

# 發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號： 96138413

※ 申請日期： 96.10.15

※IPC 分類：H01L 21/00, 5/00

一、發明名稱：(中文/英文)

(2006.01)

於半導體基板上形成三族氮化物半導體層的方法/Method for forming Group-III Nitride Semiconductor on the Semiconductor Substrate

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

國立交通大學/National Chiao Tung University

代表人：(中文/英文)

吳重雨/Wu, Chung-Yu

住居所或營業所地址：(中文/英文)

300 新竹市大學路 1001 號/1001 Ta Hsueh Road, Hsinchu, Taiwan 300, ROC

國 籍：(中文/英文) 中華民國/R. O. C.

三、發明人：(共 3 人)

姓 名：(中文/英文)

1. 張俊彥/ Chun-Yen Chang

2. 楊宗熿/ Tsung-Hsi Yang

3. 沈詩國/ Shih-Guo Shen

國 籍：(中文/英文)

1. 中華民國/R. O. C.

2. 中華民國/R. O. C.

3. 中華民國/R. O. C.

#### 四、聲明事項：

主張專利法第二十二條第二項第一款或第二款規定之事實，其實發生日期為： 年 月 日。

申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

主張專利法第三十條生物材料：

須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

### 五、中文發明摘要：

本發明為一種於半導體基板上形成三族氮化物半導體層的方法。首先，提供一半導體基板，其半導體基板上具有一清潔表面；再形成一氮化鎵奈米柱緩衝層；覆蓋成長形成一氮化鎵磊晶層於氮化鎵奈米柱緩衝層上，藉以形成三族氮化物半導體層於半導體基板上。

### 六、英文發明摘要：

GaN layer on semiconductor substrate is grown by using GaN nanorod buffer layer and GaN layer. First, semiconductor substrate is cleaned and degassed to remove the contaminant in the growth chamber. After the above step, the GaN nanorods layer is grown under the N-rich condition. Then, GaN epilayer is overgrown on the GaN nanorods layer under the Ga-rich condition for forming Group-III Nitride semiconductor on the semiconductor substrate.

**七、指定代表圖：**

(一)本案指定代表圖為：第 2 圖

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

201 清潔矽晶片表面

202 形成氮化鎵奈米柱緩衝層

203 形成氮化鎵磊晶層

**八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：**

## 九、發明說明：

### 【發明所屬之技術領域】

本發明為一種於半導體基板上形成氮化物半導體層的方法，特別是一種於矽半導體基板上形成三族氮化物半導體層的方法。

### 【先前技術】

如第 1A 圖所示，在半導體的習知技術上，如於「Characterization of Over grown GaN Layers on Nano-Columns Grown by RF-Molecular Beam Epitaxy, Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 40 (2001) pp. L192L-194」文獻中，其所提出之使用分子束磊晶法 (Molecular Beam Epitaxy Method, MBE Method) 在藍寶石 (Sapphire) 基板上 101 成長氮化鎵奈米柱 (GaN Nanorods) 102 後，以作為氮化鎵覆蓋成長 (Overgrowth) 的緩衝層。而在氮化鎵奈米柱 (GaN Nanorods) 102 之間，具有空氣間隙 105。

再如第 1B 圖所示，接著在富含鎵之條件下，以覆蓋成長方式以形成氮化鎵磊晶層 103 覆蓋於氮化鎵奈米柱 102 上。而如第 1B 圖之 104 所示之缺陷為後續氮化鎵覆蓋成長時產生。這是因覆蓋成長時在奈米柱上側向成長速率慢，奈米柱與奈米柱間尚未形成二維薄膜時，空氣間隙中又有新的氮化鎵薄膜形成，形成晶界，導致氮化鎵磊晶層 103 之缺陷形成及應力無法完全釋放。氮化鎵奈米柱 (GaN

Nanorods)102 之間，其與空氣間隙 105 間的相關位置。

故本技術產生實際上缺點，除了無法與半導體技術之矽製程進行有效整合外，又因藍寶石基板的導熱性較差，影響元件的特性，此外缺少大面積的藍寶石基板因而無法進行大面積成長。且在後續氮化鎵覆蓋成長時，原本具有大空氣間隙的奈米柱不易癒合形成薄膜，新的氮化鎵會於空氣間隙中成長，當與原先的奈米柱連在一起時變成了奈米柱束，產生晶界，此現象無法有效降低缺陷及釋放應力。

故為因應半導體技術之需求，尚需發展三族氮化物半導體相關技術，藉以節省人力與時間等成本，且能有效形成高品質的三族氮化物半導體層。

#### 【發明內容】

本發明可與矽製程有效整合，且因矽的導熱性佳，可提高元件特性，又矽基板可達 12 吋，亦可成為於大面積進行磊晶成長之技術。

本發明為一種於半導體基板上形成三族氮化物半導體層的方法，首先，提供一半導體基板，其半導體基板上具有一清潔表面；再形成一三族氮化物奈米柱緩衝層；最後，覆蓋成長形成一三族氮化物磊晶層於三族氮化物奈米柱緩衝層上，藉以形成高品質的三族氮化物半導體層於半導體基板上。

本發明所形成之奈米柱應力可以完全釋放，且因接近一維成長每根奈米柱幾乎沒有缺陷。

本發明可消除氮化鎵之表面裂痕問題，因可降低氮化鎵在矽基板上長成後，因應力及晶格不匹配，所造成的大

量缺陷密度。

本發明於富含氮(N-rich)的條件下，在矽基板上成長下窄上寬，類似喇叭形狀的奈米柱。

本發明在富含鎵(Ga-rich)的條件下，以覆蓋成長方式長成氮化鎵磊晶層。

故而，關於本發明之優點與精神可以藉由以下發明詳述及所附圖式得到進一步的瞭解。

### 【實施方式】

本發明使用喇叭形狀的氮化鎵奈米柱作為緩衝層，進而成長氮化鎵層於半導體矽基板上，以消除氮化鎵(三族氮化物)半導體在矽基板上所產生的高缺陷密度、應力以及表面裂痕。

如第2圖之201所示，本發明使用晶向為(111)之矽半導體基板作為成長基板，首先利用氫氟酸(HF)去除其表面氧化物，但不浸泡去離子水清洗，使矽半導體基板表面受氟離子覆蓋，在短時間內不會形成氧化物。再藉高溫去除氟離子，以及去除氧化物及污染物，以利進行半導體矽基板之表面重構。

接著如第2圖之202所示，在條件為富含氮成分，溫度約700°C的成長條件下，以分子束磊晶法或有機金屬化學氣相沈積法(Metal-Organic Chemical Vapor Deposition, MOCVD)，長成如喇叭形狀的氮化鎵奈米柱緩衝層，而其高度約540奈米(nm)。而在氮化鎵奈米柱之下半部，氮化鎵奈米柱與空氣間隙的尺寸皆相當均勻，而且分開的很清楚。而當氮化鎵奈米柱的高度大於540nm時，氮化鎵奈米

柱的上半部會進行側向成長，而形成如喇叭形狀。

接著如第 2 圖之 203 所示，在條件為富含鎵成分，溫度約 850°C 的成長條件下，以分子束磊晶法或有機金屬化學氣相沈積法，藉由覆蓋成長方式形成氮化鎵磊晶層 (Epilayer) 於氮化鎵奈米柱緩衝層 202 上，藉以形成氮化鎵半導體層於矽半導體基板上。而此步驟若使用分子束磊晶法，則可在同一成長室 (Chamber) 中完成。

如第 3 圖所示，為使用分子束磊晶法，以覆蓋成長形成氮化鎵層的掃描式電子顯微鏡 (SEM) 之顯微影像。由影像可知在富含鎵成分的成長條件下進行覆蓋成長，則氮化鎵覆蓋層可以很快的形成薄膜。

如第 4 圖所示，為使用有機金屬化學氣相沈積法覆蓋成長氮化鎵的掃描式電子顯微鏡 (SEM) 之顯微影像。由影像可知，在富含鎵成分的成長條件下進行覆蓋成長，所形成的氮化鎵層可完全形成薄膜，且其表面相當平坦。

如第 5 圖所示，為使用分子束磊晶法進行覆蓋成長的氮化鎵 X 光繞射分析圖譜，其中  $2\theta = 34.57$  度。由圖中可看出其應力已完全釋放。如氮化鎵之 c 軸間距為 5.185 埃 (Å)，而使用氮化鎵奈米柱緩衝層之氮化鎵，其 c 軸間距為 5.1848 埃，代表氮化鎵覆蓋層應力完全釋放，單晶品質良好。

如第 6 圖所示，為使用有機金屬化學氣相沈積法進行覆蓋成長的氮化鎵 X 光繞射分析圖譜。氮化鎵 c 軸間距為 5.1921 Å，代表氮化鎵覆蓋層受到壓應力，而尖銳的氮化鎵主峰代表其單晶品質良好。



故綜上所述，本發明為一種於半導體基板上形成三族氮化物半導體層的方法。首先提供一半導體基板，其半導體基板上具有一清潔表面；再形成一三族氮化物奈米柱緩衝層；最後，覆蓋成長形成一三族氮化物磊晶層於三族氮化物奈米柱緩衝層上，藉以形成該三族氮化物半導體層於半導體基板上。

以上所述僅為本發明之較佳實施例而已，並非用以限定本發明之申請專利範圍；凡其它未脫離本發明所揭示之精神下所完成之等效改變或修飾，均應包含在下述之申請專利範圍內。

#### 【圖式簡單說明】

第 1A 圖至第 1B 圖所示為習知技術圖。

第 2 圖所示為本發明之實施流程圖。

第 3 圖所示為本發明使用分子束磊晶法之掃描式電子顯微鏡之顯微影像。

第 4 圖所示為本發明使用有機金屬化學氣相沈積法之掃描式電子顯微鏡之顯微影像。

第 5 圖所示為本發明使用分子束磊晶法之 X 光繞射分析圖譜。

第 6 圖所示為本發明使用有機金屬化學氣相沈積法之 X 光繞射分析圖譜。

#### 【主要元件符號說明】

101 藍寶石基板

102 氮化鎵奈米柱

103 氮化鎵磊晶層

104 缺陷

105 空氣間隙

201 清潔矽基板表面

202 形成氮化鎵緩衝層

203 形成氮化鎵磊晶層

## 十、申請專利範圍：

1. 一種於半導體基板上形成三族氮化物半導體層的方法，至少包含：  
提供一半導體基板，該半導體基板上具有一清潔表面；  
形成一三族氮化物奈米柱緩衝層；  
覆蓋成長形成一三族氮化物磊晶層於該三族氮化物奈米柱緩衝層上，藉以形成該三族氮化物半導體層。
2. 如申請專利範圍第1項所述之於半導體基板上形成三族氮化物半導體層的方法，其中該三族氮化物至少包含氮化鎔。
3. 如申請專利範圍第1項所述之於半導體基板上形成三族氮化物半導體層的方法，其中該半導體基板至少包含矽半導體基板。
4. 如申請專利範圍第1項所述之於半導體基板上形成三族氮化物半導體層的方法，其中該半導體基板之該清潔表面至少包含係以氫氟酸清洗與高溫除去氧化物。
5. 如申請專利範圍第1項所述之於半導體基板上形成三族氮化物半導體層的方法，其中形成該三族氮化物奈米柱緩衝層至少包含分子束磊晶法。
6. 如申請專利範圍第1項所述之於半導體基板上形成三族氮化物半導體層的方法，其中形成該三族氮化物奈米柱緩衝層至少包含有機金屬化學氣相沈積法。
7. 如申請專利範圍第1項所述之於半導體基板上形成三族

氮化物半導體層的方法，其中形成該三族氮化物磊晶層至少包含分子束磊晶法。

8. 如申請專利範圍第 1 項所述之於半導體基板上形成三族氮化物半導體層的方法，其中形成該三族氮化物磊晶層至少包含有機金屬化學氣相沈積法。

9. 一種於半導體基板上形成三族氮化物半導體層的方法，至少包含：

提供一矽半導體基板，該半導體基板上具有一清潔表面，係以一氫氟酸清洗與高溫除去一氧化物；

形成一三族氮化物奈米柱緩衝層；

覆蓋成長形成一三族氮化物磊晶層於該三族氮化物奈米柱緩衝層上，藉以形成該三族氮化物半導體層。

10. 如申請專利範圍第 9 項所述之於半導體基板上形成三族氮化物半導體層的方法，其中該三族氮化物至少包含氮化鎵。

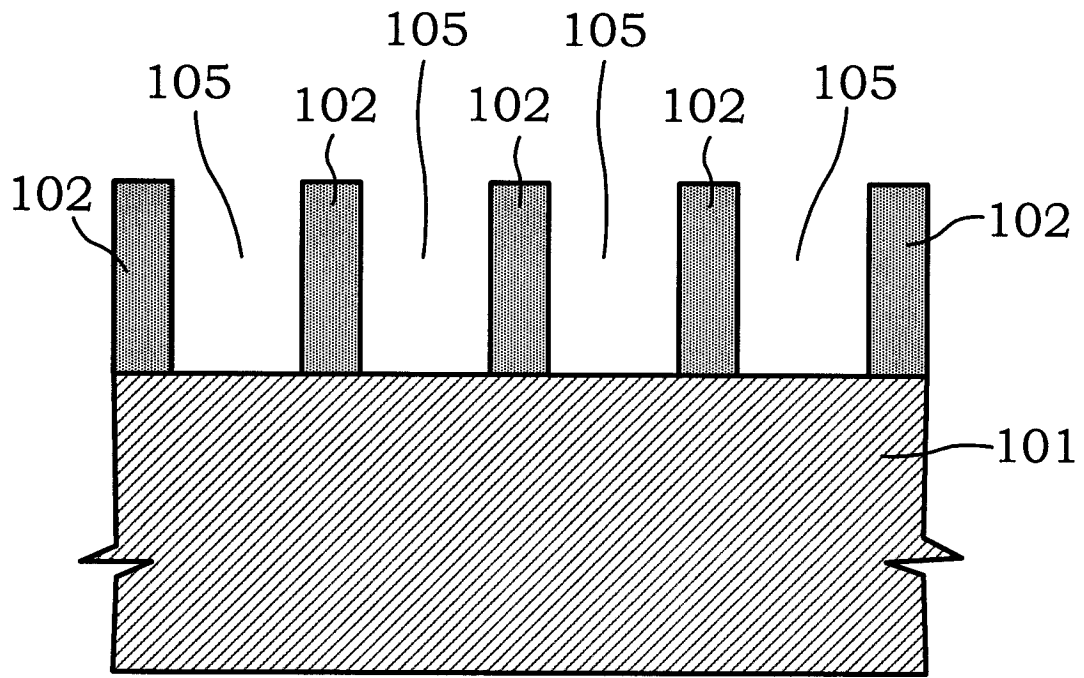
11. 如申請專利範圍第 9 項所述之於半導體基板上形成三族氮化物半導體層的方法，其中形成該三族氮化物奈米柱緩衝層至少包含分子束磊晶法。

12. 如申請專利範圍第 9 項所述之於半導體基板上形成三族氮化物半導體層的方法，其中形成該三族氮化物奈米柱緩衝層至少包含有機金屬化學氣相沈積法。

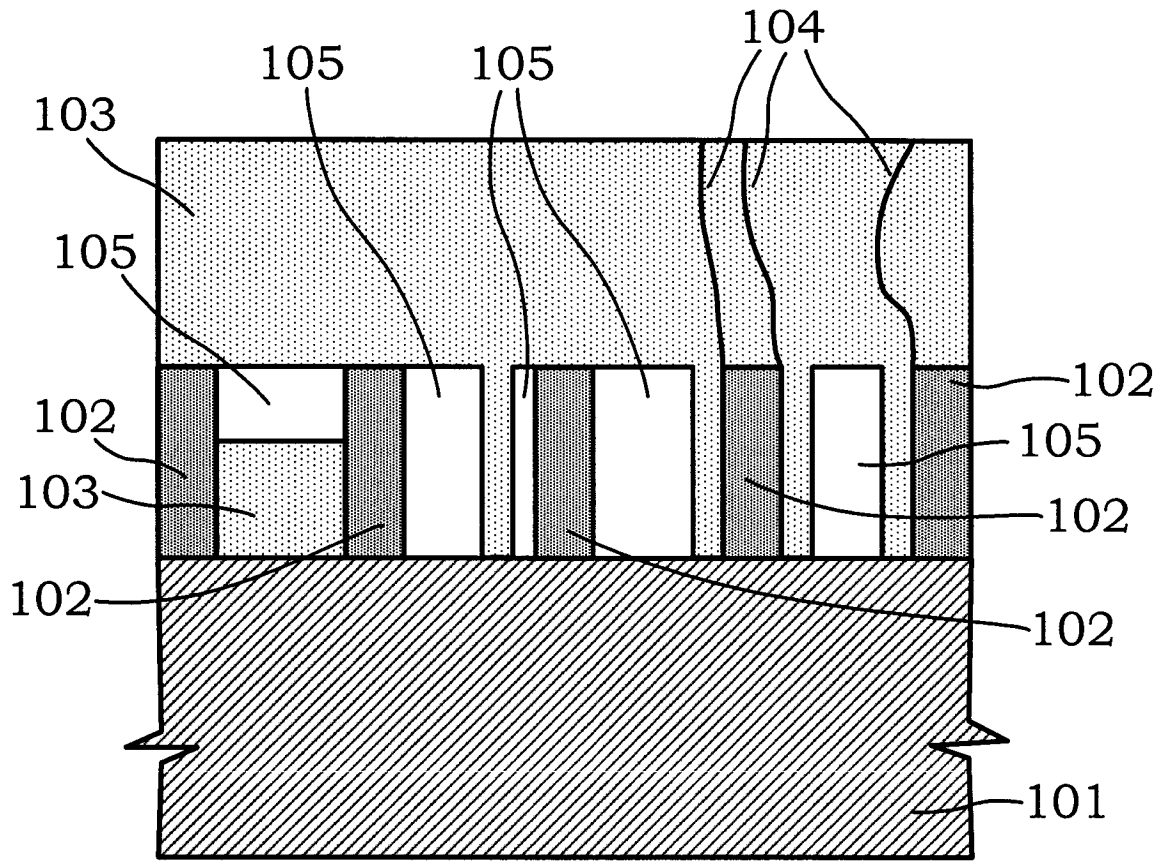
13. 如申請專利範圍第 9 項所述之於半導體基板上形成三族氮化物半導體層的方法，其中形成該三族氮化物磊晶層至少包含分子束磊晶法。

14. 如申請專利範圍第 9 項所述之於半導體基板上形成三族氮化物半導體層的方法，其中形成該三族氮化物磊晶層至少包含有機金屬化學氣相沈積法。

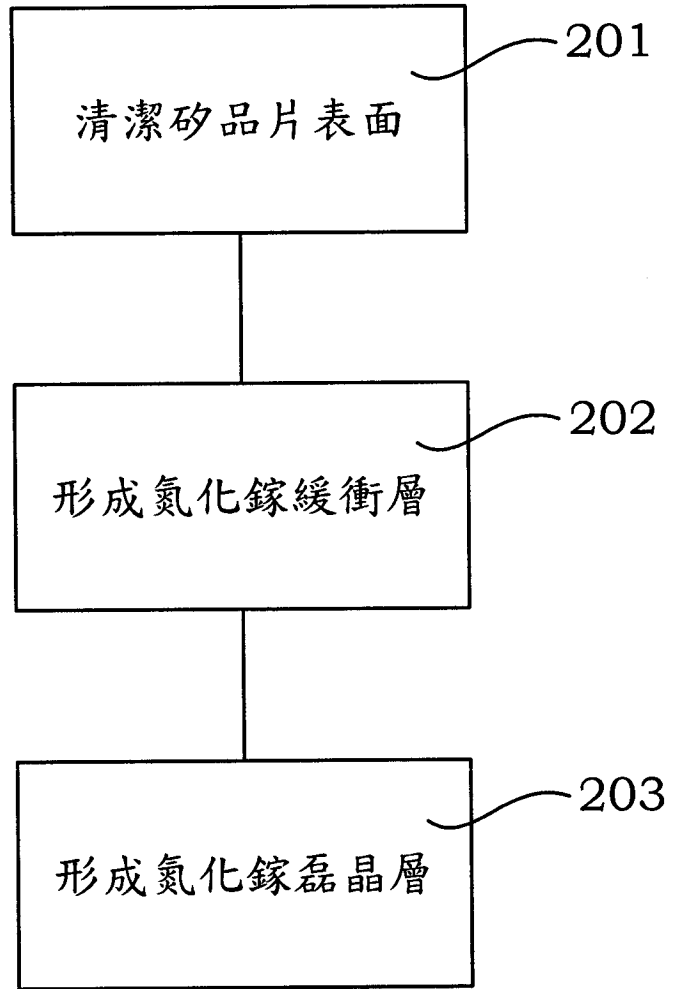
十一、圖式：



第 1A 圖

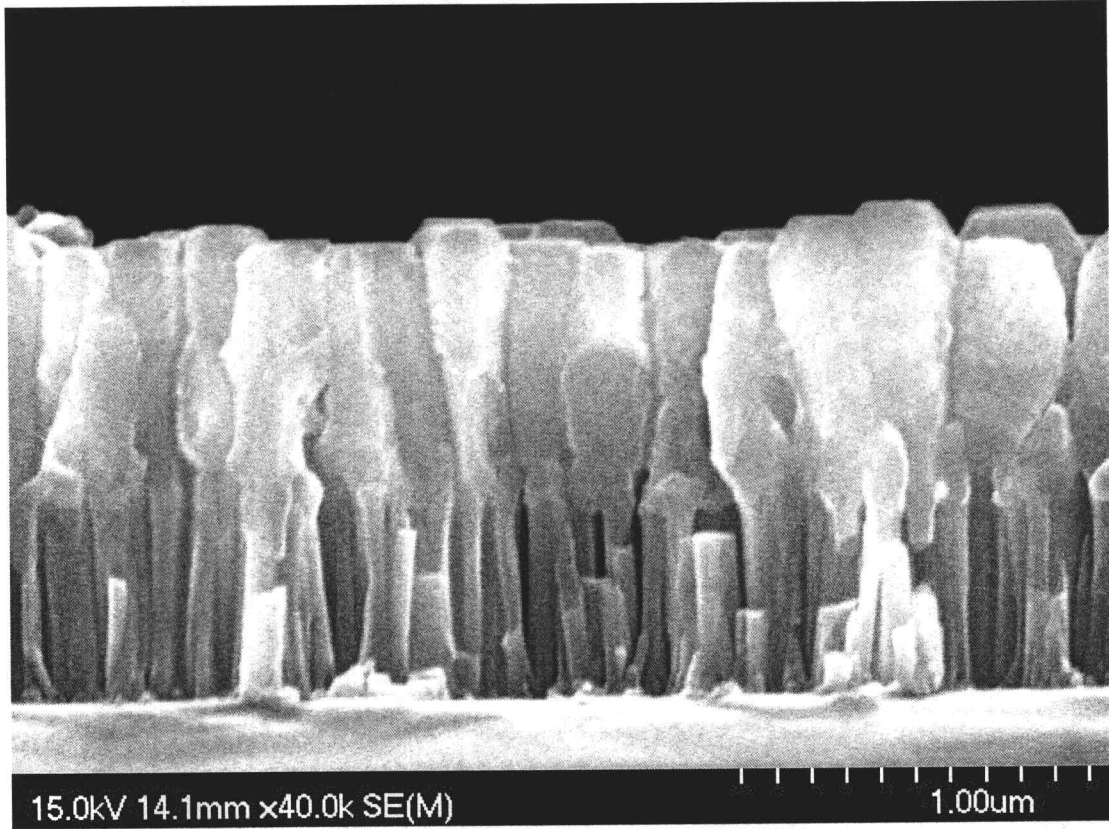


第 1B 圖

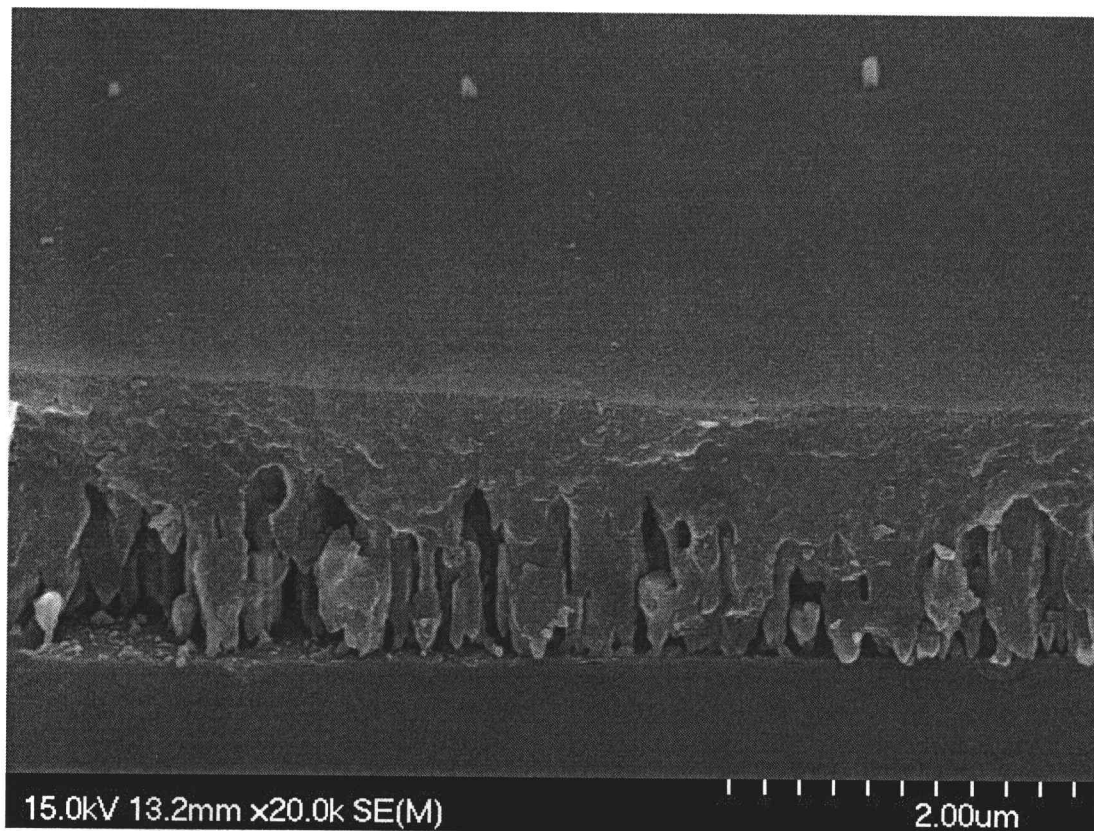


第 2 圖

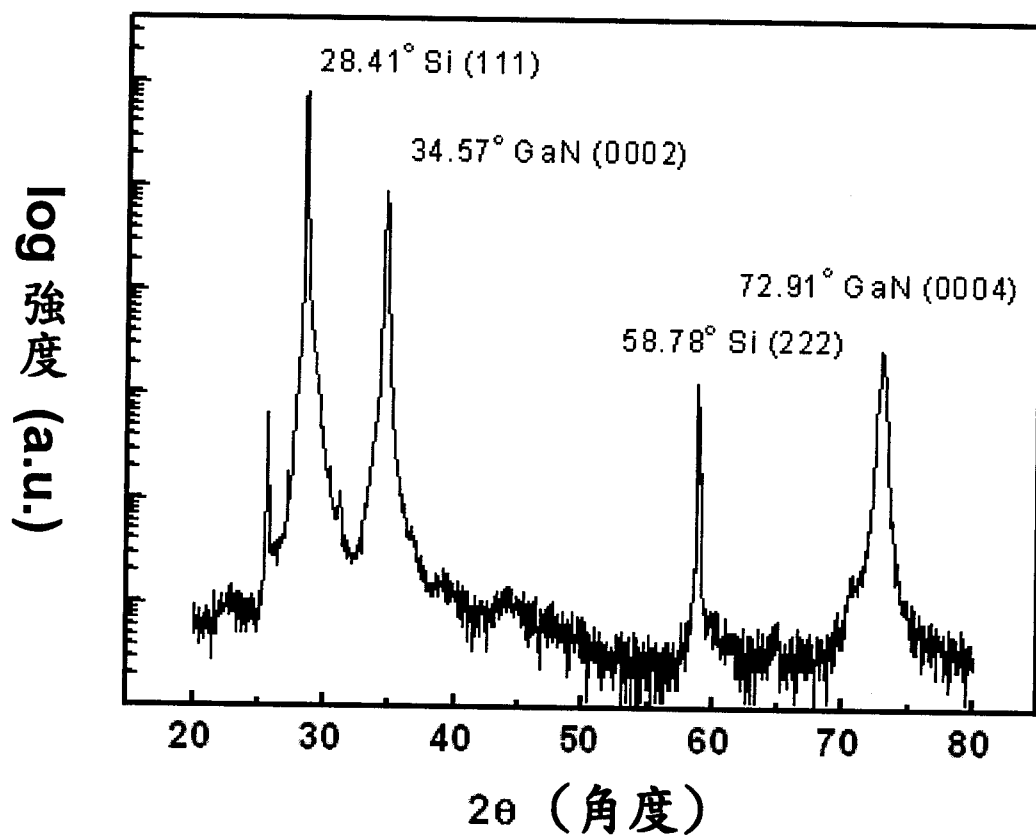




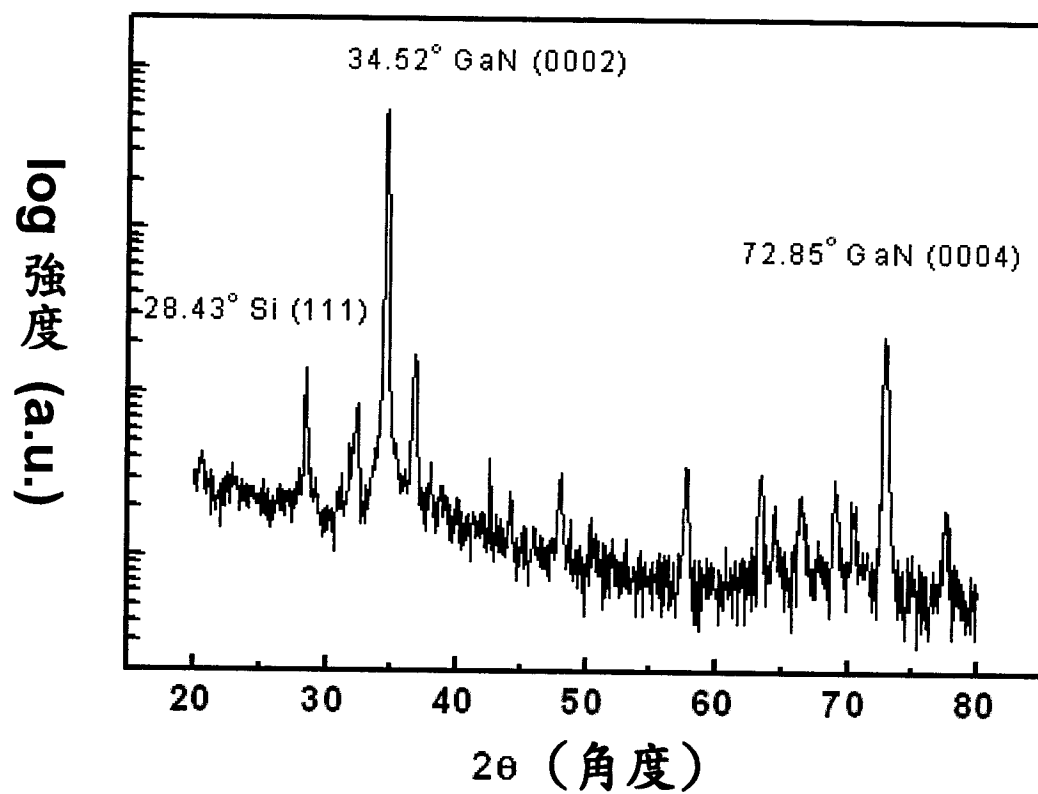
第 3 圖



第 4 圖



第 5 圖



第 6 圖