

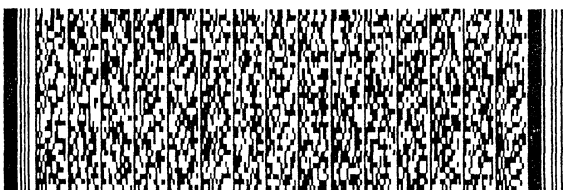
申請日期： <u>93.20</u>	案號： <u>91105263</u>
類別： <u>H01L 33/00</u>	

(以上各欄由本局填註)

## 發明專利說明書

536841

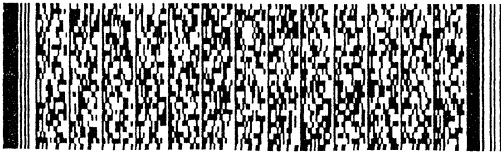
一、 發明名稱	中文	半導體發光元件
	英文	SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING ELEMENT
二、 發明人	姓名 (中文)	1. 只友一行
	姓名 (英文)	1. KAZUYUKI TADATOMO
	國籍	1. 日本
	住、居所	1. 日本國兵庫縣伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線工業股份有限公司 伊丹製作所內 c/o Itami Factory of MITSUBISHI CABLE INDUSTRIES, LTD., 3, Ikejiri 4-chome, Itami-shi, Hyogo Japan
三、 申請人	姓名 (名稱) (中文)	1. 三菱電線工業股份有限公司
	姓名 (名稱) (英文)	1. MITSUBISHI CABLE INDUSTRIES, LTD.
	國籍	1. 日本
	住、居所 (事務所)	1. 日本國兵庫縣尼崎市東向島西之町8番地 8, Nishinocho, Higashimukaijima, Amagasaki-shi, Hyogo Japan
	代表人 姓名 (中文)	1. 阿島俊一
代表人 姓名 (英文)	1. SHUN-ICHI AJIMA	



申請日期：	案號：
類別：	

(以上各欄由本局填註)

## 發明專利說明書

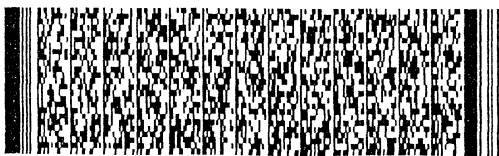
一、 發明名稱	中文	
	英文	
二、 發明人	姓名 (中文)	2. 岡川廣明(岡川広明)
	姓名 (英文)	2. HIROAKI OKAGAWA
	國籍	2. 日本
	住、居所	2. 日本國兵庫縣伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線工業股份有限公司 伊丹製作所內 c/o Itami Factory of MITSUBISHI CABLE INDUSTRIES, LTD., 3, Ikejiri 4-chome, Itami-shi, Hyogo Japan
三、 申請人	姓名 (名稱) (中文)	
	姓名 (名稱) (英文)	
	國籍	
	住、居所 (事務所)	
	代表人 姓名 (中文)	
	代表人 姓名 (英文)	
		

申請日期：	案號：
類別：	

(以上各欄由本局填註)

## 發明專利說明書

一、 發明名稱	中文	
	英文	
二、 發明人	姓名 (中文)	3. 大內洋一郎
	姓名 (英文)	3. YOICHIRO OUCHI
	國籍	3. 日本
	住、居所	3. 日本國兵庫縣伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線工業股份有限公司 伊丹製作所內 c/o Itami Factory of MITSUBISHI CABLE INDUSTRIES, LTD., 3, Ikejiri 4-chome, Itami-shi, Hyogo Japan
三、 申請人	姓名 (名稱) (中文)	
	姓名 (名稱) (英文)	
	國籍	
	住、居所 (事務所)	
	代表人 姓名 (中文)	
	代表人 姓名 (英文)	

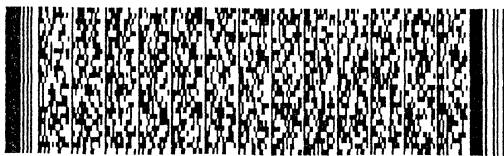


申請日期：	案號：
類別：	

(以上各欄由本局填註)

## 發明專利說明書

一、 發明名稱	中文	
	英文	
二、 發明人	姓名 (中文)	4. 常川高志
	姓名 (英文)	4. TAKASHI TSUNEKAWA
	國籍	4. 日本
	住、居所	4. 日本國兵庫縣伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線工業股份有限公司 伊丹製作所內 c/o Itami Factory of MITSUBISHI CABLE INDUSTRIES, LTD., 3, Ikejiri 4-chome, Itami-shi, Hyogo Japan
三、 申請人	姓名 (名稱) (中文)	
	姓名 (名稱) (英文)	
	國籍	
	住、居所 (事務所)	
	代表人 姓名 (中文)	
	代表人 姓名 (英文)	



本案已向

國(地區)申請專利	申請日期	案號	主張優先權
日本 JP	2001/03/21	特願2001-080806	有
日本 JP	2001/03/21	特願2001-081447	有

有關微生物已寄存於

寄存日期

寄存號碼

無



## 五、發明說明 (1)

## 【技術領域】

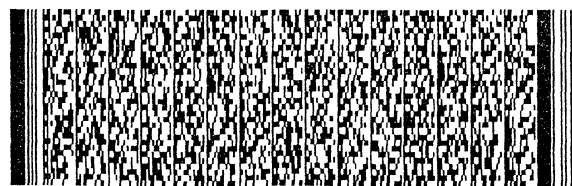
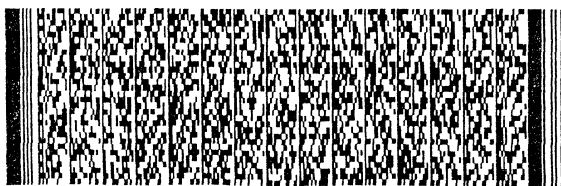
本發明係相關半導體發光元件(以下簡稱「發光元件」)，特別係相關其發光層由Ga<sub>N</sub>系半導體結晶(GaN系結晶)所構成者。

## 【技術背景】

發光二極體(LED)的基本元件構造係在結晶基板上，依序成長n型半導體層、發光層(包括DH構造、MQW構造、SQW構造)、p型半導體層，並分別在n型層、導電性結晶基板(SiC基板、GaN基板等)及p型層上形成外部取出電極的構造。

譬如第8圖所示的以Ga<sub>N</sub>系半導體作為發光層材料之元件(GaN系LED)的一構造例圖。在結晶基板101上，利用依序結晶成長Ga<sub>N</sub>系結晶層(n型Ga<sub>N</sub>接觸層(亦可為覆蓋層))102、Ga<sub>N</sub>系半導體發光層103、p型結晶層(p型Ga<sub>N</sub>接觸層(亦可為覆蓋層))104而重疊，然後於其上形成設置下電極(通常為n型電極)105、上電極(通常為p型電極)106的構造。在此針對以結晶基板設在下方進行構裝，並使光線由上方射出的構造進行說明。

在LED中，將發光層所產生的光，依何種程度有效率的取出於外界(所謂「光取出效率」)乃屬重要的問題。因此在習知技術中，便有採取使從發光層朝向上方的光不致在朝外界的路徑上受到阻礙物阻擋的前提下，將第8圖中的上電極106形成透明電極的狀態，或對從發光層朝向下方的光，設置反射層俾使光返回上方的態樣等等各種方



## 五、發明說明 (2)

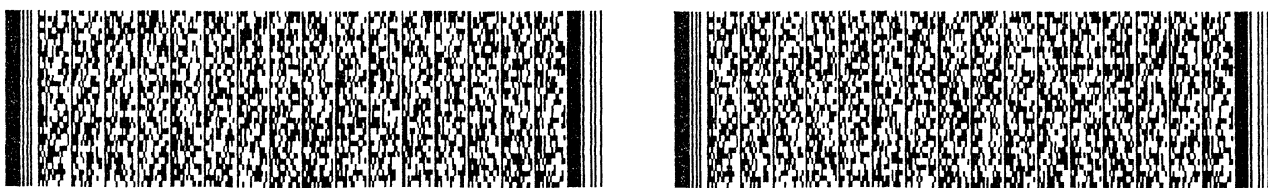
案。

針對從發光層朝上下方向所發出的光，利用如上述電極透明化或反射層的設置，雖可提昇朝外界的光取出效率，但是在朝發光層擴展方向(第8圖中Ga<sub>N</sub>系半導體發光層103內粗箭頭所示方向，以下稱「橫方向」)所產生的光之中，在折射率差所限制的全反射角以內到達側壁的光，可獲得放射於外部，可是此外其餘的光，便譬如在側壁重複進行反射等，僅在元件內，尤其是被發光層本身所吸收而衰減消滅。此類橫向的光係利用上下覆蓋層的基板(藍寶石基板)與上側覆蓋層、或基板與上部電極(甚或元件外部的被覆物質等)而被封閉，並朝橫方向傳播的光。朝該橫方向傳播的光，在發光層所產生的全部光量中佔有頗多，亦有達總體之60%的情況。

再者，將基板設為上端而構裝的橋接晶片型LED(光通過基板而射出於外界)中，已知有可將此類橫向光朝基板方向反射的方式，在元件構造的層機體側壁上設置角度，而將該側壁設定為朝基板端的反射面之態樣。但是，此種將微小晶片四面裝設角度而切除的加工乃屬極為困難，且在成本上亦將造成問題。

再者，朝上下方向的方在Ga<sub>N</sub>系半導體層/藍寶石基板的界面、及Ga<sub>N</sub>系半導體層/p型電極(或封裝材料)的界面之間，將產生重複反射的駐波，而造成妨礙光取出效率的問題。

本發明之第一課題係在於解決上述問題，而提供一種



## 五、發明說明 (3)

使發光層所產生的橫向光朝向外界，且可抑制上述駐波產生的新穎構造之發光元件。

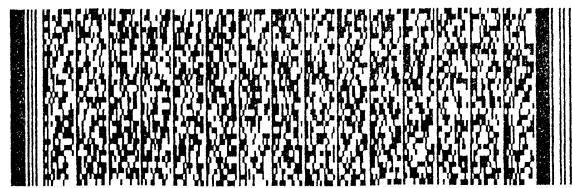
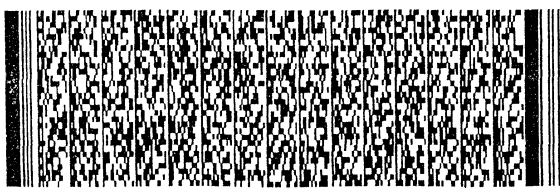
除如上述在對外界的光取出效率問題之外，當發光層材料採用InGa<sub>N</sub>且設定為發出紫外線的情況時，便存在有如下的輸出降低之問題。

在發光層採用InGa<sub>N</sub>的發光元件，一般可獲得高效率的發光。據一種解說此乃因為隨In組成搖晃的載子局部化，而被植入於發光層內的載子之中，被捕捉於非發光中心的比率將變少，結果便獲得可獲得高效率發光的緣故所致。

在Ga<sub>N</sub>系發光二極體(LED)或Ga<sub>N</sub>系半導體雷射(LD)中，當發出420nm以下之藍紫光至紫外線的情況時，一般在發光層材料上均採用InGa<sub>N</sub>(In組成0.15以下)，且相關發光的構造，則採單一量子阱構造(所謂的DH構造因為活性層較薄，因此亦包含在內)、多量子阱構造。

一般紫外線波長的上限係短於可見光的短波長端(380nm至400nm)，而下限則在1nm前後(0.2nm至2nm)；但是，在本說明書中則將包括依上述In組成0.15以下的InGa<sub>N</sub>所發出的420nm以下之藍紫光在內，均稱之為紫外線，並將發出此類紫外線的半導體發光元件稱之為紫外線發光元件。

利用Ga<sub>N</sub>所產生獲得的紫外線波長為365nm。所以InGa<sub>N</sub>必須包含In組成，且當屬於未含Al組成的三元系之情況時，所產生紫外線波長的下限便屬於較長於上述



## 五、發明說明 (4)

365nm的波長。然而與具有高In組成之發光層之藍、綠色發光元件相比，紫外線發光元件屬於短波長發光元件，故有降低發光層之In組成之必要。因此上述隨In組成搖晃而局部化的效果便將降低，且被捕捉於非發光再結合中心處的比率將增加，結果便無法獲得較高的輸出。在此種狀況下，熱烈的進行著形成非發光再結合中心之原因的錯位密度降低。

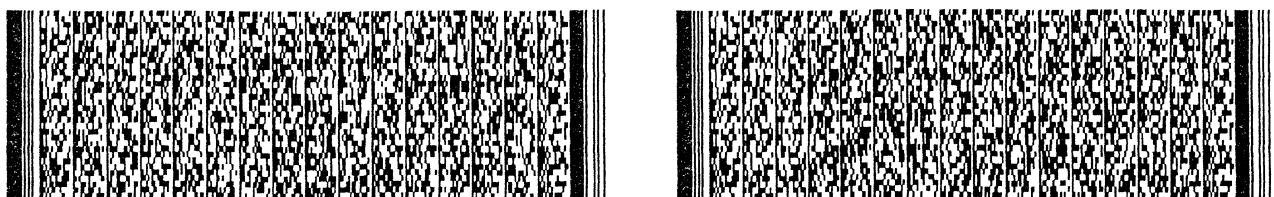
降低錯位密度的方法，可舉例如：ELO法 (lateral growth 橫向成長法)，企圖藉由減少錯位密度而執行高輸出、長壽命化(參照文獻 (Jpn. J. Appl. Phys. 39(2000)pp. L647)等)。

在GaN系發光元件中，將發光層(阱層)形成利用由更大頻帶隙(band gap)的材料所構成的覆蓋層(阻障層)所包夾的構造。依照文獻(米津宏雄著，工學圖書公司出刊、「光通信素子工學」第72頁)，一般目標為將頻帶隙差設定在「0.3eV」以上。

由上述背景，當將可發出紫外線的組成InGaN採用於發光層(阱層)的情況時，若考慮載子封閉的話，包夾發光層的覆蓋層(在單一量子阱構造中則不僅覆蓋層，亦包括阻障層)，便採用頻帶隙較大的AlGaN。

再者，當構成量子阱構造的情況時，阻障層需要可產生通道效應之程度的厚度，一般在3至6nm程度。

譬如第9圖所示的將 $\text{In}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ 當作發光層材料之習知發光二極體一例圖。在結晶基板S10上，隔著緩衝層



## 五、發明說明 (5)

201，利用依序結晶成長 n 型 GaN 接觸層 202、n 型  $Al_{0.1}Ga_{0.9}N$  覆蓋層 203、 $In_{0.05}Ga_{0.95}N$  阱層 (發光層) 204、p 型  $Al_{0.2}Ga_{0.8}N$  覆蓋層 205、p 型 GaN 接觸層 206 而重疊，然後於其上形成設置下電極 (通常為 n 型電極) P10、上電極 (通常為 p 型電極) P20 的元件構造。

但是，在 ELO 法中必須採用在成長出形成基底的 GaN 層之後，再形成單幕層之所謂再成長的方法，需要多數次的成長，而造成步驟變為非常多的問題產生。此外，由再成長界面存在之事觀之，錯位密度降低者，將有在輸出上不易提昇的問題發生。

再者，本發明人乃以 InGaN 為發光層材料，且為輸出更高量之紫外線，就習知元件構造進行探討，結果得知 AlGaN 層形成對 InGaN 發光層提供由光柵常數差所產生應變的根本所在之事實。

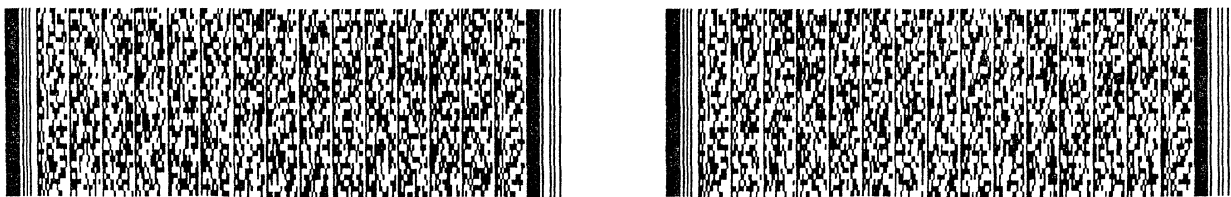
再者，亦得知在量子阱構造中，若阻障層厚度變薄時，因為從其上面所設置的 p 型層起，Mg 將擴散至發光層，而形成非發光中心，因此將造成無法獲得高輸出紫外發光元件的問題發生。

緣是，本發明之第二課題便在於當本發明知發光元件的發光層材料採用 InGaN 並發出紫外線之情況時，便利用將元件構造最佳化而達高輸出化，此外亦達長壽命化。

## 【發明之揭示】

本發明具有以下特徵。

(1) 一種半導體發光元件，係具有：對第一結晶層表面



## 五、發明說明 (6)

施行凹凸加工之後，再於其上方隔著緩衝層或直接，使具有與上述結晶層不同折射率的半導體材料所構成的第二結晶層埋藏該凹凸而成長，然後再於其上方層積包含發光層之半導體結晶層；的元件構造。

(2)如上述(1)所記載的半導體發光元件，其中之該第二結晶層與其上面的半導體結晶層，係由Ga<sub>N</sub>系半導體結晶所構成的層。

(3)如上述(2)所記載的半導體發光元件，其中之該第一結晶層係結晶基板，乃從經對結晶基板表面施行加工的凸面起，一邊使第二結晶層實質的形成多面(facet)構造並一邊進行成長。

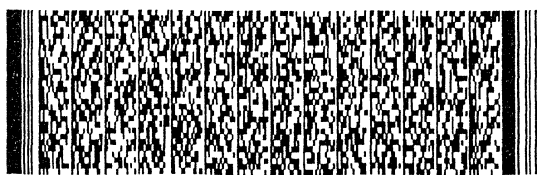
(4)如上述(3)所記載的半導體發光元件，其中之該結晶基板表面經施行加工過的凹凸，係呈條紋狀的凹凸，且該條紋的長度方向係將其埋藏而成長之Ga<sub>N</sub>系半導體的 $\langle 11-20 \rangle$ 方向，或 $\langle 1-100 \rangle$ 方向。

(5)如上述(1)或(4)所記載的半導體發光元件，凹凸截面形狀係矩形波狀、三角波狀、正弦波狀。

(6)如上述(1)所記載的半導體發光元件，從發光層所發出光的波長，其在第一結晶層的折射率與在第二結晶層的折射率間的差係在0.05以上。

(7)如上述(1)所記載的半導體發光元件，發光層係由可獲得產生紫外線之組成InGa<sub>N</sub>結晶所構成。

(8)如上述(1)所記載的半導體發光元件，發光層係利用由InGa<sub>N</sub>所構成的阱層與由Ga<sub>N</sub>所構成的阻障層而所構成



## 五、發明說明 (7)

的量子阱構造。

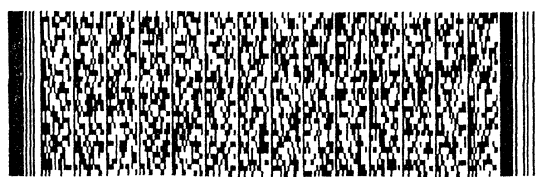
(9)如上述(1)所記載的半導體發光元件，第一結晶層係結晶基板，在該結晶基板表面上施行加工過的凹凸上，隔著緩衝層成長第二結晶層並埋藏該凹凸；發光層係利用由InGa<sub>N</sub>所構成的阱層與由Ga<sub>N</sub>所構成的阻障層所構成的量子阱構造；量子阱構造與低溫緩衝層之間的層，完全由Ga<sub>N</sub>結晶所構成。

(10)如上述(8)或(9)所記載的半導體發光元件，阻障層厚度係6nm至30nm。

(11)一種半導體發光元件，係具有：在形成結晶成長基礎的結晶層表面上，依形成凹凸方式成長第一Ga<sub>N</sub>系半導體結晶，並成長出至少覆蓋該凹凸其中一部分且具有與第一Ga<sub>N</sub>系半導體結晶不同折射率的第二Ga<sub>N</sub>系半導體結晶，然後成長三Ga<sub>N</sub>系半導體結晶直到該凹凸平坦化為止，之後再於其上層積含發光層之半導體結晶層的元件構造。

(12)如上述(11)所記載的半導體發光元件，係在形成結晶成長基礎的結晶層表面上，施行尺寸限制結晶成長區域的構造或表面處理，藉由此限制，第一Ga<sub>N</sub>系半導體結晶便依照一邊實質的形成多面構造或類似多面構造，並一邊形成凹凸的方式成長著。

(13)如上述(12)所記載的半導體發光元件，乃尺寸限制結晶成長區域的構造或表面處理，係在形成結晶成長基礎的結晶層表面上施行凹凸、或者係對形成結晶成長基礎



## 五、發明說明 (8)

的結晶層表面上賦予可橫向成長的罩幕圖案、或者係對形成結晶成長基礎的結晶層表面特定區域所施行之可抑制 GaN 系結晶成長的表面處理。

(14)如上述(11)所記載的半導體發光元件，係由第一 GaN 系半導體結晶所構成的凹凸中，至少將凸部覆蓋成膜狀，而成長第二 GaN 系半導體結晶，再者成長第三 GaN 系半導體結晶而將其覆蓋，並成長至該凹凸平坦化為止，且其上具有包含發光層的半導體結晶層所層積的元件構造，而該第二 GaN 系半導體結晶具有多層膜構造。

● (15)如上述(11)所記載的半導體發光元件，發光層係由可發生紫外線之組成的 InGaN 結晶所構成。

(16)如上述(11)所記載的半導體發光元件，發光層係利用由 InGaN 所構成的阱層與由 GaN 所構成阻障層所構成的量子阱構造。

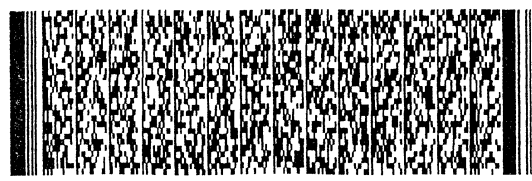
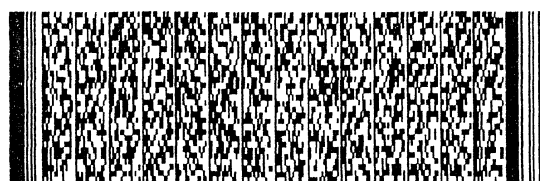
(17)如上述(16)所記載的半導體發光元件，阻障層厚度係 6nm 至 30nm。

(18)如上述(11)所記載的半導體發光元件，上述凹凸係呈條紋圖案的凹凸，該條紋的長度方向係第一 GaN 系半導體結晶的  $\langle 11-20 \rangle$  方向，或  $\langle 1-100 \rangle$  方向。

● 以下，將上述(1)的態樣稱為「態樣(I)」，將上述(11)的態樣稱為「態樣(II)」，並進行說明。

## 【發明詳細說明】

本發明之課題對發光元件而言，具最重要意義的觀點，乃本發明的發光元件係以 LED 為最佳之形態。此外，



## 五、發明說明 (9)

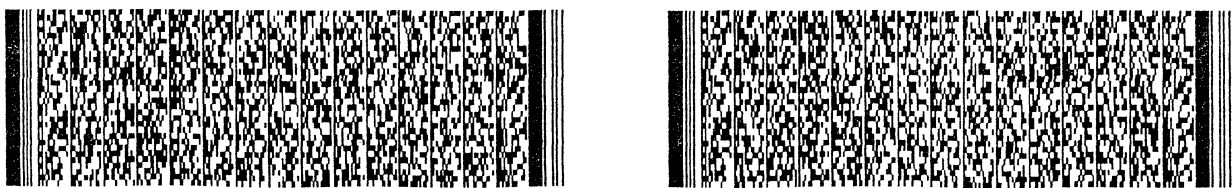
材料系統雖無限制，但如後述，舉採用本發明有效性特別顯著之Ga<sub>N</sub>系材料的LED(GaN系LED)為例，說明該發光元件。

該發光元件不論何種態樣，均將凹凸狀折射率界面設在發光層下方，並利用其作用效果而提昇光取出效率。就此凹凸狀的折射率界面形成何種形狀的觀點，便可將該發光元件區分為上述態樣(I)、態樣(II)。

在上述態樣(I)中，對結晶基板施行凹凸加工，並利用半導體結晶(特別係Ga<sub>N</sub>系結晶)將其埋藏而構成凹凸狀折射率界面。

在上述態樣(II)中，使Ga<sub>N</sub>系結晶成長為凹凸，並利用其他的Ga<sub>N</sub>系結晶將其埋藏，而構成凹凸狀的折射率界面。

首先，針對上述態樣(I)說明之。第1(a)圖所示係態樣(I)之發光元件構造例的Ga<sub>N</sub>系LED圖。對第一結晶層(以下亦稱「第一層」)1的表面施行凹凸1a加工，然後在其上隔著緩衝層或直接的成長由具有不同於上述結晶層折射率之材料所構成的第二結晶層(以下亦稱「第二層」)2，並埋藏該凹凸。藉此不同折射率的界面便形成凹凸狀。再者，於其上面利用結晶成長層積半導體結晶(n型接觸層3、發光層A、p型接觸層4)，並形成電極P1、P2而形成元件構造。該圖的元件構造雖屬於簡單的DH構造，但亦可設置專用的接觸層、專用的覆蓋層等，此外亦可將發光層形成SQW構造、MQW構造，亦可為具有所謂發光元件的構造。



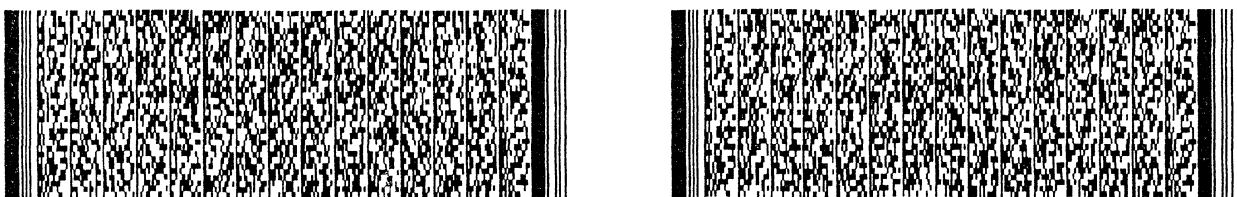
## 五、發明說明 (10)

利用上述構造，在發光層A所產生橫向傳播的光，將受到凹凸狀折射率界面1a的影響，而產生一種模式轉換（隨亂反射而將光行進方向改變為面發光方向），而形成朝向橫向以外的方向。結果朝向取出面的光量將增加，而減少元件內部的光吸收層，結果便提昇光取出效率。

如在習知技術所說明，在習知技術中，對朝光取出口以外方向（譬如朝下方或橫向）前進的光，單純的僅利用端面反射而使光朝向取出口。

相對於此，在本發明中，將基板上利用磊晶成長而所成的GaN系半導體層區域，視為〔使光朝橫向傳播的導波路〕，沿此導波路在將影響到朝橫向導波之光的位置處，利用形成凹凸狀的折射率界面產生一種模式轉換（或產生亂反射），而使光改朝向其他方向。

在本發明中，便著眼於朝橫向傳播的光，以發光層為中心，使電場擴大至其上下層為止的電磁波朝橫向傳播。發光層的厚度，在通常的DH構造活性層中，為10nm至100nm程度。橫向的光不僅將在此種薄活性層內傳播，亦將以到達結晶基板之較廣分布範圍的波動朝向橫向傳播。所以，如第1(a)圖所示，若在橫向的光分布範圍內形成凹凸狀折射率界面1a的話，橫向光的波動便將受影響，利用一種模式轉換（或產生亂反射），便可將其中部分量朝向於其他方向，結果便可增加射出於外界的光量。此外，此凹凸即便對從發光層朝此凹凸自由體所發出的光，亦具有使朝上方進行亂反射之反射面之機能。



## 五、發明說明 (11)

再者，此凹凸亦具有降低Ga<sub>N</sub>系半導體層/藍寶石基板之界面垂直方向反射率的機能，可抑制上下方向的駐波產生，並使更多的光侵入藍寶石基板，而增加來自藍寶石基板之光的取出量，特別係在從基板端取出光時可提升光取出效率。

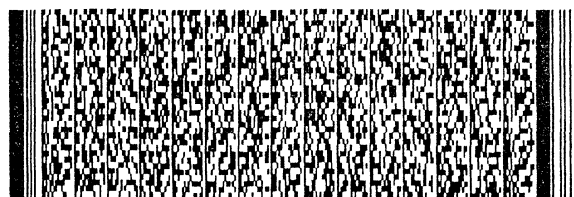
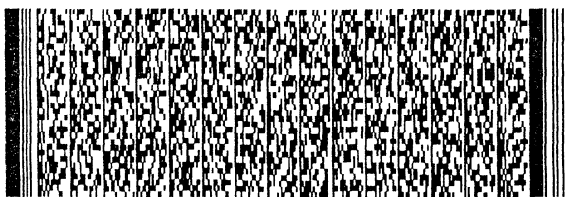
態樣(I)中，所謂在第一層表面上所加工的凹凸，將形成第一層表面自體的凹凸。此與習知採用橫向成長法之將由SiO<sub>2</sub>等所構成的罩幕層，提供給平面表面上而所形成的凹凸並不相同。

再者，利用上述構造在結晶基板上所成長的Ga<sub>N</sub>系結晶，最好可錯位密度降低化。在此構造中，並未採用ELO用罩幕層而利用單次成長達成錯位密度降低化。

換句話說，在採用罩幕的ELO法中，於基底成長Ga<sub>N</sub>膜之後，暫時先取出於成長裝置之外並在形成罩幕之後，再度送回成長裝置中並施行再成長。相對於此，在結晶基板上形成凹凸而所執行的成長法中，將經施行凹凸加工的結晶基板設定於成長裝置內之後，並不需要停止成長，藉此便可於未存在再成長界面的前提下製作良好結晶性者。

再者，在本發明的上述構造中，因為並未採用罩幕的成長Ga<sub>N</sub>系結晶層，因此將無隨罩幕分解的雜質污染而導致結晶品質降低的問題。

藉由該等作用效果，可產生錯位較少的優越結晶性之結果，便可更加提昇發光輸出。此外，形成劣化原因之錯位密度降低的結果，便可達長壽名化。



## 五、發明說明 (12)

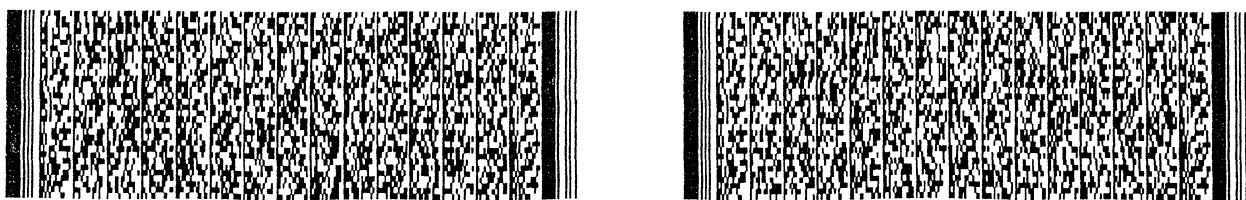
凹凸整體的配置圖案，僅要可影響橫向光波動者即可，可為在第一層表面(基準平面)上排列點狀凹部(或凸部)的圖案，亦可為直線狀或曲線狀凹溝(或凸山脊)依一定間隔排列的條紋狀凹凸圖案。凸山脊形成格子狀的圖案可謂為排列角狀凹部。該等之中可獲得對橫向光較強影響者，乃條紋狀凹凸圖案。

凹凸的截面形狀可舉例如：如第2(a)圖所示的矩形(含平臺形)波狀，或如第3(c)圖所示的三角波狀或正弦波狀，或如該等所合成的波狀等。

● 凹凸的細部規格亦可參照後述的為Ga<sub>N</sub>系結晶錯位密度降低化，而所形成結晶成長用凹凸構造。

再者，為使凹凸可對橫向光構成影響，該凹凸最好距發光層特定距離以內。此距離如在第1(a)圖中k所示，為0.5 μm至20 μm程度，特別以1 μm至10 μm為最佳值，通常LED中的基板上面與發光層下面間的距離，均含於此範圍中。所以，將元件的結晶基板當作第一層並在其上面形成凹凸，並依將其埋藏的方式成長第二層，若構成元件構造的話，該凹凸便可充分的影響橫向的光。

● 該發光元件的材料系統，雖可為GaAs系、InP系、Ga<sub>N</sub>系等習知已週知的材料，但在具有結晶錯位密度降低化之較大問題的Ga<sub>N</sub>系發光元件(至少發光層材料屬於Ga<sub>N</sub>系半導體)中，本發明的有效性最為明顯。在Ga<sub>N</sub>系發光元件中，雖達Ga<sub>N</sub>系結晶的錯位密度降低化，但可形成元件乃必要的大前提。在本發明中，為達Ga<sub>N</sub>系結晶的錯位密度



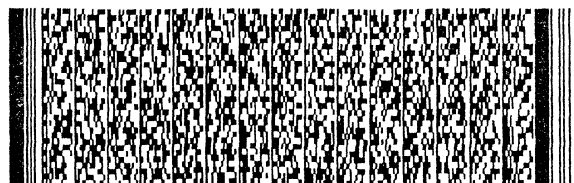
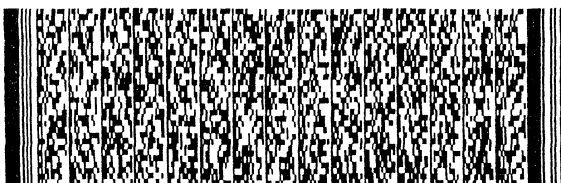
## 五、發明說明 (13)

降低化，而所採用的有效凹凸構造成長法乃如下述，因為其凹凸構造可兼用上述折射率界面的凹凸，因此相較於僅以折射率界面為目的而形成凹凸的情況下，可提高凹凸的有效性。以下針對採用此凹凸構造的Ga<sub>N</sub>系結晶成長法說明之。

採用凹凸構造的Ga<sub>N</sub>系結晶成長法，如第2(a)圖所示，在結晶基板(第一層)1表面上加工凹凸1a，然後如第2(b)圖所示，由此凹部與凸部一邊使Ga<sub>N</sub>系結晶21、22實質的形成多面構造，一邊進行成長，然後如第2(c)圖所示，實質的填充Ga<sub>N</sub>系結晶俾使凹部不致形成空洞，埋藏該凹凸而成長的方法。所謂形成實質多面構造(facet，多數小平面，簡稱為多面)的成長方法，乃意味著含有類似後述多面構造成長(譬如厚度方向產生凹凸的成長等)的成長。以下，將採用此凹凸而填充凹部的成長法稱為「該多面成長法」。

在本發明所利用的該多面成長法中，具有利用在未形成緩衝層狀態的結晶基板表面上施行凹凸加工，在結晶成長起初便預先提供可獲得形成多面的基底面之特徵點。

利用在結晶基板上設置凹凸，當在此面上執行Ga<sub>N</sub>系結晶氣相成長之際，將利用相互間的梯度而所區分出的凹面與凸面，設定為產生多面構造成長的單位基準面。利用將凹面與凸面二者當作可成長多面構造的面，而如第2(b)圖所示，在成長初期便從凹面、凸面二者產生形成凸狀的結晶成長。



## 五、發明說明 (14)

結果，從結晶基板朝C軸方向延伸的錯位線，便利用多面(第2(b)圖所示結晶21、22的斜面)而朝橫向彎曲，而不致傳播至上方。然後，如第2(c)圖所示，當繼續成長並形成平坦化的成長面之時，其表面附近便將形成降低來自基板錯位傳播的低錯位密度區域。

在成長Ga<sub>N</sub>系結晶的一般方法中，利用MOVPE法等，在藍寶石C面基板上，隔著Al<sub>N</sub>等低溫緩衝層，而成長高溫Ga<sub>N</sub>膜。當在低溫緩衝層上成長高溫Ga<sub>N</sub>的話，將經結晶化的部分緩衝層當作成長的核，而開始島狀成長高溫Ga<sub>N</sub>結晶，但是成長速度較快的結晶將覆蓋成長速度較緩慢的結晶並合成一體，而側進橫向成長，最後便形成平坦的Ga<sub>N</sub>結晶。此時當藍寶石基板上並未凹凸加工之時，將進行緩慢成長而出現成長速度較緩慢且安定的C面而施行平坦化。此乃因為相較於安定的C面成長速度之下，橫向成長速度較快所致。

此外，因為利用對基板面施行凹凸加工而附加橫向成長的結晶成長區域尺寸限制，因此譬如凹凸長度方向屬於平行於 $\langle 11-20 \rangle$ 方向的條紋狀的話，因為附加限制 $\langle 1-100 \rangle$ 方向的成長，因此C軸方向的成長速度加快，而可獲得結晶成長速度較遲緩且安定的 $\{1-101\}$ 等斜向多面。在本發明中利用於基板成長面上施行凹凸加工之事，便可此尺寸限制上述橫向成長之成長區域。

在本說明書中，所記述的結晶面、結晶方位係指所有結晶基板上所成長Ga<sub>N</sub>結晶的結晶面、方位。

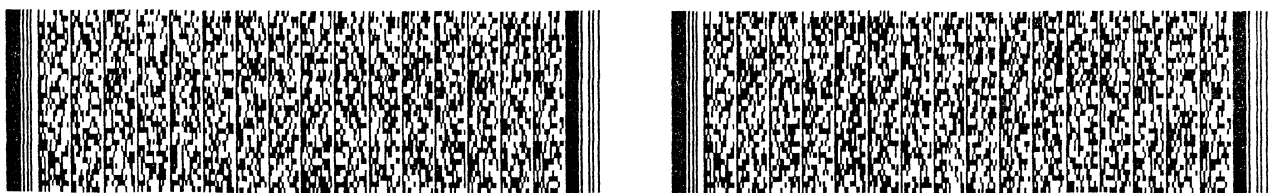


## 五、發明說明 (15)

所謂第二層實質填充凹部，不僅完全的填充狀態，僅要可達成本發明目的之有效凹凸狀折射率界面的填充便可。譬如有如當來自凹部的成長結晶與來自凸部的成長結晶於合成一體部分處產生空隙的情況，就可獲得折射率的觀點而言屬較佳狀況。此外，即便在凹部上產生空隙時，凹部上所成長的第二層下面，在可達成本發明目的之程度下，若凹陷於凹部內而構成有效凹凸狀折射率界面的話便可。

對該多面成長法，譬如日本專利公開特開 2000-106455 號公報中，則揭示在結晶基板上設置凹凸，並依將凹部當作空洞而殘留的方式，成長氮化鎵系半導體的方法。但是，在此種成長法中，因為並未填充凹部而殘留空洞部，因此當從第二層觀之時的折射率界面（即第二層下面），便無法形成充分的凹凸，賦予橫向光的模式轉換作用效果將減少。同時，空洞部的存在，將不利於發光層所產生的熱逃逸於基板上。此外，因為並未積極的控制錯位的傳播，因此在凸部上方將傳播錯位，且錯位密度的降低效果亦不充分。

該多面成長法中所使用的結晶基板係構成供成長各種半導體結晶層用空間的基板，可謂為供晶格整合用緩衝層等尚未形成之狀態者。最好的結晶基板雖可採用藍寶石（C面、A面、R面）、SiC（6H、4H、3C）、GaN、AlN、Si、尖晶石、ZnO、GaAs、NGO 等，但若對應發明目的的話，亦可採用其他材料。另，基板的面方位並無特別的限制，可為固



## 五、發明說明 (16)

定基板 (just substrate)，亦可為賦予去角 (off angle) 的基板。

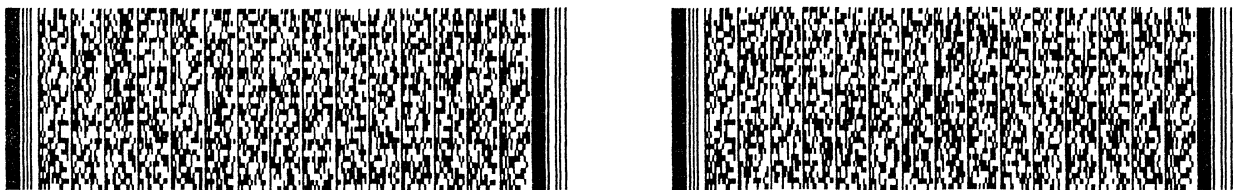
所謂 GaN 系半導體係指以  $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$  ( $0 \leq X \leq 1$ 、 $0 \leq Y \leq 1$ 、 $0 \leq Z \leq 1$ 、 $X+Y+Z=1$ ) 表示的化合物半導體，混合比率可為任意值，可舉例如： $\text{AlN}$ 、 $\text{GaN}$ 、 $\text{AlGaN}$ 、 $\text{InGaN}$  等重要的化合物。

該多面成長法所採用的凹凸係如上述，可從凹面、凸面雙方產生多面構造成長的凹凸形狀，且最好可作用於發光層所產生橫向光的凹凸形狀。以下說明描繪該凹凸的較佳圖案及該凹凸的最佳規格。

該多面成長法中所採用凹凸的配置圖案，大致上可參照可影響上述橫向光波動的凹凸，可舉例如：點狀凹部 (或凸部) 排列的圖案、直線狀或曲線狀凹溝 (或凸山脊) 一定間隔排列的條紋狀凹凸圖案。此外，凹凸的截面形狀可舉例如：矩形 (包括平台形在內) 波狀、三角形波狀、正弦波狀等。間距亦如上述，並未必一定要保持一定。

該等各種凹凸態樣中，直線狀或曲線狀凹溝 (或凸山脊) 依一定間隔排列的條紋狀凹凸圖案，除製程可簡略化之外，且圖案的製作亦較容易，如上述，對橫向光的影像較大因而較佳。

當將凹凸圖案設定為條紋狀的情況時，雖條紋長度方向可任意設定，但當對利用將其埋藏而所成長的 GaN 系結晶設定為  $\langle 11-20 \rangle$  方向的情況時，若加上尺寸限制橫向成長之時， $\{1-101\}$  面等斜多面的形成便將趨於容易。結



## 五、發明說明 (17)

果，從基板端朝C軸方向傳播的錯位，便將利用此多面朝橫向彎曲，而不容易向上方傳播，就可形成低錯位密度區域的觀點而言，特別適佳。

此外，即使將條紋狀長度方向設定為 $\langle 1-100 \rangle$ 方向的情況時，可藉由選擇較容易形成類似多面的成長條件，而獲得如同上述相同的效果。

如第2(a)圖所示，截面為矩形波狀的凹凸之例子。就該多面成長法、及可有效影響橫向光之方向的凹凸之較佳尺寸，如下所述。

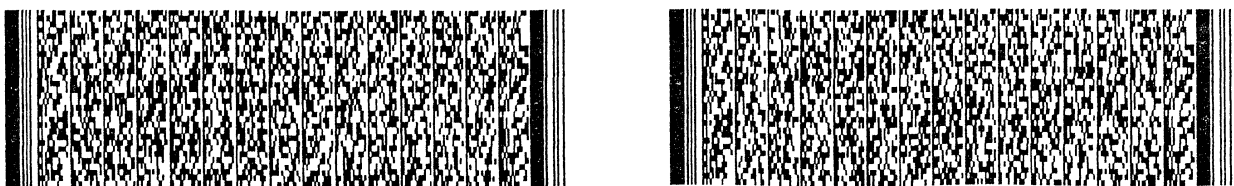
凹溝寬度W1為 $0.5 \mu\text{m}$ 至 $20 \mu\text{m}$ ，尤以 $1 \mu\text{m}$ 至 $10 \mu\text{m}$ 為佳。

凸部寬度W2為 $0.5 \mu\text{m}$ 至 $20 \mu\text{m}$ ，尤以 $1 \mu\text{m}$ 至 $10 \mu\text{m}$ 為佳。

凹凸振幅(凹溝深度)d為 $0.05 \mu\text{m}$ 至 $5 \mu\text{m}$ ，尤以 $0.2 \mu\text{m}$ 至 $3 \mu\text{m}$ 為佳。

該等尺寸或由此所計算得的間距等，在其他截面形狀的凹凸中亦相同。

利用凹部寬度與凸部寬度的組合，成長的Ga<sub>N</sub>系結晶形成何種多面雖可變化成各種形態，但是此多面僅要使錯位傳播彎折程度的話便可，較佳形態為如第2(b)圖所示，從各單位基準面所成長的結晶單位21、22，在各自的頂部上並無平坦部而是由二個多面在頂部完全交叉的山形(依三角錐或山脈狀長長相連的山脊形)態樣。若屬於此種多面的話，從上述基底面所承接的錯位線便幾乎可完全彎



## 五、發明說明 (18)

曲，而可更降低其正上方的錯位密度。

再者，不僅凹凸寬度的組合可控制多面形成區域，即便變化凹部深度(凸部高度)d亦可控制多面形成區域。

凹凸的加工方法，可例示如採用通常的微影技術，配合目的凹凸態樣而圖案化，然後再利用RIE技術等施行蝕刻加工處理，而獲得目的凹凸的方法。

在基板上施行半導體結晶層成長的方法，可為HVPE、MOVPE、MBE法等。要製作厚膜時，最好採用HVPE法，而要形成薄膜時，最好採用MOVPE法或MBE法。

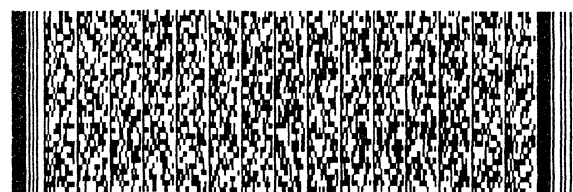
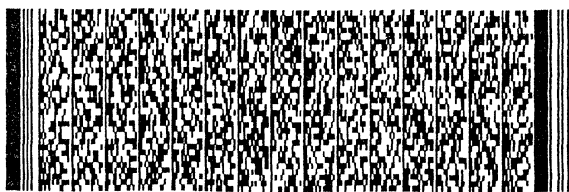
● 多面的形成可利用施行結晶成長時的成長條件(氣體種類、成長壓力、成長溫度等)進行控制。在減壓成長中，當 $\text{NH}_3$ 分壓偏低的情況時，比較容易出現 $\{1-101\}$ 面，在常壓成長中，較在減壓的情況下更容易出現多面。

再者，若提昇成長溫度，雖可促進橫向成長，但若低溫成長時，則C軸方向的成長速度將較快於橫向成長，而容易形成多面。

上面表示可依成長條件控制多面形狀之情形，但是僅要在顯現出本發明效果範圍內，可配合目的而適當使用任何方法。

● 在該多面成長法中，當從結晶基板上所形成的凹凸成長Ga<sub>2</sub>N系結晶之際，可直接成長於結晶基板上，亦可隔著Ga<sub>2</sub>N、AlN等周之的低溫緩衝層、或其他週知的緩衝層。

以上表示利用該多面成長法的凹凸填埋方法，但是也可選擇凹凸的尺寸或結晶成長條件，並利用非以多面構造



## 五、發明說明 (19)

成長為主要的一般成長(譬如橫向成長較大的成長), 填埋凹凸。

其次, 例示將凹凸截面設定為三角波狀的態樣。此態樣在以Ga<sub>N</sub>結晶基板為第一層之情形特別有效。

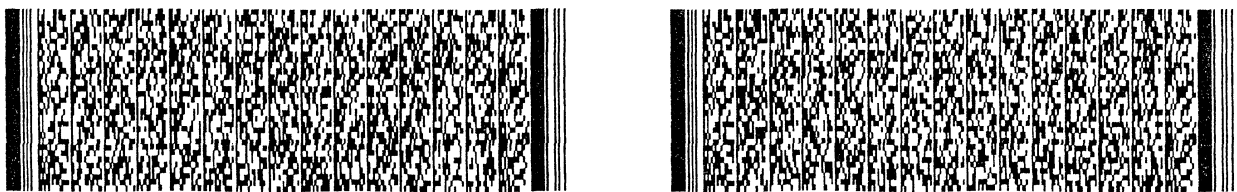
將結晶基板加工為具有此種斜面之凹凸的方法, 有例如第3(a)圖所示, 在Ga<sub>N</sub>基板1表面上利用條紋狀、格子狀等標的圖案, 形成截面形狀具二邊緣較薄之突拱狀的光阻R, 並對其施行氣體蝕刻的方法等。光阻材料最好採用可接受該氣體蝕刻的材料。對附有此類光阻R的Ga<sub>N</sub>基板, 利用施行該氣體蝕刻, 使Ga<sub>N</sub>基板裸露區域從最初起侵蝕; 另一方面, 光阻較薄的二邊部分, 則隨蝕刻處理的進行而消耗, Ga<sub>N</sub>結晶的蝕刻便較延後才開始產生蝕刻。利用此種將蝕刻開始時間予以錯開的方式, 最後便如第3(b)圖所示, 整體便形成截面接近三角波的凹凸。光阻最厚的部分亦可利用該氣體蝕刻予以去除, 亦可保留著, 此時僅要採用不致損傷到Ga<sub>N</sub>結晶之光阻專用去除劑予以去除即可。另外, 若最後施行凸部蝕刻處理的話將更有效果。

以下列舉如第3(b)圖所示之具斜面之凹凸的較佳尺寸。

凹凸的間距為 $2\mu\text{m}$ 至 $40\mu\text{m}$ , 尤以 $2\mu\text{m}$ 至 $20\mu\text{m}$ 為佳。

凹凸的振幅為 $0.05\mu\text{m}$ 至 $5\mu\text{m}$ , 尤以 $0.2\mu\text{m}$ 至 $3\mu\text{m}$ 為佳。

具斜面之凹凸的配置圖案係如同上面所說明的該多面成長法, 可舉例如: 點狀凹部(或凸部)排列的圖案、直線



## 五、發明說明 (20)

狀或曲線狀凹溝(或凸山脊)依一定間隔排列的條紋狀凹凸圖案等，特別以條紋狀凹凸圖案為佳。

其次，如第3(c)圖所示，從凹凸整面開始成長第二層2，並成長至完全填埋凹凸為止。此時因為凹溝側壁形成類似多面，因此當成長Ga<sub>N</sub>系結晶時，便以該多面為界面而彎曲錯位線，而獲得在上層形成低錯位密度部分的作用功效。同時，此種凹凸不僅作用於橫向光，亦具有反射面的強大作用，屬較佳態樣。

蝕刻法並無限制，僅要屬於採用含氯之蝕刻氣體的RIE(Reactive Ion Etching反應性離子蝕刻)等氣體蝕刻的話，當第一層屬於Ga<sub>N</sub>結晶基板之情況時，因為不致造成結晶表面的損傷，因此屬較佳者。

在以上之說明中，雖例示於Ga<sub>N</sub>系發光元件中，將該多面成長法的凹凸構造，兼用供橫向光用的凹凸之例子，但是並未必一定要兼用，亦可另外設置僅供橫向光用的凹凸。

其次，說明上述之態樣(II)。第1(b)圖所示係依上述態樣(II)之發光元件構造例的Ga<sub>N</sub>系LED圖。在形成結晶成長基礎的結晶層(該圖中的結晶基板)S表面上，第一Ga<sub>N</sub>系結晶(以下亦稱「第一結晶」)一邊形成多面構造一邊成長為凹凸，並至少覆蓋著該凹凸中的凸部(在第4圖的例子中的第一結晶10)。然後，再成長具有與第一Ga<sub>N</sub>系結晶不同折射率的第二Ga<sub>N</sub>系結晶(以下亦稱「第二結晶」)20，藉此構成凹凸狀折射率界面，而獲得如同上述態樣(I)相同



## 五、發明說明 (21)

的作用效果。

在此態樣(II)中，在第一結晶成長到形成凹凸之時，改變其他Ga<sub>N</sub>系結晶的組成，而變化折射率，即不是僅以第一結晶成長至平坦化為重要關鍵。折射率變化(組成變化)可為條紋狀變化，亦可如觀看到分布折射率導波路的連續變化。

使第一結晶成長為凹凸的方法並無限制，可利用一邊形成實質的多面構造，或一邊形成類似多面構造的成長方式，成長出可達成本發明目的之較佳凹凸。

此處所謂的凹凸不僅指凸部連續相鄰波狀的凹凸，亦可為如第5(a)至(c)圖所示，分散配置凸狀第一結晶10，其他物質則當作凹部並存在於其間。

第一結晶之多面成長的凹凸形狀並無限制，亦可如凸部之頂部具平坦部的台形狀，但是要充分獲得凹凸狀折射率界面的作用效果時，則如同上述態樣(I)中所說明，以從各單位基準面所成長的結晶單位，分別為頂部不具平坦部之二多面頂部完全交叉的山形(三角錐或山脈狀延長相連的屋脊狀)之態樣為佳。

在態樣(II)中，若屬於第一結晶可獲得凹凸狀之方法的話，可使用任何方法，在第一結晶呈現凹凸的時點，僅要依將其覆蓋的方式成長第二結晶，而構成凹凸狀折射率界面者即可。

使Ga<sub>N</sub>系結晶成長為凹凸的方法，特別以多面成長(或類似的成長)為佳。為此在形成結晶成長基礎的結晶層表



## 五、發明說明 (22)

面上，便有如尺寸限制結晶成長區域的方法。

譬如：①如上面所詳細說明的該多面成長法，在構成結晶成長基礎的結晶層表面上，施行凹凸加工的方法（第1(b)圖、第4圖、第5(a)圖、第6圖、第7圖）；②在構成結晶成長基礎的結晶層表面特定區域上，設置Ga<sub>N</sub>系結晶無法成長的罩幕圖案之方法（第5(b)圖）；③在構成結晶成長基礎的結晶層表面特定區域上，施行可抑制Ga<sub>N</sub>系結晶成長的表面處理之方法（第5(c)圖）等。

利用該等方法，第一結晶便成長而形成凹凸。

● 上述①之方法係如第4圖所示，不僅根據該多面成長法，利用Ga<sub>N</sub>系結晶10、20實質的填充於凹凸的凹部中之態樣，亦如第5(a)圖所示，在專門僅從凸部上面起多面成長出第一結晶10之後，在切換至第二結晶20，並於凹部上面橫向成長，而使凹部殘留為空洞的態樣。此外，在上述態樣(I)中，亦可利用第3圖為例所說明之具斜面的凹凸。此乃如第7圖所示，在結晶基板S上具斜面的凹凸上，成長第一結晶10，而產生類似的多面成長之後，切換至第二結晶20的態樣。

● 在上述②的方法中，如第5(b)圖所示，採用習知週知罩幕的各種橫向成長法均可適用。

罩幕m的材料可採用如：Si、Ti、Ta、Zr等氮化物或氧化物（即，SiO<sub>2</sub>、SiN<sub>x</sub>、TiO<sub>2</sub>、ZrO<sub>2</sub>等）週知的罩幕材料。罩幕圖案可參照周知之的圖案，主要以條紋狀圖案、格子狀圖案等為重要，尤其是罩幕區域與非罩幕區域間的邊界線



## 五、發明說明 (23)

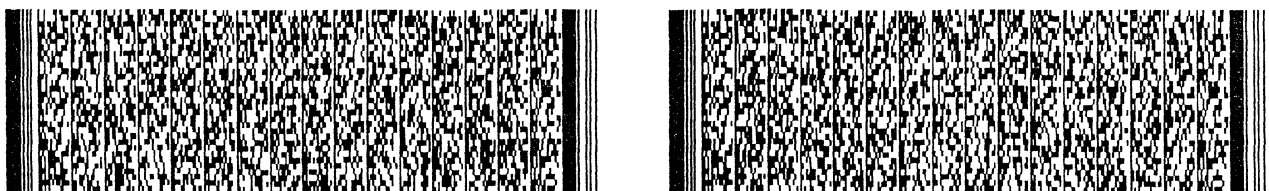
方向特別重要。當將單幕區域與非單幕區域間的邊界線，設定為朝成長Ga<sub>N</sub>系結晶之 $\langle 1-100 \rangle$ 方向延伸的直線時，橫向成長速度將變快速。反之，若將單幕區域與非單幕區域間的邊界線設定為 $\langle 11-20 \rangle$ 方向的直線時，便容易形成 $\{1-101\}$ 面等傾斜多面，對本發明而言可獲得較佳的多面成長。

相關實施採用單幕的橫向成長法之際，單幕的詳細尺寸、環境氣體(H<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>、Ar、He等)、或結晶成長法(HVPE、MOVPE)等，可參照週知技術，譬如在文獻(A. Sakai等，Appl. Phys. Lett. 71(1997)2259.)中有詳細記載。

上述③之方法可舉例如：日本專利特開2000-277435號公報中所記載的將SiO<sub>2</sub>殘渣使用為單幕的手法。藉此便可顯示出如同上述單幕的相同作用效果，且可使Ga<sub>N</sub>系結晶10從未施行處理的區域起，多面成長凸狀。

在上述態樣(II)中，成長為凸狀的第一結晶，與覆蓋該第一結晶之第二結晶的組合(第一結晶/第二結晶)，可例示如(AlGa<sub>N</sub>/Ga<sub>N</sub>)、(AlInGa<sub>N</sub>/Ga<sub>N</sub>)等。藉由AlGa<sub>N</sub>存在於第一結晶的Ga<sub>N</sub>下方，第二結晶的Ga<sub>N</sub>便相當於光導波路中的高折射率核，第一結晶的AlGa<sub>N</sub>則相當於折射率低於此的覆蓋層，而更加提昇本發明之作用效果，且亦可有效的具反射層作用。埋藏凹部的Ga<sub>N</sub>系結晶(譬如Ga<sub>N</sub>)可為無摻雜，亦可為n型。

以上①至③係供使Ga<sub>N</sub>系結晶面成長用的各種方法，但是不論何種方法，供將凹凸平坦化用的第三Ga<sub>N</sub>系結



## 五、發明說明 (24)

晶，可為第二結晶（第二結晶直接繼續成長直到平坦化為止的態樣），亦可為不同於第二結晶的結晶（包括第一結晶）。此外，第三Ga<sub>N</sub>系結晶亦可為更多層的變化。

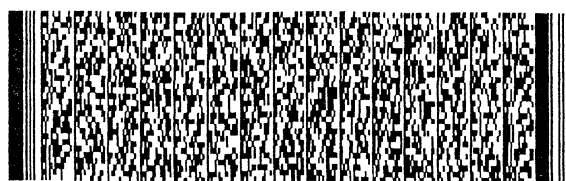
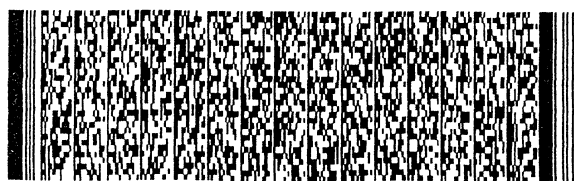
利用選擇第三Ga<sub>N</sub>系結晶的態樣，而存在有在多面構造成長途中或成長後，使Ga<sub>N</sub>系結晶組成變化為多層狀之共通變異。以下，針對此變異，以依上述①之該多面成長法而形成凹凸為例進行說明。

.. 在第4(a)圖的例子中，覆蓋著第一結晶10的第二結晶20，係直接持續成長至凹凸平坦化為止，此變異則如第●(b)圖所示，將覆蓋著第一結晶（譬如Ga<sub>N</sub>）10的第二結晶（譬如AlGa<sub>N</sub>）20設定為膜狀，在使不同折射率之其他Ga<sub>N</sub>系結晶（譬如Ga<sub>N</sub>）20a成長至平坦化為止。此外，在第4(c)圖的例子中，膜狀覆蓋著第一結晶10並成長第二結晶20，然後再序覆蓋著第一結晶20a、第二結晶20b，而使相互折射率不同的Ga<sub>N</sub>系結晶膜形成多層膜構造。

依照此種由相互折射率不同之Ga<sub>N</sub>系結晶膜所構成多層膜構造之態樣，可更加提昇反射性。譬如將膜厚對發光波長設計為最佳狀態，且AlGa<sub>N</sub>/Ga<sub>N</sub>等配對的超晶格構造，亦可形成布拉格反射層(Bragg Reflectionl  
●ayer)。

當形成多層膜構造時，膜之層數並無限制，可從如第4(b)圖所示包夾單層構造，變化為如第4(c)圖所示的多層(5配對至100配對)的構造等。

將經成長為凹凸(尤以多面成長為佳)的第一結晶，在



## 五、發明說明 (25)

何種時點切換至第二結晶並無限制，譬如第6圖所示之由GaN系結晶所構成多層凹凸成長狀態的模式，可當成長形成於基板S上之凹凸面時，便從初期的成長階段開始起便變化組成。在該圖中，未區別由折射率不同的GaN系結晶成長為多層狀而形成凹凸狀，所以施行陰影處理。

在態樣(II)中，就達成本發明目的之較佳觀點而言，凹凸狀折射率界面最好為凸部高度為 $0.05\mu\text{m}$ 至 $10\mu\text{m}$ ，尤以 $0.1\mu\text{m}$ 至 $5\mu\text{m}$ 為佳。此外，凹凸狀折射率界面的間距，在習知週知的橫向成長法中，大約 $1\mu\text{m}$ 至 $10\mu\text{m}$ ，尤以 $1\mu\text{m}$ 至 $5\mu\text{m}$ 程度為較佳值。相關利用該多面成長法所獲得的凹凸間距，如同上述態樣(I)。

以上，上述態樣(I)、(II)不論何者，第一層(第一結晶)折射率與第二層(第二結晶)折射率間的差異，在從發光層所發出光的波長中，最好為0.01以上，尤以0.05以上為佳。

再者，二者折射率的大小關係，最好第一層(第一結晶) $<$ 第二層(第二結晶)，藉此第二層(第二結晶)便相當於光導波路中高折射率的核，第一層(第一結晶)則相當低於其之低折射率覆蓋層，而更提高本發明之作用功效。

其次，例示發光層材料採用InGaN，並輸出紫外線(波長420nm以下)之情形的較佳態樣。此情況下的InGaN係In組成0.15以下。

上述(I)、(II)不論何者，可形成利用凹凸而錯位較少且良好的結晶，結果便可特別的提昇發光輸出。此外，



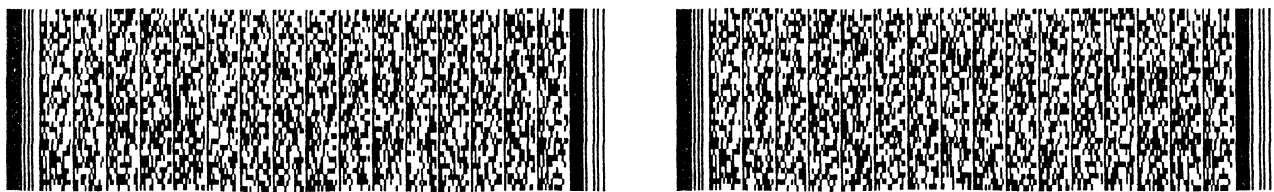
## 五、發明說明 (26)

降低造成劣化原因的錯位密度，結果便可達長壽命化。

輸出紫外線之情形的較佳態樣，在上述態樣(I)中，將基板之凹凸上所形成之Ga<sub>2</sub>N系結晶層材料限定於Ga<sub>2</sub>N結晶。在此Ga<sub>2</sub>N系結晶層上，構成將可產生紫外線之組成的InGa<sub>2</sub>N結晶層設定為阱層的MQW構造，並設定為發光層。換言之，n型覆蓋層係由Ga<sub>2</sub>N所構成，且形成在發光層與低溫緩衝層之間並未存在AlGa<sub>2</sub>N層的構造。

在此態樣中，發光層採用可產生紫外線之組成的InGa<sub>2</sub>N，n型覆蓋層材料亦未採用以往所必須使用的AlGa<sub>2</sub>N，而採用Ga<sub>2</sub>N。在本發明中，相對於紫外線發光層，即使n型覆蓋層亦為Ga<sub>2</sub>N，亦可發現電洞的封閉亦可充分的達成。此可認為因為從p型層所植入的電洞有效質量較重，因此擴散長度較短，而無法充分到達n型覆蓋層的緣故所致。所以，在本發明的構造中，InGa<sub>2</sub>N發光層下層所存在的n型Ga<sub>2</sub>N層，嚴格而言可謂並不相當於以往所謂的覆蓋層。排除結晶基板與發光層之間所存在覆蓋層的AlGa<sub>2</sub>N，利用Ga<sub>2</sub>N層，便可降低InGa<sub>2</sub>N發光層的應力。

當對發光層(阱層)施加應力的情況時，隨應力而產生壓電電場(Piezo Field)導致阱構造傾斜，且電子與電洞的波動函數重疊將變少。結果便減少電子與電洞的再結合機率，並使發光輸出轉弱。為避免此現象，亦有嘗試藉由對MQW構造摻雜Si而企圖嘗試刪除電場。但是，卻因為將引起隨摻雜而所導致結晶性降低，因此並非屬最佳的方法。如上述，利用排除n型AlGa<sub>2</sub>N層即可獲得高輸出而無產



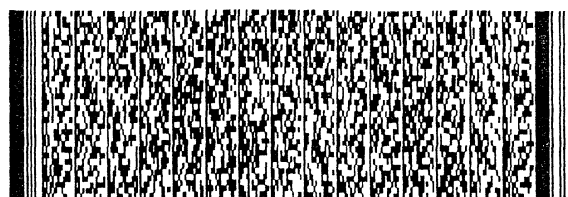
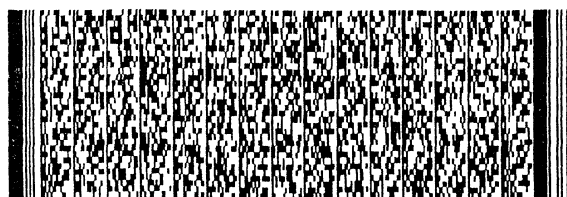
## 五、發明說明 (27)

生此種現象之虞。

結合採用上述所說明基板的凹凸之錯位密度降低化，與排除AlGaIn的上述作用效果，InGaIn發光層便將被錯位密度降低化，同時應力亦將減少，而可充分的提昇發光輸出、元件壽命。

再者，當輸出紫外線之情況時的另一較佳態樣，將發光層之量子阱構造中的阻障層材料限定於GaIn。藉此AlGaIn層便從阱層與低溫緩衝層之間被排除，並抑制阱層的應力，而達高輸出化、長壽命化。在習知的量子阱構造中，考量將載子封閉於阱層內，在阻障層或覆蓋層中便採用AlGaIn。

但是，在該等的組合中，結晶成長條件的最佳值由於AlGaIn與InGaIn間存在頗大差異，因此將產生如下問題。AlN相較於GaIn下乃屬高融點，而InN相較於GaIn下則屬低融點。因此最佳成長溫度係當將GaIn設定為 $1000^{\circ}\text{C}$ 時，InGaIn則設定在 $1000^{\circ}\text{C}$ 以下，最好在 $600$ 至 $800^{\circ}\text{C}$ 程度，而AlGaIn則在GaIn以上。當將AlGaIn採用為阻障層時，若不使AlGaIn阻障層與InGaIn阱層的成長溫度產生變化的話，便無法達成各自的最佳結晶成長條件，而導致結晶品質降低的問題。此外，使成長溫度產生變化乃表示設置成長中斷，在 $3\text{nm}$ 程度薄膜的阱層中，便將導致在此成長中斷由於蝕刻作用而改變厚度，而產生結晶缺陷等的問題。因為有這種權衡得失關係，要以AlGaIn阻障層、InGaIn阱層的組合獲得高品質的物品實際上有困難。另外，將阻障層由AlGaIn形



## 五、發明說明 (28)

成，亦將產生對阱層施加應變的問題，而妨礙高輸出化。所以，在本發明中，當阻障層材料採用GaN，而嘗試減輕上述權衡問題時，能改善結晶品質。再者，為減輕應變而採用GaN為n型覆蓋層時，由於應變的減輕可高輸出化。若將GaN當作覆蓋層時，似有載子，對可紫外線發光組成的InGaN封閉有不足的顧慮，但是得知可達成載子確實(特別係電洞)封閉。

再者，當輸出紫外線時的另一較佳態樣，將MQW構造中的阻障層厚度限定在6nm至30nm，最好為8nm至30nm，尤以9nm至15nm為佳。習知MQW構造中的阻障層厚度為3nm至7nm。

若將阻障層厚度設定為如此厚的話，則將無波動函數的重疊，相較於MQW構造之下，AQW可形成多重層積重疊的狀態，而達成充分的高輸出力化。若阻障層超過30nm，則使從p型層所植入的電洞將到達阱層，而被形成GaN阻障層中所存在非發光中心的錯位缺陷等所捕捉，而降低發光效率因此不適宜。

再者，將阻障層加厚，則阱層不容易受到隨成長其上面之層時的熱、及氣體的損傷，因此損壞將減輕，此外也可降低來自p型層的摻雜材料(Mg等)擴散於阱層中，甚至於亦可獲得降低施加於阱層上之應變的作用效果。

## 【實施例】

以下例示實際製作具有上述態樣(I)、(II)之凹凸狀折射率界面的GaN系LED。



## 五、發明說明 (29)

## 實施例 1

在本實施例中，如第1(a)圖所示，依照上述態樣(I)，利用該多面成長法埋藏藍寶石基板之凹凸，並形成凹凸狀折射率界面，而實際製作Ga<sub>N</sub>系LED。

在C面藍寶石基板上，施行光阻的條紋狀圖案化處理(寬度 $2\mu\text{m}$ 、週期 $4\mu\text{m}$ 、條紋方位：條紋長度方向為基板上所成長Ga<sub>N</sub>系結晶的 $\langle 11-20 \rangle$ 方向)，然後利用RIE裝置施行深度 $2\mu\text{m}$ 且截面方形的蝕刻處理，而獲得如第2(a)圖所示表面形成條紋狀圖案凹凸的基板。此時的條紋溝截面之寬深比為1。

去除光阻之後，將基板安裝於MOVPE裝置上，在氮氣體主成分環境下昇溫至 $1100^\circ\text{C}$ ，然後施行熱清洗。將溫度下降至 $500^\circ\text{C}$ ，流通第III族原料的三甲基鎵(以下稱「TMG」)，與N原料的氨，而成長厚度 $30\text{nm}$ 的Ga<sub>N</sub>低溫緩衝層。

接著，將溫度昇溫至 $1000^\circ\text{C}$ ，流入原料的TMG、氨及摻質的矽烷，而成長n型Ga<sub>N</sub>層(接觸層)。此時Ga<sub>N</sub>層的成長係如第2(b)圖所示，從凸部上面、凹部底面起產生截面山形之包含多面構造的凸脊狀結晶，然後依埋藏整體而在凹部內不形成空洞的方式進行成長。

在多面構造成長中，於Ga<sub>N</sub>結晶的C面完全消滅，且頂部形成尖凸狀時，便將成長條件切換成橫向成長較優勢的條件(上升成長溫度等)，而從藍寶石基板上，成長出厚度 $5\mu\text{m}$ 的Ga<sub>N</sub>結晶。為獲得上面平坦的填充層，所以必要



### 五、發明說明 (30)

成長  $5\ \mu\text{m}$  厚度的膜。

接著，依序形成 n 型 AlGaIn 覆蓋層、InGaIn 發光層 (MQW 構造)、p 型 AlGaIn 覆蓋層、p 型 GaIn 接觸層，而形成發光波長  $370\text{nm}$  之紫外線 LED 用磊晶基板，然後再施行為裸露出 n 型接觸層的蝕刻加工，並施行形成電極、元件分離之後，而獲得 LED 元件。

測量晶圓整體所採取之 LED 晶片 (裸晶狀態、波長  $370\text{nm}$ 、通電  $20\text{mA}$ ) 的各輸出。

再者，比較例 1 則除未在藍寶石基板上形成條紋狀凹口之外，其餘均利用如同上述的條件，形成紫外線 LED 晶片 (即在平面的藍寶石基板上，隔著低溫緩衝層形成元件構造)，然後測量輸出。該等測量結果如後述。

#### 比較例 2

在本比較例 2 中，採用習知週知使用單幕的橫向成長法，完成上述比較例 1 之 GaIn 系結晶層的錯位密度降低化。此比較例 2 系在多面構造成長時，並未變更組成，而依相同組成一口氣填充單幕的習知構造。就未具有依多面構造成長的凹凸狀折射率界面之點而言，與本發明 (III) 態樣 (特別係第 5(b) 圖) 有頗大的差異。

將如同實施例 1 規格的 C 面藍寶石基板裝填於 MOVPE 裝置中，在氮氣主成分環境下，昇溫至  $1100^\circ\text{C}$ ，然後施行熱清洗。將溫度下降至  $500^\circ\text{C}$ ，流通第 III 族原料的 TMG，與 N 原料的氮，而成長厚度  $30\text{nm}$  的 GaIn 低溫緩衝層。

接著，將溫度昇溫至  $1000^\circ\text{C}$ ，流入原料的 TMG、氮及



## 五、發明說明 (31)

摻質的矽烷，而成長約  $2\mu\text{m}$  的 n 型 GaN 層。

從 MOVPE 裝置中取出基板，施行光阻的條紋狀圖案化處理（寬度  $2\mu\text{m}$ 、週期  $4\mu\text{m}$ 、條紋方位：條紋長度方向為 GaN 結晶的  $\langle 11-20 \rangle$  方向），然後利用電子束蒸鍍裝置，蒸鍍上厚度  $100\text{nm}$  的  $\text{SiO}_2$ 。利用通稱「剝除」(Lift-off) 的手法去除光阻之後，獲得條紋狀  $\text{SiO}_2$  罩幕。

再度裝填於 MOVPE 裝置中，成長 n 型 GaN 結晶接觸層。成長條件大致如同實施例 1，從 GaN 結晶裸露部（非罩幕區域）的成長，在產生截面山形之包含多面在內的凸脊狀結晶之後，繼續填埋整體並成長至平坦為止。在填埋上必須於 C 軸方向上成長厚度約  $5\mu\text{m}$  的 GaN 結晶。

接著，依序形成 n 型 AlGaIn 覆蓋層、InGaIn 發光層 (MQW 構造)、p 型 AlGaIn 覆蓋層、p 型 GaN 接觸層，而形成發光波長  $370\text{nm}$  之紫外線 LED 用磊晶基板，然後再施行為裸露出 n 型接觸層的蝕刻加工，並施行形成電極、元件分離之後，而獲得 LED 元件。

測量晶圓整體所採取之 LED 晶片（裸晶狀態、波長  $370\text{nm}$ 、通電  $20\text{mA}$ ）的各輸出。測量結果如後述。

## 實施例 2

在本實施例中，如第 1(b) 圖所示，依照上述態樣 (II)，利用該多面成長法形成由 AlGaIn 結晶所構成的凹凸狀多面構造，將其利用 GaN 填埋，形成凹凸狀折射率界面，俾實際製作 GaN 系 LED。

完全如同實施例 1，在 C 面藍寶石基板上形成條紋狀圖



## 五、發明說明 (32)

案的凹凸。將該基板安裝於MOVPE裝置上，在氮氣體主成分環境下昇溫至 $1100^{\circ}\text{C}$ 施行熱清洗。將溫度下降至 $500^{\circ}\text{C}$ ，流通第III族原料的TMG，與N原料的氨，而成長厚度 $30\text{nm}$ 的GaN低溫緩衝層。

接著，將溫度昇溫至 $1000^{\circ}\text{C}$ ，流入原料的TMG、氨，而成長約 $100\text{nm}$ 的GaN層之後，於第III族原料中添加三甲基鋁(TMA)並繼續成長而成長出AlGaN。AlGaN/GaN層的成長，如第2(b)圖所示，從凸部上面、凹部底面起產生截面山形之包含多面構造的凸脊狀結晶，然後使凹部內不形成洞的方式進行成長。

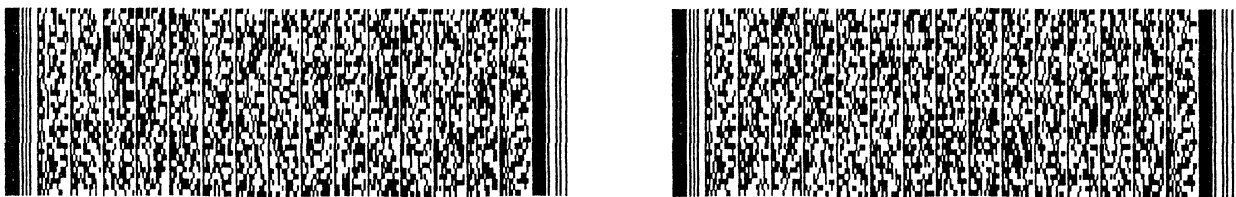
在多面構造成長中，於AlGaN結晶的C面完全消滅，且頂部形成尖凸狀時，便將成長條件切換成n型GaN成長且橫向成長較優勢的條件，而從藍寶石基板上面成長出厚度 $5\mu\text{m}$ 的n-GaN結晶(接觸層)。

在上述n型接觸層上，如同上述實施例1，依序形成n型AlGaN覆蓋層、InGaN發光層(MQW構造)、p型AlGaN覆蓋層、p型GaN接觸層，而形成發光波長 $370\text{nm}$ 之紫外線LED用磊晶基板，然後再施行為裸露出n型接觸層的蝕刻加工，並施行形成電極、元件分離之後，而獲得LED元件。

測量晶圓整體所採取之LED晶片(裸晶狀態、波長 $370\text{nm}$ 、通電 $20\text{mA}$ )的各輸出。測量結果如後述。

## 實施例3

在本實施例中，如第4(c)圖所示，依照上述態樣(II)，利用該多面成長法形成由GaN結晶所構成的凹凸狀



## 五、發明說明 (33)

多面構造，將其利用由AlGa<sub>N</sub>/Ga<sub>N</sub>之超晶格構造所形成50配對的布拉格反射層予以覆蓋，而形成凹凸狀折射率界面，而實際製作Ga<sub>N</sub>系LED。

完全如同實施例1，在C面藍寶石基板上形成條紋狀圖案之凹凸。將該基板安裝於MOVPE裝置上，在氮氣體主成分環境下昇溫至1100°C施行熱清洗。將溫度下降至500°C，流通第III族原料的TMG，與N原料的氨，而成長厚度30nm的Ga<sub>N</sub>低溫緩衝層。

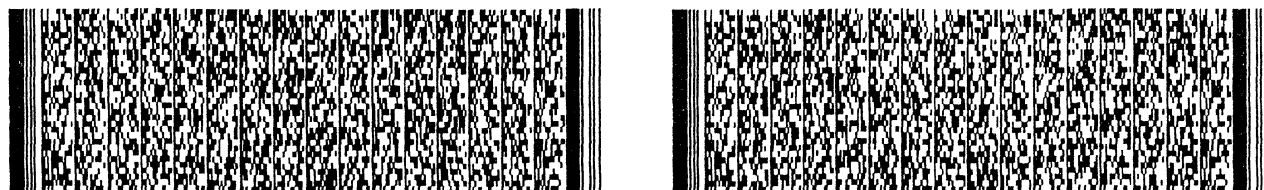
接著，將溫度昇溫至1000°C，流入原料的TMG、氨之後，使Ga<sub>N</sub>層如第4(c)圖所示，從凸部上面、凹部底面起成長截面山形之包含多面構造的凸脊狀結晶。

在多面構造成長中，於Ga<sub>N</sub>結晶的C面完全消滅，且頂部形成尖凸狀時，成長Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>N(C軸方向為37nm)/Ga<sub>N</sub>(C軸方向為34nm)成長50配對，然後將成長條件切換成n型Ga<sub>N</sub>成長且橫向成長較優勢的條件，而從藍寶石基板上面成長出厚度5μm的n-Ga<sub>N</sub>結晶(接觸層)。

在上述n型接觸層上，如同上述實施例1，依序形成n型AlGa<sub>N</sub>覆蓋層、InGa<sub>N</sub>發光層(MQW構造)、p型AlGa<sub>N</sub>覆蓋層、p型Ga<sub>N</sub>接觸層，而形成發光波長370nm之紫外線LED用磊晶基板，然後再施行為露出n型接觸層的蝕刻加工，並施行形成電極、元件分離之後，而獲得LED元件。

測量晶圓整體所採取之LED晶片(裸晶狀態、波長370nm、通電20mA)的各輸出。

上述實施例1至3、比較例1、2之各測量結果(平均值)



## 五、發明說明 (34)

係如下所示。

實施例 1: 14 mW。

實施例 2: 14.5 mW。

實施例 3: 15 mW。

比較例 1: 6 mW。

比較例 2: 7 mW。

由上述比較中得知，藉由在發光層下方賦予凹凸狀的折射率界面，便可將在元件內部所消滅橫向光的其中一部分取出於外界，而提昇發光元件的輸出。

#### 實施例 4

在本實施例中，製作具有量子阱構造的 GaN 系 LED，並使發光層與結晶層之間的層僅由 GaN 所構成的態樣。

在 C 面藍寶石基板上，施行光阻的條紋狀圖案化處理（寬度  $2\ \mu\text{m}$ 、週期  $4\ \mu\text{m}$ 、條紋方位：條紋長度方向為基板上所成長 GaN 系結晶的  $\langle 11-20 \rangle$  方向），然後利用 RIE 裝置施行深度  $2\ \mu\text{m}$  且截面方形的蝕刻處理，而獲得表面形成條紋狀圖案凹凸的基板。此時的條紋溝截面之寬深比為 1。

去除光阻之後，將基板安裝於 MOVPE 裝置上，在氫氣體環境下昇溫至  $1100^\circ\text{C}$ ，然後施行熱清洗。將溫度下降至  $500^\circ\text{C}$ ，流通第 III 族原料的三甲基鎵（以下稱「TMG」），與 N 原料的氨，而成長厚度  $30\text{nm}$  的 GaN 低溫緩衝層。該 GaN 低溫緩衝層僅形成於凸部上面與凹部底面。

接著，將溫度昇溫至  $1000^\circ\text{C}$ ，流入原料的 TMG、氨，在相當於使未摻雜 GaN 層在平坦的基板上成長出  $2\ \mu\text{m}$  的時



## 五、發明說明 (35)

間之後，將成長溫度提昇至 $1050^{\circ}\text{C}$ ，然後成長相當於在平坦基板上成長出 $4\mu\text{m}$ 的時間。當利用此條件進行成長的情況時，此時的Ga<sub>2</sub>N層成長，便如第2(b)圖所示，從凸部上面、凹部底面起，形成含多面在內的凸脊狀。然後利用改變成長溫度，促進二維成長並平坦化。

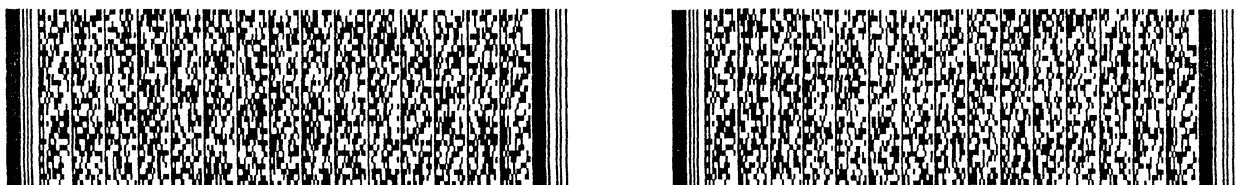
接著，依序形成n型Ga<sub>2</sub>N覆蓋層(覆蓋層)、厚度3nm的InGa<sub>2</sub>N阱層(發光波長380nm、因為In組成接近零因此較難測量)、厚度6nm之由Ga<sub>2</sub>N阻障層所構成的三週期多重量子阱層、厚度30nm的p型AlGa<sub>2</sub>N覆蓋層、厚度50nm的p型Ga<sub>2</sub>N接觸層，而形成發光波長370nm之紫外線LED基板，然後再施行電極形成、元件分離之後，而獲得LED元件。

測量晶圓整體所採取之LED元件(裸晶狀態、波長380nm、通電20mA)的各輸出。

為求比較，在未施行凹凸加工的藍寶石基板上，利用如同上述的條件，形成紫外線LED晶片(比較例1)，測量其輸出。

再者，於通常的ELO用基材(在平坦的藍寶石基板上，暫時先形成Ga<sub>2</sub>N層之後，再形成幕罩層)上，利用如同上述的條件，形成形成紫外線LED晶片(比較例2)，測量其輸出。

利用陰極發光測量LED晶圓中之錯位密度平均值的結果、以及輸出平均值、依 $80^{\circ}\text{C}$ 、20mA加速測驗的壽命(降低至初期輸出之80%的時間)，如表1中所示。



## 五、發明說明 (36)

表 1

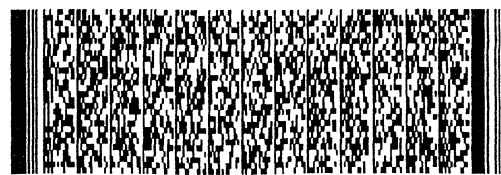
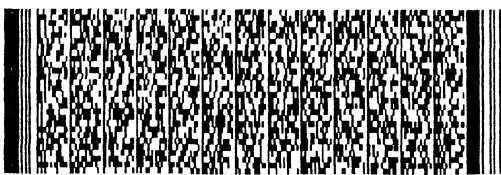
	錯位密度 (個/cm <sup>2</sup> )	輸出 (mW)	壽命 (hr)
實施例	$8 \times 10^7$	10	1300
比較例 1	$1 \times 10^9$	3	800
比較例 2	$8 \times 10^7$	6	1300

由表 1 得知，在本實施例中達成錯位密度降低、長壽命化、高輸出化。由比較例 2 中得知，利用錯位密度降低法之一的 ELO 法，雖可達相同的錯位密度降低，但是輸出卻低於本實施例。此可判定為因再成長界面的存在而造成結晶性不同的緣故所致。此外，因為在通常基板上錯位密度亦偏多，因此輸出壽命亦較本實施例差劣。

實施例 5

在本實施例中，除在實施例 4 的 n 型 GaN 接觸層、InGa<sub>N</sub> 阱層之間，設置 n 型 Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N 層之外，其餘均利用如同實施例 4 的相同條件，形成紫外線 LED 晶片，並測量其輸出。

如上述表 1 所示，相對於實施例 4 的元件輸出 10mW，本實施例的元件輸出為 7mW。由此結果得知，雖本實施例的元件較比較例 1、2 已提昇輸出，但是如實施例 4，藉由將 AlGa<sub>N</sub> 層從 InGa<sub>N</sub> 阱層與結晶基板之間予以排除，便可更加提昇輸出。

實施例 6

## 五、發明說明 (37)

在本實施例中，施行調查相關MQW構造之阻障層厚度之限定作用效果的實驗。

除將實施例4中的MQW構造之各阻障層厚度，設定為：樣本1→3nm、樣本2→6nm、樣本3→10nm、樣本4→15nm、樣本5→30nm之外，其餘均利用如同實施例4的相同條件，形成紫外線LED晶片，並測量其輸出。該等全部均屬於本發明的發光元件。

該等測量結果的平均值，如下所示。

樣本1:2mW。

樣本2:7mW。

樣本3:10mW。

樣本4:8mW。

樣本5:5mW。

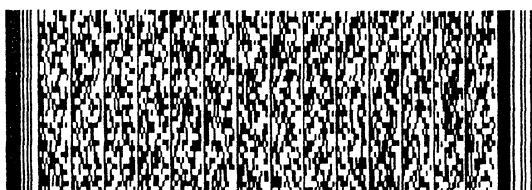
此外，將該等樣本在4K低溫中施行陰極發光測量的結果，樣本1在3.2eV附近，觀測到來自Mg的發光。此可判斷為因為阻障層較薄，因此從p型層擴散出Mg的結果所致。

由上述結果得知，阻障層厚度在6nm至30nm範圍內時，高輸出化可獲更加改善。

**【產業上利用領域】**

如上所述，利用在發光層下方賦予凹凸狀的折射率界面，對在發光層所產生橫向光的至少其中一部分，可改變其行進方向，而可增加取出於外界的光量。

再者，可提供一種抑制上下方向的駐波產生，使光侵入藍寶石基板，特別係從基板端取出光之時，可提升光取



## 五、發明說明 (38)

出效率之賦予新穎構造的發光元件。

再者，利用在經凹凸加工過的基板上製作結晶構造，便可達錯位降低，且以Ga<sub>N</sub>為將n型覆蓋層(在量子阱構造中包括阻障層)的材料，便可減少應變，另外屬於MQW構造的較佳態樣，利用限定阻障層厚度，便可提昇元件的發光輸出，且可長壽命化。

本申請案係以日本專利特願2001-081447號、及特願2001-080806號為基礎，該等之內容均全部涵蓋於本說明書中。



## 圖式簡單說明

## 【圖式簡單說明】

第1(a)至(b)圖係本發明之發光元件構造例的模式圖。陰影線部分係用以表示區域邊界而只施加於其中一部分(以下圖示中均同)。

第2(a)至(c)圖係本發明態樣(I)中，供形成凹凸狀折射率界面用的結晶成長法之一例的模式圖。

第3(a)至(c)圖係本發明態樣(I)中，將結晶基板表面加工為具斜面凹凸的方法一例模式圖。

第4(a)至(c)圖係本發明態樣(II)中，供形成凹凸狀折射率界面用的結晶成長法之一例的模式圖。

第5(a)至(c)圖係本發明態樣(II)中，供形成凹凸狀折射率界面用的結晶成長法之另一例的模式圖。

第6圖係第4圖、第5圖所示結晶成長變異的模式圖。

第7圖係本發明態樣(II)中，供形成凹凸狀折射率界面用的結晶成長法之另一例的模式圖。

第8圖係習知Ga<sub>N</sub>系發光元件構造模式圖。

第9圖係以In<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>N為發光層材料之習知二極體一例的模式圖。

## 【圖示符號說明】

1	結晶基板(第一層)	1a	凹凸狀折射率界面
2	第二層	3n	n型接觸層
4p	p型接觸層	10、20a	第一結晶
20、20b	第二結晶	21、22	GaN系結晶
101	結晶基板	102	GaN系結晶層



## 圖式簡單說明

103 GaN系半導體發光層	104 p型結晶層
P10、105 下電極	P20、106 上電極
201 緩衝層	202 n型GaN接觸層
203 n型Al <sub>0.1</sub> Ga <sub>0.9</sub> N覆蓋層	204 In <sub>0.05</sub> Ga <sub>0.95</sub> N阱層
205 p型Al <sub>0.2</sub> Ga <sub>0.8</sub> N覆蓋層	206 p型GaN接觸層
A 發光層	m 罩幕
P1、P2 電極	R 光阻
S、S10 結晶基板	



## 四、中文發明摘要 (發明之名稱：半導體發光元件)

本發明之半導體發光元件係在第一層1上施行凹凸1a加工，並使具有與第一層不同折射率之第二層2埋藏於該凹凸而成長(或在成為成長基礎的結晶層S上，使第一結晶10成長為凹凸狀，然後再成長具有與第一結晶不同折射率的第二結晶20)。在形成該等凹凸狀折射率界面1a(10a)之後，在於其上面，形成層積有包含發光層A在內之半導體結晶層的元件構造。藉此在發光層所產生的橫向光，將隨凹凸狀之折射率界面的影響，而改變方向並朝向外界。此外，其中當以InGaN為發光層材料而發出紫外線的情況時，採用量子阱構造，並使該量子阱構造與低溫緩衝層之間的層全部由GaN結晶所形成而排除AlGaN。該量子阱構造最好為利用由InGaN所構成的阱層與由GaN所構成的阻障層

## 英文發明摘要 (發明之名稱：SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING ELEMENT)

An undulation 1a is formed on the surface of a first layer 1, and a second layer 2 having a refractory index different from that of the first layer 1 is grown to fill the undulation 1a. ( Or a first crystal 10 is grown in an undulated shape on a crystal layer S which is the foundation of growth ) After such undulated refractory interface 1a (10a) is formed, a semiconductor crystal layer containing a light emitting layer A is laminated thereon to form an element structure. Thereby the



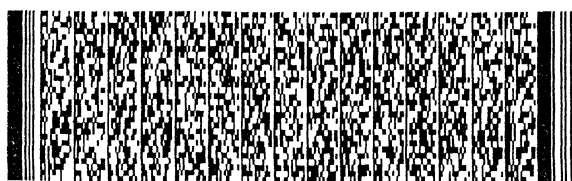
四、中文發明摘要 (發明之名稱：半導體發光元件)

所形成，且阻障層的厚度最好為6nm至30nm。

英文發明摘要 (發明之名稱：SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING ELEMENT)

lateral light produced in the light emitting layer changes its direction because of the effect of the undulated refractory interface and is directed outwards.

On this construction, if InGaN is used as the material for the light emitting layer for emitting an ultraviolet ray, a quantum well construction is employed and the layer between such quantum well construction and a low temperature buffer layer is formed of GaN crystal; AlGaN is excluded,



四、中文發明摘要 (發明之名稱：半導體發光元件)

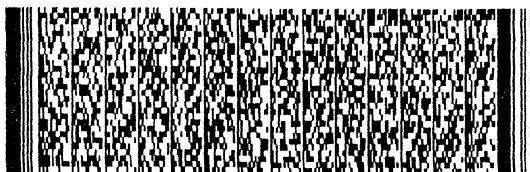
英文發明摘要 (發明之名稱：SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING ELEMENT)

preferably the quantum well construction is made with a well layer of InGaN and a barrier layer of GaN, with the thickness of the barrier layer in between 6nm~ 30nm preferably.



## 六、申請專利範圍

1. 一種半導體發光元件，係具有：對第一結晶層表面施行凹凸加工之後，再於其上方隔著緩衝層或直接地使具有與該結晶層不同折射率之半導體材料所構成的第二結晶層，填埋該凹凸而成長，然後再於其上方層積包含發光層在內之半導體結晶層的元件構造。
2. 如申請專利範圍第1項之半導體發光元件，其中該第二結晶層與其上面的半導體結晶層，係由Ga<sub>N</sub>系半導體結晶所構成的層。
3. 如申請專利範圍第2項之半導體發光元件，其中該第一結晶層係結晶基板，乃從對結晶基板表面施行加工的凹凸面起，一邊使第二結晶層實質的形成多面(facet)構造並一邊進行成長。
4. 如申請專利範圍第3項之半導體發光元件，其中該結晶基板表面經施行加工過的凹凸，係呈條紋狀的凹凸，且該條紋的長度方向係將該凹凸填埋而成長之Ga<sub>N</sub>系半導體的 $\langle 11-20 \rangle$ 方向，或 $\langle 1-100 \rangle$ 方向。
5. 如申請專利範圍第1項或第4項之半導體發光元件，其中該凹凸截面形狀係矩形波狀、三角波狀、或正弦波狀。
6. 如申請專利範圍第1項之半導體發光元件，其中從發光層所發出光的波長，在第一結晶層的折射率與在第二結晶層的折射率間的差係在0.05以上。
7. 如申請專利範圍第1項之半導體發光元件，其中該發光層係由可獲得產生紫外線之組成InGa<sub>N</sub>結晶所構成。



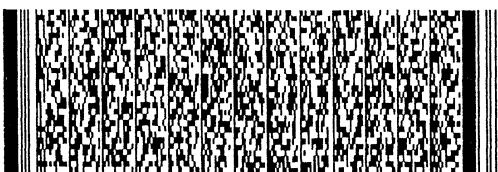
## 六、申請專利範圍

8. 如申請專利範圍第1項之半導體發光元件，其中該發光層係利用由InGa<sub>N</sub>所構成的阱層與由Ga<sub>N</sub>所構成的阻障層而成的量子阱構造。
9. 如申請專利範圍第1項之半導體發光元件，其中該第一結晶層係結晶基板，在該結晶基板表面上施行加工過的凹凸上，隔著緩衝層成長第二結晶層並填埋該凹凸；發光層係利用由InGa<sub>N</sub>所構成的阱層與由Ga<sub>N</sub>所構成的阻障層而成的量子阱構造；  
該量子阱構造與低溫緩衝層之間的層，完全由Ga<sub>N</sub>結晶所構成。
10. 如申請專利範圍第8項或第9項之半導體發光元件，其中該阻障層厚度係6nm至30nm。
11. 一種半導體發光元件，係具有：在形成結晶成長基礎的結晶層表面上，依形成凹凸方式成長第一Ga<sub>N</sub>系半導體結晶，並成長出至少覆蓋該凹凸其中一部分且具有與第一Ga<sub>N</sub>系半導體結晶不同折射率的第二Ga<sub>N</sub>系半導體結晶，然後成長第三Ga<sub>N</sub>系半導體結晶直到該凹凸平坦化為止，之後再於其上層積含發光層之半導體結晶層的元件構造。
12. 如申請專利範圍第11項之半導體發光元件，係在形成結晶成長基礎的結晶層表面上，施行尺寸限制結晶成長區域的構造或表面處理，藉由此限制，第一Ga<sub>N</sub>系半導體結晶便依照一邊實質的形成多面構造或類似多面構造，並一邊形成凹凸的方式成長著。



## 六、申請專利範圍

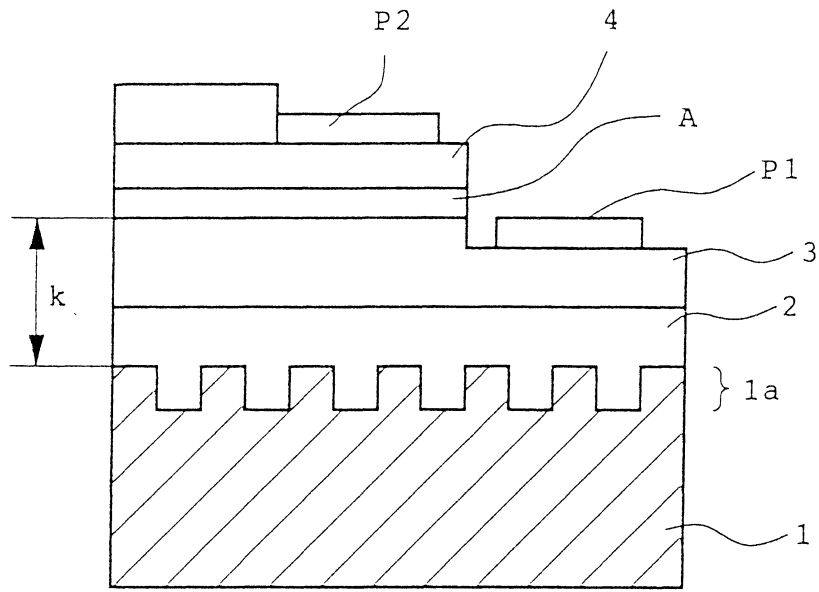
13. 如申請專利範圍第12項之半導體發光元件，其中該尺寸限制結晶成長區域的構造或表面處理，係在形成結晶成長基礎的結晶層表面上施行凹凸、
- 或對形成結晶成長基礎的結晶層表面上賦予可橫向成長的罩幕圖案、
- 或對形成結晶成長基礎的結晶層表面特定區域所施行之可抑制Ga<sub>N</sub>系結晶成長的表面處理。
14. 如申請專利範圍第11項之半導體發光元件，係由第一Ga<sub>N</sub>系半導體結晶所構成的凹凸中，至少將凸部膜狀覆蓋著，而成長第二Ga<sub>N</sub>系半導體結晶，再者，成長第三Ga<sub>N</sub>系半導體結晶而將其覆蓋，並成長至該凹凸平坦化為止，且其上具有包含發光層的半導體結晶層所層積的元件構造，而該第二Ga<sub>N</sub>系半導體結晶具有多層膜構造。
15. 如申請專利範圍第11項之半導體發光元件，其中之該發光層係由可發生紫外線之組成的InGa<sub>N</sub>結晶所構成。
16. 如申請專利範圍第11項之半導體發光元件，其中之該發光層係利用由InGa<sub>N</sub>所構成的阱層與由Ga<sub>N</sub>所構成阻障層所構成的量子阱構造。
17. 如申請專利範圍第11項之半導體發光元件，其中之該阻障層厚度係6nm至30nm。
18. 如申請專利範圍第11項之半導體發光元件，其中之該凹凸係呈條紋圖案的凹凸，該條紋的長度方向係第一Ga<sub>N</sub>系半導體結晶的 $\langle 11-20 \rangle$ 方向，或 $\langle 1-100 \rangle$ 方



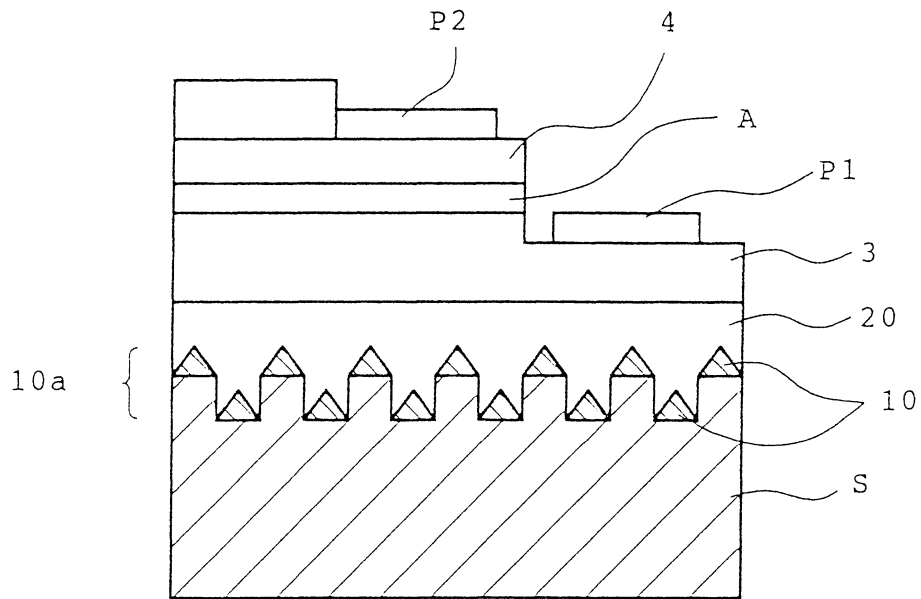
六、申請專利範圍

向。

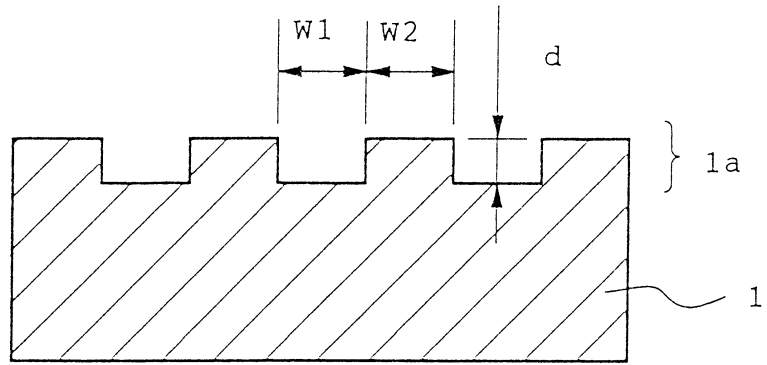




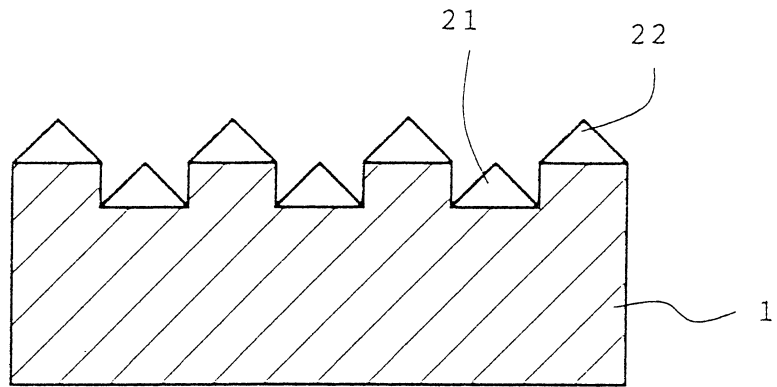
第1(a)圖



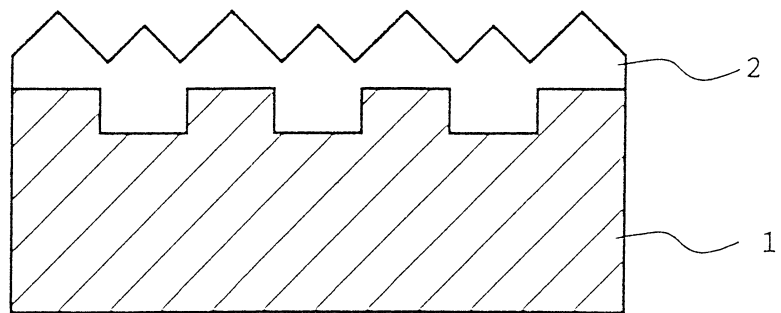
第1(b)圖



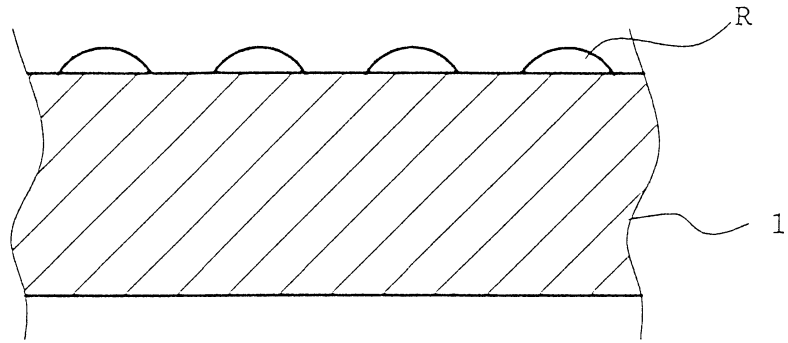
第2(a)圖



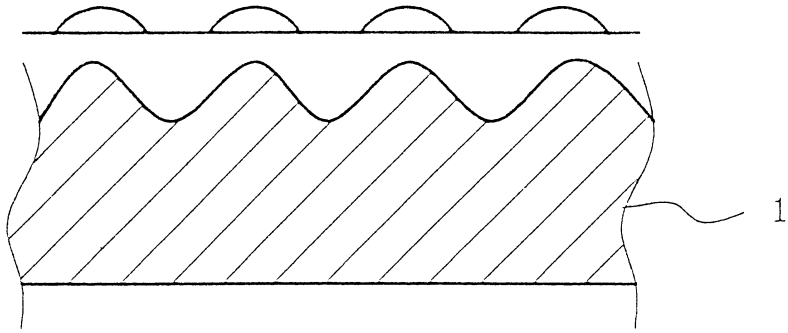
第2(b)圖



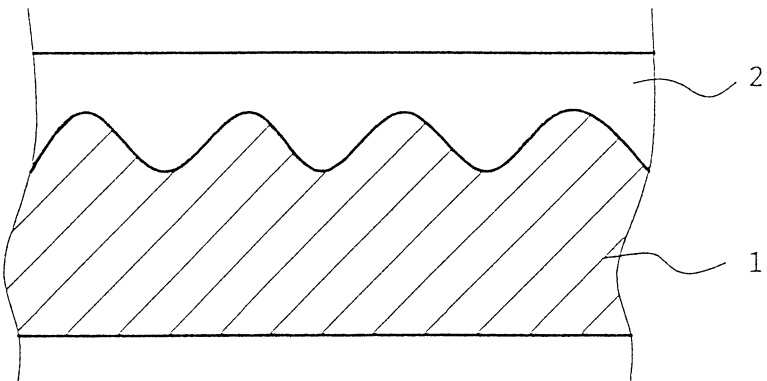
第2(c)圖



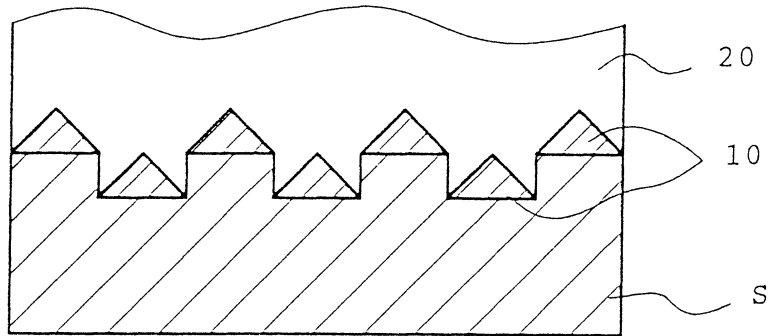
第3(a)圖



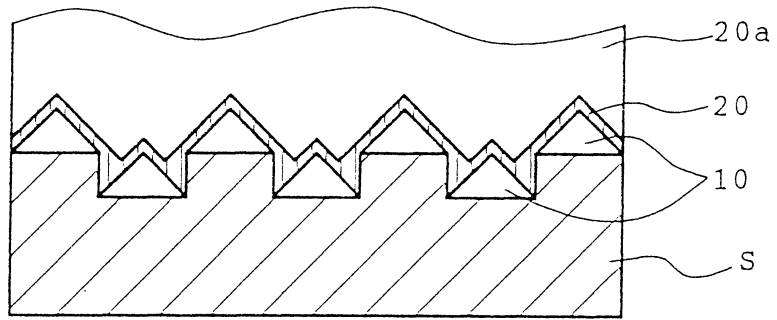
第3(b)圖



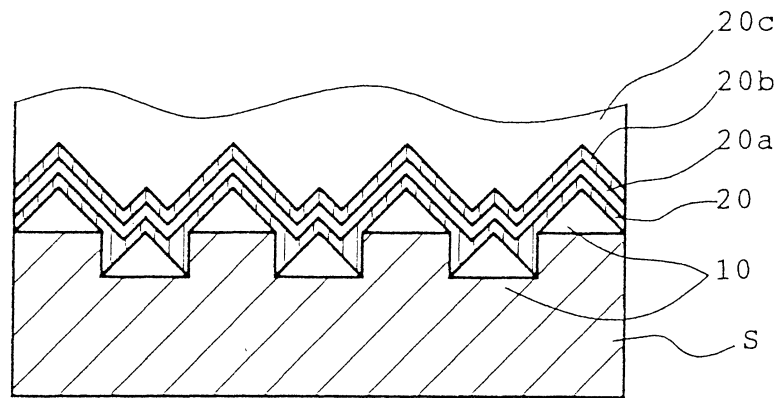
第3(c)圖



第4(a)圖

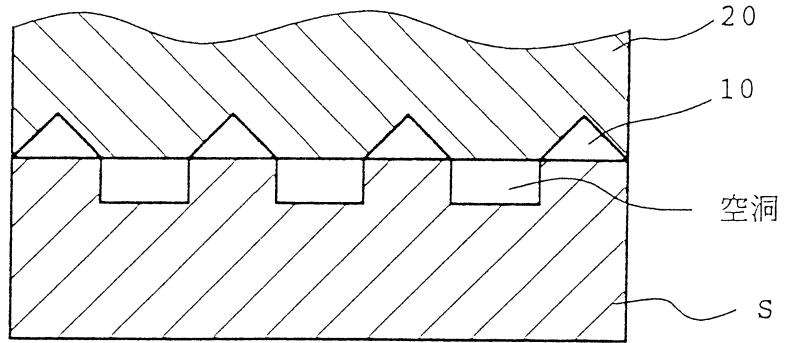


第4(b)圖

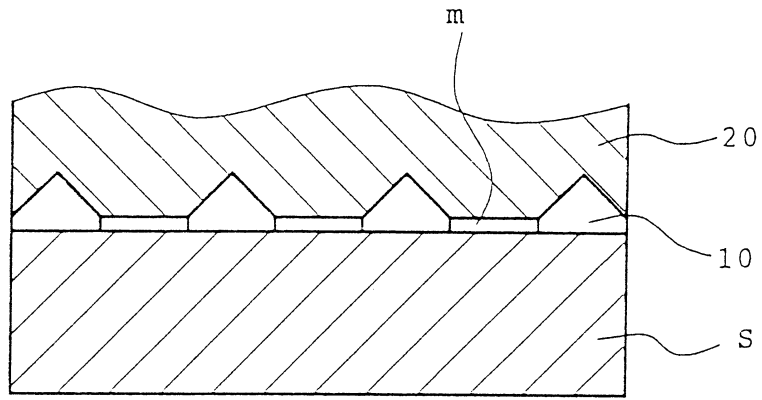


第4(c)圖

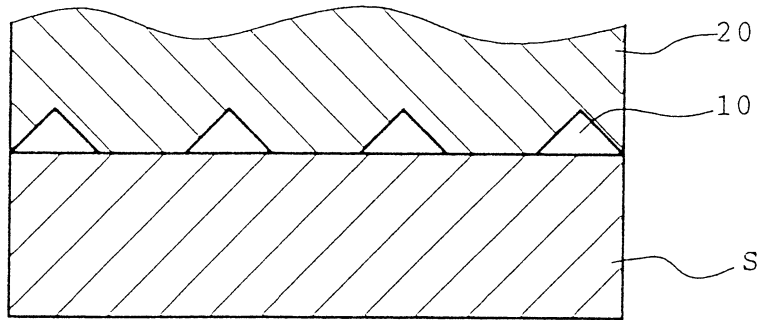
第5(a)圖

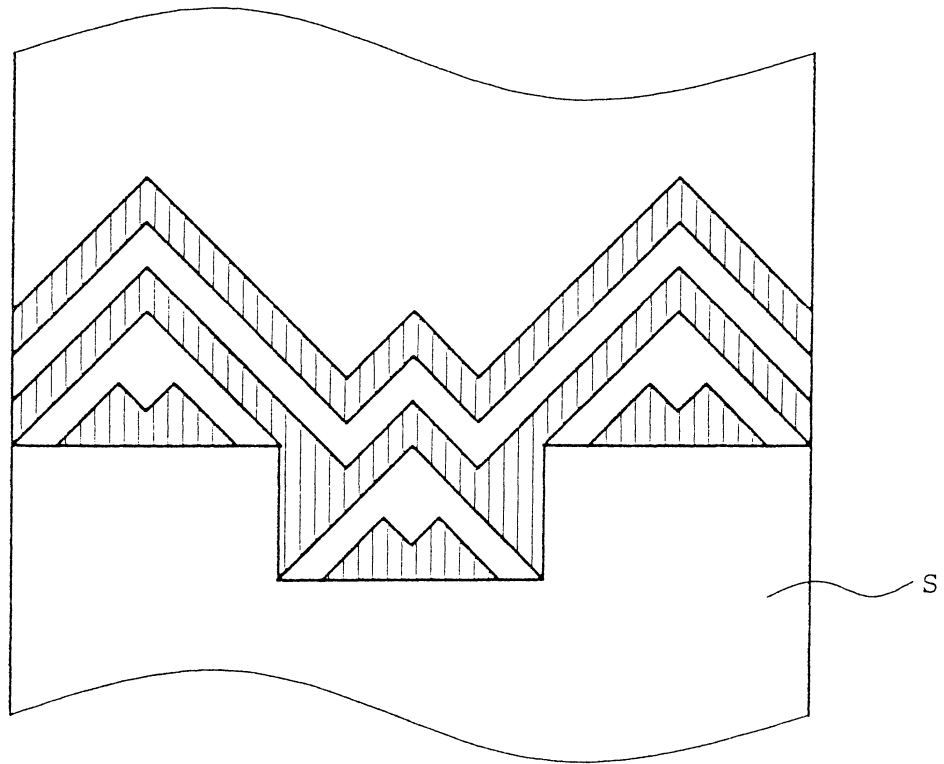


第5(b)圖

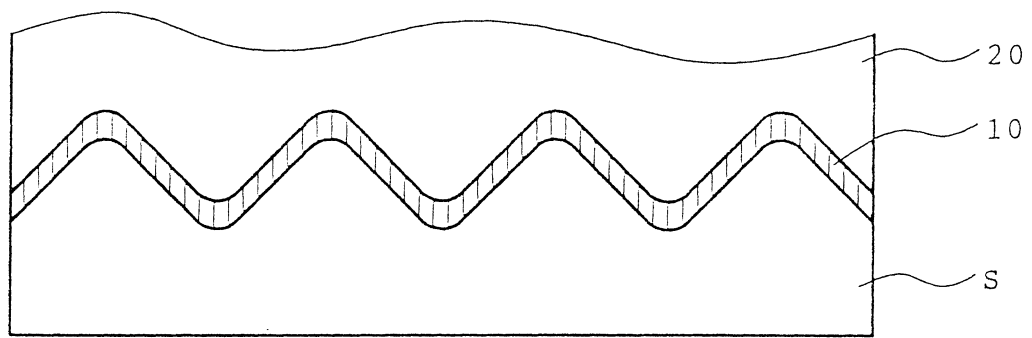


第5(c)圖

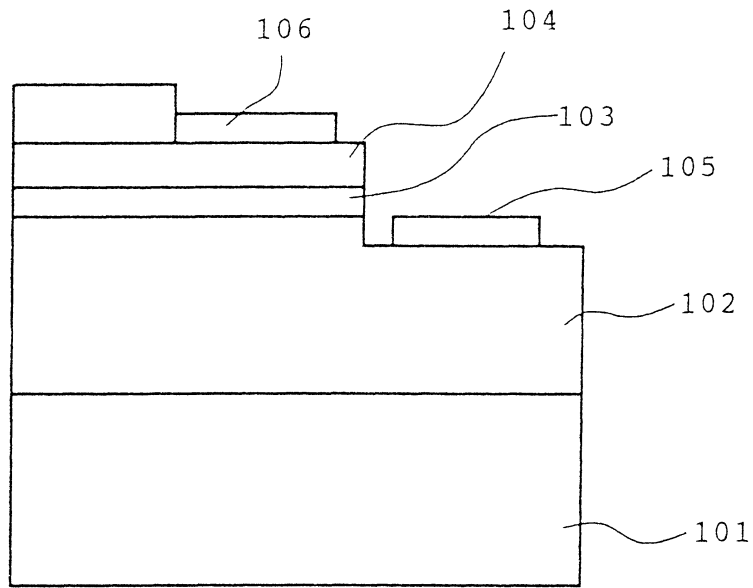




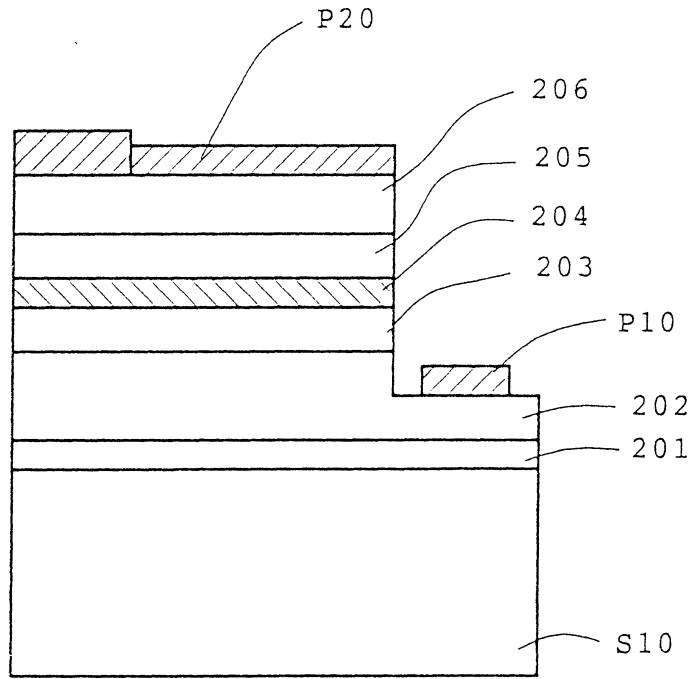
第 6 圖



第7圖



第 8 圖



第9圖