

發明專利說明書200529474
FP13938C

(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：94/02225

※申請日期：94.1.26

※IPC 分類：

H01L33/00

一、發明名稱：(中文/英文)

具有電流擴大結構之薄膜發光二極體

THIN-FILM LED WITH AN ELECTRIC CURRENT EXPANSION STRUCTURE

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

歐斯朗奧托半導體股份有限公司

OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH

代表人：(中文/英文)

1. 穆勒/DR. R. MUELLER

2. 威特根/R. WITTGEN

住居所或營業所地址：(中文/英文)

德國理斯堡 93049 華能街 2 號

Wernerwerkstr. 2, 93049 Regensburg, Germany

國籍：(中文/英文)

德國/Germany

三、發明人：(共 5 人)

姓名：(中文/英文)

1. 安德烈斯韋瑪/WEIMAR, ANDREAS

2. 柏索德哈恩/HAHN, BERTHOLD

3. 韋克哈勒/HAERLE, VOLKER

4. 約翰尼斯包爾/BAUR, JOHANNES

5. 雷孟得奧柏契米/OBERSCHMID, RAIMUND

國籍：(中文/英文)

1. ~ 5. 德國/Germany

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：

德國 2004.01.26 10 2004 003 986.0

☐ 無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

☐ 主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

☐ 主張專利法第三十條生物材料：

☐ 須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

☐ 不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明涉及申請專利範圍第 1 項前言所述之一種薄膜發光二極體。

本專利申請案主張德國專利申請案 10 2004 003 986.0 之優先權，其已揭示之內容於此作為參考。

【先前技術】

一種習知之製造光電組件之方法，特別是以氮化合物半導體為主之電致發光二極體之製造方法，是以所謂薄膜技術為主。在此種方法中，一種有功能的半導體層序列(其特別是包含一種發出輻射用的活性層)首先以磊晶方式生長在一種生長基板上，然後一種新的載體施加在該半導體層序列之與該生長基板相面對的表面上，隨後將該生長基板分離。由於該氮化合物半導體用的生長基板(例如，SiC，藍寶石或 GaN)較貴，則上述方法特別是提供了以下之優點：該生長基板可再使用。由藍寶石所構成的生長基板使氮化合物半導體所構成的半導體層序列剝離時例如可以一種由 WO 98/14986 中已為人所知的雷射剝離(Lift-Off)方法來達成。

一種薄膜發光二極體特別是具有以下之特徵：

- 在一產生輻射用的磊晶層序列之面向載體的主面上施加或形成一種反射層，其使磊晶層序列中所產生的電磁輻射之至少一部份反射回到該磊晶層序列中；

- 該磊晶層序列所具有之厚度是在 20 微米或更小的範圍中，特別是在 6 微米的範圍中；以及

-該磊晶層序列含有至少一種半導體層，該半導體層之至少一面含有一種混合結構，其在理想情況下會使光在該磊晶層序列中形成一種近似於隨機(ergodic)之分佈，即，其具有一種儘可能可隨機推測之分散特性。

薄膜發光二極體之基本原理例如已描述在 I. Schnitzer et al., Appl. Phys. Lett. 63 (16), 18. October 1993, 2174-2176 中，其已揭示之內容於此作為參考。

薄膜發光二極體之電性接觸作用通常是藉由二個電性接觸層來達成，例如，藉由載體背面上之 p-接觸層和半導體層序列之遠離該載體的此側上的 n-接觸層來達成。該薄膜發光二極體之遠離該載體的此側通常是用來發出輻射，因此一種對已發出之輻射是不可透過的接觸層只可施加在該半導體層序列的表面的一部份區域上。由於此一原因，則通常該晶片表面中只有一種較小的中央區域設有一種接觸面(連結墊)。

在傳統的電致發光二極體晶片(其所具有之邊長小於 300 微米)中，通常以一種配置在晶片表面中央的連結墊以便在半導體晶片中達成一種較均勻的電流分佈。但在大面積的半導體晶片(其邊長例如大約為 1 毫米)中上述之接觸方式會不利地對該半導體晶片造成一種不均勻的電流，這樣會在活性區中造成一種較高的前向電壓和一種較小的量子效率。此種效應特別會發生在具有較小之橫向導電率的半導體材料中，特別是會發生在氮化合物半導體中。最大的電流密度在此種情況下發生在該半導體晶片之中央區域中。但該半導體

晶片之中央區域中所發出的輻射之至少一部份是發射至該不可透過的連結墊中且因此至少一部份會被吸收。

爲了改良電流擴大性，則已爲人所知的事實是：在 p-半導體材料之晶片表面之整面上施加一種半透明之薄金屬層，例如 Pt 層或 NiAu 層。然而，已發出之輻射之不可忽視的一部份(例如，大約 50%)會在該半透明的層中被吸收。此外，上述之接觸層不易與 n-摻雜之氮化合物半導體相接觸。

InGaAlP-LEDs 中爲了改良電流之流入性，則由 DE 199 47 030 A1 中已知可使用一種較厚-且透明之電流擴大層，其設有一橫向已結構化之電性接觸層。電流之施加因此是藉由中央連結墊和多個在晶片表面上與該連結墊相連接的接觸條來達成。當發光二極體晶片具有橫向導電率較小的半導體材料，特別是具有氮化合物半導體材料時，則上述之接觸方式不容易轉移至大面積的發光二極體晶片上，此乃因晶片表面上不透明的接觸條之密度必須提高，使已發出的輻射之大部份可在該接觸層中被吸收。此外，較大密度的電流擴大層會造成較大的電壓降且在製造時需要較長的生長時間。又，在較厚的電流擴大層中會產生應力，因此有可能引起裂痕。

【發明內容】

本發明的目的是提供一種薄膜發光二極體，其具有一種已改良的電流擴大結構，該薄膜發光二極體之特徵特別是：藉由接觸層材料而使晶片表面有較小的明暗度(shading)時，則晶片面積上會有較均勻的電流分佈。

上述目的以具有申請專利範圍第 1 項特徵的薄膜發光二極

體來達成。本發明有利的構成和其它形式描述在申請專利範圍其它各附屬項中。

當一種薄膜發光二極體具有：一活性層，其主輻射方向中發出電磁輻射；一在主輻射方向中位於該活性層之後的電流擴大層，其由第一氮化合物半導體材料所構成；一主面，經由該主面使主輻射方向中所發射之輻射發出；以及一第一接觸層，其配置在該主面上，則依據本發明該電流擴大層之橫向導電率可藉由形成一種二維的電子氣體或電洞氣體而提高。

該電流擴大層之橫向導電率提高時會使該活性層有一種均勻的電流流動且因此可提高該薄膜發光二極體之效率。

爲了在電流擴大層中形成一種二維的電子氣體或電洞氣體，則較佳是使由一種第二氮化合物半導體材料(其電子能帶間隙較第一氮化合物半導體材料者還大)所構成的層埋置於該電流擴大層中。

第一氮化合物半導體材料和第二氮化合物半導體材料較佳是各別具有成份 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ，其中 $0 \leq x \leq 1$ ， $0 \leq y \leq 1$ 且 $x+y \leq 1$ 。第二氮化合物半導體材料之成份須與第一氮化合物半導體材料之成份不同，使第二氮化合物半導體材料之電子能帶間隙大於第一氮化合物半導體材料之能帶間隙。各別之材料因此未必具有上式所示之在數學上很準確的成份。反之，各別的材料可具有一種或多種摻雜物質以及其它的成份，這些成份會改變該材料的物理性質。爲了簡單起見，上式只包含晶體柵格(Al, Ga, In, N)之主要成份，當這

些主要成份之一部份可由少量之其它材料所取代時。

在由第二氮化合物半導體材料所構成的至少一層和由第一氮化合物半導體材料所構成的電流擴大層之間的界面上形成一種橫向導電率特別高的區域。該區域之已增高的橫向導電率可在能帶模型中說明如下：在第一氮化合物半導體材料和第二氮化合物半導體材料之間的界面上該導電帶-和價帶之能帶邊緣會分別產生一種彎曲現象，其會造成電位凹陷之形成，該電位凹陷中會產生一種橫向導電率特別高的二維電子氣體或電洞氣體。

在本發明的薄膜發光二極體之一種較佳的實施形式中，由第二氮化合物半導體材料所構成的多個層埋置於電流擴大層中。以此種方式可有利地在第一氮化合物半導體材料和第二氮化合物半導體材料之間形成多種界面，在各界面上由於能帶彎曲而分別形成一種電位凹陷，其中會產生一種橫向導電率較高的二維電子氣體或電洞氣體。整個電流擴大層之橫向導電率因此在與只具有一埋入層(其電子能帶間隙較第一氮化合物半導體材料者還大)之電流擴大層相比較時可更加提高。由第二氮化合物半導體材料所構成的層之數目較佳是介於 1(含)和 5(含)之間。

由第二氮化合物半導體材料所構成的至少一層之厚度例如可在 10 nm 和 100 nm 之間。

第一氮化合物半導體材料(其可形成該電流擴大層)較佳是 GaN。第二氮化合物半導體材料例如可為 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ，其中 $0 \leq x \leq 1$ ，較佳是 $0.1 \leq x \leq 0.2$ 。

由第二氮化合物半導體材料所構成的至少一層較佳是具有一種摻雜，其中該摻雜物質的濃度在與該電流擴大層相鄰的區域中較該層之中央區域中者還高。在第二氮化合物半導體材料之與該電流擴大層相鄰的區域中已提高的摻雜物質濃度所造成的優點是：在各區域中(其中橫向導電率藉由二維電子氣體或電洞氣體而提高)可存在著數目較多的自由電荷載體。橫向導電率和電流擴大性因此可進一步獲得改良。

第一和第二氮化合物半導體材料例如可分別受到 n-摻雜。在此種情況下，在第一和第二氮化合物半導體材料之間的界面上會形成一種二維的電子氣體。另一方式是亦可使第一和第二氮化合物半導體材料分別形成 p-摻雜。相對於先前所述的情況而言，此時會在第一和第二氮化合物半導體材料之間的界面上形成一種二維的電洞氣體而不是二維的電子氣體。在本發明的另一有利的不同形式中，其設計方式是使一由第二氮化合物半導體材料所構成的很薄的 n-摻雜層埋置於一由 p-摻雜的第一氮化合物半導體材料所構成的電流擴大層中。以此種方式則亦可在 p-摻雜的第一氮化合物半導體材料中產生一種二維的電子氣體。

薄膜發光二極體之活性層例如包含 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ，其中 $0 \leq x \leq 1$ ， $0 \leq y \leq 1$ 且 $x+y \leq 1$ 。該活性層例如可形成異質結構，雙異質結構或量子井結構。此名稱”量子井結構”因此包含一種結構，該結構中電荷載體藉由局限(confinement)作用而使其能量狀態量子化。該名稱”量子井結構”特別是未指出該量子化的維度，其因此另外可包含量子井，量子線和量子

點以及這些結構的組合。

在上述薄膜發光二極體之一種實施形式中，作為輻射發出的主面之至少一個邊長是 400 微米或更大，特別是 800 微米或更大。特別是可設有一種 1 毫米或更大的邊長，其中該主面特別是可具有一種正方形的形式。藉由電流擴大層之橫向導電率之提高，則在大面積的薄膜發光二極體中可在活性層中達成一種較均勻的電流分佈，否則由氮化合物半導體材料所構成的傳統之電流擴大層不易達成均勻的電流分佈。

該薄膜發光二極體之第一接觸層配置在發出輻射用的主面上且較佳是包含一種金屬或金屬合金。該第一接觸層較佳是一種 Ti-Pt-Au 層序列，其由相鄰之氮化合物半導體層開始例如包含一種大約 50 nm 厚之 Ti-層，大約 50 nm 厚之 Pt-層以及一種大約 2 μ m 厚之 Au-層。一種 Ti-Pt-Au 層序列相對於電子遷移不敏感時是有利的，否則電子遷移例如可在一種含有鋁的第一接觸層中發生。第一接觸層因此較佳是未含有鋁。

第一接觸層有利的方式是具有一種橫向的結構，其包含一個接觸面(連結墊)和多個接觸條。在一種較佳的實施形式中，該接觸面由至少一框架形式的接觸條所圍繞，其中該框架形式的接觸條經由至少另一接觸條而與該接觸面相連接。該至少一框架形式的接觸條例如可具有一種正方形-，長方形-或圓形的形式。

由於電流擴大層之已提高的橫向導電率，則在本發明的薄膜發光二極體之主面中只有較小的部份須由該接觸層所覆

蓋。有利的方式是該主面中只有小於 15%，特別是小於 10% 之總面積由第一接觸層所覆蓋。此外，該電流擴大層之良好的橫向導電率所顯示的優點是：該接觸層的較粗大的結構足以在薄膜發光二極體的活性層中產生較均勻的電流密度分佈。例如，有利的方式是該接觸面由 1，2 或 3 個框架形式的接觸條所圍繞。爲了提高該薄膜發光二極體之效率，則由於該電流擴大層之高的橫向導電率而使該接觸層的較細微的結構（特別是使用數目較多的框架形式的接觸條）已不需要。第一接觸層之結構化所需的費用因此可有利地下降。

另一較佳的實施形式含有第二接觸層，其由該活性層觀看時面對第一接觸層。第二接觸層在一種面對該接觸面的區域中具有一種凹口。第二接觸層因此須被結構化，使該接觸面（其與至少一接觸條一起形成第一接觸層）由該活性層觀看時位於一種未由第二接觸層所覆蓋的區域之對面。這樣所具有的優點是：該活性層之一種位於該接觸面下方的區域中的電流密度會下降。這在第一接觸層由一種非透明的金屬構成時特別有利，否則該接觸面下方所產生的輻射的至少一部份會在該接觸面中被吸收。以上述方式可有利地提高該薄膜發光二極體之效率。

第二接觸層較佳是一種對已發出的輻射具有反射性的層。這在該薄膜發光二極體在一種面對該主面的面上以一種載體而與一種連接層（例如，焊接層）相連接時特別有利。在此種情況下，載體方向中所發出的輻射由具有反射性的接觸層反射回到主面中且以此種方式使載體中及/或該連接層中

的輻射吸收率減小。

本發明的薄膜發光二極體在以 300 mA 或更大之電流強度來驅動時特別有利，此乃因在此種大的驅動電流強度時在傳統的薄膜發光二極體中可觀察到一種不均勻的電流分佈，其在發光二極體晶片之中央區中具有最大值。

【實施方式】

本發明以下將依據第 1 至 7 圖中的實施例來詳述。

各圖式中相同或功能相同的元件以相同的參考符號來表示。

依據本發明之第一實施例，第 1A 圖中沿著第 1B 圖之俯視圖之線 I-II 而形成的橫切面所示的薄膜發光二極體含有一種磊晶層序列 16，其具備一種活性層 7。該活性層 7 例如形成異質結構，雙異質結構或量子井結構。電磁輻射 19 例如在紫外線-，藍色-或綠色光譜區域中在主輻射方向 15 中由活性層 7 發出。該活性層 7 例如包含在至少一 p-摻雜的半導體層 6 和至少一 n-摻雜的半導體層 8 之間。由活性層 7 在主輻射方向 15 中所發出的電磁輻射 19 經由主面 14 而由薄膜發光二極體發出。

在面對該主面 14 之此側上該磊晶層序列 16 藉由連接層 3(例如，一種焊接層)而固定在載體 2 上。該載體的背面例如設有電極 1。

爲了使該薄膜發光二極體之磊晶層序列 16 達成電性接觸作用，則須在該薄膜發光二極體之主面 14 上設有第一接觸層 11，12，13。在該活性層 7 和第一接觸層 11，12，13 之

間含有一種電流擴大層 9，其包含第一氮化合物半導體材料，例如，GaN。在由第一氮化合物半導體材料所構成的電流擴大層 9 中埋置著由第二氮化合物半導體材料(較佳是AlGaIn)所構成的至少一個層 10，即，電流擴大層 9 具有多個層，其例如含有二個 GaIn-部份層(partial layer)9a, 9b，該二個部份層藉由已埋置的 AlGaIn-層 10 而互相隔開。該 AlGaIn-層 10 較佳是具有成份 $Al_xGa_{1-x}In$ ，其中 $0.1 \leq x \leq 0.2$ 。

就像以下仍將詳述者一樣，藉由電流擴大層 9 中已埋置的半導體層 10，則可改進該電流擴大層 9 之橫向導電率。電流擴大層 9 中已埋置的由第二氮化合物半導體材料所構成的層 10 所具有的厚度較佳是由 10 nm(含)至 100 nm(含)。

第一接觸層 11，12，13 較佳是包含一種 Ti-Pt-Au-層序列(未顯示)，其由相鄰的電流擴大層 10 開始例如包含一種大約 50 nm 厚的 Ti-層，一大約 50 nm 厚的 Pt-層以及一大約 2 μ m 厚的 Au-層。爲了防止電子遷移，則第一接觸層 11，12，13 較佳是未含有鋁。配置在該薄膜發光二極體之主面 14 上的第一接觸層 11，12，13 之橫向結構顯示在第 1B 圖所示的俯視圖中。第一接觸層包含一接觸面 11，其配置在該主面 14 之中央區中。此外，第一接觸層包含多個接觸條 12，其在徑向中由接觸面 11 而向該薄膜發光二極體之邊緣延伸。各接觸條 12 之至少一部份經由另一框架形式的接觸條 13(其圍繞該接觸面 11)而互相連接。

各框架形式的接觸條 13 可構成如圖所示的互相圍繞之正方形或長方形。另一方式是例如亦可使用圓形的框架或規則

的多角形形式的框架，其中各框架形式的接觸條 13 較佳是以同心方式配置著，即，其具有一種共同的中央點，該中央點中較佳是配置著該接觸面 11。框架形式的接觸條之數目較佳是 1，2 或 3。第一接觸層（其包含該接觸面 11 和各接觸條 12，13）較佳是由金屬所構成，特別是由鋁所構成。

第二接觸層 5 鄰接於該薄膜發光二極體之半導體層序列 16 之面向該載體 2 的此側，第二接觸層較佳是對該相鄰接的半導體層 6 形成一種歐姆接觸。第二接觸層 5 較佳是含有一種金屬，例如，鋁，銀或金。在與第二接觸層 5 相鄰接之半導體層 6 是 p-摻雜之情況下，銀特別是一種適用於第二接觸層 5 之材料，此乃因銀可對該 p-摻雜之氮化合物半導體形成一種良好的歐姆接觸。

第二接觸層 5 較佳是一種可對該已發出的輻射造成反射的層。這樣所具有的優點是：由活性層 7 在該載體 2 的方向中所發出的電磁輻射的至少一部份可朝向該主面 14 反射且在該處由薄膜發光二極體發出。以此種方式可使吸收損耗減少，該吸收損耗例如可發生在該載體 2 的內部或發生在該連接層 3 中。

在面對第一接觸層的接觸面 11 之區域中，第二接觸層 5 較佳是具有一種凹口 18。該凹口 18 之大小和形式較佳是與該接觸面 11 之大小和形式相一致。由於在該凹口 18 之區域中在第二接觸層 5 和相鄰的半導體層 6 之間不會形成歐姆接觸，則主面 14 上之第一接觸層 11，12，13 和載體 2 之背面上之電極 1 之間該電流流經該凹口 18 之區域時會變小。以

此種方式使流經活性層 7 之一區域(其配置在第一接觸面 11 和第二接觸層 5 中的凹口 18 之間)之電流有利地下降。活性層 7 之該區域中輻射之產生因此會下降，於是可有利地使非透明之接觸面 11 內部中至少一部份輻射之吸收會下降。

在第二接觸層 5 和該連接層 3 之間較佳是包含一種位障層 4。該位障層 4 例如含有 TiWN。藉由該位障層 4，則特別是可防止該連接層 3(其例如是一種焊接層)之材料擴散至第二接觸層中，否則特別是作為反射層用之第二接觸層 5 之反射作用會受影響。

本發明之薄膜發光二極體在第 2A 圖中以橫切面-以及在第 2B 圖中以俯視圖所顯示的第二實施例不同於本發明第 1 圖中所示的第一實施例之處是：由第二氮化合物半導體材料所構成的三個層 10a, 10b, 10c(第一實施例中只有唯一之一層)埋置於電流擴大層 9 中，即，電流擴大層 9 具有多個層，其例如包含 4 個 GaN-部份層 9a, 9b, 9c, 9d，這些層藉由三個已埋置之 AlGaIn-層 10a, 10b, 10c 而互相隔開。另一方式是其它由第二氮化合物半導體材料所構成的多個層亦可埋置於由第一氮化合物半導體材料所構成的電流擴大層 9 中。

已埋置之各層之數目較佳是介於 1 和 5 之間。這些層 10a, 10b, 10c 分別具有 10 nm 至 100 nm 之厚度且不必以周期性之方式配置著。例如，各層 10a, 10b, 10c 之厚度不同及/或相互間的距離不同。

藉由多個已埋置之由第二氮化合物半導體材料所構成之層 10a, 10b, 10c，則電流擴大層 9 之橫向導電率在與第 1 圖

中所示的實施形式相比較時可有利地以各別已埋置之層而進一步提高。例如，藉由電流擴大層 9 中已埋置之三個層 10a, 10b, 10c，則可在第一氮化合物半導體材料和第二氮化合物半導體材料之間以較大的電子能帶間隙來產生 6 個界面。在每一界面上分別形成一種電子位能井 (well)，電子在該位能井內部中具有一種特別高的移動性。

電流擴大層之橫向導電率提高時所具有的優點是：由於由第二氮化合物半導體材料所構成的各層 10a, 10b, 10c 埋置於電流擴大層 9 中，則該電流擴大層 9 之橫向導電率可提高，使接觸條之數目，各接觸條相互間的距離以及由各接觸條 12, 13 和該接觸面 11 所覆蓋之晶片面積都可減小，此時該電流擴大作用在該薄膜發光二極體內部中基本上不受影響。

此外，由第 2B 圖所示的俯視圖中可知本發明的第二實施例之與第一實施例不同之處還包括：該主面 14 上的第一接觸層只包含二個框架形式的接觸條 13 以取代三個框架形式的接觸條 13。藉由電流擴大層 9 之橫向導電率之提高，則第一接觸層 11, 12, 13 之結構可簡單化，這樣可使製造成本下降且使各接觸層 11, 12, 13 內部中之輻射吸收率下降。

藉由二維電子氣體或電洞氣體之形成以使橫向導電率提高，這將依據第 3 至 7 圖詳細說明於下。第 3A 圖是由一種氮化合物半導體材料 (例如，n-摻雜之 GaN) 所構成的半導體層之能帶模型中電子之能帶結構圖，其中埋置著由電子能帶間隙較大的第二氮化合物半導體材料 (例如，n-摻雜之

AlGa_N)所構成的半導體層。第 3A 圖顯示導電帶 20，價帶 21 之外形以及 GaN 之費米(Fermi)-能階 22 和 AlGa_N 之費米能階 23，其中未考慮各個半導體材料之間的交互作用。由於 AlGa_N 在與 GaN 相較時具有較大的電子能帶間隙，則埋置於 GaN-層中的 AlGa_N-層中該導電帶 20 和價帶 21 之間的距離大於相鄰的 GaN-層中者。

第 3B 圖是在考慮二種半導體材料之交互作用時所顯示的導電帶邊緣 21 之外形。由於費米能階 22，23 互相平衡，則在 GaN 層之與 AlGa_N 層相鄰之各區域中會形成一種能帶彎曲，使這些區域中分別形成一種電子位能井 25，其中電子具有一種高的移動性，使該區域中形成一種二維之電子氣體。

第 4 圖是針對電流擴大層之一種較佳之實施形式而顯示該摻雜物質濃度 λ 相對於位置座標 z 之關係圖，座標 z 垂直於電流擴大層(即，平行於主輻射方向)而延伸。在本實施例中，AlGa_N 層埋置於一由 GaN 所構成的電流擴大層中，其中該 GaN-層和該 AlGa_N 層分別受到 n-摻雜。該 AlGa_N 層在與該 GaN-層相鄰的區域 24 中所具有的摻雜物質濃度較其內部中者還高(所謂摻雜尖端)。自由電子(其在第 3B 圖中所示的位能井 25 中具有高的移動性)之數目因此更加提高且因此可使橫向導電率進一步獲得改良。

如第 3 圖中依據能帶模型所示，其中只使唯一之由第二氮化合物半導體材料所構成的層埋置於一種由第一氮化合物半導體材料所構成的電流擴大層中，另一方式是亦可加入第

二氮化合物半導體材料所構成的多個層，如本發明第二實施例中所述者。在此種情況下第 5 圖是在未考慮半導體材料(例如，GaN 和 AlGaIn)之間的交互作用時所顯示的導電帶 20 和價帶 21 之外形。在半導體材料之間的每一界面上在考慮上述之交互作用時會分別產生一種與上述第 3B 圖相關之能帶彎曲現象且相對應地形成位能井(未顯示)。

電流擴大層和其中所埋置的由第二氮化合物半導體材料所構成的半導體層不必各別地受到 n-摻雜。另一方式是該二層例如亦可受到 p-摻雜。第 6 圖顯示在 p-摻雜之 AlGaIn-層(其埋置於 p-摻雜之 GaN-層中)之情況下該價帶邊緣 21 之外形。在此種情況下，在界面上分別產生一種能帶彎曲，其分別表示電洞之位能井 26。以此種方式可在各界面區中分別產生一種二維的電洞氣體。

在本發明的另一較佳的實施形式中，爲了在 p-摻雜之電流擴大層(例如，p-GaN)中產生一種二維的電子氣體，則須在該電流擴大層中埋置一種 n-摻雜之層(例如，n-AlGaIn)，其所具有的電子能帶間隙較 p-摻雜之層者還大。本實施形式之未受干擾之能帶模型顯示在第 7A 圖中且在考慮半導體材料之交互作用時該能帶模型顯示在第 7B 圖中。類似於第 3B 圖所示的例子，其中 GaN-層和已埋置之 AlGaIn-層分別受到 n-摻雜，則在此種情況下在 p-摻雜之 GaN 和 n-摻雜之 AlGaIn 之間的界面上由於在各個半導體-半導體-界面上的能帶彎曲而分別形成一種電子位能井 25，藉此以形成一種二維的電子氣體，其具有較高的橫向導電率。

本發明不限於依據各實施例所作的說明。反之，本發明包含每一新的特徵及各特徵的每一種組合，其特別是包含申請專利範圍中各特徵的每一種組合，當該特徵或其組合未明顯地顯示在各申請專利範圍中或各實施例中時亦同。

【圖式簡單說明】

第 1A 圖 本發明第一實施例的薄膜發光二極體之切面圖。

第 1B 圖 本發明第一實施例的薄膜發光二極體之俯視圖。

第 2A 圖 本發明第二實施例的薄膜發光二極體之切面圖。

第 2B 圖 本發明第二實施例的薄膜發光二極體之俯視圖。

第 3A 和 3B 圖 係 n-摻雜的半導體層之電子能帶結構之圖解，其中具有較大之電子能帶間隙之由第二半導體材料所構成的 n-摻雜層埋置於該半導體層中。

第 4 圖 係第 2 圖所示之半導體層之摻雜濃度的之外觀。

第 5 圖 半導體層之能帶模型之圖解，其中埋置著具有較大之電子能帶間隙之由第二半導體材料所構成的多個半導體層。

第 6 圖 係 p-摻雜的半導體層之價帶邊緣之外形，其中埋置著具有較大之電子能帶間隙之由第二半導體材料所構成的 p-摻雜的半導體層。

第 7A 和 7B 圖 係 p-摻雜的半導體層之能帶模型之圖解，其中埋置著具有較大之電子能帶間隙之由第二半導體材料所構成的 n-摻雜之半導體層。

【主要元件符號說明】

1	電極
2	載體
3	連接層
4	位障層
5	第二接觸層
6	p-摻雜的半導體層
7	活性層
8	n-摻雜的半導體層
9	電流擴大層
10	已埋置之層
11	接觸面
12	接觸條
13	框架形式的接觸條
14	主面
15	主輻射方向
16	磊晶層序列
18	凹口
19	電磁輻射
20	導電帶邊緣
21	價帶邊緣
22 , 23	費米能階
24	具有較高摻雜濃度之區域
25 , 26	位能井

五、中文發明摘要：

一種薄膜發光二極體，其具有：一由氮化合物半導體所構成之活性層(7)，其主輻射方向(15)中發出電磁輻射(19)；一在主輻射方向(15)中位於該活性層(7)之後的電流擴大層(9)，其由第一氮化合物半導體材料所構成；一主面(14)，經由此主面使主輻射方向(15)中所發射之輻射被發出；以及第一接觸層(11, 12, 13)，其配置在該主面(14)上。該電流擴大層(9)之橫向導電率藉由形成一種二維的電子氣體或電洞氣體而提高。二維的電子氣體或電洞氣體之形成可有利地藉由至少一種由第二氮化合物半導體材料所構成的層(10)埋置於該電流擴大層(9)中來達成。

六、英文發明摘要：

The invention relates to a thin-film LED comprising an active layer (7) made of a nitride compound semiconductor, which emits electromagnetic radiation (19) in a main radiation direction (15), an electric current expansion layer (9) made of a first nitride compound semiconductor material and following the active layer (7) in the main radiation direction (15), a main area (14), through which the radiation emitted in the main radiation direction (15) is coupled out, and a first contact layer (11, 12, 13), which is arranged on the main area (14), wherein the transverse conductivity of the electric current expansion layer (9) is increased due to the formation of a two-dimensional electron or hole gas. The formation of the two-dimensional electron or hole gas occurs favorably as a result of embedding at least one layer (10) made of a second nitride compound semiconductor material in the electric current expansion layer (9).

十、申請專利範圍：

1. 一種薄膜發光二極體，其具有：一活性層(7)，其主輻射方向(15)中發出電磁輻射(19)；一在主輻射方向(15)中位於該活性層(7)之後的電流擴大層(9)，其由第一氮化合物半導體材料所構成；一主面(14)，經由此主面使主輻射方向(15)中所發射之輻射(19)發出；以及第一接觸層(11, 12, 13)，其配置在該主面(14)上，
其特徵是：該電流擴大層(9)之橫向導電率藉由形成一種二維的電子氣體或電洞氣體而提高。
2. 如申請專利範圍第 1 項之薄膜發光二極體，其中爲了在電流擴大層(9)中形成一種二維的電子氣體或電洞氣體，則由第二氮化合物半導體材料(其電子能帶間隙大於第一氮化合物半導體材料之能帶間隙)所構成的至少一個層(10)須埋置於該電流擴大層(9)中，
3. 如申請專利範圍第 2 項之薄膜發光二極體，其中由第二氮化合物半導體材料所構成的多個層(10a, 10b, 10c)埋置於該電流擴大層(9)中。
4. 如申請專利範圍第 2 或 3 項之薄膜發光二極體，其中由第二氮化合物半導體材料所構成的多個層(10a, 10b, 10c)之數目介於 1(含)和 5(含)之間。
5. 如申請專利範圍第 2 至 4 項中任一項之薄膜發光二極體，其中由第二氮化合物半導體材料所構成的至少一層(10)所具有的厚度是在 10 nm 和 100 nm 之間。
6. 如申請專利範圍第 2 至 5 項中任一項之薄膜發光二極體，

其中第一氮化合物半導體材料是 GaN。

7. 如申請專利範圍第 2 至 6 項中任一項之薄膜發光二極體，其中第二氮化合物半導體材料是 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ，其中 $0.1 \leq x \leq 0.2$ 。

8. 如申請專利範圍第 2 至 7 項中任一項之薄膜發光二極體，其中由第二氮化合物半導體材料所構成的至少一層(10)具有一種摻雜，與該電流擴大層(9)相鄰的區域中之摻雜物質濃度大於該層(10)之中央區域之摻雜物質濃度。

9. 如申請專利範圍第 2 至 8 項中任一項之薄膜發光二極體，其中第一和第二氮化合物半導體材料分別受到 n-摻雜。

10. 如申請專利範圍第 2 至 9 項中任一項之薄膜發光二極體，其中第一氮化合物半導體材料受到 p-摻雜且第二氮化合物半導體材料受到 n-摻雜。

11. 如申請專利範圍第 1 至 10 項中任一項之薄膜發光二極體，其中該活性層(7)具有 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ，其中 $0 \leq x \leq 1$ ， $0 \leq y \leq 1$ 且 $x+y \leq 1$ 。

12. 如申請專利範圍第 1 至 11 項中任一項之薄膜發光二極體，其中該主面(14)之至少一邊長是 400 微米或更大。

13. 如申請專利範圍第 12 項之薄膜發光二極體，其中該主面(14)之至少一邊長是 800 微米或更大。

14. 如申請專利範圍第 1 至 13 項中任一項之薄膜發光二極體，其中該薄膜發光二極體之驅動是以電流強度 300 mA 或更大來達成。

15. 如申請專利範圍第 1 至 14 項中任一項之薄膜發光二極體

，其中第一接觸層(11，12，13)未含有鋁。

16. 如申請專利範圍第 1 至 15 項中任一項之薄膜發光二極體，其中該主面(14)之總面積之小於 15%之部份是由第一接觸層(11，12，13)所覆蓋。

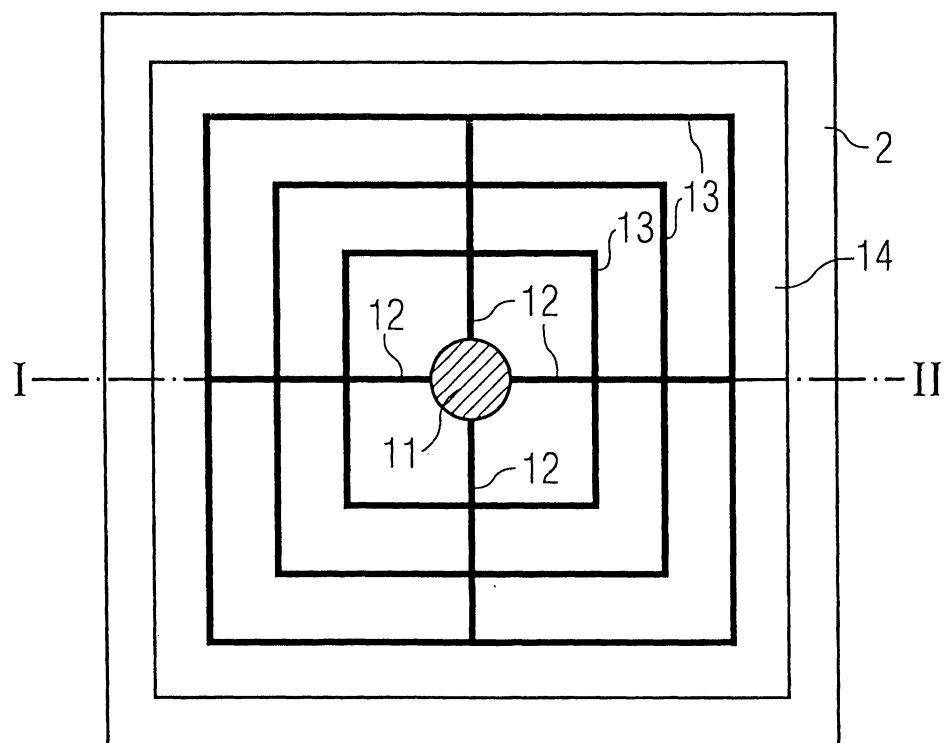
17. 如申請專利範圍第 1 至 16 項中任一項之薄膜發光二極體，其中第一接觸層(11，12，13)具有一種橫向結構，其包含一接觸面(11)和多個接觸條(12，13)。

18. 如申請專利範圍第 17 項之薄膜發光二極體，其中該接觸面(11)由至少一框架形式的接觸條(13)所圍繞，該框架形式的接觸條(13)經由至少另一接觸條(12)而與接觸面相連接。

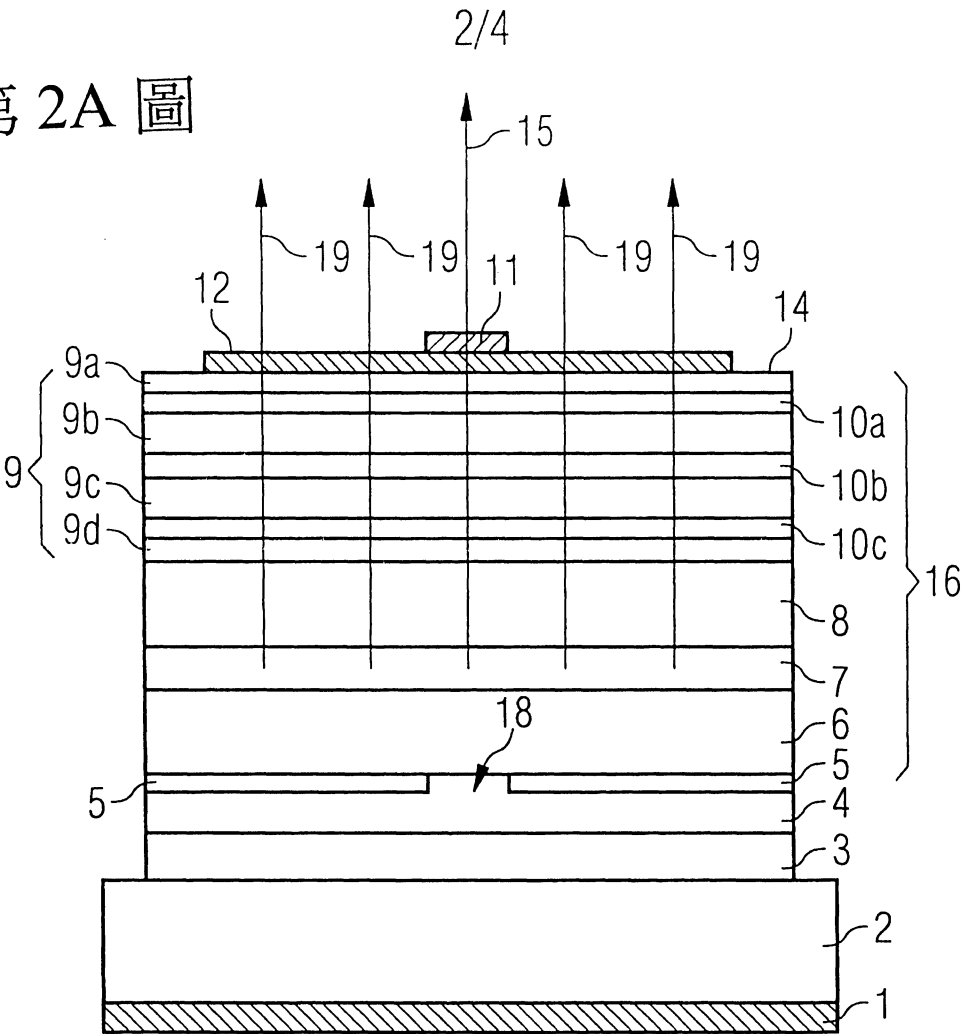
19. 如申請專利範圍第 18 項之薄膜發光二極體，其中該框架形式的接觸條(13)具有一種正方形、長方形或圓形的形式。

20. 如申請專利範圍第 18 或 19 項之薄膜發光二極體，其中該框架形式的接觸條(13)之數目是 1，2 或 3。

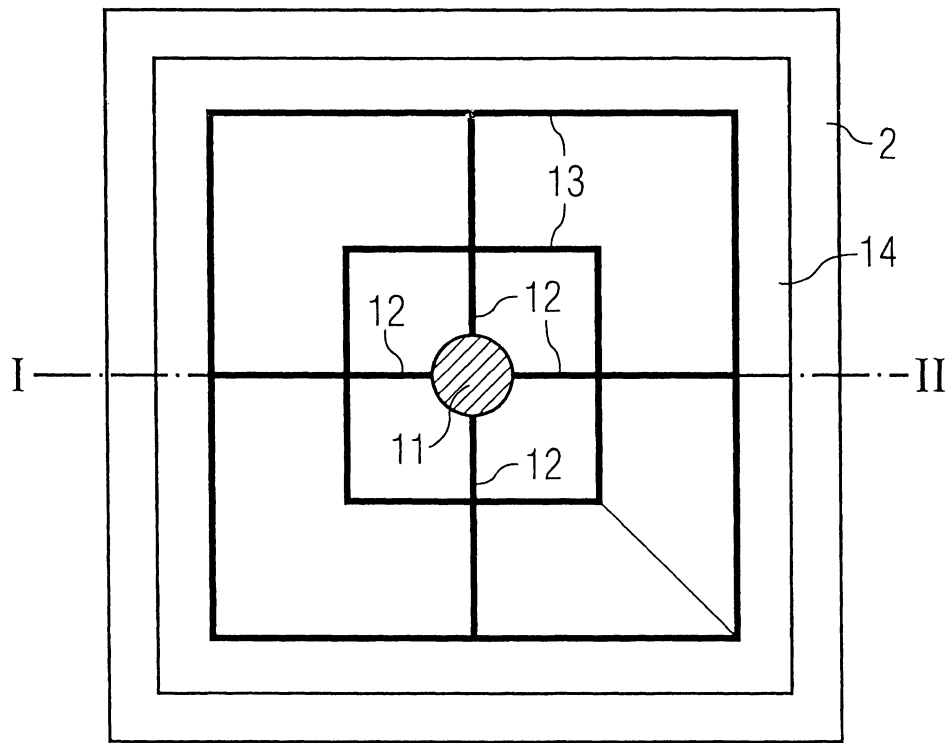
21. 如申請專利範圍第 1 至 20 項中任一項之薄膜發光二極體，其中在該活性層(7)之面對第一接觸層(11，12，13)之此側上設有一種可使已發出之輻射被反射之第二接觸層(5)，第一接觸層(11，12，13)具有一種接觸面(11)且第二接觸層(5)在面對該接觸面(11)之區域中具有一種凹口(18)。



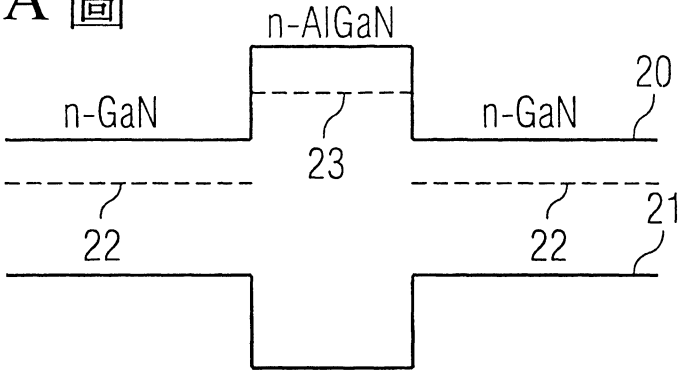
第 2A 圖



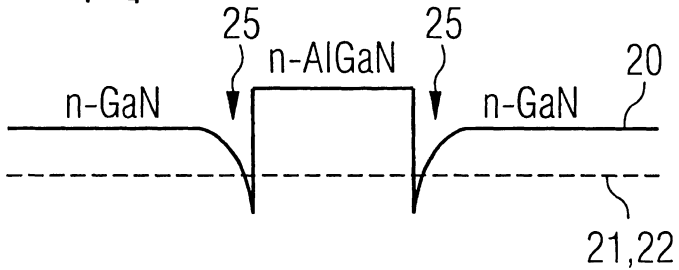
第 2B 圖



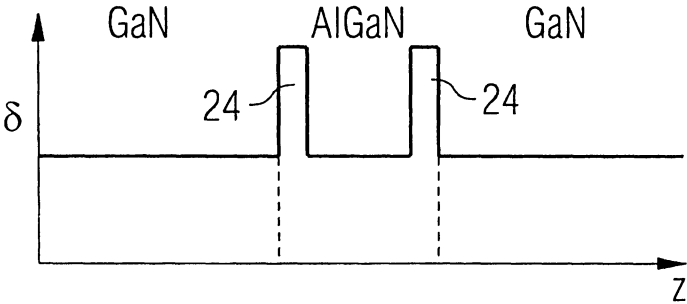
第 3A 圖



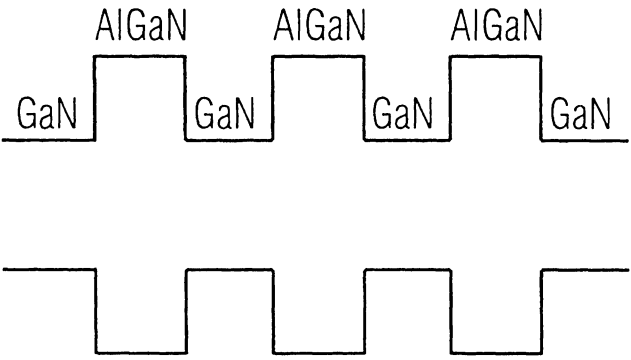
第 3B 圖



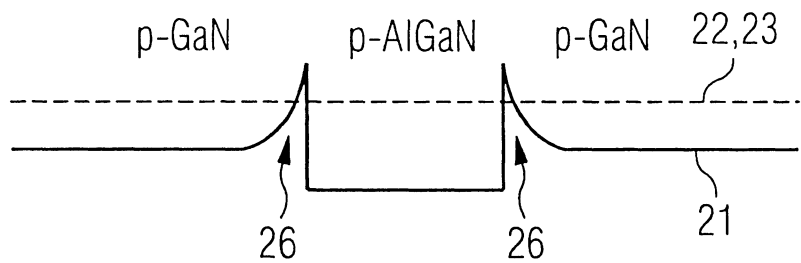
第 4 圖



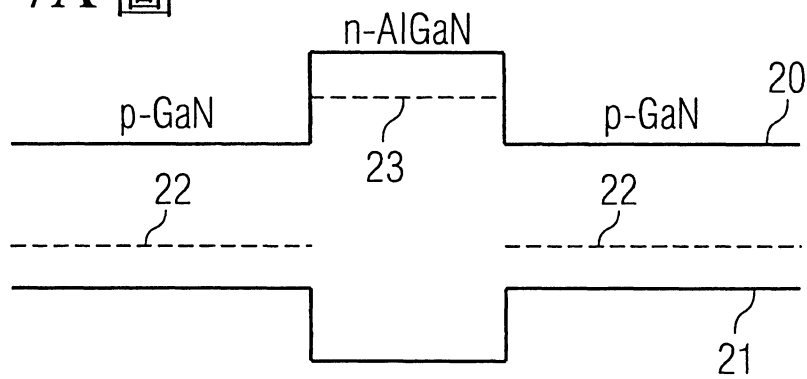
第 5 圖



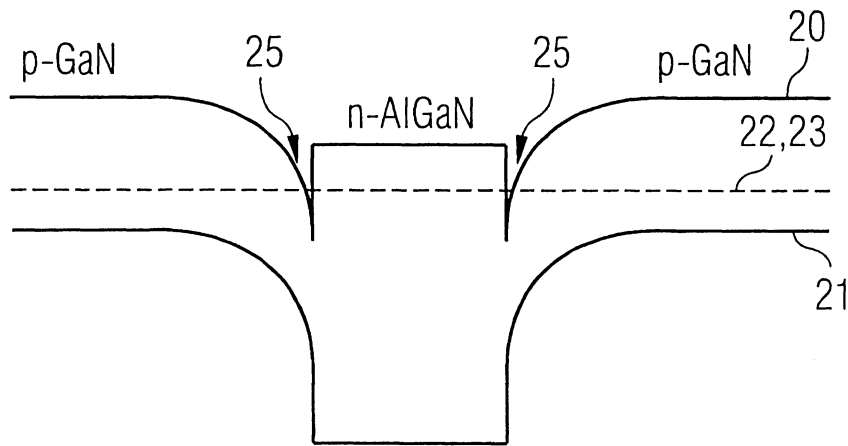
第 6 圖



第 7A 圖



第 7B 圖



七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 1A 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

1	電 極
2	載 體
3	連 接 層
4	位 障 層
5	第 二 接 觸 層
6	p-摻雜的半導體層
7	活 性 層
8	n-摻雜的半導體層
9	電 流 擴 大 層
10	已 埋 置 之 層
11	接 觸 面
12	接 觸 條
14	主 面
15	主 輻 射 方 向
16	磊 晶 層 序 列
18	凹 口
19	電 磁 輻 射

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：