

**發明專利說明書**

LP599-7

(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：94142756

(2007年11月30日修正)

※申請日期：94.12.5.

※IPC分類：H01S 5/028, 5/83.

**一、發明名稱：**(中文/英文)

Ⅲ族氮化物系布拉格反射鏡之製造方法及布拉格反射鏡

**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)

張俊彥/CHANG, CHUN-YEN

**住居所或營業所地址：**(中文/英文)

新竹市大學路 1001 號

1001 TA-HSUEH RD., HSINCHU, TAIWAN R.O.C.

**國籍：**(中文/英文)

中華民國/R.O.C

**三、發明人：**(共 4 人)**姓名：**(中文/英文)

1.王興宗/WANG, SHING-CHUNG

2.郭浩中/KUO, HAO-CHUNG

3.黃根生/HUANG, GEN-SHENG

4.姚忻宏/YAO, HSIN-HUNG

國 籍：(中文/英文)

1.~4.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，其事實發生日期為：94年7月8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。

國 籍：(中文/英文)

1.~4. 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，其事實發生日期為：94年7月8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：

本發明係提供一種能夠解決先前技藝中所使用之布拉格反射鏡（DBR）之既有問題點；及提供一種既可以消除晶格失配、裂縫問題之製造 VCSELs 布拉格反射鏡（DBR）之方法；以及提供一種兼具高反射、寬抑制頻帶且符合垂直腔面射型雷射（VCSELs）應用需求之布拉格反射鏡。

## 六、英文發明摘要：

**七、指定代表圖：**

- (一)本案指定代表圖為：無。
- (二)本代表圖之元件符號簡單說明：  
無。

**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】

本發明係關於一種製造無晶格失配、裂縫的布拉格反射鏡之方法、以及提供一種兼具高反射、寬抑制頻帶之拉格反射鏡。具體而言，本發明係關於一種製造消除張應力及無裂縫的Ⅲ族氮化合物系布拉格(Bragg)反射鏡之方法，以及提供一種既無晶格失配、裂縫且兼具高反射、寬抑制頻帶之布拉格反射鏡。

### 【先前技術】

近年來，垂直腔面射型雷射(VCSELs)由於可產生如1550奈米、1310奈米、850奈米、670奈米等各種不同雷射波長、並具有優異的光電特性且可由廣泛之材料系統所形成，因而受到世人注目。

在各種不同材料構成的VCSELs之中，具有布拉格反射鏡之垂直腔面射型雷射、微振腔發光二極體(MCLED)及共振腔發光二極體(RCLED)，由於具有許多優異的光電特性而被廣泛地應用於全彩顯示器、光刻、超高密度光學記憶及明亮白色光源等各種用途上。例如，已有許多報告指出Ⅲ族氮化合物系垂直腔面射型雷射(III-N-VCSELs)具有優異的環束型、垂直向發光、二元陣列定向能力；而Ⅲ族氮化合物系共振腔發光二極體(III-N-RCLED)亦已廣泛地應用於塑膠光纖用途上；又GaN/Al(Ga)N，AlN/Ga(Al)N多層體可用於高反射鏡之底側。

一般而言，因為VCSELs之結構複雜及材料需求品質

高，因此通常是藉由利用金屬有機化學氣相生長法（MOCVD 法）或分子束磊晶生長法（MBE 法）或以氫化氣相磊晶生長法（HVPE 法）等實施積層，而成長在絕緣性基板，例如，藍寶石單結晶及各種氧化物結晶、碳化矽單結晶及 III-V 族化合物半導體單結晶等基板上而製得。

典型的 VCSELs 包含半導體 n 型層、p 型層之活性層、分布之布拉格反射鏡（DBR）面、電流限制結構、基板及接點。以往，活性層多半由  $Al_xIn_yGa_{1-x-y}N$  ( $0 \leq x < 1$ 、 $0 \leq y < 1$ 、 $x+y < 1$ ) 所表示的 GaN 系化合物半構成；通常是使用具有特定組成及發光波長之 InGaN、並以能帶隙較高之層夾住 InGaN 的雙異質結構、或使用量子井效應之多重量子井結構。然而，具有多重量子井結構的活性層之 GaN 系化合物半導體發光元件，卻具有驅動電壓太高、不能獲得理想的輸出功率之難題。

爲了解決上述 VCSELs 之問題點，已有許多的解決方案被提出來。例如，在文獻 1 中，已揭示一種在成長反射鏡之前先成長 GaN/GaN 超晶格來釋放張應力獲得無裂縫的 GaN/GaN 反射鏡之技術。雖然 GaN 和 GaN 材料因爲折射率差值較小，所以可藉由直接增多反射鏡的層數來獲得高反射率高反射率和窄的抑制頻帶 (stopband) 的反射鏡；然而，GaN 系列由於大量的位錯缺陷，以致會有難以成長多層的問題，而且也有得不到高品質的反射鏡窘境，例如，以文獻 1 所揭之技術直接成長 30 多層反射鏡是相當困難的。

又，在文獻 2 中揭示一種直接利用分子束磊晶 (MBE) 法

製作 GaN/AlN 材料達到高反射率和寬的抑制頻帶的反射鏡。雖然藉由文獻 2 之方法能有效地將反射鏡的層數減少為 20 至 25 層左右，但是由於所得到的晶體之晶格失配大以致在試片表面有裂縫存在，所以文獻 2 所揭之方法仍會有得不到高品質的反射鏡之問題。

從而，如以上所述，先前技藝中所使用之布拉格反射鏡尚不能符合兼具高反射、寬抑制頻帶的需求。所以，就垂直腔面射型雷射應用而言，亟待開發出一種既可以消除晶格失配、裂縫的問題，又可以製造兼具高反射、寬抑制頻帶之 VCSELs 布拉格反射鏡之方法。

【文獻 1】 N. Nakada, H. Ishikawa, T. Egawa, T. Jimbo, "Suppression of Crack Generation in GaN/AlGaN Distributed Bragg Reflector on Sapphire by the Insertion of GaN/AlGaN Superlattice Grown by Metal-Organic Chemical Vapor Deposition" Jpn. J. Appl. Phys. Pt.2 42(2003) L144.

【文獻 2】 H. M. Ng, T. D. Moustakas, S. N. G. Chu, "High reflectivity and broad bandwidth AlN/GaN distributed Bragg reflectors grown by molecular-beam epitaxy" Appl. Phys. Lett. 76 (2000) 2818.

#### 【發明內容】

本發明即有鑑於上述布拉格反射鏡之問題點，乃以提供一種製造無晶格失配、裂縫的布拉格反射鏡之方法、以及提供一種兼具高反射、寬抑制頻帶之布拉格反射鏡做為課題。

本發明人等乃刻意地就垂直腔面射型雷射布拉格反射鏡重複地進行研究，結果發現使用以下之構成可以解決上述



之課題，至此乃完成本發明。

也就是說，本發明係關於：

- [1] 一種Ⅲ族氮化物系布拉格反射鏡之製造方法，包括
  - (1) 在基板上成長緩衝層之步驟；
  - (2) 在緩衝層上成長 GaN 層之步驟；
  - (3) 在 GaN 層上成長 1 對或以上之由 GaN 和 AlN 構成的反射膜之步驟；
  - (4) 在反射層上成長由 1 對或以上之超晶格層，其中每對超晶格層係包括由 1 週期或以上的 AlN 和 GaN 構成之一組超晶格、以及一 GaN 層。
- [2] 如 [1] 項之Ⅲ族氮化物系布拉格反射鏡之製造方法，其中之基板係為自藍寶石 (Sapphire)、碳化矽 (SiC)、氧化鋅 (ZnO)、矽基板及其組合中所選出之至少一種。
- [3] 如 [1] 項之Ⅲ族氮化物系布拉格反射鏡之製造方法，其係在是 100~1000°C 之第一條件下成長緩衝層。
- [4] 如 [1] 項之Ⅲ族氮化物系布拉格反射鏡之製造方法，其係在壓力為 50~500 torr、旋轉速度為每分鐘 900 轉之第二條件下成長 GaN 層。
- [5] 如 [1] 項之Ⅲ族氮化物系布拉格反射鏡之製造方法，其係載氣氮氣體流量 (N<sub>2</sub>) 為 10~6000 sccm，氫氣體流量 (H<sub>2</sub>) 為 0~200 sccm、壓力為 1~300 torr、溫度為 700~1500°C 之條件下成長反射膜。
- [6] 如 [1] 項之Ⅲ族氮化物系布拉格反射鏡之製造方法，其係在 NH<sub>3</sub> 流量為 100~1500sccm，TMGa 流量為 1

~ 20sccm(和 TMAI 流量為 10~200sccm 之條件下成長超晶格。

- [7] 如〔1〕項之Ⅲ族氮化物系布拉格反射鏡之製造方法，其係利用金屬有機化學氣相磊晶、氮化物氣相磊晶或分子束磊晶或熱壁磊晶成長 GaN 層。
- [8] 如〔1〕項之Ⅲ族氮化物系布拉格反射鏡之製造方法，其中之緩衝層厚度為 1~100nm 之範圍。
- [9] 如〔1〕項之Ⅲ族氮化物系布拉格反射鏡之製造方法，其中 GaN 層之厚度為 10nm~100 $\mu$ m 之範圍。
- [10] 如〔1〕項之Ⅲ族氮化物系布拉格反射鏡之製造方法，其中反射膜每一層之光學厚度皆為  $1/4(1\pm 20\%)$  波長，而一對 AlN/GaN 兩層的厚度總和為  $1/2$  波長。
- [11] 一種布拉格反射鏡，其係以如〔1〕至〔10〕項中任一項之製造方法，依序於基板上成長緩衝層、GaN 層、1 對或以上之由 GaN 和 AlN 構成的反射膜、以及 1 對或以上之超晶格層而得；其中每對超晶格層係包括由 1 週期或以上的 AlN 和 GaN 構成一組超晶格、以及一 GaN 層。
- [12] 如第〔11〕項之布拉格反射鏡，其係包括至少 5 對或以上之超晶格層。
- [13] 如〔11〕之布拉格反射鏡，其中之超晶格之兩邊均為薄的 AlN。
- [14] 如〔11〕項之布拉格反射鏡，其係包括 5 對或以上之由 GaN 和 AlN 構成的反射膜。

以下，參照附圖及具體實施例進一步地例示並詳細地說明本發明。然而，本文中所列的圖示及具體實施例為本發明及其實際應用之最佳例示，係用於協助熟習本項技藝者了解發明技術思想並實施，而非意欲限制本發明之範圍。又，熟習本項技藝者亦當明瞭關於本發明之其他改變及改良均不脫離本發明之精神及範圍，亦均涵蓋於本發明及申請專利範圍中。

#### 【實施方式】

第 1 圖係為顯示本發明之 III 族氮化物系布拉格反射鏡之製造方法的示意圖。如第 1 圖所示，本發明之布拉格反射鏡，其係至少包括基板、緩衝層、GaN 層、1 對或以上之反射膜、以及 1 週期或以上之超晶格層。具體而言，本發明之布拉格反射鏡，係利用金屬有機化學氣相磊晶、氮化物氣相磊晶、分子束磊晶或熱壁磊晶，依序於基板上成長緩衝層、GaN 層、1 對或以上之由 GaN 和 AlN 構成的反射膜、以及 1 對或以上之超晶格層而得。

又，依照本發明之製造 III 族氮化物系布拉格反射鏡之方法，其係包括在基板上成長反射鏡之步驟；在藍寶石基板上成長 GaN 緩衝層；然後在 GaN 緩衝層上成長 2-3 $\mu\text{m}$  的 GaN 層；然後在 GaN 層上成長 1 對或以上之由 GaN 和 AlN 構成的反射膜，層數以不出現裂縫為限；然後在反射層上成長由 1 對或以上之超晶格層，其中每對超晶格層係包括由 1 週期或以上的 GaAlN(AlN) 和 GaN 構成且兩邊均為薄的

GaN(AlN)之一組超晶格、以及一 GaN 層已構成一對反射層；一方面，一組超晶格的厚度是  $1/4$  的反射波長光學厚度；另一方面，這一組超晶格又是一應力釋放層，當然也可以插入多對這樣超晶格層。然後成長 1 對或以上之由 GaN 和 AlN 構成的反射膜。並可重複這一結構多次滿足反射率的要求。

又，依照本發明本發明之製造 III 族氮化物系布拉格反射鏡之方法，其所製造的 III 族氮化物系布拉格反射鏡，在不影響本發明效果的範圍內，其中的 GaN 層，亦可使用各種的由 III 族氮化物所構成的層來代替；舉例來說，該 III 族氮化物層的構成材料，例如可以是選自於 AlN、AlGa<sub>N</sub>、GaN 及其組合所構成之群類中的任一種。

可使用於本發明製造方法中做為之布拉格反射鏡之基板，其係可以從習用技術中任意地選擇使用，並沒有特別地限定。舉例來說，例如其可以是從藍寶石、碳化矽(SiC)、氧化鋅(ZnO)、矽基板及其組合中所選出之至少一種，較宜是藍寶石。

又，依照本發明之布拉格反射鏡之製造方法，其中緩衝層之材料並沒有特別地限定，只要可以達成本發明效果者均可以使用，舉例來說，例如其可以是 AlN。又，適用於本發明之方法的緩衝層之成長條件通常是  $100\sim 1000^{\circ}\text{C}$  之範圍；較宜是  $500^{\circ}\text{C}$ 。又，緩衝層厚度亦並沒有特別地限定，只要不損害本發明之效果即可，然而通常是在  $1\sim 100\text{nm}$  之範圍；較宜是  $5\sim 80\text{nm}$ ；更宜是  $15\sim 50\text{nm}$ 。GaN 層的厚度通常在  $1\sim 3\mu\text{m}$  之範圍，也可以用 AlGa<sub>N</sub> 層替代 GaN 層。

其次，依照本發明之布拉格反射鏡之製造方法，係可以從習用技術之成長 GaN 條件中任意地選取來成長 GaN 層，並沒有特別地限定。舉例來說，例如可以利用金屬有機化學氣相磊晶、氫化物氣相磊晶、分子束磊晶、熱壁磊晶成長 GaN 層。又，成長條件，一般而論，通常是在壓力為 50~500 torr、旋轉速度為每分鐘 1000 轉以下成長 GaN 層，較宜是壓力為 1~300 torr、旋轉速度約為每分鐘 900 轉左右成長 GaN 層。又，GaN 層之成長條件通常是 100~1200°C。GaN 層之厚度亦沒有特別地限定，只要不損害本發明之效果即可，然而通常是為 0.5 $\mu$ m~10 $\mu$ m 之範圍，較宜是 GaN 層之厚度是 3 $\mu$ m。

依照本發明之布拉格反射鏡 (DBR) 之製造方法，係可以從習用技術之成長 GaN 條件中任意地選取來成長 GaN 層，並沒有特別地限定。舉例來說，例如可以利用金屬有機化學氣相磊晶、氫化物氣相磊晶、分子束磊晶、熱壁磊晶成長反射膜。又，成長條件，一般而論，通常是載氣氮氣體流量 (N<sub>2</sub>) 為 10~6000 sccm，氫氣體流量 (H<sub>2</sub>) 為 0~200 sccm、壓力為 1~300 torr、溫度為 700~1500°C 之條件下成長反射膜；較宜是載氣氮氣體流量 (N<sub>2</sub>) 為 50~5500 sccm，氫氣體流量 (H<sub>2</sub>) 為 10~150 sccm、壓力為 10~250 torr、溫度為 800~1300°C；更宜是載氣氮氣體流量 (N<sub>2</sub>) 為 100~5000 sccm，氫氣體流量 (H<sub>2</sub>) 為 30~120 sccm、壓力為 50~220 torr、溫度為 900~1100°C。又，反射膜之厚度亦沒有特別地限定，只要不損害本發明之效果即可，然而 GaN 和 AlN 光學厚度通常是每一層皆為  $1/4(1\pm 20\%)$  波長 (( $\pm 20\%$  係表示兩

層的厚度可以允許增加或減少 0~20%的變化)。又，一對 AlN/GaN 兩層的厚度總和為 1/2 波長；較宜是 GaN 比正常 1/4 波長有 +5% 而 AlN 有 -5% 的厚度偏差有利減少裂縫。

依照本發明之製造方法，可以製得一種無裂縫布拉格反射鏡。

### 【實施例】

以下，例示本發明之實施例，但是本發明不僅限定於此等實施例而已。

(實施例 1) 具有 AlN/GaN 插入層之布拉格反射鏡之製作參照第 1 圖所示之本發明之方法，依照下述操作條件，利用有機金屬氣相磊晶法成長製作具有 AlN/GaN 插入層之布拉格反射鏡試樣。

首先，將藍寶石基板置入 MOCVD 機台，在高溫 (1100°C) 氫氣氣氛下去除基板表面的雜質歷 5 分鐘後，降溫到 500 °C 成長 30nm 的緩衝層。其次，以 300 torr 之壓力和每分鐘 900 轉之底座旋轉速度，於緩衝層上成長 3 $\mu$ m 的 GaN 層。

接著，在氮氫氣下成長由 GaN 和 AlN 構成的反射膜。載氣氣體流量 (N<sub>2</sub>/ H<sub>2</sub> = 4200/100 sccm)、成長壓力為 100 torr、成長溫度為 1100°C。並根據利用 filmetrics 量測得到的成長速率來控制成長時間，藉以確保每一層光學厚度均為 1/4 波長，較宜是 GaN 比正常 1/4 波長的光學厚度有 +5% 而 AlN 有 -5% 的偏差有利減少裂縫。

		壓力 (Torr)	氮氣流量(sccm)	TMGa 流量(sccm)	TMAI 流量(sccm)
GaN	1100	100	900	12	
AlN	1100	100	900		80

成長反射鏡的條件如上表所示，氮氣的流量可以在 0-7000sccm，TMGa 流量為 12sccm(源溫度為  $-5^{\circ}\text{C}$ )和 TMAI 流量為 80sccm(源溫度為  $10^{\circ}\text{C}$ )。不同的源溫度流量有所改變。總計成長 5 對 AlN 和 GaN 的反射膜，再成長一對超晶格層。成長超晶格的條件與反射鏡一樣。每一對超晶格層是由一組超晶格和一層 GaN 構成。成長條件和上表所列相同，每一組超晶格是由 5.5 週期的 AlN 和 GaN 構成即多一層 AlN，保證每一超晶格從 AlN 開始和結束，使得邊界是由 AlN 向 GaN 過渡，每一層的厚度通過成長時間控制在 3-5nm。

接著，對所得到的具有 AlN/GaN 插入層之布拉格反射鏡 (DBR) 試樣，利用光學顯微鏡、AFM 觀察試片的表面確定無裂縫。TEM 觀察試片的橫斷面觀察實際的有插入層之布拉格反射鏡之結構。並進行用 n&k 紫外和可見光光譜儀測試反射率特性。

由第 2(b)圖的光學顯微放大 50X 之照片可知：本發明之具有 AlN/GaN 插入層之布拉格反射鏡 (DBR) 試樣的表面不具有裂縫，係為一平滑表面。另由第 4(a)，(b)圖之 TEM 成像照片顯示整個反射鏡結構機其中一組超晶格結構，第 5 實

線之反射光譜圖，顯示出本發明之具有 AlN/GaN 插入層之布拉格反射鏡 (DBR) 試樣反射光學特性佳。例如，參照第 5 虛線可知本發明之不具有 AlN/GaN 插入層之布拉格反射鏡 (DBR)，具有 AlN/GaN 插入層之布拉格反射鏡 (DBR) 試樣在中心波長為 399 奈米下顯示出高達 97% 之峰值反射率，且抑制頻帶寬度可達 14nm。而無 AlN/GaN 插入層之布拉格反射鏡反射率只有 92%，主要由於裂縫會減少反射率。

#### 【比較例 1】

在實施例 1 中除了不進行成長 AlN/GaN 插入層以外，均以和實施例之方法同樣地操作，並進行和實施例 1 同樣的測試。結果得到如第 2(a) 圖、第 5 虛線所示之不具有 AlN/GaN 插入層之布拉格反射鏡 (DBR) 試樣的光學特性。

由第 2(a) 圖的光學顯微放大 50X 之照片可知：不具有 AlN/GaN 插入層之布拉格反射鏡 (DBR) 試樣的表面成係具有許多微細的裂縫。

由以上之實施例和比較例之比較結果，可知道在相同的成長條件下，實施例 (本發明) 之具有插入超晶格層表面是沒有裂縫，而比較例之不具備插入超晶格層的反射鏡係具有裂縫。

另外，藉由超晶格層之插入可以改善表面反射率，例如，本發明之具有插入超晶格層的反射鏡的最高反射率為 97%，其係遠高於比較例之沒有插入的超晶格的反射鏡的反射率 (最高僅為 92%)。

#### 【產業利用性】



依照本發明，藉由有機金屬化學氣相磊晶成長而具有 AlGaN/AlN、GaAlN/GaN、AlN/GaN 插入層的超晶格到 AlN/GaN 反射鏡，可以消除內部張應力而使得反射鏡表面無裂縫化、將表面粗糙度減低為 2.5nm，並使中心波長在 399nm 之峰值反射率提昇從 92% 為 97%。

從而，由以上之例示與說明，可知依照本發明之方法能夠解決先前技藝中所使用之布拉格反射鏡之既有問題點；進而提供一種既可以消除晶格失配、裂縫問題之製造 VCSELs 布拉格反射鏡之方法，並提供一種兼具高反射、寬抑制頻帶、且符合垂直腔面射型雷射應用需求之布拉格反射鏡。

#### 【圖式簡單說明】

第 1 圖係為顯示本發明之布拉格反射鏡之製造方法的示意圖。

第 2(a)圖係為不具有 AlN/GaN 插入層之布拉格反射鏡試樣的表面成像的光學顯微放大 50X 之照片。第 2(b)圖係為具有 AlN/GaN 插入層之布拉格反射鏡試樣的表面成像的光學顯微放大 50X 之照片。

第 3 圖為具有 AlN/GaN 插入層之布拉格反射鏡試樣的 AFM 照片，從線的輪廓來看沒有裂縫，只有 AlN 表面的粗糙度結果的顯示。

第 4(a)圖為具有 AlN/GaN 插入層之布拉格反射鏡試樣的 TEM 成像照片，4(b)圖是其中一組超晶格的結構的放大顯示。

第 5 圖實線為具有 AlN/GaN 插入層之布拉格反射鏡試

樣的反射光譜圖。第 5 圖虛線為不具有 AlN/GaN 插入層之布拉格反射鏡試樣的光譜圖。

第 94142756 號「Ⅲ族氮化物系布拉格反射鏡之製造方法及布拉格反射鏡」專利申請案

(2007 年 11 月 30 日修正)

## 十、申請專利範圍：

1. 一種Ⅲ族氮化物系布拉格反射鏡之製造方法，包括

- (1) 在基板上，於 100~1000℃之條件下，成長緩衝層之步驟；
- (2) 在緩衝層上，在壓力為 100 torr、旋轉速度為每分鐘 900 轉之條件下，成長 GaN 層之步驟；
- (3) 在 GaN 層上，於載氣氮氣體流量(N<sub>2</sub>)為 10~6000 sccm、氫氣體流量(H<sub>2</sub>)為 0~200 sccm、壓力為 1~300 torr、溫度為 700~1500℃之條件下，成長 1 對或以上之由 GaN 和 AlN 構成的反射膜之步驟；
- (4) 在反射層上，於 NH<sub>3</sub> 流量為 100~1500sccm，TMGa 流量為 1~20sccm 和 TMAI 流量為 10~200sccm 之條件下，成長由 1 對或以上之超晶格層，其中每對超晶格層係包括由 1 週期或以上的 AlN 和 GaN 構成之一組超晶格、以及一 GaN 層；一組超晶格滿足 1/4 波長的光學厚度。

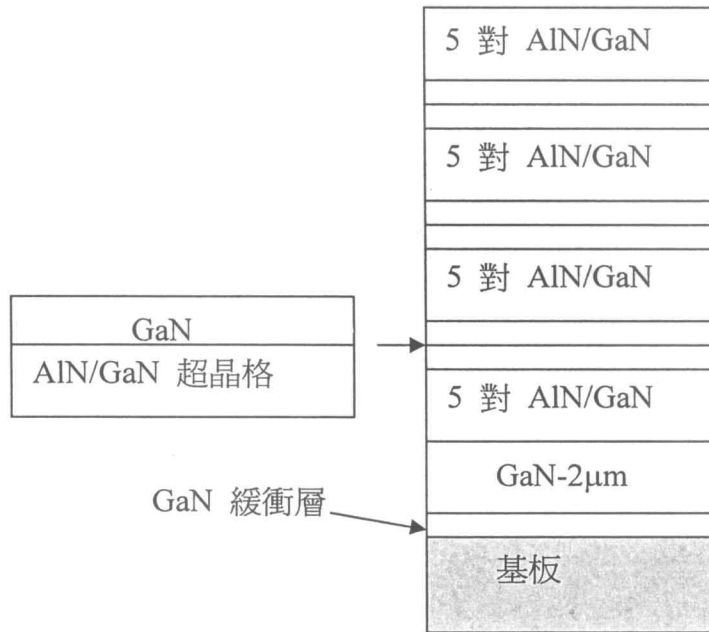
2. 如申請專利範圍第 1 項之Ⅲ族氮化物系布拉格反射鏡之製造方法，其中之基板係為自藍寶石、碳化矽(SiC)、氧化鋅(ZnO)、矽基板及其組合中所選出之至少一種。

3. 如申請專利範圍第 1 項之Ⅲ族氮化物系布拉格反射鏡之製造方法，其係利用金屬有機化學氣相磊晶、氮化物氣相磊晶

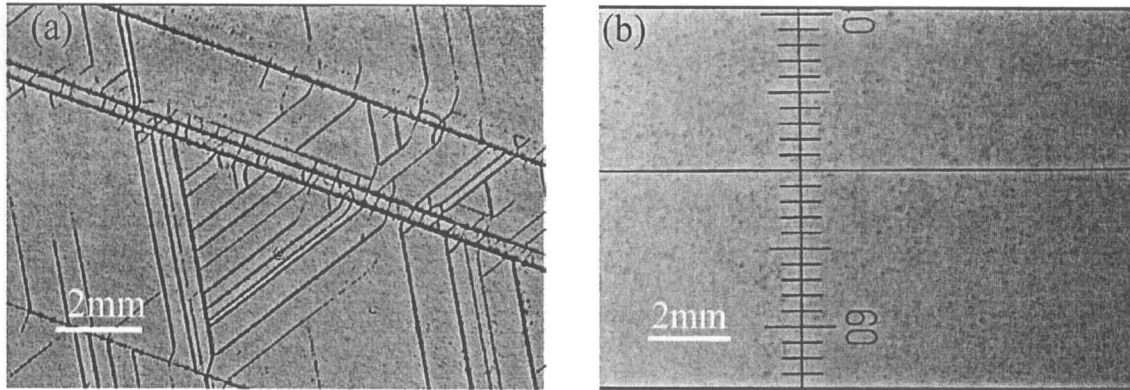
或分子束磊晶或熱壁磊晶以成長 GaN 層。

- 4.如申請專利範圍第 1 項之Ⅲ族氮化物系布拉格反射鏡之製造方法，其中之緩衝層厚度為 1~100nm 之範圍。
- 5.如申請專利範圍第 1 項之Ⅲ族氮化物系布拉格反射鏡之製造方法，其中 GaN 層之厚度為 10nm~100 $\mu$ m 之範圍。
- 6.如申請專利範圍第 1 項之Ⅲ族氮化物系布拉格反射鏡之製造方法，其中反射膜每一層之光學厚度皆為  $1/4(1\pm 20\%)$  波長，而一對 AlN/GaN 兩層的厚度總和為  $1/2$  波長。
- 7.一種布拉格反射鏡，其係以如申請專利範圍第 1 至 6 項中任一項之製造方法，依序於基板上成長緩衝層、GaN 層、2 對或以上之由 GaN 和 AlN 構成的反射膜、以及 1 對或以上之超晶格層而得；其中每對超晶格層係包括由 1 週期或以上的 AlN 和 GaN 構成一組超晶格、以及一 GaN 層為插入層，一組超晶格的厚度大約為  $1/4$  波長；且超晶格之兩邊均為薄的 AlN。

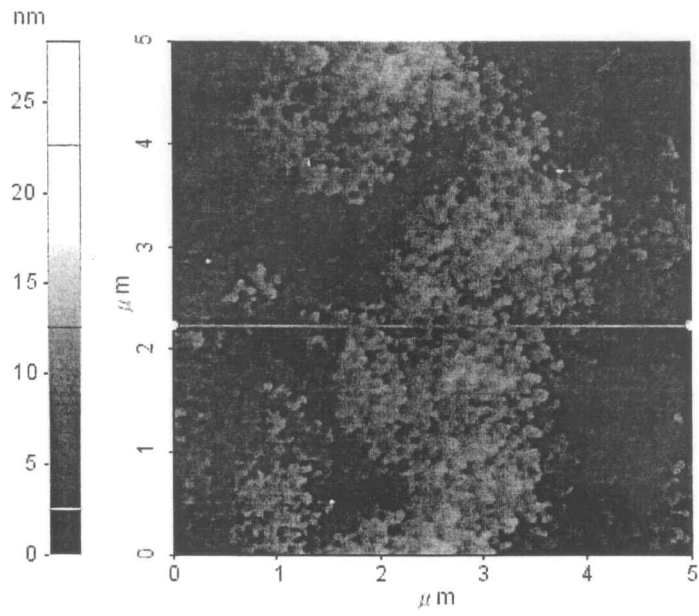
十一、圖式：



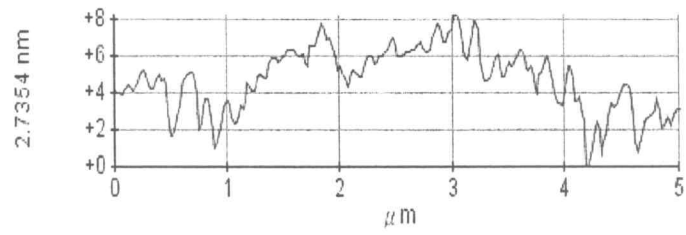
第 1 圖



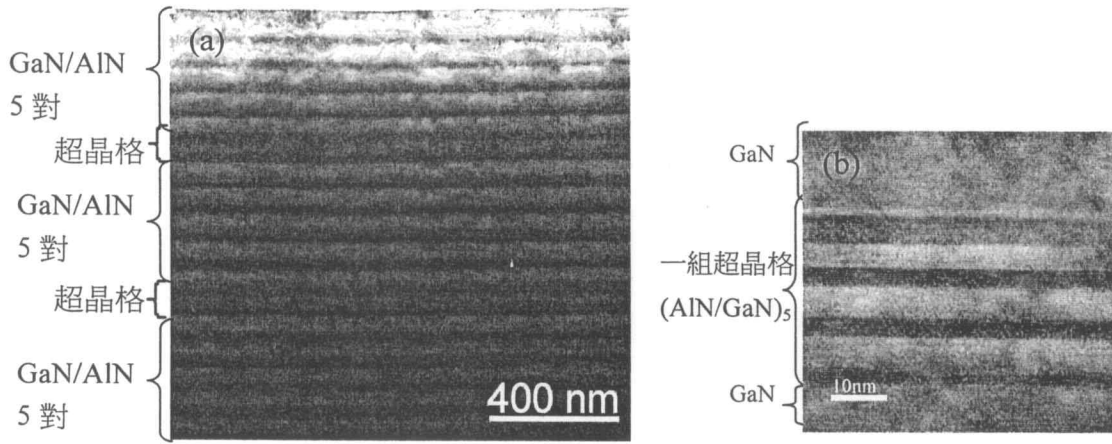
第 2 圖



Line Profile: Red

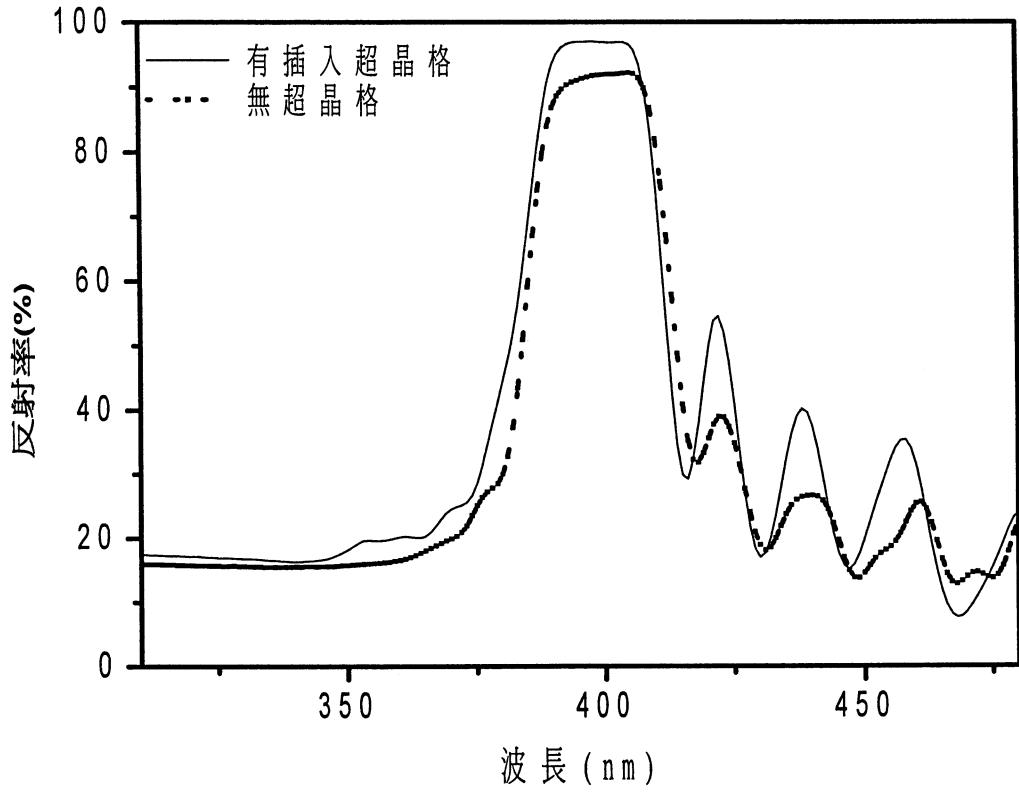


第 3 圖



第 4 圖





第 5 圖