

公告本

申請日期	91 年 6 月 20 日
案 號	91113514
類 別	H01S 3/00

A4
C4

564584

(以上各欄由本局填註)

發 明 專 利 說 明 書

一、發明 名稱	中 文	半導體發光元件
	英 文	
二、發明 創作人	姓 名	(1) 吉武春二 (2) 關口秀樹 (3) 山下敦子
	國 籍	(1) 日本 (2) 日本 (3) 日本
	住、居所	(1) 日本國神奈川縣川崎市宮前區平一—一—三五—一〇五 (2) 日本國神奈川縣横浜市金沢區能見台東五—F—一三〇四 (3) 日本國神奈川縣橫須賀市小矢部二—一四—二二
三、申請人	姓 名 (名稱)	(1) 東芝股份有限公司 株式会社東芝
	國 籍	(1) 日本 (1) 日本國東京都港區芝浦一丁目一番一號
	住、居所 (事務所)	
	代 表 人 姓 名	(1) 岡村正

裝

訂

線

申請日期	91 年 6 月 20 日
案 號	91113514
類 別	

A4
C4

(以上各欄由本局填註)

發 明 專 利 說 明 書

~~新 型~~

一、發明 名稱	中 文	
	英 文	
二、發明 創作人	姓 名	(4) 瀧本一浩 (5) 高橋幸一
	國 籍	(4) 日本 (5) 日本
	住、居所	(4) 日本國山口縣豐浦郡菊川町大字下岡枝八〇九番地 (5) 日本國神奈川縣横浜市金沢區釜利谷南二一一-二二〇二
三、申請人	姓 名 (名稱)	
	國 籍	
	住、居所 (事務所)	
	代 表 人 姓 名	

裝

訂

線

(由本局填寫)

承辦人代碼：
大類：
IPC分類：

A6

B6

本案已向：

國(地區) 申請專利，申請日期： 案號： ， 有 無主張優先權

日本	2001年6月25日	2001-191724	<input checked="" type="checkbox"/> 有主張優先權
日本	2001年9月27日	2001-297042	<input checked="" type="checkbox"/> 有主張優先權

有關微生物已寄存於： ，寄存日期： ，寄存號碼：

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

裝

訂

線

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

五、發明說明(1)

【發明敘述之參照】

本發明是以日本專利申請號 NO. 2001-191724 (2001 年 6 月 25 日) 和 NO. 2001-297042 (2001 年 9 月 27 日) 作為本發明之優先權資料。

【發明之技術領域】

本發明是關於 L E D (Light Emitting Diode) 或 L D (Laser Diode) 等之半導體發光元件。尤其，是關於謀求光抽出面之粗面化的半導體發光元件。

【先行技術】

以往，高亮度 L E D 是在半導體基板上形成由雙異質構造等所構成之發光部，依據在該發光部上形成電流擴散層而所構成。因此，依據樹脂封裝高亮度 L E D 時，電流擴散層之上部則成了以用以保護元件之透明樹脂所覆蓋之構造。

於如此之構造中，電流擴散層（折射率：3.1 ~ 3.5）和透明樹脂（折射率：1.5 左右）之間的臨界角成爲 25 ~ 29 度。自發光部朝向透明樹脂之光中，相對於電流擴散層和透明樹脂之介面的入射角成爲比上述臨界角還大的光爲全反射。因該影響，使得在 L E D 內部所發生之光被放射至外部的確率顯著下降。而且，在 L E D 內部所發生之光被放射至外部的確率（光抽出效率）成爲 20 % 左右則爲現狀。

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

五、發明說明(2)

又，有於電流擴散層之上部形成高折射率膜，且依據增大臨界角使光效率提昇之方法。但是，即使使用該方法，效率提昇也僅有20%左右之低程度。

如此，於以往以透明樹脂封裝的LED中，在含有發光層之半導體多層膜之最上層和透明樹脂之境界，因從斜方向涉入至界面之光大部分為全反射，故有光抽出效率下降之問題。再者，該問題並不限於LED，即使關於面發光型之LCD也相同。

【發明之簡單敘述】

本發明之一形態所涉及之面發光型之半導體發光元件，是具備有

具有主面之基板；

包含被形成於上述基板之主面上之發光層之半導體多層膜；及

被設置在與上述半導體多層膜之上述基板相反側之光抽出面側上的多數錐體狀突出物，

上述多數突出物的底面和側面之交叉角度被設定成30度以上70度以下。

再者，本發明之一形態所涉及之面發光型之半導體發光元件，是具備有

具有主面之基板；及

包含被形成於上述基板之主面上之發光層之半導體多層膜，

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明(3)

施予粗面加工使與上述半導體多層膜之上述基板相反側的光抽出面具有多數凹凸形狀，被該粗面加工之面的各凹凸的頂部和底部之距離（凹凸高度）是被設定成200nm以上，且為上述發光層的發光波長以下。

【發明之詳細敘述】

以下，依據圖示之實施形態詳細說明本發明。

（第1實施形態）

第1圖是表示本發明之第1實施形態所涉及之綠色LED的元件構造及製造工程之剖面圖。

首先，如第1圖A所示般，依據使用 AsH_3 當作V屬元素之原料氣體的MOCVD法，生長 $0.5\mu m$ 厚的n型GaAs緩衝層11。之後，依據使用 PH_3 當作V屬元素之原料氣體的MOCVD法，以 PH_3 分壓為200Pa，總壓力為 $5 \times 10^3 Pa$ 之條件，依次生長 $0.6\mu m$ 厚的n型 $In_{0.5}Al_{0.5}P$ 覆蓋層12和 $1.0\mu m$ 厚的非摻雜 $In_{0.5}(Ga_{0.55}Al_{0.45})_{0.5}P$ 活性層13。

接著，將 PH_3 分壓降低成10Pa，總壓力為原來的 $5 \times 10^3 Pa$ 無變化地，依據MOCVD法，生長 $1.0\mu m$ 厚的p型 $In_{0.5}Al_{0.5}P$ 覆蓋層14。之後，依據使用 AsH_3 當作V屬元素之原料氣體的MOCVD法，生長 $1.0\mu m$ 厚的p型GaAs接觸層16。在此，從

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

五、發明說明(4)

緩衝層 1 1 到接觸層 1 6 為止之各外延層是在相同通道內連續生長。

如上述般，生長 p 型 I n A l P 覆蓋層 1 4 之時，當使 M O C V D 法中之 P H₃ 分壓充分降低（2 0 P a）以下時，外延生長膜則成爲表面粗糙。具體而言，如第 2 圖所示般，於 I n A l P 覆蓋層 1 4 之生長表面產生錐體狀之突出部 2 0。然後，相對於該突出部 2 0 之基板表面的角度，即是突出部 2 0 之底面和側面的交叉角度 α 成爲比 3 0 度還大。

在此，I n A l P 覆蓋層 1 4 生長時之 P H₃ 分壓超過 2 0 P a 時，該覆蓋層 1 4 之表面粗糙則減少，無法實現突出部之交叉角度爲 3 0 度以上之可能性則提高。另外，當 P H₃ 分壓成爲比 1 P a 低時，覆蓋層 1 4 之表面粗糙則過大，而且覆蓋層 1 4 之結晶性也變差。因此，

I n A l P 覆蓋層 1 4 生長時之 P H₃ 分壓的理想範圍爲 1 ~ 2 0 P a。

接著，如第 1 圖 B 所示般，藉由濺鍍法在 G a A s 接觸層 1 6 上之一部分上形成明電極之 I T O 膜 1 7。接著，在 I T O 膜 1 7 上形成 p 側電極（含 Z n 的 A u）2 3。更具體而言，即是在 I T O 膜 1 7 上生長電流區塊層 2 1 和 G a A s 層 2 2 後，實施選擇蝕刻使該些可殘留在晶片之中心部。然後，在全面上形成 A u Z n 電極 2 3 後，實施圖案製作使該電極 2 3 可殘留在 G a A s 層 2 2 上和 I T O 膜上之一部分。第 3 圖是表示 p 側電極 2 3 之圖

五、發明說明(5)

案例的平面圖。該電極圖案是由爲了連接接合導線等而被設置在元件中央部之圓形墊片部 2 3 a，和被設置在元件周邊部之周邊部 2 3 b，和連接墊片部 2 3 a 和周邊部 2 3 b 的連接部所構成。

接著，如第 1 圖 C 所示般，研磨 G a A s 基板 1 0 之背面磨薄至 $100\ \mu\text{m}$ 後，在基板背面形成 n 側電極 2 5 (含有 Ge 之 Au)。之後，在 Ar 環境中實施 $450\ ^\circ\text{C}$ ，15 分鐘的熱處理。接著，藉由劃片將形成各層 1 1 ~ 2 2 及電極 2 3、2 5 之基板 1 0 予以晶片化。然後，進行樹脂封裝之組合使無圖示之透明樹脂可覆蓋光抽出面側。

並且，於第 1 圖中，雖然僅表示 1 個晶片部分，但是實際上爲了同時形成多數晶片，是在 1 個基板 1 0 上多數形成第 1 圖所示之構成部分。然後，依據在最後階段在基板 1 0 上劃片，使基板 1 0 分離成多數晶片。

若依據如此之本實施形態，依據於 p 型 InAlP 覆蓋層 1 4 生長時將 H_3 分壓設定成通常低，則可以在覆蓋層 1 4 之表面上形成錐體狀之突出部 2 0。依據該突出部之形成，可以減少在含有發光層之半導體多層膜之最上層和透明樹脂之境界上全反射入射光的確率。尤其，依據將 InAlP 覆蓋層 1 4 生長時之 H_3 分壓設定成 $1\sim 20\ \text{Pa}$ ，則可以將表面圓錐之角度設成 30 度以上。

在此，第 4 圖是表示與突出部 2 0 之基板表面所構成之角度 α 和樹脂入射確率 (光抽出效率) 的關係。於第 4

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明(6)

圖中，橫軸是表示角度，縱軸是表示光抽出效率。光抽出效率是於無突出部 20 表面平坦之時設為 1。當角度 α 成為 30 度以上時，則被提昇了 1 成以上。再者當角度 α 過大時則被效率降低，當超過 70 度時則成為 1 成以下。因此，角度 α 所欲之範圍為 30 度以上 70 度以下。

依據採用如本實施形態般之突出構造，則如第 5 圖所示般，光抽出效率提昇為以往之 1.15 倍。如此，不改變基本的裝置構造而可以提昇光抽出效率，對 LED 而言為極大之效果。

而且，當將與突出部 20 之基板表面所構成之角度 α 設為 30 度以上時，所有的突出部不一定要滿足此，若大部分（例如 90% 以上）滿足此亦可。即是，將所有之突出部作成角度 α 成為 30 度以上 70 度以下，即使出現一部分角度 α 比 30 度小之部分或超過 70 度之部分，但該部分之比率若相當小並不會有任何問題。

於本實施形態中，並不單是將光抽出面予以粗面化，依據將突出部 20 之底面和側面之交叉角度 α 設定成 30 度以上 70 度以下，可以實現光抽出效率之大幅度提昇。

而且，當形成於光抽出面側之突出部 20 之週期極端地變小之時，光抽出效率之向上效果變少。若依據本發明者之實驗，則可判定突出部之突出部 20 之週期若為 $0.5 \mu\text{m}$ 以上，則有充分之效果。

再者，確認出不一定需要透明電極 20 上之電流區塊層 21 和 Gas 層 22，即使直接在透明電極 20 上形

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明(7)

成金屬電極 23，亦有相同之效果。

(第2實施形態)

第5圖是表示本發明之第2實施形態所涉及之綠色LED之元件構造的剖面圖。

本實施形態是使n、p之生長層與第1實施形態相反，基本之構成及製造方法則與第1實施形態相同。

利用MOCVD法在p型GaAs基板30上，生長0.5 μ m厚度的p型GaAs緩衝層31、0.6 μ m厚度的p型In_{0.5}Al_{0.5}P覆蓋層32、1.0 μ m厚度的非摻雜InGaAlP活性層33、1.0 μ m厚度的n型In_{0.5}Al_{0.5}P覆蓋層34、0.1 μ m的n型GaAs接觸層36，以濺鍍法在其上形成透明電極之ITO膜。

在此，與第1實施形態相同，生長n型InAlP覆蓋層34時，充分降低MOCVD法中之PH₃分壓(20Pa以下)。依此，於n型InAlP覆蓋層34之表面上，與第1實施形態相同地形成錐體狀之突出部，該突出部之對基板表面的角度 α 是比30度大。

再者，於ITO膜37上選擇性地形成電流區塊層41和GaAs層42，於GaAs層42上及ITO膜37上之一部分形成有由AuGe所構成之n側電極43。然後，於GaAs基板30之背面形成有由ZnAu所構成之p側電極45。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明(8)

即使是如此之構成，依據設置在 n 型 InAlP 覆蓋層 34 之表面上的錐體狀之突出部，亦可以提高對用以封裝之透明樹脂的光入射確率，可得到與第 1 實施形態相同之效果。

(第 3 實施形態)

第 6 圖是表示本發明之第 3 實施形態所涉及之綠色 LED 之元件構造及製造工程的剖面圖。

首先，如第 6 圖 A 所示般，依據 MOCVD 法在厚度 $250\ \mu\text{m}$ 之 n 型 GaAs 基板 50 上，依順序生長 $0.6\ \mu\text{m}$ 厚度的 n 型 $\text{In}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{P}$ 覆蓋層 52、 $1.0\ \mu\text{m}$ 厚度的非摻雜 $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{0.55}\text{Al}_{0.45})_{0.5}\text{P}$ 活性層 53、 $1.0\ \mu\text{m}$ 厚度的 p 型 $\text{In}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{P}$ 覆蓋層 54、 $3.0\ \mu\text{m}$ 的 n 型 InGaP 電流擴散層 55、 $0.1\ \mu\text{m}$ 厚度的 P-GaAs 接觸層 56。對於該些之磊晶生長是與第 1 實施形態相同地使用 MOCVD 法。

接著，依據導入用以改變更新磊晶表面形狀之退火工程（溫度與磊晶溫度相同或該以上（ $600\ ^\circ\text{C}$ 以上），使電流擴散層 55 之表面粗糙而形成突出部。之後，於電流擴散層 55 上形成 p 側電極 63，並且依據在基板 50 之背面形成 n 側電極 65 後，除去露出部之 p-GaAs 層 56，則可實現第 6 圖 B 所示之構造。

在此，針對上述退火工程中之表面粗面化，更詳細地

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

五、發明說明(9)

予以說明。導入與構成氫等之不活性氣體和磊晶膜(III-V族化合物,例如InGaAlP)的V屬元素(例如P)不同之V屬氣體(例如AsH₃),作為退工程中所使用之氣體。然後,執行磊晶表面層之V屬元素(P)之再蒸發。並且,下一個工程為將磊晶工程(膜種:透明膜(例如GaP)導入於粗糙的表面上。

依此,如第7圖所示般,在InGaP電流擴散層55之表面部引起P脫出成為粗糙表面。然後,在該粗糙InGaP56上生長透明之GaP層57。所欲之表面形狀是從以往之磊晶表面形狀的鏡面(R_{max}=5nm)狀態成為多數凸狀之圓錐連接的形狀,為提昇發光效率之構造。在此,底面和垂直斷面之交叉角度為比30度大之角度。

即使為如此之構成,依據設置在光抽出側之電流擴散層55之表面上的圓錐體狀之突出部,亦可以提高光樹脂入射確率,可得到與第1實施形態相同之效果。

而且,雖然即使除去p-GaAs接觸層56亦可,但是於成為發光波長之光吸收時除去為最佳。

(第4實施形態)

第8圖是表示本發明之第4實施形態所涉及之面發光型LED之元件構造的剖面圖。

首先,於厚度250μm之n型GaAs基板70上,生長0.5μm厚度的GaAs緩衝層71,於其上生

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明(10)

長由 $n - \text{In}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{P} / n - \text{GaAs}$ 之疊層構造所構成之 DBR 反射層 78。接著，生長 $0.6 \mu\text{m}$ 厚度之 n 型 $\text{In}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{P}$ 覆蓋層 72、非摻雜之 $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{0.55}\text{Al}_{0.45})_{0.5}\text{P}$ 之 MQW 活性層 73，和 $0.6 \mu\text{m}$ 厚度之 p 型 $\text{In}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{P}$ 覆蓋層 74，而形成雙異質構造部。接著，於生長由 $p - \text{In}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{P} / p - \text{GaAs}$ 之疊層構造所構成之 DBR 反射層 79 後，生長 $0.1 \mu\text{m}$ 厚度之 p 型 $\text{In}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{P}$ 電流擴散層 76，還有 $0.1 \mu\text{m}$ 厚度之 p 型 GaAs 接觸層 77。

在此，由緩衝層 71 至接觸層 77 為止之磊晶膜是使用 MOCVD 法在相同處理室內連續生長，將所使用之氣體種類或壓力設為使各層良好生長之條件。但是，於形成電流擴散層 76 之時，則與第 1 實施形態相同，充分降低 PH₃ (例如 10 Pa)，而使生長表面成為粗糙。

接著，於接觸層 77 上形成光阻圖案後，依據罩幕該光阻圖案蝕刻至 n 型覆蓋層 72，而執行形成雷射脊背。接著，於形成絕緣膜 81 使可除去脊背後，蒸鍍 p 側電極 (含 Zn 之 Au)。然後，使用光阻罩幕除去位於 p 側電極之背脊中央部的部分，藉由除去 $p - \text{GaAs}$ 接觸層 77，而形成上部電極 83。接著，將 GaAs 基板 70 研磨至 $100 \mu\text{m}$ 厚度後，形成 n 側電極 (含 Ge 之 Au) 85。接著，在 Ar 環境中執行 15 分鐘之熱處理。接著，藉由在基板 70 上劃片而予以晶片化。之後，執行樹

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明(11)

脂封裝。

於如此構成的本實施形態中，依據於 p 型電流擴散層 76 生長時，降低 PH_3 分壓，使在 p 型電流擴散層 76 之表面上形成凹凸，而可以將表面圓錐角度增大成比 30 度還大。因此，與第 1 實施形態相同，可以達到提昇光抽出效率。本實施形態之雷射雖然為紅色發光，但是已確認出即使紅色以外之半導體雷射亦有上述效果。

而且，雖然無除去 p-GaAs 接觸層 77 亦可，但是為發光波長之光吸收時，以除去為最佳。

(第 5 實施形態)

第 9 圖室表示本發明之第 5 實施形態所涉及之綠色 LED 之元件構造及製造工程的剖面圖。

首先，如第 9 圖 A 所示般，依據使用 AsH_3 作為 V 屬元素原料氣體的 MOCVD 法，在厚度 $250\ \mu\text{m}$ 之 n 型 GaAs 基板 110 上，生長 $0.5\ \mu\text{m}$ 厚度之 n 型 GaAs 緩衝層 111。接著，依據使用 PH_3 作為 V 屬元素原料氣體的 MOCVD 法，以 PH_3 為 $200\ \text{Pa}$ 、總壓力為 $5 \times 10^3\ \text{Pa}$ 之條件下，依序生長 $0.6\ \mu\text{m}$ 厚度之 n 型 $\text{In}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{P}$ 覆蓋層 112、 $1.0\ \mu\text{m}$ 厚度之非摻雜 InGaAlP 活性層 113、 $1.0\ \mu\text{m}$ 厚度之 p 型 $\text{In}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{P}$ 覆蓋層 114、 $1.0\ \mu\text{m}$ 厚度之 p 型 InGaP 電流擴散層 115。之後，依據使用 AsH_3 作為 V 屬元素原料氣體的 MOCVD 法，生長

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明(12)

0.1 μ m 厚度之 p 型 GaAs 接觸層 116。在此，自緩衝層 111 至接觸層 116 為止之各磊晶層是在同一批被生長形成。

接著，如第 9 圖 B 所示般，形成為本實施形態之反射防止膜 117。即是，利用旋轉塗層，將添加 TiO₂ 於聚醯亞胺樹脂而所形成之折射率 = 2.0 之反射防止膜

117 形成於接觸層 116 上之後，以持有發光波長以下之凹凸的模具，壓製整形該反射防止膜 117 之表面。依此，將反射防止膜 117 之表面粗糙度 (PV 值 (max - min)) 設定成發光波長以下。在此，PV 值是指各凹凸中之頂部 (peak) 和底部 (valley) 的距離 (高度)。

接著，於反射防止膜 117 上形成光阻罩幕 (無圖示)，以 RIE 除去電極形成部之反射防止膜 117 後，除去光阻罩幕。接著，如第 9 圖 C 所示般，將電極材料 (含有 Zn 之 Au) 蒸鍍於反射防止膜 117 及露出之接觸層 116 上之後，藉由使用電阻罩幕 (無圖示) 予以圖案製作後，而形成上部電極 (p 側電極)。p 側電極 118 之圖案是與上述第 3 圖所示者相同。

接著，研磨 GaAs 基板 110 之背面至 100 μ m 厚度之後，形成成為 n 側電極之下部電極 119 (含有 Ge 之 Au)。之後，在 Ar 環境中，施予 450 $^{\circ}$ C，15 分鐘之熱處理。接著，藉由在基板 110 上劃片而予以晶片化。然後，導線接合組裝後，使用環氧系樹脂 (n = 約 1.5) 予以樹脂密封。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明(13)

若依據如此之本實施形態，依據使反射防止膜 117 之表面予以粗面化，使得光抽出效率從以往之約 20% 提昇至約 30%。即是，光抽出效率提昇至以往的 1.5 倍。可以不變更基本裝置構造，而如此地提昇光抽出效率，這對 LED 而言為具有極大之效果。

第 10 圖是表示 PV 值和光抽出效率之關係圖。隨著 PV 值越大，取出效率則越向上，當 PV 值到達 200 μm 以上時，光抽出效率幾乎固定成為約 2 倍。第 11 圖是表示發光波長前後中之 PV 值和光抽出效率之關係圖。相對於 640 nm 之發光波長，雖然比此短的波長可充分取得光抽出效率，但是當成為比此還高時，光抽出效率則急劇減少。因此，PV 值所欲之範圍為 200 nm 以上且比發光波長還短之值。

而且，PV 值為 200 nm 以上且發光波長以下是指所有之凹凸不一定要滿足此，若大部分（例如 90% 以上）可滿足此即可。即是，形成為 $200\text{ nm} \leq \text{PV} \leq \text{發光波長}$ ，但出現一部分脫離此的凹凸，若該為相當低之比率，亦不會產生任何問題。

第 12 圖是表示於如本實施形態般使反射防止膜之表面予以粗面化之時，折射率與光抽出效率之關係圖。這是表示於光對反射防止膜之一主面以入射角 -90° 至 $+90^\circ$ 射入時，自該反射防止膜之另一面所輸出之光的比率。可知當折射率以 1.5（與基底半導體層相同）為基準時，折射率在 2.0（本實施形態）光抽出效率則約

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

五、發明說明(14)

上昇 50%，折射率在 2.5 光抽出效率則約上昇 100%。

第 13 圖是表示反射防止膜之表面為平坦之時的折射率和光抽出效率的關係圖。此時，折射率在 2.0 時光效率僅上昇 8%，折射率於 2.5 之時也僅上昇 9%。由此可知，為了使光抽出效率提昇，不僅要提高反射防止膜之折射率，亦必須使反射防止膜之表面予以粗面化。

若依據本發明者之實驗，可確認出從提昇光抽出效率之觀點來看，若使反射防止膜之表面粗糙度（P V 值（max - min））成為發光波長 λ 以下，則可得到充分之效果。並且，以反射防止膜之表面形狀而言，若為週期 0.5λ 以下之圓錐形狀，或是多角形狀（三角錐、四角錐、六角錐等），則可得到更確實之效果。

若依據如此的本實施形態，依據在半導體多層膜之光抽出面側上設置表面粗化所形成之反射防止膜，則可以減少在含有發光層之半導體多層膜之最上層和透明樹脂之境界中入射光全反射之確率。然後，依據將反射防止膜之表面粗糙度設定成發光波長以下，則可使光抽出效率大幅度提昇。再者，依據將本元件設定在封裝時所使用之透明樹脂和半導體多層膜之最上層之間，則可以更提高光抽出效率之向上效果。

在此，於以往之構造中，半導體多層膜之折射率約為 3.5，對此樹脂密封用之透明樹脂的折射率約為 1.5，具有相當大之折射率差。此時，自半導體多層膜側朝向

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

五、發明說明(15)

透明樹脂側之光中的全反射臨界角變小。於本實施形態中，依據於半導體多層膜和透明樹脂之間形成該些中間之反射防止膜（折射率為 $1.5 \sim 3.5$ ），則可以將全反射之臨界角變大，依此，可以達到提昇光抽出效率。並且，依據將反射防止膜之表面予以粗面加工，則可以實現更進一步提昇光抽出效率。

而且，LED之發光波長並非限定於綠色者，即使於綠色以外之可視光製品，也可確認出有上述之效果。再者，確認出反射防止膜中之波長以下之凹凸形狀是即使為第14圖A~E所示中之任一構造，亦可提昇光抽出效率。

再者，可作為LED材料除了InGaAlP之外，InGaAlAs系、AlGaAs系、GaP系亦可得到相同之效果。再者，作為反射防止膜之材料，即使為混入 TiO_2 、 TaO_2 、 ZrO_2 於丙烯酸者亦可得到相同之效果。

(第6實施形態)

第15圖室表示本發明之第6實施形態所涉及之綠色LED之元件構造的剖面圖。

本實施形態為反轉第1實施形態中之p/n的構造，製造方法實質上與第5實施形態相同。即是，在厚度

$250 \mu m$ 之p型GaAs基板120上，生長 0.5

μm 厚度之p型GaAs緩衝層121， $0.6 \mu m$ 厚度

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明(16)

之 p 型 $\text{In}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{P}$ 覆蓋層 122、 $1.0\ \mu\text{m}$ 厚度之非摻雜 $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{0.55}\text{Al}_{0.45})_{0.5}\text{P}$ 活性層 123、 $1.0\ \mu\text{m}$ 厚度之 n 型 $\text{In}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{P}$ 覆蓋層 124、 $1.0\ \mu\text{m}$ 厚度之 n 型 InGaP 電流擴散層 115 是在同一批被生長形成。

然後，與第 1 實施形態相同，利用旋轉塗層，將折射率 = 2.0 之反射防止膜 127 形成於接觸層 126 上，藉由模具壓製整形該表面，而使其粗糙化。反射防止膜 127 之一部分是被除去，於該部分所露出之接觸層 126 上則形成上部電極 (n 側電極) 128。再者，於 GaAs 基板 120 之背面上，形成有將成為 p 側電極之下部電極 129。然後，上述所構成之晶圓是藉由劃片而被晶片化，於導線接合組裝後，成為被施予樹脂密封者。

即使如此之構成，亦與第 6 實施形態相同，光抽出效率提升為以往之約 2.5 倍。再者，即使於綠色之外的可視光製品中亦可得到相同之效果，並且，於上述第 14 圖 14A ~ E 所示之任一構造中亦可確認出光抽出效率向上。

(第 7 實施形態)

第 16 圖是表示本發明之第 8 實施形態所涉及之面發光雷射之元件構造的剖面圖。首先，在厚度 $250\ \mu\text{m}$ 之 n 型 GaAs 基板 130 上，生長 $0.5\ \mu\text{m}$ 厚度之 n 型 GaAs 緩衝層 131 後，生長由 n - $\text{In}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{P}$

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明 (17)

／ n - G a A s 之疊層構造所構成之多層反射膜 1 3 2 。接著，生長 $0.6 \mu\text{m}$ 厚度之 n 型 $\text{In}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{P}$ 覆蓋層 1 3 3、由非摻雜之 $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{0.55}\text{Al}_{0.45})_{0.5}\text{P} / \text{In}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{P}$ 所構成之 MQW 活性層 1 3 4，和 $0.6 \mu\text{m}$ 厚度之 p 型 $\text{In}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{P}$ 覆蓋層 1 3 5。之後，生長由 p - $\text{In}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{P} / \text{p} - \text{GaAs}$ 之疊層構造所構成之多層反射膜 1 3 6。並且，生生長 $0.1 \mu\text{m}$ 厚度之 p 型 $\text{In}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{P}$ 電流擴散層 1 3 7，還有 $0.1 \mu\text{m}$ 厚度之 p - GaAs 接觸層 1 3 8。在此，從緩衝層 1 3 1 至接觸層 1 3 8 為止的各磊晶層是在同一批被生長形成。

接著，在接觸層 1 3 8 上帶狀地形成光阻罩幕後，依從表面濕蝕刻至 n 型覆蓋層 1 3 3 為止，執行形成雷射脊背。形成 SiO_2 絕緣膜 1 4 1 使可除去脊背。並且，以光阻罩幕形成上部電極 1 4 2。在此，上部電極 1 4 2 是成爲接觸於接觸層 1 3 8 之上面周邊部，接觸層 1 3 8 之上面中央部則爲露出。

接著，以旋轉塗層形成添加 TiO_2 於聚醯亞胺樹脂之折射率 = 2.0 的反射防止膜 1 4 4，以持有發光波長以下之凹凸的模具，壓製整形其表面。依此，將反射防止膜 1 4 4 之表面粗糙度 (PV 值 (max - min)) 設定成發光波長以下。之後，除去反射防止膜 1 4 4 不需要之部分。

接著，將 GaAs 基板 1 3 0 研磨至 $100 \mu\text{m}$ 厚度

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明(18)

後，形成 n 側電極（含 Ge 之 Au）143。並且，在 Ar 環境中執行 450℃，15 分鐘之熱處理。接著，對晶圓執行劃片使成晶片化後，執行環氧系樹脂（n = 約 1.5）封裝。

即使為如此之構成，亦與第 5 實施形態相同，折射率在基底半導體層和密封樹脂之中間，依據形成表面被粗面化之反射防止膜 144，可以達到大幅度提昇光抽出效率。並且與第 6 實施形態相同，反射防止膜之表面形狀，即使為上述第 14 圖 A ~ E 所示之任一構造，亦可提昇光抽出效率。再者，作為半導體材料除了 InGaAlP 之外，InGaAlAs 系、AlGaAs 系、GaP 系亦可得到相同之效果。再者，作為反射防止膜之材料，即使為混入 TiO₂、TaO₂、ZrO₂ 於丙烯酸者亦可得到相同之效果。

（變形例）

而且，本發明並非限定於上述之各實施形態。於第 1 及第 4 實施形態中，作為使結晶表面粗糙之方法，雖然是將生長時之 PH₃ 設為 10 Pa，但是，PH₃ 分壓若被適當地設定在 1 ~ 20 Pa 之範圍即可。再者，於第 3 實施形態中，作為使結晶表面粗糙之方法，雖然是導入 AsH₃ 並予以退火，但是，其退火時所使用之氣體並不限定於 AsH₃，若為可使表面粗糙化含有與構成半導體之 V 屬元素不同之 V 族元素和氫氣者即可。再者，作為使結晶表面

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

五、發明說明(19)

粗糙之方法，並不限於上述生長時之PH₃分壓，而於生長後施予退火者，亦可以利用尖端角120度以下之研磨機不規則地加工半導體層之表面。

再者，突出物並不限於圓錐，即使為三角錐、四角錐、六角錐等之角錐亦可。突出物不一定要在光抽出面側形成全面，光抽出面側之突出物的佔有面積比率為越大越佳，若有50%以上則可得到充分之效果。

在此，光抽出效率光因是和佔有面積成正比，故突出部之佔有面積為50%以下，光抽出效率則成為1/2（1.1倍以下）。再者，突出部之週期在0.2~0.5 μm時，光抽出提昇效果變小（1.1倍以下），於0.2 μm以下時，則產生漸階（Graded-Index）效果。

於第5~第7實施形態中，雖然為了使反射防止膜予以粗面化，而使用具有凹凸之模具，但是即使於形成反射防止膜之後，利用研磨機不規則方向地使表面粗糙，來取代上述凹凸模具亦可。此時，可使用樹脂系以外之各種材料。

再者，表面粗糙度（PV值）為200nm以上且發光波長以下之規定，並不一定限於反射防止膜，若為半導體多層膜之光抽出面側亦可適用於其他層。具體而言，即是亦可適用於擴散層或接觸層。即是，於第1~第5之實施形態中，即是將凹凸加工後之表面的表面粗糙度（PV值）設定在發光波長以下亦可。而且，即使可滿足表面粗糙度（PV值）為發光波長以上之規定，和α為30度以

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

五、發明說明（20）

上之規定的雙方亦可。

再者，自上部電極至活性層為止之間於上部電極之正下方以外若能盡量充分地擴大電流，則不一定需要電流擴散層，亦可省略。而且，構成發光元件之半導體層的材料、組成、厚度等之條件是可依其規格而適當變更。

再者，於實施形態中，雖然使用透明樹脂說明施予樹脂密封之例，但是本發明並非限於樹脂密封之情形。不施予樹脂密封之時，雖然反射防止膜直接予空氣接觸，但是於此時，因半導體多層膜與空氣之折射率差為大，故同樣可得到藉由反射防止膜而提昇光抽出效率之效果。

本發明並非限定於上述之實施形態，在不脫離申請專利範圍及整體說明書中所表達的主旨或構思的範圍下，可以適當地變更，隨著其變更的半導體發光元件也包含在本發明技術性的範圍內。

【圖面之簡單說明】

第1圖A～第1圖C是表示第1實施形態所涉及之綠色LED的元件構造及製造工程之剖面圖。

第2圖是表示放大第1圖之LED中之被形成於光面側上之突出物形狀的剖面圖。

第3圖是表示第1圖之LED中之電極圖案之一例的平面圖。

第4圖是表示第1圖之LED中之突出部側面和基板表面所構成角度 α ，和光抽出效果的關係圖。

五、發明說明(21)

第 5 圖是表示第 2 實施形態所涉及之綠色 LED 的元件構造之剖面圖。

第 6 圖 A、B 是表示第 3 實施形態所涉及之綠色 LED 的元件構造及製造工程的剖面圖。

第 7 圖是表示放大第 3 實施形態中之光抽出面附近之構造的剖面圖。

第 8 圖是表示第 4 實施形態所涉及之面發光型 LED 之元件構造的剖面圖。

第 9 圖 A ~ C 是表示第 5 實施形態所涉及之綠色 LED 之元件構造及製造工程的剖面圖。

第 10 圖是表示第 5 圖之 LED 中之凹凸高度和光抽出效率的關係特性圖。

第 11 圖是表示發光波長前後之凹凸高度和光抽出效率的關係特性圖。

第 12 圖是表示使反射防止膜表面粗面化之時的折射率和光抽出效率的關係圖。

第 13 圖是表示反射防止膜之表面為平坦之時的折射率和光抽出效率的關係圖。

第 14 圖 A ~ E 是表示反射膜之粗面形狀之一例的剖面圖。

第 15 圖是表示第 6 實施形態所涉及之綠色 LED 之元件構造的剖面圖。

第 16 圖是表示第 7 實施形態所涉及之面發光 LED 之元件構造的剖面圖。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明（22）

【符號之說明】

1 0、5 0 0、1 1 0、1 3 0 n 型 G a A s 基
板

1 1、7 1、1 1 1、1 3 1 n 型 G a A s 緩衝
層

1 2、5 2、7 2、1 1 2、1 3 3 n 型 I n _{0.5}
A l _{0.5} P 覆蓋層

1 3、1 2 3 非摻雜 I n _{0.5} (G a _{0.55} A l _{0.45})
_{0.5} P 活性層

1 4、5 4、7 4、1 1 4、1 3 5 p 型 I n _{0.5}
A l _{0.5} P 覆蓋層

1 6、5 6、7 7、1 6、1 3 8 p 型 G a A s
接觸層

1 7、3 7 I T O 膜

2 0 突出部

2 1、4 1 電流區塊層

2 2、4 2 G a A s 層

2 3、4 5、6 3 p 側電極

2 3 a 墊片部

2 3 b 周邊部

2 3 c 連接部

2 5、4 3、6 5、8 5、1 4 3 n 側電極

3 0、1 2 0 p 型 G a A s 基板

裝

訂

五、發明說明(23)

- 3 1、1 2 1 p 型 G a A s 緩衝層
- 3 2、1 2 2 p 型 I n 0.5 A l 0.5 P 覆蓋層
- 3 3 非摻雜 I n G a A l P 活性層
- 3 4、1 2 4 n 型 I n 0.5 A l 0.5 P 覆蓋層
- 5 5、1 1 5、1 2 5 n 型 I n G a P 電流擴散層
- 5 7 G a P 層
- 7 3、1 3 4 M Q W 活性層
- 7 8、1 3 2 D B R 反射層(n - I n 0.5 A l 0.5 P / n - G a A s)
- 7 9、1 3 7 D B R 反射層(p - I n 0.5 A l 0.5 P / p - G a A s)
- 8 1、1 4 1 絕緣膜
- 8 3、1 1 8、1 2 8、1 4 2 上部電極
- 1 1 3 非摻雜 I n G a A l P 活性層
- 1 1 7、1 2 7、1 4 7 反射防止膜
- 1 1 9、1 2 9 下部電極

(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： 半導體發光元件)

是屬於一種在基板上形成包含有發光層之半導體多層膜，自與基板相反側之面抽出光的半導體發光元件，在半導體多層膜之光抽出面側之表面上，設置多數的錐體狀突出物，將該突出物之側面和光抽出面的交叉角 α 設定在30度以上70度以下之範圍。

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

六、申請專利範圍 1

1 . 一種面發光型之半導體發光元件，其特徵為：具備有

具有主面之基板；

包含被形成於上述基板之主面上之發光層之半導體多層膜；及

被設置在與上述半導體多層膜之上述基板相反側之光抽出面側上的多數錐體狀突出物，

上述多數突出物的底面和側面之交叉角度被設定成30度以上70度以下。

2 . 如申請專利範圍第1項所記載之面發光型之半導體發光元件，其中，上述半導體多層膜是具有以覆蓋層夾著活性層的雙異質構造部，並在與該雙異質構造部之上述基板相反側的覆蓋層上形成透明電極，

上述突出物是被形成在上述透明電極之正下方的覆蓋層表面上。

3 . 如申請專利範圍第1項所記載之面發光型之半導體發光元件，其中，上述半導體多層膜是具有以覆蓋層夾著活性層的雙異質構造部，並在與該雙異質構造部之上述基板相反側的覆蓋層上形成電流擴散層者，

上述突出物是被形成在上述電流擴散層之表面上。

4 . 如申請專利範圍第1項所記載之面發光型之半導體發光元件，其中，上述突出物為圓錐或角錐。

5 . 如申請專利範圍第1項所記載之面發光型之半導體發光元件，其中，上述光抽出面側的上述突出物佔有面

六、申請專利範圍 2

積的比率為 50% 以上。

6. 如申請專利範圍第 1 項所記載之面發光型之半導體發光元件，其中，上述突出物是被週期性設置，週期為 $0.5 \mu\text{m}$ 以上。

7. 如申請專利範圍第 1 項所記載之面發光型之半導體發光元件，其中，上述活性層為 InGaAlP ，上述覆蓋層為 InAlP 。

8. 如申請專利範圍第 1 項所記載之面發光型之半導體發光元件，其中，上述突出物是其 90% 以上為滿足上述交叉角度 30 度以上 70 度以下者。

9. 一種面發光型之半導體發光元件，其特徵為：具備有

具有主面之基板；及

包含被形成於上述基板之主面上之發光層之半導體多層膜，

施予粗面加工使與上述半導體多層膜之上述基板相反側的光抽出面具有多數凹凸形狀，被該粗面加工之面的各凹凸的頂部和底部之距離（凹凸高度）是被設定成 200nm 以上，且為上述發光層的發光波長以下。

10. 如申請專利範圍第 9 項所記載之面發光型之半導體發光元件，其中，上述半導體多層膜是具有以覆蓋層夾著活性層的雙異質構造部，並在與該雙異質構造部之上述基板相反側的覆蓋層上形成透明電極，

粗面加工上述透明電極之正下方的覆蓋層表面。

六、申請專利範圍 3

1 1 . 如申請專利範圍第 9 項所記載之面發光型之半導體發光元件，其中，上述半導體多層膜是具有以覆蓋層夾著活性層的雙異質構造部，並在與該雙異質構造部之上上述基板相反側的覆蓋層上形成電流擴散層者，

粗面加工上述電流擴散層之表面。

1 2 . 如申請專利範圍第 9 項所記載之面發光型之半導體發光元件，其中，上述活性層為 InGaAlP ，上述覆蓋層為 InAlP 。

1 3 . 如申請專利範圍第 9 項所記載之面發光型之半導體發光元件，其中，藉由上述粗面加工的凹凸是被週期性形成，當將上述發光波長當作 λ 之時，凹凸之週期為 0.5λ 以下。

1 4 . 一種面發光型之半導體發光元件，其特徵為：
具備有

具有主面之基板；

包含被形成於上述基板之主面上之發光層的半導體多層膜；及

被設置在與上述半導體多層膜之上上述基板相反側之光抽出面側上，表面被粗面加工成具有多數凹凸形狀的反射防止膜，

上述反射防止膜之各凹凸的頂部和底部之距離（凹凸高度）是被設定成 200nm 以上，且為上述發光層的發光波長以下。

1 5 . 如申請專利範圍第 1 4 項所記載之面發光型之

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

線

六、申請專利範圍 4

半導體發光元件，其中，上述反射防止膜之折射率是被設定成比充填於上述半導體多層膜之光抽出面側的透明樹脂高，且比上述半導體多層膜之最上層低。

16. 如申請專利範圍第14項所記載之面發光型之半導體發光元件，其中，上述半導體多層膜是具有以覆蓋層夾著活性層的雙異質構造部，並在與該雙異質構造部之上述基板相反側的覆蓋層上形成有電流擴散層。

17. 如申請專利範圍第14項所記載之面發光型之半導體發光元件，其中，上述活性層為 InGaAlP ，上述覆蓋層為 InAlP 。

18. 如申請專利範圍第14項所記載之面發光型之半導體發光元件，其中，藉由上述粗面加工的凹凸是被週期性形成，當將上述發光波長當作 λ 之時，凹凸之週期為 0.5λ 以下。

19. 一種面發光型之半導體發光元件，其特徵為：
具備有

具有主面之基板；

包含被形成於上述基板之主面上之發光層之半導體多層膜；及

被部分性地形成在與上述半導體多層膜之上述基板相反側之光抽出面側上的第1電極；

被設置在上述半導體多層膜之光抽出面側上除了上述第1電極之外的部分上，施有粗面加工使表面具有多數凹凸形狀的反射防止膜；和

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

六、申請專利範圍 5

形成於上述基板之背面側整面的第 2 電極，

上述反射防止膜之各凹凸的頂部和底部之距離（凹凸高度）是被設定成 200 nm 以上，且為上述發光層的發光波長以下。

20. 如申請專利範圍第 19 項所記載之面發光型之半導體發光元件，其中，上述反射防止膜之折射率是被設定成比充填於上述半導體多層膜之光抽出面側的透明樹脂高，且比上述半導體多層膜之最上層低。

21. 如申請專利範圍第 19 項所記載之面發光型之半導體發光元件，其中，上述半導體多層膜是具有以覆蓋層夾著活性層的雙異質構造部，並在與該雙異質構造部之上述基板相反側的覆蓋層上形成電流擴散層者，

上述第 1 電極及反射防止膜是被形成在上述電流擴散層之表面上。

22. 如申請專利範圍第 19 項所記載之面發光型之半導體發光元件，其中，上述活性層為 InGaAlP，上述覆蓋層為 InAlP。

23. 如申請專利範圍第 19 項所記載之面發光型之半導體發光元件，其中，藉由上述粗面加工的凹凸是被週期性形成，當將上述發光波長當作 λ 之時，凹凸之週期為 0.5λ 以下。

24. 一種面發光型之半導體發光元件，其特徵為：
具備有

第 1 導電型之化合物半導體基板；在上述基板上形成

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

線

六、申請專利範圍 6

第 1 導電型之覆蓋層、活性層及第 2 導電型之覆蓋層而所構成之雙異質構造部；

被形成在雙異質構造部之第 2 導電型覆蓋層上的第 2 導電型之電流擴散層；

被形成於上述電流擴散層的第 2 導電型之接觸層；

被選擇性地形成在上述接觸層上的上部電極；

被形成在上述基板之背面側上的下部電極；

被形成在上述接觸層上無形成上述電極之部分上的反射防止膜，

上述反射防止膜之表面是被粗面加工成具有多數凹凸之形狀，依據粗面加工的凹凸之頂部和底部之距離（凹凸高度）是被設定成 200 nm 以上，且為上述發光層的發光波長以下。

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

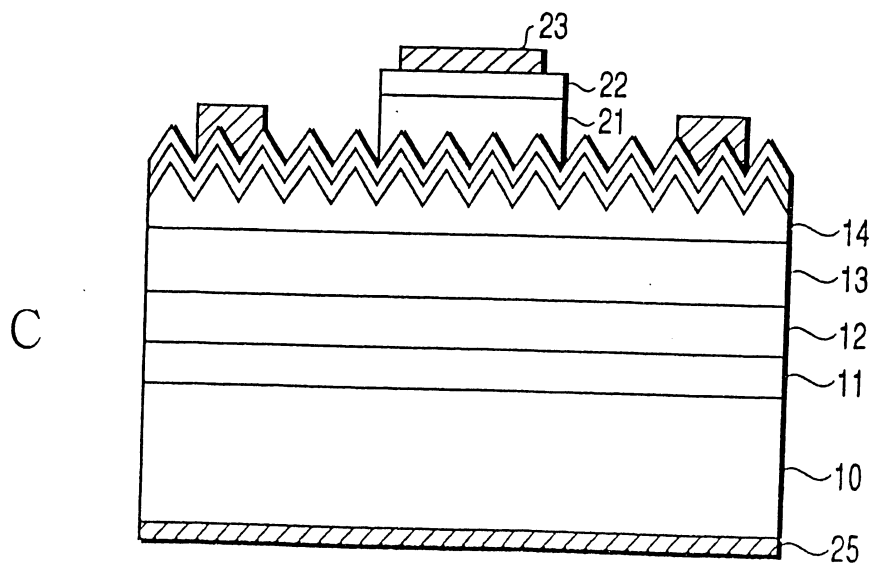
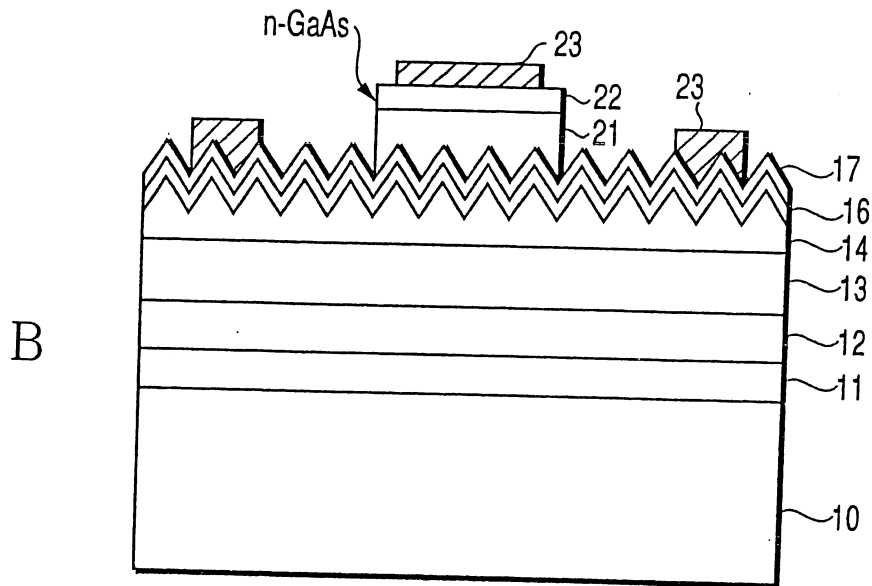
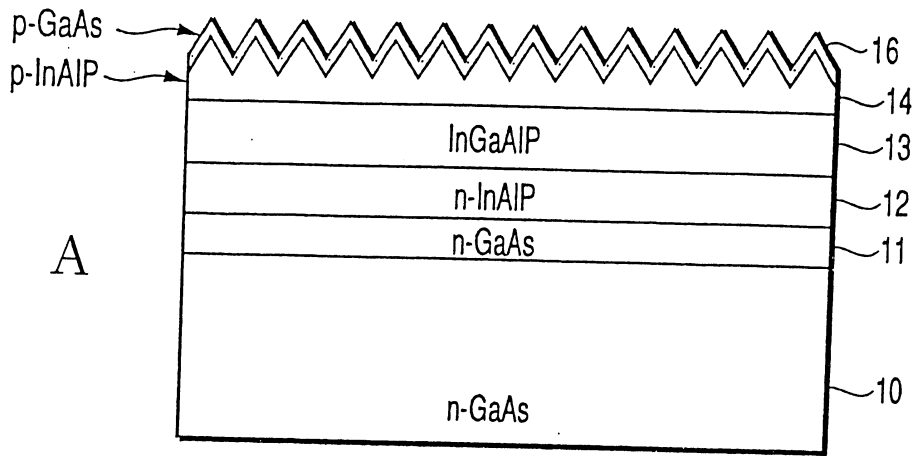
裝

訂

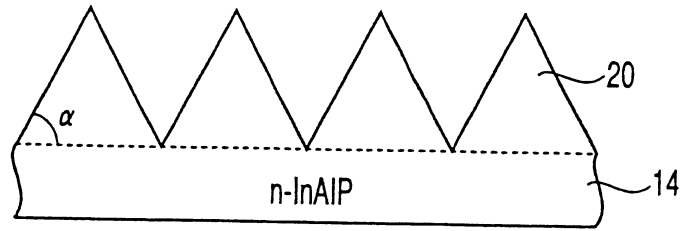
線

第 1 圖

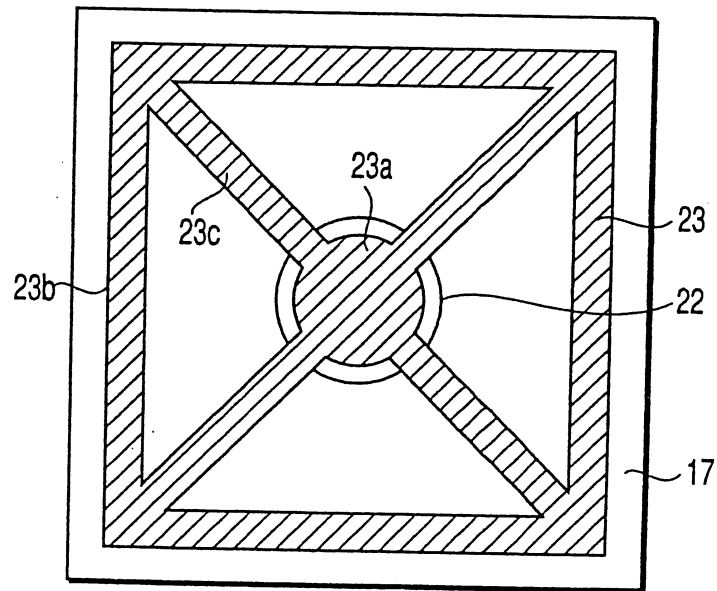
745194



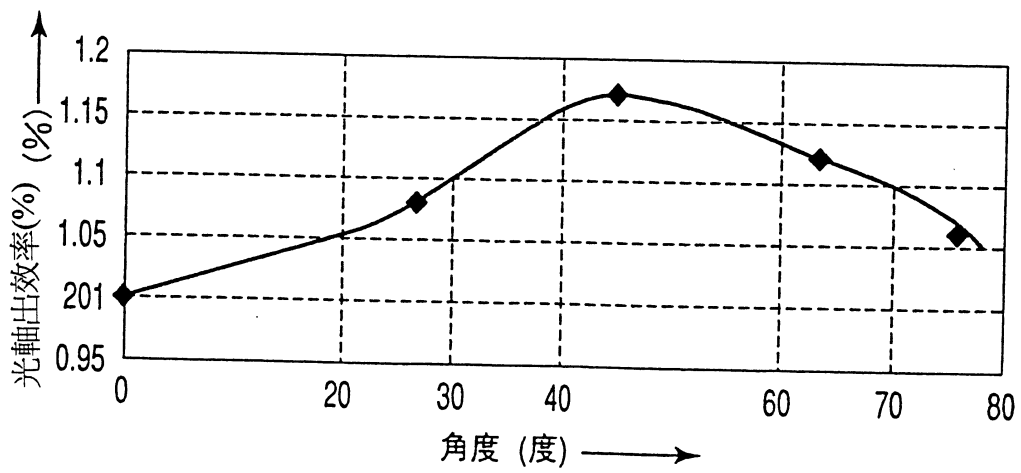
第 2 圖



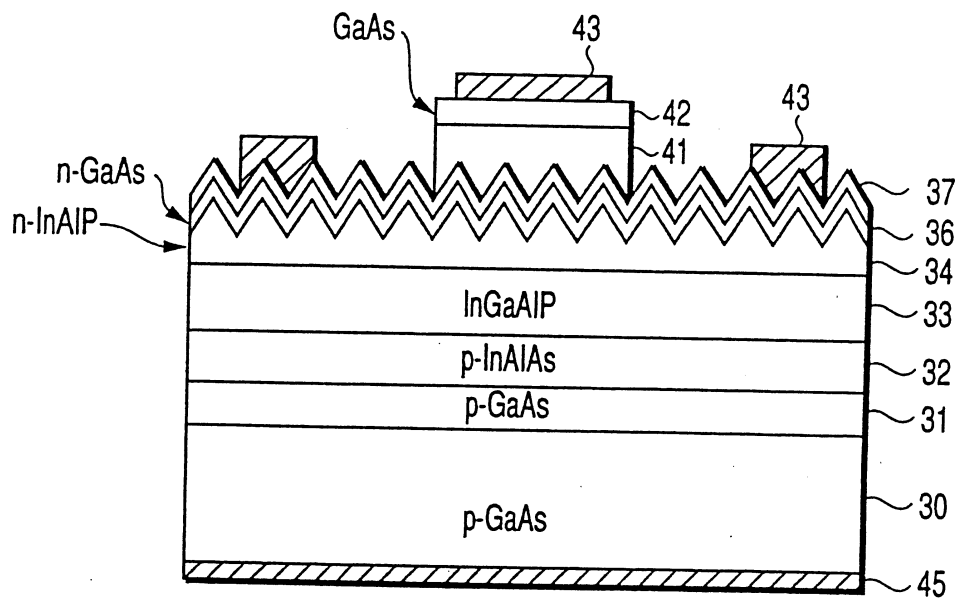
第 3 圖



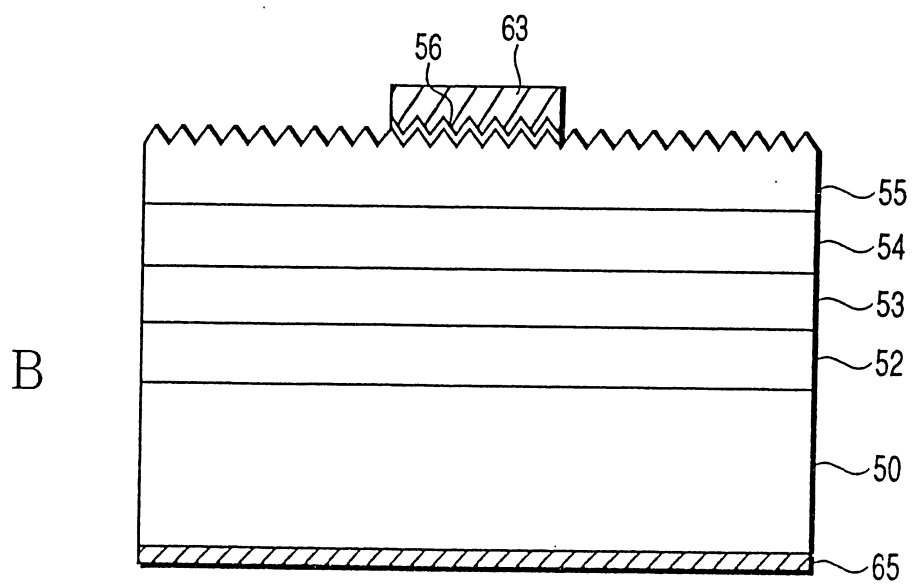
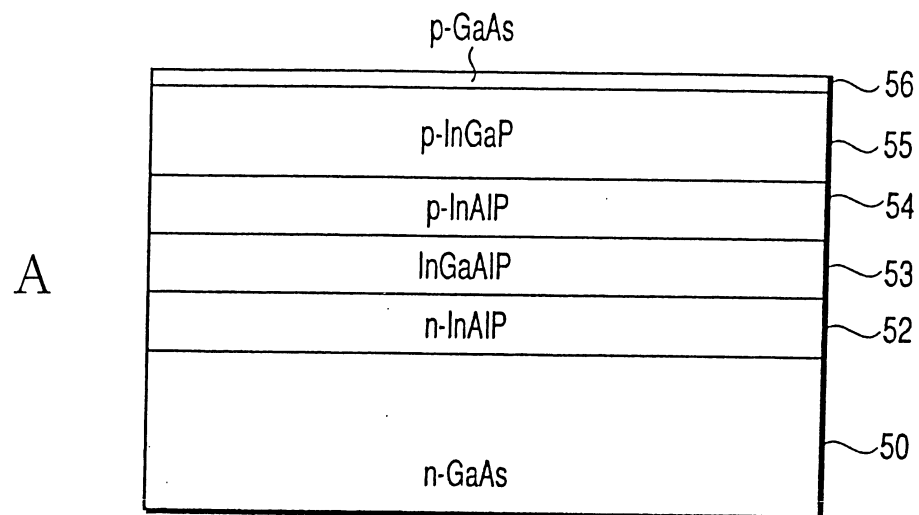
第 4 圖



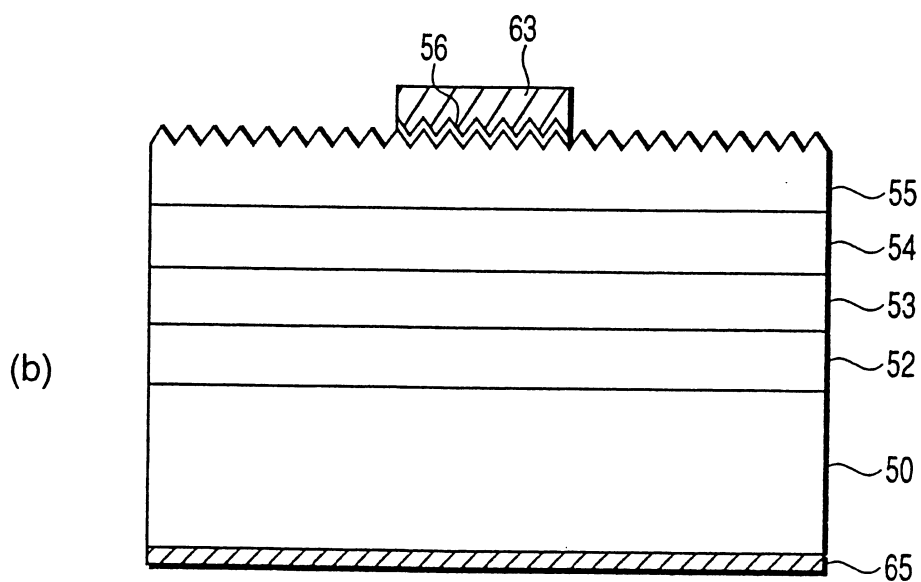
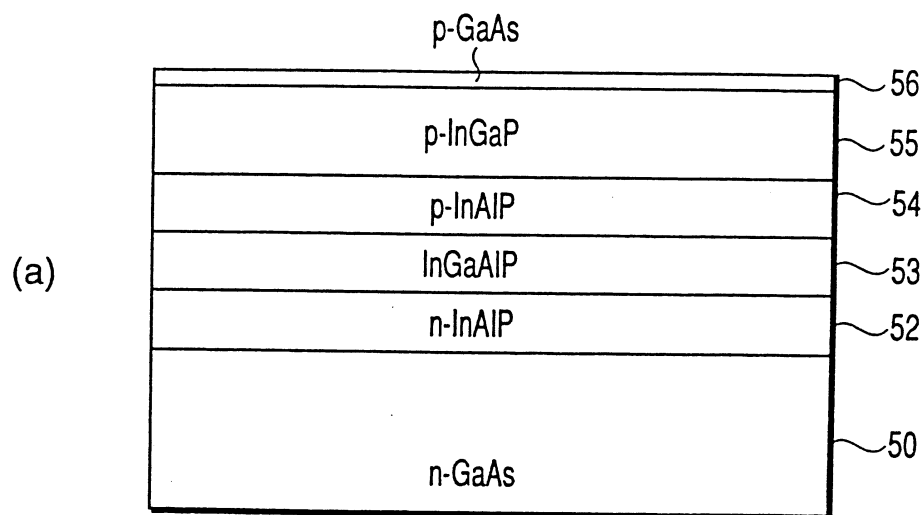
第 5 圖



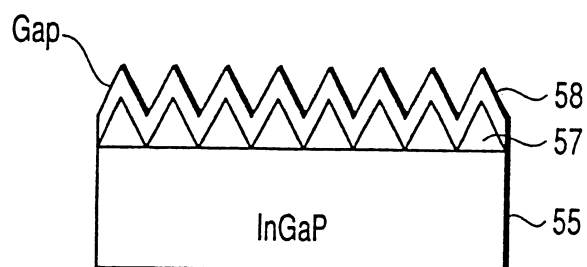
第 6 圖



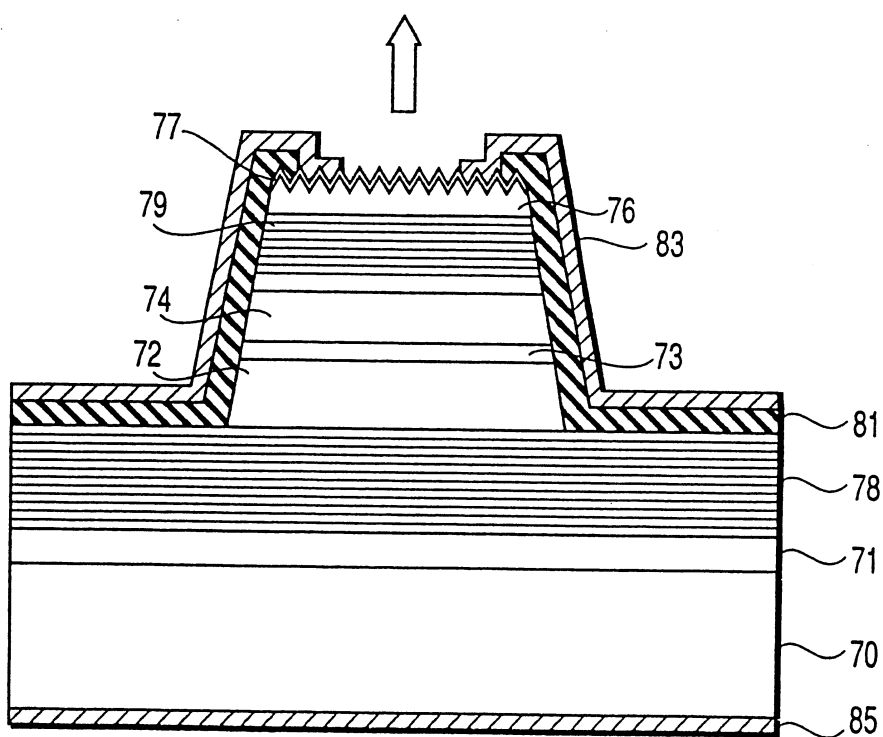
第 6 圖



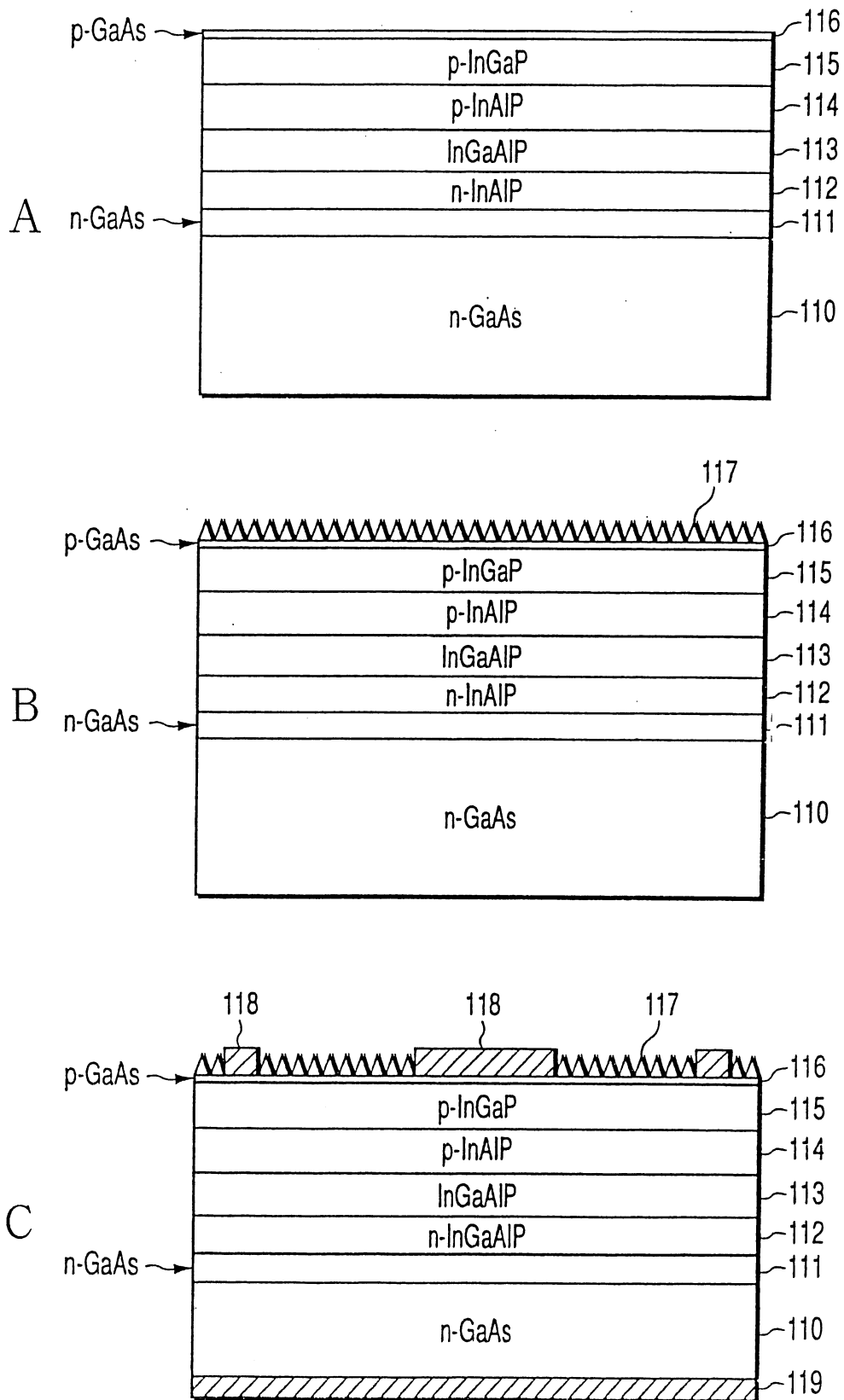
第 7 圖



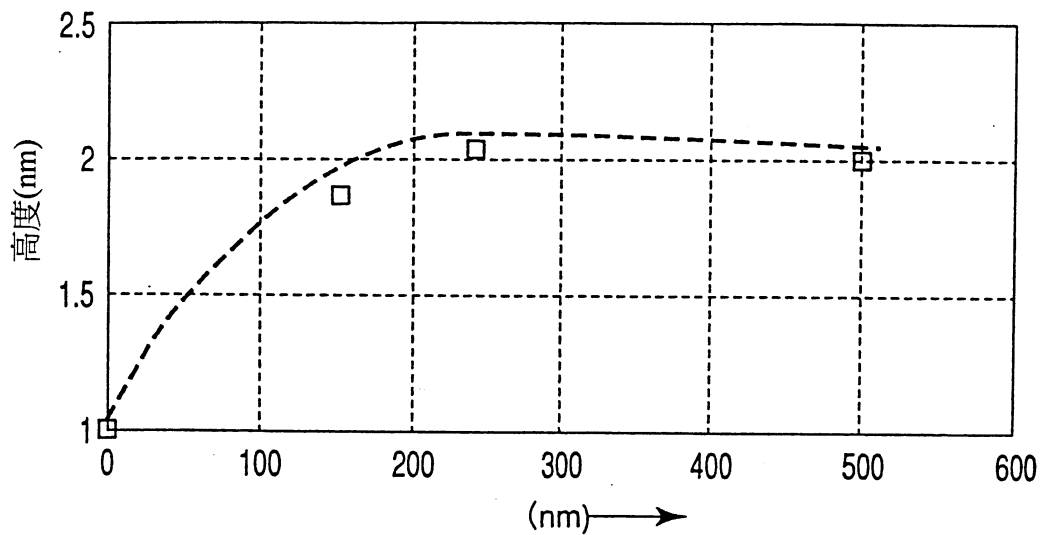
第 8 圖



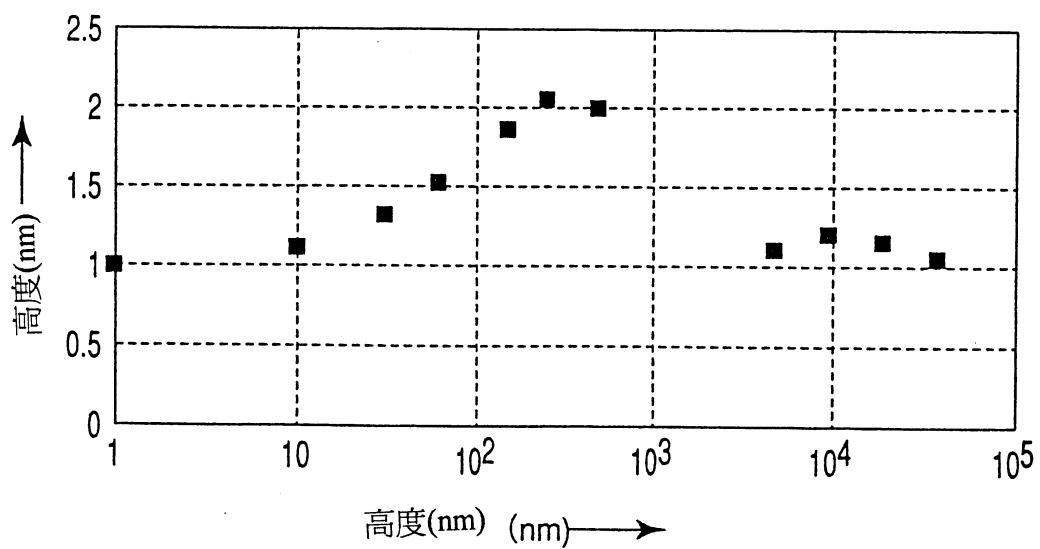
第 9 圖



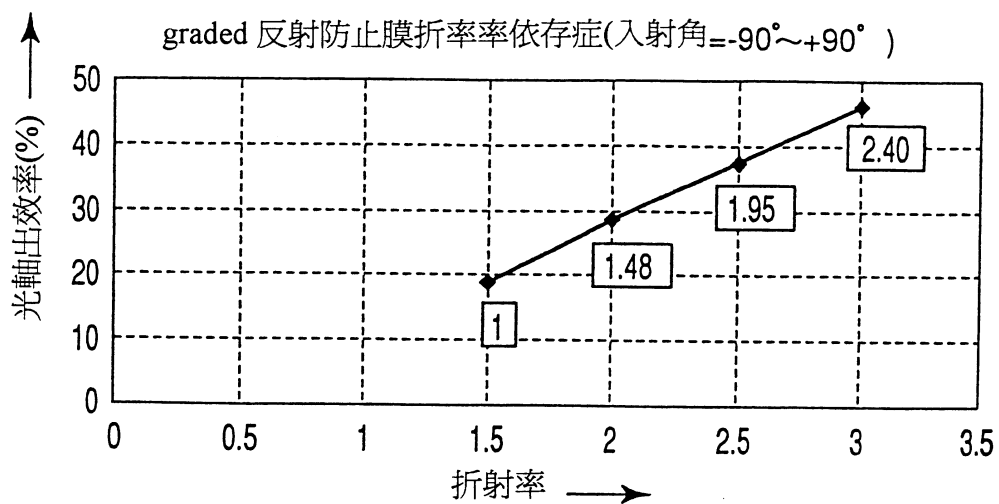
第 10 圖



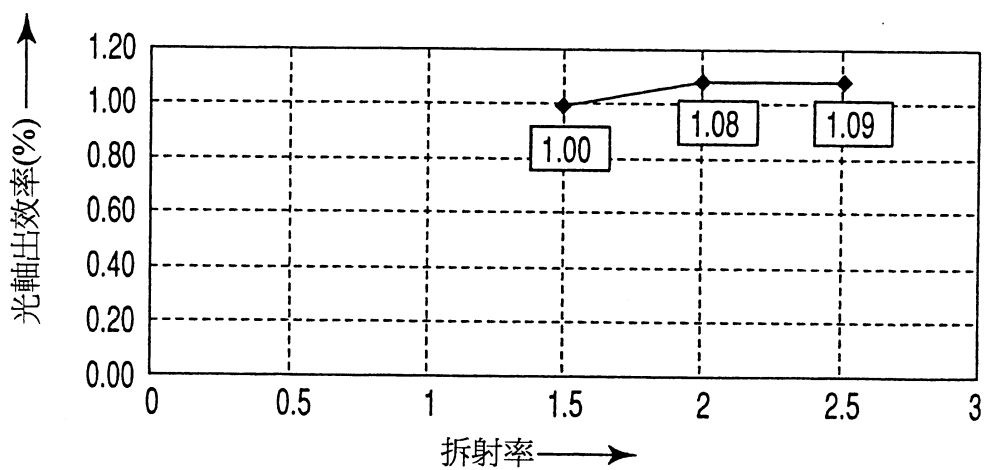
第 11 圖



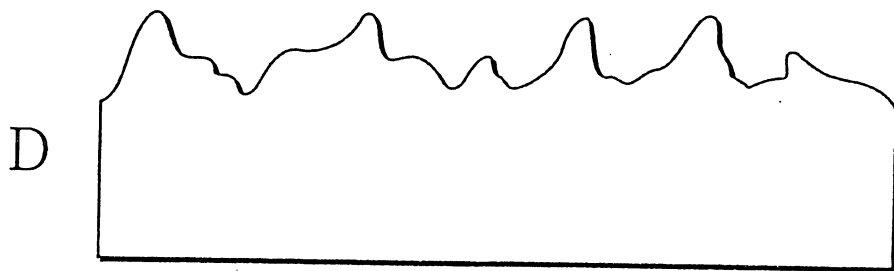
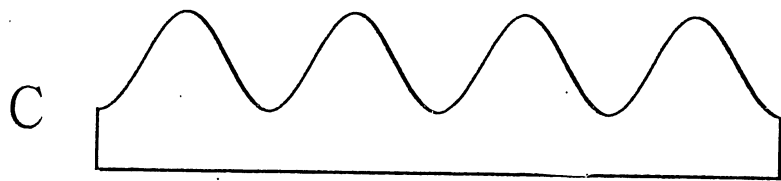
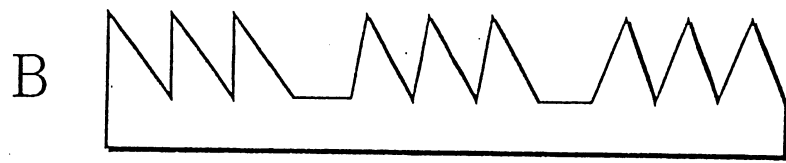
第 12 圖



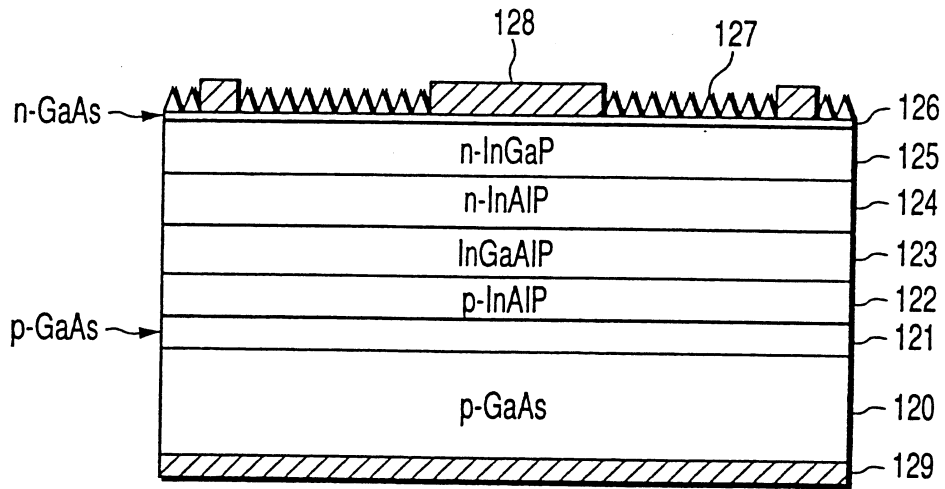
第 13 圖



第 14 圖



第 15 圖



第 16 圖

