I555220

(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 I555220 B**

(45)公告日： 中華民國 105 (2016) 年 10 月 21 日

(21)申請案號：101118797 (22)申請日： 中華民國 101 (2012) 年 05 月 25 日

(51)Int. Cl.： ***H01L31/18 (2006.01)*** ***H01L31/042 (2014.01)***

(30)優先權：2011/05/27 英國 1111302.4

2011/05/27 美國 61/490,955

(71)申請人：ＲＥＣ太陽能公司 (新加坡) REC SOLAR PTE. LTD. (SG)

新加坡

(72)發明人：科肯根 馬汀 KIRKENGEN, MARTIN (NO)；索爾 艾瑞克 SAUAR, ERIK (NO)

(74)代理人：林志剛

(56)參考文獻：

DE	102009024807	US	7468485B1
US	2007/0169808A1	US	2010/0206369A1
US	2010/0263722A1	WO	03/083955A1
WO	2010/137927A2		

審查人員：許智誠

申請專利範圍項數：15 項 圖式數：8 共 47 頁

(54)名稱

太陽能電池及其製造方法

SOLAR CELL AND METHOD FOR PRODUCING SAME

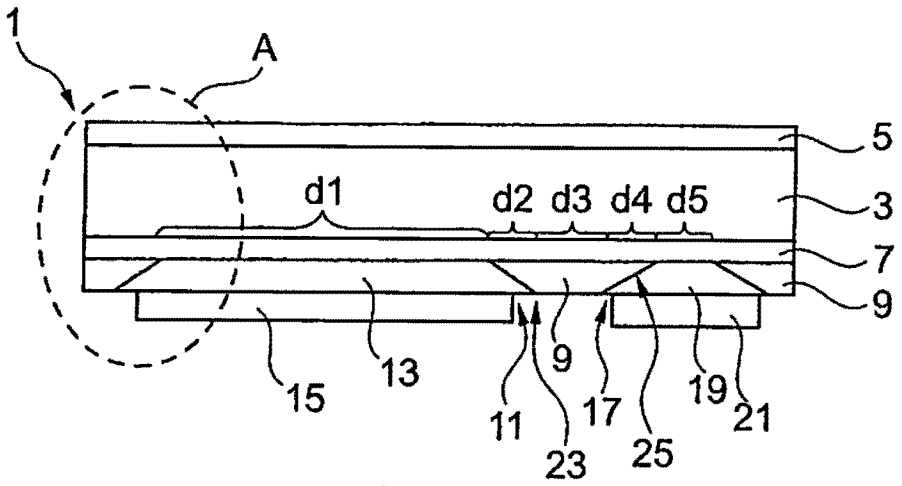
(57)摘要

本發明提出了一種背接觸異質接面太陽能電池(1)以及該該太陽能電池之製造方法。該太陽能電池(1)包含一矽基材(3)，該矽基材(3)具有在其前面上之一鈍化層(5)、以及覆蓋其背面之一本質非晶矽層(7)。該本質非晶矽層(7)的背面上提供了一射極層(13)及一基極層(19)，這些層中之每一層覆蓋了該背面的一些鄰近之部分區域。包含一電氣絕緣材料之一隔離層(9)被插入這些射極與基極層(13,19)之間。可以利用一遮罩之氣相沈積法產生該隔離層(9)以及該基極層(19)及射極層(13)。由於此種處理，該射極層(13)及該隔離層(9)之各鄰接區與該基極層(19)及該隔離層(9)的各鄰接區在重疊區(23,25)中部分地橫向重疊，且該部分地橫向重疊之方式使得該隔離層(9)的至少一部分位於比接近該射極層(13)及該基極層(19)中之各別層的一重疊部分更接近該基材(3)之處。使用該所提出的太陽能電池概念及製造方法時，由於可能的高品質表面鈍化，而可在低製造成本下得到高太陽能電池效率。

A rear contact heterojunction solar cell (1) and a fabricating method for such solar cell are proposed. The solar cell (1) comprises a silicon substrate (3) having a passivating layer (5) at its front surface and an intrinsic amorphous silicon layer (7) covering its rear surface. At a back side of the intrinsic amorphous silicon layer (7), an emitter layer (13) and a base layer (19) are provided, each of these layers covering neighbouring partial areas of the back surface. Interposed between these emitter and base layers (13, 19) is a separation layer (9) comprising an electrically insulating material. This separation layer (9) as well as the base layer (19) and emitter layer (13) may be generated by vapour depositing through a mask. Due to such processing, adjacent regions of the emitter layer (13) and the separating layer (9) and adjacent regions of

the base layer (19) and the separating layer (9) partially laterally overlap in overlapping areas (23, 25) in such a way that at least a part of the separating layer (9) is located closer to the substrate (3) than an overlapping portion of the respective one of the emitter layer (13) and the base layer (19). With the proposed solar cell concept and fabricating method, high solar cell efficiencies may be obtained at low fabrication costs due to a possible high quality surface passivation.

指定代表圖：



第1圖

符號簡單說明：

3・・・矽晶圓

5・・・鈍化層

7・・・背本質層

9・・・隔離層

11・・・射極電極

13・・・射極層

15,21・・・金屬層

17・・・基極電極

19・・・基極層

23,25・・・重疊區

公告本

發明專利說明書

（本申請書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫）

※申請案號：101118797

※申請日：101 年 05 月 25 日　　※IPC 分類：

H01L31/18 (2006.01)

H01L31/042 (2006.01)

一、發明名稱：（中文／英文）

太陽能電池及其製造方法

Solar cell and method for producing same

二、中文發明摘要：

本發明提出了一種背接觸異質接面太陽能電池（1）以及該該太陽能電池之製造方法。該太陽能電池（1）包含一矽基材（3），該矽基材（3）具有在其前面上之一鈍化層（5）、以及覆蓋其背面之一本質非晶矽層（7）。該本質非晶矽層（7）的背面上提供了一射極層（13）及一基極層（19），這些層中之每一層覆蓋了該背面的一些鄰近之部分區域。包含一電氣絕緣材料之一隔離層（9）被插入這些射極與基極層（13, 19）之間。可以利用一遮罩之氣相沈積法產生該隔離層（9）以及該基極層（19）及射極層（13）。由於此種處理，該射極層（13）及該隔離層（9）之各鄰接區與該基極層（19）及該隔離層（9）的各鄰接區在重疊區（23, 25）中部分地橫向重疊，且該部分地橫向重疊之方式使得該隔離層（9）的至少一部分位於比接近該射極層（13）及該基極層（19）中之各別層的一重疊部分更接近該基材（3）之處。使用該所提出的太陽能電池概念及製造方法時，由於可能的高品質表面鈍化，而可在低製造成本下得到高太陽能電池效率。

三、英文發明摘要：

A rear contact heterojunction solar cell (1) and a fabricating method for such solar cell are proposed. The solar cell (1) comprises a silicon substrate (3) having a passivating layer (5) at its front surface and an intrinsic amorphous silicon layer (7) covering its rear surface. At a back side of the intrinsic amorphous silicon layer (7), an emitter layer (13) and a base layer (19) are provided, each of these layers covering neighbouring partial areas of the back surface. Interposed between these emitter and base layers (13, 19) is a separation layer (9) comprising an electrically insulating material. This separation layer (9) as well as the base layer (19) and emitter layer (13) may be generated by vapour depositing through a mask. Due to such processing, adjacent regions of the emitter layer (13) and the separating layer (9) and adjacent regions of the base layer (19) and the separating layer (9) partially laterally overlap in overlapping areas (23, 25) in such a way that at least a part of the separating layer (9) is located closer to the substrate (3) than an overlapping portion of the respective one of the emitter layer (13) and the base layer (19). With the proposed solar cell concept and fabricating method, high solar cell efficiencies may be obtained at low fabrication costs due to a possible high quality surface passivation.

四、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：

3：矽晶圓

5：鈍化層

7：背本質層

9：隔離層

11：射極電極

13：射極層

15,21：金屬層

17：基極電極

19：基極層

23,25：重疊區

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】

本發明係有關一種背接觸異質接面薄本質層矽太陽能電池及該太陽能電池之製造方法。

【先前技術】

太陽能電池被用來利用光伏特效應（photovoltaic effect）將陽光轉換爲電。一般目的在於實現高轉換效率與低製造成本的需求間之平衡。

爲了得到高效率，應使用高品質的半導體材料作爲太陽能電池的基材，且應使該等基材的表面極爲鈍化，以便將再結合損失（recombination loss）最小化。此外，應將用來在電氣上接觸該基材的接觸結構最佳化，以便使電阻損失（resistance loss）及遮蔽最小化。

爲了能夠保持低製造成本，通常意圖使用能夠達成的最少處理步驟，且進一步避免諸如微影光罩製作及高溫處理步驟等的複雜且高成本之製造步驟。

WO 03/083955 A1 中已提出了一種太陽能電池觀念。其中，提出了一種在與半導體矽基材的光入射面相反的背面上形成 pn 接面及電極之背接面型光伏特元件。該光伏特元件的背面上具有厚度範圍自 0.1 奈米至 50 奈米本質半導體薄膜。在該本質半導體薄膜的背面上配置 p 型導電半導體部分及 n 型導電半導體部分，且使每一導電半導體部分與一各別的第一或第二電極接觸。此種異質接面本質

薄膜（Heterojunction Intrinsic-Thin film）太陽能電池有時被稱爲 HIT 太陽能電池。

改良該太陽能電池觀念及該太陽能電池的製造方法之數種嘗試已被提出。其中，該等製造方法包含數個處理步驟，該等處理步驟尤其包括：使基材表面鈍化之不同的方式；界定各半導體電極層及絕緣體層之幾何形狀；及/或將電極施加到該太陽能電池基材。例如，已提出將高成本的微影處理步驟用來精確地界定基材的背面上之半導體層或絕緣體層之區域。此外，已提出以局部蝕刻法局部地去除先前被沈積的層，以便隨後在該等被準備的開口中沈積其他層的材料，因而產生了一種背面配置之所需幾何形狀。

然而，產生背接觸異質接面本質薄膜太陽能電池結構之所有傳統方法似乎都有下列缺點中之至少一缺點：

缺少低成本的大量製造方法；

由於電極區的不完美界定而造成的電極邊緣之不良鈍化；

強制並聯金屬化只發生在該等電極的有限部分之上的風險；

控制最接近基材的關鍵層中之本質薄膜的清潔度及沈積均勻性之困難；

由於微影的使用而造成的高成本之層幾何形狀界定；以及

使用<100>晶向的矽晶圓作爲基材之要求。

【發明內容】

本發明之一目的在於至少部分地克服前文所述之先前方法的缺點。本發明之一目的尤其在於提供一種背接觸異質接面薄本質層太陽能電池以及一種使用較簡單且符合成本效益的製造處理序列製造有高太陽能電池效率的此種太陽能電池之方法。

可以各申請專利範圍獨立項的主題實現這些目的。在各附屬項中界定了有利的實施例。

根據本發明之第一觀點，提出了一種背接觸異質接面太陽能電池，該太陽能電池包含一矽基材、該矽基材的前面上的一鈍化層、覆蓋該基材及一射極層的背面之一薄本質非晶矽（intrinsic amorphous Silicon；簡稱 i-aSi）層、一基極層、以及一隔離層，且在該本質非晶矽層的背面之不同區域中提供每一該等層。該射極層及該基極層可與各別的金屬及/或導電氧化物層接觸，且可因而形成射極及基極電極的一部分。

該矽基材可以是諸如結晶矽晶圓。可以 n 型或 p 型基極摻雜法摻雜該矽基材。在替代實施例中，該矽基材可包含本質半導體材料。

該前面鈍化層可包含由諸如非晶矽及/或介電材料構成之一或多個層，用以鈍化該矽基材之前面，且以選項之方式提供一抗反射塗層。

該薄本質非晶矽層應具有諸如小於 50 奈米且最好是介於 1 與 10 奈米之間的極小厚度，使來自該矽基材的電

荷載子可穿隧通過該層，且該層可有利地促進該矽基材的背面之表面鈍化。該本質非晶矽層最好是覆蓋該基材的整個背面，且可以單一的沈積處理步驟將該本質非晶矽層沈積到該背面上。

該射極層包含第一摻雜極性的一被摻雜之半導體材料。如果以n型或p型基極摻雜法製造該矽基材，則該射極層可包含與該矽基材的該基極摻雜相反的一摻雜。該射極層只覆蓋該本質非晶矽層的背面之一部分，該部分在後文中也被稱爲"射極區"或"射極電極區"。

該基極層包含與該射極層的該第一摻雜極性相反的第二摻雜極性的一被摻雜之半導體材料，且該被摻雜之半導體材料具有比該矽基材的任何基極摻雜之摻雜濃度高的一摻雜濃度。該基極層覆蓋該本質非晶矽層的背面中鄰近但不直接鄰接（亦即，並不在機械上接觸到）被該射極層覆蓋的該部分（亦即，該射極區）之一部分。該表面部分在後文中也被稱爲"基極區"或"基極電極區"。

後文中有時也被稱爲"障壁層"（"barrier layer"）之該隔離層包含諸如本質非晶矽及/或介電材料等的一電氣絕緣材料。該隔離層被配置在該背本質非晶矽層的背面中橫向地介於該射極層的鄰近部分與該基極層的鄰近部分間之一部分。換言之，該隔離層橫向地佔有該射極區的鄰近部分與該基極區的鄰近部分間之空隙。該相關聯的表面部分在後文中也被稱爲"隔離區"。

可被視爲本發明的基礎概念之部分係爲：以一種特定

的幾何配置提供該射極層、該基極層、及該隔離層，使該射極層及該隔離層的鄰接區與該基極層及該隔離層的鄰接區至少部分地橫向重疊，且該橫向重疊之方式使得該重疊區中，該隔離層的至少一部分位於比接近該射極層及該基極層中之各別層的一重疊部分更接近該基材之處。

換言之，雖然該射極層、該基極層、及該隔離層中之每一層當然接觸下方本質非晶矽層的不同區域之二維表面，但是可提供這些層的三維配置，使該射極層及該基極層的一些部分至少部分地橫向重疊佔有這兩層間之空隙的該隔離層的一下方部分。

在一實施例中，起源自該隔離層的一向外表面之一法線對於該隔離層的該表面中不與該本質非晶矽層接觸的所有位置而言，具有背對著該背本質非晶矽層之一方向分量。

換言之，該隔離層的該表面中不與該本質非晶矽層直接接觸的每一部分多少有些背對著該本質非晶矽層。再換言之，該隔離層將沒有任何垂直壁或突出部分，亦即，該隔離層的該表面中將沒有與該本質非晶矽層接觸的任何部分，其中起源自該表面位置且方向爲離開該層的一法線係平行於該本質非晶矽層之表面，或者其方向甚至爲朝向該表面。

由於該隔離層的此種幾何配置，所以該隔離層必然在該隔離層與一鄰接基極層或一鄰接射極層重疊的該重疊區中直接接觸該本質非晶矽層。因此，如將於下文中更詳細

地說明的，在該重疊區中，該鄰接基極層或射極層與該本質非晶矽層的表面被稍微間隔開，且其被下方隔離層絕緣，因而對該本質非晶矽層的表面之場效應鈍化及化學鈍化有正面的效果。

在一實施例中，該隔離層的厚度以一種沒有銳邊的平滑方式在其橫向邊界上減少到一可忽略的值。換言之，該隔離層朝向及橫向邊界而持續地變得較薄，但是在該隔離層的表面中沒有任何階梯或突出部分。由於沒有任何銳邊，所以可對該隔離層的表面鈍化特性有正面的影響。

在一實施例中，該隔離層的至少一部分與該本質非晶矽層形成一連續相（continuous phase）。該太陽能電池之橫斷面此時顯示：該本質非晶矽層在接觸該射極層及該基極層中之一層的各電極之中間是最薄的，且朝向該等電極邊緣中之一電極邊緣以及大部分的該隔離層中較厚了至少 20%，且最好是較厚了至少 50%。

換言之，不一定必須以一額外的層之方式將該隔離層提供給該薄本質非晶矽層，而是該隔離層可以是該本質非晶矽層的一部分。如果是這種情形，則該本質非晶矽層沒有一平坦表面，而是在稍後將使該射極區與該基極區在電性上隔離之區域中，該本質非晶矽層是較厚的，且可因而以類似於這兩區間之一絕緣壁之方式起作用。在該本質非晶矽層的較厚區之頂部上可設有由諸如介電材料製造之進一步的絕緣層，因而增加了該壁的高度。

在一實施例中，該隔離層包含由具有良好鈍化及電氣

絕緣特性之介電材料構成之至少一層。例如，在全區域的該本質非晶矽層的頂部上之包含多矽氮化矽（silicon rich nitride）且不含額外的本質非晶矽之一隔離層可同時滿足鈍化及絕緣的要求。可在該鈍化介電層的頂部上增添一額外的介電層，以供內反射（internal reflection）之用途。

在另一實施例中，該隔離層包含由具有良好鈍化特性的本質非晶矽構成之一層、以及由具有良好光反射及電氣絕緣特性的介電材料構成之至少一層，其中該本質非晶矽的一尾端部分延伸到該鄰接基極層及射極層中之一層之下，且與該層橫向重疊。因而，可保證該本質非晶矽的正面之表面鈍化效應。

在一實施例中，該基材是沿著<111>晶向（crystal orientation）切割且背面被研磨的一矽基材。換言之，被提供作爲該太陽能電池的基材之矽基材具有係爲<111>晶向的一平背面。本發明之太陽能電池概念特別可得到該<111>矽表面的良好表面鈍化，因而導致高太陽能電池效率。

在一替代實施例中，該矽基材的背面可具有一紋路（texture）。可諸如在<100>晶向的晶圓上使用一標準非等向性蝕刻（anisotropic etch），且最好是接續執行一後續的軟性倒角（rounding）蝕刻，而得到該紋路。雖然在基材前面上，該紋路可支持入射光的捕捉，因而提高太陽能電池效率，但是本發明提出的該太陽能電池概念也與矽基材的背面上提供的此種紋路相容。此外，諸如在一<100>

晶向的晶圓中，以一標準非等向性蝕刻產生的有紋路之表面可具有角錐或倒角錐，且該等角錐或倒角錐之所有表面都具有<111>晶向，因而可得到非常有效率的表面鈍化。

根據本發明之第二觀點，提出了一種製造背接觸異質接面太陽能電池之方法。其中，至少以按照所示的順序執行之下列製程步驟形成該太陽能電池之背面：提供一矽基材；在該矽基材的背面上且最好是在整個面上沈積一薄本質非晶矽層，該薄本質非晶矽層具有小於 50 奈米且最好是介於 1 與 10 奈米之間的厚度；沈積包含一電氣絕緣材料之一隔離層；沈積一射極層及一基極層中之一層；以及最後沈積該射極層及該基極層中之另一層。

其中，該矽基材可以是 p 型、n 型、或本質的，且該隔離層包含諸如本質非晶矽等的一電氣絕緣材料、或諸如氮化矽、氧化矽、或碳化矽等的一介電材料。該射極層包含第一摻雜極性的一被摻雜之半導體材料，且該基極層包含與該第一摻雜極性相反的第二摻雜極性之一被摻雜之半導體材料，而且該被摻雜之半導體材料具有比該矽基材中之摻雜濃度高的摻雜濃度。

本發明提出的製造方法之一重要特徵在於：利用一遮罩（shadow mask）沈積該隔離層、該射極層、及該基極層中之每一層。

可使用諸如不變鋼（invar）或鐵鎳鉻合金（kovar）製成的金屬片，且使用雷射劃線（laser scribing）及/或蝕刻在該金屬片中準備精密的開口，而在高精確度下預先

製造該遮罩。爲了易於清洗或避免污染，可以一鎳層覆蓋該遮罩。在使用諸如諸如化學氣相沈積（Chemical Vapour Deposition；簡稱 CVD）的一沈積製程期間，可將該遮罩配置在該矽基材的背面上的該全區域薄 i-aSi 層的頂部上。因此，只在該 i-aSi 層背面的該遮罩中之開口的露出區上沈積材料，而其他區被該遮罩保護而不會受到任何層沈積。

使用已特別調整的遮罩幾何圖案時，可沈積該隔離層而使其只覆蓋該本質非晶矽層的背面之一些特定部分的區域（亦即，該隔離區）。

在沈積了該隔離層之後，然後可利用一遮罩沈積該射極層及該基極層中之一層，使該遮罩覆蓋該本質非晶矽層的背面中鄰接該隔離區的一射極區或一基極區。最後，可利用一遮罩沈積該射極層及該基極層中之另一層，使該遮罩覆蓋該本質非晶矽層的背面中鄰接該隔離區的剩餘之一射極區或基極區。

由於先利用一遮罩沈積該隔離層，然後只利用一些遮罩沈積該射極層及該基極層，所以可利用使用沒有完全遮蔽的一遮罩之任何沈積將導致在邊界上沒有階梯轉變（step transition）之被沈積層。換言之，由於遮罩通常無法完全覆蓋基材的表面，所以將導致被沈積之層於其邊界少有某些"尾端"。由於將先沈積該隔離層，所以該隔離層的尾端將直接接觸下方的本質非晶矽層，而後續被沈積的射極或基極層將與該隔離層的這些尾端重疊，但是將不直

接接觸該下方的本質非晶矽層。如將於下文中進一步詳細地說明的，該隔離層以及該鄰接射極及基極層的此種配置有利地影響到這些層的表面鈍化特性。

在一實施例中，被用來沈積該隔離層、該基極層、及該射極層中之至少一層的遮罩具有底部最窄的傾斜邊緣。此種遮罩配置可對利用該遮罩沈積的該等層做出較銳利的邊緣界定。

在一實施例中，一遮罩中被用來沈積該隔離層之該等開口在被針對該隔離層（9）而定位時，部分地橫向重疊被用來沈積該基極層及該射極層中之一層的一遮罩中之開口。換言之，當各別的遮罩被定位在該基材的表面頂部上以便進行層沈積時，該等各別的遮罩的該等開口之區域相對於該基材的表面而部分地橫向重疊。由於此種橫向重疊，所以使用這些遮罩準備的該隔離層、射極層、及基極層也局部地重疊，因而尤其導致有利的表面鈍化特性。

可將沈積該隔離層期間的沈積溫度保持在低於攝氏250度。由於此種低沈積溫度，所以可使利用一遮罩沈積的該隔離層之尾端保持爲最小。此外，可施加電及/或磁力而強制該遮罩與該基材間之機械接觸，以便將尾端保持爲最小。

在一實施例中，當被用來沈積該隔離層、該射極層、及該基極層的該等遮罩之一對準製程在技術上受限於一最小對準精確度時，用來沈積該等隔離區的遮罩中之開口的寬度及間隔分別有至少爲該最小對準精確度的兩倍之寬度

及間隔。換言之，雖然遮罩在沈積製程期間的對準精確度可能由於技術的原因而受限於諸如一尺寸 d0，但是於設計該遮罩時可考慮該對準精確度，使該遮罩中之該等開口的每一開口之寬度 dx 以及該遮罩中之各別相鄰開口間之間隔 dy 被選擇爲至少爲該最小對準精確度的兩倍，亦即，使 dx > 2*d0 且 dy > 2*d0。因而，縱然在最大未對準之情形中，該隔離層、該射極層、及該基極層將充分地重疊於其邊界上，以便諸如提供足夠的表面鈍化。

在一實施例中，同一遮罩被用於該隔離層沈積、該基極層沈積、及該射極層沈積之各種沈積。其中，不同的遮罩對準都只是相對於該第一有圖案的層沈積之對準。在該實施例中，可以一可容許該遮罩相對於該基材而作小幅度的受控制移動之結構將該遮罩保持在適當的位置，因而可簡化對準程序。

在一實施例中，用來沈積該隔離層之遮罩包含用來將該遮罩的一些部分連接到鄰接其中的一開口之複數個橋，因而可在橋之下進行層沈積。該等橋支承該遮罩之機械穩定性。

在一實施例中，係以具有與該矽基材的熱膨脹係數相同或接近的熱膨脹係數之一材料製造該遮罩。使用具有此種對應的熱膨脹係數之遮罩時，可將由於層序列沈積製程的加熱期間的熱膨脹造成之該遮罩與該矽基材間之任何不對準最小化。

請注意，本說明書已以與所提出的背接觸異質接面太

陽能電池或所提出的製造該太陽能電池之方法有關之方式說明了本發明的實施例之可能的特徵及優點。熟悉此項技術者當可了解：可任意地合併該等不同的特徵，且可以該製造方法而在一對應的方式下實現該太陽能電池之特徵（反之亦然），以便實施進一步的有利實施例，且實現協同效應。

【實施方式】

本發明的實施例之一目的在於提供一種製造背接觸矽異質接面薄本質層太陽能電池之符合成本效益且可應用於工業的方法、以及一種適應於該製造方法且由該製造方法而產生之太陽能電池詳細設計。

在該背接觸矽異質接面薄本質層太陽能電池中，該本質層必須薄得足以進行穿隧，但是又必須厚得足以鈍化鄰接的矽表面。此即意指：極低的缺陷密度及絕對的厚度控制都是必要的。可以一氣呵成之方式沈積整個背面的本質層之任何方法因而有易於最佳化及製程控制之巨大效益，且可能有較高的最大效率潛力。

製造類似的太陽能電池之所有現有方法包括蝕刻穿過且部分地重建該層，或向下蝕刻到該層，因而有污染或過度蝕刻該犧牲層或對該犧牲層的鈍化特性加以限制之風險。

該太陽能電池設計應平衡以下兩者的單元電池的需求：具有週期性的單元電池（unit cell），其中沿著電池的

橫向方向而以最好是小於 2 毫米且更好是小於 1 毫米之方式週期性地重複該電池結構，以便避免串聯電阻；以及具有與工業高生產量方法相容的最小對準精確度，該最小對準精確度通常是 50 微米。

本發明的實施例之觀念取決於對下列數個重點的理解：

（1）將第一單層（monolayer）的本質非晶矽沈積到該矽基材的背面是關鍵性的。在本發明提出的製造方法中，可在施加該遮罩之前，先沈積這些層，而提供該鈍化層的均勻條件。使用蝕刻的先前方法要求：在不同的時刻沈積不同電極的第一單層，且利用一遮罩沈積至少一第一單層。本發明提出的方法避免了該問題。由於在施加任何遮罩之前，先將非晶矽的第一奈米沈積到適當的位置，所以也減少了污染或損傷晶圓表面的風險。

（2）電極的一(本質 aSi)-(摻雜 aSi)堆疊具有雙重功能。該堆疊將是鈍化的及導電的。該鈍化仍然取決於場效應鈍化及化學鈍化。於使用諸如電漿增強式化學氣相沈積（PECVD）而利用諸如一以微影法界定的圖案沈積一被摻雜的電極層時，兩件事可能是有問題的：第一，邊緣上的薄層可能提供了不充分的能帶彎曲（band bending），且因而導致不良的場效應鈍化。第二，界限清楚的遮罩所產生之任何銳邊可能在鄰近薄膜的後續沈積期間造成不完全的化學鈍化。

（3）具有被摻雜的層的不完美厚度之區域之金屬接

點可能經歷不同的局部內建電壓（built-in voltage），而有效地起了分流之作用。因而可強制該金屬局限於窄條、有限的電導，或強制使用較厚的金屬層。藉由在電極附近加入鈍化及絕緣層，即可在較大的區域之上沈積該金屬，且該金屬因而可以是較薄的，此即意指：蒸鍍（evaporation）、濺鍍（sputtering）、或噴墨印刷（ink-jet printing）變得更有吸引力，而不需要用到網版印刷（screen-printing）。

（4）因爲可在全射極區之上沈積金屬，所以可以不需要該射極區中之橫向電荷載子傳輸。此即意指：可顯著地減少射極中之基體再結合（bulk recombination）。

（5）另一方面，太厚的本質非晶矽層對表面鈍化也將沒有負面的影響，但是可能只導入了較大的串聯電阻。使本質非晶矽層的邊緣上有尾端時，將只減少有效接觸面積，但是不會減少鈍化。

（6）在傳統的異質接面電池結構中，電極通常也包含氧化銦錫（Indium Tin Oxide；簡稱 ITO）層。ITO-aSi 界面可能會導入額外的串聯電阻。在本發明提出的設計中，對 ITO 層沒有絕對的需求，且 aSi 金屬接點可能有顯然較佳的電導，因而減少了對接觸面積的需求。此即意指：甚至可更佳地利用因該等電極間之鈍化堆疊而得到的較佳之反射率及鈍化，這是因爲該鈍化堆疊可覆蓋較大的面積。

（7）將一遮罩壓在一基材上的製程可能會有毀壞基

材的風險。容許電池設計中之較不完全的線界定時，因減少了所需的按壓力，而降低了該風險。

（8）前及背面鈍化需求的分開意指促成能夠使用具有被研磨的背面之<111>晶圓，其中前面紋路表面可具有不同的晶向。該有被研磨的背面仍然減少了尾端的形成，而改善了設計電池幾何配置時的可能最大解析度。

（9）對準製程中使用之不同的遮罩可能需要努力。藉由將電池設計成具有軟性重疊的邊緣而減少對準的需求時，將減少對準的要求，且對準的要求能夠進入諸如大約小於 50 微米的易於量產之範圍。

（10）在先前的方法中，當藉由形成 i-aSi 的一全區域絕緣層，然後蝕刻被摻雜的半導體區之開口，而製造該電池時，該絕緣層的側壁可能會突出，或留下銳邊，因而難以用該被摻雜的半導體完全填滿空間。

本發明提出的電池設計及製造方法之創新係與下列條件有關：

（1）可以遮罩式 PECVD 沈積足夠薄的線之實現；

（2）可保證障壁的軟邊（soft edge）不會有負面的影響或甚至有正面的影響之各層沈積順序；

（3）將改善邊界定及對準的差的電池設計之重疊層；

（4）同時被用來作爲電氣絕緣層、鈍化層、反射層且有助於後續被沈積的層的邊界定之以 PECVD 法沈積的障壁層之使用；

（5）以 PECVD 法沈積的障壁可均勻地沈積被摻雜的半導體射極及基極層區之實現，其中該條件在以蝕刻法得到可能有突出壁的開口時可能是困難的；

（6）能夠以一氣呵成之方式沈積這些重疊層中之第一層而無須將該程序分成多個步驟之遮罩設計；以及

（7）前及背面鈍化的分開而可有效率地使用該電池設計中之<111>晶向的晶圓之實現。

在下文中，將使用下列的一些定義：

・晶圓晶向：平行於晶圓切割方向之矽平面。單晶太陽能電池中最常見的方向是<100>，但是也有可以只提供<111>晶向的晶圓之晶圓製造方法。

・晶圓摻雜類型：矽晶圓通常是 p 型（以諸如硼、鋁、或鎵等的受體（acceptor）摻雜）或 n 型（以諸如磷或砷等的施體（donor）摻雜）。

・前面：晶圓的面對光源之面。

・背面：晶圓的背對光源之面。

・背本質層：本質非晶矽的被基極、射極、及隔離區共用之層。

・電極：下列各項的堆疊：

非晶矽、微晶矽（microcrystalline silicon）、碳化矽、或可被有效率地摻雜且具有足夠的能帶間隙（band gap）之其他半導體材料；

金屬接點（可能包含用來提供擴散障壁、電氣接觸、橫向電導、可焊性（solderability）、及對退化的保護

之數個不同的金屬層）；以及

（可供選用的）一透明導電氧化物層，用以改善鈍化、開路電壓、及/或反射。

・射極電極：摻雜是與晶圓摻雜相反的類型（施體或受體）的摻雜之電極。如果晶圓是 p 型，則射極是 n 型，反之亦然。

・基極電極：摻雜是與晶圓摻雜相同的類型的摻雜之電極。如果晶圓是 p 型，則基極電極也是 p 型，但是提供摻雜的摻雜劑元素不需要是相同的。

・背遮罩式沈積：背面上使用遮罩沈積的所有介電層之沈積。

・隔離層或障壁：背面上使射極電極與基極電極隔離之區域，其中在背本質層上沈積一鈍化及反射材料層。

・重疊區或緩衝區：障壁與射極電極部分地重疊或障壁與基極電極部分地重疊之區域。

・前化學鈍化層：堆疊中覆蓋晶圓的前面且藉由減少晶圓前面上的缺陷密度而負責化學鈍化之第一奈米。該層可以是非晶矽、多矽氮化矽、氧化矽、氧化鋁、或其他鈍化材料。

・前頂層：堆疊的前面上有助於電池的場效應鈍化及抗反射特性之其餘層。該等層通常是氮化矽、氧化鋁、氮氧化矽、或以上材料的堆疊。

・金屬化：以物理氣相沈積（PVD）、印刷、或這些製程的組合形成該等電極之金屬部分。

・交叉連接器（cross connector）：以平行的方式連接數個電極且收集來自比任何單一電極大的一區域的電流之金屬部分。交叉連接器因而必須具有比電極金屬化的其餘部分高的導電係數，且可以其中包括PVD、印刷、及焊接等的數種方式中之一方式形成該交叉連接器。

根據第1至4圖所示的一實施例之一背接觸太陽能電池1包含下列特徵：

・一矽晶圓3具有n型或p型的淨摻雜；

・該晶圓的前部被一鈍化層5覆蓋，該鈍化層5包含一前化學鈍化層及用來提供良好的光捕捉（light trapping）及/或場效應鈍化之一或多個前頂層；

・該晶圓之背部被一背本質層7覆蓋；

・該背本質層7被包含非晶矽、氮化矽、碳化矽、氧化鋁、或提供良好鈍化、充分的電氣絕緣及光反射的此類材料的一堆疊之一障壁或隔離層9部分地覆蓋；

・該背本質層7被包含一射極層13及一金屬層15之一射極電極11部分地覆蓋；

・該背本質層7被包含一基極層19及一金屬層21之一基極電極17部分地覆蓋；

・該射極電極11之邊緣部分地重疊一重疊區23中之該隔離層9；

・該基極電極17之邊緣部分地重疊一重疊區25中之該隔離層9；以及

・鄰近的基極電極17及鄰近的射極電極11被各別的

交叉連接器 27 互連。

在下文中，將提供該製造方法及所產生的太陽能電池結構之細節，且以對基本物理效應之解說部分地補充該等細節。只要沒有另行指示，則將按照所示之順序執行各方法步驟。整個處理序列可包含用來進一步改善諸如鈍化的本說明書中未示出之一些進一步的方法步驟。一項挑戰在於：得到該隔離層及各電極堆疊的充分精確之沈積，而實現良好的電池效率，且得到這些薄膜的充分之鈍化及摻雜。在並行之方式下，需要模擬，以便決定何者是容許的厚度、鈍化、及晶圓品質、射極面積百分率等的規格。

（I）矽基材之供應

可將具有諸如介於 20 微米與 400 微米間之厚度之矽晶圓用來作爲矽基材。該晶圓可以是單晶的，且可具有諸如 <111> 或 <100> 等的各種晶向中之一晶向。在替代實施例中，可使用諸如矽薄膜等的其他矽基材、或其他的晶體結構或晶向。

該矽太陽能電池可基於一 <100> 晶圓。可執行清洗步驟及鋸開損壞移除。可以一標準非等向性蝕刻及一接續的等向性倒角蝕刻對該晶圓執行紋路蝕刻，而產生一角錐紋路，其中所有的角錐表面都具有 <111> 晶向，但是該等角錐的底部被磨圓而不尖銳。這是一種非晶矽沈積的理想表面，這是因爲其提供了至非晶矽的突然轉變。此種方式尤其對需要極高精確度的背本質層可能是重要的。也可以一

蝕刻法蝕刻該晶圓，而留下具有相同表面晶向之倒角錐紋路。自光學的觀點而言，該倒角錐紋路甚至是較佳的。

在替代實施例中，該太陽能電池可基於<111>晶圓。在此種情形中，可以電漿或雷射蝕刻法蝕刻前面，而背面則被研磨。被研磨的背面對減少邊緣界定問題可能是最佳的，且提供了良好的鈍化及反射。前面可能必須被紋路化，以便增加進入光的光程長度，但是不只是以非晶矽而是可以任何方式鈍化該前面，所以該前面的表面晶向不是關鍵性的。

（II）在基材的前部上準備一鈍化層

可以諸如非晶矽、氮化矽、氧化矽、氧化鋁、或類似的鈍化材料的任何組合等的一鈍化之非吸光性絕緣體覆蓋該基材的前部。如有需要，可在該階段中使用高溫，只要在該高溫步驟之後沈積背面 i-aSi 即可。

該等前頂層可形成一抗反射塗層。該抗反射塗層（Anti-Reflection-Coating；簡稱 ARC）可以是單一層或多層。

（III）在該基材的背面上沈積一本質非晶矽層

可使用諸如電漿增強式化學氣相沈積（Plasma-Enhanced Chemical Vapour Deposition；簡稱 PECVD）等的適當之氣相沈積法在該矽基材的整個背面之上沈積一本質非晶矽（i-aSi）層。無須使用任何遮罩。

（IV）在該 i-aSi 層的背面上沈積一隔離層

可使用諸如 PECVD 等的適當之氣相沈積法而以局部地覆蓋先前被沈積的 i-aSi 層的背面的隔離區之方式沈積一絕緣隔離層。

該隔離層可包含在該等電極摻雜層之前被沈積的至少一障壁層、以及可能的在該等電極摻雜層之後被沈積的至少一障壁層。在該例子中，第一層應提供化學鈍化及邊緣界定，而第二層可提供較高的反射率、以及各電極及可能的一金屬交叉連接器間之電氣絕緣。此種方式可簡化用來沈積隔離層的遮罩之設計，且可將相同的遮罩用於第一障壁層及電極，然後將一單獨的遮罩用於上障壁層，而開展了將於下文中進一步說明的對準選項。

可以多回合之方式沈積該隔離層，而可以有更穩定的遮罩。當遇到極薄的線厚度時，或要在幾何配置比簡單的線更複雜之位置（例如，在交叉連接器之下，或在電極末端上）形成障壁時，此種方式可能是可取的。

（V）在該 i-aSi 層的背面上沈積電極層

在先前被沈積的該本質非晶矽層上提供兩種極性的電極。爲了準備射極電極之一射極層以及基極電極之一基極層，可將類似的或相同的沈積技術以及類似的或相同的遮罩用來沈積該隔離層。

可使用矽烷（SiH4）及諸如乙硼烷（B2H6）等的含硼氣體形成 p 型摻雜的電極。此外，可加入碳或氮，以便

增加矽的能帶間隙，而可形成更微晶的結構，因而又可得到更高的沈積效率。可加入諸如氬、氫等的其他氣體，以便改善沈積條件，且不使其成分留在薄膜中。

可使用矽烷（SiH4）及諸如磷化氫（PH3）等的含磷氣體形成 n 型摻雜的電極。此外，可加入碳或氮，以便增加矽的能帶間隙，而可形成更微晶的結構，因而又可得到更高的沈積效率。可加入諸如氬、氫等的其他氣體，以便改善沈積條件，且不使其成分留在薄膜中。

可使用諸如氣相沈積或濺鍍技術在該等電極層的各別半導體層之頂部上沈積金屬層及/或透明導電氧化物層。在替代實施例中，可使用諸如噴墨印刷、網版印刷等的技術。

在溫度及污染降低上的要求需要時，可變更前及背面上的各沈積之執行順序，且在必要時可加入額外的清洗步驟。可將其分成不應再被分割的單獨部分：

1.基材背面上的 i-aSi 層之沈積將包括：

a.（可供選用的背面之電漿/化學清洗）

b.沈積薄全區域背本質層；

2.隔離層、射極層、及基極層之遮罩式層沈積：

a.以諸如光學、機械、或其他裝置識別晶圓的位置；

b.放置與需要的對準匹配的用於障壁沈積之一遮罩；

c.沈積該障壁層；

d.（可供選用的步驟，以不同的遮罩重複最後三個步驟，而提供該障壁的不同部分）

e.（可供選用的：再度識別晶圓位置）

f.放置該第一電極之遮罩；

g.沈積該第一電極之被摻雜部分；

h.（再度識別晶圓位置）

i.放置該第二電極之遮罩；

j.沈積該第二電極之被摻雜部分；

k.（可供選用的：清洗所有遮罩以供下次沈積）

3.前化學鈍化層之沈積：

a.（可供選用的前面之電漿清洗）

b.沈積"前化學鈍化層"；

4.一或多個頂層之沈積。

假定採用在一真空室（vacuum chamber）中以一化學氣相沈積製程執行所有的沈積。這些沈積法的一些例子是直接及間接 PECVD、熱燈絲（hot wire）CVD、及膨脹熱電漿（expanding plasma）CVD 等的沈積法。

最有可能的順序將是如下：

・(3, 1, 2, 4)，有 2 次翻轉（flipping），但是將來自摻雜或其他氣體的污染最小化；

・(1, 2, 3, 4)，只有一次翻轉，但是在背面沈積期間可能會有摻雜劑污染的前面；

・(3, 4, 1, 2)，有機會將比背面非晶矽所能忍受的較高溫度用於前面沈積，因而在執行後續的沈積之前，將需要冷卻。此種方式可能導致背面的污染，因而需要額外的清洗。

・(1, 3, 2, 4)，提供了與(3, 1, 2, 4)相同的效益。

最好是可以 PVD 或某一印刷法完成該等電極，而提供了一材料可能是金屬的導電層，而可自該太陽能電池吸取電流。

在可供選用之方式下，如有需要，可在該等電極之上加入一額外的障壁層，使該等電極與一交叉連接器不會接觸且絕緣。此外，在可供選用之方式下，可加入有助於將該等電池互連的金屬之一單獨步驟。

完成之太陽能電池可具有射極及基極電極，該等射極及基極電極有被隔離層的線隔離之線形狀。在該電池的橫向面區域上，一完整的電極結構或提供了一叉合結構之一金屬條可連接該等電極。

該射極電極、障壁、基極電極、及障壁（亦即，單元電池）之合併寬度應小於 2 毫米，且最好是甚至應小於 1 毫米，以避免電阻效應。如果晶圓的摻雜是低的，則因爲電阻值增加了，所以也不須減少該最大單元電池寬度。自晶圓的任何部分至射極電極之最大距離應小於該基材中之少數載子之擴散長度，且通常小於 300 微米，以避免損失，但是該電池在較高的最大距離時，也將在較低的效率下工作。只由對準公差及邊緣界定決定任何線的最小寬度，

且該最小寬度可想而知地可小於 100 微米。

可使用其摻雜濃度將使太陽能電池通常將在低注入下工作之晶圓，亦即，由光產生的載子濃度小於基極摻雜，且因而主要由該摻雜決定電阻值。在此種電池中，由該基材的電阻係數決定至一基極電極的最大距離，且射極電極的面積百分率應遠大於基極電極的面積百分率。其將是晶圓摻雜大約爲 1e15 或更高時的情形。

在替代實施例中，可使用其摻雜濃度將使該電池將在高注入下工作之晶圓，亦即，由光產生的載子濃度大於基極摻雜。在此種電池中，射極及基極接點的面積百分率應是類似的。此種方式可能是一優點，這是因爲可將基極及射極接點的金屬線厚度作得更爲類似，因而提供了更爲最佳化的金屬厚度、較高的面積覆蓋、以及因而得到之較低的金屬消耗。

可以不變鋼（invar）、鐵鎳鉻合金（kovar）、FeNi42、氧化鋁（alumina）、或與預期沈積及清洗序列相容的任何其他材料製造該遮罩。使用導電或絕緣遮罩時，可提供沈積上的差異性，而這兩種遮罩都是可被允許的。

第 5 及 6 圖示出遮罩的一可能設計之一上視圖。有三種類型的遮罩：用於隔離層沈積之一遮罩 31、用於基極層沈積之一遮罩 33、以及用於射極層沈積之一遮罩 35。以不同的影線示出遮罩 31、33、35。所有遮罩 31、33、35 的開口之總和覆蓋了該矽基材的背面之整個面積。不

同的遮罩 31、33、35 中之開口在區域 37 中部分地重疊。因此，利用這些遮罩 31、33、35 而被沈積之該等層 9、13、19 也在重疊區 23、25 中部分地重疊。

使用第 7b、7c 圖所示的開口底部比頂部窄之遮罩開口時，可增加進行沈積的區域之氣流，且可增加沈積速率及均勻性。可使用雷射沿著邊緣部分地挖通氧化鋁，且完全挖通將要進行沈積之處。

遮罩厚度必須在對穩定且強健的厚遮罩之需求與對減少開口的高度/寬度比且縮短使溫度穩定的時間且增加沈積速率的薄遮罩之需求之間取得平衡。

該第一遮罩可能涉及"橋"。"橋"意指該遮罩自晶圓剝離而可進行氣體擴散且因而在該"橋"下進行沈積之部分，但是其中該橋使該遮罩的不同部分連接在一起。此種方式可以單一步驟沈積電極周圍的障壁，而無須爲了以障壁爲全圍繞一區域而進行兩次沈積。此種方式亦可以更堅固的部分使最薄的遮罩部分穩定。

可以如同浸入一裝載晶舟（boat）之方式實體上將該晶圓放入一固定位置，且使該遮罩備置入相對於該固定位置之一特定位置，而執行一對準，或者其中以光學裝置識別該晶圓的位置，然後相應地置放該遮罩，而實現對準。

用於障壁、射極電極、及基極電極的遮罩可以是相同的，因而可在該遮罩式沈積開始時進行該對準，然後可使該遮罩相對地位移一固定量，而執行後續的對準，因而無須在每一步驟中執行一絕對的對準。此種方式將容許相對

於晶圓邊緣的較大之對準公差，且同時保持電池內的線邊緣之小對準公差。如果預期該等電極將比該等障壁寬，則可將該遮罩移到與一先前沈積部分地重疊之一位置，且然後可重複該沈積。

可在每一次沈積之後，或在較大次數的沈積之後，以諸如電漿清洗法或化學清洗法清洗該遮罩。一種選項是使一電漿清洗室與該電漿沈積室並聯，因而該遮罩在整個對準/沈積/去除/清洗週期中將不需要離開真空。將必須以一種可抵抗清洗的材料製造該遮罩，或者可以某一材料製造該遮罩，然後以一薄抵抗材料層覆蓋該材料。

可以具有與矽的熱膨脹係數相同的熱膨脹係數之一材料製造該遮罩。

可以將該遮罩的較有彈性的部分伸長之一框架使該遮罩保持繃緊，因而避免了未對準及變形。

爲了執行各種沈積製程，可提供一沈積室，作爲被氣密閘分開的一序列的室，因而可在一室中保持真空，且同時以氣體充填一鄰近室。可將晶圓放置在一吸盤（chuck）或"晶舟"（"boat"）以供輸送，且作爲對準及遮罩放置之支承。該晶舟可隨著晶圓通過數個室，或可只被用於一室。該晶舟亦將保護晶圓的下面不被沈積。該等室然後可被用來執行不同的功能，可被用來作爲沈積室、遮罩放置室、蝕刻室、遮罩去除室，或可被用來作爲翻轉站（flipping station）。可針對遮罩、晶圓、及"晶舟"而設有蝕刻室。可在遮罩去除室中自晶圓剝離遮罩，然後該等遮

罩可經由一遮罩清洗室而被輸送到遮罩對準室。晶圓及遮罩可自對準室經由沈積室而被輸送到遮罩去除室。

連接相同類型的電極之金屬可不同於該等電極中使用的金屬。然後可焊接、網版印刷、或以被認爲方便的任何方式形成也被稱爲"交叉連接器"的該連接金屬。此種方式之一優點在於：可在不會增加電池的其餘部分的金屬消耗之情形下，增加該電池中載送最大電流的部分之導電係數。

實驗結果

（a）利用遮罩的非晶矽的線之沈積

以雷射切割法利用厚度爲 200 微米的氧化鋁片製造遮罩。切割出寬度爲 100、200、300、400、及 500 微米的線。

將該遮罩放置在一已被研磨且清潔的疏水性<100>晶向矽晶圓表面上，不施加重力以外的其他力，然後將該晶圓插入具有 13.56 百萬赫（MHz）頻率的一直接 PECVD 室。該室被設置成根據已知可執行較佳的非晶矽鈍化之參數而沈積，該等參數包括下列的參數：

・沈積溫度：攝氏 200 度

・25 sccm（立方公分/分鐘）的矽烷（SiH4）流率

・自 20 瓦至 8 瓦斜線下降的功率（經由大約 25 厘米直徑的圓形電極）

・壓力 300 毫托（mtorr）

・沈積時間 15 分鐘

使用聚焦橢圓測試儀（ellipsometry）、輪廓儀（alpha-step profiling）及光學顯微鏡（optical microscopy）將該樣本特徵化，且這些方法顯示一致的結果。最大厚度是大於 30 微米，意指沈積速率稍微小於沒有遮罩的情形中之沈積速率，但是數量級是相同的。被沈積的線之線寬非常接近遮罩開口的寬度，但是小於 300 微米之較薄的線之線輪廓稍微變圓了。線之外有一些尾端形成，但是離開線邊緣 200 微米處有小於 1 奈米的非晶矽。難以排除長達 100 微米的尾端之可能性，這是因爲聚焦橢圓測試儀沒有足夠的解析度，且尚未執行穿透式電子顯微鏡（TEM）。無論如何，線界定對有 300 微米線寬的設計是足夠的，且有可能容許 200 微米或甚至 100 微米的線寬。

在攝氏 200 度下的沈積似乎提供了比在攝氏 230 度下的沈積較銳利之邊緣界定。當在較高溫度下沈積時，諸如在攝氏 400 度下沈積氮化矽時，尾端大幅增加，且尾端比線的中間含有更多的矽。可能因矽的低黏附係數（sticking coefficient）而造成該現象，因而容許沿著表面之擴散。

（b）利用具有斜側壁的遮罩之非晶矽的線之沈積

接續的程序正好如同前文所述者，但是在此種情形中，一遮罩具有垂直邊緣（第 7a 圖）；一遮罩具有傾斜 45 度的邊緣（第 7b 圖），最窄處是在遮罩的底部，且最寬

處是在頂部；另一遮罩被圓化爲幾乎成 U 形（第 7c 圖），後兩種遮罩提供了氣體向下擴散到晶圓表面之比具有直壁的遮罩更佳的擴散。

在此種情形中，邊緣界定在厚度上是較佳的，具有更均勻的線沈積厚度，但是在製造開口時，來自雷射光束光點大小的粗糙度在被沈積線的邊緣上是可識別的。在此種情形中，因爲沈積速率增加了，所以縮短了所需的沈積時間。雷射造成的粗糙度再度強調了對具有重疊區的設計之需求。

（c）利用具有"橋"的遮罩之非晶矽的線之沈積

也產生只自晶圓面部分地挖出遮罩的具有橋之線，且以前文所述方式相同之方式使用該等線。使用厚度爲 200 微米的遮罩時，將該等橋製造成具有 50 或 100 微米的厚度，而在遮罩與晶圓之間留下 150 微米或 100 微米的開口。當該等"橋"的厚度是 200 微米，且線寬大於 300 微米時，由於該等"橋"之下的氣體擴散，所以沈積顯然發生在該等"橋"之下。

模擬

已以 SILVACO 供應的二維模擬套裝軟體 ATLAS 執行了模擬，顯示：只要可將本質非晶矽層保持在大約 5 奈米，且該非晶矽的摻雜是足夠的（大於 1e18/厘米^3），則接觸電阻不可能限制電池的性能。該設計可根據晶圓品質

及鈍化品質而在尺寸上有很大的彈性。一般而言，似乎是障壁線愈窄，將愈好。因而，如果已經以完美的方式沈積了該等電極，則障壁本身似乎在該裝置中只有負面的功能。障壁的功能因而純粹與易於製造有關。

如果假定該障壁可具有比該等電極較佳的內反射，則上述的狀況將改變，且增加障壁寬度甚至可能是有利的。此處，必須作出許多材料上的假定，因而難以提供一般性的幾何配置建議。

自晶圓中之任何點至射極電極的最大容許距離受限於少數載子的有效擴散長度，或者以其他術語表示時，該最大容許距離受限於其中包括前端及障壁鈍化品質的晶圓之有效生命期（lifetime）。

自任何點至基極電極的最大距離受限於晶圓的電阻係數。如果晶圓摻雜是足夠高的，則射極寬度因而應大於基極寬度。對於具有極低摻雜的晶圓而言，將射極寬度製造成沈積精確度所容許的窄甚至可能是有利的。

使用所能達到的最佳線寬作爲輸入，且假定可實現50微米的對準精確度時，該等模擬顯示：根據鈍化（3 - 100厘米/秒）及晶圓品質（0.3 - 3毫秒）、以及所實現的光捕捉（36 - 46毫安的可用光電流），可得到18 - 26%的電池效率。

最後備註

本發明係有關一種背接觸異質接面薄本質層矽太陽能

電池之製造方法。本發明之一觀點在於將遮罩用來沈積電極及該等電極間之障壁。此即意指：可以只須沈積該絕對關鍵性的薄本質層一次，且如同類似電池設計的每一習知之其他已公佈的製造方法，在堆疊的後續處理中不會損壞該薄本質層。

本發明提出的方法及電池之主要優點在於：

（1）一沈積序列及方法部分地使用利用遮罩之沈積，避免了在第一非晶矽（aSi）鈍化之後的蝕刻步驟，因而提高了製造速度，且減少了與界面清洗及本質非晶矽沈積有關的問題，但是付出了較多對準問題的代價；

（2）該電池之設計可容許實際大量製造時將發生的未對準之必要公差；

（3）該電池之設計在電池背面上的不同元件之間的邊界區有一重疊結構，因而在該背面的每一點中必然有至少良好的化學鈍化或良好的場效應鈍化；以及

（4）製程可對關鍵性的階段（尤其是薄本質層的沈積）有完全的控制，但是放鬆對較遠離與結晶矽間之界面的沈積的較不關鍵性階段之控制。

某些本發明的構陷有賴於：

（1）了解如果滿足某些製程參數及遮罩要求，則足夠精確的遮罩式沈積是可能的（已被實驗及模擬所確認）；

（2）了解如果按照正確的順序沈積各部分，則因遮罩式沈積而造成的不完美線界定不是問題，反而是一優點

，這是因爲遮罩式沈積在因所造成的能帶彎曲的減少而降低了鈍化品質（理論上的估計）之前，已先逐漸地增加了串聯電阻及鈍化；以及

（3）了解可在該等電極之間加入一足夠寬的緩衝區，而實現所需的未對準公差，且不會過於犧牲電池效率（模擬支持此論點）。

使用利用遮罩之（PEC）VD 施加被摻雜的非晶矽及其他背面鈍化材料，其中該等遮罩通常是金屬（例如，鎳/鐵鎳鉻合金（kovar））或絕緣（例如，氧化鋁）遮罩，且該等遮罩具有由對準、遮罩厚度、及金屬沈積參數決定的至少 100 微米之開口。

遮罩與晶圓間之對準精確度（d0）是關鍵性設計議題，且決定了第 1 圖所示之最小距離 d1、d2、d3、d4、及 d5。這些最小距離應都大於 2*d0。假定有 50 微米的對準製程，則該等最小距離可能都是 100 微米，或者該等最小距離可能是不同的值，但是都大於 100 微米。

所有這些材料都需要以該圖所示之方式重疊，因而縱然在最大未對準之情形下，也不會留下未被鈍化的區域。此種重疊是本發明的一關鍵點。

縱然被沈積的第一障壁沒有完美的界定，但是該遮罩層的任何邊緣/尾端即使被電極形成的摻雜非晶矽（或 aSiC、微晶矽（μcSi）、或類似的材料）覆蓋時，將只會改善鈍化。必須只留下用來形成電接觸（且在射極的情形中，留下不會破壞該射極實現之能帶彎曲）的足夠面

積。

尤其如果非晶矽被用於遮罩，則將確定該等接觸不會有這些問題。如果紋路造成了尾端的不規則邊緣，則這也同樣不會造成問題，只要角錐/紋路尖端提供了足夠的接觸面積即可。

本發明的一關鍵認知在於：穿隧電阻首先將增加到不再取決於場效應鈍化的一程度（第 8b 圖），然後能帶彎曲將下降到場效應鈍化被去除的一程度（第 8c 圖），但是因爲穿隧障壁現在很大，所以界面上的大量載子不再造成問題。在具有陡峭轉變之設計中，場效應損失可能發生於化學鈍化增加之前，因而導致高的再結合。

在異質接面電池的接點上之鈍化是非常良好的（第 8a 圖），因而串聯電阻可能是選擇接點區尺寸時的限制因素。此處，兩個串聯電阻相互競爭。大的背面間距將造成高基體電阻。小的間距將意指：被接觸的面積百分率是較小的（由於對準限制），且因而接觸電阻是較大的，這可能是一問題。

射極接點面積百分率應可能大於基極接點，以便減少少數載子的所需擴散長度，而且因爲射極接點更有可能造成高電阻係數。

該等電極間之絕緣障壁應減少可以蒸鍍或濺鍍執行的金屬接點沈積之對準及局限問題。亦可以多種材料的堆疊之方式製造該絕緣障壁，其中某些材料係針對鈍化而被最佳化，且其他的材料係針對反射及/或電氣絕緣而被最佳

化。

最後，請注意，術語"包含"不排除其他的元件或步驟，且"一"（"a"、"an"）不排除複數個。此外，可合併以與不同的實施例相關聯的方式說明之各元件。也請注意，申請專利範圍中之參考符號不應被理解爲對申請專利範圍的範圍之限制。

【圖式簡單說明】

在前文中，以已與各附圖有關之方式說明了本發明的實施例之特徵及優點。其中，不應將該說明或圖式詮釋爲對本發明的限制。

第 1 圖示出根據本發明的一實施例的一太陽能電池的一基本設計之一橫斷面。

第 2 圖示出第 1 圖所示太陽能電池的背面之一上視圖。

第 3 圖示出第 1 圖所示區域 A 之一放大橫斷面，圖中示出第 1 圖所示太陽能電池之一重疊部分。

第 4 圖示出第 2 圖所示區域 B 之一放大上視圖。

第 5 圖示出可被用於根據本發明的一實施例的一製造方法的重疊遮罩之一上視圖。

第 6 圖示出第 5 圖所示區域 C 之一放大上視圖。

第 7a、b、c 圖示出可被用於根據本發明的一實施例的一製造方法的遮罩之橫斷面剖面圖。

第 8a、b、c 圖示出第 3 圖所示橫斷面 a-a、b-b、及

c-c 之能帶圖。

該等圖式只是示意圖，且不是按照比例。在所有該等圖式中，以相同的參考符號標示相同的或類似的特徵。

【主要元件符號說明】

1：背接觸太陽能電池

3：矽晶圓

5：鈍化層

7：背本質層

9：隔離層

11：射極電極

13：射極層

15,21：金屬層

17：基極電極

19：基極層

23,25：重疊區

27：交叉連接器

31,33,35：遮罩

37：區域

第 101118797 號　　民國 105 年 2 月 16 日修正

105年2月16日修正本

七、申請專利範圍：

1.一種背接觸異質接面薄本質層太陽能電池，包含：

具有一前面及一背面之一矽基材；

在該矽基材的該前面上之一鈍化層；

覆蓋該基材的該全部背面之一薄本質非晶矽層，該本質非晶矽層具有鄰接該矽基材的該背面之一前面，且該本質非晶矽層具有在該該本質非晶矽層之前面對向之一背面；

一射極層，該射極層包含第一摻雜極性的一被摻雜之半導體材料，且覆蓋該本質非晶矽層的該背面之一或多個部分；

一基極層，該基極層包含與該第一摻雜極性相反的第二摻雜極性之一被摻雜之半導體材料，該被摻雜之半導體材料具有該比矽基材的摻雜濃度高之摻雜濃度，且該基極層覆蓋該本質非晶矽層的該背面中鄰近被該射極層覆蓋的該部分之一或多個部分；

一隔離層，該隔離層包含一電氣絕緣材料，且被配置在該本質非晶矽層的該背面中橫向地介於該射極層的各鄰近部分與該基極層的各鄰近部分間之一或多個部分上；

該背接觸異質接面薄本質層太陽能電池之特徵在於：

該射極層及該隔離層之各鄰接區與該基極層及該隔離層的各鄰接區部分地橫向重疊，且該部分地橫向重疊之方式使得在一重疊區中，該隔離層的至少一部分位於比該射極層及該基極層中之分別層的一重疊部分更接近該基材之

處。

2.如申請專利範圍第 1 項之太陽能電池，其中起源自該隔離層的一向外表面之一法線對於該隔離層的該表面中不與該本質非晶矽層接觸的所有位置而言，具有背對著該本質非晶矽層之一方向分量。

3.如申請專利範圍第 1 項之太陽能電池，其中該隔離層的厚度以一種沒有銳邊的平滑方式在其橫向邊界上減少到一可忽略的值。

4.如申請專利範圍第 1 項之太陽能電池，其中該隔離層的至少一部分與該本質非晶矽層形成一連續相，且其中該太陽能電池之橫斷面顯示：該本質非晶矽層在接觸該射極層及該基極層中之一層的各電極的中間之下是最薄的，且朝向該等電極邊緣中之至少一電極邊緣以及大部分的該隔離層中較厚了至少 20%。

5.如申請專利範圍第 1 項之太陽能電池，其中該隔離層包含至少一具有良好鈍化及電氣絕緣特性之介電材料之層。

6.如申請專利範圍第 1 項之太陽能電池，其中該隔離層包含由具有良好鈍化特性的本質非晶矽之一層、以及由具有良好光反射及電氣絕緣特性的介電材料之至少一層，且其中該隔離層的該本質非晶矽的一尾端部分延伸到該鄰接基極層及射極層中之一層之下且與該層橫向重疊。

7.如申請專利範圍第 1 項之太陽能電池，其中該基材是沿著<111>晶向切割且該背面被研磨的一矽晶圓。

8.如申請專利範圍第 1 至 6 項中之一項之太陽能電池，其中該矽基材的該背面具有一紋理。

9.一種製造背接觸異質接面薄本質層太陽能電池之方法，其中至少以下列步驟形成該背面：

提供具有一前面及一背面之一矽基材；

在該矽基材的該全部背面之上沈積一薄本質非晶矽層，該本質非晶矽層具有鄰接該矽基材的該背面之一前面，且該本質非晶矽層具有在該本質非晶矽層之該前面對向之一背面；

沈積包含一電氣絕緣材料之一隔離層，其中利用一遮罩沈積該隔離層，使該隔離層覆蓋該本質非晶矽層的該背面之隔離部分；

沈積包含第一摻雜極性的一被摻雜之半導體材料之一射極層，其中利用一遮罩沈積該射極層，使該射極層覆蓋該本質非晶矽層的該背面中鄰接該等隔離部分之一射極部分；

沈積一基極層，該基極層包含與該第一摻雜極性相反的第二摻雜極性之一被摻雜之半導體材料，且該被摻雜之半導體材料具有比該矽基材的摻雜濃度高之摻雜濃度，其中利用一遮罩沈積該基極層，使該基極層覆蓋該本質非晶矽層的該背面中鄰接該等隔離部分之一基極部分。

10.如申請專利範圍第 9 項之方法，其中被用來沈積該隔離層、該基極層、及該射極層中之至少一層的該遮罩具有底部最窄的傾斜邊緣。

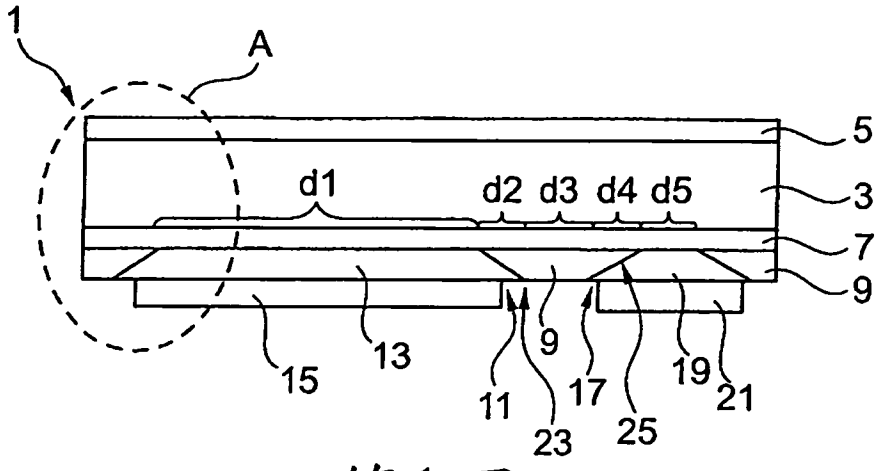
11.如申請專利範圍第 9 項之方法，其中一遮罩中被用來沈積該隔離層之一些開口在被針對沈積該隔離層而定位時，部分地橫向重疊被用來沈積該射極層及該基極層中之一層的一遮罩中之一些開口，其中該遮罩中之該等開口此時被針對沈積該分別的層而定位。

12.如申請專利範圍第 9 項之方法，其中當被用來沈積該隔離層、該射極層、及該基極層的該等遮罩之一對準製程在技術上受限於一最小對準精確度時，用來沈積該等隔離區的該等遮罩中之開口的寬度及間隔分別有至少爲該最小對準精確度的兩倍之寬度及間隔。

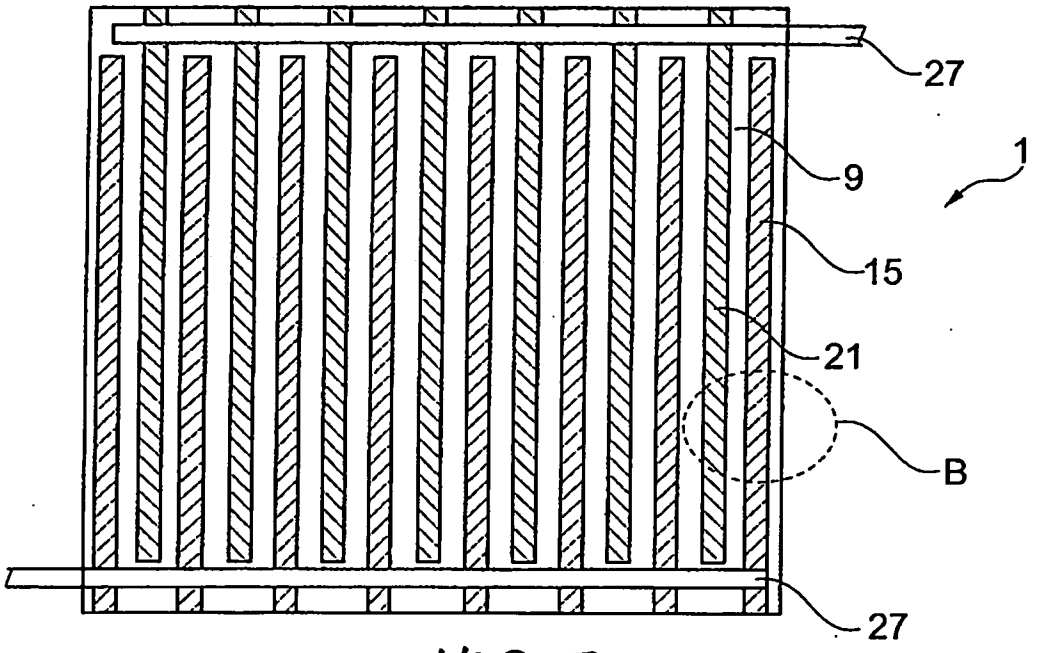
13.如申請專利範圍第 9 項之方法，其中相同的遮罩被用於該隔離層沈積、該基極層沈積、及該射極層沈積之各種沈積，且其中不同的遮罩對準都只是相對於一有圖案的第一層沈積之對準。

14.如申請專利範圍第 9 項之方法，其中用來沈積該隔離層之該遮罩包含複數個橋，該複數個橋容許在該橋之下之層沈積，且該等橋支承該遮罩之機械穩定性。

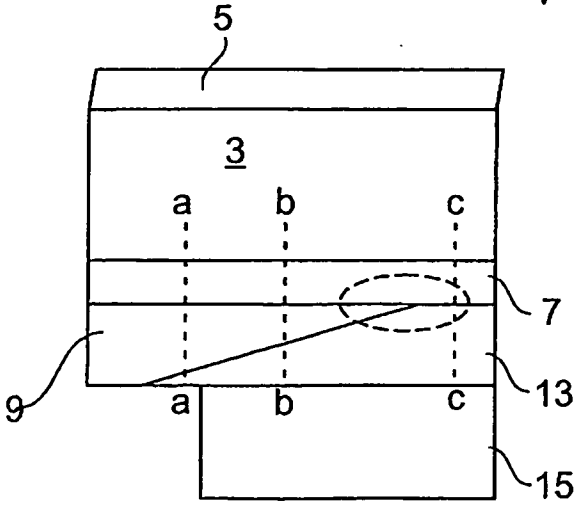
15.如申請專利範圍第 9 至 14 項中之一項之方法，其中以具有與該矽基材的熱膨脹係數相同或接近的熱膨脹係數之一材料製造該遮罩。



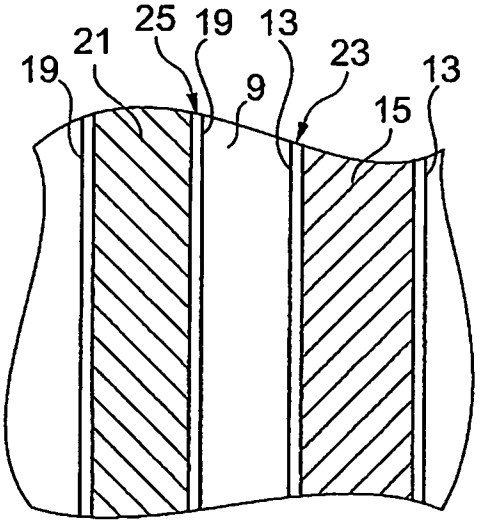
第1圖



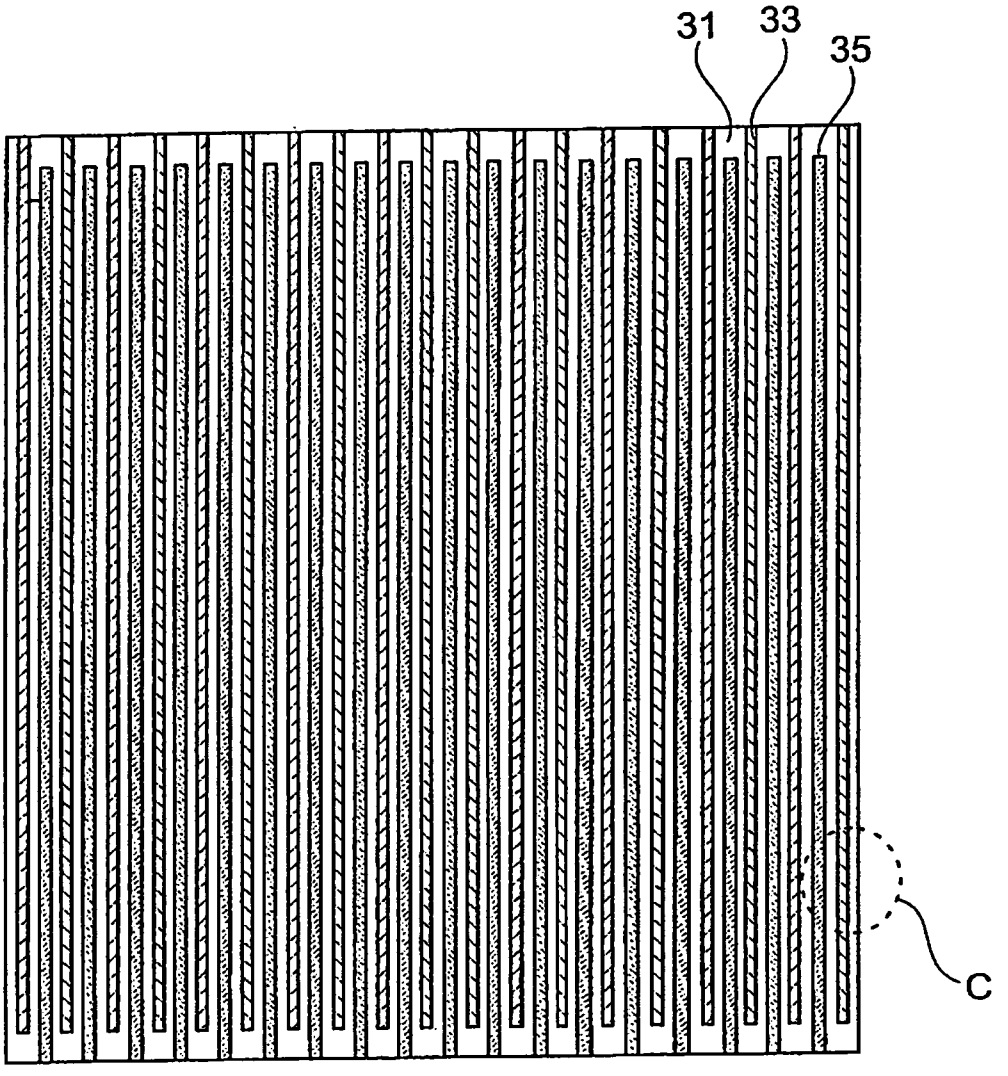
第2圖



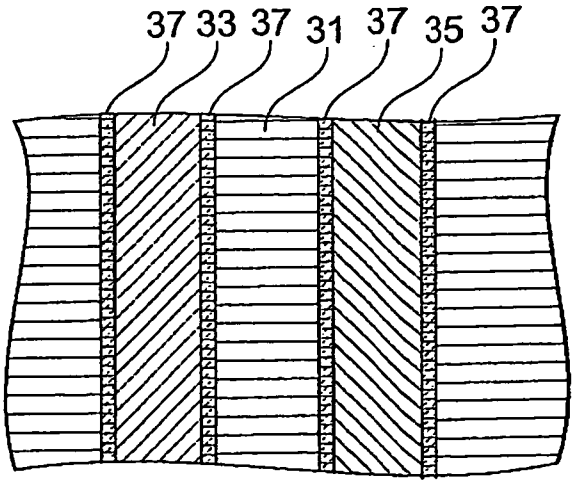
第3圖



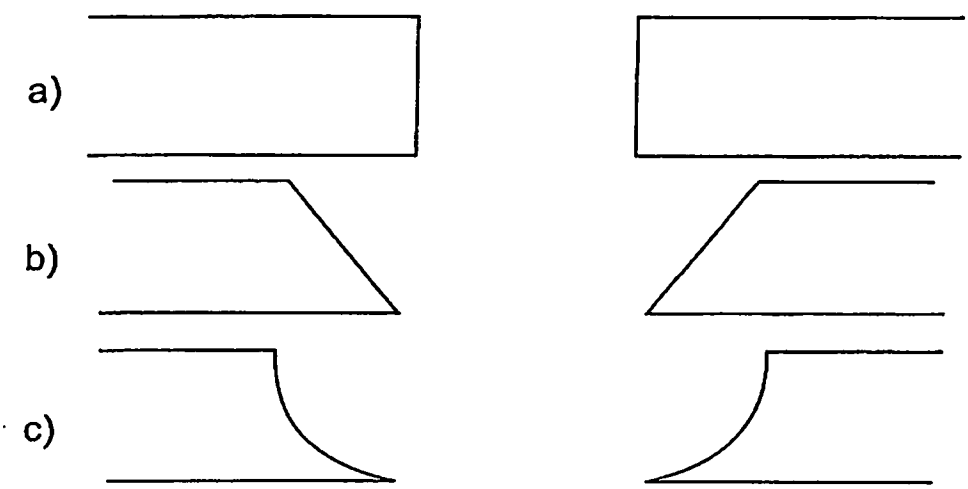
第4圖



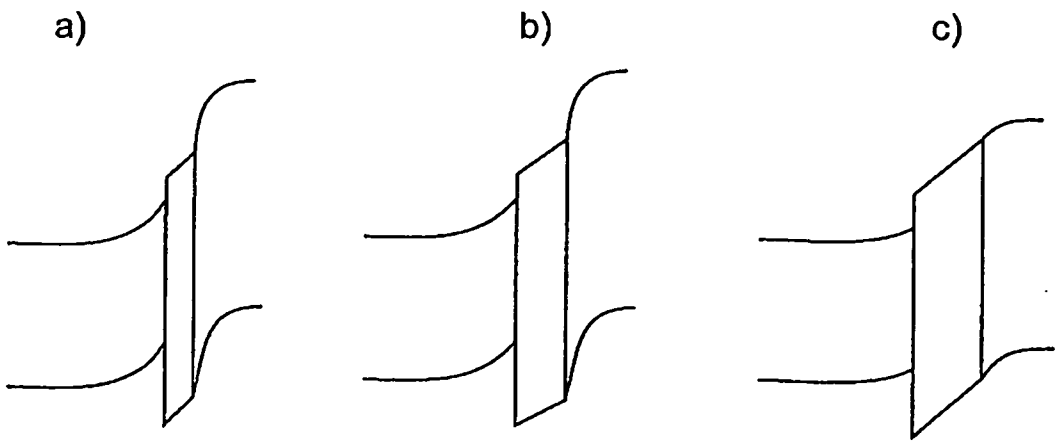
第5圖



第6圖



第7圖



第8圖