



(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 I433336 B

(45)公告日：中華民國 103 (2014) 年 04 月 01 日

(21)申請案號：099144824

(22)申請日：中華民國 99 (2010) 年 12 月 20 日

(51)Int. Cl. : H01L31/068 (2012.01)

H01L31/18 (2006.01)

(71)申請人：友達光電股份有限公司 (中華民國) AU OPTRONICS CORPORATION (TW)

新竹市新竹科學工業園區力行二路 1 號

(72)發明人：郭政彰 KUO, CHENG CHANG (TW)；李欣峯 LI, HSIN FENG (TW)；胡雁程 HU,

YEN CHENG (TW)；陳均維 CHEN, JUN WEI (TW)；陳人杰 CHEN, JEN CHIEH

(TW)；吳振誠 WU, ZHEN CHENG (TW)

(74)代理人：詹銘文；葉璟宗

(56)參考文獻：

TW 200947727A

TW 201027783A

審查人員：余宗翰

申請專利範圍項數：20 項 圖式數：6 共 0 頁

(54)名稱

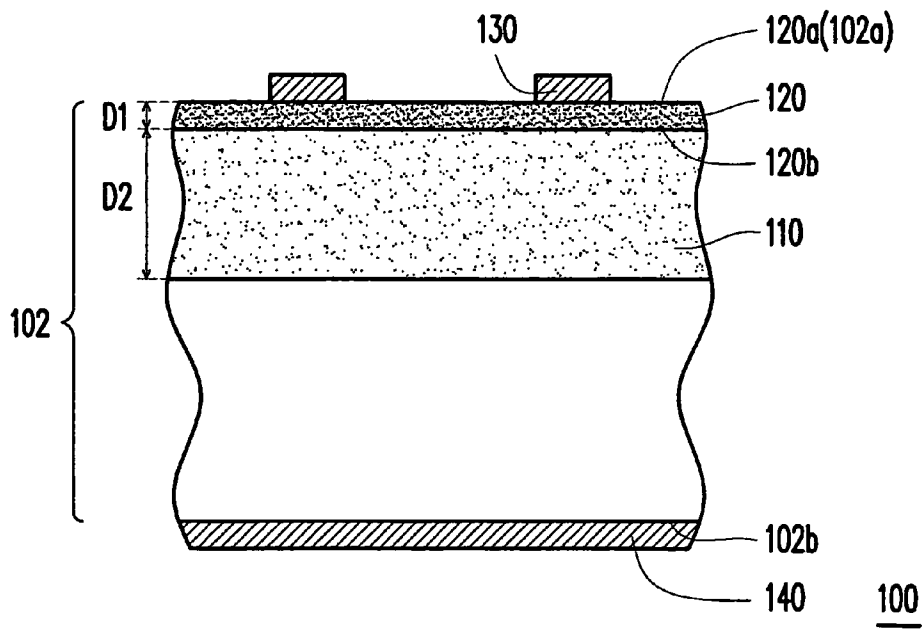
太陽能電池及其製造方法

SOLAR CELL AND FABRICATION METHOD THEREOF

(57)摘要

一種太陽能電池，包括一半導體基材、一重摻雜層、一淡摻雜層、一第一電極層以及一第二電極層。半導體基材具有一第一表面以及一第二表面。重摻雜層位於半導體基材內，且從半導體基材的第一表面往半導體基材之內部延伸一第一厚度。淡摻雜層位於半導體基材內，且從重摻雜層往半導體基材之內部延伸一第二厚度，其中重摻雜層的第一厚度小於淡摻雜層的第二厚度。第一電極層位於半導體基材的第一表面上。第二電極層位於半導體基材的第二表面上。

A solar cell is provided. The solar cell includes a semiconductor substrate, a heavily doped layer, a lightly doped layer, a first electrode layer and a second electrode layer. The semiconductor substrate has a first surface and a second surface. The heavily doped layer is disposed in the semiconductor substrate, and is extended with a first thickness from the first surface of the semiconductor substrate to an interior of the semiconductor substrate. The lightly doped layer is disposed in the semiconductor substrate, and is extended with a second thickness from the heavily doped layer to the interior of the semiconductor substrate. The first thickness of the heavily doped layer is smaller than the second thickness of the lightly doped layer. The first electrode layer is disposed on the first surface of the semiconductor substrate. The second electrode layer is disposed on the second surface of the semiconductor substrate.



- 100 . . . 太陽能電池
- 102 . . . 半導體基材
- 102a、102b . . . 表面
- 110 . . . 淡摻雜層
- 120 . . . 重摻雜層
- 120a、120b . . . 表面
- 130、140 . . . 電極層
- D1、D2 . . . 厚度

圖 1D

100

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：99144874 H01L 3/068 (2006.01)
 ※申請日：99.12.20 ※IPC 分類：H01L 3/08 (2006.01)

一、發明名稱：

太陽能電池及其製造方法 / SOLAR CELL AND
 FABRICATION METHOD THEREOF

二、中文發明摘要：

一種太陽能電池，包括一半導體基材、一重摻雜層、一淡摻雜層、一第一電極層以及一第二電極層。半導體基材具有一第一表面以及一第二表面。重摻雜層位於半導體基材內，且從半導體基材的第一表面往半導體基材之內部延伸一第一厚度。淡摻雜層位於半導體基材內，且從重摻雜層往半導體基材之內部延伸一第二厚度，其中重摻雜層的第一厚度小於淡摻雜層的第二厚度。第一電極層位於半導體基材的第一表面上。第二電極層位於半導體基材的第二表面上。

三、英文發明摘要：

A solar cell is provided. The solar cell includes a semiconductor substrate, a heavily doped layer, a lightly doped layer, a first electrode layer and a second electrode layer. The semiconductor substrate has a first surface and a

second surface. The heavily doped layer is disposed in the semiconductor substrate, and is extended with a first thickness from the first surface of the semiconductor substrate to an interior of the semiconductor substrate. The lightly doped layer is disposed in the semiconductor substrate, and is extended with a second thickness from the heavily doped layer to the interior of the semiconductor substrate. The first thickness of the heavily doped layer is smaller than the second thickness of the lightly doped layer. The first electrode layer is disposed on the first surface of the semiconductor substrate. The second electrode layer is disposed on the second surface of the semiconductor substrate.

四、指定代表圖：

(一) 本案之指定代表圖：圖 1D

(二) 本代表圖之元件符號簡單說明：

100：太陽能電池

102：半導體基材

102a、102b：表面

110：淡摻雜層

120：重摻雜層

120a、120b：表面

130、140：電極層

D1、D2：厚度

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明是有關於一種太陽能電池，且特別是有關於一種具有簡單製程的太陽能電池。

【先前技術】

矽基太陽能電池為業界常見的一種太陽能電池。矽基太陽能電池的原理是將高純度的半導體材料(矽)加入摻質使其呈現不同的性質，以形成 p 型半導體及 n 型半導體，並將 pn 兩型半導體相接合，如此即可形成一 p-n 接面。當太陽光照射到一個 p-n 結構的半導體時，光子所提供的能量可能會把半導體中的電子激發出來產生電子-電洞對。藉由分別於 p 型半導體及 n 型半導體上設置電極，使電洞往電場的方向移動並使電子則往相反的方向移動，如此即可構成太陽能電池。

一般來說，為了使設置於半導體上的電極與半導體之間具有較低的接觸阻抗，會於電極與半導體之間形成一重摻雜區域。也就是說，在形成電極之前，先對半導體的部分表面進行摻雜，使得未來與電極接觸的半導體表面具有較高的摻雜濃度，以提升半導體與電極之間的電性接觸。然而，進行上述的局部摻雜必須使用具有特定形狀的遮罩，且由於必須將電極形成於具有較高摻雜濃度的部分半導體表面上，因此需使用諸如網板印刷製程(screen printer process)等製程來形成電極。如此一來，導致太陽能電池具

有較複雜的製程以及較高的製造成本。

【發明內容】

本發明提供一種太陽能電池，具有較佳的效能。

本發明提供一種太陽能電池的製造方法，具有簡化的步驟。

本發明提出一種太陽能電池。太陽能電池包括一半導體基材、一重摻雜層、一淡摻雜層、一第一電極層以及一第二電極層。半導體基材具有一第一表面以及一第二表面。重摻雜層位於半導體基材內，且從半導體基材的第一表面往半導體基材之內部延伸一第一厚度。淡摻雜層位於半導體基材內，且從重摻雜層往半導體基材之內部延伸一第二厚度，其中重摻雜層的第一厚度小於淡摻雜層的第二厚度。第一電極層位於半導體基材的第一表面上。第二電極層位於半導體基材的第二表面上。

本發明另提出一種太陽能電池的製造方法。提供一半導體基材，其具有一第一表面以及一第二表面。進行一第一摻雜程序，以使第一摻雜程序之一摻雜源從半導體基材之第一表面往其內部擴散，以形成一淡摻雜層。進行一第二摻雜程序，以使第二摻雜程序之一摻雜源從淡摻雜層之表面往其內部擴散，以形成一重摻雜層。在重摻雜層上形成一第一電極層。於半導體基材的第二表面上形成一第二電極層。

基於上述，在本發明之太陽能電池中，半導體基材內

配置有淡摻雜層與重摻雜層，其中重摻雜層配置於淡摻雜層上且與電極層的表面接觸。由於重摻雜層具有較高的濃度，因此電極層與重摻雜層之間具有較低的接觸阻抗。如此一來，電極層與重摻雜層具有良好的電性接觸，進而提高太陽能電池的效能。另一方面，太陽能電池的製造方法具有簡化的步驟，能大幅縮減製程時間與降低製造成本。

為讓本發明之上述特徵和優點能更明顯易懂，下文特舉實施例，並配合所附圖式作詳細說明如下。

【實施方式】

圖 1A 至圖 1D 是根據本發明一實施例之太陽能電池的製造方法的流程剖面示意圖。圖 2A 繪示在本實施例之太陽能電池的製造方法中，第一摻雜程序及第二摻雜程序之摻質的擴散溫度與擴散時間的關係圖，以及圖 2B 繪示第一摻雜程序及第二摻雜程序之摻質的擴散深度與擴散濃度的曲線圖。請參照圖 1A，首先，提供一半導體基材 102，其具有一第一表面 102a 以及一第二表面 102b。在本實施例中，半導體基材 102 例如是摻雜有 P 型摻質之半導體材料。所述 P 型摻質可以是選自元素週期表中三族元素的群組，例如是硼(B)、鋁(Al)、鎵(Ga)、銦(In)等等。另外，半導體基材 102 之材料可為矽、硫化鎘(CdS)、銅銦鎵二硒(CuInGaSe₂，CIGS)、銅銦二硒(CuInSe₂，CIS)、碲化鎘(CdTe)、半導體有機材料(organic material)或上述材料堆疊之多層結構。上述之矽包括單晶矽(single crystal silicon)、

多晶矽(polycrystal silicon)、非晶矽(amorphous silicon)或是微晶矽(microcrystal silicon)。第一表面 102a 例如是上表面，以及第二表面 102b 例如是下表面。

請同時參照圖 1B、圖 2A 以及圖 2B，接著，進行一第一摻雜程序 DP1，以使第一摻雜程序 DP1 之一摻雜源(未繪示)從半導體基材 102 之第一表面 102a 往其內部擴散，以形成一淡摻雜層 108。在本實施例中，第一摻雜程序 DP1 之摻雜源例如是 N 型摻雜源。所述 N 型摻雜源可以是選自元素週期表中的第五族元素，例如磷(P)、砷(As)或是銻(Sb)等等。在本實施例中，第一摻雜程序 DP1 例如是包括進行一第一擴散步驟 DF1 與進行一第二擴散步驟 DF2。如圖 2A 所示，在本實施例中，第一擴散步驟 DF1 的時間 t_1 為 50~70 分鐘，且溫度 T_1 為攝氏 800~840 度，第二擴散步驟 DF2 的時間 t_2 為 25~35 分鐘，且溫度 T_2 為攝氏 850~880 度。當然，雖然在本實施例中是以第一摻雜程序 DP1 包括第一擴散步驟 DF1 與第二擴散步驟 DF2 為例，但在另一實施例中，第一摻雜程序 DP1 也可以是僅包括一擴散步驟。

如圖 2B 所示，在本實施例中，將半導體基材 102 的第一表面 102a 處視為摻質之擴散深度為 0 的位置，在第一摻雜程序 DP1 中，來自摻雜源之摻質例如是由半導體基材 102 的第一表面 102a 擴散至深度為 d_2 的位置，且摻質濃度 C_1 是從半導體基材 102 的第一表面 102a 往深度 d_2 的位置逐漸遞減，以形成淡摻雜層 108。其中，摻質濃度 C_1 例如

是 $3E19(1/cm^3)$ 以下。換言之，淡摻雜層 108 的摻質濃度 C_1 由淡摻雜層 108 之表面 108a 往其內部逐漸遞減，且淡摻雜層 108 的摻質濃度 C_1 例如是 $3E19(1/cm^3)$ 以下。

請同時參照圖 1C、圖 2A 以及圖 2B，然後，進行一第二摻雜程序 DP2，以使第二摻雜程序 DP2 之一摻雜源(未繪示)從半導體基材 102 的第一表面 102a 往其內部擴散，以形成一重摻雜層 120。其中，第二摻雜程序 DP2 之摻雜源與第一摻雜程序 DP1 之摻雜源為具有相同導電型態的摻雜源。在本實施例中，第二摻雜程序 DP2 之摻雜源例如是 N 型摻雜源。所述 N 型摻雜源可以是選自元素週期表中的第五族元素，例如磷(P)、砷(As)或是銻(Sb)等等。特別是，第二摻雜程序 DP2 之摻雜源與第一摻雜程序 DP1 之摻雜源可實質上為同一摻雜源。

如圖 2A 所示，在本實施例中，第二摻雜程序 DP2 的時間 t_3 為 1~3 分鐘，且溫度 T_3 為攝氏 880~900 度。如圖 2B 所示，在本實施例之第二摻雜程序 DP2 中，來自摻雜源之摻質例如是由半導體基材 102 的第一表面 102a 擴散至深度為 d_1 的位置，且摻質濃度 C_2 是從半導體基材 102 的第一表面 102a 往深度 d_1 的位置逐漸遞減，以形成重摻雜層 120。換言之，在本實施例中，重摻雜層 120 例如是具有一上表面 120a 以及一下表面 120b，且重摻雜層 120 的摻質濃度 C_2 例如是從上表面 120a 往下表面 120b 逐漸遞減。

在進行第一摻雜程序 DP1 與第二摻雜程序 DP2 之

後，如圖 1B 所示的淡摻雜層 108 實質上被區分成如圖 1C 所示之堆疊的淡摻雜層 110 與重摻雜層 120。在本實施例中，重摻雜層 120 例如是全面形成於淡摻雜層 108 之上。請參照圖 1C，在本實施例中，重摻雜層 120 例如是具有第一厚度 $D1$ ，以及淡摻雜層 110 例如是具有第二厚度 $D2$ 。其中，第一厚度 $D1$ 實質上等於摻質的擴散深度 d_1 ，以及第二厚度 $D2$ 實質上等於摻質的擴散深度 d_2 與擴散深度 d_1 相減的差值。在本實施例中，第一厚度 $D1$ 例如是 $0.02\sim 0.07$ 微米，以及第二厚度 $D2$ 例如是 $0.3\sim 0.6$ 微米。在本實施例中，淡摻雜層 110 的濃度例如是從重摻雜層 120 往半導體基材 102 逐漸遞減。淡摻雜層 110 的濃度 C_1 例如是 $3E19(1/cm^3)$ 以下。在本實施例中，重摻雜層 120 的下表面 120b 與淡摻雜層 110 接觸，且重摻雜層 120 的濃度 C_2 例如是從上表面 120a 往下表面 120b 逐漸遞減。其中，重摻雜層 120 在上表面 120a 的濃度例如是 $9E19\sim 6E20(1/cm^3)$ ，以及重摻雜層 120 在下表面 120b 的濃度例如是 $9E18\sim 5E19(1/cm^3)$ 。換言之，重摻雜層 120 的濃度例如是從上表面 120a 往下表面 120b 呈梯度變化，以及淡摻雜層 110 的濃度例如是從重摻雜層 120 往半導體基材 102 之第二表面 102b 的方向呈梯度變化。

請參照圖 1D，接著，在重摻雜層 120 上形成一第一電極層 130。在本實施例中，第一電極層 130 例如是包括多個指狀電極。第一電極層 130 可為單層或多層結構，且其材料可包括金屬材料(如鋁、金、銀、銅、鉬、鈦、鉭等)

或透明導電氧化物(transparent conductive oxide, TCO)。所述透明導電氧化物例如是氧化鋁鋅(AZO)、銦鋅氧化物(IZO)、銦錫氧化物(ITO)、氧化鋅(ZnO)、二氧化錫(SnO₂)、氧化銦(In₂O₃)或是其他透明導電材質。第一電極層 130 的形成方法可以是濺鍍法(sputtering)、金屬有機化學氣相沈積法(metal organic chemical vapor deposition, MOCVD)或蒸鍍法(evaporation)，本發明並不加以限定。

然後，於半導體基材 102 的第二表面 102b 上形成一第二電極層 140。第二電極層 140 的材料及形成方法可以參照第一電極層 130 的材質與形成方法，於此不贅述。在本實施例中，在進行形成第二電極層 140 的步驟後，太陽能電池 100 的製作大致完成。

在本實施例中，是以第一摻雜程序與第二摻雜程序來形成堆疊的淡摻雜層與重摻雜層，使得重摻雜層與淡摻雜層的濃度由上表面至下表面逐漸遞減。特別是，如圖 2A 所示，本實施例是藉由調整摻雜程序中的擴散溫度與時間來達到具有想要之輪廓的重摻雜層與淡摻雜層，使得重摻雜層在較薄的厚度下具有較高的濃度，以及淡摻雜層與重摻雜層的濃度由上表面至下表面逐漸遞減。如此一來，設置於重摻雜層上的第一電極層與重摻雜層之間具有良好的電性接觸，進而提高太陽能電池的效能。另一方面，由於第一摻雜程序與第二摻雜程序例如是全面性摻雜，因此可以避免遮罩的使用。換言之，本實施例之太陽能電池的製造方法具有簡單的步驟，以大幅縮減製程時間與降低製造

成本，且藉由此製造方法所形成的太陽能電池具有較佳的效能。

接下來，將以圖 1D 所示之太陽能電池 100 為例來說明本發明一實施例之太陽能電池，其中構件之材料或形成方法可以參照前文所述，於此不贅述。請參照圖 1D，在本實施例中，太陽能電池 100 包括一半導體基材 102、一重摻雜層 120、一淡摻雜層 110、一第一電極層 130 以及一第二電極層 140。半導體基材 102 具有一第一表面 102a 以及一第二表面 102b。重摻雜層 120 位於半導體基材 102 內，且從半導體基材 102 的第一表面 102a 往半導體基材 102 之內部延伸一第一厚度 D1。淡摻雜層 110 位於半導體基材 102 內，且從重摻雜層 120 往半導體基材 102 之內部延伸一第二厚度 D2，其中重摻雜層 120 的第一厚度 D1 小於淡摻雜層 110 的第二厚度 D2。第一電極層 130 位於半導體基材 102 的第一表面 102a 上。第二電極層 140 位於半導體基材 102 的第二表面 102b 上。

在本實施例中，重摻雜層 120 與淡摻雜層 110 例如是摻雜有相同導電型的摻質，以及半導體基材 102 與重摻雜層 120 及淡摻雜層 110 例如是摻雜有相反導電型的摻質。換言之，半導體基材 102 作為第一導電型半導體層，以及淡摻雜層 110 作為第二導電型半導體層。如此一來，半導體基材 102 與淡摻雜層 110 的接觸面形成一 p-n 接面。在本實施例中，半導體基材 102 例如是摻雜有 P 型摻質之半導體材料，以及重摻雜層 120 與淡摻雜層 110 例如是摻雜

有 N 型摻質。

在本實施例中，重摻雜層 120 與淡摻雜層 110 形成於半導體基材 102 內。重摻雜層 120 的濃度例如是從上表面 120a 往下表面 120b 逐漸遞減，其中上表面 120a 與第一電極層 130 接觸，以及下表面 120b 與淡摻雜層 110 接觸。其中，重摻雜層 120 在上表面 120a 的濃度例如是 $9E19 \sim 6E20$ ($1/cm^3$)，以及重摻雜層 120 在下表面 120b 的濃度例如是 $9E18 \sim 5E19$ ($1/cm^3$)。淡摻雜層 110 的濃度例如是從重摻雜層 120 往半導體基材 102 之第二表面 102b 的方向逐漸遞減。淡摻雜層 110 的濃度例如是 $3E19(1/cm^3)$ 以下。換言之，重摻雜層 120 的濃度例如是從上表面 120a 往下表面 120b 呈梯度變化，以及淡摻雜層 110 的濃度例如是從重摻雜層 120 往半導體基材 102 之第二表面 102b 的方向呈梯度變化。重摻雜層 120 的第一厚度 D1 例如是 0.02~0.07 微米，且較佳為 0.05 微米。淡摻雜層 110 的第二厚度 D2 例如是 0.3~0.6 微米，且較佳為 0.5 微米。

在本實施例之太陽能電池中，半導體基材內配置有淡摻雜層與重摻雜層，其中重摻雜層配置於淡摻雜層上且與電極層的表面接觸。由於重摻雜層具有較高的濃度，因此電極層與重摻雜層之間具有較低的接觸阻抗。如此一來，第一電極層與重摻雜層之間具有良好的電性接觸，進而提高太陽能電池的效能。

綜上所述，本發明之半導體基材內配置有淡摻雜層與重摻雜層，其中電極層配置於重摻雜層上且與重摻雜層的

表面接觸。由於重摻雜層具有較高的濃度，因此電極層與重摻雜層之間具有較低的接觸阻抗。如此一來，電極層與重摻雜層具有良好的電性接觸，進而提高太陽能電池的效能。另一方面，本發明之太陽能電池的製造方法例如是藉由設計摻雜程序中的擴散溫度與時間來形成淡摻雜層與重摻雜層，使得淡摻雜層與重摻雜層具有想要的輪廓與濃度，因此太陽能電池的製造方法可藉由現有的摻雜機台即可達成。此外，由於重摻雜層分佈於半導體基材的整個表面，因此可以避免遮罩的使用。換言之，太陽能電池的製造方法具有簡化的步驟且與現有製程相容，以大幅縮減製程時間與降低製造成本。

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，在不脫離本發明之精神和範圍內，當可作些許之更動與潤飾，故本發明之保護範圍當視後附之申請專利範圍所界定者為準。

【圖式簡單說明】

圖 1A 至圖 1D 是根據本發明一實施例之太陽能電池的製造方法的流程剖面示意圖。

圖 2A 繪示在本實施例之太陽能電池的製造方法中，第一摻雜程序及第二摻雜程序之摻質的擴散溫度與擴散時間的關係圖。

圖 2B 繪示第一摻雜程序及第二摻雜程序之摻質的擴散深度與擴散濃度的曲線圖。

【主要元件符號說明】

100：太陽能電池

102：半導體基材

102a、102b：表面

108、110：淡摻雜層

120：重摻雜層

120a、120b：表面

130、140：電極層

C_1 、 C_2 ：濃度

d_1 、 d_2 ：深度

D1、D2：厚度

t_1 、 t_2 、 t_3 ：時間

T_1 、 T_2 、 T_3 ：溫度

DP1、DP2：摻雜程序

DF1、DF2：擴散步驟

七、申請專利範圍：

1.一種太陽能電池，包括：

一半導體基材，其具有一第一表面以及一第二表面；

一重摻雜層，位於該半導體基材內，且從該半導體基材的該第一表面往該半導體基材之內部延伸一第一厚度；

一淡摻雜層，位於該半導體基材內，且從該重摻雜層往該半導體基材之內部延伸一第二厚度，其中該重摻雜層的該第一厚度小於該淡摻雜層的該第二厚度，且該重摻雜層及該淡摻雜層摻雜有相同導電型的摻質；

一第一電極層，位於該半導體基材的該第一表面上；

以及

一第二電極層，位於該半導體基材的該第二表面上。

2.如申請專利範圍第 1 項所述之太陽能電池，其中該重摻雜層具有一上表面以及一下表面，該下表面與該淡摻雜層接觸，且該重摻雜層的濃度是從該上表面往該下表面逐漸遞減。

3.如申請專利範圍第 2 項所述之太陽能電池，其中該重摻雜層在該上表面的濃度為 $9E19 \sim 6E20$ ($1/cm^3$)。

4.如申請專利範圍第 2 項所述之太陽能電池，其中該重摻雜層在該下表面的濃度為 $9E18 \sim 5E19$ ($1/cm^3$)。

5.如申請專利範圍第 1 項所述之太陽能電池，其中該重摻雜層的該第一厚度為 0.02~0.07 微米。

6.如申請專利範圍第 1 項所述之太陽能電池，其中該淡摻雜層的該第二厚度為 0.3~0.6 微米。

7.如申請專利範圍第 1 項所述之太陽能電池，其中該淡摻雜層的濃度是從該重摻雜層往半導體基材的內部逐漸遞減。

8.如申請專利範圍第 7 項所述之太陽能電池，其中該淡摻雜層的濃度為 $3E19(1/cm^3)$ 以下。

9.如申請專利範圍第 1 項所述之太陽能電池，其中該重摻雜層係全面形成於該淡摻雜層之上。

10.一種太陽能電池的製造方法，包括：

提供一半導體基材，其具有一第一表面以及一第二表面；

進行一第一摻雜程序，以使該第一摻雜程序之一摻雜源從該半導體基材之該第一表面往其內部擴散，以形成一淡摻雜層；

進行一第二摻雜程序，以使該第二摻雜程序之一摻雜源從該淡摻雜層之表面往其內部擴散，以形成一重摻雜層，其中該重摻雜層及該淡摻雜層摻雜有相同導電型的摻質，該重摻雜層具有一上表面以及一下表面，該下表面與該淡摻雜層接觸，且該上表面為該第一表面；

在該重摻雜層上形成一第一電極層；以及

於該半導體基材的該第二表面上形成一第二電極層。

11.如申請專利範圍第 10 項所述之太陽能電池的製造方法，其中該第一摻雜程序包括：

進行一第一擴散步驟，其中該第一擴散步驟的時間為 50~70 分鐘，且溫度為攝氏 800~840 度；以及

進行一第二擴散步驟，其中該第二擴散步驟的時間為 25~35 分鐘，且溫度為攝氏 850~880 度。

12.如申請專利範圍第 10 項所述之太陽能電池的製造方法，其中該第二摻雜程序的時間為 1~3 分鐘，且溫度為攝氏 880~900 度。

13.如申請專利範圍第 10 項所述之太陽能電池的製造方法，其中該重摻雜層具有一上表面以及一下表面，該下表面與該淡摻雜層接觸，且該重摻雜層的濃度是從該上表面往該下表面逐漸遞減。

14.如申請專利範圍第 13 項所述之太陽能電池的製造方法，其中該重摻雜層在該上表面的濃度為 $9E19 \sim 6E20$ ($1/cm^3$)。

15.如申請專利範圍第 13 項所述之太陽能電池的製造方法，其中該重摻雜層在該下表面的濃度為 $9E18 \sim 5E19$ ($1/cm^3$)。

16.如申請專利範圍第 10 項所述之太陽能電池的製造方法，其中該重摻雜層的厚度為 0.02 至 0.07 微米。

17.如申請專利範圍第 10 項所述之太陽能電池的製造方法，其中該淡摻雜層的厚度為 0.3~0.6 微米。

18.如申請專利範圍第 10 項所述之太陽能電池的製造方法，其中該淡摻雜層的濃度是從該重摻雜層往半導體基材逐漸遞減。

19.如申請專利範圍第 18 項所述之太陽能電池的製造方法，其中該淡摻雜層的濃度為 $3E19(1/cm^3)$ 以下。

20.如申請專利範圍第 10 項所述之太陽能電池的製造方法，其中該重摻雜層係全面形成於該淡摻雜層之上。



圖 1A

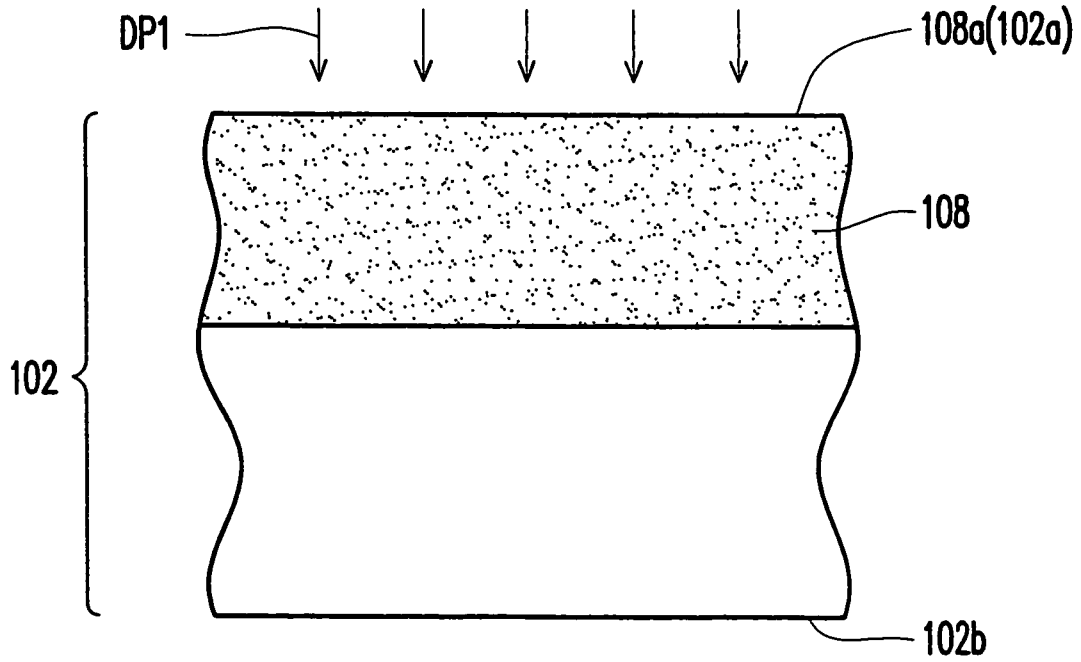


圖 1B

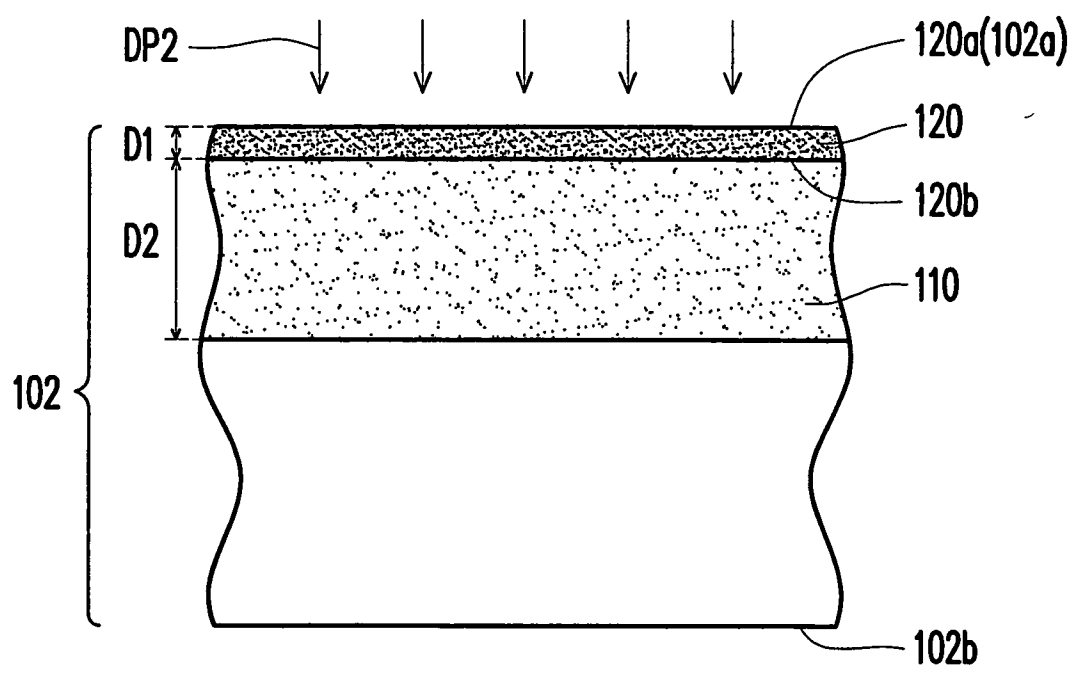


圖 1C

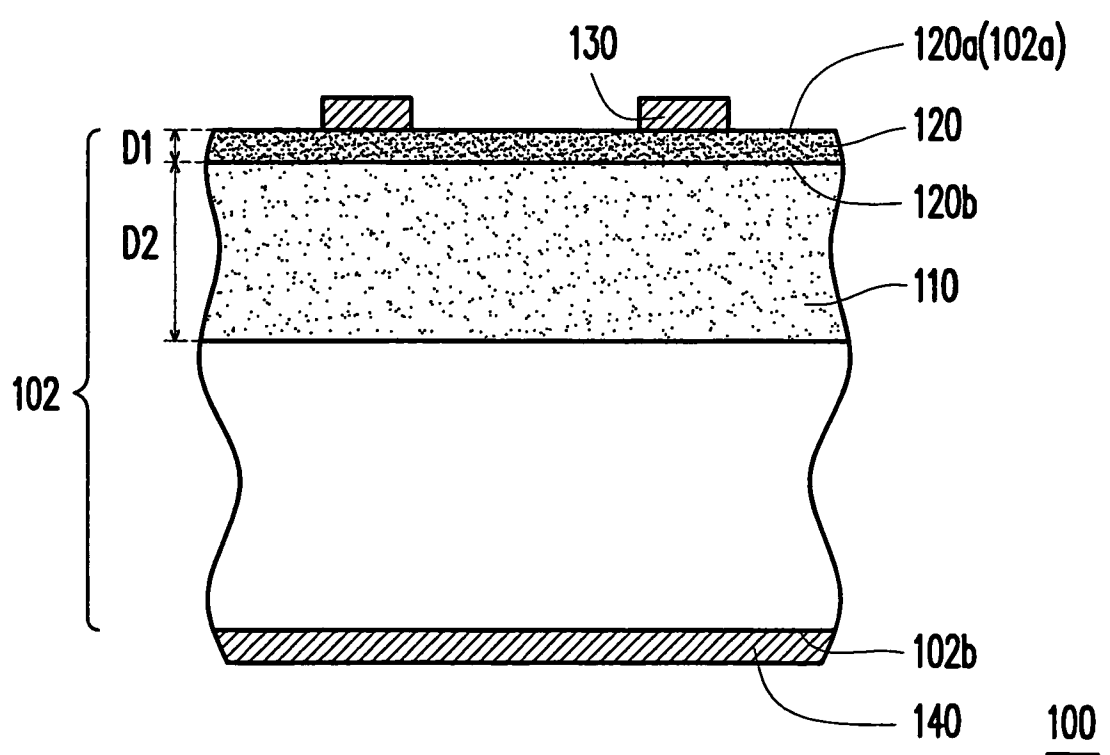


圖 1D

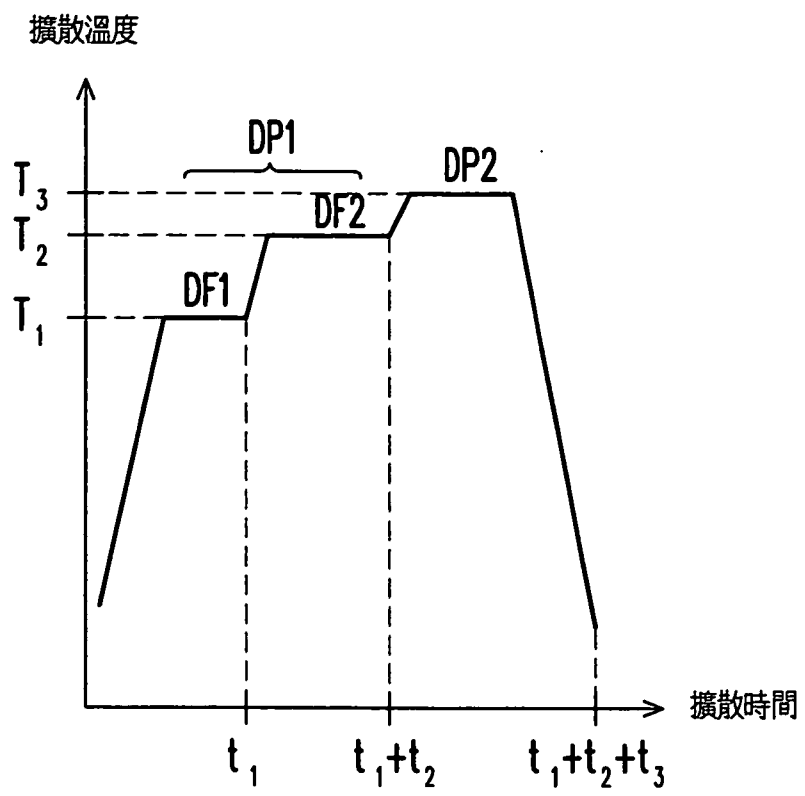


圖 2A

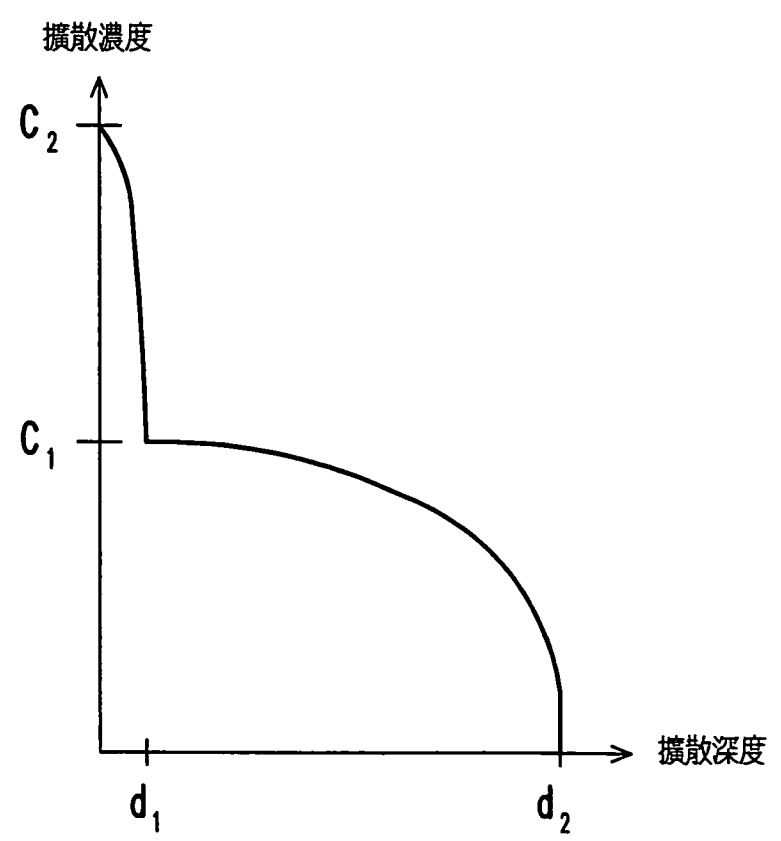


圖 2B