

(21) 申請案號：101120377

(22) 申請日：中華民國 101 (2012) 年 06 月 07 日

(51) Int. Cl. : H01L33/62 (2010.01)

(30) 優先權：2011/08/02 美國 13/196,870

(71) 申請人：普瑞光電股份有限公司 (美國) BRIDGELUX INC. (US)  
美國

(72) 發明人：林朝坤 LIN, CHAO-KUN (US)

(74) 代理人：陳傳岳；郭雨嵐

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：21 項 圖式數：25 共 56 頁

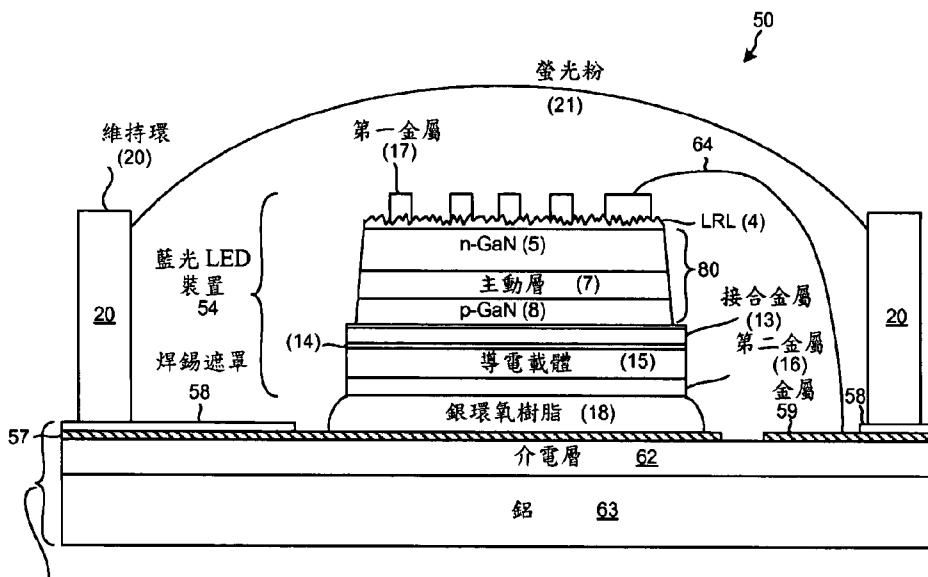
(54) 名稱

用於共晶接合製程之非反應性阻障層金屬

NON-REACTIVE BARRIER METAL FOR EUTECTIC BONDING PROCESS

(57) 摘要

本發明揭示一種將一載體晶圓結構接合至一裝置晶圓結構的一共晶金屬層(例如金/錫)。在一個範例中，該裝置晶圓結構包括一矽基板，其上有一磊晶 LED 結構。在該磊晶 LED 結構上放置一銀層。該載體晶圓結構包括覆蓋一黏貼層的一導電矽基板。該銀層與該共晶金屬層之間提供一非反應性阻障金屬層(例如鈦)，避免晶圓接合期間來自該共晶層的金屬(例如錫)擴散進入該銀內。在晶圓接合期間，該等晶圓結構壓在一起，並且保持在超過 280°C 的溫度持續超過一分鐘。使用該非反應性阻障金屬層可減少製造一矽上垂直藍光 LED 內所使用的昂貴鉑，藉此降低 LED 製造成本。



鋁核心 PCB (19)

白光 LED 組合含一個 LED 裝置的簡化剖面側視圖(未依照比例)

4：低電阻層

5：n 型氮化鎵層

7：主動層

8：p 型氮化鎵層

13：接合金屬層

14：阻障金屬層

15：導電載體

16：第二金屬電極

17：第一金屬電極

18：銀環氧樹脂

19：金屬核心印刷電路板

20：維持環

21：螢光粉

54：垂直藍光 LED 裝置

57：第一金屬結構

- 58：焊錫遮罩層
- 59：第二金屬結構
- 62：介電層
- 63：鋁或銅基部分
- 64：焊線
- 80：磊晶 LED 結構

(21) 申請案號：101120377

(22) 申請日：中華民國 101 (2012) 年 06 月 07 日

(51) Int. Cl. : H01L33/62 (2010.01)

(30) 優先權：2011/08/02 美國 13/196,870

(71) 申請人：普瑞光電股份有限公司 (美國) BRIDGELUX INC. (US)  
美國

(72) 發明人：林朝坤 LIN, CHAO-KUN (US)

(74) 代理人：陳傳岳；郭雨嵐

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：21 項 圖式數：25 共 56 頁

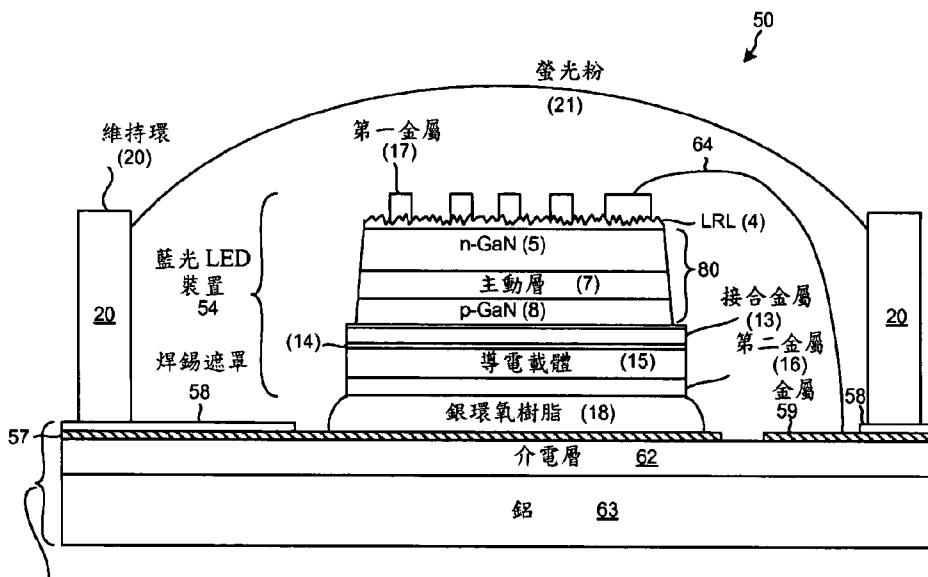
(54) 名稱

用於共晶接合製程之非反應性阻障層金屬

NON-REACTIVE BARRIER METAL FOR EUTECTIC BONDING PROCESS

(57) 摘要

本發明揭示一種將一載體晶圓結構接合至一裝置晶圓結構的一共晶金屬層(例如金/錫)。在一個範例中，該裝置晶圓結構包括一矽基板，其上有一磊晶 LED 結構。在該磊晶 LED 結構上放置一銀層。該載體晶圓結構包括覆蓋一黏貼層的一導電矽基板。該銀層與該共晶金屬層之間提供一非反應性阻障金屬層(例如鈦)，避免晶圓接合期間來自該共晶層的金屬(例如錫)擴散進入該銀內。在晶圓接合期間，該等晶圓結構壓在一起，並且保持在超過 280°C 的溫度持續超過一分鐘。使用該非反應性阻障金屬層可減少製造一矽上垂直藍光 LED 內所使用的昂貴鉑，藉此降低 LED 製造成本。



鋁核心 PCB (19)

白光 LED 組合含一個 LED 裝置的簡化剖面側視圖(未依照比例)

- 4：低電阻層
- 5：n 型氮化鎵層
- 7：主動層
- 8：p 型氮化鎵層
- 13：接合金屬層
- 14：阻障金屬層
- 15：導電載體
- 16：第二金屬電極
- 17：第一金屬電極
- 18：銀環氧樹脂
- 19：金屬核心印刷電路板
- 20：維持環
- 21：螢光粉
- 54：垂直藍光 LED 裝置
- 57：第一金屬結構

# 發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：101120777

※申請日：101.6.7

※IPC 分類：H01L 33/62 (2006.1)

## 一、發明名稱：(中文/英文)

用於共晶接合製程之非反應性阻障層金屬  
/NON-REACTIVE BARRIER METAL FOR EUTECTIC  
BONDING PROCESS

## 二、中文發明摘要：

本發明揭示一種將一載體晶圓結構接合至一裝置晶圓結構的一共晶金屬層(例如金/錫)。在一個範例中，該裝置晶圓結構包括一矽基板，其上有一磊晶 LED 結構。在該磊晶 LED 結構上放置一銀層。該載體晶圓結構包括覆蓋一黏貼層的一導電矽基板。該銀層與該共晶金屬層之間提供一非反應性阻障金屬層(例如鈦)，避免晶圓接合期間來自該共晶層的金屬(例如錫)擴散進入該銀內。在晶圓接合期間，該等晶圓結構壓在一起，並且保持在超過 280°C 的溫度持續超過一分鐘。使用該非反應性阻障金屬層可減少製造一矽上垂直藍光 LED 內所使用的昂貴鉑，藉此降低 LED 製造成本。

## 三、英文發明摘要：

A eutectic metal layer (e.g., gold/tin) bonds a carrier wafer structure to a device wafer structure. In one example, the device wafer structure includes a silicon substrate upon which an epitaxial LED structure is disposed. A layer of silver

is disposed on the epitaxial LED structure. The carrier wafer structure includes a conductive silicon substrate covered with an adhesion layer. A layer of non-reactive barrier metal (e.g., titanium) is provided between the silver layer and the eutectic metal to prevent metal from the eutectic layer (e.g., tin) from diffusing into the silver during wafer bonding. During wafer bonding, the wafer structures are pressed together and maintained at more than 280°C for more than one minute. Use of the non-reactive barrier metal layer allows the total amount of expensive platinum used in the manufacture of a vertical blue LED manufactured on silicon to be reduced, thereby reducing LED manufacturing cost.

## 四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(三)圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

4	低電阻層	20	維持環
5	n型氮化鎵層	21	螢光粉
7	主動層	54	垂直藍光 LED 裝置
8	p型氮化鎵層	57	第一金屬結構
13	接合金屬層	58	焊錫遮罩層
14	阻障金屬層	59	第二金屬結構
15	導電載體	62	介電層
16	第二金屬電極	63	鋁或銅基部分
17	第一金屬電極	64	焊線
18	銀環氧樹脂	80	磊晶 LED 結構
19	金屬核心印刷電 路板		

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無

## 六、發明說明：

本人特此證明，本對應文件於 2011 年 8 月 2 日，透過 EFS WEB 以電子形式傳送給美國專利商標局。/T. LESTER WALLACE/ (註冊編號：34,748)

### 【發明所屬之技術領域】

本發明一般係關於在矽基板上製造的 GaN 型藍光 LED 及其製造方法與結構。

### 【先前技術】

發光二極體(Light Emitting Diode, LED)是一種可將電能轉換成光線的固態裝置。將電壓供應通過相面對的摻雜層時，從夾在該等摻雜層之間的半導體材料主動層發出光線。目前有許多不同的 LED 裝置結構是由不同材料製成，並且具有不同結構並且以不同方式執行。某些發出雷射光，某些產生非單色以及非同調光。某些適合特定應用。某些為高功率裝置，而其他則不是。某些發光的光線為紅外線輻射，而其他則發出不同顏色的可見光，另外其他則發出紫外光。某些製造成本昂貴，而其他則便宜。針對一般商業照明應用，常用藍光 LED 結構。這種藍光 LED 具有與銦鎵氮有關的多重量子井(Multiple Quantum Well, MQW)主動層，可例如發出波長範圍 440 奈米到 490 奈米的非單色非同調光。然後通常提供螢光粉塗佈，吸收某些發出的藍光。螢光粉依序放螢光發出其他波長的光線，如此整體 LED 裝置所發出的光線具有寬廣的波長範圍。發出寬廣波長範圍的整體 LED 裝置通常稱為「白光」LED。

雖然能夠取得氮化鎵基板晶圓，不過價格昂貴。因此，市面上藍光 LED 的磊晶層通常成長於其他種基板的晶圓上，例如藍寶石基板。不過這些其他基板仍舊相當昂貴。這種個人電腦內常用的積體電路一般都製造在矽基板上。隨著大量生產矽基板運用於電腦工業，矽基板與藍寶石基板比較起來相對便宜。不過，由於積體電路製造公司經常升級製造設施以便跟上積體電路製造技術的進步，所以二手的矽基板晶圓半導體處理設備通常可低價購得。因此從成本的觀點來看，吾人想要在相對便宜的矽基板晶圓上製造 GaN 型 LED，並且使用可取得的二手半導體處理設備來處理這種矽晶圓，不過在矽基板上成長高品質 GaN 磊晶層仍舊有許多問題。

在矽基板上成長高品質 GaN 磊晶層伴隨的許多問題，來自於矽晶格常數與 GaN 晶格常數有相當大的差異。GaN 已經磊晶成長於矽基板上時，所成長的磊晶材料會展現出非所預期的高密度晶格缺陷。若 GaN 層成長到足夠厚，則 GaN 層內的應力會導致 GaN 材料的後續成長部分發生某種裂痕。再者，矽與 GaN 具有不同的熱膨脹係數。例如若包含設置在矽基板上的 GaN 的結構之溫度提高，則該結構的矽材料部分之膨脹率會與 GaN 材料之膨脹率不同。這些不同的熱膨脹率會讓 LED 裝置不同層之間的應力上升。此應力可能導致破裂以及其他問題。更進一步，因為 GaN 為化合物材料而 Si 為元素材料，所以在矽基板上難以成長 GaN。從無極性轉變成極性結構，結合大部分晶格失配，產生缺陷。針對這些與其他因素，大部分市面上可購得的白光 LED 裝置之磊晶 LED 結構部分並不是成長於矽基板上。因此思考用於在矽基板上製造藍光 LED 的改良式處理以及結構。

製造在矽基板上成長的藍光 LED 通常也牽涉到晶圓接合。在一個先前技術製程中，磊晶藍光 LED 結構成長於非 GaN 基板上，形成裝置晶圓結構。在磊晶 LED 結構上形成一層銀，當成反射鏡。然後在該銀反射鏡上設置包括多週期鉑和鈦鎢的阻障金屬層。每一週期內的鉑層都為 60nm 薄層。每一週期內的鈦/鎢層厚度都大約 10nm，並且包括大約百分之九十的鎢。在此提供五個以上的這種週期。一旦在此方式中已經形成裝置晶圓結構，則載體晶圓結構被晶圓接合至該裝置晶圓結構。然後移除該裝置晶圓結構的原始非 GaN 基板，將產生的晶圓接合結構切割形成 LED 裝置。在此先前技術製程中，使用接合金屬層將該載體晶圓結構晶圓接合至該裝置晶圓結構。此接合金屬層包括一金/錫子層。在晶圓接合期間金/錫子層熔化時，由於多週期阻障金屬層的厚度以及使用簡短高溫循環來熔化接合金屬，所以來自此金/錫子層的錫不會穿入銀層。此先前技術製程已知運作良好。

### 【發明內容】

在第一創新態樣中，白光 LED 組合包括藍光 LED 裝置。該藍光 LED 裝置利用在矽基板上磊晶成長低電阻層(Low Resistance Layer, LRL)來製造。在一個範例中，緩衝層直接成長於矽晶圓基板上，然後無摻雜氮化鎵的樣板層直接成長於該緩衝層上，然後該 LRL 直接成長於該樣板層上。

在一個範例中，該 LRL 為包括多個週期的超晶格結構，其中每一週期都不厚(厚度低於 300nm)，並且包括相對厚的氮化鎵子層(例如厚度 100nm)以及相對薄的無

摻雜氮化鎵鋁子層(例如厚度 25nm)。該 LRL 的底部子層為 GaN 的子層。該 LRL 的頂端子層也為 GaN 的子層。該 LRL 內總共有四個無摻雜氮化鎵鋁子層。

該藍光 LED 裝置包括夾在兩相對摻雜層之間的含鈹發光主動層。這種夾在兩相對摻雜層之間的主動層結構稱為「PAN 結構」。該 PAN 結構的 n 型層直接成長於該 LRL 的上表面上，如此該 n 型層直接設置在該 LRL 的 GaN 子層上。該 n 型層可包括氮化鎵以及氮化鎵鋁的週期，但是該 n 型層的氮化鎵子層厚度大體上比該 LRL 的氮化鎵子層厚度還要厚。此外，該 n 型層的氮化鎵鋁子層厚度大體上比該 LRL 的氮化鎵鋁厚度還要薄。該 n 型層的氮化鎵鋁子層摻雜矽，具有超過  $1 \times 10^{18}$  atoms/cm<sup>3</sup> 的矽濃度，而該 LRL 層的氮化鎵鋁子層則未摻雜，並且具有低於  $1 \times 10^{18}$  atoms/cm<sup>3</sup> 的矽濃度。

在後續製程中，矽裝置晶圓結構的表面側被晶圓接合至包括導電載體的載體晶圓結構。該導電載體可例如為摻雜而能導電的單晶矽晶圓。此晶圓接合之後，利用化學機械研磨及/或其他合適的方法，移除原來的矽晶圓基板。

在第一特定範例中，已經移除原始矽晶圓基板、緩衝層以及樣板層，但是至少留下該 LRL 的一部分。在該移除步驟之後，留下的該 LRL 的露出表面為氮化鎵的子層。加入電極，並且將該晶圓接合結構切割成個別藍光 LED 裝置。在每一個藍光 LED 裝置中，該 PAN 結構的該 n 型層直接接觸至少該 LRL 的一部分。該 LRL 在該 LRL/n 型層介面上的片電阻低於該 n 型層在該 LRL/n 型層介面上的片電阻。該 n 型層的片電阻超過每平方十五歐姆。

在這種藍光 LED 裝置中，該 LRL 具有兩種功能。第一功能為在成長該 n 型氮化鎵層的製程中，該 LRL 的存在降低了該 n 型層內應該存在的晶格缺陷密度。該 LRL 功能為阻止該下方樣板層內的錯位趨勢往上延伸至該 n 型層。第二功能為電流擴展功能，該 LRL 形成，如此俗稱的高遷移率電子的二維氣體存在於該 LRL 的超晶格層內。在此二維電子氣體的結果之下，該 LRL/n 型層介面上該 LRL 的片電阻大體上低於該 n 型層的片電阻。該相對低電阻係數 LRL 幫助該 n 型層一側上的橫向電流擴展。因此，LED 運作期間通過該 LRL/n 型層界面平面的電流更統一，否則表示該 LRL 不存在。

在第二特定範例中，原始矽晶圓基板、緩衝層、樣板層以及該 LRL 全部移除。該 LRL 已經完全移除。加入電極，並且將該晶圓接合結構切割成個別 LED 裝置。在每一個 LED 裝置內，該 PAN 結構的該 n 型層並不與該 LRL 的任何一部分接觸，因為該 LRL 已經完全移除。在此第二特定範例中，該 LRL 運作降低該 n 型層內晶格缺陷密度的該第一功能。

在第二創新態樣中，晶圓接合製程包括利用熔化共晶金屬層，晶圓接合一載體晶圓結構至一裝置晶圓結構，藉此形成一晶圓接合結構。在熔化之前，該裝置晶圓結構包括在一基板上設置一磊晶 LED 結構，如此一矽基板上已經成長該磊晶 LED 結構。該裝置晶圓結構進一步包括設置在該磊晶 LED 結構之上的一非反應性阻障金屬層。在一個範例中，該非反應性阻障金屬層為厚度超過 50nm 的單一鈦層。在一個範例中，該共晶金屬層包括一第一金子層、一金/錫子層以及一第二金子層，其中該金/錫子層設置在該兩金子層之間。該共晶金屬層熔

化時，該非反應性阻障金屬層避免來自該共晶層的錫擴散通過該非反應性阻障層。在一個特定範例中，該磊晶 LED 結構與該非反應性阻障金屬層之間設置高反射銀層。此銀層提供反射鏡功能，也當成與該磊晶 LED 結構的電接點。該非反應性阻障金屬層避免來自該共晶接合金屬層的錫在該晶圓接合製程期間進入此銀層。在此允許該錫擴散進入該銀反射鏡，然後該銀層的反射係數可降低，並且該銀接點的接觸電阻係數可提高。

在第一優勢態樣中，熔化該共晶金屬層的高溫循環包括將該載體晶圓結構加熱至超過 280°C 的溫度(例如 310°C)，並且維持此溫度超過一分鐘。在第二優勢態樣中，至少有一個鉑層設置於該磊晶 LED 結構與該載體晶圓結構的載體之間，並且該磊晶 LED 結構與該載體之間所有鉑層的厚度總合小於 200nm。在第三優勢態樣中，該磊晶 LED 結構與該載體之間有一層並且只有一鉑層。此鉑層當成銀包覆功能，避免銀的電子遷徙。該鉑包覆層的厚度低於 200nm。晶圓接合造成一晶圓接合結構。晶圓接合之後，移除該裝置晶圓結構的該矽基板、將電極加入剩餘的晶圓接合結構，然後將該晶圓接合結構切割形成藍光 LED 裝置。

鉑為相當昂貴的金屬，而鈦則便宜許多。上面先前技術當中說明的該先前技術晶圓接合製程包括五個以上的鉑層，每一層的厚度可為 100nm 以上。先前技術製程當中使用 500nm 以上的鉑。藉由減少單一層鉑的用量到厚度小於 200nm，本說明書所述的該創新非反應性金屬接合製程可降低製造矽基板上藍光 LED 的成本。

在第三創新態樣中，利用在一矽基板之上使用硫化鋅(ZnS)當成轉換緩衝層(transitional bufer layer)，磊晶成

長 n 型氮化鎵(GaN)層來製造藍光 LED 裝置。在一個範例中，該 ZnS 緩衝層厚度為 50nm，並且該 n 型 GaN 層的厚度至少 2000nm。在該 ZnS 緩衝層上成長該 n 型 GaN 層降低該 n 型 GaN 層內的晶格缺陷密度。首先，該 ZnS 緩衝層提供與該矽基板匹配的良好晶格常數，以及用於後續 GaN 成長的化合極性樣板。第二，利用 MOCVD 可容易製備 ZnS，如此可在一個成長室內成長所有磊晶層。第三，該 ZnS 的熔點為 1850°C，這足夠高讓其在 GaN 沉積期間不會變成不穩定。最終，若氮化鋁(AlN)層也用於當成該緩衝層的一部分，然後該 ZnS 層用來當成該 AlN 層與該矽基板之間的擴散阻障物。在該磊晶 LED 結構的該磊晶層形成之後，一載體晶圓結構以晶圓接合至其中該載體晶圓結構包括一導電載體的結構。然後，該原始矽基板與該 ZnS 緩衝層從該晶圓接合結構移除。之後加入電極，並且將該晶圓接合結構切割形成完成的 LED 裝置。

在第四創新態樣中，一垂直 GaN 型藍光 LED 裝置具有一 n 型層，其包括多個導電介入層。在一個範例中，該 n 型層包括複數個週期，並且該 n 型層的每一週期包括一氮化鎵(GaN)子層以及一摻雜矽的氮化鎵鋁(AlGaN:Si)介入子層。在一個範例中，每一 GaN 子層的厚度為 900nm，每一 AlGaN:Si 介入層的厚度小於 25nm。因為 AlGaN 具有比 GaN 小的晶格常數，所以 AlGaN:Si 介入層提供壓縮應力給該 GaN 子層，避免破裂。在每一介入層之後，該重疊 GaN 子層的品质在較低晶格缺陷密度之下有所改善。此外，該等 AlGaN:Si 層具有導電性(例如每立方公分  $1 \times 10^7$  至  $1 \times 10^9$  個缺陷)，並且具有大於  $1 \times 10^{18}$  atoms/cm<sup>3</sup> 的矽濃度。在該磊晶 LED

結構的該磊晶層形成之後，一載體晶圓結構以晶圓接合至其中該載體晶圓結構包括一導電載體的該裝置晶圓結構。然後移除該晶圓接合結構的該原始矽基板。之後加入電極，並且將該晶圓接合結構切割形成完成的 LED 裝置。因為該 AlGaIn:Si 介入子層具有導電性(例如電阻係數 =  $1 \times 10^{-2} \cdot \Omega \cdot \text{cm}$ )，則在最終 LED 裝置內不需要將其移除。而是該整個 n 型層留在該完成的藍光 LED 裝置內，並且具有至少兩千奈米的厚度，提供強化的電流擴散並且提供更多 n-GaN 材料來容納表面粗糙度。

底下的詳細說明當中描述進一步細節以及具體實施例和技術。本發明摘要並不用於定義本發明。本發明由該等申請專利範圍所定義。

### 【實施方式】

在此將詳細參考本發明的一些具體實施例，附圖中將說明其範例。在底下的描述以及申請專利範圍中，一第一層稱為已經沉積在一第二層「之上」時，吾人了解到該第一層可直接位於該第二層上，或一介入層或許多層可存在於該第一和第二層之間。本說明書使用例如「之上」、「之下」、「上方」、「下方」、「頂端」、「底部」、「往上」、「往下」、「垂直」以及「橫向」這些詞來描述所描述藍光 LED 裝置不同部件之間的相對方位，並且吾人了解，所描述的該整體藍光 LED 裝置可排列於立體空間內任何方向。

第一圖為白光發光二極體(Light Emitting Diode, LED)組合 50 的剖面側視圖。第二圖為白光 LED 組合 50 的俯視圖。白光 LED 組合 50 包括四個垂直藍光 LED 裝置 51-54。垂直 LED 裝置有時也稱為垂直接觸式 LED 裝

置，來與橫向或橫向接觸式 LED 裝置區別。四個垂直藍光 LED 裝置 51-54 都固定至一金屬核心印刷電路板 (Printed Circuit Board, PCB) 19。從俯視觀點來看，一維持環 20 圍繞四個垂直藍光 LED 裝置 51-54。維持環 20 維持涵蓋藍光 LED 裝置 51-54 的螢光粉 21 總量。一部分第一金屬結構 57 透過焊錫遮罩層 58 內的第一開口露出。藍光 LED 裝置 51-54 的陽極電極透過一些銀環氧樹脂 18，表面固定至此第一開口內的第一金屬結構 57。焊錫遮罩層 58 內的該第一開口也露出一部份第二金屬結構 59。面向上的藍光 LED 裝置 51-54 之陰極電極線接合至第二金屬結構 59 的露出部分。第一焊墊 60 由焊錫遮罩層 58 內的其他開口所形成。第二焊墊 61 仍舊由焊錫遮罩層 58 內的其他開口所形成。如第三圖的剖面圖所例示，第一和第二金屬結構 57 和 59 為設置在一介電層 62 上的金屬層一部分。介電層 62 為厚度 35um 至 250um 的環氧樹脂材料層，其中內含無機填充物，像是  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 。此介電層 62 將第一和第二金屬結構 57 和 59 與金屬核心 PCB 19 的鋁或銅基部分 63 隔離。

第三圖為白光 LED 組合 50 的簡化剖面側視圖。圖式中只有例示一個垂直藍光 LED 裝置 54。垂直藍光 LED 裝置 54 包括許多層，一些例示於第三圖：一第一金屬電極 17、一部分低電阻層 (LRL) 4、一 n 型氮化鎵層 5、一主動層 7、一 p 型氮化鎵層 8、一些金屬包括一接合金屬層 13、一導電載體 15 以及一第二金屬電極 16。參考編號 64 表示一焊線，將藍光 LED 裝置 54 的第一金屬電極 17 耦合至第二金屬結構 59。金屬 17 和 LRL 4 導電並且與 n 型層 5 電接觸。P 型層 8 底下的所有層 (包括層 13、15、16) 都導電，並且與 P 型層 8 電接觸。

第四圖為垂直藍光 LED 裝置 54 的俯視圖。第一金屬電極 17 具有方格形狀。

第五圖為沿著第三圖 A-A 剖面線的垂直藍光 LED 裝置 54 之更詳細剖面圖。在導電載體 15 與 p 型氮化鎵 8 之間有多個層與結構，包括：一阻障金屬層 14、接合金屬層 13、一阻障金屬層 12、一層包覆金屬 11、一高反射層 10 以及一電流阻擋層 9。該電流阻擋層 9 被圖案化成電流阻擋結構。主動層 7 與 n 型氮化鎵層 5 之間為應力釋放層 6。電流從第二電極 16 流出時，通過導電載體 15、通過金屬層 14、13、12、11 和 10、通過 p 型氮化鎵層 8、通過主動層 7、通過應力釋放層 6、通過 n 型氮化鎵層 5、通過低電阻係數層 4 以及至第一電極 17，然後從主動層 7 發出非單色與非同調光。所發出光線的波長範圍從大約 440nm 至大約 490nm。如本說明書中所使用，「非單色」一詞代表具有光譜線寬大體上比典型雷射二極體所發出光線的光譜線寬還要寬之光線。LED 的光譜線寬通常為 20nm，其中雷射二極體的光譜線寬通常小於 4.0nm。

第六圖至第十八圖為揭示藍光 LED 裝置 54 製造方法步驟的圖集。這些圖並未依照比例，只是概念圖。

第六圖為顯示在矽基板 1 上形成磊晶層的許多初始步驟結果之剖面圖。矽基板 1 為大量 CMOS 積體電路製造中常用的單晶矽基板晶圓。一緩衝層 2 則形成於該矽基板上。在例示的範例中，形成此緩衝層 2 包括先在矽基板 1 上形成厚度低於 100nm 的硫化鋅層 65 (例如 50nm)。然後在 ZnS 層 65 上形成厚度 200nm 的氮化鋁 (AlN) 層 66。然後在 AlN 層 66 上形成厚度 250nm 的氮化鎵鋁 (AlGaIn) 層 67。雖然顯示包括硫化鋅層的此特定

緩衝層，不過可使用其他種緩衝層。例如可使用單一層 AlN 的緩衝層。本說明書提供 ZnS 層 65，而第六圖例示的 AlN 層 66 和 AlGaN 層 67 為選擇性。

垂直 LED 裝置 54 的製造包括在矽基板 1 之上磊晶成長一氮化鎵(GaN)層(例如 n 型 GaN 層 5)。GaN 和 Si 的平面晶格常數分別為  $a_{\text{GaN}}(0001) = 3.189 \text{ \AA}$  以及  $a_{\text{Si}}(111) = 3.840 \text{ \AA}$ 。結果，GaN 與 Si 之間大體上有 20.4% 的平面晶格失配。此晶格失配結合 GaN 與 Si 之間的熱膨脹係數大幅差異(例如 56%)，使得要在矽基板上成長高品質、厚並且無裂痕的 GaN 是一項挑戰。一般而言，使用滿足同時發生晶格條件的轉換緩衝層可減輕該晶格失配。例如，AlN 層 66 ( $a_{\text{AlN}} = 3.112 \text{ \AA}$ )常用來當成緩衝層，提供壓縮給 GaN 磊晶層。不過，介面上 Al 和 Si 的內部擴散相當嚴重，導致非所要的高摻雜程度。再者，AlN 晶體品質不高，因為 AlN 與 Si 之間的晶格失配甚至高於 GaN 與 Si 之間的晶格失配。

為了克服這個缺點，使用 ZnS 層 65 當作新的轉換緩衝層。首先，Wurzite ZnS 化合物( $a_{\text{ZnS}} = 3.811 \text{ \AA}$ )具有 0.3811 的晶格常數，這介於 GaN 與 Si 的晶格常數之間，並且接近 Si 的晶格常數。如此，ZnS 提供與 Si 良好的晶格常數匹配，並且也是類似 GaN 的化合物材料。第二，利用金屬有機化學氣相沉積(MOCVD)可容易製備 ZnS，如此可在一個成長室內成長所有磊晶層。MOCVD 為尤其是來自有機化合物或金屬有機物表面反應以及內含所需化學物質的金屬氮化物之化合物半導體，這類材料磊晶成長的化學氣相沉積方法。在一個範例中，於  $350^\circ\text{C}$  成長溫度以及 100Torr 成長壓力之下，在 MOCVD 室內藉由導入含乙烷鋅(DMZn)的硫化氫，在

矽基板上成長 ZnS。第三，該 ZnS 的熔點為 1850°C，這足夠高讓其在 GaN 沉積期間不會變成不穩定。最終，若 AlN 層也用於當成該緩衝層的一部分，然後該 ZnS 層也用來當成緩衝 AlN 與該矽基板之間的擴散阻障物。

然後在緩衝層 2 上形成一樣板層 3。在例示的範例中，樣板層 3 為厚度 1000nm 的未摻雜氮化鎵層。

此時該樣板層上並非直接成長該 LED 的 n 型層，而是在樣板層 3 上直接成長低電阻層 (LRL) 4。在例示的範例中，LRL 4 為超晶格結構，這種結構讓高遷移率電子在其層內形成二維氣體。該超晶格結構包括多個週期，其中每一週期的厚度小於 300nm。在一個特定範例中，每一週期包括厚度 100nm 的 n 型氮化鎵子層以及厚度 25nm 的未摻雜氮化鎵鋁子層。在第六圖例示的觀點中，厚度 100nm 的 n-GaN 子層直接設置在樣板層 3 上。另外，LRL 4 的最上面子層為厚度 100nm 的 n-GaN 子層。在例示的設置當中，總共有五個 GaN 子層以及四個 AlGaIn 子層。該等 n-GaN 層摻雜矽至濃度  $1 \times 10^{18}$  atoms/cm<sup>3</sup>。每一較薄 AlGaIn 子層都拉至較厚 GaN 子層的晶格。

然後 n 型 GaN 層 5 成長於 LRL 4 上。不過要成長具有低晶格缺陷密度的較厚高品質 GaN 層，同時不會遭受該 GaN 層內應力累積所造成的破裂與其他問題，這相當困難。例如，GaN 與 Si 之間存在較大的熱膨脹係數差 (例如 56%)。此熱失配通常導致冷卻期間該 GaN 磊晶層內的張應力。該 GaN 磊晶層的厚度大於 1000nm 時，通常會發生破裂。雖然隨著 GaN 層成長較厚時應力會累積的確切原因並未完全了解，不過根據經驗可知道，就在該 GaN 層內累積的應力導致破裂之前停止該 GaN 層的

成長，就可避免破裂。在此點上，在該 GaN 層頂端上成長薄介入層。此介入層可例如為厚度 5nm 的 AlN 層。該薄介入子層形成之後，則在該介入層上成長其他 GaN 子層。此第二 GaN 子層成長盡量至該 GaN 子層不會有太多內部應力的厚度。此週期性會多次重複。在每一介入層之後，該重疊 GaN 子層的品质在較低晶格缺陷密度之下有所改善。例如，一般 Si 上 GaN 具有高達每立方公分  $1 \times 10^{10}$  個缺陷的缺陷密度。品质改善的 Si 上 GaN 之缺陷密度在每立方公分  $1 \times 10^7$  至  $1 \times 10^9$  個缺陷的範圍內。

不過，使用 AlN 介入子層會導致一個問題。由於 AlN 具有寬能隙(例如 6.2 eV)，所以為絕緣材料，並因此建立垂直方向內電流運輸的阻障。結果，若要製造垂直 LED，則要移除從該矽基板至該頂端 AlN 介入子層的所有子層。因此，在該最終 LED 裝置內，這些層並不具有電流擴散功能。該頂端 AlN 子層之上的該 GaN 子層通常小於 2000nm，這會導致 LED 裝置中電流擁擠問題。為了解決此問題，使用薄 AlGaIn:Si 層當成新介入子層，而非使用 AlN。首先，AlGaIn:Si 為容許電子運輸通過的 n 型材料，因為 AlGaIn 具有比 AlN 小的頻帶能量(例如根據 Al 濃度而有 3.4eV 至 6.2eV 的能隙)，如此 AlGaIn 內 Si 的活化能小於 AlN 內 Si 的活化能。結果，該 AlGaIn:Si 介入子層具有導電性，因此在該最終 LED 裝置內不需要移除。導電 AlGaIn:Si 層的電阻係數範例為  $1 \times 10^{-2} \cdot \Omega \cdot \text{cm}$ 。第二，AlGaIn 具有比 GaN 小的晶格常數，因此提供壓縮應力給該後續 GaN 子層，幫助避免破裂。

在第六圖的範例中，n 型層 5 的每一該等 GaN 子層厚度大約 900nm，並且摻雜濃度  $5 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$  的矽。

AlGaIn:Si 的每一該等介入子層厚度小於 25nm (例如 5nm)，具有  $1 \times 10^{18}$  atoms/cm<sup>3</sup> 的矽摻雜濃度。這些 AlGaIn:Si 介入子層相對導電，並且該 n 型 GaN 介入子層導電，如此整體 n 型 GaN 子層 5 可在從該 LRL/n 型層介面朝向該主動層的方向內，有效導通電流。與 LRL 4 直接接觸的 n 型 GaN 層 5 之底部子層為厚度 900nm 的 GaN 子層，如所例示。該 n 型氮化鎵層 5 的上方子層也為 900nm 的 GaN 子層，如所例示。具有多個 AlGaIn:Si 導電介入子層的完整 n 型 GaN 層 5 大約 5000nm 厚，其中每一 n-GaN 子層大體上都比 LRL 4 的該 n-GaN 子層還要厚。

n 型 GaN 層 5 與底下 LRL 4 之間具有一個介面 74。n 型 GaN 層 5 在此介面上具有大於每平方分 15 歐姆(15 ohms per square)的片電阻。LRL 4 也在此介面上具有片電阻，但是 LRL 4 的片電阻低於 n 型 GaN 層 5 的片電阻。在一個範例中，LRL 4 的片電阻可用破壞性方式測量，利用磨掉第一 LED 裝置的上方層，露出介面 74 上 LRL 4 的表面，然後探測露出的 LRL 表面並且測量其片電阻。在類似方式中，n 型層 5 的片電阻可用破壞性方式測量，利用磨掉第二 LED 裝置的下方層，露出介面 74 上 n 型層 5 的表面，然後探測露出的 n 型層表面並且測量其片電阻。

接下來，在 n 型 GaN 層 5 上形成應力釋放層 6。在一個範例中，應力釋放層 6 的厚度為 120nm，並且包括三十個週期。每一週期包括  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  的第一子層，其中  $0 < x < 0.12$ ，以及  $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$  的第二子層，其中  $0 < y < 0.12$ 。

接下來，在應力釋放層 6 上形成主動層 7。主動層 7 用於在整體藍光 LED 裝置中發出藍光。在一個範例

中，主動層 7 為具有十個週期的 130nm 厚多重量子井 (MQW) 結構。每一週期包括 3nm 厚 InGaN 子層 (15% In)，以及 10nm 厚 GaN 子層。主動層 7 發出具有波長範圍從大約 440nm 至大約 490nm 的非單色光。

接下來，在主動層 7 上形成 p 型 GaN 層 8。在一個範例中，該 p 型 GaN 層的厚度為 300nm，並且具有  $1 \times 10^{20}$  atoms/cm<sup>3</sup> 的鎂摻雜濃度。在此範例中，形成 p 型 GaN 層 8 的上方表面，如此該完整的 LED 裝置將發出非單色光，並且將包括雷射二極體所使用的無電流聚焦脊部結構。n 型層 5、p 型層 8 以及之前包括主動層 7 的所有層一起形成磊晶 LED 結構 80。

第七圖為顯示製造方法後續步驟對應的剖面圖。首先在 p 型 GaN 層 8 的上方表面上形成絕緣材料的電流阻擋層。在一個範例中，該電流阻擋層為圖案製作的 200nm 厚二氧化矽層。此二氧化矽層已經沉積並且使用光微影技術製作圖案，形成在某些地方比其他地方阻擋更多電流的結構。例如，該電流阻擋層的大型結構 66 直接放置在稍後製造方法中將形成第一電極 17 的位置之下。大型結構 66 放在此位置內，如此電流將不會通過直接位於第一電極 17 底下的該主動層，因此將不會在第一電極 17 底下直接產生光線。在直接位於該第一電極底下的主動區域內產生光線時，則金屬第一電極 17 會阻擋大量光線從該 LED 裝置散出。該受阻的光線會重新吸收在 LED 內，而不會逃出該 LED 成為可用光線。因此，就會浪費用於產生受阻光線的電流。利用阻擋電流流過直接在第一電極 17 底下的該部分主動層，則此電流流過其他地方的該主動層，在此所產生的光線有較好的機會逃脫該 LED 裝置成為有用的光線。利用阻擋 p 型層 8

的上方表面區域中每一子區域之適當比例，並且利用正確改變通過從子區域到子區域到通過 p 型層 8 的上方表面區域之比例，控制電流通過每一個別子區域的量，相較於電流通過整個 LED 裝置，讓該 LED 裝置的光線輸出最大化。

第八圖為顯示製造方法後續步驟對應的剖面圖。在電流阻擋層 9 之上沉積高反射性層 10。在一個範例中，高反射性層 10 為 200nm 厚的銀層，與 p 型 GaN 層 8 形成歐姆接觸。此銀層並未覆蓋整個 LED 裝置晶圓。此處所顯示的高反射性層 10 覆蓋第八圖的整個結構，這是因為第八圖的剖面圖為只有沿著 A-A 線的該 LED 裝置一部分之剖面圖。高反射性層 10 提供當成反射鏡來反射光線的第一功能，以及提供與 p 型層 8 電接觸的第二功能。

第九圖為顯示製造方法後續步驟對應的剖面圖。包覆層 11 覆蓋銀層 10。在例示的範例中，包覆層 11 為厚度 100nm 的鉑層。此鉑層阻擋銀的電子遷徙。在一個優勢態樣中，此鉑層為該藍光 LED 裝置內唯一的鉑層。該藍光 LED 裝置中所有鉑層(只有一個鉑層)的厚度總合小於 200nm。

在形成包覆層 11 之後，在該包覆層之上形成厚度超過 50nm 的非反應性阻障金屬層 12。在例示的範例中，該非反應性阻障金屬層 12 為厚度 200nm 的鈦層。該鈦為阻障物，阻障錫的擴散。從稍後要套用至該結構頂端的接合金屬層來看，阻障層阻擋錫擴散進入銀層 10。一些其他金屬，例如有時用來當成錫阻障物的鉑、鈦/鎢、金與鎳，實際上會與錫產生反應。在使用這種反應性金屬當成阻障物的其他接合製程中，所提供的該反

應性金屬厚度與有限的高溫接合循環時間之組合，讓錫入侵量維持在可接受程度內。相較之下，該非反應性阻障金屬層 12 並非這種反應性金屬，並且在一個範例內為厚度超過 50nm 的鈦層。

第十圖為顯示製造方法後續步驟對應的剖面圖。形成 500nm 厚的金子層，覆蓋該非反應性阻障金屬層 12 的頂端。第十圖的參考編號 13 代表此金子層，也就是金屬層的三個子層 Au/AuSn/Au 三明治結構當中一個子層。

第十一圖為顯示製造方法後續步驟對應的剖面圖。導電載體 5 覆蓋一黏著與阻障金屬層 14。在例示的範例中，導電載體為一單晶矽晶圓，並且該黏著與阻障金屬層 14 為厚度 200nm 的鈦層。金一般與矽的接合度並不好，但是鈦就不錯，因此提供鈦層 14 接合至導電矽載體 15，如此金的後續子層(接合金屬層 13 的一部分)可輪流接合至該鈦。除了此黏著功能以外，該鈦也當成阻障物，避免錫與金擴散進入該矽表面並且降低黏著性。在其他範例中，黏著/阻障金屬層 14 也包括放置在該鈦之上的鉑層。

然後在黏著與阻障金屬層 14 上形成厚度 500nm 的金子層，並且在該金子層上形成厚度 3000nm 的金/錫子層。厚度 3000nm 的金/錫子層為重量百分之 80 的金以及百分之 20 的錫。這些金與金/錫子層為上面第九圖所提到的三子層三明治金屬結構 13 當中的另兩個子層。

導電載體 15、載體金屬層 14 以及金與金/錫子層 13 一起成為載體晶圓結構 68。矽基板 1 和其上形成的層一起成為一裝置晶圓結構 69。載體晶圓結構 68 為晶圓接合至裝置晶圓結構 69 的該金覆蓋上方表面。

第十二圖為顯示所使用熱壓縮晶圓接合製程的溫度循環圖表。載體晶圓結構 68 以大約每平方英吋五十磅的壓力壓住裝置晶圓結構 69，並且壓在一起的晶圓加熱到至少 280°C。在特定範例中，該等晶圓會加熱至 310°C。該等晶圓維持在此上升的溫度超過一分鐘，以確定所有晶圓都有一致的熔化溫度。在特定範例中，該上升的溫度維持五分鐘。該共晶金/錫子層熔化，如此將載體晶圓結構 68 晶圓接合至裝置晶圓結構 69。此晶圓接合由第十一圖的箭頭 70 所表示。在百分之二十錫濃度時，該金/錫子層具有大約 282°C 的熔點。不過一旦該金/錫子層已經熔化，則某些錫會從此子層擴散進入該金/錫子層側邊上的該等金子層。因此，該金/錫子層內的錫濃度降低。具有較低錫濃度的金/錫子層具有較高的熔點。在該金/錫合金內錫濃度每降低百分之一，則該金/錫合金的熔點就會提高大約 30°C。因此，在已經進行該晶圓接合製程之後，該金/錫子層內錫的濃度下降至低於百分之二十，並且之後整體晶圓接合結構可將其溫度提高至 282°C，而不會熔化該金/錫子層。

第十三圖顯示該製造方法的後續步驟。產生的晶圓接合結構 71 依照箭頭 72 所示翻面。

第十四圖顯示該製造方法的後續步驟。矽基板 1、緩衝層 2 以及樣板層 3 都從晶圓接合結構 71 上移除，如箭頭 73 所示。在本範例中，這些層都使用化學機械研磨 (Chemical Mechanical Polishing, CMP) 以及反應性離子蝕刻 (reactive ion etching, RIE) 技術移除，如此 LRL 4 的該等 GaN 子層其中之一者存在，並且從該結構的頂端露出。整個 n 型 GaN 層 5 都留著，成為晶圓接合結構 71 的一部分。由於層 5 內該等 AlGaIn:Si 介入層的導電

性，所以 n 型 GaN 層 5 會從該應力釋放層電導通至 n 型層介面，到達該 n 型 GaN 層，然後到達該 n 型層/LRL 介面。使用 AlGaIn:Si 當成該等介入子層相對於使用 AlN 介入子層的優點為該等 AlGaIn:Si 介入子層導電。在此該 n 型 GaN 層內並無第十三圖步驟中必須移除的非導電介入 AlN 子層，以便提供導電性通過該 n 型層。而是，整個 n 型 GaN 層 5 都留在完整藍光 LED 裝置內。

第十五圖為晶圓接合結構 71 的俯視圖。除了如第十四圖所示移除該等層 1、2 和 3 以外，使用濕式蝕刻將水平與垂直通道蝕刻至包覆層 11，藉此形成平台結構中列與欄的二維陣列。參考編號 75、76 和 77 代表三個這種通道。參考編號 78 和 79 代表二個這種平台結構。

第十六圖為沿著第十五圖結構的 B-B 剖面線之剖面圖。鈦的非反應性阻障層 12 用斜線表示。該非反應性阻障層 12 為厚度超過 50nm 的單一鈦層，並且不包括子層、鉑以及鎢。高反射性層 10 的銀受到包覆層 11 的阻擋，避免從平台底下橫向移出。高反射性層 10 的該銀內含於從頂端到 p 型 GaN 層 8 的底部表面(平台的底部)。

第十七圖顯示該製造方法的後續步驟。將每一平台頂端上露出的 LRL 4 之上方表面粗糙化，此粗糙化為習慣性粗糙化類型，被執行來幫助光線從該 LED 裝置逃脫。粗糙化實際上比第十七圖所例示還要激烈。從粗糙表面的最高峰值到最深谷底之垂直距離大約是 500nm，如此該最深谷底往下延伸進入 n 型層 5。吾人想要不穿透該 LRL，如此在其他範例中，移除的材料量較佳限制為移除該矽基板以及部分該緩衝層。

第十八圖顯示該製造方法的後續步驟。如例示在導電載體 15 上形成第二電極 16。在一個範例中，第二電

極 16 包括第一 20nm 厚鎳子層，其直接接觸導電載體 15，並且也包括第二 200nm 厚金層，其覆蓋該鎳子層。因此，第二電極 16 的厚度為 220nm。

此外，第十八圖顯示如例示在 LRL 4 上方表面上形成第一電極 17 的後續步驟。在一個範例中，第一電極 17 包括直接置於 LRL 4 上並且厚度 20nm 的鈦子層、置於該鈦子層上並且厚度為 100nm 的鋁子層、置於該鋁子層上並且厚度為 20nm 的鎳子層以及置於該鎳子層上並且厚度為 200nm 的金子層。因此，第一電極 17 的厚度大約為 340nm。LRL 4 的該等 GaN 子層內之摻雜物濃度足夠高，可以在金屬 17 與 LRL 4 之間形成良好的歐姆接觸。

在如第十八圖所示已經加入該等第一和第二電極之後，該晶圓接合結構切割成個別藍光 LED 裝置。藉由沿著第十五圖例示的通道鋸開該晶圓接合結構來執行切割，如此每一平台結構都變成一個單獨的藍光 LED 裝置。在例示的範例中，將產生的藍光 LED 裝置之一者併入第一圖至第三圖的該白光 LED 組合內。第二電極 16 使用銀環氧樹脂層 18，如第三圖所例示黏貼至金屬核心 PCB 19。如例示，第一金屬電極 17 透過接合線 64 打線接合至金屬核心 PCB 19 的第二金屬結構 59。打線接合之後，利用絲網法在該結構上形成矽的維持環 20。另外，維持環 20 切割並且塑造成正確尺寸，然後套用。該維持環 20 的高度為 0.5 至 3.0mm，寬度為 0.2mm 至 1.5mm。矽凝固之後，定量的螢光粉 21 掉落在藍光 LED 裝置 54 之上，如此螢光粉由該維持環 20 維持。螢光粉 21 可凝固形成完整的白光 LED 組合 50。

第十九圖為揭示有關每一製造方法步驟細節的表格。表格左欄內的編號為白光 LED 組合 50 中不同層的參考編號。

第二十圖為藍光 LED 裝置 100 的剖面圖，其中該裝置由結合上面第六圖至第十八圖所公布製造方法所形成，而第十三圖所例示移除步驟中已經移除的所有 LRL 4 除外。全部或大體上全部 n 型 GaN 層 5 都留在完成的藍光 LED 裝置 100 內。第十七圖並未依照比例，只是概念圖。

第二十一圖為藍光 LED 裝置 200 的剖面圖，其中該裝置由結合上面第六圖至第十八圖所公布製造方法所形成，而第十三圖所例示移除步驟中已經移除的某些 n 型層 5 以及所有 LRL 4 除外。該 n 型層的所有薄介入子層都已經移除，只留下厚度至少 900nm 的 GaN 子層。此最後 GaN 子層保留在完成的藍光 LED 裝置 200 內。第十八圖並未依照比例，只是概念圖。

第二十二圖為根據第一創新態樣的方法 300 之流程圖。在一矽基板上形成超晶格結構(步驟 301)，該超晶格結構包括複數個週期。每一週期的厚度小於 300nm 並且包括一 GaN 子層。在一個範例中，在該矽基板上形成一緩衝層，然後在該緩衝層上形成樣板層，然後在該樣板層上形成該超晶格結構。接下來，直接在該超晶格結構上形成 n 型 GaN 層(步驟 302)。在該 n 型層之上形成內含銻的主動層(步驟 303)。在該主動層之上形成一 p 型 GaN 層(步驟 304)。該矽基板、該超晶格結構、該 n 型層、該主動層以及該 p 型層一起成為一第一結構。一導電載體接合(步驟 305)至該第一結構，藉此形成一第二結構。然後從該第二結構中移除該矽基板(步驟 306)，藉此

形成一第三結構。在該第三結構上形成電極(步驟 307)。然後將該第三結構切割(步驟 308)，藉此形成一藍光 LED 裝置。

雖然上面已經針對教導目的描述某些特定具體實施例，不過本專利文件的教導具有一般適用性，並且不受限於上述的特定具體實施例。LRL 4 可用許多不同合適的方式來製造。在一個範例中，LRL 4 包括許多週期，其中每一週期都包括一第一氮化鎵鋁層以及一第二氮化鎵鋁層，其中該等兩子層內的該鋁濃度彼此不同。該等兩子層的成分已知為  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ ，其中  $x$  和  $y$  為不同的非零數字。雖然上面已經描述其中該 LRL 的氮化鎵鋁以及氮化鎵子層具有不同厚度之特定範例，在其他範例中該等子層大體上具有相同厚度。在一  $\text{AlGaIn}/\text{GaInN}$  或  $\text{AlGaIn}/\text{AlGaIn}$  超晶格內，含鋁的一子層內之鋁濃度可分級。該 LRL 可為一  $\text{AlInN}/\text{GaInN}$  超晶格。該 LRL 可為一  $\text{AlGaIn}/\text{AlGaIn}/\text{GaInN}$  超晶格，其中每一週期包括三個子層。

雖然上面已經描述包括一非反應性阻障金屬層的該晶圓接合製程，結合晶圓接合之後使用銀環氧樹脂黏貼至一金屬核心 PCB 來形成該完整白光 LED 組合之 LED 裝置，該晶圓接合製程可用於提供一金/錫層用於晶粒固定之 LED。由於晶圓接合期間金屬接合層 13 的該金/錫子層內錫濃度降低，則在執行該晶圓接合製程之後，該金屬接合層 13 的熔化溫度高於  $280^\circ\text{C}$ 。因此，完整的 LED 裝置可加熱至夠高的溫度來熔化一些用於晶粒固定所提供的金/錫，而不熔化該 LED 裝置本身之內的該金屬接合層 13。雖然上面結合其中該共晶層為金/錫層的範例來描述該晶圓接合製程，該晶圓接合製程並

不受限於需要一金/錫共晶層。在其他範例中，該共晶層為一種金屬層，像是例如金/銻金屬層以及鈮/銻金屬層。雖然上面結合其中該銀包覆層為鈷的範例來描述該晶圓接合製程，不過可運用例如鎳與銻這些其他包覆層。

第二十三圖為根據第二創新態樣的方法 400 之流程圖。在一非 GaN 基板上成長一磊晶 LED 結構(步驟 401)。該非 GaN 基板在一個範例內為一矽基板，並且運用適當的介入緩衝與樣板層。然後在該磊晶 LED 結構上提供一銀層(步驟 402)，當成反射鏡並且當成至該磊晶 LED 結構的歐姆接點。在該銀層之上提供一包覆層(步驟 403)。在一個範例中，該包覆層為厚度小於 200nm 的單一鈷層。在該包覆層上提供一層非反應性阻障金屬(步驟 404)，藉此形成一裝置晶圓結構。在一個範例中，此非反應性阻障金屬層為厚度超過 50nm 的單一鈦層。此單一鈦層大體上並不包括鎢。

一載體晶圓結構包括一導電載體。該導電載體可為導電矽晶圓。然後利用熔化該等兩晶圓結構之間的一共晶金屬層，該載體晶圓結構為晶圓接合(步驟 405)至該裝置晶圓結構，藉此形成一晶圓接合結構。在一個範例中，該共晶金屬層包括熔化溫度大約 282°C 的金/錫子層。將載體晶圓結構的溫度提高到超過 280°C (例如到達 310°C)並且維持此升高的溫度超過一分鐘，如此就可熔化此共晶金屬層。

在一個範例中，該載體晶圓結構的溫度由在全負載熔爐室內所投入與該共晶接合金屬層相同成分的金/錫數量間接決定，並且緩慢提高熔爐室的設定點，直到看見該金/錫熔化。此設定點假設對應至 282°C 的載體裝置

晶圓溫度。然後該熔爐室的設定點提高額外量，也就是對應至 30°C 的熔爐室提高溫度。藉由使用此提高的熔爐室設定至少一分鐘，執行該晶圓接合製程，而不用確實測量該熔爐室內該晶圓接合結構的溫度。

晶圓接合之後，移除該產生的晶圓接合結構的該非 GaN 基板(步驟 406)。在該晶圓接合結構上形成電極(步驟 407)並且切割該晶圓接合結構，藉此形成複數個藍光 LED 裝置(步驟 408)。在方法 400 的一個範例中，所完成藍光 LED 裝置內任何與所有鉑層的總厚度小於 200nm，並且該高溫接合金屬熔化循環(該載體晶圓結構的溫度高於 280°C 時)超過一分鐘。

第二十四圖為根據第三創新態樣，使用硫化鋅(ZnS)當成緩衝層來在矽基板上製造 LED 裝置之方法流程圖。硫化鋅(ZnS)層形成於一矽基板之上以及直接於矽基板上(步驟 501)。在一個範例中，該 ZnS 層為該矽基板上形成的一緩衝層，然後在該緩衝層上形成一樣板層。選擇性地，在該硫化鋅層之上形成一氮化鋁(AlN)層，並且在該氮化鋁層之上形成一氮化鎵鋁(AlGaIn)層。該 ZnS 層、該 AlN 層以及該 AlGaIn 層形成該緩衝層。接下來，直接在該樣板層上形成 n 型 GaN 層(步驟 502)。在該 n 型層之上形成內含銦的主動層(步驟 503)。在該主動層之上形成一 p 型 GaN 層(步驟 504)。該 n 型層、該主動層以及該 p 型層一起成為一磊晶 LED 結構。該矽基板、該 ZnS 層、該磊晶 LED 結構一起成為一第一結構。在一個範例中，該第一結構為第十一圖的裝置晶圓結構 69。然後，一導電載體接合(步驟 505)至該第一結構，藉此形成一第二結構。在一個範例中，該載體為一載體晶圓結構的一部分，例如第十一圖的載體晶圓結構 68。然後從該

第二結構中移除該原始矽基板以及該 ZnS 層(步驟 506)，藉此形成一第三結構。在該第三結構上形成電極(步驟 507)。然後將該第三結構切割(步驟 508)，藉此形成一藍光 LED 裝置。

第二十五圖為根據第四創新態樣在矽基板上製造藍光 LED 裝置的方法流程圖。該藍光 LED 裝置具有一 n 型氮化鎵層，該層具有多個導電介入層。然後在一矽基板上形成 n 型層(步驟 601)。該 n 型層包括複數個週期，該 n 型層的每一週期包括一氮化鎵(GaN)子層以及一摻雜矽的氮化鎵鋁(AlGaN:Si)介入子層。該 AlGaN:Si 介入子層摻雜 Si，並且具有電導性。接下來，在該 n 型層之上形成內含銦的主動層(步驟 602)。在該主動層之上形成一 p 型 GaN 層(步驟 603)。該矽基板、該 n 型層、該主動層以及該 p 型層一起成為一第一結構。一導電載體接合(步驟 604)至該第一結構，藉此形成一第二結構。然後從該第二結構中移除該矽基板(步驟 605)，藉此形成一第三結構。在該第三結構上形成電極(步驟 606)。然後將該第三結構切割(步驟 607)，藉此形成一藍光 LED 裝置。

因此，在不悖離申請專利範圍內揭示的本發明範疇之下，可實現所描述具體實施例不同特色之不同修改、調整以及組合。

**【圖式簡單說明】**

附圖例示本發明的具體實施例，其中同樣的編號代表同樣的組件。

第一圖為根據一個創新態樣的白光 LED 組合之剖面圖。

第二圖為第一圖中白光 LED 組合的俯視圖。

第三圖為第一圖中白光 LED 組合的簡化與展開之剖面圖。

第四圖為第一圖中白光 LED 組合的藍光 LED 裝置之俯視圖。

第五圖為第一圖中白光 LED 組合的藍光 LED 裝置一部分之剖面圖。

第六圖為形成於矽基板上的第三圖中藍光 LED 裝置的磊晶 PAN 結構層之剖面圖。

第七圖為例示其中電流阻擋結構加入第六圖中結構的製造方法步驟之圖式。

第八圖為例示其中高反射層加入第七圖中結構的製造方法步驟之圖式。

第九圖為例示其中在第八圖中結構之上形成包覆層，以及其中在該包覆層之上形成非反應性障障金屬層的製造方法步驟之圖式。

第十圖為例示其中接合金屬加入第九圖中結構的製造方法步驟之圖式。

第十一圖為例示其中載體晶圓結構以晶圓方式接合至第十圖中結構的製造方法步驟之圖式。

第十二圖為顯示所使用熱壓縮晶圓接合製程的溫度循環圖表。

第十三圖為例示其中晶圓接合結構已經翻轉的製造方法步驟之圖式。

第十四圖為例示其中矽基板、緩衝層以及樣板層已經從第十二圖中結構移除的製造方法步驟之圖式。

第十五圖為第十四圖的移除步驟之後以及已經形成平台之後，該晶圓接合結構的俯視圖。

第十六圖為沿著第十五圖 B-B 線的剖面圖。

第十七圖為例示其中 LRL 的表面已經粗糙化的製造方法步驟之圖式。

第十八圖為例示其中電極已經加入第十七圖中結構的製造方法步驟之圖式。

第十九 A 圖和第十九 B 圖兩者為一表格，公布有關第六圖至第十八圖中每一製造方法步驟的細節。

第二十圖為藍光 LED 裝置 100 的剖面圖，其中該裝置由結合上面第六圖至第十八圖所公布製造方法所形成，而第十四圖所例示移除步驟中已經移除的所有 LRL 4 除外。

第二十一圖為藍光 LED 裝置 200 的剖面圖，其中該裝置由結合上面第六圖至第十八圖所公布製造方法所形成，而第十四圖所例示移除步驟中已經移除的某些 n 型層 5 以及所有 LRL 4 除外。

第二十二圖為根據第一創新態樣的方法之流程圖。

第二十三圖為根據第二創新態樣的方法之流程圖。

第二十四圖為根據第三創新態樣的方法之流程圖。

第二十五圖為根據第四創新態樣的方法之流程圖。

### 【主要元件符號說明】

1 矽基板

- 2 緩衝層
- 3 樣板層
- 4 低電阻層
- 5 n型氮化鎵層
- 6 應力釋放層
- 7 主動層
- 8 p型氮化鎵層
- 9 電流阻擋層
- 10 高反射性層
- 11 包覆金屬
- 12 阻障金屬層
- 13 接合金屬層
- 14 阻障金屬層
- 15 導電載體
- 16 第二金屬電極
- 17 第一金屬電極
- 18 銀環氧樹脂
- 19 金屬核心印刷電路板
- 20 維持環
- 21 螢光粉
- 50 白光發光二極體組合
- 51-54 垂直藍光 LED 裝置
- 57 第一金屬結構
- 58 焊錫遮罩層
- 59 第二金屬結構
- 61 第二焊墊
- 62 介電層
- 63 鋁或銅基部分

64	焊線
65	硫化鋅層
66	氮化鋁層
67	氮化鎵鋁層
68	載體晶圓結構
69	裝置晶圓結構
70	晶圓接合
71	晶圓接合結構
72	箭頭
73	箭頭
74	介面
75-77	通道
78-79	平台結構
100	完成的藍光 LED 裝置
200	藍光 LED 裝置
300	方法
400	方法

## 七、申請專利範圍：

## 1. 一種裝置，包括：

一磊晶發光二極體(LED)結構，其包括位於一 p 型層與一 n 型層之間的一主動層；

一載體；

一共晶金屬層，其位於該磊晶 LED 結構與該載體之間；以及

一非反應性阻障金屬層位於該共晶金屬層與該磊晶 LED 結構之間，其中該非反應性金屬層的厚度大於五十奈米。

## 2. 如申請專利範圍第 1 項之裝置，其中該主動層包括銦和鎵，其中該非反應性阻障金屬層為一層鈦，並且其中該共晶金屬層係選自下列群組：一金/錫層、一金/銦層以及一鈮/銦層。

## 3. 如申請專利範圍第 2 項之裝置，其中至少有一鉑層位於該磊晶 LED 結構與該載體之間，並且其中該磊晶 LED 結構與該載體之間所有鉑層的所有厚度總合小於 200 奈米。

## 4. 如申請專利範圍第 3 項之裝置，其中在該磊晶 LED 結構與該載體之間有一層並且只有一鉑層。

## 5. 如申請專利範圍第 2 項之裝置，進一步包括：

一銀層，其位於該非反應性阻障金屬層與該磊晶 LED 結構之間。

## 6. 如申請專利範圍第 5 項之裝置，進一步包括：

一包覆層，其位於該銀層與該非反應性阻障金屬層之間。

## 7. 如申請專利範圍第 6 項之裝置，其中該包覆層包括至少一層，其選自下列群組：一鉑層、一鎳層以及一銻

層。

8. 如申請專利範圍第 1 項之裝置，其中該非反應性阻障金屬層大體上不含鉑。
9. 如申請專利範圍第 1 項之裝置，其中該非反應性阻障金屬層大體上不含鎢。
10. 一種方法，包括：
  - (a) 在一磊晶發光二極體(LED)結構之上形成一非反應性阻障金屬層，其中該非反應性阻障金屬層的厚度超過五十奈米，並且其中該磊晶 LED 結構包括位於一 p 型層與一 n 型層之間的一主動層；
  - (b) 在該非反應性阻障金屬與一載體之間提供一接合金屬層，其中該接合金屬層包括金與錫；以及
  - (c) 熔化該接合金屬並且將該載體接合至該磊晶 LED 結構。
11. 如申請專利範圍第 10 項之方法，其中該步驟(c)包括將該載體的溫度提高到超過攝氏兩百八十度，並且維持在超過攝氏兩百八十度的該溫度超過一分鐘。
12. 如申請專利範圍第 11 項之方法，其中該非反應性阻障金屬層為一層鈦，其中該磊晶 LED 結構位於該步驟(a)的一矽基板上，其中該主動層包括銦以及鎵，並且其中該接合金屬層包括選自下列群組的一金屬層：一金/錫層、一金/銦層以及一鈹/銦層。
13. 如申請專利範圍第 12 項之方法，其中該步驟(b)的該接合金屬層包括一第一金子層、一第二金/錫子層以及一第三金子層。
14. 如申請專利範圍第 12 項之方法，其中一銀層位於該步驟(a)的該磊晶 LED 結構上並直接與之接觸，其中一鉑層位於該步驟(a)的該銀層上並直接與之接觸，並且

其中該非反應性阻障金屬層位於該步驟(a)的該鉑層上並直接與之接觸。

15. 如申請專利範圍第 11 項之方法，其中該步驟(a)的該磊晶 LED 結構位於一矽基板上，其中該步驟(c)該載體接合至該磊晶 LED 結構導致一晶圓接合結構，該方法進一步包括：

(d)從該晶圓接合結構中移除該矽基板。

16. 如申請專利範圍第 12 項之方法，其中在該步驟(c)的該接合之後，至少有一鉑層位於該磊晶 LED 結構與該載體之間，並且其中該磊晶 LED 結構與該載體之間所有鉑層的所有厚度總合小於 200 奈米。

17. 如申請專利範圍第 16 項之方法，其中在該磊晶 LED 結構與該載體之間有一層並且只有一鉑層。

18. 一種方法，包括：

(a)利用熔化一共晶金屬層，將一載體晶圓結構以晶圓接合至一裝置晶圓結構，藉此形成一晶圓接合結構，其中該裝置晶圓結構包括一矽晶圓、位於該矽晶圓上的一磊晶發光二極體(LED)結構、以及位於該磊晶 LED 結構之上的一鈦層，其中該鈦層的厚度大於五十奈米，其中該晶圓接合包括將該載體晶圓結構的溫度提高到超過攝氏二百八十度持續超過一分鐘；以及

(b)從該晶圓接合結構中移除該矽晶圓。

19. 如申請專利範圍第 18 項之方法，其中該晶圓接合結構內的該鈦層位於該共晶金屬層與該磊晶 LED 結構之間，並且其中該共晶金屬層選自下列群組：一金/錫層、一金/鈮層以及一鈮/鈮層。

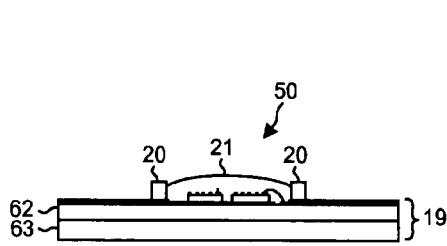
20. 如申請專利範圍第 19 項之方法，其中在該步驟(a)的該晶圓接合之後，至少有一鉑層位於該磊晶 LED 結

構與該載體晶圓結構之間，並且其中該磊晶 LED 結構與該載體晶圓結構之間所有鉑層的所有厚度總合小於 200 奈米。

21. 如申請專利範圍第 19 項之方法，其中該步驟(a)的該裝置晶圓結構進一步包括一銀層以及位於該銀層之上的一鉑層，其中該鈦層位於該鉑層上並直接與之接觸。

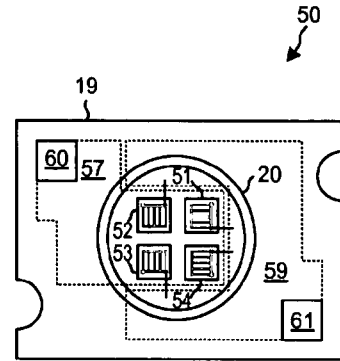
八、圖式：

1/17



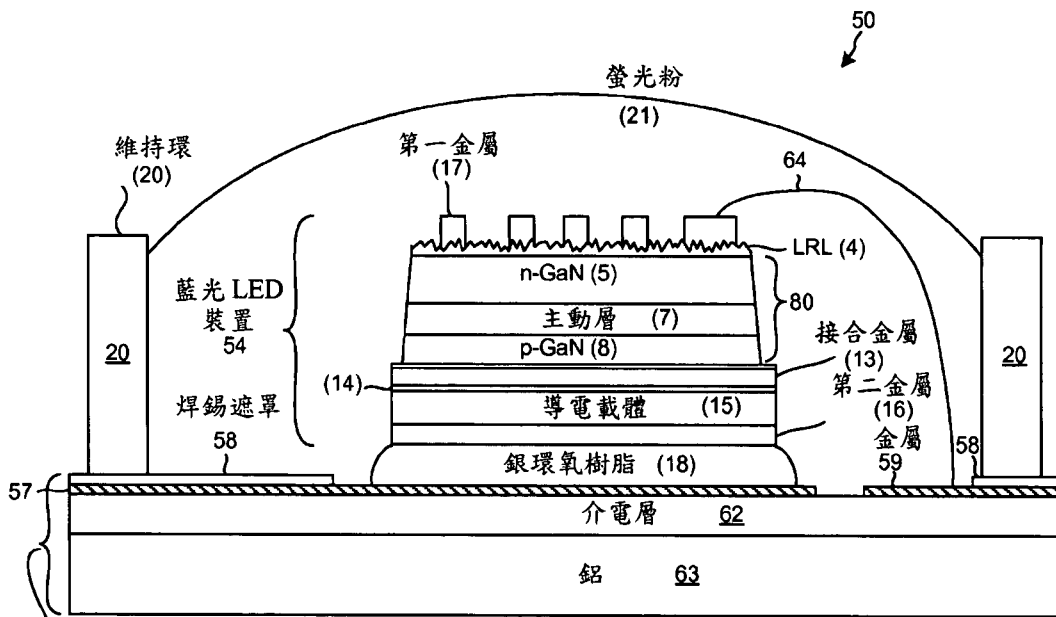
白光 LED 組合的剖面側視圖

第一圖



白光 LED 組合的俯視圖

第二圖

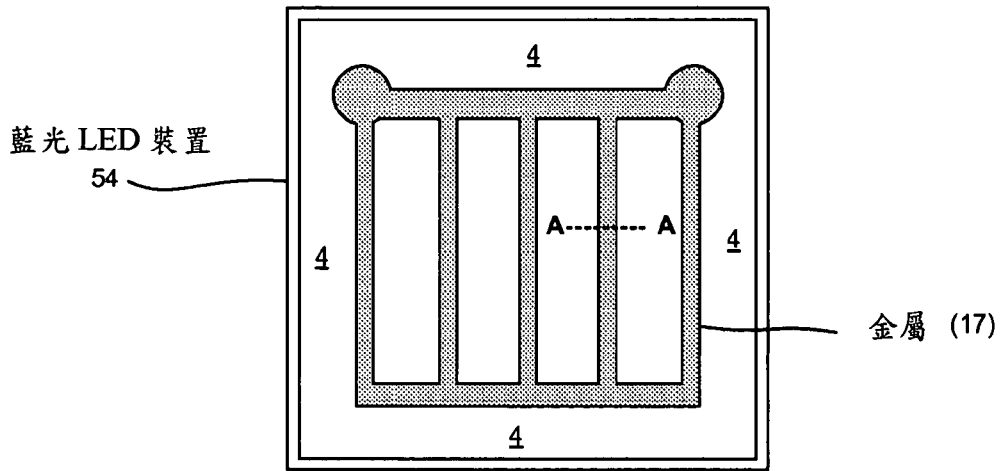


鋁核心 PCB (19)

白光 LED 組合含一個 LED 裝置的簡化剖面側視圖(未依照比例)

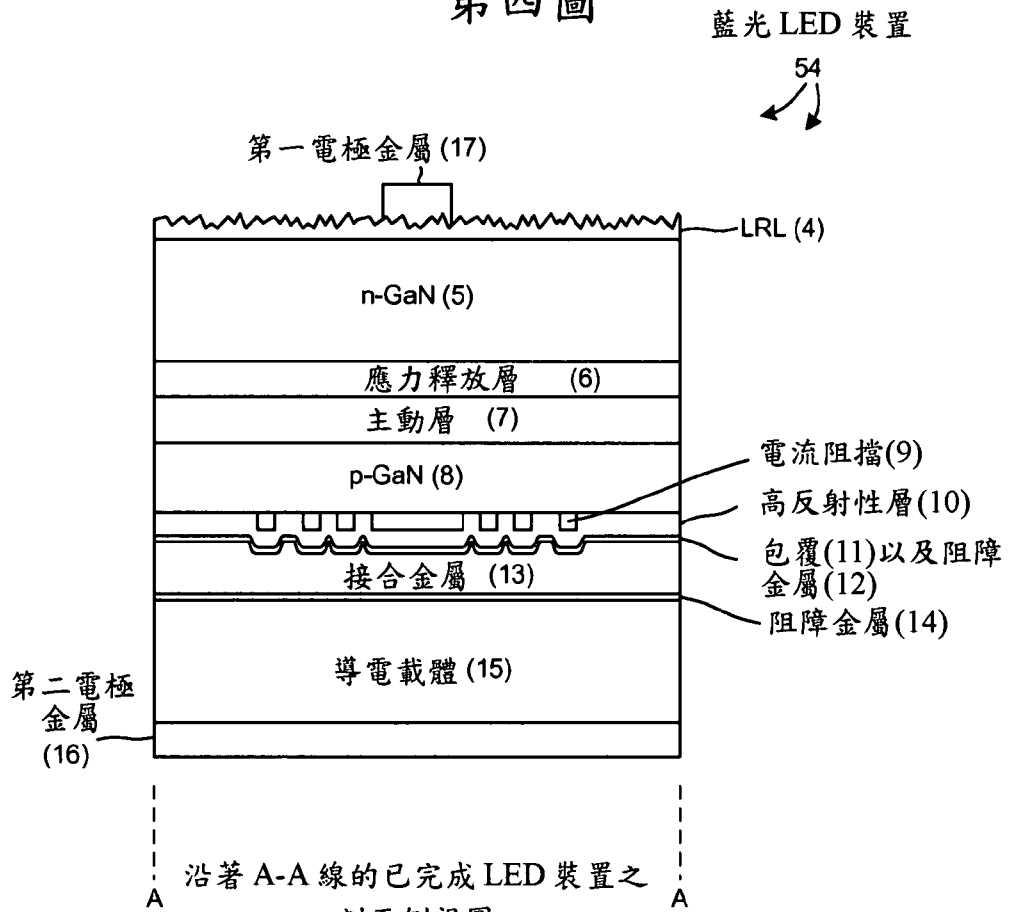
第三圖

2/17

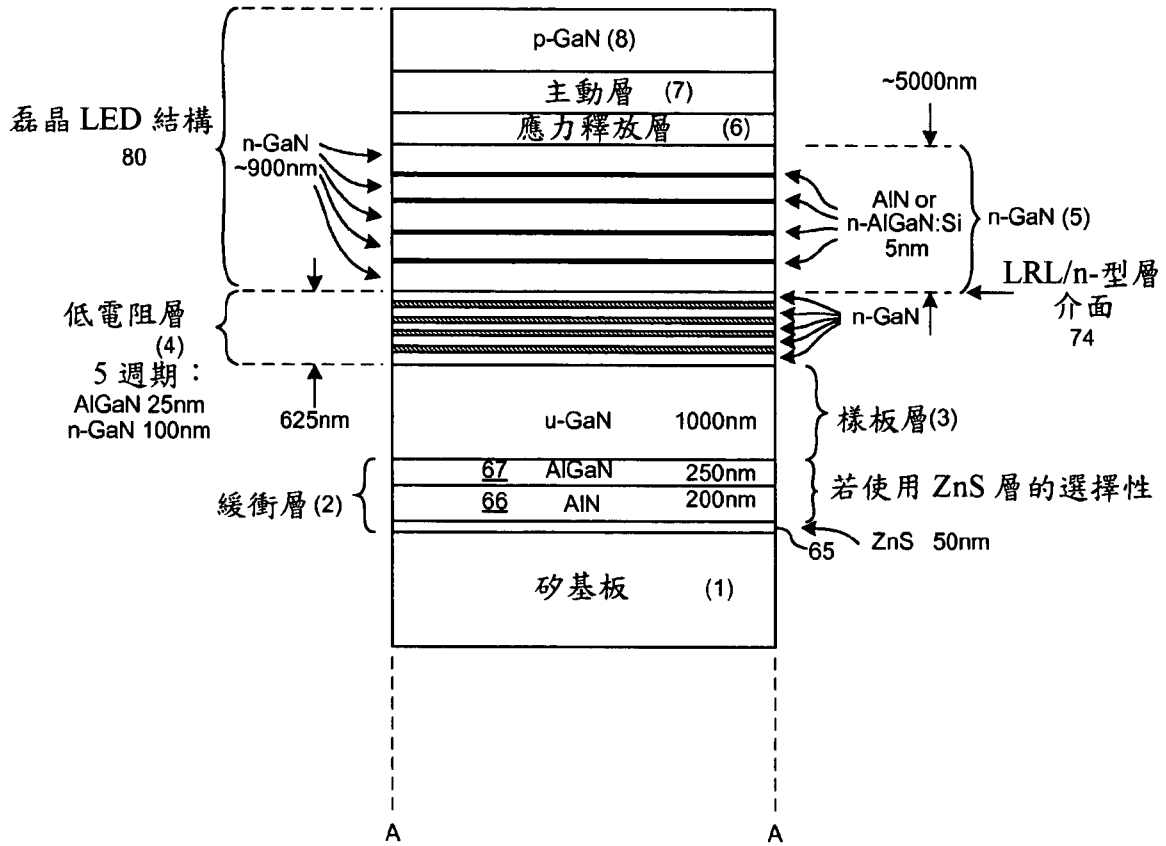


藍光 LED 裝置的俯視圖

第四圖



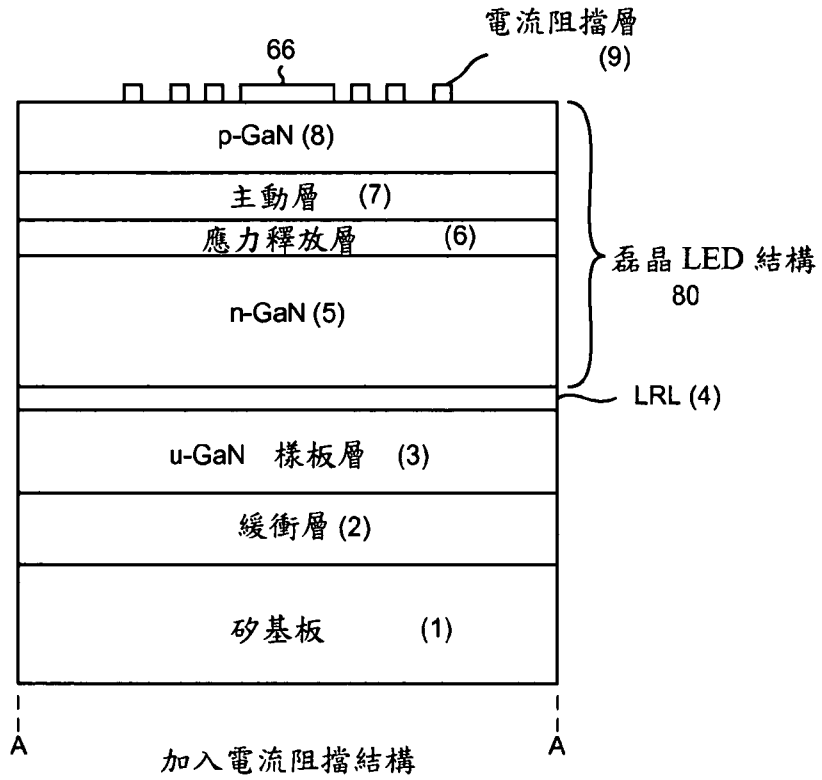
第五圖



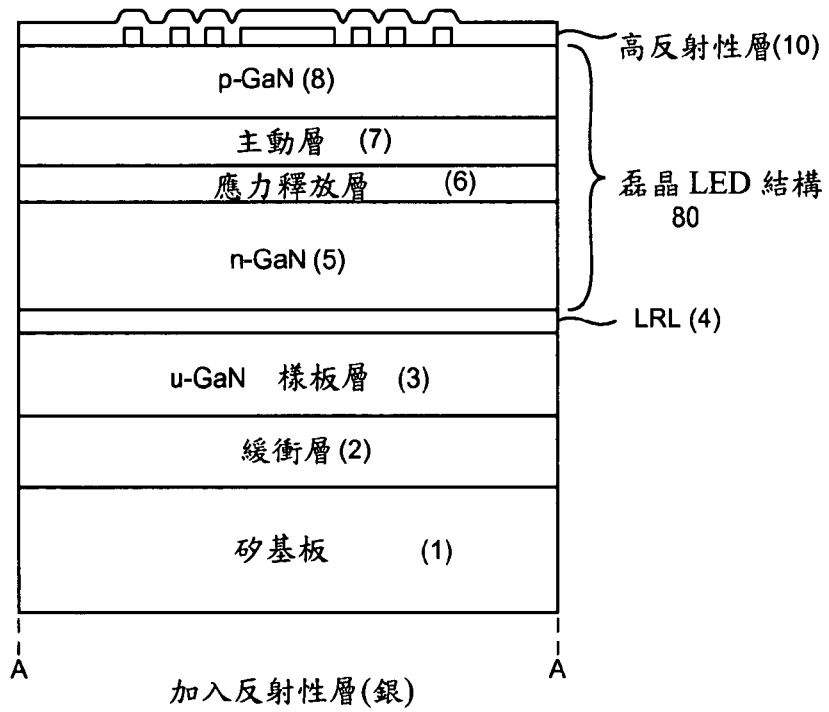
來自矽基板上的 LED PAN 結構

第六圖

4/17

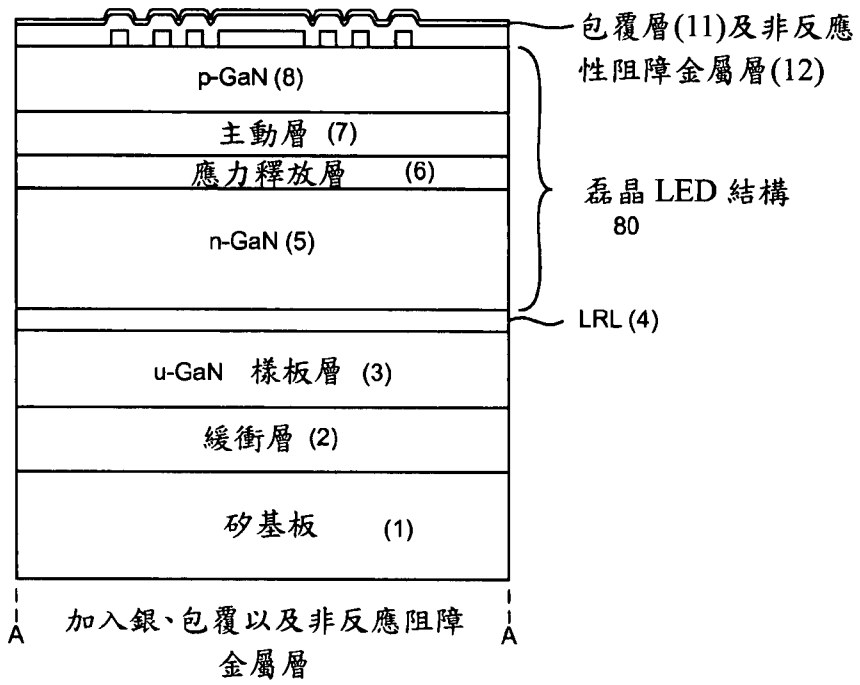


第七圖

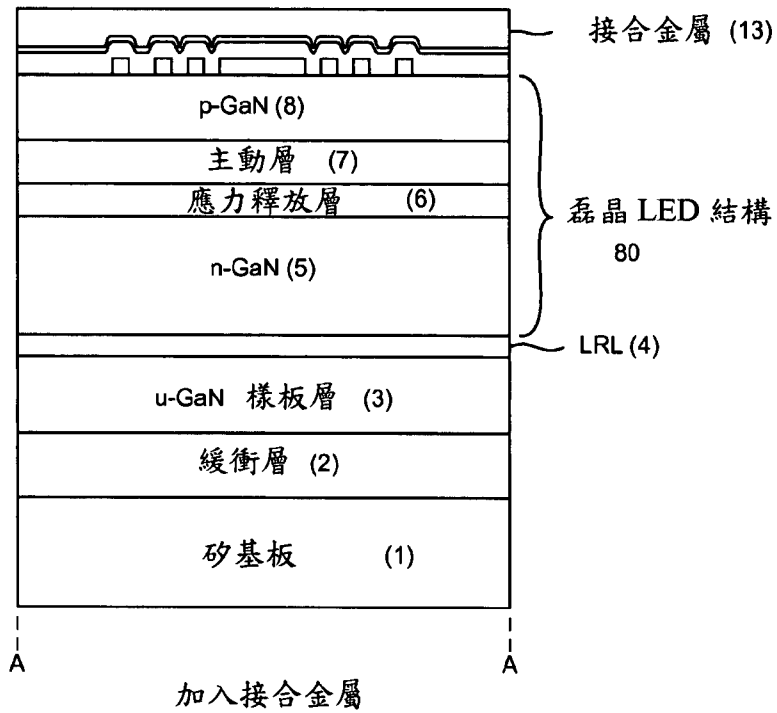


第八圖

5/17

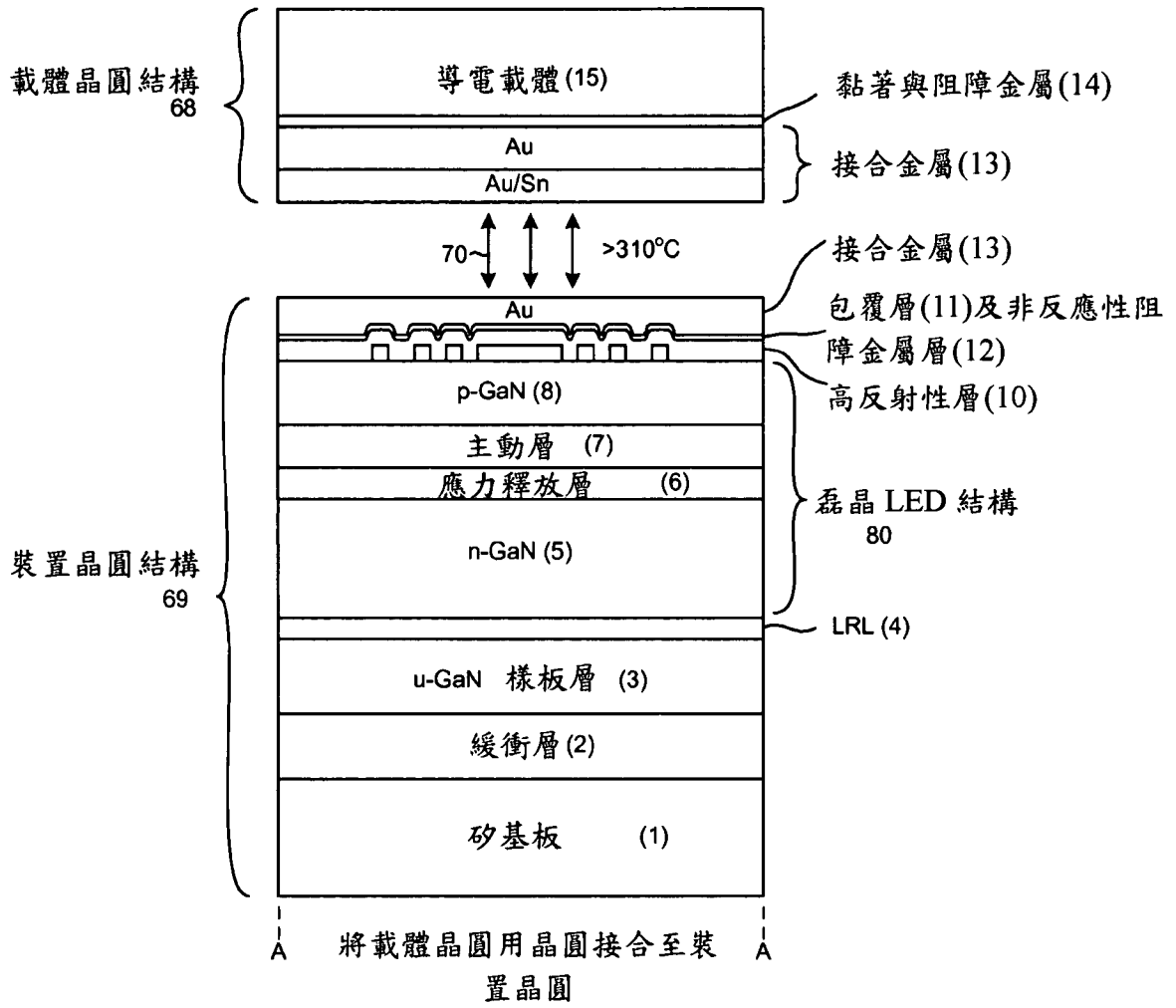


第九圖

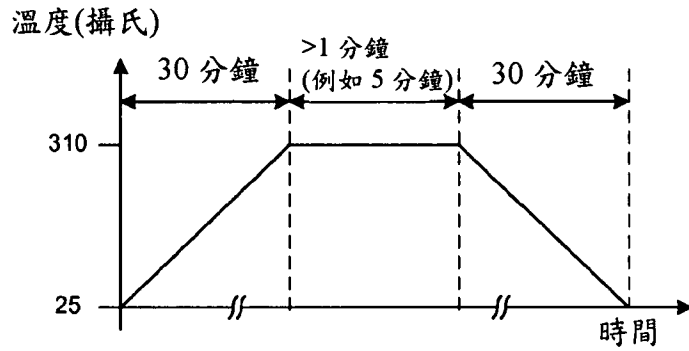


第十圖

6/17

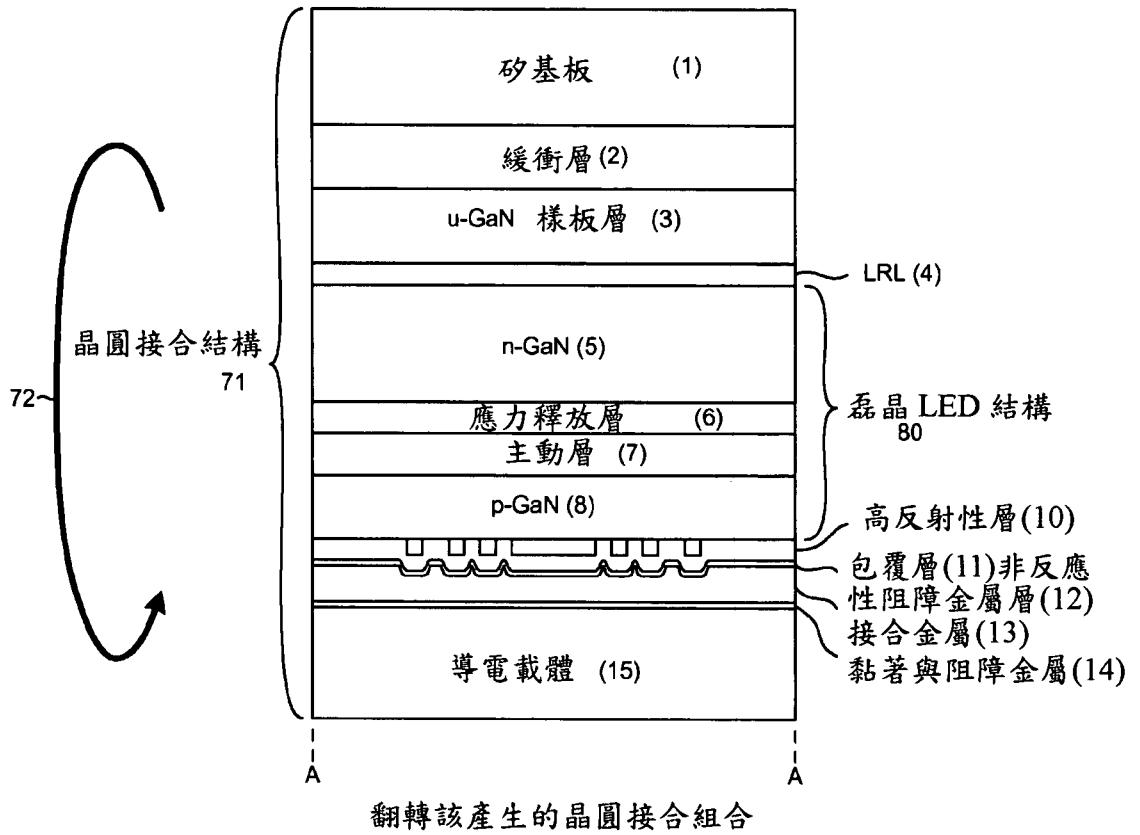


第十一圖

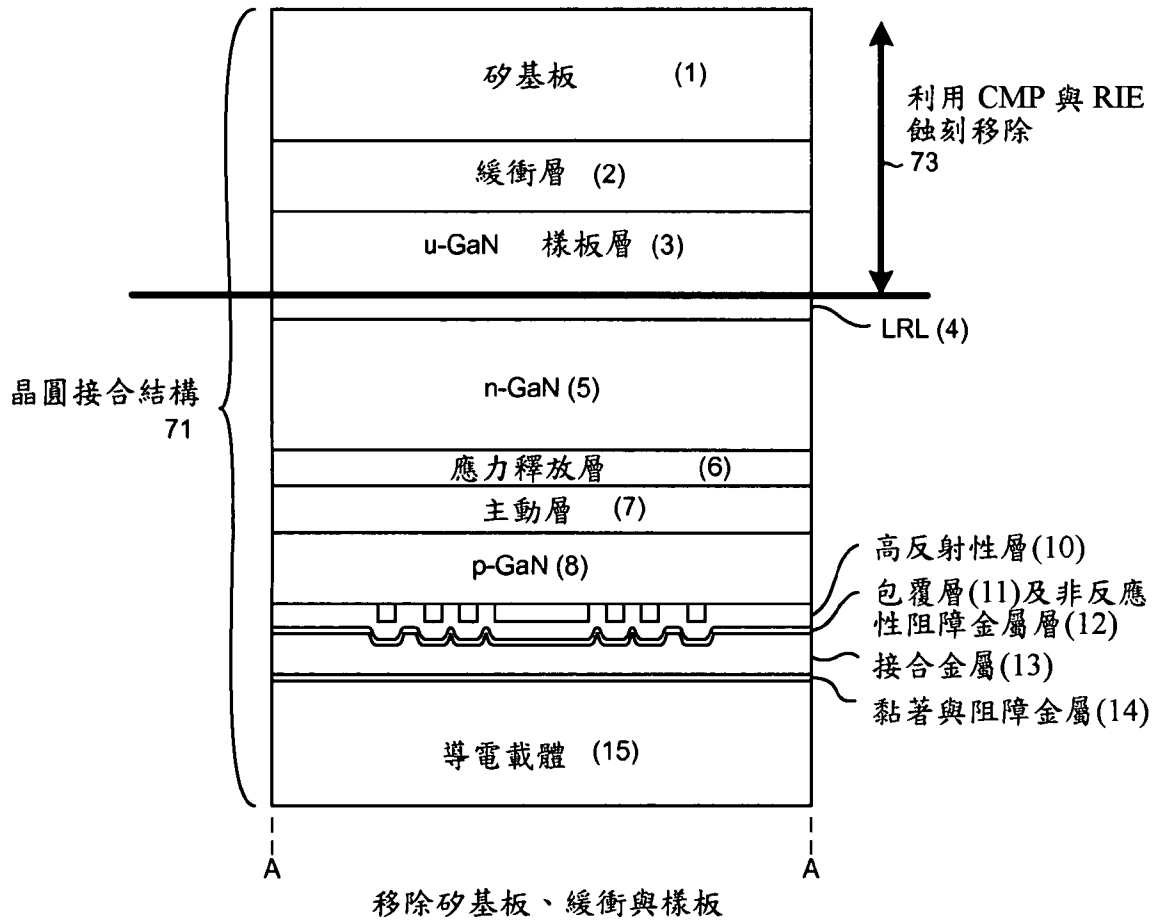


晶圓接合溫度循環

第十二圖

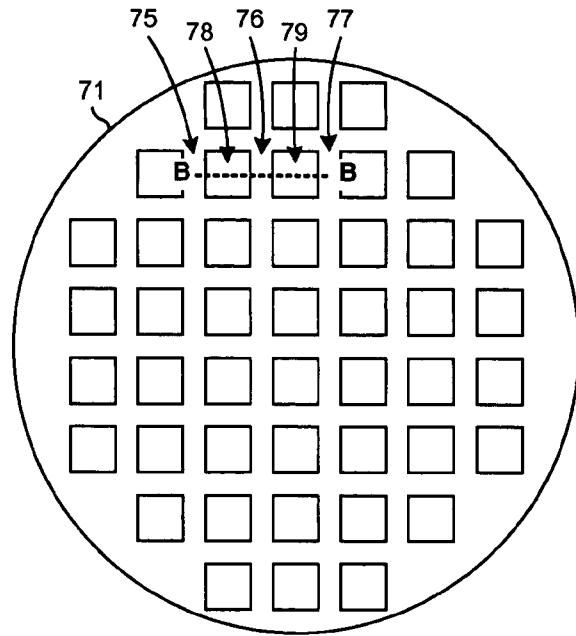


第十三圖



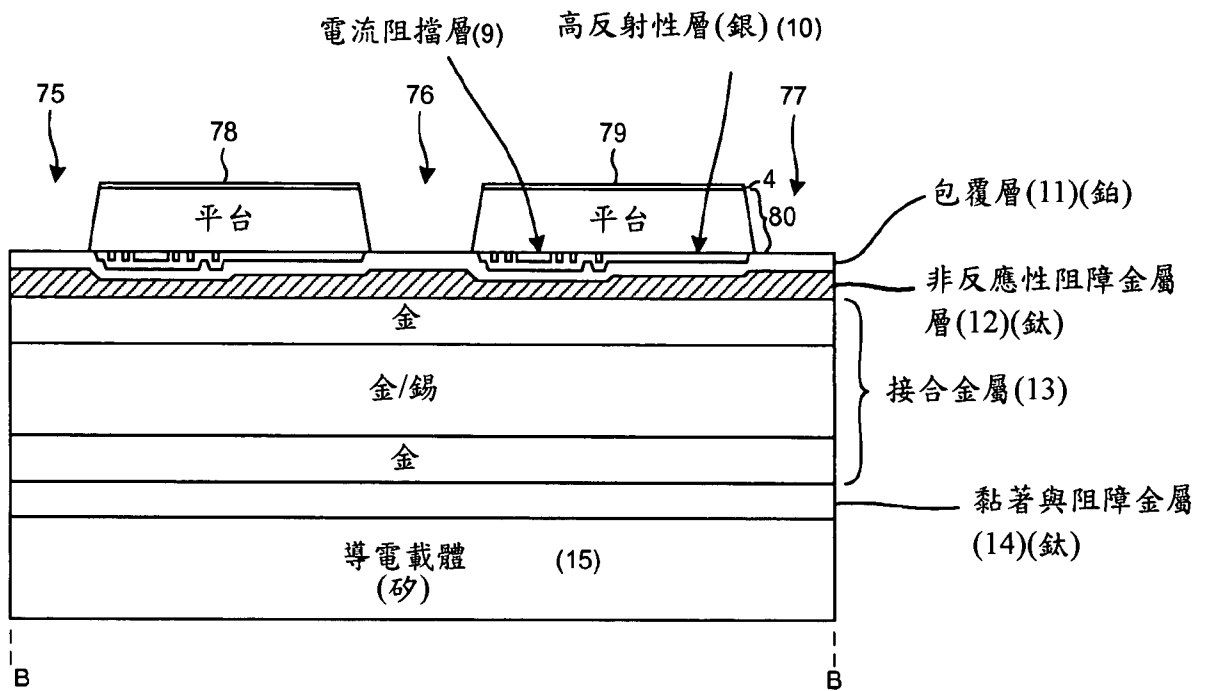
第十四圖

9/17



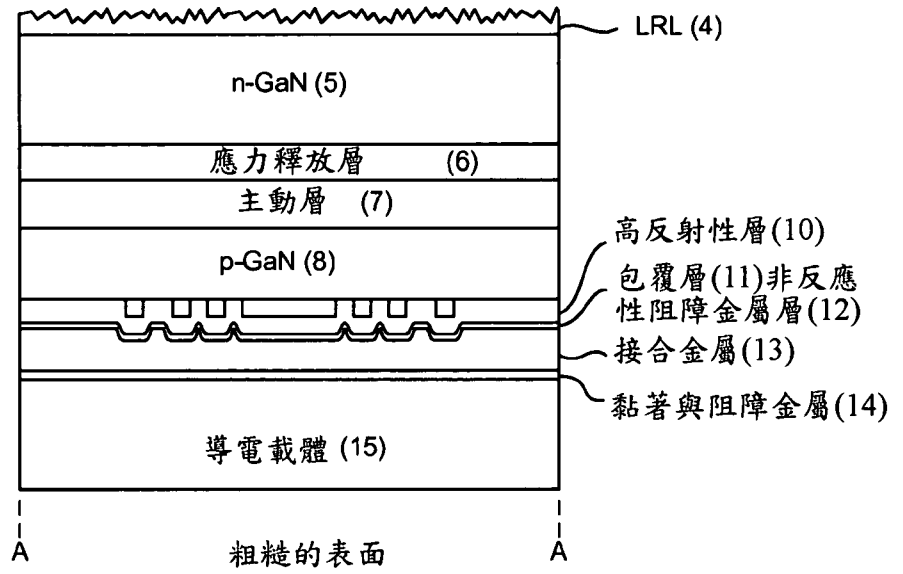
移除步驟和平台蝕刻步驟之後的晶圓接合結構

第十五圖

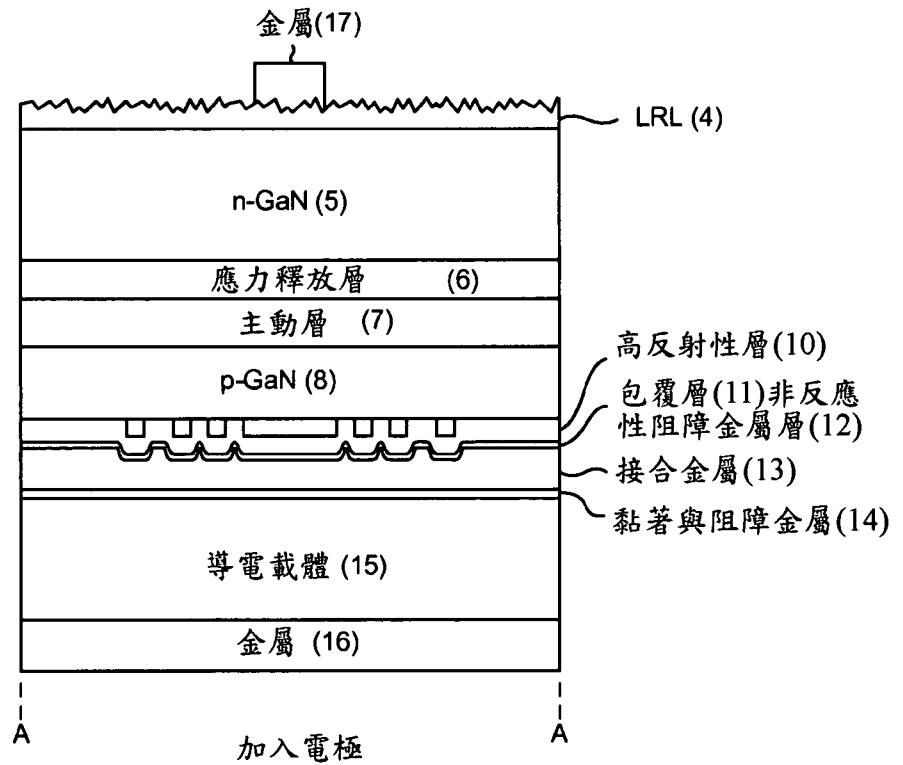


取第十五圖中 B-B 線的晶圓接合結構

第十六圖



第十七圖



第十八圖

編號	層或結構的名稱	成分與結構	厚度
1	基板	矽	
2	緩衝層	ZnS 50nm (在基板頂端上) AlN 250nm (在 ZnS 頂端上) AlGaIn 250nm (在 AlN 頂端上)	550nm
3	樣板層	u-GaN 未摻雜	1000nm
4	低電阻層 (LRL)	n-GaN/AlGaIn 週期 5 週期(超晶格) n-GaN 100nm (上方子層) Al <sub>0.3</sub> Ga <sub>0.7</sub> N (未摻雜) 25nm (下方子層) 每一較薄的 AlGaIn 子層都「拉至」 較厚的 GaN 層 片電阻低於該 N 型層的片電阻 n-GaN 摻雜物 = 1E18 ATOMS/CCM 矽	625nm
5	N 型層	n-GaN/n-AlGaIn: Si 或 AlN 週期 (總厚度>2000nm) 5 週期 n-GaN <1000 nm (e.g., 900nm) n-AlGaIn:Si <25nm (e.g., 5nm) 一個 n-GaN 子層位於該 N 型層頂端 上，其他位於該 N 型層的底部上 LRL/N 型層介面上該 N 型層的片 電阻>15 歐姆/平方	~5000nm
6	應力釋放層	n-GaN 摻雜物 = 5E18 ATOMS/CCM 矽 In <sub>x</sub> Ga <sub>1-x</sub> N/In <sub>y</sub> GaN <sub>1-y</sub> 週期 30 週期 In <sub>x</sub> Ga <sub>1-x</sub> N 1-30nm, 0<x<0.12 In <sub>y</sub> Ga <sub>1-y</sub> N 1-30nm, 0<y<0.12	120nm

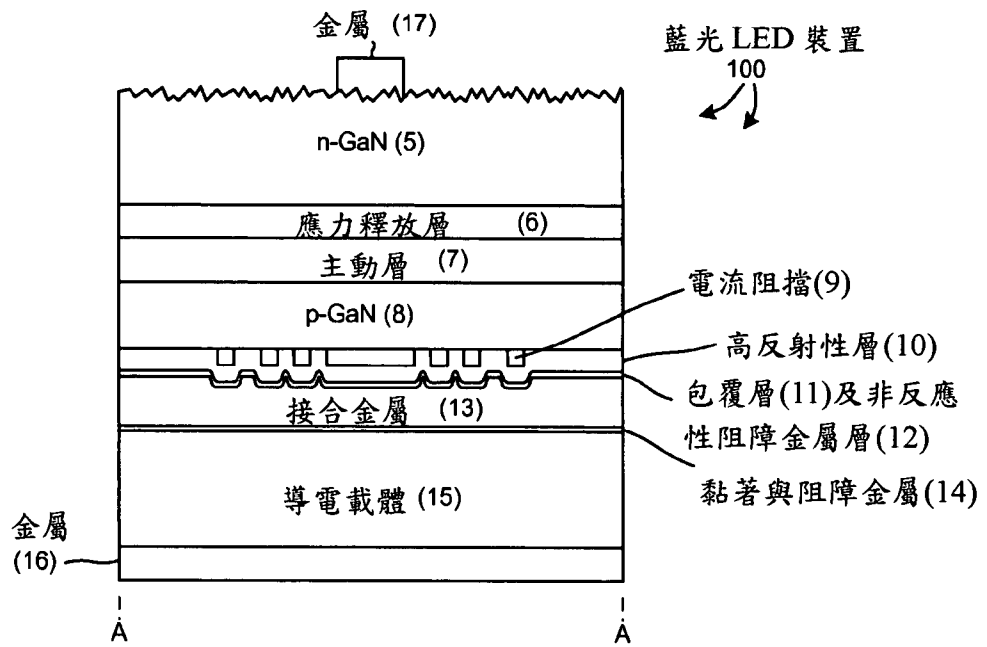
## 第十九 A 圖

7	主動層	InGaN/GaN 週期 10 週期 (MQW) InGaN 3nm GaN 10nm In = 15% 發出非單色 440nm-490nm 波長光線	130nm
8	P 型層	p-GaN 摻雜物類型 = 鎂 摻雜物濃度 = 1E20 ATOMS/CCM 上方表面大體上為平面 - 無電流 聚焦脊部結構	300nm
9	電流阻擋層	二氧化矽	200nm
10	高反射性層	銀	200nm
11	銀包覆層	鉑 (整個 LED 裝置內 < 200nm 鉑)	100nm
12	非反應性阻障金屬層	鈦 (非反應性阻障金屬厚度 > 50nm)	200nm
13	接合金屬層	金 500nm 金 80%/SN 20% 3000nm (共熔) 金 500nm	4000nm
14	黏著與阻障金屬層	鈦	200nm
15	導電載體	導電矽基板	150,000nm
16	P 電極金屬	Ni-Au (20/200 nm)	220nm
17	N 電極金屬	Ti-Al-Ni-Au (20/100/20/200 nm)	340nm
18	接合層	銀環氧樹脂	~3000nm
19	PCB	金屬核心 PCB (鋁)	
20	維持環	矽	
21	螢光粉		

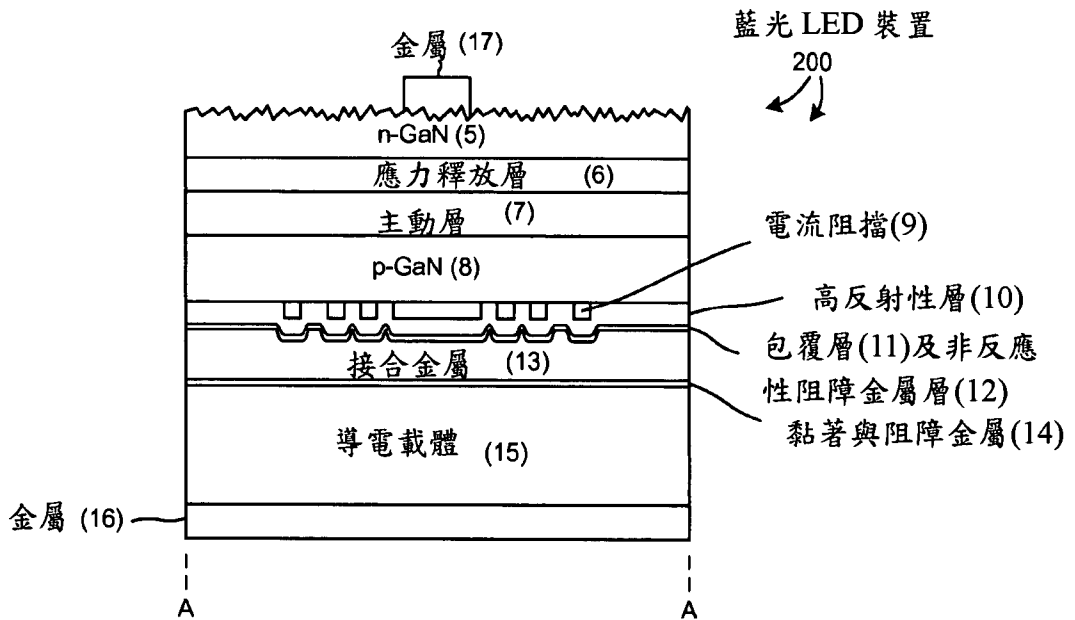
第十 九 A 圖
第十 九 B 圖

第十九 B 圖

13/17

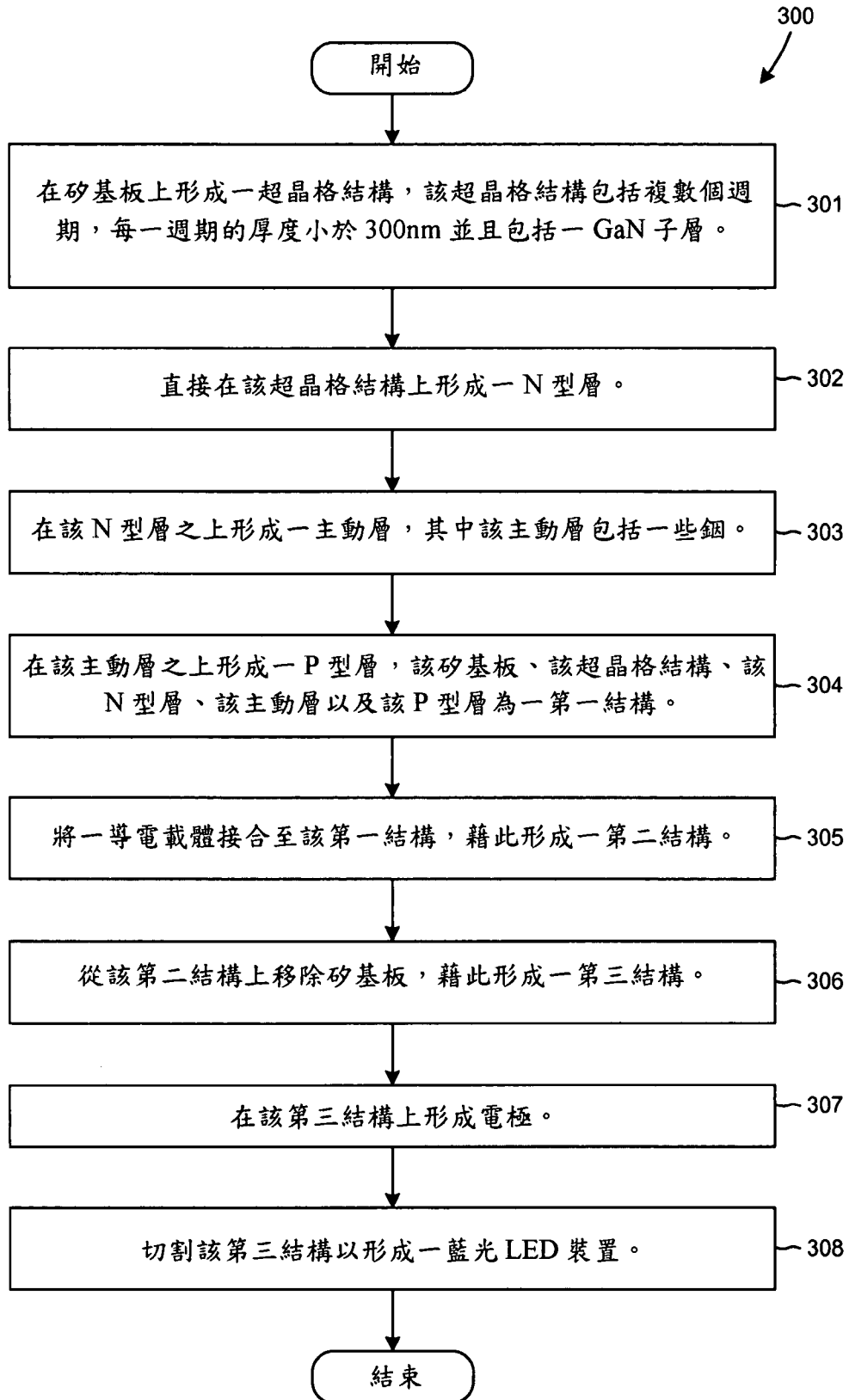


第二十圖

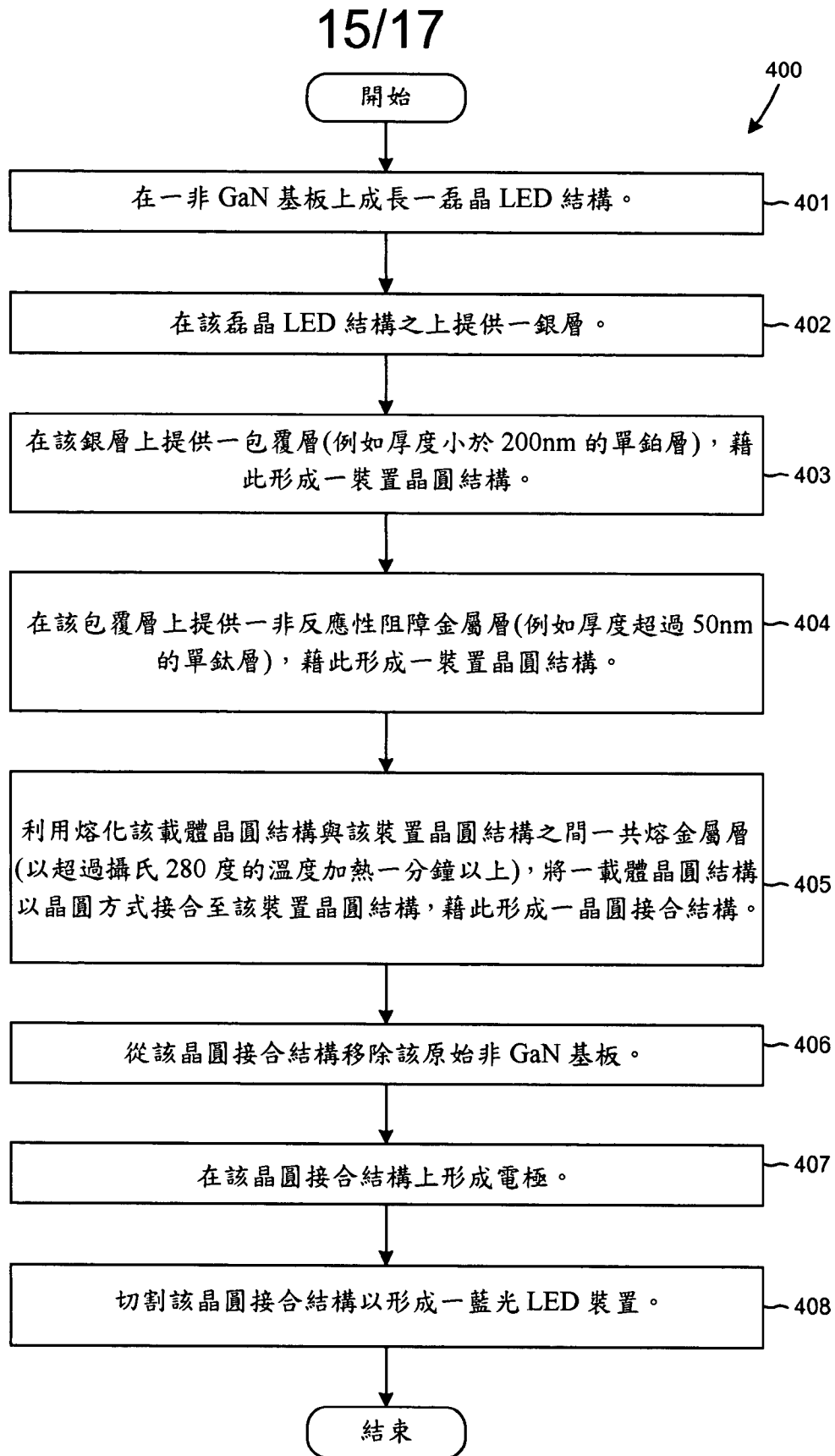


第二十一圖

14/17

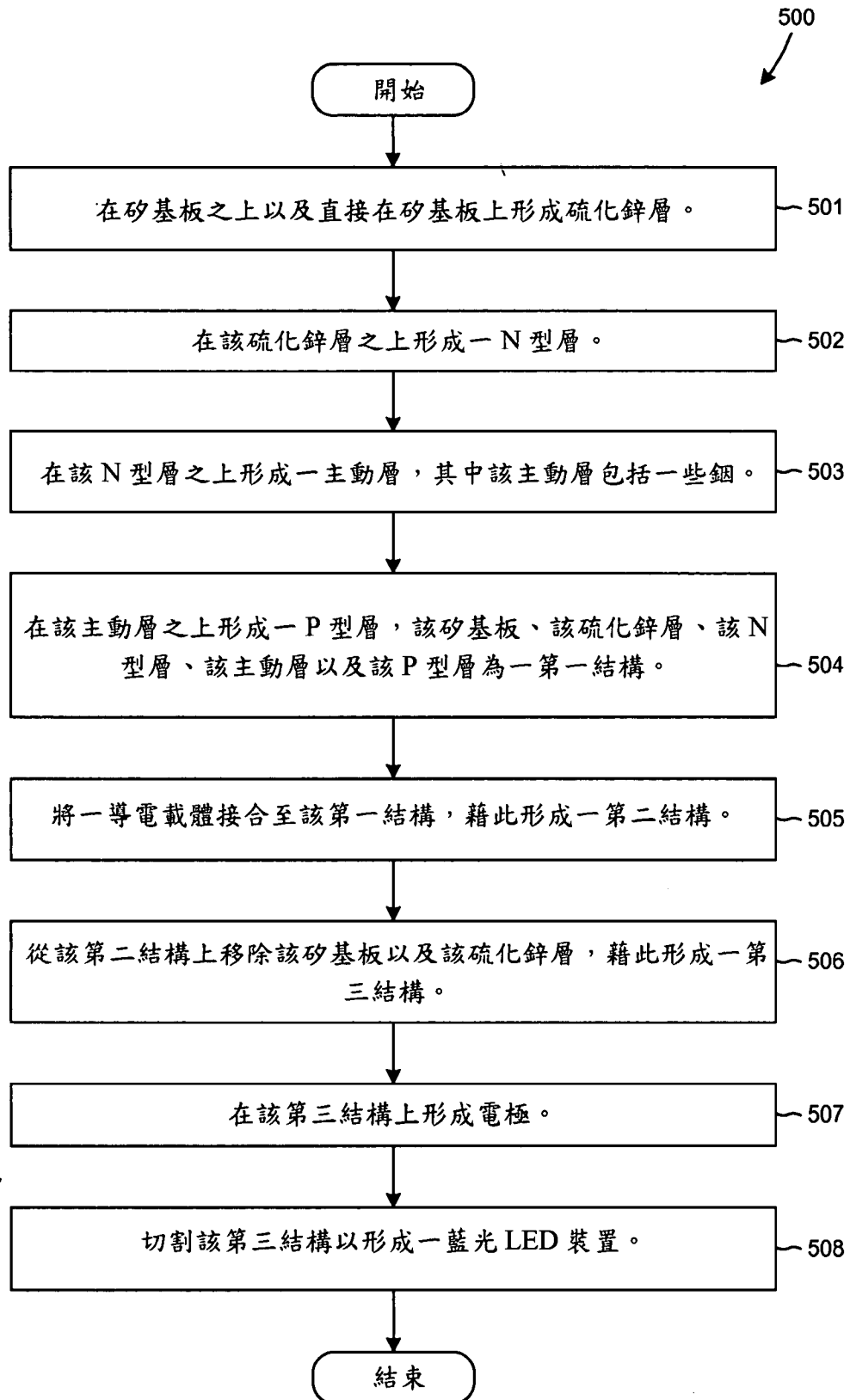


第二十二圖



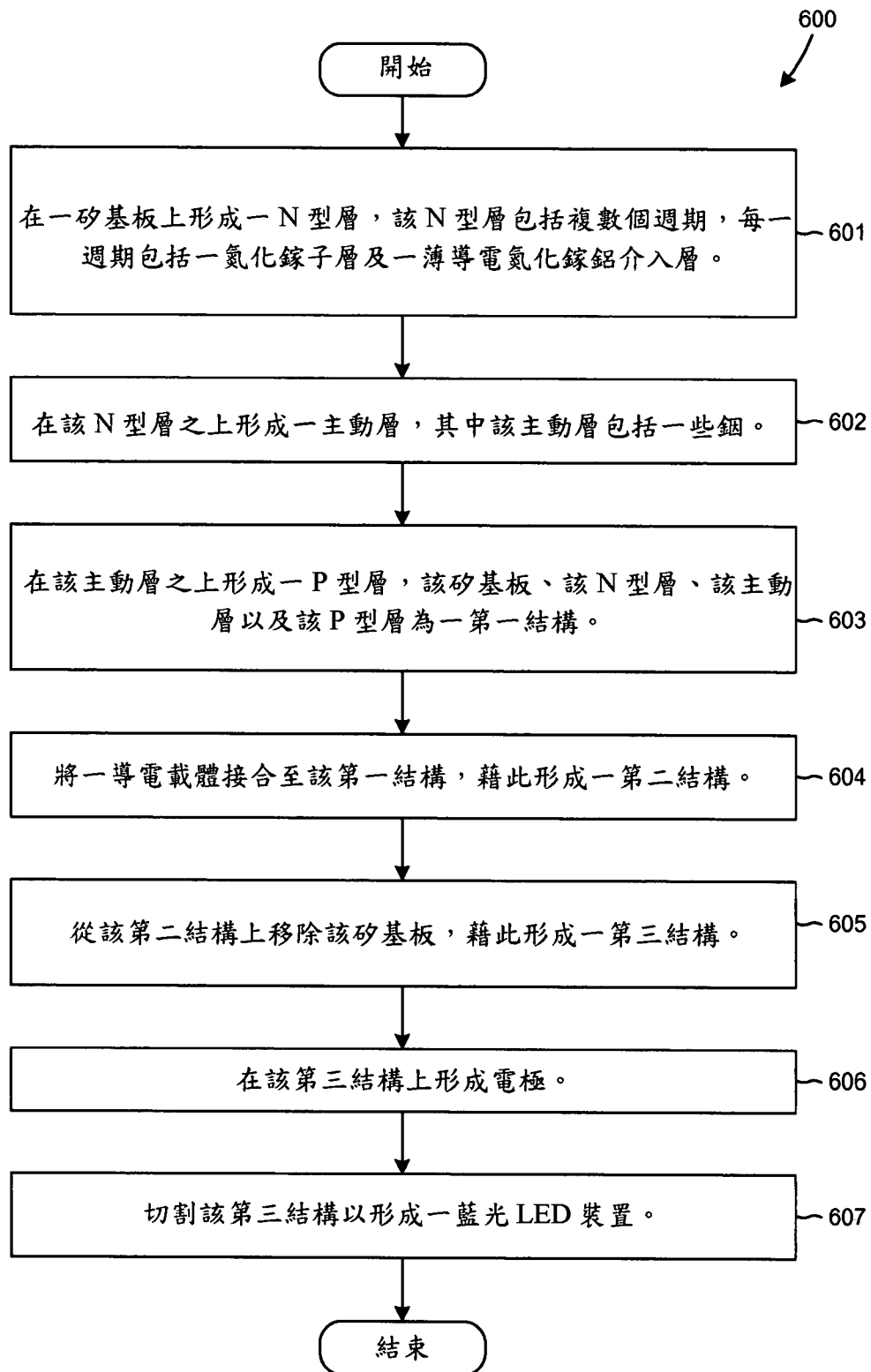
第二十三圖

16/17



第二十四圖

17/17



第二十五圖