdot \text{cm}$  的電阻係數的 n 型的直徑 5 英寸的 (100) 單晶矽基體，以在其鏡面側的主要表面上形成多孔矽層。

基體是在下列條件下被陽極化。

電流密度： $7 \text{ mA} / \text{cm}^2$  (毫安培 / 平方公分)

陽極化溶液： $\text{HF} : \text{H}_2\text{O} : \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} = 1 : 1 :$

1

時間：12 分鐘

多孔矽層的厚度： $10 \mu\text{m}$  (微米)

孔隙度：20%

其次，所得的基體在氧氣氛中於  $400^\circ\text{C}$  被氧化 1 小時。由於此氧化的結果，多孔矽的內壁表面被非常薄的熱氧化物膜覆蓋。

其次，此基體被浸入 1.25% 的 H F 溶液中 30 秒，以使形成在多孔狀表面上及在其附近的孔的內壁表面上的非常薄的熱氧化物膜剝落，隨後以純水清洗，然後旋轉乾燥。

其次，此多孔矽在具有  $-92^\circ\text{C}$  或以下的露點的氫 ( $\text{H}_2$ ) 氣氛中於  $10 \text{ Torr}$  在  $1000^\circ\text{C}$  被熱處理 10 分鐘以密封表面的孔。然後，在此多孔矽上，藉著 M B E 外延生長厚度  $5 \mu\text{m}$  的單晶 n 型 G a A s。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

## 五、發明說明(36)

在此層上，進一步疊加形成  $p^-$  型 GaAs 層及  $n^-$  型 ZnSe 層，然後將  $n^-$  型 ZnSe 層定圖型及以條狀去除。然後，在其上進一步形成  $n^-$  型 ZnMgSSe 層，ZnSSe / ZnCdSe 層， $p^-$  型 ZnMgSSe 層， $p^-$  型 ZnSe 層， $p^-$  型 ZnSe / ZnTe 層，及  $p^-$  型 ZnTe 層。在最上層的表面上，形成第一 An / Pt / Pd 電極，而在背面上形成第二 In 電極，然後施加脈衝電壓。結果，光於室溫發射，如同此種裝置在 GaAs 基體上形成的情況。在兩情況中臨限電流密度均為  $210 \text{ A} / \text{cm}^2$  (安培 / 平方公分)。

### 例 9

圖 7 為根據本發明的成為電晶體的 HEMT (高電子遷移率電晶體) 的剖面圖。在圖 7 中，參考數字 71 表示矽基體，72 表示多孔層，73 表示成為多孔層的孔密封部分的矽層，74 表示單晶 GaAs 層，75 表示未摻雜的 GaAs 層，76 表示  $n$  型 AlGaAs 層，77 表示  $n$  型 GaAs 層，78 表示 AuGe 源極電極，79 表示 Al 閘極電極，而 710 表示 AuGe 汲極。以下敘述此例子的裝置的製造方法。

在以醇類稀釋的 HF 溶液中陽極化具有  $625 \mu\text{m}$  的厚度及  $0.01 \Omega \cdot \text{cm}$  的電阻係數的  $n$  型的直徑 5 英吋的 (100) 單晶矽基體，以在其鏡面側的主要表面上形成多孔矽層。

## 五、發明說明 (37)

基體是在下列條件下被陽極化。

電流密度： $7 \text{ mA} / \text{cm}^2$  (毫安培 / 平方公分)

陽極化溶液： $\text{HF} : \text{H}_2\text{O} : \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} = 1 : 1 :$

1

時間：12分鐘

多孔矽層的厚度： $10 \mu\text{m}$  (微米)

孔隙度：20%

其次，所得的基體在氧氣氛中於 $400^\circ\text{C}$ 被氧化1小時。由於此氧化的結果，多孔矽的內壁表面被非常薄的熱氧化物膜覆蓋。

其次，此基體被浸入1.25%的HF溶液中30秒，以使形成在多孔狀表面上及在其附近的孔的內壁表面上的非常薄的熱氧化物膜剝落，隨後以純水清洗，然後旋轉乾燥。

其次，此多孔矽在具有 $-92^\circ\text{C}$ 或以下的露點的氫( $\text{H}_2$ )氣氛中於1 Torr在 $1000^\circ\text{C}$ 被熱處理10分鐘以密封表面的孔。然後，在此多孔矽上，藉著MBE外延生長厚度 $5 \mu\text{m}$ 的單晶GaAs。

在此層上進一步形成未摻雜的GaAs層，n型AlGaAs層，及n型GaAs層。在其上製成閘極，源極，及汲極以建構HEMT。結果，其可於高速操作，如同此種裝置結構形成在GaAs基體上的情況。

裝

訂

## 五、發明說明 (38)

### 例 10

在以醇類稀釋的 HF 溶液中陽極化各具有  $615 \mu\text{m}$  的厚度及  $0.01 \Omega \cdot \text{cm}$  的電阻係數的三個 p 型 (可以 n 型取代) 的直徑 6 英吋的 (100) 單晶矽基體中的兩個，以在其鏡面側的主要表面上形成多孔矽層。

基體是在下列條件下被陽極化。

電流密度： $7 \text{ mA} / \text{cm}^2$  (毫安培 / 平方公分)

陽極化溶液： $\text{HF} : \text{H}_2\text{O} : \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} = 1 : 1 :$

1

時間：12 分鐘

多孔矽層的厚度： $10 \mu\text{m}$  (微米)

孔隙度：20%

其次，所得的基體在氧氣氛中於  $400^\circ\text{C}$  被氧化 1 小時。由於此氧化的結果，多孔矽的內壁表面被非常薄的熱氧化物膜覆蓋。

其次，這些基體之一在流動  $230 \text{ l} / \text{min}$  (公升 / 分鐘) 的  $\text{H}_2$  之下於  $760 \text{ Torr}$  在  $1050^\circ\text{C}$  被熱處理 1 分鐘，並且進一步在加入  $50 \text{ sccm}$  的  $\text{SiH}_4$  之下被熱處理 5 分鐘，以密封表面的孔。

其次，在這三個被預處理及未處理的 (100) 矽基體上，藉著 MOCVD (金屬有機化學蒸汽澱積) 外延生長厚度  $1 \mu\text{m}$  的單晶 GaAs。其係在下列條件下生長。

## 五、發明說明 (39)

來源氣體：T M G a / A s H<sub>3</sub> / H<sub>2</sub>

氣體壓力：8 0 T o r r

溫度：7 0 0 °C

在以透射電子顯微鏡觀察截面之後，證實沒有任何晶體缺陷產生於形成在以附加的 S i H<sub>4</sub> 熱處理的多孔矽上的 G a A s 層中，且形成具有良好的晶體品質的 G a A s 層。同時，也證實在表面處以矽密封的多孔矽層與 G a A s 層之間形成非常清楚及平滑的界面。至於形成多孔狀表面但在未實施附加 S i H<sub>4</sub> 的熱處理之下形成 G a A s 層的基體，以電子顯微鏡觀察截面後顯示在多孔矽與 G a A s 層之間的界面有具有大約 1 0 0 n m 的高度差的無序處。至於在不形成多孔層之下在矽基體上直接形成 G a A s 層的情況，證實從 S i / G a A s 界面帶入數不清的雙缺陷，堆疊缺陷，及位錯至 G a A s 層中。

也以原子力顯微鏡測量 G a A s 層上 5 0 μ m 見方的區域以求得表面粗糙度。在具有 - 9 5 °C 的露點的氫氣氛中被熱處理且在其上形成有化合物半導體層的基體的表面粗糙度為 0 . 3 n m (平均平方粗糙度 ( R r m s ) )，此比在未形成多孔矽而在矽基體 (偏角為 0 度的情況) 上直接形成 G a A s 層的情況中所發現的 3 . 5 n m 的表面粗糙度平滑許多，且比在偏角為 4 度的情況中所發現的 0 . 4 2 n m 的表面粗糙度好。

也在光學顯微鏡上數算藉著缺陷實際化蝕刻所實際化

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

## 五、發明說明(40)

的晶體缺陷以求得缺陷密度，結果發現為大約  $1 \times 10^4 / \text{cm}^2$ 。

同時，在未形成多孔層的情況中，缺陷密度高至大約  $1 \times 10^6 / \text{cm}^2$ ，而在形成多孔層但未在附加  $\text{SiH}_4$  之下進行熱處理的情況中，缺陷密度為大約  $1 \times 10^5 / \text{cm}^2$ 。

### 例 11

在以醇類稀釋的 HF 溶液中陽極化具有 0 度的偏角且具有  $625 \mu\text{m}$  的厚度及  $0.01 \Omega \cdot \text{cm}$  的電阻係數的 p 型（可以 n 型取代）的直徑 5 英寸的（100）單晶矽基體，以在其鏡面側的主要表面上形成多孔矽層。

基體是在下列條件下被陽極化。

電流密度： $7 \text{ mA} / \text{cm}^2$ （毫安培／平方公分）

陽極化溶液： $\text{HF} : \text{H}_2\text{O} : \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} = 1 : 1 :$

1

時間： $12$  分鐘

多孔矽層的厚度： $10 \mu\text{m}$ （微米）

孔隙度： $20\%$

其次，所得的基體在氧氣氛中於  $300^\circ\text{C}$  被氧化 1 小時。由於此氧化的結果，多孔矽的內壁表面被非常薄的熱氧化物膜覆蓋。

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

## 五、發明說明(41)

其次，此基體被浸入 1.25% 的 HF 溶液中 20 秒，以使形成在多孔狀表面上及在其附近的孔的內壁表面上的非常薄的熱氧化物膜剝落，隨後以純水清洗，然後旋轉乾燥。

其次，此多孔矽在加入有 20 s c c m 的  $\text{SiH}_4$  的氫 ( $\text{H}_2$ ) 氣氛中於 80 Torr 在 1050 °C 被熱處理 10 分鐘以密封表面的孔。

在此狀態中，基體被取出，且以原子力顯微鏡測量其表面粗糙度，結果觀察到週期大約為 4  $\mu\text{m}$  的具有 4 nm 的振幅的起伏。以相同的方式被處理但未觀察的基體被送至隨後的步驟。

其次，在此多孔矽上，藉著 MOCVD (金屬有機化學蒸汽澱積) 外延生長厚度 1  $\mu\text{m}$  的單晶 GaAs。其係在下列條件下生長。

來源氣體：TMGa / AsH<sub>3</sub> / H<sub>2</sub>

氣體壓力：80 Torr

溫度：700 °C

在以透射電子顯微鏡觀察截面之後，證實沒有任何晶體缺陷產生於 GaAs 層中，且形成具有良好的晶體品質的 GaAs 層。同時，也證實在表面處以矽密封的多孔矽層與 GaAs 層之間形成非常清楚及平滑的界面。也以原子力顯微鏡測量 GaAs 層上 50  $\mu\text{m}$  見方的區域以求得

## 五、發明說明 (42)

表面粗糙度。表面粗糙度為  $0.4 \text{ nm}$  (平均平方粗糙度 ( $R_r \text{ rms}$ ))，此比在未形成多孔矽而在矽基體 (偏角為  $0$  度的情況) 上直接形成  $\text{GaAs}$  層的情況中所發現的  $3.5 \text{ nm}$  的表面粗糙度平滑許多，且比在偏角為  $4$  度的情況中所發現的  $0.42 \text{ nm}$  的表面粗糙度好。

也在光學顯微鏡上數算藉著缺陷實際化蝕刻所實際化的晶體缺陷以求得缺陷密度，結果發現為大約  $5 \times 10^3 / \text{cm}^2$ 。

### 例 1 2

在以醇類稀釋的  $\text{HF}$  溶液中陽極化具有  $0$  度的偏角且具有  $625 \mu\text{m}$  的厚度及  $0.01 \Omega \cdot \text{cm}$  的電阻係數的  $p$  型 (可以  $n$  型取代) 的直徑  $5$  英吋的  $(100)$  單晶矽基體，以在其鏡面側的主要表面上形成多孔矽層。

基體是在下列條件下被陽極化。

電流密度： $7 \text{ mA} / \text{cm}^2$  (毫安培 / 平方公分)

陽極化溶液： $\text{HF} : \text{H}_2\text{O} : \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} = 1 : 1 :$

1

時間： $12$  分鐘

多孔矽層的厚度： $10 \mu\text{m}$  (微米)

孔隙度： $20\%$

其次，所得的基體在氧氣氛中於  $300^\circ\text{C}$  被氧化  $1$  小

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

## 五、發明說明(43)

時。由於此氧化的結果，多孔矽的內壁表面被非常薄的熱氧化物膜覆蓋。

其次，此多孔矽在氫( $H_2$ )氣氛中於80 Torr在1050°C被熱處理5分鐘，且隨後在加入20 sccm的 $SiH_2Cl_2$ 下被熱處理5分鐘，以密封表面的孔。然後溫度下降至700°C。在此多孔矽上，藉著MOCVD(金屬有機化學蒸汽澱積)外延生長厚度1  $\mu m$ 的單晶GaAs。其係在下列條件下生長。

來源氣體：TMGa /  $AsH_3$  /  $H_2$

氣體壓力：80 Torr

溫度：700°C

在以透射電子顯微鏡觀察截面之後，證實沒有任何晶體缺陷產生於GaAs層中，且形成具有良好的晶體品質的GaAs層。同時，也證實在表面處以矽密封的多孔矽層與GaAs層之間形成非常清楚及平滑的界面。也以原子力顯微鏡測量GaAs層上50  $\mu m$ 見方的區域以求得表面粗糙度。表面粗糙度為0.4 nm(平均平方粗糙度(Rrms))，此比在未形成多孔矽而在矽基體(偏角為0度的情況)上直接形成GaAs層的情況中所發現的3.5 nm的表面粗糙度平滑許多，且比在偏角為4度的情況中所發現的0.42 nm的表面粗糙度好。

也在光學顯微鏡上數算藉著缺陷實際化蝕刻所實際化

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

## 五、發明說明 (44)

的晶體缺陷以求得缺陷密度，結果發現為大約  $5 \times 10^3 / \text{cm}^2$ 。

### 例 1 3

在以醇類稀釋的 HF 溶液中陽極化具有 0 度的偏角且具有  $625 \mu\text{m}$  的厚度及  $0.01 \Omega \cdot \text{cm}$  的電阻係數的 p 型（可以 n 型取代）的直徑 5 英吋的 (100) 單晶矽基體，以在其鏡面側的主要表面上形成多孔矽層。

基體是在下列條件下被陽極化。

電流密度： $7 \text{ mA} / \text{cm}^2$ （毫安培 / 平方公分）

陽極化溶液：HF :  $\text{H}_2\text{O}$  :  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  = 1 : 1 :

1

時間：12 分鐘

多孔矽層的厚度： $10 \mu\text{m}$ （微米）

孔隙度：20%

其次，此基體被浸入 1.25% 的 HF 溶液中 20 秒，以使形成在多孔狀表面上及在其附近的孔的內壁表面上的非常薄的熱氧化物膜剝落，隨後以純水清洗，然後旋轉乾燥。

其次，此多孔矽在加入有  $30 \text{ sccm}$  的  $\text{SiH}_4$  的氫（ $\text{H}_2$ ）氣氛中於 20 Torr 在  $950^\circ\text{C}$  被熱處理 10 分鐘以密封表面的孔，且溫度下降至  $700^\circ\text{C}$ 。在此多孔矽

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

## 五、發明說明 (45)

上，藉著 M B E (分子束外延) 外延生長厚度  $1 \mu\text{m}$  的單晶 A l G a A s 。

在以透射電子顯微鏡觀察截面之後，證實沒有任何晶體缺陷產生於 A l G a A s 層中，且形成具有良好的晶體品質的 A l G a A s 層。同時，也證實在表面處以矽密封的多孔矽層與 A l G a A s 層之間形成非常清楚及平滑的界面。也以原子力顯微鏡測量 A l G a A s 層上  $50 \mu\text{m}$  見方的區域以求得表面粗糙度。表面粗糙度為  $0.41 \text{ nm}$  (平均平方粗糙度 (R r m s))，此比在未形成多孔矽而在矽基體 (偏角為 0 度的情況) 上直接形成 A l G a A s 層的情況中所發現的  $3.7 \text{ nm}$  的表面粗糙度平滑許多，且比在偏角為 4 度的情況中所發現的  $0.42 \text{ nm}$  的表面粗糙度好。

也在光學顯微鏡上數算藉著缺陷實際化蝕刻所實際化的晶體缺陷以求得缺陷密度，結果發現為大約  $7 \times 10^3 / \text{cm}^2$ 。

### 例 1 4

在以醇類稀釋的 H F 溶液中陽極化具有 0 度的偏角且具有  $625 \mu\text{m}$  的厚度及  $0.01 \Omega \cdot \text{cm}$  的電阻係數的 p 型 (可以 n 型取代) 的直徑 5 英吋的 (100) 單晶矽基體，以在其鏡面側的主要表面上形成多孔矽層。

基體是在下列條件下被陽極化。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

## 五、發明說明 (46)

電流密度：7 mA / cm<sup>2</sup> (毫安培 / 平方公分)

陽極化溶液：HF : H<sub>2</sub>O : C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH = 1 : 1 :

1

時間：12分鐘

多孔矽層的厚度：10 μm (微米)

孔隙度：20%

其次，此基體被浸入1.25%的HF溶液中20秒，以使形成在多孔狀表面上及在其附近的孔的內壁表面上的非常薄的熱氧化物膜剝落，隨後以純水清洗，然後旋轉乾燥。

其次，此多孔矽在加入有30 s c c m的SiH<sub>4</sub>的4%的氫(H<sub>2</sub>)：96%的氬(Ar)的氣氛中於760 Torr在1100°C被熱處理10分鐘以密封表面的孔，且溫度下降至700°C。在此多孔矽上，藉著MBE(分子束外延)外延生長厚度1 μm的單晶AlGaAs。

在以透射電子顯微鏡觀察截面之後，證實沒有任何晶體缺陷產生於AlGaAs層中，且形成具有良好的晶體品質的AlGaAs層。同時，也證實在表面處以矽密封的多孔矽層與AlGaAs層之間形成非常清楚及平滑的界面。也以原子力顯微鏡測量AlGaAs層上50 μm見方的區域以求得表面粗糙度。表面粗糙度為0.41 nm (平均平方粗糙度(Rrms))，此比在未形成多孔矽而在矽基體(偏角為0度的情況)上直接形成AlG

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

## 五、發明說明(47)

a A s 層的情況中所發現的 3 . 7 n m 的表面粗糙度平滑許多，且比在偏角為 4 度的情況中所發現的 0 . 4 2 n m 的表面粗糙度好。

也在光學顯微鏡上數算藉著缺陷實際化蝕刻所實際化的晶體缺陷以求得缺陷密度，結果發現為大約  $7 \times 10^3 / \text{cm}^2$ 。

### 例 1 5

在以醇類稀釋的 H F 溶液中陽極化具有 0 度的偏角且具有  $625 \mu\text{m}$  的厚度及  $0.01 \Omega \cdot \text{cm}$  的電阻係數的 p 型（可以 n 型取代）的直徑 5 英吋的（100）單晶矽基體，以在其鏡面側的主要表面上形成多孔矽層。

基體是在下列條件下被陽極化。

電流密度： $7 \text{ mA} / \text{cm}^2$ （毫安培／平方公分）

陽極化溶液： $\text{HF} : \text{H}_2\text{O} : \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} = 1 : 1 :$

1

時間：12 分鐘

多孔矽層的厚度： $10 \mu\text{m}$ （微米）

孔隙度：20%

其次，所得的基體在氧氣氛中於  $300^\circ\text{C}$  被氧化 1 小時。由於此氧化的結果，多孔矽的內壁表面被非常薄的熱氧化物膜覆蓋。

## 五、發明說明(48)

其次，此多孔矽在供應有痕量的矽之下的具有  $1 \times 10^{-10}$  Torr 的極端真空度的超高真空中在  $1150^\circ\text{C}$  被熱處理 10 分鐘，以密封表面的孔。然後，在此多孔矽上，藉著液相生長製程外延生長厚度  $1 \mu\text{m}$  的單晶 GaP。

在以透射電子顯微鏡觀察截面之後，證實沒有任何晶體缺陷產生於 GaP 層中，且形成具有良好的晶體品質的 GaP 層。同時，也證實在表面處以矽密封的多孔矽層與 GaP 層之間形成非常清楚及平滑的界面。也以原子力顯微鏡測量 GaP 層上  $50 \mu\text{m}$  見方的區域以求得表面粗糙度。表面粗糙度為  $0.4 \text{ nm}$  (平均平方粗糙度 (R r m s))，此比在未形成多孔矽而在矽基體 (偏角為  $0^\circ$  的情況) 上直接形成 GaP 層的情況中所發現的  $3.5 \text{ nm}$  的表面粗糙度平滑許多，且比在偏角為  $4^\circ$  的情況中所發現的  $0.42 \text{ nm}$  的表面粗糙度好。

也在光學顯微鏡上數算藉著缺陷實際化蝕刻所實際化的晶體缺陷以求得缺陷密度，結果發現為大約  $1 \times 10^4 / \text{cm}^2$ 。

### 例 16

根據本發明的成為光電伏打裝置的太陽電池具有與圖 4 所示者相同的構成。參考數字 41 表示矽基體，42 表示多孔層，43 表示成為多孔層的孔密封部分的矽層，44 表示  $p^-$  型 GaAs 層，45 表示  $p^+$  型 InGaP 層

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

## 五、發明說明 (49)

， 4 6 表示 p 型 G a A s 層， 4 7 表示 n<sup>+</sup> 型 G a A s 層， 4 8 表示 n<sup>+</sup> 型 I n G a P 層， 4 9 表示 n<sup>+</sup> 型 A l I n P 層， 4 1 0 表示抗反射層，而 4 1 1 及 4 1 2 表示第一及第二電極。

以下敘述此例子的裝置的製造方法。

在以醇類稀釋的 H F 溶液中陽極化具有 6 2 5 μ m 的厚度及 0 . 0 1 Ω · c m 的電阻係數的 p 型的直徑 5 英吋的 ( 1 0 0 ) 單晶矽基體，以在其鏡面側的主要表面上形成多孔矽層。

基體是在下列條件下被陽極化。

電流密度： 7 m A / c m<sup>2</sup> ( 毫安培 / 平方公分 )

陽極化溶液： H F : H<sub>2</sub>O : C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>O H = 1 : 1 :

1

時間： 1 2 分鐘

多孔矽層的厚度： 1 0 μ m ( 微米 )

孔隙度： 2 0 %

其次，所得的基體在氧氣氛中於 4 0 0 ° C 被氧化 1 小時。由於此氧化的結果，多孔矽的內壁表面被非常薄的熱氧化物膜覆蓋。

其次，此基體被浸入 1 . 2 5 % 的 H F 溶液中 3 0 秒，以使形成在多孔狀表面上及在其附近的孔的內壁表面上的非常薄的熱氧化物膜剝落，隨後以純水清洗，然後旋轉

裝

訂

## 五、發明說明(50)

乾燥。

其次，此多孔矽在氫( $H_2$ )氣氛中於760 Torr在1100°C被熱處理1分鐘，且隨後在加入20 sccm的 $SiH_2Cl_2$ 之下被熱處理5分鐘，以密封表面的孔。然後，在此多孔矽上，藉著液相生長製程外延生長厚度5  $\mu m$ 的單晶GaAs。

在此層上，進一步疊加形成 $p^+$ 型InGaP層， $p$ 型GaAs層， $n^+$ 型GaAs層， $n^+$ 型InGaP層，及 $n^+$ 型AlInP層，且在AlInP層49的表面上形成第一電極及抗反射層。在矽基體41的背面上形成第二電極。如此製成太陽電池。

測量此太陽電池的充填因數，以證實在除了未形成多孔矽層之外在與以上相同的單晶矽基體上形成類似結構的情況中為0.831，在形成多孔矽層但是於多孔狀表面處的孔未被密封的情況中為0.807，而在根據本發明的此例子中為0.870，顯示特性的改進。

### 例17

根據本發明的成為光發射裝置的LED具有與圖5所示者相同的構成。參考數字51表示矽基體，52表示多孔層，53表示成為多孔層的孔密封部分的矽層，54表示 $n^-$ 型GaAlAs層，55表示 $p^-$ 型GaAlAs層，56表示 $p^-$ 型GaAlAs層，而57表示電極。以下敘述此例子的裝置的製造方法。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

## 五、發明說明 (51)

在以醇類稀釋的 HF 溶液中陽極化具有  $625 \mu\text{m}$  的厚度及  $0.01 \Omega \cdot \text{cm}$  的電阻係數的 n 型的直徑 5 英寸的 (100) 單晶矽基體，以在其鏡面側的主要表面上形成多孔矽層。

基體是在下列條件下被陽極化。

電流密度： $7 \text{ mA} / \text{cm}^2$  (毫安培 / 平方公分)

陽極化溶液： $\text{HF} : \text{H}_2\text{O} : \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} = 1 : 1 :$

1

時間：12 分鐘

多孔矽層的厚度： $10 \mu\text{m}$  (微米)

孔隙度：20%

其次，所得的基體在氧氣氛中於  $400^\circ\text{C}$  被氧化 1 小時。由於此氧化的結果，多孔矽的內壁表面被非常薄的熱氧化物膜覆蓋。

其次，此基體被浸入 1.25% 的 HF 溶液中 30 秒，以使形成在多孔狀表面上及在其附近的孔的內壁表面上的非常薄的熱氧化物膜剝落，隨後以純水清洗，然後旋轉乾燥。

其次，此多孔矽在氫 ( $\text{H}_2$ ) 氣氛中於  $760 \text{ Torr}$  在  $1100^\circ\text{C}$  被熱處理 1 分鐘，且隨後在加入  $20 \text{ sccm}$  的  $\text{SiH}_4$  之下繼續被熱處理 6 分鐘，以密封表面的孔。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

## 五、發明說明(52)

然後，在此孔被密封的多孔矽上，藉著液相生長製程外延生長厚度  $5 \mu\text{m}$  的單晶  $n^-$  型  $\text{GaAs}$ 。

在此層上進一步疊加形成  $n^-$  型  $\text{GaAlAs}$  層及  $p^-$  型  $\text{GaAlAs}$  層，且在  $\text{GaAlAs}$  層 56 的表面上及矽基體 51 的背面上分別形成第一電極及第二電極。如此製成發光二極體。結果，紅光發射的強度等效於在  $\text{GaAs}$  基體上形成此種裝置結構的情況。

## 例 1.8

根據本發明的成為光發射裝置的半導體雷射具有與圖 6 所示者相同的構成。參考數字 61 表示矽基體，62 表示多孔層，63 表示成為多孔層的孔密封部分的矽層，64 表示  $n^-$  型  $\text{GaAs}$  層，65 表示  $p^-$  型  $\text{GaAs}$  層，66 表示  $n^-$  型  $\text{ZnSe}$  緩衝層，67 表示  $n^-$  型  $\text{ZnMgSSe}$  層，68 表示  $\text{ZnSSe} / \text{ZnCdSe}$  層，69 表示  $p^-$  型  $\text{ZnMgSSe}$  層，610 表示  $p^-$  型  $\text{ZnSe}$  層，611 表示  $p^-$  型  $\text{ZnSe} / \text{ZnTe}$  層，612 表示  $p^-$  型  $\text{ZnTe}$  層，而 613 表示電極。以下敘述此例子的裝置的製造方法。

在以醇類稀釋的  $\text{HF}$  溶液中陽極化具有  $625 \mu\text{m}$  的厚度及  $0.01 \Omega \cdot \text{cm}$  的電阻係數的  $n^-$  型的直徑 5 英吋的 (100) 單晶矽基體，以在其鏡面側的主要表面上形成多孔矽層。

基體是在下列條件下被陽極化。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

## 五、發明說明 ( 53 )

電流密度：7 m A / c m <sup>2</sup> ( 毫安培 / 平方公分 )

陽極化溶液：H F : H <sub>2</sub> O : C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> O H = 1 : 1 :

1

時間：1 2 分鐘

多孔矽層的厚度：1 0 μ m ( 微米 )

孔隙度：2 0 %

其次，所得的基體在氧氣氛中於 4 0 0 ° C 被氧化 1 小時。由於此氧化的結果，多孔矽的內壁表面被非常薄的熱氧化物膜覆蓋。

其次，此基體被浸入 1 . 2 5 % 的 H F 溶液中 3 0 秒，以使形成在多孔狀表面上及在其附近的孔的內壁表面上的非常薄的熱氧化物膜剝落，隨後以純水清洗，然後旋轉乾燥。

其次，此多孔矽在氫 ( H <sub>2</sub> ) 氣氛中於 7 6 0 T o r r 在 1 1 0 0 ° C 被熱處理 1 分鐘，且隨後在加入 2 0 s c c m 的 S i H <sub>4</sub> 之下繼續被熱處理 6 分鐘，以密封表面的孔。

然後，在此多孔矽上，藉著 M B E 外延生長厚度 5 μ m 的單晶 n <sup>-</sup> 型 G a A s 。

在此層上，進一步疊加形成 p <sup>-</sup> 型 G a A s 層及 n <sup>-</sup> 型 Z n S e 層，然後將 n <sup>-</sup> 型 Z n S e 層定圖型及以條狀去除。然後，在其上進一步形成 n <sup>-</sup> 型 Z n M g S S e 層，

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

## 五、發明說明 (54)

ZnSSe / ZnCdSe 層，p<sup>-</sup>型 ZnMgSSe 層，p<sup>-</sup>型 ZnSe 層，p<sup>-</sup>型 ZnSe / ZnTe 層，及 p<sup>-</sup>型 ZnTe 層。在最上層的表面上，形成第一 An / Pt / Pd 電極，而在背面上形成第二 In 電極，然後施加脈衝電壓。結果，光於室溫發射，如同此種裝置在 GaAs 基體上形成的情況。在兩情況中臨限電流密度均為 210 A / cm<sup>2</sup> (安培 / 平方公分)。

### 例 19

根據本發明的成爲電晶體的 HEMT (高電子遷移率電晶體) 具有與圖 7 所示者相同的構成。參考數字 71 表示矽基體，72 表示多孔層，73 表示成爲多孔層的孔密封部分的矽層，74 表示單晶 GaAs 層，75 表示未摻雜的 GaAs 層，76 表示 n 型 AlGaAs 層，77 表示 n 型 GaAs 層，78 表示源極電極，79 表示閘極電極，而 710 表示汲極。以下敘述此例子的裝置的製造方法。

在以醇類稀釋的 HF 溶液中陽極化具有 625 μm 的厚度及 0.01 Ω · cm 的電阻係數的 n 型的直徑 5 英吋的 (100) 單晶矽基體，以在其鏡面側的主要表面上形成多孔矽層。

基體是在下列條件下被陽極化。

電流密度：7 mA / cm<sup>2</sup> (毫安培 / 平方公分)

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

## 五、發明說明 ( 55 )

陽極化溶液： $\text{HF} : \text{H}_2\text{O} : \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} = 1 : 1 :$

1

時間：12分鐘

多孔矽層的厚度：10  $\mu\text{m}$  (微米)

孔隙度：20%

其次，所得的基體在氧氣氛中於400°C被氧化1小時。由於此氧化的結果，多孔矽的內壁表面被非常薄的熱氧化物膜覆蓋。

其次，此基體被浸入1.25%的HF溶液中30秒，以使形成在多孔狀表面上及在其附近的孔的內壁表面上的非常薄的熱氧化物膜剝落，隨後以純水清洗，然後旋轉乾燥。

其次，此多孔矽在加入有10 s c c m的 $\text{SiH}_4$ 之下的氫( $\text{H}_2$ )氣氛中於1 T o r r在1000°C被熱處理5分鐘，以密封表面的孔。然後，在此多孔矽上，藉著MBE外延生長厚度5  $\mu\text{m}$ 的單晶GaAs。

在此層上進一步形成未摻雜的GaAs層，n型AlGaAs層，及n型GaAs層。在其上製成閘極，源極，及汲極以建構HEMT。結果，其可於高速操作，如同此種裝置結構形成在GaAs基體上的情況。

如以上的詳細描述，根據本發明，可提供可克服習知技術所有的問題的半導體裝置，半導體基體，及其製造方法。更明確地說，可使用便宜的矽基體製造具有高品質的

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

## 五、發明說明 ( 56 )

化合物半導體基體，並且使用此種基體，可以低成本製造具有良好特性的化合物半導體裝置。

在本發明中，當在多孔矽基體上形成單晶化合物半導體層時，基體在含有氫的氣氛中被熱處理，因而可在矽基體上形成在習知技術中難以形成的具有改進的晶體品質及表面平滑度的單晶化合物半導體層。

另外，根據本發明，甚至可在不使用具有獲得平滑表面所需的偏角的單晶矽基體之下，形成具有平滑表面，良好的晶體品質，及在基體與化合物半導體層之間的清楚及平滑的界面的化合物半導體層。特別是，可放鬆對基體的限制，因為可使用在具有低偏角的基體的市場中廣泛流通的例如具有大約  $(100) \pm 1^\circ$  的偏角的矽基體。

根據本發明，可在矽基體上形成就生產率，一致性，可控制性，及經濟效益而言均優異的具有良好的晶體品質的化合物半導體層。

根據本發明，可提出可應用於傳統的化合物半導體裝置而同時確保其優點的半導體基體製造方法。

根據本發明，於藉著處理原來具有良好的晶體品質的矽基體而形成的多孔矽的表面處的孔藉著同時供應痕量的矽的熱處理而被密封，以形成具有良好品質的單晶化合物半導體層。如此，可一次處理大量的基體，且可在不降低其生產率及經濟效益下，增進其晶體品質至與單晶化合物半導體基體的晶體品質相當或更高的位準。

根據本發明，於藉著處理原來具有良好的晶體品質的

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

## 五、發明說明 ( 57 )

矽基體而形成的多孔矽的表面處的孔藉著在氫氣氛中的熱處理而被密封，以一次形成遍及大面積的單晶化合物半導體層。如此，可在此種單晶化合物半導體層上形成例如太陽電池的光電換能器，例如雷射及發光二極體的光發射裝置，及例如 H E M T 的電晶體，而同時確保其特性與形成在單晶化合物半導體基體本身上的情況相當，並且就生產率，一致性，可控制性，及經濟效益而言均較優異。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

四、中文發明摘要(發明之名稱：具有化合物半導體層的半導體基體，)其製造方法，及在半導體基體上製造的電子裝置

在包含具有多孔區域的矽基體及設置在多孔區域上的半導體層的半導體基體中，半導體層包含單晶化合物，且在多孔區域的孔已於表面處被密封之下形成在多孔區域的表面上。此基體的製造方法所包含的步驟為將具有多孔區域的矽基體熱處理以於多孔區域的表面處密封孔，以及在具有藉著熱處理而被密封的孔的多孔區域上藉著異質外延生長而形成單晶化合物半導體層。

可以高生產率，高一致性，高可控制性，及極大的經濟利益在大面積的矽基體上形成具有較少晶體缺陷的單晶化合物半導體膜。

英文發明摘要(發明之名稱：SEMICONDUCTOR SUBSTRATE HAVING COMPOUND SEMICONDUCTOR LAYER, PROCESS FOR ITS PRODUCTION, AND ELECTRONIC DEVICE FABRICATED ON SEMICONDUCTOR SUBSTRATE

In a semiconductor substrate comprising a silicon substrate having a porous region, and a semiconductor layer provided on the porous region, the semiconductor layer comprises a single-crystal compound and is formed on the surface of the porous region with its pores having been sealed at the surface. This substrate can be produced by a process comprising the steps of heat-treating the silicon substrate having a porous region, to seal pores at the surface of the porous region, and forming a single-crystal compound-semiconductor layer by heteroepitaxial growth on the porous region having the pores sealed by the heat treatment.

Single-crystal compound-semiconductor films with less crystal defects can be formed on large-area silicon substrates in a high productivity, a high uniformity, a high controllability and a great economical advantage.

(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. 一種半導體基體，包含具有多孔區域的矽基體，及設置在多孔區域上的半導體層，

其中半導體層包含單晶化合物半導體，且是在多孔區域的孔已於表面處被密封之下形成在多孔區域的表面上。

2. 如申請專利範圍第1項的半導體基體，其中該表面包含具有比半導體層的厚度小的厚度的非常薄的矽膜。

3. 如申請專利範圍第1項的半導體基體，其中矽基體及多孔區域均包含單晶矽。

4. 如申請專利範圍第1項的半導體基體，其中多孔區域與化合物半導體層之間的界面具有小於或等於1毫微米 (nm) 的粗糙度。

5. 一種半導體基體的製造方法，包含以下步驟：  
將具有多孔區域的矽基體熱處理，以於多孔區域的表面處密封孔；及

在具有藉著熱處理而被密封的孔的多孔區域上藉著異質外延生長而形成單晶化合物半導體層。

6. 如申請專利範圍第5項的半導體基體的製造方法，其中矽基體是在沒有含矽氣體的氣氛中被熱處理。

7. 如申請專利範圍第5項的半導體基體的製造方法，另外包含在熱處理步驟之前的從多孔區域的表面去除天然氧化物膜的步驟。

8. 如申請專利範圍第5項的半導體基體的製造方法，另外包含在熱處理步驟之前的將多孔區域中的孔的內壁氧化至單晶矽存留在內部的程度的步驟。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

錄

## 六、申請專利範圍

9 . 如申請專利範圍第 8 項的半導體基體的製造方法，另外包含在熱處理步驟之前的從多孔區域的表面去除氧化物膜的步驟。

10 . 如申請專利範圍第 5 項的半導體基體的製造方法，其中熱處理步驟對多孔區域的表面提供週期性的從 0 . 5 微米 (  $\mu\text{m}$  ) 到 50 微米 (  $\mu\text{m}$  ) 的起伏。

11 . 如申請專利範圍第 5 項的半導體基體的製造方法，其中熱處理步驟是在具有  $-92^{\circ}\text{C}$  或低於  $-92^{\circ}\text{C}$  的露點的氫氣氛中對矽基體熱處理。

12 . 如申請專利範圍第 7 項或第 9 項的半導體基體的製造方法，其中從多孔區域的表面去除氧化物膜或天然氧化物膜的步驟是藉著將具有多孔區域的矽基體浸入氫氟酸溶液中來執行。

13 . 如申請專利範圍第 5 項的半導體基體的製造方法，其中矽基體具有具有平面方向 ( 100 ) 的主要平面。

14 . 如申請專利範圍第 5 項的半導體基體的製造方法，其中熱處理步驟是在含有痕量矽的氣氛中執行。

15 . 如申請專利範圍第 14 項的半導體基體的製造方法，其中熱處理步驟是在氫氣氛中或在氫與惰氣的氣氛中執行。

16 . 如申請專利範圍第 14 項的半導體基體的製造方法，其中具有多孔區域的矽基體是在具有  $-92^{\circ}\text{C}$  或低於  $-92^{\circ}\text{C}$  的露點的氫氣氛中被熱處理。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

## 六、申請專利範圍

17. 如申請專利範圍第14項的半導體基體的製造方法，其中具有多孔區域的矽基體被浸入氫氟酸溶液中以從多孔區域的表面去除氧化物膜或天然氧化物膜，且具有多孔區域的矽基體是在具有 $-92^{\circ}\text{C}$ 或低於 $-92^{\circ}\text{C}$ 的露點的氫氣氛中被熱處理。

18. 一種電子裝置，具有在如申請專利範圍第1項至第4項中任一項的半導體基體上所產生的主動區域。

19. 如申請專利範圍第18項的電子裝置，其中電子裝置為光電換能器。

20. 如申請專利範圍第18項的電子裝置，其中電子裝置為光發射裝置。

21. 如申請專利範圍第18項的電子裝置，其中電子裝置為電晶體。

22. 一種電子裝置，包含設置在如申請專利範圍第1項至第4項中任一項的半導體基體的背面上的第一電極，及設置在半導體層的表面側上的第二電極。

23. 如申請專利範圍第1項至第4項中任一項的半導體基體，其中半導體基體及包含單晶化合物的半導體層具有相同的導電型式。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

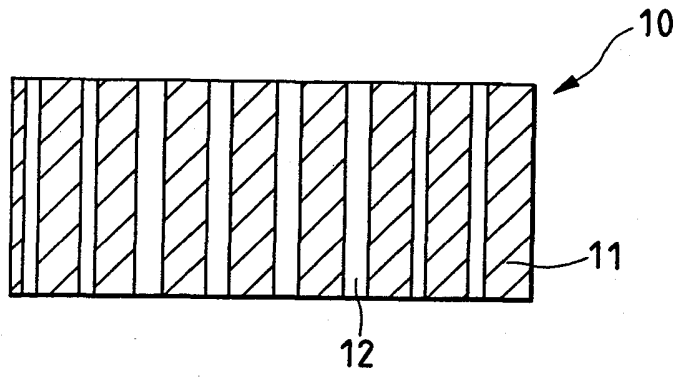
裝

訂

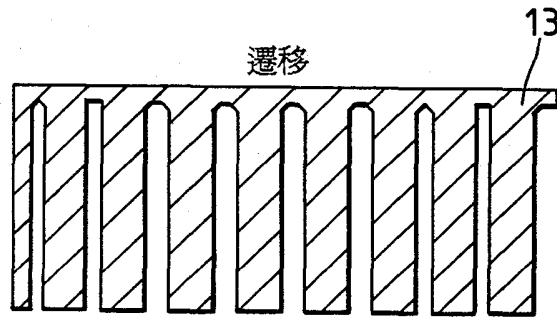
線

730890

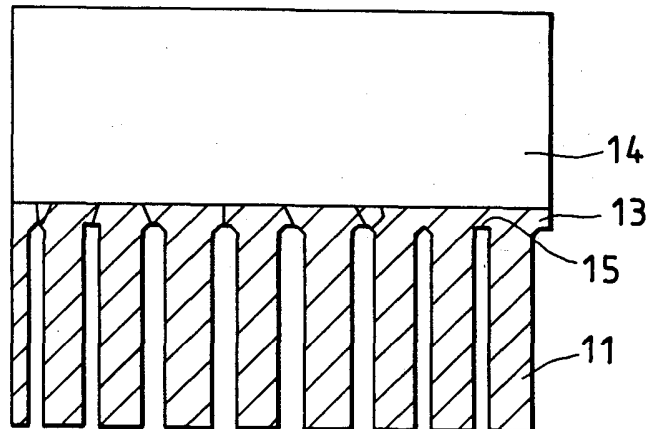
第 1 圖A



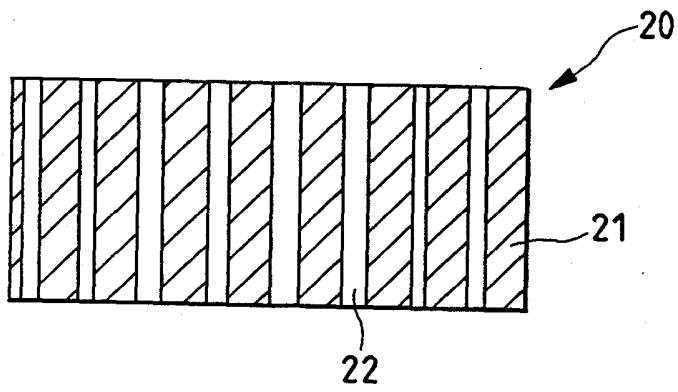
第 1 圖B



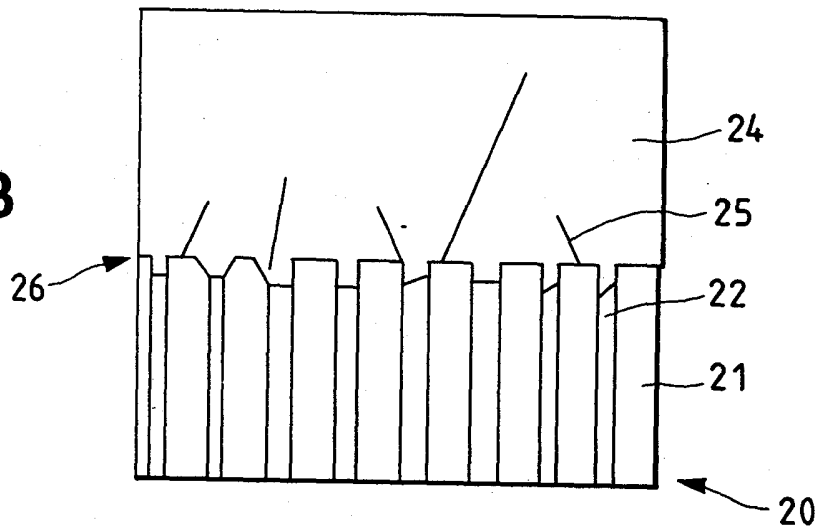
第 1 圖C



第 2 圖 A

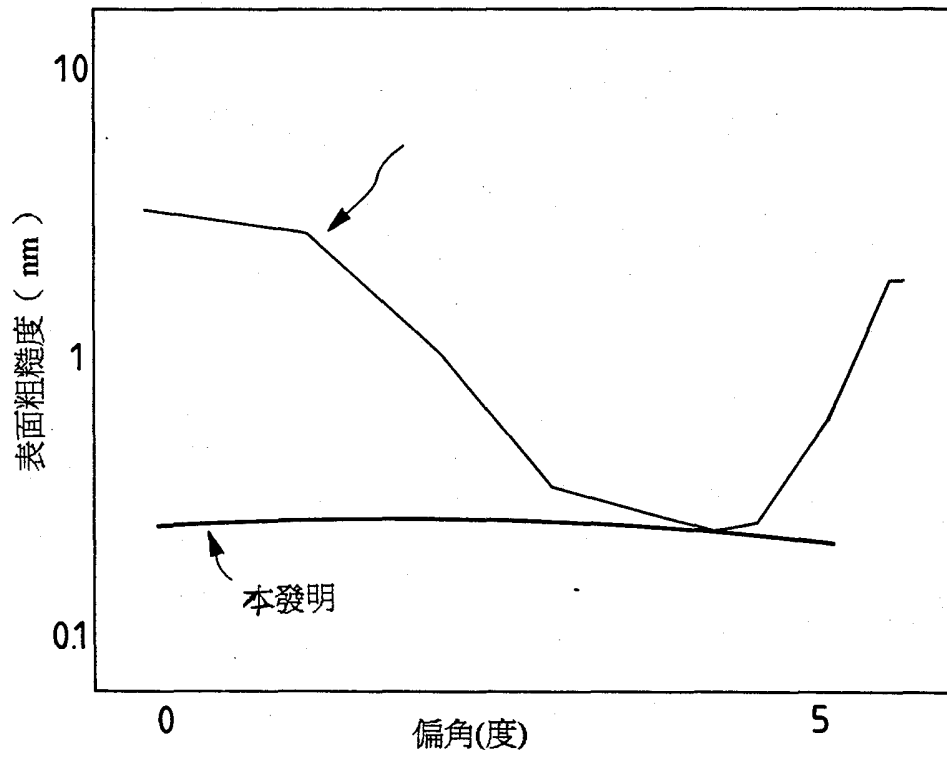


第 2 圖 B



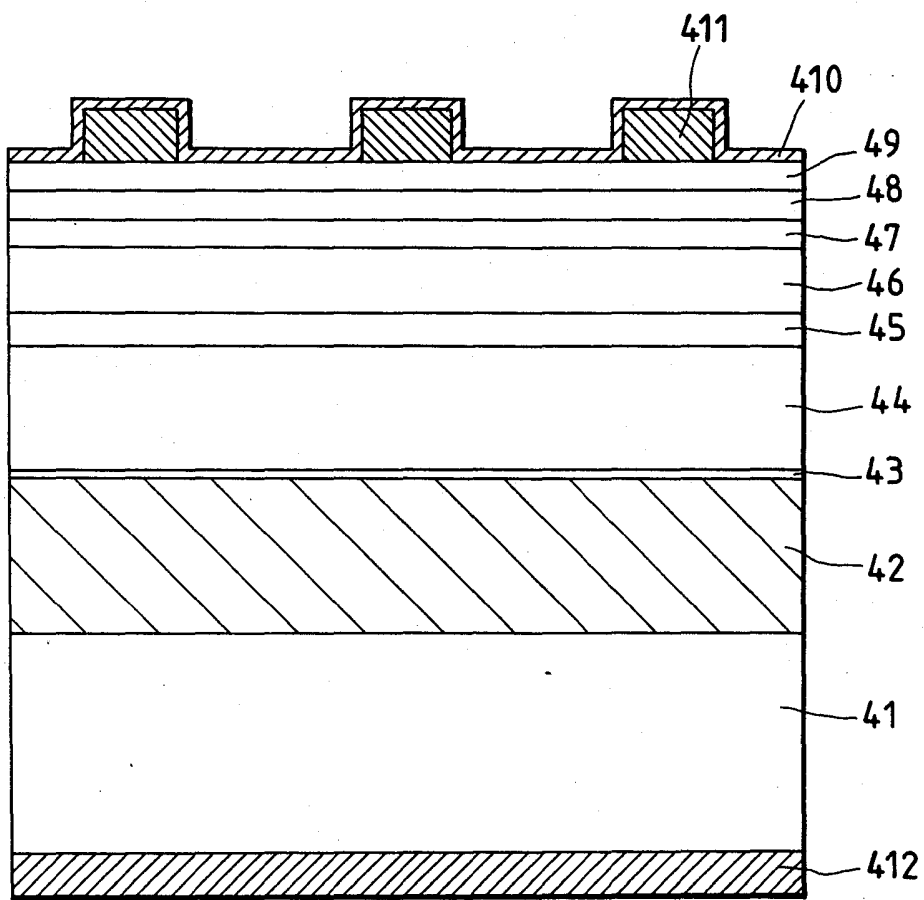
335486

第 3 圖



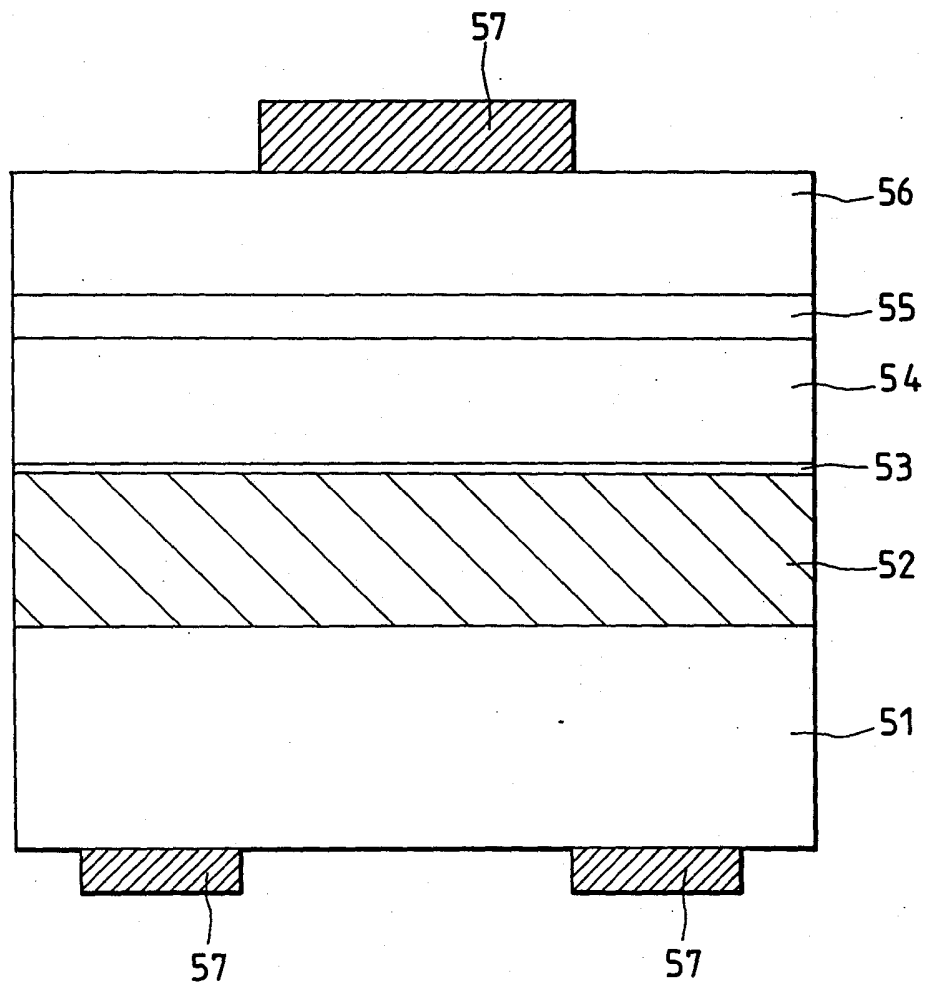
385486

第 4 圖



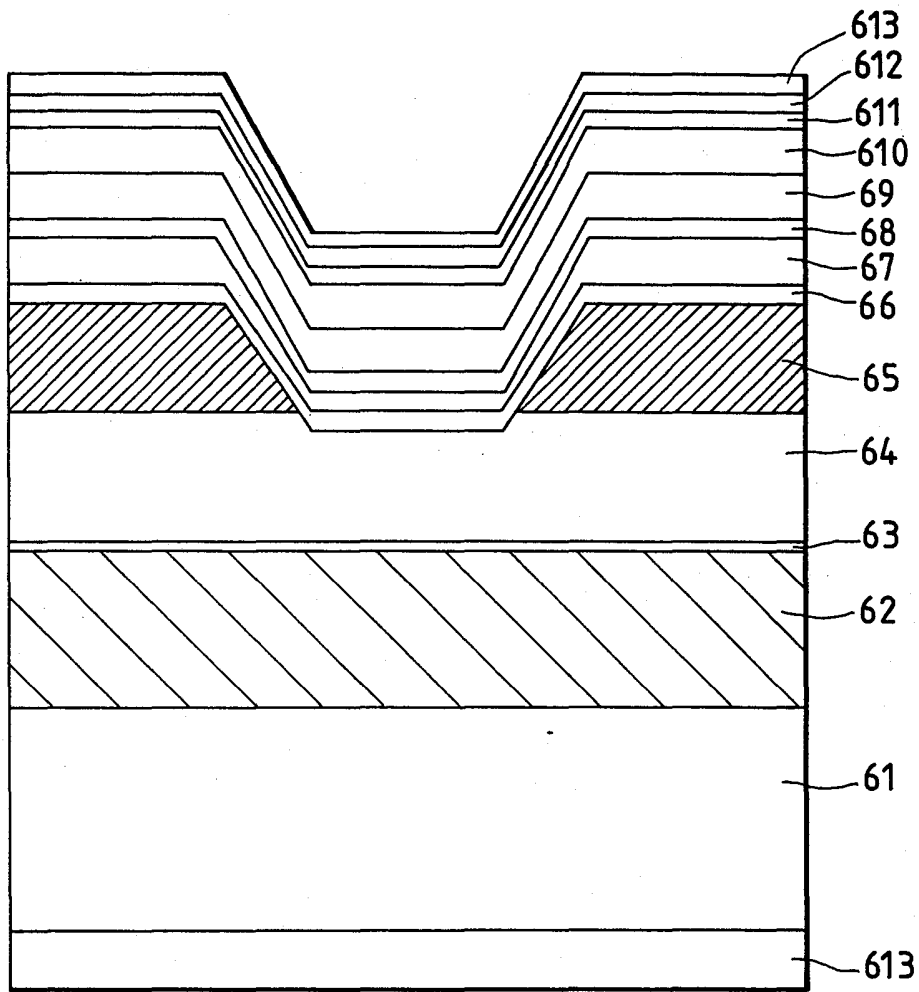
385486

第 5 圖



385486

第 6 圖



385486

第 7 圖

