

三、發明人：(共 12 人)

姓 名：(中文/英文)

1. 大前 暁
OHMAE, AKIRA
2. 鹽見 治典
SHIOMI, MICHINORI
3. 風田川 統之
FUTAGAWA, NORIYUKI
4. 網 隆明
AMI, TAKAAKI
5. 宮島 孝夫
MIYAJIMA, TAKAO
6. 平松 雄司
HIRAMATSU, YUUII
7. 畑田 出穂
HATADA, IZUHO
8. 岡野 展賢
OKANO, NOBUKATA
9. 富谷 茂隆
TOMIYA, SHIGETAKA
10. 梁島 克典
YANASHIMA, KATSUNORI
11. 日野 智公
HINO, TOMONORI
12. 成井 啟修
NARUI, HIRONOBU

國 籍：(中文/英文)

- | | |
|--------|-------|
| 1. 日本 | JAPAN |
| 2. 日本 | JAPAN |
| 3. 日本 | JAPAN |
| 4. 日本 | JAPAN |
| 5. 日本 | JAPAN |
| 6. 日本 | JAPAN |
| 7. 日本 | JAPAN |
| 8. 日本 | JAPAN |
| 9. 日本 | JAPAN |
| 10. 日本 | JAPAN |
| 11. 日本 | JAPAN |
| 12. 日本 | JAPAN |

四、聲明事項：

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

☒ 申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

☒ 有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1. 日本；2005年09月22日；特願2005-275504

2. 日本；2006年08月08日；特願2006-215342

☐ 無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1.

2.

☐ 主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

☐ 主張專利法第三十條生物材料：

☐ 須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

☐ 不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於一種發光二極體及其製造方法，一種整合之發光二極體及其製造方法，一種成長一氮化物為基礎之III-V族化合物半導體之方法，一種用於成長一氮化物為基礎之III-V族化合物半導體之基板，一種光源細胞單元，一種發光二極體背光裝置，一種發光二極體照明裝置，一種發光二極體顯示器、一種電子設備，及一種電子裝置及其製造方法。本發明適合應用於(例如)一使用一氮化物為基礎之III-V族化合物半導體的發光二極體且亦應用於使用發光二極體之各種類型的設備或裝置。

【先前技術】

在GaN半導體係在諸如藍寶石基板之異質基板上磊晶成長的情況下，歸因於各種物質之間的晶格常數或熱膨脹係數的極大差異，晶體缺陷，尤其是穿透位錯高密度地發生。

為了避免此問題，迄今廣泛使用一基於選擇性橫向成長的位錯密度減小技術。在此技術中，GaN半導體在一藍寶石基板或其類似物上磊晶成長，其後將基板自一晶體成長裝置移除。由SiO₂薄膜或其類似物形成之成長遮罩形成於GaN半導體層上，且使基板返回至晶體成長裝置，接著藉由使用成長遮罩而再次磊晶成長一GaN半導體。

根據此技術，雖然在上GaN半導體層中之位錯密度得以減小，但需要進行兩次磊晶成長，導致高成本。

為了解決此，提出一方法，其中，異質基板經受圖案化壓凹，且GaN半導體係在鋸齒狀基板上磊晶成長(例如，見標題為"Development of High Output UV LED Using an LEPS Technique"之2001年10月的Mitsubishi Cable Industries Review第98號，及日本專利公開案第2004-6931號及第2004-6937號)。在圖77A至77C中展示此方法之概要。如圖77A所示，根據此方法，在藍寶石基板101之c面之一主表面中進行圖案化壓凹。凹入部分由參考數字101a來指示，且突出部分由參考數字101b來指示。此等凹入部分101a及突出部分101b分別沿著藍寶石基板101之<1-100>方向延伸。然後，經由圖77B及77C所示之步驟在藍寶石基板101上形成GaN半導體層102。在圖77C中，虛線指示在成長過程中的成長介面。如圖77C特別展示，特性上觀察到凹入部分101a不利地與在藍寶石基板101與GaN半導體102之間的空間103一起形成。在藉由方法而成長之GaN半導體層102中晶體缺陷之分佈示意性地展示於圖78中。如圖78所示，穿透位錯104發生於垂直於與突出部分101b之頂面之介面的方向上之GaN半導體層102之突出部分101b上方的一部分處，藉此形成一高缺陷密度區105。另一方面，凹入部分101a上方之一區域或部分變為在高缺陷密度區105之間的一部分處之低缺陷密度區106。

應瞭解，雖然在圖77C中，在形成於藍寶石基板101之凹入部分101a內的空間103之下的GaN半導體層102係以矩形形式經埋入，但在一些情況下，該埋入形式可為三角形

的。在後者情況下，埋入凹入部分101a內部之Ga_N半導體層102與自突出部分101b橫向成長的Ga_N半導體層102接觸，具有形成一如矩形形式之空間的可能性。

供參考，在圖79A至79D中展示在凹入部分101a及突出部分101b之延伸方向為與藍寶石基板101之<1-100>方向直角相交的<11-20>方向的情況下如何成長一Ga_N半導體層102。

圖80A至80F示意性地展示另一習知成長方法(參考，例如，日本專利公開案第2003-31441號)。在此方法中，如圖80A所示，使用一經受圖案化壓凹的藍寶石基板101，且經由圖80B至80F所示之步驟而在該基板上成長一Ga_N半導體層102。規定根據該方法，可在相對於藍寶石基板101未形成空間的情況下成長Ga_N半導體層102。

提出又一成長方法，其中，在一基板上使用一不同於基板之材料的材料來形成突出部分，且開始自在突出部分之間的凹入部分成長一氮化物III-V族化合物半導體(例如，見日本專利公開案第2003-324069號及日本專利第2830814號)。然而，在此方法中的成長方式極大地不同於本發明之成長方式。

僅供參考，在圖81A及81B中展示藍寶石之主晶面及晶向。

【發明內容】

以相對於圖77A至77C而說明的習知方法，如上文規定，在藍寶石基板101與Ga_N半導體層102之間形成空間

103。根據吾人所進行之試驗的結果，在形成其中一GaN半導體層形成於GaN半導體層102上的發光二極體結構的情況下，存在發光二極體之發光效率低的問題。此係為以下原因來考慮的：在發光二極體之運作過程中自一有效層產生的光在空間103之內部經重複地反射且最終被吸收，藉此使光提取效率惡化。

另一方面，以相對於圖80A至80F而說明之習知成長方法，雖然已規定空間103未形成於藍寶石基板101與GaN半導體層102之間，但考慮到將在GaN半導體層102中之位錯密度減小至如圖77A至77C所示之習知成長方法之程度的程度涉及一困難。為此，在形成其中一GaN半導體層成長於具有此高位錯密度之GaN半導體層102上的發光二極體結構的情況下，此等GaN半導體層之位錯密度變高，藉此使發光效率降低。

此外，在圖77A至77C及圖80A至80F中說明之習知成長方法的任一者中，通常使用乾式蝕刻來使藍寶石基板101之表面經受圖案化壓凹，但藍寶石基板101未必能承受乾式蝕刻，因此不僅花費很長的時間來進行蝕刻，而且處理精確性為低的。

因此，需要提供一種發光二極體及製造該二極體之方法，其中歸因於如上所述之該空間的不存在而使光提取效率得以顯著地改良，一構成一發光二極體之氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層在結晶度上經顯著改良以提供一非常高的發光效率，且二極體可藉由磊晶成長之單一執行

來以低成本製造，且易於對一基板進行處理以在其上提供一突出及凹入圖案。

進一步需要提供一種整合之發光二極體及以第一需求中所述之方式來製造該整合之發光二極體的方法，一種用於成長便利地用於製造上述之該發光二極體及整合之發光二極體的氮化物為基礎之III-V族化合物半導體的方法，及一種可用於成長該氮化物為基礎之III-V族化合物半導體的基板。

又進一步需要提供一種高效能光源細胞單元、發光二極體背光裝置、發光二極體照明裝置、發光二極體顯示及電子裝置，每一者使用上述之該二極體。

再進一步需要提供諸如發光二極體、半導體雷射、電晶體及其類似物的電子裝置，及製造此等裝置之方法，其中歸因於如上文所述之該空間的不存在及構成一裝置結構之層材料之結晶度的顯著改良而使特性性質非常良好，該等電子裝置可藉由磊晶成長之單一執行而以低成本製造，且基板之圖案化壓凹為簡單的。

為了達成彼等需求，根據本發明之第一實施例，提供一種用於製造發光二極體之方法。該方法包括提供步驟、橫向成長步驟及連續成長步驟。提供步驟提供一在其一主表面上具有複數個突出部分的基板，其中突出部分由在類型上不同於基板之材料的材料形成，及經由一形成三角形截面的狀態而在基板之每一凹入部分上成長一第一氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層，其中凹入部分之底面為三

角形之底。橫向成長步驟自第一氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層在基板上成長一第二氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層。連續成長步驟在第二氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層上成長一第一傳導類型之第三氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層、一有效層及一第二傳導類型之第四氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層。

第一氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層與第二氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層可為任一傳導類型，且可為p型、n型或i型，且可為相同傳導類型或可為不同的傳導類型。此外，傳導類型不同的兩個或兩個以上部分可存在於第一氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層或第二氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層中。

通常，當成長第一氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層時，位錯在相對於基板之一主表面的垂直方向上自與基板之凹入部分之底面的介面發生。當此位錯到達處於如上所述之形成三角形截面之該狀態下的第一氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層之傾斜面或其附近時，位錯於此處在平行於保持遠離三角形部分之主表面的方向上彎曲。三角形部分處之三角形截面或三角形形狀在本文及在下文中出現時意欲不僅意謂一嚴格的三角形，且意謂被認為近似於三角形的彼等形狀且包括(例如)具有圓頂的形狀。有利地，在第一氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層之成長的初始階段，複數個細小的核或微核出現於基板之凹入部分之底面處，且在此等細小核的成長及組合過程中在相對於

基板之一主表面的垂直方向上自與基板之凹入部分之底面的介面發生之位錯於此處在平行於一主表面之方向上重複地彎曲。以此方式，可減小在第一氮化物為基礎之III-V化合物半導體層之成長階段朝著上側通過之位錯的數目。

通常，突出部分及凹入部分以一定間隔而交替地形成於基板之一主表面上。在此情況下，突出部分與凹入部分之交替間隔較佳為3至5 μm 。突出部分之底的長度與凹入部分之底的長度之間的比較佳為0.5至3，更佳為約0.5。自基板之一主表面來看，突出部分之高度較佳為0.3 μm 或更高，更佳為1 μm 或更高。此突出部分應有利地具有一相對於基板之一主表面傾斜的側面(例如，與基板之一主表面接觸的側面)。當在側面與基板之一主表面之間形成的角度取為 θ 時，自改良一光提取效率的立場而言，該角度較佳在 $100^\circ < \theta < 160^\circ$ 之範圍內，更佳為 $132^\circ < \theta < 139^\circ$ 或 $147^\circ < \theta < 154^\circ$ ，且最佳為 135° 或 152° 。突出部分之截面形狀可採取多種形式，其側面不僅為平坦的，且為彎曲的，例如一n角形(n為3或更大的整數)，尤其，其頂被或不被截去或圓化的三角形、矩形、五角形、六角形及其類似物，圓形、橢圓形及其類似物，其中自基板之一主表面來看具有位於最高位置處之頂的形狀為較佳的，且三角形或其頂被截去或圓化的三角形為更佳的。凹入部分可為各種截面形式，包括(例如)n角形(其中n為3或更大的整數)，諸如三角形、矩形、五角形、六角形及其類似物，或其角被截去或圓化的剛剛所指出之形狀、圓形、橢圓形及其類似物。自改良

一光提取效率之立場而言，凹入部分較佳為截面呈反轉梯形的形式。術語"反轉梯形"在本文及在下文中出現時不僅意謂一嚴格的反轉梯形，且意謂被認為近似於一反轉梯形的形狀。在此情況下，自最小化第二氮化物為基礎之III-V化合物半導體層之位錯密度的立場而言較佳的係：當凹入部分之深度(等於突出部分之高度)取為 d ，凹入部分之底之寬度取為 W_g ，且截面為三角形的第一氮化物為基礎之III-V化合物半導體層之傾斜表面與基板之一主表面之間形成的角度取為 α 時， d 、 W_g 及 α 以 $2d \geq W_g \tan \alpha$ 之方式經確定。 α 通常為恆定的，使得 d 及 W_g 如此經確定以確立公式。當 d 過大時，一材料氣體未滿意地饋入至凹入部分之內部，藉此阻止自凹入部分之底部來成長第一氮化物為基礎之III-V化合物半導體層。相反，當 d 過小時，第一氮化物為基礎之III-V化合物半導體層不僅在基板之凹入部分處成長，且在突出部分之相對側處成長。為了避免此，通常在 $0.5 \leq d \leq 5 \mu\text{m}$ 之範圍內，較佳在 $1.0 \pm 0.2 \mu\text{m}$ 之範圍內選擇 d 。 W_g 通常在 0.5 至 $5 \mu\text{m}$ 之範圍中，且較佳選自 $2 \pm 0.5 \mu\text{m}$ 的範圍。當突出部分之截面為三角形時，突出部分之頂面的寬度 W_t 為零。若突出部分之截面為梯形，則此突出部分用作一用於橫向成長第二氮化物為基礎之III-V化合物半導體層的區，對於其而言，較長寬度導致位錯密度得以減小之部分的較大面積。在突出部分之截面為梯形的情況下， W_t 通常為 1 至 $1000 \mu\text{m}$ ，且較佳在 $4 \pm 2 \mu\text{m}$ 之範圍內。

突出部分或凹入部分可以條帶形狀在基板之一方向上延

伸，且當此等部分以條帶形式在至少彼此關注的第一及第二方向上延伸時，突出部分可經配置成一 n 角形(n 為3或更大的整數)，尤其是三角形、矩形、五角形、六角形或其類似物或其角被截去或圓化之上述該 n 角形、圓形、橢圓形、點或其類似物的二維圖案。對於一較佳實例而言，突出部分具有經二維地配置成蜂巢形式的六角形平面形狀，且凹入部分經形成以於是圍繞個別突出部分，藉此有效地獲得自有效層發射入所有方向之360度周圍的光。或者，凹入部分可具有經二維地配置成蜂巢形式的六角形平面形狀，且突出部分可經形成以於是圍繞個別凹入部分。在基板之凹入部分係以條帶樣式形成的情況下，該等凹入部分可(例如)在第一氮化物為基礎之III-V化合物半導體層之 $\langle 1-100 \rangle$ 方向上延伸，或若所用之基板為藍寶石基板則可在藍寶石基板之 $\langle 11-20 \rangle$ 方向上延伸。突出部分可為(例如)一諸如三稜錐、正方錐、五角錐、六角錐或其類似物的 n 角錐(n 為3或更大的整數)，或其角被截去或圓化之以上指出之該 n 角錐、圓錐、橢圓錐面或其類似物。

突出部分之材料可為各種類型，且可為導電的或非導電的。提及(例如)諸如氧化物、氮化物、碳化物及其類似物的介電材料及諸如金屬、合金及其類似物的導體(包括透明導體)。氧化物之實例包括氧化矽(SiO_x)、氧化鈦(TiO_x)、氧化鉭(TaX_x)、氧化鈺(HfO_2)、氧化鋯(ZrO_x)、氧化鋅(ZnO_x)、氧化鋁(AlO_x)、氧化鎵(GaO_x)、氧化鎂(MgO_x)、氧化鋇(BaO_x)、氧化銦(InO_x)、 MgIn_2O_4 、摻氟化

物之氧化錫 ($\text{SnO}_2\text{:F}$ (FTO))、氧化鈦 (TiO_x)、氧化鋰 (LiO_x)、氧化鈣 (CaO_x)、氧化銅 (CuO_x)、 CuAlO_2 、 SrCu_2O_2 、氧化銱 (IrO_x)、氧化釕 (RhO_x)、 $\text{Cu}_a(\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_z)_{1-a}\text{O}_2$ 、 CdGeO 、 InGaZnO 、 ZnRhO 、 GaIn_2O_4 、 LaO 、 LaCuO 及其類似物。此等氧化物中的兩個或兩個以上可組合起來使用，或可以堆疊薄膜的形式加以使用。對於氮化物，提及(例如)氮化矽 (SiN_x)、 TiN 、 WN 、 CN 、 BN 、 LiN 、 TiON 、 SiON 、 CrN 、 CrNO 及其類似物，且此等氮化物之兩個或兩個以上可組合使用或可以堆疊薄膜之形式加以使用。對於碳化物，提及 SiC 、 HfC 、 ZrC 、 WC 、 TiC 、 CrC 及其類似物，且此等碳化物之兩個或兩個以上可組合使用或可以堆疊薄膜之形式加以使用。對於金屬或合金，提及 B 、 Al 、 Ga 、 In 、 W 、 Ni 、 Co 、 Pd 、 Pt 、 Ag 、 Hf 、 Zr 、 Au 、 Cu 、 Ru 、 Ir 、 AgNi 、 AgPd 、 AuNi 、 AuPd 、 AlCu 、 AlSi 、 AlSiCu 及其類似物。此等金屬或合金之兩個或兩個以上可組合使用或可以堆疊薄膜之形式加以使用。對於透明導體，可使用ITO(銦錫複合氧化物)、IZO(銦鋅複合氧化物)、ZO(氧化鋅)、FTO(摻氟之氧化錫)、氧化錫及其類似物。此等中的兩個或兩個以上可組合使用或可以堆疊薄膜的形式加以使用。此外，上述之不同類型的材料中的兩個或兩個以上可組合使用，或可以層堆疊薄膜之形式加以使用。突出部分可由一金屬或其類似物形成，該金屬至少在其表面上經受氮化、氧化或碳化以形成一氮化物、氧化物或碳化物。

必要時，視突出部分之設計而確定其折射率。一般而言，如此選擇一基板及一在該基板上成長之氮化物為基礎之III-V化合物半導體層，使得折射率彼此不同。通常，選擇具有低於基板之折射率的折射率之半導體層類型。

必要時，突出部分可與一用於散射自一有效層發射之光的散射中心合併，以改良光提取效率且確保所得發光二極體的高輸出。所用的該散射中心可為矽精細微粒，諸如矽奈米晶體。為了形成與矽精細微粒合併之突出部分，由二氧化矽形成之突出部分形成於一基板上且經熱處理。

自准許第一氮化物為基礎之III-V化合物半導體層僅在基板之凹入部分處成長的立場而言，可至少在突出部分之表面上形成一非晶層。此非晶層用作一成長遮罩。此利用在成長之階段處一非晶層上未必發生核形成的事實。此非晶層可藉由以各種薄膜形成方法中之一者而在基板上形成薄膜或藉由以金屬來形成一突出部分且氧化該突出部分之表面而形成。非晶層可為(例如)SiO_x薄膜、SiN_x薄膜、非晶Si(a-Si)薄膜、非晶CrN薄膜或此等薄膜中之兩個或兩個以上者的堆疊薄膜，且通常為一絕緣薄膜。在一些情況下，突出部分可由形成於基板上的第一非晶薄膜、第二非晶薄膜及第三非晶薄膜形成。在此情況下，舉例而言，第二非晶薄膜可為相對於第一及第三非晶薄膜而經選擇性蝕刻的非晶薄膜。

在第二氮化物為基礎之III-V化合物半導體層之橫向成長之後，可將第一氮化物為基礎之III-V化合物半導體層及第

二氮化物為基礎之III-V化合物半導體層之突出部分之上部及/或凹入部分之上部的至少一部分移除，接著在第二氮化物為基礎之III-V化合物半導體層的左邊部分上橫向成長第三氮化物為基礎之III-V化合物半導體層且在第三氮化物為基礎之III-V化合物半導體層上連續成長一有效層及一第四氮化物為基礎之III-V化合物半導體層。或者，在第二氮化物為基礎之III-V化合物半導體層之橫向成長之後，可將第一氮化物為基礎之III-V化合物半導體層及第二氮化物為基礎之III-V化合物半導體層的突出部分之上部及/或凹入部分之上部的至少一部分移除，接著在第二氮化物為基礎之III-V化合物半導體層之左邊部分上橫向成長一第五氮化物為基礎之III-V化合物半導體層，且在第五氮化物為基礎之III-V化合物半導體層上連續成長一第三氮化物為基礎之III-V化合物半導體層、一有效層及一第四氮化物為基礎之III-V化合物半導體層。

此外，因為穿透位錯集中於突出部分上方之一部分處的第二氮化物為基礎之III-V化合物半導體層的相關聯部分處，所以一由絕緣體或空間形成的位錯擴展抑制單元預先形成於一用作相關聯部分之部分的突出部分上方。在此情況下，位錯擴展抑制單元抑制在第二氮化物為基礎之III-V化合物半導體層中沿著平行於基板之一主表面的方向擴展的位錯之擴展。最終，可防止位錯向上通過第二氮化物為基礎之III-V化合物半導體層之表面且轉變為一穿透位錯。

在第三氮化物為基礎之III-V化合物半導體層上形成有與

其電連接之第一傳導類型的電極。同樣，在第四氮化物為基礎之III-V化合物半導體層上形成有與其電連接之第二傳導類型的電極。

基板可由各種類型的材料形成。對於由不同於氮化物為基礎之III-V化合物半導體層之材料形成的基板，特殊實例包括藍寶石(包括c面、a面、r面及其類似物以及遠離其之面)、SiC(包括6H、4H及3C)、Si、ZnS、ZnO、LiMgO、GaAs、尖晶石($MgAl_2O_4$ 、 $ScAlMgO_4$)、石榴石、CrN(例如，CrN (111))及其類似物的彼等基板。較佳地，此等材料之六角基板或立方基板為較佳的，其中六角基板為更佳的。對於基板，亦可使用由諸如GaN、AlGaInN、AlN、GaInN或其類似物之氮化物為基礎之III-V化合物半導體形成的基板。或者，氮化物為基礎之III-V化合物半導體層成長於由不同於氮化物為基礎之III-V化合物半導體層之材料形成的基板上，且突出部分可形成於此氮化物為基礎之III-V化合物半導體層上。

應注意，若所用之基板為其中諸如氮化物為基礎之III-V化合物半導體層之層成長於基板上的基板，則突出部分之材料為由不同於提供於突出部分之下的層之材料的材料形成的材料。

必要時，可移除基板。

第一至第五氮化物為基礎之III-V化合物半導體層及用作有效層之氮化物為基礎之III-V化合物半導體層最一般由 $Al_xB_yGa_{1-x-y-z}In_zAs_uN_{1-u-v}P_v$ 形成，其中 $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、

$0 \leq z \leq 1$ 、 $0 \leq u \leq 1$ 且 $0 \leq v \leq 1$ ，其限制條件為 $0 \leq x+y+z < 1$ 且 $0 \leq u+v < 1$ ，更特定地，由 $\text{Al}_x\text{B}_y\text{Ga}_{1-x-y-z}\text{In}_z\text{N}$ 形成，其中 $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq z \leq 1$ ，其限制條件為 $0 \leq x+y+z < 1$ ，且通常由 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x-z}\text{In}_z\text{N}$ 形成，其中 $0 \leq x \leq 1$ 且 $0 \leq z \leq 1$ 。特殊實例包括 GaN、InN、AlN、AlGaInN 及其類似物。在 GaN 中含有 B 或 Cr 的情況下，舉例而言，展示了促進位錯之彎曲的效應。就此意義而言，第一至第五氮化物為基礎之 III-V 化合物半導體層及用作有效層之氮化物為基礎之 III-V 化合物半導體層可分別由 BGaN 或諸如 GaN:B 之摻有 B 的 GaN、諸如 GaN:Cr 之摻有 Cr 的 GaN，或其類似物形成。尤其，最初成長於基板之凹入部分上的第一氮化物為基礎之 III-V 化合物半導體層應較佳為由 GaN、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 < x < 0.5$)、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 < x < 0.5$) 或 $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 < x < 0.5$ 且 $0 < y < 0.2$) 形成之氮化物為基礎之 III-V 化合物半導體層。第一傳導類型可為 n 型或 p 型，且相應地，第二傳導類型可相應地為 p 型或 n 型。對於最初成長於基板上之所謂的低溫緩衝層，通常使用 GaN 緩衝層、AlN 緩衝層、AlGaInN 緩衝層或其類似物。另外，亦可使用在上文指出的且在其中摻有 Cr 的彼等緩衝層或 CrN 緩衝層。

視需要而選擇第二氮化物為基礎之 III-V 化合物半導體層之厚度，且通常為幾微米或更小，且可視最終用途之目的而為更大的，且可(例如)為約幾十微米至 300 微米。

對於第一至第五氮化物為基礎之 III-V 化合物半導體層及用作有效層之氮化物為基礎之 III-V 化合物半導體層的成長

方法，提及(例如)各種磊晶成長方法，諸如有機金屬化學氣相沈積法(MOCVD)、氮化物氣相磊晶成長法、鹵化物氣相磊晶成長法(HVPE)、分子束磊晶法(MBE)等。

根據本發明之第二實施例，提供一種發光二極體。該二極體包括一在其一主表面上具有複數個突出部分的基板，其中突出部分由在類型上不同於基板之材料的材料形成。該二極體進一步包括在基板之每一凹入部分中未形成一空間的情況下成長於基板上的第六氮化物為基礎之III-V化合物半導體層，及形成於第六氮化物為基礎之III-V化合物半導體層上的第一傳導類型之第三氮化物為基礎之III-V化合物半導體層、有效層及第二傳導類型之第四氮化物為基礎之III-V化合物半導體層。在第六氮化物為基礎之III-V化合物半導體層中，在相對於一主表面的垂直方向上自與凹入部分之底面的介面發生的位錯到達使用凹入部分之底面作為底的三角形之傾斜面處或其附近，且在此處在平行於一主表面之方向上彎曲。

在本發明之此第二實施例，及在下文中描述的本發明之第四、第六及第七至第十一實施例中，第六氮化物為基礎之III-V化合物半導體層為對應於在本發明之第一實施例中的第一氮化物為基礎之III-V化合物半導體層及第二氮化物為基礎之III-V化合物半導體層的氮化物為基礎之III-V化合物半導體層。

在第二實施例及在下文中描述的本發明之第三至第十三實施例中，除非另有規定，否則相對於第一實施例而說明之

彼等情況對於此等實施例而言為成立的。

根據本發明之第三實施例，提供一種製造一整合之發光二極體的方法，在該整合之發光二極體中，複數個發光二極體經整合。該方法包括提供步驟、橫向成長步驟及連續成長步驟。提供步驟提供一在其一主表面上具有複數個突出部分的基板，其中每一突出部分由在類型上不同於基板之材料的材料形成，及經由一形成三角形截面的狀態在基板之每一凹入部分上成長第一氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層，其中凹入部分之底面成為三角形之底。橫向成長步驟自第一氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層在基板上成長一第二氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層。連續成長步驟在第二氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層上成長一第一傳導類型的第三氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層、一有效層及一第二傳導類型的第四氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層。

根據本發明之第四實施例，提供一種整合之發光二極體，其中複數個發光二極體經整合。該複數個發光二極體中之至少一者包括一在其一主表面上具有複數個突出部分的基板，其中突出部分由在類型上不同於基板之材料的材料形成。該複數個發光二極體中之至少一者進一步包括：在基板之每一凹入部分中未形成一空間的情況下成長於基板上的第六氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層；及形成於第六氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層上的第一傳導類型的第三氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層、有效層

及第二傳導類型的第四氮化物為基礎之III-V化合物半導體層。在第六氮化物為基礎之III-V化合物半導體層中，在相對於一主表面之垂直方向上自與凹入部分之底面的介面發生之位錯到達使用凹入部分之底面作為底的三角形之傾斜面處或其附近，且在此處在平行於一主表面的方向上彎曲。

在本發明之第三及第四實施例中，雖然對整合之發光二極體的應用領域未加限制，但典型用途包括用於液晶顯示器的發光二極體背光裝置、發光二極體照明裝置、發光二極體顯示器、發光二極體光學通信裝置(例如，可見光通信裝置)、發光二極體光學裝置或其類似物。此整合之發光二極體相對於發光二極體之配置方式及形狀無限制。可將發光二極體配置成二維陣列，例如，在用於與多種裝置或套管之內表面或外表面直接或經由諸如線路板或散熱片之另一板或片進行互連的支撐物(支撐基板)、一板或片上，或可配置成一行或複數行條帶狀發光二極體。整合之發光二極體之形式可不僅為在其中個別發光二極體藉由使用所謂的半導體處理技術來使經堆疊之半導體層之晶圓經受分批處理而與電路圖案一起精細地複數個地加以整合的形式，且亦為在其中各自已經切削的複數個發光二極體經精細地整合及配置於一圖案化電路板上的形式。此等發光二極體可經獨立或共同地驅動，或在任意選擇區域內的一組發光二極體可經共同地獨立驅動(以區域而加以驅動)。

根據本發明之第五實施例，提供一種成長一氮化物為基

礎之 III-V 化合物半導體層的方法。該方法包括一提供步驟及一橫向成長步驟。提供步驟提供一在其一主表面上具有複數個突出部分的基板，其中每一突出部分由在類型上不同於基板之材料的材料形成，及經由一形成三角形截面的狀態在基板之每一凹入部分上成長第一氮化物為基礎之 III-V 族化合物半導體層，其中凹入部分之底面成為三角形之底。

橫向成長步驟自第一氮化物為基礎之 III-V 族化合物半導體層在基板上成長一第二氮化物為基礎之 III-V 族化合物半導體層。

除製造發光二極體或整合之發光二極體之外，氮化物為基礎之 III-V 族化合物半導體層的此成長方法可用於製造各種類型的半導體裝置。

根據本發明之第六實施例，提供一種用於成長一氮化物為基礎之 III-V 族化合物半導體層之基板。該基板包括：一在其一主表面上具有複數個突出部分的基板，其中每一突出部分由在類型上不同於基板之材料的材料形成；及一在基板之每一凹入部分中未形成一空間的情況下成長於基板上的第六氮化物為基礎之 III-V 族化合物半導體層。在第六氮化物為基礎之 III-V 族化合物半導體層中，在相對於一主表面的垂直方向上自與凹入部分之底面的介面發生的位錯到達使用凹入部分之底面作為底的三角形之傾斜面處或其附近，且在此處在平行於一主表面之方向上彎曲。

根據本發明之第七實施例，提供一種光源細胞單元。該

單元包括在一印刷線路板上各自含有紅色發光二極體、綠色發光二極體及藍色發光二極體中之每一者的至少一者的複數個細胞。選自上述之紅色發光二極體、綠色發光二極體及藍色發光二極體的至少一發光二極體，該至少一發光二極體包括一在其一主表面上具有複數個突出部分的基板，其中突出部分由在類型上不同於基板之材料的材料形成。選自上述二極體的至少一個二極體進一步包括：一在基板之每一凹入部分中未形成一空間的情況下成長於基板上的第六氮化物為基礎之III-V化合物半導體層；及形成於第六氮化物為基礎之III-V化合物半導體層上的第一傳導類型之第三氮化物為基礎之III-V化合物半導體層、有效層及第二傳導類型之第四氮化物為基礎之III-V化合物半導體層。在第六氮化物為基礎之III-V化合物半導體層中，在相對於一主表面的垂直方向上自與凹入部分之底面的介面發生的位錯到達使用凹入部分之底面作為底的三角形之傾斜面處或其附近，且在此處在平行於一主表面之方向上彎曲。

根據本發明之第八實施例，提供一種發光二極體背光裝置，其中各自為複數個的紅色發光二極體、綠色發光二極體及藍色發光二極體經配置。選自上述紅色發光二極體、綠色發光二極體及藍色發光二極體的至少一發光二極體，該至少一發光二極體包括一在其一主表面上具有複數個突出部分的基板，其中突出部分由在類型上不同於基板之材料的材料形成。選自上述二極體的至少一個二極體進一步

包括：一在基板之每一凹入部分中未形成一空間的情況下成長於基板上的第六氮化物為基礎之III-V化合物半導體層；及形成於第六氮化物為基礎之III-V化合物半導體層上的第一傳導類型之第三氮化物為基礎之III-V化合物半導體層、有效層及第二傳導類型之第四氮化物為基礎之III-V化合物半導體層。在第六氮化物為基礎之III-V化合物半導體層中，在相對於一主表面的垂直方向上自與凹入部分之底面的介面發生的位錯到達使用凹入部分之底面作為底的三角形之傾斜面處或其附近，且在此處在平行於一主表面之方向上彎曲。

根據本發明之第九實施例，提供一種發光二極體照明裝置，其中各自為複數個的紅色發光二極體、綠色發光二極體及藍色發光二極體經配置。選自上述紅色發光二極體、綠色發光二極體及藍色發光二極體的至少一類型之發光二極體，該至少一類型之發光二極體包括一在其一主表面上具有複數個突出部分的基板，其中突出部分由在類型上不同於基板之材料之材料形成。選自上述二極體的至少一個二極體進一步包括：一在基板之每一凹入部分中未形成一空間的情況下成長於基板上的第六氮化物為基礎之III-V化合物半導體層；及形成於第六氮化物為基礎之III-V化合物半導體層上的第一傳導類型之第三氮化物為基礎之III-V化合物半導體層、有效層及第二傳導類型之第四氮化物為基礎之III-V化合物半導體層。在第六氮化物為基礎之III-V化合物半導體層中，在相對於一主表面的垂直方向上自與

凹入部分之底面的介面發生的位錯到達使用凹入部分之底面作為底的三角形之傾斜面處或其附近，且在此處在平行於一主表面之方向上彎曲。

本發明之第十實施例提供一種發光二極體顯示器，其中各自為複數個的紅色發光二極體、綠色發光二極體及藍色發光二極體經配置。選自上述紅色發光二極體、綠色發光二極體及藍色發光二極體的至少一發光二極體，該至少一發光二極體包括一在其一主表面上具有複數個突出部分的基板，其中突出部分由在類型上不同於基板之材料的材料形成。選自上述二極體的至少一個二極體進一步包括：一在基板之每一凹入部分中未形成一空間的情況下成長於基板上的第六氮化物為基礎之III-V化合物半導體層；及形成於第六氮化物為基礎之III-V化合物半導體層上的第一傳導類型之第三氮化物為基礎之III-V化合物半導體層、有效層及第二傳導類型之第四氮化物為基礎之III-V化合物半導體層。在第六氮化物為基礎之III-V化合物半導體層中，在相對於一主表面的垂直方向上自與凹入部分之底面的介面發生的位錯到達使用凹入部分之底面作為底的三角形之傾斜面處或其附近，且在此處在平行於一主表面之方向上彎曲。

在本發明之第七至第十實施例中，所用之紅色發光二極體可(例如)為使用AlGaP半導體之紅色發光二極體。

根據本發明之第十一實施例，提供一種具有一個或複數個發光二極體的電子裝置。發光二極體中之至少一者包括

一在其一主表面上具有複數個突出部分的基板，其中突出部分由在類型上不同於基板之材料的材料形成。上述二極體中之至少一者進一步包括：一在基板之每一凹入部分中未形成一空間的情況下成長於基板上的第六氮化物為基礎之III-V化合物半導體層；及形成於第六氮化物為基礎之III-V化合物半導體層上的第一傳導類型之第三氮化物為基礎之III-V化合物半導體層、有效層及第二傳導類型之第四氮化物為基礎之III-V化合物半導體層。在第六氮化物為基礎之III-V化合物半導體層中，在相對於一主表面的垂直方向上自與凹入部分之底面的介面發生的位錯到達使用凹入部分之底面作為底的三角形之傾斜面處或其附近，且在此處在平行於一主表面之方向上彎曲。

在本發明之第十一實施例中，電子裝置包括一發光二極體背光裝置(用於液晶顯示器及其類似物的背光裝置)、一發光二極體照明裝置、一發光二極體顯示器及其類似物，以及一使用發光二極體作為光源的投影儀或背投電視、一柵狀光閥(GLV)及其類似物。一般而言，對電子裝置的類型基本上不加限制，其限制條件為其中所含有的至少一發光二極體係用於顯示、照明、光學通信、光學傳輸等的目的，且為攜帶型及桌上型的彼等裝置包括於電子裝置的類別內。除以上指出之彼等裝置之外，特殊實例包括蜂巢式電話、行動裝置、自動機械裝置、個人電腦、車載裝置、各種類型的家用電器、發光二極體光學通信裝置、發光二極體光學傳輸裝置、諸如電子鑰匙之攜帶型保全裝置等。

電子裝置亦可包括發射在遠紅外波長範圍、紅外波長範圍、紅光波長範圍、黃光波長範圍、綠光波長範圍、藍光波長範圍、紫光波長範圍、紫外光波長範圍之中選擇的不同波長範圍之光的兩個或兩個以上發光二極體的組合。尤其，對於發光二極體照明裝置，將發射不同波長範圍之可見光的兩個或兩個以上發光二極體組合起來，該等波長範圍彼此不同且選自紅光波長範圍、黃光波長範圍、綠光波長範圍、藍光波長範圍、紫光波長範圍及其類似物之中，且自此等發光二極體發射的兩個或兩個以上光經混合以提供自然光或白光。此外，使用一發射選自藍光波長範圍、紫光波長範圍、紫外光波長範圍及其類似物之至少一波長範圍之光的發光二極體作為光源，自此發光二極體發射的光照射於一磷光體上用於激勵，且所得光經混合以獲得自然光或白光。另外，將發射彼此不同之波長範圍的可見光的發光二極體組裝成(例如)諸如細胞單元、四重單元、群集單元及其類似物的總成單元(嚴格來說，總成單元並非相對於在此等單元之一單元中含有的發光二極體之數目而加以定義的，且在各自由發射相同波長或不同波長之光的複數個發光二極體形成的複數個相等組形成且安裝於一線路板、線路封裝、線路套壁及其類似物的情況下意謂一總成單元)。更明確地說，將發光二極體組裝成(例如)由三個發光二極體(例如，一紅色發光二極體、一綠色發光二極體及一藍色發光二極體)組成的單元，或由四個發光二極體(例如，一紅色發光二極體、兩個綠色發光二極體及一

藍色發光二極體)組成的單元，且上述複數個該等單元以二維陣列、以一行或複數行而安裝於一板或外殼薄板上。

根據本發明之第十二實施例，提供一種製造一電子裝置之方法。該方法包括以下步驟：提供一在其一主表面上具有複數個突出部分的基板，其中每一突出部分由在類型上不同於基板之材料的材料形成，及經由一形成三角形截面之狀態在基板之每一凹入部分上成長第一層，將凹入部分之底面用作三角形之底；及自第一層在基板上橫向成長一第二層。

根據本發明之第十三實施例，提供一種電子裝置。該裝置包括：一在其一主表面上具有複數個突出部分的基板，其中每一突出部分由在類型上不同於基板之材料的材料形成；及一在基板之每一凹入部分中未形成一空間的情況下在基板上成長的第三層。在第三層中，在相對於一主表面之垂直方向上自與凹入部分之底面之介面發生的位錯到達使用凹入部分之底面作為底的三角形之傾斜面處或其附近，且於此處在平行於一主表面之方向上彎曲。

在本發明之第十二及第十三實施例中，除氮化物為基礎之III-V族化合物半導體之外，第一至第三層可由具有纖維鋅礦結構且更一般為六方晶體結構之其他類型的半導體形成，且亦由具有諸如ZnO、 α -ZnS、 α -CdS、 α -CdSe及其類似物連同CrS (111)之其他晶體結構的各種類型的半導體形成。除包括諸如普通發光二極體、次能帶內轉移(量子級聯)發光二極體、普通半導體雷射及次能帶內轉移(量子級

聯)半導體雷射之發光裝置的發光裝置之外，使用此等類型之半導體的半導體裝置含有光接收裝置或感應器，諸如光電二極體、太陽能電池及典型物為包括諸如高電子遷移率電晶體之場效電晶體(FET)及諸如異質接面雙極電晶體(HBT)之雙極電晶體的電晶體的電子轉移裝置。此等裝置單個地或複數個地形成於相同基板或晶片上。必要時，此等裝置可經配置以經獨立地驅動。若發光裝置及電子轉移裝置係整合於相同基板上，則可配置一光電子積體電路(OEIC)。必要時，可形成光學線路。使用由至少一發光裝置(例如，發光二極體或半導體雷射)之閃光供應的光，可執行照明通信或光學通信。在此情況下，可使用複數個不同波長範圍的光來執行照明通信或光學通信。

除上述該等半導體裝置(例如，發光裝置、光接收裝置、電子轉移裝置及其類似物)之外，電子裝置包括壓電裝置、熱電裝置、光學裝置(諸如使用非線性光學晶體的二次諧波產生器及其類似物)、介電裝置(包括鐵電裝置)、超導裝置及其類似物。就此而論，第一至第三層的材料為用於半導體裝置之上述該等各種類型的半導體，及用於壓電裝置、熱電裝置、光學裝置、介電裝置、超導裝置及其類似物的諸如具有六方晶體結構之氧化物的各種類型的材料。

當使用包括發光二極體或半導體雷射之彼等裝置作為電子裝置時，可構成電子裝置，諸如發光二極體背光裝置、發光二極體照明裝置、發光二極體顯示器及其類似物，以

及使用發光二極體或半導體雷射作為光源的投影儀或背投電視、柵狀光閥。

關於本發明之第十二及第十三實施例，與第一至第十一實施例中之應用類似的應用可為可能的。

在如上文規定之本發明之實施例中，第一氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層開始自基板之每一凹處之底面成長，在其期間，第一氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層係在形成一使用底面作為三角形之底的三角形截面的狀態下得以成長的，藉此掩埋凹處而未形成一空間。第二氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層係自如此成長之第一氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層而得以橫向成長的。在此階段，第一氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層涉及在垂直於基板之一主表面的方向上自與基板之凹處之底面的介面發生的位錯。此位錯到達第一氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層之傾斜面或其附近。隨著第二氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層成長，位錯在所到達的部分處在平行於基板之一主表面的方向上彎曲。在第二氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層成長至一滿意厚度時，在平行於基板之一主表面而發生的位錯上方的一部分成為位錯密度非常小的區。根據此方法，第一至第四氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層可藉由磊晶成長之一循環而成長。此外，在基板上形成由在類型上不同於基板之材料的材料而形成的突出部分遠簡單於藉由乾式蝕刻來直接處理基板以形成圖案化鋸齒狀表面的情況，且在處理精

確性上一般為高。

更一般化地，將第一氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層視為第一層且將第二氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層視為第二層的情況成立。

根據本發明之實施例，因為在第一氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層及第二氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層中的每一者與基板之間未形成空間，所以可顯著地改良光提取效率。此外，第二氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層之結晶度為良好的，使得各自形成於第二氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層上的第三氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層、有效層及第四氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層的結晶度亦可得以顯著地改良，藉此獲得具有非常高之發光效率的發光二極體。另外，發光二極體可藉由磊晶成長之單一執行而製造，因此導致低製造成本。易於以高的處理精確性來壓凹基板之表面。使用具有高發光效率之此發光二極體，可獲得諸如高效能光源細胞單元、發光二極體背光裝置、發光二極體照明裝置、發光二極體顯示器、發光二極體光學通信裝置、光學空間傳輸裝置及其類似物之各種類型的電子裝置。

更一般化地，如上所述，當將第一氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層視為第一層且將第二氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層視為第二層時，可獲得類似的結果。

【實施方式】

參看附圖來描述本發明之實施例。應注意，類似參考數字貫穿說明本發明之實施例的圖式而指示類似或相應的零件、部件或部分。

在圖1A至3中，依次展示一製造根據本發明之第一實施例之發光二極體的方法。此發光二極體利用諸如GaN之氮化物為基礎之III-V族化合物半導體。

如圖1A所示，在第一實施例中，提供一具有一平坦主表面且由不同於氮化物為基礎之III-V族化合物半導體之材料形成的基板11。具有等腰三角形之突出部分12以一給定的平面圖案以一定間隔而形成於基板11上。因此，截面為反轉梯形的凹處13形成於相鄰的突出部分12之間。基板11可為(例如)上文規定之基板，且包括(例如)其主表面為(例如)c面的藍寶石基板。突出部分12及凹入部分13之平面形狀或形式可為選自上述許多平面形狀的形狀。舉例而言，平面形狀可為其中突出部分12及凹入部分13均在一方向上延伸以提供如圖4所示之條帶圖案的平面形狀，或其中每一突出部分12具有一六角形平面形狀且經二維配置成蜂巢形式的平面形狀。通常，其經配置，使得圖4中之虛線的方向(意即，與條帶相交的方向)變得平行於在下文中描述的氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15的a軸，或圖5中之虛線的方向(意即，連接最多相鄰突出部分12的方向)變得平行於在下文中描述的氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15的m軸。舉例而言，在基板11為藍寶石基板的情況下，突出部分12及凹入部分13在圖4中以條帶形式延伸的

方向為藍寶石基板之 $\langle 1-100 \rangle$ 方向，且凹入部分在圖5中之延伸方向同樣為藍寶石基板之 $\langle 1-100 \rangle$ 方向。延伸方向可為藍寶石基板之 $\langle 11-20 \rangle$ 方向。突出部分之材料可為上述之彼等材料。鑒於處理的簡易性，較佳的材料包括(例如) SiO_2 、 SiN 、 CrN 、 SiON 、 CrON 及其類似物。

為了在基板11上形成截面為等腰三角形的突出部分12，可使用任何已知技術。舉例而言，藉由CVD法、真空沈積法、濺鍍法或其類似者來使一用作突出部分12之材料的薄膜(例如， SiO_2 薄膜)形成基板11之整個表面。然後，藉由微影而在薄膜上形成一給定形式的光阻圖案。其後，在執行錐角蝕刻的條件下藉由反應性離子蝕刻(RIE)法或其類似者經由光阻圖案之遮罩來蝕刻該薄膜，藉此形成截面為等腰三角形的突出部分12。

然後，藉由使基板11及突出部分12經受熱清潔來對其表面進行清潔，且在(例如)約 550°C 的成長溫度下藉由一已知方法在基板11上成長(例如)一 GaN 緩衝層、一 AlN 緩衝層、一 CrN 緩衝層、一摻有 Cr 的 GaN 緩衝層或一摻有 Cr 的 AlN 緩衝層(未圖示)。隨後，(例如)藉由MOCVD方法而磊晶成長一氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層。此氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層由(例如) GaN 形成。如圖1B所示，在此階段，成長自凹處13之底面開始，以形成由氮化物為基礎之III-V族化合物半導體形成之複數個微核14。如圖1C所示，氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15係經由以使得形成一等腰三角形截面的方式而成長及組合微

核14的步驟而得以成長的，該等腰三角形截面以凹處13之底面作為底，且以相對於基板11之主表面傾斜的刻面作為斜邊。在此情況下，截面為等腰三角形的氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15的高度大於突出部分的高度。舉例而言，氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15之延伸方向為其 $\langle 1-100 \rangle$ 方向，且傾斜表面之刻面為 $(1-101)$ 面。氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15可為未摻雜或摻有n型雜質或p型雜質的。氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15之成長條件將描述於下文中。氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15的延伸方向可為其 $\langle 11-20 \rangle$ 方向。

隨後，在保持傾斜表面之刻面取向的同時執行氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15之成長時，氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15的相對末端成長至突出部分12之側面之下部的程度，以提供一形成一特別展示於圖2A中之五角形截面的狀態。

然後，成長繼續，同時以使得橫向成長佔優勢的方式來設定成長條件，因此，如圖2B所示，氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15如箭頭所指示般地橫向成長且在形成一六角形截面的狀態下覆蓋突出部分12。在圖2B中，虛線在本文及在下文中出現時指示在成長過程中的成長介面。

隨著橫向成長的進一步繼續，氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15成長，同時如圖2C所示而增加其厚度，且

最終，自相鄰凹入部分13成長的氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15彼此接觸且組合在一起。

隨後，如圖2C所示，氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15經進一步橫向成長，直至其表面成為一平行於基板11之主表面的平面為止。如此成長的氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15在凹入部分13上方的一部分處的位錯密度變為非常低。

應注意，在一些情況下，有可能在無圖2A所示之步驟的情況下自圖1C所示之狀態直接改變至圖2B之狀態。

然後，如圖3所示，(例如)藉由MOCVD方法在氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15上連續地形成一n型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層16、一使用氮化物為基礎之III-V族化合物半導體的有效層17及一p型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層18。在此情況下，氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15為n型的。

然後，自MOCVD裝置移除在其上成長氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層的基板11。

其後，一p側電極19形成於p型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層18上。p側電極19之材料應較佳為(例如)具有高反射率的歐姆金屬。

其後，為活化p型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層18中之p型雜質的目的，在550至750°C(例如，650°C)或580至620°C(例如，600°C)的溫度下在(例如)N₂及O₂之混合氣體(具有(例如)99%之N₂及1%之O₂的組份)的氣氛下執行

熱處理。當 O_2 與 N_2 混合時，活化可能發生。或者，用作具有高負電性的(如O及N)用於F或Cl之起始材料的鹵化氮(NF_3 、 NCl_3 或其類似物)可與 N_2 氣氮或 N_2 及 O_2 之混合氣體混合。熱處理時間為(例如)五分鐘至兩個小時，較佳為40分鐘至兩個小時，且更佳為約10至60分鐘。熱處理溫度相對低的原因係防止有效層16在熱處理期間降級。應注意，熱處理可在p型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層18之磊晶成長之後，但在p側電極19之形成之前實現。

然後，(例如)藉由RIE法、粉末噴砂法、噴砂處理法或其類似物來以一所要形式圖案化n型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層16、有效層17及p型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層18，以形成一平台部分20。

然後，一n側電極21形成於與平台部分20相鄰的部分處之氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15上。

必要時，可自在其上已形成該發光二極體結構之基板的後側來研磨或拋光該基板以減小其厚度，接著切割基板11以形成一棒。其後，切割該棒以提供一晶片。

以此方式，形成一預期之發光二極體。

在突出部分具有在一方向上延伸之條帶形式的情況下，P側電極19及n側電極21之平面形狀的實例展示於圖6中。

用於氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層之成長的起始材料包括用於Ga之起始材料的三乙基鎵($(C_2H_5)_3Ga$, TEG)或三甲基鎵($(CH_3)_3Ga$, TMG)，用於Al之起始材料的三甲基鋁($(CH_3)_3Al$, TMA)，用於In之起始材料的三乙基銦

$((\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{In}, \text{TMI})$ 或三甲基銦 $((\text{CH}_3)_3\text{In}, \text{TMI})$ ，及用於 N 之起始材料的氮。所用之摻雜劑包括諸如矽烷 (SiH_4) 或二矽烷 (Si_2H_6) 的 n 型摻雜劑，及諸如雙(甲基環戊二烯基)鎂 $((\text{CH}_3\text{C}_5\text{H}_4)_2\text{Mg})$ 、雙(乙基環戊二烯基)鎂 $((\text{C}_2\text{H}_5\text{C}_5\text{H}_4)_2\text{Mg})$ 或雙(環戊二烯基)鎂 $((\text{C}_5\text{H}_4)_2\text{Mg})$ 的 p 型摻雜劑。對於在氮化物為基礎之 III-V 族化合物半導體層之成長後即使用的載體氣體氮氣，(例如)使用 H_2 氣體。

現在描述發光二極體之一特殊結構實例。更明確地說，舉例而言，氮化物為基礎之 III-V 族化合物半導體層 15 為 n 型 GaN 層，氮化物為基礎之 III-V 族化合物半導體層 16 係自下以一 n 型 GaInN 層、一 n 型 GaN 層及一 n 型 GaInN 層的次序得以構成的，且 p 型氮化物為基礎之 III-V 族化合物半導體層 18 係自下以一 p 型 GaInN 層、一 p 型 AlInN 層、一 p 型 GaN 層及一 p 型 GaInN 層的次序得以形成的。有效層 17 具有(例如)GaInN 為基礎之多量子井(MQW)結構(例如，GaInN 量子井層及 GaN 障壁層的交替疊層)。在有效層 17 中 In 的組份係視發光二極體之發射波長而選擇的。舉例而言，對於 405 nm 之發射波長而言，In 含量高達 11%，對於 450 nm 而言，高達 18%，且對於 520 nm 而言，高達 24%。p 側電極 19 之材料包括(例如)Ag 或 Pd/Ag，或必要時，除首先提及的材料之外由 Ti、W、Cr、WN、CrN 或其類似物形成的障壁金屬。所用之 n 側電極 21 可為(例如)具有 Ti/Pt/Au 結構的電極。

在圖 3 所示之如此獲得的發光二極體中，將正向電壓施

加於p側電極19與n側電極21之間，以使電流通過以實現光發射，且經由基板11將所得之光提取至外部。在有效層17中In組份的適當選擇導致紅光至紫光發射，特定言之，藍光發射、綠光發射或紅光發射。在此情況下，一導引至基板11的光(在自有效層17產生的光之中的)在基板11與氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15之間的介面處在凹入部分13處經折射，且經由基板11導出外部。一導引至p側電極19的光(在有效層17中產生的光之中的)在p側電極19處經反射，且經導引至基板11，且經由基板11而導出至外部。

發光二極體之結構不限於圖3所示之結構，且可為(例如)圖7至11所示之彼等結構。對於圖7所示之結構，n型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層16、有效層17及p型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層18經圖案化，以留下其中央部分，藉此形成平台部分20。p側電極19形成於平台部分20的p型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層18上，且n側電極21形成於在平台部分20之相對側處的n型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15上。在圖8所示之實例中，在n型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層16、有效層17及p型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層18中分別形成有(例如)具有在其中央部分處具有一小的寬度或柱形孔的切槽形式(例如柱形之底面為圓形的、有角的、點狀的或其類似者)的凹入部分G。條帶狀或點狀的n側電極21形成於凹入部分G之底部處的n型氮化物為基礎

之III-V族化合物半導體層15上。因為n側電極21與n型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層的接觸電阻為低的，所以n側電極21之該小接觸區域確保良好的歐姆接觸特性，藉此准許電流相對容易地自接觸點(或接觸面)來遍及n型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15。p側電極19經形成以圍繞n側電極21。或者，n側電極21可經形成以圍繞p側電極19。對於圖9所示之實例，n型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層16、有效層17及p型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層18中分別形成有由小寬度或柱形孔之切槽形成的凹入部分G(例如，柱形之底面為圓形的、有角的、點狀的或其類似物)(當凹入部分G為柱形孔形式，複數個該等凹入部分G經二維配置成在一方塊上之蜂巢、柵格或點的形式(意即，如指示在一方塊上之點的孔而彼此相對遠離之孔的形式))。在此情況下，n側電極21形成於在個別凹入部分G之底部處的n型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15上。若(例如)凹入部分G各自為上述之該柱形孔的形式且經二維地形成為在方塊上之蜂巢、柵格或點的配置，則p側電極19經形成以圍繞n側電極21。或者，n側電極經形成以圍繞p側電極。對於圖10所示之實例，在n型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層16、有效層17及p型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層18中分別形成有小寬度或柱形孔之切槽的形式(例如，柱形之底面為圓形的、有角的或點狀的)的凹入部分G(當凹入部分為柱形孔之形式時，複數個該等凹入部分G二維地形成為在方

塊上之蜂巢、柵格或點的配置)。n側電極21形成於每一凹入部分G之底部處的n型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15上。舉例而言，在凹入部分G各自為柱形孔之形式且二維形成為在方塊上之蜂巢、柵格或點的配置的情況下，p側電極19經形成以圍繞n側電極21或n側電極21經形成以圍繞p側電極19。對於圖11所示之實例，在n型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層16、有效層17及p型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層18中分別形成有小寬度或柱形孔之切槽之形式(例如，柱形之底面為圓形的、有角的或點狀的)的凹入部分G(當凹入部分G為柱形孔之形式時，複數個凹入部分G二維地形成為在方塊上之蜂巢、柵格或點的配置)。每一凹入部分G係以由在其側壁上之SiO₂薄膜形成的絕緣薄膜I而得以形成。在藉由在某一程度上埋入有凹入部分H的絕緣薄膜I而與n型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層16、有效層17及p型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層18電絕緣的條件下，n側電極21形成於在每一凹入部分之底部處的n型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15上。舉例而言，在凹入部分G為上述之該柱形孔之形式且二維地形成為在方塊上之蜂巢、柵格或點之配置的情況下，p側電極19經形成以圍繞n側電極21，或n側電極21經形成以圍繞p側電極19。在圖7至11，尤其在圖11所示的實例中，p側電極19與n側電極21的布線係藉由使用習知雙層布線技術而得以容易地實現。

尤其，上文說明之發光二極體之結構最適合作為覆晶

(FC)發光二極體之結構，其中一光學透明基板用作基板11，且光發射係自光學透明基板之整個後側而得以實現。對於發光二極體之效能指數之一，提及(發光效率)/(總晶片面積)。為改良此(發光效率)/(總晶片面積)指數，需要將其中有效層17經移除的凹入部分G之數目減小至盡可能小的程度，或將凹入部分G之底部表面積減小至盡可能小的程度。因此，考慮到在n型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15中載流子(電子)之遷移率，形成於凹入部分G之底部處的n側電極21之總面積較佳為相對於總晶片面積的柱狀之n側電極21的百分之幾十、更佳為百分之幾或以下，且最佳為1%或以下，藉此確保電流充分地遍及有效層17。

在第一實施例中，為了最小化在氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15中之穿透位錯密度，凹入部分13之底面之寬度 W_g 、凹入部分13之深度 d (意即，突出部分12之高度)，及在圖1C所示之狀態下的氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15之傾斜面與基板11之主表面之間形成的角度 α 經確定，以滿足下列方程式(見圖12)

$$2d \geq W_g \tan \alpha$$

舉例而言， $W_g=2.1 \mu\text{m}$ 及 $\alpha=59^\circ$ 時， $d \geq 1.75 \mu\text{m}$ ； $W_g=2 \mu\text{m}$ 及 $\alpha=59^\circ$ 時， $d \geq 1.66 \mu\text{m}$ ； $W_g=1.5 \mu\text{m}$ 及 $\alpha=59^\circ$ 時， $d \geq 1.245 \mu\text{m}$ ；及 $W_g=1.2 \mu\text{m}$ 及 $\alpha=59^\circ$ 時， $d \geq 0.966 \mu\text{m}$ 。在任一情況下， $d < 5 \mu\text{m}$ 為較佳的。

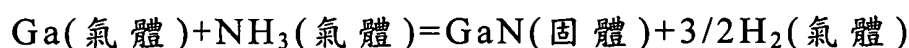
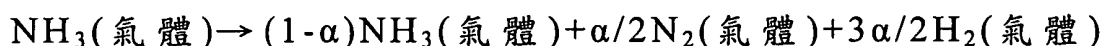
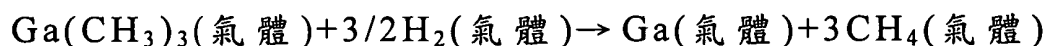
對於在圖1B、1C及2A所示之步驟中氮化物為基礎之III-

V族化合物半導體層15的成長，較佳的係，將用於成長之起始材料的V/III比設定為相對高的值，且將成長溫度設定為相對低的位準。更明確地說，在1 atm之壓力下執行氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15之成長的情況下，較佳的係，起始材料之V/III比在(例如)13000±2000之範圍內，且將成長溫度設定為(例如)在1100±50℃之範圍內。相對於起始材料之V/III比，在x atm之壓力條件下執行氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15之成長的情況下，較佳將V/III比設定為藉由鑒於定義流動速率與壓力之間的關係之貝努裏原理而使該比乘以壓力變量的平方而獲得的位準，特定言之，大體上為 $(13000 \pm 2000) \times x^2$ 。舉例而言，在0.92 atm(700托)下執行成長的情況下，起始材料之V/III比較佳經設定為在11000±1700(例如，10530)之範圍內。x較佳為0.01至2 atm。相對於成長溫度，在不高於1 atm之壓力條件下執行成長的情況下，較佳將溫度設定為低的，以抑制氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15之橫向成長且允許氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15在凹入部分13中容易地進行選擇性成長。舉例而言，在0.92 atm(700托)下實現成長的情況下，較佳將成長溫度設定為1050±50℃之範圍內(例如，1050℃)。以此方式，氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15如圖1B、1C及2A中特別展示而成長。在成長後，氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15即不自突出部分12上開始成長。成長率一般為0.5至5 μm/小時，較佳為約3.0 μm/小時。在氮化物為基礎

之 III-V 族化合物半導體層 15 係由 (例如) GaN 層形成的情況下，起始材料氣體之流動速率為 (例如) 20 SCCM (對於 TMG) 及 20 SLM (對於 NH_3)。另一方面，在圖 2B 及 2C 所示之步驟中氮化物為基礎之 III-V 族化合物半導體層 15 的成長 (橫向成長) 係在起始材料之相對低的 V/III 比下及在相對高的成長溫度下實現。更明確地說，在 1 atm 之壓力條件下執行氮化物為基礎之 III-V 族化合物半導體層 15 之成長的情況下，將起始材料之 V/III 比設定為 (例如) 在 5000 ± 2000 之範圍內，且將成長溫度設定為 (例如) 在 $1200 \pm 50^\circ\text{C}$ 之範圍內。相對於起始材料之 V/III 比，在 x atm 之壓力條件下執行氮化物為基礎之 III-V 族化合物半導體層 15 之成長的情況下，較佳將 V/III 比設定為藉由鑒於定義流動速率與壓力之間的關係之貝努裏原理使該比乘以壓力變量的平方而獲得的位準，特定言之，大體上為 $(5000 \pm 2000) \times x^2$ 。舉例而言，在 0.92 atm (700 托) 下執行成長的情況下，起始材料之 V/III 比較佳經設定為在 4200 ± 1700 之範圍內 (例如，4232)。相對於成長溫度，在不高於 1 atm 之壓力條件下執行成長的情況下，較佳將溫度設定為低的，以抑制氮化物為基礎之 III-V 族化合物半導體層 15 之表面粗糙且允許良好的橫向成長。舉例而言，在 0.92 atm (700 托) 下實現成長的情況下，較佳將成長溫度設定為在 $1150 \pm 50^\circ\text{C}$ 之範圍內 (例如， 1110°C)。在氮化物為基礎之 III-V 族化合物半導體層 15 係由 (例如) GaN 層形成的情況下，起始材料氣體之流動速率為 (例如) 40 SCCM (對於 TMG) 及 20 SLM (對於 NH_3)。以

此方式，氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15係藉由如圖2B及2C所示之橫向成長而形成。

圖13示意性地展示在指示為氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15之實例的GaN層之成長階段起始材料氣體如何在基板上方流動及擴散。在此成長中，最重要的方面為在成長的初始階段，GaN未在基板11之突出部分12處成長，且GaN之成長在凹入部分12處開始。應注意，雖然突出部分12在圖13中以三角形截面之形式經展示，但即使截面為梯形之形式，亦無GaN在突出部分12上成長。一般而言，當考慮將TMG用作Ga之起始材料且NH₃用作N之起始材料的情況時，GaN藉由NH₃與Ga之間的方向反應而成長，如下列反應式所表示



雖然H₂氣體產生，但此H₂氣體逆作用於晶體成長，或具有蝕刻行為。在圖1B、1C及2A所示之步驟中，在突出部分12上的成長係使用未用於在習知平坦基板上成長GaN的條件加以抑制，意即，使用增強蝕刻行為的條件及成長未必發生(藉由增加V/III比)的條件。另一方面，在凹入部分13的內部，使用抑制蝕刻行為的條件來使結晶發生。傳統上，為了改良成長晶體表面之扁平度，在橫向成長之程度增加(使用較高的溫度)的條件下執行成長。在第一實施例中，成長係在低於傳統情況的溫度下(例如，1050±50℃)

加以執行，用於達成使穿透位錯朝著平行於基板之主表面的方向彎曲以減小穿透位錯的數目及在較早階段以氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15掩埋凹入部分13的目的。

圖14示意性地展示藉由穿透式電子顯微鏡(TEM)確定的關於在氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15中之晶體缺陷分佈之研究的結果。在圖14中，參考數字22指示一穿透位錯。如將自圖14看出，雖然位錯密度在突出部分12之中央附近(意即，在自相鄰凹入部分13成長的氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15之間的組合之部分處)變為高的，但位錯密度在包括凹入部分13上方之部分的其他部分處變為低的。舉例而言，在凹入部分之深度為 $d=1\text{ }\mu\text{m}$ 且底面之寬度為 $W_g=2\text{ }\mu\text{m}$ 的情況下，在此低位錯密度處之位錯密度為 $6\times 10^7/\text{cm}^2$ ，其在未使用表面突出之基板11的情況下被減小了一至兩個數量級。另外，將看出在垂直於凹入部分13之側壁的方向上未發生位錯。

在圖14中，在位錯密度為高且結晶度為弱的情況下與在凹入部分13處之基板11接觸的氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15之區的平均厚度為在位錯密度為高且結晶度為弱的情況下與在突出部分12處之基板接觸的氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15之區的平均厚度的約1.5倍。此係由氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15在突出部分12上的橫向成長而產生。

圖15展示在突出部分12具有如圖4所示之該平面形狀的

情況下穿透位錯22的分佈。圖16展示在突出部分12具有如圖5所示之該平面形狀的情況下穿透位錯22的分佈。

然後，參看圖17A至17F來說明氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15如何自成長之初始階段成長及位錯如何擴展。

當成長經起始時，如圖17A所示，由氮化物為基礎之III-V組化合物半導體形成之複數個微核14產生於凹處13之底面處。在此等微核14中，位錯(由虛線指示)自與基板11之介面在垂直方向上擴展，且自微核14之側面通過。當成長繼續時，氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15經由如圖17B及17C所示之微核14的成長及組合之步驟而成長。在微核14之成長及組合的過程中，在平行於基板11之主表面的方向上位錯彎曲發生，使得通過至上部之位錯的數目減小。如圖17D所示，隨著成長的進一步繼續，氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15形成為截面為等腰三角形的形狀，其中凹入部分13之底面為三角形之底。在此階段，自氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15通過至上部的位錯之數目顯著地減小。然後，如圖17E所示，氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15經橫向成長。在此步驟中，通過至具有等腰三角形截面(其中凹入部分13之底面經提供為一底)的氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15之側面的位錯表現出來，使得位於低於突出部分12之水平處的一些位錯平行於基板11之主表面而繼續延伸至突出部分12之側面且消失，且位於高於突出部分12之水平處

的一些位錯平行於基板11之主表面而延伸且通過至橫向成長的氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15的側面。當氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15之橫向成長進一步繼續時，自突出部分12之相對側成長的氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15在突出部分12之頂部處組合在一起，且最終，如圖17F所示，氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15成為平行於基板11之主表面的平面。當層在突出部分12上方組合在一起時，在氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15中的位錯向上彎曲(在垂直於基板11之主表面的方向上)。

參看圖18A及18B，再次說明在自微核14的形成至氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15之橫向成長之後的過程中位錯的行為。如圖18A及18B所示，在微核14之形成、成長及組合的過程中自與基板11之介面發生的位錯在水平方向上重複地彎曲且成束(位錯(1))。在水平方向上彎曲的位錯延伸至突出部分12之側面且消失(位錯(2))。此外，自與基板11之介面發生的位錯彎曲一次且通過至氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15之表面(位錯(3))。藉由位錯之成束及在水平方向上彎曲之位錯在延伸至突出部分12之側面之後的消失，可獲得在未形成微核14的情況下穿透位錯之數目減小的氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15。

在如圖17A所示微核14形成於突出部分13之底面處的狀態下之截面的TEM照片展示於圖19A至19C中。圖19B及

19C分別為由圖19A中之橢圓形圍繞之部分的放大截面TEM照片。自圖19A至19C，將很好地看出在成長之初始階段微核14的形成。

然後，說明在氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15中發生之位錯的行為在微核14在成長之初始階段經形成的情況與未形成微核14的情況之間係如何不同的。

圖20A至20C分別展示在氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15之成長的初始階段未出現微核14的情況下對應於圖17D至圖17F的狀態。如圖20A所示，在成長之初始階段未出現微核14的情況下，在氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15經成長以具有其中凹入部分13之底面構成三角形之底的等腰三角形截面時，僅自與凹入部分13之底面的介面向上延伸的位錯存在，且此位錯密度一般大於圖17D之情況中的位錯密度。如圖20B所示，當成長繼續時，通過至具有使用凹入部分13之底面作為底之等腰三角形截面的氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15之側面的位錯表現如下。位於低於突出部分12之水平處的位錯平行於基板11之主表面而繼續延伸至突出部分12之側面且消失，且位於高於突出部分12之水平處的位錯平行於基板11之主表面而延伸且通過至橫向成長之氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15之側面。如圖20C所示，當氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15之橫向成長進一步繼續時，自突出部分12之相對側成長的氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15在突出部分12上方相互組合在一起，且

氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15最終導致平行於基板11之主表面的平面。在突出部分12上方的相互組合後，氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15中之位錯向上彎曲，導致穿透位錯22。雖然穿透位錯22之密度充分低，但其高於微核14在成長之初始階段形成於凹入部分之底面上的情況。此係因為如圖21A及21B所示，在未形成微核14的情況下自與基板11之介面發生的位錯當到達使用凹入部分之底面作為一底的等腰三角形傾斜面時在水平方向上彎曲一次。更明確地說，在此情況下，在微核14之形成、成長及組合的過程中無使位錯成束的效應。

圖22展示當將基板11之凹處之深度發生變化的情況與未形成不規則性的情況進行比較時，關於如何改良自發光二極體將光提取至外部之效率的模擬(射線追蹤模擬)的結果之一。光提取係自基板11之後側而得以執行。在圖22中，橫座標指示凹入部分13之深度(意即，突出部分12之高度)，且縱座標指示在未形成突出部分12的情況下光提取效率 η 的改良程度(光提取放大率)。就此而論，突出部分12具有在一方向上延伸的條帶形狀，且在突出部分12之側面與基板12之一主表面之間形成的角度 θ 為 135° ，凹入部分13之底的長度 W_g 為 $2\text{ }\mu\text{m}$ ，且突出部分12之底的長度為 $3\text{ }\mu\text{m}$ 。假定基板11之折射率為1.77，且氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15之折射率為2.35。自圖22，光提取放大率為1.35倍或更多(凹入部分13之深度為 $0.3\text{ }\mu\text{m}$ 或更大)，為1.5倍或更多(深度為 $0.5\text{ }\mu\text{m}$ 至 $2.5\text{ }\mu\text{m}$)，為1.75倍

(深度為 $0.7\ \mu\text{m}$ 至 $2.15\ \mu\text{m}$)，為 1.85 倍或更多 (深度為 $1\ \mu\text{m}$ 至 $1.75\ \mu\text{m}$)，及為最大值 (約 $1.95\ \mu\text{m}$) (深度為約 $1.3\ \text{mm}$)。

然後，考慮在有效層 17 附近的成長表面狀態。一般而言，若穿透位錯存在於成長層中，則成長凹坑或其類似物出現，藉此如圖 23 所示使成長表面之扁平度惡化。較高穿透位錯密度導致較大程度的惡化。若穿透位錯存在於有效層 17 中，則厚度及組份的波動發生於其平面內，其使得發射波長之平面內不均勻性及諸如反相邊界缺陷之平面晶體缺陷發生，藉此使發光效率變低 (意即，內部量子效率的降低)。相反，根據第一實施例，在氮化物為基礎之 III-V 族化合物半導體層 15 中之穿透位錯密度如上文所規定而顯著減小。因此，在形成於層 15 上之有效層 17 中的穿透位錯亦變為低的，使得歸因於穿透位錯之發光效率的降低為非常小的，且因此，可獲得在已知對應物上的較高發光效率。

在氮化物為基礎之 III-V 族化合物半導體層 15 中之穿透位錯集中於基板 11 之突出部分之中央部分附近，且根據突出部分 12 之配置而經規則地配置，根據此，有效層 17 中之穿透位錯因此經規則地配置。因此，當與穿透位錯經隨意分佈的情況比較時，形成有效層 17 之平面的部分之面積顯著地增加，使得發光效率可藉此得以進一步改良。

此外，舉例而言，當成長表面為粗糙的時，在有效層中 In 含量為高的情況下，以諸如反相邊界缺陷之平面晶體缺陷之複合物的形式的晶體缺陷及位錯易於新近自有效層 17

發生，藉此使發光效率降低。相反，根據本發明之第一實施例，有效層17之表面扁平度如上文所規定而經顯著改良，使得抑制該等晶體缺陷的出現，且不降低發光效率。

為了改良有效層17之成長表面的扁平度及減小平面晶體缺陷的數目，藉由使用摻有Al之Ga₂N、摻有Al之GaInN、AlGa₂N或其類似物來構成有效層17之障壁層為有效的(見美國專利第3543628號)。

如上文規定，根據第一實施例，在基板11與氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15之間未形成空間，使得歸因於空間的光提取效率之降低可得以防止。在氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15中之穿透位錯集中於基板11之突出部分12的中央部分附近，且在其他部分處的位錯密度(例如)低至約 $6 \times 10^7/\text{cm}^2$ 且因此在使用常規鋸齒狀基板的情況下得以顯著地減小。因此，氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15及諸如用於在其上成長之有效層17的氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層的結晶度經大大地改良，且顯著地減小了非發射中心的數目。以此方式，可獲得其發光效率非常高的氮化物為基礎之III-V族化合物半導體為基礎的發光二極體。

另外，製造氮化物為基礎之III-V族化合物半導體為基礎之發光二極體所需的磊晶成長僅需要進行一次。不僅不需要成長遮罩，且基板11上之突出部分12可藉由在基板11上形成一用作突出部分12之材料的薄膜如SiO₂薄膜、SiON薄膜、SiN薄膜、CrN薄膜、CrON薄膜或其類似物，及諸如

藉由蝕刻、粉末噴砂法、噴砂處理法或其類似物而處理該薄膜而得以形成。因此，不需要對諸如難以進行壓凹處理之藍寶石基板的基板1進行處理。最後，可藉由簡單的程序以低成本來製造使用氮化物為基礎之III-V族化合物半導體的發光二極體。

然後，描述本發明之第二實施例。

在此第二實施例中，在氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15成長至形成一使用凹入部分13之底面作為三角形之底的等腰三角形截面之程度時，突出部分12之高度經選擇，使得氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15之高度低於突出部分12之高度。舉例而言，在圖25A及25B中展示氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15之高度等於突出部分12之高度的情況。此導致所有位錯平行於基板1之主表面而繼續延伸至突出部分12之側面且最終消失的事實，該等所有位錯自與基板11之介面發生且通過至具有使用凹入部分13之底面作為三角形之底的等腰三角形截面之氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層5的側面。因此，通過至氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15之表面的穿透位錯22的數目顯著地減小，藉此准許穿透位錯密度大體上為零。

除上述之彼等情況外，第二實施例類似於第一實施例。

根據第二實施例，由於可成長穿透位錯密度大體上為零的氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15，所以可獲得大體上無位錯的氮化物為基礎之III-V族化合物半導體基

板。舉例而言，當n型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層16、有效層17及p型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層18成長於此無位錯之氮化物為基礎之III-V族化合物半導體基板上時，在此等層中之位錯密度可得以顯著地減小，且附帶優勢為可實現具有非常良好特性的氮化物為基礎之III-V族化合物半導體為基礎的發光二極體。不必說，亦可獲得與第一實施例類似之優勢。

然後，描述本發明之第三實施例。

在第三實施例中，如圖26所示，自平面看，形成於基板11上之突出部分12以等腰三角形截面之形式且以梳子的形式得以成形。

除上述之彼等情況外，第三實施例類似於第一實施例。

根據此第三實施例，可獲得與第一實施例類似之優勢。

描述本發明之第四實施例。

在第四實施例中，如圖27所示，氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15之厚度小於突出部分12之高度，且突出部分12之頂部自氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15之頂面突出。

除上述之彼等情況外，第四實施例類似於第一實施例。

根據第四實施例，可獲得與第一實施例類似之優勢。

現在描述本發明之第五實施例。在第五實施例中，如圖28所示，平台部分20、p側電極19及n側電極21經配置，使得在平行於基板11之一主表面之平面內經旋轉90°。

除上述之彼等情況外，第五實施例類似於第一實施例。

根據第五實施例，可獲得如第一實施例之優勢。

然後，描述第六實施例。

在第六實施例中，如圖29所示，突出部分12由具有三角形截面之第一部分12a及覆蓋第一部分12a的薄膜狀之第二部分12b組成。此等第一部分12a及第二部分12b由不同類型的材料形成。形成第一部分12a及第二部分12b之材料包括(例如)上述之彼等材料且視需要而加以選擇。詳言之，第一部分12a之材料為諸如 SiO_2 之介電材料，且第二部分12b之材料為金屬或合金。

除上述之彼等情況外，第六實施例類似於第一實施例。

根據第六實施例，不僅獲得與第一實施例類似之優勢，且可獲得下列優勢。更明確地說，由於突出部分12之第二部分12b由金屬或合金形成，所以自有效層17發射之光可藉由第二部分12b而反射至與基板11相對的一側，其在將光自基板11之相對側提取至外部的情況下為有利的。

應注意，在意欲自基板11之側而提取光的情況下，第一部分12a及第二部分12b中之至少一者可由諸如ITO、IZO、ZO或其類似物的透明導體形成。另外，第二部分12b可具備一開口(窗)以部分地暴露突出部分12之第一部分12a。

然後，描述本發明之第七實施例。

在第七實施例中，如圖30所示，突出部分12由薄膜狀之第一部分12a及覆蓋第一部分12a且具有等腰三角形截面的第二部分12b構成。第一部分12a及第二部分12b分別由不同類型的材料形成。形成第一部分12a及第二部分12b之材

料分別為上述之彼等材料且視需要而經適當地選擇。特殊實例包括用於第一部分 12a 的諸如 SiO_2 之介電材料及用於第二部分 12b 的金屬或合金。

除上述之彼等情況外，第七實施例類似於第一實施例。

根據第七實施例，可獲得與第一及第六實施例類似之優勢。

然後，描述本發明之第八實施例。

在第八實施例中，如圖 31 所示，所用之氮化物為基礎之 III-V 族化合物半導體層 15 為 p 型的，在其上連續地成長一 p 型氮化物為基礎之 III-V 族化合物半導體層 18、一有效層 17 及一 n 型氮化物為基礎之 III-V 族化合物半導體層 16。其後，n 側電極 21 形成於 n 型氮化物為基礎之 III-V 族化合物半導體層 16 上，且 p 型氮化物為基礎之 III-V 族化合物半導體層 18、有效層 17 及 n 型氮化物為基礎之 III-V 族化合物半導體層 16 經受蝕刻以形成一平台部分 20。一 p 側電極 19 形成於與平台部分 20 相鄰的其一部分處的 p 型氮化物為基礎之 III-V 族化合物半導體層 15 上。

根據第八實施例，可獲得如第一實施例之優勢。

現在描述本發明之第九實施例。在第九實施例中，如圖 32 所示，反射薄膜 23 形成於基板 11 之後側上。

除上述之彼等情況外，第九實施例類似於第一實施例。

根據第九實施例，不僅獲得如第一實施例之優勢，且亦可獲得下列優勢。更明確地說，由於反射薄膜 23 形成於基板 11 之後側上，所以自有效層 17 發射之光可朝著基板 11 之

相對側而經反射，因此在將光自相對於基板11之相對側來提取至外部的情況下為有益的。

描述本發明之第十實施例。

在第十實施例中，如圖33所示，形成圖31所示之發光二極體，且反射薄膜23在基板11之後側。

除上述之彼等情況外，第十實施例類似於第一實施例。

根據第十實施例，可獲得與第一及第九實施例類似之優勢。

現在描述本發明之第十一實施例。

在第十一實施例中，如圖34所示，相對於n型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層16、有效層17及p型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層18，未形成平台部分20。另外，所用之基板11為導電基板，且n側電極21形成於基板11之後側上。

除上述之彼等情況外，第十一實施例類似於第一實施例。

根據第十一實施例，可獲得與第一實施例類似之優勢。自有效層17發射之光朝著p側電極19及n側電極21擴展。當適當地選擇用於基板11及突出部分12之材料的類型、突出部分12之配置及用作p側電極19及n側電極21之高反射電極或透明電極時，可控制光提取方向。

然後，描述本發明之第十二實施例。

在第十二實施例中，如圖35所示，所用之氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15為p型的，在其上連續地成長

一 p 型氮化物為基礎之 III-V 族化合物半導體層 18、一有效層 17 及一 n 型氮化物為基礎之 III-V 族化合物半導體層 16。其後，n 側電極 21 形成於 n 型氮化物為基礎之 III-V 族化合物半導體層 16 上。相對於 p 型氮化物為基礎之 III-V 族化合物半導體層 18、有效層 17 及 n 型氮化物為基礎之 III-V 族化合物半導體層 16，未形成平台部分 20。所用之基板 11 為導電基板，且 p 側電極 19 形成於基板 11 之後側上。

除上述之彼等情況外，第十二實施例類似於第一實施例。

根據第十二實施例，可獲得與第一實施例類似之結果。

然後，描述本發明之第十三實施例。

在第十三實施例中，如圖 36 所示，相對於 n 型氮化物為基礎之 III-V 族化合物半導體層 16、有效層 17 及 p 型氮化物為基礎之 III-V 族化合物半導體層 18，未形成平台部分 20。突出部分 12 由導電材料(包括諸如 ITO、IZO、ZO 或其類似物的透明導電材料)形成且用作 n 側電極 21。

除上述之彼等情況外，第十三實施例類似於第一實施例。

根據第十三實施例，可獲得與第一實施例類似之優勢。此外，由於突出部分 12 亦用作 n 側電極 21，所以不需要進行形成 n 側電極 21 的過程，附帶優勢為製造過程變為簡單的且製造成本降低。突出部分 12 以單獨的形式充當 n 側電極 21，使得在發光二極體之運作過程中可防止電流擁擠現象發生，因此對發光二極體之高功率、高亮度及大面積為

有效的。

然後，描述本發明之第十四實施例。

在本發明之第十四實施例中，如圖37所示，所用之氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15為p型的氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層，在其上連續地成長一p型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層18、一有效層17及一n型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層16。其後，n側電極21形成於n型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層16上。相對於p型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層18、有效層17及n型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層16，未形成平台部分20。突出部分12由導電材料(包括諸如ITO或其類似物的透明導電材料)形成，且用作p側電極19。

除上述之彼等情況外，第十四實施例類似於第一實施例。

根據第十四實施例，可獲得與第一實施例類似之優勢。此外，由於突出部分12亦用作p側電極19，所以不需要進行形成p側電極19的過程，附帶優勢為製造過程變為簡單的且製造成本降低。突出部分以單獨的形式充當p側電極19，使得在發光二極體之運作過程中可防止電流擁擠現象發生，因此對發光二極體之高功率、高亮度及大面積為有效的。

然後，描述本發明之第十五實施例。

在第十五實施例中，如圖38所示，如第一實施例的形成

突出部分12及成長氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15的步驟開始於在基板11上形成突出部分12，接著重複該步驟複數次。在個別層中的突出部分12形成於平行於基板11之主表面的平面內的相同位置處。如第一實施例的，在最上的氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15上連續地成長(例如)氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層16、有效層17及p型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層18。

除上述之彼等情況外，第十五實施例類似於第一實施例。

根據第十五實施例，除如在第一實施例中所達到的優勢之外，因為突出部分12之形成及氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15之成長經重複複數次，所以較上的氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15展現更好的結晶度。此有利之處在於成長於較上層15上之n型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層16、有效層17及p型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層18的結晶度可得以顯著地改良。就此而論，以集中於形成於突出部分12上方之氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15中的形式發生的穿透位錯可以上突出部分12加以覆蓋。此對於改良較上氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15之結晶度尤為便利。複數個突出部分12分別由導電材料構成，且藉由布線來使在此等複數個層中的突出部分2短路，從而在發光二極體之運作過程中可更有效地防止電流擁擠現象。此技術對於任一類型的氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15，意即，p型或n

型而言可為有效的。尤其，p型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15在載流子濃度(電洞濃度)以及遷移率上為小的，使得抑制電流擁擠現象的效應非常高，藉此導致顯著地改良之發光效率。若在複數個層中的突出部分12係彼此電性斷開的，則在個別層中的突出部分12用作一獨立線路，准許容易地連接及安裝各種類型之電子裝置。

然後，描述本發明之第十六實施例。

在第十六實施例中，如圖39所示，如第一實施例的形成突出部分12及成長氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15的步驟開始於在基板11上形成突出部分12，接著重複該步驟複數次。在此情況下，在個別層中的突出部分形成於在平行於基板11之主表面的平面內相互移位了半周的位置處。如第一實施例的，在最上的氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15上連續地成長(例如)氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層16、有效層17及p型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層18。

除上述之彼等情況外，第十六實施例類似於第一實施例。

根據第十六實施例，可獲得與第一及第十五實施例類似之優勢。

現在描述本發明之第十七實施例。

在第十七實施例中，如圖40所示，突出部分12形成於基板11上，且如第一實施例的，成長氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15，接著進一步形成突出部分12。舉例而

言，如第一實施例的，進一步成長n型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層16。然後，有效層17及p型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層18連續地成長於n型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層16上。其後，如第一實施例的，突出部分12形成於p型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層18上，接著進一步成長p型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層24。

除上述之彼等情況外，第十七實施例類似於第一實施例。

根據第十七實施例，可獲得與第一及第十五實施例類似之優勢。

然後，描述本發明之第十八實施例。

在第十八實施例中，如圖41所示，突出部分12形成於基板11上，且如第一實施例的，成長氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15，接著在其上進一步形成突出部分12。舉例而言，如第一實施例的，進一步成長n型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層16。然後，有效層17及p型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層18連續地成長於n型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層16上。其後，如第一實施例的，突出部分12形成於p型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層18上，接著進一步成長p型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層24。在此情況下，在個別層中的突出部分12分別形成於在平行於基板11之主表面的平面內移位半周的位置處。

除上述之彼等情況外，第十八實施例類似於第一實施例。

根據第十八實施例，可獲得與第一及第十五實施例類似之優勢。

描述本發明之第十九實施例。

在第十九實施例中，如圖42所示，突出部分12形成於基板11上，且如第一實施例的，(例如)成長n型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層16，接著在其上連續地成長有效層17、p型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層18。然後，突出部分12形成於p型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層18上，接著如第一實施例的，成長p型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層24。在個別層中的突出部分分別形成於平行於基板11之主表面的平面內的相同位置處。

在有效層17下方之突出部分12之平面形狀的實例展示於圖43A至43C中，且在有效層17上方之突出部分之平面形狀的實例展示於圖44A至44C中。在有效層17下方之突出部分12及在有效層17上方之突出部分12的平面形狀可以任意的組合加以使用。

除上述之彼等情況外，第十九實施例類似於第一實施例。

根據第十九實施例，可獲得與第一及第十五實施例類似之優勢。

應注意在圖42中，在其間夾有有效層17的下側突出部分

12及上側突出部分12中之任一者可由諸如金屬、合金、透明導體或其類似物的電導體形成。尤其，在諸如金屬、合金、透明導體或其類似物之導體用作相對於有效層17之上側突出部分12之材料的情況下，有可能形成與突出部分12接觸之反射電極25，且如圖45中特別展示而在反射電極25上進一步形成p側電極19。或者，若用作相對於有效層17之上側突出部分12之材料的諸如金屬、合金、透明導體或其類似物的導體為光學透明或反射的，則氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層24之厚度可經適當地控制(例如)於 $\lambda/4$ (λ 為發射波長)，接著在半導體層24上形成與突出部分12接觸的反射電極25，且如圖46所示進一步形成(例如)p側電極19。以此方式，有可能形成能夠將在有效層處產生的來自任意方向之光朝著基板11之側反射的結構，同時確保在發光二極體之運作後一良好電流即自p側電極19通過。

然後，描述本發明之第二十實施例。

在第二十實施例中，在p側電極之形成之前的步驟以與圖34所示之第十一實施例中相同的方式加以執行後，將基板11移除以暴露n型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15的後側。其後，如圖47所示，n側電極21形成於氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15之後側上。

若p側電極19及n側電極21各由高反射電極或透明電極形成，則可選擇光提取方向。

基板11之移除准許所得的發光二極體在厚度上總體非常小。為了改良機械強度，如圖48所示，一支撐基板S可經

由金屬電極M而附著及接合至p側電極19。支撐基板S可為導電的或非導電的，只要支撐基板S具有使得經由金屬電極M將電流傳遞至發光二極體的結構。

除上述之彼等情況外，第二十實施例類似於第一實施例。

根據第二十實施例，可獲得與第一實施例類似之優勢。

然後，描述本發明之第二十一實施例。

在第二十一實施例中，在n側電極21之形成之前的步驟以與圖35所示之第十二實施例中相同的方式加以執行後，將基板11移除以暴露p型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15之後側。如圖49所示，p側電極19形成於此氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15之後側上。

除上述之彼等情況外，第二十一實施例類似於第一實施例。

根據第二十一實施例，可獲得與第一實施例類似之優勢。

描述本發明之第二十二實施例。

在第二十二實施例中，如圖50A所示，自平面看，具有梯形截面的突出部分以給定間隔而形成於基板11上。因此，具有反轉梯形截面之凹入部分13形成於突出部分12之間。

然後，氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15以與第一實施例中相同的方式經成長。更明確地說，如圖50B所示，氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15係經由微核

之形成、成長及組合的步驟而成長於每一凹入部分之底面上的，氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15具有使用凹入部分13之底面作為三角形之底的等腰三角形截面。此外，如圖50C所示，具有平面及低穿透位錯密度的氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15經由橫向成長而經進一步成長。

然後，如圖51所示，另外之步驟係以與第一實施例相同的方式加以執行以獲得一預期之氮化物為基礎之III-V族化合物半導體為基礎的發光二極體。

除上述之彼等情況外，第二十二實施例類似於第一實施例。

圖52示意性地展示藉由TEM來檢查在氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15中之晶體缺陷分佈的結果。

根據第二十二實施例，可獲得與第一實施例類似之優勢。

圖53至55分別展示在突出及凹入部分形成於基板11上及未形成該等部分的情況下將光自發光二極體提取至外部之效率的改變之模擬結果的實例。在所有情況下，光提取係自基板11之後側加以執行的。

在圖53中，橫座標指示突出部分12之折射率，且縱座標指示在未形成突出部分的情況下光提取效率 η 之改良程度(光提取放大率)。在圖53中，由▲指示之資料用於突出部分12為如圖4所示之一維條帶(1D)之形式的情況，且由●指示之資料用於一維條帶狀、突出部分12相互彼此相交之二

維配置(2D)的情況。突出部分之側面與基板11之一主表面之間形成的角度 θ 為 135° ，凹入部分之底面之長度 W_g 為 $W_g=2\text{ }\mu\text{m}$ ，且突出部分12之底的長度為 $3\text{ }\mu\text{m}$ 。假定基板11之折射率為1.77，且氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15之折射率為2.35。自圖53，將看出當突出部分12之折射率為1.4(對於1D及2D)時，光提取效率變為最大的，且在折射率在1.2至1.7之範圍內時變為充分大。相對於光提取放大率，2D大於1D。

應注意，在突出部分12之截面為如在第一實施例中之三角形的情況下，此等結果成立。

在圖54中，橫座標指示突出部分12之側面與基板11之一主表面之間形成的角度 θ ，且縱座標指示光提取放大率。在圖54中，由▲指示之資料用於突出部分12為如圖4所示之一維條帶(1D)之形式的情況，且由●指示之資料用於一維條帶狀、突出部分12相互彼此相交之二維配置(2D)的情況。凹入部分13之底面之長度 W_g 為 $W_g=3\text{ }\mu\text{m}$ ，且突出部分12之底的長度為 $2\text{ }\mu\text{m}$ 。假定基板11之折射率為1.77，突出部分之折射率為1.4，且氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15之折射率為2.35。自圖54，將看出當突出部分12之側面與基板之一主表面之間形成的角度 θ 在 $100^\circ<\theta<160^\circ$ 之範圍內(對於1D及2D)時，光提取放大率大如1.55倍或更大，且在 $132^\circ<\theta<139^\circ$ 之範圍內時非常大為1.75倍或更大，且尤其在 $\theta=135^\circ$ 時變為最大。另外，甚至在 $147^\circ<\theta<154^\circ$ 之範圍內時因子非常大為1.75倍或更大，且尤其在 $\theta=152^\circ$

時變為最大。相對於光提取放大率， $2D$ 大於 $1D$ 。

在突出部分12之截面為如在第一實施例中之三角形的情況下，此等結果成立。

在圖55中，橫座標指示凹入部分13之深度 d ，且縱座標指示在未形成突出部分12之情況下光提取效率 η 的改良程度(光提取放大率)。突出部分12具有如圖4所示之一維條帶形狀。凹入部分13之底的長度 W_g 與突出部分12之底的長度之間的比為3:2。假定基板11之折射率為1.77，突出部分12之折射率為1.4，且氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15之折射率為2.35。自圖55，將看出光提取放大率隨著凹入部分13之深度增加而增加。

現在描述本發明之第二十三實施例。

在第二十三實施例中，如圖56A所示，以與第一實施例中相同的方式來成長氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15直至表面變為平坦的，其後，藉由蝕刻或其類似物來選擇性地移除穿透位錯22集中於突出部分12上方的部分，使得暴露在此部分處之突出部分12的表面。

然後，如圖56B所示，氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層26自左側的氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15經橫向成長。

其後，在n型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層16之成長之後的步驟係以與第一實施例中相同的方式加以執行，以提供發光二極體。

根據此第二十三實施例，可獲得與第一實施例類似之優

勢。

然後，描述本發明之第二十四實施例。

在第二十四實施例中，如圖 57A 所示，突出部分 12 形成於基板 11 上，且氮化物為基礎之 III-V 族化合物半導體層 15 係以與第一實施例中相同的方式經成長。

然後，如圖 57B 所示，一對應於突出部分 12 之遮罩(未圖示)形成於在突出部分 12 上方之一部分處的氮化物為基礎之 III-V 族化合物半導體層 15 上，其後，(例如)藉由 RIE 法、粉末噴砂法、噴砂處理法或其類似者來蝕刻或研磨氮化物為基礎之 III-V 族化合物半導體層 15 直至基板 11 經暴露為止。

然後，如圖 58A 所示，在遮罩之移除後，氮化物為基礎之 III-V 族化合物半導體層 26 係自如此圖案化之氮化物為基礎之 III-V 族化合物半導體層 15 之相對側經橫向成長，以如圖 58B 所示於是將一空間埋入氮化物為基礎之 III-V 族化合物半導體層 15 之間。在此階段，一空間形成於氮化物為基礎之 III-V 族化合物半導體層 26 與基板 11 之間。

其後，如圖 59A 所示，移除或剝離基板。如圖 58B 所示，基板 11 之移除或剝離可藉由使用形成於氮化物為基礎之 III-V 族化合物半導體層 26 與基板 11 之間的空間而化學地或機械地(物理地)加以執行。舉例而言，更明確地說，為了移除或剝離，使一給定類型的蝕刻劑或蝕刻氣體(反應性氣體)散佈入一空間中以自氮化物為基礎之 III-V 族化合物半導體層 15、26 之側蝕刻基板。或者，可將熱施加於該

空間、突出部分12或其周邊材料層，或可將超聲波照射至其以機械地剝離基板11。此外，諸如來自YAG雷射、準分子雷射或其類似物的雷射束可用於此目的。

然後，若突出部分被留下，則藉由蝕刻來完全移除此。以此方式，如圖59B所示，獲得由氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15、26組成的氮化物為基礎之III-V族化合物半導體基板27。

為了移除或剝離基板11，可使用包括在其中突出部分12(例如)藉由化學或熱技術而選擇性地經溶解或熔融的方法及在其中低溫緩衝層(例如，由GaN、AlN、AlGaIn、CrN或其類似物形成之緩衝層)(例如)藉由化學或熱技術而選擇性地經溶解或熔融之方法的方法。可視氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15、26之電阻或耐久性來適當地選擇此等方法。尤其，在CrN用作突出部分12之材料的情況下，CrN緩衝層可用作一低溫緩衝層，對於其，氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15、26可以化合方式而容易地自諸如藍寶石基板之基板11剝離。

在此階段，氮化物為基礎之III-V族化合物半導體基板27在其之後側變為不規則的，且諸如藉由研磨來使基板27之後側變平坦。

以此方式，如圖59C所示，可獲得主表面均為平坦的氮化物為基礎之III-V族化合物半導體基板27。

當給定類型之氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層成長於此氮化物為基礎之III-V族化合物半導體基板27上時，

可製造諸如發光二極體之各種類型的半導體裝置。

然後，描述本發明之第二十五實施例。

在第二十五實施例中，如圖 57B 所示，一對應於突出部分 12 之遮罩(未圖示)形成於在突出部分 12 上方之一部分處的氮化物為基礎之 III-V 族化合物半導體層 15 上，其後，(例如)藉由 RIE 法、粉末噴砂法、噴砂處理法或其類似者將氮化物為基礎之 III-V 族化合物半導體層 15 蝕刻或研磨至如圖 57B 所示由虛線所指示之深度。在此情況下，在基板 11 暴露之前停止蝕刻或研磨。

隨後的步驟以與第二十四實施例中相同之方式加以執行。

根據第二十四實施例，可獲得與第一實施例類似之優勢。

然後，描述本發明之第二十六實施例。

在第二十六實施例中，如圖 60A 所示，形成一在寬度上小於在突出部分 12 上方之一部分處的氮化物為基礎之 III-V 族化合物半導體層 15 的遮罩(未圖示)，其後，(例如)藉由 RIE 法而藉由使用遮罩來蝕刻或研磨氮化物為基礎之 III-V 族化合物半導體層 5 直至暴露層 15 為止。

然後，如圖 60B 所示，在基板之移除後，氮化物為基礎之 III-V 族化合物半導體層 26 係自如此圖案化之氮化物為基礎之 III-V 族化合物半導體層 15 之相對側而經橫向成長，以將一空間埋入相鄰氮化物為基礎之 III-V 族化合物半導體層 15 之間。此時，如所示，一空間形成於氮化物為基礎之

III-V族化合物半導體層26與基板11之間。

其後，隨後步驟以與在第二十四實施例中相同的方式加以執行。

根據第二十六實施例，可獲得與第一實施例類似之優勢。

然後，描述本發明之第二十七實施例。

在第二十七實施例中，如圖61A所示，一平面遮罩(未圖示)形成於在凹入部分12之上方之一部分處的氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15上，以橋接突出部分12之部分與凹入部分13中之所有。其後，諸如藉由RIE法而蝕刻氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15或將其研磨，直至暴露突出部分12為止。

隨後，如圖61B所示，在遮罩之移除後，氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層26係自如此圖案化之氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15之相對側經橫向成長，以將一空間埋入相鄰的氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15之間。

其後，隨後步驟以與在第二十四實施例中相同的方式加以執行。

根據第二十七實施例，可獲得與第一實施例類似之優勢。

然後，描述本發明之第二十八實施例。

在第二十八實施例中，在p側電極19之形成之前的步驟以與第一實施例中相同的方式加以執行，且隨後之步驟與

其不同。對於p側電極19之形成，較佳插入一含有Pd的層以防止電極材料(例如，Ag或其類似物)擴散，或應用藉由形成諸如Ti、W、Cr或其合金的高熔融金屬層，或其上之高熔融金屬之氮化物(例如，TiN、WN、TiWN、CrN或其類似物)的層而用於無邊界、非晶障壁金屬層之技術，以防止自形成為上層(焊料層或凸塊)之含有Au或Sn的層而朝著Au或Sn之p側電極19的應力、熱或擴散引起之失效發生。插入含有Pd之層的技術為吾人所熟知的，在(例如)金屬電鍍技術中之Pd插入層及用於障壁金屬層之材料在Si為基礎之電子裝置的Al布線技術及Ag布線技術中為吾人所熟知。

為了達成保護與p型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層18直接接觸且不抗熱應力之p側電極19的目的，展示了將諸如Ti、W、Cr或其合金的高熔融金屬或高熔融金屬之氮化物層壓為保護層的實例。此保護層可用作一直接接觸p型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層18的電極。歸因於良好的應力耐久性及黏著力加強，保護層不僅可施加於p型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層18之側，且尤其用作接觸n型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15之n側電極21來替代常規使用之Ti/Pt/Au電極或用作第一層n側電極。對於使用黏著力加強之方法，不論p側或n側，可利用一基板層壓技術來達成增強金屬-金屬接面或金屬-介電質接面的目的。賦予應力耐久性或黏著力加強的特殊實例包括以下情況中之一者：由單層金屬薄膜或多

層金屬薄膜形成之p側電極19的最上表面由Au形成，由Ti、W、Cr或其合金形成之高熔融金屬薄膜或剛剛提及之金屬的氮化物薄膜形成於導電支撐基板上，在該基板上形成Au薄膜，且此Au薄膜與p側電極19接合。

更明確地說，在第二十八實施例中，如圖62A所示，在形成p側電極19之後，藉由提昇方法或其類似者而形成Ni薄膜41以於是覆蓋p側電極19。然後，雖然未圖示，但(例如)形成一Pd薄膜以覆蓋Ni薄膜41，且形成一金屬氮化物薄膜(例如，TiN、WN、TiWN、CrN或其類似物之薄膜)以覆蓋Pd薄膜，接著在必要時進一步形成Ti、W、Mo、Cr或其合金的薄膜以覆蓋Pd薄膜。或者，可形成一Pd薄膜以覆蓋p側電極19，而不形成Ni薄膜41，接著形成TiN、WN、TiWN、CrN或其類似物之薄膜以覆蓋Pd薄膜，且必要時，進一步形成Ti、W、Mo、Cr或其合金的薄膜以覆蓋氮化物薄膜。

然後，如圖62B所示，藉由微影來形成一給定形式的光阻圖案42以覆蓋Ni薄膜41及Pd薄膜。

如圖62C所示，(例如)使用光阻圖案42作為遮罩藉由RIE法來執行蝕刻，以形成截面為梯形的平台部分20。平台部分20之傾斜表面與基板11之主表面之間形成的角度為(例如)35度。必要時，在平台部分20之傾斜表面上形成一 λ/c 介電薄膜(λ 為發射波長)。

如圖62D所示，n側電極21形成於n型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層15上。

然後，如圖 62E 所示， SiO_2 薄膜 43 形成於基板之整個表面上，作為一鈍化薄膜。在考慮在處理應用中至下伏層的黏著力、耐久性及抗腐蝕性的情況下，可使用 SiN 薄膜或 SiON 薄膜來替代 SiO_2 薄膜。

如圖 62F 所示， SiO_2 薄膜 43 係藉由回蝕而變薄，其後， Al 薄膜 44 形成於平台部分 20 之傾斜表面上的 SiO_2 薄膜 43 上作為反射薄膜。此 Al 薄膜 44 經提供以將自有效層 17 產生之光朝著基板 11 之側反射以改良光提取效率。 Al 薄膜 44 經形成以使其一末端與 n 側電極 21 接觸。此係為了藉由不允許在 Al 薄膜 44 與 n 側電極 21 之間形成一空間而增加光反射之目的。其後，再次形成 SiO_2 薄膜 43 以為鈍化薄膜提供足夠的厚度。

然後，如圖 62G 所示，藉由蝕刻在 Ni 薄膜 41 及 n 側電極 21 上的 SiO_2 薄膜 43 之部分來移除 SiO_2 薄膜 43，以形成開口 45、46，藉此暴露在此等部分處之 Ni 薄膜 41 及 n 側電極 21。

然後，如圖 62H 所示，觸點電極 47 形成於在開口 45 處之 Ni 薄膜 41 上，且觸點電極 48 亦形成於在開口 46 處之 n 側電極 21 上。

如圖 62I 所示，凸起遮罩材料 49 形成於整個基板表面上，其後，藉由蝕刻在觸點電極 48 上方之一部分來移除凸起遮罩材料 49，以形成開口 50，且觸點電極 48 在此部分處經暴露。

如圖 62J 所示，凸起遮罩材料 49 用於在觸點電極 48 上形

成Au凸塊51。然後，移除凸起遮罩材料49。在整個基板表面上再次形成凸起遮罩材料(未圖示)之後，藉由蝕刻在觸點電極47上方之凸起遮罩材料之一部分來移除凸起遮罩材料，以形成一開口，藉此准許觸點電極47在該部分處經暴露。其後，在觸點電極47上形成Au凸塊52。

必要時，自在其上以上述之方式來形成發光二極體結構的基板11之後側來研磨或拋光該基板11，以減小其厚度。隨後切割基板11以形成一棒。進一步切割該棒以提供一晶片。

應注意，圖62A至62J所說明之電極層壓結構僅為一實例，且尤其，在個別電極層經形成為多層的情況下，有必要改良由Ag電極形成之p側電極19與其他金屬層之間的黏著力、應力耐久性及抗裂性質，以在考慮歸因於個別金屬層之熱膨脹係數之差異(伴隨有裝置溫度的升高)的應力發生之抑制及在相鄰金屬層之間擴散的抑制時，藉由保持諸如Ag電極之品質來形成低的接觸電阻及允許高的反射率。因此，必要時，應應用用於上述之Si為基礎之電子裝置的該Al布線技術。

然後，描述本發明之第二十九實施例。

在第二十九實施例中，描述使用除根據第一實施例之方法獲得的藍色發光二極體及綠色發光二極體之外的單獨提供之紅色發光二極體(例如，AlGaInP發光二極體)的發光二極體背光裝置的製造。

以與第一實施例中相同的方式，在基板11上形成藍色發

光二極體結構，且分別在p側電極19及n側電極21上形成一凸塊(未圖示)，接著切削以獲得覆晶形式的藍色發光二極體。同樣，以覆晶形式獲得一綠色發光二極體。另一方面，形成紅色發光二極體，使得AlGaInP半導體堆疊於n型GaAs基板上以提供一個二極體結構，在該二極體結構上形成一p側電極以提供為晶片形式的AlGaInP發光二極體。

此等紅色發光二極體晶片、綠色發光二極體晶片及藍色發光二極體晶片分別安裝於諸如為AlN之子基板上。以子基板向下翻轉的方式將此等子基板安裝於諸如Al基板之基板上。此特別展示於圖63A中。在圖63A中，61指示基板，62指示子基板，63指示紅色發光二極體晶片，64指示綠色發光二極體，且65指示藍色發光二極體晶片。此等紅色發光二極體晶片63、綠色發光二極體晶片64及藍色發光二極體晶片65各自具有(例如)350平方 μm 的晶片大小。紅色發光二極體晶片63經安裝使得n側電極在子基板62上，且綠色發光二極體晶片64及藍色發光二極體晶片65經安裝使得p側電極及n側電極分別經由凸塊而處於子基板62上。其上安裝有紅色發光二極體晶片63的子基板62具有用於以給定圖案形成之n側電極的提取電極(未圖示)。紅色發光二極體晶片63之n側電極側安裝於提取電極之位置中。線路67經接合，用於紅色發光二極體晶片63之p側電極與形成於基板61上的給定觸點電極66之間的連接，且一線路(未圖示)經接合，用於提取電極之一末端與形成於基板61上之另一觸點電極之間的連接。其上安裝有綠色發光二極體

晶片 64 的子基板 62 上分別以一給定圖案形成用於 p 側電極之提取電極及用於 n 側電極之提取電極(均未圖示)。綠色發光二極體晶片 64 之 p 側電極及 n 側電極分別經由凸塊而安裝於用於 p 側電極之提取電極及用於 n 側電極之提取電極的給定部分上。一線路(未圖示)經接合，用於綠色發光二極體晶片 64 之 p 側電極的提取電極之一末端與提供於基板 61 上之觸點電極之間的連接，且一線路(未圖示)經接合，用於 n 側電極之提取電極之一末端與提供於基板 61 上之觸點電極之間的連接。此對於藍色發光二極體晶片 65 成立。

應注意，可省略子基板 62，其中紅色發光二極體晶片 63、綠色發光二極體晶片 64 及藍色發光二極體晶片 65 直接安裝於具有熱耗散性質之可選類型的印刷電路板上，或具有作為印刷電路板之功能的一板或套管之內壁或外壁上。此准許發光二極體背光裝置或面板之成本總體上降低。

上述之該紅色發光二極體晶片 63、綠色發光二極體晶片 64 及藍色發光二極體晶片 65 經提供為一單元(細胞)，且將必需數目之單元以給定圖案而配置於基板 61 上。該配置之一實例展示於圖 64 中。然後，如圖 63B 所示，以透明樹脂 68 來執行罐封以於是覆蓋該單元。其後，使透明樹脂 68 固化。透明樹脂 68 藉由固化而凝固，且根據凝固而經受些許收縮(圖 63C)。以此方式，如圖 65 所示，可獲得一發光二極體背光裝置，其中各自由紅色發光二極體晶片 63、綠色發光二極體晶片 64 及藍色發光二極體晶片 65 形成之單元在基板 61 上配置成一陣列。在此情況下，透明樹脂 68 與綠色

發光二極體晶片64及藍色發光二極體晶片65之基板11的後側接觸，使得折射率的差異變得小於基板11之後側直接接觸空氣的情況。此需要減小在基板11之後側處的經由基板11傳遞至外部之光的反射比，藉此改良光提取效率及因此改良發射效率。

此發光二極體背光裝置適合用作(例如)液晶面板之背光裝置。

然後，描述本發明之第三十實施例。

在第三十實施例中，如第二十九實施例的，必需數目之紅色發光二極體晶片63、綠色發光二極體晶片64及藍色發光二極體晶片65以給定圖案加以配置。其後，如圖66所示，適合於紅色發光二極體晶片63之透明樹脂69用於罐封，以於是覆蓋此發光二極體晶片63。同樣，適合於綠色發光二極體晶片64的以透明樹脂70進行之罐封經實現，以於是覆蓋此發光二極體晶片64。適合於藍色發光二極體晶片65的以透明樹脂71進行之罐封經實現，以於是覆蓋此藍色發光二極體晶片65。其後，分別使透明樹脂69至71固化。樹脂69至71藉由固化而凝固，且根據凝固而經受些許收縮。以此方式，各自由紅色發光二極體晶片63、綠色發光二極體晶片64及藍色發光二極體晶片65形成之單元在基板61上配置成一陣列以獲得一發光二極體背光裝置。在此情況下，透明樹脂70、71與綠色發光二極體晶片64及藍色發光二極體晶片65之基板11的後側接觸，使得折射率的差異變得小於基板11之後側直接接觸空氣的情況。此需要減

小在基板11之後側處的經由基板11傳遞至外部之光的反射比，藉此改良光提取效率及因此改良發射效率。

此發光二極體背光裝置適合用作(例如)液晶面板之背光裝置。

然後，描述本發明之第三十一實施例。

在第三十一實施例中，根據第一實施例之方法在基板11上形成一發光二極體結構，使p側電極19及n側電極21分別成形為條帶形式。一凸塊(未圖示)分別形成於p側電極19及n側電極21上，接著切割該基板以提供一具有給定大小的四邊形片。因此，獲得具有條帶狀發射單元的整合之發光二極體。在此情況下，n側電極21經形成以圍繞一條帶狀平台部分20。如圖68所示，此整合之發光二極體安裝於由AlN或其類似物形成之子基板72上。在此情況下，在子基板72上分別以給定圖案形成用於p側電極之提取電極及用於n側電極之提取電極(均未圖示)，在子基板72上形成焊料73、74。整合之發光二極體之p側電極19及n側電極21分別對準焊料73及74，其後，為了接合而熔融焊料73、74。

個別發光二極體可具備一保護電路，以達成在不阻止光提取的位置處防止過電流的目的(例如，(反向平行)平行連接的齊納二極體)。

然後，描述本發明之第三十二實施例。

在第三十二實施例中，描述使用除根據第一實施例之方法獲得的藍色發光二極體及綠色發光二極體之外之單獨提供的紅色發光二極體的光源細胞單元的製造。

如圖 69A 所示，在第三十二實施例中，如第二十九實施例的，各自含有紅色發光二極體晶片 63、綠色發光二極體晶片 64 及藍色發光二極體晶片 65 中之每一者的至少一者且以給定圖案經配置的必要數目之細胞 75 以給定圖案經配置於印刷電路板 76 上。在此情況下，個別細胞 75 含有配置於正三角形之頂點處的一紅色發光二極體晶片 63、一綠色發光二極體晶片 64 及一藍色發光二極體晶片 65。圖 69B 展示放大的細胞 75。在每一細胞 75 中紅色發光二極體晶片 63、綠色發光二極體晶片 64 與藍色發光二極體晶片 65 之間的間隔為(例如)4 mm，雖然不限於此值。細胞 75 之間的間隔 b 為(例如)30 mm，雖然不限於此值。對於印刷電路板 76，可使用(例如)FR4(阻燃劑類型 4 的縮寫)基板、金屬核心基板、可撓印刷板或其類似物，雖然不限於此。此係因為亦可使用其他者，只要其為具有熱耗散性質的印刷電路板。如第二十九實施例，以透明樹脂進行的罐封經實現以於是覆蓋每一細胞 76。或者，如第三十實施例，以透明樹脂 69 進行的罐封可經實現以覆蓋紅色發光二極體晶片 63、以透明樹脂 70 進行的罐封可經執行以覆蓋綠色發光二極體晶片 64，且以透明樹脂 71 進行之罐封可經執行以覆蓋藍色發光二極體晶片 65。以此方式，各自由紅色發光二極體晶片 63、綠色發光二極體晶片 64 及藍色發光二極體晶片 65 組成的細胞 75 經配置於印刷電路板 76 上以獲得一光源細胞單元。

細胞 75 在印刷電路板 76 中之配置的特殊實例分別展示於

圖 70 及 71 中，雖然不限於此。圖 70 所示之實例為細胞 75 經配置成 4×3 二維陣列的實例，且圖 71 所示之實例為細胞 75 經配置成 6×2 二維陣列的實例。

圖 72 展示細胞 75 之其他配置。在此情況下，細胞 75 各自含有配置於(例如)直角四邊形之頂點處的一紅色發光二極體晶片 63、兩個綠色發光二極體晶片 64 及一藍色發光二極體晶片 65。兩個綠色發光二極體晶片 64 置放於直角四邊形之對角線之相對端的頂點處，且紅色發光二極體晶片 63 及藍色發光二極體晶片 65 配置於另一對角線之相對端的頂點處。

若此光源細胞單元經單獨或複數個地排列，則可獲得適合作為(例如)液晶面板之背光裝置的發光二極體背光裝置。

對於展示於圖 7 至 11 中，尤其展示於圖 11 中的細胞 75 之紅色發光二極體晶片 63、綠色發光二極體晶片 64 及藍色發光二極體晶片 65，雙層布線技術用於 p 側電極 19 的布線，且 n 側電極 21 可安裝於印刷電路板 76 上，或可經由子基板而安裝於印刷電路板 76 上。

應注意，雖然一般在印刷電路板 76 上之觸點電極部分及線路部分常規係由 Au 形成，但其所有或部分可由諸如 Ti、W、Cr 或其合金的具有良好耐久性及黏著力加強的高熔融金屬、或金屬之氮化物形成，在其上形成 Au。此等材料可(例如)藉由電鍍、無電極電鍍、真空沈積(快速沈積)、濺鍍或其類似者形成。或者，觸點電極部分或線路部分由 Au

形成，其上可形成上述之該等材料。又或者，觸點電極部分或線路部分可由諸如Ti、W、Cr或其合金的高熔融金屬形成，其隨後經氮化且在其上再次形成諸如Ti、W、Cr或其合金的高熔融金屬層，使得表面返回至氮化之前的狀態。其後，發光二極體晶片63至65自TiW電極或Au電極之側，必要時，經由由Ti、W、Cr、Au或其類似物形成之單層薄膜而晶粒接合。

當安裝連接至安裝於印刷電路板76上之發光二極體晶片63至65的保護晶片(電路)、基極開放式電晶體裝置(電路)、觸發二極體裝置(電路)、負電阻裝置(電路)及其類似物時，使用諸如Ti、W、Cr或其合金之高熔融金屬或金屬之氮化物的上述該電極結構可用於達成改良光源細胞單元在黏著力強度、熱應力耐久性及其類似物方面之可靠性的目的。

除由罐封形成之透明樹脂68至71外的印刷電路板76之部分最終可塗佈有厚厚的盡可能白的抗蝕劑，使得抑制來自發光二極體晶片63至65的光由印刷電路板76吸收。

雖然本發明之實施例已經特別說明，但不應將本發明理解為限於此等實施例，且許多變化及替代在本發明之範疇內為可能的。

舉例而言，在第一至第三十二實施例中指示的數值、材料類型、結構、形狀、基板之類型、起始材料、處理及突出部分12及凹入部分13之取向僅為舉例說明的。必要時，可使用不同於所說明之彼等的數值、材料、結構、形狀、

基板、起始材料及處理。

更明確地說，舉例而言，在第一至第三十二實施例中，p型層與n型層在傳導類型上可為相反的。

必要時，可組合第一至第三十二實施例之兩個或兩個以上實施例。

應注意，在光提取面或光反射面具有圖案化鋸齒狀表面結構的發光二極體包括圖73至76所示之彼等發光二極體。

在圖73所示之發光二極體中，n型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層82、n型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層83、有效層84、p型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層85及p型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層86連續地成長於基板81上。其後，蝕刻氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層83、有效層84、p型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層85及p型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層86，以形成平台部分87。使p型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層86經受表面壓凹，且將p側電極88埋入凹入部分中。n側電極89形成於在鄰近平台部分87之部分處的n型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層82上。對於此發光二極體，光可自基板81之側經提取或可自p型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層86之側經提取。對於基板81，可使用諸如基板11之基板。

在圖74所示之發光二極體中，使用如圖73所示之該結構，除反射薄膜90形成於基板81之後側上之外。此反射薄膜90准許自有效層84產生之光朝著p型氮化物為基礎之III-

V族化合物半導體層86之側經反射，使得可能自p型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層86之側來將光提取至外部。

在圖75所示之發光二極體中，使用如圖73所示之該結構，除反射薄膜90形成於p側氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層86之後側上之外。此反射薄膜90准許自有效層84產生之光朝著基板11之側經反射，且因此可能自基板11之側將光提取至外部。

在圖76所示之發光二極體中，在基板81上磊晶成長n型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層83、有效層84及p型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層85之後，在其上形成突出部分91，接著以與第一實施例中相同之方式來成長p型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層86。突出部分91類似於突出部分12。

應注意在圖76中，反射電極可形成於與突出部分91接觸之p型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層86上。或者，不論突出部分91之材料為光學透明的或反射的，可將p型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層24之厚度適當地調整為(例如) $\lambda/4$ ，在p型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層24上可形成與突出部分91接觸之反射電極，接著進一步形成一p側電極。此准許一結構，其中在有效層84處產生之來自任意方向的光係自高反射率之基板81之側經反射的，同時在發光二極體之運作後即確保一良好電流自p側電極通過。

【圖式簡單說明】

圖 1A 至 1C 分別為說明製造根據本發明之一實施例之發光二極體的方法的剖視圖；

圖 2A 至 2C 分別為說明製造根據本發明之實施例之發光二極體的方法的剖視圖；

圖 3 為說明製造根據本發明之實施例之發光二極體的方法的剖視圖；

圖 4 為展示在製造根據本發明之實施例之發光二極體的方法中的形成於基板上之突出部分之平面形狀的一實例的平面圖；

圖 5 為展示在製造根據本發明之實施例之發光二極體的方法中的形成於基板上之突出部分之平面形狀的一實例的平面圖；

圖 6 為展示由製造根據本發明之實施例之發光二極體的方法而製造之發光二極體的平面圖；

圖 7 為根據本發明之實施例製造的發光二極體之其他結構實例的剖視圖；

圖 8 為根據本發明之實施例製造的發光二極體之其他結構實例的剖視圖；

圖 9 為根據本發明之實施例製造的發光二極體之其他結構實例的剖視圖；

圖 10 為根據本發明之實施例製造的發光二極體之其他結構實例的剖視圖；

圖 11 為根據本發明之實施例製造的發光二極體之其他結

構實例的剖視圖；

圖 12 為展示用於製造根據本發明之實施例之發光二極體的方法中之基板的示意圖；

圖 13 為說明在製造根據本發明之實施例之發光二極體的方法中如何在基板上成長一氮化物為基礎之 III-V 族化合物半導體層的示意圖；

圖 14 為說明在製造根據本發明之實施例之發光二極體的方法中經由成長於基板上之氮化物為基礎之 III-V 族化合物半導體層之 TEM 觀測而觀測的位錯之行為的示意圖；

圖 15 為展示在製造根據本發明之實施例之發光二極體的方法中穿透位錯在成長於基板上之氮化物為基礎之 III-V 族化合物半導體層中的分佈之一實例的示意圖；

圖 16 為展示在製造根據本發明之第一實施例之發光二極體的方法中穿透位錯在成長於基板上之氮化物為基礎之 III-V 族化合物半導體層中的分佈之一實例的示意圖；

圖 17A 至 17F 分別為展示在製造根據本發明之實施例之發光二極體的方法中如何在基板上成長氮化物為基礎之 III-V 族化合物半導體層的示意圖；

圖 18A 及 18B 分別為說明在製造根據本發明之實施例之發光二極體的方法中在成長於基板上之氮化物為基礎之 III-V 族化合物半導體層中的位錯之行為的示意圖；

圖 19A 至 19C 分別為展示在製造根據本發明之實施例之發光裝置的方法中成長於基板上之氮化物為基礎之 III-V 族化合物半導體層的成長之初始狀態的照片；

圖 20A 至 20C 分別為展示在製造根據本發明之實施例之發光二極體的方法中在基板上的氮化物為基礎之 III-V 族化合物半導體層之成長的初始階段不涉及微核之形成的情況下成長之狀態的示意圖；

圖 21A 及 21B 分別為展示在製造根據本發明之實施例之發光二極體的方法中在基板上的氮化物為基礎之 III-V 族化合物半導體層之成長的初始階段不涉及微核之形成的情況下成長之狀態的示意圖；

圖 22 為展示根據本發明之實施例而製造的發光二極體之射線追蹤模擬之結果的示意圖；

圖 23 為說明根據本發明之實施例而製造的發光二極體之有效層之表面扁平度的示意圖；

圖 24 為說明根據本發明之實施例而製造的發光二極體之有效層之表面扁平度的示意圖；

圖 25A 及 25B 分別為說明製造根據本發明之另一實施例之發光二極體的方法的剖視圖；

圖 26 為展示藉由製造根據本發明之又一實施例之發光二極體的方法而製造之發光二極體的平面圖；

圖 27 為說明製造根據本發明之又一實施例之發光二極體的方法的剖視圖；

圖 28 為展示藉由製造根據本發明之又一實施例之發光二極體的方法而製造之發光二極體的平面圖；

圖 29 為說明製造根據本發明之又一實施例之發光二極體的方法的剖視圖；

圖 30 為說明製造根據本發明之又一實施例之發光二極體的方法的剖視圖；

圖 31 為說明製造根據本發明之又一實施例之發光二極體的方法的剖視圖；

圖 32 為說明製造根據本發明之又一實施例之發光二極體的方法的剖視圖；

圖 33 為說明製造根據本發明之又一實施例之發光二極體的方法的剖視圖；

圖 34 為說明製造根據本發明之又一實施例之發光二極體的方法的剖視圖；

圖 35 為說明製造根據本發明之又一實施例之發光二極體的方法的剖視圖；

圖 36 為說明製造根據本發明之又一實施例之發光二極體的方法的剖視圖；

圖 37 為說明製造根據本發明之又一實施例之發光二極體的方法的剖視圖；

圖 38 為說明製造根據本發明之又一實施例之發光二極體的方法的剖視圖；

圖 39 為說明製造根據本發明之又一實施例之發光二極體的方法的剖視圖；

圖 40 為說明製造根據本發明之又一實施例之發光二極體的方法的剖視圖；

圖 41 為說明製造根據本發明之又一實施例之發光二極體的方法的剖視圖；

圖 42 為說明製造根據本發明之又一實施例之發光二極體的方法的剖視圖；

圖 43A 至 43C 分別為展示提供於根據本發明之又一實施例之發光二極體的有效層下方的突出部分之平面形狀之一實施例的平面圖；

圖 44A 至 44C 分別為在根據本發明之又一實施例之發光二極體的有效層上方的突出部分之平面形狀的一實施例；

圖 45 為展示根據本發明之又一實施例的發光二極體之變化的剖視圖；

圖 46 為展示根據本發明之又一實施例的發光二極體之另一變化的剖視圖；

圖 47 為說明製造根據本發明之又一實施例之發光二極體的方法的剖視圖；

圖 48 為說明製造根據本發明之又一實施例之發光二極體的方法的剖視圖；

圖 49 為說明製造根據本發明之又一實施例之發光二極體的方法的剖視圖；

圖 50A 至 50C 分別為說明製造根據本發明之又一實施例之發光二極體的方法的剖視圖；

圖 51 為說明製造根據本發明之又一實施例之發光二極體的方法的剖視圖；

圖 52 為說明藉由製造根據本發明之又一實施例之發光二極體的方法經由在基板中成長的氮化物為基礎之 III-V 族化合物半導體層之 TEM 觀測而獲得的位錯之行為的示意圖；

圖 53 為展示根據本發明之又一實施例而製造的發光二極體之射線追蹤模擬之結果的圖；

圖 54 為展示根據本發明之又一實施例而製造的發光二極體之射線追蹤模擬之結果的圖；

圖 55 為展示根據本發明之又一實施例而製造的發光二極體之射線追蹤模擬之結果的圖；

圖 56A 及 56B 分別為說明製造根據本發明之又一實施例之發光二極體的方法的剖視圖；

圖 57A 及 57B 分別為說明製造根據本發明之又一實施例之發光二極體的方法的剖視圖；

圖 58A 及 58B 分別為說明製造根據本發明之又一實施例之發光二極體的方法的剖視圖；

圖 59A 至 59C 分別為說明製造根據本發明之又一實施例之發光二極體的方法的剖視圖；

圖 60A 及 60B 分別為說明製造根據本發明之又一實施例之發光二極體的方法的剖視圖；

圖 61A 及 61B 分別為說明製造根據本發明之又一實施例之發光二極體的方法的剖視圖；

圖 62A 至 62J 分別為說明製造根據本發明之又一實施例之發光二極體的方法的剖視圖；

圖 63A 至 63C 分別為說明製造根據本發明之又一實施例之發光二極體背光裝置的方法的剖視圖；

圖 64 為說明製造根據本發明之又一實施例之發光二極體背光裝置的方法的透視圖；

圖 65 為說明製造根據本發明之又一實施例之發光二極體背光裝置的方法的透視圖；

圖 66 為說明製造根據本發明之又一實施例之發光二極體背光裝置的方法的透視圖；

圖 67 為展示根據本發明之又一實施例而製造的整合之發光二極體的透視圖；

圖 68 為展示如何將根據本發明之第三十一實施例而製造的整合之發光二極體安裝於子基板上的剖視圖；

圖 69A 及 69B 分別為展示一光源細胞單元之平面圖及根據本發明之又一實施例的光源細胞單元之細胞的放大圖；

圖 70 為展示根據本發明之又一實施例的光源細胞單元之一特殊實例的平面圖；

圖 71 為展示根據本發明之又一實施例之光源細胞單元的另一實例的平面圖；

圖 72 為展示根據本發明之又一實施例的光源細胞單元之又一實例的平面圖；

圖 73 為展示發光二極體之另一實例的剖視圖；

圖 74 為展示發光二極體之又一實例的剖視圖；

圖 75 為展示發光二極體之再一實例的剖視圖；

圖 76 為展示發光二極體之又一實例的剖視圖；

圖 77A 至 77C 分別為說明在一習知鋸齒狀基板上成長 GaN 半導體層的方法的剖視圖；

圖 78 為說明在成長圖 77A 至 77C 所示之習知 GaN 半導體層的方法中涉及之問題的剖視圖；

圖 79A 至 79D 分別為說明在一習知鋸齒狀基板上成長 GaN 半導體基板的方法的剖視圖；

圖 80A 至 80F 分別為說明在另一類型之鋸齒狀基板上成長 GaN 半導體層的方法的剖視圖；及

圖 81A 及 81B 分別為展示藍寶石之主晶面及晶向的示意圖。

【主要元件符號說明】

(1)	位錯
(2)	位錯
(3)	位錯
11	基板
12	突出部分
12a	第一部分
12b	第二部分
13	凹入部分
14	微核
15	氮化物為基礎之 III-V 族化合物半導體層
16	n 型氮化物為基礎之 III-V 族化合物半導體層
17	有效層
18	p 型氮化物為基礎之 III-V 族化合物半導體層
19	p 側電極
20	平台部分
21	n 側電極
22	穿透位錯

23	反射薄膜
24	p型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層
25	反射電極
26	氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層
27	氮化物為基礎之III-V族化合物半導體基板
41	Ni薄膜
42	光阻圖案
43	SiO ₂ 薄膜
44	Al薄膜
45	開口
46	開口
47	觸點電極
48	觸點電極
49	凸起遮罩材料
50	開口
51	Au凸塊
52	Au凸塊
61	基板
62	子基板
63	紅色發光二極體晶片
64	綠色發光二極體晶片
65	藍色發光二極體晶片
66	觸點電極
67	線路

68	透明樹脂
69	透明樹脂
70	透明樹脂
71	透明樹脂
72	子基板
73	焊料
74	焊料
75	細胞
82	n型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層
83	n型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層
84	有效層
85	p型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層
86	p型氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層
87	平台部分
88	p側電極
89	n側電極
101	藍寶石基板
101a	凹入部分
101b	突出部分
102	GaN半導體層
103	空間
104	穿透位錯
105	高缺陷密度區
106	低缺陷密度區

d	深度
G	凹入部分
I	絕緣薄膜
M	金屬電極
S	支撐基板
W_g	寬度

五、中文發明摘要：

本發明係關於一種製造一發光二極體之方法，其包括以下步驟：提供一在其一主表面上具有複數個突出部分的基板，其中該突出部分由在類型上不同於基板之材料的材料形成，及經由一形成一三角形截面的狀態在基板之每一凹入部分上成長一第一氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層，其中凹入部分之一底面成為該三角形之一底；自該第一氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層在該基板上橫向成長一第二氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層；及在該第二氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層上連續成長一第一傳導類型之一第三氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層、一有效層及一第二傳導類型的一第四氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層。

六、英文發明摘要：

十一、圖式：

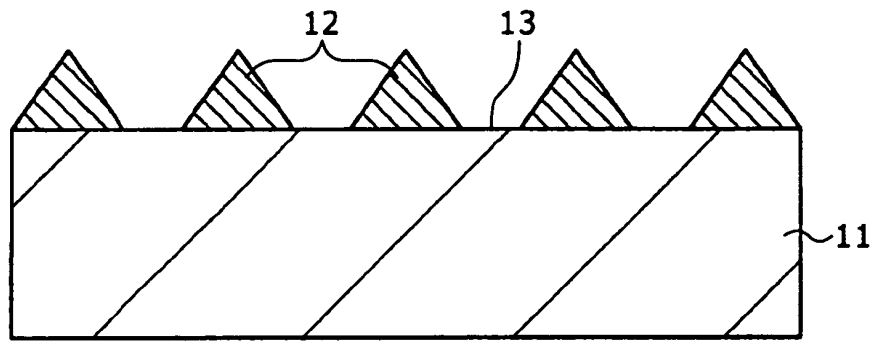


圖1A

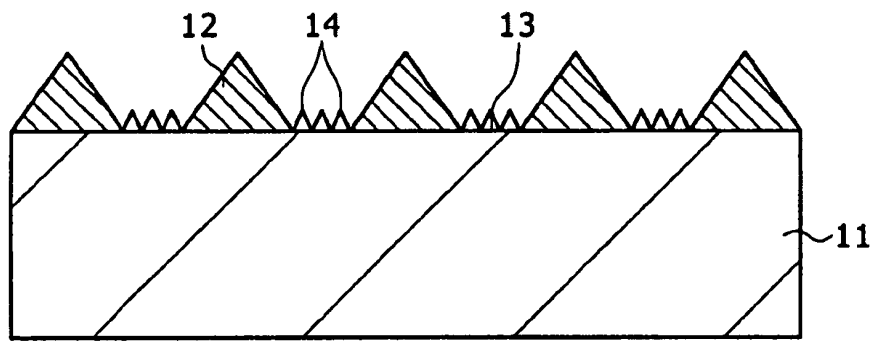


圖1B

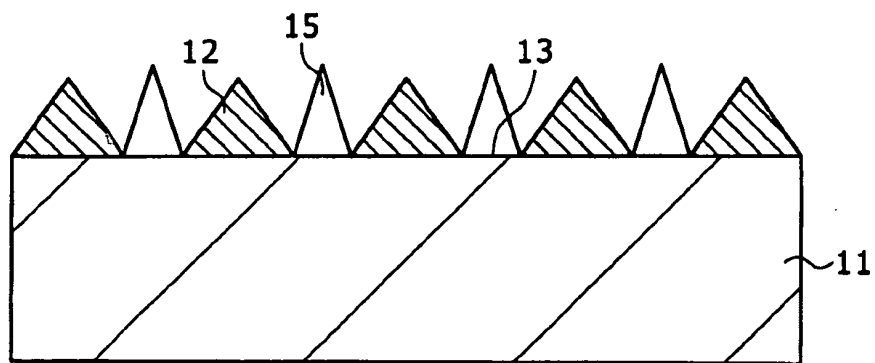


圖1C

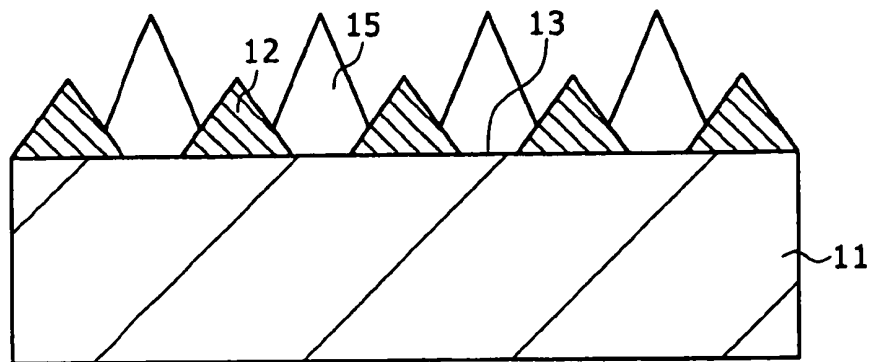


圖2A

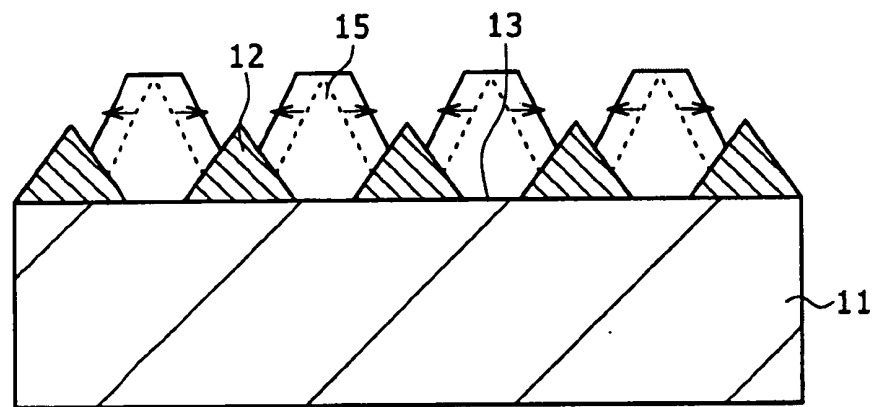


圖2B

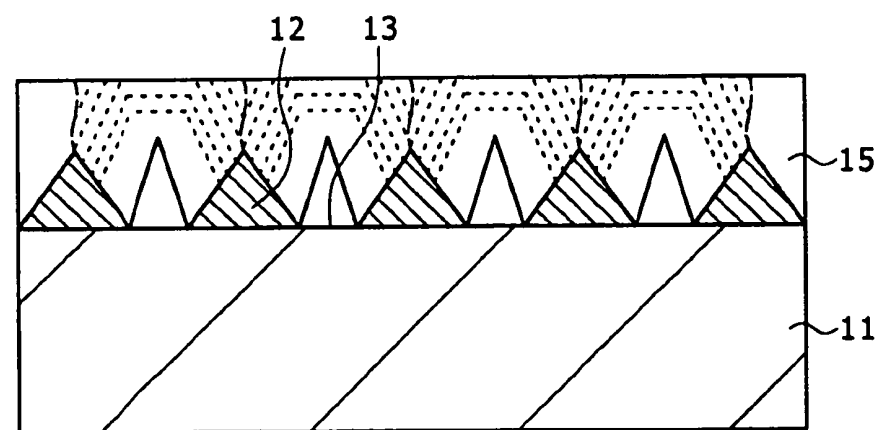


圖2C

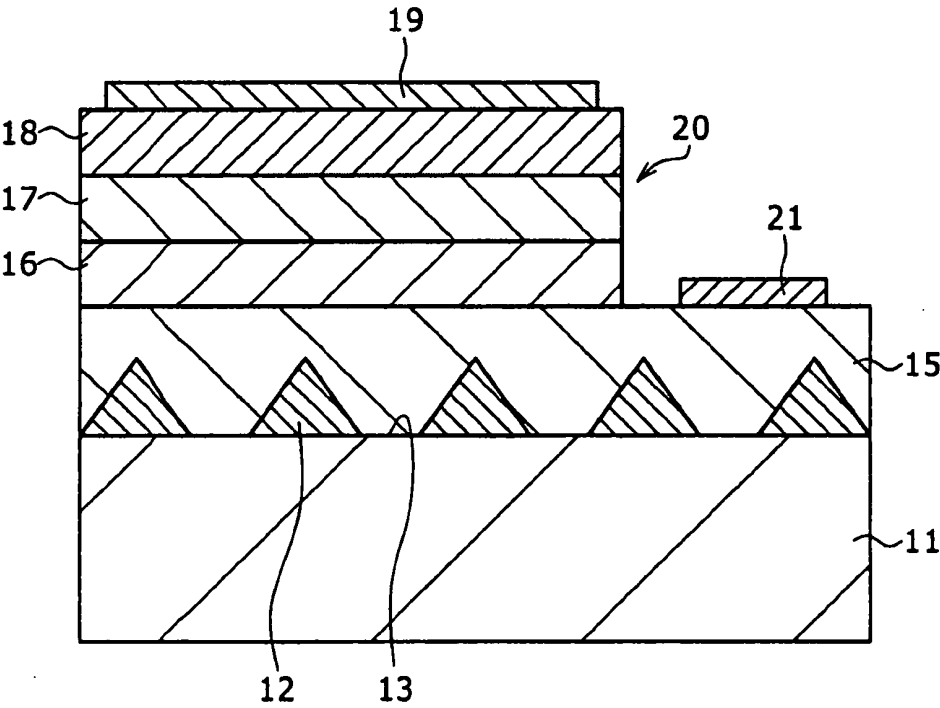


圖3

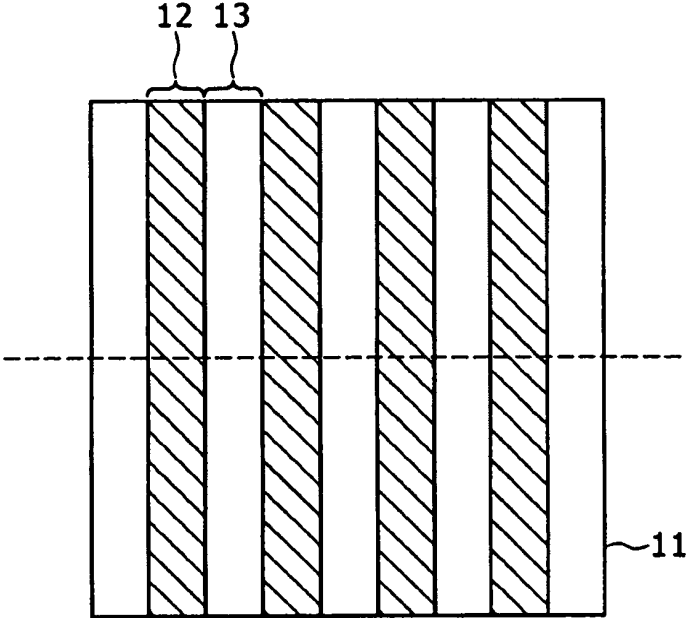


圖4

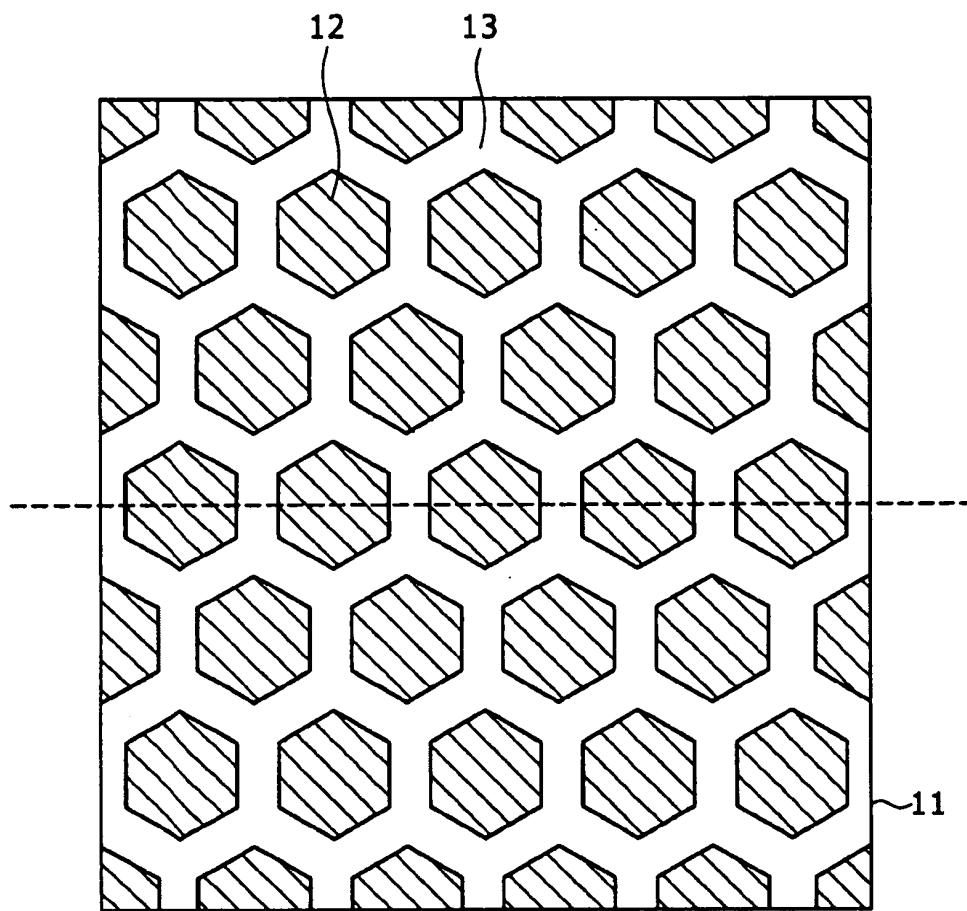


圖5

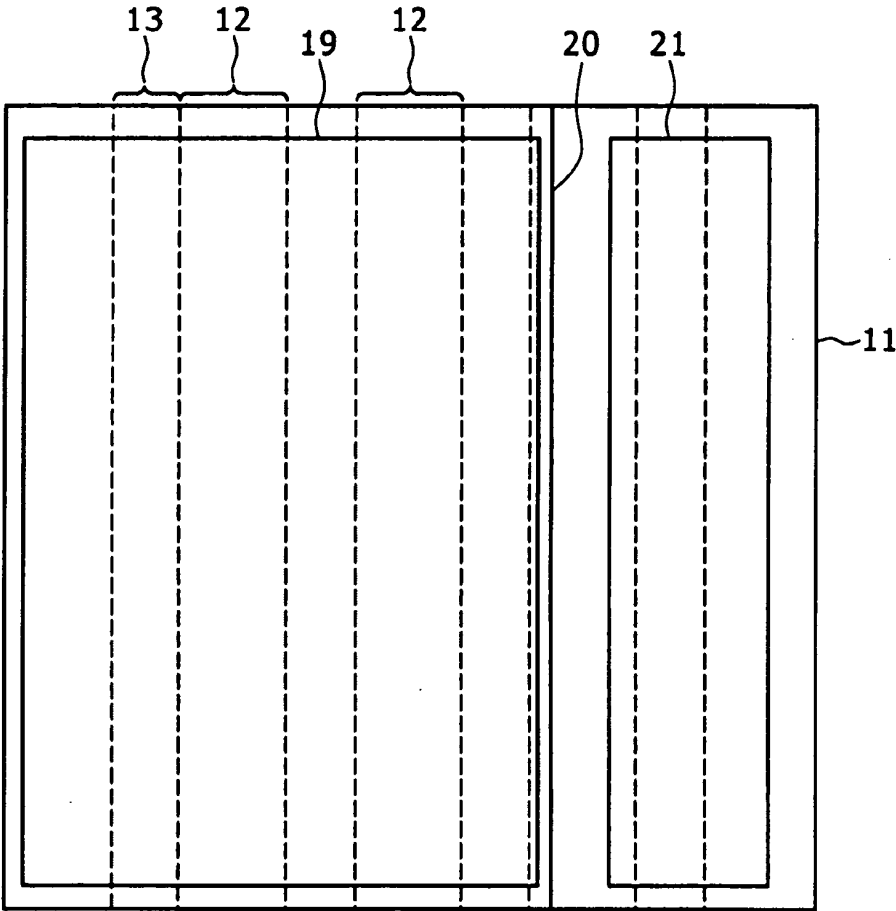


圖6

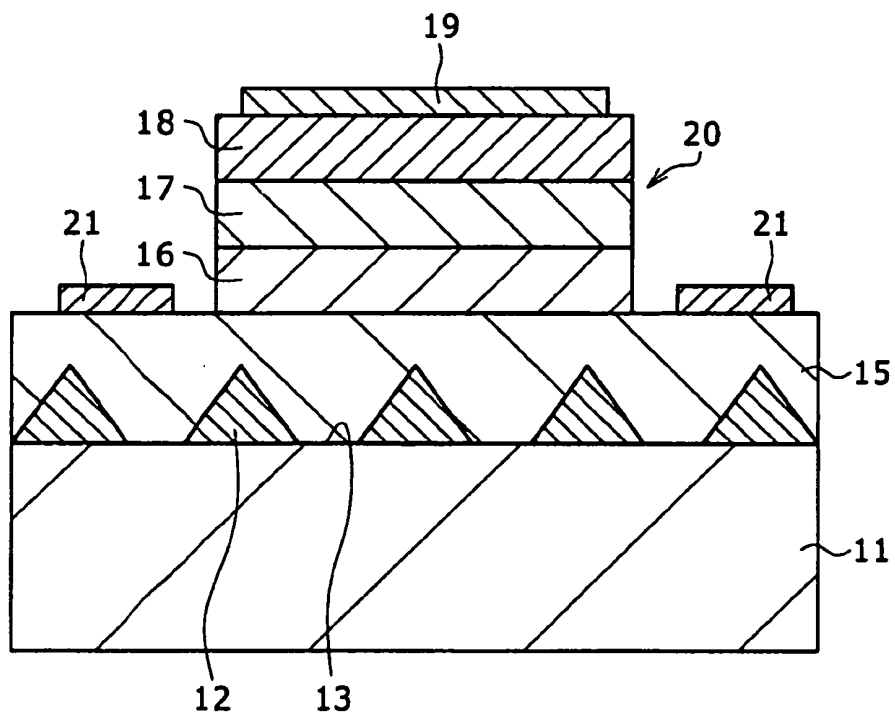


圖7

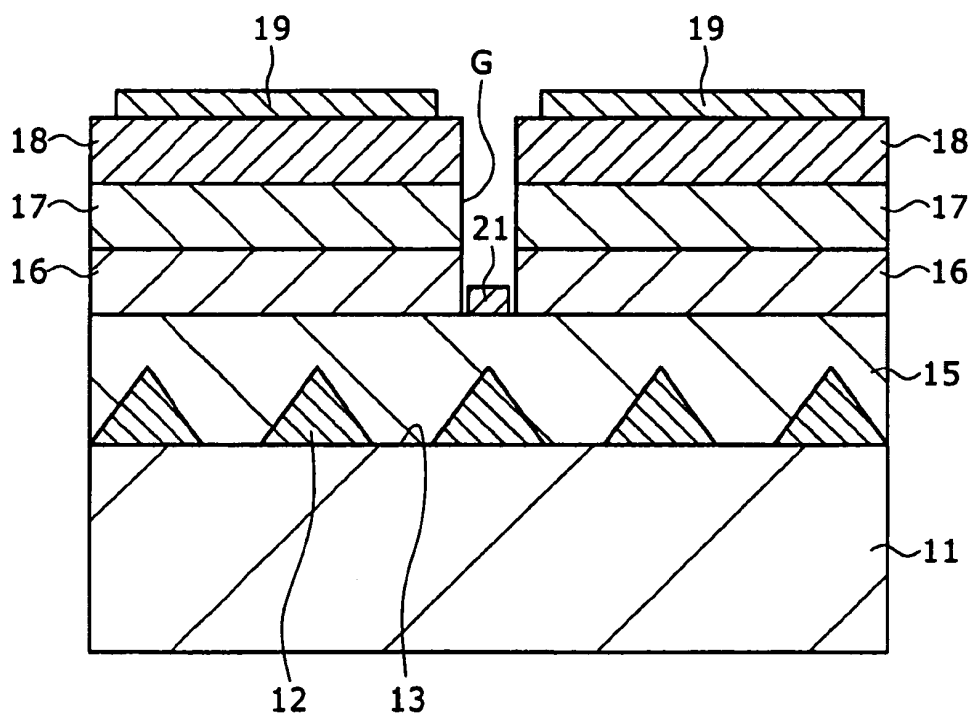


圖8

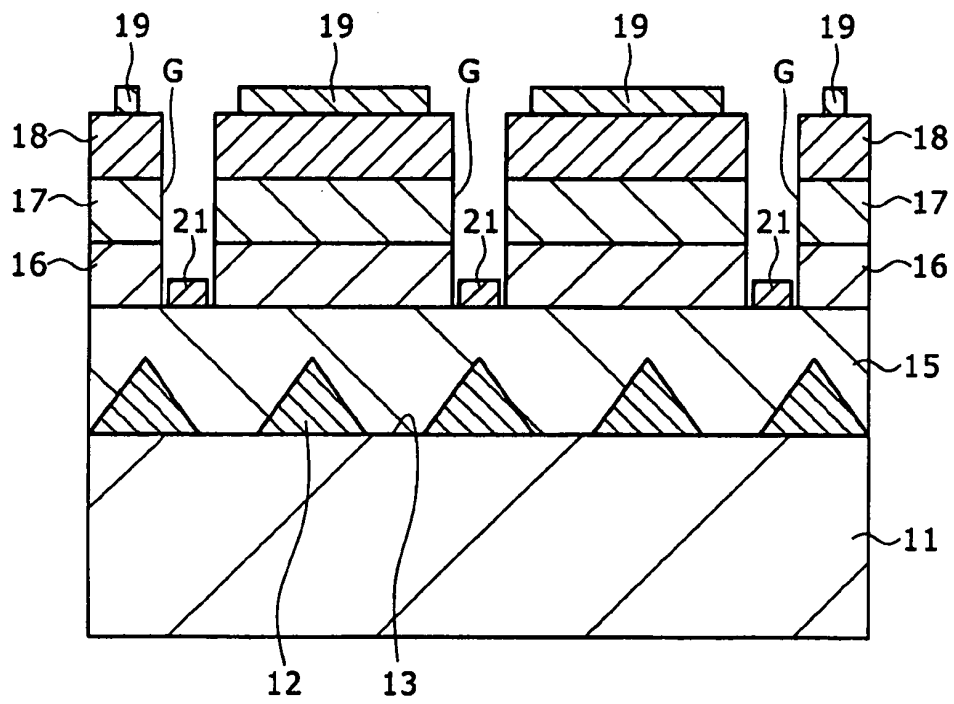


圖9

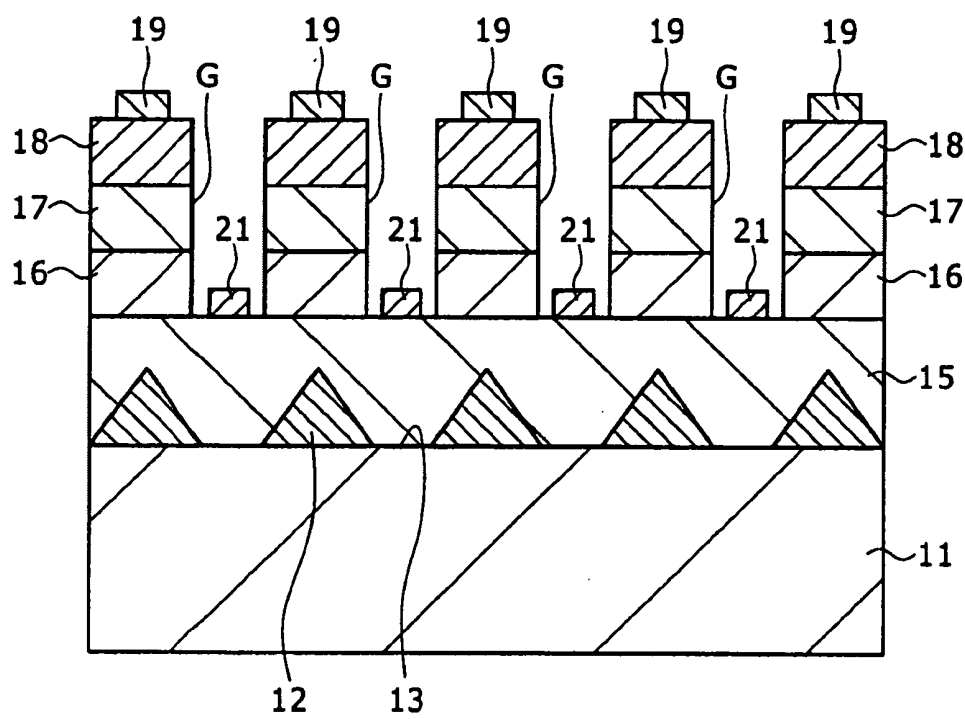


圖10

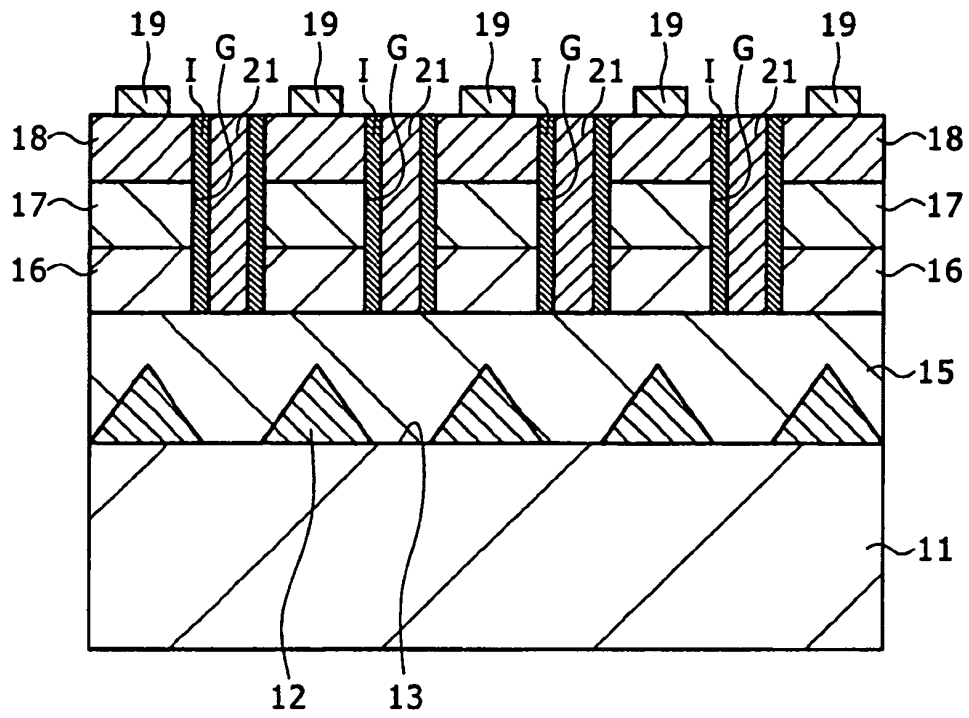


圖 11

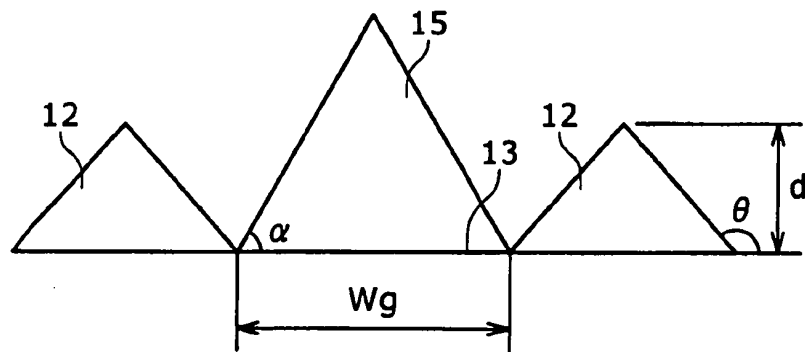


圖 12

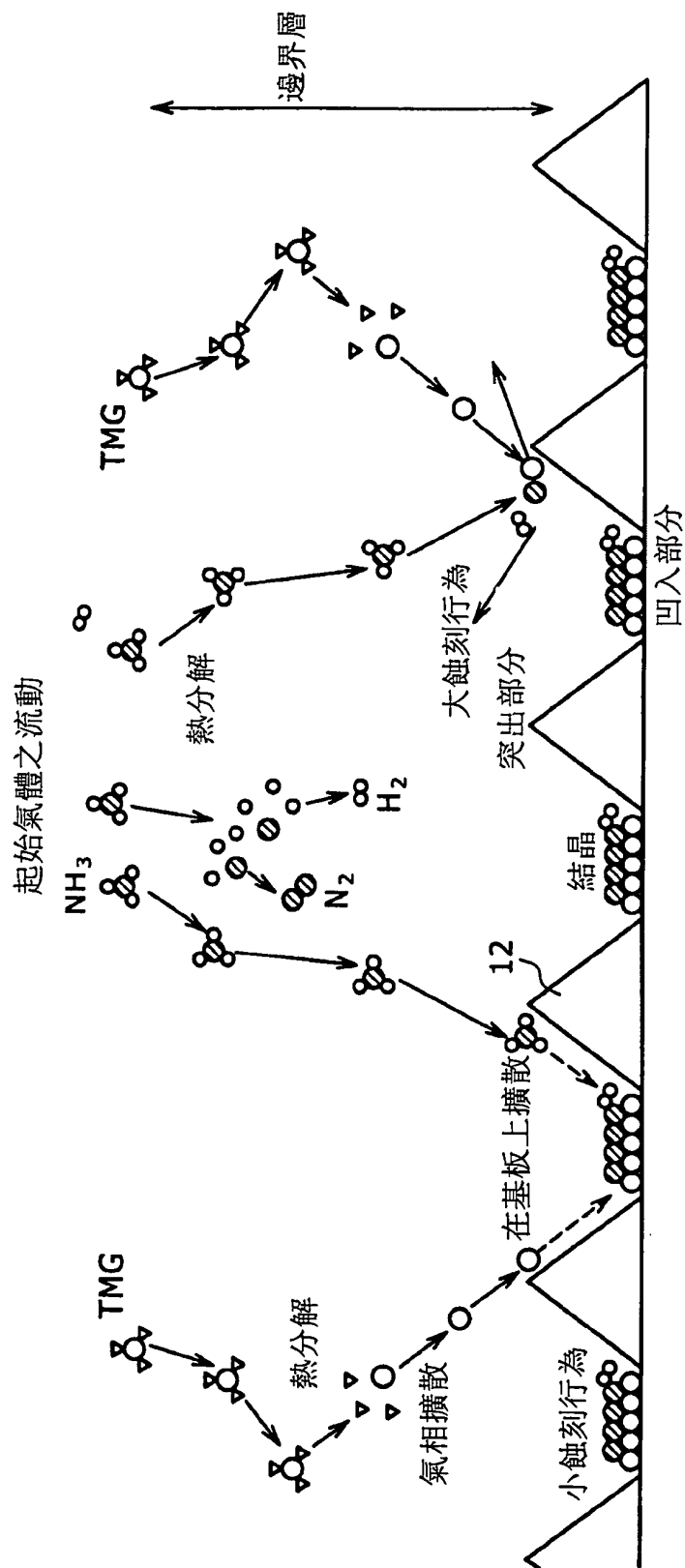


圖13

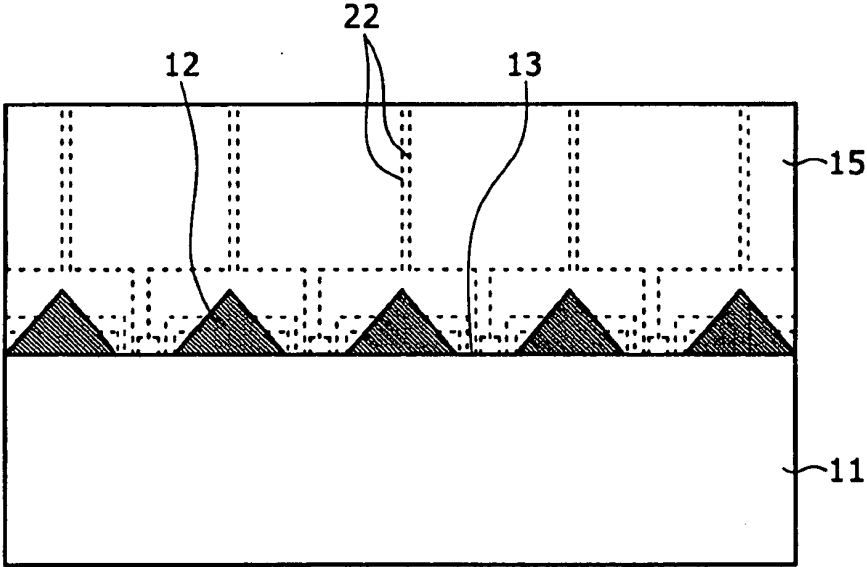


圖14

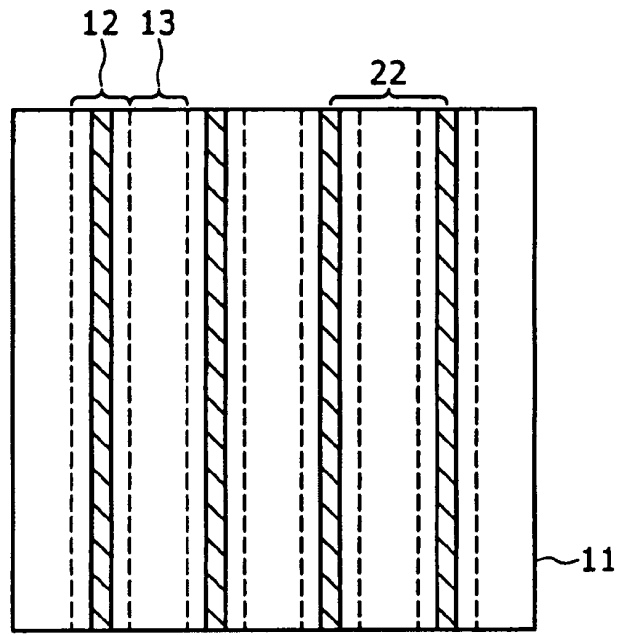


圖15

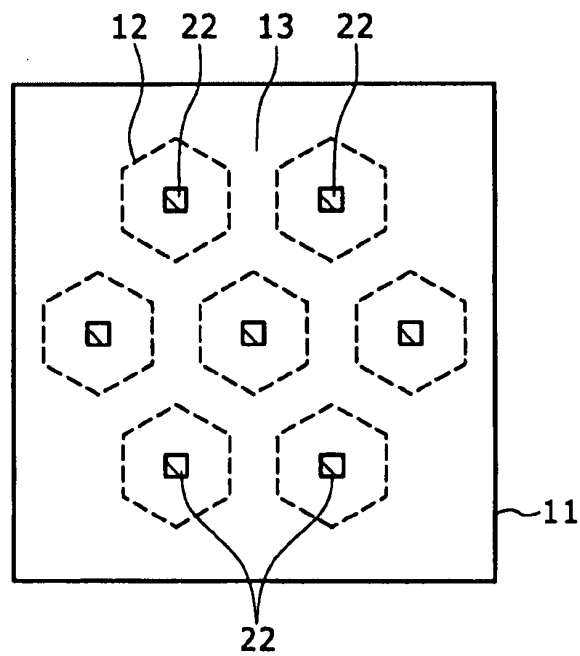


圖16

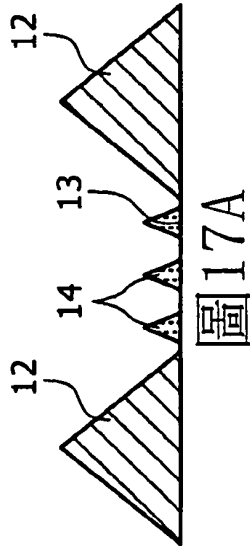


圖17A

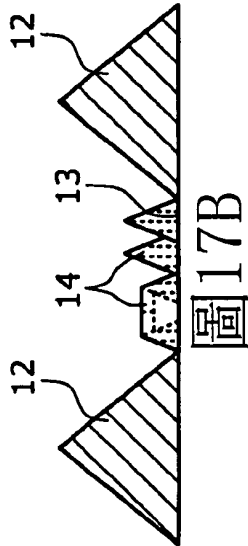


圖17B

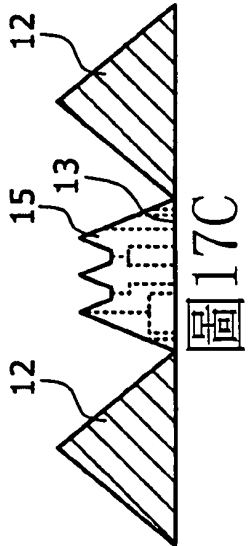


圖17C

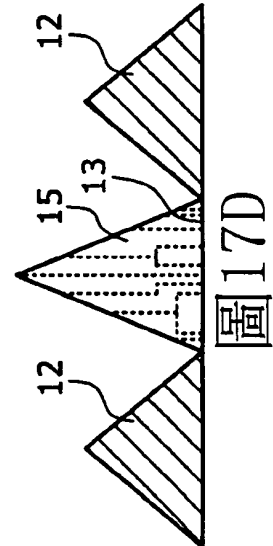


圖17D

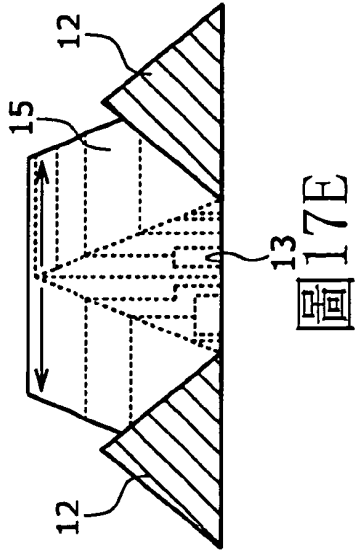


圖17E

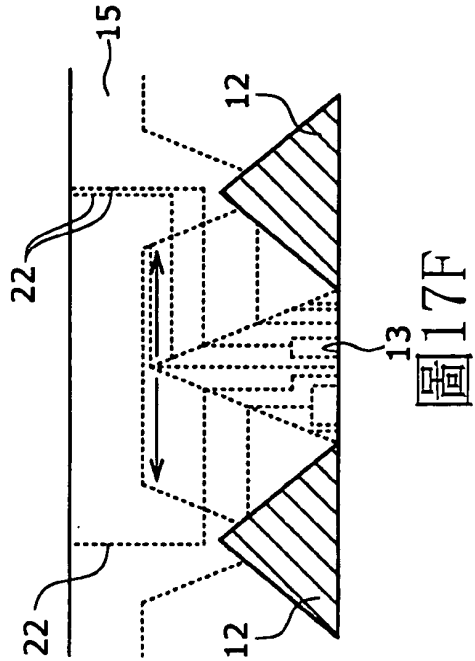


圖17F

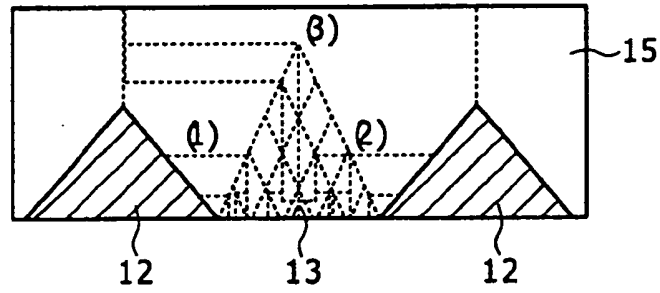


圖 18A

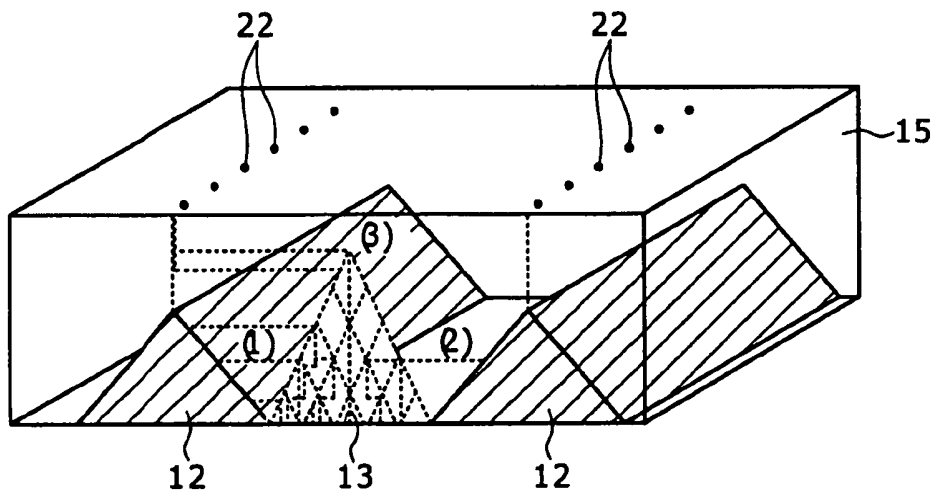


圖 18B

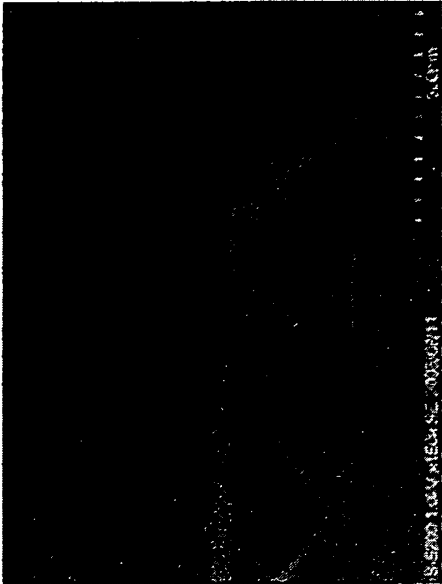


圖 19C

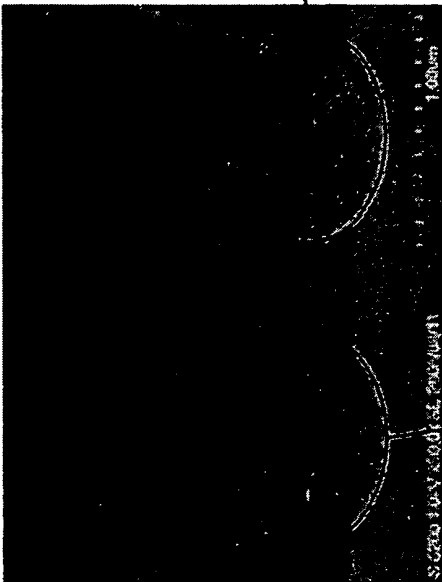


圖 19A

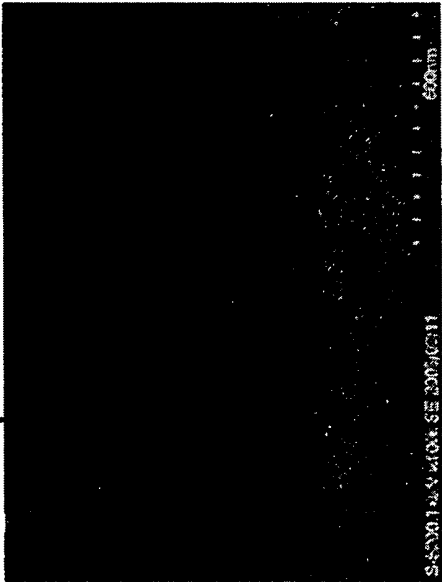


圖 19B

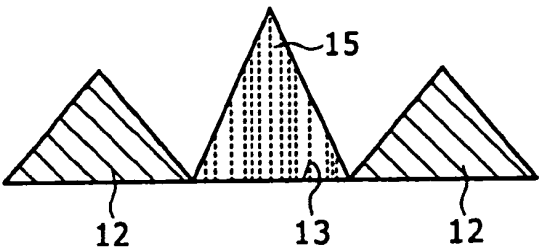


圖20A

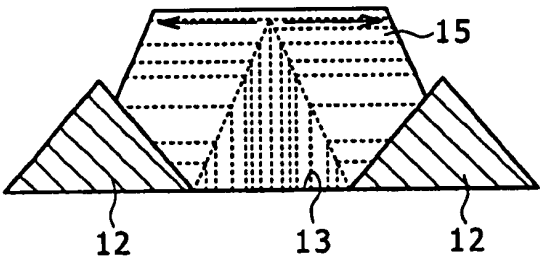


圖20B

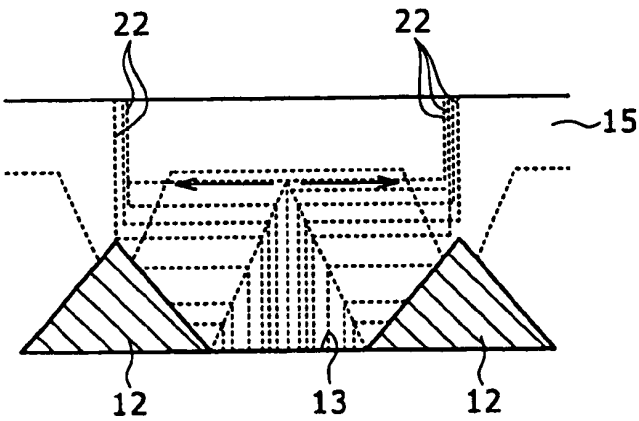


圖20C

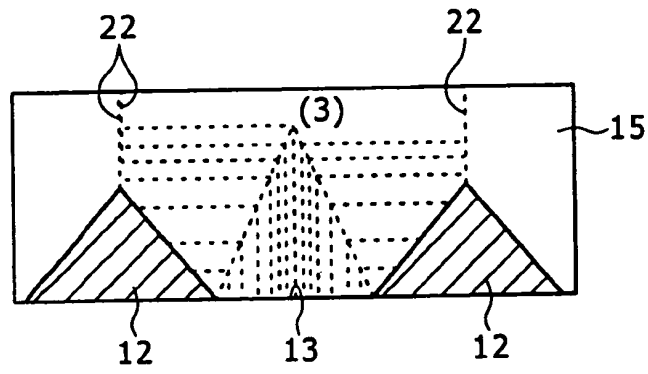


圖21A

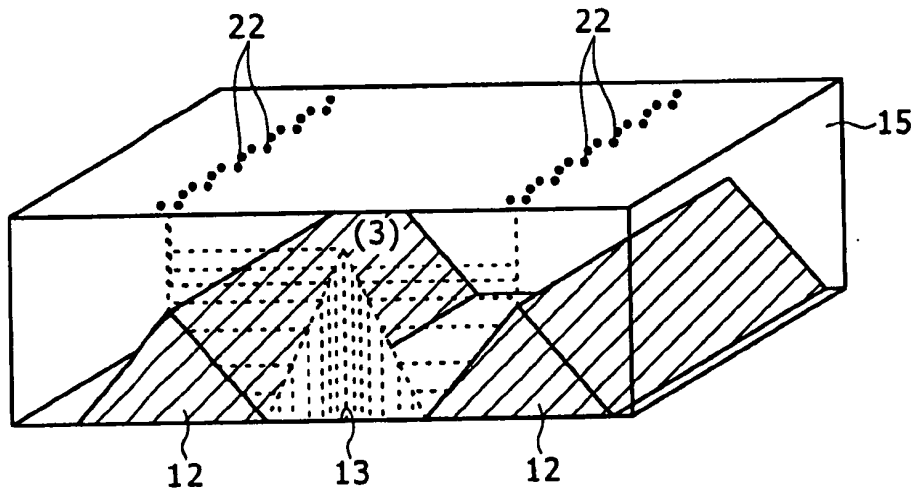


圖21B

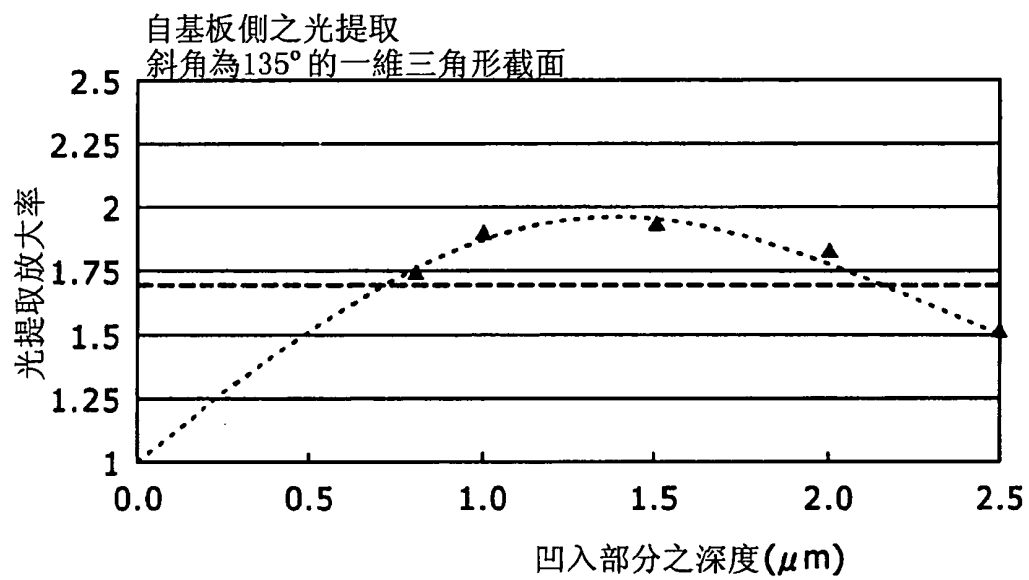


圖22

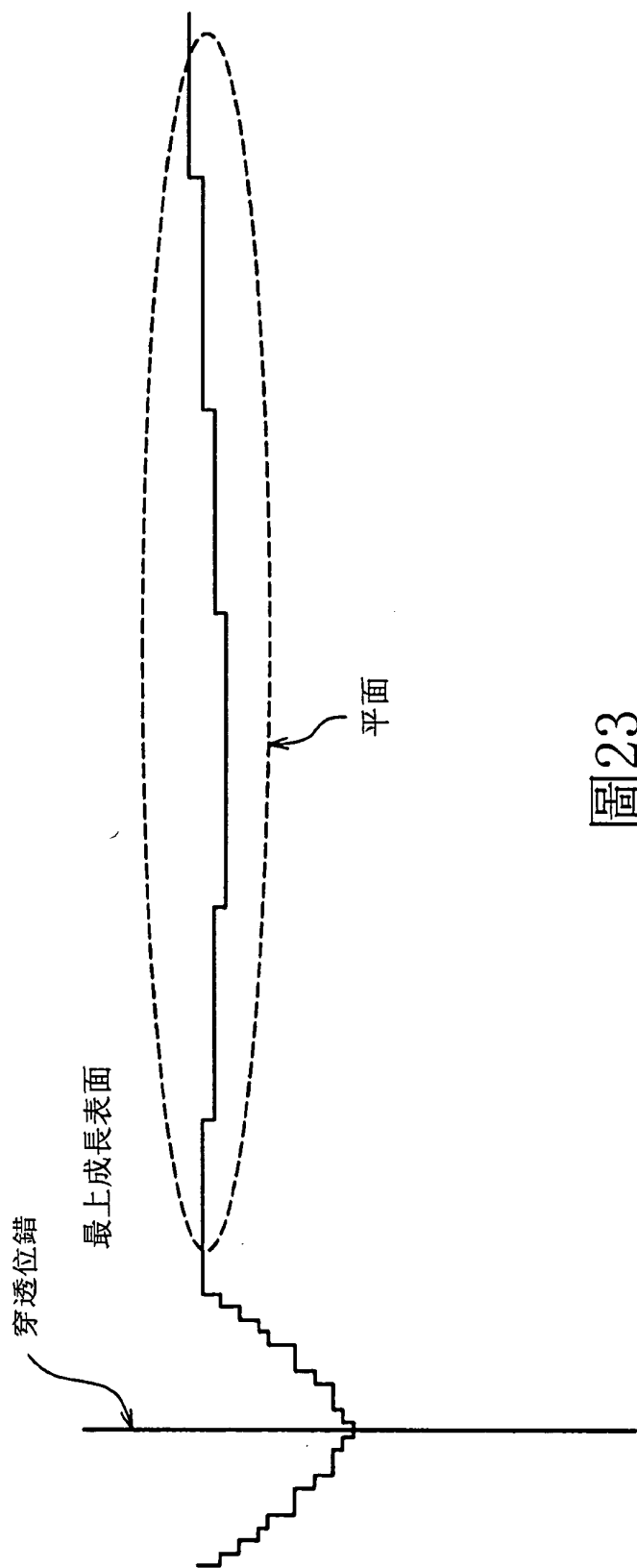


圖23

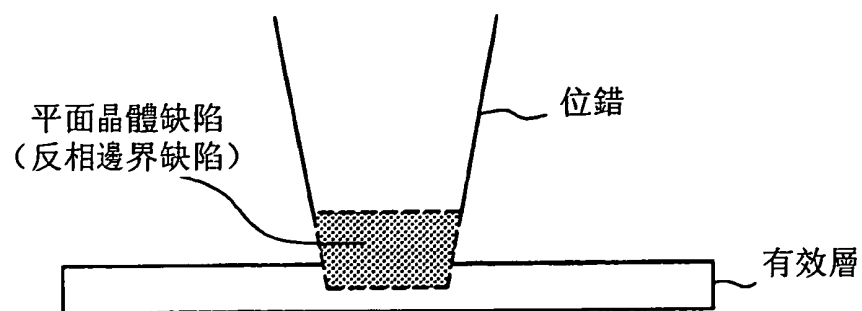


圖24

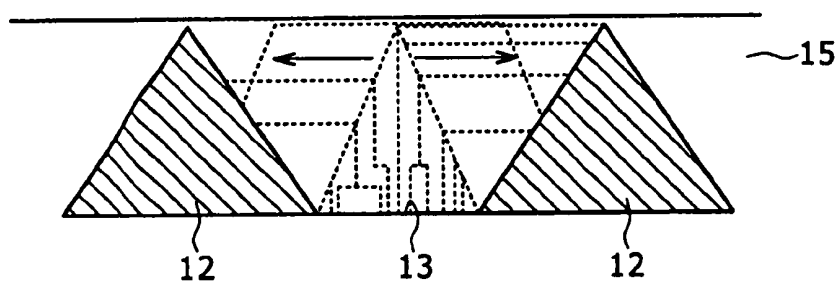


圖25A

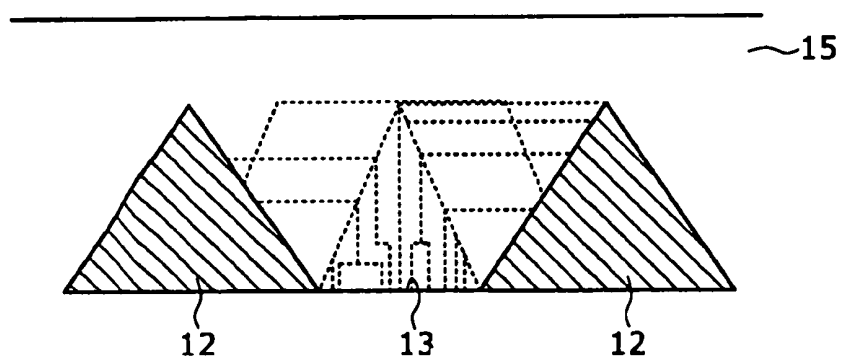


圖25B

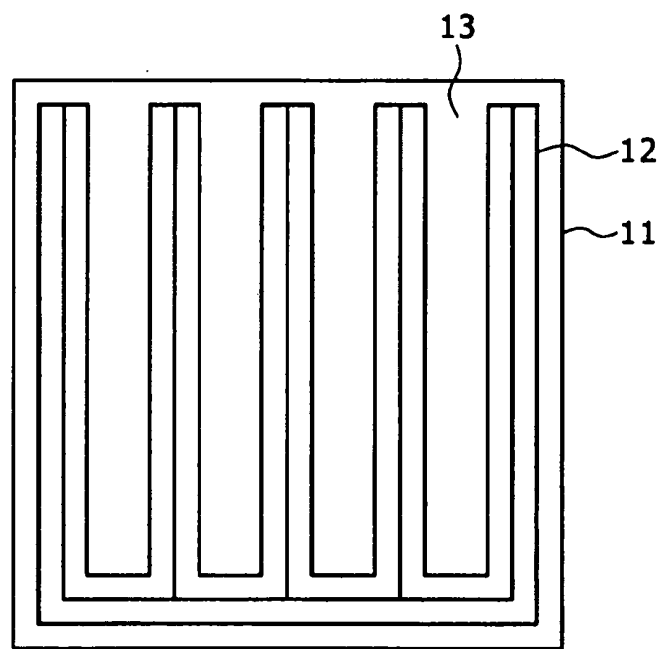


圖26

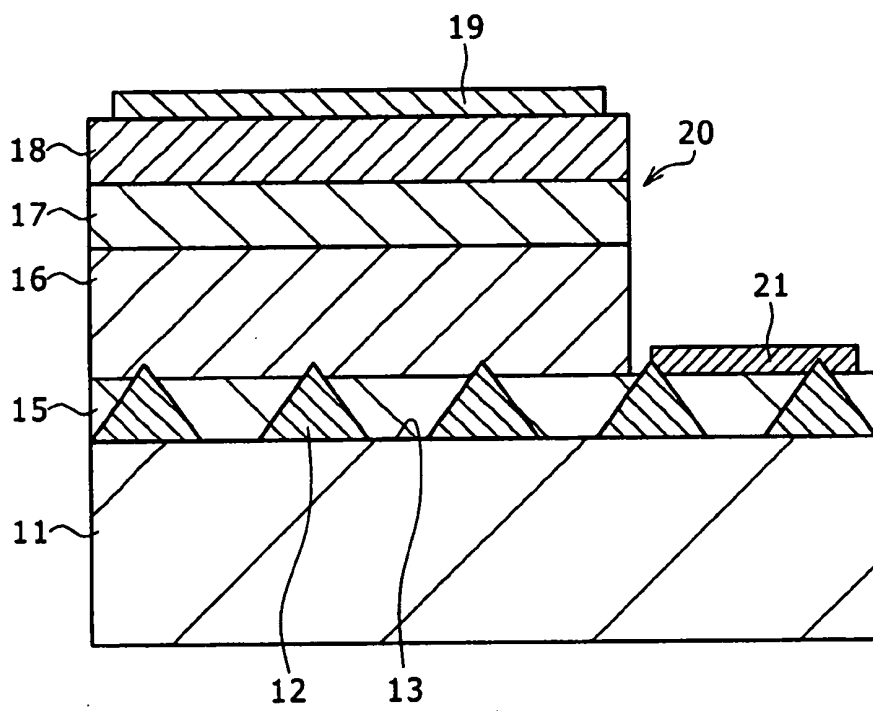


圖27

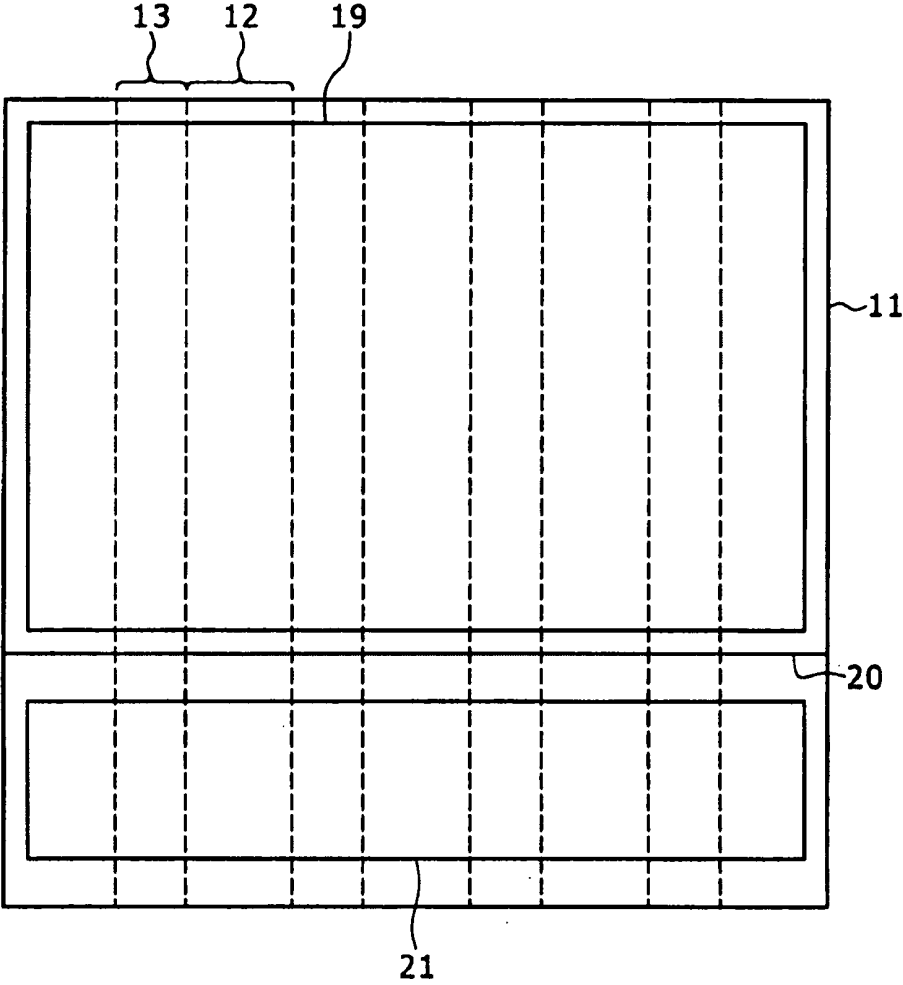


圖28

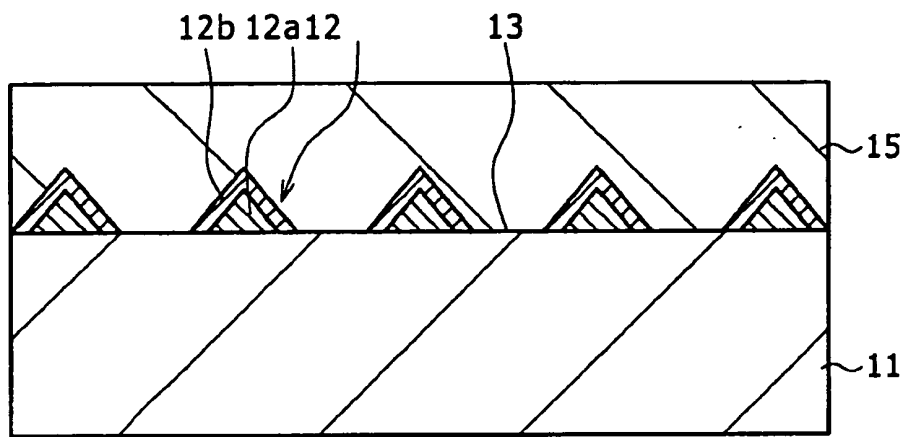


圖29

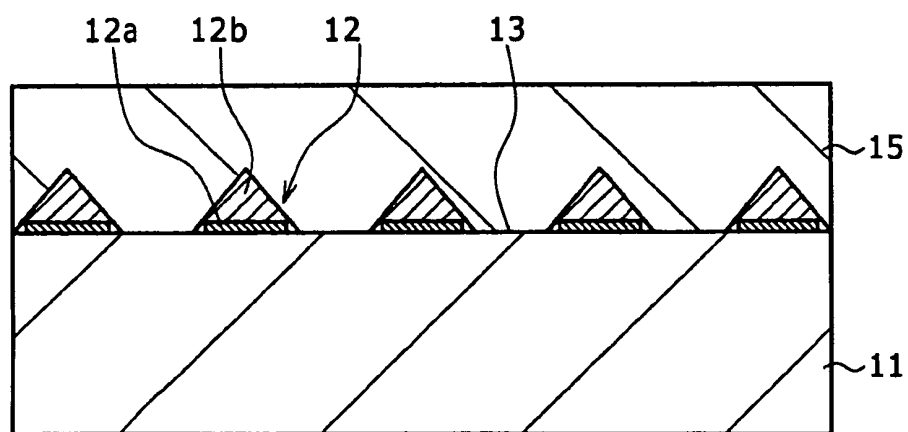


圖30

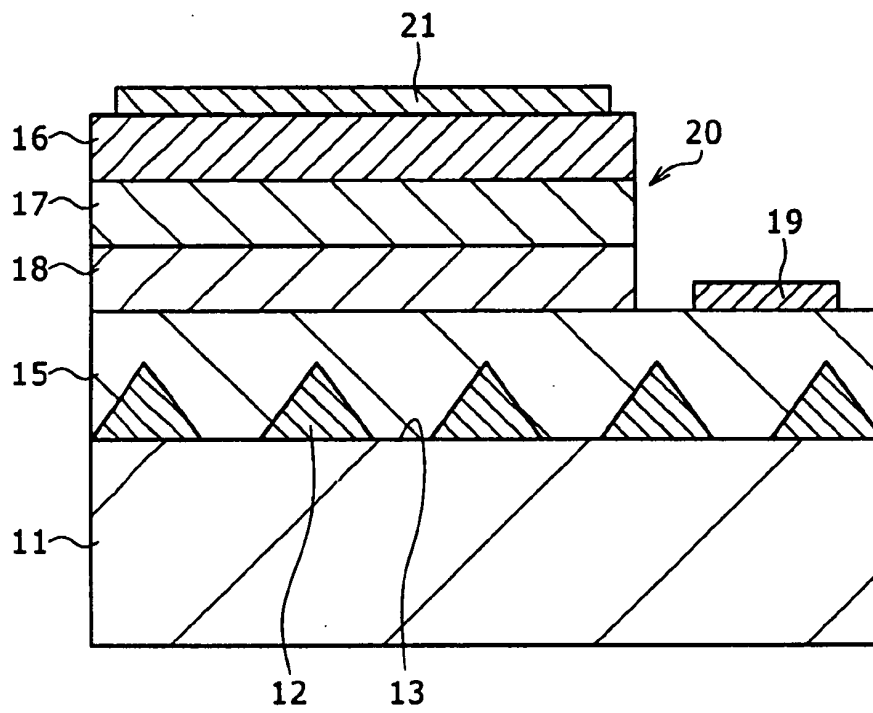


圖31

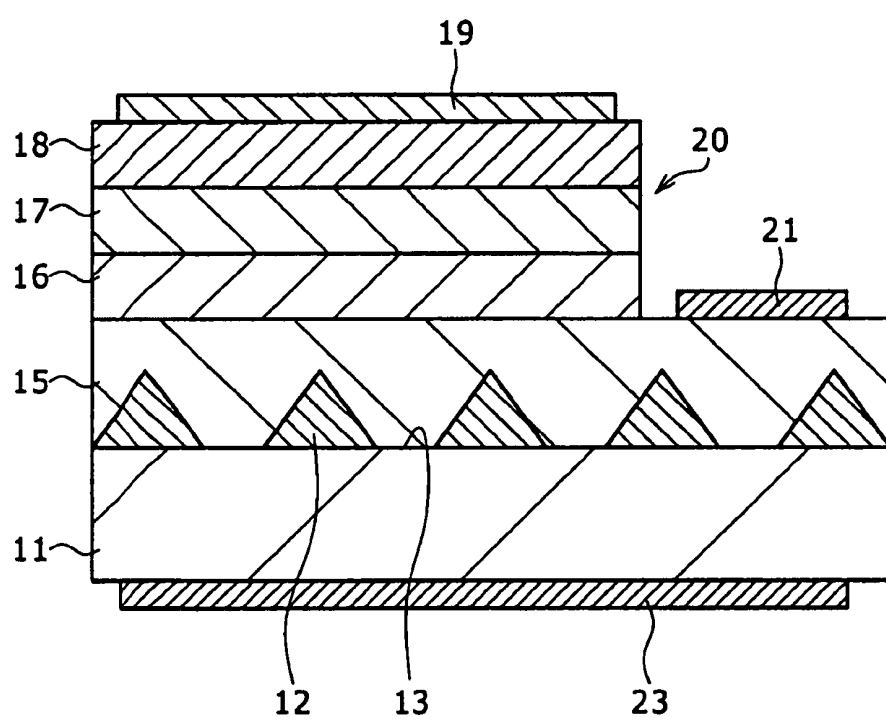


圖32

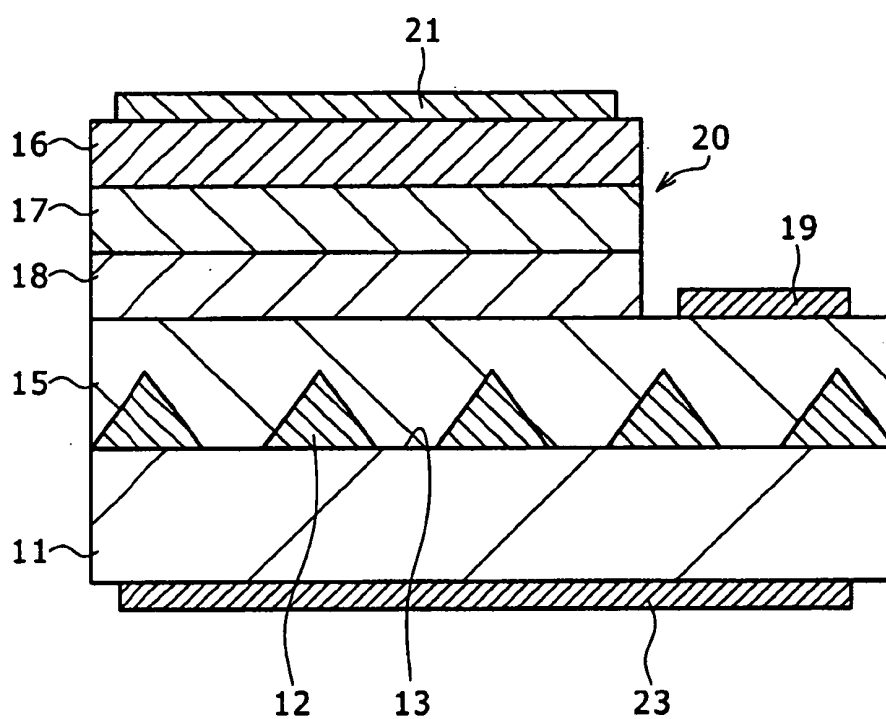


圖33

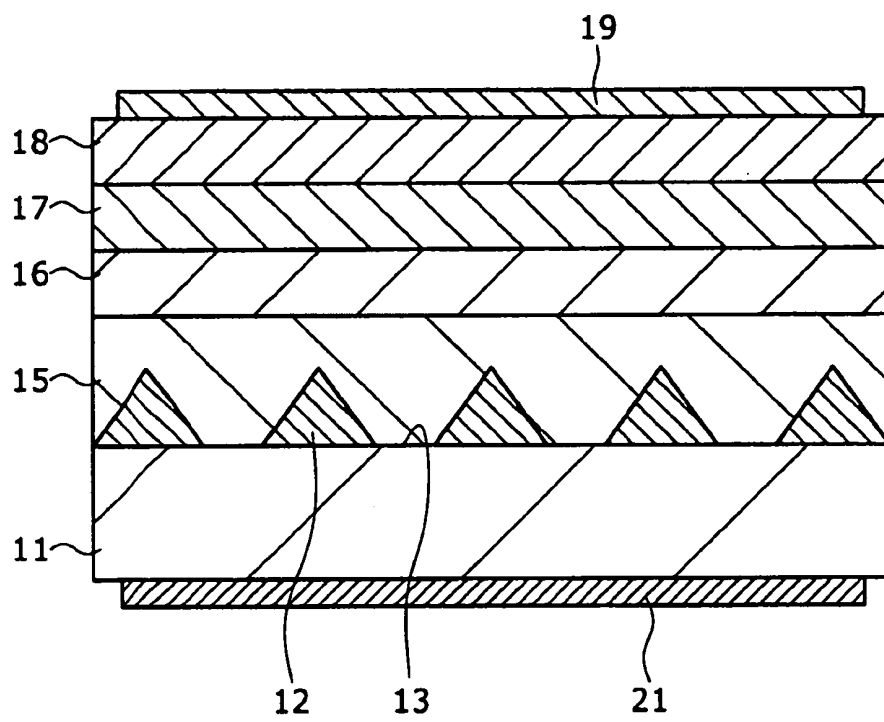


圖34

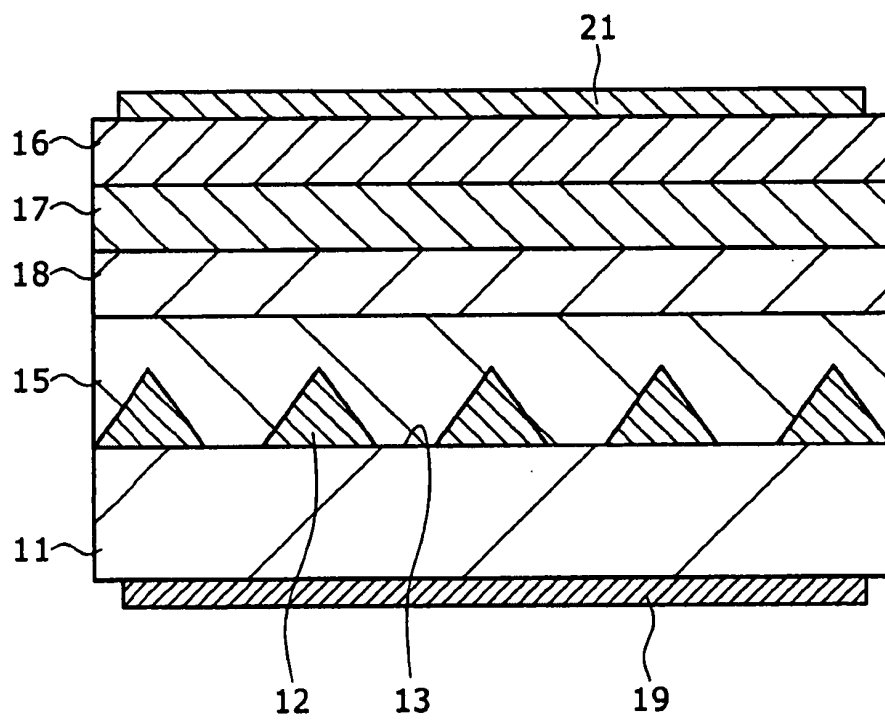


圖35

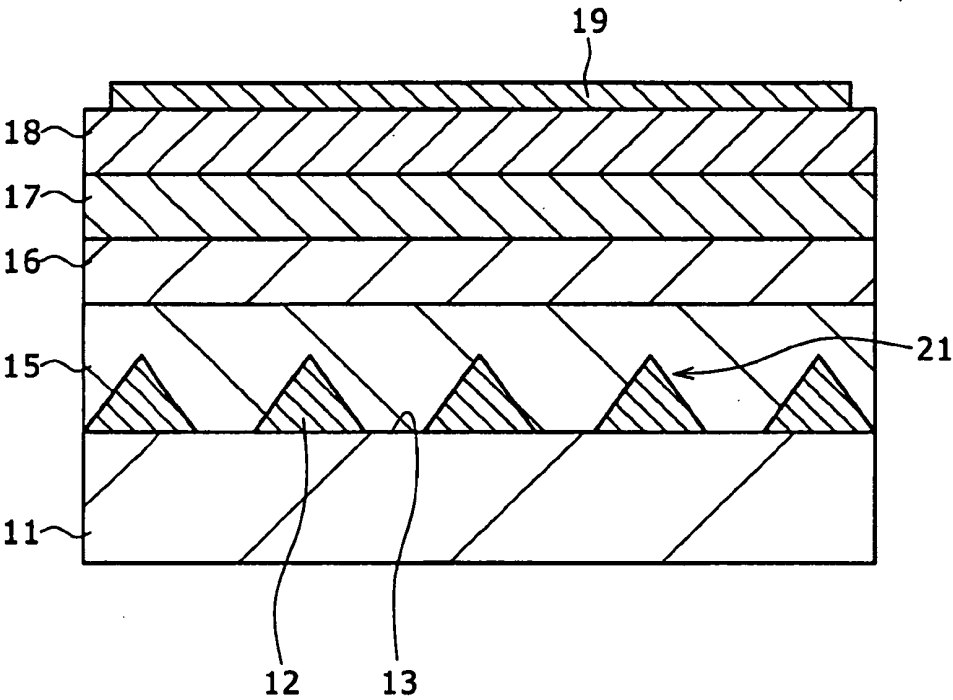


圖36

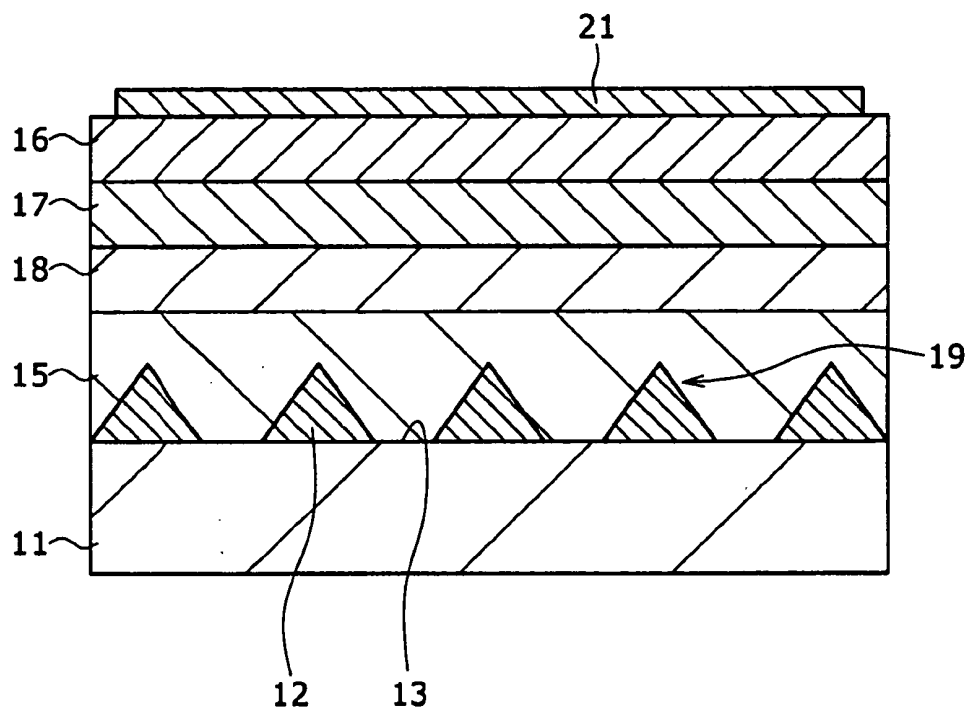


圖37

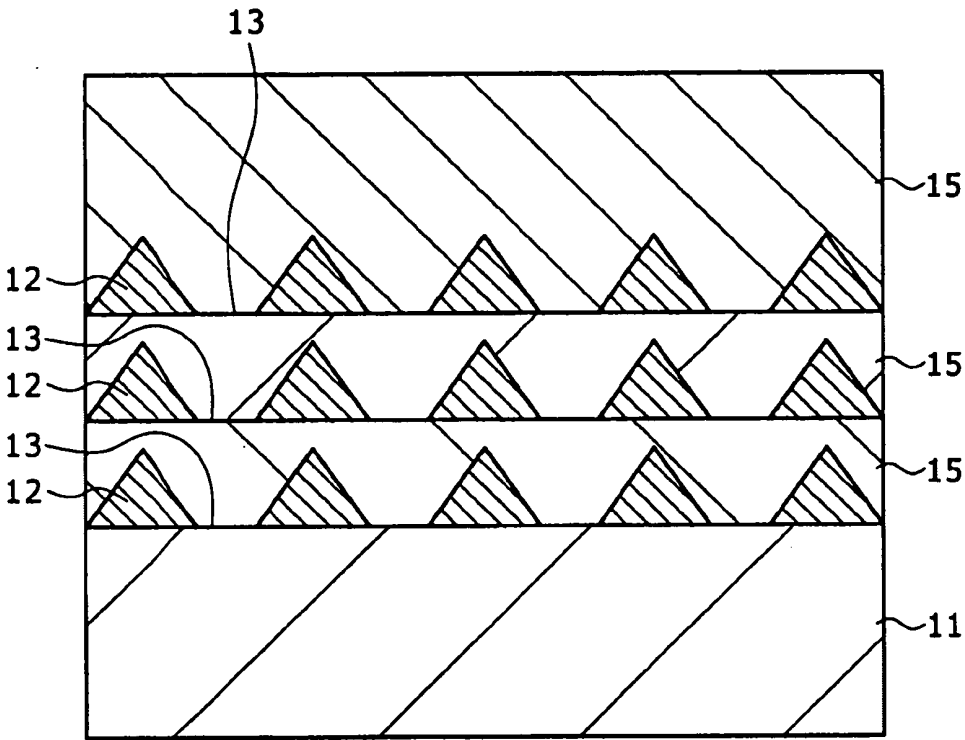


圖38

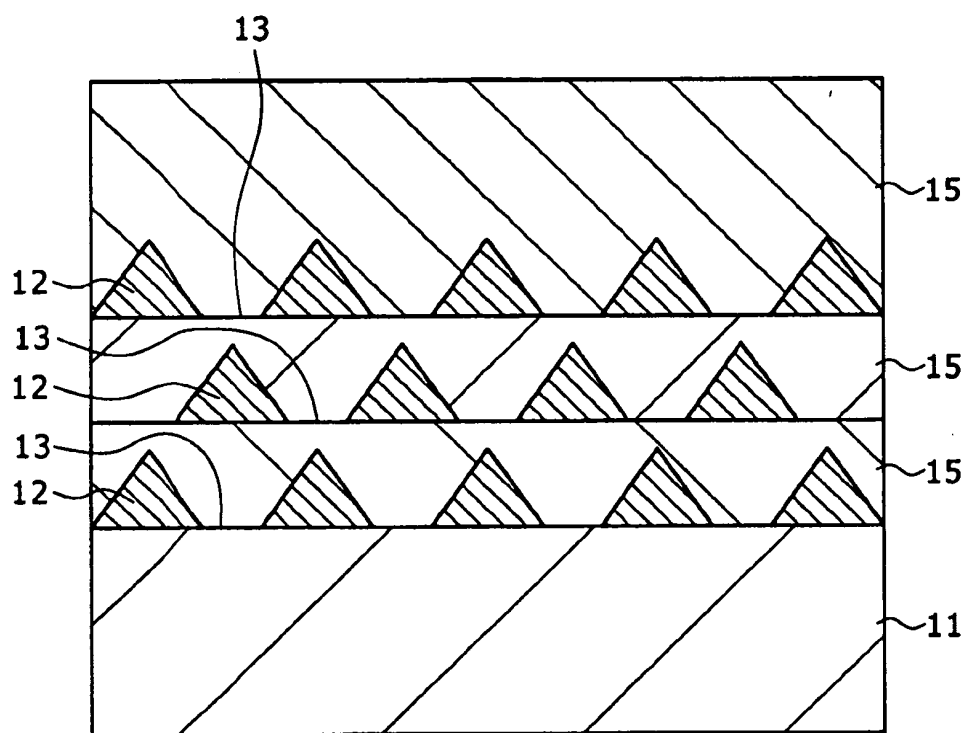


圖39

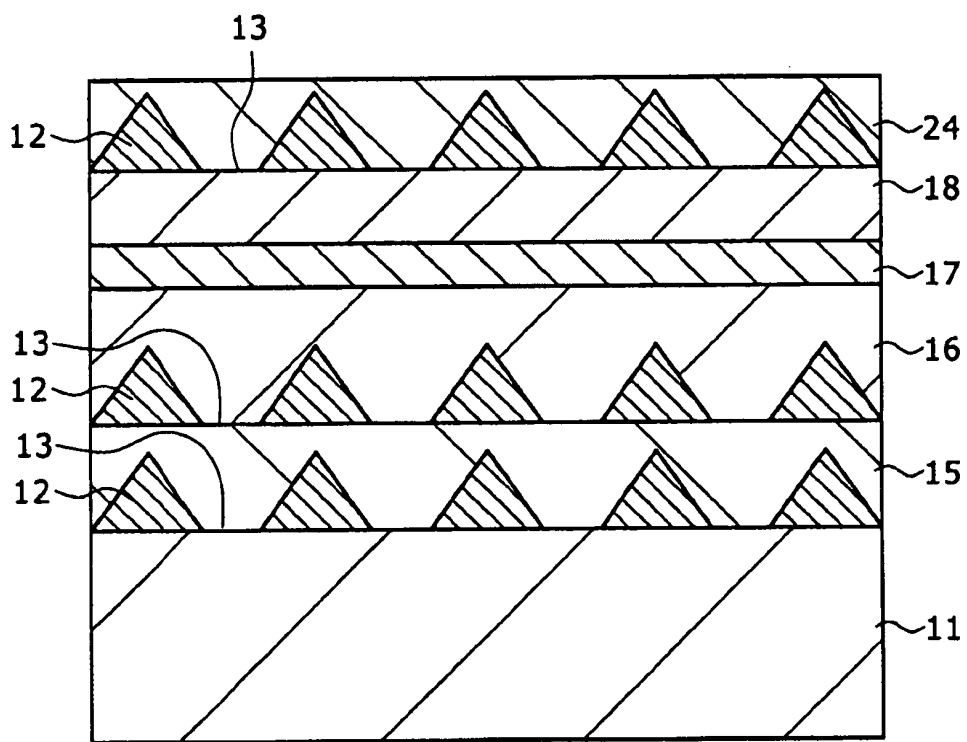


圖40

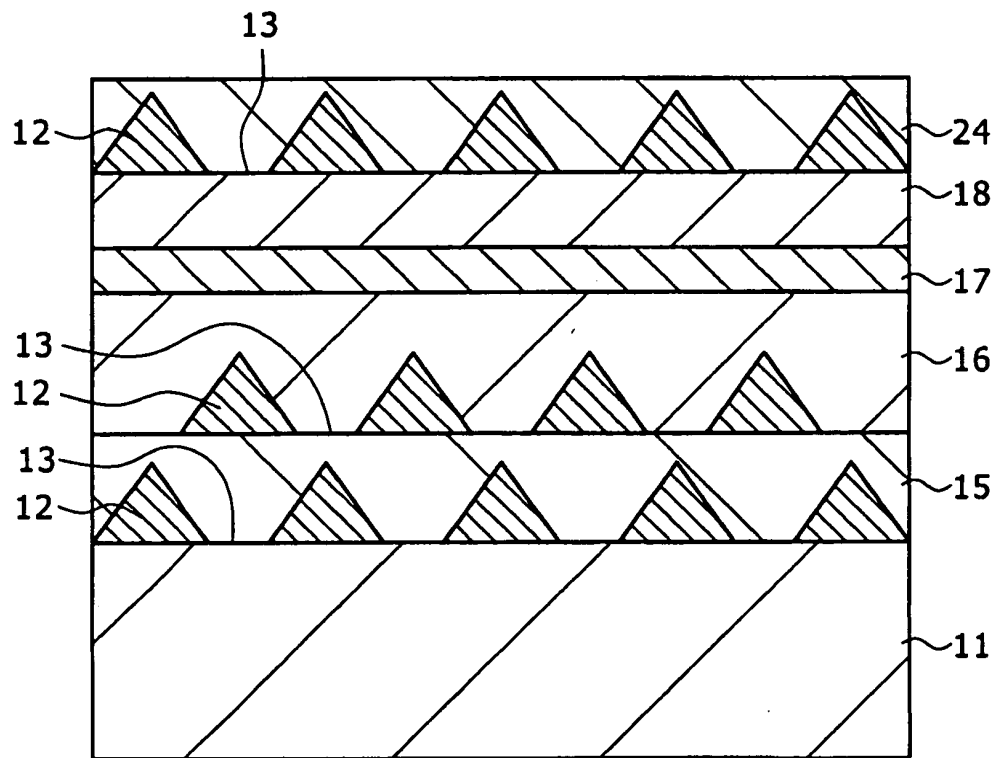


圖41

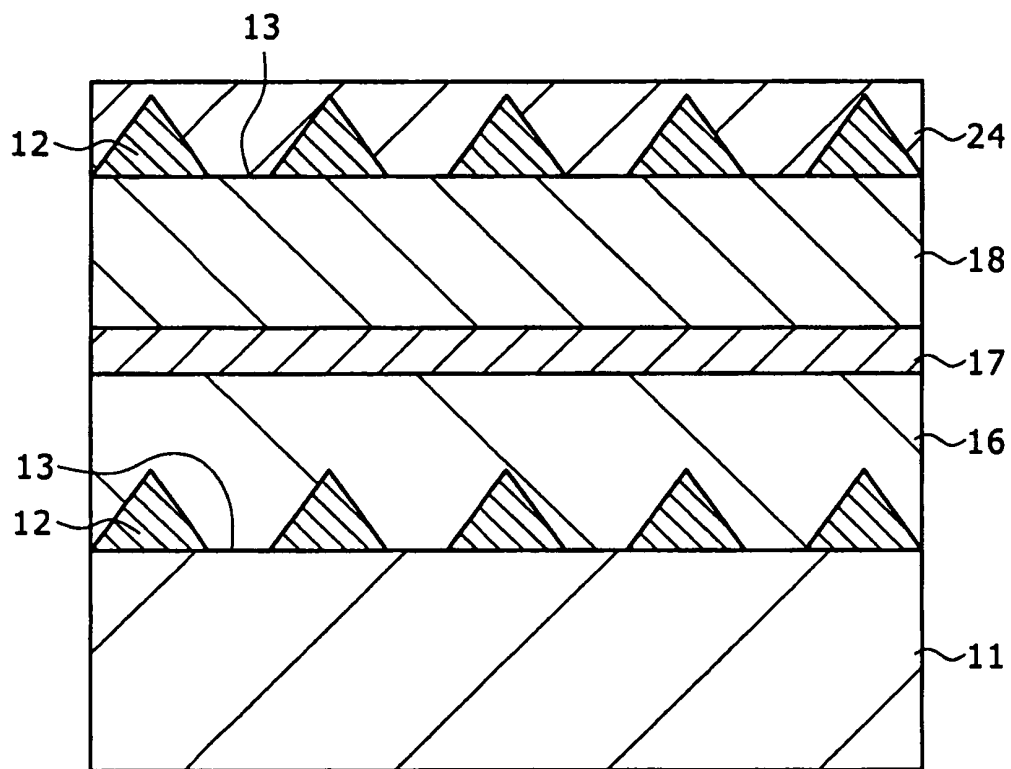


圖42

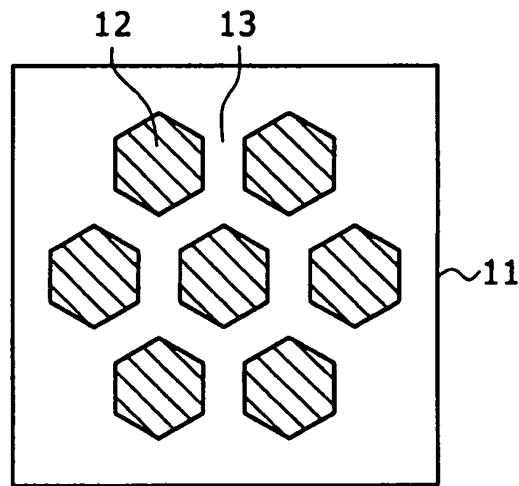


圖43A

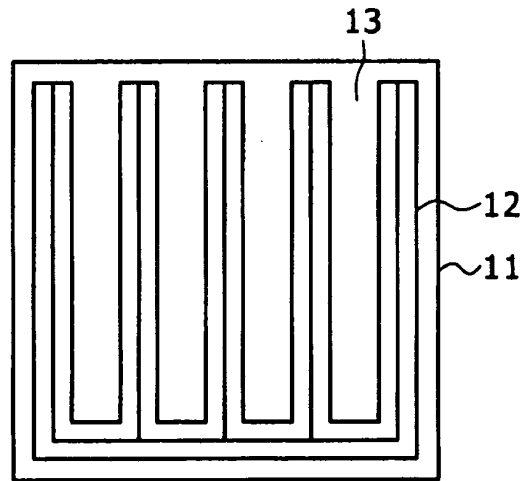


圖43B

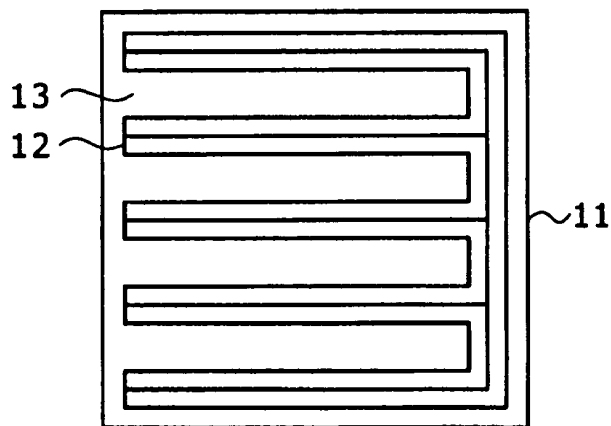


圖43C

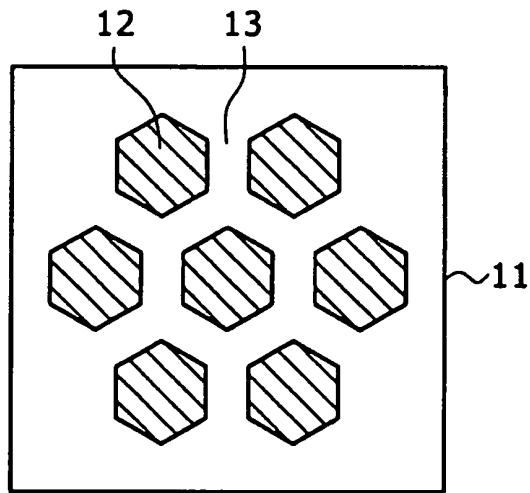


圖44A

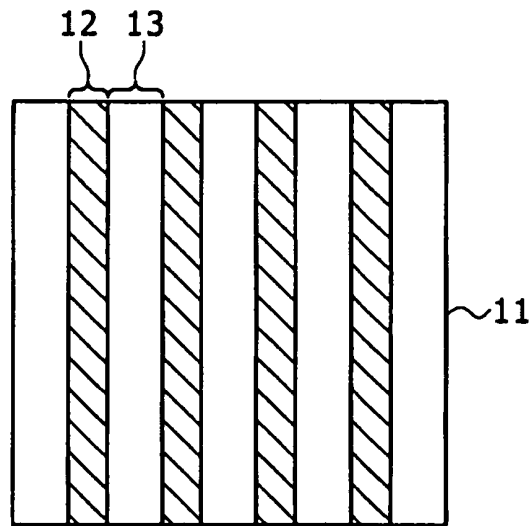


圖44B

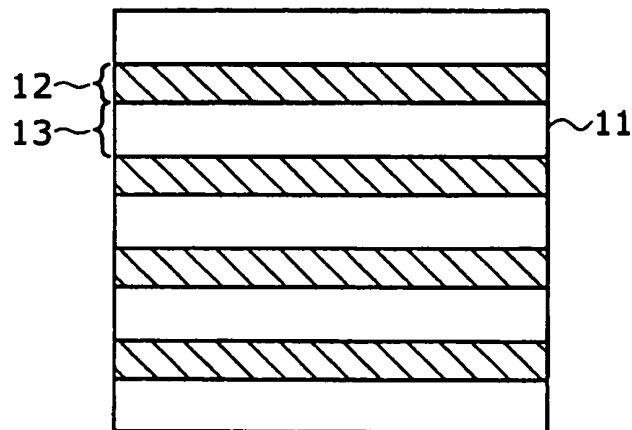


圖44C

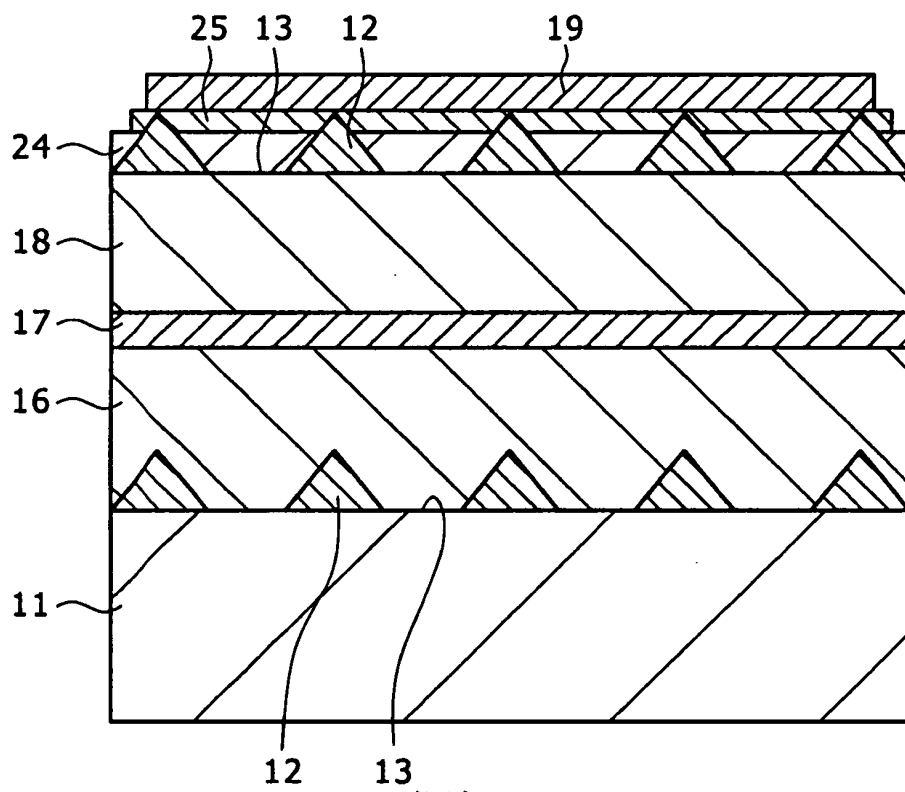


圖45

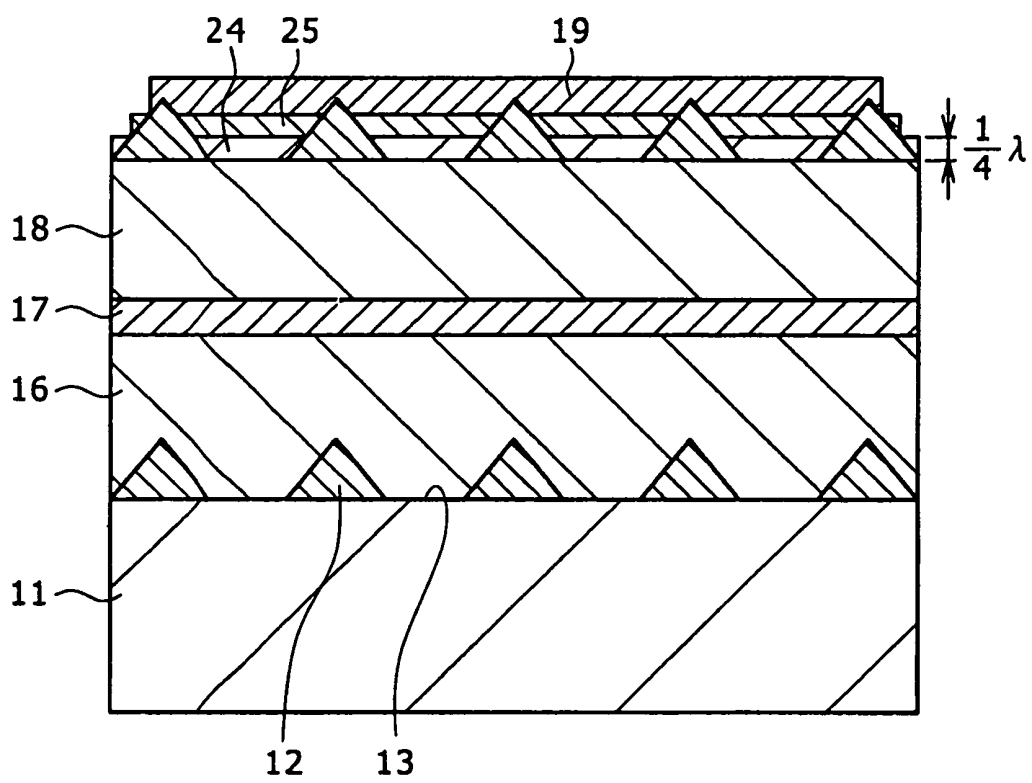


圖46

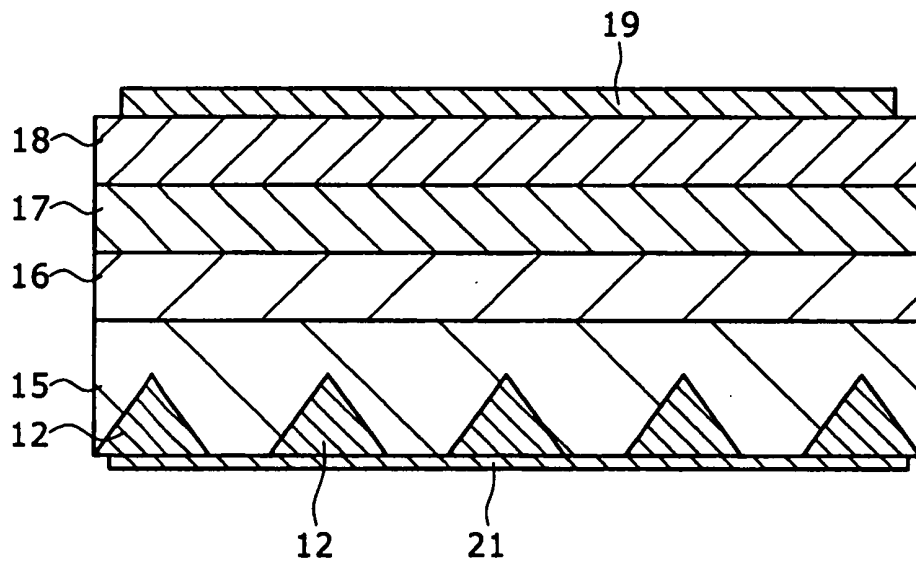


圖47

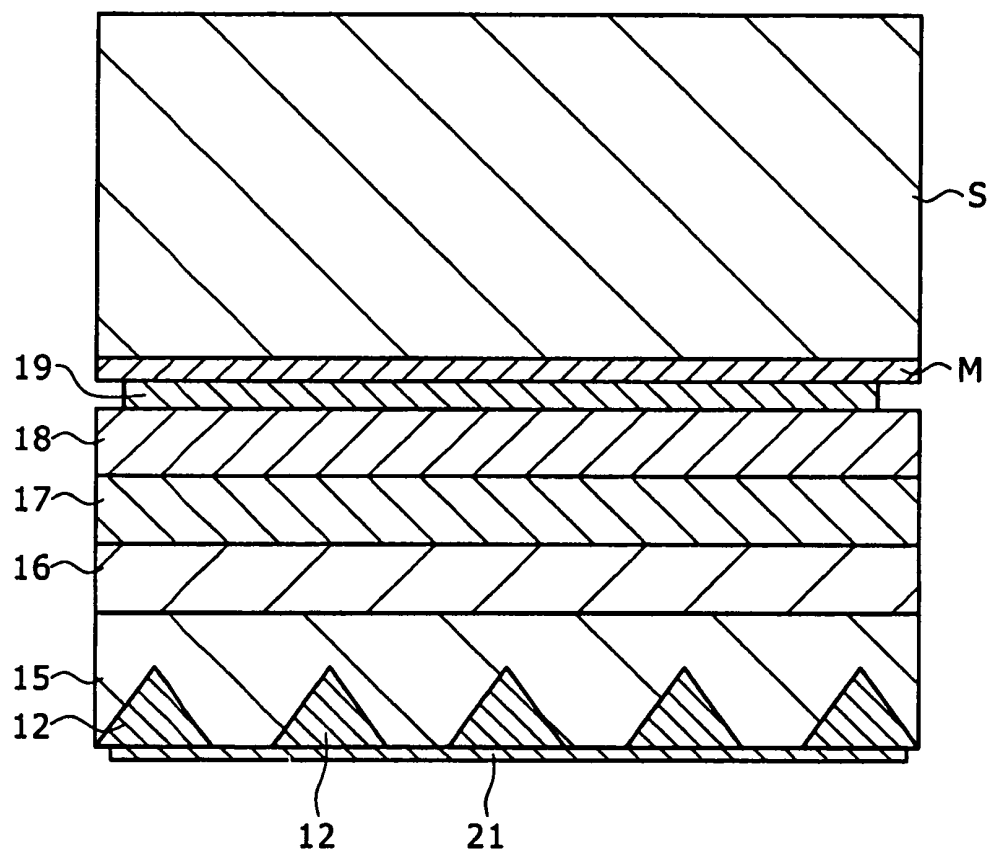


圖48

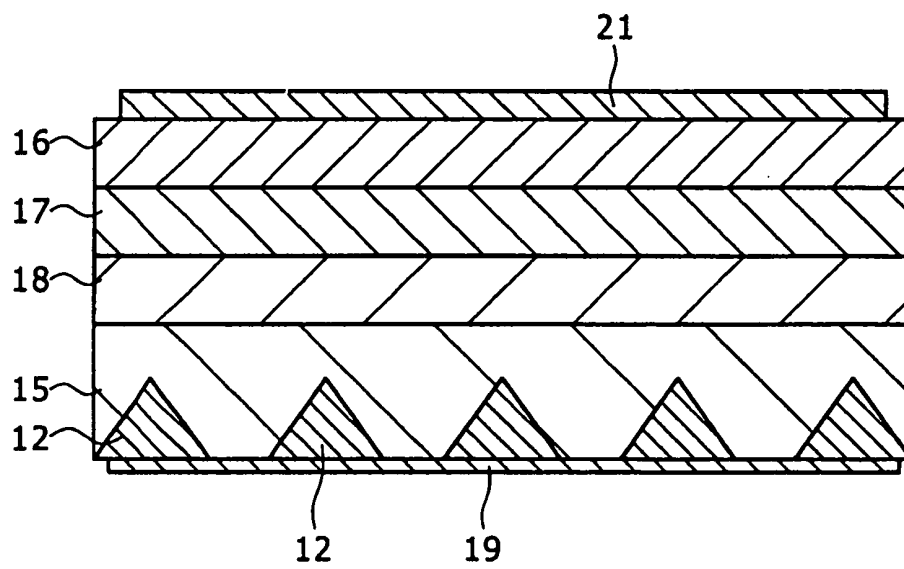


圖49

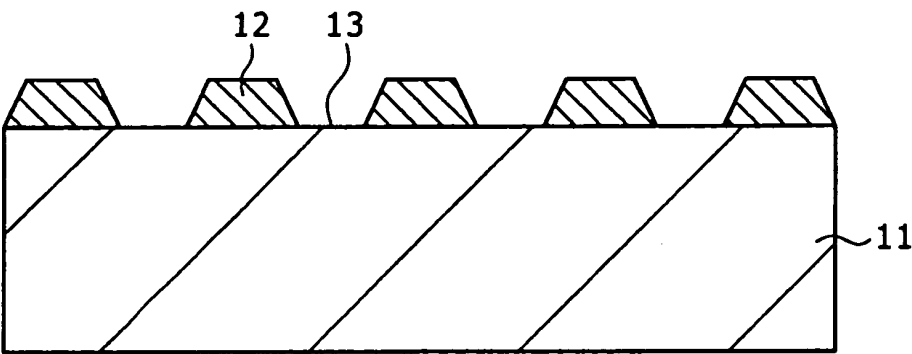


圖50A

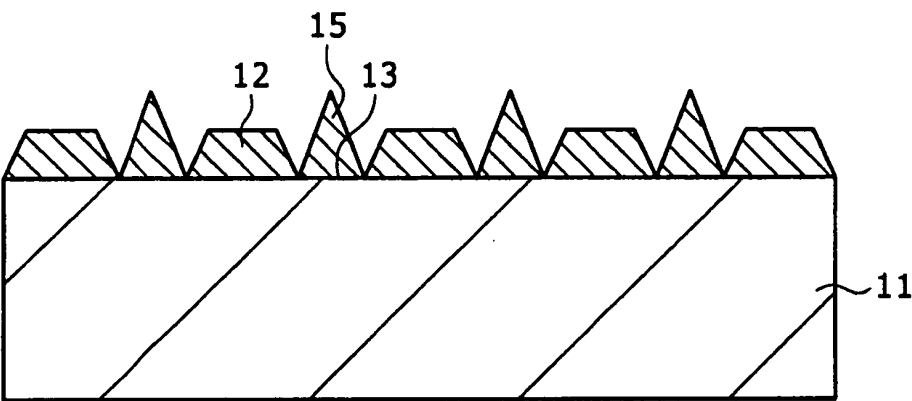


圖50B

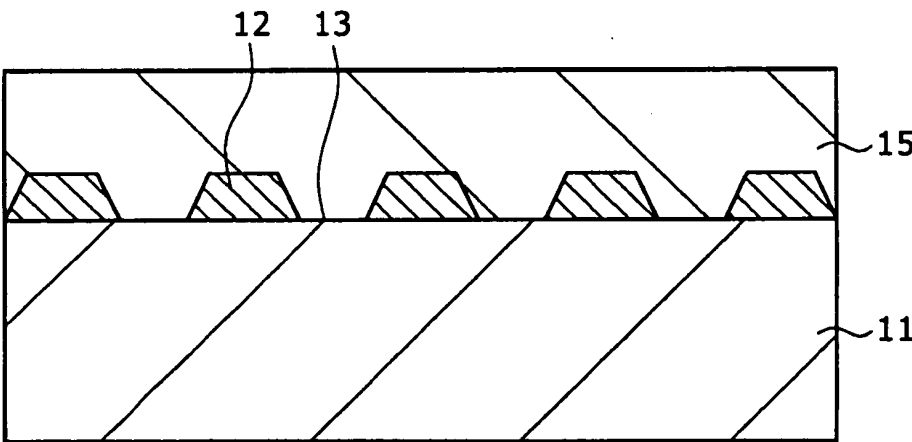


圖50C

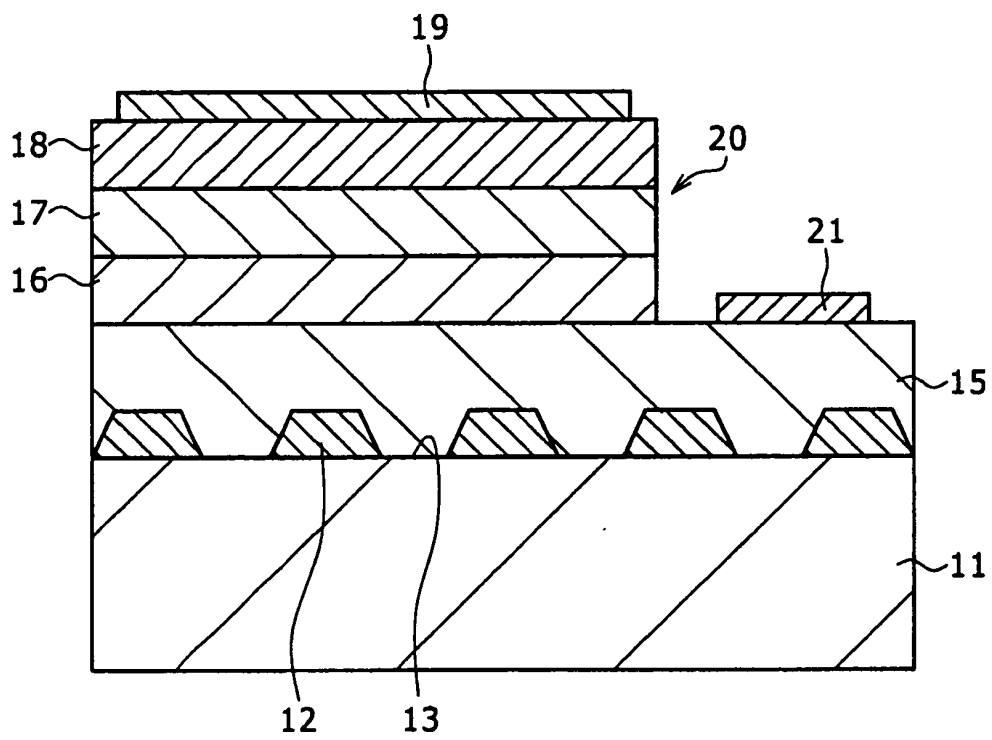


圖51

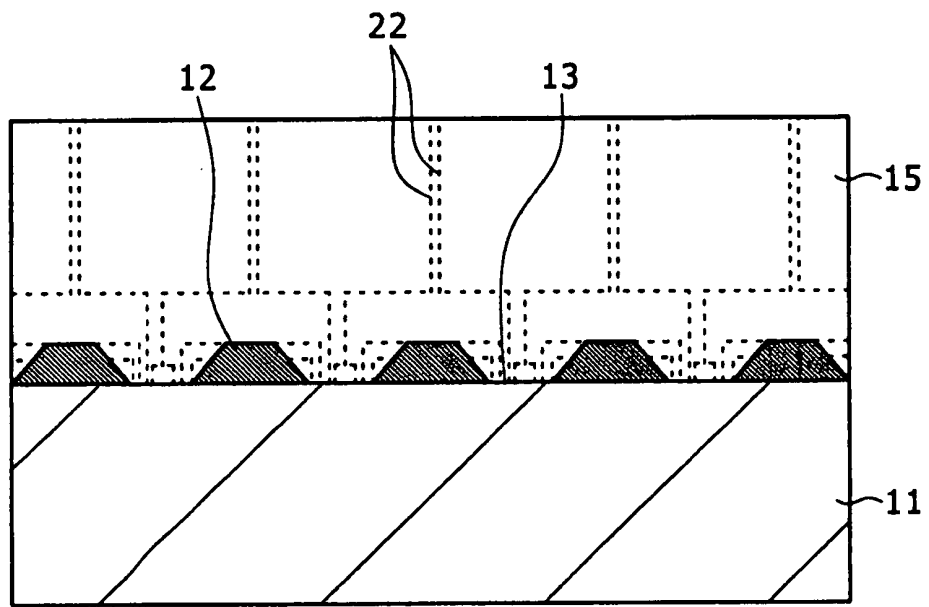


圖52

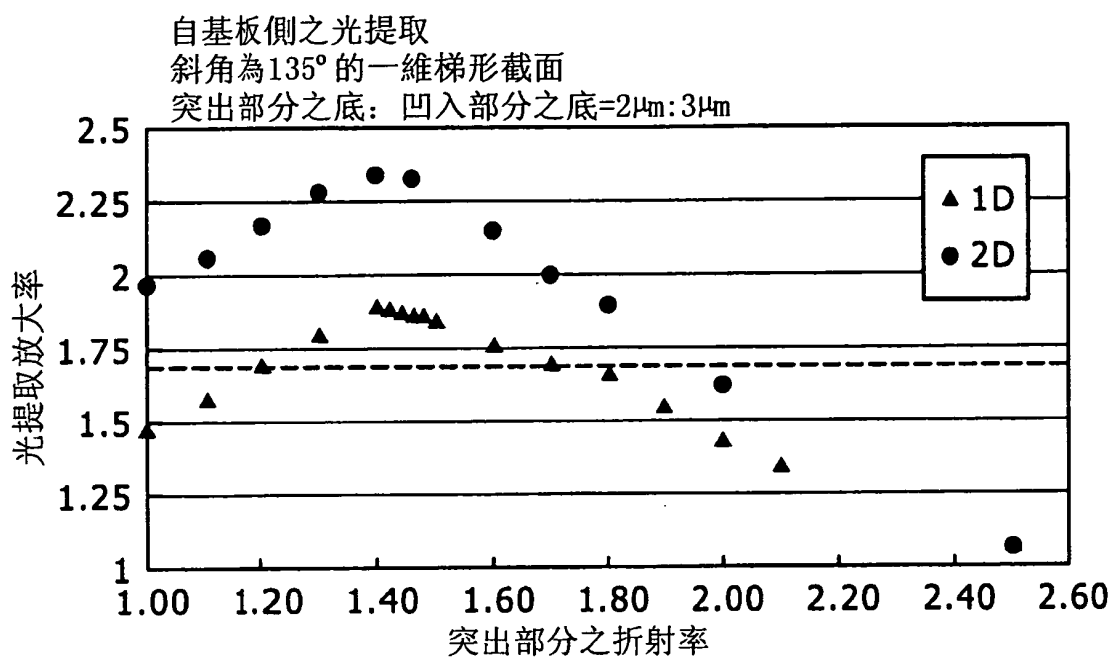


圖53

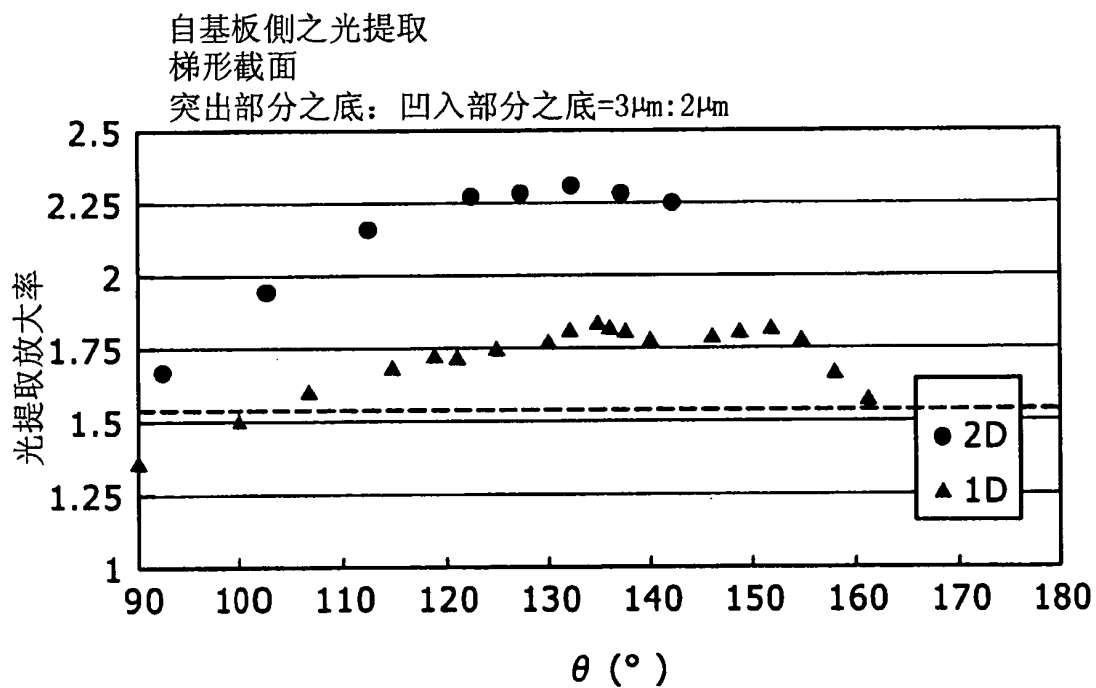


圖54

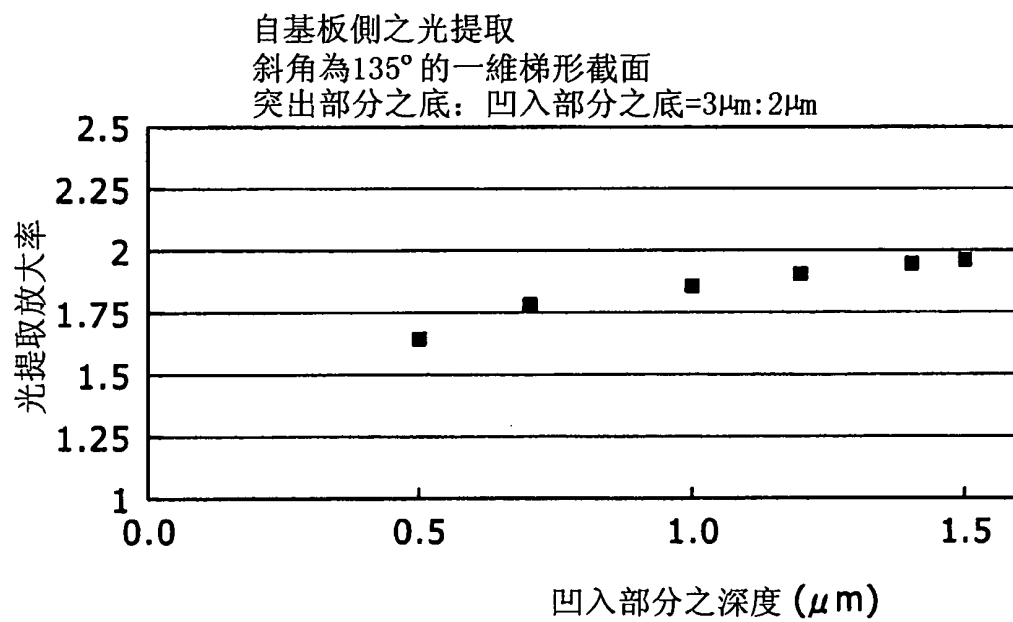


圖55

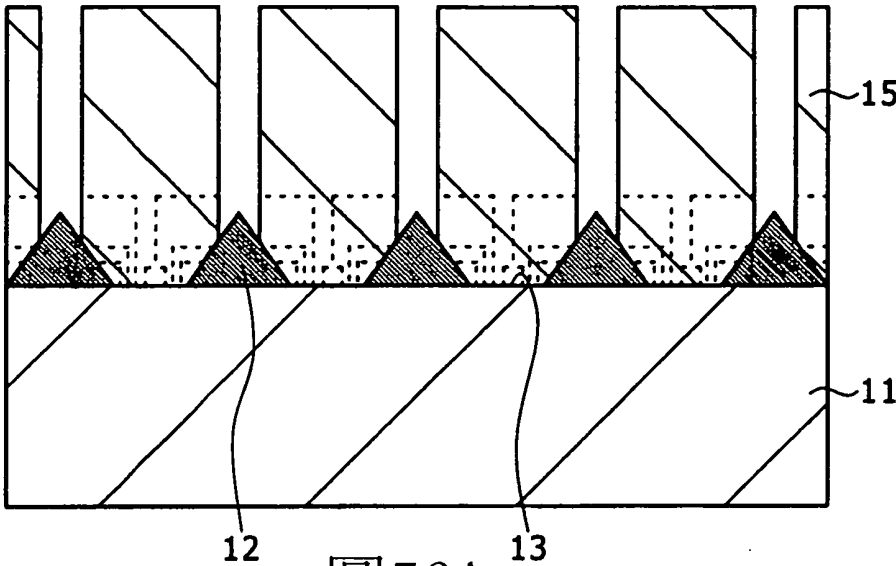


圖56A

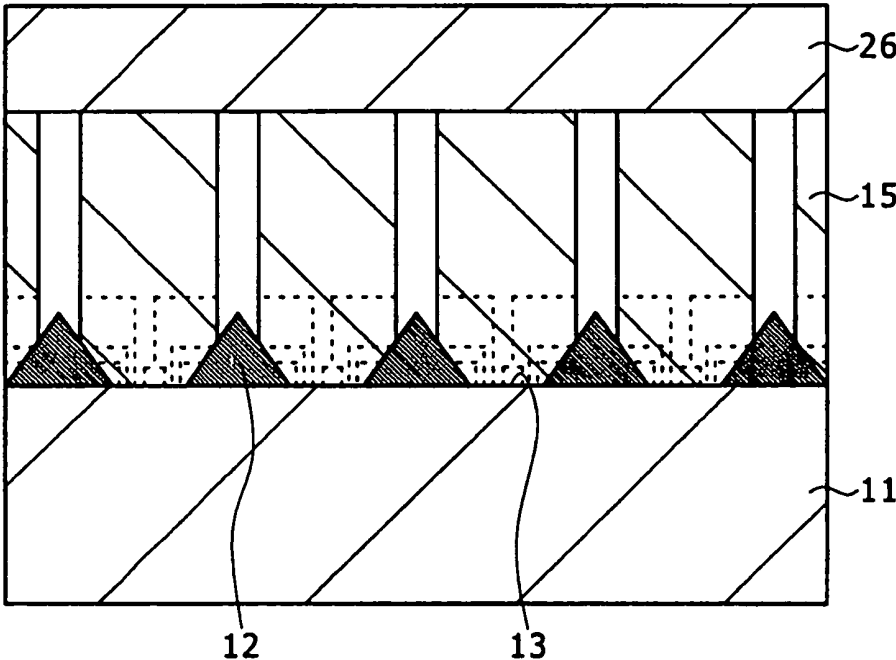


圖56B

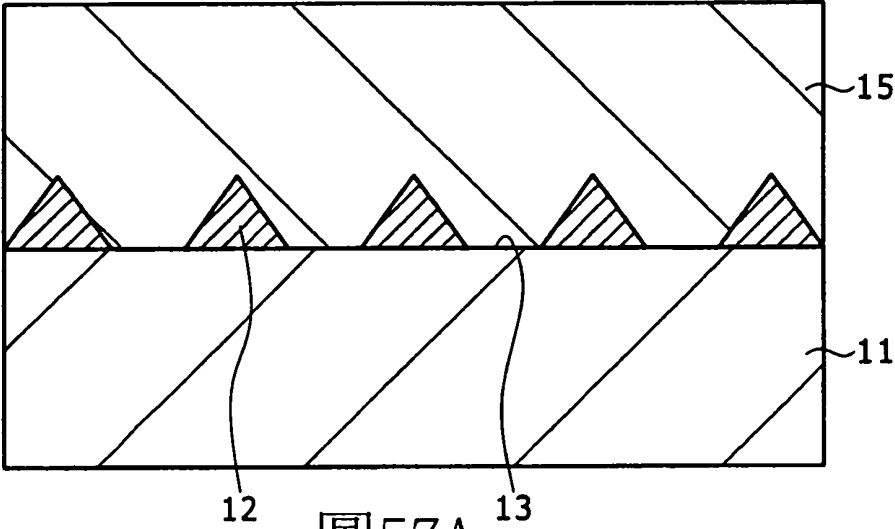


圖57A

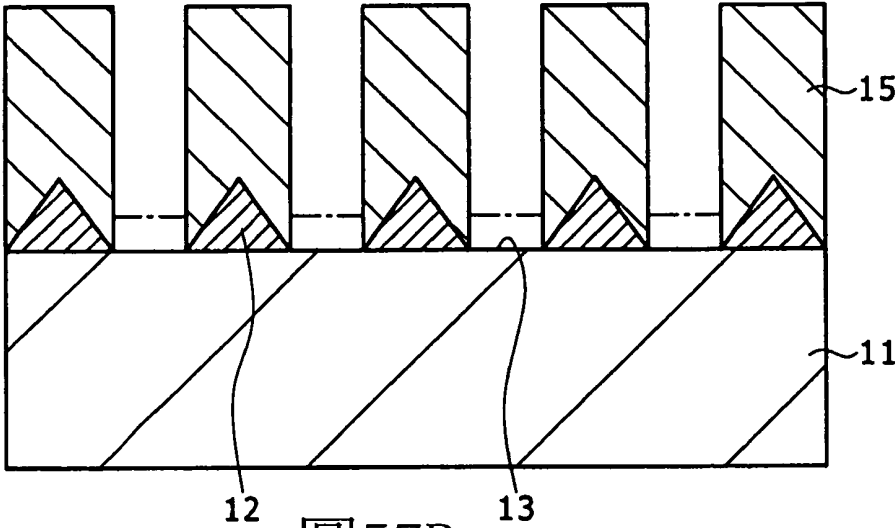
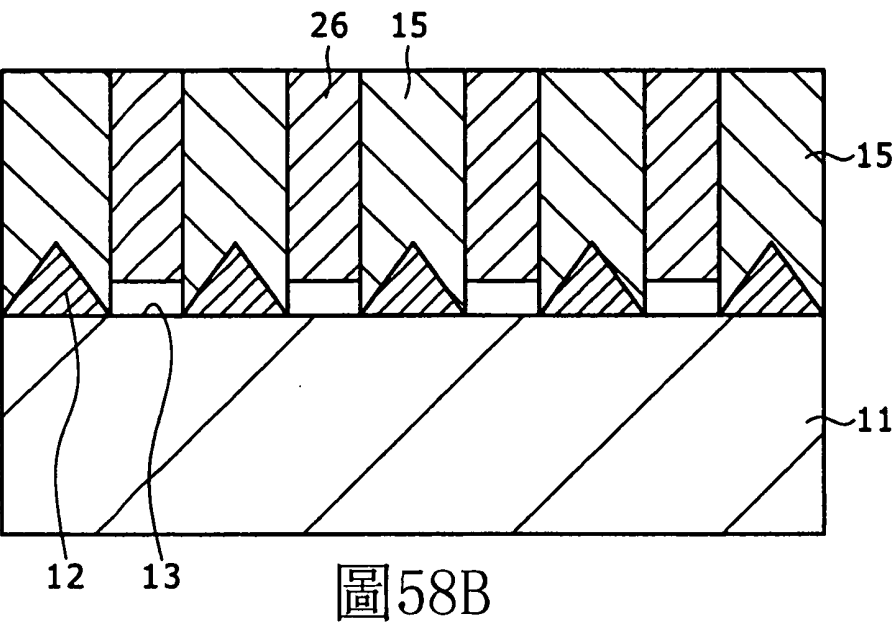
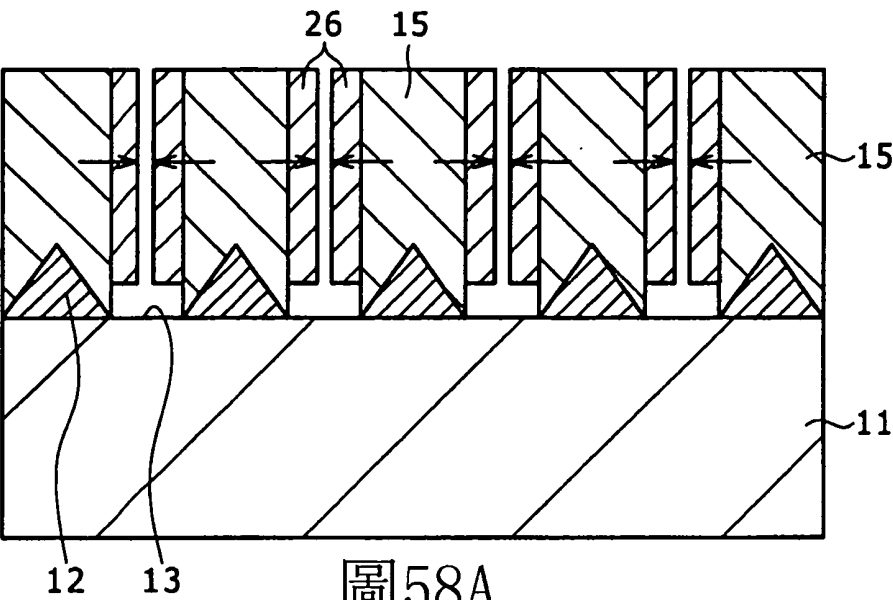


圖57B



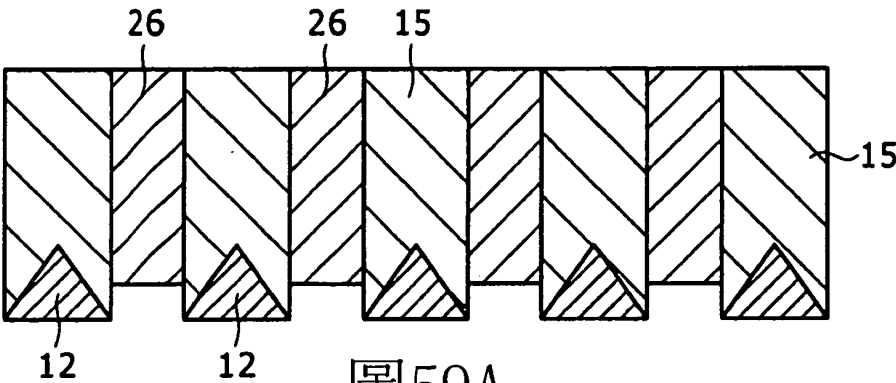


圖59A

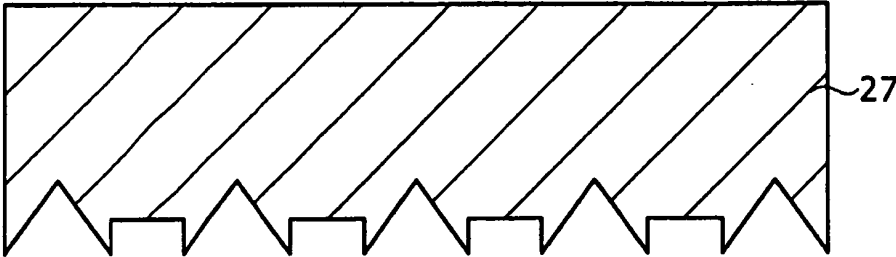


圖59B

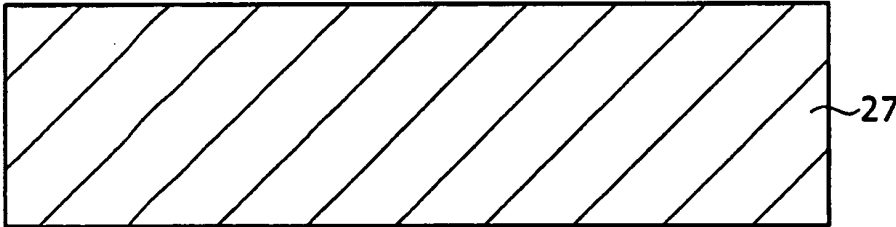


圖59C

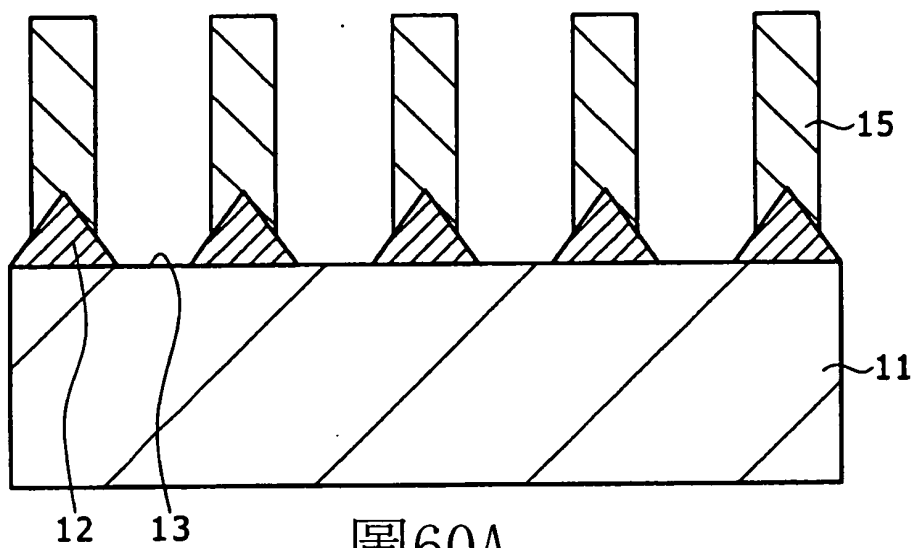


圖60A

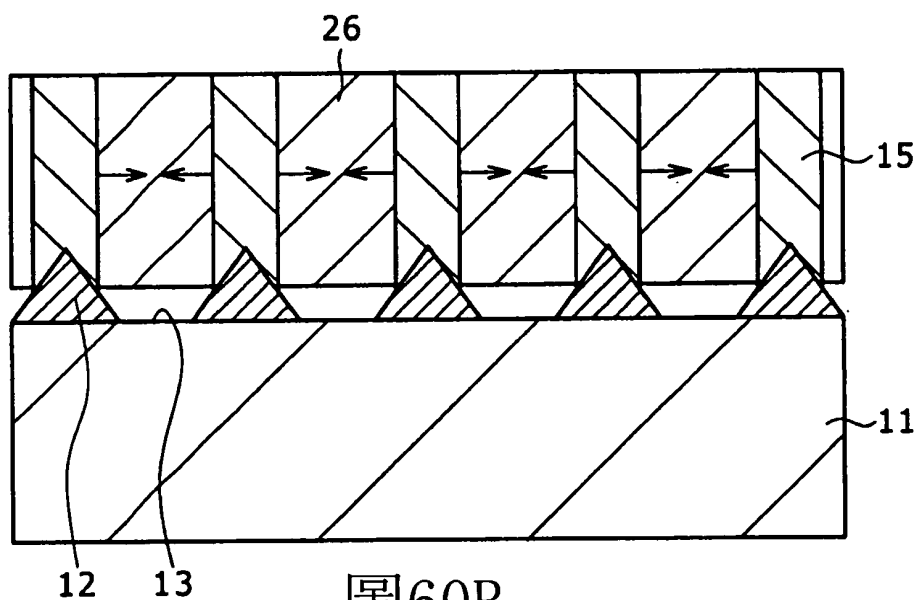
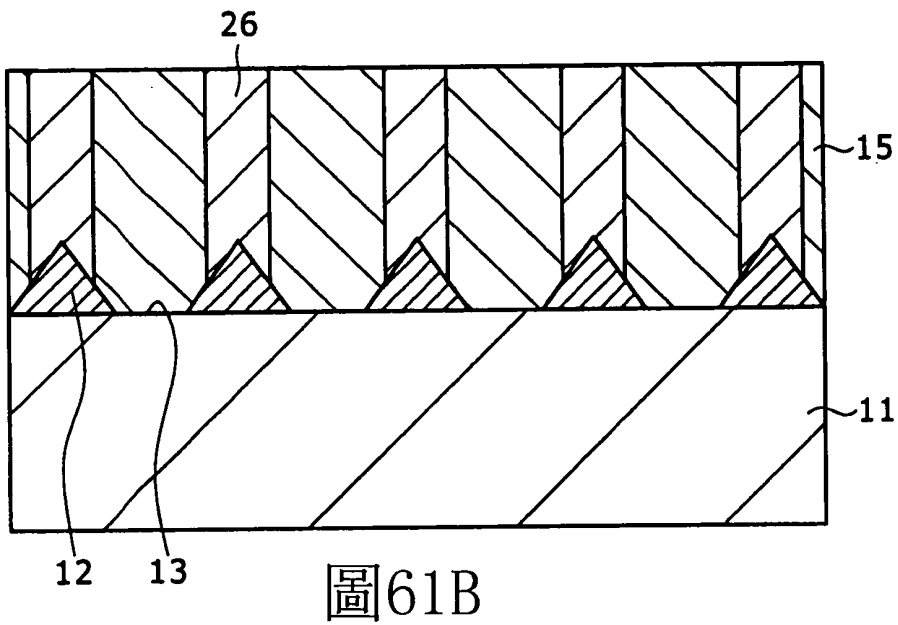
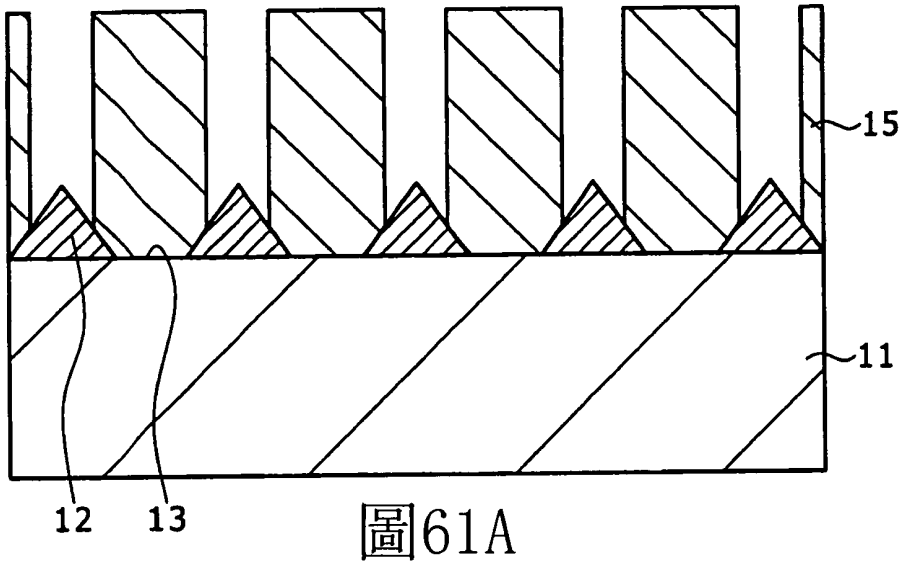


圖60B



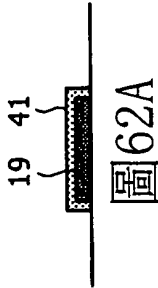


圖62A

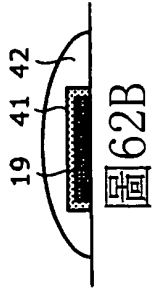


圖62B

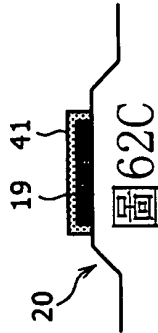


圖62C

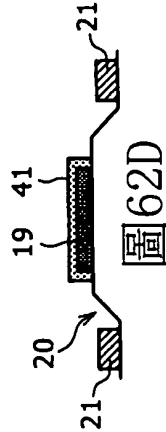


圖62D

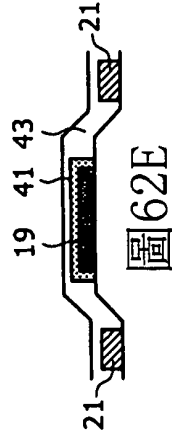


圖62E

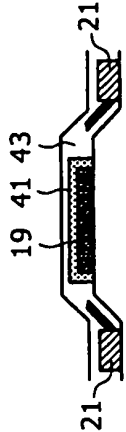


圖62F

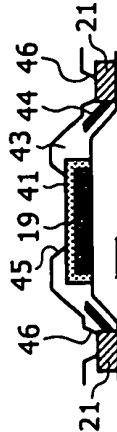


圖62G

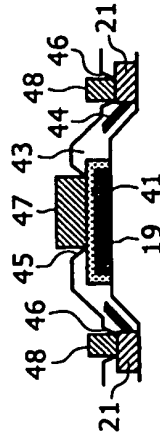


圖62H

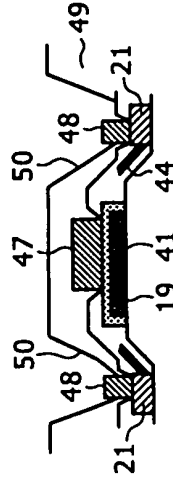


圖62I

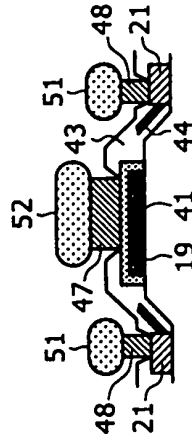


圖62J

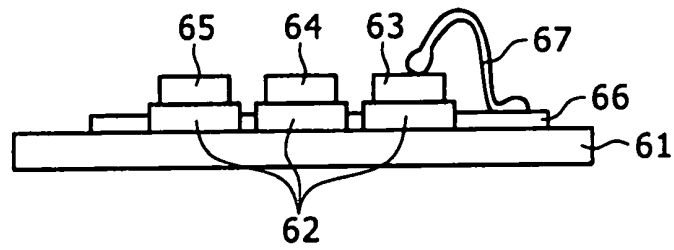


圖63A

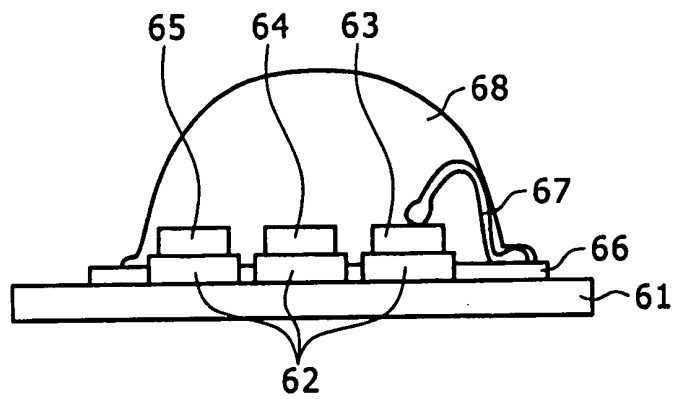


圖63B

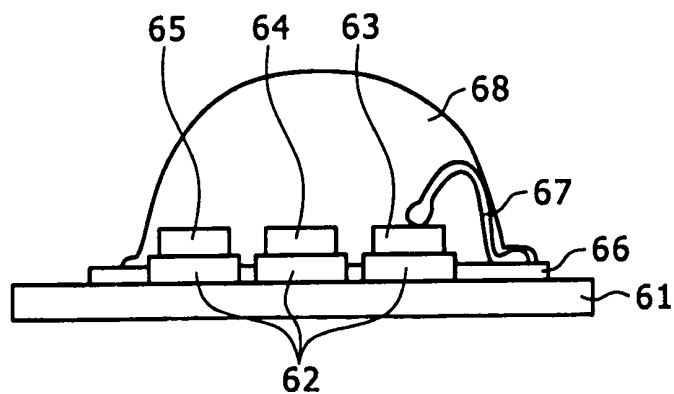


圖63C

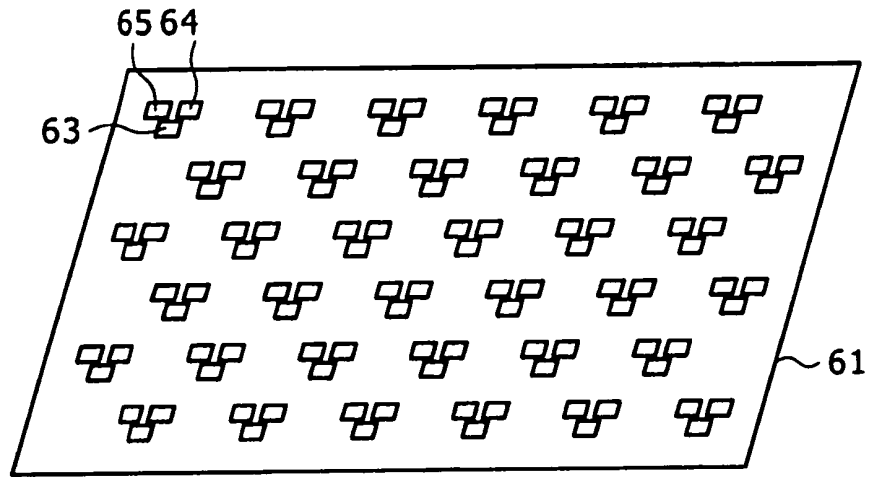


圖64

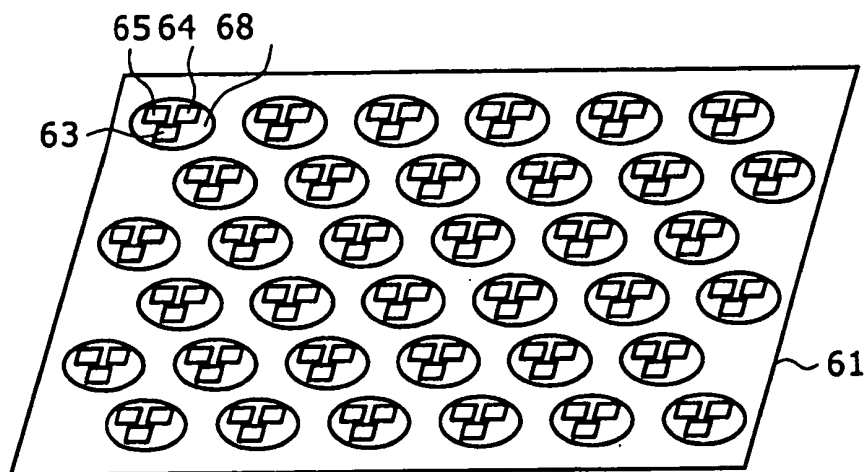


圖65

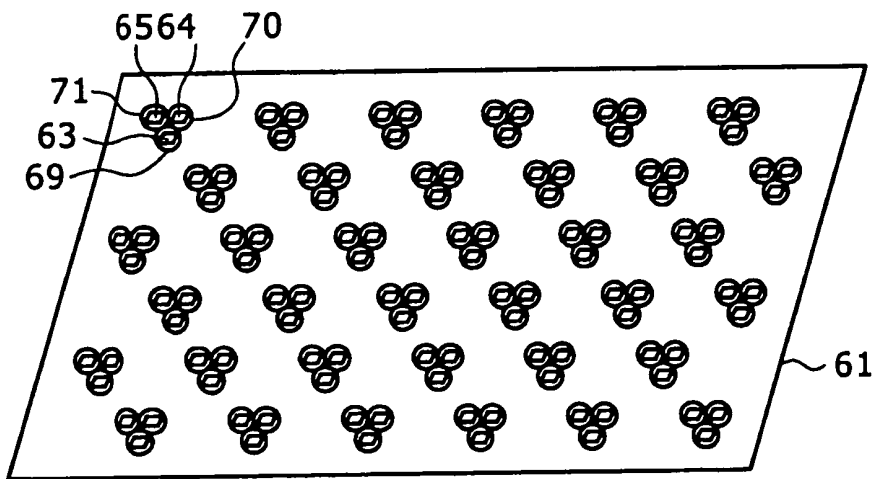


圖 66

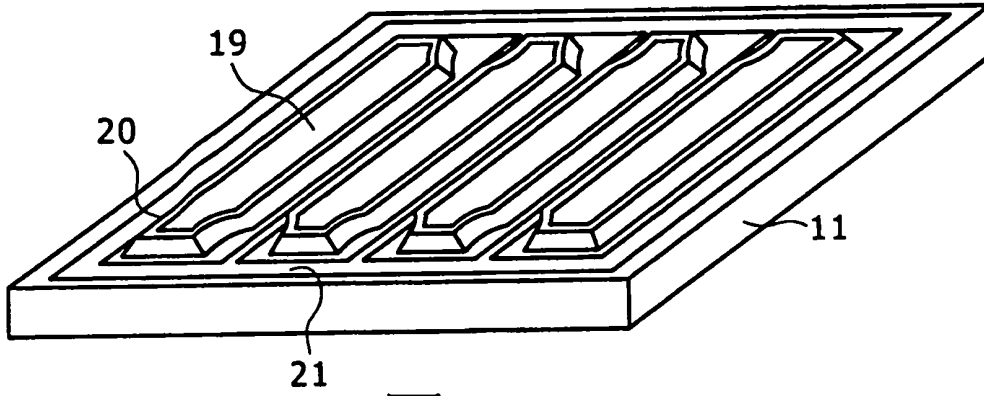


圖67

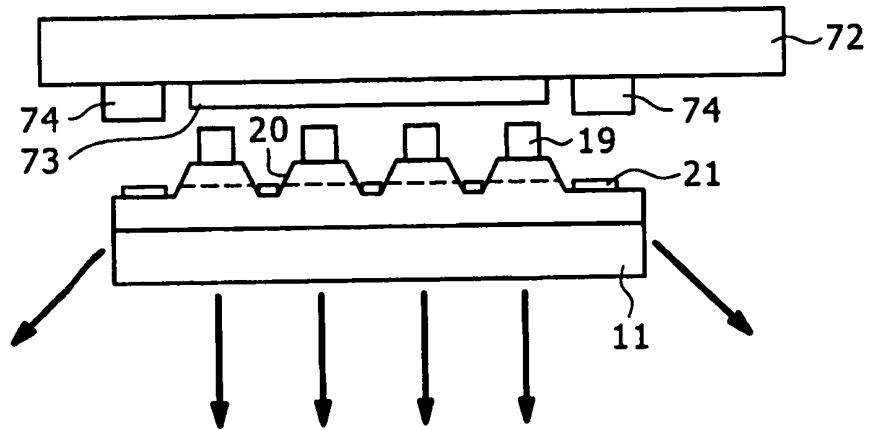


圖68

圖68

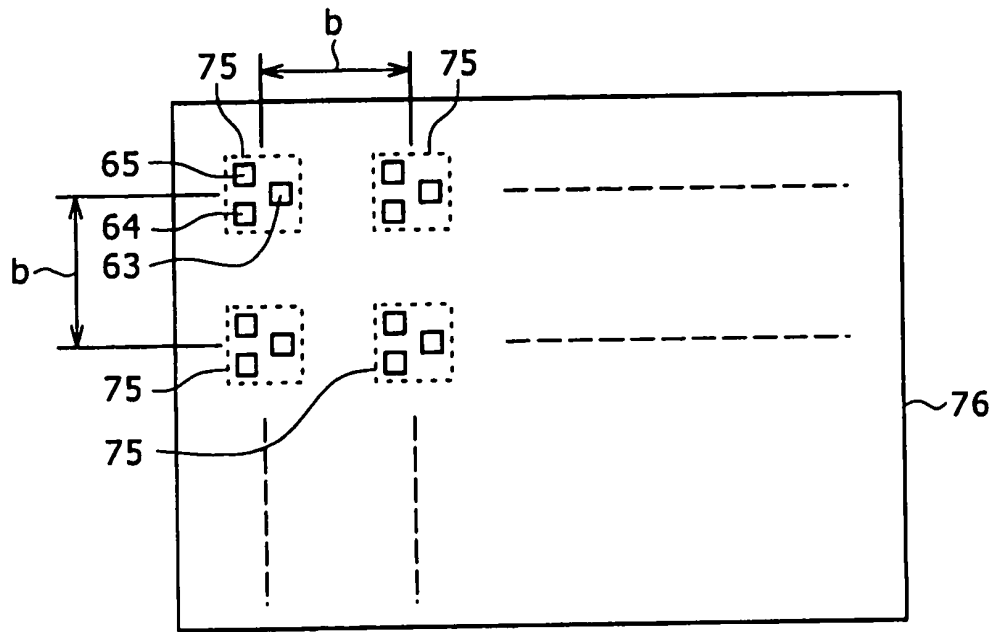


圖69A

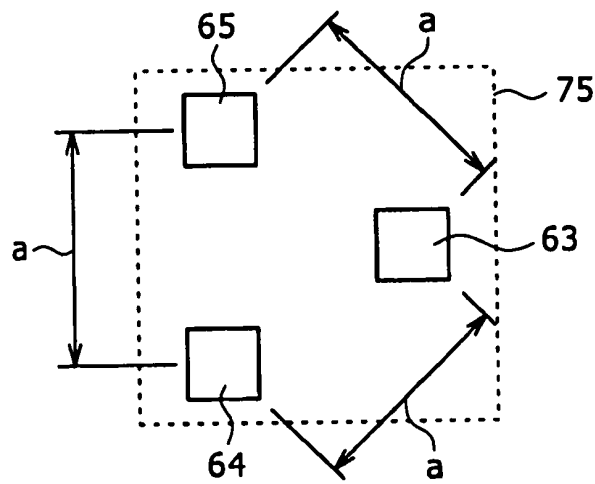


圖69B

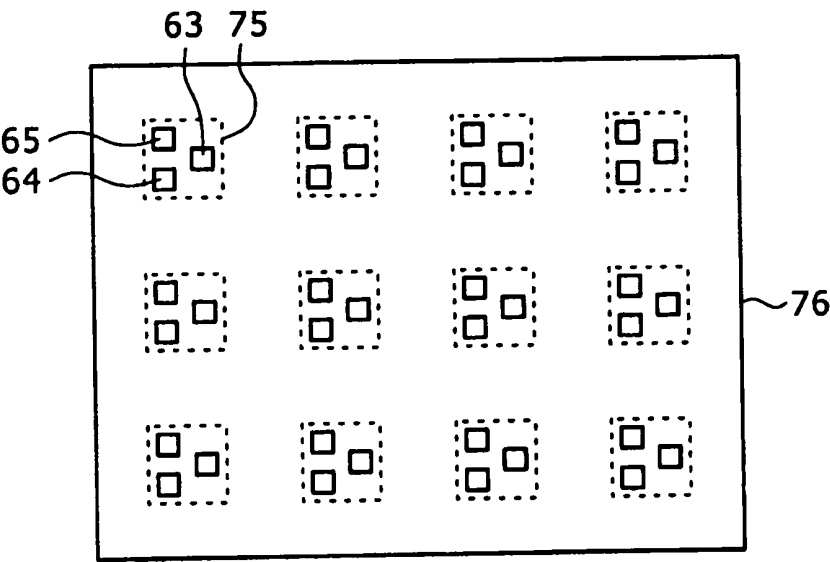


圖70

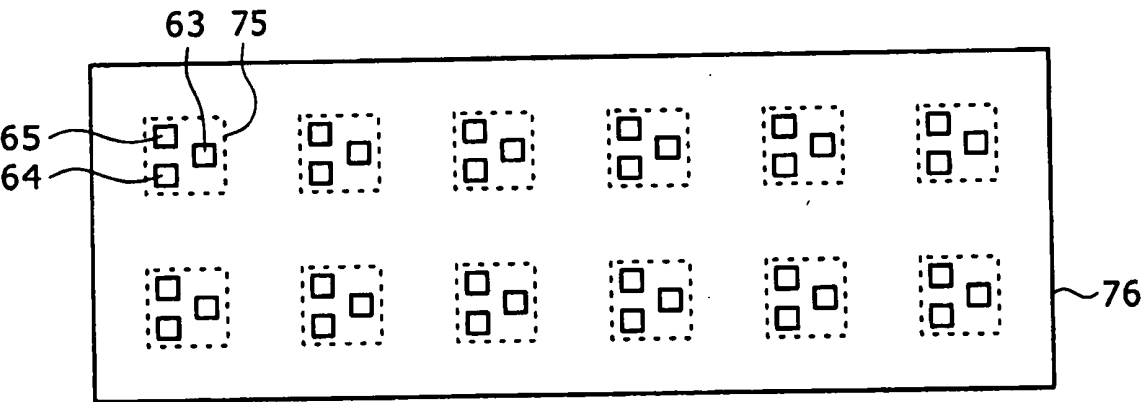


圖71

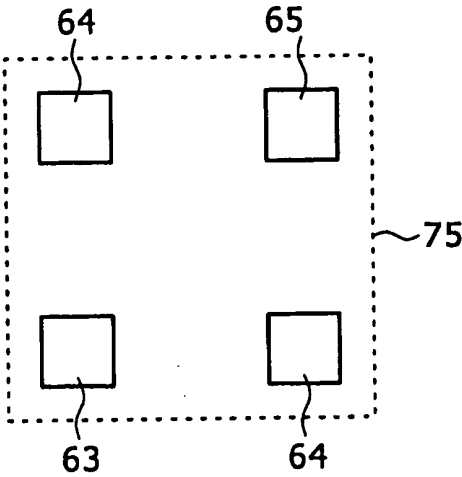


圖72

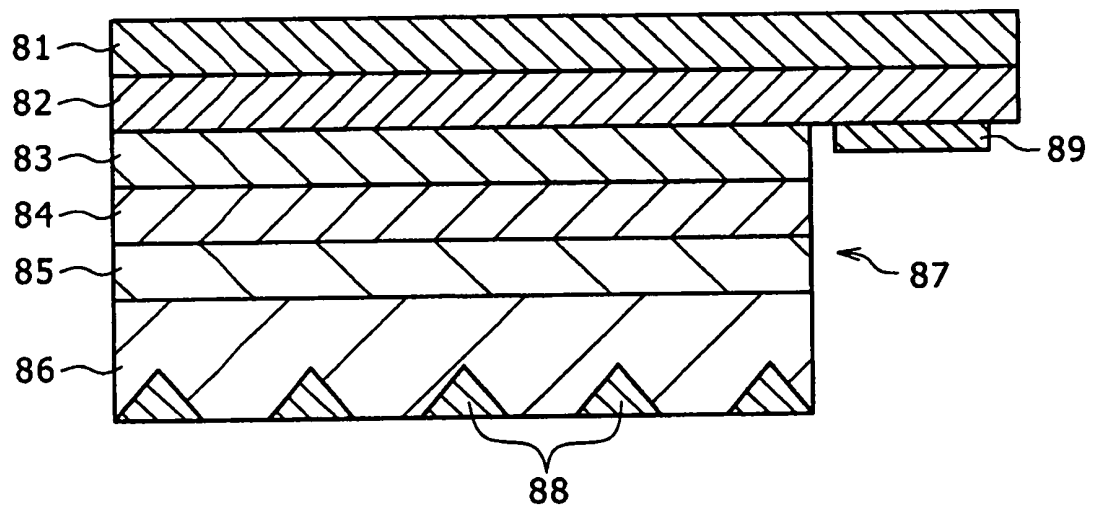


圖73

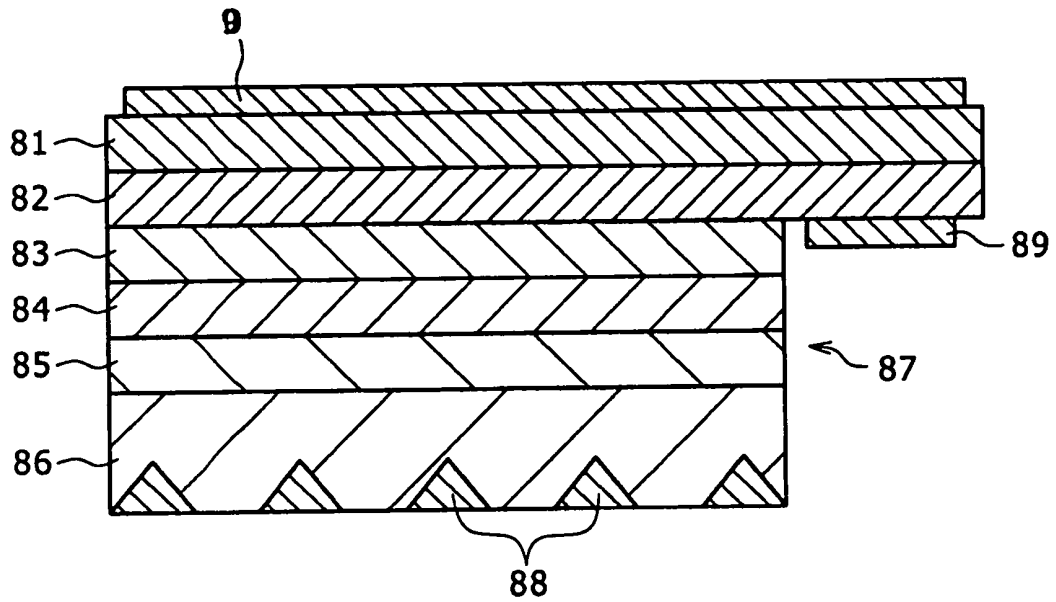


圖74

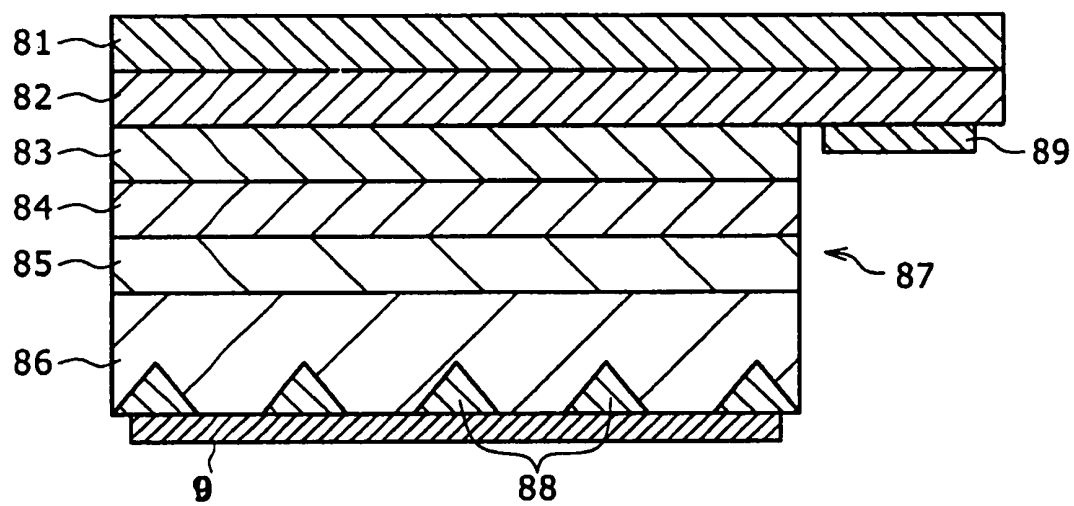


圖75

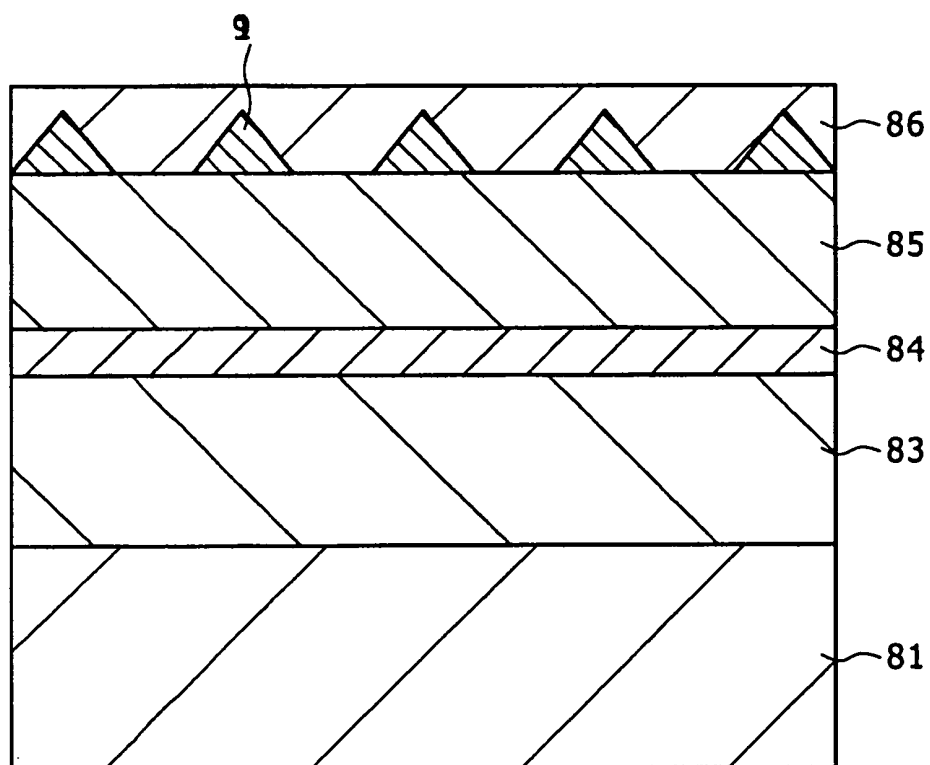


圖76

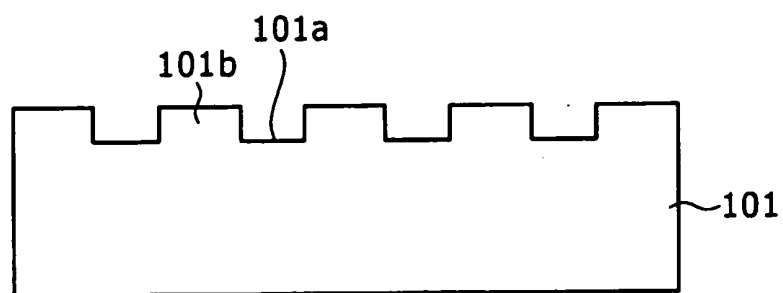


圖77A

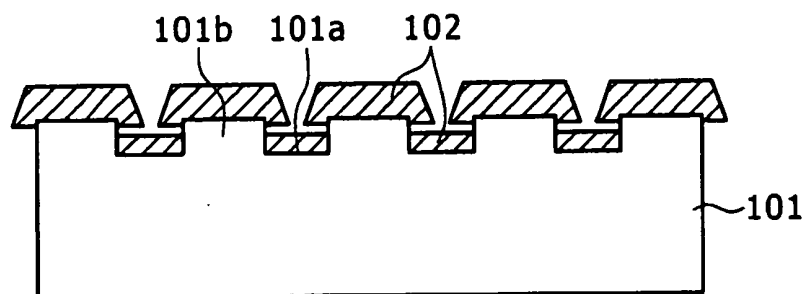


圖77B

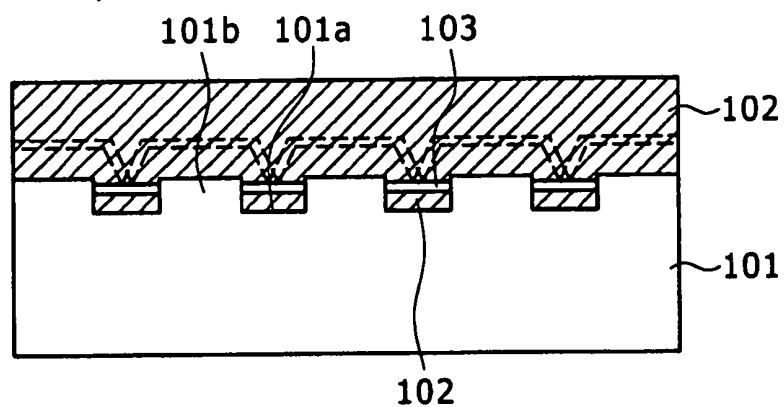


圖77C

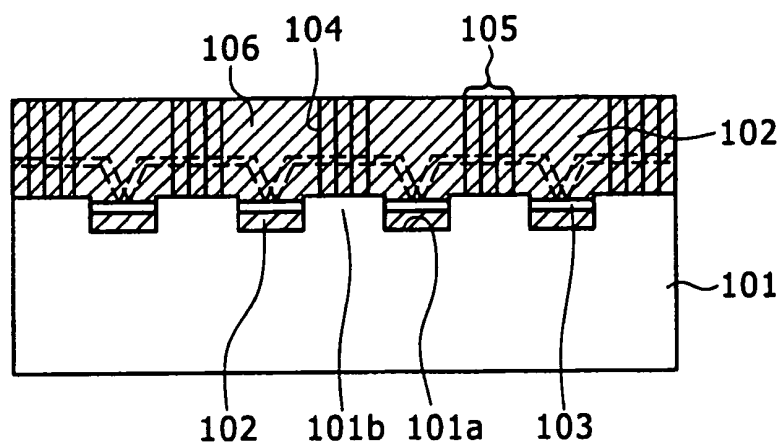


圖78

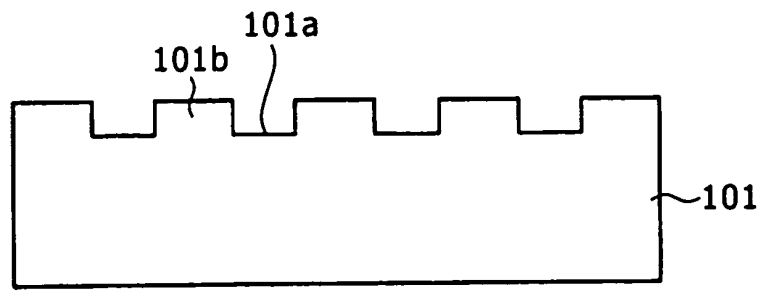


圖79A

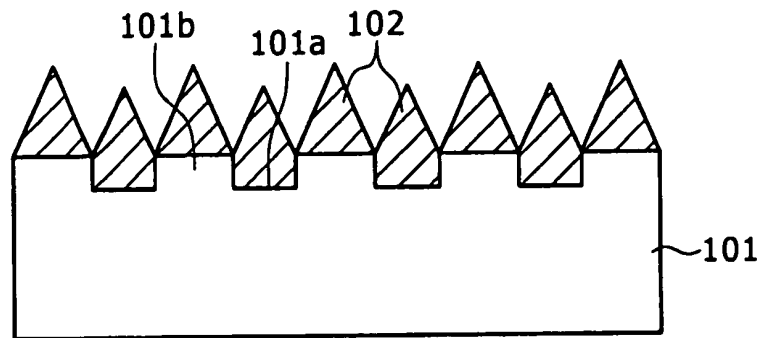


圖79B

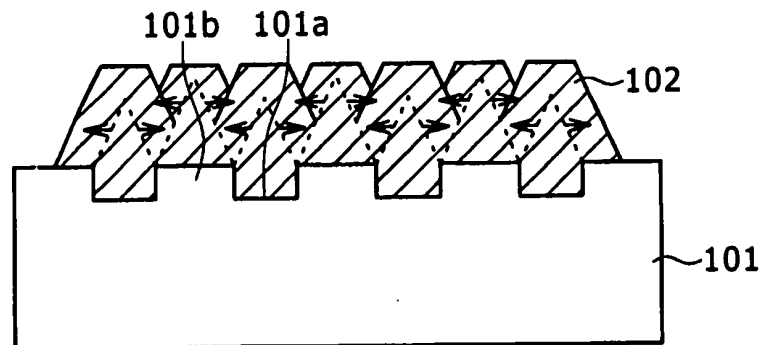


圖79C

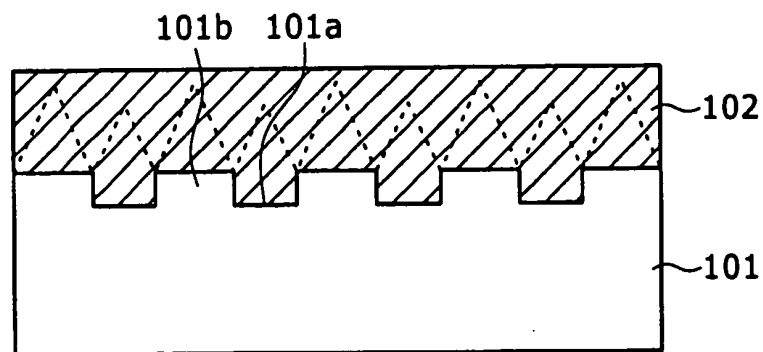


圖79D

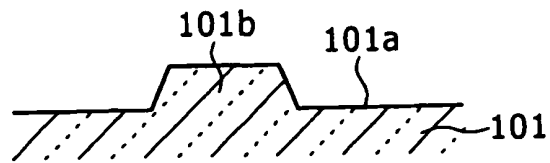


圖80A

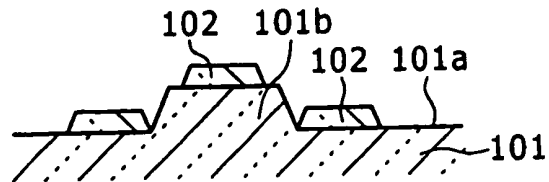


圖80B

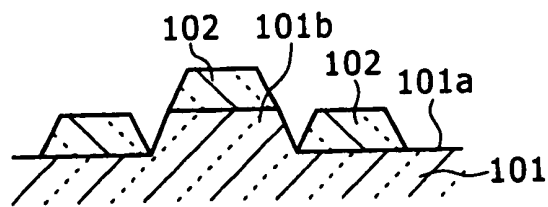


圖80C

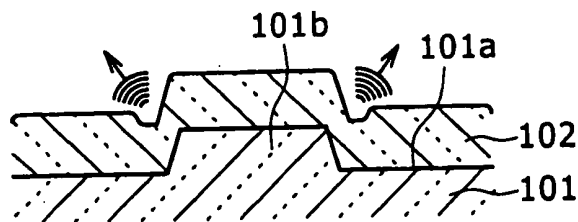


圖80D

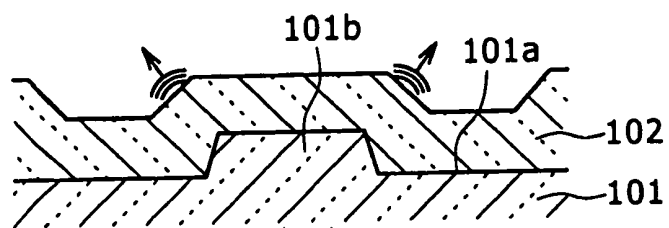


圖80E

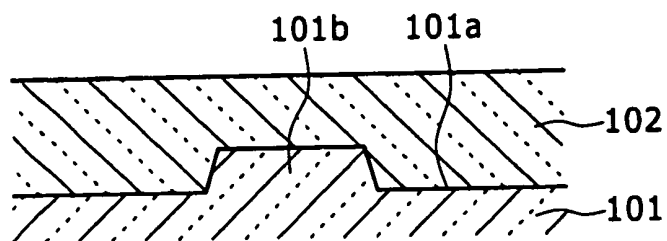


圖80F

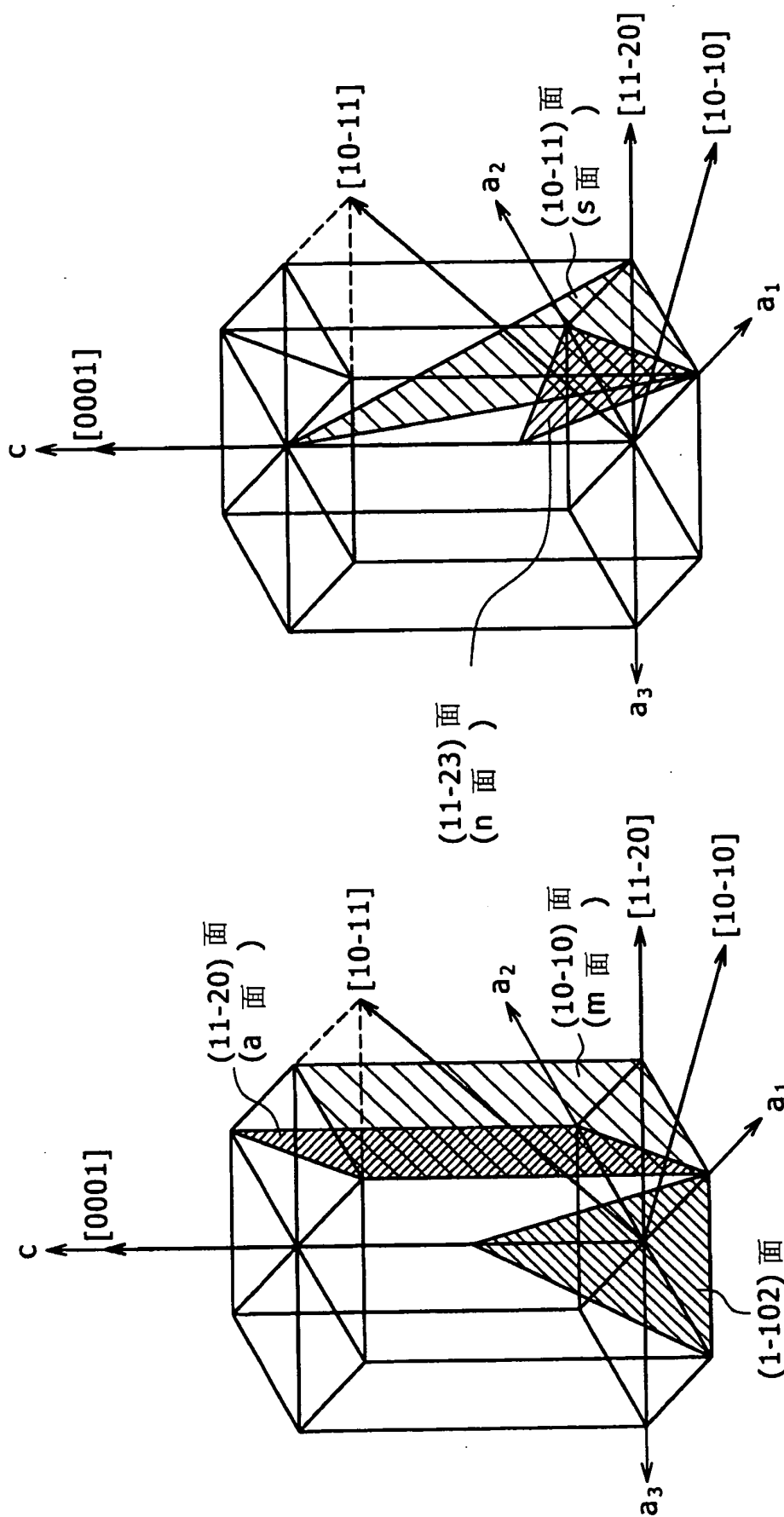


圖 81B

圖 81A

七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 (1) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

11	基板
12	突出部分
13	凹入部分
14	微核
15	氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

(無)

99年4月15日修正
補充

公告本

發明專利說明書

中文說明書替換頁(99年4月)

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號：095134856

※ 申請日期：95.9.20

※IPC 分類：~~H05B~~ H01K 33/00

一、發明名稱：(中文/英文)

成長一氮化物為基礎之III-V族化合物半導體之方法

METHOD FOR GROWING A NITRIDE-BASED III-V GROUP
COMPOUND SEMICONDUCTOR

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

日商新力股份有限公司

SONY CORPORATION

代表人：(中文/英文)

中鉢 良治

CHUBACHI, RYOJI

住居所或營業所地址：(中文/英文)

日本東京都品川區北品川六丁目七番35號

7-35, KITASHINAGAWA 6-CHOME, SHINAGAWA-KU, TOKYO,
JAPAN

國 籍：(中文/英文)

日本 JAPAN

十、申請專利範圍：

1. 一種製造一發光二極體之方法，其包含：

在一基板之一主表面上提供複數個平行的突出部分及複數個平行的凹入部分，其中每一突出部分由一在類型上不同於該基板之材料的材料所形成且每一凹入部分係定義於連續的多個突出部分之間；

在每一凹入部分上成長具有一三角形截面之一第一氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層，其中該等凹入部分之每一者之一底面成為該三角形截面之一底；

自該第一氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層在該基板上之多個突出部分之間橫向成長一第二氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層，該橫向成長係佔有優勢，使得在該橫向成長期間藉由該第一及第二氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層而在該複數個突出部分之每一者之間形成一六角形截面；及

在該第二氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層上連續成長一第一傳導類型的一第三氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層、一有效層及一第二傳導類型的一第四氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層。

2. 如請求項1之方法，其中在該第一氮化物為基礎之III-V族化合物半導體之該成長的過程中，

當在一垂直於該一主表面之方向上自一與該等凹入部分之每一者之該底面的介面產生之一位錯到達在形成一三角形截面之該一狀態下的該第一氮化物為基礎之III-V

族化合物半導體層之一傾斜面或其附近時，該位錯在一平行於該一主表面之方向上彎曲。

3. 如請求項1之方法，其中該等突出部分具有 $0.3\text{ }\mu\text{m}$ 或更大的一高度。
4. 如請求項1之方法，其中該等突出部分之每一者具有一相對於該一主表面傾斜的側面，且使得該側面與該一主表面之間形成的一角度 θ 為 $100^\circ < \theta < 160^\circ$ 。
5. 如請求項1之方法，其中該等凹入部分之每一者具有一反轉梯形截面。
6. 如請求項5之方法，其中更包含：

提供該等凹入部分之每一者之一深度表示為 d 、該凹入部分之該底面之一寬度表示為 W_g 、以及由在該橫向成長之前之一狀態中具有一三角形截面的該第一氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層之一傾斜面與該主表面所定義的一角度表示為 α ，使得該深度 d 、該寬度 W_g 、及該角度 α 滿足 $2d \geq W_g \tan \alpha$ 之一關係。

7. 如請求項1之方法，其中該等突出部分及該等凹入部分交替地形成於該主表面。
8. 如請求項1之方法，其中該等突出部分之每一者係由一介電材料形成。
9. 如請求項1之方法，其中該等突出部分之每一者具有一低於該基板之一折射率的折射率。
10. 如請求項1之方法，其中該第一氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層之成長包括：

以形成該三角形截面之一方式在每一凹入部分上成長且結合一氮化物為基礎之III-V族化合物半導體之複數個微核。

11. 一種成長一氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層之方法，其包含：

在一基板之一主表面上提供複數個平行的突出部分及複數個平行的凹入部分，其中每一突出部分由一在類型上不同於該基板之材料的材料所形成且每一凹入部分係定義於該複數個突出部分之每一者之間；

在每一凹入部分上成長具有一三角形截面之一第一氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層，其中該等凹入部分之每一者之一底面成為該三角形截面之一底；及

自該第一氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層在該基板上之多個突出部分之間橫向成長一第二氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層，該橫向成長係佔有優勢，使得在該橫向成長期間藉由該第一及第二氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層而在該複數個突出部分之每一者之間形成一六角形截面。

12. 一種製造一電子裝置之方法，其包含：

在一基板之一主表面上提供一複數個平行的突出部分及複數個平行的凹入部分，其中每一突出部分由一在類型上不同於該基板之材料的材料所形成且每一凹入部分係被提供於連續的多個突出部分之間；

經由一形成一三角形截面的狀態在該基板之每一凹入

部分上成長一第一層，其中該凹入部分之一底面成為該三角形之一底；及

自該第一層在該基板上橫向成長一第二層，該橫向成長係佔有優勢，使得在該橫向成長期間藉由該第一氮化物為基礎之III-V族化合物半導體層而在該複數個突出部分之每一者之間形成一六角形截面。