

公告本

90年 1 月 9 日

修正

00年 1 月 9 日 修正
補充

申請日期： 88. 9. 16

案號：88116006

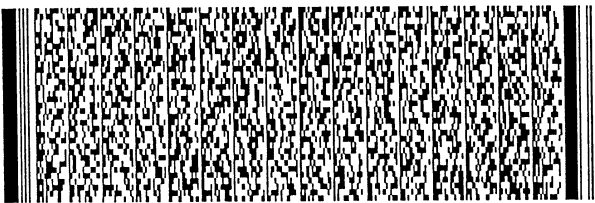
類別：

H01L 33/00

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書

475275

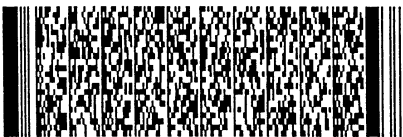
一、 發明名稱	中 文	垂直幾何結構氮化銦鎵發光二極體
	英 文	VERTICAL GEOMETRY INGAN LED
二、 發明人	姓 名 (中文)	1. 凱薩琳 瑪麗 多摩史派 2. 約翰 亞當 艾德蒙 3. 華-尚 柯 4. 海地 瑪麗 迪林格
	姓 名 (英文)	1. KATHLEEN MARIE DOVERSPIKE 2. JOHN ADAM EDMOND 3. HUA-SHUANG KONG 4. HEIDI MARIE DIERINGER
	國 籍	1. 美國 2. 美國 3. 美國 4. 美國
	住、居所	1. 美國北卡羅萊那州凱瑞市罕普頓里路3205號 2. 美國北卡羅萊那州凱瑞市西萊默路206號 3. 美國北卡羅萊那州瑞蘭市貝克西坡路10840號 4. 美國北卡羅萊那州高峰市艾爾坡路100號
三、 申請人	姓 名 (名稱) (中文)	1. 美商克立公司
	姓 名 (名稱) (英文)	1. CREE INC.
	國 籍	1. 美國
	住、居所 (事務所)	1. 美國北卡羅萊那州德罕市斯里康路4600號
	代表人 姓 名 (中文)	1. 查爾斯 M. 史華波達
	代表人 姓 名 (英文)	1. CHARLES M. SWOBODA
		

申請日期：	案號：
類別：	

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書

一、 發明名稱	中 文	
	英 文	
二、 發明人	姓 名 (中文)	5. 大衛 B. 史雷特, 二世
	姓 名 (英文)	5. DAVID B. SLATER, JR.
	國 籍	5. 美國
	住、居所	5. 美國北卡羅萊那州瑞蘭市傑若路6304號
三、 申請人	姓 名 (名稱) (中文)	
	姓 名 (名稱) (英文)	
	國 籍	
	住、居所 (事務所)	
	代表人 姓 名 (中文)	
	代表人 姓 名 (英文)	



本案已向

國(地區)申請專利
美國 US

申請日期

1998/09/16 09/154,363

案號

主張優先權
有

有關微生物已寄存於

寄存日期

寄存號碼

無



五、發明說明 (1)

發明範疇

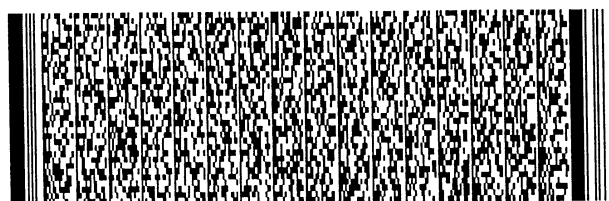
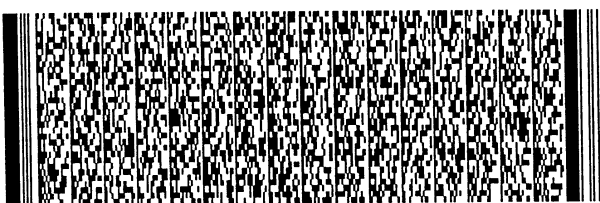
本發明與第三族氮化物(即，元素周期表的第三族)所構成的發光二極體有關，尤其與混合氮化銦鎵(InGaN)量子井作為主動部份，以產生電磁波譜的紅色到紫外線部份之輸出的發光二極體有關，特別是綠色到到紫外線部份。本發明的發展包括按照美國國防部高等研究計畫局(DARPA)契約書MDA972-95-C-0016暨F19628-96-C-0066所提供的支援。政府可對本發明具有特定的權限。

發明背景

發光二極體是P-N接面裝置，在光電子學領域經過數年的成長與發展後，已知發光二極體在各種作用中非常有用。以電磁波譜可見光部份發光的裝置已作為簡單的狀態指示器、動態功率位準長條圖形、及許多應用(譬如，無線電系統、汽車、家用電器產品、及電腦系統)中的文數顯示幕等用途。在光隔離器、手提式遙控器、及中斷、反射、和光纖感測應用中，已將紅外線裝置結合光譜匹配光電晶體使用。

發光二極體運作以半導體中電子與電洞的重組為主。當傳導帶中的電子載流子與價電子帶中的電洞結合時，其損失的能量等以散發之光子形式的帶隙；即，光線。平衡條件下重組活動的數量對於實際應用而言並不足夠，但是，可以藉由增加少數載流子密度的方式來增加其數量。

按照慣例，發光二極體中是藉由對二極體進行順向偏壓的方式來增加少數載流子密度。插入的少數載流子與接面



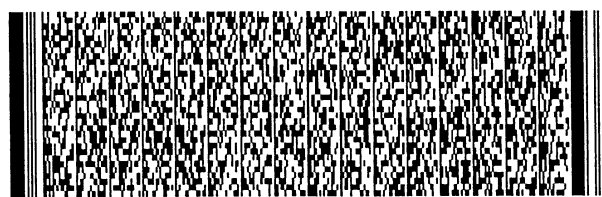
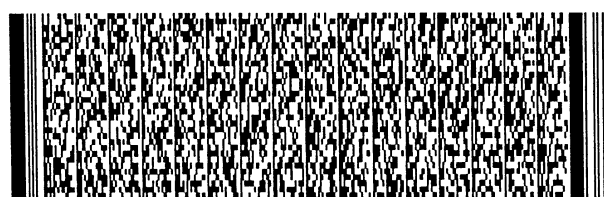
五、發明說明 (2)

邊緣少量擴散長度內的多數載流子以輻射方式重新組合。每項重組事件產生的電磁輻射定義為一個光子。因為能量損失與半導體材料的帶隙有關，所以已正式認定發光二極體材料帶隙特性的重要性。

但是，當配合其他電子裝置時，更需要具更高效率的發光二極體，尤其使用更少的功率時，發光二極體將必須以較高的色飽和度運作。例如，較高色飽和度的發光二極體對各種高格調環境中所使用的顯示幕或狀態指示燈特別有用。發光二極體色飽和度輸出與驅動發光二極體所需功率之間也有關聯。例如，低功率發光二極體最適用於各種攜帶式電子設備應用。在可見光譜紅色部份中，發光二極體的砷化鋁鎵發光二極體技術的發展，就是針對更高色飽和度、低功率、及更高效率發光二極體需求所嘗試的例子。由於不斷地對發光二極體有類似的需求，所以發光二極體將以可見光譜的綠色、藍色、紫外線區發光。例如，因為藍色是原色，為了可以顯示出深色或純白光，所以更想要或需要藍色。

本發明應用的共同受讓人是在此領域中第一位成功發展可大量生產並商業化之發出藍色光譜的發光二極體。彼等發光二極體由碳化矽所構成；美國申請專利編號4,918,497暨5,027,168，申請人Edmond，標題為"Blue Light Emitting Diode Formed In Silicon Carbide."中說明其範例。

其他藍色發光二極體的範例於美國申請專利編號5,306,

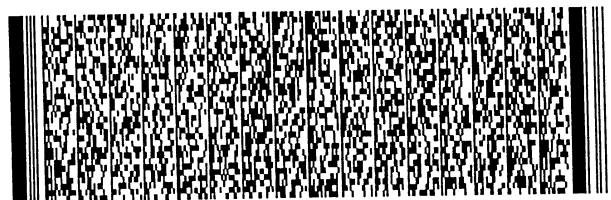
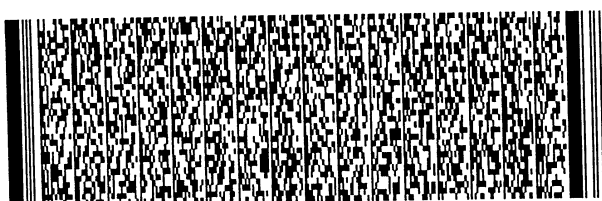


五、發明說明 (3)

662, 申請人 Nakamura, 標題為 "Method of Manufacturing P-Type Compound Semiconductor.", 暨美國申請專利編號 5,290,393, 申請人 Nakamura, 標題為 "Crystal Growth Method for Gallium Nitride-Based Compound Semiconductor." 中說明。美國申請專利編號 5,273,933, 申請人 Hatano et al., 標題為 "Vapor Phase Growth Method of Forming Film in Process of Manufacturing Semiconductor Device." 中也說明碳化矽 (SiC) 基底氮化鎵銦鋁 (GaInAlN) 暨砷化鎵 (GaAs) 基底硒化鋅 (ZnSe) 構成的發光二極體。

發光二極體技術一般性的討論可參閱 Dorf, The Electrical Engineering Handbook 再版 (1997, CRC 出版社), 第 1915-1925 頁, 第 83.1 節 "Light Emitting Diodes" 暨 Sze, Physics of Semiconductor Devices, 第 681 ff 頁, 第 12 頁 "LED and Semiconductor Lasers" (1981, John Wiley & Sons, Inc.)。

如同熟知發光二極體之類的光裝置之人士的認識, 已知藉由特定半導體材料產生的電磁輻射頻率 (即, 光子) 是材料的帶隙作用。較窄的帶隙產生能量較低、波長較長的光子, 而較寬的帶隙產生能量較高、波長較短的光子。例如, 通常作為電射的半導體是磷化鎵銦鋁 (InGaAlP)。因為此材料的帶隙 (帶隙實際的範圍視每種元件目前的克分子或原子分數而定), 導致磷化鎵銦鋁 (InGaAlP) 可產生的光線受限在可見光譜的紅色部份, 即, 大約 600 到 700 毫微



五、發明說明 (4)

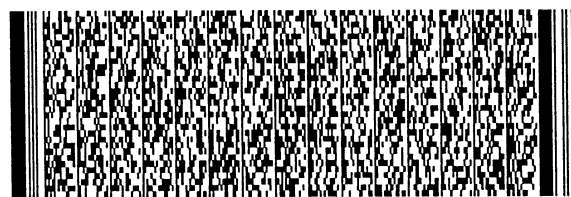
米 (nm)。

反之，為了產生具有光譜藍色及紫外線部份的光子，則需要具有比較大帶隙的半導體材料。典型的候選材料包括碳化矽 (SiC) 及第三族氮化物，特別是氮化鎵 (GaN)，及氮化鋁鎵 (AlGaN)、氮化銦鎵 (InGaN)、暨氮化鋁銦鎵 (AlInGaN) 之類的三態和第三代第三族氮化物。

波長較短的發光二極體尚有色彩以外的優點。尤其是運用在光儲存及記憶體裝置 (譬如 "CD-ROM" 或 "光碟片") 時，較短的波長使此類的儲存裝置可按比例容納更多的資訊。例如，以相同的空間為基礎，使用藍光儲存資訊的光裝置所容納的資訊大約是使用紅光儲存資訊的光裝置所容納的資訊的四倍。

但是，因為第三族氮化物有比較高的帶隙 (即，氮化鎵 (GaN) 在室溫下的帶隙是 3.36 eV)，並且是直接的帶隙材料，而不是間接的帶隙材料，所以，對於綠色、藍色、及紫外線頻率而言，第三族氮化物是引人注目的發光二極體候選材料。如同熟知半導體特性之人士的認識，直接帶隙材料不需要電子晶體動量變化，就可以進行從價電子帶到傳導帶的電子轉換。在間接半導體中，則是另一種情況；即，價電子帶與傳導帶之間的電子轉換需要有晶體動量的變化。矽及碳化矽即是此類間接半導體的例子。

一般而言，直接帶隙所構成之發光二極體的執行效率優於間接帶隙所構成之發光二極體的執行效率，這是因為直接轉換的光子所保留的能量多於間接轉換的光子所保留的



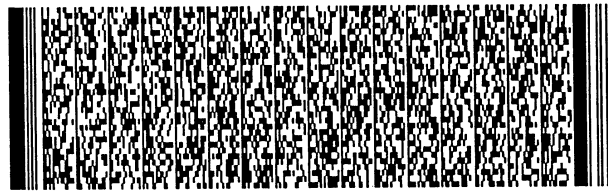
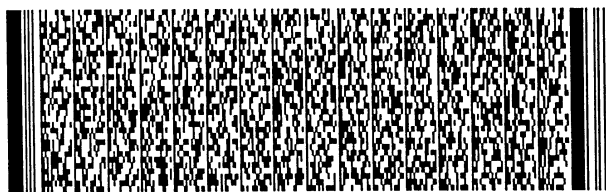
五、發明說明(5)

能量。

但是，第三族氮化物卻有各種不利條件：迄今，尚無充分的可行的技術可生產可構成適當第三族氮化物光裝置基底的第三族氮化物體單晶體。如同熟知半導體裝置之人士的認識，所有的半導體裝置都需要一些結構基底的排序。通常，使用與裝置主動區相同的材料所構成的基底具有顯著的優點，特別是在晶體發展與匹配方面的優點。但是，因為還必須用此類的體晶體來構成第三族氮化物，所以，必須用不同一即，除了第三族氮化物以外一基底上的外延層來構成第三族氮化物裝置。

但是，使用不同的基底會造成另一些問題，大部分是晶體晶格匹配及熱膨脹係數(TCEs)領域的問題。幾乎所有的情況，不同的材料具有不同的晶體晶格參數及熱膨脹係數TCEs。結果，當第三族氮化物外延層在不同的基底上產生時，將發生某些晶體不匹配，而所產生的外延層因這些不匹配而造成「形變」或「壓縮」。此類的不匹配、不匹配所造成的形變、及隨晶體缺陷所產生的電位，將依序影響晶體及接面的電子特性，因此，相對地造成降低甚至阻礙了光裝置的效能。此類的缺陷對更高功率的結構造成更多的問題。

迄今，藍寶石(即，三氧化二鋁)已成為第三族氮化物裝置的共同基底。藍寶石是以可見光及紫外線範圍內的光穿透，但不幸地為絕緣的而非為傳導性的，並且，與(例如)氮化鎵(GaN)之間大約有16%的晶格不匹配。由於缺乏導電



五、發明說明 (6)

基底，所以無法構成「垂直」裝置(接點在裝置的反面)，因此，造成製造與使用裝置上的困難。

作為一項特殊的不利條件，像是以藍寶石形成之第三族氮化物層所需要的水平結構(接點在裝置的同一面)也產生水平的電流流動，因此，通過該層的電流密度基本上會增加。此項水平電流流動在已形變(例如，氮化鎵(GaN)及藍寶石之間的16%晶格不匹配)結構在施加其他的形變，並加速整個接面與裝置退化。

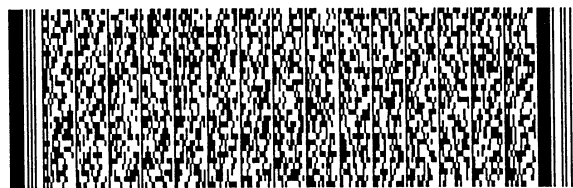
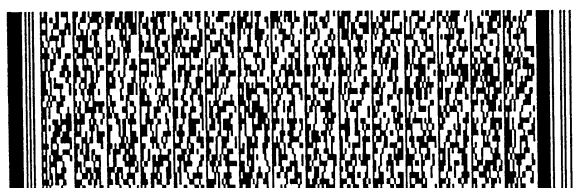
氮化鎵(GaN)與氮化鋁(AlN)之間也具有大約2.4%的晶格不匹配，而與碳化矽之間大約有3.5%的晶格不匹配。碳化矽與氮化鋁(AlN)稍微有更小的(大約只有1%)晶格不匹配。

發明目的與總結

因此，本發明的目的是提供一種改良的發光二極體，其利用氮化銦鎵(InGaN)的發光特性，及碳化矽基底的優點。

本發明符合垂直幾何結構發光二極體的目的，其能夠發出電磁波譜的紅色、綠色、藍色、紫色、及紫外線部份。發光二極體包括一傳導碳化矽基底、一氮化銦鎵量子井、基底與量子井之間一傳導緩衝層、在量子井每一表面上個別的非摻雜氮化鎵層、以及垂直幾何結構方向的歐姆觸點。

另一方面，本發明是一種垂直幾何結構發光二極體，係由一N型碳化矽基底、一基底上的傳導緩衝層、一N型傳導



五、發明說明 (7)

緩衝層上的第一層氮化鎵(GaN)、一非摻雜之第一氮化鎵層上的第二層氮化鎵(GaN)、一第二氮化鎵層上的氮化銦鎵(InGa_N)量子井、一非摻雜之量子井上的第三層氮化鎵(GaN)、一非摻雜之第三氮化鎵層上的第一層氮化鋁鎵(AlGa_N)、第一氮化鋁鎵(AlGa_N)層上的P型第二層氮化鋁鎵(AlGa_N)、第二氮化鋁鎵(AlGa_N)層上的P型第四氮化鎵(GaN)層、一基底的歐姆觸點、及第四氮化鎵(GaN)層的歐姆觸點所組成。

配合詳細說明及附圖，更容易瞭解本發明前述及其他的
目的與優點：

圖式簡單說明

圖1說明根據本發明之發光二極體的斷面圖；

圖2說明根據本發明及先前裝置之二極體量子效率的比較標繪圖；

圖3說明支配波長相對於正向電流的標繪圖，並比較根據本發明之發光二極體與藍寶石基底所構成之發光二極體；

圖4說明半最大值的全寬(full width at half maximum)相對於根據本發明之二極體波長的標繪圖，並與藍寶石基底所構成之二極體比較；以及

圖5及圖6說明根據本發明之兩種二極體的電流相對於電壓特性的標繪圖。

發明之詳細說明

本發明揭示一種垂直幾何結構發光二極體，其能夠發出



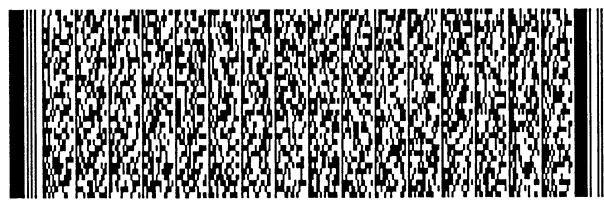
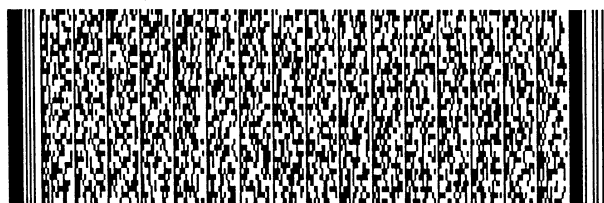
五、發明說明 (8)

電磁波譜的紅色、綠色、藍色、紫色、及紫外線部份。內文中的「垂直幾何結構」表示裝置的歐姆觸點可以放置在結構另一面的特性。相對於陽極及陰極必須放置在裝置的同一面的裝置而言，此類允許適當金屬觸點及引線(包括微處理器及印刷電路上的引線)的幾何結構更容易組成裝置。圖1顯示10所標示的裝置，其最寬的一面包括傳導碳化矽基底11、一氮化銦鎵(InGaN)量子井12、基底11及量子井12之間的一傳導緩衝層13、在量子井12每一表面上個別的非摻雜氮化鎵層14和15、以及垂直幾何結構方向的歐姆觸點16和17。

碳化矽基底11最好是選擇3C、4H、6H、及15R多晶型物，尤其是選擇6H多晶型物最佳。最好依據常讓渡(或許可)的美國專利編號Re. 34,861(4,866,005)中所提出的發展技術來構成基底，以提及的方式併入本文中。

所構成的傳導緩衝層13最好具有1997年10月7日所歸檔之聯合申請美國專利及常讓渡之申請專利中的美國申請序號 08/944,547，標題為 "Group III Nitride Photonic Devices on Silicon Carbide Substrates with Conductive Buffer Interlayer Structure," 中所提出的結構，並納入其方法，本文中以提及的方式併入該申請中專利的整個內容。

如上述的說明，碳化矽基底與第三族氮化物之間的晶格匹配優於藍寶石。另外，第三族氮化物在碳化矽上會具有張力，而在藍寶石上則會壓縮。本技藝中，「張力」表示

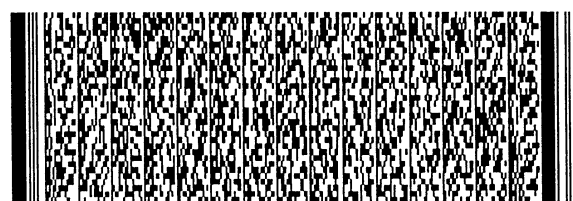
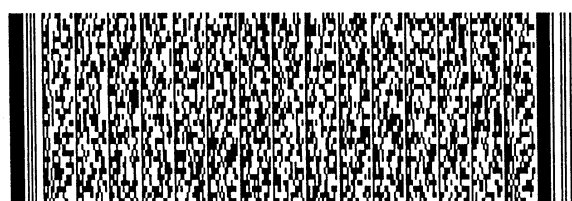


五、發明說明 (9)

外延層熱膨脹係數大於其基底熱膨脹係數的關係。「壓縮」表示外延層熱膨脹係數小於其基底熱膨脹係數的另一種關係。第三族氮化物層與碳化矽基底之間晶格常數的差異(氮化物晶格常數大於碳化矽晶格常數)會增加壓縮，但是，個別的熱膨脹係數傾向支配整個張力。就這一點而言，幾乎沒有報告指出，在張力下的外延層會產生氮化銦鎵(InGa_N)。

就如熟悉電子結構之人士的認識，量子井通常係由一層或數層半導體材料的薄層所組成，其中半導體材料具有非常薄的主動層。尤其，當主動層的厚度薄到載波deBroglie波長的等級時，將造成一連串具有有限方井之邊界狀態能量的離散能級。請參閱Sze Physics of Semiconductor Device再版(1981)第127及729頁。如同熟知此類結構之人士的認識，使用單量子井或多量子井增加所期望之轉換中的電子密度，進而增加發射的高度。簡言之，碳化矽基底11為N型，且N型氮化鎵(GaN) 20的第一層(通常摻雜矽)在傳導緩衝層13上，並形成氮化鎵(GaN) 14的(第二)未摻雜層。

最佳結構也包括在其他未摻雜之氮化鎵(GaN)層15上的未摻雜之氮化鋁鎵(AlGa_N)21的第一層，其中未摻雜之氮化鎵(GaN)層15是整個第三氮化鎵(GaN)層。P型氮化鋁鎵(AlGa_N) 22的第二層(最好摻雜鎂)是在第一未摻雜層21上。P型氮化鎵(GaN)層23(整個第四氮化鎵(GaN)層)完成裝置，最好摻雜鎂。如圖1所顯示，歐姆觸點16構成傳導



五、發明說明 (10)

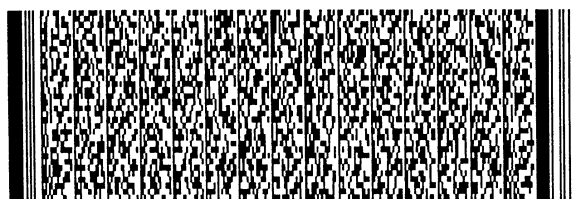
碳化矽基底，而另一個歐姆觸點17則構成P型氮化鎵(GaN)層23。在最佳具體實施例中，基底11的歐姆觸點16包括鎳(Ni)，而P型氮化鎵(GaN)層23的歐姆觸點17是由鉑(Pt)所構成。當然，如果有適合有關接觸層的歐姆特性，且有提供適合各層的化學與物理連接物，則歐姆觸點也可使用其他的金屬。

在最佳具體實施例中，氮化銦鎵(InGaN)量子井12基本上是N型，且可包括單量子井(SQW)或多量子井(MQW)。

本發明整個結構中的每一層都具有特殊的優點。如上文中的說明，N型碳化矽基底的熱傳導性比藍寶石高出許多，與第三族氮化物之間具有比藍寶石更好的晶格匹配，且其傳導特性更適合垂直裝置。

傳導緩衝層13適合1997年10月7日歸檔之聯合專利申請序號08/944,547中所提出的議題，上文中以提及的方式併入本文中。在其基本的作用中，傳導緩衝層13有利於從碳化矽基底到氮化鎵(GaN)層20及14的晶體轉換，且其傳導特性補足裝置的垂直幾何結構。

第一氮化鎵(GaN)層20加上傳導緩衝層13的總厚度大約是1.8微米。在最佳環境中，傳導緩衝層13及氮化鎵(GaN)層20最好在溫度大約1040°C的氫氣(H₂)下生長。N型氮化鎵(GaN)層20應有足夠的厚度，使碳化矽基底11及傳導緩衝層13之間介面所產生的缺陷降至最低，並使整個表面平坦。根據經驗，如果氮化鎵(GaN)層20太薄，則似乎會影響裝置波長一致性。

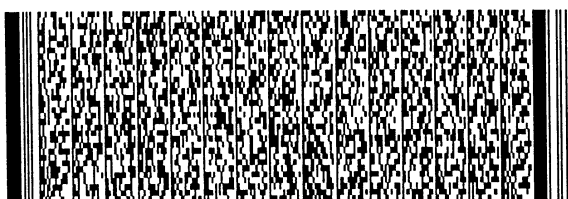


五、發明說明 (11)

最佳具體實施例中的未摻雜之氮化鎵(GaN)層14是整個第二氮化鎵(GaN)層，已證實可增加裝置的亮度及放射一致性。雖然迄今有經驗上的成果，且申請人不希望受到任何特殊理論的約束，但是，未摻雜之氮化鎵(GaN)層14(在氮氣上生產)似乎容易與氫產生反應，所以，之後不會影響必須隔離氮的氮化銦鎵(InGaN)量子井。使用未摻雜之氮化鎵(GaN)層14也可使生長繼續，而其他方面則需要使生長停止(growth stop)，因為氮化鎵(GaN)層14是在相同的氮氣(N_2)中生長，之後，氮化銦鎵(InGaN)量子井也是在此氮氣(N_2)中生長。製造這些類型裝置期間排定生長停止(growth stop)時，停止前及停止後生長的層之間的介面可能趨於退化。

另一方面，未摻雜之氮化鎵(GaN)層14可直接協助放鬆碳化矽基底及其第三族氮化物層之間已增大的變形。如上文中的說明，未摻雜之氮化鎵(GaN)層14係在氮氣(N_2)下生長(反之，氮化鎵(GaN)的N型前趨層20則是在氫氣(H_2)下生長)，且最好在溫度大約750°C到800°C之間，總厚度大約是200埃。

氮化銦鎵(InGaN)量子井12可以是單量子井(SQW)或多量子井(MQW)，通常是在溫度大約750°C到800°C之間的氮氣(H_2)下生長(與未摻雜之氮化鎵(GaN)層14相同)，厚度大約是20到30埃之間。當然，量子井是裝置的主動層，並產生所要的輸出。從作用的觀點來看，量子井12應是「偽晶」或「準穩」；即，薄度足以避免晶體缺陷，而晶體缺



五、發明說明 (12)

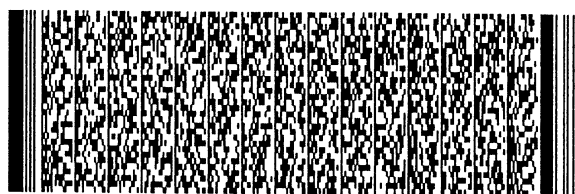
陷係其他相似或相同材料較厚層容易出現的現象。

如同熟知第三族氮化物之人士的認識，能量結構及量子井發射差異視三態組合物中的銦總數而定，請參閱美國專利編號5,684,309圖10及圖11，及第7欄，第19-42行，其說明但未限制此特性。針對藍色發光二極體，銦的克分子分數大約是35%，而綠色發光二極體的銦克分子分數稍高，最好是大約50%及55%之間。因此，藉由控制三態氮化銦鎵(InGa₂N)組合物中銦的克分子分數(或克分子百分比)，可設計裝置發出特定的波長。但是，較大的銦分數比較小的分數更不穩定，因此，選擇期望或最佳量子井組合時，通常會考慮此特性。

整個第三氮化鎵(GaN)層15是建立量子井12邊界的其他未摻雜之氮化鎵(GaN)層，並用於在晶體生長處理期間，防止氮化銦鎵(InGa₂N)量子井12接觸到氫或高溫。上面的未摻雜之氮化鎵(GaN)層15照樣在氮氣中生長，以防止量子井12接觸到氫。此外，氮化鎵(GaN)層15防止氮化銦鎵(InGa₂N)量子井12接觸到高溫，因為氮化銦鎵(InGa₂N)在950℃或以上的溫度會分解。

未摻雜之氮化鋁鎵(AlGa₂N)層21的晶體品質通常優於摻雜之氮化鋁鎵(AlGa₂N)，運用未摻雜之氮化鎵(GaN)層15有助於防止氮化銦鎵(InGa₂N)量子井接觸到高於所要之溫度的溫度，或接觸到氫。未摻雜之氮化鋁鎵(AlGa₂N)層21是在氮氣中生長。

一般說來，氮氣可產生較高品質的氮化鎵(GaN)層及氮



五、發明說明 (13)

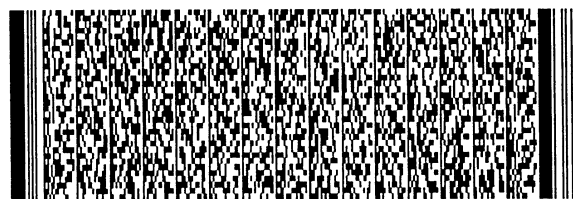
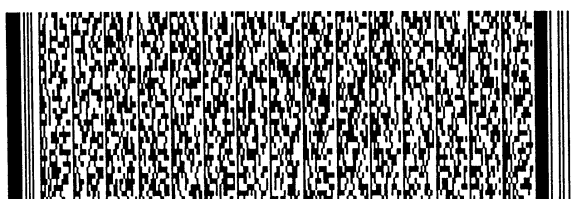
化鋁鎵(AlGaIn)層，但是對氮化鎵(InGaIn)會產生有害的影響。因此，只要有可能，在氫氣中完成生長，改變到氮氣中連續生長氮化鎵(InGaIn)量子井及其鄰接層。

未摻雜之氮化鎵(GaIn)層 15 及未摻雜之氮化鋁鎵(AlGaIn)層 21 都相當薄。氮化鎵(GaIn)層 15 係在 20-30 埃的等級，並在 750°C 到 800°C 之間的溫度下生長。未摻雜之氮化鋁鎵(AlGaIn)層 21 的厚度大約是 30 及 50 埃，並在 800°C 到 850°C 之間的溫度下生長。

P 型氮化鋁鎵(AlGaIn)層 22 稍厚，厚度大約是 200 埃的等級，並在溫度大約 900°C 的氮氣中生長。其為整個結構提供高品質的晶體層，並提供插入量子井的電洞，以產生所要的發射。最後，P 型氮化鎵(GaIn)接觸層 23 為歐姆觸點 17 提供更方便的材料。如同熟知這些材料之人士的認識，製造適合氮化鋁鎵(AlGaIn)歐姆觸點非常困難，且許多情況下是不可能的。

適合各層的生長易做。氮化硅(SiH_4)、三甲基鎵($(\text{CH}_3)_3\text{Ga}$)、及氨(NH_3)通常用於構成 N 型氮化鎵(GaIn)層 20。如果需要，可用三乙基鎵($(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{Ga}$)取代三甲基鎵($(\text{CH}_3)_3\text{Ga}$)。同樣地，使用三甲基銦($(\text{CH}_3)_3\text{In}$)三甲基鋁($(\text{CH}_3)_3\text{Al}$)作為源氣體時可提供銦或鋁。同樣地，針對每層的氮而言，氨(NH_3)是最佳的源氣體。

如上文中的說明，在最佳具體實施例中，傳導緩衝層 13 及第一氮化鎵(GaIn)層 20 在氫氣中生長，有助於其生長及想要的特性。圖 1 中的箭頭 25 指出 H_2 下的生長。然後，第

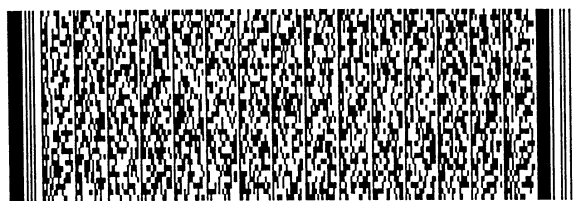


五、發明說明 (14)

二氮化鎵(GaN)層14、氮化銦鎵(InGa_N)量子井12、第三氮化鎵(GaN)層15、及第一氮化鋁鎵(AlGa_N)層21在氮氣下生長，最好沒有生長停止。最後，第二氮化鋁鎵(AlGa_N)層22及第四氮化鎵(GaN)層P型氮化鎵(GaN)層23在氫氣中生長，最好沒有生長停止。此方法中，氮化銦鎵(InGa_N)量子井12及形成其邊界的層都是在沒有生長停止的情況下生長，因為，在未摻雜之氮化鎵(GaN)層14發生從氮氣到氫氣的轉變，且於未摻雜之氮化鋁鎵(AlGa_N)層21之後發生對應的從氮氣到氫氣的轉變。如同熟知晶體生長—特別是CVD磊晶生長—技術之人士的認識，比起包括停止的生長處理程序，持續生長處理程序可產生更好的磊晶層之間的介面。在此方法中，根據本發明之發光二極體的結構增強了生長技術，而持續成長技術增強了發光二極體的效能。

在最佳具體實施例中，碳化矽基底11是「反植入」。如同背景資料，為了獲得N型碳化矽(通常摻雜在發光二極體大約 $6E17$ 及 $2E18$ 之間)上的歐姆觸點，溫度(至少)需要 930°C 。這樣的溫度通常不會對氮化鎵(GaN)造成傷害，但是會使氮化銦鎵(InGa_N)量子井12退化或毀壞。因此，為了可以在較低的溫度下獲得良好的碳化矽歐姆觸點，在背面高度摻雜碳化矽基底11，需要可在 800°C 的低溫形成歐姆觸點的技術，並期望該技術可 750°C 的低溫下，同樣可形成歐姆觸點。

碳化矽基底11的高度摻雜之背面最好用離子植入的方式摻雜，然而，也可以使用雷射退火或薄磊晶層之類(在許

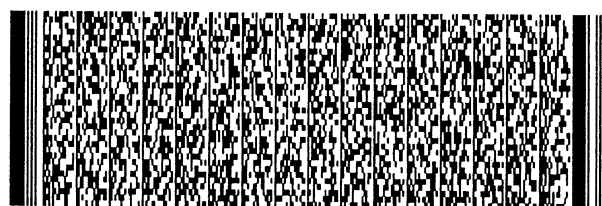
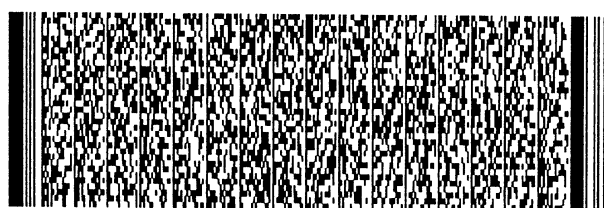


五、發明說明 (15)

多情況下並不切實際)的其他技術。舉例而言(而非限制),碳化矽基底11通常摻雜在大約 $1.2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$,而植入部份達到大約 $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 的濃度。因此,另一方面,本發明包括產生本發明垂直方向之發光二極體的方法。在此方法中,本發明包括在氫氣中,在一N型碳化矽基底上連續生長一傳導緩衝層及一N型氮化鎵(GaN)層。接著,在氫氣中依序生長薄層未摻雜之氮化鎵(GaN)、一氮化銦鎵(InGaN)量子井、一未摻雜之氮化鎵(GaN)的第二薄層、及一未摻雜之氮化鋁鎵(AlGaN)的薄層等層。之後,在氫氣中依序生長P型氮化鋁鎵(AlGaN)層及P型氮化鎵(GaN)層,才完成技術。然後,可運用最佳具體實施例,將歐姆觸點附加到P型氮化鎵(GaN)層及碳化矽基底,其中最佳具體實施例包括在附加之歐姆觸點部份增加摻雜碳化矽基底的步驟,而歐姆觸點也就是剛剛所說明之方法(即,最好用離子植入的方式)中所附加的歐姆觸點。

如同源氣體的指示,生長這些層的最佳技術是化學氣相澱積(CVD)。此類的技術在此技藝中非常易懂。然而,CVD及個別CVD設備的性質(像是個別氣流率、溫度、反應裝置壓力、時間長度、及其他處理參數)通常必須根據特殊設備及環境才能決定。按照本文中的說明,已知層的成分包括每層的厚度及最佳生長溫度範圍,熟悉本技藝的一般技術人員不需要不當的實驗,就能夠複製所發表的處理程序,並產生結構。

圖2到圖6說明根據本發明所設計及製造之二極體的優點



90年修正

修正/更正/補充

90年2月2日

88116006

90年2月2日

修正

五、發明說明 (10)

的實例。圖2說明根據本發明之二極體的量子效率至少和其他在藍寶石基底上形成的數個量子的效率一樣好。此外，比起可產生相同輸出的同等級藍寶石式裝置，垂直裝置提供更小的晶片。例如，本文中，為了比較目的(如，圖3及圖4)所鑑定的藍寶石式裝置是 $14\text{ mil} \times 14\text{ mil}$ (196 mil^2)，而根據本發明的裝置(且提供相同的亮度)是 $10\text{ mil} \times 10\text{ mil}$ (100 mil^2)；即，只有57%。

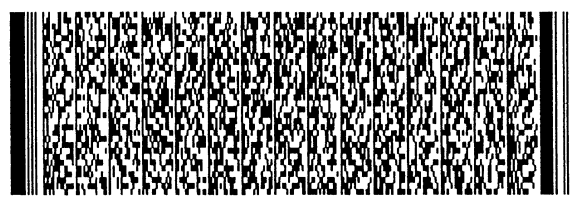
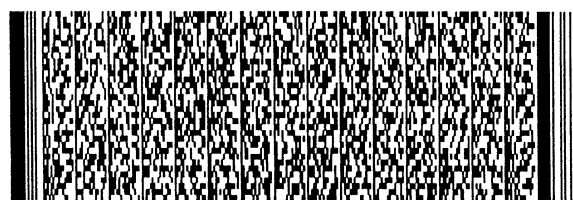
圖3說明與藍寶石所構成之裝置相比，根據本發明之發光二極體在正向電流的範圍內維持更一致的色彩。如圖3所顯示，藍寶石式發光二極體在低正向電流可發射光譜的黃色部份，或接近光譜的黃色部份(如，在2毫安培可發射544毫微米(nm))，而根據本發明之發光二極體仍然在綠色區(在2毫安培可發射531毫微米(nm))。

圖4說明根據本發明之碳化矽式二極體在期望的波長顯出較窄的發射(較純的色彩)；即，在每次測量的波長，碳化矽式二極體的半最大值全寬(full width at half maximum; FWHM)至少比藍寶石式二極體的半最大值全寬(full width at half maximum; FWHM)大約少5毫微米(nm)。

圖5及圖6說明根據本發明之綠色(525 nm)及藍色(470 nm)二極體在正向偏壓下都提供絕佳的電流特性。

在運用過程中，可使用根據本發明之二極體提供混合紅色、綠色、及藍色發光二極體的像素及顯示幕。

在圖式及說明中，已揭示本發明典型的具體實施例，並



五、發明說明 (17)

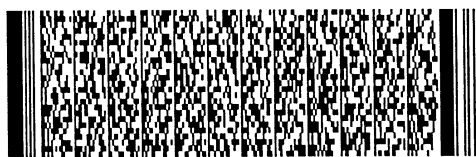
且，雖然已採用特定的名詞，但是，這些名詞只作為總稱及描述的意義，而沒有限制的意圖，下列的申請專利範圍中提出本發明範疇。



五、發明說明 (17a)

元 件 符 號 說 明

11	碳 化 矽
12	氮 化 銦 鎵 量 子 井
13	傳 導 緩 衝
14 , 15	氮 化 鎵 (未 摻 雜)
16 , 17	歐 姆 觸 點
20	氮 化 鎵 : 矽
21	氮 化 鋁 鎵 (未 摻 雜)
22	氮 化 鋁 鎵 : 鎂
23	氮 化 鎵 : 鎂



四、中文發明摘要 (發明之名稱：垂直幾何結構氮化銦鎵發光二極體)

本發明揭示一種垂直幾何結構發光二極體，其能夠在電磁波譜的紅色、綠色、藍色、紫色、及紫外線部份中發光。發光二極體包括一傳導碳化矽基底、一氮化銦鎵量子井、基底與量子井之間一傳導緩衝層、在量子井每一表面上個別的非摻雜氮化鎵層、以及垂直幾何結構方向的歐姆觸點。

英文發明摘要 (發明之名稱：VERTICAL GEOMETRY INGAN LED)

A vertical geometry light emitting diode is disclosed that is capable of emitting light in the red, green, blue, violet and ultraviolet portions of the electromagnetic spectrum. The light emitting diode includes a conductive silicon carbide substrate, an InGaN quantum well, a conductive buffer layer between the substrate and the quantum well, a respective undoped gallium nitride layer on each surface of the quantum well, and ohmic contacts in a vertical geometry



四、中文發明摘要 (發明之名稱：垂直幾何結構氮化銦鎵發光二極體)

英文發明摘要 (發明之名稱：VERTICAL GEOMETRY INGAN LED)

orientation.



六、申請專利範圍

1. 一種垂直幾何結構發光二極體，其能夠在電磁波譜的紅色、綠色、藍色、紫色、及紫外線部份中發光，該發光二極體包括：

一傳導碳化矽基底；

一氮化銦鎵(InGa_N)量子井；

一在該基底與該量子井之間的傳導緩衝層；以及

一個別的未摻雜之氮化鎵(GaN)層，其位於該量子井每層表面上；以及

垂直幾何結構方向的歐姆觸點。

2. 如申請專利範圍第1項之垂直幾何結構發光二極體，進一步包括一氮化鎵(GaN)摻雜層，其位於該緩衝器與該未摻雜之氮化鎵(GaN)層之間。

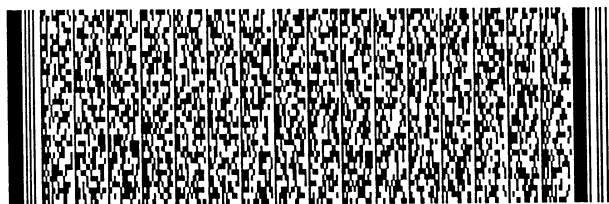
3. 如申請專利範圍第2項之垂直幾何結構發光二極體，進一步包括：

一氮化鋁鎵(AlGa_N)未摻雜層21，其位於該量子井上該未摻雜之氮化鎵(GaN)層表面上，而該量子井則與該基底及緩衝相對；以及

一摻雜之氮化鋁鎵(AlGa_N)層，其位於該未摻雜之氮化鋁鎵(AlGa_N)層上。

4. 如申請專利範圍第3項之垂直幾何結構發光二極體，進一步包括一摻雜之氮化鎵(GaN)層，其位於該摻雜之氮化鋁鎵(AlGa_N)層上。

5. 如申請專利範圍第4項之垂直幾何結構發光二極體，其中：



六、申請專利範圍

該基底、該緩衝層、及鄰接該緩衝的該氮化鎵(GaN)層都是N型；以及

該氮化鋁鎵(AlGaN)摻雜層及在其上之氮化鎵(GaN)摻雜層都是P型。

6. 如申請專利範圍第1項之垂直幾何結構發光二極體，其中該量子井包括一多量子井。

7. 一種像素，其包括發光二極體，能夠在電磁波譜的紅色、綠色、藍色、紫色、及紫外線部份中發光，該發光二極體包括：

一傳導碳化矽基底；

一氮化銦鎵(InGaN)量子井；

一在該基底與該量子井之間的傳導緩衝層；以及

一個別的未摻雜之氮化鎵(GaN)層，其位於該量子井每層表面上；以及

垂直幾何結構方向的歐姆觸點。

8. 一種顯示幕，其包括許多像素，每一像素包括一發光二極體，能夠在電磁波譜的紅色、綠色、藍色、紫色、及紫外線部份中發光，該發光二極體包括：

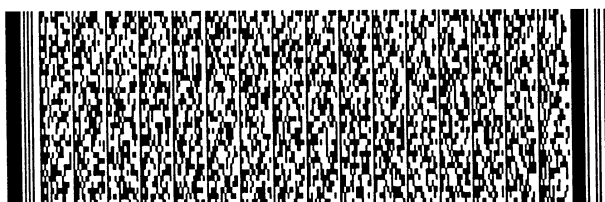
一傳導碳化矽基底；

一氮化銦鎵(InGaN)量子井；

一在該基底與該量子井之間的傳導緩衝層；以及

一個別的未摻雜之氮化鎵(GaN)層，其位於該量子井每層表面上；以及

垂直幾何結構方向的歐姆觸點。



六、申請專利範圍

9. 一種垂直幾何結構發光二極體，其能夠在電磁波譜的紅色、綠色、藍色、紫色、及紫外線部份中發光，該發光二極體包括：

一N型碳化矽基底；

一N型傳導緩衝層，其位於該基底上；

一氮化鎵(GaN)的第一層，其位於該N型傳導緩衝層上；

一氮化鎵(GaN)的第二層，其位於該未摻雜之第一氮化鎵(GaN)層；

一氮化銦鎵(InGaN)量子井，其位於該第二氮化鎵(GaN)層上；

一氮化鎵(GaN)的第三層，其位於該未摻雜之量子井上；

一氮化鋁鎵(AlGaN)的第一層，其位於未摻雜之第三氮化鎵(GaN)層上；

一氮化鋁鎵(AlGaN)層的第二層，其為P型，位於該第一氮化鋁鎵(AlGaN)層上；

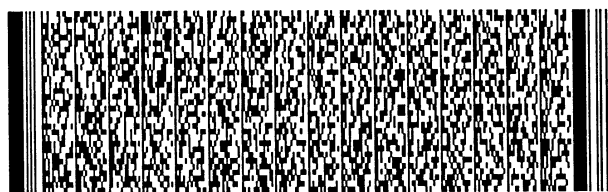
一第四氮化鎵(GaN)層，其為P型，其位於該第二氮化鋁鎵(AlGaN)層上；

一該基底的歐姆觸點；以及

一該氮化鎵(GaN)層的歐姆觸點。

10. 如申請專利範圍第9項之垂直幾何結構發光二極體，其中該基底的該歐姆觸點包括鎳，且該P型氮化鎵(GaN)層的該歐姆觸點是鉑。

11. 如申請專利範圍第9項之垂直幾何結構發光二極體，



六、申請專利範圍

其中該傳導緩衝層是N型氮化鋁鎵(AlGa_N)。

12. 如申請專利範圍第9項之垂直幾何結構發光二極體，其中該量子井本質上是N型。

13. 如申請專利範圍第9項之垂直幾何結構發光二極體，其中該量子井是多量子井。

14. 如申請專利範圍第9項之垂直幾何結構發光二極體，其中該第一氮化鎵(GaN)層摻雜矽。

15. 如申請專利範圍第9項之垂直幾何結構發光二極體，其中該第四氮化鎵(GaN)層及該第二氮化鋁鎵(AlGa_N)層摻雜鎂。

16. 一種像素，其包括一發光二極體，能夠在電磁波譜的紅色、綠色、藍色、紫色、及紫外線部份中發光，該發光二極體包括：

一N型碳化矽基底；

一N型傳導緩衝層，其位於該基底上；

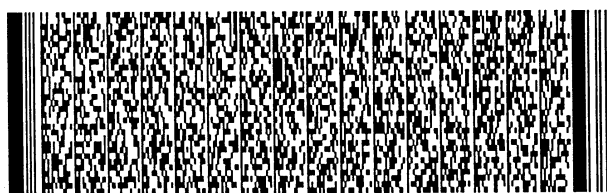
一氮化鎵(GaN)的第一層，其位於該N型傳導緩衝層上；

一氮化鎵(GaN)的第二層，其位於該未摻雜之第一氮化鎵(GaN)層；

一氮化銦鎵(InGa_N)量子井，其位於該第二氮化鎵(GaN)層上；

一氮化鎵(GaN)的第三層，其位於該未摻雜之量子井上；

一氮化鋁鎵(AlGa_N)的第一層，其位於未摻雜之第三氮化鎵(GaN)層上；



六、申請專利範圍

一 氮化鋁鎵(AlGa_N)層的第二層，其為P型，位於該第一氮化鋁鎵(AlGa_N)層上；

一 第四氮化鎵(GaN)層，其為P型，其位於該第二氮化鋁鎵(AlGa_N)層上；

一 該基底的歐姆觸點；以及

一 該氮化鎵(GaN)層的歐姆觸點。

17. 一種顯示幕，其包括許多像素，每一像素包括一發光二極體，能夠在電磁波譜的紅色、綠色、藍色、紫色、及紫外線部份中發光，該發光二極體包括：

一 N型碳化矽基底；

一 N型傳導緩衝層，其位於該基底上；

一 氮化鎵(GaN)的第一層，其位於該N型傳導緩衝層上；

一 氮化鎵(GaN)的第二層，其位於該未摻雜之第一氮化鎵(GaN)層；

一 氮化銦鎵(InGa_N)量子井，其位於該第二氮化鎵(GaN)層上；

一 氮化鎵(GaN)的第三層，其位於該未摻雜之量子井上；

一 氮化鋁鎵(AlGa_N)的第一層，其位於未摻雜之第三氮化鎵(GaN)層上；

一 氮化鋁鎵(AlGa_N)層的第二層，其為P型，位於該第一氮化鋁鎵(AlGa_N)層上；

一 第四氮化鎵(GaN)層，其為P型，其位於該第二氮化鋁鎵(AlGa_N)層上；



六、申請專利範圍

- 一 該基底的歐姆觸點；以及
- 一 該氮化鎵(GaN)層的歐姆觸點。

18. 一種用以製造一垂直方向發光二極體之方法，該發光二極體能夠在電磁波譜的紅色、綠色、藍色、紫色、及紫外線部份中發光，該方法包括：

在氫氣中，在碳化矽基底上連續生長一N型傳導緩衝層及一N型氮化鎵(GaN)層；

接著，在氮氣中，連續生長一未摻雜之氮化鎵(GaN)的薄層、一氮化銦鎵(InGaN)量子井、一未摻雜之氮化鎵(GaN)的第二薄層、及一未摻雜之氮化鋁鎵(AlGaN)的薄層；以及

接著，在氫氣中，連續生長一P型氮化鋁鎵(AlGaN)層及一P型氮化鎵(GaN)層。

19. 如申請專利範圍第18項之方法，其包括將歐姆觸點附加到P型氮化鎵(GaN)層。

20. 如申請專利範圍第19項之方法，其包括將鉑觸點附加到P型氮化鎵(GaN)層。

21. 如申請專利範圍第18項之方法，其包括將歐姆觸點附加到碳化矽基底。

22. 如申請專利範圍第21項之方法，其中包括在被附加之歐姆觸點部份增加摻雜碳化矽基底的步驟，而歐姆觸點就是之前的附加歐姆觸點之步驟中所附加的歐姆觸點。

23. 如申請專利範圍第22項之方法，其中增加摻雜的步驟包括離子植入。



六、申請專利範圍

24. 一種發光二極體，包括：

一碳化矽基底；

一氮化銦鎵(InGaN)量子井所構成的一主動層；

其特徵是大約在470毫微米(nm)產生峰值發射，且其半最大值全寬(full width at half maximum; FWHM)大約25毫微米(nm)或以下。

25. 一種發光二極體，包括：

一碳化矽基底；

一氮化銦鎵(InGaN)量子井所構成的一主動層；

其特徵是大約在505毫微米(nm)產生峰值發射，且其半最大值全寬(full width at half maximum; FWHM)大約29毫微米(nm)或以下。

26. 一種發光二極體，包括：

一碳化矽基底；

一氮化銦鎵(InGaN)量子井所構成的一主動層；

其特徵是大約在525毫微米(nm)產生峰值發射，且其半最大值全寬(full width at half maximum; FWHM)大約35毫微米(nm)或以下。

27. 一種發光二極體，包括：

一碳化矽基底；

一氮化銦鎵(InGaN)量子井所構成的一主動層；

其特徵是大約在2毫安培的正向電流產生大約531毫微米(nm)支配波長的發射。

28. 一種發光二極體，包括：



六、申請專利範圍

一 碳化矽基底；

一 氮化銦鎵(InGa_N)量子井所構成的一主動層；

其特徵是大約在5毫安培的正向電流產生大約529毫微米(nm)支配波長的發射。

29. 一種發光二極體，包括：

一 碳化矽基底；

一 氮化銦鎵(InGa_N)量子井所構成的一主動層；

其特徵是大約在10毫安培的正向電流產生大約527毫微米(nm)支配波長的發射。

30. 一種發光二極體，包括：

一 碳化矽基底；

一 氮化銦鎵(InGa_N)量子井所構成的一主動層；

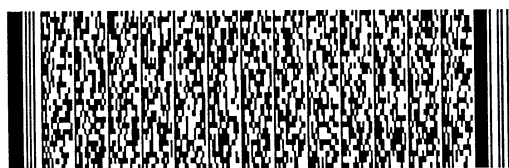
其特徵是大約在20毫安培的正向電流產生大約 525毫微米(nm)支配波長的發射。

31. 一種發光二極體，包括：

一 碳化矽基底；

一 氮化銦鎵(InGa_N)量子井所構成的一主動層；

其特徵是大約在30毫安培的正向電流產生大約523毫微米(nm)支配波長的發射。



90年7月25日 補充

第 88116006 號專利申請案
中文圖式修正頁(90 年 7 月)

90年7月5日 修正
補充

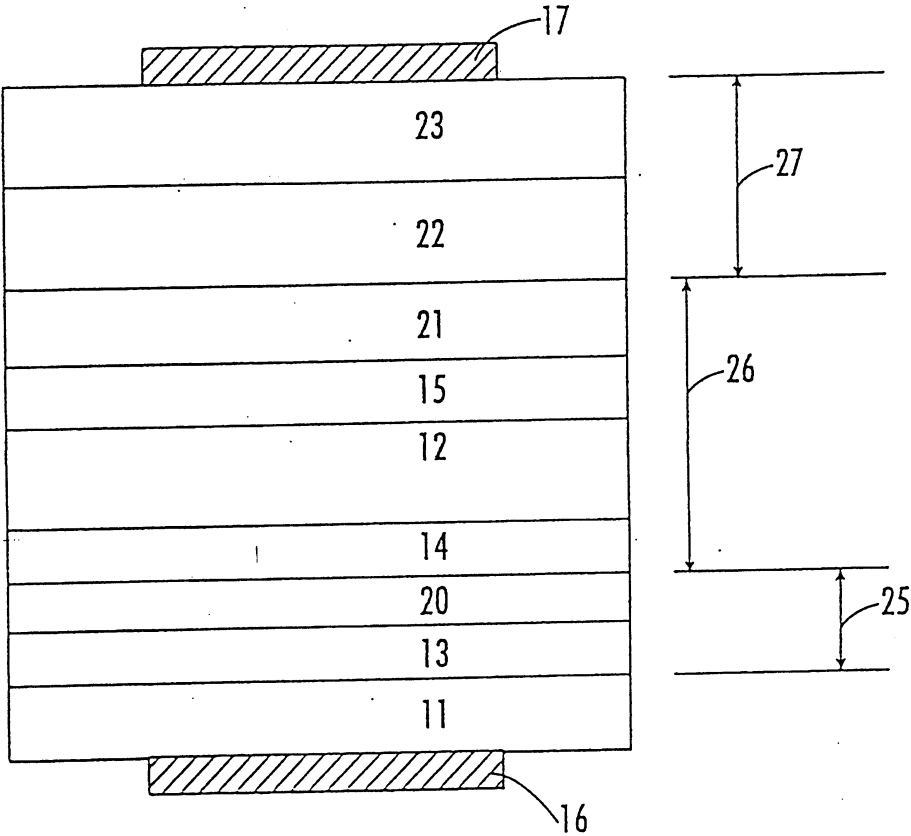


圖 1

90 > 2 修正/補充

修正
補充
90 > 2

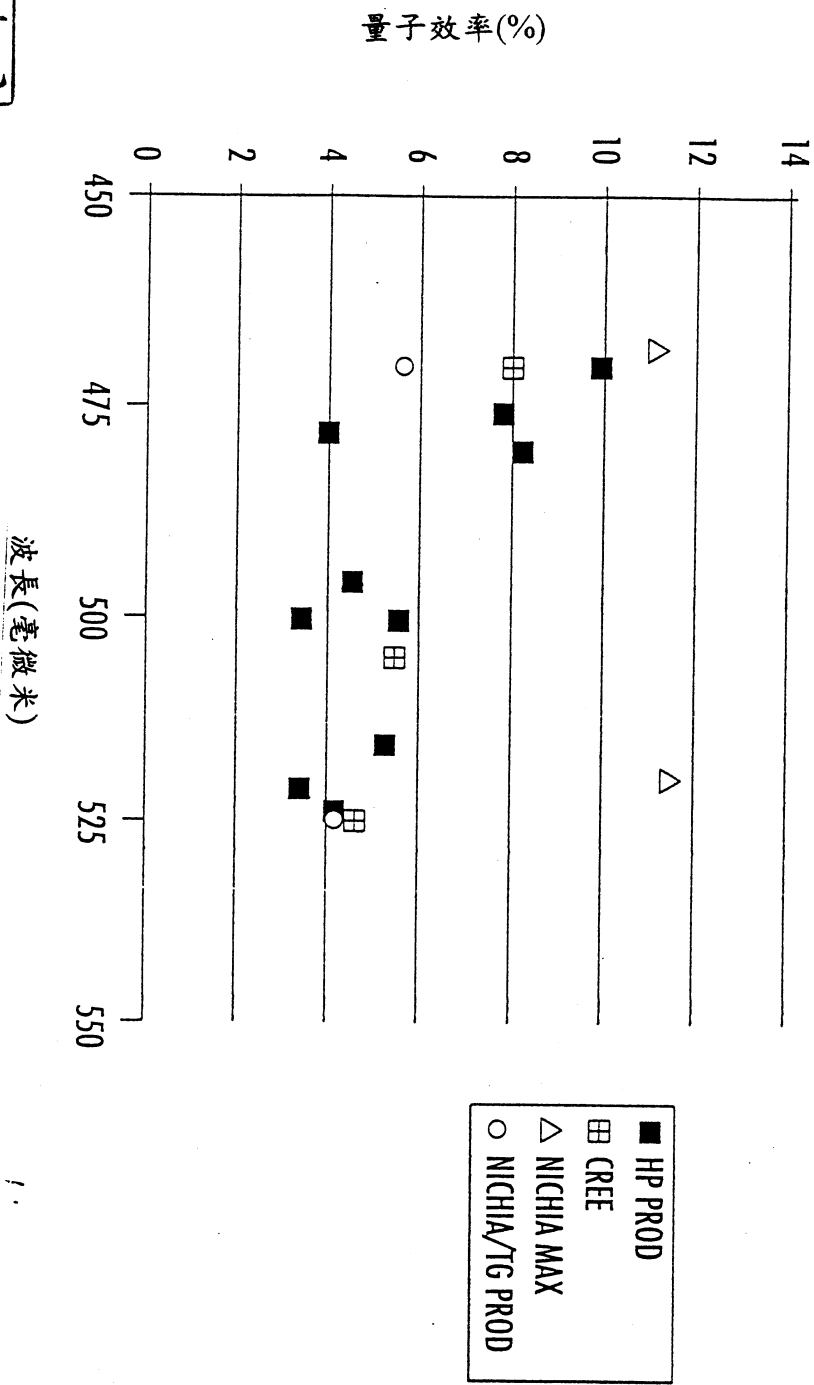


圖 2

90 > 2

90 > 2 修正補充

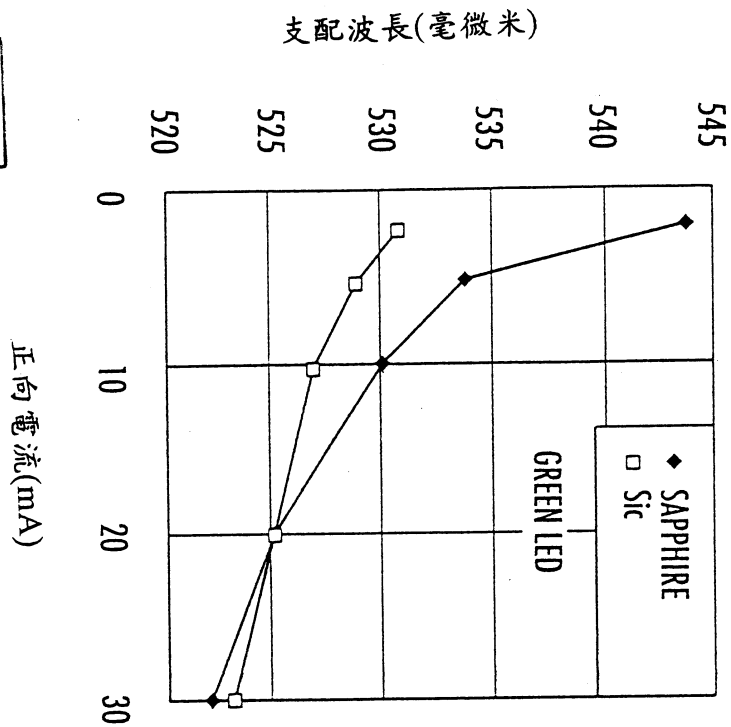


圖 3

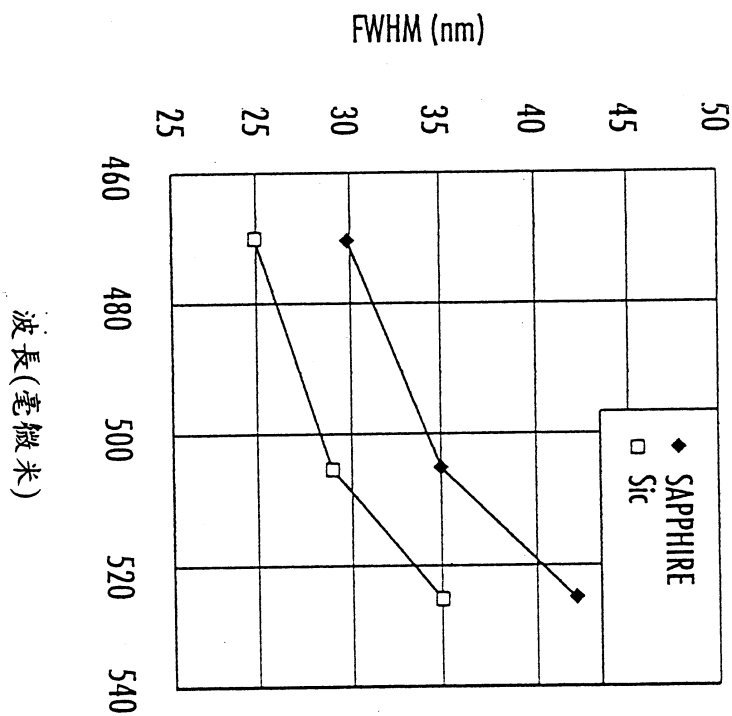


圖 4

90年2月2日修正/更正/補充

修正
補充
90-2-2

圖 5

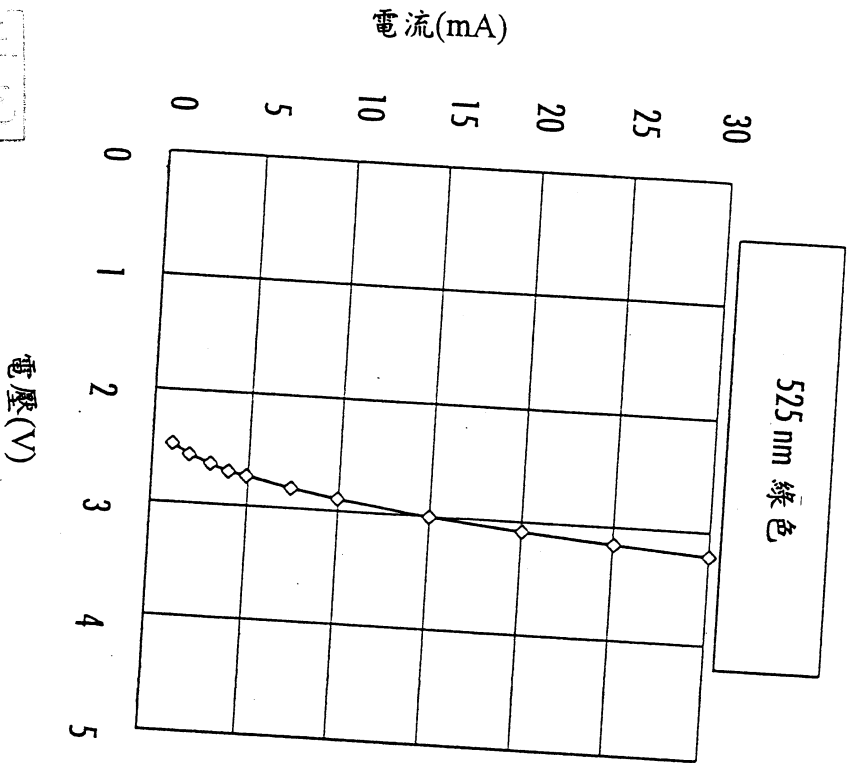


圖 6

