



(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 I793407 B

(45)公告日：中華民國 112 (2023) 年 02 月 21 日

(21)申請案號：109109304

(22)申請日：中華民國 109 (2020) 年 03 月 20 日

(51)Int. Cl. : **H01L31/16 (2006.01)****G01T1/20 (2006.01)****H01S5/32 (2006.01)**

(30)優先權：2019/03/29 世界智慧財產權組織 PCT/CN2019/080406

(71)申請人：大陸商深圳慎觀德芯科技有限公司 (中國大陸) SHENZHEN XPECTVISION TECHNOLOGY CO., LTD. (CN)

中國大陸

(72)發明人：曹培炎 CAO, PEIYAN (CN)；劉雨潤 LIU, YURUN (CN)

(74)代理人：葉璟宗；卓俊傑

(56)參考文獻：

TW 201415611A

JP H2-232977A

US 2010/0014631A1

US 2011/0174981A1

US 2017/0082558A1

審查人員：莊敏宏

申請專利範圍項數：35 項 圖式數：9 共 28 頁

(54)名稱

帶有閃爍體的輻射檢測器及其製造方法

(57)摘要

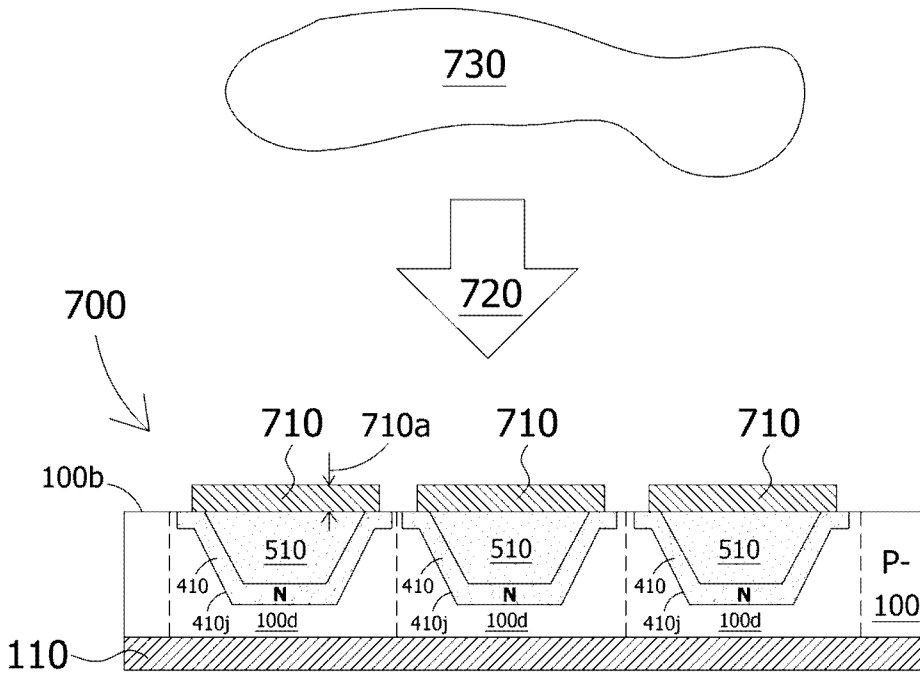
本發明公開了一種帶有閃爍體的輻射檢測器，其包括：包括第一接面的第一光電二極體；第一閃爍體，其中在第一平面中並且在所述第一閃爍體內部的第一點在所述第一平面中基本上完全被所述第一平面和所述第一接面的交點所包圍。所述第一接面是 p-n 接面、p-i-n 接面、異質接面或肖特基接面。所述輻射檢測器進一步包括第一反射器，所述第一反射器被配置為將由所述第一閃爍體發射的基本上全部的光子引導到所述第一光電二極體中。所述第一閃爍體基本上完全被所述第一反射器和所述第一光電二極體包圍。

Disclosed herein is a radiation detector with scintillators, comprising a first pixel; a first reflector; and a first scintillator, wherein the first reflector is configured to guide essentially all photons emitted by the first scintillator into the first pixel. The first reflector is configured to reflect photons emitted by the first scintillator toward the first reflector. The first scintillator is essentially completely enclosed by the first reflector and the first pixel.

指定代表圖：

符號簡單說明：

- 100:基板
- 100d:基板部分
- 100b:表面
- 110:公共電極
- 410:區域
- 410j:p-n 界面
- 510:閃爍體
- 700:輻射檢測器
- 710:反射器
- 710a:厚度
- 720:輻射
- 730:物體



【圖8】



I793407

## 【發明摘要】

【中文發明名稱】帶有閃爍體的輻射檢測器及其製造方法

【英文發明名稱】RADIATION DETECTORS WITH

SCINTILLATORS AND MANUFACTURING METHOD THEREOF

【中文】本發明公開了一種帶有閃爍體的輻射檢測器，其包括：包括第一接面的第一光電二極體；第一閃爍體，其中在第一平面中並且在所述第一閃爍體內部的第一點在所述第一平面中基本上完全被所述第一平面和所述第一接面的交點所包圍。所述第一接面是 p-n 接面、p-i-n 接面、異質接面或肖特基接面。所述輻射檢測器進一步包括第一反射器，所述第一反射器被配置為將由所述第一閃爍體發射的基本上全部的光子引導到所述第一光電二極體中。所述第一閃爍體基本上完全被所述第一反射器和所述第一光電二極體包圍。

【英文】Disclosed herein is a radiation detector with scintillators, comprising a first pixel; a first reflector; and a first scintillator, wherein the first reflector is configured to guide essentially all photons emitted by the first scintillator into the first pixel. The first reflector is configured to reflect photons emitted by the first scintillator toward the first reflector. The first scintillator is

essentially completely enclosed by the first reflector and the first pixel.

【指定代表圖】圖8。

【代表圖之符號簡單說明】

100:基板

100d:基板部分

100b:表面

110:公共電極

410:區域

410j:p-n 接面

510:閃爍體

700:輻射檢測器

710:反射器

710a:厚度

720:輻射

730 物體

【特徵化學式】

無

## 【發明說明書】

【中文發明名稱】帶有閃爍體的輻射檢測器及其製造方法

【英文發明名稱】RADIATION DETECTORS WITH  
SCINTILLATORS AND MANUFACTURING METHOD THEREOF

### 【技術領域】

【0001】本發明是有關於一種輻射檢測器，特別是有關於一種帶有閃爍體的輻射檢測器及其製造方法。

### 【先前技術】

【0002】輻射檢測器是一種測量輻射的特性的裝置。所述特性的示例可包括輻射的強度、相位和偏振的空間分佈。輻射可以是與物體相互作用的輻射。例如，由輻射檢測器測量的輻射可以是已經從物體穿透或從物體反射的輻射。輻射可以是電磁輻射，比如紅外光、可見光、紫外光、X射線或 $\gamma$ 射線。輻射可以是其他類型，比如 $\alpha$ 射線和 $\beta$ 射線。輻射可以包括輻射粒子，例如光子（電磁波）和亞原子粒子。

### 【發明內容】

【0003】本發明公開了一種帶有閃爍體的輻射檢測器，其包括：包括第一接面的第一光電二極體，和第一閃爍體，其中在第一平面中並且在所述第一閃爍體內部的第一點在所述第一平面中基本上完全被所述第一平面和所述第一接面的交點所包圍。

【0004】根據實施例，所述第一接面是 p-n 接面、p-i-n 接面、異質接面或肖特基接面。

【0005】根據實施例，所述第一光電二極體被配置為測量由所述第一閃爍體發射並入射在所述第一光電二極體上的光子的特性。

【0006】根據實施例，所述特性是能量、輻射通量、波長或頻率。

【0007】根據實施例，所述第一閃爍體與所述第一光電二極體直接物理接觸。

【0008】根據實施例，所述第一閃爍體包含碘化鈉。

【0009】根據實施例，所述第一閃爍體包括量子點。

【0010】根據實施例，所述輻射檢測器進一步包括基板，其中所述第一閃爍體在所述基板的基板表面的凹部中。

【0011】根據實施例，所述凹部具有截錐形的形狀。

【0012】根據實施例，所述第一光電二極體在所述基板中。

【0013】根據實施例，所述第一接面與所述凹部的側壁和底壁一致。

【0014】根據實施例，所述輻射檢測器進一步包括第一反射器，所述第一反射器被配置為將由所述第一閃爍體發射的基本上全部的光子引導到所述第一光電二極體中。

【0015】根據實施例，所述第一反射器被配置為將由所述第一閃爍體發射的光子朝向所述第一反射器反射。

【0016】根據實施例，所述第一反射器對於某些輻射粒子並非是不透明的，當所述輻射粒子入射到所述第一閃爍體上時，這些輻射粒子能夠使所述第一閃爍體發射光子。

【0017】根據實施例，所述第一閃爍體基本上完全被所述第一反射

器和所述第一光電二極體包圍。

【0018】根據實施例，所述第一反射器包括選自鋁、銀、金、銅及其任意組合的材料。

【0019】根據實施例，所述第一反射器與所述第一閃爍體直接物理接觸。

【0020】根據實施例，所述第一反射器電連接到所述第一光電二極體。

【0021】根據實施例，所述輻射檢測器進一步包括第二光電二極體，其包括第二接面並且與第一光電二極體相鄰；和第二閃爍體，其中，在第二平面中並且在所述第二閃爍體內部的第二點在所述第二平面中基本上完全被所述第二平面和所述第二接面的相交點包圍。

【0022】根據實施例，所述輻射檢測器進一步包括第二反射器，所述第二反射器被配置為將由所述第二閃爍體發射的基本上全部的光子引導到所述第二光電二極體中。

【0023】根據實施例，所述輻射檢測器進一步包括電連接到所述第一光電二極體和所述第二光電二極體的公共電極。

【0024】本發明公佈一種帶有閃爍體的輻射檢測器的製造方法，其包括：在基板的基板表面上形成第一凹部；在所述基板中形成第一接面；以及在所述第一凹部中形成第一閃爍體，其中在第一平面中並且在所述第一閃爍體內部的第一點在所述第一平面中基本上完全被所述第一平面和所述第一接面的交點所包圍。

【0025】根據實施例，所述第一接面是 p-n 接面、p-i-n 接面、異質接面或肖特基接面。

【0026】根據實施例，包括所述第一接面的第一光電二極體被配置為測量由所述第一閃爍體發射並入射在所述第一光電二極體上的光子的特性。

【0027】根據實施例，所述特性是能量、輻射通量、波長或頻率。

【0028】根據實施例，所述第一接面與所述第一凹部的側壁和底壁一致。

【0029】根據實施例，所述第一接面的形成包括離子注入。

【0030】根據實施例，所述第一閃爍體在所述第一凹部中的形成包括：在所述基板的所述基板表面上形成閃爍體層；以及拋光所述閃爍體層的層表面，直到所述基板表面被暴露在周圍環境中。

【0031】根據實施例，所述方法進一步包括在所述第一閃爍體上形成第一反射器，其中所述第一反射器被配置為將由所述第一閃爍體發射的基本上全部的光子引導到包括所述第一接面的第一光電二極體中。

【0032】根據實施例，所述第一反射器被配置為將由所述第一閃爍體發射的光子朝向所述第一反射器反射。

【0033】根據實施例，所述第一反射器對於某些輻射粒子並非是不透明的，當所述輻射粒子入射到所述第一閃爍體上時，這些輻射粒子能夠使所述第一閃爍體發射光子。

【0034】根據實施例，所述第一閃爍體基本上完全被所述第一反射器和所述第一光電二極體包圍。

【0035】根據實施例，所述第一反射器包括選自鋁、銀、金、銅及其任意組合的材料。

【0036】根據實施例，所述第一反射器與所述第一閃爍體直接物理

接觸。

【0037】根據實施例，所述第一反射器電連接到所述第一光電二極體。

【0038】根據實施例，所述方法進一步包括：在所述基板的所述基板表面上形成第二凹部；在所述基板中形成第二接面；以及在所述第二凹部中形成第二閃爍體，其中在第二平面中並且在所述第二閃爍體內部的第二點在所述第二平面中基本上完全被所述第二平面和所述第二接面的交點所包圍。

【0039】根據實施例，所述方法進一步包括在所述第二閃爍體上形成第二反射器，其中所述第二反射器被配置為將由所述第二閃爍體發射的基本上全部的光子引導到包括所述第二接面的第二光電二極體中。

### 【圖式簡單說明】

#### 【0040】

圖 1 至圖 9 是根據本發明一些實施例的輻射檢測器的結構、製造過程以及操作的示意圖。

#### 【實施方式】

【0041】圖 1 至圖 9 是根據本發明一些實施例的輻射檢測器 700 的結構、製造過程以及操作的示意圖。具體地講，參照圖 1，所述製造過程可以從基板 100 開始。所述基板 100 可以是半導體基板。例如，所述基板 100 可以包括可被輕摻雜有諸如硼原子的 P 型摻

雜劑的矽 (Si)。所述基板 100 可以具有表面 100a 和表面 100b。所述表面 100a 可以與所述表面 100b 相對。

**【0042】** 在實施例中，公共電極 110 可以形成在所述基板 100 的所述表面 100a 上。所述公共電極 110 可以包括金 (Au)。如果使用金，則所述公共電極 110 可以使用諸如濺射沉積的物理氣相沉積 (PVD) 工藝形成。

**【0043】** 參照圖 3，在實施例中，可以在所述基板 100 的所述表面 100b 上形成凹部 310。具體地講，在實施例中，所述凹部 310 可以形成如下。可以將具有孔的蝕刻掩模（例如，通過光刻形成的範本或圖案）放置在所述基板 100 的所述表面 100b 上，使得所述孔位於將要形成所述凹部 310 的位置。通過所述孔暴露的所述基板 100 的部分被蝕刻掉，從而形成所述凹部 310（圖 3）。所述蝕刻可以是使用諸如氫氧化鉀 (KOH) 的蝕刻劑的各向異性濕蝕刻或幹蝕刻。

**【0044】** 在實施例中，所述基板 100 的所述表面 100b 可以是(100) 矽晶體平面。其結果是，如圖 3 所示，由濕蝕刻產生的所述凹部 310 具有有著平坦的底壁和成角度的側壁的截錐形的形狀，取決於形成所述凹部 310 的方法，所述凹部 310 也可以具有其他形狀。

**【0045】** 參照圖 4，在實施例中，可以在所述基板 100 中形成接面。例如，可以在所述基板 100 中以及所述凹部 310 的側壁和底壁上形成 N 型 Si 區域 410。具體地講，可以通過離子注入工藝來形成 N 型 Si 區域 410。更具體地講，可以將具有孔的範本（未示出）

放置在圖 3 的所述基板 100 的所述表面 100b 上，使得所述凹部 310 通過所述孔暴露。然後，所述模版可以用作蔭罩，以摻雜通過所述孔暴露的所述基板 100 的所述區域。所述摻雜中使用的摻雜劑可以是諸如磷原子的 N 型摻雜劑。所述範本阻止所述摻雜劑離子到達所述凹部 310 之間的所述基板 100 的所述區域，但是通過所述孔將所述基板 100 的其他區域（包括所述凹部 310）暴露給摻雜劑離子。在所述離子注入之後，可以去除所述模版並且可以執行退火工藝，從而產生 N 型 Si 區域 410（圖 4）。在替代實施例中，代替使用所述範本，可以將圖案掩模（未示出）用於所述離子注人工藝。所述圖案掩模可以通過光刻法形成在圖 3 的所述基板 100 上。

**【0046】** 在實施例中，可以在所述凹部 310 中形成閃爍體。具體地講，例如，可以將閃爍體材料沉積在圖 4 的結構上，從而產生如圖 5 所示的閃爍體層 510t。所述閃爍體材料回應於入射在所述閃爍體材料上的輻射（例如，X 射線）而發射光子（例如，可見光光子）。在實施例中，所述閃爍體層 510t 可以包括碘化鈉（NaI）或量子點。

**【0047】** 參照圖 5，在實施例中，形成所述閃爍體可以包括拋光所述閃爍體層 510t 的表面 510t'，直到所述基板 100 的所述表面 100b 暴露于周圍的環境中，如圖 6 所示，在所述凹部 310 中形成閃爍體 510（圖 4）。圖 7 示意示出圖 6 的所述結構的沿平面 6'-6'的截面圖。換句話說，圖 7 示意示出圖 6 的所述結構在平面 6'-6'上的

截面圖，所述平面 6'-6'包括線 6'-6'並且垂直於圖 6 的頁面。

【0048】在圖 6 中，應注意，每個 N 型區域 410 與所述 P 型基板 100 的基板部分 100d 一起形成了一個光電二極體 410+100d，所述光電二極體 410+100d 在 N 型區域 410 與 P 型基板部分 100d 的介面處包含 p-n 介面 410j。圖 6 示出了 3 個這樣的光電二極體 410+100d。所述 p-n 介面 410j 可以與所述相關聯的閃爍體 510 現在佔據的所述凹部 310（圖 4）的側壁和底壁一致。

【0049】在實施例中，全部光電二極體 410+100d 可以共用（即，電連接到）所述公共電極 110。在圖 7 中（即，在平面 6'-6'中），應注意，在所述平面 6'-6'中並在閃爍體 510 內部的點 M 在平面 6'-6'中基本上完全被所述平面 6'-6'和相關聯的光電二極體 410 的 p-n 介面 410j 的交點 410j'包圍。“基本上完全”是指完全或幾乎完全。

【0050】參照圖 8，在實施例中，反射器 710 可根據實施例在閃爍體 510 上形成。可以使用光刻工藝來形成所述反射器 710。在實施例中，每個所述反射器 710 的材料和厚度 710a 可以使得所述反射器 710 對於來自物體 730 的輻射 720 的至少一部分輻射粒子並非是不透明的。在實施例中，每個反射器 710 的材料和厚度 710a 可以使得所述反射器 710 基本上將由相關聯的閃爍體 510 發射的全部光子朝著所述反射器 710 反射。具體地講，所述反射器 710 可以包括鋁、銀、金、銅或其任何組合。所述厚度 710a 可以為大約 10 微米（ $\mu\text{m}$ ）。

【0051】在實施例中，所述反射器 710 可以與所述閃爍體 510 形成

一對一的直接物理接觸。在實施例中，所述反射器 710 可以與所述光電二極體 410+100d 的 N 型區域 410 形成一對一的直接物理接觸。其結果是，每個反射器 710 電連接到所述關聯的光電二極體 410+100d。在實施例中，所述反射器 710 可以被形成使得每個所述閃爍體 510 基本上完全被 N 型 Si 區域 410 和反射器 710 包圍。換句話說，每個閃爍體 510 基本上完全被光電二極體 410+100d 和反射器 710 包圍。

**【0052】** 具體地講，在實施例中，所述反射器 710 可以形成如下。可以在圖 6 的結構上形成光致抗蝕劑層（未示出）。可以對所述光致抗蝕劑層進行構圖，以暴露所述閃爍體 510 和所述 N 型 Si 區域 410 但覆蓋所述 N 型 Si 區域 410 之間的區域。然後，可以執行物理氣相沉積工藝（例如，濺射沉積），以便在圖 6 的所述結構的未被所述圖案化的光致抗蝕劑層覆蓋的表面上沉積諸如鋁（Al）等合適的材料，從而形成反射器 710（圖 8）。之後，可以去除所述圖案化的光致抗蝕劑層，從而得到圖 8 的輻射檢測器 700。圖 9 示意示出圖 8 的輻射檢測器 700 的俯視圖。

**【0053】** 在實施例中，每個光電二極體 410+100d 可以被配置為檢測入射在其上的輻射粒子（例如，由所述相關聯的閃爍體 510 發射的入射光子），並且可以被配置為測量所述入射輻射粒子的特性（例如，能量、輻射通量、波長和頻率）。在實施例中，可以基於由所述相關聯的閃爍體 510 發射並入射在所述光電二極體 410+100d 上的光子的測量特性（例如，總能量）來確定入射在所

述相關聯的閃爍體 510 上的輻射粒子的特性（例如，總能量）。

【0054】例如，每個光電二極體 410+100d 可以被配置為在一段時間內對入射在其上的，能量落入多個能量倉中的輻射粒子的數量進行計數。全部所述光電二極體 410+100d 可以被配置為對在相同時間段內入射在其上的的多個能量倉內的輻射粒子的數量進行計數。當所述入射的輻射粒子具有相似的能量時，所述光電二極體 410+100d 可以簡單地配置為對一段時間內入射到其上的輻射粒子的數量進行計數，而無需測量各個輻射粒子的能量。

【0055】每個光電二極體 410+100d 可以具有其自己的模數轉換器（ADC），所述模數轉換器被配置為將代表入射輻射粒子的能量的類比信號數位化為數位信號，或者將代表多個入射輻射粒子的總能量的類比信號數位化為數位信號。所述光電二極體 410+100d 可以被配置為平行作業。例如，當一個光電二極體 410+100d 測量一個入射輻射粒子時，另一光電二極體 410+100d 可能正在等待一個輻射粒子到達。所述光電二極體 410+100d 可以不必是可單獨定址的。

【0056】這裡描述的所述半導體 X 射線檢測器 100 可具有多種應用，比如 X 射線望遠鏡、乳腺 X 射線照相、工業 X 射線缺陷檢測、X 射線顯微鏡或 X 射線顯微照相、X 射線鑄件檢驗、X 射線無損檢測、X 射線焊縫檢驗、X 射線數位減影血管造影等。它可適用於使用所述半導體 X 射線檢測器 100 代替照相底片、攝影膠片、PSP 膠片、X 射線圖像增強器、閃爍體或另一種半導體 X 射線檢

測器。

【0057】在實施例中，所述輻射檢測器 700 可以有如下操作。假設所述輻射檢測器 700 暴露於較早與所述物體 730（例如動物）相互作用的所述輻射 720（例如 X 射線）。其結果是，所述輻射 720 攜帶所述物體 730 的資訊。

【0058】對於在所述輻射檢測器 700 的光電二極體 410+100d 方向上傳播的所述輻射 720 的輻射粒子，因為與所述光電二極體相關聯的所述反射器 710 對於如上所述的輻射 720 的至少一部分並非是不透明的，所以這些輻射粒子中的至少一部分穿過所述相關聯的反射器 710 並進入與所述光電二極體相關聯的閃爍體 510。作為回應，所述相關聯的閃爍體 510 往基本上全部方向上發射光子。“基本上全部”是指全部或幾乎全部。

【0059】如上所述，由於每個閃爍體 510 基本上完全被所述相關聯的反射器 710 和所述相關聯的光電二極體 410+100d 包圍，所以由所述閃爍體 510 發射的每個光子可以進入所述光電二極體 410+100d 而與所述反射器 710 沒有相互作用，或者其在進入所述光電二極體 410+100d 之前從反射器 710 反彈。換句話說，所述反射器 710 防止了由所述閃爍體 510 發射的基本上全部（即，全部或幾乎全部）光子不進入所述光電二極體 410+100d。換句話說，所述反射器 710 將由所述閃爍體 510 發射的基本上全部（即，全部或幾乎全部）光子引導到所述光電二極體 410+100d 中。

【0060】當由所述閃爍體 510 發射的所述光子分別被所述反射器

710 引導到所述光電二極體 410+100d 中時，這些光子在所述光電二極體中產生所述物體 730 的代表資訊（例如，圖像）的電信號。在實施例中，這些電信號可以在被發送到電腦（未示出）以進一步處理和顯示所述物體 730 的資訊（例如圖像）之前，從所述光電二極體中讀出並由所述輻射檢測器 700 的電子結構進行處理。

【0061】總之，當所述輻射檢測器 700 暴露於較早與所述物體 730 相互作用的所述輻射 720 時，沿每個光電二極體 410+100d 的方向傳播的所述輻射 720 的至少一部分輻射粒子穿過所述相關聯的反射器 710 使所述相關聯的閃爍體 510 基本上在全部方向上發出光子。這些被發射的光子被所述相關聯的反射器 710 引導到所述光電二極體中，從而在所述光電二極體中產生相應的電信號。所述光電二極體中產生的電信號提供所述物體 730 的某些資訊（例如圖像）。

【0062】在上述實施例中，參照圖 8 和圖 9，所述基板 100 被摻雜為 P 型，而所述區域 410 被摻雜為 N 型。在替代實施例中，所述基板 100 可以被摻雜為 N 型，而所述區域 410 可以被摻雜為 P 型。

【0063】在上述實施例中，每個光電二極體的接面是 p-n 接面。通常，每個光電二極體的所述接面可以是 p-n 接面、p-i-n 接面、異質接面、肖特基接面或任何合適的接面。

【0064】在上述實施例中，所述反射器 710 存在於所述輻射檢測器 700 中。在替代實施例中，可以在所述輻射檢測器 700 中省略（即，不存在）所述反射器 710。

【0065】 在上述實施例中，參照圖 6、圖 7 和圖 8，所述輻射檢測器 700 包括以 2 行 3 列的陣列排列的 6 個光電二極體 410+100d。通常，所述輻射檢測器 700 可以包括以任何方式排列的任何數量的光電二極體 410+100d。

【0066】。雖然本發明已以實施例揭露如上，然其並非用以限定本發明，任何所屬技術領域中具有通常知識者，在不脫離本發明的精神和範圍內，當可作些許的更動與潤飾，故本發明的保護範圍當視後附的申請專利範圍所界定者為準。

#### 【符號說明】

#### 【0067】

100:基板

100d:基板部分

100a、100b、510t':表面

110:公共電極

310:凹部

410:區域

410j:p-n 接面

410j':交點

510:閃爍體

510t:閃爍體層

700:輻射檢測器

710:反射器

710a:厚度

720:輻射

730 物體

## 【發明申請專利範圍】

【請求項1】一種帶有閃爍體的輻射檢測器，包括：

包括第一接面的第一光電二極體；

第一閃爍體；以及

第一反射器，所述第一反射器被配置為將由所述第一閃爍體發射的基本上全部的光子引導到所述第一光電二極體中，且所述第一反射器電連接到所述第一光電二極體，

其中在第一平面中並且在所述第一閃爍體內部的第一點，在所述第一平面中基本上完全被所述第一平面和所述第一接面的交點所包圍。

【請求項2】如請求項1所述的輻射檢測器，其中所述第一接面是p-n接面、p-i-n接面、異質接面或肖特基接面。

【請求項3】如請求項1所述的輻射檢測器，其中所述第一光電二極體被配置為測量由所述第一閃爍體發射並入射在所述第一光電二極體上的光子的特性。

【請求項4】如請求項3所述的輻射檢測器，其中所述特性是能量、輻射通量、波長或頻率。

【請求項5】如請求項1所述的輻射檢測器，其中所述第一閃爍體與所述第一光電二極體直接物理接觸。

【請求項6】如請求項1所述的輻射檢測器，其中所述第一閃爍體包含碘化鈉。

【請求項7】如請求項1所述的輻射檢測器，其中所述第一閃爍體

包括量子點。

【請求項8】如請求項1所述的輻射檢測器，更包括基板，其中所述第一閃爍體在所述基板的基板表面的凹部中。

【請求項9】如請求項8所述的輻射檢測器，其中所述凹部具有截錐形的形狀。

【請求項10】如請求項8所述的輻射檢測器，其中所述第一基板包含矽。

【請求項11】如請求項8所述的輻射檢測器，其中所述第一光電二極體在所述基板中。

【請求項12】如請求項8所述的輻射檢測器，其中所述第一接面與所述凹部的側壁和底壁一致。

【請求項13】如請求項1所述的輻射檢測器，其中所述第一反射器被配置為將由所述第一閃爍體發射的光子朝向所述第一反射器反射。

【請求項14】如請求項1所述的輻射檢測器，其中所述第一反射器對於某些輻射粒子並非是不透明的，當所述輻射粒子入射到所述第一閃爍體上時，這些輻射粒子能夠使所述第一閃爍體發射光子。

【請求項15】如請求項1所述的輻射檢測器，其中所述第一閃爍體基本上完全被所述第一反射器和所述第一光電二極體包圍。

【請求項16】如請求項1所述的輻射檢測器，其中所述第一反射器包括選自鋁、銀、金、銅及其任意組合的材料。

【請求項17】 如請求項 1 所述的輻射檢測器，其中所述第一反射器與所述第一閃爍體直接物理接觸。

【請求項18】 如請求項 1 所述的輻射檢測器，更包括：

第二光電二極體，其包括第二接面並且與第一光電二極體相鄰；和

第二閃爍體，

其中，在第二平面中並且在所述第二閃爍體內部的第二點，在所述第二平面中基本上完全被所述第二平面和所述第二接面的相交點包圍。

【請求項19】 如請求項 18 所述的輻射檢測器，更包括第二反射器，所述第二反射器被配置為將由所述第二閃爍體發射的基本上全部的光子引導到所述第二光電二極體中。

【請求項20】 如請求項 18 所述的輻射檢測器，更包括電連接到所述第一光電二極體和所述第二光電二極體的公共電極。

【請求項21】 一種帶有閃爍體的輻射檢測器的製造方法，包括：

在基板的基板表面上形成第一凹部；

在所述基板中形成第一接面；

在所述第一凹部中形成第一閃爍體；以及

在所述第一閃爍體上形成第一反射器，其中所述第一反射器被配置為將由所述第一閃爍體發射的基本上全部的光子引導到包括所述第一接面的第一光電二極體中，且所述第一反射器電連接到所述第一光電二極體，

其中在第一平面中並且在所述第一閃爍體內部的第一點，在所述第一平面中基本上完全被所述第一平面和所述第一接面的交點所包圍。

【請求項22】 如請求項 21 所述的製造方法，其中所述第一接面是 p-n 接面、p-i-n 接面、異質接面或肖特基接面。

【請求項23】 如請求項 21 所述的製造方法，其中包括所述第一接面的第一光電二極體被配置為測量由所述第一閃爍體發射並入射在所述第一光電二極體上的光子的特性。

【請求項24】 如請求項 23 所述的製造方法，其中所述特性是能量、輻射通量、波長或頻率。

【請求項25】 如請求項 21 所述的製造方法，其中所述第一接面與所述第一凹部的側壁和底壁一致。

【請求項26】 如請求項 21 所述的方法，其中所述第一接面的形成包括離子注入。

【請求項27】 如請求項 21 所述的製造方法，其中所述第一閃爍體在所述第一凹部中的形成包括：

在所述基板的所述基板表面上形成閃爍體層；以及  
拋光所述閃爍體層的層表面，直到所述基板表面被暴露在周圍環境中。

【請求項28】 如請求項 21 所述的製造方法，其中所述第一反射器被配置為將由所述第一閃爍體發射的光子朝向所述第一反射器反射。

【請求項29】 如請求項 21 所述的製造方法，其中所述第一反射器對於某些輻射粒子並非是不透明的，當所述輻射粒子入射到所述第一閃爍體上時，這些輻射粒子能夠使所述第一閃爍體發射光子。

【請求項30】 如請求項 21 所述的製造方法，其中所述第一閃爍體基本上完全被所述第一反射器和所述第一光電二極體包圍。

【請求項31】 如請求項 21 所述的製造方法，其中所述第一反射器包括選自鋁、銀、金、銅及其任意組合的材料。

【請求項32】 如請求項 21 所述的製造方法，其中所述第一反射器與所述第一閃爍體直接物理接觸。

【請求項33】 如請求項 21 所述的製造方法，更包括：

在所述基板的所述基板表面上形成第二凹部；

在所述基板中形成第二接面；以及

在所述第二凹部中形成第二閃爍體，

其中在第二平面中並且在所述第二閃爍體內部的第二點，在所述第二平面中基本上完全被所述第二平面和所述第二接面的交點所包圍。

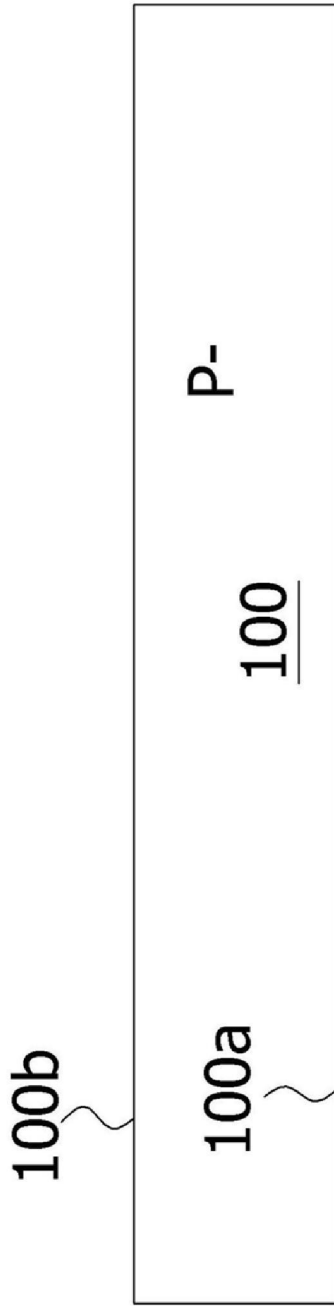
【請求項34】 如請求項 33 所述的製造方法，更包括在所述第二閃爍體上形成第二反射器，

其中所述第二反射器被配置為將由所述第二閃爍體發射的基本上全部的光子引導到包括所述第二接面的第二光電二極體中。

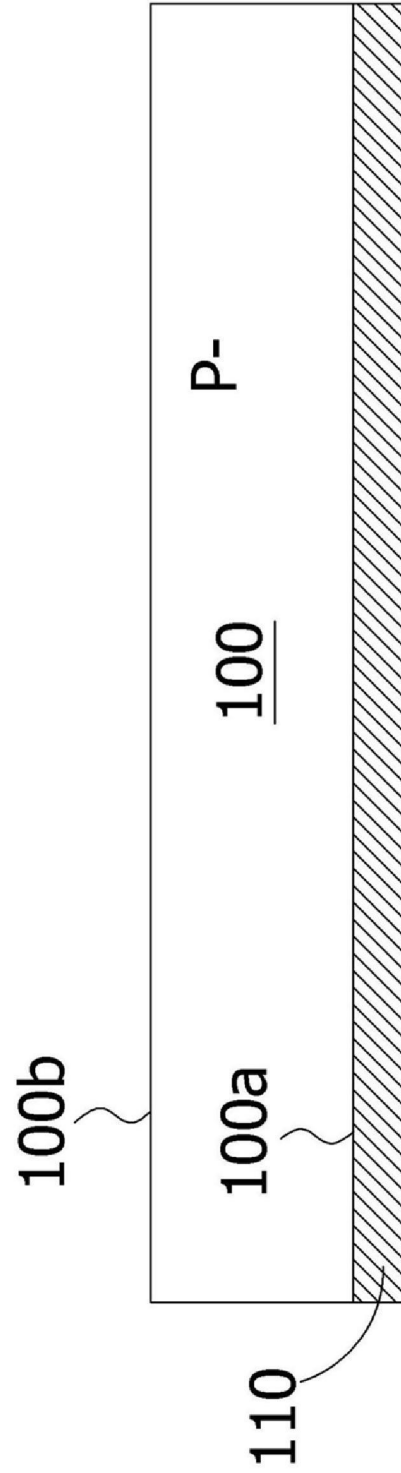
【請求項35】 如請求項 21 所述的製造方法，其中所述第一閃爍

體與所述第一光電二極體直接物理接觸。

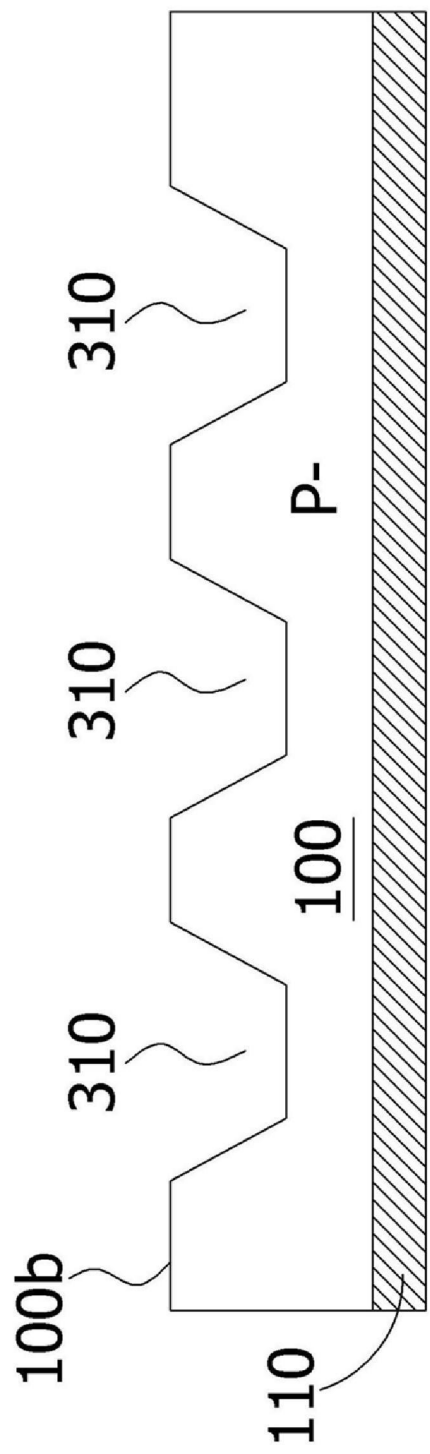
【發明圖式】



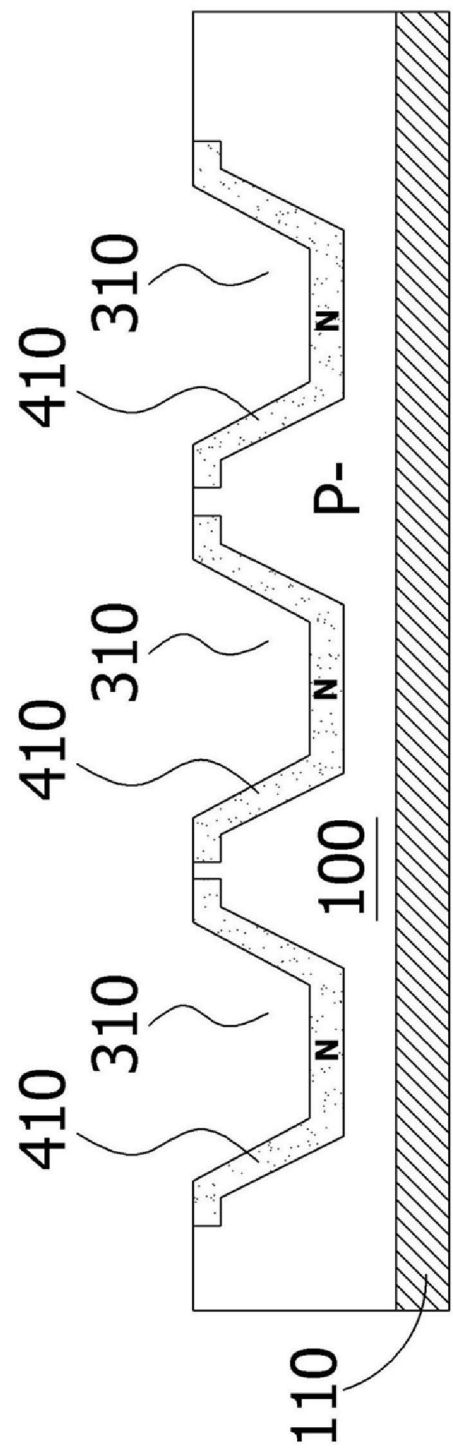
【圖1】



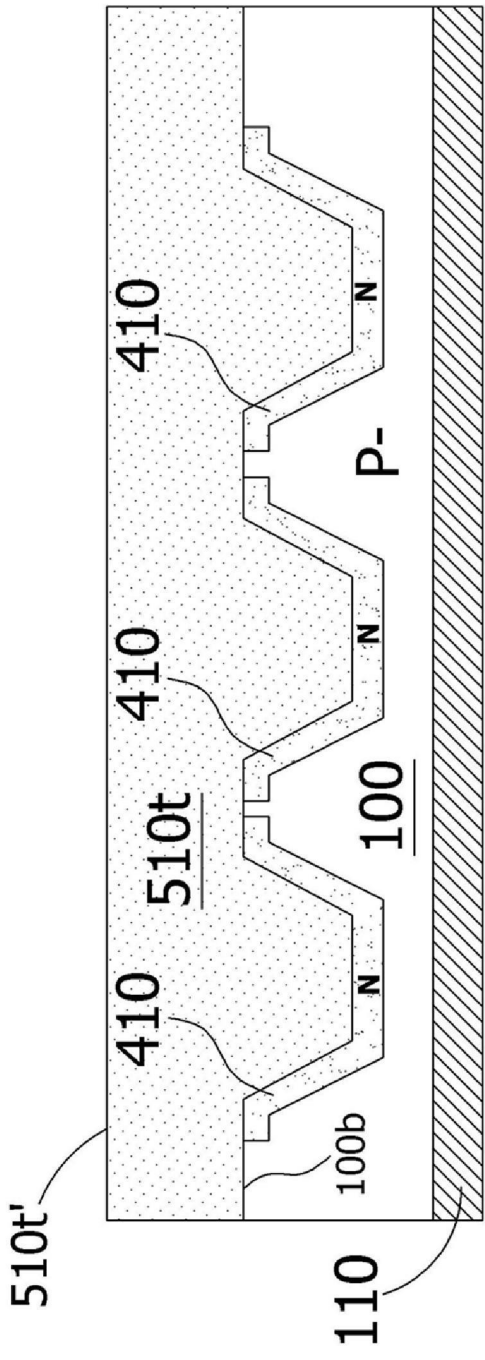
【圖2】



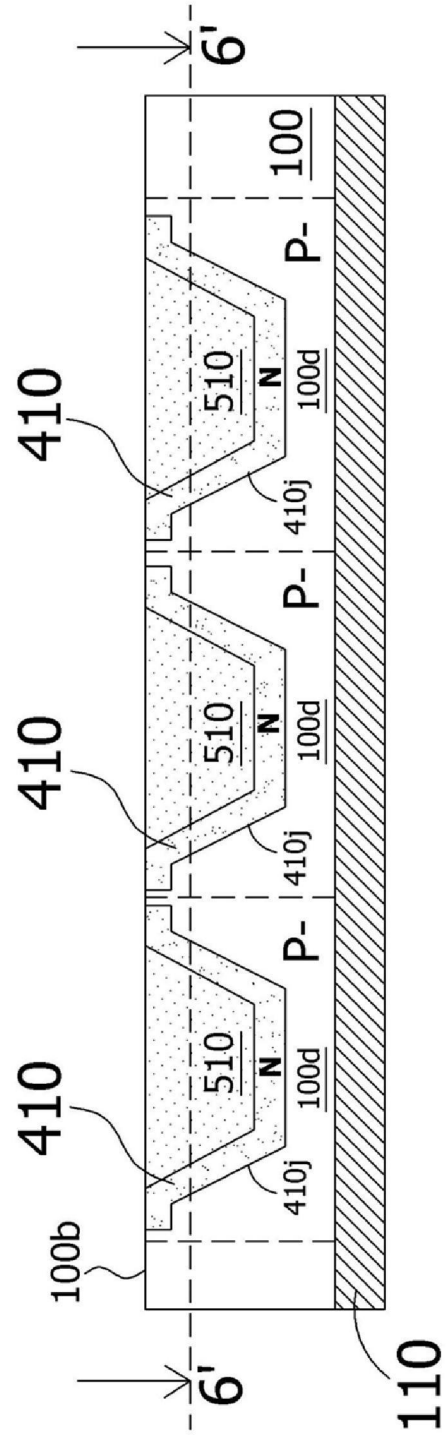
【圖3】



【圖4】

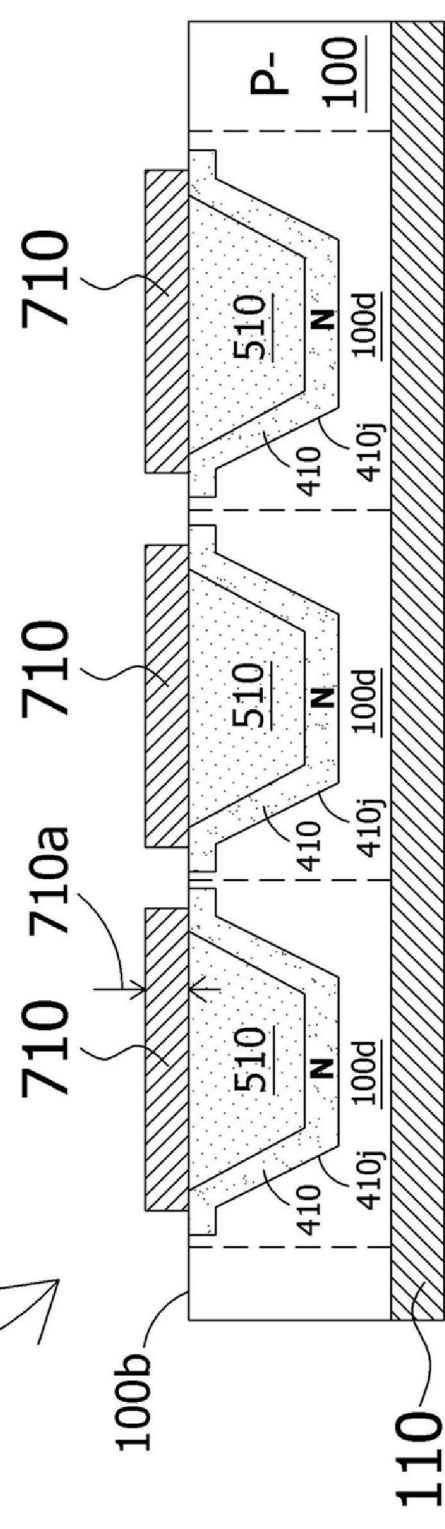
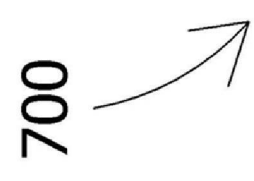
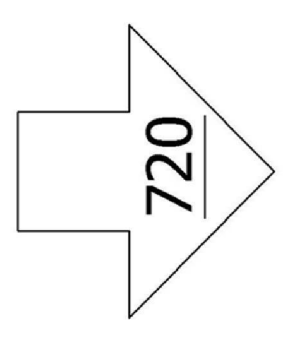
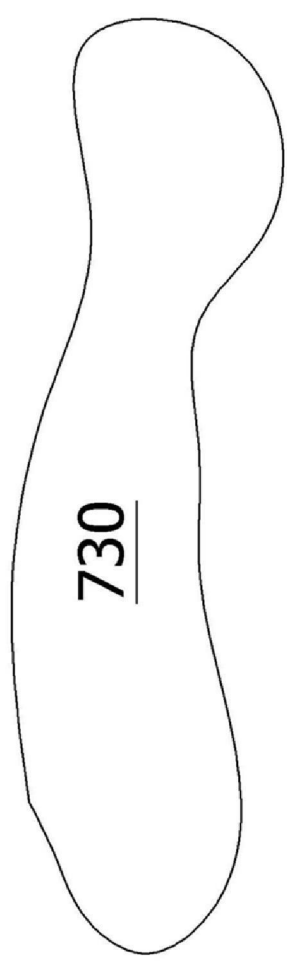


【圖5】

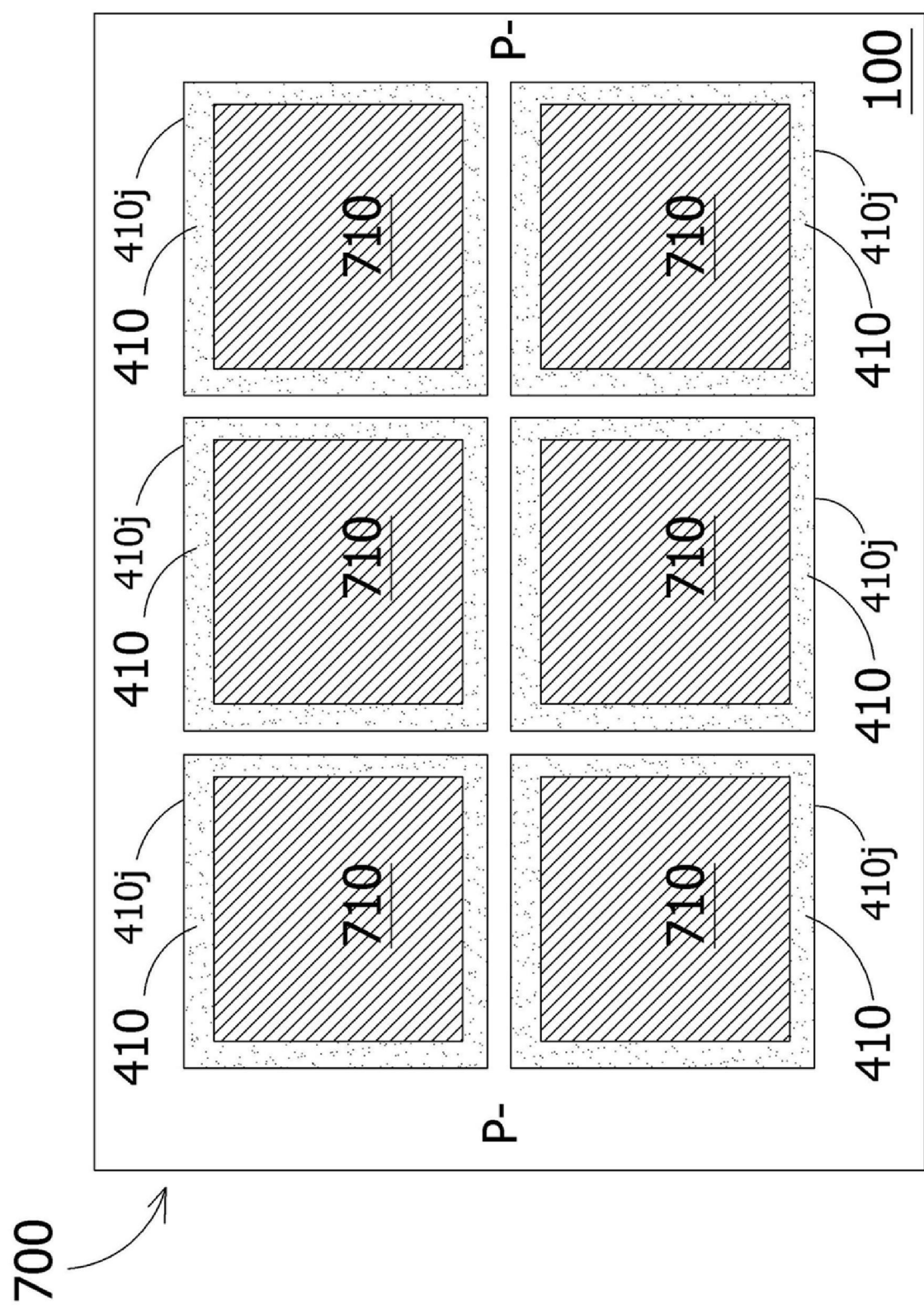


【圖6】





【圖8】



【圖9】