

發明專利說明書

(本申請書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：94113473

※申請日期：94 年 04 月 27 日

※IPC 分類：H01L 33/00

一、發明名稱：

(中) 垂直結構的半導體裝置

(英) Vertical structure semiconductor devices

二、申請人：(共 1 人)

1. 姓 名：(中) 維帝克股份有限公司

(英) VERTICLE, INC.

代表人：(中) 1. 劉明哲

(英) 1. YOO, MYUNG CHEOL

地 址：(中) 美國加州都柏林瑞奇諾街六五四三號

(英) 6543 Regional Street, Dublin, CA 94568, U.S.A.

國籍：(中英) 美國 U.S.A.

三、發明人：(共 1 人)

1. 姓 名：(中) 劉明哲

(英) YOO, MYUNG CHEOL

國 籍：(中) 韓國

(英) KOREA

四、聲明事項：

◎本案申請前已向下列國家(地區)申請專利 ☐ 主張國際優先權：

【格式請依：受理國家(地區)；申請日；申請案號數 順序註記】

1. 美國 ; 2004/04/28 ; 60/566,322 ☒ 有主張優先權

五、中文發明摘要

發明之名稱：垂直結構的半導體裝置

本發明提供一種可靠方法來製造一種具有增進的光輸出量之新的垂直結構複合半導體裝置，以及一用於大量生產氮化鎵基複合半導體裝置之雷射剝離(LLO)製程。本發明之一架構係在雷射剝離之前採用藉由一電鍍方法進行直接金屬支撐基片沉積，以形成一n側上方垂直結構。此外，採用一氧化銦錫分散式布拉格反射器(ITO DBR)層緊鄰於一p型接點層，以藉由較高的反射率來提升光輸出量。亦採用一穿孔式金屬晶圓載體來進行晶圓接合以易於處理及解除接合。相較於習知雷射剝離式垂直裝置製造，此新穎製程係更為可靠。具有n側上結構之新垂直裝置的光輸出量會比藉由相同的氮化鎵/氮化銦鎵磊晶薄膜所形成之橫側裝置高出兩或三倍。

六、英文發明摘要

發明之名稱：

VERTICAL STRUCTURE SEMICONDUCTOR DEVICES

The invention provides a reliable way to fabricate a new vertical structure compound semiconductor device with improved light output and a laser lift-off processes for mass production of GaN-based compound semiconductor devices. A theme of the invention is employing direct metal support substrate deposition prior to the LLO by an electro-plating method to form an n-side top vertical structure. In addition, an ITO DBR layer is employed right next to a p-contact layer to enhance the light output by higher reflectivity. A perforated metal wafer carrier is also used for wafer bonding for easy handling and de-bonding. A new fabrication process is more reliable compared to the conventional LLO-based vertical device fabrication. Light output of the new vertical device having n-side up structure is increased 2 or 3 times higher than that of the lateral device fabricated with same GaN/InGaN epitaxial films.

七、指定代表圖：

(一)、本案指定代表圖為：第(18)圖。

(二)、本代表圖之元件代表符號簡單說明：

500	半 導 體
515c	氮化鎵發光二極體
516	p型接點
518	氧化銦錫透明接點/分散式布拉格反射器
520	黏著層
522	金中間層
524	軟銅層
526	硬銅層
528	金保護層
534c	n型氧化銦錫
536	鈍化層
540a	n型接點
542a	金襯墊

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式： 無

(1)

九、發明說明

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於製造具有一上方及下方接點結構之氮化鎵（GaN）基垂直結構半導體裝置，以及製造該垂直結構裝置之方法。

【先前技術】

圖1描繪一被形成在一絕緣性藍寶石基片114上之傳統氮化鎵（GaN）基半導體裝置100。該裝置可應用於諸如發光二極體（LED）、雷射二極體（LD）、異質接面雙極電晶體（HBT）以及高電子移動率電晶體（HEMT）中。在這些傳統製程期間，該裝置被形成在一藍寶石基片上，且兩電接點被形成在裝置之上側。一p型接點102被形成在頂面，且採用平台蝕刻（mesa etching）來移除材料而形成一n型金屬接點116。此結構被稱為一側向結構裝置且容易產生幾個問題，包括弱靜電干擾（ESD）抗性以及散熱性。這兩個問題皆會限制裝置良率以及有效使用壽命。此外，藍寶石材料極為堅硬，這在晶圓研磨及拋光以及裝置分離時會產生困難。裝置製造良率係取決於後製程，包括精研、拋光及晶粒分離。

圖2描繪第二種習知技術，其已被用於建構垂直結構氮化鎵基化合物半導體200上。一雷射剝離（LLO）製程係用以藉由施加一具有可穿透藍寶石之波長（通常在紫外線（UV）範圍）的準分子雷射而自氮化鎵磊晶層移除該

(2)

藍寶石基片。該裝置接著藉由以一導電性或半導體性第二基片 218 來取代絕緣性藍寶石基片，以建構垂直結構裝置。這些製程通常在藉由雷射剝離而移除該藍寶石基片之後係採用晶圓黏結技術以永久性接合至該第二基片。

然而，仍然缺乏用於大量生產 VLED（垂直 LED）之大規模雷射剝離製程。其中一理由係在於，由於在該支撐晶圓 218 與該磊晶層 214 與永久性第二基片 218 之間之黏著層 216 的不均勻性所導致之大面積雷射剝離的困難，因為在雷射剝離之後，該磊晶層表面在整個晶圓表面上並非平坦。另一個與該晶圓接合技術有關的問題在於，由於在共晶金屬結合製程期間的高溫及高壓造成金屬接點的退化。再者，用作為該永久性晶圓接合之諸如矽或砷化鎵的基片以相較於銅基金屬基片之散熱效果而言並非為最佳基片。這些問題會降低最終良率，且無法提供針對大量生產商業可用裝置之令人滿意的解決方案。

圖 3 描繪一欲用以克服晶圓接合問題及製造 VLED 之結構 300。取代使用晶圓接合方法，該裝置 300 之製造係包括將一金屬支撐物 318 附著至該裝置。然而，由於在雷射剝離製程期間結合層之去層化問題已知會造成良率較低。若接合無法抵抗高能量雷射振波而牢固，則該氮化鎵磊晶層有可能在雷射剝離之後彎曲變形或破裂，然後其便難以執行後續雷射剝離製程，諸如晶圓清潔、裝置製造、去除接合以及裝置分離。因此，最終裝置製程良率會很低。

根據圖 3 之技術的垂直裝置的另一問題在於較差的裝

(3)

置性能。由於在藍寶石基片上進行一噴砂處理以增進均勻的雷射束能量分佈，因此在雷射剝離之後之氮化鎵表面通常會較為粗糙，這會造成相較於若其係一平坦光滑表面時還要少的光輸出。此外，形成在n型氮化鎵層上之金屬反射層並未如非金屬性反射材料（諸如氧化銦錫（ITO））還高。

由於習知技術之這些限制，因此有需要發展一種新技術以在大量生產氮化鎵基半導體裝置中用來增進裝置性能及製造良率。

【發明內容】

本發明提供一種可靠方法來製造一種具有大幅增進的光輸出量之新的垂直結構複合半導體裝置，以及一用於大量生產氮化鎵基複合半導體裝置之高良率雷射剝離（LLO）製程。本發明之一主要架構係在雷射剝離（LLO）之前採用藉由一電鍍方法進行直接金屬支撐基片沉積，以形成一n側上方垂直結構。此外，採用一氧化銦錫分散式布拉格反射器（ITO DBR）層緊鄰於一p型接點層，以藉由較高的反射率來提升光輸出量。亦採用一穿孔式金屬晶圓載體來進行晶圓接合以易於處理及解除接合。相較於習知雷射剝離式垂直裝置製造，此一新的製程係更為可靠。具有n側上結構之新垂直裝置的光輸出量會比藉由相同的氮化鎵/氮化銦鎵磊晶薄膜所形成之橫側裝置高出兩或三倍。

本發明之一示例性實施例係關於一種製造半導體裝置

(4)

之方法。本發明包括以下之步驟：在一基片上形成複數個半導體層；在該半導體層上形成複數個金屬層；從該半導體層上移除該基片；在該半導體層上之基片被移除處形成一或多個電接點；及將該半導體層分離成複數個各別的半導體裝置。

在一態樣中，本發明包括在該半導體層與基片之間形成一緩衝層。在一態樣中，該移除步驟包括施加一雷射束至介於該半導體層與基片之間之一界面，且在該雷射源及該基片之間插入一擴散介質以均勻化雷射束能量分佈。在一態樣中，本發明包括附著一晶圓載體至該金屬層之步驟。在一態樣中，該分離步驟包括在每一各別裝置之間形成一溝渠、鈍化該裝置之外露部分以及將個別的半導體裝置傳送至一支撐薄膜的步驟。在一態樣中，本發明包括利用一單步驟晶粒接合及接線接合技術來將個別的半導體裝置組合至一導線架的步驟。

本發明之優點包括一具有高良率及可靠度之用以製造半導體裝置之改良技術。

【實施方式】

本發明將參考特定裝置結構及實施例來予以說明。習於此技者應可瞭解，此說明係用以闡述及提供實施本發明之最佳模式。本發明包括數個成形及沉積步驟以依照本發明來製造一半導體裝置。本說明中所指沉積材料於其他材料上，其被說明及描述為代表一任意參考構思且用以說明

(5)

及涵蓋將材料沉積於其他材料之上面、之上或下面，如同習於此技者可以配合該說明來予以闡述及瞭解者。例如，本說明之部分係描述依照上述方式所建構之半導體層，而其他部分則描述依照以下說明之方式所建構之半導體層，而在此兩例中，沉積在一既有層體上之新層體係表示其被沉積在既有層體之上或之下，如所說明及闡釋者。在此亦提供數種製程參數，以提供該最佳模式，然而在製程、結構及優點中亦會產生參數的變化，如以下將說明者。本發明之變化係可預期的且由後附申請專利範圍所涵蓋。

A. 裝置結構及製造

圖4係一流程圖400，其中顯示依照本發明之實施例製造一半導體裝置之方法。在該流程圖中所示之步驟係用以闡釋該示例性實施例及結構，且本發明包括該方法之修飾部分以及所形成之結構，如將在本文中所述者。步驟402係啓始該示例性製程，其具有一如圖5所示之磊晶晶圓。元件符號500係用以標示可形成一或多個裝置之半導體。在許多裝置的情況下，該元件符號係字母附注方式予以標示，諸如500a、500b、500c等等。該等步驟係參考圖5-20所示之半導體結構製造及封裝來予以說明。

圖5-18係顯示依照本發明之實施例來製造垂直結構氮化鎵基LED之步驟，其係使用一沉積製程來形成一用於機械式支撐及電氣導通之金屬基片，以及採用一雷射剝離製程來移除原來的基片。在本發明中所述之製造方法並未侷

(6)

限於LED，而是可以延伸應用於任何裝置結構，尤其係包含成長於一絕緣基片上之氮化鎵基磊晶薄膜，諸如雷射二極體（LD）、異質接面雙極電晶體（HBT）以及高電子移動率電晶體（HEMT）。

圖5顯示形成在一基片502（諸如藍寶石基片）上之磊晶結構之垂直裝置500。一氮化鎵或氮化鋁層504被成長於該基片之頂面上。在本發明之一態樣中，一氮化鋁鎵（AlGa_N）緩衝層506係形成在緩衝層504上以作為一熱屏障。組合之緩衝層係以元件符號505予以標示，且可包括如下將說明之一或兩層體504及506。

接下來，以元件符號508-514所標示之一氮化鎵基LED結構515係藉由適當的磊晶成長裝置（諸如金屬有機化學蒸汽沉積（MOCVD）、分子束磊晶（MBE）、蒸汽相磊晶（VPE）或其他技術）而被成長在該藍寶石基片502上。一n型氮化鎵（n-GaN）層508被形成，然後在該n型氮化鎵層508上形成一多重量子井（MQW）層510。其中亦描示一可選擇的p型氮化鋁鎵層512以及一p型氮化鎵層。

不同於一單層氮化鎵或氮化鋁為一共同緩衝層之習知技術，除了氮化鎵或氮化鋁緩衝層504以外，本發明較佳地同時採用氮化鋁鎵緩衝層506。就熱屏障之觀點而言，該氮化鋁鎵層506係有用的。已有實驗證明，在該雷射剝離製程期間，在該氮化鎵LED層515與接合層之間的界面處的溫度可增加至250℃。因此，一聚合物基黏著層可能會在雷射剝離製程期間因為熱累積而退化且可能與該氮化

(7)

鎵 LED 層相互反應，這使得在解除接合製程期間難以移除熱退化的黏膠。在本發明中，採用氮化鋁鎵有助於降低接合黏膠退化，因此可增進裝置製造良率。此外，磊晶層總厚度被設定為一特定厚度，以減小在氮化鎵/黏膠界面處的溫度增加。有利地，該磊晶層厚度被選定為大於 5 微米，以保持界面溫度小於 200℃。為達成此目的，該 n 型氮化鎵層在該氮化鎵層或氮化鋁緩衝層上被磊晶成長超過 4 微米。

圖 6 顯示一 p 型接點金屬 516 及氧化銦錫透明接點/DBR 層 518 被沉積在該氮化鎵 LED 層 515 上以形成 p 型接點，其係利用薄膜沉積法所沉積，諸如電子束蒸氣或濺鍍法。示例性 p 型金屬可包括鎳/金、鈮/鎳/金、鎳/鈮/金或鈮/銦/金。該薄膜金屬層厚度可例如鎳/金為 10 奈米的鎳及 20 奈米的金；鈮/鎳/金為 10 奈米的鈮、20 奈米的鎳及 30 奈米的金；鈮/銦/金為 20 奈米的鎳、10 奈米的鈮及 20 奈米的銦、30 奈米的金；以及鎳/鈮/金為 20 奈米的鎳、20 奈米的鈮、100 奈米的金。大體而言，p 型接點金屬係在一介於 300℃ 至 500℃ 之鍋爐中回火達 2 分鐘，且針對含鎳接點係在氧氣環境中回火，而針對非含鎳金屬接點則係在氮氣環境中回火。

薄膜氧化銦錫 (ITO) 層 518 係利用電子束蒸氣或濺鍍法所沉積以形成一分散式布拉格反射器 (DBR)。獲得一良好的光學反射性對於在垂直結構裝置中增加光摘取係相當重要的。一般而言，氧化物基分散式布拉格反射器係用

(8)

於要求光子回復之裝置，諸如表面發光雷射。然而這些氧化物基分散式布拉格反射器材料係絕緣體。因此，對於具有導電性金屬基片之此一特殊的垂直裝置採用導電性分散式布拉格反射器材料係有用的。氧化銦錫被視為用於垂直裝置中作為反射性分散式布拉格反射器材料的最佳選擇，但亦可預期有其他的材料選擇。該氧化銦錫之反射率係超過90%，而金屬薄膜之最佳反射率為大約50-60%。在一態樣中，該氧化銦錫薄膜厚度被選定在75-150奈米的範圍內以獲得最佳的反射率。在介於300℃至500℃之間的回火溫度下於460奈米處之穿透率係超過85%。

圖7係顯示依照本發明之一實施例之一黏著層520沉積物，其用以加強該氧化銦錫層518與金中間層522之間的黏著性。為了製造一具有薄、硬氮化鎵磊晶層（小於5微米）以及厚且柔軟之金屬薄膜支撐層（約50微米）之垂直結構裝置，在兩層體之間形成一中間層係有用的，其可以降低壓應力累積於該氮化鎵磊晶層與金屬層之間的界面。提供該中間層之另一理由為，該金屬中間層相較於在該非金屬性氧化銦錫表面上直接沉積厚電鍍層係可獲致較佳的電鍍特性。可利用電子束蒸氣法在該氧化銦錫表面上連續地沉積大約1微米厚度之金（Au）薄膜而無需將晶圓移出於真空室。在原處連續層體沉積係可用以防止氧化物或污染物，這對於在該氧化銦錫層及金層之間形成一良好薄膜附著性係相當重要的。為了進一步增進在氧化銦錫與金之間的附著性，可在氧化銦錫層與金層之間沉積30-50奈米厚

(9)

之鉻或鈦黏著層。

在圖8及9中，厚金屬支撐層524、526係藉由電鍍或無電式鍍覆法被予沉積。採用電鍍或無電式鍍覆係因為針對形成超過30微米厚之金屬層，其通常比其他的沉積方法還要快速且便宜。以成本效益而言，這對於大量生產垂直裝置係特別有用的。該金屬支撐層之主要功能在於該支撐層不僅提供該氮化鎵LED層515一良好的堅固機械式支撐，且亦可提供良好的導電性及散熱性。為了符合這些條件，較佳在一金/鉻或金/鈦黏著層上沉積分級的銅合金層。

一第一銅底層係在銅合金層524之前被沉積，以在該薄抽真空金層522與銅合金層524之間形成一良好的附著性。在一態樣中，首先，硫酸鹽基軟銅層被鍍覆以逐漸地軟化由於厚金屬層之應力累積。初始的軟銅合金層厚度被設定達大約10微米。該鍍覆率被設定為3-5微米/小時，以形成一濃密且均勻的銅鍍覆層。選擇緩慢鍍覆率之另一理由在於防止在解除接合之後該晶圓從該支撐晶圓載體彎弧化，如以下將說明的。由於壓應力累積在該氮化鎵LED層515與該銅層524-526之間，該晶圓在解除接合之後可能會彎曲。除了緩慢鍍覆率以外，有機基添加劑亦可被添加至電鍍液中且採用一硫磺基電鍍液。再者，電鍍係在低溫（5°C）下進行以減小應力累積。

接下來，該軟銅層524、一硬銅層526係利用氰化或酸基池來予以鍍覆，以提供結構剛性。硬銅鍍覆之鍍覆率係大約為15微米/小時。針對銅合金鍍覆，含有錫（Sn）及

(10)

鐵 (Fe) 之金屬合金電鍍液係與硫酸銅溶液相混合，以增進該銅支撐層之機械強度及導電率。該銅合金支撐層 522 之總厚度係大約為 50-60 微米。在銅合金鍍覆末端係電鍍 0.3 微米厚之金層，以保護銅合金層免於氧化。該金保護層係用以在垂直裝置之封裝的晶粒接合及接線接合製程期間在個別晶粒與金屬基環氧樹脂之間保持良好附著性。

在藉由電鍍形成該厚銅金屬支撐層 526 之後，該藍寶石表面被機械式拋光以形成該藍寶石表面均均粗糙度。該藍寶石表面光滑性對於控制雷射束能量密度分佈以及雷射提升之氮化鎵表面之最終表面形態係重要的。該雷射束能量密度係大大地取決於該藍寶石表面之表面粗糙度。若粗糙的藍寶石表面被用於雷射剝離製程，則需要低雷射束能量。然而，若該表面係粗糙的，則經雷射剝離的氮化鎵表面會呈現粗糙，因為在雷射剝離之後，該藍寶石表面形態會被複製至該氮化鎵表面。在另一方面，若使用經拋光表面，則需要較高的雷射束能量。經雷射剝離之氮化鎵表面之表面形態係極類似於經拋光之藍寶石表面。然而，較高能量的雷射束通常會由於過度的雷射束能量而造成裂痕產生。為了獲得最佳的雷射剝離結果以及氮化鎵表面形態，該藍寶石表面之表面粗糙度被選定為大約 10-20 埃的均方根 (RMS) 值。

如圖 10 所示，藍寶石 / 氮化鎵 / 銅 / 金晶圓係使用熱傳導性塑膠環氧樹脂 530 而被黏著至一穿孔式晶圓載體 532 上。該穿孔式晶圓載體係由具有穿孔之不銹鋼所製成。使用金

(11)

屬晶圓載體的理 由 爲，在感應耦合式電漿（ICP）蝕刻、晶圓探測及隔離期間提供電氣及熱傳導。藉由使用一金屬晶圓載體，便較不需要將晶圓從載體上移開來進行後續處理。此外，穿孔式晶圓載體提供無氣泡晶圓接合，因爲在接合製程期間氣泡可以容易地經由該等穿孔而散逸。其亦可提供在藍寶石/氮化鎵/銅/金晶圓與該晶圓載體之間的容易解除接合性，因爲在解除接合製程期間，一溶劑可以穿透該等穿孔。藉由使用穿孔式晶圓載體，整個製程變得容易、可靠且簡單，而這可以造成該垂直裝置之製造具有高製造良率。晶圓載體的示例性厚度爲1/16吋且直徑爲2.5吋。穿孔之示例性數量爲21個，且該穿孔直徑爲20/1000吋。示例性晶圓載體表面被電拋光以針對藉由黏膠之均勻接合來產生鏡面狀平坦表面。

銀基導電性黏膠係用以接合該藍寶石/半導體/銅/金及該穿孔式晶圓載體。該導電性黏膠係用以在晶圓探測及晶粒隔離蝕劑製程中提供良好的電氣及熱導通。該熱塑性環氧樹脂具有良好的黏性強度及良好的熱抵抗性。熱塑性環氧樹脂之另一優點爲其極易於在溶劑（諸如丙酮）中被溶解，這對於熱接合製程係有用的。

在本發明中，其採用一片狀熱塑性環氧樹脂，因爲該片將環氧樹脂之薄膜厚度係比液態黏膠還更爲均勻。該液態黏膠通常會在先前的接合製程中造成不均勻的厚度一致性及氣泡形成，因爲液態黏膠之旋塗通常會導致在晶圓邊緣側比在晶圓之中央區域形成較厚薄膜。這對於藉由多重

(12)

旋轉來獲得厚黏膠層之液態黏膠係一通常現象。爲了接合熱塑性環氧樹脂，127微米厚之片狀熱塑性環氧樹脂被夾置在厚金屬支撐件與穿孔式晶圓載體之間。熱等靜力壓模中，壓力被設定爲大約10-15psi且溫度保持在低於200℃。在這些條件下，接合時間係少於1分鐘。此較短接合時間具有超越液態黏膠之絕對優勢，該液態黏膠可能需要6個小時以上的熟成時間來完成黏膠之熟成。短接合製程時間亦大大地提升垂直裝置製造的產量。

請參考圖11，一248奈米之KrF超紫外線（UV）準分子雷射（脈波週期爲38奈秒）係被用於雷射剝離。選擇此波長之理由在於，該雷射可有利地穿透該藍寶石但在氮化鎵磊晶層中被吸收，以在氮化鎵/藍寶石界面處將該氮化鎵分解成金屬鎵及氣態的氮氣（N₂）。該雷射束尺寸被選定爲7毫米×7毫米平方束，且具有介於600至1200毫焦耳/平方公分之光束功率密度。亦建議該雷射束能量密度係取決於該藍寶石基片表面之表面粗糙度。爲了在雷射剝離之後可獲得光滑的氮化鎵表面，採用高於800毫焦耳/平方公分之光束能量來將藍寶石基片機械式拋光至均方根值爲10-20埃。

藍寶石氮化鎵之表面粗糙度對於在雷射剝離之後獲得一光滑氮化鎵表面而言係一重要的製程參數。若在雷射剝離期間採用未拋光之藍寶石基片，則該氮化鎵會較粗糙，這將導致LED裝置由於在形成一最終裝置之後之粗糙表面的較差反射率而有較差的光輸出。然而，若採用一經拋光

(13)

表面，則可以獲得一光滑氮化鎵表面，因為可以得到較高的光輸出。然而，由於雷射光束係局部性射在經拋光之藍寶石表面，因此由較高雷射束功率所照射之區域相較於較少雷射束能量之區域會在氮化鎵表面上發生裂痕。因此，為了獲得高良率雷射剝離製程且同時獲得高裝置性能，選擇藍寶石晶圓之一最佳化表面粗糙度係相當重要。依照習知技術，一般會採用噴砂來獲得在經拋光藍寶石表面上之均勻雷射束分佈，然而，噴砂係不可靠的且無法重複性地獲得相同表面粗糙度的一致性。在本發明中，由可穿透至248奈米紫外線之一擴散介質552被置於雷射束及藍寶石基片之間，以獲得在藍寶石基片上之一致性雷射束能量分佈，因此可增進雷射剝離製程良率。該擴散介質之均方根（rms）表面粗糙度係被設定為小於30微米且該藍寶石被用作為擴散器。

現請參考圖12，在雷射剝離之後，在雷射剝離期間由於氮化鎵分解而產生過多的鎵滴503，且可藉由一HCl溶液（HCl：H₂O=1：1，在室溫下）來予以清除，或者使用HCl蒸汽沸除達30秒。由於鎵在室溫下會溶化，因此在雷射剝離期間，鎵係形成液態；因此便可以容易地由鹼基酸性溶液來予以清除。

現請參考圖13，為了外露出n型氮化鎵磊晶層，該緩衝層505（例如，氮化鎵或氮化鋁及氮化鋁鎵緩衝層）係藉由乾蝕刻予以移除；較佳地利用感應耦合式反應離子蝕刻（ICP RIE）。為了產生原子級平坦表面，亦會在n型氮

(14)

化鎵表面上執行 ICP 拋光。該平坦表面對於從一反射性結構來產生高反射率係相當重要的，該反射性結構係被接續地鍍覆，因為光輸出量會隨著較高的反射性表面而增加。

現請參考圖 14，為了增進垂直裝置之電流散佈，一 n 型氧化銦錫透明接點 534 被形成在氮化鎵 LED 層 515 上。氧化銦錫之成份係 10 wt% 之二氧化錫 / 90 wt% 之三氧化二銦，且大約 75 至 200 奈米厚之氧化銦錫薄膜層利用電子束蒸氣或濺鍍系統於室溫下被沉積。在氧化銦錫薄膜沉積之後於一管爐中以氮氣為環境氣體進行回火五分鐘。該回火溫度係在 300℃ 至 500℃ 之間變化。該氧化銦錫之最小電阻率在 350℃ 之回火溫度及在氮氣環境下係大約為 $10^{-4} \Omega \text{ cm}$ 。在高於 350 度之回火溫度下於 460 奈米之透射率係高於 85%，

請參考圖 15，在氧化銦錫透明接點形成之後，一 n 型接點 540 係形成在 n 型氧化銦錫表面上，包含鈦及鋁。由於多個接點被形成，其被標示為 540a、540b、540c 等等。該 n 型接點金屬之厚度針對鈦係 5 奈米，且針對鋁係 200 奈米。為了在 n 型接點金屬層及一襯墊金屬 542 之間形成一良好的附著性，20 奈米的鉻被沉積在鋁的頂面作為一黏著層。為了襯墊金屬沉積，500 奈米金接著在一電子束蒸氣腔室中被沉積在鉻的頂面而無需打破真空。為了形成一歐姆式接點，該 n 型接點金屬在一氮氣環境氣體中於一鍋爐中以 250℃ 回火達 10 分鐘。

現請參考圖 16，在清潔該氮化鎵表面之後，各別裝置

(15)

藉由一 MICP (磁性感應式耦合電漿) 乾蝕刻技術來予以隔離。相較於其他乾蝕刻方法，該 MICP 可加速蝕除率。這對於防止在蝕刻製程期間光阻劑燃燒係有用的。該 MICP 通常提供相較於習知 ICP 兩倍的蝕除率。快速蝕除率對於具有金屬支撐件之垂直裝置的處理係被認可的，因為金屬基片可能受到用於移除金屬或氧化物光罩之化學物質所侵蝕。因此，為了針對晶粒隔離蝕刻而使用光阻罩，建議採用快速蝕除率技術。該隔離溝渠尺寸係 30 微米寬及 3.5 微米深，該蝕刻深度係取決於磊晶晶圓厚度。針對裝置隔離所建議之 MICP 乾蝕刻條件如下：

1. 總流量：100 sccm
2. 磁場強度：15 高斯
3. 基片溫度：70°C
4. 氣體混合物：40% BCl₃/40% Cl₂/20% Ar
5. 功率/偏向電壓：600 瓦 / -300 V
6. 操作壓力：30 毫托
7. 蝕刻深度率：0.4 微米 / 分鐘
8. 蝕刻光罩：光阻劑 (AZ 9262) (厚度：24 微米)

該晶粒隔離亦可以藉由機械式切割或雷射割劃來執行。在雷射割劃之例子中，用於裝置隔離之該切割溝渠係 50 微米寬，在機械式切割之例子中係 40 微米寬。在兩例子該溝渠深度係大約 10 微米深。

請參考圖 17，一鈍化層 536 係被沉積在該裝置之外露部分上。為了保護裝置免於受到外部有害環境以及用以藉

(16)

由調變在鈍化層與氮化鎵之間之反射率來增加光輸出量，該垂直結構係藉由一二氧化矽薄膜536來予以鈍化。該薄膜藉由PECVD（電漿輔助式化學蒸汽沉積）在小於250℃的情況下予以沉積。爲了最佳化反射率，該薄膜厚度係保持80奈米。

請參考圖18，在鈍化沉積之後，穿孔式晶圓載體便可利用溶劑而自該氮化鎵/金屬支撐晶圓來予以移除。該解除接合製程包括將該氮化鎵/金屬晶圓浸漬在丙酮中達0.5至1小時，以自該穿孔式支撐晶圓載體來溶解導電性黏膠層。經分離的氮化鎵/金屬晶圓被進一步在一超音波清潔器中以異丙醇來予以浸漬及清潔。該氮化鎵裝置表面係藉由使用清洗及乾燥機而以DI水來予以進一步清潔。

現請參考圖19，爲了將各別裝置與晶圓分離，該裝置係藉由利用Nd：YAG雷射來進行雷射劃割。該具有垂直裝置及一金屬基片之晶圓係被放置在滲透性真空夾具上。該Nd：YAG雷射被聚焦在藉由MICP所形成之30微米寬之溝渠。在雷射劃割完成之後，分離的晶片係被傳送至黏性晶圓固持帶。在進行拾取及放置程序之前，經分離之晶片係從第一晶圓固持件至另一晶圓固持件560來予以翻面，使得該氮化鎵表面被定位在該裝置之頂面。

圖20顯示一具有一最終裝置500之接線接合製程，其中元件符號570係一導線架，572係一金凸塊，574係一金球，576係金接線且578係一接線接合裝置。不同於傳統的橫側裝置，該金屬支撐之垂直裝置500係使用一特殊的晶

(17)

粒接合技術予以處理。在本發明中，採用單步驟晶粒接合及接線接合技術，如圖20所示。取代分離的晶粒接合及接線接合製程，獨立的單晶片被放置在導線架上，該導線架在表面上具有金凸塊。藉由加熱及加壓作用，該金凸塊可以與垂直裝置之金表面以及覆銀之導線架一次地連接在一起。因此，不需要執行分開的晶粒接合及接線接合製程。此單步驟製程有助於降低製程時間且提供容易且簡單的封裝製程，進而降低製造成本及時間。雖然在此描述示例性封裝技術，然而在本發明中亦可使用其他的封裝技術。

B. 示例性要點及優點

在此所述之要點及優點係用以作為例示性質而非限制本發明之要點或優點。

1. 示例性裝置要點

a. 由於較佳的電流散佈通過該n型氮化鎵層而有較高的光輸出量，其具有比p型氮化鎵還高的載子濃度。n型氮化鎵之電子濃度（載子濃度）已知係在 $10^{19}/\text{cm}^3$ 的範圍，此量值係比在p型氮化鎵中之電洞濃度（約 $10^{17}/\text{cm}^3$ ）高出兩階。因此，在電流注入至該p-n接面後，較多的光子會經由該n型氮化鎵所產生。以相同的氮化鎵/氮化銦鎵磊晶層而言，具有n側上結構之新垂直裝置的光輸出量會比具有p側上結構之橫側裝置高出兩或三倍。

b. 由於金屬基片而具有較高的散熱性。垂直結構裝置

(18)

之金屬基片具有優越的電氣及熱導通性，就裝置效率及可靠度而言（亦即，裝置之使用壽命）係有用的。

c.由於裝置尺寸被縮減而可以得到較多數量之裝置，這是因為垂直裝置相較於橫側裝置而言僅需要一個金屬接點墊。垂直結構在頂面上僅需要一個接點，而具有絕緣基片之橫側裝置則需要兩個接點。因此，從該垂直裝置可獲得之裝置數量係1.5至2倍於從橫側裝置所能獲得之裝置數量。

d.可從垂直裝置獲得較高的功率效益。在垂直裝置中並未有電流排擠效應；因此光輸出量係與電流注入成線性比例。另一方面，橫側裝置之最大光輸出量會由於電流排擠效應而過早滿足。該對於高功率裝置而言係重要的，諸如用於連續態發光之白光LED。

e.垂直裝置相較於橫側裝置可承受較高的靜電放電（ESD）環境；一般而言，一具有金屬基片之垂直裝置之ESD抗性係高於10000伏特，而橫側裝置則大約為100伏特。這對應使用在汽車應用中之裝置而言係重要的，因為該等裝置通常曝露在高電壓環境中。

2. 示例性的製程要點

a.由於藉由金屬沉積（諸如電鍍）而直接附著至氮化鎵磊晶層之金屬基片的較高黏著強度，因此在支撐基片與該氮化鎵磊晶層之間的解除接合在由雷射束照射之高能量震波期間會被大大地抑制。因此，在雷射剝離製程期間可

(19)

將裂痕發生保持在一最小程度。此結果為相較於先前聚合物基接合製程（諸如環氧樹脂或黏膠接合）可以得到較高的雷射剝離（LLO）良率，其中該聚合物基接合製程會由於在支撐層與氮化鎵磊晶層之間的較差黏著強度而在雷射剝離期間提高裂痕發生及產生的機會。

b. 因此，相較於先前晶圓接合或膠黏式雷射剝離製程，本發明可確保更為確實及可靠的雷射剝離製程。藉由達成全晶圓規模之雷射剝離製程，本發明提供實用的生產準備技術以供垂直結構裝置的大量生產所用。

c. 簡單及容易的裝置製造及雷射剝離製程；減少用於前製程所需要的光罩數量。

3. 示例性優點

a. 取代金屬接合，一金屬支撐基片係藉由電鍍或無電式鍍覆所沉積。

b. 取代後雷射剝離金屬支撐層沉積，一金屬支撐層係在雷射剝離製程之前先預先形成。

c. 在氮化鎵磊晶上未形成有溝渠，這造成在雷射剝離製程期間不會發生裂痕且可減少製造步驟的數量。

d. n型接點位在裝置之頂面而可產生較高的光輸出量。

e. 未採用任何透明p型接點層；取而代之的是氧化銦錫透明n型接點被形成在n型氮化鎵上以達較佳的電流分佈性。

(20)

f.採用一鄰近一p型接點層之氧化銦錫分散式布拉格反射器（ITO DBR），以藉由較高反射性之氧化銦錫層來提升光輸出量。

g.採用穿孔式金屬晶圓載體用於晶圓接合以達易於處理及解除接合的目的。

h.相較於習知雷射剝離式垂直裝置製造，此一新的製程係簡單且較為可靠。

C. 結論

本發明之優點及示例性實施例已揭示及說明如上。因此，除了所揭示之示例性實施例及最佳模式以外，仍可對所揭示之實施例進行變更及改變，且該等變更及改變仍維持在後附申請專利範圍所界定之本發明的主體與精神內。

【圖式簡單說明】

圖1係顯示依照習知技術之橫側結構氮化鎵基LED，其具有兩金屬接點形成在該裝置之頂面。

圖2係顯示依照習知技術之垂直結構氮化鎵基LED，其中一氮化鎵薄膜被接合至一導電或半導體性第二基片上。

圖3依照顯示依照習知技術之垂直結構氮化鎵基LED，在移除原來藍寶石基片之後，一厚金屬層被附著至一氮化鎵薄膜。

圖4係一流程圖，其中顯示依照本發明之一實施例之

(21)

製造一半導體裝置之方法。

圖 5 係顯示依照本發明之一實施例之垂直裝置的磊晶結構，其中一氮化鎵或氮化鋁緩衝層被成長在藍寶石基片之頂部。圖 5 亦顯示依照本發明之一實施例之一被增加作為熱屏障之氮化鋁鎵緩衝層。

圖 6 係顯示依照本發明之一實施例之一 p 型接點金屬及氧化銦錫透明接點 / 分散式布拉格反射器層沉積在 p 型氮化鎵層之頂面上以形成 p 型接點及反射層。

圖 7 係顯示依照本發明之一實施例之一黏著層沉積以增進在氧化銦錫與金中間層之間之黏著性。

圖 8 係顯示依照本發明之一實施例之一利用電鍍法或無電式鍍覆方法之軟銅層沉積，以解除在該氮化鎵 LED 層與一後續沉積之硬銅層之間的應力。

圖 9 顯示依照本發明之一實施例之一利用電鍍法或無電式鍍覆法之硬銅層沉積以提供機械剛性及較高的電氣及熱傳導率。

圖 10 顯示依照本發明之一實施例之銅電鍍或無電式鍍覆之氮化鎵 LED 晶圓在雷射剝離之前利用導電性黏膠附著至一穿孔式支撐晶圓載體。

圖 11 顯示依照本發明之一實施例利用一擴散介質施加一準分子雷射束通過該藍寶石基片以在雷射剝離製程期間獲得均勻的雷射束能量分佈。

圖 12 係顯示依照本發明之一實施例在雷射剝離之後的藍寶石基片移除及鎵滴清潔。

(22)

圖 13 係顯示依照本發明之一實施例在 n 型接點形成之前藉由乾蝕刻來移除氮化鎵 / 氮化鋁鎵緩衝層以及氮化鎵表面光滑蝕刻。

圖 14 係顯示依照本發明之一實施例在該氮化鎵 LED 層之頂面上的 n 型氧化銦錫透明接點形成。

圖 15 係顯示依照本發明之一實施例在該 n 型氧化銦錫層上之 n 型接點形成及金襯墊金屬化。

圖 16 係顯示依照本發明之一實施例利用乾蝕刻或諸如機械劃割或雷射劃割之機械方法的裝置隔離。

圖 17 係顯示依照本發明之一實施例之保護性二氧化矽 (SiO_2) 鈍化層沉積。

圖 18 係顯示依照本發明之一實施例之支撐晶圓載體移除及最終裝置結構。

圖 19 係顯示依照本發明之一實施例藉由切割或雷射劃割之裝置分離。

圖 20 係顯示依照本發明之一實施例在導線架上之垂直裝置的晶粒接合及接線接合。

【主要元件符號說明】

100	氮化鎵基半導體裝置
102	p 型接點
104	透明接點
106	p 型氮化鎵
108	p 型氮化鋁鎵

(23)

- 110 多重量子井
- 112 n型氮化鎵
- 114 氮化鎵或鋁緩衝層
- 116 藍寶石基片
- 118 n型接點
- 200 氮化鎵基半導體裝置
- 202 p型接點
- 204 透明接點
- 206 p型氮化鎵
- 208 p型氮化鋁鎵
- 210 多重量子井
- 212 n型氮化鎵
- 214 n型接點
- 216 接合金屬
- 218 導電性或半導體性支撐晶圓（砷、砷化鎵）
- 300 結構
- 302 p型接點
- 304 透明接點
- 306 p型氮化鎵
- 308 p型氮化鋁鎵
- 310 多重量子井
- 312 n型氮化鎵
- 314 氮化鎵緩衝層
- 316 金屬 n型接點 / 反射器

(24)

- 318 金屬支撐件
- 400 流程圖
- 402 以磊晶晶圓開始製程
- 404 形成p型接點
- 406 冶合
- 408 氧化銦錫分散式布拉格反射器沉積
- 410 冶合
- 412 黏著層沉積
- 414 厚金屬支撐件鍍覆
- 416 藍寶石拋光
- 418 支撐晶圓接合
- 420 雷射剝離
- 422 氮化鎵表面清潔
- 424 緩衝氮化鎵蝕刻
- 426 n型氧化銦錫接點及n型接點形成
- 428 晶粒隔離
- 430 鈍化層沉積
- 432 解除接合
- 434 探測
- 436 晶粒分離
- 438 晶粒接合及接線接合
- 500 半導體
- 500a 裝置
- 500b 裝置

(25)

- 5 0 0 c 裝 置
- 5 0 2 藍 寶 石 基 片
- 5 0 4 氮 化 鎵 或 氮 化 鋁 緩 衝 層
- 5 0 5 組 合 的 緩 衝 層
- 5 0 6 氮 化 鋁 鎵 緩 衝 層
- 5 0 8 n型 氮 化 鎵
- 5 1 0 多 重 量 子 井 (氮 化 鋁 銦 鎵)
- 5 1 2 p型 氮 化 鋁 鎵 (可 選 擇)
- 5 1 4 p型 氮 化 鎵
- 5 1 5 氮 化 鎵 基 發 光 二 極 體 結 構
- 5 1 5 a 氮 化 鎵 發 光 二 極 體
- 5 1 5 c 氮 化 鎵 發 光 二 極 體
- 5 1 6 p型 接 點
- 5 1 8 氧 化 銦 錫 透 明 接 點 / 分 散 式 布 拉 格 反 射 器
- 5 2 0 黏 著 層
- 5 2 2 金 中 間 層
- 5 2 4 軟 銅 層
- 5 2 6 硬 銅 層
- 5 2 8 金 保 護 層
- 5 3 0 導 電 性 熱 塑 性 環 氧 樹 脂
- 5 3 2 穿 孔 式 晶 圓 載 體
- 5 3 4 n型 氧 化 銦 錫 透 明 接 點
- 5 3 4 a n型 氧 化 銦 錫
- 5 3 4 c n型 氧 化 銦 錫

(26)

- 536 鈍化層
- 540a n型接點
- 540c n型接點
- 542a 金襯墊
- 542c 金襯墊
- 552 擴散介質
- 560 用以固持已分離裝置之支撐薄膜
- 570 導線架
- 572 金凸塊
- 574 金球
- 576 金接線
- 578 接線接合裝置

101年7月19日修正本

附件 3A：第 094113473 號專利申請案中文申請專利範圍修正本

民國 101 年 7 月 19 日修正

十、申請專利範圍

1.一種製造半導體裝置之方法，包含以下步驟：

在一絕緣基片上形成複數個半導體層，該複數個半導體層其中至少一個包含氮化鎵(GaN)；

在該複數個半導體層的第一側上形成複數個金屬支撐層，是使用包含銅層之電鍍來沉積該複數個金屬支撐層，是使用氰化物或酸基池及硫酸鹽基銅合金層來鍍覆該銅層；

從該複數個半導體層移除該絕緣基片；

在移除該絕緣基片之後，在該複數個半導體層的第二側上形成一或多個電接點，其中該第二側在該第一側的對面；及

將該複數個半導體層分離成複數個各別的半導體裝置。

2.如申請專利範圍第 1 項之方法，進一步包含以下步驟：

在該複數個半導體層與該絕緣基片之間形成一緩衝層。

3.如申請專利範圍第 1 項之方法，其中：

該移除包括施加一雷射束至介於該複數個半導體層與該絕緣基片之間之一界面，且在產生該雷射束之一雷射源及該絕緣基片之間插入一擴散介質以均勻化雷射束能量分

佈。

4.如申請專利範圍第 1 項之方法，進一步包含以下步驟：

將一穿孔式晶圓載體附著至該複數個金屬支撐層。

5.如申請專利範圍第 2 項之方法，進一步包含以下步驟：

將一穿孔式晶圓載體附著至該支撐金屬層。

6.如申請專利範圍第 3 項之方法，進一步包含以下步驟：

將一穿孔式晶圓載體附著至該支撐金屬層。

7.如申請專利範圍第 2 項之方法，其中：

該分離包括在複數個各別的半導體裝置中的兩個裝置之間形成一溝渠、鈍化該複數個各別的半導體裝置之外露部分以及將該複數個各別的半導體裝置傳送至一支撐薄膜。

8.如申請專利範圍第 2 項之方法，進一步包含以下步驟：

利用單步驟晶粒接合及接線接合技術來將該複數個各別的半導體裝置其中至少一個組合至一導線架。

9.如申請專利範圍第 7 項之方法，進一步包含以下步驟：

利用單步驟晶粒接合及接線接合技術來將該複數個各別的半導體裝置其中至少一個組合至一導線架。

10.一種製造發光半導體裝置之方法，包含以下步驟

:

在一基片上形成一二極體結構；

在該二極體結構的第一側上形成複數個金屬層；

在該二極體結構形成氧化銦錫(ITO)層，該氧化銦錫(ITO)層包含一銅層，是使用氰化物或酸基池及硫酸鹽基銅合金層來鍍覆該銅層；

從該二極體結構移除該基片；

在該二極體結構的第二側上之基片被移除處形成一或多個接點，該第二側在該第一側的對面；及

將該二極體結構分離成複數個各別的二極體，其中該移除包括施加一雷射束至介於該二極體結構與該基片之間之一界面、在產生該雷射束之一雷射源及該基片之間插入一擴散介質、以及液化形成於該基片上之第一緩衝層之至少一部分。

11.如申請專利範圍第 10 項之方法，其中形成該二極體結構係包含以下之步驟：

將一包括氮化鎵及氮化鋁之其中一者之該第一緩衝層沉積在該基片上；及

將一 n 型氮化鎵層沉積在該第一緩衝層上。

12.如申請專利範圍第 10 項之方法，其中形成該二極體結構係包含以下步驟：

將包括氮化鎵及氮化鋁之其中一者之該第一緩衝層沉積在該基片上；

將包括氮化鋁鎵之第二緩衝層沉積在該基片上；及

將 n 型氮化鎵層沉積在該第二緩衝層上。

13.如申請專利範圍第 10 項之方法，其中：

該分離包括在該複數個各別的二極體中的兩個二極體之間形成一溝渠、鈍化該複數個各別的二極體之外露部分以及將該複數個各別的二極體傳送至一支撐薄膜。

14.如申請專利範圍第 10 項之方法，其進一步包含以下步驟：

將一晶圓載體附著至該複數個金屬層。

15.一種製造半導體裝置之方法，包含：

在一基片上形成一含 GaN 層；

形成 p 型 ITO 層，該 p 型 ITO 層係朝向該含 GaN 層的第一側而設置；

形成一金屬支撐層，該金屬支撐層係朝向該含 GaN 層的該第一側而設置，是使用包含銅層之電鍍來沉積該金屬支撐層，是使用氰化物或酸基池及硫酸鹽基銅合金層來鍍覆該銅層，其中該 p 型 ITO 層係設置於該含 GaN 層與該金屬支撐層之間；

從該含 GaN 層移除該基片；

在移除該基片之後，朝向該含 GaN 層的第二側形成一或多個電接點，其中該第二側在該第一側的對面。

16.如申請專利範圍第 15 項之方法，進一步包含在該含 GaN 層與該基片之間形成一緩衝層。

17.如申請專利範圍第 15 項之方法，其中該移除包括施加一雷射束至介於該含 GaN 層與該基片之間之一界面，

且在產生該雷射束之一雷射源及該基片之間插入一擴散介質以均勻化雷射束能量分佈。

18.如申請專利範圍第 15 項之方法，進一步包含藉由在該電接點其中至少兩個電接點之間產生溝渠而形成複數個各別的裝置以及在該產生溝渠之後鈍化該複數個各別的裝置之外露部分。

19.如申請專利範圍第 18 項之方法，進一步包含利用單步驟晶粒接合及接線接合技術來將該複數個各別的裝置其中至少一個組合至一導線架。

20.如申請專利範圍第 15 項之方法，其中該一或多個電接點包含 n 型接點。

21.如申請專利範圍第 15 項之方法，其中該一或多個電接點包含 n 型 ITO 接點。

圖1
(先前技術)

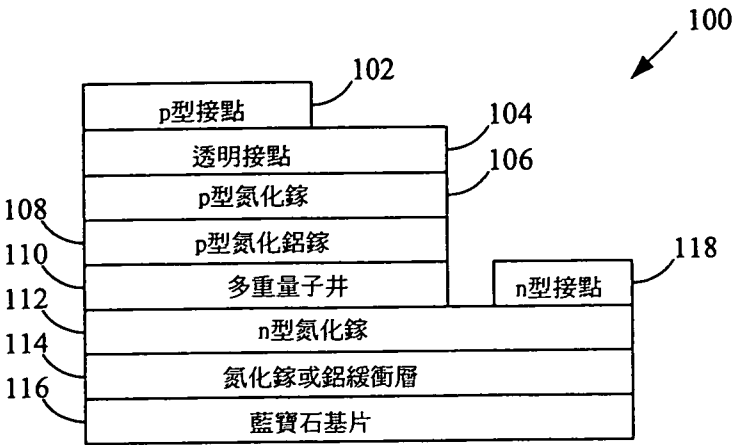


圖2
(先前技術)

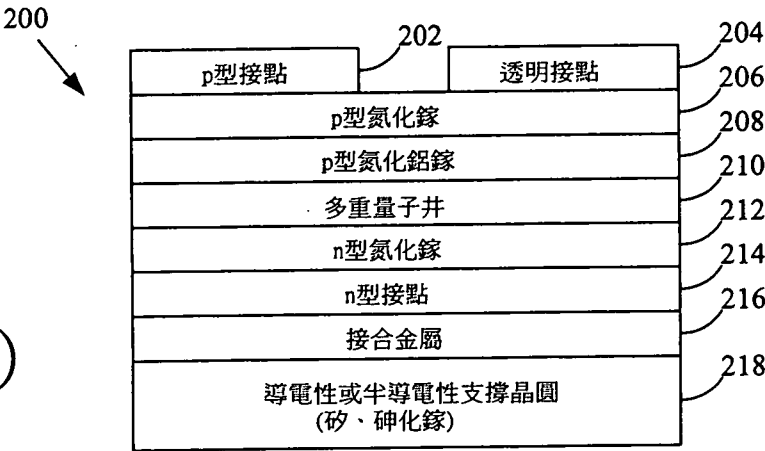
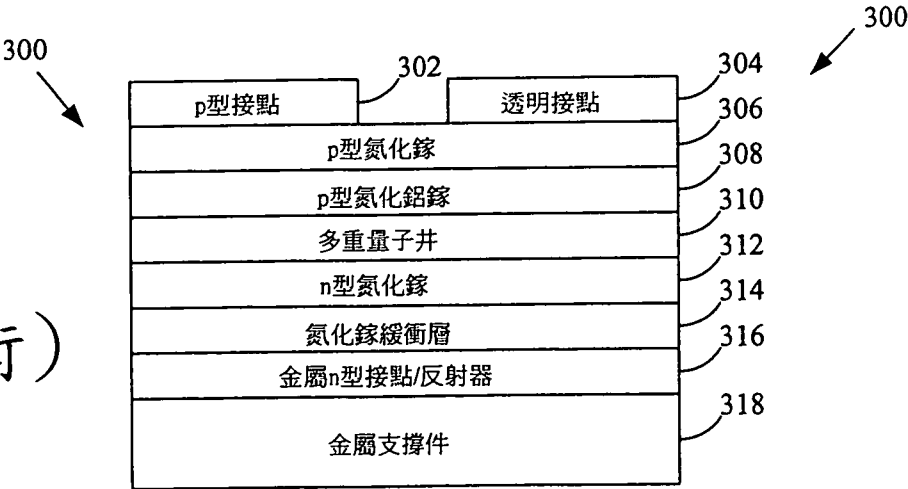


圖3
(先前技術)



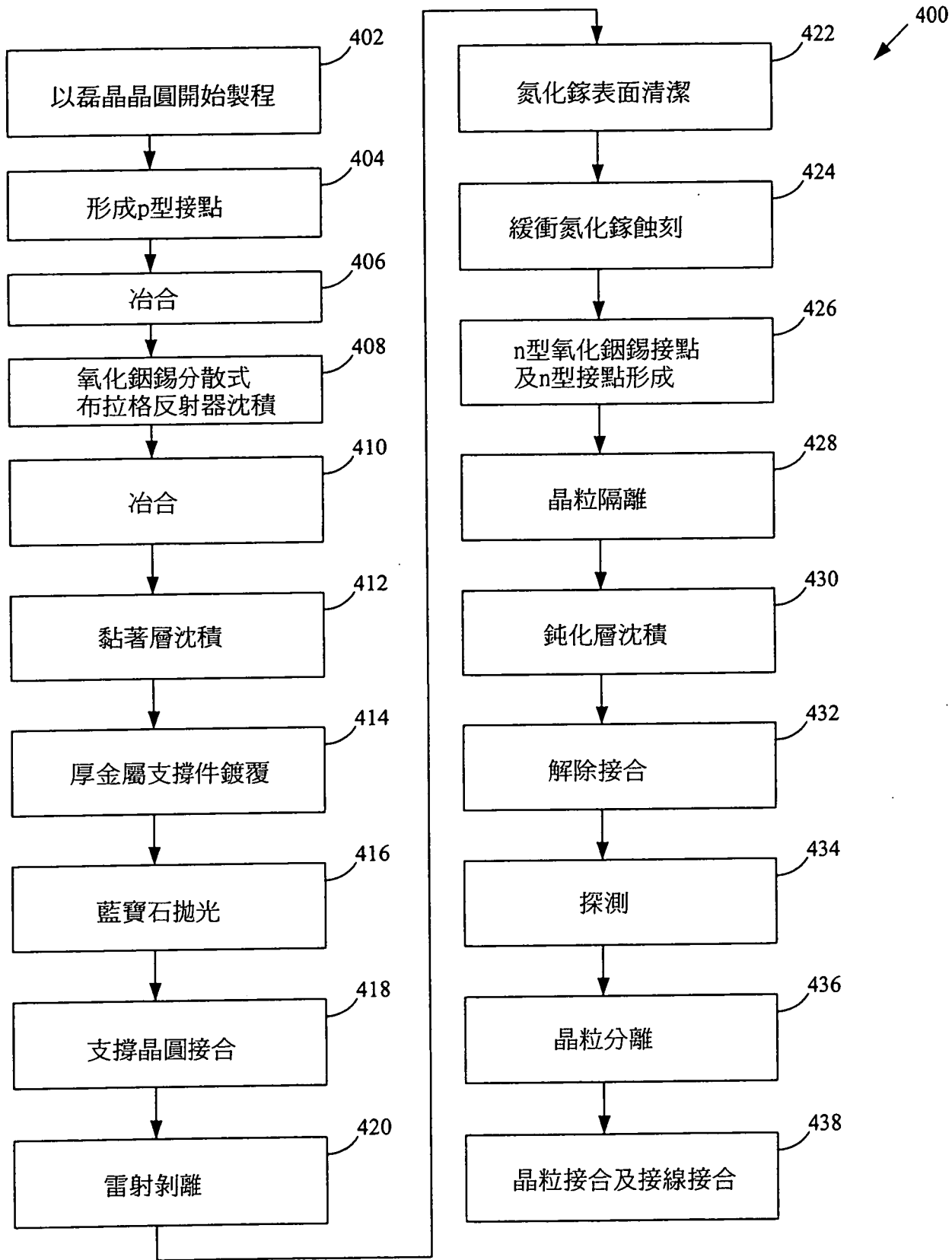


圖 4

圖 5

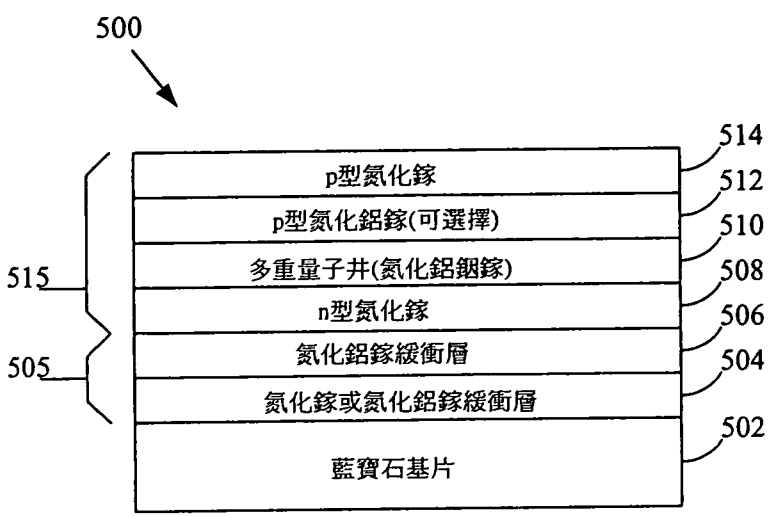


圖 6

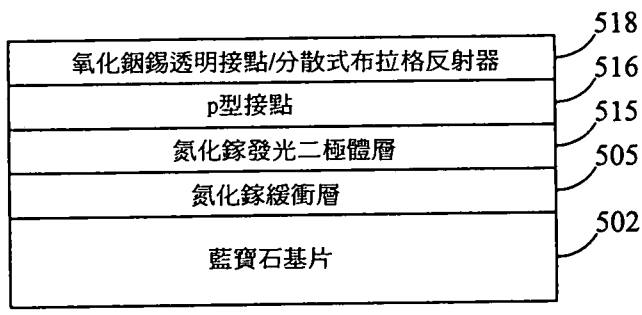


圖 7

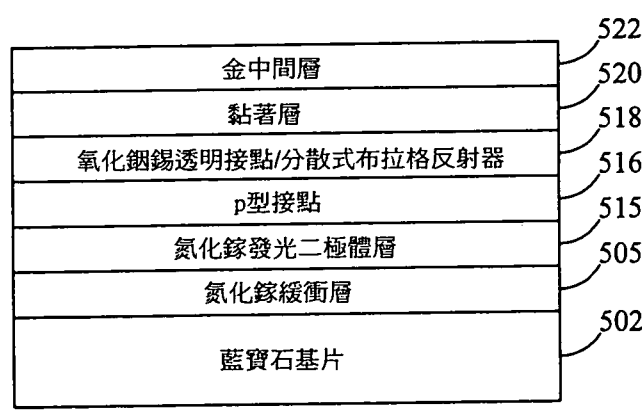


圖 8

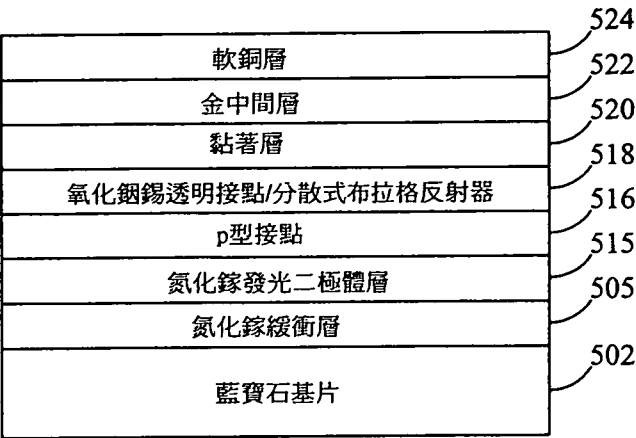


圖 9

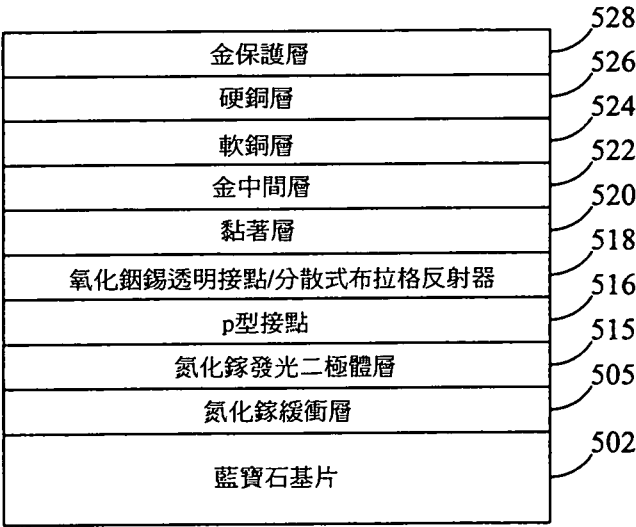


圖 10

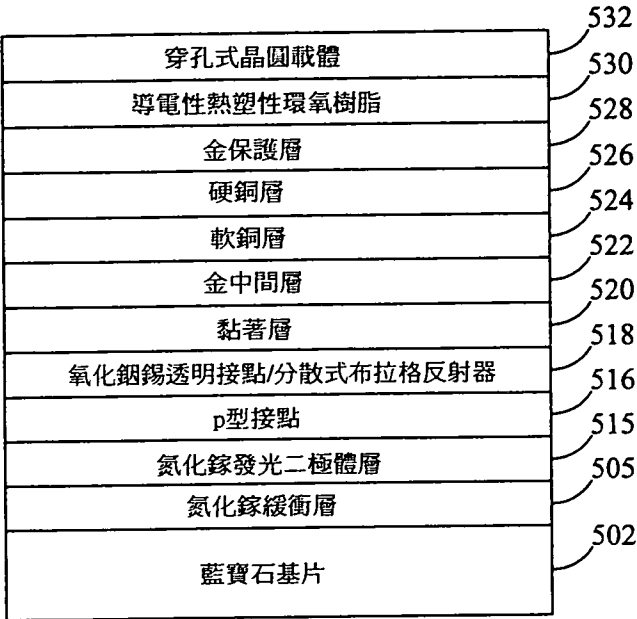


圖 11

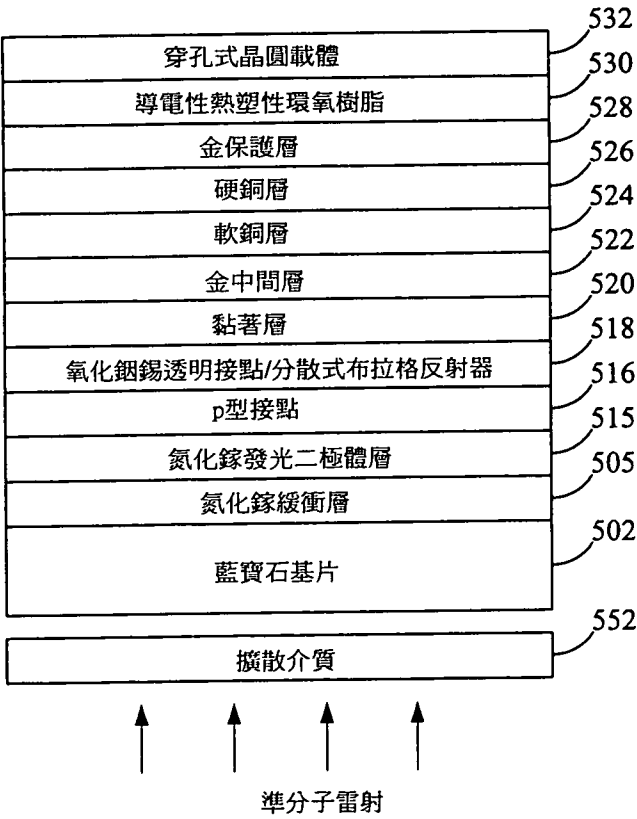


圖 12

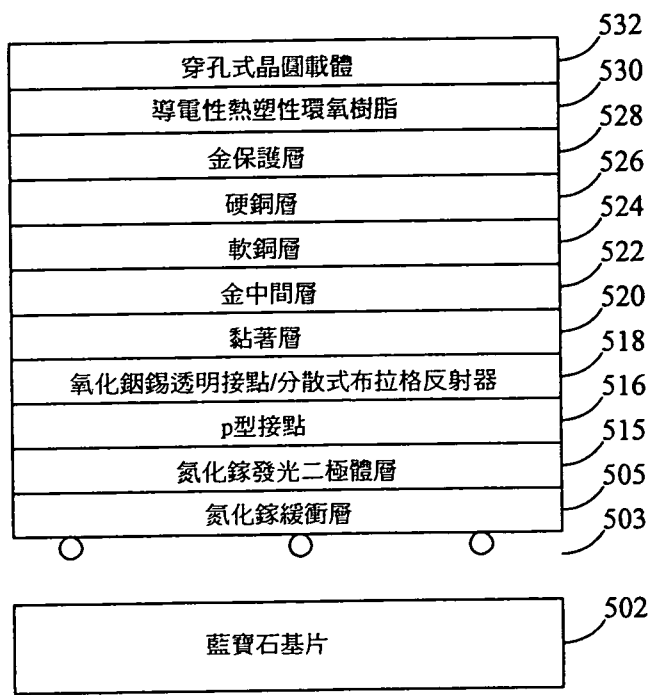


圖 13

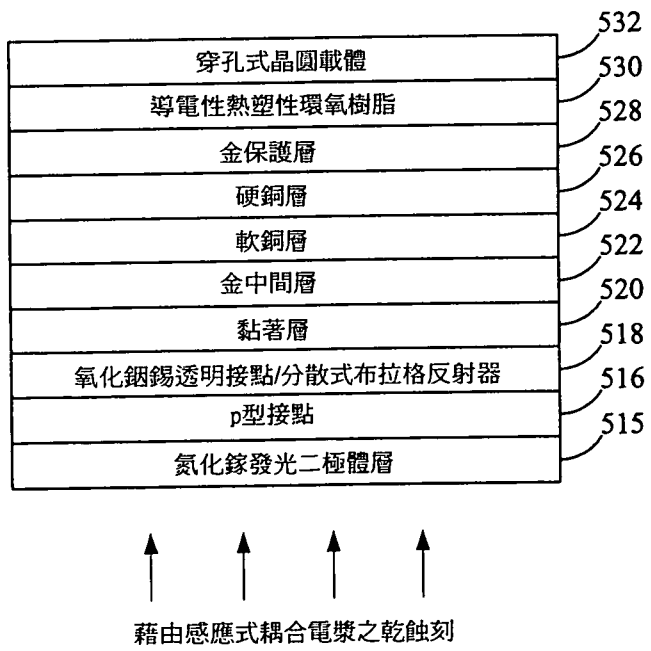


圖 14

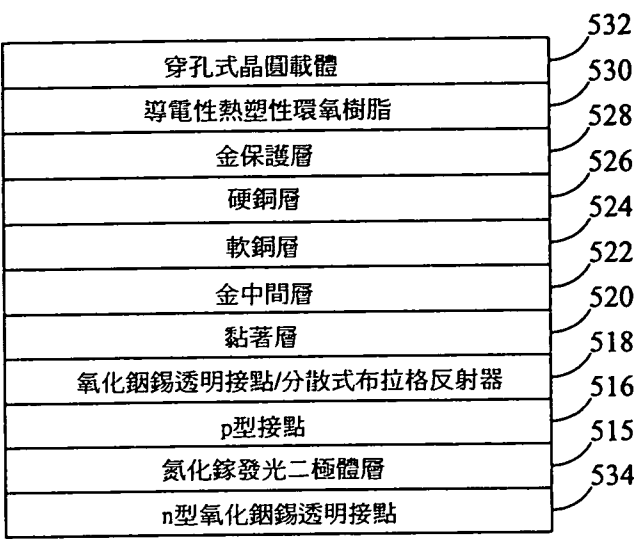


圖 15

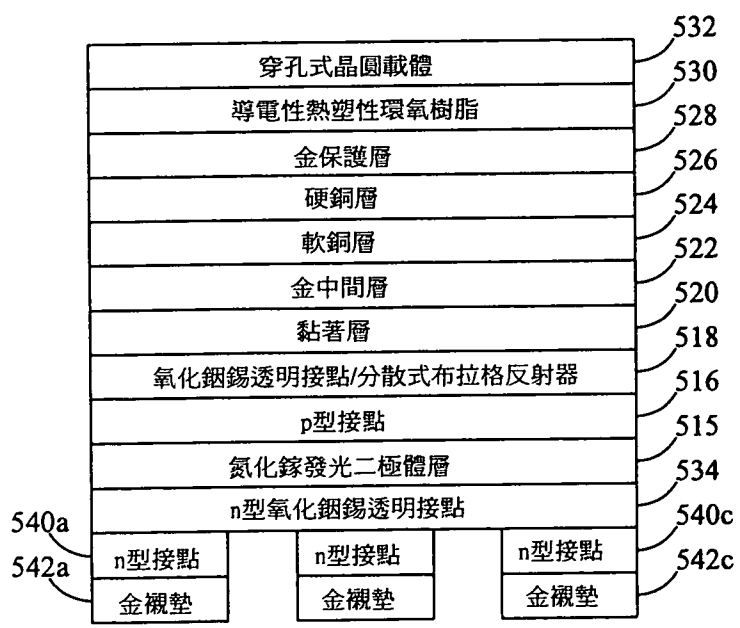


圖 16

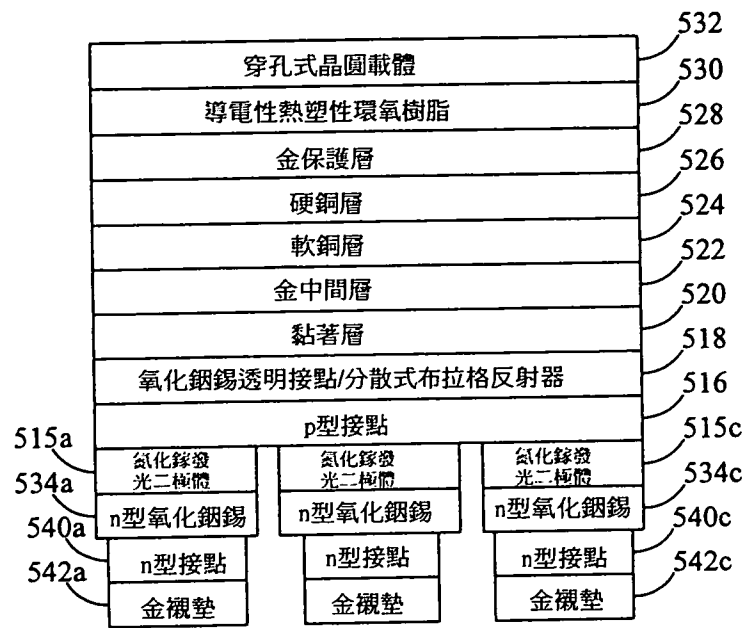


圖 17

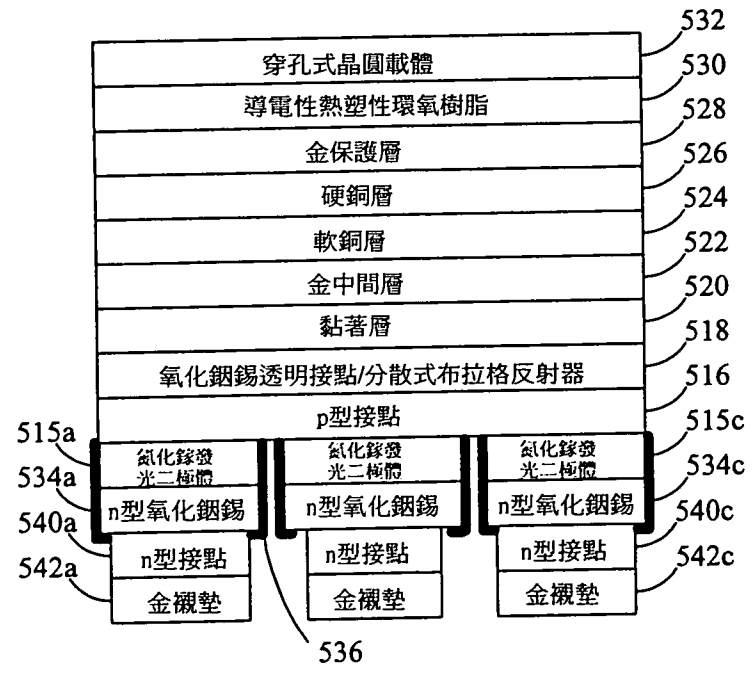


圖 18

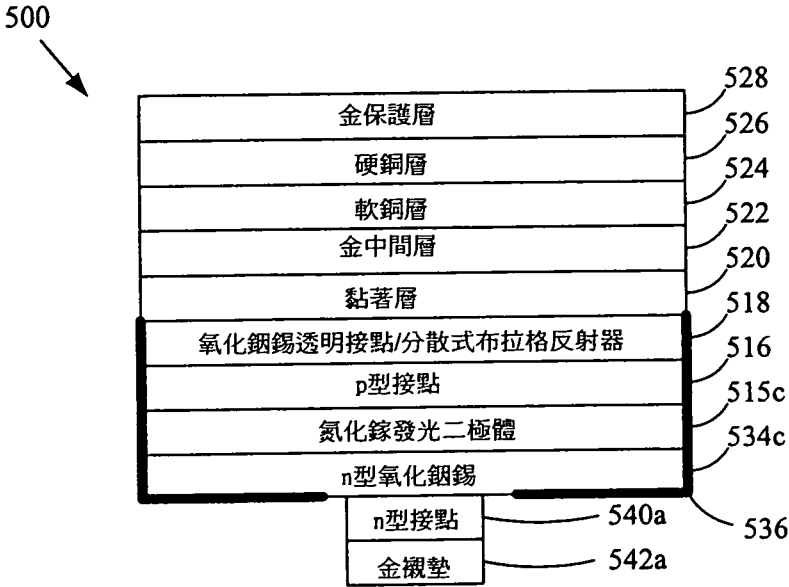


圖 19

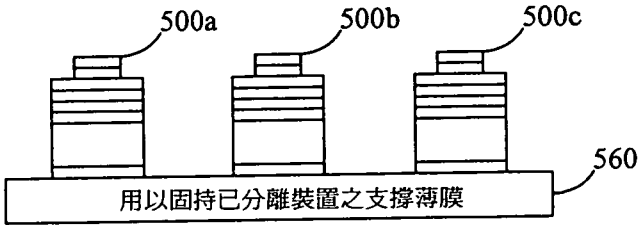


圖 20

