

發明專利說明書

(填寫本書件時請先行詳閱申請書後之申請須知，作※記號部分請勿填寫)

※申請案號：91132151 ※IPC分類：H01L 33/00

※申請日期：91.10.30

壹、發明名稱

(中文) 銾鎵氮化物分離限制異構發光裝置

(英文) INDIUM GALLIUM NITRIDE SEPARATE CONFINEMENT
HETEROSTRUCTURE LIGHT EMITTING DEVICES

貳、發明人(共 2 人)

發明人 1 (如發明人超過一人，請填說明書發明人續頁)

姓名：(中文) 宣余臣

(英文) YU-CHEN SHEN

住居所地址：(中文) 美國加州聖荷西市亞曼達路1322號

(英文) 1322 THE ALAMEDA, #254 SAN JOSE, CA 95126 U.S.A.

國籍：(中文) 美國 (英文) U.S.A.

參、申請人(共 1 人)

申請人 1 (如申請人超過一人，請填說明書申請人續頁)

姓名或名稱：(中文) 美商露明光學公司

(英文) LUMILEDS LIGHTING U.S. LLC

住居所或營業所地址：(中文) 美國加州山橋市西亭伯路370號

(英文) 370 TRIMBLE ROAD, SAN JOSE, CA

95131-1008, U.S.A.

國籍：(中文) 美國 (英文) U.S.A.

代表人：(中文) 盧 漢柱克

(英文) LOU DADOK



發明人 2

姓名：(中文) 馬芮 S. 密沙拉

(英文) MIRA S. MISRA

住居所地址：(中文) 美國加州洛杉磯市湯姆斯路 230 號

(英文) 230 THOMAS DRIVE LOS GATOS, CA 95032 U.S.A.

國籍：(中文) 印度

(英文) INDIA

捌、聲明事項

本案係符合專利法第二十條第一項 第一款但書或 第二款但書規定之期間，其日期為：_____

本案已向下列國家(地區)申請專利，申請日期及案號資料如下：

【格式請依：申請國家(地區)；申請日期；申請案號 順序註記】

1. 美國；2001年11月02日；10/033,349

主張專利法第二十四條第一項優先權：

【格式請依：受理國家(地區)；日期；案號 順序註記】

1. 美國；2001年11月02日；10/033,349

主張專利法第二十五條之一第一項優先權：

【格式請依：申請日；申請案號 順序註記】

1. _____

2. _____

3. _____

主張專利法第二十六條微生物：

國內微生物 【格式請依：寄存機構；日期；號碼 順序註記】

1. _____

2. _____

3. _____

國外微生物 【格式請依：寄存國名；機構；日期；號碼 順序註記】

1. _____

2. _____

3. _____

熟習該項技術者易於獲得，不須寄存。

(1)

玖、發明說明

(發明說明應敘明：發明所屬之技術領域、先前技術、內容、實施方式及圖式簡單說明)

半導體發光裝置(發光二極體)在目前可獲得最有效光源之列，現今在製造能夠在可見光譜中操作之高亮度發光二極體上，引人興趣之材料系統包含三五族半導體，特別是鎵、鋁、銦及氮之二元、三元及四元合金，也包含第三族氮化物，通常，第三族氮化物發光裝置係藉由金屬有機化學氣相沈積(MOCVD)、分子束磊晶(MBE)或其他磊晶技術，在氧化鋁單晶(sapphire)、碳化矽或第三族氮化物基板上，磊晶生長不同成分與摻雜濃度之半導體層堆疊而製造，該堆疊通常包含形成於一基板上，由例如S摻雜之一或多個n型層、形成於該n型層或複數個n型層上之發光或主動區，以及形成於主動區上，由例如Mg所摻雜之一或多個p型層。

主動區通常為單一量子井層，或多重量子井層，其由具有能隙大於量子井層之半導體材料層分開並夾在中間，分離量子井層之較大能帶間隔層，通常是指阻障層，主動區所在之較大能帶間隔層，通常是指包覆或限制層，其他層可位於限制層與主動區之間，阻障層與限制層提供阻障於從主動區離開電荷之擴散。

圖1說明夾在兩限制層間之一主動區，如美國專利第6046464號中所敘述者，一GaN主動區112位於兩 $Al_{1-x}Ga_xN$ 之限制層114a與114b之間，鋁通常被用於限制層，因為第三族氮化物層中含鋁，通常會增加該層之能隙，提供良好之載子限制。

(2)

使用 AlGa_N限制層會產生很多問題。

首先，要達到在摻雜 Mg 之 AlGa_N 中需要之電洞濃度是困難的，一原因是 Mg 之活化能隨著 Al 成分在 AlGa_N 中增加而增加，已觀察到在 GaN 中，僅有約 1% 被引入之 Mg 在室溫下被活化，也已經觀察到摻雜物之活化能，亦即外來材料之能隙能量會增加，因此，預期在 AlGa_N 中被活化 Mg 之比例會少於 1%，此意指必須將更高濃度之 Mg 原子納入 AlGa_N 層中，以便活化所需之電洞濃度，在 AlGa_N 中需要高 Mg 濃度有兩優點，第一，在生長中很難將高 Mg 濃度納入 AlGa_N 中，第二，高摻雜濃度會非預期地影響 AlGa_N 單晶膜之品質與電性。

第二，較大之極化範圍存在於 GaN/AlGa_N 介面上，這些極化範圍是由 Al、In、Ga 及 N 之不同電負性，以及第三族氮化物 LED 中纖維鋅礦 (wurtzite) 晶體結構之非對稱本質所引起，極化範圍基本上會製造 GaN 與 AlGa_N 間介面之片電荷，其可依介面上片電阻之極性上下移動能帶圖，在 GaN/AlGa_N 介面上，存在一正片電荷，該片電荷會拉低導電能帶，其會減少 AlGa_N 作為限制層之效果，極化範圍之效果示於圖 2 中，其為一具有 AlGa_N 限制層之裝置之能帶圖，如圖 2 所示，量子井層 310 之能隙小於覆蓋層 302 之能隙，覆蓋層 302 之能隙小於限制層 304，然而，在覆蓋層 / 限制層介面之極化範圍會將點 308 上之能帶圖拉低至準費米能階 (quasi-Fermi level) 306，多數人可易於瞭解準費米能階，是電荷載子可在絕對零度 (T=0) 時以低於此能階存在

(3)

者 $T=0$ ，因為導電帶在點 308 上被拉低，相似電流密度所需之電壓會增加，此會減少 AlGaIn 之能量阻障以及電子限制。

第三，AlGaIn 之生長需要溫度高於其他 GaN-基層生長所需者，改變至較高生長溫度之一種方式，是在生長當中實施一中斷，生長之中斷通常是不被想要的，因為他們會使雜質累積在晶體表面上，同時降低晶體之品質，此外，AlGaIn 所需之高溫，會非預期地衝擊主動區中層之材料性質。

根據本發明，一第三族氮化物發光裝置包含一基板、覆蓋於該基板之一第一導電型態層、覆蓋於該第一導電型態層之一間隔層、覆蓋於該間隔層之一主動區、覆蓋於該主動區之一覆蓋層，以及覆蓋於該覆蓋層之第二導電型態層，該主動區包含一量子井層，與包含銦之一阻障層，該間隔層與該覆蓋層之一包含銦，該阻障層可摻雜第一導電型態之摻雜物，且具有銦成分介於 1% 至 15% 之間，在某些具體實施例中，發光裝置包含一下限制層，其形成於第一導電型態層與該主動區之間，下限制層可摻雜第一導電型態之摻雜物，且具有銦成分介於 0% 與 15% 之間，在某些具體實施例中，發光裝置包含一上限制層，其形成於第二導電型態層與主動區之間，該上限制層可摻雜第二導電型態之摻雜物，且具有銦成分介於 0% 與 15% 之間，該覆蓋層可摻雜第二導電型態之摻雜物，且可具有銦成分介於 0% 與 15% 之間，該間隔層可摻雜第一導電型態之摻雜物，且可具有銦成分介於 0% 與 15% 之間。

(4)

發明說明書

圖 1 說明一種先前技藝之第三族氮化物發光二極體 (LED)。

圖 2 說明一種具有 AlGaIn 限制層裝置之能帶圖。

圖 3 說明根據本發明之一種 LED。

圖 4 說明根據本發明裝置之能帶圖。

圖 5 說明一種製造 LED 之方法。

圖 6 係示於圖 4 中裝置之效率對電流密度曲線圖。

圖 3 說明一實踐本發明觀念之發光二極體 200，一單 n 型層或 n 型層堆疊 204 形成於一基板 202 上，一下限制層 206 形成於 n 型層 204 上，主動區 208 被夾在一間隔層 207 與一覆蓋層 210 中間，主動區 208 包含阻障層 222 與量子井層 220，一上限制層 212 形成於覆蓋層 210 上，最終，一單 p 型層或 p 型層堆疊 214 形成於上限制層 212 上，p 型層 214 包含一接觸層，一 n 型接觸電性連接於 n 型層 204 之一，而一 p 型接觸電性連接於 p 型層 214 之一，如果基板 202 可導電，n 型接觸可被沈積於基板 202 之下側，或者，一部份的 p 型層 214、限制層 212、主動區 208，以及限制層 206 被去除以暴露 n 型層 204，接著 p 接觸與 n 接觸均被沈積於該裝置之同一邊，在兩接觸均沈積於裝置同一側之組態中，光線可能透過該基板 (已知為覆晶)，或透過該接觸而得到，儘管發光二極體被顯示其 n 型層 204 形成最靠近基板，其結構可保留成 p 型層 214 形成最靠近基板，此外，n 型層 204 可包含一型層，而 p 型層 214 可包含一 n 型層，進一步地，下限制層 206、間隔層 207、阻障層 222、覆蓋層 210，以及上限制層 212 其中

(5)

任一，可為 n 型也可為 p 型的。

在本發明之某些具體實施例中，下限制層 206、間隔層 207、量子井層 220、阻障層 222、覆蓋層 210，以及上限制層 212，均為 InGa_xN，表 1 說明了每種層之成分。

表 1

上限制層 212	In _{x5} Ga _{1-x5} N
覆蓋層 210	In _{x4} Ga _{1-x4} N
阻障層 222	In _{x3} Ga _{1-x3} N
量子井層 220	In _{x2} Ga _{1-x2} N
間隔層 207	In _{x1} Ga _{1-x1} N
下限制層 206	In _{x0} Ga _{1-x0} N

在圖 1 所示之具體實施例中，上限制層 212 與下限制層 206 具有最少的銦成分，覆蓋層 210、阻障層 220，以及間隔層 207 通常具有較限制層 206 及 212 高之銦成分，而較量子井層 222 低之銦成分，量子井層 222 具有最大之銦成分，如此則 x_1 、 x_3 、 $x_4 < x_2$ ；而 x_0 、 $x_5 \leq x_1$ 、 x_3 、 x_4 。

在某些具體實施例中，下限制層 206 係一缺少鋁但摻雜 n 型摻雜物，通常為矽之第三族氮化物層，例如，下限制層 206 可以是 GaN 或 InGa_xN，下限制層 206 可具有銦成分約 0% 至 15%，且通常具有鋁成分約 0% 至 2%，圖 4 說明一種納入一下限制層 206 之裝置之能帶圖，下限制層 206 以夠高之摻雜物濃度摻雜，以將電子準費米 (quasi-Fermi) 能階 410 移動至較靠近點 412 上之導電帶 402，即介於下限制層 206 與

(6)

發明說明書

間隔層 207 之間介面，摻雜會導致能帶結構彎曲，其會提供在點 414 上價帶 404 中電洞一阻障，限制層 206 可藉 n 型摻雜物，如矽，摻雜至濃度約 10^{15}cm^{-3} 至 10^{22}cm^{-3} ，且通常摻雜至 10^{19}cm^{-3} 至 $5 \cdot 10^{20} \text{cm}^{-3}$ ，下限制層厚度約介於 50 至 20000 埃，且通常介於 250 至 500 埃，通常，一層中存在有銦，會降低該層之能帶，如此在含銦下限制層之具體實施例中，跟成分會低於量子井層之銦，且小於或等於該阻障層之銦成分。

在某些具體實施例中，間隔層是一 InGa_xN 層。間隔層 20% 的銦成份介於約 5% 與約 15% 之間，而且銦成份通常是約 0% 與約 5% 之間。間隔層 207 可藉 n 型摻雜物 (如矽) 摻雜至濃度約 10^{15}cm^{-3} 至 10^{19}cm^{-3} ，且通常摻雜至約 10^{17}cm^{-3} 至約 10^{18}cm^{-3} 。間隔層 207 的厚度約介於 25 與 300 埃，且通常介於 100 與 200 埃。

主動區 208 具有交替量子井層 220 (圖 3) 及阻障層 222，在某些具體實施例中，量子井層 220 與阻障層 222 均為 InGa_xN，由於增高銦成份會降低一層之能帶，量子井層 220 通常具有較阻障層 222 高之銦成分，如此則阻障層 222 具有一夠高之能帶間隔以限制電荷載子，量子井層 220 可具有範圍介於 4% 至 25% 之銦成分，阻障層 222 可具有範圍介於 0% 至 15% 且通常係 1% 至 5% 之銦成分。

在某些具體實施例中，主動區之阻障層 222 藉由型摻雜矽，以便降低阻障 / 量子井層介面之平坦範圍，阻障層 222 可被摻雜至濃度約 10^{15}cm^{-3} 至 10^{19}cm^{-3} ，且通常摻雜至濃

(7)



度約 10^{17}cm^{-3} 至 $5 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ ，阻障層 222 厚度可介於 20 至 250 埃，且通常介於 60 至 130 埃，量子井層 220 之厚度介於 10 至 60 埃，且通常介於 15 至 30 埃，儘管圖 3 顯示三量子井層 220 與兩阻障層 222，仍可使用更多或更少之量子井層與阻障層。

在某些具體實施例中，覆蓋層 210 含銦成分與主動區 208 中之阻障層相同，覆蓋層 210 可具有銦成分約 0% 至 15%，且通常係 0% 至 5%，覆蓋層 210 可藉由一 p 型摻雜物如鎂或 n 型摻雜物如矽摻雜之，至濃度約 10^{15}cm^{-3} 至 10^{21}cm^{-3} ，且通常約 10^{19}cm^{-3} 至 10^{20}cm^{-3} ，覆蓋層 210 之厚度可約為 25 至 300 埃，且通常介於 50 至 120 埃之間。

在某些具體實施例中，上限制層 212 係 InGaN 摻雜型摻雜物如鎂，上限制層 212 含銦成分低於較主動區 208 中之量子井層，以便限制至主動區之電荷載子，上限制層 212 之銦成分可介於約 0% 至 15% 之間，且通常係 0% 至 2% 之間，再回到圖 4，上限制層 212 被摻雜足夠之 p 型摻雜物，以將導電帶邊緣 416，從覆蓋層 210 與上限制層 212 間介面上之電子準費米能階移開，上限制層 212 可被摻雜至濃度約 10^{15}cm^{-3} 至 10^{22}cm^{-3} ，且通常約 10^{19}cm^{-3} 至 $5 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$ ，上限制層厚度可介於 50 至 20,000 埃之間，且通常介於 250 至 500 埃之間。

在某些具體實施例中，一型接觸層係 InGaN 或 GaN 摻雜了型摻雜物如鎂，行接觸層可具有銦成分介於 0% 至 15% 之間，且通常係 0% 至 2% 之間，p 型接觸層可被摻雜濃度至

(8)

發明說明書

約 10^{15}cm^{-3} 至 10^{23}cm^{-3} ，且通常約 10^{20}cm^{-3} 至 10^{21}cm^{-3} ，p 型接觸層之厚度可為約 10 至 500 埃之間，且通常為約 100 至 250 埃之間。

限制層 206 與 212 之能帶間隔，通常較主動區 208 中阻障層、覆蓋層 210，及間隔層 207 來得大，在主動區 208 中，阻障層之能帶間隔大於量子井層之能帶間隔，如此，在限制層、覆蓋層、間隔層、量子井層，以及阻障層均為 InGaN 之具體實施例中，限制層具有最低之銦成分，阻障層、覆蓋層，以及間隔層具有較高之銦成分，而量子井層具有最高之銦成分。

表 2 顯示圖 4 所示裝置各層之銦成分。

表 2

層名	銦成分百分比
下限制層 206	0%
間隔層 207	0%
阻障層 222	3%
量子井層 220	15%
覆蓋層 210	3%
上限制層 212	0%

在某些具體實施例中，下限制層 206、間隔層 207、覆蓋層 210 或上限制層 212 可具有一分級的銦成分或摻雜濃度，如此處所用，字彙"分級"意指包含任何成分與/或摻雜濃度，以任何方式改變，而非單一等級之任何結構，在

依例子中，分級層係複數層之堆疊，其中各層具有不同於相鄰層之成分與摻雜濃度，假若該些層具有可溶解之厚度，該分級層可成為步進分級(step-graded)層或指標分級(index-graded)層，在各層厚度趨近零之限制下，分級層可稱為連續分級層，組成分級平滑層之各層可被安排以形成各種成分與/或摻雜濃度對厚度之曲線，包含但不受限於線性變化、拋物線變化以及冪次變化，而且，分級平滑區不僅止於單一分級曲線，而包含了不同分級曲線，以及一或多個具有實質上一定成分與/或摻雜物濃度區之部分，例如，間隔層207可具有銦成分，從下限制層206中銦成分分級到阻障層220中之銦成分，同時，覆蓋層210可具有銦成分從阻障層220分級到上限制層212，分級之間隔層207與覆蓋層210製造了一引導電荷載子至主動區之"通道(funnel)"。

圖5說明一種根據本發明觀點，製造一裝置之方法，在階段51，可能是SiC、氧化鋁單晶、GaN或任何其他適當材料之基板202，一或兩側被拋光，接著準備以不同清潔方式生長，N型層204在階段52藉由MOCVD在基板202上磊晶生長，基板被放置於依反應爐中，而前導氣體如三甲基鎵與氮被引入，並在基板表面反應以形成GaN，在GaN塊材生長之前，一第三族氮化物晶核層如AlN、GaN或InGaN在基板202上生長，任何含Al或In之前導氣體接著被去除，一n型摻雜前導氣體連同一含鎵氣體及氮，被引入反應爐中，如此則產生之n型區204被以如Si、Ge或O摻

雜。

在階段 53，一含銦前導氣體如三甲機銦，被引入反應爐以形成下限制層 206，溫度也被降低，被引入層中之銦量，可藉由調整反應溫度、含銦前導氣體流率對其他前導氣體如含鎳前導氣體流率之比例(稍後指銦/其他比例)，或同時調整兩者而加以控制。

主動區 208 中第一量子井層 220，藉由降低反應爐溫度、增加銦/其他比例或兩者並行，形成於階段 54 中，在階段 55 中，溫度上升且或銦/其他比例被降低以形成具有較量子井層 220 音含量低之主動區阻障層 222，階段 54 與 55 被重複直到預期數量之阻障層被形成，接著一最終量子井層形成於階段 57 中。

主動區形成後，在階段 58 中，反應爐溫度升高且/或銦/其他比例降低以形成覆蓋層 210，一 p 型摻雜前導氣體被引入反應爐，如此則產生之覆蓋層被以，如 Mg 摻雜，在階段 59 中，反應爐溫度再次升高且或銦/其他比例再次降低，以形成上限制層 212，而 P 型層 214 形成於階段 60 中，在型區 214 中，會形成最佳化導電或歐姆接觸之層，一型接觸層，稍後將形成 p 型接觸者，隨後在階段 61 中，被沈積於半導體層上該裝置經圖樣製作，且部分 p 型接觸層、p 型半導體層，以及主動區被蝕刻，以暴露部分之 n 型區 204，一 n 型接觸接著被沈積於型區 204 之裸露部分上，n 型與 p 型接觸可以是例如 Au、Ni、Al、Pt、Co、Ag、Ti、Pd、Rh、Ru、Re 以及 W 或這些元素之合金。

根據本發明，使用 InGa_N 或 Ga_N 之限制層、覆蓋層、間隔層以及阻障層提供了一些優點，首先，Mg 較易於進入 InGa_N 或 Ga_N 中，即使鄰近 InGa_NGa_N 或 Ga_N-Ga_N 介面，也比進入 AlGa_N 容易，如此，則使用 InGa_N 或 Ga_N 限制層可減少使用 p-n 接面之變異性與不確定性，以及使用未經摻雜 AlGa_N 限制層，對以 AlGa_N 限制層所得經驗之阻抗與操作電壓之非預期衝擊。

第二，與摻雜鎂之 AlGa_N 相比，在摻雜鎂之 InGa_N 與 Ga_N 中，有極大部分之鎂原子在室溫下是活躍的，因此，為了達到需求之電洞濃度，InGa_N 與 Ga_N 限制層可摻雜較 AlGa_N 少量的鎂，並可改善限制層之結晶性質。

第三，一 InGa_N 限制層之限制特性，受到極化範圍影響之程度，低於 AlGa_N 限制層，圖 6 顯示如圖 3 所示，效率為裝置電流密度之函數，由於如圖 3 所示之裝置具有有效之電子與電洞限制，效率會隨電流密度增加而增加，如此，在高電流密度時，裝置具有高效率，表示當電流密度增加時，多餘的電流變成光線而非熱量。

第四，使用 InGa_N 或 Ga_N 限制層可降低上限制層之製造溫度，也減少對主動區損害之危險性，同樣地，使用 InGa_N 或 Ga_N 限制層，可消除在 AlGa_N 生長前之生長暫停，也降低由雜質在生長暫停期間累積所造成之結晶缺陷之危險性。

當顯示並闡述本發明之特殊具體實施例時，熟知該技藝者可明顯瞭解，在不背離本發明廣博的觀點下，可做更改

與修正，附加之申請專利範圍將包含這種在本發明實際精髓與範圍內之改變與修正。

圖式代表符號說明

200	發光二極體
202	基板
204	n型層
206	下限制層
207	間隔層
208	主動區
210、302	覆蓋層
212	上限制層
214	p型層
220、310	量子井層
222	阻障層
304	限制層
306、410	準費米能階
308、412、414	點
402	導電帶
404	價帶
416	導電帶邊緣

肆、中文發明摘要

本文揭示一種第三族氮化物發光裝置，其包含一基板、覆蓋該基板之一第一導電型態層、覆蓋該第一導電型態層之一間隔層、覆蓋於該間隔層之一主動區、覆蓋該主動區之一覆蓋層，以及覆蓋該覆蓋層之一第二導電型態層，該主動區包含一量子井層與一阻障層，該阻障層包含銦，該阻障層可以第一導電型態之摻雜物摻雜且可具有介於1%至15%之銦成分，在某些具體實施例中，發光裝置包含一銦鎵氮化物(InGaN)下限制層，其形成於該第一導電型態層與該主動區之間，在某些具體實施例中，發光裝置包含一銦鎵氮化物上限制層，其形成於該第二導電型態層與該主動區之間，在某些具體實施例中，發光裝置包含銦鎵氮化物覆蓋層，其形成於該上限制層與該主動區之間。

伍、英文發明摘要

A III-nitride light emitting device including a substrate, a first conductivity type layer overlying the substrate, a spacer layer overlying the first conductivity type layer, an active region overlying the spacer layer, a cap layer overlying the active region, and a second conductivity type layer overlying the cap layer is disclosed. The active region includes a quantum well layer and a barrier layer containing indium. The barrier layer may be doped with a dopant of first conductivity type and may have an indium composition between 1% and 15%. In some embodiments, the light emitting device includes an InGaN lower confinement layer formed between the first conductivity type layer and the active region. In some embodiments, the light emitting device includes an InGaN upper confinement layer formed between the second conductivity type layer and the active region. In some embodiments, the light emitting device includes an InGaN cap layer formed between the upper confinement layer and the active region.

拾、申請專利範圍

1. 一種發光裝置，其包含：
 - 一基板；
 - 一第一導電類型層，覆蓋於該基板上；
 - 一下限制層，覆蓋於該第一導電類型層上，該下限制層包含 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ，其中 $0 \leq x \leq 0.15$ ；
 - 一間隔層，覆蓋於該第一導電類型層上；
 - 一主動區，覆蓋於該間隔層上，該主動區包含：
 - 一量子井層；以及
 - 一阻障層，其包含銻；
 - 一覆蓋層，覆蓋於該主動區上；
 - 一上限制層，覆蓋於該覆蓋層上，該上限制層包含 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ，其中 $0 \leq x \leq 0.15$ ；以及
 - 一第二導電類型層，覆蓋於該覆蓋層上；
 其中該間隔層與該覆蓋層其中之一包含銻。
2. 如申請專利範圍第1項之發光元件，其中該阻障層係 InGaN ，其包含銻成分介於1%與大約15%之間。
3. 如申請專利範圍第1項之發光元件，其中該阻障層係 InGaN ，其包含銻成分介於1%與大約5%之間。
4. 如申請專利範圍第1項之發光元件，其中該阻障層係以第一導電類型之摻雜物，摻雜至濃度介於 10^{15} cm^{-3} 與大約 10^{19} cm^{-3} 之間。
5. 如申請專利範圍第1項之發光元件，其中。
 - 該阻障層之厚度，介於20埃與大約250埃之間；

- 該量子井層具有銦成分介於大約4%與大約25%之間；
該量子井層之厚度，介於大約10埃與大約60埃之間。
6. 如申請專利範圍第1項之發光元件，其中該阻障層、該間隔層以及該覆蓋層之銦成分，均比該量子井層之銦成分低。
 7. 如申請專利範圍第1項之發光元件，其中該下限制層包含 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ，其中 $0 \leq x \leq 0.02$ 。
 8. 如申請專利範圍第1項之發光元件，其中該下限制層係以第一導電類型之摻雜物，摻雜至濃度介於 10^{15} cm^{-3} 與大約 10^{22} cm^{-3} 之間。
 9. 如申請專利範圍第1項之發光元件，其中該下限制層之厚度介於大約50與大約20,000埃之間。
 10. 如申請專利範圍第1項之發光元件，其中：
 - 該下限制層具有一第一銦成分；
 - 該間隔層具有一第二銦成分；
 - 該量子井層具有一第三銦成分；
 - 該第三銦成分大於該第二銦成分；以及
 - 該第二銦成分大於或等於該第一銦成分。
 11. 如申請專利範圍第1項之發光元件，其中該上限制層包含 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ，其中 $0 \leq x \leq 0.02$ 。
 12. 如申請專利範圍第1項之發光元件，其中該上限制層係以第二導電類型之摻雜物，摻雜至濃度介於 10^{15} cm^{-3} 與大約 10^{22} cm^{-3} 之間。
 13. 如申請專利範圍第12項之發光元件，其中該摻雜物包含

Mg。

14. 如申請專利範圍第1項之發光元件，其中該上限制層之厚度介於大約50與20,000埃之間。
15. 如申請專利範圍第1項之發光元件，其中：
 - 該上限制層具有一第一銦成分；
 - 該覆蓋層具有一第二銦成分；
 - 該量子井層具有一第三銦成分；
 - 該第三銦成分大於該第二銦成分；以及
 - 該第二銦成分大於或等於該第一銦成分。
16. 如申請專利範圍第1項之發光元件，其中該覆蓋層包含 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ，其中 $0 \leq x \leq 0.15$ 。
17. 如申請專利範圍第1項之發光元件，其中該間隔層包含 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ，其中 $0 \leq x \leq 0.15$ 。
18. 如申請專利範圍第1項之發光元件，其中：
 - 該下限制層係Ga₃N₂；
 - 該間隔層係Ga₃N₂；
 - 該阻障層係 $\text{In}_{0.03}\text{Ga}_{0.97}\text{N}$ ；
 - 該量子井層係 $\text{In}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ ；
 - 該覆蓋層係 $\text{In}_{0.03}\text{Ga}_{0.97}\text{N}$ ；以及
 - 該上限制層係Ga₃N₂。
19. 如申請專利範圍第1項之發光元件，其中該覆蓋層、該上限制層、該下限制以及該間隔層至少其中之一，包含一分級之銦成分。
20. 如申請專利範圍第1項之發光元件，其中該覆蓋層係以

第二導電類型之摻雜物，摻雜至濃度介於 10^{15} cm^{-3} 與大約 10^{21} cm^{-3} 之間。

21. 如申請專利範圍第1項之發光元件，其中該間隔層係以第一導電類型之摻雜物，摻雜至濃度介於 10^{15} cm^{-3} 與大約 10^{21} cm^{-3} 之間。

拾壹、圖式

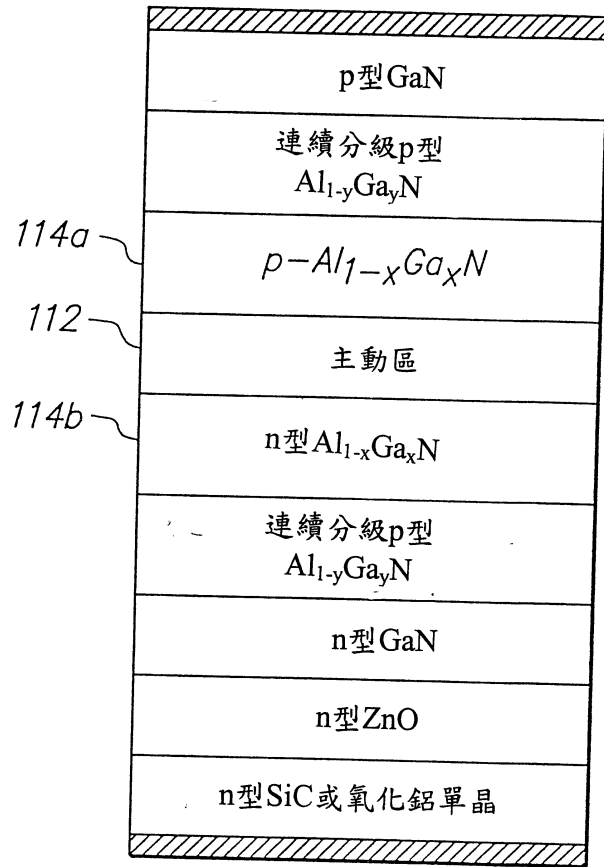


圖 1
(先前技藝)

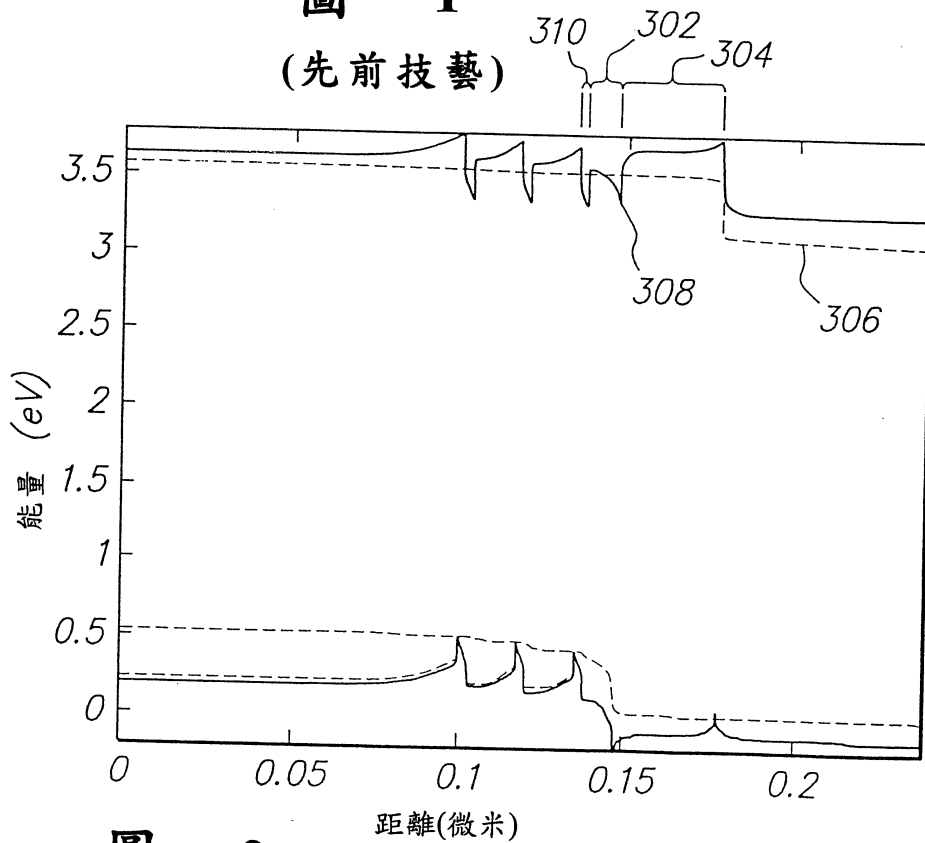


圖 2

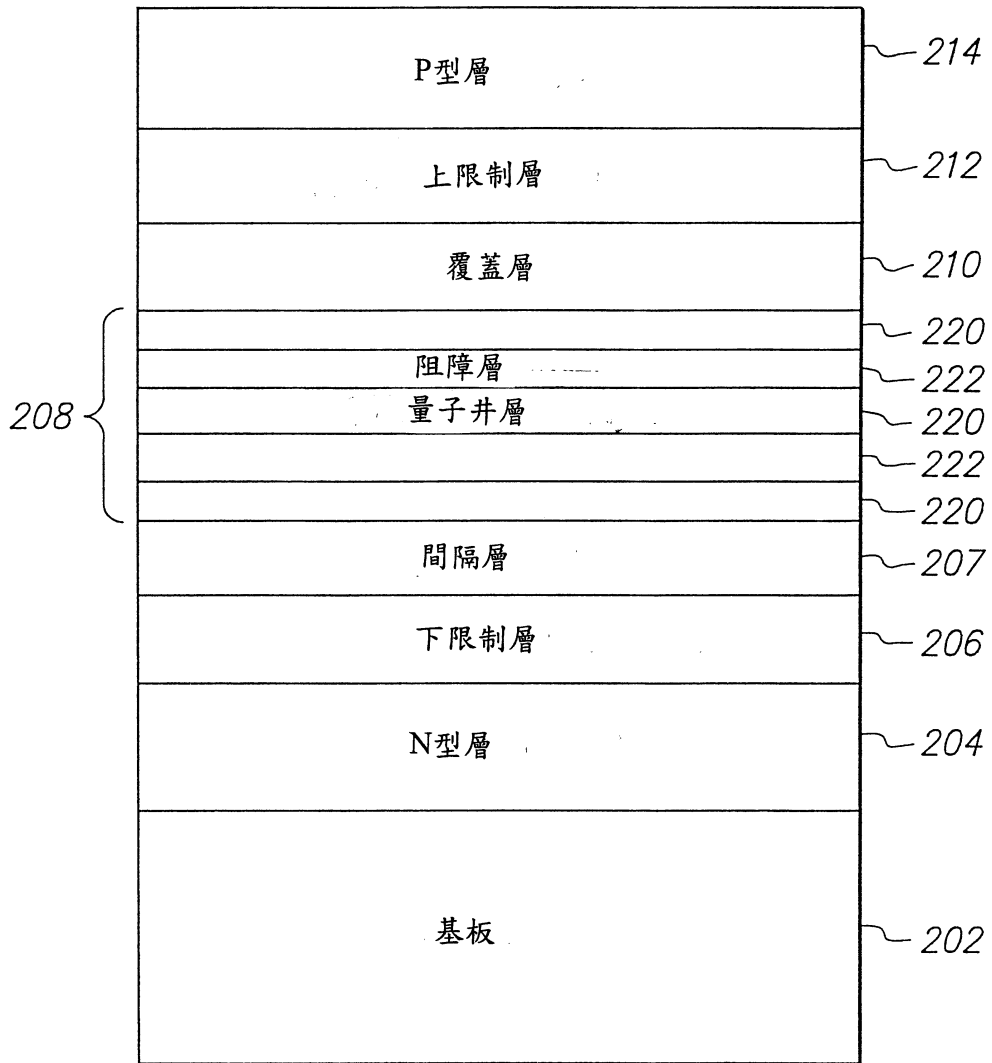


圖 3

圖式續頁

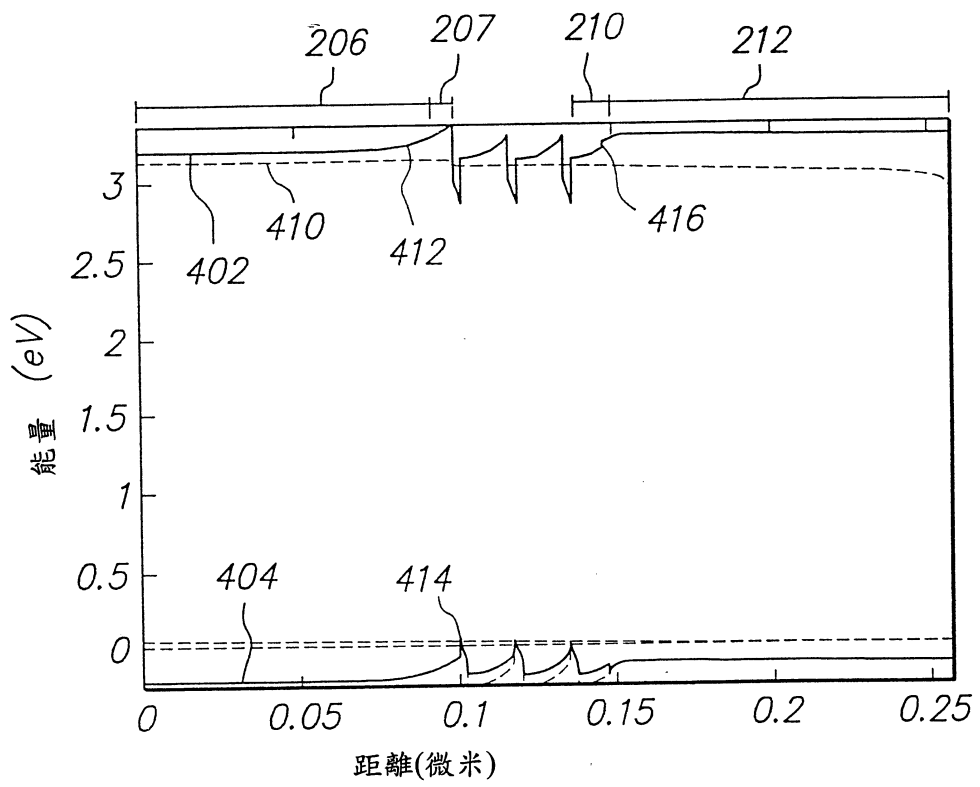


圖 4

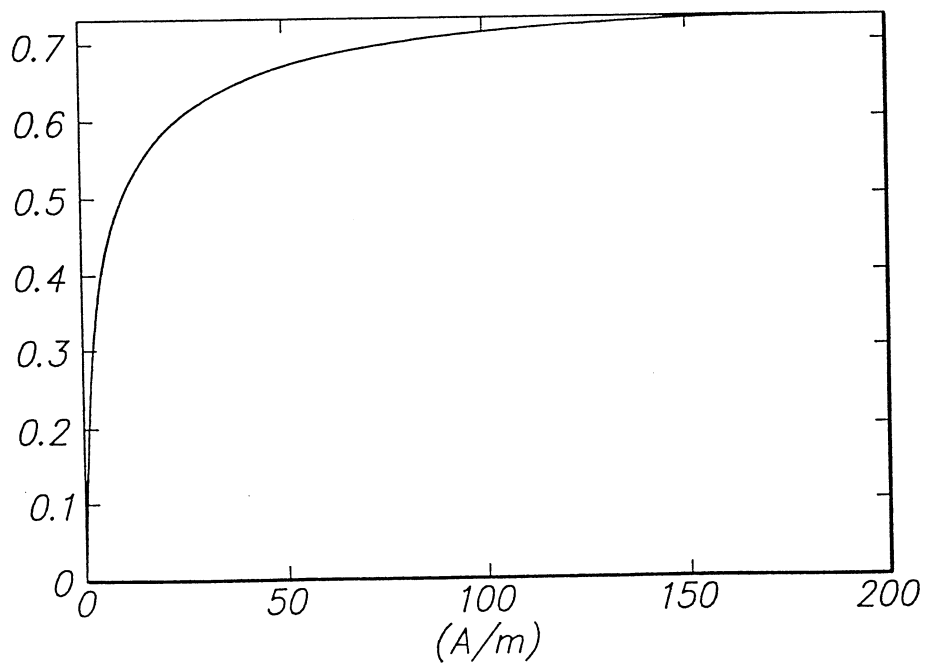


圖 6

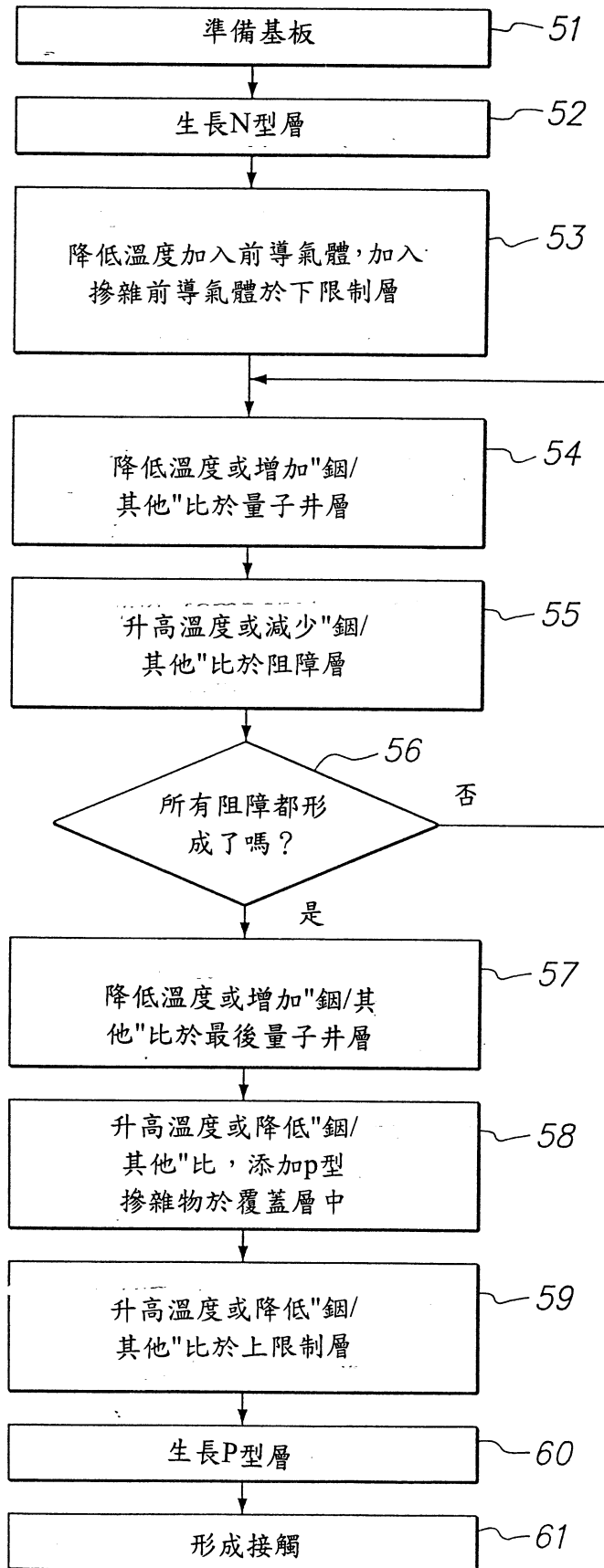


圖 5

陸、(一)、本案指定代表圖為：第 3 圖

(二)、本代表圖之元件代表符號簡單說明：

202	基板
204	N型層
206	下限制層
207	間隔層
208	主動區
210	覆蓋層
212	上限制層
214	p型層
220	量子井層
222	阻障層

柒、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：