

發明專利說明書

TP19184 200539482

(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：94108214

※ 申請日期：94.3.17

※IPC 分類：H01L 33/00

一、發明名稱：(中文/英文)

III族氮化物半導體發光裝置及其製法

GROUP III NITRIDE SEMICONDUCTOR LIGHT-EMITTING DEVICE AND METHOD
OF PRODUCING THE SAME

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文) (簽章) ID :

昭和電工股份有限公司(昭和電工株式会社)

SHOWA DENKO K.K.

代表人：(中文/英文) (簽章)

高橋恭平

TAKAHASHI, KYOHEI

住居所或營業所地址：(中文/英文)

日本國東京都港區芝大門一丁目 13 番 9 號

13-9, Shiba Daimon 1-chome, Minato-ku, Tokyo, Japan

國 籍：(中文/英文)

日本

Japan

三、發明人：(共 4 人)

姓名：(中文/英文) ID：

- 1.楠木克輝/KUSUNOKI, KATSUKI
- 2.三谷和弘/MITANI, KAZUHIRO
- 3.宇田川隆(宇田川隆)/UDAGAWA, TAKASHI

國籍：(中文/英文)

- 1.~3.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 2004.03.18 特願 2004-078819

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。

三、發明人：(共 4 人)

姓名：(中文/英文) ID：

- 1.楠木克輝/KUSUNOKI, KATSUKI
- 2.三谷和弘/MITANI, KAZUHIRO
- 3.宇田川隆(宇田川隆)/UDAGAWA, TAKASHI

國籍：(中文/英文)

- 1.~3.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 2004.03.18 特願 2004-078819

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】

本發明係有關具堆疊結構的Ⅲ族氮化物半導體發光裝置及其製法，其中該堆疊結構包含具不同導電類型的二個Ⅲ族氮化物半導體層及堆疊於該二個Ⅲ族氮化物半導體層間並含有Ⅲ族氮化物半導體的發光層。

【先前技術】

諸如發出短波長藍或綠光之發光二極體（LED）及雷射二極體（LD）的Ⅲ族氮化物半導體發光裝置通常係使用氮化鎵銦（ Ga_YIn_ZN ： $0 \leq Y$ ， $Z \leq 1$ ， $Y + Z = 1$ ）（諸如JPB SHO 55-3834）。所形成的發光部位係使得由具不同導電性之Ⅲ族氮化物半導體形成的二個覆層分別沈積於發光層二側。用於形成該雙異質（DH）結構之發光部位的覆層係由氮化鋁鎵（ Al_XGa_YN ： $0 \leq X$ ， $Y \leq 1$ ， $X + Y = 1$ ）製成。

用於形成pn接面型DH結構之Ⅲ族氮化物半導體發光裝置的堆疊結構（其具有發光層位於n型覆層與p型覆層間之DH結構的發光部位）係使用藍寶石（ $\alpha-Al_2O_3$ 單晶）或碳化矽（SiC）單晶作為基板而形成。此因該材料具有得使來自透光層的光穿透的透光性，並具有可耐Ⅲ族氮化物半導體層高溫晶體成長的耐熱性。在習用Ⅲ族氮化物半導體發光裝置的狀況中，用於形成發光裝置堆疊結構的基板通常係保持站立，以便縱使在裝置形成步驟後仍為用於機械支撐堆疊結構的板材本體。

雖然得使晶體（諸如藍寶石）製成之基板保持原狀的Ⅲ族氮化物半導體發光裝置適用於維持堆疊結構的機械支撐

力，但是因為藍寶石為電絕緣，所以裝置必須處理成覆晶式或雙接合式。在覆晶式的狀況中，裝置的處理相當麻煩；而在雙接合式的狀況中，包含線路接合的打線接合相當麻煩。因此，會有安裝作業時之生產力下降的問題。

本發明已鑑於前揭狀況而完成，且本發明的目的在於提供一種Ⅲ族氮化物半導體發光裝置，其在安裝作業時之生產力極佳，並可保有基板的機械支撐力。本發明的目的亦為提供Ⅲ族氮化物半導體發光裝置的製法並提供 LED 燈。

【發明內容】

發明之揭示

為達成前揭目的，本發明提供一種Ⅲ族氮化物半導體發光裝置，包含有：堆疊結構，其形成於將自其移除的結晶基板上，並具有不同導電型的二個Ⅲ族氮化物半導體層，與堆疊於二個Ⅲ族氮化物半導體層間並含有Ⅲ族氮化物半導體的發光層；以及板材本體，其由異於結晶基板之材料形成，並形成於正對移除自堆疊結構之結晶基板的最上層表面上。

在Ⅲ族氮化物半導體發光裝置中，板材本體由導電材料形成。

在第一或第二個前揭Ⅲ族氮化物半導體發光裝置中，結晶基板係藉由照射於堆疊結構與結晶基板間之接面區域的雷射束而移除自堆疊結構。

第一至第三個前揭Ⅲ族氮化物半導體發光裝置中的任一個更包含設於板材本體上的歐姆電極。

在第一至第四個前揭Ⅲ族氮化物半導體發光裝置中的

任一個中，板材本體係穿經一金屬層而形成於最上層表面上。

在第五個前揭Ⅲ族氮化物半導體發光裝置中，金屬層包含共晶金屬膜。

第一至第六個前揭Ⅲ族氮化物半導體發光裝置中的任一個更包含金屬反射膜，用於反射來自設於板材本體與最上層表面間之發光層的光。

在第一至第七個前揭Ⅲ族氮化物半導體發光裝置中的任一個中，結晶基板為具有堆疊結構形成於其上之(0001)面的藍寶石基板，且板材本體為導電性(001)矽單晶。

在第八個前揭Ⅲ族氮化物半導體發光裝置中，板材本體具有〈110〉結晶取向，且該〈110〉結晶取向平行於(0001)藍寶石基板的[1.1.-2.0]結晶取向。

本發明亦提供一種Ⅲ族氮化物半導體發光裝置的製法，包含的步驟有：形成一堆疊結構於後續將移除的結晶基板上，該堆疊結構具有不同導電型的二個Ⅲ族氮化物半導體層，與堆疊於二個Ⅲ族氮化物半導體層間並含有Ⅲ族氮化物半導體的發光層；形成由異於結晶基板的材料製成的板材本體於正對結晶基板的最上層表面上；以及移除結晶基板。

本發明亦提供設有第一至第九個前揭Ⅲ族氮化物半導體發光裝置中之任一個的LED燈。

根據本發明，在正對用於形成堆疊結構於其上之結晶基板的最上層表面上設有由異於結晶基板的材料製成的板材本體，以及於後續移除該結晶基板。因此，堆疊結構機械

支撐於板材本體上，且具有單一極性的歐姆電極係形成於導電性板材本體表面上。因此，可直接安裝裝置，且僅具有相反極性的歐姆電極可進行線路接合，因而可提高安裝作業時的生產力。

根據本發明，導電性矽單晶基板接合在用於發光裝置的堆疊結構，以使單晶板平行用於形成堆疊結構之藍寶石基板的特定結晶取向，而形成Ⅲ族氮化物半導體發光裝置。因此，縱使長時間流通大正向電流，堆疊結構中也不會有由熱應力造成的裂痕。因為當熱應力降低時，翹曲方向係沿著結晶取向延伸，所以倘若單晶板接合於該板翹曲之端面的正對側時，該板便不會翹曲。因為導熱率極佳，所以照明性質亦極佳。所以，倘若裝置長時間照明，其較不易產生熱損傷，且當高電流流通時，輸出不會因熱而降低。

【實施方式】

執行本發明的最佳模式

現將詳細說明本發明的實施例。

本發明的Ⅲ族氮化物半導體發光裝置包含有用於發光裝置中之位於結晶基板上的堆疊結構，該堆疊結構具有：
(a) 第一導電型的第一Ⅲ族氮化物半導體層，(b) 第二導電型的第二Ⅲ族氮化物半導體層，以及(c) 由Ⅲ族氮化物半導體形成並夾合於第一與第二Ⅲ族氮化物半導體間的發光層。第一與第二Ⅲ族氮化物半導體層具有作為覆層或接觸層的功能。

用於形成堆疊結構於其上之結晶基板的材料實施例為諸如藍寶石與氧化鋰鎵(LiGaO_2)之單晶氧化物，及諸如 3C

晶型立方單晶碳化矽（3C-SiC）、4H 或 6H 晶型六方單晶 SiC（4H-SiC, 6H-SiC）、矽單晶、磷化鎵（GaP）、砷化鎵（GaAs）之 III 族氮化物半導體單晶。

當形成堆疊結構的 III 族氮化物半導體層設於晶格匹配不佳的結晶基板上時，可設置用於降低晶格失配的緩衝層。當諸如 GaN 系第一 III 族氮化物半導體層得以成長在藍寶石基板上時，第一 III 族氮化物半導體層係經由藉播種製程（SP）技術所設的 GaN 緩衝層而堆疊於基板表面上（JP-A 2003-243302）。縱使低溫緩衝層由 AlN 而非 GaN 製成時，對於降低與基板的晶格失配亦為有效的。當緩衝層為 AlN 時，低溫緩衝層的厚度為 1nm 以上且 100nm 以下，2nm 以上且 50nm 以下為較佳，且 2nm 以上且 5nm 以下為更佳。

低溫緩衝層表面最好為平坦而非不均勻。例如，以 Ra 做評估，表面粗糙度在 0.1 微米以下為適當的，0.05 微米以下為較佳。藉由在諸如 350-450°C 低溫成長時，於結晶基板界面提供單晶層，便可獲得具微小表面粗糙度的低溫緩衝層。使用諸如原子力顯微鏡（AFM）之量測裝置便可獲得表面粗糙度。具微小粗糙度平面的低溫緩衝層係有助於堆疊具極佳表面平坦度的上層。例如，具光滑與平坦表面且無不均部位的基層可成長於具微小粗糙度之 GaN 低溫緩衝層表面上。

具平坦表面的基層（諸如設於緩衝層上的 GaN 層）有助於提供具平坦表面之第一或第二種導電型的 III 族氮化物半導體層。倘若第一 III 族氮化物半導體層為 n 型層，則第二 III 族氮化物半導體層為相反導電型的 p 型層。在 GaN 層的

狀況中，有助於提供具平坦表面之第一或第二種導電型的Ⅲ族氮化物半導體層之基層的厚度為 0.5 微米以上且 5 微米以下，最好為 1 微米以上且 3 微米以下。具平坦表面之第一或第二Ⅲ族氮化物半導體層可作為 n 型或 p 型覆層，並適用於堆疊由極平且極薄井層所形成的量子井結構。此外，其可為適用於形成具極佳黏著性之輸入與輸出電極的 n 型或 p 型覆層。

未刻意添加雜質的未摻雜層可作為第一或第二種Ⅲ族氮化物半導體層。亦可使用刻意添加雜質的 n 型或 p 型Ⅲ族氮化物半導體層，以控制導電度、載體濃度與電阻值。摻有 n 型或 p 型雜質而使薄層內原子濃度變為 $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 以上且 $5 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 以下的第一與第二Ⅲ族氮化物半導體層係適於形成用於獲得具低正向電壓且高可靠度之發光裝置的覆層。雖作為覆層的第一與第二Ⅲ族氮化物半導體層由能隙大於發光層材料的材料製成係必要的，惟Ⅲ族氮化物半導體層由相同材料製成則為非必要的。例如，n 型覆層可由 n 型 $\text{Ga}_Y\text{In}_Z\text{N}$ ($0 \leq Y, Z \leq 1, Y + Z = 1$) 形成，而 p 型覆層可由 p 型 $\text{Al}_X\text{Ga}_Y\text{N}$ ($0 \leq X, Y \leq 1, X + Y = 1$) 形成。倘若使用由不同Ⅲ族氮化物半導體層所形成的第一或第二導電型覆層，則可形成對稱發光部位（根據能帶結構）。

具前揭原子濃度範圍之高濃度雜質並具低電阻率的第一與第二Ⅲ族氮化物半導體層係有效作為接觸層。載體濃度 $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 以上的低電阻率Ⅲ族氮化物半導體層特別有助於形成低接觸電阻率歐姆電極。可用於獲得低電阻率 n 型Ⅲ族氮化物半導體層之 n 型雜質的實施例為諸如 Si, Ge

的 IV 族元素及諸如 Se 的 VI 族元素。p 型雜質的實施例為諸如 Mg, Be 的 II 族元素。較佳方式為接觸層厚度等於或大於允許組成歐姆電極的材料散佈或進入其的該深度。當歐姆電極藉由合金化熱處理形成時，該厚度等於或大於合金正面的深度。適當厚度為 10nm 或以上。

設於第一與第二 III 族氮化物半導體層間的發光層為氮化鎵銦 (Ga_YIn_ZN : $0 \leq Y, Z \leq 1, Y + Z = 1$)、磷化鎵氮 ($GaN_{1-a}P_a$: $0 \leq a < 1$) 或 $Al_xGa_YIn_ZN_{1-a}M_a$ ($0 \leq X, Y, Z \leq 1, X + Y + Z = 1, M$ 代表除了氮以外的 V 族元素, $0 \leq a < 1$)。發光層可由單量子井層 (SQW) 或多量子井 (MQW) 結構所形成。當量子井結構的井層為 Ga_YIn_ZN 時，銦組成比例 ($=Z$) 係根據希冀的發光波長做調整，並於光波長變大時設定為較大。具 Ga_YIn_ZN 井層之多量子井結構的發光層厚度最好為 100nm 以上且 500nm 以下。

藉由形成裝附於第一或第二 III 族氮化物半導體層的薄層作為阻障層或井層，便可形成發光層的量子井結構。量子井結構的初始端面層 (最下層) 可為阻障層或井層。相似地，量子井結構的終端層 (最上層) 可為阻障層或井層。縱使初始端面層與終端層的組成物不同，仍不會有問題。包含因未摻雜而具極佳結晶度之井層及摻有雜質之阻障層的量子井結構可避免壓電效果造成的負面影響，並可形成具極佳強度與穩定發光波長的 III 族氮化物半導體發光裝置。井層或阻障層可為諸如 $GaN_{1-a}P_a$ ($0 \leq a < 1$) 或 $Al_xGa_YIn_ZN_{1-a}M_a$ ($0 \leq X, Y, Z \leq 1, X + Y + Z = 1, M$ 代表除了氮以外的 V 族元素, $0 \leq a < 1$) 及 Ga_YIn_ZN ($0 \leq Y, Z \leq 1$,

$Y + Z = 1$) 之薄膜。

組成堆疊結構的Ⅲ族氮化物半導體層可藉由諸如金屬有機化學氣相沈積 (MOCVD)、氣相磊晶 (VPE) 及分子束磊晶 (MBE) 等氣相成長法進行成長。為獲得大範圍膜厚的薄層(由數 nm 之量子井結構發光層的井層厚至適用於第一或第二Ⅲ族氮化物半導體層的微米厚度)，MOCVD 或 MBE 法為適合的。其中，MOVPE 法適用於含高揮發性 As 與 P (氮除外) 之Ⅲ族氮化物半導體層的氣相沈積。可使用常壓 (基本上為大氣壓) 或減壓 MOCVD 法。

在本發明中，因為用於形成發光裝置堆疊結構的結晶基板被移除，所以無須使用透光晶體作為基板。因為必須移除原有的基板 (用於形成堆疊結構的結晶基板)，所以基板最好由可使用諸如濕式蝕刻或乾式蝕刻 (含高頻電漿蝕刻或雷射照射法) 之蝕刻方法輕易移除的晶體製成。結晶基板的熱膨脹係數明顯異於堆疊結構的結構層時，有助於使用雷射照射法進行剝除。

在本發明中，在原有的結晶基板移除後，具機械強度的板材本體係接合於堆疊結構最上層，以強化堆疊結構的機械支撐力。所接合的板材本體實施例為矽單晶板材。此外，可接合 SiC, GaP, GaAs 單晶板材、非晶質玻璃、金屬板及類似物。導電性板材本體有效於形成本發明的Ⅲ族氮化物半導體發光裝置。板材本體並非僅限於導電性單晶板材，只要其具有極佳導電率即可。適於接合的材料為氧化銅 (CuO: 銅原子與氧原子的組成比例不必要為 1:1)、氧化鋅 (ZnO: 鋅原子與氧原子的組成比例不必要為 1:1)、

結晶氧化物（諸如銦與錫的複合氧化物（ITO））、諸如鉬（Mo）、鋁（Al）之金屬板。反射光的金屬適於作為接合板材。線路圖案形成於其上的印刷板亦可被接合。

倘若接合堆疊結構表面或接合於堆疊結構的板材本體表面預先塗佈金屬膜，則可輕易彼此接合堆疊結構與板材本體。使用鉑（Pt）、鎳（Ni）、金（Au）、銻（Rh）、鈀（Pd）、鉬（Mo）的金屬薄膜有助於二者的接合。為強力接合導電性矽單晶板材本體與Ⅲ族氮化物半導體層，Au與Ni的金屬薄膜特別適用。適當的金屬薄膜厚通常為0.1微米以上至0.2微米以上。金屬膜設於板材本體與接合堆疊結構表面之一或二者上。當其接合時，其係於 1 kg/cm^2 至 5 kg/cm^2 的外壓下加壓，或加熱至 500°C - 1000°C 的高溫，此將使接合作業變得容易。

倘若使用共晶金屬膜，則其可輕易地接合。共晶金屬膜的實施例為焊料共晶合金，諸如金及錫（Au-Sn）合金、金及矽（Au-Si）合金、金及銦（Au-In）合金及金及鎳（Au-Ga）合金。另一個實施例為包含錫（Sn）、鉑（Pt）、鎳（Ni）、鉻（Cr）、銅（Cu）、鐵（Fe）、鈷（Co）的合金膜。倘若使用共晶金屬膜，則可在 300°C - 500°C 的低溫進行接合，此乃相當便利。當加熱溫度設為高於接合溫度時，所施加的外壓可設較低。然而，倘若加熱溫度設較低時，則須將外壓設較高。

含細金屬粉的金屬漿可用於接合，以取代塗佈金屬膜。例如，可用鉑（Pt）漿或銀-鈀（Ag-Pd）漿。例如，藉由下列步驟完成接合：施加漿於整個板材本體背面，放置板材本體於堆疊結構表面上，以及施加壓力於二者。其次，在保

持接合狀態下於真空環境中加熱，以完成接合作業。當漿作為接合材料時，倘漿內氣泡於真空環境中移除，則其可使用具微小間隙的薄膜進行接合。

倘若可反射來自發光層之光之金屬反射膜安插在用於有效接合堆疊結構與板材本體的金屬膜中時，其對於獲得具極佳發光強度之Ⅲ族氮化物半導體發光裝置為有效的。金屬反射膜可為鉑族的六個金屬元素，諸如鋨(Ir)、銱(Rh)、鉑(Pt) (“Duffy Mukikagaku”, Hirokawa Shoten 公司, 1971年4月15日出版, 第5版, 第249頁)。其他材料為對來自發光層的光具極佳反射係數的金屬膜，諸如鉻(Cr)、鈦(Hf)、銀(Ag)、鋁(Al)。為提高金屬膜與金屬反射膜間的接合黏著性，可設置用於避免金屬相互擴散的阻障層。該阻障層可為高熔點金屬，諸如鈦(Ti)、鎢(W)、鉭(Ta)、鉻(Cr)。

接合用的金屬膜、共晶金屬膜、金屬反射膜及阻障層可藉由一般的高頻濺鍍法、電阻式加熱真空沈積法、電子束(EB)真空沈積法及類似方法形成。可藉由塗覆法形成由適當溶劑稀釋之金屬漿所組成的金屬膜。當金屬膜由金屬漿形成時，在施加漿時控制施加量或式樣轉數便可調整膜厚。

倘若接合板材本體為具極佳導電率的半導體材料，則板材本體可設有歐姆電極。當接合板材本體為諸如n型或p型導電矽單晶板時，可由金(Au)或鋁(Al)輕易地形成歐姆電極。先前已設於具歐姆電極表面上的板材本體可接合於堆疊結構上。可將接合板材本體研磨或蝕刻，以減少厚度；且歐姆電極可設於該薄化表面上。板材本體最好薄化至在

後續接合或安裝時裝置不會掉落的程度。薄化板材具有可使供應自歐姆電極的裝置驅動電流充分二維分佈的厚度。倘若接合板材本體為矽單晶板，則可藉由拋光或蝕刻而輕易地薄化。可使用含氧化矽或氧化鋁粉末的拋光粉輕易將其薄化。倘若使用硝酸 (HNO_3) 或氫氟酸 (HF)，則可蝕刻板材本體至希冀膜厚為止。

當藉由接合矽單晶板於堆疊結構最上層表面而形成本發明的Ⅲ族氮化物半導體發光裝置時（使用藍寶石作為基板），所接合的矽單晶板係使得其 $\langle 110 \rangle$ 結晶取向平行於藍寶石的 $[1.1.-2.0.]$ 結晶取向。此乃因其接合時可避免發生扭曲，因為二個晶體的晶格面距相似。配置於藍寶石上之Ⅲ族氮化物半導體層的取向係沿著藍寶石的特定結晶取向。藍寶石與Ⅲ族氮化物半導體層的結晶取向通常係一致。因此，縱使接合矽單晶板而使矽單晶的 $\langle 110 \rangle$ 結晶取向與藍寶石上之Ⅲ族氮化物半導體層的 $[1.1.-2.0.]$ 結晶取向彼此平行時，仍可獲得相同效果。

可使用拋光或剝除法移除用於形成堆疊結構的基板。例如，可使用由氧化矽、氧化鋁或鑽石粉組成的拋光粉拋光藍寶石基板。

為由堆疊結構剝除形成堆疊結構的結晶基板，雷射照射法為適當的。得以使用脈衝雷射束、二氧化碳 (CO_2) 氣體雷射束、準分子雷射束及類似物作為適用於剝除基板之照射的雷射束。其中，使用氟化氬 (ArF)、氟化氬 (KrF) 或類似物作為激發氣體的準分子雷射束為較佳。雷射束波長最好為 193nm 或 248nm。當使用雷射束剝除結晶基板時，倘結晶基

板厚度很厚時，因為雷射束容易被吸收，所以無法有效加熱剝除區域。因此，為藉由照射雷射束而由堆疊結構有效剝除結晶基板，結晶基板厚度最好為 300 微米以下。當結晶基板表面不平整或有些微裂縫時，雷射束吸收會有變化，而無法均勻地剝除結晶基板。

如前所述，在本發明實施例中，在正對用於設置堆疊結構之結晶基板的最上層表面上設有由異於結晶基板的材料製成的板材本體，以及於後續移除該結晶基板。因此，板材本體可機械支撐堆疊結構。再者，因為具有單一極性的歐姆電極係形成於導電性板材本體表面上，所以可直接安裝裝置，且因為僅具有相反極性的歐姆電極可進行線路接合，因而可提高安裝作業時的生產力。

此外，導電性矽單晶板接合在用於發光裝置的堆疊結構，以使單晶板平行用於形成堆疊結構之藍寶石基板的特定結晶取向，而形成 III 族氮化物半導體發光裝置。因此，縱使長時間流通大正向電流，堆疊結構中也不會有由熱應力造成的裂痕。因為導熱率極佳，所以照明性質亦極佳。

雖然在前揭說明中係完全移除用於形成堆疊結構的結晶基板，惟完全移除結晶基板並非必要，且可薄化而非移除結晶基板。

倘若將用於形成堆疊結構的結晶基板進行薄化，則得以獲得具下列性質的 III 族氮化物半導體發光裝置：可降低穿經結晶基板之光的吸收，光可輕易透至外部，以及極佳的靜電阻隔電壓。為達成此，最好使用透光的 n 型或 p 型導電單晶作為基板。站立的結晶基板具有機械支撐堆疊結構

及使來自發光層的光穿透的功能。倘若將站立的結晶基板薄化，則可增加透光率，而可獲得透光效率極佳的Ⅲ族氮化物半導體發光裝置。然而，倘若將結晶基板薄化，則結晶基板用於支撐堆疊結構的功能會降低。因此，站立結晶基板的厚度最好為 100-300 微米，以保持二個功能。

實施例：

本發明將根據導電矽單晶板接合於堆疊結構最上層以作為板材本體，而形成Ⅲ族氮化物半導體發光裝置的狀況作說明。

第 1 圖為形成於藍寶石基板上之堆疊結構的示意剖面圖。第 2 圖為板材本體邊緣上的結構。第 3 圖為切割第 1 圖所示堆疊結構而獲得之根據本發明 LED 結構的示意剖面圖。第 4 圖為 LED 的平面圖。第 5 圖為藉由安裝 LED 而形成之 LED 燈的剖面圖。

首先，如第 1 圖所示，在 900°C 藉由普通的減壓 MOCVD 法而以種子製程 (SP) 方式形成約 350 微米厚的氮化鋁 (AlN) 層 101 於電絕緣藍寶石基板 100 的 (0001) 晶面上。AlN 層 101 厚度為 5nm。在 1050°C 將厚度 18nm 的 GaN 緩衝層 102 形成於 AlN 層 101 上。

具 0.01 鋁組成比例之 n 型氮化鋁鎵混合晶體 ($\text{Al}_{0.01}\text{Ga}_{0.99}\text{N}$) 的 n 型接觸層 103 係形成於 GaN 緩衝層 102 上，以使該層中的矽原子濃度變為 $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 。接觸層 103 得以藉由一般的減壓 MOCVD 法而在 1050°C 進行成長。n 型接觸層 103 的厚度設在約 2.5 微米。

n 型 $\text{Al}_{0.10}\text{Ga}_{0.90}\text{N}$ 的 n 型覆層 104 堆疊於 n 型 $\text{Al}_{0.01}\text{Ga}_{0.99}\text{N}$

的 n 型接觸層 103 上。n 型覆層 104 藉由摻雜而形成，以使該層中的矽原子濃度變為 $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 。藉由一般減壓 MOCVD 法所形成之 n 型覆層 104 的厚度設在約 0.5 微米。

含有 n 型 $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{N}$ 阻障層與 n 型 $\text{Ga}_y\text{In}_z\text{N}$ 井層的 n 型發光層 105 堆疊於 n 型 $\text{Al}_{0.10}\text{Ga}_{0.90}\text{N}$ 的 n 型覆層 104 上。井層中的銦組成比例 ($=Z$) 係經調整，以使波長 360-370nm 的紫外光可由量子井結構射出。所形成的量子井結構係將井層厚度設為約 5nm 且阻障層厚度設為約 15nm。

刻意摻入 p 型鎂雜質並具 2.5nm 厚度的 p 型 $\text{Al}_{x_1}\text{Ga}_{y_1}\text{N}$ 覆層 106 係形成於量子井結構發光層 105 上。薄層 106 中的鋁組成比例 (X_1) 設為約 0.10 (10%)。摻入鎂，以使薄層 106 中的原子濃度變為 $5 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 。摻有鎂並具較小鋁組成比例的 p 型 $\text{Al}_{x_2}\text{Ga}_{y_2}\text{N}$ ($X_1 > X_2 \geq 0$) 接觸層 107 係形成於 p 型覆層 106 上。接觸層 107 中的鎂原子濃度設為約 $2 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 。

藉由一般高頻濺鍍法將鉑薄膜形成於 p 型接觸層 107 表面上，以作為 p 型歐姆電極膜 108。p 型歐姆電極膜上設有金屬反射膜 109，用於將光由多量子井結構發光層 105 反射至結晶基板 100。金屬反射膜 109 由銻 (Rh) 塗佈膜形成。

其次，研磨機械支撐堆疊結構 11 於其上之藍寶石基板 100 的背面。使用膠質氧化矽 (含平均粒徑 0.5 微米的微細氧化矽微粒) 拋光藍寶石基板 100 的背面至 130-150 微米厚度。藉由拋光可將藍寶石基板 100 的厚度薄化至 210 ± 10 微米。

在研磨藍寶石基板 100 背面後，於金屬反射膜 109 上形

成金-銻共晶膜 110，其中該金-銻共晶膜 110 的 p 型導電平面取向為用於接合矽單晶板 111（第 2 圖）的（100）。其次，厚度約 350 微米的 p 型（100）矽單晶板 111 與設於堆疊結構端面上的金-銻膜 110 係於加熱至約 500°C 時進行接合。在接合時，（100）矽單晶板 111 的 <110> 結晶取向係實質對齊於（0001）藍寶石基板 100 的 [1.1.-2.0.] 結晶取向。藉此，堆疊結構 11 機械支撐於經接合的矽單晶板 111。

其次，波長 248nm 的準分子雷射束係由經薄化拋光之藍寶石基板 100 的背面（正對堆疊結構形成於其上之表面的基板表面）而照射於藍寶石基板 100 與 AlN 緩衝層 101 間的接面。藉此，因為藍寶石基板 100 與堆疊結構 11 間有熱膨脹係數差，因而由 AlN 緩衝層 101 與 GaN 緩衝層 102 的部位將經薄化的藍寶石基板 100 剝離堆疊結構 11。

其次，使用膠質氧化矽（含平均粒徑約 0.5 微米的氧化矽粉末）拋光矽單晶板 111 的表面至平坦鏡面，以及金 (Au) 膜 p 型歐姆電極 112 形成於厚度降為 70 微米之 p 型矽單晶板 111 的整個表面。

其次，使用熟知的光微影法將光阻劑材料進行選擇性圖樣化，以暴露出形成 n 型歐姆電極 113 之區域的 n 型接觸層 103 表面。其次，使用一般的高頻電漿蝕刻法選擇性蝕刻出進行圖樣化以暴露 n 型接觸層 103 角落表面的類晶片角落區。

其次，同時使用一般的真空沈積法及電子束沈積法，於 n 型接觸層 103 的暴露角落表面上形成具鉻 (Cr)、鈦 (Ti)、金 (Au) 三金屬層複層結構的 n 型歐姆電極 113，其中 Cr 層接

觸於 n 型接觸層 103 (第 3 圖) 。

其次，利用一般的雷射切割法在矽單晶板 111 周邊形成切割裝置用的切割溝槽。使用一般的擊壓機施加機械壓力於溝槽，以將裝置分割成平面圖為正方形並具約 350 微米邊長的 III 族氮化物半導體發光裝置 (晶片) 12。藉此完成 pn 接面型 DH 結構的 III 族氮化物半導體 LED 12 (第 3 與 4 圖) ；其中該藍寶石基板 100 被移除，並將堆疊結構 11 機械支撐於接合在堆疊結構 11 的板材本體 (矽單晶板) 111 上。

其次，設於接合在堆疊結構 11 之板材本體 111 的表面上的 p 型歐姆電極 112 係使用導電漿而安裝於引腳架 21 上。一線路接合於設在 n 型接觸層 103 上的 n 型歐姆電極 113 (由剝除藍寶石基板 100 所形成) ，以形成可在歐姆電極 112, 113 間流通裝置驅動電流的電路。如前所述，因為 n 型歐姆電極 113 表面為金膜，所以其可易於接合。其次，使用含抑制劑的環氧樹脂 22 密封裝置，以避免紫外光造成劣化，而完成發光二極體 (LED) 燈 10。

因為 LED 12 使用接合於其的寬面板材本體 111，以提供單一極性的歐姆電極 112 (本實施例中為 p 型) 於整個表面上，所以其可於寬面的發光層 105 中以二維方式散佈裝置驅動電流。因為可散佈裝置驅動電流，所以得以獲得具大發光區與強發光輸出的 LED。當 20 mA 的裝置驅動電流得以流經 LED 12 而發光時，發光輸出達 6 mW 之約 370 nm 波長的紫外光。當 20 mA 的正向電流得以流通時，正向電壓 (Vf) 低達約 3.4 V。

使用具極佳導電率與導熱率的矽單晶板作為板材本體 111 而形成 LED 12。因此，亦提高發光裝置晶片的照度。因此，縱使所使用的正向電流高達 50 mA 以上時，發光特性（諸如發光波長與正向電壓）隨時間的改變仍幾乎無法察覺。因為矽單晶板 111 係沿著藍寶石基板 100 的特定結晶取向進行接合，所以縱使在 50 mA 的大電流連續在正向上通過 72 小時時，堆疊結構中仍無熱應力所造成的裂痕。

根據具前揭結構的 LED 12，因為設於接合在堆疊結構 11 之導電板材本體 111 上的 p 型歐姆電極 112 係電連接至前揭電路，所以僅有 n 型歐姆電極 113 需要線路接合。因此，可以極佳生產力製造 LED 燈 10。此外，燈 10 具極佳放電性質與靜電阻隔電壓，因為絕緣藍寶石基板已完全剝除。

【圖式簡要說明】

第 1 圖為形成於藍寶石基板上之堆疊結構的示意剖面圖。

第 2 圖為板材本體邊緣上的結構。

第 3 圖為切割第 1 圖所示堆疊結構而獲得之根據本發明 LED 結構的示意剖面圖。

第 4 圖為 LED 的平面圖。

第 5 圖為藉由安裝 LED 而形成之 LED 燈的剖面圖。

【主要元件符號說明】

10	LED 燈
11	堆疊結構
12	LED

21	引腳架
22	環氧樹脂
100	基板
101	AlN 層
102	GaN 緩衝層
103	接觸層
104	n 型覆層
105	量子井結構發光層
106	p 型 $Al_{x_1}Ga_{y_1}N$ 覆層
107	p 型接觸層
108	p 型歐姆電極膜
109	金屬反射膜
110	金-銻共晶膜
111	Si 單晶板
112	p 型歐姆電極膜
113	n 型歐姆電極膜

五、中文發明摘要：

一種Ⅲ族氮化物半導體發光裝置，包含有：堆疊結構11，其形成於將自其移除的結晶基板（100）上，並具有不同導電型的二個Ⅲ族氮化物半導體層104及106，與堆疊於二個Ⅲ族氮化物半導體層間並含有Ⅲ族氮化物半導體的發光層105；以及板材本體111，其由異於結晶基板的材料形成，並形成於正對移除自堆疊結構之結晶基板的最上層表面上。

六、英文發明摘要：

A Group III nitride semiconductor light-emitting device includes a stacked structure 11 formed on a crystal substrate (100) to be removed from it and including two Group III nitride semiconductor layers 104 and 106 having different electric conductive types and a light-emitting layer 105 which is stacked between the two Group III nitride semiconductor layers and which includes a Group III nitride semiconductor, and a plate body 111 made of material different from that of the crystal substrate and formed on a surface of an uppermost layer which is opposite from the crystal substrate that is removed from the stacked structure.

十、申請專利範圍：

1. 一種 III 族氮化物半導體發光裝置，包含有：

堆疊結構，其形成於將自其移除的結晶基板上，並具有不同導電型的二個 III 族氮化物半導體層，與堆疊於二個 III 族氮化物半導體層間並含有 III 族氮化物半導體的發光層；以及

板材本體，其由異於結晶基板的材料形成，並形成於正對移除自堆疊結構之結晶基板的最上層表面上。

2. 如申請專利範圍第 1 項的 III 族氮化物半導體發光裝置中，其中該板材本體由導電材料形成。

3. 如申請專利範圍第 1 或 2 項的 III 族氮化物半導體發光裝置中，其中該結晶基板係藉由照射於堆疊結構與結晶基板間之接面區域的雷射束而移除自堆疊結構。

4. 如申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項的 III 族氮化物半導體發光裝置中，更包含有設於板材本體上的歐姆電極。

5. 如申請專利範圍第 1 至 4 項中任一項的 III 族氮化物半導體發光裝置，其中該板材本體係穿經一金屬層而形成於最上層表面上。

6. 如申請專利範圍第 5 項的 III 族氮化物半導體發光裝置中，其中該金屬層包含共晶金屬膜。

7. 如申請專利範圍第 1 至 6 項中任一項的 III 族氮化物半導體發光裝置，更包含金屬反射膜，用於反射來自設於板材本體與最上層表面間之發光層的光。

8. 如申請專利範圍第 1 至 7 項中任一項的 III 族氮化物半導體發光裝置，其中該結晶基板為具有堆疊結構形成於其

上之(0001)面的藍寶石基板，且板材本體為導電性(001)矽單晶。

9.如申請專利範圍第8項的Ⅲ族氮化物半導體發光裝置中，其中該板材本體具有〈110〉結晶取向，且該〈110〉結晶取向平行於(0001)藍寶石基板的[1.1.-2.0.]結晶取向。

10.一種Ⅲ族氮化物半導體發光裝置的製法，包含的步驟有：

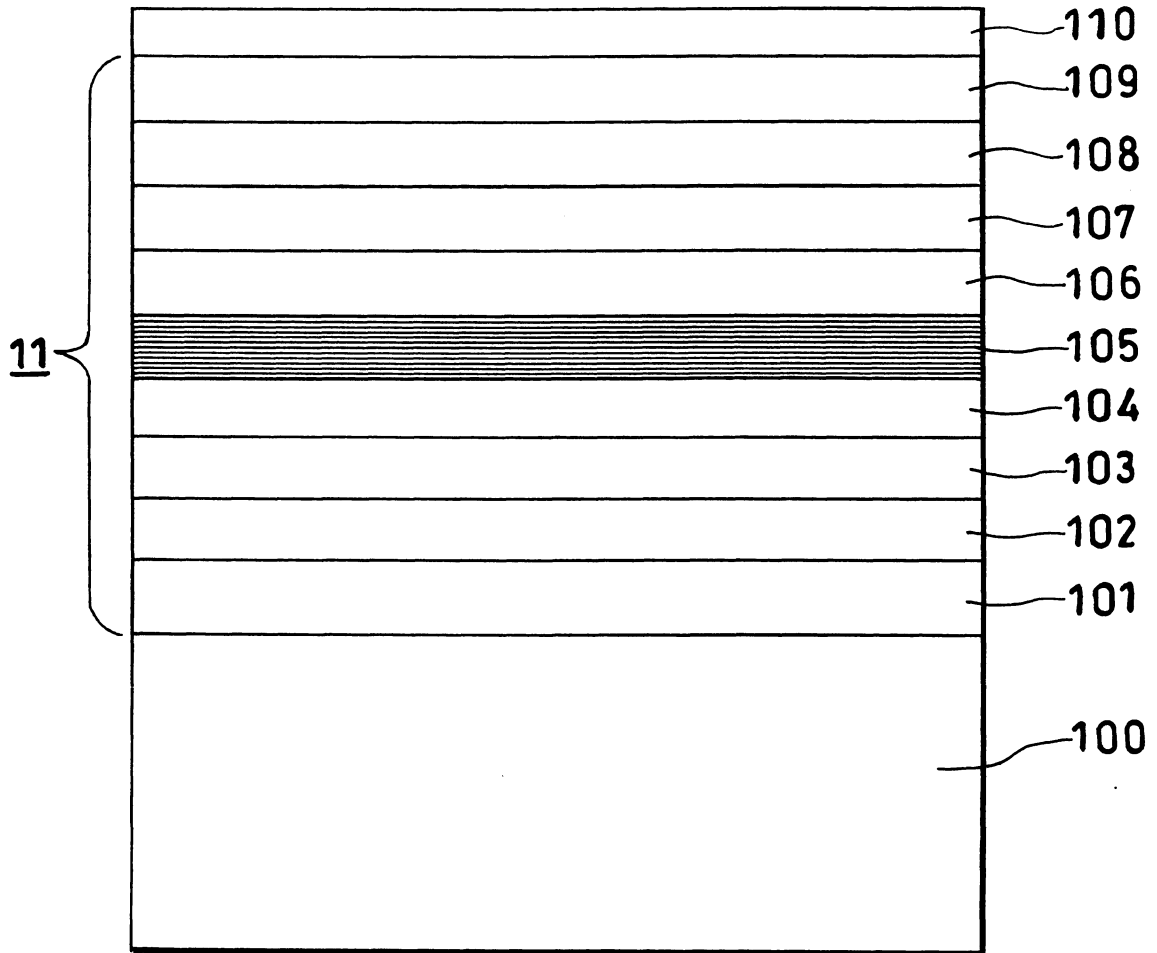
● 形成一堆疊結構於後續將移除的結晶基板上，該堆疊結構具有不同導電型的二個Ⅲ族氮化物半導體層，與堆疊於二個Ⅲ族氮化物半導體層間並含有Ⅲ族氮化物半導體的發光層；

形成由異於結晶基板的材料製成的板材本體於正對結晶基板的最上層表面上；以及

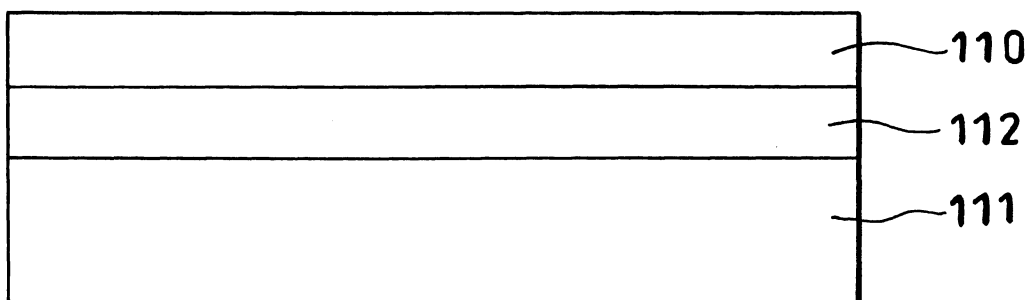
移除結晶基板。

● 11.一種LED燈，其設有如申請專利範圍第1至9項中任一項的Ⅲ族氮化物半導體發光裝置。

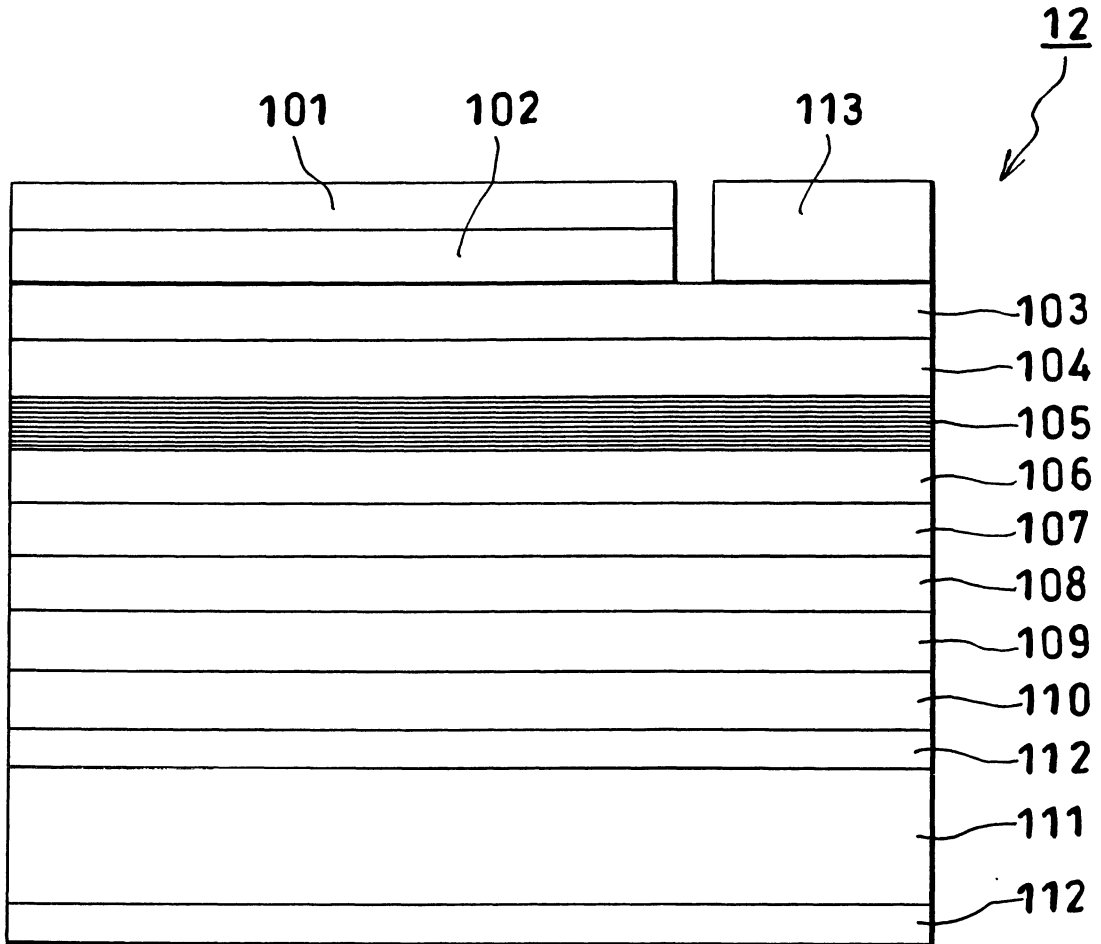
第 1 圖



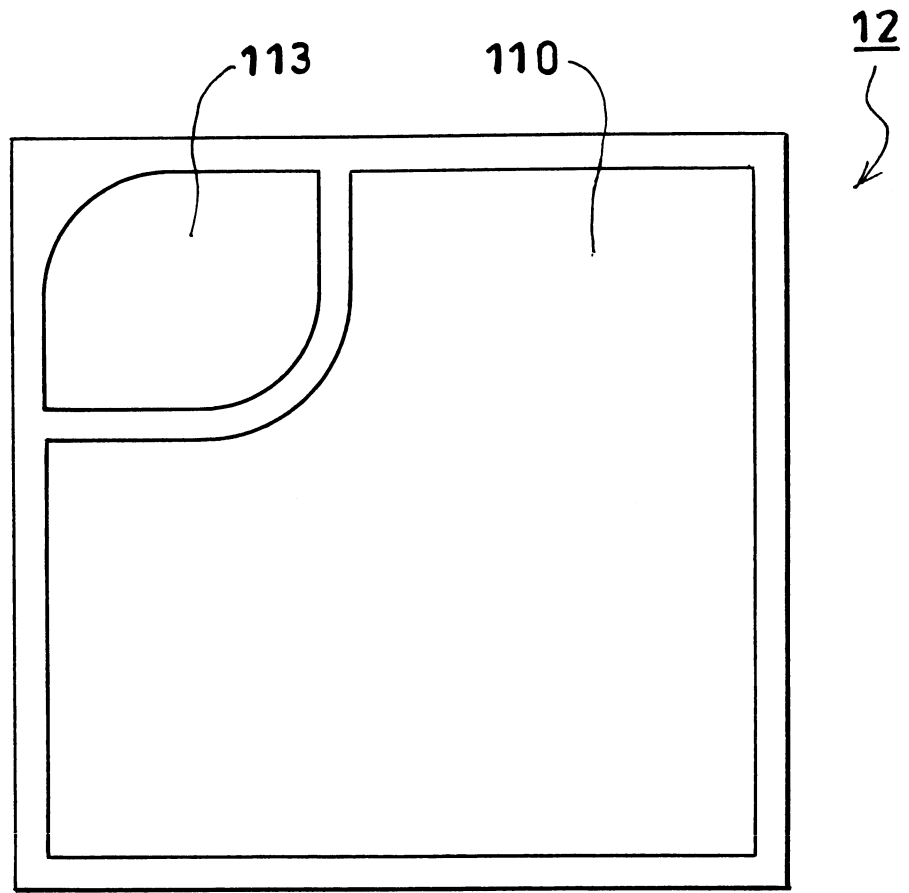
第 2 圖



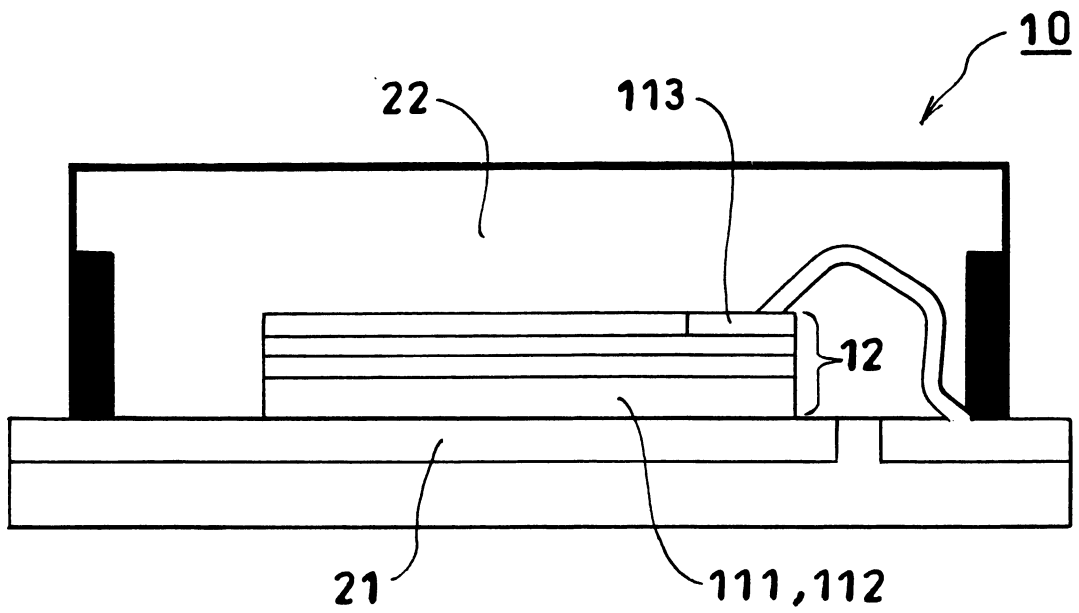
第 3 圖



第 4 圖



第 5 圖



七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 (3) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

12	LED
101	AlN 層
102	GaN 緩衝層
103	接觸層
104	n 型覆層
105	量子井結構發光層
106	p 型 $Al_{x_1}Ga_{y_1}N$ 覆層
107	p 型接觸層
108	p 型歐姆電極膜
109	金屬反射膜
110	金-鍺共晶膜
111	Si 單晶板
112	p 型歐姆電極膜
113	n 型歐姆電極膜

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：