

申請日期	01 年 12 月 31 日
案 號	91138084
類 別	H01L 21/20, 21/205

A4
C4

200301927

(以上各欄由本局填註)

發 明 專 利 說 明 書		
一、發明 名稱	中 文	製造 3-5 族化合物半導體的方法及半導體元件
	英 文	Method of producing 3-5 group compound semiconductor and semiconductor element
二、發明 人 創 作	姓 名	(1) 家近泰 (2) 清水誠也 (3) 小野善伸
	國 籍	(1) 日本國茨城縣筑波市梅園二丁目一三一一一五一一〇三
	住、居所	(2) 日本國茨城縣筑波市春日二丁目四〇一一一四〇七 (3) 日本國茨城縣筑波郡谷和原村絹之台六一一四一六
三、申請人	姓 名 (名稱)	(1) 住友化學工業股份有限公司 住友化学工業株式会社
	國 籍	(1) 日本
	住、居所 (事務所)	(1) 日本國大阪府中央區北浜四丁目五番三三號
	代 表 人 姓 名	(1) 米倉弘昌

(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 2002 年 1 月 11 日 2002-004434 ☒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

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

五、發明說明 (1)

發明範圍

本發明係關於製造氮化鎵(GaN)型 3-5 族化合物半導體之方法，並且關於使用該 3-5 族化合物半導體之半導體元件。

發明背景

由通式 $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ ($x+y+z=1$, $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ 並且 $0 \leq z \leq 1$) 所表示之 GaN 型 3-5 族化合物半導體可用作發光範圍從紫外光區至可見光區之有效率發光裝置用的材料，因為直接躍遷型能帶間隙能量可藉由改變第 3 族元素之組成而調整，所以能對應至紅至紫外光波長。再者，此等 3-5 族化合物半導體比例如 Si 及 GaAs 等習知使用之典型半導體具有更大的能帶間隙，因而，即使在習知半導體無法運作之高溫下仍能保持其半導體性質。因此，該 3-5 族化合物半導體主要能使電子裝置製品具有優異的環境耐性。

然而，因為在該化合物半導體熔點左右時具有極高的蒸氣壓，所以此等化合物半導體難以長成大的晶體。因此，截至目前為止尚無法獲得能實際用於半導體裝置製品所使用之基質的化合物半導體大型晶體。由此，一般而言，此類型化合物半導體係使該化合物半導體外延地長在一材料，例如藍寶石或 SiC，之基質上而製造，該等材料的晶體結構相似於該化合物半導體並且可製備大型晶體。現今，該化合物半導體之較高品質晶體可藉由此方法獲得。即使在此情況下，也難以減少晶格常數或該基材及該化合物半

(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)

導體之間之熱膨脹係數的差異所造成的結晶缺陷，該最終化合物半導體通常具有約 10^8 cm^{-2} 或更大之缺陷密度。為了製造高效率 GaN 裝置，所以極欲具有低位錯密度之化合物半導體晶體。

一般而言，減少位錯密度之方法已經開發出藉由異質磊晶(hetero-epitaxial)生長法製造晶體，該生長法使用藍寶石等充當基質，其中一旦該晶體表面形成遮罩圖案，接著進一步使該化合物半導體再生長。該方法之特徵係使該化合物半導體長至該遮罩的側向，並且此方法係稱為磊晶側向覆生(ELO)法。

根據上述方法，在早期再生長時，例如，在 SiO_2 等製遮罩上並不會發生晶體生長，惟僅經由開口部分發生晶體生長，所謂的選擇性生長。如果該晶體生長進一步持續，經由開口部分之晶體生長也會散布至該遮罩上。由此形成包埋該遮罩之包埋結構，並且最終可獲得平坦的晶體表面。與該基礎晶體中的位錯密度相比，藉由形成上述包埋結構，該再生長層內的位錯密度可大幅降低。

氮化鎵型 3-5 族化合物半導體的例子中，如果應用上述 ELO 方法，一般而言，晶體生長係使用 c-平面充當表面而進行，一般而言該條狀遮罩之條紋方向係設定於 $\langle 1-100 \rangle$ 方向，俾於該遮罩上有效地實現側向生長。然而，儘管視用作遮罩之材料而定，藉由 ELO 方法時，已知該遮罩上之晶體生長的 c-軸方向會自該基礎晶體之 c-軸偏移。並且該偏移 c-軸區之聚結部分中，會產生所謂小角度傾斜邊界之

(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)

位錯集中部分。

由此，將遮罩條紋設定於 $\langle 1-100 \rangle$ 方向之習知 ELO 中，該遮罩上之 GaN 晶體生長之 c-軸方向會自該基礎晶體之 c-軸偏移，並且長在該遮罩之 GaN 層會發生許多位錯。此即為所獲得之 3-5 族化合物半導體之品質會惡化之一大原因。

發明概述

本發明之目的在於提供製造 3-5 族化合物半導體的方法及可解決上述習知技術問題之半導體元件。

本發明提供：製造 3-5 族化合物半導體的方法，其中使用條狀遮罩進行側向選擇性生長製造該 3-5 族化合物半導體所產生之小角度傾斜邊界係減小以製造高品質並且低位錯密度之 3-5 族化合物半導體。為了瞭解上述內容，長在該條狀遮罩上之 3-5 族化合物半導體之 c-軸變動係自預定方向稍微旋轉側向選擇性生長用之遮罩圖案之遮罩條紋方向而降低，藉以降低小角度傾斜邊界。

也就是說，製造該 3-5 族化合物半導體俾藉由條狀遮罩在含 GaN 型 3-5 族化合物半導體之基礎晶體之 c-平面上形成所欲之 GaN 型 3-5 族化合物半導體之側向選擇性生長之方法中，條狀遮罩係於該基礎晶體上形成使該條紋自 $\langle 1-100 \rangle$ 方向旋轉 0.095° 或更小並且小於 9.6° ，使用此條狀遮罩，進行該 GaN 型 3-5 族化合物半導體層之側向選擇性生長。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (4)

如上述，使側向選擇性生長用之條狀遮罩之條紋方向自預定的<1-100>方向旋轉上述範圍內之角度，在該基礎晶體之c-平面上選擇性地長向側向之所欲化合物半導體層之c-軸變動會降低。因此，所欲化合物半導體層中產生之小角度傾斜邊界會減少，並且可在該基礎晶體上形成高品質3-5族化合物半導體層。

圖式之簡單說明

第1圖係概要地顯示藉由本發明之方法製造之3-5族化合物半導體結構之實施例。

第2圖係用以解釋第1圖所示之3-5族化合物半導體之遮罩層自預定方向旋轉之圖式。

第3圖係顯示遮罩層之條紋之旋轉角度為 1° 時，該搖擺曲線之測量結果。

第4圖係顯示遮罩層之條紋之旋轉角度為 3° 時，該搖擺曲線之測量結果。

第5圖係顯示遮罩層之條紋之旋轉角度為 5° 時，該搖擺曲線之測量結果。

第6圖係顯示遮罩層之條紋之旋轉角度為 0° 時，該搖擺曲線之測量結果。

各圖式中使用之符號如下。

1：3-5族化合物半導體

2：藍寶石基質

3：第一3-5族化合物半導體層

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (5)

4：遮罩層

5：第二 3-5 族化合物半導體層

6：小角度側斜邊界

D：線位錯

θ ：旋轉角度

3A：c-平面

4A：視窗部分

發明之詳細敘述

例如，藉由金屬有機蒸氣相磊晶法或氫化物-蒸氣-相-磊晶法，也可藉由其它適當的蒸氣生長法形成所欲之化合物-半導體層。

根據本發明，揭示製造 3-5 族化合物半導體的方法包括以下之步驟：包含通式 $\text{In}_a\text{Ga}_b\text{Al}_c\text{N}$ ($0 \leq a \leq 1$, $0 \leq b \leq 1$, $0 \leq c \leq 1$, $a+b+c=1$) 所表示之 3-5 族化合物半導體之表面為 c-平面之基礎晶體層上形成條狀遮罩，接著在上述基礎晶體層上生長通式 $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq z \leq 1$, $x+y+z=1$) 所表示之 3-5 族化合物半導體層，其中該條狀遮罩係於上述基礎晶體層上使該條紋方向自 $\langle 1-100 \rangle$ 方向旋轉 0.095° 或更大並且小於 9.6° 而形成。

較佳為藉由金屬有機蒸氣相磊晶法或氫化物蒸氣相磊晶法生長該 3-5 族化合物半導體層。

藉由本發明之方法製造之 3-5 族化合物半導體較佳係用於半導體元件。

(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)

後文將參照圖式詳細地解釋本發明之具體實施例。

第 1 圖係概略地顯示藉由本發明之方法製造之 3-5 族化合物半導體結構之實施例之截面圖式。該 3-5 族化合物半導體 1 中，充當該基礎晶體之第一 3-5 族化合物半導體層 3 係藉由 MOVPE 法(金屬有機蒸氣相磊晶法)長在該藍寶石基質上，而充當該遮罩層 4 之 SiO_2 層係藉由例如 RF 噴鍍法沈積於該第一 3-5 族化合物半導體層 3 上。在此，該第一 3-5 族化合物半導體層 3 係 3 至 4 (微米)。爲了製造良好的基礎晶體，使用習知緩衝層，例如 GaN、AlN、GaAlN 及 SiC 之二階段生長法係有效的。

如第 2 圖所示，該遮罩層 4 係具有視窗部分 4A 之條狀遮罩，該視窗部分 4A 係形成於該第一 3-5 族化合物半導體層 3 之 c-平面 3A 上，並且該遮罩層 4 係形成於 c-平面 3A 上，使條紋方向自 $\langle 1-100 \rangle$ 方向稍微轉動旋轉角度 θ ，如後文所述。第 1 圖中，垂直於該橫截面之方向係 $\langle 1-100 \rangle$ 方向。

至於形成該遮罩層 4 使條紋方向自 $\langle 1-100 \rangle$ 方向稍微地旋轉之方法，可使用含條紋圖案之光罩自 $\langle 1-100 \rangle$ 方向旋轉，將圖案轉移至該第一 3-5 族化合物半導體層 3 的方法。

取而代之，可使用具有條紋圖案之光罩中相鄰條紋係形成而不平行的方法，但事先必須具有所欲之角度再轉移此圖案。另一方法，可使用具有條紋圖案之光罩中相鄰條紋係形成而平行的方法，但以所欲角度呈 Z 字方向再轉移此圖案。理所當然地，此等方法可適當地加以結合。

(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)

第 1 圖中，該第一 3-5 族化合物半導體層 3 係由通式 $\text{In}_a\text{Ga}_b\text{Al}_c\text{N}$ (在此 $0 \leq a \leq 1$ ， $0 \leq b \leq 1$ ， $0 \leq c \leq 1$ ， $a+b+c=1$) 所表示之 GaN 型 3-5 族化合物半導體晶體。另一方面，該遮罩層 4 係藉由沈積適當厚度之 SiO_2 層而形成，並藉由微影法形成細長條狀之複數個視窗部分 4A。例如，利用寬度 5(微米)之條狀圖案形成此視窗部分 4A。

在該 3-5 族化合物半導體層 3 及該遮罩層 4 上，藉由再生長形成通式 $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$ ， $0 \leq y \leq 1$ ， $0 \leq z \leq 1$ ， $x+y+z=1$) 所表示之第二 3-5 族化合物半導體層 5。

此第二 3-5 族化合物半導體層 5 係形成如下。在該第二 3-5 族化合物半導體層 5 之早期生長階段中，晶體生長不會發生於該遮罩層 4 上，但選擇性生長僅發生於視窗部分 4A。因此，當該晶體生長進行時，視窗部分 4A 之晶體生長也會隨著厚度增加而迅速偏布該遮罩層 4，自該圖案兩側伸展至該側方向之生長中結晶性區域會在接近該遮罩層 4 之圖案的中心部分接合在一起，並且形成包埋結構。

如上述第二 3-5 族化合物半導體層 5 之生長過程中，大體而言，該第二 3-5 族化合物半導體層 5 之 c-軸方向與該第一 3-5 族化合物半導體層 3 之 c-軸會產生偏移，並且自該遮罩層 4 圖案之兩側伸展至該側方向之生長結晶性區域之合併部分中可能發生小角度傾斜邊界 6。

然而，因為該遮罩層 4 係形成使得該條紋方向係自 $\langle 1-100 \rangle$ 方向旋轉成旋轉角度 θ ，所以該第二 3-5 族化合物半導體層 5 之 c-軸變動選擇性地長向該第一 3-5 族化合物半導

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (8)

體層 3 上之側方向，因此，小角度傾斜邊界之產生可有效地停止於該聚結部分。

第 1 圖之實施例中，該第二 3-5 族化合物半導體層 5 係藉由上述之側向選擇性生長而成。因此，該第一 3-5 族化合物半導體層 3 所產生之許多位錯當中，僅線位錯 D 不會因為該遮罩層 4 而終止，但是經穿透之視窗部分 4A 將為該第二 3-5 族化合物半導體層 5 所涵括。如上述，藉由形成該第二 3-5 族化合物半導體層 5，該遮罩層 4 之第二 3-5 族化合物半導體層 5 中，該遮罩層 4 將終止該第一 3-5 族化合物半導體層 3 之位錯，並且該位錯位不會發生於該遮罩層 4 上之第二 3-5 族化合物半導體層 5，因此，可降低該第二 3-5 族化合物半導體層 5 中的位錯密度。當該第二 3-5 族化合物半導體層 5 係長成時，會形成一平面，該第二 3-5 族化合物半導體層 5 之線位錯 D 之成長係根據該平面之形成模式而控制，因此，也會製成線位錯 D 但不會及於該第二 3-5 族化合物半導體層 5 表面。

至於用於製造該 3-5 族化合物半導體 1 之薄膜的方法，舉例如分子束磊晶(後文中稱為 MBE)法、MPVPE 法及 HVPE 法。因為該 MBE 法係適用於製造具有尖銳界面之積層結構，所以係重要的。因為該 MOVPE 法係適用於形成具有尖銳界面之積層結構，亦適用於製造大面積均勻薄膜，所以係重要的。該 HVPE 法可以高成膜速度製造具有少量不純物之晶體，所以係重要的。如果該 HVPE 法係用於生長該第二 3-5 族化合物半導體層 5，將可獲得高生長速率，

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (9)

並且可以短時間內生產良好的晶體。

如上述，該遮罩層 4 之條紋方向係自 $\langle 1-100 \rangle$ 方向稍微地旋轉。此旋轉角度 θ 較佳為設定於一角度，其中在垂直於該遮罩圖案方向之 $\langle 11-20 \rangle$ 方向之比率為每 6 至 600 倍 a-軸長度對之一段 (a-軸長度)。也就是說，小角度傾斜邊界之產生可將該遮罩層 4 之旋轉角度 θ 設定為自 $\langle 1-100 \rangle$ 方向旋轉 0.095° 或更小並且小於 9.6° 而有效地停止。更具體而言，該旋轉角度係 1° 或更小並且小於 5° 或更小，最佳為 1° 或更小並且小於 5° 或更小。

如果該遮罩層 4 之條紋方向如上述稍微旋轉，該第二 3-5 族化合物半導體層 5 之 c-軸變動，在該第一 3-5 族化合物半導體層 3 之 c-平面 3A 上選擇性地長向側方向，將會降低。藉此，可停止該遮罩層 4 正上方之第二 3-5 族化合物半導體層 5 聚結部分中的小角度傾斜邊界 6 之產生，並且可製造出高品質之第二 3-5 族化合物半導體層 5。

各種實驗研究結果，如果該遮罩層 4 之條紋方向自 $\langle 1-100 \rangle$ 方向旋轉之旋轉角度 θ 小於 0.095° ，將可確保小角度傾斜邊界之減小。再者，如果該旋轉角度 θ 為 9.6° 或更大時，將無法獲得良好的包埋結構。也就是說，由實驗可確認該遮罩層 4 之條紋方向自 $\langle 1-100 \rangle$ 方向旋轉的旋轉角度 θ 應為 0.095° 或更大並且小於 9.6° 。

進行以下的實驗以檢驗由該遮罩層 4 之條紋方向自 $\langle 1-100 \rangle$ 方向旋轉產生小角度傾斜邊界之改善。

藉由 MOVPE 法在 2 英吋藍寶石晶圓上形成 3 微米厚度

(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)

之 GaN 層，並且在整個表面上形成 5 微米寬之條紋形成及 5 微米間隙圖案。進一步藉由 MOVPE 法在 6 微米此等基質上，在 1020℃ 及 1/2 大氣壓力下，進行 GaN 層成膜，並且獲得包埋結構。評估該遮罩層之條紋方向自 $\langle 1-100 \rangle$ 方向稍微旋轉時的 (0004) 面之搖擺曲線。

評估上述該遮罩層之旋轉角度 θ 為 1° 、 3° 及 5° 時的測量結果，比較實施例之旋轉角度 θ 為 0° 。第 3 圖、第 4 圖及第 5 圖，顯示旋轉角度 θ 分別為 1° 、 3° 及 5° 時的測量結果。第 6 圖顯示該旋轉角度 θ 為 0° 時之比較實施例的測量結果。

各例中 X 射線以遮罩層條紋方向射入，顯示出單一峰圖案，半高寬係約 250 弧秒。另一方面，如果 X 射線以垂直於該遮罩層之條紋方向的方向射入，在此進行之各實施例中，如果旋轉角度 θ 為 0° ，將可看到該兩側之主峰及兩側的峰。該主峰之半寬係約 250 弧秒，幾乎與該基礎基質之半寬相同。當該條紋之方向自 $\langle 1-100 \rangle$ 方向逐漸時，與不旋轉的例子相比，該高角度側的峰將會變弱。當旋轉角度 θ 為 1° 及 3° 時特別顯著。因為旋轉該條紋方向會降低該側峰之強度，所以認為小角度傾斜邊界之產生將受到抑制。良好半導體元件可使用此等基質而獲得。

根據本發明，如上述，小角度傾斜邊界可僅藉由使基礎晶體之 c-平面上形成之條狀遮罩自預定方向 $\langle 1-100 \rangle$ 旋轉 0.095° 或更大並且小於 9.6° 進行側向選擇性生長，而獲得極為有效地降低。因此，可製造良好結晶性 GaN 化合物半導體而無需顯著增加成本。再者，具有良好電氣性質之半導

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

A7

B7

五、發明說明 (11)

體元件，可藉由此製造方法以低成本製造。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

四、中文發明摘要（發明之名稱：製造 3-5 族化合物半導體的方法及半導體元件

在製造 3-5 族化合物半導體的方法中，藉由含 GaN 型 3-5 族化合物半導體基礎晶體之 c-平面上所形成之條狀遮罩 (stripe mask) 在 c-平面上進行所欲之 GaN 型 3-5 族化合物半導體層之側向選擇性生長，條狀遮罩係於該基礎晶體上形成，所以自 $\langle 1-100 \rangle$ 方向算起，該條紋之方向係旋轉 0.095° 或更小並且小於 9.6° ，使用此條狀遮罩，進行該 GaN 型 3-5 族化合物半導體層之側向選擇性生長，所以可在該基礎晶體上形成高品質 3-5 族化合物半導體層。

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄）

裝

英文發明摘要（發明之名稱：METHOD OF PRODUCING 3-5 GROUP COMPOUND SEMICONDUCTOR AND SEMICONDUCTOR ELEMENT

In the method of producing the 3-5 group compound semiconductor carrying out the lateral direction selective growth of the desired GaN type 3-5 group compound-semiconductor layer on this c-plane by the stripe mask formed on the c-plane of the underlying crystal containing a GaN type 3-5 group compound semiconductor, a stripe mask is formed on the underlying crystal such that the direction of the stripe is rotated 0.095° or more and less than 9.6° from $\langle 1-100 \rangle$ direction, and with using this stripe mask, the lateral direction selective growth of the GaN type 3-5 group compound-semiconductor layer is carried out, and a high quality 3-5 group compound-semiconductor layer can be formed on the underlying crystal.

訂

線

六、申請專利範圍 1

1. 一種製造 3-5 族化合物半導體之方法，其包括以下之步驟：在包含通式 $\text{In}_a\text{Ga}_b\text{Al}_c\text{N}$ ($0 \leq a \leq 1$, $0 \leq b \leq 1$, $0 \leq c \leq 1$, $a+b+c=1$) 所表示之 3-5 族化合物半導體之表面為 c-平面之基礎晶體層上形成條狀遮罩，接著在上述基礎晶體層上生長通式 $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq z \leq 1$, $x+y+z=1$) 所表示之 3-5 族化合物半導體層，其中該條狀遮罩係於上述基礎晶體層上使該條紋方向自 $\langle 1-100 \rangle$ 方向旋轉 0.095° 或更大並且小於 9.6° 而形成。

2. 如申請專利範圍第 1 項之製造 3-5 族化合物半導體之方法，其中該 3-5 族化合物半導體層係藉由金屬有機蒸氣相磊晶法或氫化物蒸氣相磊晶法生長。

3. 一種半導體元件，係使用以如申請專利範圍第 1 或 2 項之方法製成之該 3-5 族化合物半導體。

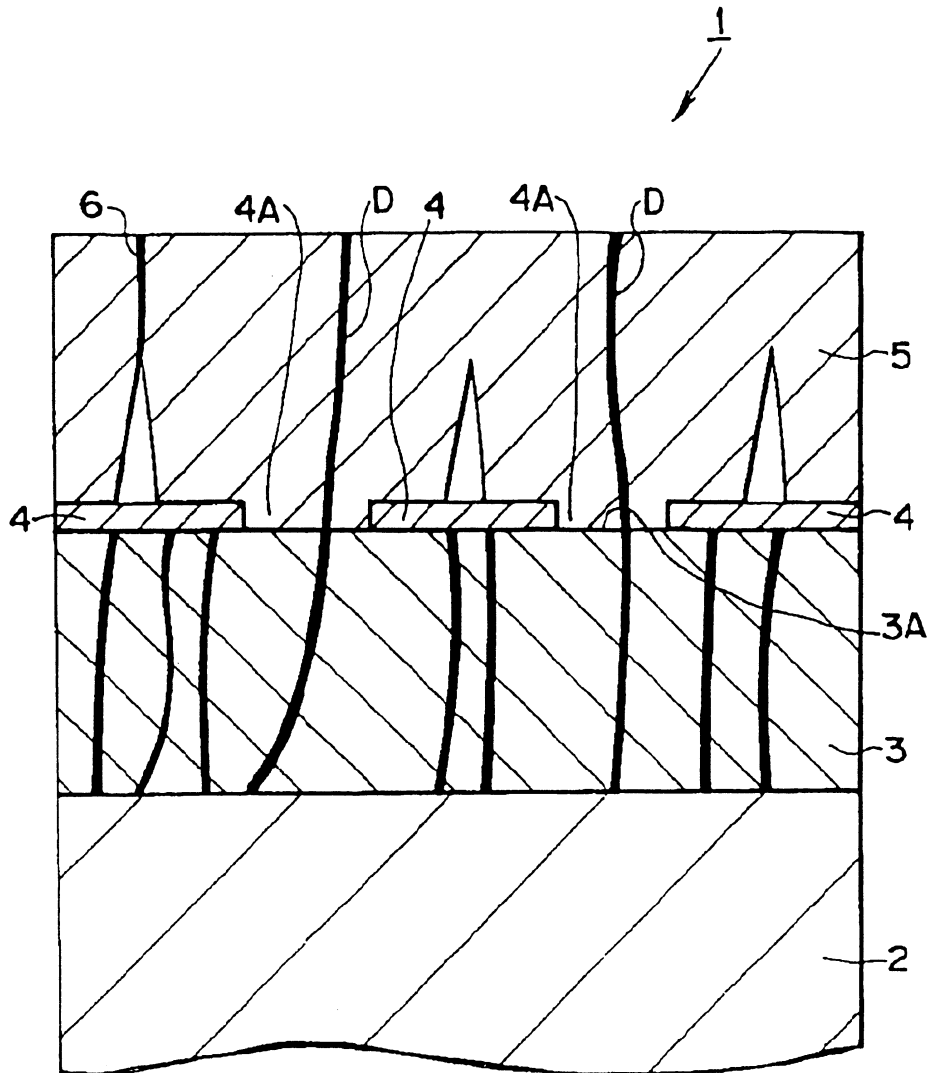
(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

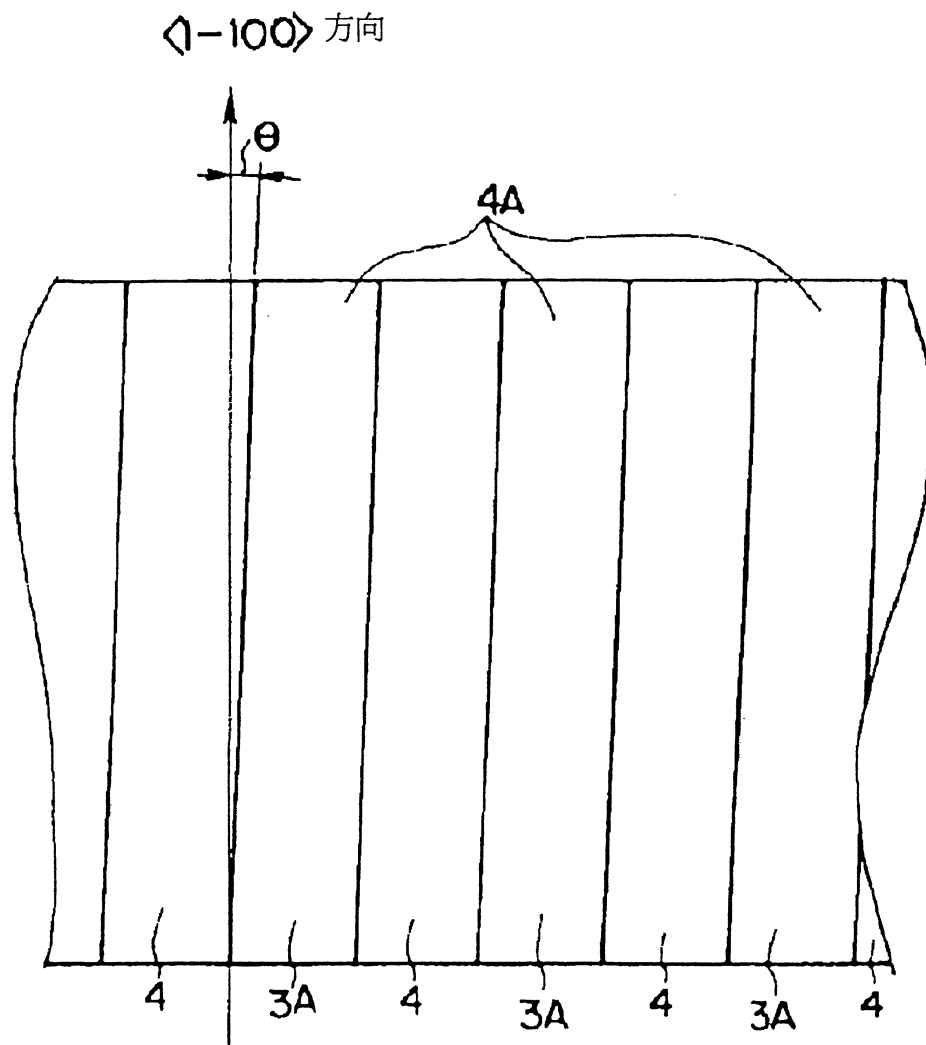
訂

原

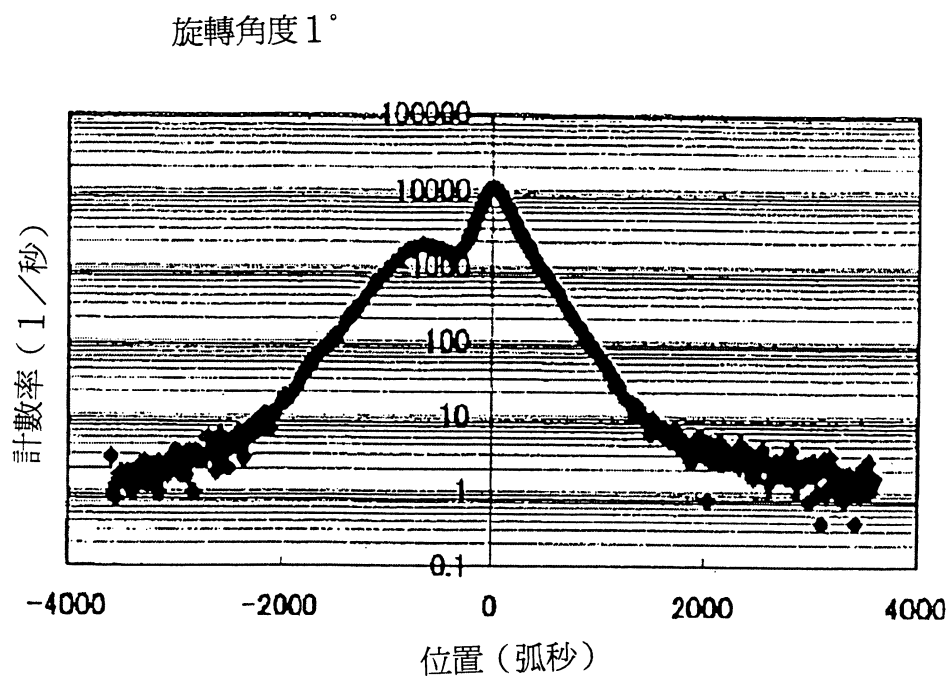
第 1 圖



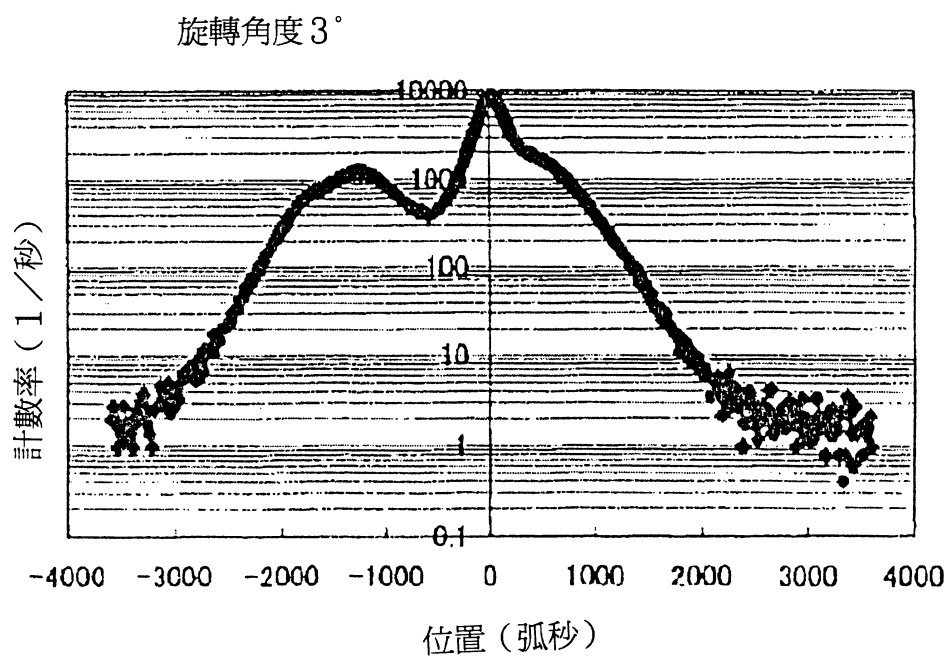
第 2 圖



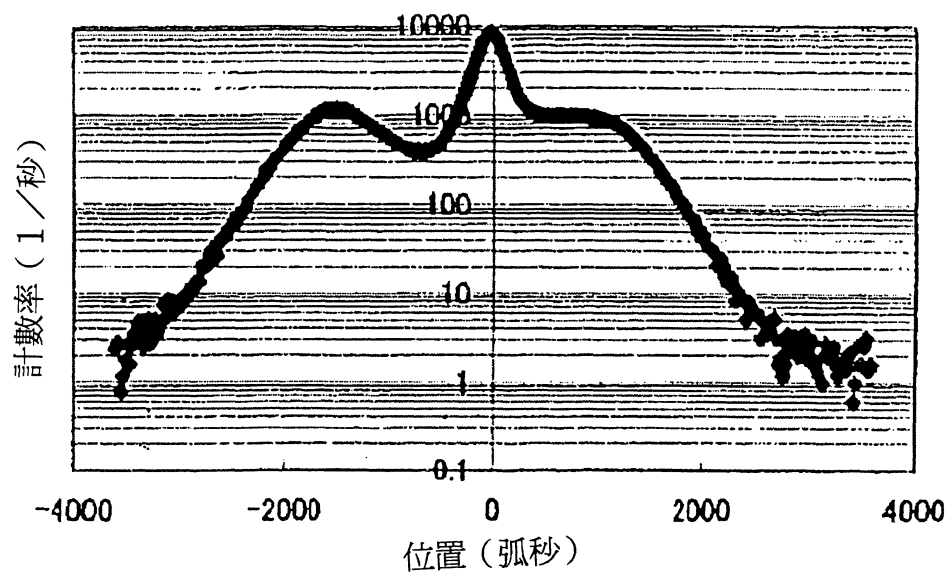
第 3 圖



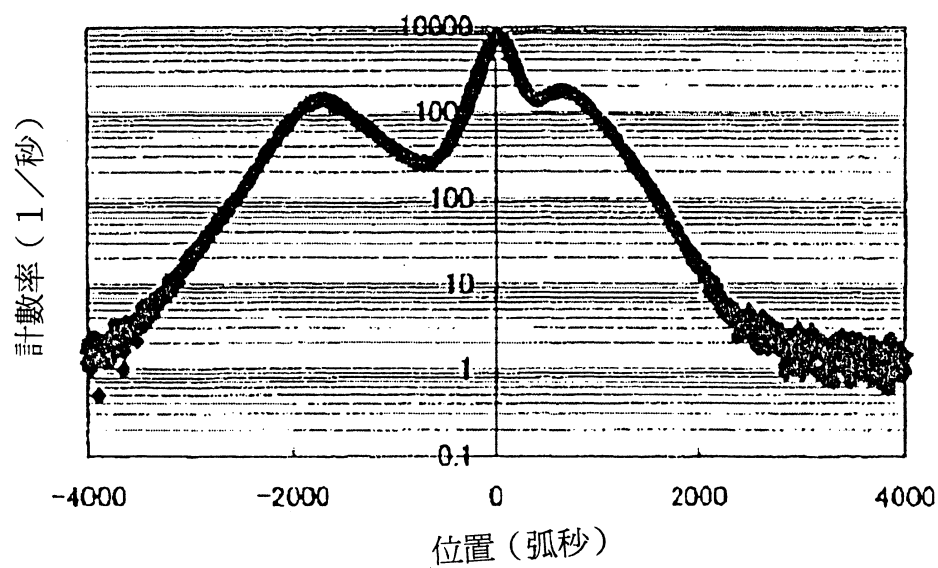
第 4 圖



第 5 圖

旋轉角度 5° 

第 6 圖

旋轉角度 0° 

(一)、本案指定代表圖為：第 1 圖

(二)、本代表圖之元件代表符號簡單說明：

1：3-5 族化合物半導體

2：藍寶石基質

3：第一 3-5 族化合物半導體層

4：遮罩層

5：第二 3-5 族化合物半導體層

6：小角度側斜邊界

D：線位錯

3A：c-平面

4A：視窗部分