

# 發明專利說明書

(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：97132608

※ 申請日期：97.8.26

※IPC 分類：H01L 31/042 (2006.01)

H01L 31/18 (2006.01)

## 一、發明名稱：(中文/英文)

反相變質多接點太陽能電池中之以指數方式摻雜層

EXPONENTIALLY DOPED LAYERS IN INVERTED METAMORPHIC  
MULTIJUNCTION SOLAR CELLS

## 二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

美商昂科公司

EMCORE CORPORATION

代表人：(中文/英文)

丹尼爾 馬可葛林

MCGLYNN, DANIEL

住居所或營業所地址：(中文/英文)

美國紐澤西州桑姆塞市貝爾蒙路145號

145 BELMONT DRIVE, SOMERSET, NEW JERSEY 08873-1214, U.S.A.

國籍：(中文/英文)

美國 U.S.A.

三、發明人：(共 3 人)

姓 名：(中文/英文)

1. 馬克 A 斯坦  
STAN, MARK A.
2. 阿瑟 科恩費爾德  
CORNFELD, ARTHUR
3. 凡斯 雷  
LEY, VANCE

國 籍：(中文/英文)

1. 美國 U.S.A.
2. 美國 U.S.A.
3. 美國 U.S.A.

#### 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. 美國；2007年12月13日；11/956,069

2.

無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1.

2.

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】

本發明係關於太陽能電池半導體裝置領域，且特定而言係關於包含一變質層之多接點太陽能電池。此等裝置亦包含稱作反相變質太陽能電池之太陽能電池。

### 【先前技術】

光生伏打電池—亦稱作太陽能電池—係過去幾年中已變得實用之最重要之新能源之一。人們已對太陽能電池之開發作出了大量努力。因此，太陽能電池當前正用於許多商業及面向消費者之應用中。雖然已在此領域中取得了顯著進步，但對太陽能電池滿足更複雜應用需要之要求還跟不上需求之步伐。例如在資料通信中所用之衛星等應用已大大增加了對具有經改良之功率及能量轉換特性之太陽能電池之需求。

在衛星及其他與空間相關之應用中，一衛星功率系統之大小、質量及成本依賴於所使用太陽能電池之功率及能量轉換效率。換言之，有效負載之大小及機載服務之可用性與所提供之功率量成比例。因此，隨著有效負載變得越來越複雜，充當機載功率系統之功率轉換裝置之太陽能電池變得越來越重要。

太陽能電池常常製作成豎直之多接點結構形式，並設置於水平陣列中，其中將各個單獨之太陽能電池串聯連接在一起。一陣列之形狀及結構以及其含有之電池數量部分地由所需要之輸出電壓及電流確定。

在例如 M.W. Wanless(萬勒斯)等人所著之"用於高性能、III-V 光生伏打能量轉換器之晶格失配方法 (Lattice Mismatched Approaches for High Performance, III-V Photovoltaic Energy Converters)" (2005年1月3-7日舉行之第31屆 IEEE 光生伏打專家會議之會刊，IEEE 出版社，2005年)中所說明之反相變質太陽能電池結構為未來商業高效太陽能電池之開發提供一重要起點。闡述於此先前技術中之結構提供與材料及製作步驟之適當選擇相關之多個實際困難。

在本發明之前，在先前技術中所揭示之材料及製作步驟尚不足以產生一種使用一反相變質電池結構之商業可行及有能效之太陽能電池。

### 【發明內容】

本發明提供一種形成一多接點太陽能電池之方法，該多接點太陽能電池包括一上部子電池、一中間子電池及一下部子電池，該方法包括：提供用於半導體材料之磊晶生長之第一基板；在該基板上形成一具有一基極及一射極之第一太陽能子電池，該第一太陽能子電池具有一第一帶隙；在該第一太陽能子電池上方形成一具有一基極及一射極之第二太陽能子電池，該第二太陽能子電池具有一小於該第一帶隙之第二帶隙；在該第二子電池上方形成一分級夾層，該分級夾層具有一大於該第二帶隙之第三帶隙；及在該分級夾層上方形成一具有一基極及一射極之第三太陽能子電池，該第三太陽能子電池具有一小於該第二帶隙之第

四帶隙，以使得該第三子電池相對於該第二子電池晶格失配，其中該等基極中之至少一者具有一以指數方式之摻雜分佈。

於另一態樣中，本發明提供一種藉由以下步驟製造一太陽能電池之方法：提供一第一基板；在該第一基板上沈積一形成一太陽能電池之半導體材料層序列，該半導體材料層序列包含至少一個具有指數摻雜之基極層；將一替代基板安裝在該層序列之頂部上；及移除該第一基板。

於另一態樣中，本發明提供一種藉由以下步驟製造一太陽能電池之方法：提供一第一基板；在該第一基板上沈積一形成一太陽能電池之半導體材料層序列，該半導體材料層序列包含至少一個具有指數摻雜之基極層；將一替代基板安裝在該層序列之頂部上；及移除該第一基板。於另一態樣中，本發明提供一種用於形成一太陽能電池之方法，該方法包括：形成一包含一由InGaP半導體材料構成之基極及射極層之頂部電池；形成一InGaP半導體材料之中間電池射極層及一GaAs半導體材料之基極層；及形成一包含一InGaAs半導體材料之射極及基極層之底部電池，其中該等基極中之至少一者具有一指數摻雜分佈。

### 【實施方式】

現將闡述本發明之細節，包含其實例性態樣及實施例。參見各圖示及下文之詳細說明，相同之參考編號用於指代相同或功能上相似之元件，且旨在以一高度簡化之圖示方式圖解說明實例性實施例之主要特徵。此外，該等圖式既

不意欲繪示實際實施例之每一特徵，亦並非意欲繪示所示元件之相對尺寸，且並非按比例繪製。

圖1繪示根據本發明當在一基板上形成三個子電池A、B及C之後的多接點太陽能電池。更特定而言，圖中顯示一基板101，其可係砷化鎵(GaAs)、鍺(Ge)或其它適合之材料。在係一Ge基板之情況下，在該基板上沈積一成核層102。在該基板上，或在成核層102上方，進一步沈積一緩衝層103及一蝕刻終止層104。然後在層104上沈積一接觸層105，並在該接觸層上沈積一窗口層106。然後，在窗口層106上沈積一由一n<sup>+</sup>射極層107及一p型基極層108組成之子電池A。

應注意，多接點太陽能電池結構可由週期表中所列之服從晶格常數及能帶隙要求之III族至V族元素之任何適當組合形成，其中該III族包含硼(B)、鋁(Al)、鎵(Ga)、銦(In)、及銻(T)。IV族包含碳(C)、矽(Si)、鍺(Ge)、及錫(Sn)。V族包含氮(N)、磷(P)、砷(As)、銻(Sb)、及鉍(Bi)。

在較佳實施例中，射極層107由InGa(Al)P構成且基極層108由InGa(Al)P構成。前述式中之括號內之鋁或Al項意指Al係一可選成分，且在此示例中可使用介於0%至30%之間之量。本文將結合圖16來論述根據本發明之射極及基極層107及108之摻雜分佈。

在基極層108之頂部上沈積一用於降低重組損失之背面場("BSF")層109。

BSF層 109自基極/BSF介面表面附近之區域驅動少數載流子，以使重組損失效應最小化。換言之，一BSF層 109減少太陽能子電池A背側處之重組損失且從而減少基極中之重組。

在BSF層 109之頂部上沈積一重摻雜之p型及n型層序列 110，其形成一作為將子電池A連接至子電池B之電路元件之隧道二極體。

在隧道二極體層 110之頂部上沈積一窗口層 111。子電池B中所使用之窗口層 111亦運作以減少重組損失。窗口層 111亦改良下伏接點之電池表面之鈍化。熟習此項技術者應瞭解，可在該電池結構中添加或刪除附加層，此並不背離本發明之範疇。

在窗口層 111之頂部上沈積子電池B之層：射極層 112及p型基極層 113。此等層較佳地分別由InGaP及 $\text{In}_{0.015}\text{GaAs}$ 構成(針對一Ge增長模板)，儘管亦可使用符合晶格常數及帶隙要求之任何其它適合之材料。將結合圖 16論述根據本發明之層 112及 113之摻雜分佈。

在電池B之頂部上沈積一BSF層 114，其執行與BSF層 109相同之功能。在BSF層 114上方沈積一類似於層 110之 $p^{++}/n^{++}$ 隧道二極體 115，從而再次形成一將子電池B連接至子電池C之電路元件。

在隧道二極體 115上方將一較佳由InGa(Al)P構成之障壁層 116a沈積至約1.0微米之厚度。該障壁層旨在防止螺紋錯位以生長至中間及頂部子電池B及C內相反之方向或以

生長至底部子電池A內之方向傳播，且其更具體闡述於2007年9月24日提出申請之第11/860,183號美國共同待決專利申請案中。

在障壁層116a上方沈積一變質層(分級夾層)116。層116較佳地係一系列在組分上呈臺階分級之InGaAlAs層，其單調改變之晶格常數旨在實現晶格常數自子電池B至子電池C之轉變。層116之帶隙較佳地為符合一稍大於中間子電池B之帶隙之值的1.5 eV。

在一個實施例中，如萬勒斯等人之論文中所建議，該臺階分級含有九個組分分級之InGaP臺階，其中每一台階層具有0.25微米之厚度。在較佳實施例中，層116由具有單調改變之晶格常數之InGaAlAs構成。

在本發明之另一實施例中，可在InGaAlAs變質層116上方沈積一可選第二障壁層116b。第二障壁層116b通常將具有一與障壁層116a之組分稍微不同之組分。

在障壁層116b上方沈積一窗口層117，此窗口層運作以減少子電池"C"中之重組損失。熟習此項技術者應瞭解，可在不背離本發明範疇之前提下在該電池結構中添加或刪除額外層。

在窗口層117之頂部上沈積子電池C之層：n+射極層118及p型基極層119。此等層較佳地由InGaAs構成，儘管亦可使用符合晶格常數及帶隙要求之其它適合材料。本文將結合圖16論述層118及119之摻雜分佈。

在電池C之頂部上沈積一BSF層120，該BSF層執行與

BSF層 109及 114相同之功能。

最後，在BSF層 120上沈積一p+接觸層 121。

熟習此項技術者應瞭解，可在不背離本發明範疇之前提下在該電池結構中添加或刪除額外層。

圖 2係一圖 1所示太陽能電池在下一製程步驟之後的剖面圖，在該下一製程步驟中在p+半導體接觸層 121上方沈積一金屬接觸層 122。該金屬較佳為Ti/Au/Ag/Au。

圖 3係一圖 2所示太陽能電池在下一製程步驟之後的剖面圖，在該下一製程步驟中在金屬層 122上方沈積一黏合劑層 123。該黏合劑較佳為晶圓接合(Wafer Bond)(由密蘇裏州羅拉之布魯爾科技公司(Brewer Science, Inc. of Rolla, MO.)製造)。

圖 4係一圖 3所示太陽能電池在下一製程步驟之後的剖面圖，在該下一製程步驟中附裝一替代基板 124(較佳為藍寶石)。該替代基板厚度約為40密耳，且穿製有直徑約為1 mm、間隔4 mm之孔以有助於該黏合劑及該基板之後續移除。

圖 5A係一圖 4所示太陽能電池在下一製程步驟之後的剖面圖，在該下一製程步驟中藉由一搭接及/或蝕刻步驟序列(其中移除基板 101、緩衝層 103及蝕刻終止層 104)來移除原始基板。一特定蝕刻劑之選擇取決於生長基板。

圖 5B係一圖 5A所示太陽能電池之剖面圖，其中該替代基板 124之定向係在圖式之底部。此應用中之後續圖式將採取此定向。

圖6A係一在其中實施太陽能電池之晶圓之俯視平面圖。對四個電池之繪示係僅出於例示之目的，且本發明並不限於每一晶圓之任何特定電池數量。

在每一電池中，存在柵格線501(更特定地顯示於圖10之剖面中)、一互連匯流排線502及一接觸墊503。柵格及匯流排之幾何圖形及數量為例示性，且本發明並不限於所圖解說明之實施例。

圖6B係一圖6A所示之具有四個太陽能電池之晶圓之仰視平面圖。

圖7係一圖6A所示晶圓在下一製程步驟之後的仰視平面圖，在該下一製程步驟中使用磷化物及砷化物蝕刻劑在每一電池周邊周圍蝕刻一臺面510。

圖8係一圖5B所示太陽能電池之簡化剖面圖，其僅繪示替代基板124上方之幾個頂部層及下部層。

圖9係一圖8所示太陽能電池在下一製程步驟之後的剖面圖，在該下一製程步驟中由一HCl/H<sub>2</sub>O溶液移除蝕刻終止層104。

圖10係一圖9所示太陽能電池在下一製程步驟序列之後的剖面圖，在該下一製程步驟序列中在接觸層105上方放置一光阻劑遮罩(未顯示)以形成柵格線501。柵格線501係藉由蒸發而沈積，且經微影圖案化並沈積在接觸層105上方。去除遮罩以形成金屬柵格線501。

圖11係一圖10所示太陽能電池在下一製程步驟之後的剖面圖，在該下一製程步驟中將該等柵格線用作一遮罩以使

用一檸檬酸/過氧化物蝕刻混合物將該表面向下蝕刻至窗口層106。

圖12係一圖11所示太陽能電池在下一製程步驟之後的剖面圖，在該下一製程步驟中在晶圓之具有柵格線501之"底"側之整個表面上方施加一減反射(ARC)電介質塗層130。

圖13係一圖12所示太陽能電池在下一製程步驟之後的剖面圖，在該下一製程步驟中使用磷化物及砷化物蝕刻劑將臺面510向下蝕刻至金屬層122。該圖式中之剖面繪示成自圖7中所示之A-A平面觀看。然後，將一或多個銀電極銲接至該(等)接觸墊。

圖14係一圖13所示太陽能電池在由EKC 922移除替代基板124及黏合劑123之後的下一製程步驟之後的剖面圖。在該替代基板中提供之較佳穿孔具有0.033英吋之直徑，且以0.152英吋隔開。

圖15係一個實施例中圖14所示太陽能電池在下一製程步驟之後的剖面圖，在該下一製程步驟中在ARC層130上方施加一黏合劑且將一剛性防護玻璃附裝在其上。

於一不同之實施例中，起初可將圖13之太陽能電池安裝在一支撐物上，且隨後移除替代基板124及黏合劑123。此支撐物可係由一黏合劑安裝之剛性防護玻璃，如圖15中所繪示。

圖16係一根據本發明於一第一實施例中之變質太陽能電池之子電池中之射極與基極層之間的摻雜分佈之曲線圖。

如上所述，圖16中繪示之射極與基極層之摻雜分佈可實

施於本發明之三接點太陽能電池之子電池之任何一或多個中。

根據本發明之特定摻雜分佈係圖解說明於圖式中：射極摻雜自緊鄰鄰接層(例如，層106、111或117)之區域中之每立方公分約 $5 \times 10^{18}$ 降低至毗鄰圖16中之虛線所示之p-n接點之區域中之每立方公分 $5 \times 10^{17}$ 。基極摻雜自毗鄰該p-n接點之每立方公分 $1 \times 10^{16}$ 指數增加至毗鄰該鄰接層(例如，層109、114或120)之每立方公分 $1 \times 10^{18}$ 。

由一指數摻雜梯度 $\exp[-x/\lambda]$ 所產生之收集場之絕對值由量值 $E=(kT/q(1/\lambda))(\exp[-x_b/\lambda])$ 之恆定電場給出，其中k係波爾茲曼常數，T係以開氏度為單位之絕對溫度，q係電子電荷之絕對值，且 $\lambda$ 係一摻雜衰減之參數特性。

根據本發明，本發明之效能已在其中在底部子電池之3  $\mu\text{m}$ 厚基極層中併入有一指數摻雜分佈之測試太陽能電池中展示。在測量該測試電池之電參數之後，在電流收集中觀測到6.7%之提高。該測量指示一等於至少3.014 V之開路電壓( $V_{oc}$ )、一至少16.55 mA/cm之短路電流( $J_{sc}$ )及一在AMO處至少為0.86之填充因數(FF)。

本發明所教示之指數摻雜分佈在經摻雜區域中產生一恆定場。在本發明之特定三接點太陽能電池材料及結構中，底部電池在所有子電池中具有最小之短路電流。於一三接點太陽能電池中，將個別子電池堆棧並形成一串聯電路。因此，整個電池中之總電流受到該等子電池中任一者所產生之最小電流之限制。因此，藉由將該底部電池中之短路

電流提高6.7%，該電流更接近地近似較高子電池之電流，且該三接點太陽能電池之總效率亦提高6.7%。在具有約30%效率之太陽能三接點電池中，本發明之實施方案將使效率提高1.067之因數，即達到32.01%。此總效率之提高在太陽能電池技術領域中相當大。除效率提高以外，由指數摻雜分佈所產生之收集場將增強太陽能電池之輻射硬度，此對於太空船應用很重要。

儘管指數摻雜分佈係已經實施並檢驗之摻雜設計，但其它摻雜分佈可產生仍可提供其它優點之線性變化收集場。舉例而言， $e^{-x/\lambda^2}$ 之摻雜分佈在經摻雜區域中產生對於少數載流子收集及對於該太陽能電池報廢時之輻射硬度兩者均有利之線性場。一或多個基極層中之此其它摻雜分佈歸屬於本發明之範疇內。

本文中所繪示之摻雜分佈僅為例示性，且如熟習此項技術者將瞭解，可在不背離本發明範疇之前提下使用其它更複雜之分佈。

應瞭解，上文所說明之元件中之每一者或兩個或兩個以上元件一起，亦可有用地應用於不同於上文所述類型之不同於該構造類型之其它類型之構造中。

雖然已將本發明圖解說明及闡述為體現為一反相變質多接點太陽能電池，但本發明並不意欲限定於所示細節，乃因亦可在以任何方式都不背離本發明精神之前提下做出各種修改及結構改變。

無需進一步分析，上文將全面披露本發明之要旨，以使

得其他人可應用現有知識在不忽略根據先前技術觀點合理構成本發明之一般或具體態樣之基本特性之特徵之前提下容易地將本發明修改成適用於各種應用，且因此，這些修改應該且打算包含在隨附申請專利範圍之等效意義及範疇內。

### 【圖式簡單說明】

結合附圖考量並參照以下詳細說明將更好且更全面地理解本發明，附圖中：

圖1係一根據本發明構造之太陽能電池之放大剖面圖；

圖2係一圖1所示太陽能電池在下一製程步驟之後的剖面圖；

圖3係一圖2所示太陽能電池在下一製程步驟之後的剖面圖；

圖4係一圖3所示太陽能電池在下一製程步驟之後的剖面圖；

圖5A係一圖4所示太陽能電池在下一製程步驟之後的剖面圖，在該下一製程步驟中移除原始基板；

圖5B係一圖5A所示太陽能電池之另一剖面圖，其中替代基板在圖式之底部；

圖6A係一在其中製作該等太陽能電池之晶圓之俯視平面圖；

圖6B係一在其中製作該等太陽能電池之晶圓之仰視平面圖；

圖7係一圖6A所示晶圓在下一製程步驟之後的俯視平面

圖；

圖 8 係一圖 5B 所示太陽能電池在下一製程步驟之後的剖面圖；

圖 9 係一圖 8 所示太陽能電池在下一製程步驟之後的剖面圖；

圖 10 係一圖 9 所示太陽能電池在下一製程步驟之後的剖面圖；

圖 11 係一圖 10 所示太陽能電池在下一製程步驟之後的剖面圖；

圖 12 係一圖 11 所示太陽能電池在下一製程步驟之後的剖面圖；

圖 13 係一圖 12 所示太陽能電池在下一製程步驟之後的剖面圖；

圖 14 係一圖 13 所示太陽能電池在下一製程步驟之後的剖面圖；

圖 15 係一圖 14 所示太陽能電池在下一製程步驟之後的剖面圖；及

圖 16 係一根據本發明在反相變質太陽能電池之子電池中之射極與基極層之間的摻雜分佈之曲線圖。

**【主要元件符號說明】**

101	基板
102	成核層
103	緩衝層
104	蝕刻終止層

105	接觸層
106	窗口層
107	n+射極層
108	p型基極層
109	背面場層
110	隧道二極體層
111	窗口層
112	射極層
113	p型基極層
114	BSF層
115	p <sup>++</sup> /n <sup>++</sup> 隧道二極體
116	變質層
116a	障壁層
116b	可選第二障壁層
117	窗口層
118	n+射極層
119	p型基極層
120	BSF層
121	p+接觸層
122	金屬接觸層
123	黏合劑層
124	替代基板
130	減反射電介質塗層
501	柵格線

200926426

502	互連匯流排線
503	接觸墊
510	臺面

## 五、中文發明摘要：

一種形成一包含一上部子電池、一中間子電池及一下部子電池之多接點太陽能電池之方法，其包含：提供用於半導體材料之磊晶生長之第一基板；在該基板上形成一具有一第一帶隙之第一太陽能子電池；在該第一太陽能子電池上方形成一具有一小於該第一帶隙之第二帶隙之第二太陽能子電池；在該第二子電池上方形成一分級夾層，該分級夾層具有一大於該第二帶隙之第三帶隙；及在該分級夾層上方形成一具有一小於該第二帶隙之第四帶隙之第三太陽能子電池，以使得該第三子電池相對於該第二子電池晶格失配，其中一太陽能子電池之基極中之至少一者具有一以指數方式之摻雜分佈。

## 六、英文發明摘要：

A method of forming a multijunction solar cell including an upper subcell, a middle subcell, and a lower subcell, including providing first substrate for the epitaxial growth of semiconductor material; forming a first solar subcell on the substrate having a first band gap; forming a second solar subcell over the first solar subcell having a second band gap smaller than the first band gap; forming a grading interlayer over the second subcell, the grading interlayer having a third band gap greater than the second band gap; and forming a third solar subcell over the grading interlayer having a fourth band gap smaller than the second band gap such that the third subcell is lattice mis-matched with respect to the second subcell, wherein at least one of the bases of a solar subcell has an exponentially doped profile.

## 十、申請專利範圍：

1. 一種形成一多接點太陽能電池之方法，該電池包括一上部子電池、一中間子電池及一下部或底部子電池，該方法包括：

提供用於半導體材料之磊晶生長之第一基板；

在該基板上形成一具有一基極及一射極之第一太陽能子電池，該第一太陽能子電池具有一第一帶隙；

在該第一太陽能子電池上方形成一具有一基極及一射極之第二太陽能子電池，該第二太陽能子電池具有一小於該第一帶隙之第二帶隙；

在該第二太陽能子電池上方形成一分級夾層，該分級夾層具有一大於該第二帶隙之第三帶隙；及

在該分級夾層上方形成一具有一基極及一射極之第三太陽能子電池，該第三太陽能子電池具有一小於該第二帶隙之第四帶隙，以使得該第三子電池相對於該第二子電池晶格失配，

其中該等基極中之至少一者具有一指數摻雜分佈。

2. 如請求項1之方法，其中該第一太陽能電池中之該基極具有一自毗鄰基極-射極接點之每立方公分 $1 \times 10^{16}$ 至毗鄰接層之每立方公分 $1 \times 10^{18}$ 之指數摻雜分級。
3. 如請求項1之方法，其中該第二太陽能電池中之該基極具有一自毗鄰該基極-射極接點之每立方公分 $1 \times 10^{16}$ 至毗鄰該接層之每立方公分 $1 \times 10^{18}$ 之指數摻雜分級。
4. 如請求項1之方法，其中該第三太陽能電池中之該基極

具有一自毗鄰該基極-射極接點之每立方公分 $1 \times 10^{16}$ 至毗鄰該鄰接層之每立方公分 $1 \times 10^{18}$ 之指數摻雜分級。

5. 如請求項1之方法，其中該等太陽能電池中之至少一者中之該射極層具有一自毗鄰該基極-射極接點之每立方公分 $5 \times 10^{17}$ 至毗鄰該鄰接層之每立方公分 $5 \times 10^{18}$ 之增加之摻雜分級。
6. 如請求項4之方法，其中該第三太陽能電池係該底部子電池，且該指數摻雜分級導致短路電流增加至一約等於一較高子電池中之該短路電流之位準。
7. 如請求項1之方法，其中該第一基板由GaAs構成。
8. 如請求項1之方法，其中該第一太陽能子電池由一InGa(Al)P射極區域及一InGa(Al)P基極區域構成。
9. 如請求項1之方法，其中該第二太陽能子電池由一InGaP射極區域及一GaAs基極區域構成。
10. 如請求項1之方法，其中該分級夾層由InGaAlAs構成。
11. 一種製造一太陽能電池之方法，其包括：

提供一第一基板；

在一第一基板上沈積一形成一太陽能電池之半導體材料層序列，該半導體材料層序列包含至少一個具有指數摻雜之基極層；

將一替代基板安裝至該層序列之頂部上；及

移除該第一基板。

十一、圖式：

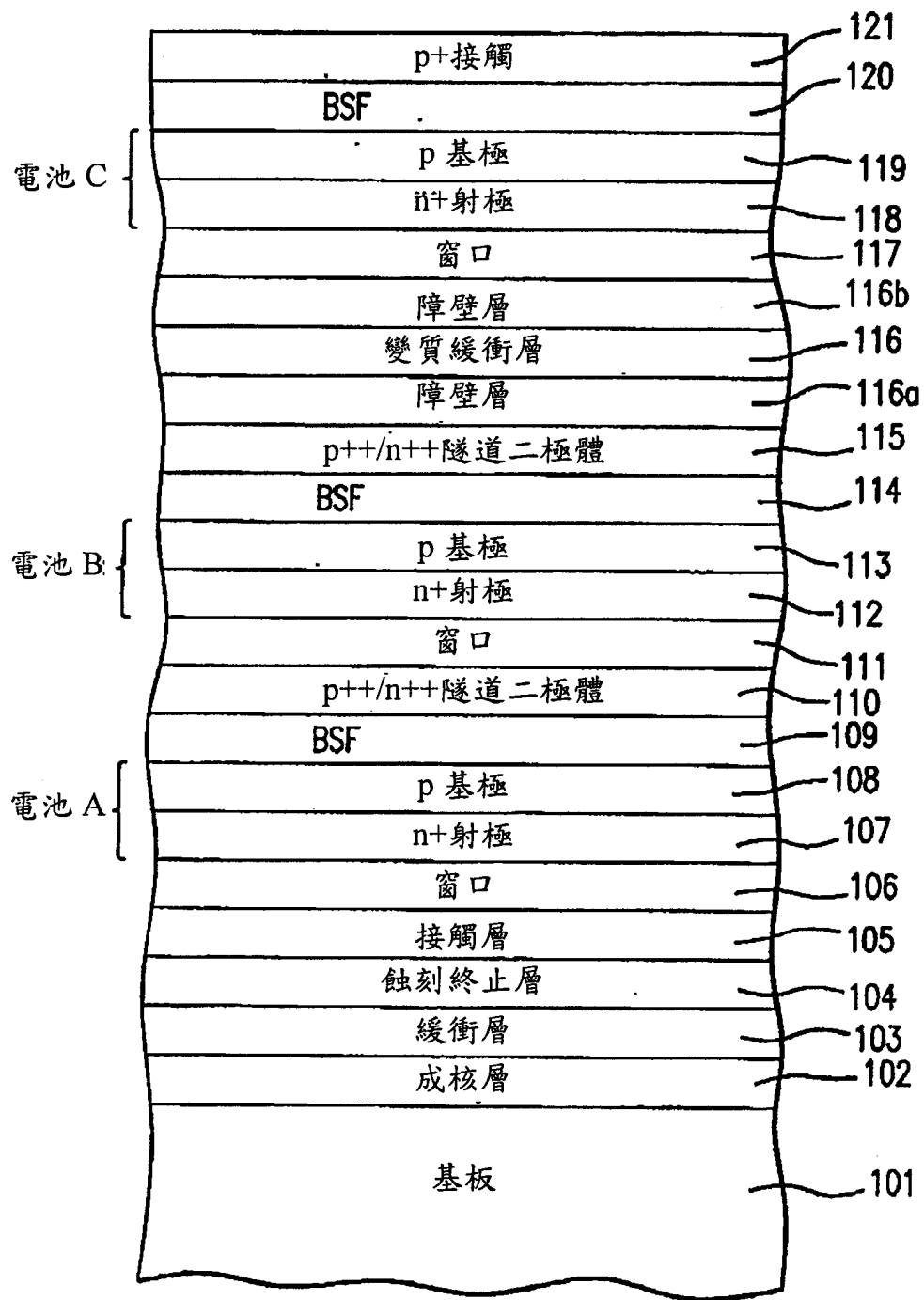


圖 1

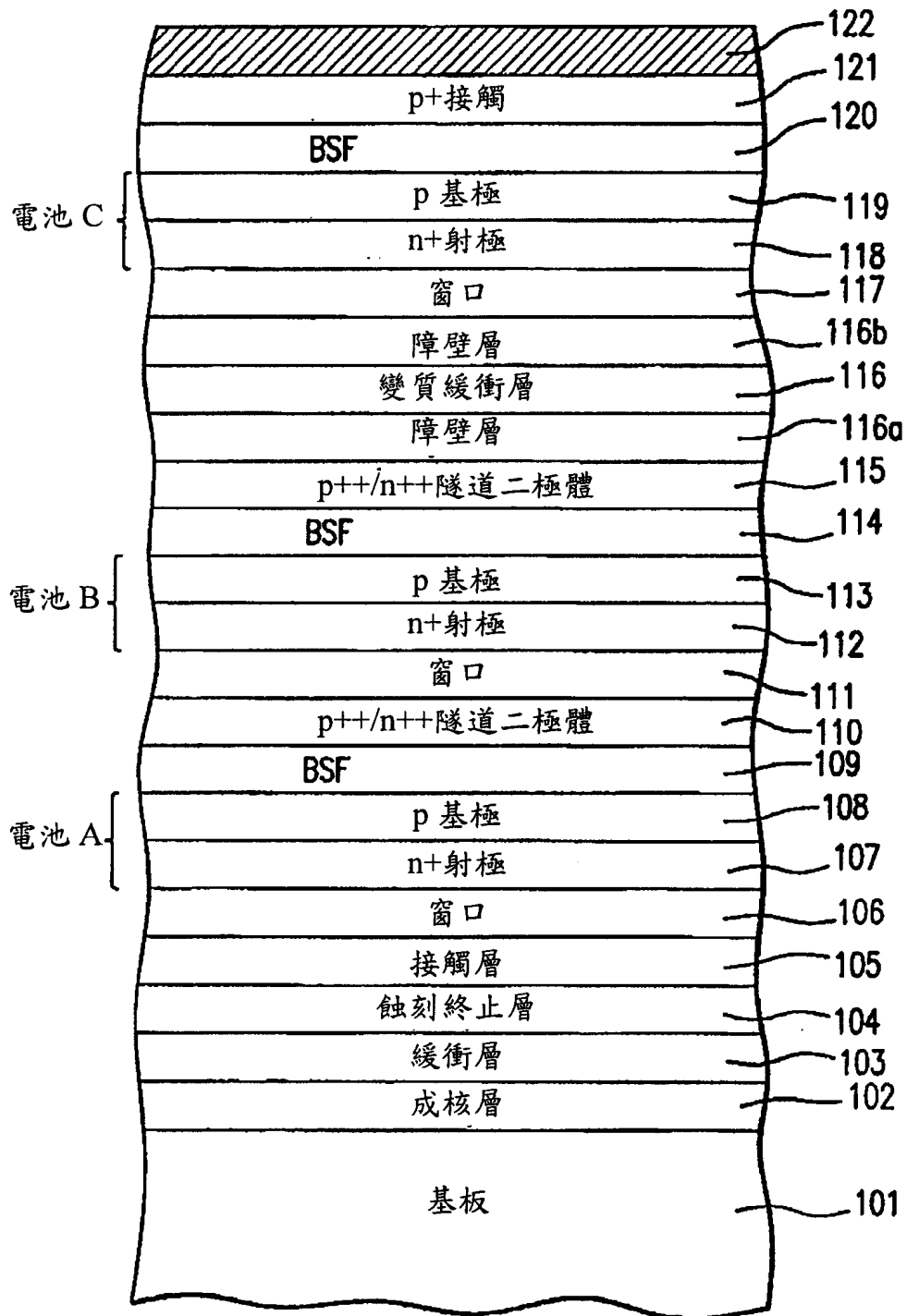


圖2

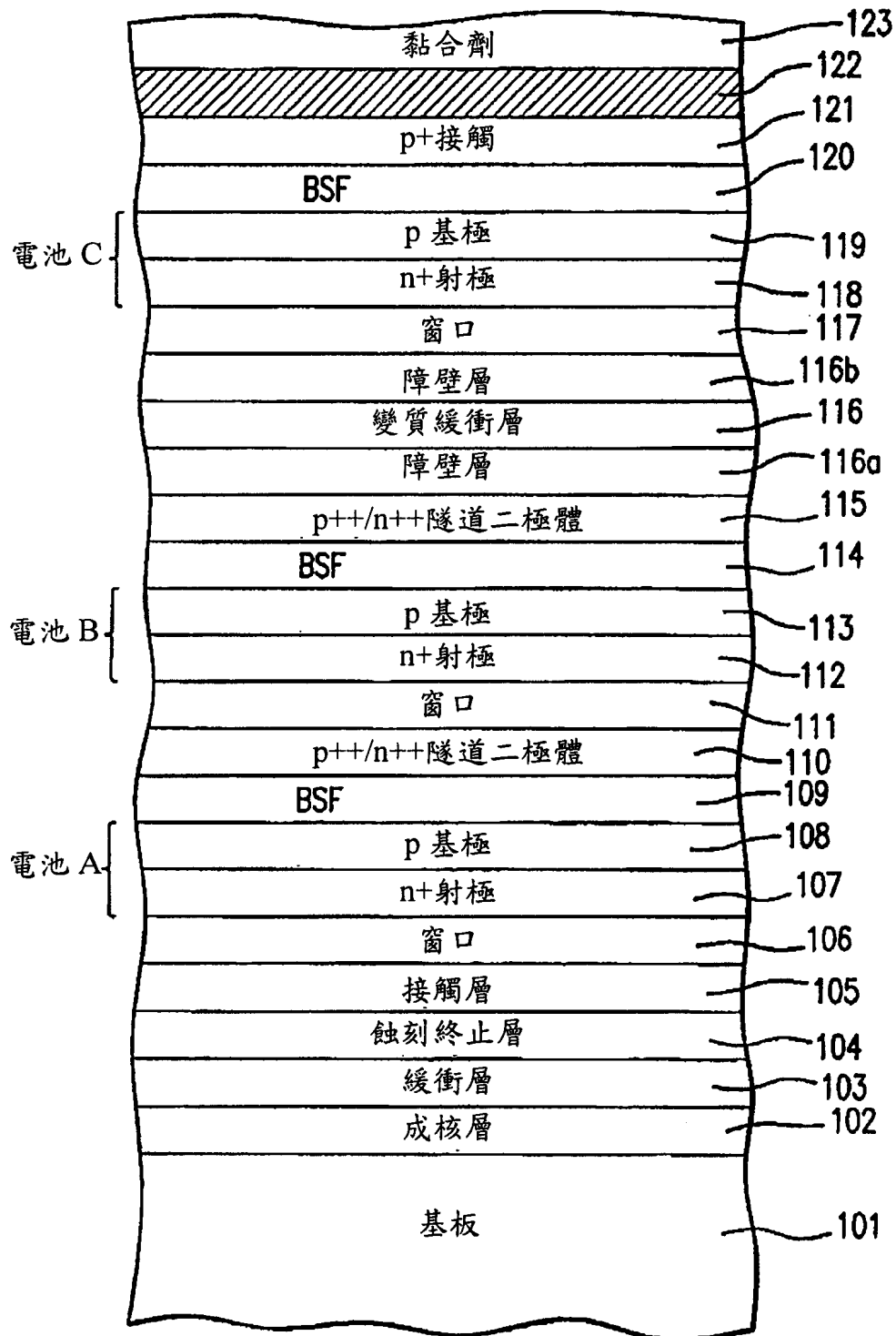


圖3

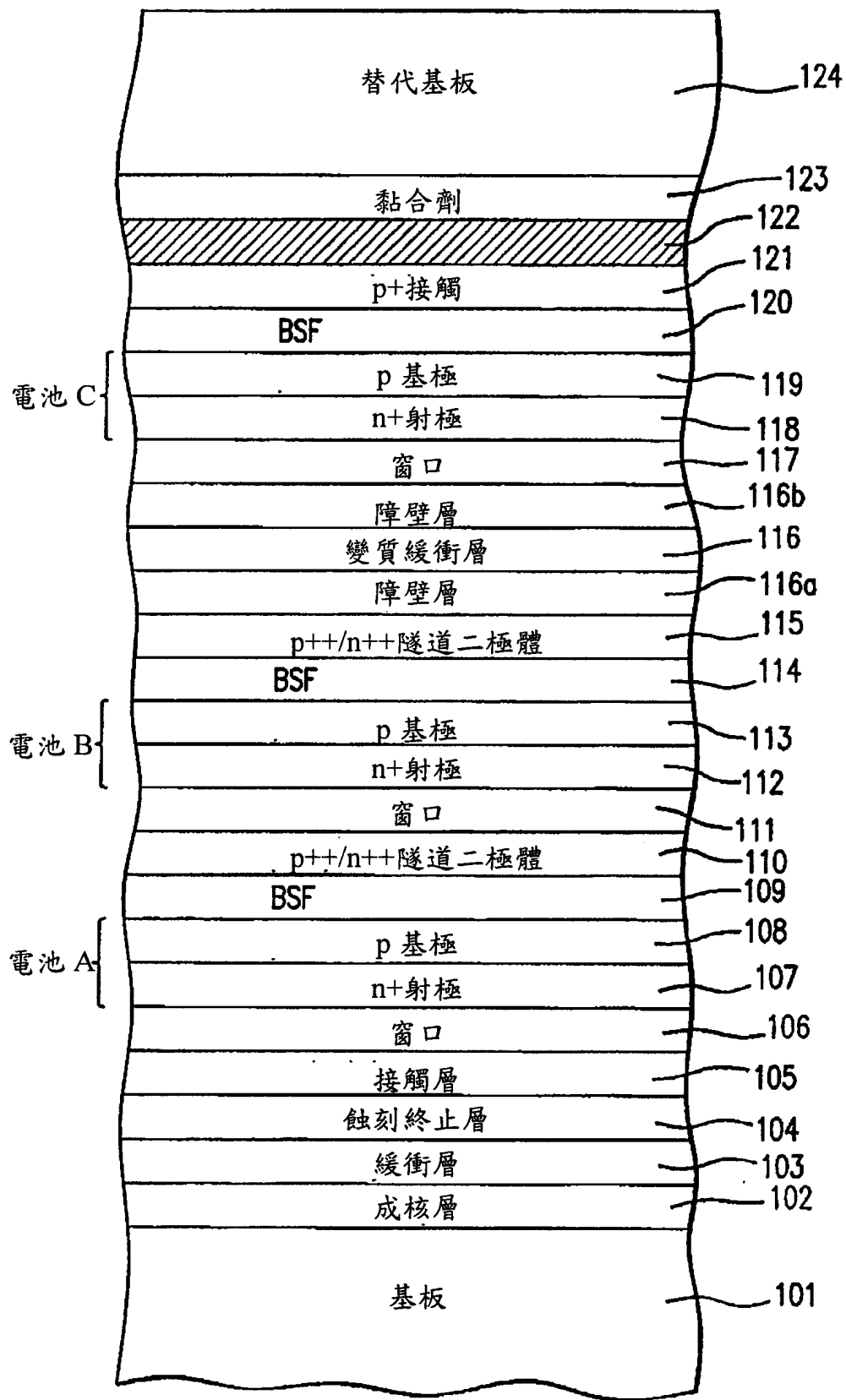


圖4

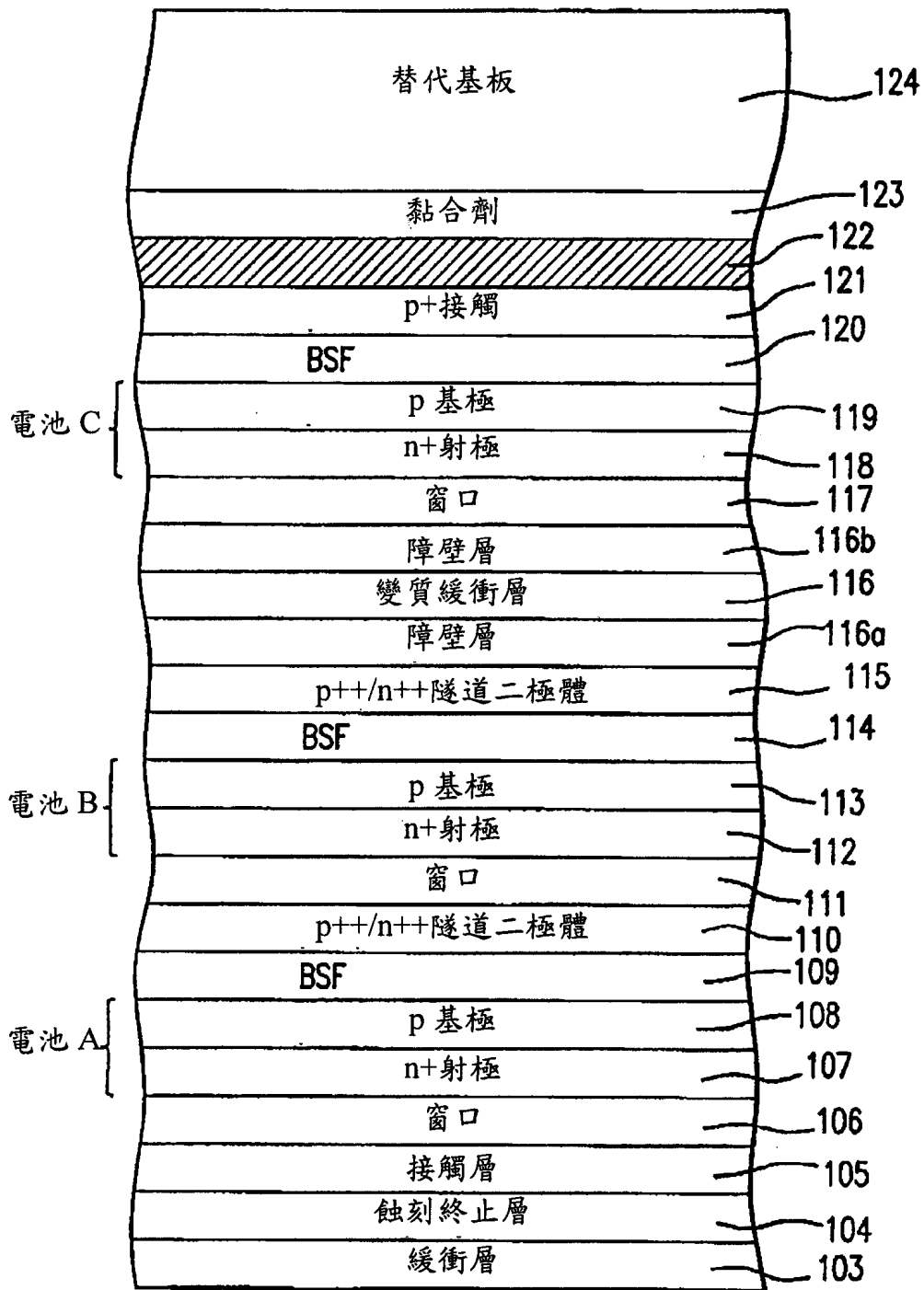


圖5A

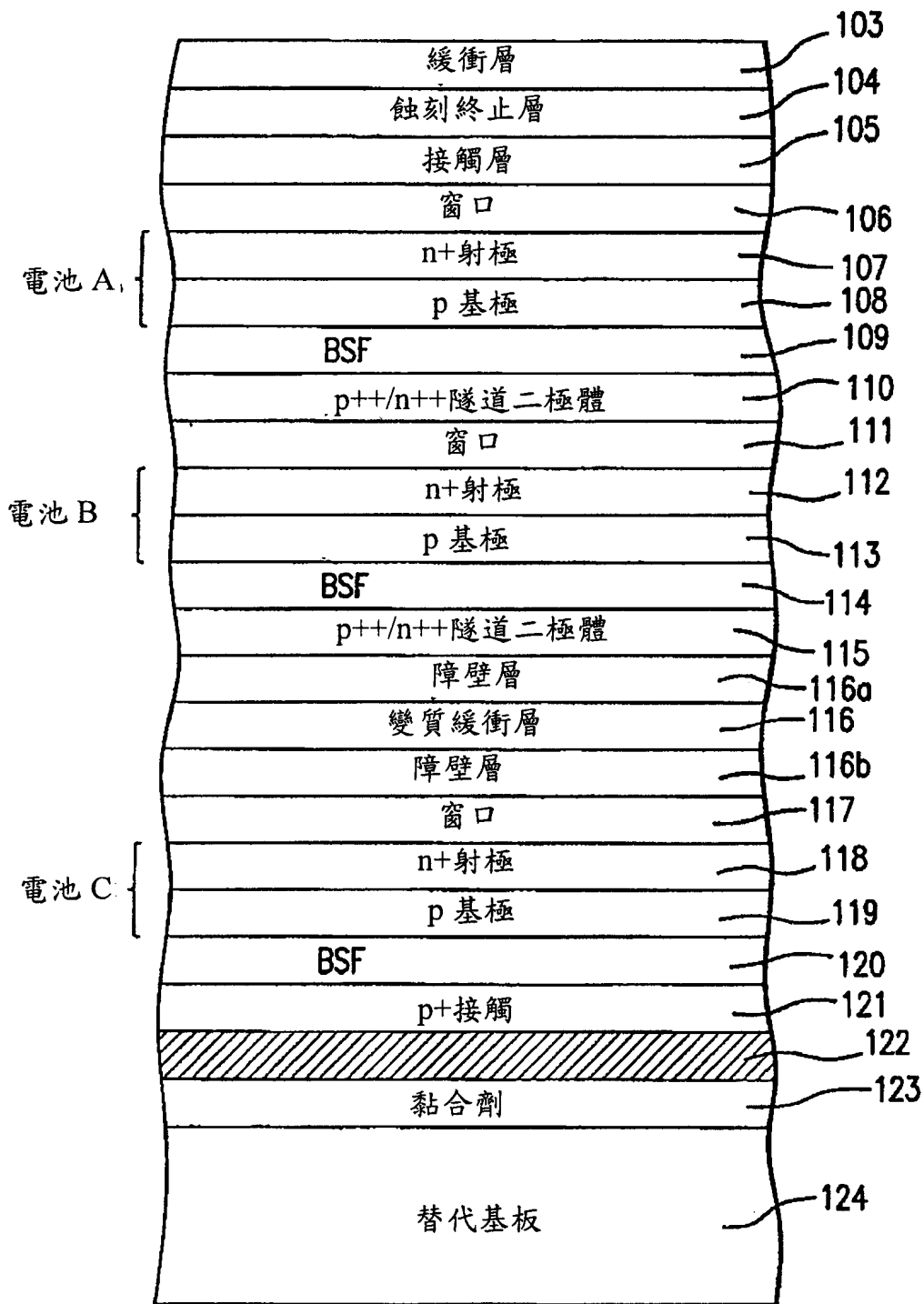


圖 5B

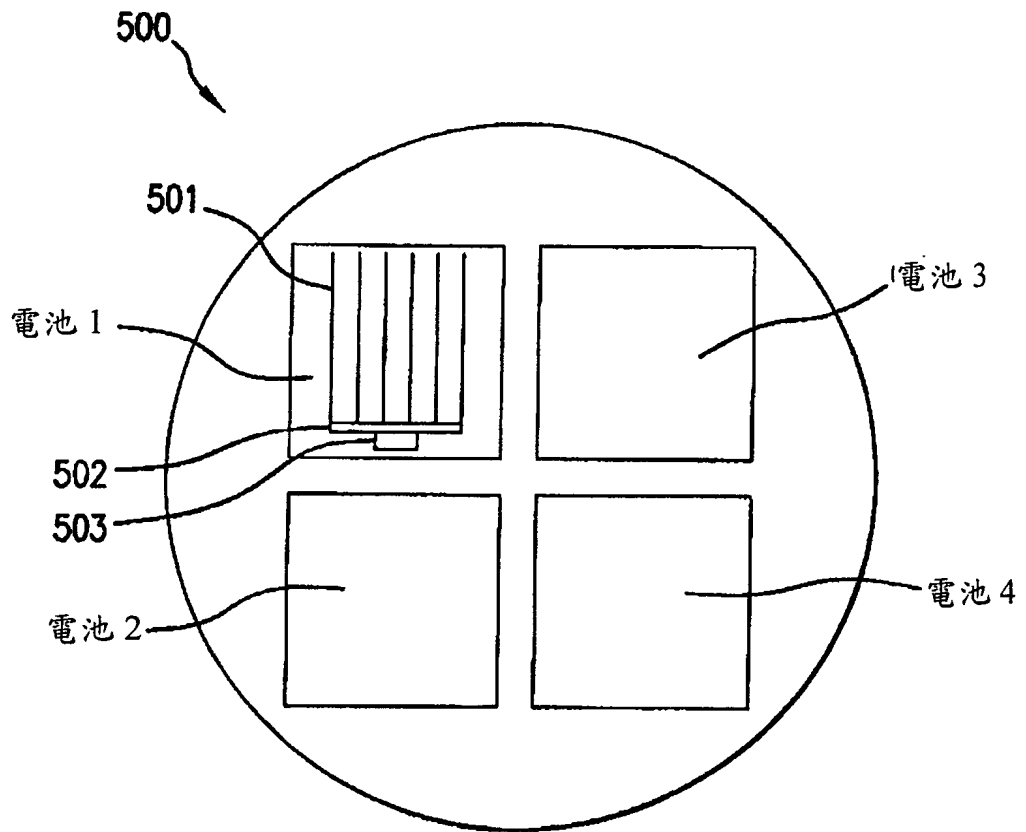


圖 6A

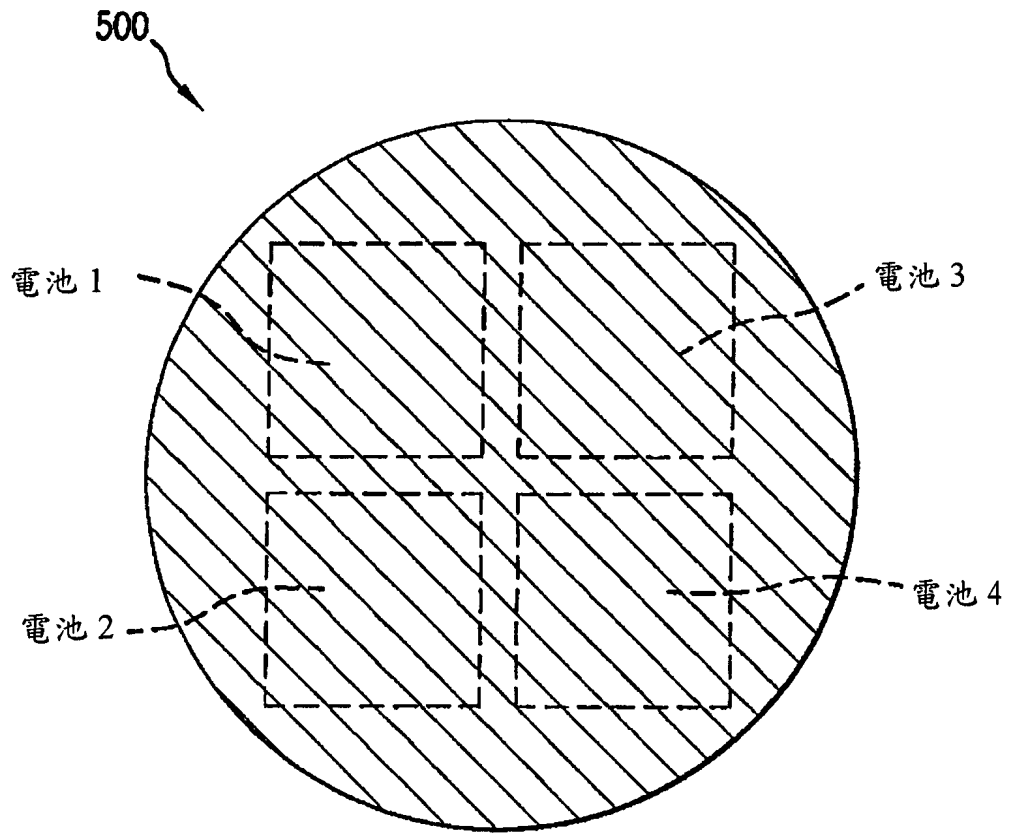


圖 6B

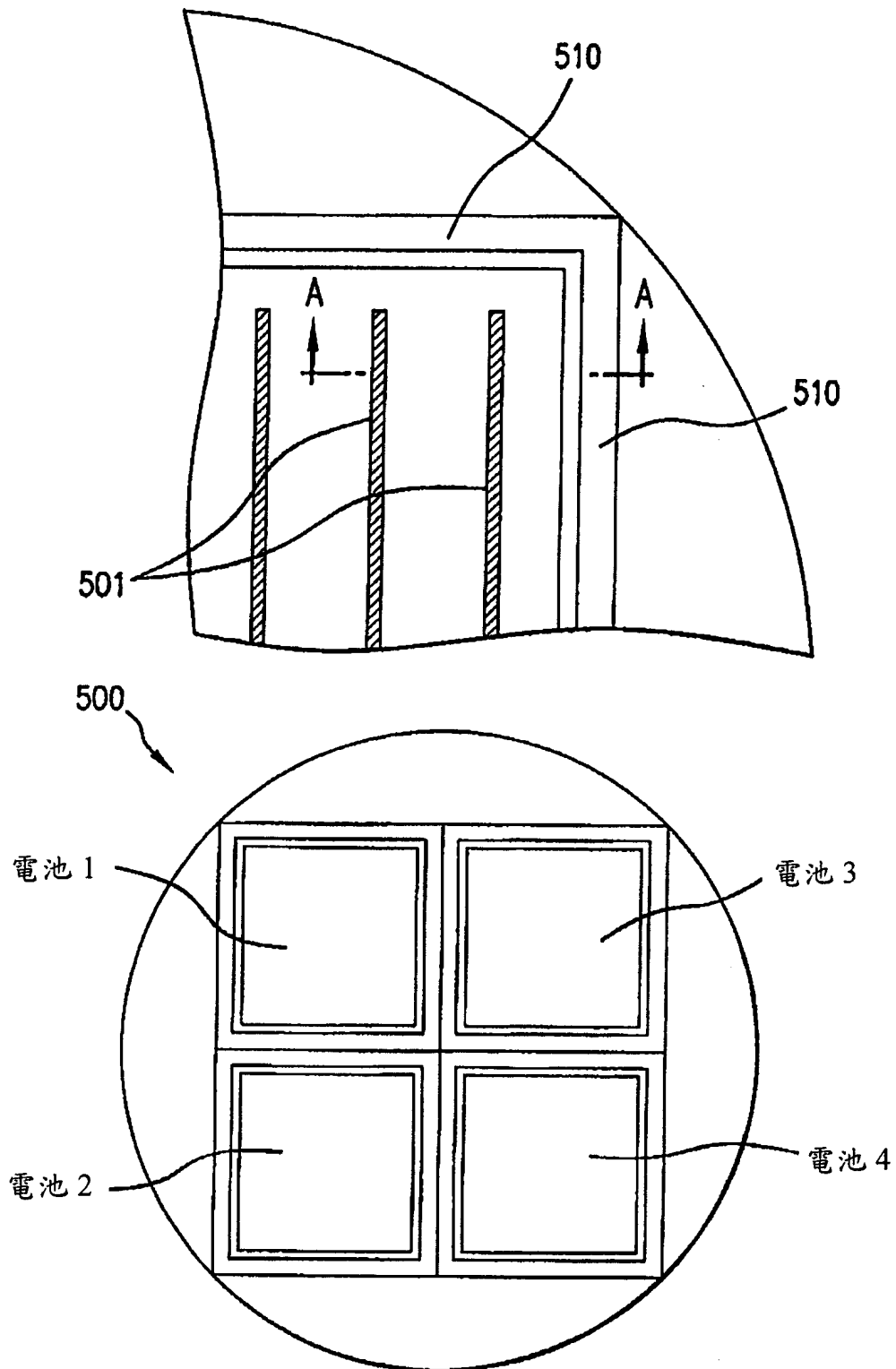


圖 7

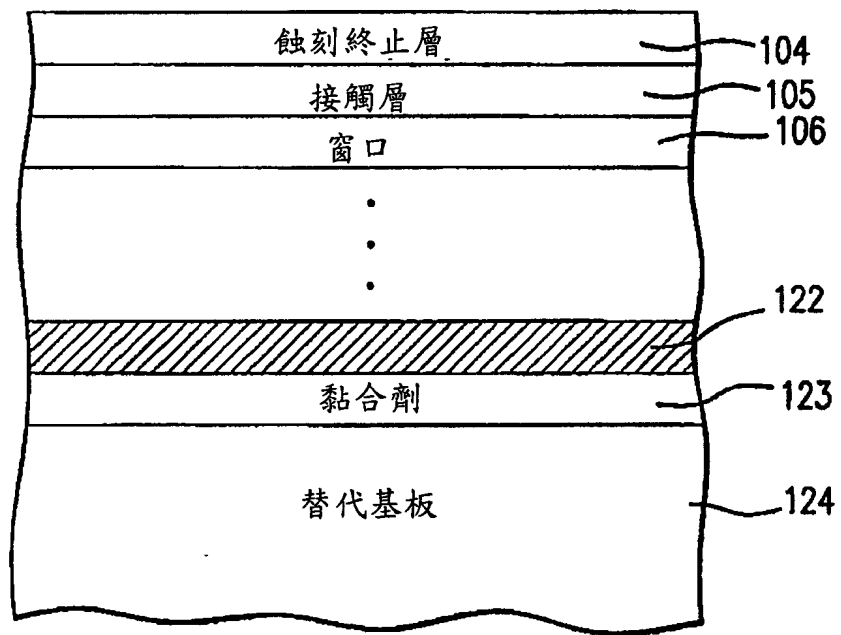


圖8

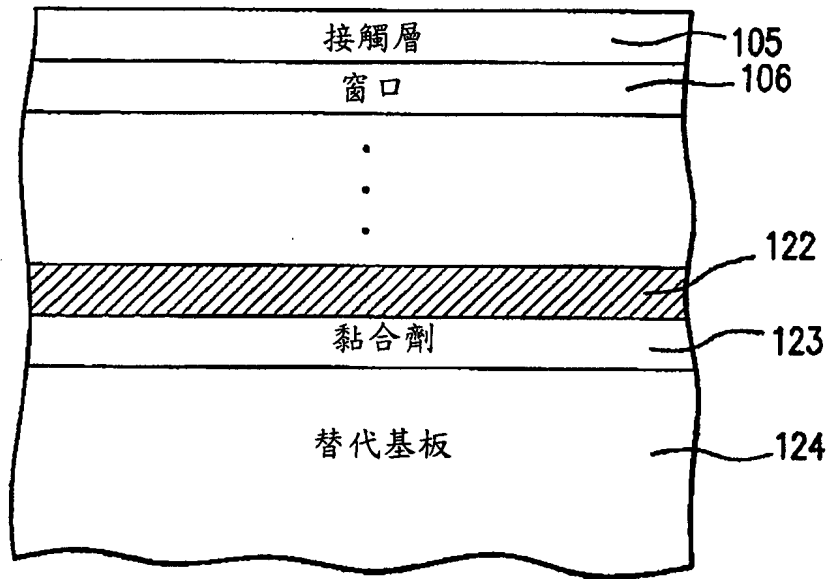


圖9

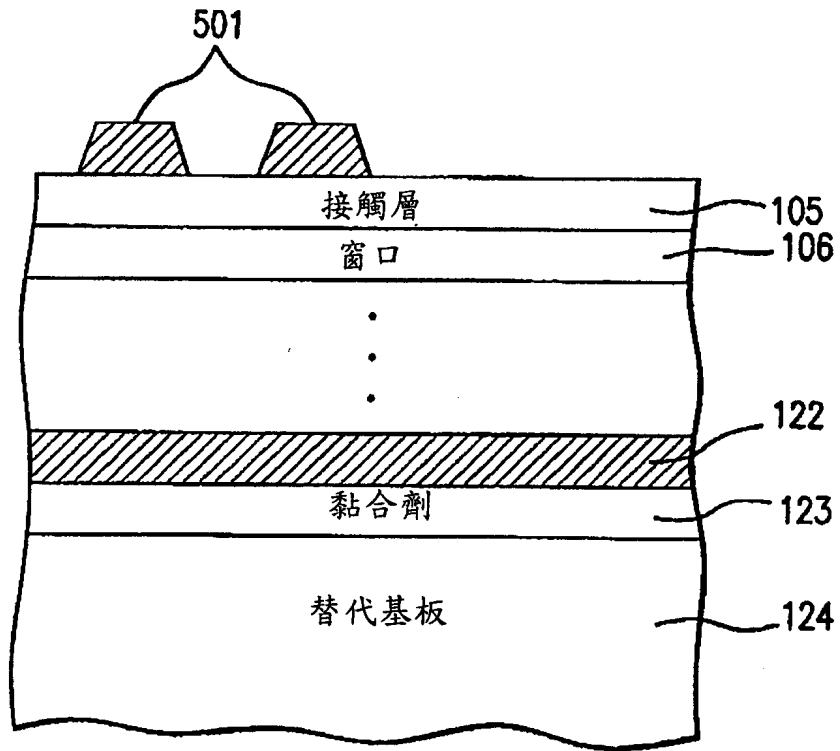


圖 10

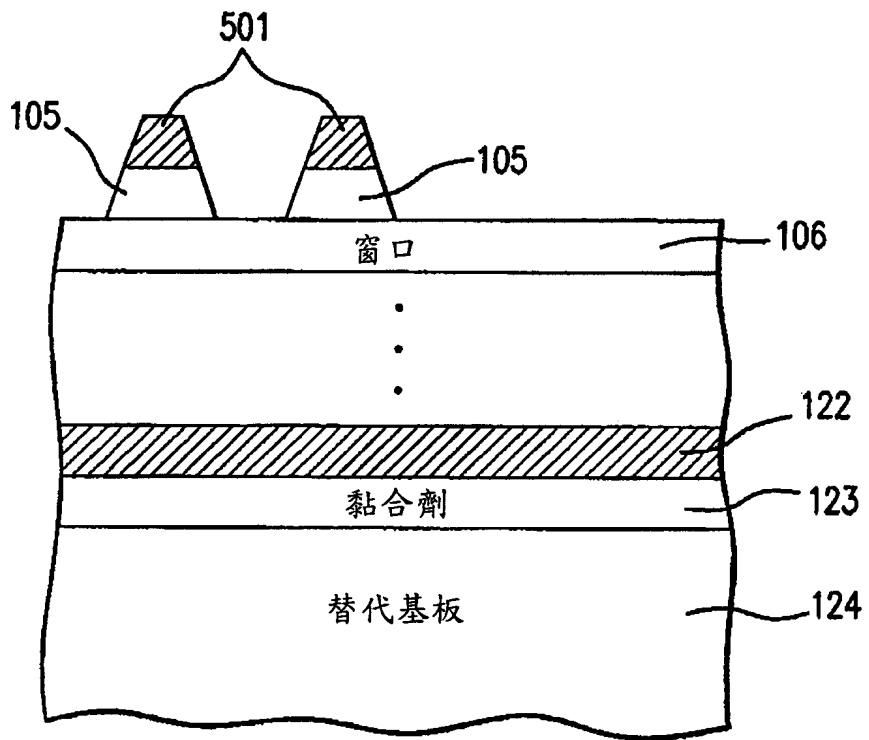


圖 11

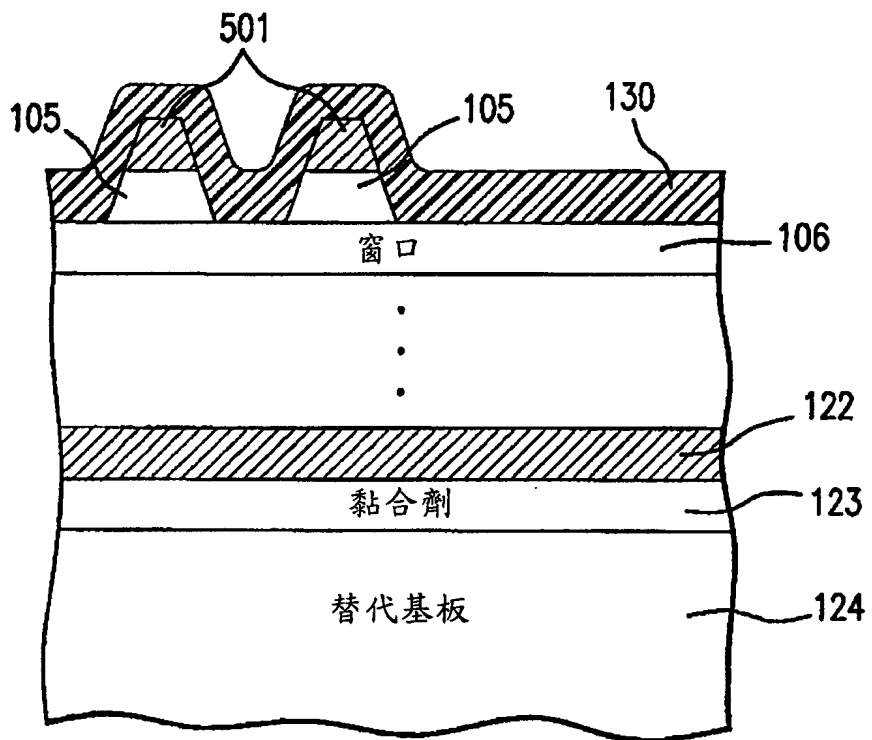


圖 12

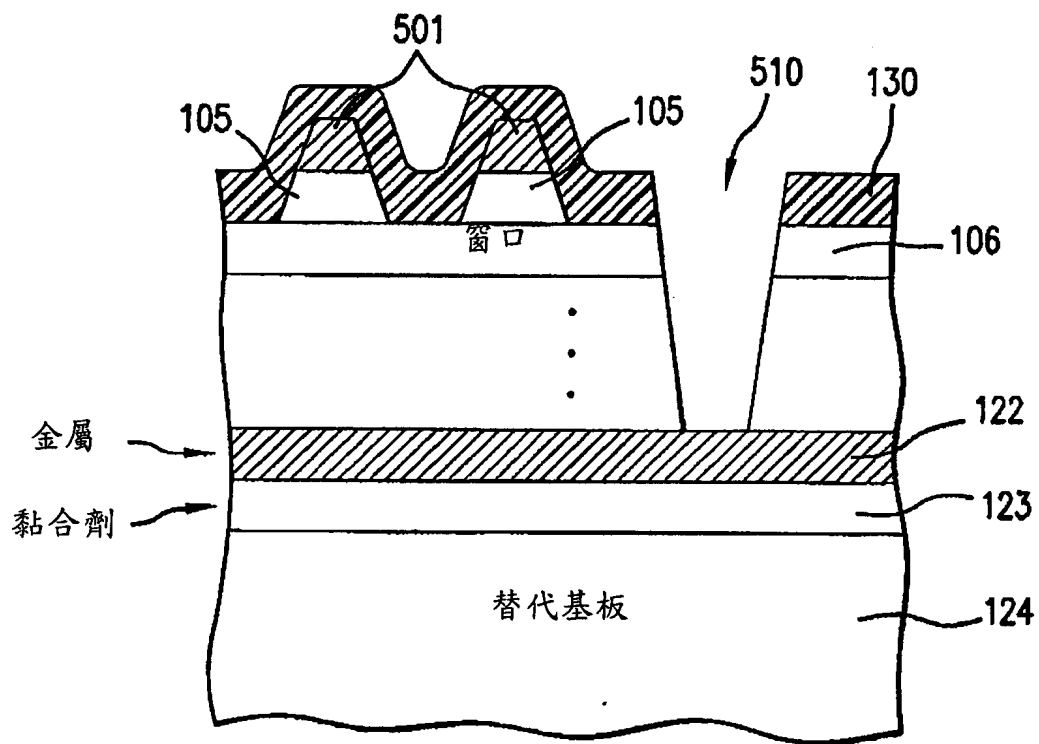


圖 13

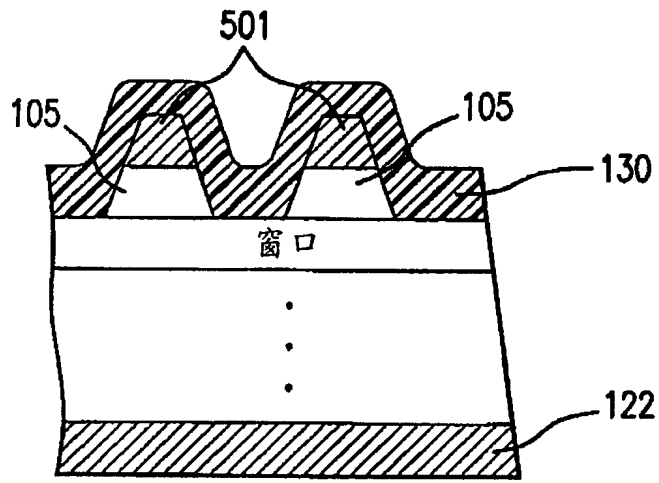


圖 14

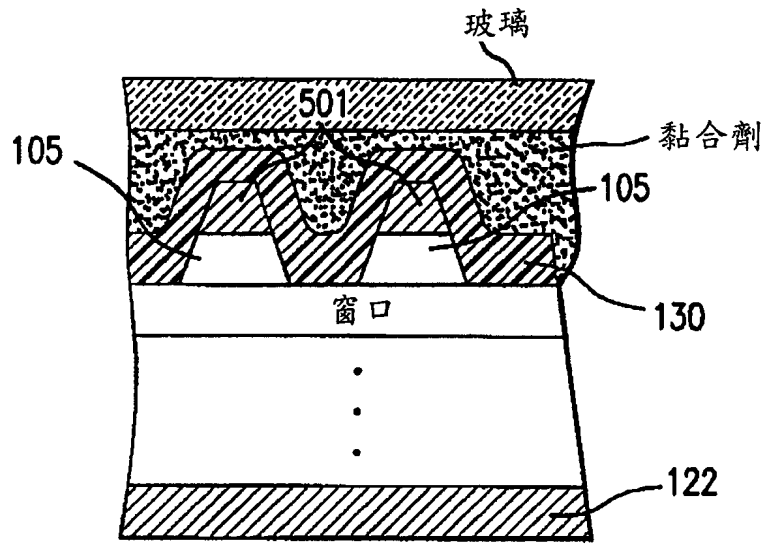


圖 15

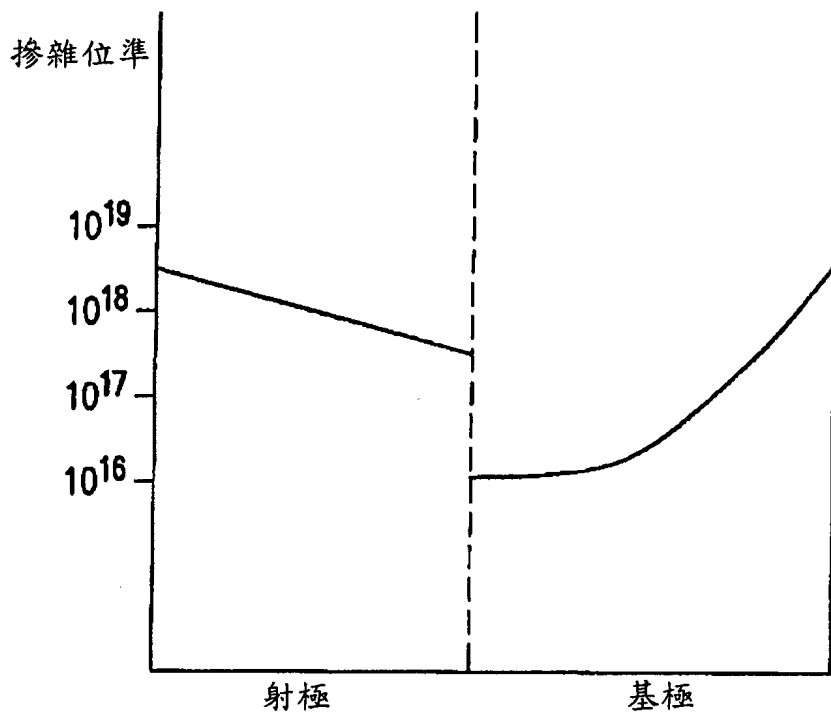


圖 16

## 七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(1)圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

101	基板
102	成核層
103	緩衝層
104	蝕刻終止層
105	接觸層
106	窗口層
107	n+射極層
108	p型基極層
109	背面場層
110	隧道二極體層
111	窗口層
112	射極層
113	p型基極層
114	BSF層
115	p <sup>++</sup> /n <sup>++</sup> 隧道二極體
116	變質層
116a	障壁層
116b	可選第二障壁層
117	窗口層
118	n+射極層
119	p型基極層

120

BSF層

121

p+接觸層

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)