



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I470779 B

(45)公告日：中華民國 104 (2015) 年 01 月 21 日

(21)申請案號：101146681

(22)申請日：中華民國 97 (2008) 年 07 月 23 日

(51)Int. Cl. : *H01L27/146 (2006.01)**H01L21/76 (2006.01)**H04N5/335 (2011.01)*

(30)優先權：2007/07/24 南韓

10-2007-0074105

(71)申請人：智慧投資 I I 有限責任公司 (美國) INTELLECTUAL VENTURE II LLC (US)  
美國

(72)發明人：林延燮 LIM, YOUN-SUB (KR)

(74)代理人：惲軼群；陳文郎

(56)參考文獻：

KR 10-0677044B1

US 6521920B2

審查人員：陳建丞

申請專利範圍項數：20 項 圖式數：4 共 22 頁

(54)名稱

影像感測器及其製造方法

IMAGE SENSOR AND METHOD FOR FABRICATING THE SAME

(57)摘要

一種影像感測器，其包含一形成在一基板中的一第一導電類型的磊晶層、一形成在該磊晶層中的光電二極體、以及一形成在該光電二極體的下面的一第二導電類型的第一摻雜區域以分離該第一摻雜區域與該光電二極體。

An image sensor includes an epi-layer of a first conductivity type formed in a substrate, a photodiode formed in the epi-layer, and a first doping region of a second conductivity type formed under the photodiode to separate the first doping region from the photodiode.

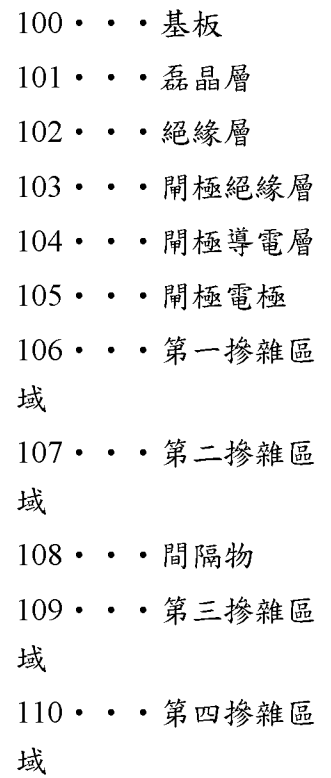


圖 1

# 發明專利說明書

## 公告本

### 分割案

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫；惟已有申請案號者請填寫)

※ 申請案號：(01146681

※ 申請日期：97.7.23

原申請案號：097128012

※IPC 分類：H01L 27/146 (2006.01)

H01L 21/76 (2006.01)

H04N 5/335 (2006.01)

## 一、發明名稱：(中文/英文)

影像感測器及其製造方法/IMAGE SENSOR AND METHOD FOR FABRICATING THE SAME

## 二、中文發明摘要：

一種影像感測器，其包含一形成在一基板中的一第一導電類型的磊晶層、一形成在該磊晶層中的光電二極體、以及一形成在該光電二極體的下面的一第二導電類型的第二摻雜區域以分離該第一摻雜區域與該光電二極體。

## 三、英文發明摘要：

An image sensor includes an epi-layer of a first conductivity type formed in a substrate, a photodiode formed in the epi-layer, and a first doping region of a second conductivity type formed under the photodiode to separate the first doping region from the photodiode.



#### 四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：圖 ( 1 )。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

|                |                 |
|----------------|-----------------|
| 100····· 基板    | 106····· 第一摻雜區域 |
| 101····· 磊晶層   | 107····· 第二摻雜區域 |
| 102····· 絕緣層   | 108····· 間隔物    |
| 103····· 閘極絕緣層 | 109····· 第三摻雜區域 |
| 104····· 閘極導電層 | 110····· 第四摻雜區域 |
| 105····· 閘極電極  |                 |

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

## 六、發明說明：

### 【發明所屬之技術領域】

本發明涉及半導體製造技術，以及特別是涉及影像感測器及其製造方法，以及更具體地說，涉及互補金屬氧化物半導體(CMOS)影像感測器及其製造方法。

本發明主張 2007 年 7 月 24 日申請之韓國專利申請案第 10-2007-0074105 號之優先權，該案之全文以引用的方式併入本文中。

### 【先前技術】

由於使用網際網路之圖像通信的發展，數位相機的需求正在爆炸性地增加。此外，由於具有內置相機的移動通信終端的銷售量的增加，比如個人數位助理(PDA)、國際移動通信-2000(IMT-2000)以及分碼多工存取(CDMA)終端，小型相機模組的需求正在增加。

作為相機模組，電荷耦合器件(CCD)和 CMOS 影像感測器被廣泛使用。CCD 有一複雜的驅動機制和高功率消耗。此外，CCD 需要大量的光罩處理並且該等處理是複雜的。此外，一信號處理器電路不能被執行在一個晶片內，使得很難實現單晶片。CMOS 影像感測器包含一光電二極體和一 MOS 電晶體在一單元像素中以及經由以開關的方式順序地檢測信號以重生成一圖像。因為該 CMOS 影像感測器使用 CMOS 製造技術，所以該 CMOS 影像感測器有低功率消耗並且大約需要 20 個光罩使得其處理比該 CCD 處理更簡單，該 CCD 大約需要 30 個光罩到大約 40 個光罩。因為該 CMOS

影像感測器可實現在具有多個信號處理器電路的單晶片  
中，所以它被視為下一代影像感測器。

目前，需要較高密度像素以確保 CMOS 影像感測器的  
競爭力。為了執行高密度像素，像素大小必須被減少。然而，  
如果像素大小被減少，那麼光電二極體的大小被相對減少，  
以及填充因數，其被定義為光電二極體在總的像素區域中所  
占的區域，被減少。如果光電二極體的大小被減少，那麼電  
位井容量(full well capacity)，其是一個像素可保持的信號電  
荷數，也被減少且器件特性被退化。因此，光電二極體的區  
域不能沒有限制地被減少。

因此，為努力確保有限區域內的最大井容量，已經提出  
一種方法，其增加光電二極體的面積並減少光電二極體的間  
隔，也就是，鄰近像素的間隔。然而，光電二極體的間隔的  
減少導致該影像感測器的量子效率(QE)和串擾特性的嚴重  
退化，從而導致器件特性的退化。

為努力防止串擾特性的退化，已經提出一種方法，其減  
少磊晶層的厚度，以及一種方法，其經由在光電二極體之間  
植入雜質離子以分離鄰近光電二極體的間隔。在前者的情況  
下，量子效率的退化變得更加嚴重，以及在後者的情況下，  
光電二極體的寬度被相對減少，從而造成最大井容量的進一  
步減少。

傳統上，已經提出用於減少由少數載子的擴散造成的內  
部像素串擾的以上該等方法，其等是電氣串擾的主要因素，  
但是可以看出其他主要特性的退化被導致。

同時，由於像素大小被減少，需要額外確保最大井容量。為了在有限的光電二極體區域中增加最大井容量而保持電荷轉移特性，光電二極體經由使用低離子植入能量執行離子植入處理以製造得到。這是因為光電二極體內的最大電位深度反比於井容量。

因此，為了獲得滿足小型光電二極體中所需水準的信雜比(SNR)和動態範圍，製造光電二極體的離子植入過程中的離子植入能量趨於相對低。然而，這些方法減少了光電二極體的空乏區域，造成量子效率和串擾特性的額外退化。

#### 【發明內容】

本發明的實施例是針對提供一影像感測器，其能夠經由增加光電二極體的空乏區域改善量子效率和電氣串擾特性，以及其製造方法。

按照本發明的一第一態樣，提供了一影像感測器。該影像感測器包含一形成在一基板上的一第一導電類型的磊晶層，一形成在該磊晶層中的光電二極體，以及一形成在該光電二極體下面的一第二導電類型的第一摻雜區域以分離該第一摻雜區域與該光電二極體。

按照本發明的一第二態樣，提供了一種製造影像感測器的方法。該方法包含形成一絕緣層在具有一第一導電類型的磊晶層的一基板之上，形成一閘極電極在該基板之上，形成一第二導電類型的第一摻雜區域在曝露於該閘極電極的一邊的該磊晶層中，以及形成一光電二極體在該第一摻雜區域之上以分離該光電二極體與該第一摻雜區域。

按照本發明的一第三態樣，提供了一種製造影像感測器的方法。該方法包含形成一絕緣層在具有一第一導電類型的磊晶層的一基板之上，形成一第二導電類型的第一摻雜區域在該磊晶層中，形成一閘極電極在該基板之上，以及形成一光電二極體在曝露於該閘極電極的一邊的該第一摻雜區域之上以分離該光電二極體與該第一摻雜區域。

### 【實施方式】

以下，按照本發明之一影像感測器及其製造方法將被參考所附圖式詳細描述。在該等圖式中，層和區域的厚度為了清晰起見被放大。還將應瞭解當一層被稱為在另一層或基板上時，它可直接在其他另一層或基板上，或者中介層也可能存在。此外，相同的參考數字係指整個圖式的相同的元件。此外，這裏描述的一第一導電和一第二導電意思是不同導電類型，例如，一個 p 型和一個 n 型。

圖 1 說明了按照本發明的一實施例的一影像感測器的截面圖。為了方便，互補金屬氧化物半導體(CMOS)影像感測器的一個單元像素中只有一光電二極體 PD 和一轉移電晶體 Tx 的一閘極電極被描述。

參考圖 1，按照本發明的實施例的該影像感測器包含一第二導電類型(例如，n 型)的第一摻雜區域 106，其被形成在一光電二極體 PD 下面的具有一第一導電類型(例如，p 型)的一磊晶層 101 中，使得該第一摻雜區域 106 被與該光電二極體 PD 分離開。

該第一摻雜區域 106 被形成於不與該轉移電晶體 Tx 重

疊或遠離該轉移電晶體 Tx 以便不影響電荷轉移特性。為了在該轉移電晶體 Tx 的操作之時增加該光電二極體 PD 的空乏區域，該第一摻雜區域 106 只被以島狀形成在該光電二極體 PD 的下面。該第一摻雜區域 106 被形成為具有與在低摻雜濃度的該光電二極體 PD 的該第二摻雜區域 107 相同的導電類型(例如，n 型)。

在按照本發明的實施例的該影像感測器中，經由形成具有比該第二摻雜區域 107 更低濃度的該第一摻雜區域 106 在該光電二極體的下面，一寬廣的空乏區域可被確保，而不影響該影像感測器的光學特性。因此，有可能提高該小型圖形感測器的量子效率和電氣串擾特性。

圖 2A 和 2B 說明了在一轉移電晶體被開啟之後該光電二極體 PD 的空乏區域和靜電位的分佈，分別根據相關技術和本發明。圖 2A 和 2B 的模擬條件是低光照狀態，且相關技術和本發明的低光照轉移特性被比較。

參考圖 2A 和 2B，本發明的該靜電位分佈相似於在該轉移電晶體 Tx 下面的相關技術的分佈。這意味著相關技術和本發明的電荷轉移特性相互之間是類似的。也就是，可視為本發明的該第一摻雜區域 106(見圖 1)不會大幅影響電荷轉移特性。此外，相比於相關技術的靜電位分佈，可以看出本發明的該靜電位分佈在該光電二極體 PD 的下面之深度方向被擴大。這意味著按照本發明的該光電二極體 PD 的空乏區域相比於相關技術被大大地增加。按照本發明的實施例，該第一摻雜區域 106 在該深度方向擴大該光電二極體 PD 的

空乏區域，而幾乎不影響該井容量，從而提高量子效率。

圖 3A 和 3B 說明了比較相關技術與本發明在電氣串擾和響應特性中的模擬結果。具體地說，圖 3A 是比較電氣串擾(Y 軸，E-Xtalk)關於入射光的波長(X 軸)的變化的圖，圖 3B 則是比較光電流(Y 軸)關於入射光的波長(X 軸)的變化的圖。

參考圖 3A，相比於相關技術，電氣串擾在入射光的相同波長段被顯著提高。如上所述，電氣串擾的主要因素是少數載子的熱擴散，且這樣一種電氣串擾隨著波長加長而增加。大部分少數載子來自產生在該磊晶層的中性區域中的電子，其占主導地位。像在本發明中，該等少數載子在該深度方向擴大該光電二極體的空乏區域，並且吸收電子，其等被產生在該中性區域中，在具有 100%內部量子效率的該空乏區域中，從而最大限度地減少由鄰近像素內的該等少數載子的熱擴散造成的串擾的影響。

參考圖 3B，相比於相關技術，該光電流在該入射光的相同波長段中被顯著增加，尤其是大約 500nm 或更多的高波長段。這意味著表示由光子曝光產生的多少電子的電荷收集效率的增加被保持在相應像素內。該電荷收集效率的增加改善了定義為由每單元之感測器轉移的信號數量的輸入光能量的回應。

按照圖 1 中本發明的一實施例的一種製造影像感測器的方法將被描述如下。

圖 4A 到 4D 說明了按照本發明的一實施例的一種製造

影像感測器的方法的截面圖。

參考圖 4A，摻雜一第一導電類型(例如，p 型)的一磊晶層 101 被形成在一基板 100 上，例如，重摻雜該第一導電類型的矽基板。在這種情況下，該磊晶層 101 被摻雜比該基板 100 更低的濃度。

一絕緣層 102 被局部形成在該基板 100 中。該絕緣層 102 可能由淺溝槽隔離(STI)處理或矽的局部氧化(LOCOS)處理形成。在這種情況下，如圖 4A 中所說明，該 STI 處理對高整合密度是有利的。在該 STI 處理被應用的該情況下，該絕緣層 102 可能包含一高密度等離子體(HDP)層，其甚至在大長寬比中有良好的間隙填充特性，或一堆疊結構的 HDP 層和一旋覆式介電質(SOD)層。

一閘極絕緣層 103 和一閘極導電層 104 被形成在該基板 100 上並且被蝕刻以形成一轉移電晶體的一閘極電極 105。

參考圖 4B，一第一摻雜區域 106 經由使用離子植入光罩(未顯示)被形成在該磊晶層 101 中以經由隨後的處理形成該光電二極體。該第一摻雜區域 106 經由執行以相對高的離子植入能量的離子植入處理而被形成在島形的該光電二極體的下面，使得該第一摻雜區域 106 可與該光電二極體分離。此外，該第一摻雜區域 106 被形成為具有與在低摻雜濃度的該光電二極體的一第二摻雜區域 107(見圖 4C)相同的導電類型(例如，n 型)。例如，該第一摻雜區域 106 被使用至少 500KeV 或更大的離子植入能量的磷化氫( $\text{PH}_3$ )形成，最好大約 500KeV 到大約 1.5MeV，用大約  $5 \times 10^{11}$  離子/平方

釐米 ( $\text{ions}/\text{cm}^2$ ) 的劑量，最好大約  $1 \times 10^9$  離子/平方釐米到大約  $5 \times 10^{11}$  離子/平方釐米。

參考圖 4C，該光電二極體的一第二摻雜區域 107 被使用該離子植入光罩形成，其被用在圖 4B 中的形成該第一摻雜區域 106 的處理中。該第二摻雜區域 107 被形成為具有與該第一摻雜區域 106 相同的導電類型，但是在高摻雜濃度。此外，該第二摻雜區域 107 的一邊被形成對準於該轉移電晶體的該閘極電極 105，並且它被分離於該第一摻雜區域 106。

參考圖 4D，間隔物 108 可能被形成在該閘極電極 105 的兩個邊壁上。在這種情況下，該等間隔物 108 可能包含一氧化層或堆疊結構的氧化層和一氮化物層。例如，該等間隔物 108 包含一單層結構或堆疊結構的氧化矽 ( $\text{SiO}_2$ ) 層、一氮化矽 ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) 層、以及一氮氧化矽 ( $\text{SiON}$ ) 層。

一第三摻雜區域 109 可能被形成在該第二摻雜區域 107 上。在這種情況下，該第三摻雜區域 109 被形成為對準於該等間隔物 108。此外，該第三摻雜區域 109 被形成為具有與該第二摻雜區域 107 相反的導電類型，也就是說，該第一導電類型。該第三摻雜區域 109 連同該第二摻雜區域 107 構成一針紫光電二極體以抑制暗電流。

與此同時，該第三摻雜區域 109 可能經由在形成該等間隔物 108 之前執行兩次離子植入處理而形成。在這種情況下，在形成該等間隔物 108 之前，第一離子植入處理被執行使得該第三摻雜區域 109 對準於該閘極電極 105 的一邊，以及在形成該等間隔物 108 之後，第二離子植入處理被執行使

得該第三摻雜區域 109 對準於在比該第一離子植入處理更高濃度的該等間隔物 108 的一邊。

一第四摻雜區域 110 被形成作為該磊晶層 101 內的一浮動擴散區域，其曝露於該轉移電晶體的該閘極電極 105 的其他另一邊，也就是說，該光電二極體的相反邊。該第四摻雜區域 110 被形成具有比該第二摻雜區域 107 更高濃度的該第二導電類型。因為隨後的處理與一般處理是相同的，所以它們的詳細描述將省略。

按照本發明的該影像感測器可含有以下效果。

第一，經由形成摻雜低濃度的該摻雜區域在該光電二極體的下面，一廣的空乏區域可被確保，而不影響該影像感測器的光學特性。因此，有可能提高該影像感測器的量子效率和電氣串擾特性。

第二，經由形成摻雜低濃度的該摻雜區域在該光電二極體的下面，沒有額外的光罩處理，轉換時間(TAT)和製造成本的增加可被降到最低。

雖然本發明已經詳細描述了關於該等具體實施例，但是應注意這些實施例只不過是用作說明的且並不視為限制本發明。特別是，雖然以上已經描述該第一摻雜區域 106 在該轉移電晶體的該閘極電極 105 形成之後被形成，但是它也可能在該閘極電極 105 形成之前被形成。例如，該第一摻雜區域 106 可能在形成該絕緣層 102 之後在形成該閘極絕緣層 103 之前被形成。另外，該第一摻雜區域 106 可能在形成該絕緣層 102 之前在形成該磊晶層 101 之後被形成。此外，該

第一摻雜區域 106 可能經由沒有任何離子植入光罩的毯覆式(blanket)離子植入處理被形成。此外，熟習此項技術者將明白在不偏離本發明的以下請求項所界定的精神和範圍的前提下可做各種改變和修飾。

### 【圖式簡單說明】

圖 1 是一截面圖，說明按照本發明的一實施例的一影像感測器；

圖 2A-2B 是電腦模擬圖，說明了在一轉移電晶體被開啟之後光電二極體的空乏區域和靜電位的分佈，根據相關技術和本發明；

圖 3A-3B 是 XY 分佈圖，說明比較相關技術與本發明在電氣串擾和響應特性中的模擬結果；及

圖 4A-4D 是截面圖，說明了按照本發明的一實施例的一種製造影像感測器的方法。

**【主要元件符號說明】**

|          |       |          |        |
|----------|-------|----------|--------|
| 100····· | 基板    | 106····· | 第一摻雜區域 |
| 101····· | 磊晶層   | 107····· | 第二摻雜區域 |
| 102····· | 絕緣層   | 108····· | 間隔物    |
| 103····· | 閘極絕緣層 | 109····· | 第三摻雜區域 |
| 104····· | 閘極導電層 | 110····· | 第四摻雜區域 |
| 105····· | 閘極電極  |          |        |

## 七、申請專利範圍：

### 1. 一種影像感測器的製造方法，包含：

形成一位於一磊晶層中的第一摻雜區域；及

形成一第二摻雜區域，且該第二摻雜區域是位於該磊晶層中以備製作一光電二極體；

其中，該第一摻雜區域位於該第二摻雜區域下方並與該第二摻雜區域分隔設置；

該磊晶層具有一第一導電類型；

該第一摻雜區域與該第二摻雜區域則具有一第二導電類型；且

該第一摻雜區域的摻雜濃度低於該第二摻雜區域的摻雜濃度。

### 2. 依據申請專利範圍第 1 項所述之影像感測器的製造方法，

其中，是先形成該第一摻雜區域之後，再形成該第二摻雜區域。

### 3. 依據申請專利範圍第 1 項所述之影像感測器的製造方法，

其中，該第一摻雜區域的形成是經由一離子植入光罩形成該第一摻雜區域，而該第二摻雜區域的形成是經由該同一個離子植入光罩形成該第二摻雜區域。

### 4. 依據申請專利範圍第 1 項所述之影像感測器的製造方法，

其中，該第一摻雜區域的形成是將離子以植入的方式形成於該磊晶層中。

### 5. 依據申請專利範圍第 4 項所述之影像感測器的製造方法，

其中，該第一摻雜區域的所植入的離子是磷化氫且是使用

至少 500Kev 的離子植入能量。

6. 依據申請專利範圍第 4 項所述之影像感測器的製造方法，其中，該第一摻雜區域的所植入的離子是磷化氫且是使用至少約 500KeV 到約 1.5MeV 的離子植入能量。

7. 依據申請專利範圍第 6 項所述之影像感測器的製造方法，其中，該第一摻雜區域的所植入的磷化氫離子劑量是約  $1 \times 10^9$  離子/平方釐米到  $5 \times 10^{11}$  離子/平方釐米。

8. 一種影像感測器的製造方法，包含：

形成一位於一磊晶層中的第一摻雜區域；及

形成一位於一磊晶層中的光電二極體，且該光電二極體包括一第二摻雜區域；

其中，該第一摻雜區域位於該第二摻雜區域下方且與該第二摻雜區域分隔設置；

該磊晶層具有一第一導電類型；

該第一摻雜區域則具有一第二導電類型；且

該第一摻雜區域的形成令該光電二極體具有的一空乏區域被擴大。

9. 依據申請專利範圍第 8 項所述之影像感測器的製造方法，其中，該光電二極體的形成包括形成一第二摻雜區域；且該第二摻雜區域具有該第二導電類型；且該第一摻雜區域的摻雜濃度低於該第二摻雜區域的摻雜濃度。

10. 依據申請專利範圍第 9 項所述之影像感測器的製造方法，其中，該第一摻雜區域的形成是經由一離子植入光罩形成該第一摻雜區域，而該第二摻雜區域的形成是經由該同一

個離子植入光罩形成該第二摻雜區域。

11. 依據申請專利範圍第 8 項所述之影像感測器的製造方法，其中，該第一摻雜區域的形成是將離子以植入的方式形成於該磊晶層中。
12. 依據申請專利範圍第 11 項所述之影像感測器的製造方法，其中，該第一摻雜區域的所植入的離子是磷化氫且是使用至少 500Kev 的離子植入能量。
13. 依據申請專利範圍第 11 項所述之影像感測器的製造方法，其中，該第一摻雜區域的所植入的離子是磷化氫且是使用至少約 500KeV 到約 1.5MeV 的離子植入能量。
14. 依據申請專利範圍第 13 項所述之影像感測器的製造方法，其中，該第一摻雜區域的所植入的磷化氫離子劑量是約  $1 \times 10^9$  離子/平方釐米到  $5 \times 10^{11}$  離子/平方釐米。
15. 一種影像感測器的製造方法，包含：
  - 形成一位於一磊晶層中的第一摻雜區域；及
  - 形成一位於一磊晶層中的光電二極體，且該光電二極體包括一第二摻雜區域；
  - 其中，該第一摻雜區域位於該第二摻雜區域下方且與該第二摻雜區域分隔設置；
  - 該磊晶層具有一第一導電類型；
  - 該第一摻雜區域則具有一第二導電類型；且
  - 該第一摻雜區域的形成令該光電二極體具有的一空乏區域被擴大。
16. 依據申請專利範圍第 15 項所述之影像感測器的製造方

法，其中，是先形成該第一摻雜區域之後，再形成該光電二極體。

17. 依據申請專利範圍第 15 項所述之影像感測器的製造方法，其中，該第一摻雜區域的形成是經由一離子植入光罩形成該第一摻雜區域，而該光電二極體的第二摻雜區域的形成是經由該同一個離子植入光罩形成該第二摻雜區域。
18. 依據申請專利範圍第 15 項所述之影像感測器的製造方法，其中，該第一摻雜區域的形成是將磷化氫離子以離子植入的方式形成於該磊晶層中，且使用至少 500Kev 的離子植入能量。
19. 依據申請專利範圍第 15 項所述之影像感測器的製造方法，其中，該第一摻雜區域的形成是將磷化氫離子以離子植入的方式形成於該磊晶層中，且使用至少約 500KeV 到約 1.5MeV 的離子植入能量。
20. 依據申請專利範圍第 19 項所述之影像感測器的製造方法，其中，該第一摻雜區域的所植入的磷化氫離子劑量是約  $1 \times 10^9$  離子/平方釐米到  $5 \times 10^{11}$  離子/平方釐米。

八、圖式：

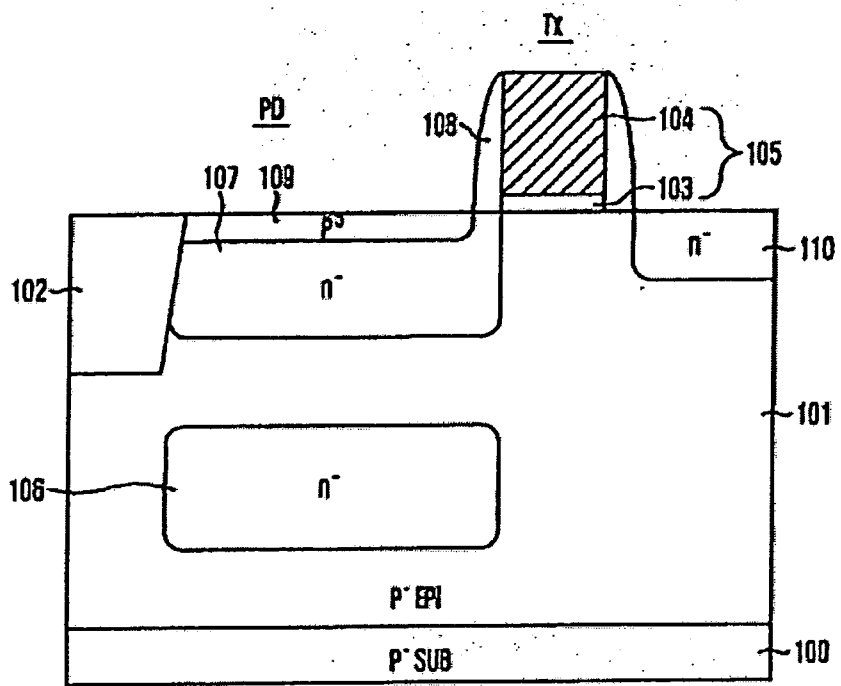


圖 1

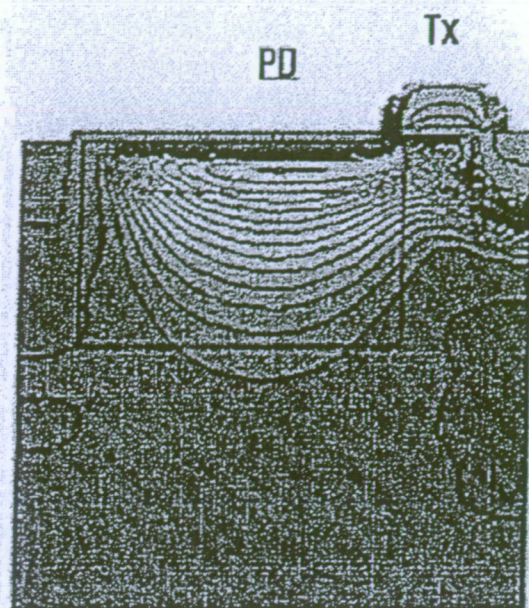


圖 2A

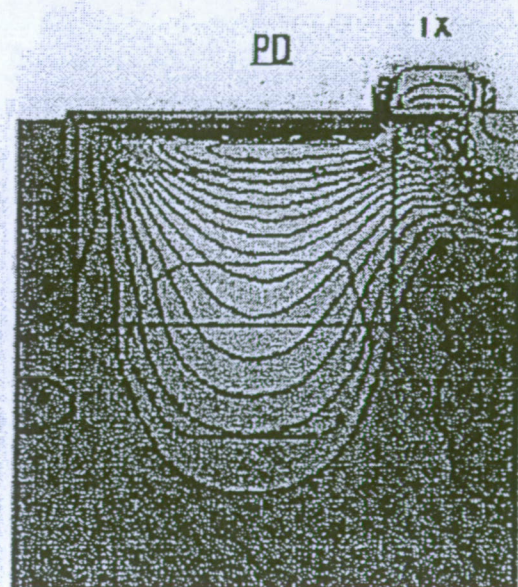


圖 2B

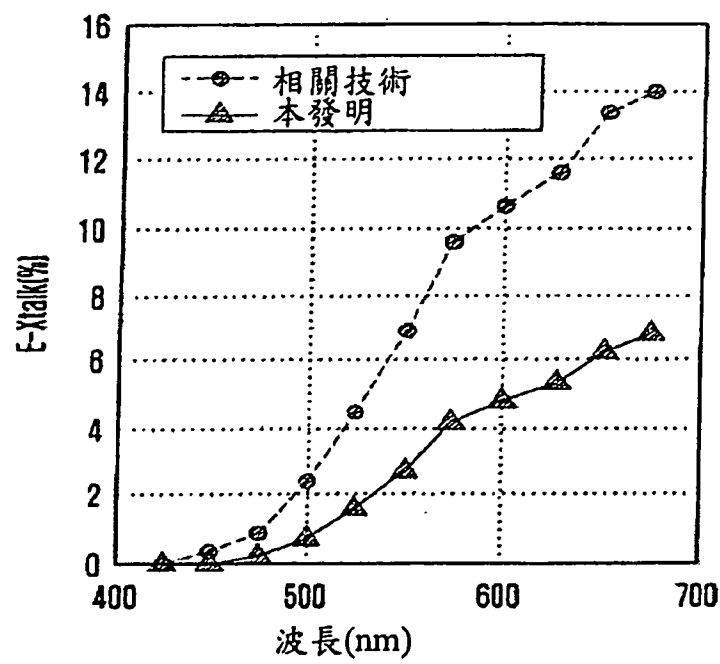


圖 3A

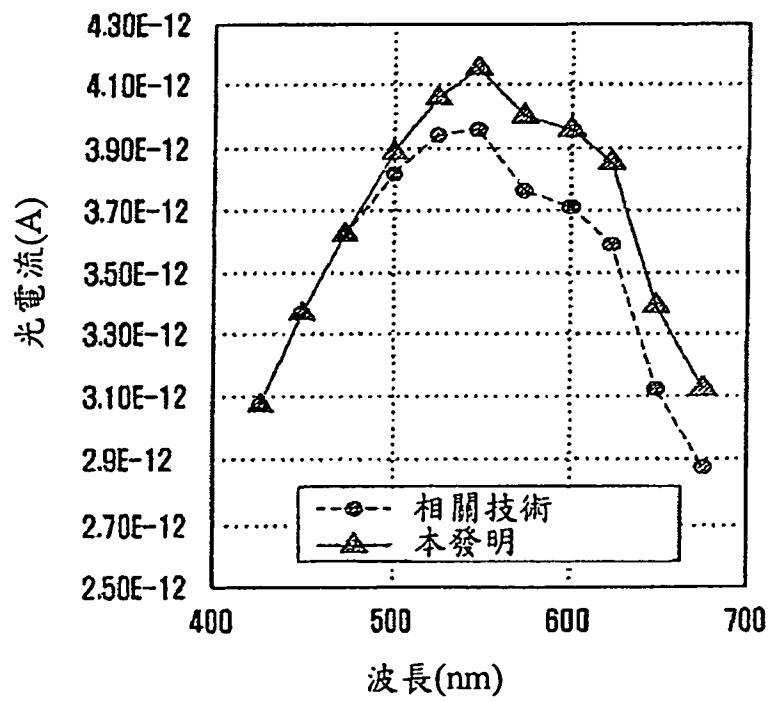


圖 3B

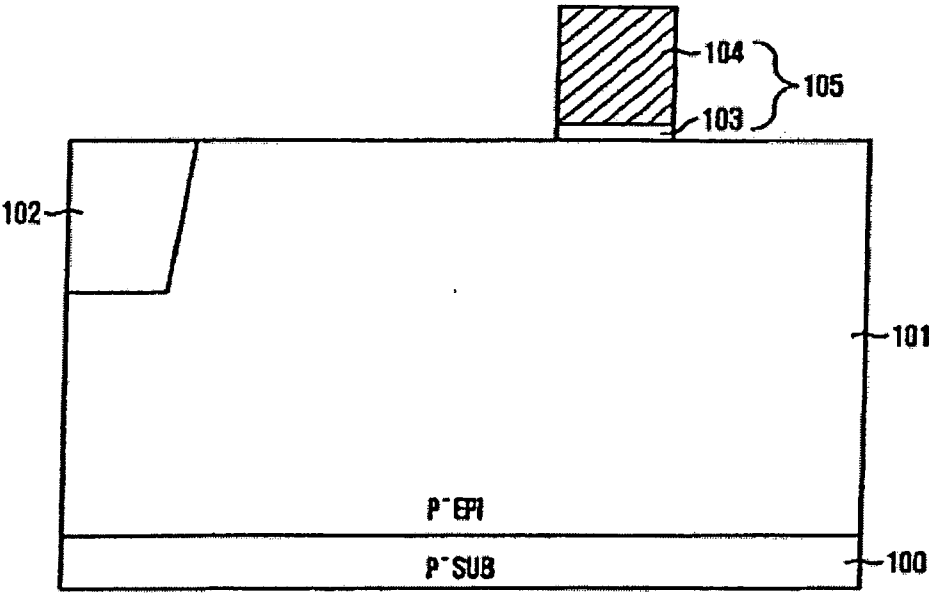


圖 4A

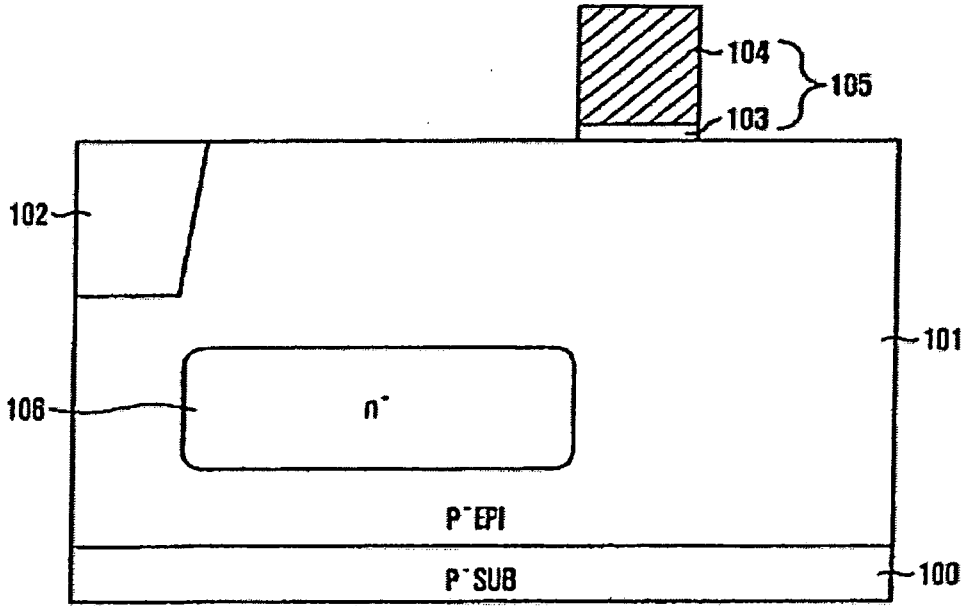


圖 4B

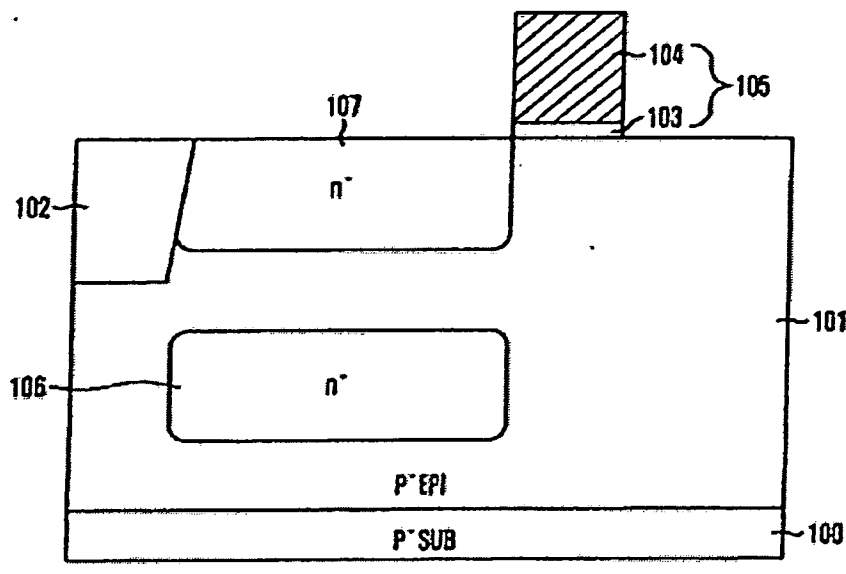


圖 4C

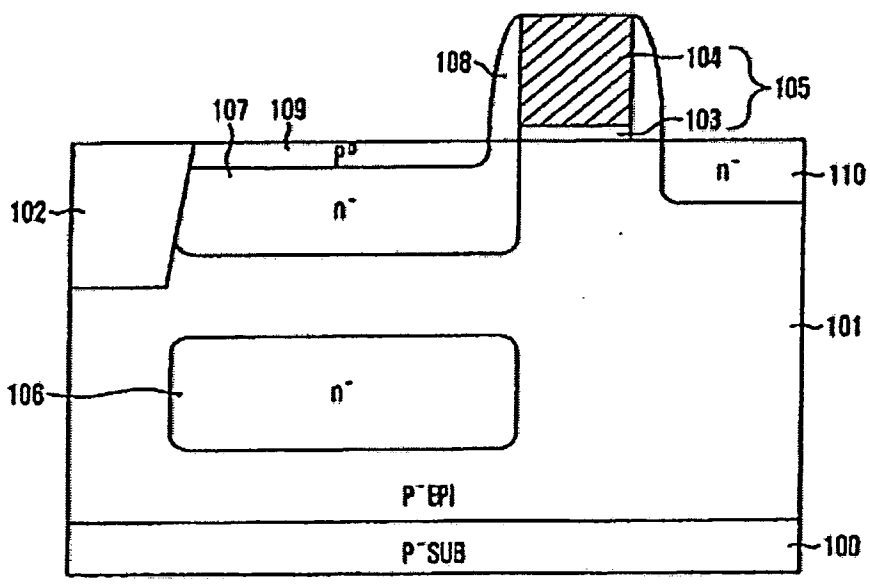


圖 4D