

公告本

申請日期	10.3.28
案 號	10107356
類 別	101L 33/00

A4
C4

518767

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書

一、發明 名稱	中 文	III 族氮化物系化合物半導體之製造方法及 III 族氮化物系化合物半導體元件
	英 文	
二、發明 人	姓 名	(1)小池 正好 (2)手錢 雄太 (3)平松 敏夫 (4)永井 誠二
	國 籍	日 本
	住、居所	日本愛知縣西春日井郡春日町大字落合長畑 1 番地 豐田合成股份有限公司內
三、申請人	姓 名 (名稱)	豐田合成股份有限公司
	國 籍	日 本
	住、居所 (事務所)	日本愛知縣西春日井郡春日町大字落合長畑 1 番地
	代 表 人 姓 名	田中 裕

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：

日本 國（地區） 申請專利，申請日期 2000.03.31 案號 2000-99948，☒有 ☐無主張優先權
2000.03.31 2000-99949

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

五、發明說明 (i)

技術領域

本發明係關於 III 族氮化物系化合物半導體之製造方法。特別是，關於用橫方向磊晶成長(ELO)之 III 族氮化物系化合物半導體之製造方法。又，所謂 III 族氮化物系化合物半導體，係為以通式 $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x + y \leq 1$) 所表示之包括：例如 AlN 、 GaN 、 InN 之類的 2 元系； $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 、 $\text{Al}_x\text{In}_{1-x}\text{N}$ 、 $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{N}$ (其中皆為 $0 < x < 1$) 之類的 3 元系、 $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 < x < 1$, $0 < y < 1$, $0 < x + y < 1$) 之 4 元系者。又，本說明書中，在未特別說明之下，單只提到 III 族氮化物系化合物半導體之場合，係包含為了將傳導型作成 p 型或 n 型而摻雜入雜質之 III 族氮化物系化合物半導體。

背景技術

III 族氮化物系化合物半導體，例如作為發光元件的場合，係發光光譜橫跨由紫外到紅色之廣範圍的之直接躍遷型半導體，被應用於發光二極體 (LED) 或雷射二極體 (LD) 等之發光元件。又，由於其能帶隙(band gap)寬廣，可期待較使用其他半導體之元件在高溫下有安定的動作，因此應用到 FET 等電晶體方面也如火如荼地在開發著。又，由於不是以砷(As)作為主成份，因此就環境面考量，也被期待開發做為種種半導體元件。此 III 族氮化物系化合物半導體，通常係形成於以藍寶石作基板之上面。

五、發明說明(之)

發明之揭示

然則，於藍寶石基板上形成 III 族氮化物系化合物半導體時，因藍寶石與 III 族氮化物系化合物半導體之晶格常數不匹配 (misfit)，會發生差排的情形，而有元件特性不良的問題存在。此種因不匹配造成的差排，係半導體層往縱向(與基板面垂直的方向)貫穿之貫穿差排，III 族氮化物系化合物半導體中有 10^9 cm^{-2} 程度的差排傳播的問題存在。此差排會通過組成相異之 III 族氮化物系化合物半導體各層轉移到最上層。因此之故，例如在發光元件的場合，有 LD 的閾值電流、LD 及 LED 的元件壽命等之元件特性無法達於良好的問題存在。又，即使作為其他的半導體元件，也因缺陷所造成的電子之散亂之故，只能作成移動性 (mobility) 較低的半導體元件。此等問題，在使用其他的基板之場合也是相同。

關於此，以圖 23 之示意圖來作說明。圖 23 係顯示，基板 91、形成於基板 91 上之緩衝層 92、形成於緩衝層 92 上之 III 族氮化物系化合物半導體層 93 者。向來使用來作為基板 91 者，為藍寶石等，作為緩衝層 92 者，為氮化鋁 (AlN) 等。氮化鋁 (AlN) 之緩衝層 92，係用來緩和藍寶石基板 91 與 III 族氮化物系化合物半導體層 93 間的不匹配為目的而設置者，但也無法使差排之發生成為 0。此差排係由差排發生點 900 沿縱向(與基板面垂直的方向)傳送貫穿差排 901，其乃貫穿過緩衝層 92 及 III 族氮化物系化合物半導體層 93。欲在 III 族氮化物系化合物半導體層 93 之上

五、發明說明（ 3 ）

層積層各種所期望的 III 族氮化物系化合物半導體層來形成半導體元件時，自到達 III 族氮化物系化合物半導體層 93 的表面之差排 902 處，貫穿差排會繼續朝縱方向傳播貫穿半導體元件。如此般，以過去的技術，於形成 III 族氮化物系化合物半導體層之際，無法阻止差排之傳播，是問題所在。

又，近年來，為防止貫穿差排，使用橫方向成長之技術正在開發中。此乃，在藍寶石基板或 III 族氮化物系化合物半導體層上面，形成由氧化矽、鎢等所構成的遮罩(局部形成有條狀的窗)，再以窗部之半導體作為核，在遮罩上沿橫方向成長。

並且，亦有如同稱為 pendeo ELO 般地，橫方向成長部份係懸空於基板來形成之成長方法被開發著。

然而，在用遮罩的 ELO 成長の場合，由於遮罩較作為結晶成長的核之窗的部份高，結晶成長是以窗部的半導體作為核，沿縱方向一旦成長之後，再以包覆遮罩般地在遮罩上進行橫方向的成長。因此，在遮罩之角落部位之差排、變形多有發生，故此部份發生之貫穿差排會抵消所減少之貫穿差排，是問題點之所在。

又，即使於 pendeo ELO，由於在作為結晶成長核的層上面，形成有遮罩，因此，在此遮罩上包覆成長時，在角落部位同樣地會有發生貫穿差排的問題存在。

本發明係為了解決上述之課題而提出，目的在於製造貫穿差排的發生得到抑制之 III 族氮化物系化合物半導體。

五、發明說明（4）

爲了解決上述之課題，第 1 之手段爲，一種 III 族氮化物系化合物半導體之製造方法，係在基板上以磊晶成長的方式製得 III 族氮化物系化合物半導體；其特徵在於，具有：

將由至少 1 層之 III 族氮化物系化合物半導體所構成之基底層（其最上層爲第 1 之 III 族氮化物系化合物半導體）加以蝕刻，成爲隨著離開基板面而水平截面積趨近於 0 之點狀、條帶狀、或格子狀等之島狀態之製程；在前述第 1 之 III 族氮化物系化合物半導體上，以僅露出島狀態的第 1 之 III 族氮化物系化合物半導體之頂部附近的方式形成遮罩之製程；以及，以自前述遮罩露出之第 1 之 III 族氮化物系化合物半導體的頂部附近作爲核，使第 2 之 III 族氮化物系化合物半導體進行縱與橫方向磊晶成長之製程。又，於本說明書中所謂之基底層，係用以表示包括：單層之 III 族氮化物系化合物半導體層之場合，及含有至少 1 層 III 族氮化物系化合物半導體層之多重層。又，於此處，島狀態係爲，對藉蝕刻所構成的高低差的上段的形狀所作的概念上的說法，並非專指個別分離的領域，即使將晶圓上全體形成爲條帶狀或格子狀等之相當廣範圍中，高低差的頂上部是連續狀態亦可。又，高低差的側面，並非專指對於基板面及 III 族氮化物系化合物半導體表面成爲斜面者，即使有一部份的面爲垂直面或爲曲面亦可。此時，即使於高低差的底部沒有底或截面爲 V 字型者亦可。所謂之「隨著離開基板而水平截面積趨近於 0」者，雖以下會舉出具體例，惟只要是自頂部隨著高度之降低而水平截面積變大，形狀可爲任

（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)

意的。即使在不特別提及下，於下述的申請事項中亦同。

又，第 2 之手段，其特徵為，隨著離開基板而水平截面積趨近於 0 般的島狀態，係為三角錐橫倒之多數並排狀態。其一例為圖 3 的(c)，唯本發明並不受此限定。

又，第 3 之手段，其特徵為，隨著離開基板而水平截面積趨近於 0 般的島狀態，係形成多數之錐狀之島之狀態。其一例為角錐狀的圖 3 的(d)，唯本發明並不受此限定。

又，第 4 之手段，其特徵為，第 1 之 III 族氮化物系化合物半導體與第 2 之 III 族氮化物系化合物半導體係為相同組成。又，此處所謂之同組成，係指摻雜程度的差異(莫耳比未滿 1%的差)可忽視。

又，第 5 之手段，其特徵為，遮罩為係為鎢(W)或其他導電性的金屬。

又，第 6 之手段，係為一種 III 族氮化物系化合物半導體元件，其特徵在於，其係形成在以申請專利範圍第 1~5 項中任一項之 III 族氮化物系化合物半導體之製造方法所製造的 III 族氮化物系化合物半導體層上。

又，第 7 之手段，係一種 III 族氮化物系化合物半導體發光元件，其特徵在於，係在以申請專利範圍第 1~5 項中任一項之 III 族氮化物系化合物半導體之製造方法所製造的 III 族氮化物系化合物半導體層上，積層不同之 III 族氮化物系化合物半導體層。

又，第 8 之手段，係一種 III 族氮化物系化合物半導體基板之製造方法，其特徵在於，除了申請專利範圍第 1~5

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明（6）

項中任一項之 III 族氮化物系化合物半導體之製造方法之外，加上將自前述基板至前述遮罩為止的大致全部除去，來得到 III 族氮化物系化合物半導體基板。

為解決上述之課題，第 9 之手段，係一種 III 族氮化物系化合物半導體之製造方法，係在基板上以磊晶成長的方式製得 III 族氮化物系化合物半導體；其特徵在於，具有：將由至少 1 層之 III 族氮化物系化合物半導體所構成、最上層作為第 1 之 III 族氮化物系化合物半導體的基底層加以蝕刻，成為點狀、條帶狀、或格子狀等之島狀態，然後以使得前述基底層的中間部之面或基板的面露出於底部的方式來設置高低差；於前述高低差之前述底部形成遮罩(厚度係成為：上面較前述最上層之上面為低)之製程；以及，以前述之藉蝕刻形成之點狀、條帶狀或格子狀等之島狀態之前述第 1 之 III 族氮化物系化合物半導體之高低差的上段之上面及側面作為核，使第 2 之 III 族氮化物系化合物半導體進行縱及橫方向磊晶成長之製程。

又，於本說明書中所謂之基底層，係表示包括：單層之 III 族氮化物系化合物半導體層之場合，及含有至少 1 層 III 族氮化物系化合物半導體層之多重層。又，於此處，島狀態係為，對藉蝕刻所構成的高低差的上段的形狀所作的概念上的說法，並非專指個別分離的領域，即使將晶圓上全體形成為條帶狀或格子狀等之相當廣範圍中，高低差的頂上部是連續狀態亦可。又，高低差的側面，並非專指對於基板面及 III 族氮化物系化合物半導體表面成垂直者，即

五、發明說明 (7)

使爲傾斜面亦可。此時，即使於高低差的底部沒有底或截面爲 V 字型者亦可。在不特別提及下，於下述的申請事項中亦同。

又，第 10 之手段爲，如申請專利範圍第 9 項之 III 族氮化物系化合物半導體之製造方法，其中，遮罩係以可阻礙其上之 III 族氮化物系化合物半導體上的磊晶成長之物質所構成。

又，第 11 之手段其特徵在於，高低差之側面之大致全部爲{11-20}面。

又，第 12 之手段，其特徵爲，第 1 之 III 族氮化物系化合物半導體與第 2 之 III 族氮化物系化合物半導體係爲相同組成。又，此處所謂之同組成，係指摻雜程度的差異(莫耳比未滿 1%的差可忽視)。

又，第 13 之手段，其特徵爲，遮罩係爲：矽氧化膜、矽氮化膜、或鎢、氮化鈦膜或其他導電性遮罩。

又，第 14 之手段爲一種 III 族氮化物系化合物半導體元件，其特徵在於，係形成在依申請專利範圍第 9~13 項中任一項之 III 族氮化物系化合物半導體之製造方法所製造之 III 族氮化物系化合物半導體層之已橫方向磊晶成長的部份之上層處。

又，第 15 之手段爲一種 III 族氮化物系化合物半導體發光元件，其特徵在於，係在依申請專利範圍第 9~13 項中任一項之 III 族氮化物系化合物半導體之製造方法所製造之 III 族氮化物系化合物半導體層之橫方向磊晶成長的部份之

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

終

五、發明說明(8)

上層處，積層相異的 III 族氮化物系化合物半導體層所得者。

又，第 16 之手段為一種 III 族氮化物系化合物半導體基板之製造方法，其特徵為，除了申請專利範圍第 9~13 項中任一項之 III 族氮化物系化合物半導體之製造方法之外，加上將橫方向磊晶成長出的部份之上層以外大致全部除去，藉此，得到 III 族氮化物系化合物半導體基板。

又，第 17 之手段為，一種 III 族氮化物系化合物半導體基板，其係依申請專利範圍第 16 項之方法所得到者。

茲就本發明之 III 族氮化物系化合物半導體之製造方法之概要，參照圖 1 及圖作說明。又，在圖 1 及圖 2 中，為有助於理解，雖顯示含有基板 1001 及緩衝層 1002 之圖，惟本發明係關於自於縱方向具貫穿差排之 III 族氮化物系化合物半導體來製得有縱方向的貫穿差排獲得減輕之區域的 III 族氮化物系化合物半導體層者，基板 1001 及緩衝層 1002，並非本發明中之必需的要素。下面，以於基板 1001 面上隔著緩衝層 1002 形成的沿縱方向(與基板面垂直的方向)有貫穿差排之第 1 之 III 族氮化物系化合物半導體層 1031，作為本發明的適用例，就本發明的作用效果之重要部份加以說明。

如圖 1 的 (a) 所示，將第 1 之 III 族氮化物系化合物半導體層 1031，進行蝕刻成點狀、條帶狀或格子等島狀態，形成隨著遠離基板而水平截面積趨近於 0 的形狀。接著，在 III 族氮化物系化合物半導體層 1031 上形成能夠蝕刻之遮罩 1004 (圖 1 的 (b))。然後，將遮罩 1004 之覆蓋於第

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明 (9)

1 之 III 族氮化物系化合物半導體層 1031 的頂部 T 的部份進行選擇性蝕刻，使第 1 之 III 族氮化物系化合物半導體層 1031 的頂部 T 露出(圖 1 的 (c))。以露出的第 1 之 III 族氮化物系化合物半導體層 1031 的頂部 T 作為核，使第 2 之 III 族氮化物系化合物半導體 1003 沿縱及橫方向進行磊晶成長(圖 2 的 (d)、(e))。此時，在第 2 之 III 族氮化物系化合物半導體 1032，只會傳送在露出的第 1 之 III 族氮化物系化合物半導體 1031 的頂部 T 部份所傳送的貫穿差排，因此，其貫穿差排的密度可以減小。而且，若初期成長面相對於基板是成斜面的話(例如圖 2 的 (d) 般)，則貫穿差排的傳送方向變成不與基板面垂直，因此，第 2 之 III 族氮化物系化合物半導體 1032 之上部的部份，實質上可遮斷貫穿差排的傳送。

作為隨著遠離基板而水平截面積愈近於 0 般之島狀態，橫倒三角柱而多數並排者(例如圖 3 的 (c))，可經由錐面蝕刻 (taper etching) 容易地形成(申請專利範圍第 2 項)。又，作為隨著遠離基板而水平截面積愈近於 0 般的島狀態，為形成多數錐狀島狀態(例如圖 3 的 (d))之時，則露出之第 1 之 III 族氮化物系化合物半導體層 1031 的頂部 T 的部份相對於基板面的面積可以作成非常小(申請專利範圍第 3 項)。

又，若第 1 之 III 族氮化物系化合物半導體與第 2 之 III 族氮化物系化合物半導體為相同組成時，則可容易地實現快速的磊晶成長(申請專利範圍第 4 項)。

五、發明說明(10)

遮罩若是由導電性的金屬所構成，且第 1 之 III 族氮化物系化合物半導體與第 2 之 III 族氮化物系化合物半導體同為導電性時，則自第 1 之 III 族氮化物系化合物半導體經由導電性的遮罩可對第 2 之 III 族氮化物系化合物半導體進行導通(申請專利範圍第 5 項)。

以在上述之製程所得之 III 族氮化物系化合物半導體層上形成元件，可作為具有缺陷少、移動度大的層之半導體元件(申請專利範圍第 6 項)。

以在上述製程所得之 III 族氮化物系化合物半導體層上層形成發光元件，可作為元件壽命、或 LD 的閾值獲得改善之發光元件(申請專利範圍第 7 項)。

又，僅將以上述製程所得之 III 族氮化物系化合物半導體層之已橫方向磊晶成長的部份 1032 與其他層分離，則可得到差排等結晶缺陷之顯著獲得抑制之結晶性良好的 III 族氮化物系化合物半導體(申請專利範圍第 8 項)。又所謂「大致全部除去」，係指為了製造上的方便，即使尚含有一部份殘留的貫穿差排部份，也屬於本發明之範疇。

茲參照圖 12，就本發明之 III 族氮化物系化合物半導體之製造方法的概略作說明。又，圖 12 中，為有助於附屬項之說明與理解，雖顯示含有基板 1 及緩衝層 2 之圖，惟本發明係關於自具有於縱方向貫穿差排之 III 族氮化物系化合物半導體來製得有縱方向的貫穿差排獲得減輕之區域的 III 族氮化物系化合物半導體層者，緩衝層 2 並非本發明中之必需的要素。下面，以於基板 1 面上隔著緩衝層 2 形成

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明 (11)

的沿縱方向(與基板面垂直的方向)有貫穿差排之第 1 之 III 族氮化物系化合物半導體層 31，作為本發明的適用例，就本發明的作用效果之重要部份加以說明。

如圖 12 的(a) 般地，將第 1 之 III 族氮化物系化合物半導體層 31 蝕刻成點狀、條帶狀或格子狀等之島狀態，設置高低差使底部基板 1 露出。接著，於基板 1 的露出面形成遮罩 4。此遮罩 4 的上面 4a 須較第 1 之 III 族氮化物系化合物半導體層 31 的上面 31a 低。如此，以高低差的上面 31a 及側面 31b 作為核，使第 2 之 III 族氮化物系化合物半導體 32 作縱及橫方向磊晶成長，逐漸將高低差填埋，或者，與遮罩 4 之上面 4a 間の間隙漸漸形成，令其亦能朝上方成長。此時，第 2 之 III 族氮化物系化合物半導體 32 之橫方向磊晶成長的部份之上部，可抑制 III 族氮化物系化合物半導體層 31 所具有的貫穿差排之傳播，而可製得經填埋或橋接的高低差部份之貫穿差排獲得減輕的領域(申請專利範圍第 9 項)。藉此，高低差側面作為核，使橫方向之磊晶成長得以立即實現。亦即，過去使用遮罩的 ELO 中，相較於作為結晶成長的核之部份，遮罩部分的厚度較厚。其結果，結晶成長，先以填補遮罩厚度而朝縱方向成長，其後，包覆於遮罩上面，進行橫方向的成長。此結果，因遮罩的角落部份之包覆而造成結晶的變形，成為差排發生的原因。於本發明中，並非此般的在遮罩上進行包覆成長，而是在遮罩上立即以橫方向成長第 2 之 III 族氮化物系化合物半導體 32，因此，結晶上不受到變形影響，而無差排發生。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明 (17)

一般認為，於遮罩 4 上由於未進行包覆的成長，因此遮罩 4 與第 2 之 III 族氮化物系化合物半導體 32 間不至接合或者接合很弱，因此不受到來自遮罩 4 的變形。而且，於遮罩 4 與第 2 之 III 族氮化物系化合物半導體 32 之間形成間隙再行成長也屬可能。先形成間隙，再進行成長的場合，可將來自遮罩的變形完全遮斷，藉此，得到高品質之結晶成為可能。又，過去在遮罩上進行包覆成長之 ELO 的成長，由兩側的核開始成長之層係在中央部會合，此時，兩側的結晶軸微妙地搖擺(tilt)是所周知的。此搖擺之發生，可藉由於遮罩 4 與第 2 之 III 族氮化物系化合物半導體 32 之間形成間隙來加以防止。藉此，可以較過去的方法得到更高品質的橫方向成長層。

橫方向成長之部份，貫穿差排不會沿縱方向傳播。只要 III 族氮化物系化合物半導體層 31 及緩衝層 2 與第 2 之 III 族氮化物系化合物半導體 32 進行磊晶成長不出現不連續面，則若以鎢等導電體作為遮罩的場合，與具有由絕緣體作成的遮罩者相較，於電流沿縱方向流通之際，不會有因於不連續部份而產生電阻之情形。又，可製得構造上安定的製品。

此時，將高低差部份填埋或作橋接之第 2 之 III 族氮化物系化合物半導體 32，只要自高低差的下段之底部的基板 1 未往縱方向磊晶成長或者極為緩慢，則自高低差的側面沿橫方向的磊晶成長而與來自對面之高低差的側面之橫方向的磊晶成長面進行接合會壓倒性地較快。此時，在將高

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明(一)

低差作填埋或橋接的部份之 III 族氮化物系化合物半導體 32 上部，完全沒有來自下層的貫穿差排。又，高低差的側面，並非一定要為垂直，惟作為垂直之場合，此側面的貫穿差排的密度會極低。因此，由於係自此之貫穿差排密度極低的側面進行橫方向成長，故橫方向成長區域之貫穿差排密度顯著地減少。其結果，可作成極為佳的結晶區域。橫方向成長之部份，如圖 12 (c) 所示般，由兩側之磊晶成長相互接合，若再繼續成長，則可得到成長到如同基板面厚的第 2 之 III 族氮化物系化合物半導體 32。又，高低差之底部面未必要為基板。亦可令緩衝層 2 的上面露出，或使蝕刻進行到第 1 之 III 族氮化物系化合物半導體 31 的某特定深度處使此半導體層 31 的中間面露出亦可。而且，由至少具有第 1 之 III 族氮化物系化合物半導體 31 之基底層所構成之複數層的任一層之中間面露出用來作為底部亦可。

關於遮罩，可用：多結晶矽、多結晶氮化物半導體等之多結晶半導體；氧化矽 (SiO_x)、氮化矽 (NO_x)、氧化鈦 (TiO_x)、氧化鋯 (ZrO_x) 等之氧化物、氮化物；鈦 (Ti)、鎢 (W) 之類的高融點金屬；及此等之多層膜。於遮罩上，宜使用第 2 之 III 族氮化物系化合物半導體 32 難以進行縱方向成長之物質(專利申請範圍第 10、13 項)。

如上述的快速橫方向磊晶成長，當 III 族氮化物系化合物半導體 31 的高低差之側面為 {11-20}面之時，可容易地實現(專利申請範圍第 11 項)。此時，可將例如橫方向磊

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(14)

晶成長中的成長面之至少上部保持成 {11-20} 面。又，若第 1 之 III 族氮化物系化合物半導體與第 2 之 III 族氮化物系化合物半導體為相同組成，則快速的磊晶可容易地實現(專利申請範圍第 12 項)。

藉著上述般的方法，可形成自第 1 之 III 族氮化物系化合物半導體層 31 傳播之貫穿差排得以抑制之構造上安定的第 2 之 III 族氮化物系化合物半導體 32。又，圖 12 中雖顯示形成在基板面具垂直的側面之高低差者，但本發明並不受此侷限，高低差的側面是斜面亦可。此際，高低差的底部沒有底面，而為截面呈 V 字型者，故於其上再形成遮罩亦可。此等，於下面之說明亦同。

在以上述製程所得之 III 族氮化物系化合物半導體層之已橫方向磊晶成長之部份的上層形成元件，可作為具有缺陷少、移動度大的層之半導體元件(專利申請範圍第 14 項)。

在以上述製程所得之 III 族氮化物系化合物半導體層之已橫方向磊晶成長之部份的上層之上形成發光元件，可作為元件壽命、或 LD 的閾值獲得改善之發光元件(專利申請範圍第 15 項)。

又，藉由僅將由上述製程所得之 III 族氮化物系化合物半導體層之已橫方向磊晶成長之部份的上層自其他層分離，可得到差排等結晶缺陷獲得顯著地抑制的結晶性良好之 III 族氮化物系化合物半導體(專利申請範圍第 16、17 項)。又，可得到結晶性良好之 III 族氮化物系化合物半導體

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

結

五、發明說明 (15)

。而所謂「大致全部去除」者，係指爲了製造上的方便性，即使含有部份的貫穿差排殘留部份，也屬本發明的範疇。

又，亦可單只留下上述般形成的第 2 之 III 族氮化物系化合物半導體層當中的已橫方向成長的區域，而將作爲結晶成長的核之區域進行蝕刻，使基板露出，或如上述般地使基底層的中間面露出，反覆實行上述之橫方向成長。亦即，於露出面上之遮罩較作爲結晶成長的核之層爲低的狀態下，於此遮罩上進行第 2 之橫方向成長亦可。此場合中，於第 2 之橫方向成長中，由於作爲結晶成長的核係以橫方向成長所構成，所以貫穿差排密度極低，故以此結晶作爲核，進行橫方向成長之層，貫穿差排密度成爲更低。如此，可製得於基板上一樣地進行橫方向成長的 III 族氮化物系化合物半導體。此等橫方向成長反覆進行的次數是沒限制的。

將上述之具有貫穿差排得到抑制之區域的 III 族氮化物系化合物半導體，除去其例如基板 1、緩衝層 2 及經蝕刻做出高低差之貫穿差排未被抑制的部份，則可作爲 III 族氮化物系化合物半導體基板。在其上，可形成半導體元件，或者，亦可作爲用以形成更大的 III 族氮化物系化合物半導體結晶的基板使用。除去的方法，可爲機械化學研磨法及其他任何方法。

圖式之簡單說明

第 1 圖，係表示與本發明的第 1 實施例相關的 III 族氮

五、發明說明 (\b)

化物系化合物半導體之製程的前半之截面圖。

第 2 圖，係表示與本發明的第 1 實施例相關的 III 族氮化物系化合物半導體之製程的後半之截面圖。

第 3 圖，係表示本發明之蝕刻狀態的其他例之截面圖 (a)及(b)、立體圖 (c)、(d)。

第 4 圖，係表示與本發明的第 2 實施例相關的 III 族氮化物系化合物半導體之製程的前半之截面圖。

第 5 圖，係表示與本發明的第 2 實施例相關的 III 族氮化物系化合物半導體之製程的後半之截面圖。

第 6 圖，係表示與本發明的第 4 實施例相關的 III 族氮化物系化合物半導體發光元件的構造之截面圖。

第 7 圖，係表示與本發明的第 5 實施例相關的 III 族氮化物系化合物半導體發光元件的構造之截面圖。

第 8 圖，係表示與本發明的第 6 實施例相關的 III 族氮化物系化合物半導體發光元件之製程的前半之截面圖。

第 9 圖，係表示與本發明的第 6 實施例相關的 III 族氮化物系化合物半導體發光元件之製程的後半之截面圖。

第 10 圖，係表示與本發明的第 6 實施例相關的 III 族氮化物系化合物半導體發光元件的構造之截面圖。

第 11 圖，係表示與本發明的第 7 實施例相關的 III 族氮化物系化合物半導體發光元件的構造之截面圖。

第 12 圖，係表示與本發明的第 8 實施例相關的 III 族氮化物系化合物半導體之製程之截面圖。

第 13 圖，係表示與本發明的第 9 實施例相關的 III 族

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明(17)

氮化物系化合物半導體之製程之截面圖。

第 14 圖，係表示與本發明的第 10 實施例相關的 III 族氮化物系化合物半導體之製程之截面圖。

第 15 圖，係表示與本發明的第 11 實施例相關的 III 族氮化物系化合物半導體之製程之截面圖。

第 16 圖，係表示與本發明的第 12 實施例相關的 III 族氮化物系化合物半導體元件構造之截面圖。

第 17 圖，係表示與本發明的第 13 實施例相關的 III 族氮化物系化合物半導體之製程之截面圖。

第 18 圖，係表示與本發明的第 14 實施例相關的 III 族氮化物系化合物半導體發光元件之製程的一部份之截面圖。

第 19 圖，係表示與本發明的第 14 實施例相關的 III 族氮化物系化合物半導體發光元件的構造之截面圖。

第 20 圖，係表示與本發明的第 15 實施例相關的 III 族氮化物系化合物半導體發光元件的構造之截面圖。

第 21 圖，係表示第 1 之 III 族氮化物系化合物半導體之蝕刻之其他例之示意圖。

第 22 圖，係表示第 1 之 III 族氮化物系化合物半導體之蝕刻之另外的其他例之示意圖。

第 23 圖，係表示於 III 族氮化物系化合物半導體傳播之貫穿差排的截面圖。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明(18)

用以實施發明的最佳形態

第 1 之較佳之實施形態

圖 1 及圖 2 中顯示之 III 族氮化物系化合物半導體之製造方法的實施形態之一例的概略。形成基板 1001、與緩衝層 1002、與第 1 之 III 族氮化物系化合物半導體層 1031，接著蝕刻成錐面狀(圖 1 的(a))。頂部 T 的頂角愈小愈佳。接著，在第 1 之 III 族氮化物系化合物半導體層 1031 上以例如濺鍍法形成能夠進行蝕刻之遮罩 1004(圖 1 的 (b))。然後，將遮罩之覆蓋於第 1 之 III 族氮化物系化合物半導體層 1031 的頂部 T 的部份進行選擇性蝕刻，使第 1 之 III 族氮化物系化合物半導體層 1031 的頂部 T 露出(圖 1 的(c))。使頂部 T 露出的方法，除了遮罩 1004 之選擇性蝕刻之外，亦可採用剝離法 (lift-off method)來除去。其他，亦可用遮罩進行蒸鍍，使頂部 T 無遮罩 1004 存在來形成。然後，以露出的第 1 之 III 族氮化物系化合物半導體層 1031 的頂部 T 作為核，使第 2 之 III 族氮化物系化合物半導體 1032 進行縱及橫方向的磊晶成長(圖 2 的(d)、(e))。此時，於第 2 之 III 族氮化物系化合物半導體 1032 中，只傳送在露出的第 1 之 III 族氮化物系化合物半導體層 1031 的頂部 T 的部份所傳送的貫穿差排。即，於第 2 之 III 族氮化物系化合物半導體中傳送的貫穿差排，係只有傳送於第 1 之 III 族氮化物系化合物半導體層 1031 的頂部 T 的部份所傳送的貫穿差排，其密度變成極小。此乃由基板面的面積與第 1 之 III 族氮化物系化合物半導體層 1031 的頂部 T 的面積(對基板面垂直

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明（\9）

投影時的正投影面積)比值決定。即，頂部 T 的面積(對基板面垂直投影時的正投影面積)愈小，則傳送到第 2 之 III 族氮化物系化合物半導體 1032 之貫穿差排愈減少。又，頂部 T 的頂角愈小，則頂部 T 的面積(對基板面垂直投影時的正投影面積)能夠容易地變小。

又，亦可將作為基底層之形成於基板上的緩衝層、及進行磊晶成長於此基底層的 III 族氮化物系化合物半導體層作為 1 週期計，而使用形成複數週期的層。任何自頂部 T 之磊晶成長所構成的 III 族氮化物系化合物半導體層 1032，可作為沿縱方向傳播的貫穿差排獲得抑制之區域。

第 2 之較佳之實施形態

圖 12 中，係顯示本發明之 III 族氮化物系化合物半導體之製造方法的實施形態之一例之概略。在圖 12，係顯示使基板 1 露出之例。在基板 1 上形成緩衝層 2、第 1 之 III 族氮化物系化合物半導體層 31，接著蝕刻成為溝槽狀(圖 12 的(a))。此際，藉著蝕刻來產生高低差，以未蝕刻的面作為上段，形成側面及高低差的底部(下段面)。側面為例如 {11-20}面。然後，只在高低差的底部，形成遮罩 4，使其高度以不高於高低差的上段 31a。此形成之方法，同樣為用濺鍍法等形成遮罩後，以微影法去除其他的部份來形成。又，亦可使用在高低差的上段 31a 處塗佈光阻劑，一樣地形成遮罩，再使用所謂的微影法將此光阻劑剝離之。

然後，在橫方向磊晶成長之條件下，以高低差的側面

五、發明說明 (ㄟ)

及上面作為核，進行第 2 之 III 族氮化物系化合物半導體 32 之磊晶成長。若使用有機金屬成長法，可容易地將成長面保持於{11-20}之原狀而進行橫方向磊晶成長。如此，當高低差側面產生橫方向的成長時，第 2 之 III 族氮化物系化合物半導體 32 的該部份，不會有自遮罩 4 傳播過來的貫穿差排(圖 12 的(b))。如此，以令高低差的兩側面之橫方向成長能在經蝕刻的部份之上方接合的方式來設定蝕刻的形狀與橫方向磊晶成長條件，則可在經蝕刻之上部之第 2 之 III 族氮化物系化合物半導體 32 形成貫穿差排獲得抑制之區域(圖 12 的(c))。在圖 12 的(b)之橫方向成長過程中，經由成長溫度與壓力及供給的原料之 III/V 比値之最佳化，則使得橫方向成長遠較縱方向成長快速成為可能。

又，亦可如圖 13 所示，以作為基底層而形成於基板上之緩衝層、及成長於緩衝層上的 III 族氮化物系化合物半導體層作為 1 週期，將形成複數週期的層使用來作為橫方向成長之結晶的核。圖 13 為依序形成緩衝層 21、III 族氮化物系化合物半導體層 22、緩衝層 23、III 族氮化物系化合物半導體層 31，將 III 族氮化物系化合物半導體層 31 蝕刻，令高低差的底部露出緩衝層 23 之例。此例中，於緩衝層 23 之上面，遮罩 4 之形成，須使厚度不超過殘留的第 1 之 III 族氮化物系化合物半導體層 31 的上面 31a。而且，如圖 13 的(a)般的製程階段，亦可令蝕刻深度大於 III 族氮化物系化合物半導體層 31 的厚度，而以緩衝層 21 作為高低差的底部，在此緩衝層 21 之上形成遮罩 4，其厚度須不超出

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明(之)

III 族氮化物系化合物半導體層 31 的上面(圖 14)。所有在高低差的下段上方形成的 III 族氮化物系化合物半導體層 32，主要係以高低差的上段之最上層的 III 族氮化物系化合物半導體層 31 作為核進行橫方向磊晶成長所構成，而可作為沿縱方向傳播之貫穿差排獲得抑制之區域。除此之外，其效果係與如前所述之圖 12 相同。

於上述發明之各種實施形態，可由後述之中作各種任意地選擇組合來使用。

於基板上依序積層來形成 III 族氮化物系化合物半導體之場合，作為基板，可使用：藍寶石、矽(Si)、碳化矽(SiC)、尖晶石($MgAl_2O_4$)、ZnO、MgO 及其他無機結晶基板；磷化鎵或砷化鎵之類的 III-V 族化合物半導體或者氮化鎵(GaN)及其他 III 族氮化物系化合物半導體等。

作為形成 III 族氮化物系化合物半導體層的方法，以有機金屬氣相成長法(MOCVD 或 MOVPE)為佳，惟使用分子束氣相成長法(MBE)、鹵素氣相成長法(Halide VPE)、液相成長法(LPE)等亦可，各層各以不同的成長方法來形成亦可。

例如在藍寶石基板上進行 III 族氮化物系化合物半導體積層之際，為了結晶性良好地形成，宜形成用來與藍寶石基板之格子進行整合之緩衝層為佳。使用其他基板的場合，亦以設置緩衝層為佳。作為緩衝層，可用低溫下形成之 III 族氮化物系化合物半導體 $Al_xGa_yIn_{1-x-y}N$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x+y \leq 1$)，而以 $Al_xGa_{1-x}N$ ($0 \leq x \leq 1$) 更佳。此緩衝

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明 (>>)

層可為單層，或為組成相異的多重層亦可。緩衝層的形成方法，可為在 380~420℃ 的低溫下形成者，或相反地，於 1000~1180℃ 的範圍內，以 MOCVD 法形成亦可。又，亦可使用直流磁控濺鍍裝置，以高純度金屬鋁與氮氣作為原料，藉反應性濺鍍法形成由 AlN 所構成的緩衝層。同樣地，亦可形成通式為 $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x+y \leq 1$, 可為任意之組成比)之緩衝層。更進而，亦可使用蒸鍍法、離子電鍍法，雷射燒蝕法(laser ablation)、及 ECR(電子旋轉加速器共振)法。藉物理蒸鍍法所得之緩衝層，以於 200~600℃ 進行為佳，於 300~500℃ 為更佳，而於 350~450℃ 為特佳。使用此等濺鍍法等之物理蒸鍍法的場合，緩衝層之厚度，以 100~3000Å 為佳，進而以 100~400Å 更佳，而以 100~300Å 為最佳。作為多重層，有例如由 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$) 所構成的層與 GaN 層交互形成之方法、讓組成相同的層以形成溫度分別為例如 600℃ 以下與 1000℃ 以上進行交互形成的方法等。當然，將此等方法組合使用亦可，多重層亦可為將至少 3 種之 III 族氮化物系化合物半導體 $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x+y \leq 1$)進行積層者。一般而言，緩衝層為非晶質，中間層單結晶。亦可將緩衝層與中間層作為 1 週期計來形成複數週期，其可重複任意週期數。重複次數愈多結晶性愈佳。

緩衝層及上層的 III 族氮化物系化合物半導體中，III 族元素之組成的一部份亦可用硼(B)、銻(Tl)來置換，又，氮(N)之組成的一部份亦可用磷(P)、砷(As)、銻(Sb)、鉍(Bi)

五、發明說明(53)

來置換，此皆實質上適用於本發明。又，將此等元素以即使在組成上無法表示之程度的加以摻雜亦可。例如對組成中沒有銦(In)、砷(As)之 III 族氮化物系化合物半導體之 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$) 摻雜入較鋁(Al)、鎵(Ga)之原子半徑為大的銦(In)、或較氮(N)之原子半徑為大的砷(As)，藉以將因氮原子之欠缺所導致之結晶之擴張變形以壓縮變形來補償而使結晶性變佳亦可。此場合，為使受體雜質容易進入 III 族原子的位置，可將 p 型結晶以成長狀態(as grown)來製得。如此般將結晶性改良，並與本申請專利案組合，可進而得到貫穿差排降低到 100 至 1000 分之一的程度。於緩衝層與 III 族氮化物系化合物半導體層形成為至少 2 週期的基底層的場合，摻雜入較各 III 族氮化物系化合物半導體層之主要構成元素的原子半徑大的元素則更佳。又，構成作為發光元件之場合，以使用原來的 III 族氮化物系化合物半導體之 2 元系或 3 元系為佳。

形成 n 型 III 族氮化物系化合物半導體層的場合，作為 n 型雜質，可添加 Si、Ge、Se、Te、C 等 IV 族元素或 VI 族元素。又，作為 p 型雜質，可添加 Zn、Mg、Be、Ca、Sr、Ba 等 II 族元素或 IV 族元素。將此等複數雜質或將 n 型雜質或 p 型雜質摻雜於同一層中亦可。

作為橫方向磊晶成長，雖以成長面與基板成垂直者為佳，惟亦可對基板成傾斜的小平面 (facet) 的原來狀態下進行成長。此際，即使高低差的底部沒有底面而呈 V 字型亦可。只要為垂直面，由於貫穿差排密度極小，橫方向成長

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明 (24)

區域的結晶性會提高。又，若為傾斜的面，貫穿差排會被扭曲，雖於橫方向區域也會形成貫穿差排，但於其上厚厚地成長形成的話，因不會沿縱方向延伸，故此橫方向區域厚厚地形成的層，其貫穿差排密度很低。

作為橫方向磊晶成長，橫方向磊晶成長面的至少上部與基板面成垂直者為較佳，又以都為 III 族氮化物系化合物半導體的 {11-20} 面則更佳。

於蝕刻之際，高低差之設置，須依深度與寬度的關係考量，使其藉著橫方向的磊晶成長而填補或進行橋接。

至於將基底層作為複數層，例如由 AlN 、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 或 $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$ ($x \neq 0$) 所構成之層為例，若第 1 之 III 族氮化物系化合物半導體為 GaN ，則由 AlN 、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 或 $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$ ($x \neq 0$) 所構成之層係作為以含有氯的 Cl_2 、 BCl_3 等進行等離子體蝕刻之際的阻蝕層而作用，因此對於高低差的深度之調整上是較佳者。對於由緩衝層與 III 族氮化物系化合物半導體層以任意週期重複所構成的基底層之最上面的緩衝層而言，使此層露出進行蝕刻時亦同。藉此，可容易地設定：抑制來自遮罩之縱方向成長、促進來自第 1 之 III 族氮化物系化合物半導體層側面之橫方向成長的條件。如此，可使高低差設計變得容易，而將高低差之深度作成較淺者亦屬可能。一般認為，於較淺的場合，自第 1 之 III 族氮化物系化合物半導體層上面成長，進行橫方向成長的成長過程是為支配性的。任一情況下，於遮罩上，進行橫方向成長是為可能。

五、發明說明 (5)

在能夠預測於基板上進行積層的 III 族氮化物系化合物半導體層的結晶軸方向之場合，以與 III 族氮化物系化合物半導體層的 a 面($\{11-20\}$ 面)或 m 面($\{1-10\}$ 面)成垂直的方式施以條帶狀的遮罩或蝕刻是有用的。又，亦可將上述條帶及遮罩任意設計成島狀、格子狀等。橫方向磊晶成長面，可與基板面成垂直之外，亦可為對基板面為傾斜角度的成長面。以 III 族氮化物系化合物半導體層的 a 面之(11-20)面來作為橫方向磊晶成長面時，須使例如條帶的長方向與 III 族氮化物系化合物半導體層的 m 面之(1-100)面成垂直。例如以藍寶石的 a 面或 c 面作為基板之場合，任一方之藍寶石的 m 面係與形成於其上的 III 族氮化物系化合物半導體層的 a 面通常是一致的，因此，須與之配合來進行蝕刻。於作成點狀、格子狀之其他島狀之場合，將形成輪廓(側壁)的各面作為 $\{11-20\}$ 面為佳。

遮罩，可用：多結晶矽、多結晶氮化物半導體等之多結晶半導體；氧化矽 (SiO_x)、氮化矽 (NO_x)、氧化鈦 (TiO_x)、氧化鋯 (ZrO_x) 等之氧化物、氮化物；鈦 (Ti)、鎢 (W) 之類的高融點金屬；及此等之多層膜。此等成膜方法為，蒸鍍、濺鍍、CVD 等氣相成長法，及其他任意的的方法。此材料，可使用於用以令第 1 之 III 族氮化物系化合物半導體層殘留所使用的遮罩。又，蝕刻所使用的遮罩，於橫方向成長時係去除之而露出第 1 之 III 族氮化物系化合物半導體層的上表面。

進行蝕刻之場合，以使用反應性離子蝕刻法(RIE)為佳

五、發明說明 (56)

，惟使用任意之蝕刻方法亦可。作為非形成具有與基板面垂直的側面之高低差者，使用異向性蝕刻來形成例如高低差的底部無底面之截面為 V 字型者亦可。

為此目的，可藉助於硬性烘烤型光阻劑之形狀，於硬性烘烤型光阻劑下部利用反應性離子束蝕刻(RIBE)所具有的性質(底切，undercut)來達成。

進行導電性金屬的遮罩之蝕刻的場合，可使用利用硝酸系溶液之金屬蝕刻。此外，將光阻劑單只形成於 III 族氮化物系化合物半導體之頂部，於導電性金屬之遮罩蒸鍍之後，對各個光阻劑部位以剝離法將導電性金屬的遮罩作部份除去，而使 III 族氮化物系化合物半導體的頂部露出亦可。

對於上述之具有貫穿差排獲得抑制之區域之 III 族氮化物系化合物半導體，能以其全體或貫穿差排獲得抑制的區域為中心，在上面形成 FET、發光元件等半導體元件。發光元件之場合，發光層可考量作為多量子井構造(MQW)、單一量子井構造(SQW)、及其他之同質構造、異質構造、雙異質構造者，惟以 pin 接合或 pn 接合等來形成亦可。

亦可將上述之貫穿差排獲得抑制之第 2 之 III 族氮化物系化合物半導體 32，自例如基板 1、緩衝層 2、及第 1 之 III 族氮化物系化合物半導體 31、遮罩 4 作分離，以之作為 III 族氮化物系化合物半導體基板。在此基板上，可形成 III 族氮化物系化合物半導體元件，或作為用以形成更大的 III 族氮化物系化合物半導體結晶的基板來使用。除去之方法

五、發明說明（27）

，可為機械化學研磨法，或其他任意方法。

下面，根據發明之具體實施例加以說明。雖舉出發光元件來作為實施例，但本發明，並不受限於下述之實施例，而以之來揭示出可適用於任何的元件之 III 族氮化物系化合物半導體之製造方法。

本發明之 III 族氮化物系化合物半導體，係使用有機氣相成長法（以下用「MOVPE」表示）以氣相成長所製造。所使用之氣體為氨氣（ NH_3 ）與載氣（ H_2 或 N_2 ）與三甲基鎵（ $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3$ ，以下記為「TMG」）與三甲基鋁（ $\text{Al}(\text{CH}_3)_3$ ，以下記為「TMA」）、三甲基銦（ $\text{In}(\text{CH}_3)_3$ ，以下記為「TMI」）、環戊二烯基鎂（ $\text{Mg}(\text{C}_5\text{H}_5)_2$ ，以下記為「 Cp_2Mg 」）。

〔第 1 實施例〕

本實施例之製程如圖 1 及圖 2 所示。以有機洗淨及熱處理所洗淨的 a 面作為主面，於單結晶的藍寶石基板 1001 上，將溫度降低到 400°C ，供給 H_2 以 10 L/min、 NH_3 以 5 L/min、TMA 以 $20\ \mu\text{mol/min}$ 約 3 分鐘，形成厚度約 40 nm 的 AlN 之緩衝層 1002。然後，將藍寶石基板 1001 的溫度保持於 1000°C ，導入 H_2 以 20 L/min、 NH_3 以 10 L/min、TMG 以 $300\ \mu\text{mol/min}$ ，形成膜厚約 $2\ \mu\text{m}$ 的 GaN 層 1031。

然後，使用反應性離子束蝕刻法（RIBE）以選擇性乾式蝕刻，將 GaN 層 1031 蝕刻成截面的底邊為 $2\ \mu\text{m}$ ，截面的高為 $2\ \mu\text{m}$ 的橫倒三角柱並列之狀態（圖 1 的(a)）。此時，三角柱的截面的角約為 60 度。底邊的角度以 10 度到 80 度為

五、發明說明（28）

佳，30 度到 70 度更佳。然後，將鎢(W)作全面濺鍍，形成遮罩 1004(圖 1 的(b))。

接著，爲了僅使截面的底邊爲 $2\mu\text{m}$ ，截面的高爲 $2\mu\text{m}$ 的橫倒三角柱狀的頂部 T 露出，將由鎢(W)所構成的遮罩 1004 以硝酸系金屬蝕刻液進行選擇性蝕刻(圖 1 的(c))。如此，高爲 $0.5\mu\text{m}$ 的 GaN 層 1031 的頂部 T 得以露出。又，亦可於 GaN 層 1031 的頂部 T 上形成光阻劑後，令金屬遮罩蒸鍍上去，將有光阻劑的各個頂部 T 附近的金屬遮罩以剝離法去除，而僅使 GaN 層 1031 的頂部 T 露出。

然後，將藍寶石基板 1001 的溫度保持於 1150°C ，導入 H_2 以 20 L/min、 NH_3 以 10 L/min、TMG 以 $2\mu\text{mol/min}$ ，以 GaN 層 1031 的高爲 $0.5\mu\text{m}$ 的頂部 T 作爲核，以橫方向磊晶成長來形成 GaN 層 1032(圖 2 的(d))。如此，藉著橫方向磊晶成長，於遮罩 1004 的上方也被 GaN 層 1032 覆蓋，表面成爲平坦(圖 2 的(e))。此間，係以導入 H_2 以 20 L/min、 NH_3 以 10 L/min、TMG 以 $300\mu\text{mol/min}$ ，使 GaN 層 1032 成長，GaN 層 1031 與 GaN 層 1032 厚度合計爲 $3\mu\text{m}$ 。GaN 層 1032 較 GaN 層 1031，其實穿差排顯著地獲得抑制。

〔第 2 實施例〕

本實施例中，如圖 4、圖 5 所示般，係使用多重層所構成的基底層。以有機洗淨及熱處理洗淨的 a 面作爲主面，於單結晶的藍寶石基板 1001 上，將溫度降低到 400°C ，供給 H_2 以 10 L/min、 NH_3 以 5 L/min、TMA 以 20μ

五、發明說明(29)

mol/min 約 3 分鐘，形成厚度約 40 nm 的第 1 之 AlN 層(第 1 之緩衝層)1021。然後，將藍寶石基板 1001 的溫度保持於 1000°C，導入 H₂ 以 20 L/min、NH₃ 以 10 L/min、TMG 以 300 μmol/min，形成膜厚約 0.3 μm 的 GaN 層(中間層)1022。然後，將溫度降低到 400°C，供給 H₂ 以 10 L/min、NH₃ 以 5 L/min、TMA 以 20 μmol/min 約 3 分鐘，形成厚度約 40 nm 的第 2 之 AlN 層(第 2 之緩衝層)1023。然後，將藍寶石基板 1001 的溫度保持於 1000°C，導入 H₂ 以 20 L/min、NH₃ 以 10 L/min、TMG 以 300 μmol/min，形成膜厚約 1.5 μm 的 GaN 層 1031。如此，形成了由膜厚約 40 nm 的第 1 之 AlN 層(第 1 之緩衝層 1021)、膜厚約 0.3 μm 的 GaN 層(中間層)1022、膜厚約 40 nm 的第 2 之 AlN 層(第 2 之緩衝層)1023、膜厚約 1.5 μm 的 GaN 層 1031 所構成的基底層 1020。一般，緩衝層為非晶質，而中間層為單結晶。亦可以緩衝層與中間層作為 1 週期而形成複數週期，重複可為任意週期。重複的次數愈多則結晶性愈佳。

然後，與第 1 實施例同樣地，將基底層 1020 蝕刻成截面底邊為 2 μm，截面高度為 1.8 μm 的橫倒的三角柱狀，再以濺鍍法形成鎢遮罩 1004 後，對鎢遮罩作選擇性蝕刻，僅露出 GaN 層的高為 0.5 μm 的頂部。

然後，將藍寶石基板 1001 的溫度保持於 1150°C，導入 H₂ 以 20 L/min、NH₃ 以 10 L/min、TMG 以 2 μmol/min，以 GaN 層 1031 的高為 0.5 μm 的頂部作為核，以橫方向磊晶成長來形成 GaN 層 1032，GaN 層 1031 與 GaN 層 1032 厚度合計為 3 μm。GaN 層 1032 較 GaN 層 1031，其貫穿差

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明(70)

排顯著地獲得抑制。

[第 3 實施例]

本實施例中，係於第 1 實施例中，於形成 GaN 層 1031 之際，作 TMI 摻雜，作成 GaN:In 層 1031。銦(In)的摻雜量約為 $1 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ 。然後，與第 1 實施例約略同樣地作蝕刻、形成鎢遮罩 1004、及以選擇性蝕刻使 GaN:In 層 1031 的頂部露出，進行 GaN 之橫方向磊晶成長。以 GaN:In 層 1031 作為核所進行橫方向成長的 GaN 層 1032，其貫穿差排較第 1 實施例者稍小。

[第 4 實施例]

在與第 1 實施例同樣地形成的晶圓上，如後述般，形成圖 6 所示之雷射二極體(LD)1100。但，於 GaN 層 1032 形成之際，導入矽烷(SiH)，將 GaN 層 1032 作成由矽(Si)摻雜的 n 型 GaN 所構成的層。又，為了將圖簡略化，將 GaN 層 1031、鎢遮罩 1004、及 GaN 層 1032 合併單以 GaN 層 1103 來記載。

在由藍寶石基板 1101、以 AlN 形成的緩衝層 1102、GaN 層與鎢遮罩與 n 型 GaN 層所積層的 GaN 層 1103 所構成的晶圓上，形成矽(Si)摻雜的 $\text{Al}_{0.08}\text{Ga}_{0.92}\text{N}$ 所構成的 n 包覆層(clad)1104、矽(Si)摻雜的 GaN 所構成的 n 導引層 1105、MQW 構造的發光層 1106、鎂(Mg)摻雜的 GaN 所構成的 p 導引層 1107、鎂(Mg)摻雜的 $\text{Al}_{0.08}\text{Ga}_{0.92}\text{N}$ 所構成的 p 包覆層

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明 (71)

1108、鎂(Mg)摻雜的 GaN 所構成的 p 導體層 1109。然後，於 p 型導體層 1109 上，形成由金(Au)所構成的電極 1110A，及由進行使 GaN 層與 n 型 GaN 層 2 段的 GaN 層 1103 露出為止的部份蝕刻，形成由鋁(Al)所構成的電極 1110B。雷射二極體(LED)1100 的元件部的重要部份係形成於 GaN 層 1103 的橫方向磊晶成長區域的上部之貫穿差排獲得抑制的區域。如此般形成之雷射二極體(LED)1100，其元件壽命及發光效率得顯著地提高。

[第 5 實施例]

在與第 1 實施例同樣地形成的晶圓上，如後述般，形成如圖 7 所示的發光二極體(LED)1200。惟，於 GaN 層 1032 形成之際，導入矽烷(SiH₄)，將 GaN 層 1032 作成摻雜矽(Si)之 n 型 GaN 所構成的層。又，為了將圖簡略化，將 GaN 層 1031、鎢遮罩 1004、及 GaN 層 1032 合併單以 GaN 層 1203 來記載。

在由藍寶石基板 1201、AlN 所構成的緩衝層 1202、及 GaN 層與鎢遮罩與 n 型 GaN 層所積層之 GaN 層 1203 所構成之晶圓上，形成：矽(Si)摻雜的 Al_{0.08}Ga_{0.92}N 所構成的 n 包覆層 1204、發光層 1205、鎂(Mg)摻雜的 Al_{0.08}Ga_{0.92}N 所構成的 p 包覆層 1206、鎂(Mg)摻雜的 GaN 所構成的 p 導體層 1207。然後，於 p 型導體層 1207 上，形成由金(Au)所構成的電極 1208A，及由進行使 GaN 層與 n 型 GaN 層 2 段的 GaN 層 1203 露出為止的部份蝕刻，形成由鋁(Al)所構成的電極 1208B。如此般形成之發光二極體(LED)1200，其元件

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

五、發明說明 (ㄅ)

壽命及發光效率得顯著地提高。

[第 6 實施例]

如圖 8、圖 9 所示般，本實施例中，係使用 n 型矽(Si)基板作為基板。於 n 型矽(Si)基板 1301 上，溫度 1150℃ 下，供給 H₂ 以 10 L/min、NH₃ 以 10 L/min、TMG 以 100 μmol/min、TMA 以 10 μmol/min、用 H₂ 氣體稀釋至 0.86ppm 之矽烷(SiH₄)以 0.2 μmol/min，形成膜厚為 2 μm 的由矽(Si)摻雜的 Al_{0.15} Ga_{0.85}N 所構成的層 3021。然後，使用反應性離子束蝕刻法(RIBE)，以選擇性乾式蝕刻，蝕刻成截面的底邊寬為 2 μm，高為 2 μm 的橫倒之三角柱狀。其後，與第 1 實施例同樣形成鎢遮罩 1004，再以選擇性蝕刻，使 Al_{0.15} Ga_{0.85}N 所構成的層 3021 的高為 0.5 μm 的頂部露出。

然後，將 n 型矽(Si)基板 1301 之溫度保持於 1150℃，供給 H₂ 以 20 L/min、NH₃ 以 10 L/min、TMG 以 2 μmol/min、TMA 以 0.2 μmol/min、用 H₂ 氣體稀釋之矽烷(SiH₄)以 4nmol/min，以 n-Al_{0.15} Ga_{0.85}N 層 3021 之高為 0.5 μm 的頂部作為核，以橫方向磊晶成長來形成 n-Al_{0.15} Ga_{0.85}N 層 3022。如此，以橫方向磊晶成長將鎢遮罩上部也覆蓋，使表面變成平坦之後，供給 H₂ 以 10 L/min、NH₃ 以 10 L/min、TMG 以 100 μmol/min、TMA 以 10 μmol/min、用 H₂ 氣體稀釋之矽烷(SiH₄)以 0.2 μmol/min，使 n-Al_{0.15} Ga_{0.85}N 層 3022 成長，n-Al_{0.15} Ga_{0.85}N 層 3021 與 n-Al_{0.15} Ga_{0.85}N 層 3022 之合計厚度為 3 μm。以下，將厚度為 3 μm 的 n-Al_{0.15} Ga_{0.85}N 層

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明(ㄅㄅ)

3021 與鎢遮罩 1004 與 $n\text{-Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ 層 3022 合併記載為 $n\text{-Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ 層 1302。

如圖 10 所示一樣，於上述般 n 型矽基板 1301 上所構成的 $n\text{-Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ 層 1302 之上，形成：矽(Si)摻雜的 GaN 所構成的 n 導引層 1303、MQW 構造的發光層 1304、鎂(Mg)摻雜的 GaN 所構成的 p 導引層 1305、鎂(Mg)摻雜的 $\text{Al}_{0.08}\text{Ga}_{0.92}\text{N}$ 所構成的 p 包覆層 1306、鎂(Mg)摻雜的 GaN 所構成的 p 導電層 1307。然後，在 p 導電層 1307 上，形成由金(Au)所構成的電極 1308A，在矽基板 1301 裡面，形成由鋁(Al)所構成的電極 1308B(圖 10)。雷射二極體(LD)1300 的重要部份係形成於 $n\text{-Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ 層 1302 的橫方向成長區域的上部之貫穿差排獲得抑制的區域。如此般地形成的雷射二極體(LD)1300，其元件壽命及發光效率得顯著地提高。

〔第 7 實施例〕

於本實施例中，亦使用 n 型矽(Si)基板作為基板。與第 6 實施例之形成於 n 型矽(Si)基板 1301 上的 $n\text{-Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ 層 1302 同樣地，準備好於 n 型矽(Si)基板 1401 上形成有 $n\text{-Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ 層 1402 之晶圓，其上，形成發光層 1403、鎂(Mg)摻雜的 $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ 所構成的 p 包覆層 1404。然後，於 p 包覆層上形成由金(Au)所構成的電極 1405A，於矽基板 1401 裡面形成由鋁(Al)所構成的電極 1405B(圖 11)。如此般地形成的發光二極體(LED) 1400，其元件壽命及發光效率得顯著地提高。

五、發明說明（74）

〔蝕刻之變形〕

如圖 3 的(a)般地，蝕刻使底部為平面亦可。又，如圖 3 的(b)般地，頂部外其他的部份的壁面以曲面形成亦可。

〔第 8 實施例〕

本實施例的製程，如圖 12 所示。以有機洗淨及熱處理洗淨的 a 面作為主面，於單結晶的藍寶石基板 1 上，將溫度降低到 400℃，供給 H₂ 以 10 L/min、NH₃ 以 5 L/min、TMA 以 20 μmol/min 約 3 分鐘，形成厚度約 40 nm 的 AlN 之緩衝層 2。然後，將藍寶石基板 1 的溫度保持於 1000℃，導入 H₂ 以 20 L/min、NH₃ 以 10 L/min、TMG 以 300 μmol/min，形成膜厚約 0.5 μm 的 GaN 層 31。

使用硬性烘烤光阻劑遮罩，以反應性離子蝕刻法(RIE)作選擇性乾式蝕刻，蝕刻成寬度 10 μm，間隔 10 μm，深度 0.5 μm 的條帶狀。藉此，交互形成 GaN 層 31 之寬度 10 μm，高低差 0.5 μm 的上段，與寬度 10 μm 的露出的基板 1(圖 12 的(a))。此時，形成深度 0.5 μm 的高低差之側面，作為 GaN 層 31 的{11-20}面。

然後，一樣地用濺鍍法形成二氧化矽膜(SiO₂)。其後，塗佈光阻劑，經過微影製程，把要留下二氧化矽膜的部份處的光阻劑留下，將沒有光阻劑覆蓋的部份作濕式蝕刻。藉此，得到圖 12(a)所示之構造的晶圓。

然後，將藍寶石基板 1 的溫度保持在 1150℃，導入 H₂ 以 20 L/min、NH₃ 以 10 L/min、TMG 以 2 μmol/min，以

五、發明說明(75)

GaN 層 31 的形成深度 $0.5\ \mu\text{m}$ 的高低差之側面的{11-20}面作為核，令 GaN 層 32 以橫方向成長來形成。此時，高低差上面幾乎沒有縱向成長，而自底部之遮罩 4 的縱向成長則完全沒有(圖 12 的(b))。如此，經由主要以{11-20}面為成長面的橫方向磊晶成長會將高低差填埋或得到與遮罩 4 之間形成微小間隙之橋接構造，表面成為平坦狀(圖 12 的(c))。其後，導入 H_2 以 $20\ \text{L/min}$ 、 NH_3 以 $10\ \text{L/min}$ 、TMG 以 $300\ \mu\text{mol/min}$ ，令 GaN 層 32 成長，GaN 層 31 與 GaN 層 32 之厚度合計成為 $3\ \mu\text{m}$ 。GaN 層 32 之形成於 GaN 層 31 的深度 $0.5\ \mu\text{m}$ 的高低差之底部上方的部份，較形成於高低差的上面上方的部份，其貫穿差排獲得顯著地抑制。

〔第 9 實施例〕

本實施例中，使用由如圖 13 般的多重層所構成的基底層。以有機洗淨及熱處理洗淨的 a 面作為主面，於單結晶的藍寶石基板 1 上，將溫度降低到 400°C ，供給 H_2 以 $10\ \text{L/min}$ 、 NH_3 以 $5\ \text{L/min}$ 、TMA 以 $20\ \mu\text{mol/min}$ 約 3 分鐘，形成厚度約 $40\ \text{nm}$ 的第 1 之 AlN 層(第 1 之緩衝層)21。然後，將藍寶石基板 1 的溫度保持於 1000°C ，導入 H_2 以 $20\ \text{L/min}$ 、 NH_3 以 $10\ \text{L/min}$ 、TMG 以 $300\ \mu\text{mol/min}$ ，形成膜厚約 $0.3\ \mu\text{m}$ 的 GaN 層(中間層)22。然後，將溫度降低到 400°C ，供給 H_2 以 $10\ \text{L/min}$ 、 NH_3 以 $5\ \text{L/min}$ 、TMA 以 $20\ \mu\text{mol/min}$ 約 3 分鐘，形成厚度約 $40\ \text{nm}$ 的第 2 之 AlN 層(第 2 之緩衝層)23。然後，將藍寶石基板 1 的溫度保持於 1000°C

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明（76）

，導入 H_2 以 20 L/min、 NH_3 以 10 L/min、TMG 以 $300 \mu\text{mol/min}$ ，形成膜厚約 $0.5 \mu\text{m}$ 的 GaN 層 31。如此，形成了由膜厚約 40 nm 的第 1 之 AlN 層(第 1 之緩衝層)21、膜厚約 $0.3 \mu\text{m}$ 的 GaN 層(中間層)22、膜厚約 40 nm 的第 2 之 AlN 層(第 2 之緩衝層)23、膜厚約 $0.5 \mu\text{m}$ 的 GaN 層 31 所構成的基底層 20。一般，緩衝層為非晶質，而中間層為單結晶。可使得緩衝層與中間層作為 1 週期而形成複數週期，重複也可為任意週期。重複的次數愈多則結晶性愈佳。

然後，使用硬性烘烤光阻劑遮罩，以反應性離子蝕刻法(RIE)作選擇性乾式蝕刻，蝕刻成寬度 $10 \mu\text{m}$ ，間隔 $10 \mu\text{m}$ ，深度 $0.5 \mu\text{m}$ 的條帶狀。藉此，交互形成 GaN 層 31 之寬度 $10 \mu\text{m}$ ，高低差 $0.5 \mu\text{m}$ 的上段，與寬度 $10 \mu\text{m}$ 的露出的第 2 之 AlN 層 23(下段的底部)(圖 13)。此時，形成深度 $0.5 \mu\text{m}$ 的高低差之側面係作為 GaN 層 31 的{11-20}面。

然後，以與上述第 1 實施例同樣的方法，於第 2 之 AlN 層 23 上形成遮罩 4。遮罩 4 的厚度，以不使遮罩超出 GaN 層 31 的上面為度。

然後，將藍寶石基板 1 的溫度保持在 1150°C ，導入 H_2 以 20 L/min、 NH_3 以 10 L/min、TMG 以 $2 \mu\text{mol/min}$ ，以形成 GaN 層 31 的深度 $0.5 \mu\text{m}$ 的高低差之側面的{11-20}面作為核，以橫方向成長來形成 GaN 層 32。此時，高低差上面幾乎沒有縱向成長。而底部之遮罩 4 的上面，則沒有縱向成長。如此，經由主要以{11-20}面為成長面的橫方向磊晶成長會將高低差填埋，或得到橋接構造的橫方向成長區域

五、發明說明(7)

，表面成為平坦狀。其後，導入 H_2 以 20 L/min、 NH_3 以 10 L/min、TMG 以 $300 \mu\text{mol/min}$ ，令 GaN 層 32 成長，GaN 層 31 與 GaN 層 32 之厚度合計成為 $3 \mu\text{m}$ 。GaN 層 32 之形成於 GaN 層 31 的深度 $0.5 \mu\text{m}$ 的高低差之底部上方的部份，較形成於高低差的上面上方的部份，其貫穿差排獲得顯著地抑制。

〔第 10 實施例〕

本實施例，係與第 9 實施例同樣地於藍寶石基板 1 上形成由膜厚約 40nm 的第 1 之 AlN 層(第 1 之緩衝層)21、膜厚約 $0.3 \mu\text{m}$ 的 GaN 層(中間層)22、膜厚約 40nm 的第 2 之 AlN 層(第 2 之緩衝層)23、膜厚約 $0.5 \mu\text{m}$ 的 GaN 層所構成的基底層 20 後，進行約 $0.8 \mu\text{m}$ 的蝕刻，交互形成以 GaN 層 31 作為最上層的寬度 $10 \mu\text{m}$ 、高低差 $0.8 \mu\text{m}$ 的上段，與寬度 $10 \mu\text{m}$ 的露出之第 1 之 AlN 層 21(下段的底部)(圖 14)。此時，形成深度 $0.8 \mu\text{m}$ 的高低差之側面，係作為 GaN 層 31、第 2 之 AlN 層(第 2 之緩衝層)23、GaN 層(中間層)22 的{11-20}面。遮罩 4 在第 1 之 AlN 層 21 上面以厚度不超過第 1 之 AlN 層 21 的上面來形成。如此，主要以{11-20}面作為成長面之橫方向磊晶成長，係以與第 2 實施例同樣地進行，在表面成為平坦之後，令 GaN 層 32 成長，GaN 層 31 與 GaN 層 32 厚度合計成為 $3 \mu\text{m}$ 。GaN 層 32 之形成於 GaN 層 31、第 2 之 AlN 層(第 2 之緩衝層)23、及 GaN 層(中間層)22 的深度約 $0.8 \mu\text{m}$ 的高低差之底部之遮罩 4 的上方的部份，較形成於高低差的上面上方的部份，其貫穿差

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明（→8）

排獲得顯著地抑制。

〔第 11 實施例〕

本實施例，係以第 8 實施例中，於形成 GaN 層 31 之際，摻雜 TMI，作成 GaN：In 層 31。銦(In)的摻雜量約為 $1 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ 。其後，與第 1 實施例約略同樣地進行蝕刻及 GaN 的橫方向磊晶成長(圖 15)。以 GaN：In 層 31 作為核，進行橫方向成長的 GaN 層 32，較第 1 實施例，在貫穿差排約降低至約 1/100。

〔第 12 實施例〕

在以與第 8 實施例同樣地形成的晶圓上之橫方向成長區域之上部，如後述般，形成如圖 16 所述之雷射二極體(LD)100。惟，於 GaN 的形成之際，導入矽烷(SiH_4)，將 GaN 層 32 作成矽(Si)摻雜的 n 型 GaN 所構成的層。又，為了將圖簡略化，將 GaN 層 31 與 GaN 層 32 合併記載為 GaN 層 103。

在由藍寶石基板 101、以 AlN 形成的緩衝層 102、GaN 層與 n 型 GaN 層之 2 段的 GaN 層 103 所構成的晶圓上，形成矽(Si)摻雜的 $\text{Al}_{0.08}\text{Ga}_{0.92}\text{N}$ 所構成的 n 包覆層 104、矽(Si)摻雜的 GaN 所構成的 n 導引層 105、MQW 構造的發光層 106、鎂(Mg)摻雜的 GaN 所構成的 p 導引層 107、鎂(Mg)摻雜的 $\text{Al}_{0.08}\text{Ga}_{0.92}\text{N}$ 所構成的 p 包覆層 108、鎂(Mg)摻雜的 GaN 所構成的 p 導體層 109。然後，於 p 型導體層 109 上，

五、發明說明(7)

形成由金(Au)所構成的電極 110A，及由進行使 GaN 層與 n 型 GaN 層 2 段的 GaN 層 103 露出為止的部份蝕刻，形成由鋁(Al)所構成的電極 110B。雷射二極體(LED)100 的元件部的重要部份為形成 GaN 層 103 的橫方向磊晶成長區域的上部之貫穿差排獲得抑制的區域。如此般形成之雷射二極體(LED)100，其元件壽命及發光效率得顯著地提高。

[第 13 實施例]

在與第 8 實施例同樣地形成的晶圓上之橫方向成長區域的上部，如後述般，形成如圖 17 所示的發光二極體(LED)200。惟，於 GaN 層 32 形成之際，導入矽烷(SiH_4)，將 GaN 層 32 作成摻雜矽(Si)之 n 型 GaN 所構成的層。又，為了將圖簡略化，將 GaN 層 31 與 GaN 層 32 合併單以 GaN 層 203 來記載。

在由藍寶石基板 201、 AlN 所構成的緩衝層 202、及 GaN 層與 n 型 GaN 層之 2 段 GaN 層 203 所構成之晶圓上，形成：矽(Si)摻雜的 $\text{Al}_{0.08}\text{Ga}_{0.92}\text{N}$ 所構成的 n 包覆層 204、發光層 205、鎂(Mg)摻雜的 $\text{Al}_{0.08}\text{Ga}_{0.92}\text{N}$ 所構成的 p 包覆層 206、鎂(Mg)摻雜的 GaN 所構成的 p 導體層 207。然後，於 p 導體層 207 上，形成由金(Au)所構成的電極 208A，及由進行使 GaN 層與 n 型 GaN 層 2 段的 GaN 層 203 露出為止的部份蝕刻，形成由鋁(Al)所構成的電極 208B。如此般形成之發光二極體(LED)200，其元件壽命及發光效率得顯著地提高。

五、發明說明(40)

[第14實施例]

本實施例中，係使用 n 型矽(Si)基板作為基板。於 n 型矽(Si)基板 301 上，溫度 1150°C 下，供給 H₂ 以 10 L/min、NH₃ 以 10 L/min、TMG 以 100 μmol/min、TMA 以 10 μmol/min、用 H₂ 氣體稀釋至 0.86ppm 之矽烷(SiH₄)以 0.2 μmol/min，形成膜厚為 0.5 μm 的由矽(Si)摻雜的 Al_{0.15}Ga_{0.85}N 所構成的層 3021。然後，使用硬性烘烤型光阻劑遮罩，以反應性離子蝕刻法(RIE)，以選擇性乾式蝕刻，蝕刻成寬度 10 μm，間隔 10 μm，深度 0.5 μm 之條帶狀。藉此，交互形成 n-Al_{0.15}Ga_{0.85}N 層 3021 之寬度 10 μm，高低差 0.5 μm 的上段，與 n 型矽基板 301 露出的寬度 10 μm 的下段(底部)(圖 18 的(a))。此時，形成深度 0.5 μm 的高低差之側面，作為 3021 的{11-20}面。

然後，於高低差的底部，形成由鎢所構成的遮罩 5，其厚度以不超過由 n-Al_{0.15}Ga_{0.85}N 所構成的層 3021 之上面為度。將 n 型矽(Si)基板 301 之溫度保持於 1150°C，供給 H₂ 以 20 L/min、NH₃ 以 10 L/min、TMG 以 2 μmol/min、TMA 以 0.2 μmol/min、用 H₂ 氣體稀釋之矽烷(SiH₄)以 4nmol/min，以形成 Al_{0.15}Ga_{0.85}N 層 3021 之深度為 0.5 μm 的高低差之側面之{11-20}面作為核，以橫方向磊晶成長來形成 n-Al_{0.15}Ga_{0.85}N 層 3022。此時，幾乎沒有來自高低差的上面與底部的遮罩 5 之縱方向的磊晶成長(圖 18 的(b))。如此，藉著主要以{11-20}面作為成長面之橫方向磊晶成長，會將高低差填埋或成為橋接構造，表面成為平坦狀。其後，供給 H₂ 以

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明 (4)

10 L/min、 NH_3 以 10 L/min、TMG 以 $100 \mu\text{mol/min}$ 、TMA 以 $10 \mu\text{mol/min}$ 、用 H_2 氣體稀釋之矽烷(SiH)以 $0.2 \mu\text{mol/min}$ ，使 $\text{n-Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ 層 3022 成長， $\text{n-Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ 層 3021 與 $\text{n-Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ 層 3022 之合計厚度為 $2 \mu\text{m}$ (圖 18 的(c))。以下，將厚度為 $2 \mu\text{m}$ 的 $\text{n-Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ 層 3021 與鎢遮罩 1004 與 $\text{n-Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ 層 3022 合併記載為 $\text{n-Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ 層 302。

在上述般 n 型矽基板 301 上所構成的 $\text{n-Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ 層 302 之上，形成：矽(Si)摻雜的 GaN 所構成的 n 導引層 303、MQW 構造的發光層 304、鎂(Mg)摻雜的 GaN 所構成的 p 導引層 305、鎂(Mg)摻雜的 $\text{Al}_{0.08}\text{Ga}_{0.92}\text{N}$ 所構成的 p 包覆層 306、鎂(Mg)摻雜的 GaN 所構成的 p 導電層 307。然後，在 p 導電層 307 上，形成由金(Au)所構成的電極 308A，在矽基板 301 裡面，形成由鋁(Al)所構成的電極 308B(圖 19)。雷射二極體(LD)300 的重要部份為形成於 $\text{n-Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ 層 302 的橫方向成長區域的上部之貫穿差排獲得抑制的區域。如此般地形成的雷射二極體(LD)1300，其元件壽命及發光效率得顯著地提高。

[第 15 實施例]

於本實施例中，亦使用 n 型矽(Si)基板作為基板。與第 14 實施例之形成於 n 型矽(Si)基板 301 上的 $\text{n-Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ 層 302 同樣地，準備好於 n 型矽(Si)基板 401 上形成有 $\text{n-Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ 層 402 之晶圓，其上，形成發光層 403、鎂(Mg)摻雜的 $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ 所構成的 p 包覆層 404。然後，於 p 包覆層上形成由金(Au)所構成的電極 405A，於矽基板 401

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明 (4>)

裡面形成由鋁(Al)所構成的電極 405B(圖 20)。如此般地形成的發光二極體(LED)400，其元件壽命及發光效率得顯著地提高。

〔應用〕

作為本發明之應用例，可有效的用於將第 2 之 GaN 層 32 的貫穿差排未被降低之區域進一步進行蝕刻，來讓 GaN 層進而再進行橫方向磊晶成長。圖 21 為，第 1 之 GaN 層 31、第 2 之 GaN 層 32 的進行蝕刻的位置之示意圖。如圖 21 的(a)般，進行蝕刻成為條帶狀，形成高低差的上段之 GaN 層 31(圖中的斜線部份)的部份，與 B 所表示的高低差的底部。遮罩 4 的形成，係與第 8 實施例相同。如圖 21 的(b)般，留下將以 B 所示的遮罩上的高低差填埋之 GaN 層 32，進行蝕刻，成為條帶狀，形成以 A 表示之高低差的底部。單獨對此底部，再次形成遮罩。此遮罩的厚度以不超出基板上形成之層的最上面為度。如此，再以成為高低差上段之第 2 的 GaN 層 32 作為核，進行橫方向磊晶成長，則如圖 21 的(c)般，形成：貫穿差排會自 GaN 層 31 傳播的部份之標示為 31 之區域、於橫方向磊晶成長之 GaN 層 32 的上部之貫穿差排獲得抑制之標示為 32 之區域，及於橫方向磊晶成長之 GaN 層 33 的上部之貫穿差排獲得抑制之標示為 33 之區域。藉此，可於晶圓的幾乎是全面，形成貫穿差排獲得降低的區域。又，GaN 層 32 的蝕刻深度可為任意的。藉此，可得到貫穿差排得以遍及全面地得到抑制之 III

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明(43)

族氮化物系化合物半導體基板。

〔蝕刻之變形〕

又，圖 22 爲，由 3 組的{11-20}面將高低差的上段形成爲島狀之例。圖 22 的(a)係顯示於 3 組的{11-20}面所構成的外圍，惟爲了便於理解，而作簡略化之示意圖，實際上島狀的高低差之上段，在每個晶圓上可形成有數千萬個。圖 22 的(a)中，相對於島狀的高低差之上段，高低差的底部 B 有 3 倍的面積。於圖 22 的(b)中，相對於島狀的高低差之上段，高低差的底部 B 有 8 倍的面積。

於本發明中，雖如上述般揭示出實施例，但本發明並不被侷限於上述之實施例，只要是依於本發明的精神之所有變形，均屬本發明之範疇。

本發明包括作爲主張優先權的基礎之日本專利申請案 2000 年第 99948 號、日本專利申請案 2000 年第 99949 號之內容。

(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：

)

III 族氮化物系化合物半導體之製造方法及 III 族氮化物系化合物半導體元件

提供抑制貫穿差排之 III 族氮化物系化合物半導體。

將 GaN 層 31 蝕刻成點狀、條帶狀或格子狀等之島狀態，設置出高低差，在底部形成遮罩 4，其厚度是使遮罩 4 的上面較 GaN 層 31 的上面為低。以高低差上段的上面 31a 及側面 31b 作為核，使 GaN 32 進行橫方向磊晶成長，將高低差部份填埋之後，也可向上方成長。此時，橫方向磊晶成長有 GaN32 之遮罩 4 的上部，可作為 GaN 層 31 所具有的貫穿差排之傳播受到抑制的區域。

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)

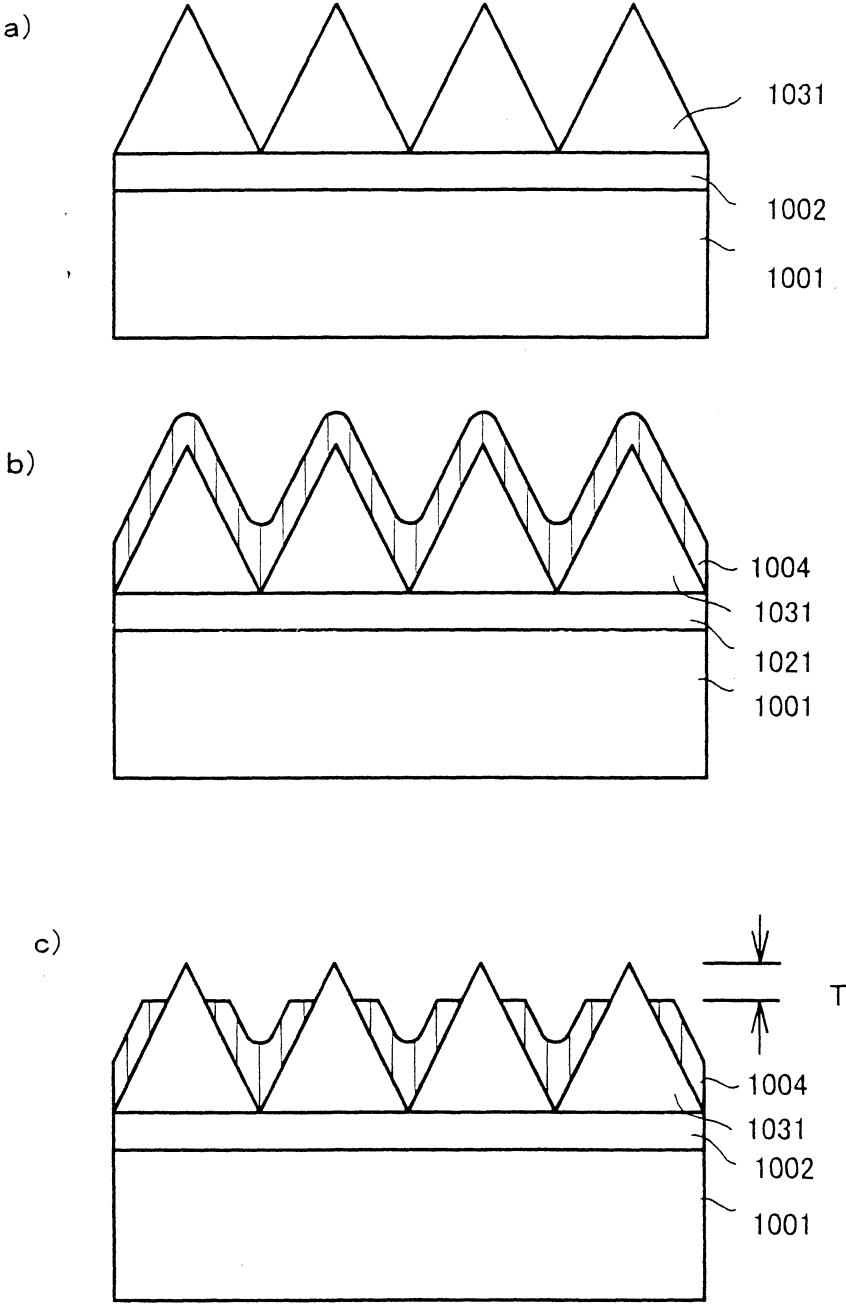
裝

訂

線

p. 107352

第1圖



第2圖

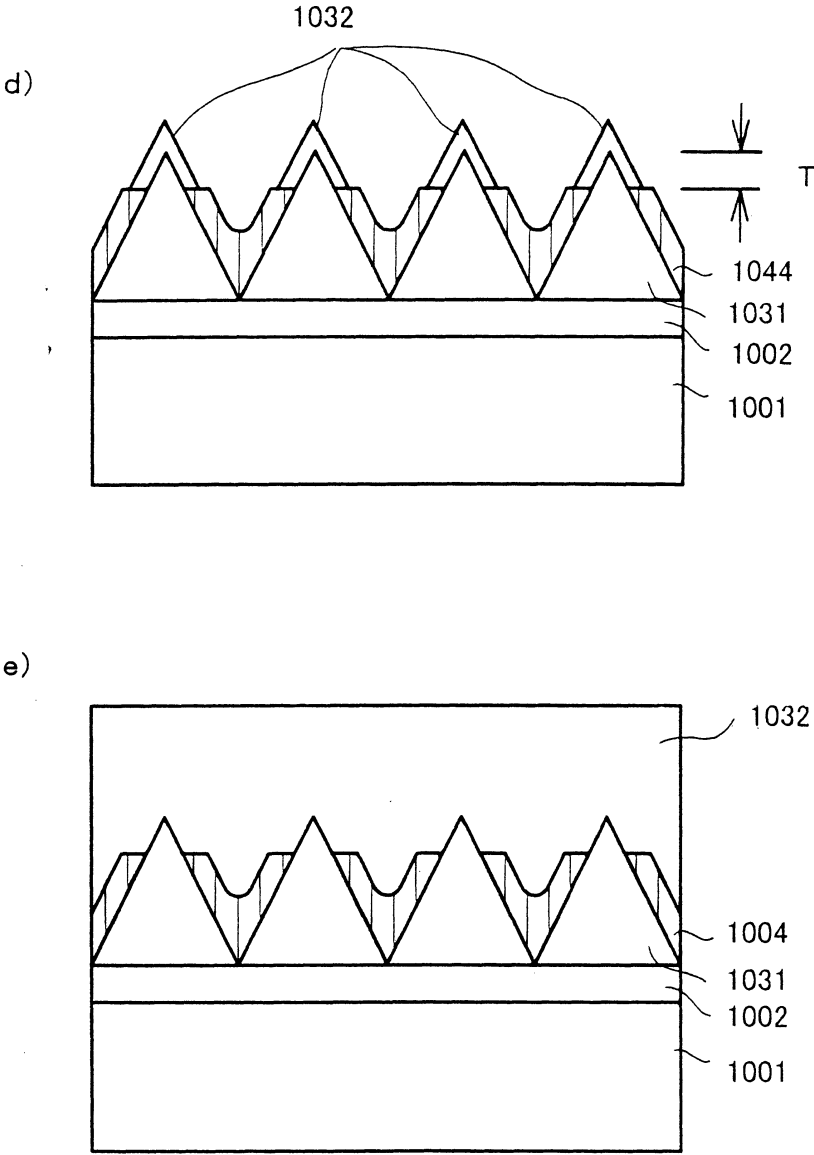
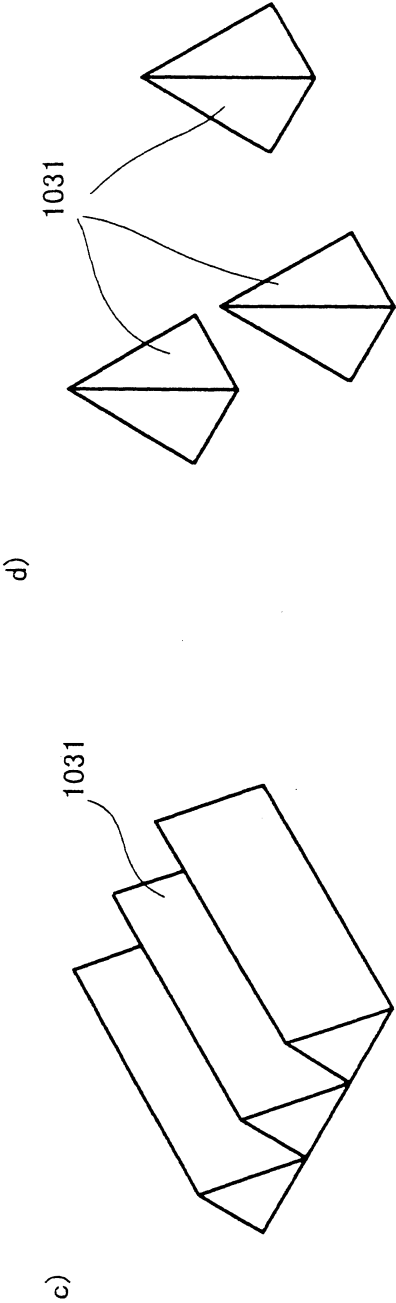
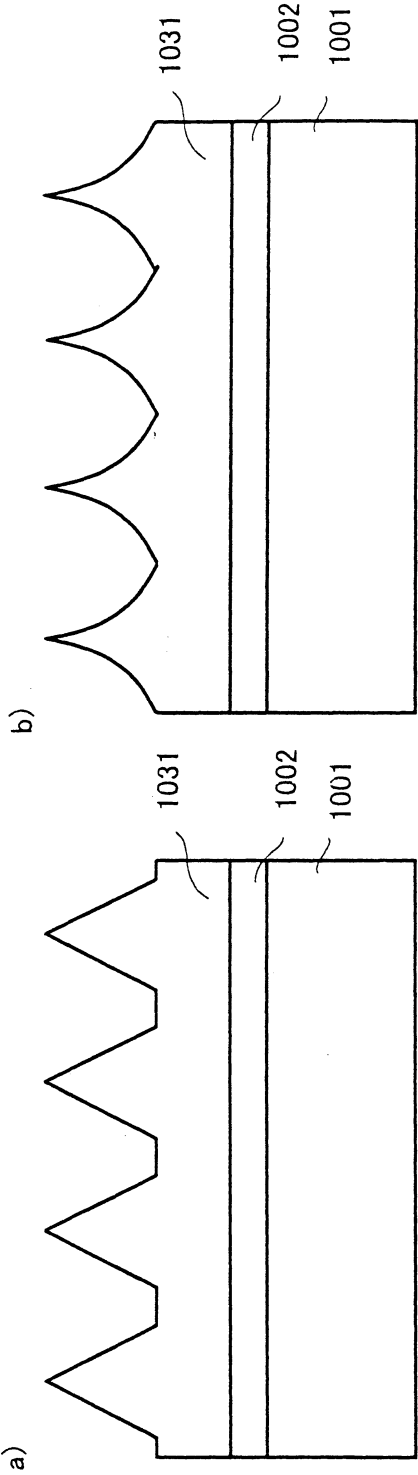
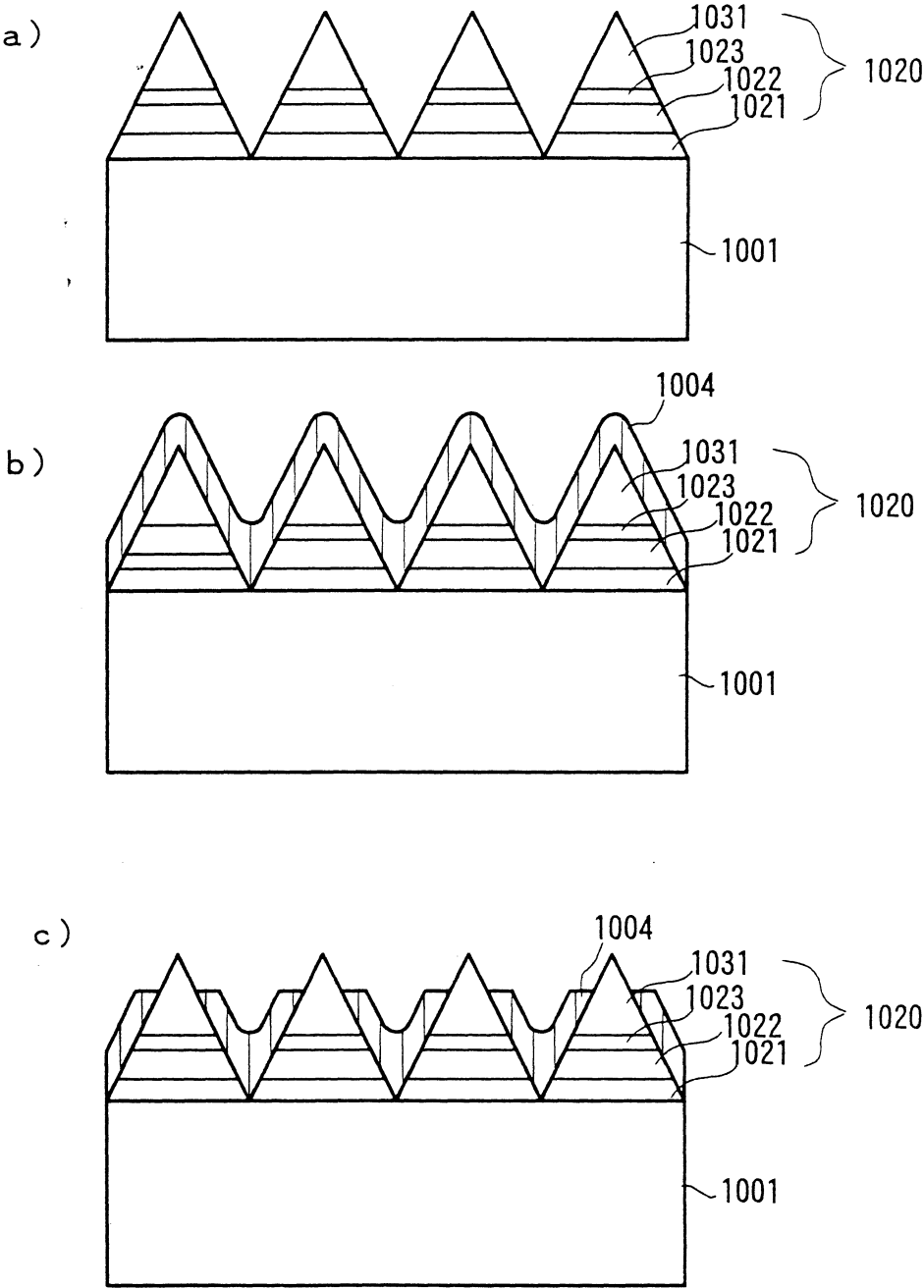


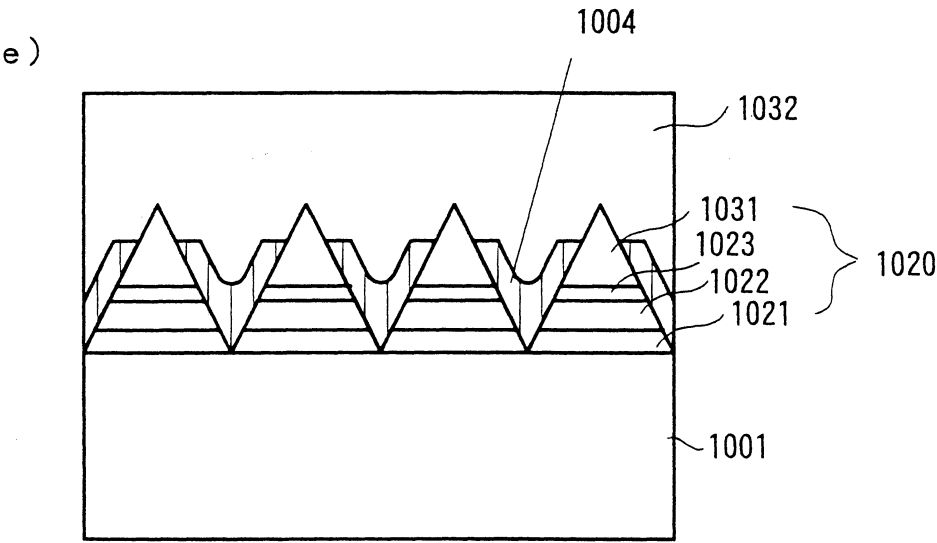
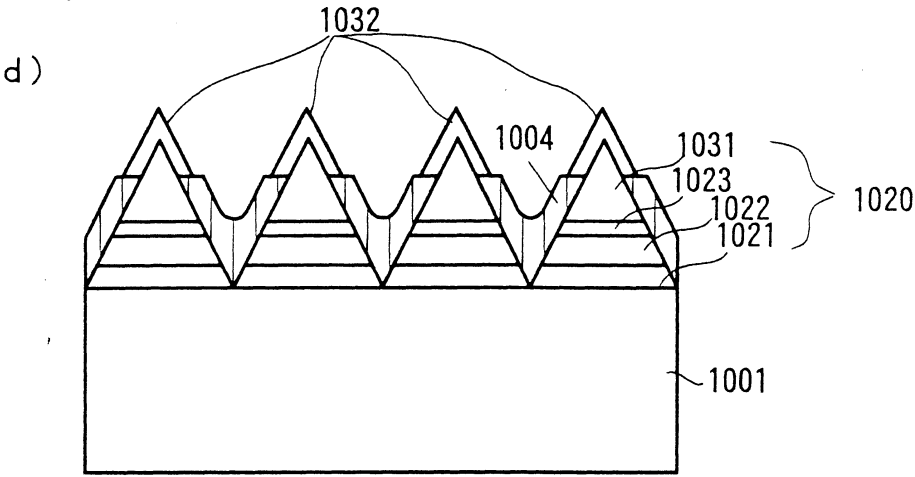
圖3



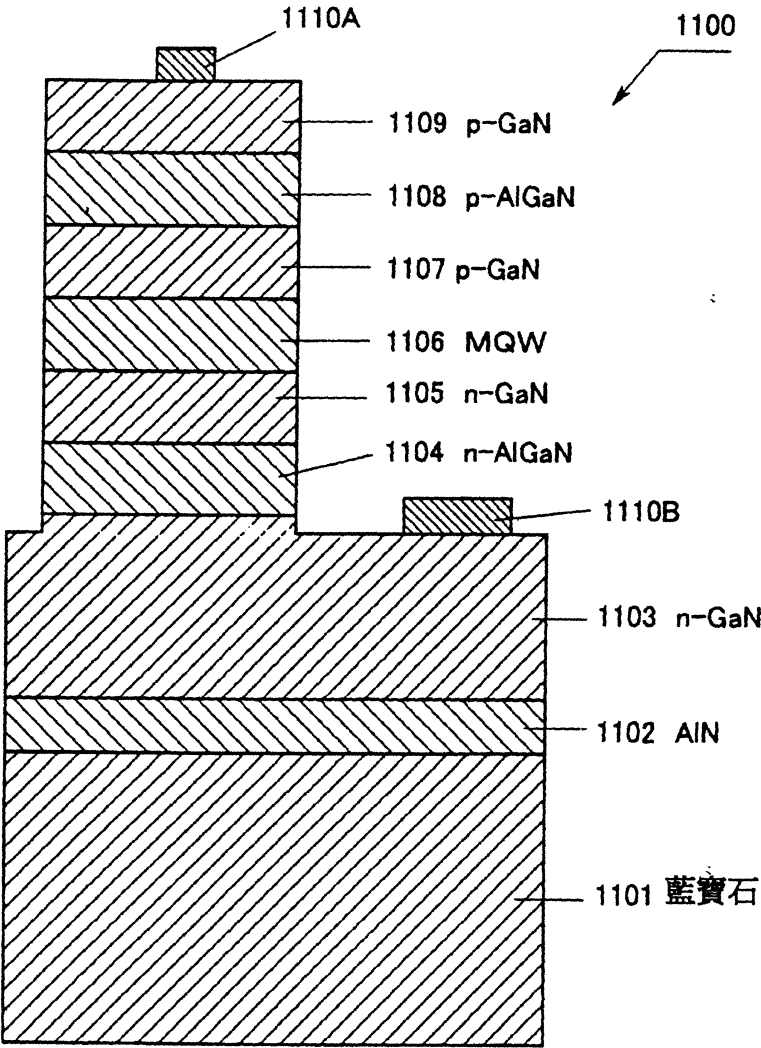
第4圖



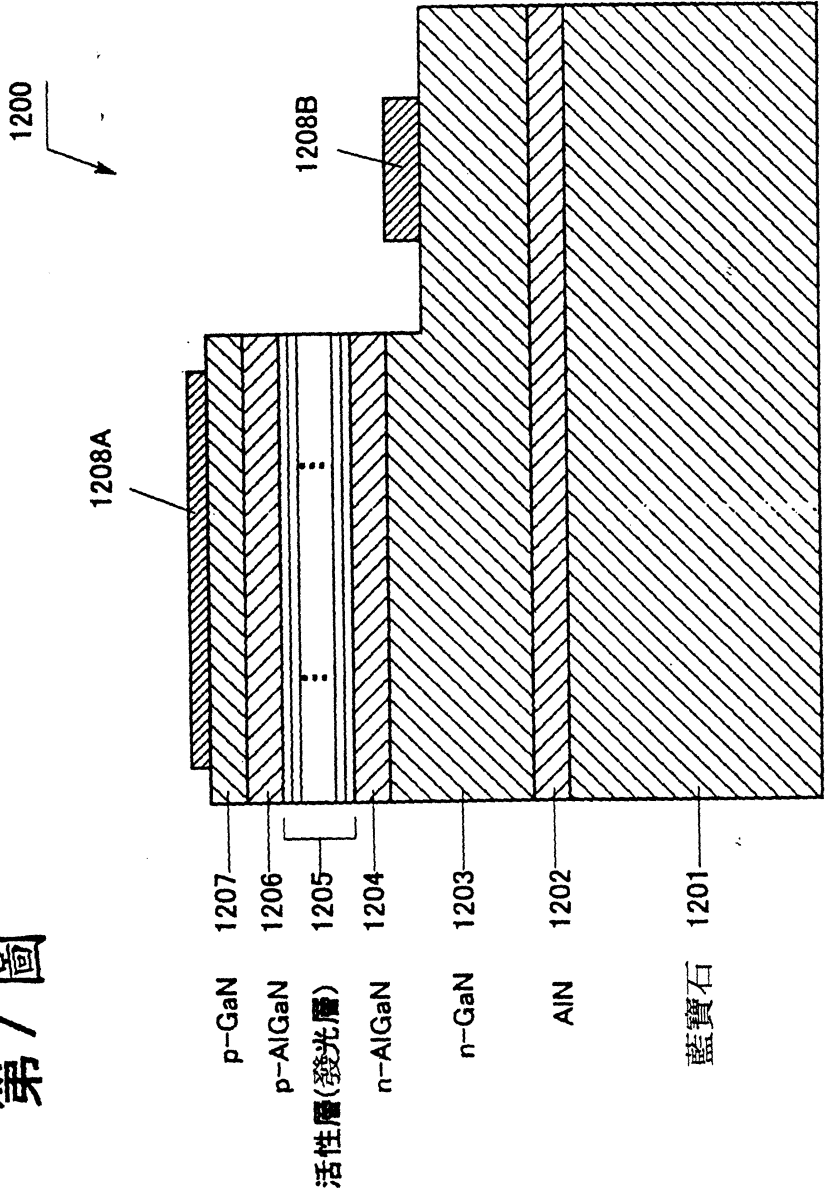
第5圖



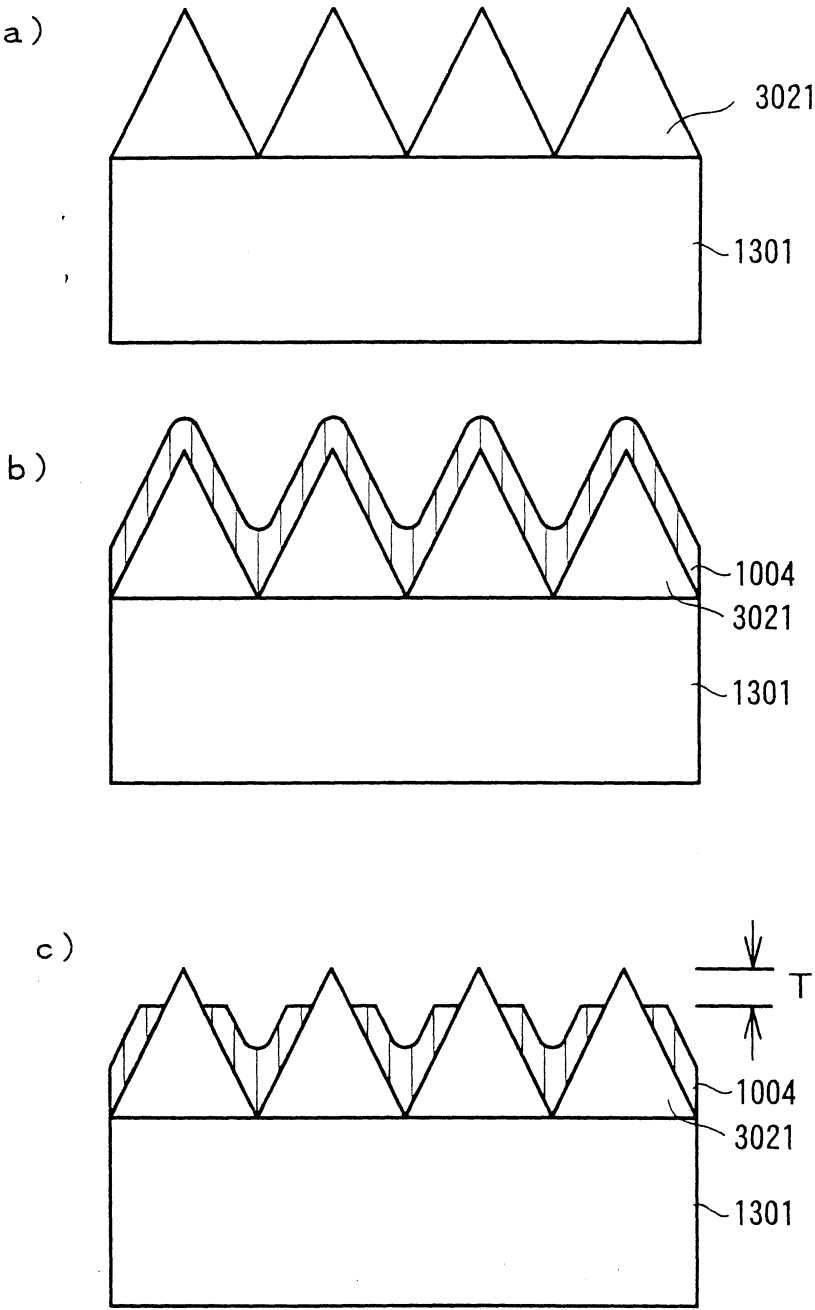
第6圖



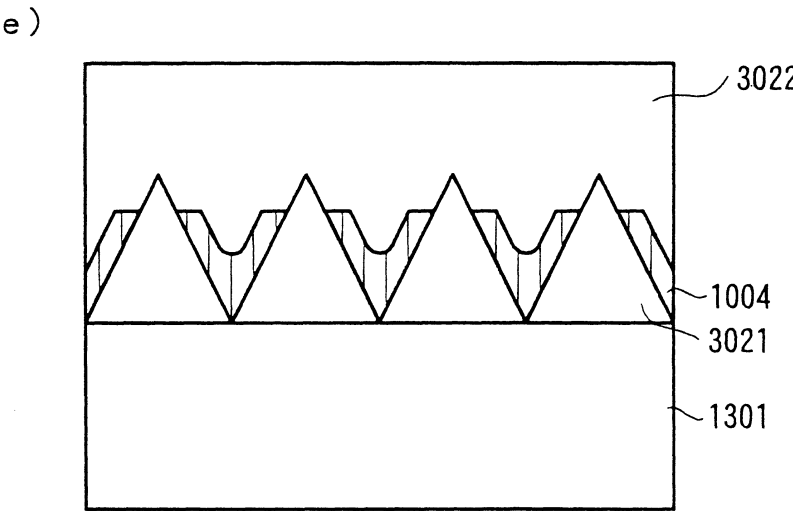
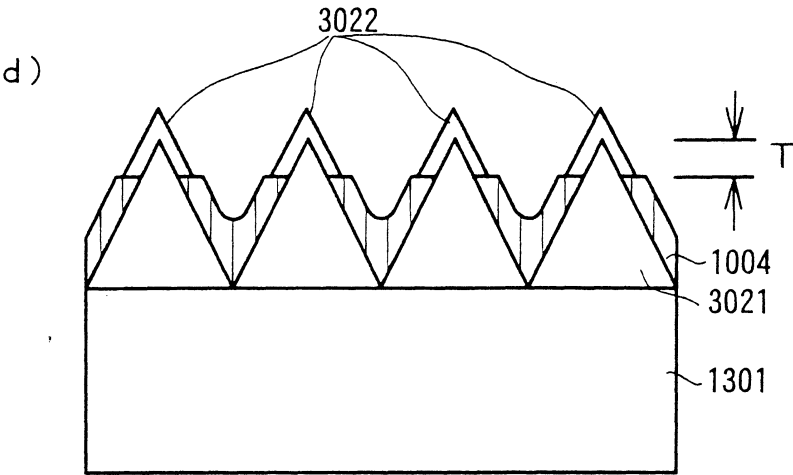
第7圖



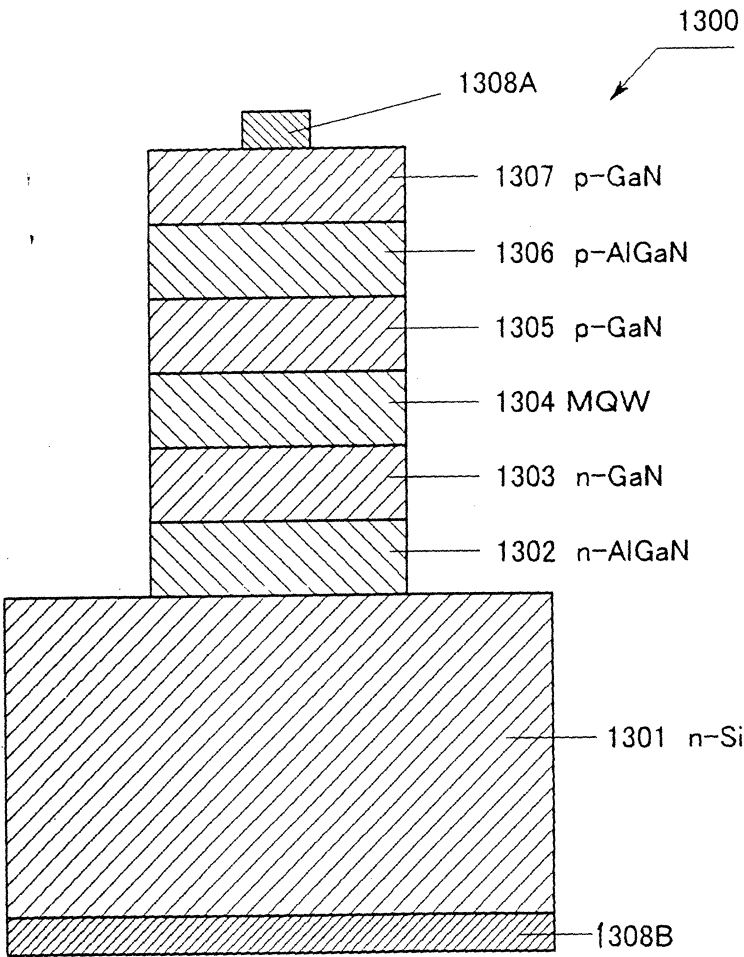
第8圖



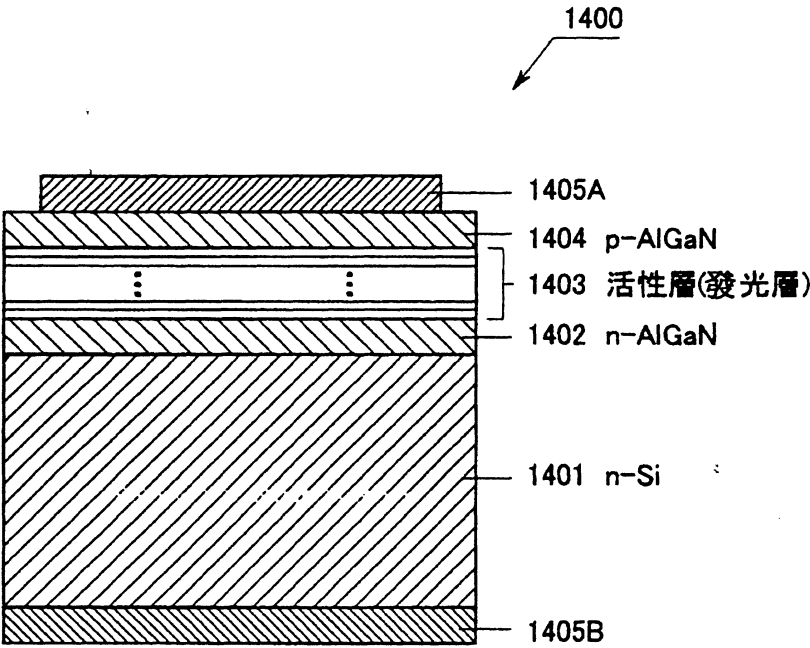
第9圖



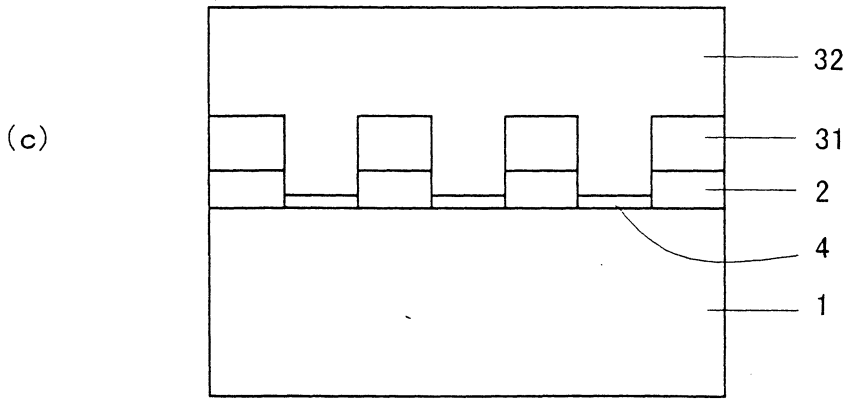
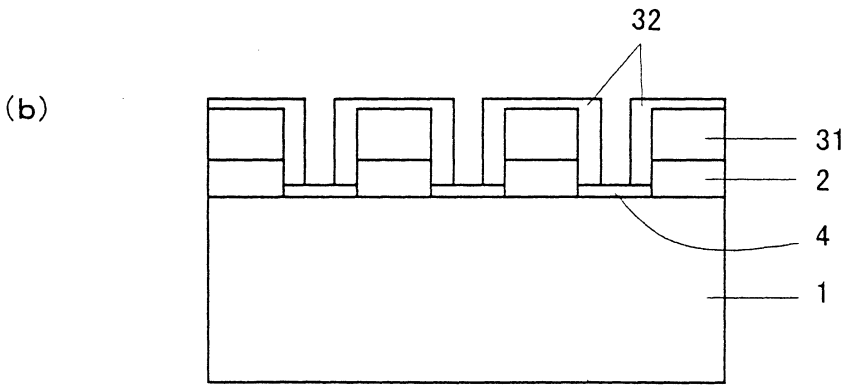
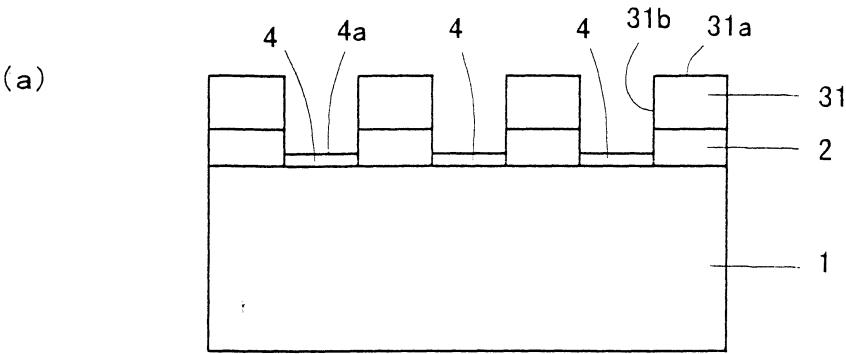
第10圖



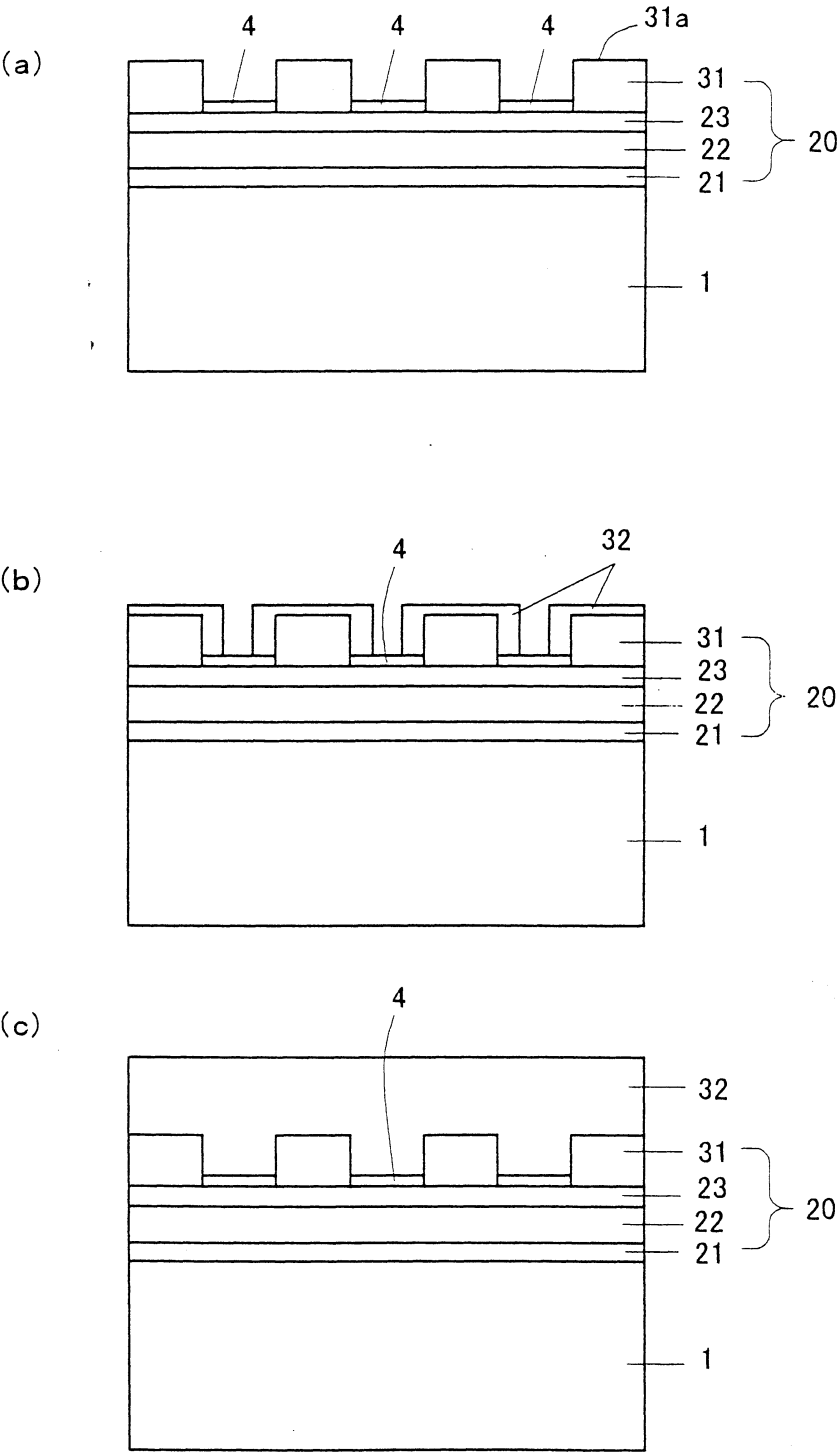
第11圖



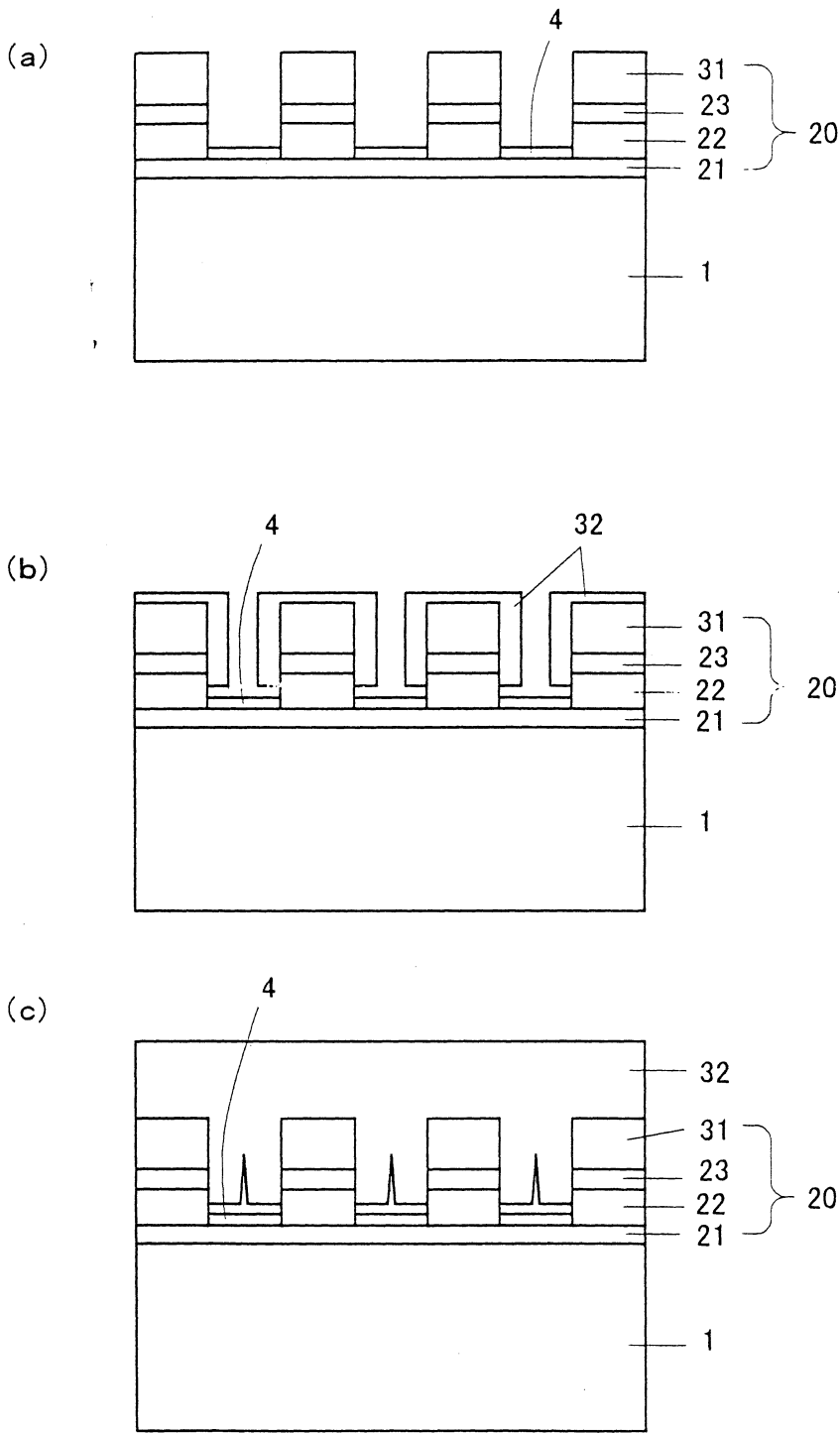
第12圖



第13圖

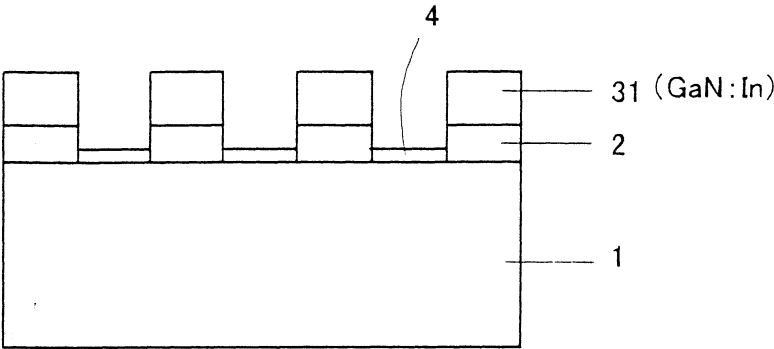


第14圖

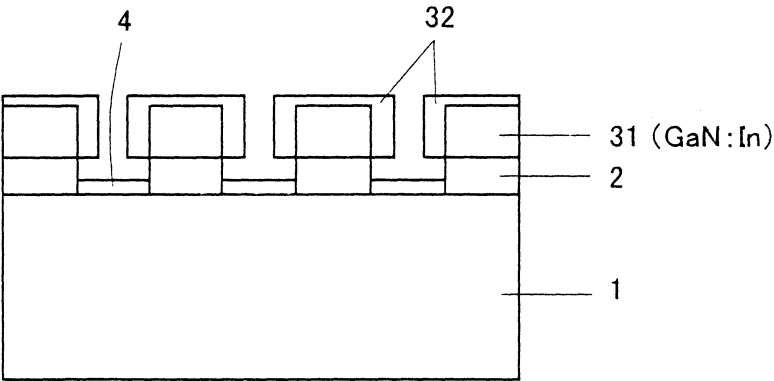


第15圖

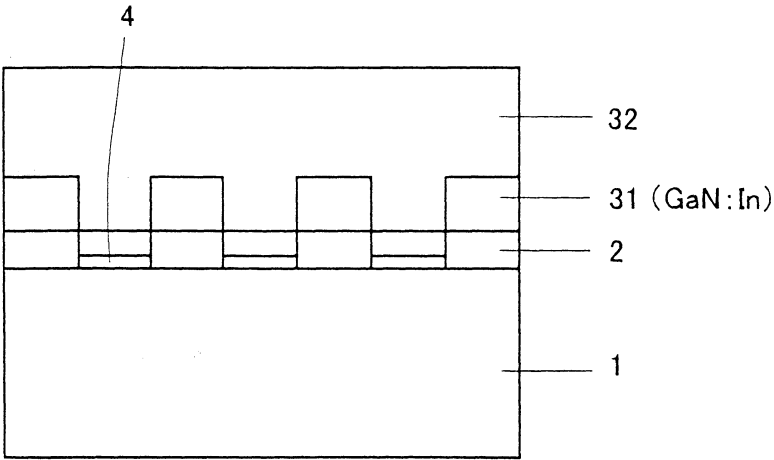
(a)



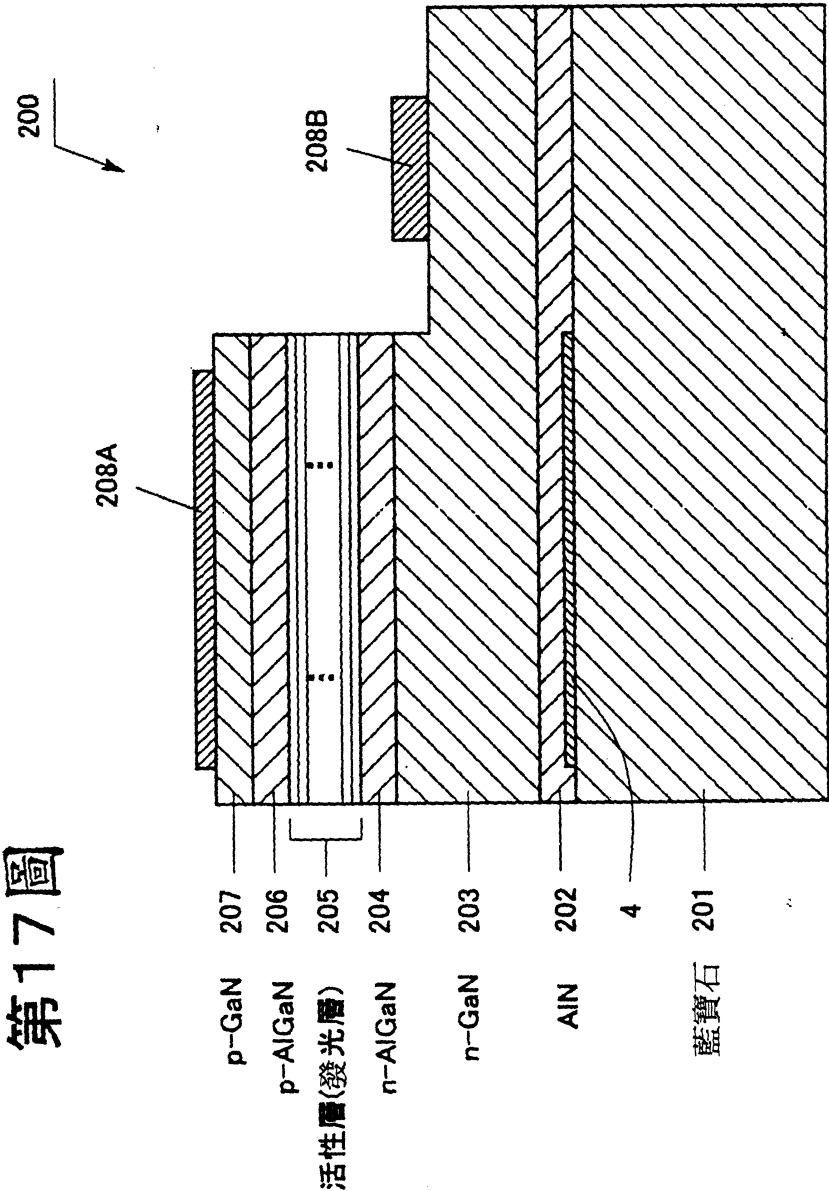
(b)



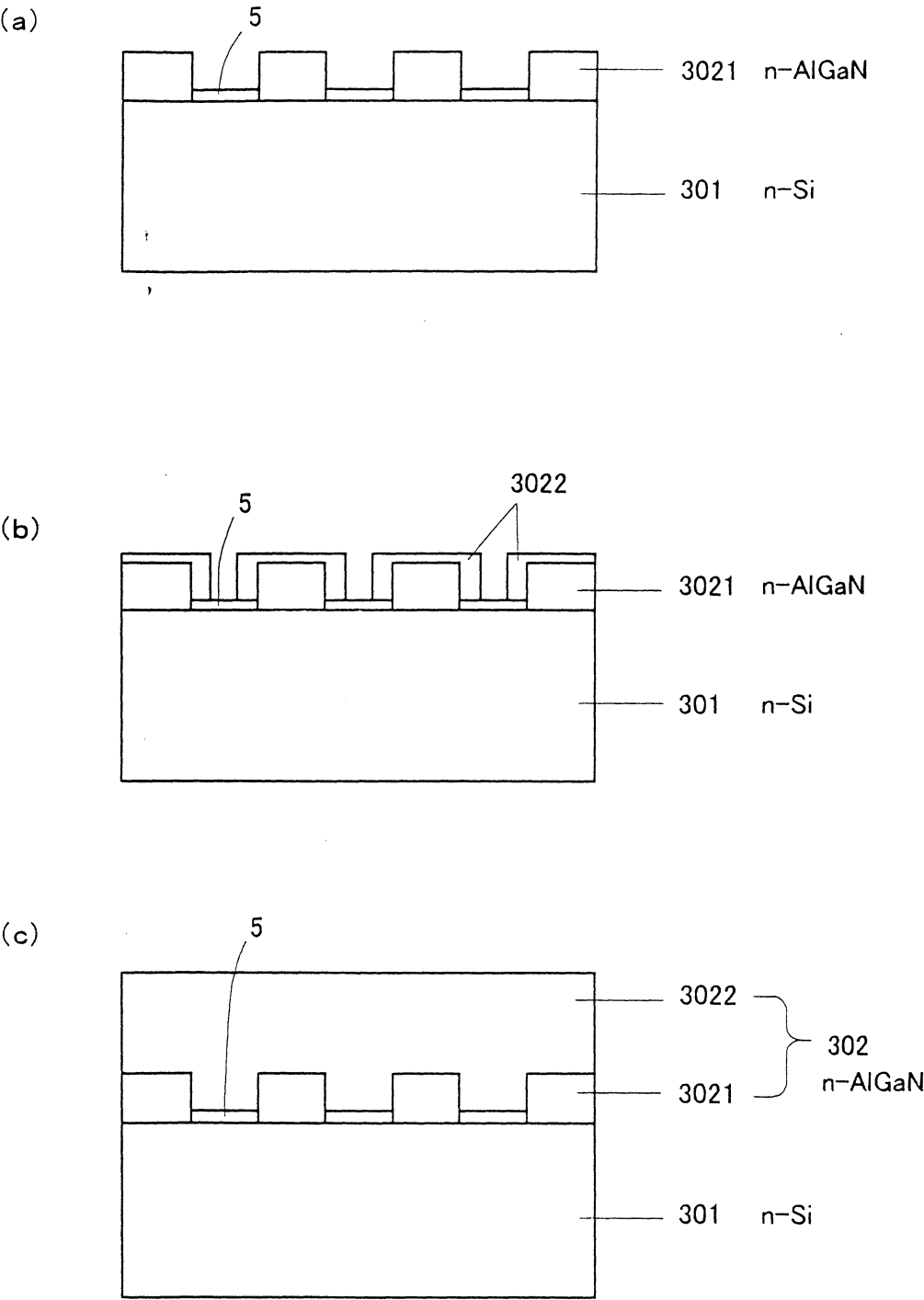
(c)



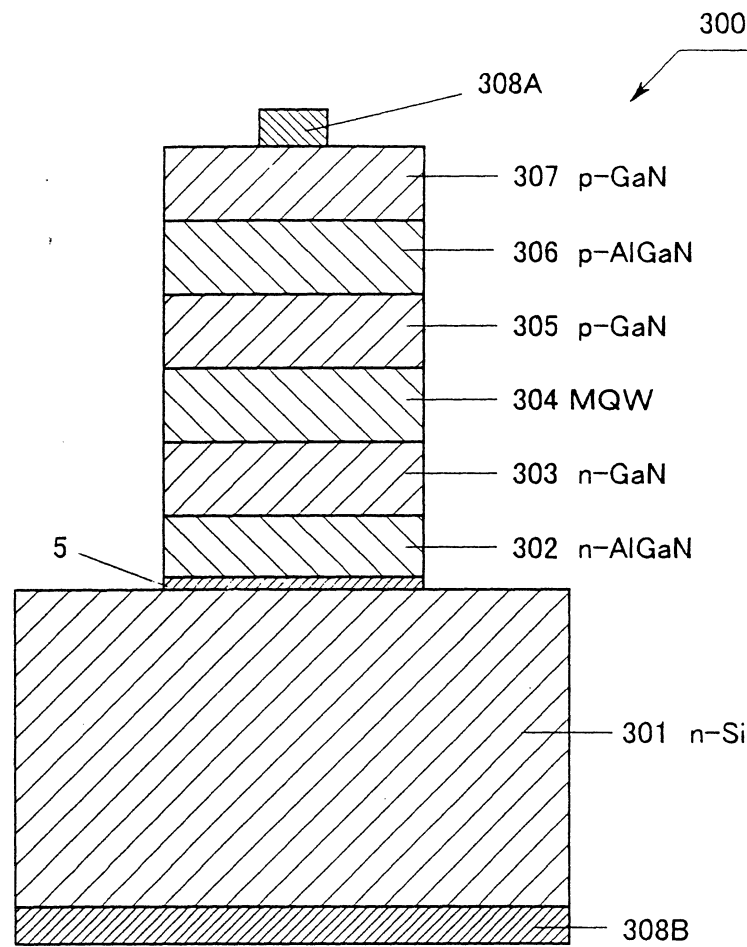
第17圖



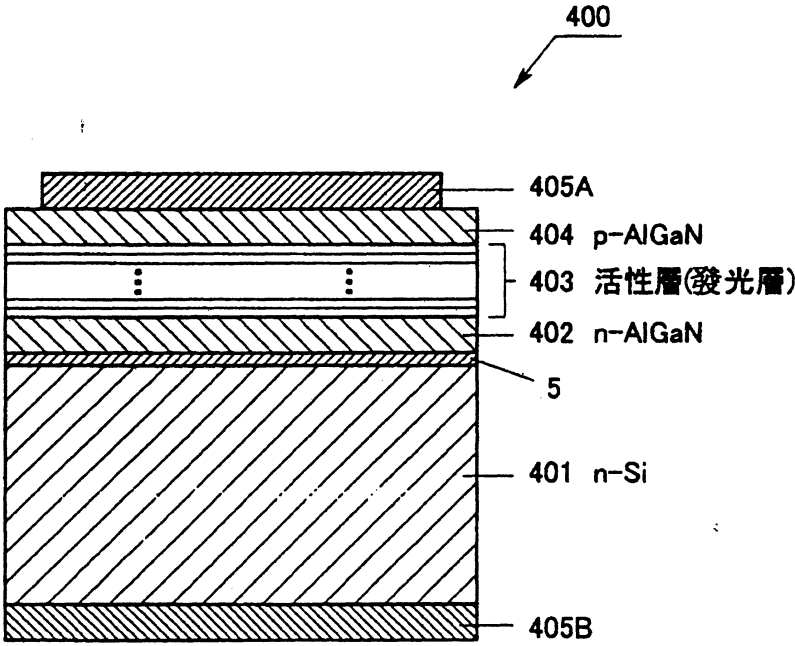
第18圖



第19圖

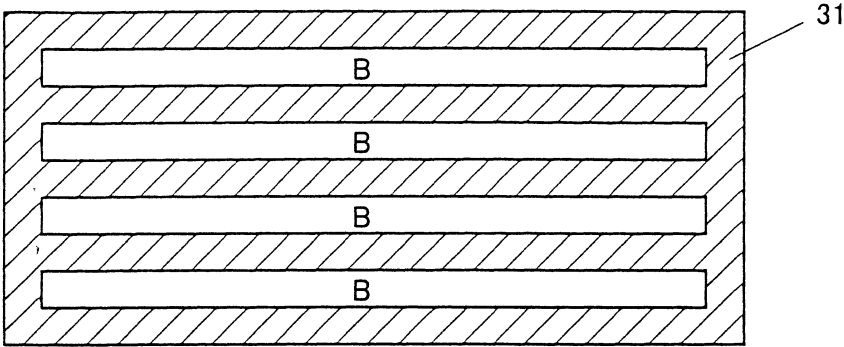


第20圖

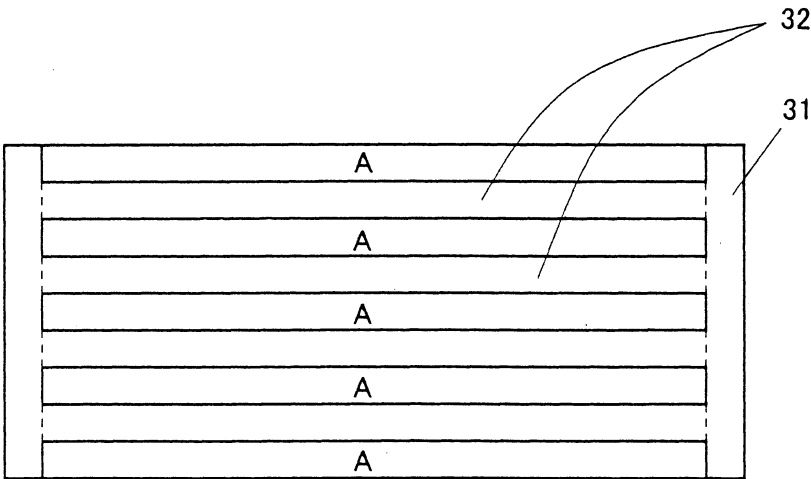


第21圖

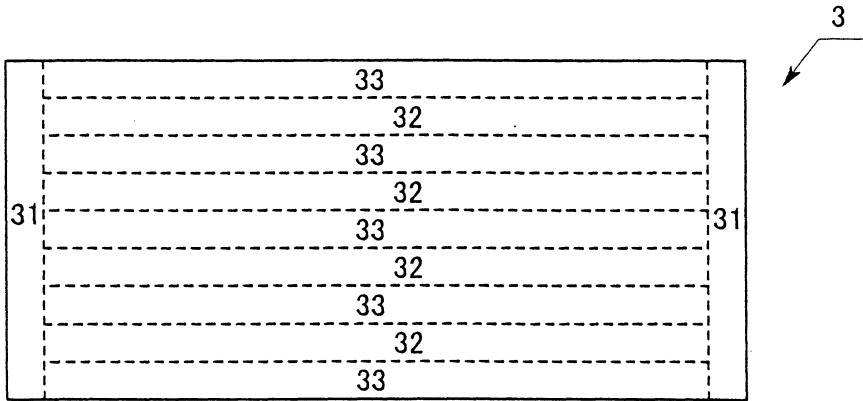
(a)



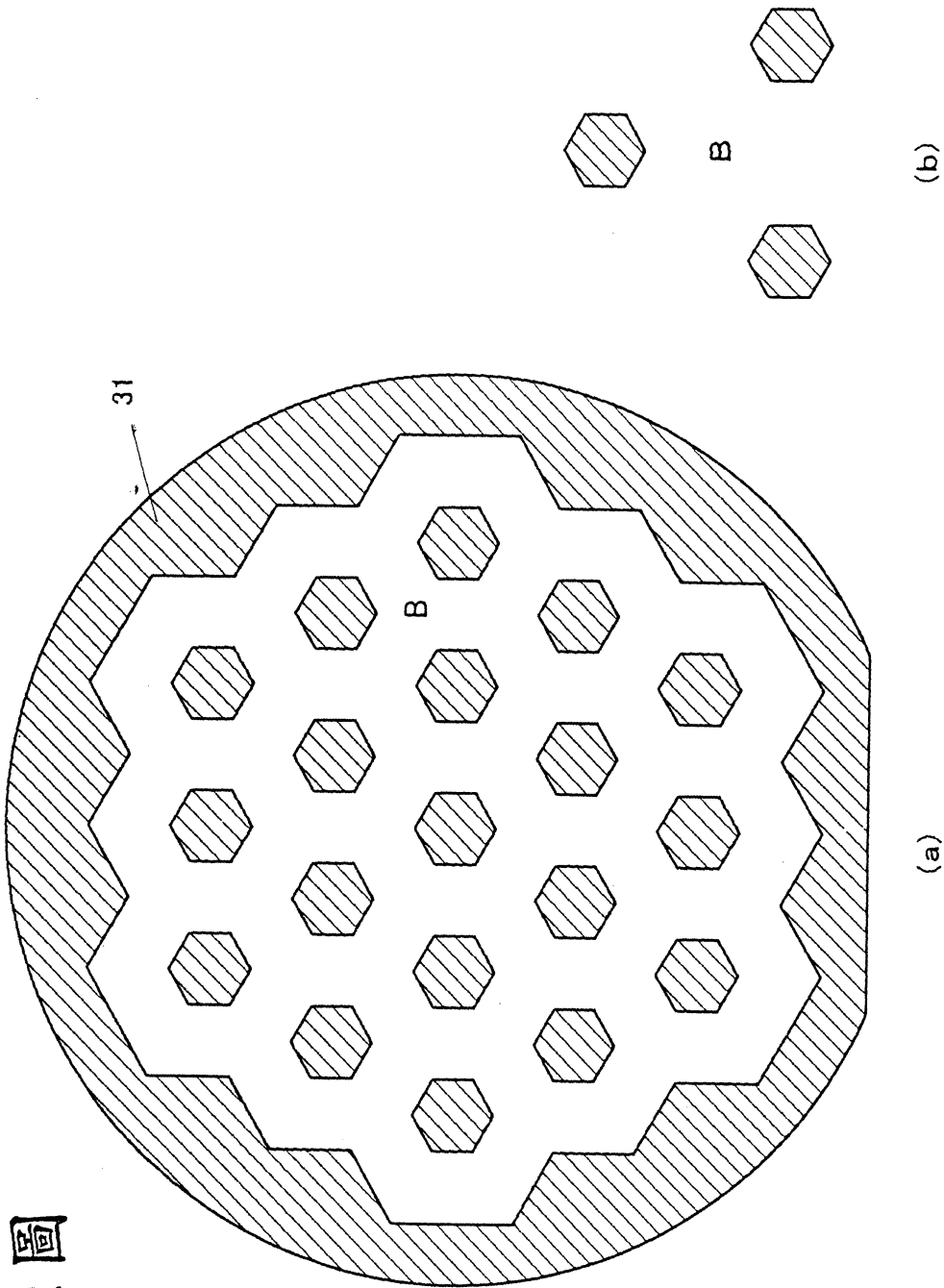
(b)



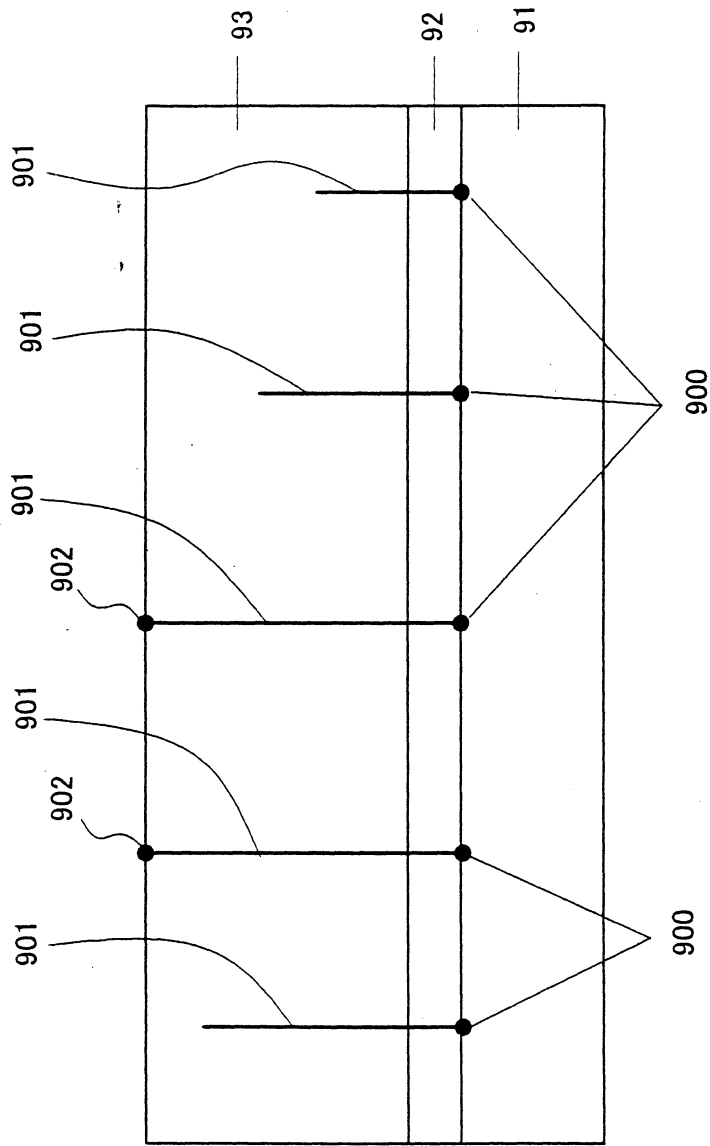
(c)



第22圖



第23圖



六、申請專利範圍

1.一種 III 族氮化物系化合物半導體之製造方法，係在基板上以磊晶成長的方式製得 III 族氮化物系化合物半導體；其特徵在於，具有：

將由至少 1 層之 III 族氮化物系化合物半導體所構成之基底層(其最上層為第 1 之 III 族氮化物系化合物半導體)加以蝕刻，成為隨著離開基板面而水平截面積趨近於 0 之點狀、條帶狀、或格子狀等之島狀態之製程；

在前述第 1 之 III 族氮化物系化合物半導體上，以僅露出島狀態的第 1 之 III 族氮化物系化合物半導體之頂部附近的方式形成遮罩之製程；以及

以自前述遮罩露出之第 1 之 III 族氮化物系化合物半導體的頂部附近作為核，使第 2 之 III 族氮化物系化合物半導體進行縱與橫方向磊晶成長之製程。

2.如申請專利範圍第 1 項之 III 族氮化物系化合物半導體之製造方法，其中，

隨著離開基板面而水平截面積趨近於 0 之島狀態，係三角錐橫倒而多數並排之狀態。

3.如申請專利範圍第 1 項之 III 族氮化物系化合物半導體之製造方法，其中，隨著離開基板面而水平截面積趨近於 0 之島狀態，係形成多數之錐狀之島之狀態。

4.如申請專利範圍第 1~3 項中任一項之 III 族氮化物系化合物半導體之製造方法，其中，第 1 之 III 族氮化物系化合物半導體與第 2 之 III 族氮化物系化合物半導體為相同組成。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

線

六、申請專利範圍

5.如申請專利範圍第 1~3 項中任一項之 III 族氮化物系化合物半導體之製造方法，其中，遮罩係鎢(W)或其他導電性的金屬。

6.如申請專利範圍第 4 項之 III 族氮化物系化合物半導體之製造方法，其中，遮罩係鎢(W)或其他導電性的金屬。

7.一種 III 族氮化物系化合物半導體元件之製造方法，其特徵在於，係具有：在以申請專利範圍第 1~6 項中任一項之 III 族氮化物系化合物半導體之製造方法所製造的 III 族氮化物系化合物半導體層上，積層 III 族氮化物系半導體層之製程。

8.一種 III 族氮化物系化合物半導體發光元件之製造方法，其特徵在於，係具有：在以申請專利範圍第 1~6 項中任一項之 III 族氮化物系化合物半導體之製造方法所製造的 III 族氮化物系化合物半導體層上，積層不同之 III 族氮化物系化合物半導體層之製程。

9.一種 III 族氮化物系化合物半導體基板之製造方法，其特徵在於，除了申請專利範圍第 1~6 項中任一項之 III 族氮化物系化合物半導體之製造方法之外，加上將自前述基板至前述遮罩為止的大致全部除去，來得到 III 族氮化物系化合物半導體基板。

10.一種 III 族氮化物系化合物半導體之製造方法，係在基板上以磊晶成長的方式製得 III 族氮化物系化合物半導體；其特徵在於，具有：

將由至少 1 層之 III 族氮化物系化合物半導體所構成、

六、申請專利範圍

最上層作為第 1 之 III 族氮化物系化合物半導體的基底層加以蝕刻，成為點狀、條帶狀、或格子狀等之島狀態，然後以使得前述基底層的中間部之面或基板的面露出於底部的方式來設置高低差；

於前述高低差之前述底部形成遮罩(厚度係成為：其上面較前述最上層之上面為低)之製程；以及

以前述之藉蝕刻形成之點狀、條帶狀或格子狀等之島狀態之前述第 1 之 III 族氮化物系化合物半導體之高低差的上段之上面及側面作為核，使第 2 之 III 族氮化物系化合物半導體進行縱及橫方向磊晶成長之製程。

11.如申請專利範圍第 10 項之 III 族氮化物系化合物半導體之製造方法，其中，遮罩係以可阻礙其上之 III 族氮化物系化合物半導體上的磊晶成長之物質所構成。

12.如申請專利範圍第 10 或 11 項之 III 族氮化物系化合物半導體之製造方法，其中，高低差之側面之大致全部為{11-20}面。

13.如申請專利範圍第 10 或 11 項之 III 族氮化物系化合物半導體之製造方法，其中，第 1 之 III 族氮化物系化合物半導體與第 2 之 III 族氮化物系化合物半導體為相同組成。

14.如申請專利範圍第 12 項之 III 族氮化物系化合物半導體之製造方法，其中，第 1 之 III 族氮化物系化合物半導體與第 2 之 III 族氮化物系化合物半導體為相同組成。

15.如申請專利範圍第 10 或 11 項之 III 族氮化物系化

六、申請專利範圍

合物半導體之製造方法，其中，遮罩係：矽氧化膜、矽氮化膜、或鎢、氮化鈦膜或其他導電性遮罩。

16.如申請專利範圍第 12 項之 III 族氮化物系化合物半導體之製造方法，其中，遮罩係：矽氧化膜、矽氮化膜、或鎢、氮化鈦膜或其他導電性遮罩。

17.如申請專利範圍第 13 項之 III 族氮化物系化合物半導體之製造方法，其中，遮罩係：矽氧化膜、矽氮化膜、或鎢、氮化鈦膜或其他導電性遮罩。

18.如申請專利範圍第 14 項之 III 族氮化物系化合物半導體之製造方法，其中，遮罩係：矽氧化膜、矽氮化膜、或鎢、氮化鈦膜或其他導電性遮罩。

19.一種 III 族氮化物系化合物半導體元件之製造方法，其特徵在於，係具有：在以申請專利範圍第 10~18 項中任一項之 III 族氮化物系化合物半導體之製造方法所製造之 III 族氮化物系化合物半導體層之已進行橫方向磊晶成長的部份之上層處，積層 III 族氮化物系半導體層之製程。

20.一種 III 族氮化物系化合物半導體發光元件之製造方法，其特徵在於，係具有：在以申請專利範圍第 10~18 項中任一項之 III 族氮化物系化合物半導體之製造方法所製造之 III 族氮化物系化合物半導體層之橫方向磊晶成長出的部份之上層處，積層不同的 III 族氮化物系化合物半導體層之製程。

21.一種 III 族氮化物系化合物半導體基板之製造方法，其特徵在於，除了申請專利範圍第 10~18 項中任一項之

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

線

六、申請專利範圍

III 族氮化物系化合物半導體之製造方法之外，加上將橫方向磊晶成長出的部份之上層以外大致全部除去，藉此，得到 III 族氮化物系化合物半導體基板。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

線