201924073

(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本 (11)公開編號：TW 201924073 A

(43)公開日： 中華民國 108 (2019) 年 06 月 16 日

(21)申請案號：107133506 (22)申請日： 中華民國 107 (2018) 年 09 月 21 日

(51)Int. Cl.： *H01L31/0224(2006.01)* *H01L31/0747(2012.01)*
H01L31/18 (2006.01)

(30)優先權：2017/09/22 荷蘭 2019617
2018/05/24 荷蘭 2020984

(71)申請人：荷蘭史迪克汀艾能吉翁德卓克中心 (荷蘭) STICHTING ENERGIEONDERZOEK CENTRUM NEDERLAND (NL)
荷蘭

(72)發明人：邦德 艾福特猶金 BENDE, EVERT EUGENE (NL)；吳愉 WU, YU (CN)；安卡約翰 ANKER, JOHN (NL)

(74)代理人：葉璟宗；鄭婷文；詹富閔

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：26 項 圖式數：10 共 45 頁

(54)名稱

具 p-型導電性的指叉式背接觸式太陽能電池

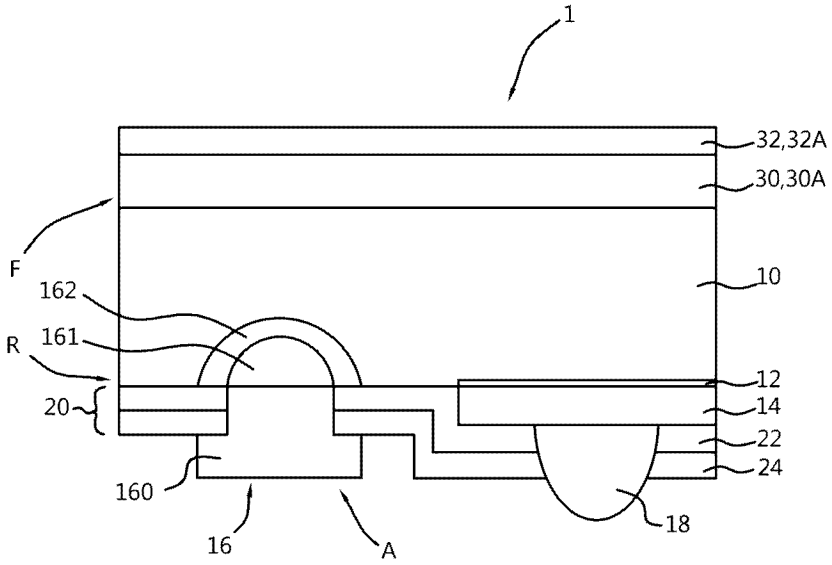
INTERDIGITATED BACK-CONTACTED SOLAR CELL WITH P-TYPE CONDUCTIVITY

(57)摘要

基於具 p 型導電性的矽基板的背接觸式太陽能電池具有用於接收輻射的前表面以及後表面。後表面具有穿隧氧化層及具 n 型導電性的摻雜多晶矽層。穿隧氧化層及具 n 型導電性的圖案化摻雜多晶矽層形成圖案化層堆疊，圖案化層堆疊中具有間隙。鋁-矽合金化觸點經佈置於間隙中的每一者內、與基板的基極層電接觸，且一或多個銀觸點經佈置於圖案化摻雜多晶矽層上且與圖案化摻雜多晶矽層電接觸。

A back-contacted solar cell based on a silicon substrate of p-type conductivity has a front surface for receiving radiation and a rear surface. The rear surface is provided with a tunnel oxide layer and a doped polysilicon layer of n-type conductivity. The tunnel oxide layer and the patterned doped polysilicon layer of n-type conductivity form a patterned layer stack provided with gaps in the patterned layer stack. An Al-Si alloyed contact is arranged within each of the gaps, in electrical contact with a base layer of the substrate, and one or more Ag contacts are arranged on the patterned doped polysilicon layer and in electrical contact with the patterned doped polysilicon layer.

指定代表圖：



【圖1】

符號簡單說明：

1・・・太陽能電池

10・・・矽基板

12・・・穿隧氧化層

14・・・摻雜多晶矽層

16、18・・・觸點

20・・・氫化介電層

22、30・・・Al_2O_3層

24、32・・・SiN_x：H 層

30A・・・本質多晶矽層

32A・・・抗反射塗層

160・・・Al 頭端

161・・・Al-Si 合金層

162・・・Al 摻雜 BSF 區域

A・・・間隙

F・・・前表面

R・・・後表面

【發明說明書】

【中文發明名稱】具有p-型導電性的指叉式背接觸式太陽能電池

【英文發明名稱】INTERDIGITATED BACK-CONTACTED SOLAR CELL WITH P-TYPE CONDUCTIVITY

【技術領域】

【0001】 本發明是有關於一種背接觸式 p 型太陽能電池。另外，本發明是有關於一種包括至少一個此類太陽能電池的太陽電池板或光伏打模組。

【先前技術】

【0002】 習知 p 型指叉式背接觸式(Interdigitated Back-Contacted，IBC）太陽能電池在其後側區域上具有 p 型基極或擴散 n 型發射極。選擇能夠同樣良好地鈍化兩個區域的介電層是一種挑戰。大部分介電層具有表面電荷。熟知鈍化介電層是具有負表面電荷的鋁氧化物（氧化鋁，Al_2O_3）及具有正表面電荷的氫化非晶氮化矽（hydrogenated amorphous silicon nitride；a-SiN_x:H）。

【0003】 若 Al_2O_3 經應用於 p 型 IBC 太陽能電池的整個後表面上，則其在 p 型基極區域處具有對表面復合（surface recombination）有益的效應。在這種情況下，排斥電子（少數載流子）而吸引電洞（多數載流子），其表示為「積聚」。由於少數載流子濃度為限制因素，故其決定表面復合率。以這種方式，p 型基極表面處之表面復合率可降低，這促成高開路電壓。然而，在 n 型區域（發射極）處，機制沿相反方向起作用。此時，吸引電洞（少數載流子）且排

斥電子（多數載流子）。這提高表面復合，亦由於此時在這個區域中的少數載流子濃度（電洞）設定復合率。

【0004】 若 n 型發射極的摻雜濃度降低，其通常有益於減少表面復合，則所述效應變得更強。當電子 N_e 濃度與電子之俘獲截面 σ_e 的乘積等於電洞的那些參數 N_h、σ_h（亦即 $N_e \sigma_e = N_h \sigma_h$）時，出現最糟糕的情況。

【0005】 這種情形表示為「耗盡（depletion）」，因為電子及電洞的濃度總和處於所述極低之情況。

【0006】 霍伊克斯（Hoex）等人在「藉由電漿輔助原子層沈積的 Al_2O_3 進行磷擴散 n+型發射極的表面鈍化（Surface passivation of phosphorus-diffused n+-type emitters by plasma-assisted atomic-layer deposited Al_2O_3）」，物理學固體狀態快速研究快報 6 第 1 期 4 至 6 頁（2012）/DOI 10.1002/pssr.201105445（Phys. Status Solidi RRL 6, No. 1, 4-6（2012） / DOI 10.1002/pssr.201105445）中展示說明這種情形的非金屬化太陽能電池的隱含 V_{oc} 的最小值（圖 3，出處同上）。

【0007】 摻雜濃度的進一步降低引起發射極的「逆轉」，這意謂電子濃度變得低於電洞濃度。這對於表面復合減少可能有益，但會產生非功能性太陽能電池。

【0008】 若相反，具有正表面電荷的介電質（如 a-SiN_x:H）沈積於習知 p 型電池的 p/n+後表面上，則物理學以相反方式起作用。正表面電荷對於發射極表面復合具有有益的效應，且一般而言，表面復合電流 j_0 隨著摻雜表面濃度降低（其實際上意謂發射極薄層電阻增大）而降低。

【0009】 然而，在通常具有 1 至 3 歐姆公分的電阻率的低摻雜 p 型基板上，強正表面電荷引起逆轉。這暗示基極表面區域變成了朝向基極觸點延伸的表面電荷引發（亦即非擴散）的發射極。熟知這會引起分流，導致極差電池效果。

【0010】 以上問題的可能解決方案在於產生具有（幾乎）零表面電荷的介電層。然而，經證實處理這些介電層相當困難。此外，鈍化品質不再視場效而定，而是僅視所謂的「化學鈍化」而定，所述化學鈍化實現的難度一般大得多。所述層的實例為本質非晶矽，在濕式化學預處理具有極高標準的限制條件下，其化學表面復合極佳。然而，已知所述層在高溫下不穩定且因此不適合結合網版印刷金屬觸點的主流燒製過程。

【0011】 本發明的目標是克服或減少先前技術的問題中的一或多者。

【發明內容】

【0012】 所述目標藉由一種基於具 p 型導電性的矽基板的背接觸式太陽能電池來達成，所述背接觸式太陽能電池具有用於接收輻射的前表面以及後表面；其中所述後表面具有穿隧氧化層及具 n 型導電性的摻雜多晶矽層；穿隧氧化層及具 n 型導電性的摻雜多晶矽層形成圖案化層堆疊，所述圖案化層堆疊中具有間隙；鋁-矽（Al-Si）觸點經佈置於間隙中的每一者內、與所述基板的基極層電接觸；且一或多個銀（Ag）觸點經佈置於所述圖案化摻雜多晶矽層上且與圖案化摻雜多晶矽層電接觸。

【0013】 根據本發明，提供一種 p 型 IBC 太陽能電池，其具有穿

隧氧化物及 n 型多晶矽發射極區域的圖案化堆疊層。穿遂氧化物通常為 0.5 至 2 奈米厚且可在高溫下藉由濕式化學氧化（例如，使用 HNO_3 溶液）或藉由基於氣體的氧化來製成。

【0014】 在所述太陽能電池中，鈍化特性藉由穿隧氧化層的氧化矽表面來決定。而且，藉由氫原子鈍化矽基板表面的懸鍵起到關鍵作用。

【0015】 在 p 型 IBC 太陽能電池的後表面具有 n 型多晶矽發射極區域及基極區域的交替結構的一個實施例中，可沈積具有負表面電荷的介電質，如 Al_2O_3（或包括 Al_2O_3 層及 a-SiN_x:H 層的堆疊）。隨後，介電層的存在引起基極區域表面處的所要積聚，而趨於耗盡的趨勢未必是不利的，因為首先，n 型多晶矽中之摻雜濃度相當高，且其次，由於多晶矽層通常厚一個數量級，趨於耗盡的趨勢發生在通常 10 至 20 奈米的距離處且因此不影響穿隧氧化物處的表面復合。就 n 型多晶矽而言，介電層的重要功能在於提供氫，氫將在高溫步驟期間（通常發生在太陽能電池的觸點的燒製期間）朝向穿隧氧化物遷移且從而很大程度上減少表面復合。

【0016】 在另一個實施例中，太陽能電池的後表面具有包括 n 型多晶矽及本質多晶矽的交替區域的指叉電極圖案。這通常可藉由相繼沈積穿隧氧化物及本質多晶矽層而製成。此後，應用擴散障壁圖案，且例如藉由 $POCl_3$ 擴散或藉由離子植入發生磷原子至晶圓表面中的擴散。隨後去除擴散障壁。在這個實施例中，表面鈍化發生在整個區域上方的穿隧氧化物處。穿隧氧化物的氫化（其中氫原子將定位於矽晶圓表面的懸鍵處）引起極高度表面鈍化。由於約 200 奈米的多晶矽層覆蓋穿隧氧化物且介電質的表面電荷僅影響

外部多晶矽表面之 10 至 20 奈米處的載流子濃度水準，故表面電荷的正負號不再相關。介電質的唯一作用在於本質多晶矽及 n 型多晶矽皆提供氫。因此，在這個實施例中，介電層類型的選擇是自由的。這意謂介電層可以是例如 Al_2O_3、a-SiN_x:H 或這些介電層的堆疊。

【0017】 本發明亦有關於一種包括如上文所描述的太陽能電池中的一或多者的太陽電池板或光伏打模組。

【0018】 根據一態樣，本發明是有關於一種用於製造基於具 p 型導電性的矽基板的背接觸式太陽能電池的方法，所述背接觸式太陽能電池具有用於接收輻射的前表面以及後表面；所述方法包括：

於後表面上提供穿隧氧化層及具 n 型導電性的摻雜多晶矽層的層堆疊，穿隧氧化層佈置於後表面與摻雜多晶矽層之間；圖案化層堆疊以使層堆疊中具有間隙；在所述間隙中的每一者內與基板的基極層電接觸地佈置鋁-矽合金化觸點，以及

於圖案化層堆疊的摻雜多晶矽層上且與摻雜多晶矽層電接觸地佈置一或多個銀觸點或過渡金屬觸點。

【0019】 根據一實施例，所述方法包含：在層堆疊中具有間隙的所述層堆疊的圖案化包括沈積或產生包括 SiO_2 層及/或 SiN_x 層的覆蓋層及藉由藉助於用激光束局部去除所述 SiO_2 層及/或 SiN_x 層而在覆蓋層中產生開口來圖案化覆蓋層。

【0020】 根據另一實施例，如上文所描述的方法包括：去除圖案化覆蓋層以暴露摻雜多晶矽層；於後表面上間隙及經暴露圖案化摻雜多晶矽層上方沈積介電層；以及藉助於激光束在介電層中間隙的位置處產生開口。

【0021】 而且，本發明是有關於一種用於製造基於具 p 型導電性的矽基板的背接觸式太陽能電池的方法，所述背接觸式太陽能電池具有用於接收輻射的前表面以及後表面；所述方法包括：

於後表面上提供穿隧氧化層及本質多晶矽層的層堆疊，穿隧氧化層佈置於後表面與本質多晶矽層之間；用包括 SiO_2 層及/或 SiN_x 層的覆蓋層覆蓋層堆疊且在覆蓋層中產生燒結 SiO_2 層及/或 SiN_x 層的圖案；去除未燒結的 SiO_2 層及/或 SiN_x 層區域；將未由燒結 SiO_2 及/或 SiN_x 層區域的圖案覆蓋的本質多晶矽層暴露於 n 型摻雜劑物種，以便產生未由燒結 SiO_2 及/或 SiN_x 層覆蓋的 n 型摻雜多晶矽層區域的圖案；去除圖案化燒結 SiO_2 及/或 SiN_x 層區域以便暴露本質多晶矽的一或多個區域；於本質多晶矽的一或多個區域上佈置鋁-矽合金化觸點，所述鋁-矽合金化觸點各自與本質多晶矽的各別區域電接觸；以及於圖案化 n 型摻雜多晶矽層區域中的一或多者上且與圖案化 n 型摻雜多晶矽層區域電接觸地產生銀觸點或過渡金屬觸點。

【0022】 根據一實施例，所述方法包括：藉由使用激光束作為用於燒結的局部熱源來產生燒結 SiO_2 層及/或 SiN_x 層區域的圖案。

【0023】 根據一實施例，如上文所描述的方法更包括：

在去除圖案化燒結 SiO_2 及/或 SiN_x 層區域之後，在本質多晶矽的區域及 n 型摻雜多晶矽的區域上方沈積介電層，以及對於本質多晶矽的一或多個區域，在上覆於本質多晶矽的區域的介電層中的一位置處產生間隙或開口；其中上覆於本質多晶矽的區域的介電層中的間隙或開口藉由使用激光束來產生。

【0024】 有利實施例進一步由附屬申請專利範圍定義。

【圖式簡單說明】

【0025】 在下文中將參考隨附圖式而僅作為實例來更詳細地描述本發明的實施例，隨附圖式在本質上是示意性的，且因此不必按比例繪製。另外，圖式中的對應參考符號是關於對應或實質上類似的元件。

在圖式中，圖 1 示意性地展示根據本發明的一實施例的太陽能電池的橫截面。

圖 2 示意性地展示根據本發明的太陽能電池的橫截面。

圖 3 示意性地展示根據本發明的一實施例的太陽能電池的橫截面。

圖 4 示意性地展示根據本發明的一實施例的太陽能電池的後表面的平面視圖。

圖 5 示意性地展示圖 4 的太陽能電池的橫截面。

圖 6 示意性地展示根據本發明的一實施例的太陽能電池的後表面的平面視圖。

圖 7 示意性地展示根據本發明的一實施例的太陽能電池的後表面的平面視圖。

圖 8 展示根據本發明的一實施例的包括至少一個太陽能電池的太陽電池板的橫截面。

圖 9 展示太陽能電池在根據一實施例的方法的各個階段期間的橫截面。

圖 10 展示太陽能電池在根據一實施例的方法的各個階段期間的橫截面。

【實施方式】

【0026】 本發明之太陽能電池是基於 p 型半導體基板的，正極性觸點及負極性觸點佈置於所述基板的後表面。正觸點直接連接至所述基板的 p 型基極層，而負觸點連接至後表面上的 n 型摻雜區域。通常，正觸點經實施為金屬合金觸點，負觸點經實施為金屬或金屬性觸點。

【0027】 圖 1 示意性地展示根據本發明的一實施例的太陽能電池的橫截面。

【0028】 根據本發明的一實施例，太陽能電池 1 包括具 p 型導電性的矽基板 10。舉例而言，所述矽基板經摻雜有作為摻雜劑物種的硼。

【0029】 矽基板 10 具有前表面 F 及後表面 R。

【0030】 穿隧氧化層 12 及摻雜多晶矽層 14 的堆疊經佈置於後表面 R 上。層堆疊 12、層堆疊 14 以間隙 A 經圖案化至矽基板的所述表面。穿隧氧化層 12 通常由二氧化矽組成且通常具有約 2 奈米或小於的厚度。

【0031】 圖案化摻雜多晶矽層 14 具有 n 型導電性，與矽基板的 p 型導電性相反。n 型圖案化多晶矽層的厚度介於約 10 奈米與約 300 奈米之間。

【0032】 在圖案化 n 型摻雜多晶矽層的圖案內，存在間隙 A。在間隙 A 中，第一導電型的觸點 16 經定位連接至矽基板 10，亦即太陽能電池的基極。在此實施例中，第一導電型的觸點為金屬合金觸點，通常為鋁-矽（Al-Si）觸點。視情況，所述觸點包括硼。所

述 Al-Si 觸點一般由包括 Al 頭端 160、Al-Si 合金層 161 以及 Al 摻雜 BSF 區域 162 的層狀結構組成。視情況，層 160、層 161 以及層 162 包含硼。BSF 區域 162 通常與基板的矽基質接觸且包封 Al-Si 合金層 161。Al 頭端 160 在後表面 R 處定位於 Al-Si 合金層的頂部上且自其延伸。Al-Si 觸點在基板層面上的側向尺寸小於間隙 A 的側向尺寸，以避免與 n 型摻雜多晶矽的接界區域接觸。

【0033】 為與第一導電型相反的第二導電型的觸點 18 經佈置於圖案化 n 型摻雜多晶矽層 14 上且與其電接觸。根據本發明，第二導電型的觸點 18 經實施為金屬觸點，在一實施例中為銀（Ag）觸點或替代地為過渡金屬（例如，可能藉由光引發性鍍覆而經 Ni-Cu 鍍覆的）觸點。Ag 觸點 18 的側向尺寸小於圖案化 n 型摻雜多晶矽的貼片的側向尺寸，Ag 觸點經定位於所述貼片上。

【0034】 圖案化 n 型摻雜多晶矽層 14 及開口 A 由氫化介電層 20 覆蓋。所述氫化介電層 20 藉由提供氫以遮蔽後表面 R 處的電活性疵點（例如，矽表面處的懸鍵）來改良後表面（亦即穿隧氧化物與矽基板 10 的表面之間的界面）的鈍化。氫化介電層 20 可包括氫化氮化矽 SiN_x:H 層 24、氧化鋁（Al_2O_3）層 22 或這些層 22、24 的介電層堆疊。在所述介電層堆疊中，氧化鋁層 22 定位在基板的後表面與 SiN_x:H 層 24 中間，因為 SiN_x:H 層可能具有正表面電荷。

【0035】 Al-Si 觸點 16 及 Ag 觸點 18 皆延伸穿過氫化介電層以分別與矽基板 10 的基極及圖案化 n 型摻雜多晶矽層 14 電接觸。

【0036】 在一實施例中，氫化介電層經組態以具有負表面電荷。所述負表面電荷影響矽基板中之少數電荷載流子及多數電荷載流子的分佈，其如引入部分所說明有益地減少復合效應。

【0037】 在一實施例中，將接收輻射的前表面 F 由與具 p 型導電性的矽基板 10 接界的 Al_2O_3 層 30 及 Al_2O_3 層頂部上的 SiN_x:H 層 32 覆蓋。

【0038】 在另一實施例中，將接收輻射的前表面 F 由本質多晶矽層 30A 及抗反射塗層 32A（例如氮化矽）覆蓋。由於已知本質多晶矽寄生地吸收藍光，故具有所述本質多晶矽層 30A 的太陽能電池可在串接裝置中用作底部太陽能電池，底部電池在所述串接裝置中主要搜集近紅外光，且本質多晶矽的寄生吸收則相對較低。

【0039】 在前表面 F 經組態有僅一個抗反射塗層的情況下，太陽能電池 1 將較少地受寄生藍光吸收的損傷。

【0040】 圖 2 示意性地展示根據本發明的一實施例的太陽能電池 2 的橫截面。

【0041】 根據這個實施例的太陽能電池 2 包括具 p 型導電性的矽基板 10。

【0042】 穿隧氧化層 12 經佈置於後表面 R 上。圖案化 n 型摻雜多晶矽層 14 經佈置於穿隧氧化層 12 上。

【0043】 在圖案化 n 型摻雜多晶矽層的圖案內，存在本質多晶矽區域 26，其與 n 型摻雜多晶矽 14 接界。在這個實施例中，穿隧氧化層 12 亦存在於本質多晶矽 26 與矽基板的後表面 R 之間。

【0044】 在本質多晶矽區域 26 中，第一導電型的金屬合金觸點 16、第一導電型的金屬合金觸點 160、第一導電型的金屬合金觸點 161、第一導電型的金屬合金觸點 162（通常為 Al-Si 觸點）經定位連接至矽基板 10，亦即太陽能電池的基極。Al-Si 觸點的側向尺寸小於本質多晶矽區域 26 的側向尺寸。

【0045】 第二導電型的金屬觸點 18（諸如 Ag 觸點）經佈置於圖案化 n 型摻雜多晶矽層 14 上且與其電接觸，如上文參考圖 1 所描述。

【0046】 在太陽能電池 2 的這個實施例中，圖案化 n 型摻雜多晶矽層 14 及本質多晶矽區域 26 由氫化氮化矽 SiN_x:H 層 24 覆蓋，所述 SiN_x:H 層 24 有益地提供用於鈍化後表面的氫。

【0047】 Al-Si 觸點 16、Al-Si 觸點 160、Al-Si 觸點 161、Al-Si 觸點 162 以及 Ag 觸點 18 皆延伸穿過氫化介電層以分別與矽基板 10 的基極及圖案化 n 型摻雜多晶矽層 14 電接觸。

【0048】 圖 3 示意性地展示根據本發明的一實施例的太陽能電池 3 的橫截面。

【0049】 圖 3 中所展示的太陽能電池可被視為如上文參考圖 2 所描述的太陽能電池 2 的變體。

【0050】 穿隧氧化層 12 經佈置於後表面 R 上。圖案化 n 型摻雜多晶矽層 14 經佈置於穿隧氧化層 12 上。

【0051】 在圖案化 n 型摻雜多晶矽層的圖案內，存在本質多晶矽區域 26，其與 n 型摻雜多晶矽 14 接界。穿隧氧化層 12 亦存在於本質多晶矽 26 與矽基板的後表面 R 之間。

【0052】 Ag 觸點 18 如圖 2 中所展示經定位於圖案化 n 型摻雜多晶矽 14 上。

【0053】 在本質多晶矽區域 26 中，Al-Si 觸點 16、Al-Si 觸點 160、Al-Si 觸點 161、Al-Si 觸點 162 經佈置與矽基板 10 的基極層電接觸。

【0054】 在太陽能電池的這個實施例中，本質多晶矽及 n 型摻雜

多晶矽由氧化鋁層 22 覆蓋，所述氧化鋁層 22 充當氫化介電層，所述氫化介電層提供用於穿隧氧化物處的表面鈍化的氫。

【0055】 Al-Si 觸點 16、Al-Si 觸點 160、Al-Si 觸點 161、Al-Si 觸點 162 定位於側接限界元件 28 之間，所述側接限界元件 28 由特徵在於相對於氧化鋁介電質、鋁以及 Al-Si 合金為惰性材料的材料組成。限界元件 28 經佈置於氧化鋁 22 及本質多晶矽 26 的堆疊上，其經證實在用以形成 Al-Si 觸點 16 的熱處理期間為穩定組態。

【0056】 在一實施例中，限界元件材料包括氧化鋁粒子。而且，限界元件材料可包括基於氧化鋁或氮化鋁的材料。

【0057】 限界元件經組態以防止 Al 的邊緣處的不良 Al-BSF 形成。這減少接觸復合。這在 Al 糊是具有蝕刻劑粒子（例如，玻璃料）的燒穿糊（firing-through paste）的情況下尤其重要。

【0058】 由於限界元件的材料在退火溫度下不與介電層或矽基板反應，故限界元件在退火步驟期間充當惰性模板（inert template）。通常，在約 660℃與約 800℃之間進行退火步驟。

【0059】 另外，因為孔隙（亦即，限界元件之間的寬度）決定 Al 與 Si 反應所處的表面積，故限界元件並不需要高縱橫比且可具有圓形橫截面或傾斜側壁，如隆起（mound）或堤防（embankment）。限界元件可以與鋁類糊類似的方式（例如，藉由網版印刷）來印刷。

【0060】 圖 4 示意性地展示根據圖 2 中所展示的太陽能電池 2 的實施例的太陽能電池的後表面的平面視圖。Al-Si 觸點 16、Al-Si 觸點 160、Al-Si 觸點 161、Al-Si 觸點 162 以及 Ag 觸點 18 以指叉電極形式配置於後表面 R 上。本質多晶矽層 26 及 n 型摻雜多晶矽

層 14 以對應指叉模式予以配置。

【0061】 在本質多晶矽層 26 中，已藉由激光劃線或藉由印刷蝕刻糊產生達至矽基板的細長開口 34。Al-Si 觸點 16、Al-Si 觸點 160、Al-Si 觸點 161、Al-Si 觸點 162 填充細長開口 34 且如圖 2 中所展示與下方矽基板電接觸。

【0062】 在本質多晶矽層 26 上，Al-Si 觸點的 Al 頭端部分 160 在橫向方向 Y 及縱向方向 X 上皆延伸超出激光劃線細長開口 34 的界線。

【0063】 Ag 觸點指叉電極 18 及 Al-Si 觸點指叉電極 16 兩者各自連接至具 n 型極性及 p 型極性的各別匯電條 118、116，所述匯電條在垂直於指叉電極 18、指叉電極 16 的縱向方向的橫向方向 Y 上延行。

【0064】 根據本發明，匯電條 116、匯電條 118 皆由 Ag（或 Ag 合金）組成。然而，連接 Al-Si 指叉電極的匯電條亦可能以與 Al 指狀物類似的方式製成。在製造期間，Ag 匯電條與 Ag 觸點（亦即 Ag 指叉電極）同步形成。用於連接 Al-Si 觸點（Al-Si 指叉電極）的 Ag 匯電條與 Al-Si 指叉電極 16 的近端重疊 216 以獲得電接觸。通常，匯電條 116、匯電條 118 具有 Ag 互連襯墊。

【0065】 應注意，對於分別參考圖 1 及圖 3 描述的太陽能電池而言，指叉電極 16、指叉電極 18 以及匯電條 116、匯電條 118 的佈局是類似的。

【0066】 圖 5 示意性地展示根據本發明的一實施例的太陽能電池的橫截面。在這個實施例中，Al-Si 觸點 16（具體而言 Al 頭端 160）與 Ag 子觸點 181、Ag 子觸點 182 側接，從而建立充當用於焊料

及導電性黏合劑（electrically conductive adhesive，ECA）的互連襯墊的 Al 頭端 160 與本質多晶矽層 26 的頂部之間的電接觸。如圖 4 中所展示，於 n 型摻雜多晶矽 14 及本質多晶矽 26 兩者上產生 Ag 匯電條。這種佈局允許使用兩步印刷，一個步驟印刷 Ag 且另一步驟印刷 Al，以產生指叉電極、互連襯墊以及匯電條。在單步 Ag 糊印刷情況下，Ag 糊為穿透至多晶矽中的燒穿糊。由於本質多晶矽不導電，故這不會引起分流。

【0067】 圖 6 示意性地展示根據本發明的一實施例的太陽能電池的後表面的平面視圖。指叉電極在後表面上的佈局類似於上文參考圖 4 所描述。在圖 6 中所展示的太陽能電池的實施例中，Al-Si 觸點 16 的 Al 頭端 160 的寬度 W 大於包圍達至矽基板的細長開口 34 的細長本質多晶矽 26 的寬度。Al 頭端 160 經組態以與相鄰 n 型摻雜多晶矽層 14 的一部分重疊。

【0068】 將瞭解，Al 為金屬化物的傳導性的限制因素（相較於 Ag）。藉由使用較寬 Al-Si 觸點獲得較低電阻。而且，藉由與 n 型摻雜多晶矽（另一極性）重疊，可改良側向導電率。此外，藉由改變 Al 糊寬度，可調整合金化過程。以這種方式，可以為了最佳效能而調整 Al 層尺寸、合金層尺寸以及 BSF 厚度（亦即，Al 頭端 160、Al-Si 層 161 以及 Al 類 BSF 區域 162 的分層堆疊的形成及其在 Al-Si 觸點 16 內的各別厚度）。

【0069】 圖 7 示意性地展示根據本發明的一實施例的太陽能電池的後表面的平面視圖。在這個實施例中，Al-Si 指叉電極 16 在電極的長度內具有處於本質多晶矽 26 中的一系列間斷的細長開口 36。相較於如圖 4 及圖 6 中所展示的單一細長開口 34，所述一系

列間斷的開口具有與下方矽基板 10 的較短接觸長度。因此，可有利地減少接觸復合。

【0070】 如這裡所展示，間斷開口 36 的佈局可以與部分與相鄰 n 型摻雜多晶矽 14 重疊的 Al 頭端層 160 結合以便調整效能。

【0071】 圖 8 展示根據本發明的一實施例的包括至少一個太陽能電池的太陽電池板的橫截面。

【0072】 本發明亦是有關於一種太陽電池板 800 或光伏打模組，其包括如上文參考圖 1 至圖 7 所描述的一或多個背接觸式太陽能電池 1、2、3。

【0073】 太陽電池板 800 更包括透明頂板 802、頂部封裝體 804、底部封裝體 806 以及背板 808。

【0074】 一或多個太陽能電池 1、2、3 經佈置於背板 808 上，所述背板 808 具有導體圖案（未展示），所述導體圖案藉由焊料或導電黏合劑 810 與分別連接至 Al-Si 指叉電極 16 及 Ag 指叉電極的匯電條 116、匯電條 118 電接觸。底部封裝體層 806 經佈置於一或多個太陽能電池的後表面 R 與在匯電條 116、匯電條 118 連接至背板 808 的位置處具有接觸開口的背板中間。

【0075】 在太陽能電池頂部上，在其前表面 F 上方，頂部封裝體 804 經佈置於太陽能電池與頂部透明板 802 中間。

【0076】 應注意，前表面及/或後表面 R 可具有錐體形紋理。

【0077】 亦應注意，後表面 R 處的氮化矽層 24 的厚度可經調整用於反射已到達後表面 R 的輻射。具體而言，厚度的調整可參照輻射的最小波長來進行。在一實施例中，最小波長可能為約 900 奈米。厚度可能為至少約 80 奈米，或約 150 奈米或較佳地約 200 奈

米。

【0078】 根據本發明的太陽能電池可藉由各種製造方法產生。下文描述這些方法。

命名法

FT=燒穿（firing-through）

NFT=非燒穿（non firing-through）

LCO=局部接觸開口（Locak Contact Opening）

PGR=POCl3 玻璃去除（POCl3 Glass Removal）

SSE=單側蝕刻（Single Side Etch）

【0079】 p 型指叉式背接觸式（IBC）太陽能電池經製造於硼摻雜 p 型矽晶圓上。後表面 R 處具有發射極，所述發射極不面對日光且矽基板的前表面上可能具有或可能不具有前表面電場（Front Surface Field，FSF）。較佳地，不存在 FSF，因為這省去成本高的處理步驟（例如，BBr3 擴散），且此外，一般而言，不含 FSF 之頂表面具有較低表面復合電流密度。另外，高溫硼擴散步驟可能對基極材料的品質具有不利效應。由於由錠製成的電阻率範圍為 1 至 3 歐姆公分的 p 型晶圓是標準的，故未必需要 FSF 來提供基極中的足夠的傳導性。前 Si 表面藉由介電層或堆疊層予以鈍化。在後表面 R 處，藉由不同圖案化技術形成交替的發射極/基極區域。下文將描述具有三種不同類型的後部架構的 p 型 IBC 電池。這些後部架構為：

I.擴散發射極區域與基極區域交替的後表面，其中整個表面由介電層或具有負表面電荷的層堆疊覆蓋。

II.n 型多晶矽發射極區域與基極區域交替的後表面，其中整

個表面由提供氫的介電層或具有負表面電荷的層堆疊覆蓋。

III.n 型多晶矽發射極區域與本質多晶矽區域交替的後表面，其中整個表面由提供氫的介電層或具有任意表面電荷的層堆疊覆蓋。

【0080】 太陽能電池製造過程由以下步驟組成：

1.製備 p 型晶圓；

2.產生圖案化發射極；

3.應用前表面鈍化；

4.應用後表面鈍化；

5.介電質的開口；

6.應用金屬化。

【0081】 下文詳述這些過程步驟。

1.製備 p 型晶圓（表 1）

表 1 用於製備單晶及多晶晶圓的過程步驟

單晶晶圓（例如柴可拉斯基(Czochralski；Cz））	*多晶晶圓*
（酸性）濕式化學溶液中的可選預清潔	*（酸性）濕式化學溶液中的可選預清潔*
可選所見損傷去除	*可選所見損傷去除*
在高溫下例如藉由濕式化學鹼性(KOH）蝕刻進行的無規錐形蝕刻。	*適合於 mc-Si 晶圓的紋理化步驟，如酸性紋理化、ISO 紋理、反應性離子蝕刻、乾式蝕刻、金屬輔助濕式化學蝕刻、鹼性蝕刻及其組合。*
使錐形尖端及溝谷圓滑的可選酸性濕式化學蝕刻步驟	*去除前一步驟的損傷的可選鹼性或酸性蝕刻*
拋光後表面的可選單側蝕刻（single sided etch；SSE）	*拋光後表面的可選 SSE 步驟*
例如藉由後續氧化（藉由例如 HNO3）去除表面的輕微粗糙度的可選步驟，繼之以（緩衝）HF 濕式化學步驟。	*例如藉由後續氧化（藉由例如 HNO3）去除表面的輕微粗糙度的可選步驟，繼之以（緩衝）HF 濕式化學步驟。*

2.產生圖案化發射極（表 2）。

表 2 I 類後表面區域（裸基極區域與傳統擴散的發射極區域交替）

紋理化晶圓	*紋理化晶圓*	*紋理化晶圓*	*紋理化晶圓*	*紋理化晶圓*
可選 HF 浸漬	*可選HF 浸漬*	*可選HF 浸漬*	*可選HF 浸漬*	*可選HF 浸漬*
		在後方印刷擴散障壁	*印刷擴散障壁*	*印刷摻雜劑糊*
POCl3 擴散 *PGR* *前方SSE*	*POCl3 擴散* *PGR*	*POCl3 擴散* *PGR* *前方SSE*	*後表面的離子植入* *退火* *去除障壁*	*熱步驟*
印刷蝕刻糊固化 *去除蝕刻糊*	*在發射極上印刷蝕刻障壁* *（酸性）蝕刻* *蝕刻障壁去除（例如，稀釋 KOH 及超聲浴）*			*PGR 及（濕式化學清潔）*

【0082】 對於 II 類及 III 類後表面，應用通常為 10 至 300 奈米的多晶矽層。在多晶矽沈積之前，在矽表面上產生極薄（例如，0.5 至 2 奈米）二氧化矽層。這可藉由低壓化學氣相沈積（Low Pressure Chemical Vapor Deposition，LPCVD）系統或電漿增強氣相沈積（Plasma Enhanced Vapor Deposition，PECVD）系統中的原位沈積或藉由異位化學氧化（諸如 NAOS、RCA、H_2O_2 等）來實現。

【0083】 在氧化層的頂部上，藉由 LPCVD 或藉由 PECVD 沈積厚度通常為 10 至 300 奈米的本質多晶矽層或 n 型原位摻雜多晶矽。實際上，PECVD 沈積主要引起非晶矽（a-Si）的沈積，所述非晶矽可藉由高溫步驟（退火）轉化成多晶矽。

表 3 II 類後側（裸基極區域與 n 型多晶矽發射極交替）

具有穿遂氧化物及本質多晶矽的紋理化晶圓	***具有穿遂氧化物及本質多晶矽的紋理化晶圓***	***具有穿遂氧化物及原位摻雜 n 型多晶矽的紋理化晶圓***	***具有穿遂氧化物及原位摻雜 n 型多晶矽的紋理化晶圓***

可選HF浸漬	*可選HF浸漬*	*可選HF浸漬*	*可選HF浸漬*
POCl3擴散 *PGR* *前SSE（可選）*	*POCl3擴散* *PGR*	*前SSE（可選）*	
印刷蝕刻糊 *固化* *去除蝕刻糊*	*在發射極區域上印刷蝕刻障壁* *濕式化學（酸性）蝕刻* *蝕刻障壁去除*	*印刷蝕刻糊* *固化* *去除蝕刻糊*	*在發射極區域上印刷蝕刻障壁* *濕式化學（酸性）蝕刻* *蝕刻障壁去除*
前SSE（可選）		*前SSE（可選）*	

表4 III類後側（本質多晶矽與n型多晶矽區域交替）

具有穿遂氧化物及本質多晶矽的紋理化晶圓	***具有穿遂氧化物及本質多晶矽的紋理化晶圓***	***具有穿遂氧化物及本質多晶矽的紋理化晶圓***	***具有穿遂氧化物及本質多晶矽的紋理化晶圓***
HF浸漬	*HF浸漬*	*HF浸漬*	*HF浸漬*
	在後方印刷擴散障壁	*印刷擴散障壁*	*印刷摻雜劑糊*
POCl3擴散 *PGR*	*POCl3擴散* *PGR* *前SSE*	*在後方進行離子植入* *退火* *去除障壁*	*熱步驟*
在目標發射極區域上印刷蝕刻障壁 *酸性蝕刻* *蝕刻障壁去除*			

【0084】 對於II類及III類太陽能電池的特殊實施例，可有意地在前側上保留本質多晶矽層。在離子植入發生在後表面R上或暫時性擴散障壁（例如，SiO_2或SiN_x）應用於前表面F上的情況下，且在去除$POCl_3$處理之後，可獲得前側上的本質多晶矽層。由於氧化物本質多晶矽堆疊的良好鈍化特性，這個實施例可能具有極低前表面復合。然而，本質多晶矽層將寄生地吸收藍光。因此，這種太陽能電池類型的目標在於充當串接裝置中的底部太陽能電池。

3.應用前表面鈍化

【0085】 對於全部的 I 類、II 類、III 類而言，可在前塗層沈積之前應用（濕式）化學清潔步驟，其可為 RCA-1、RCA-2、HNO_3、（緩衝）HF、HCl 以及不同組合及不同順序。

【0086】 前塗層可為 Al_2O_3 或 Al_2O_3-SiN_x 的堆疊或 SiN_x。較佳塗層為 Al_2O_3-SiN_x 的堆疊，因為這個塗層被證明為 PERC 太陽能電池的後表面上的鈍化層，且堆疊的各層亦可經最佳化用於防反射目的。通常，6 奈米 Al_2O_3 及 80 奈米 SiN_x 的堆疊可達到這個目的。

4.應用後表面鈍化

表 5.

I 類	II 類	III 類
提供氫的介電層或具有負表面電荷的介電層的堆疊（如 Al_2O_3 或 Al_2O_3-SiN_x）的沈積	提供氫的介電層或具有負表面電荷的介電層的堆疊（如 Al_2O_3 或 Al_2O_3-SiN_x）的沈積	提供氫的介電層或具有任意表面電荷的介電層的堆疊（如 Al_2O_3 或 Al_2O_3-SiN_x 或 SiN_x）的沈積

【0087】 應注意，前介電層可與後介電層共同沈積。舉例而言，對於全部類型（I、II 以及 III）而言，可首先應用雙面 Al_2O_3，繼之以應用雙面 SiN_x。使半製品漂浮且浮動穿過沈積腔室的沈積系統可能適用於這個目的。應注意，不同於可能不需要環繞式沈積的單面沈積，雙面沈積具有更寬容的處理條件。

【0088】 將藉由激光燒蝕或藉由印刷化學蝕刻糊而在基極區域處對後表面進行開口。這之後進行（濕式）化學清潔以去除激光損傷及介電塗層剝片。

【0089】 視情況，在發射極區域處以類似方式對介電質進行開口，其隨後可用於接觸 NFT Ag 糊。

5.介電質的開口

【0090】 實現基極區域處的介電層中的開口。根據目標鋁印刷區

域，這個開口可以是線條形的或一系列較小線條或圓點。開口可藉由激光燒蝕或藉由選擇性化學蝕刻，例如藉由印刷蝕刻糊來實現。這些步驟之後可以是化學清潔步驟。視情況，發射極區域上的局部接觸開口（local contact openings，LCOs）可按相同過程步驟實現。隨後 LCOs 可以用於藉由 NFT Ag 糊的（網版）印刷或藉由（光引發性）鍍覆來形成與發射極的金屬性接觸。應注意，對於這些類型的金屬化而言，金屬不會穿透至 n 型多晶矽發射極中或至傳統擴散的發射極中。

6.施加金屬化

【0091】 用於金屬化的過程列舉於表 6 中。設想用於（網版）印刷的三個金屬類型：Al 糊、FT Ag 糊以及 NFT Ag 糊。後者不會燒穿介電層。對於 NFT 糊而言，可確認兩個類別：第一類與 Al 糊及 FT Ag 糊共燒，且第二類主要在較低燒製溫度下單獨地印刷及燒製。第二種糊類型通常被稱作「浮動匯電條（floating busbar）」糊。

【0092】 NFT 糊用於與 Al 糊接觸。NFT Ag 糊及 FT 糊皆可電連接至金屬引線，所述金屬引線藉由焊料或藉由導電性黏合劑串聯連接光伏打模組中的太陽能電池。

【0093】 在所有情況下，Al 糊經印刷於後介電層上，以使得基極區域的介電層中的 LCO 完全被覆蓋。Al 糊區域亦可與發射極區域部分重疊。

【0094】 BSF 藉由鋁矽合金化過程形成，其中網版印刷 Al 糊中的鋁在加熱至高於 660℃（亦即，鋁的熔融點）期間溶解基極晶圓材料中的矽且視情況溶解本質多晶矽，且在冷卻期間，糊狀 Al 摻雜矽不再熔融並且再結晶，亦被稱為磊晶生長。

【0095】 表 6 展示針對 I 類、II 類以及 III 類的金屬化選項。

表 6 金屬化選項

I 類、II 類、III 類	I 類、II 類、III 類	III 類	I 類、II 類、III 類	I 類、II 類、III 類
僅基極區域處的 LCO	*僅基極區域處的 LCO*	*僅基極區域處的 LCO*	*基極區域及發射極區域處的 LCO*	*基極區域及發射極區域處的 LCO*
在發射極區域（指狀物及匯電條）上（網版）印刷 FT Ag 糊	在發射極區域（僅指狀物）上（網版）印刷 FT Ag 糊	在發射極區域（指狀物及匯電條）上及基極區域（僅匯電條）上（網版）印刷 FT Ag 糊		在發射極區域上應用 Ni 及/或 Cu 鍍覆。 光引發性鍍覆為一選項。
在基極區域上（網版）印刷 NFT Ag 糊	將 NFT Ag 糊（網版）印刷在基極區域上以接觸 Al 且作為發射極匯電條來接觸 FT-Ag 糊。		將 NFT Ag 糊（網版）印刷於基極區域上以接觸 Al 且印刷於發射極區域的 LCO 中。	將 NFT Ag 糊（網版）印刷在基極區域上以接觸 Al
在基極區域處於 LCO 頂部上，部分地於 NFT Ag 糊頂部上（網版）印刷 Al 糊。	在基極區域處於 LCO 頂部上，部分地於 NFT Ag 糊頂部上（網版）印刷 Al 糊。	在基極區域處於 LCO 頂部上，部分地於 FT Ag 糊頂部上（網版）印刷 Al 糊。	在基極區域處於 LCO 頂部上，部分地於 NFT Ag 糊頂部上（網版）印刷 Al 糊。	在基極區域處於 LCO 頂部上，部分地於 NFT Ag 糊頂部上（網版）印刷 Al 糊。

【0096】 在（網版）印刷步驟之後，太陽能電池 1、太陽能電池 2、太陽能電池 3、太陽能電池 I、太陽能電池 II、太陽能電池 III 可經歷熱步驟，其中 FT Ag 糊穿透介電層且接觸經傳統擴散的發射極、n 型多晶矽發射極或本質多晶矽。

【0097】 可在用於 PERC 前側發射極接觸的糊當中選擇 FT Ag 糊。用於 PERC 太陽能電池後表面的 NFT Ag 糊的實例為 SOL326、賀利氏（Heraeus）的 SOL 326S、杜邦（DuPont）的 PV56x、ENC 的 BS828B 以及光達（Gonda）的 GB21。

【0098】 BSF 藉由鋁-矽合金化過程形成，其中網版印刷 Al 糊中的鋁在加熱至高於 660℃期間溶解基極晶圓材料中的矽且就 III 類表面區域而言溶解本質多晶矽，且在冷卻期間，糊狀 Al 摻雜矽不再熔融並且再結晶，其亦表示為磊晶生長。

【0099】 全部金屬導電糊可藉由在一溫度（通常 700 至 840℃）下共燒而燒結。歸因於三種不同糊的應用，需要三個印刷步驟來完成這個類型的 p-IBC 太陽能電池的金屬化。對於 III 類，存在應用兩個印刷步驟（亦即 FT Ag 糊及 Al 糊）的選項。在這種情況下，FT Ag 糊亦穿透本質多晶矽，但由於這個層不導電，其不會引起分流。

【0100】 圖 9 展示太陽能電池在根據一實施例的方法的各個階段期間的橫截面。在這裡關於所述連續階段來描述所述方法。

【0101】 在階段 901 中，提供矽基板（矽晶圓）10 作為太陽能電池的基極。通常，在這個階段期間蝕刻矽基板。蝕刻步驟可包括拋光蝕刻。或者或另外，蝕刻步驟可包括第一紋理化蝕刻、之後的第二變平滑蝕刻。

【0102】 在階段 902 中，於矽基板的前表面及後表面兩者上產生薄氧化層 12 及 n 型多晶矽層 14 的堆疊。薄氧化層作為穿隧氧化層且經佈置於矽基板 10 的表面中的每一者與 n 型多晶矽層 14 中間。

【0103】 在下一階段 903 中，在矽基板的背側（亦即，將形成背接觸的基板側）上於 n 型多晶矽層頂部上產生由元件符號 40 指示的 SiO_2 層或 SiN_x 層或其組合來作為覆蓋層。較佳地，在基板 10 的背側上藉由電漿增強化學氣相沈積 PECVD 產生 SiO_2 層或 SiN_x 層 40。

【0104】 隨後在後續階段 904 中，將激光束 50 用於在後表面上的覆蓋層 40 中產生間隙 42 或開口 42。激光束 50 經組態以選擇性去除後表面上預定位置處的 SiO_2 層及/或 SiN_x 層 40。因此，獲得圖案化 SiO_2 層及/或 SiN_x 層 40-1，其中間隙或開口 42 暴露下方 n 型多晶矽層。

【0105】 然後，在階段 905 中，將基板暴露於全側鹼性蝕刻。鹼性蝕刻選擇性去除後表面處暴露的多晶矽層 14 及薄氧化物 12，同時使用圖案化 SiO_2 層或 SiN_x 層 40-1 作為遮罩層。因此，現在基板 10 的表面暴露在圖案化 SiO_2 層或 SiN_x 層 40-1 中的間隙或開口 42 中。同時，藉由鹼性蝕刻自前表面去除 n 型多晶矽層 14 及薄氧化層 12。鹼性蝕刻可包括界面活性劑，且視其組成及溫度而定，蝕刻可為各向同性或各向異性的，從而產生（無規錐形）紋理。

【0106】 在階段 906 中，鹼性蝕刻之後為 HF（氟酸）蝕刻，其現自後表面選擇性去除圖案化 SiO_2 層或 SiN_x 層 40-1。薄氧化物 12-1 及 n 型多晶矽 14-1 的圖案化層堆疊保留在後表面處。

【0107】 之後，在階段 907 中，將包括後表面上的圖案化層堆疊 12-1、圖案化層堆疊 14-1 的基板暴露於介電層 Al_2O_3 層 44 或 SiN_x 層 44 或 Al_2O_3 及 SiN_x 層的堆疊 44 的全側沈積。

【0108】 最後，在階段 908 中，將激光束 52 用於去除早先在階段 904 中產生的間隙或開口 42 內部的位置 46 處的 Al_2O_3 及/或 SiN_x 層 44。因此，在所述位置處，暴露了矽基板的一區域部分。

【0109】 在位置 46 處的暴露區域部分處，可在稍後的階段形成 Al-Si 觸點，例如，如上文參考圖 1 所描述。

【0110】 方法是有關於：在後表面上提供穿隧氧化層及具 n 型導

電性的摻雜多晶矽層的層堆疊，所述穿隧氧化層佈置於後表面與摻雜多晶矽層之間；圖案化層堆疊以使層堆疊中具有間隙；在間隙中的每一者內與基板的基極層電接觸地佈置 Al-Si 合金化觸點；以及在圖案化層堆疊的摻雜多晶矽層上且與所述摻雜多晶矽層電接觸地佈置一或多個 Ag 觸點或過渡金屬觸點。

【0111】 根據方法的一態樣，在層堆疊中具有間隙的層堆疊的圖案化包括沈積或產生包括 SiO_2 層及/或 SiN_x 層的覆蓋層及藉由藉助於用激光束局部去除所述 SiO_2 層及/或 SiN_x 層而在覆蓋層中產生開口來圖案化覆蓋層。

【0112】 在這個例示性實施例中，SiO_2 及/或 SiN_x 層為犧牲層。本領域的技術人員將瞭解，可按形成抵抗鹼性蝕刻的障壁的圖案化 SiO_2 及/或 SiN_x 層為永久層的方式來修改方法。

【0113】 另外，將瞭解，所描述的階段可與本文未描述的其他中間處理步驟組合。可能需要這些中間處理步驟以供進行製備、運輸、中間清潔、原生氧化物去除等。

【0114】 圖 10 展示太陽能電池在根據一實施例的方法的各個階段 1001 至 1008 期間的橫截面。在這個實施例中，用薄氧化層 12 及本質多晶矽層 54 的堆疊代替薄氧化層及 n 型摻雜多晶矽層的堆疊。術語「本質多晶矽（intrinsic polysilicon）」在本文應解釋為未經摻雜多晶矽或有意未經摻雜的多晶矽，亦即基礎摻雜劑含量比 n 型摻雜劑含量低至少一個數量級。

【0115】 在這裡關於所述連續階段來描述方法的實施例。

【0116】 在階段 1001 中，提供矽基板（矽晶圓）10 作為太陽能電池的基極。通常，在這個階段期間蝕刻矽基板。蝕刻步驟可包括拋

光蝕刻。或者或另外，蝕刻步驟可包括第一紋理化蝕刻、之後的第二變平滑蝕刻。

【0117】 在階段 1002 中，於矽基板的前表面及後表面兩者上產生薄氧化層 12 及本質多晶矽層 54 的堆疊。薄氧化層作為穿隧氧化層且經佈置於矽基板的表面中的每一者與本質多晶矽層中間。

【0118】 在下一階段 1003 中，在矽基板 10 的背側（亦即，將形成背接觸的基板側）上於本質多晶矽層 54 頂部上產生由元件符號 40 指示的 SiO_2 層或 SiN_x 層或其組合來作為覆蓋層。較佳地，在基板的背側上藉由電漿增強化學氣相沈積 PECVD 產生 SiO_2 層或 SiN_x 層或組合層 40。

【0119】 隨後，在後續階段 1004 中，將激光束 56 用於在後表面上的 SiO_2 層或 SiN_x 層或組合層 40 中產生燒結區域 41。激光束經組態以選擇性加熱後表面上預定位置 58 處的 SiO_2 層或 SiN_x 層或組合層 40，從而具有使得 SiO_2 層或 SiN_x 層或組合層 40 在結構上相較於 SiO_2 層或 SiN_x 層或組合層 40 的未藉由激光束 56 輻射的部分 40-2 經修改的效應。預定位置 58 處的結構修改可涉及經輻射 SiO_2 層或 SiN_x 層的緻密化及/或所述的結構相變。

【0120】 然後，在階段 1005 中，將基板暴露於全側 HF 蝕刻。HF 蝕刻自前表面及後表面選擇性去除 SiO_2 層及/或 SiN_x 層 40 的非燒結部分 40-2。

【0121】 保留後表面處的燒結多晶矽層且將其用作圖案化遮罩層。以這種方式，按對應於去除非燒結 SiO_2 層或 SiN_x 層的位置的圖案在後表面上暴露本質多晶矽。

【0122】 在 HF 蝕刻過程之後，基板經歷 n 型摻雜過程，其使 n 型

摻雜劑擴散至暴露的本質多晶矽中以在暴露位置產生 n 型摻雜多晶矽 14。在一實施例中，n 型摻雜劑為磷。摻雜過程可為熟知的 $POCl_3$ 過程，其使用磷醯氯作為前驅體。

【0123】 在階段 1005 之後，在燒結 SiO_2 層或 SiN_x 層區域 41 下方，多晶矽層仍為本質多晶矽層 54-1。

【0124】 在下一階段 1006 中，應用 HF 蝕刻以去除燒結氧化層及（若存在）由 $POCl_3$ 過程產生的磷玻璃，且之後執行基板 10 的前表面上的單側蝕刻。在這個過程中，如階段 1006 中所展示，n 型多晶矽 14 及薄氧化層 12 保留在後表面上但自前表面去除。

【0125】 在後表面上，保留包括本質多晶矽 54-1 的區域及 n 型摻雜多晶矽 14 的區域的圖案化多晶矽層。在圖案化多晶矽層 14、圖案化多晶矽層 54-1 與基板 10 之間佈置薄氧化層 12

【0126】 之後，在階段 1007 中，將在後表面上包括堆疊於薄氧化層 12 上的圖案化多晶矽層 14、圖案化多晶矽層 54-1 的基板 10 暴露於提供氫的介電塗層的全側沈積，所述提供氫的介電塗層可為元件符號 44 所指示的 Al_2O_3 層或 SiN_x 層或 Al_2O_3 及 SiN_x 層的堆疊。

【0127】 最後，在階段 1008 中，將激光束 60 用於去除早先在階段 1005 中產生的本質多晶矽層 54-1 上方的位置 62 處的 Al_2O_3 及/或 SiN_x 層 44 或對其進行開口。因此，在位置 62 處，暴露本質多晶矽 54-1 的區域部分。在暴露的區域部分處，可在稍後的階段藉由於本質多晶矽上沈積鋁及之後退火來形成 Al-Si 觸點（未展示）。

【0128】 在這個實施例中，方法是有關於：於後表面上提供穿隧氧化層及本質多晶矽層的層堆疊，所述穿隧氧化層佈置於後表面與

本質多晶矽層之間；用包括 SiO_2 層及/或 SiN_x 層的覆蓋層覆蓋層堆疊且在覆蓋層內產生燒結 SiO_2 層及/或 SiN_x 層區域的圖案；去除未燒結的 SiO_2 層及/或 SiN_x 層區域；將未由燒結 SiO_2 及/或 SiN_x 層區域的圖案覆蓋的本質多晶矽層暴露於 n 型摻雜劑物種，以便產生未由燒結 SiO_2 及/或 SiN_x 層覆蓋的 n 型摻雜多晶矽層區域的圖案；去除圖案化燒結 SiO_2 及/或 SiN_x 層區域以便暴露下方本質多晶矽的一或多個區域；將 Al-Si 合金化觸點佈置於本質多晶矽的所述一或多個區域上，所述 Al-Si 合金化觸點各自與本質多晶矽的各別區域電接觸；以及在圖案化 n 型摻雜多晶矽層區域中的一或多者上且與所述圖案化 n 型摻雜多晶矽層區域電接觸地產生 Ag 觸點或過渡金屬觸點。

【0129】 根據一實施例，所述方法更包括：藉由使用激光束作為用於燒結的局部熱源來產生燒結 SiO_2 層及/或 SiN_x 層區域的圖案。

【0130】 根據一實施例，所述方法更包括在所述去除圖案化燒結 SiO_2 及/或 SiN_x 層區域之後的步驟：在本質多晶矽的區域及 n 型摻雜多晶矽的區域上方沈積介電層，及針對本質多晶矽的一或多個區域，在上覆於本質多晶矽的區域的介電層中的一位置處產生間隙或開口，其中上覆於本質多晶矽的區域的介電層中的所述間隙或開口是藉由使用激光束來產生的。

【0131】 在前述描述中，本發明已參考其特定實施例進行了描述。然而，將顯而易見，在不脫離如所附申請專利範圍中概括的本發明的範疇的情況下，可對本發明進行各種修改以及改變。

【0132】 另外，在不脫離本發明的基本範疇的情況下，可進行許多修改以使特定情形或材料適應本發明的教示。本領域的技術人員

將瞭解，可根據本發明的範疇及精神修改及組合如上文所描述的例示性實施例。

【0133】 因此，希望本發明並不限於所揭露的特定實施例，而且本發明將包含屬於所附申請專利範圍的範疇內的所有實施例。

【符號說明】

【0134】

1、2、3：太陽能電池

10：矽基板

12：穿隧氧化層

12-1：薄氧化物

14：摻雜多晶矽層

14-1：n 型多晶矽

16、18：觸點

20：氫化介電層

22、30：Al_2O_3 層

24、32：SiN_x:H 層

26、30A：本質多晶矽層

28：側接限界元件

32A：抗反射塗層

34、36：細長開口

40：SiO_2 層或 SiN_x 層

40-1：圖案化 SiO_2 層及/或 SiN_x 層

40-2：非燒結部分

41：燒結區域

42：間隙或開口

44：Al_2O_3 及/或 SiN_x 層

46、58、62：位置

50、52、56：激光束

54、54-1：本質多晶矽層

116、118：匯電條

160：Al 頭端

161：Al-Si 合金層

162：Al 摻雜 BSF 區域

216：重疊

800：太陽電池板

802：透明頂板

804：頂部封裝體

806：底部封裝體

808：背板

810：焊料或導電黏合劑

901、902、903、904、905、906、907、908、1001、1002、1003、1004、1005、1006、1007、1008：階段

A：間隙

F：前表面

R：後表面

V-V：剖線

W：寬度

X：縱向方向

Y：橫向方向

201924073A
專利案號：107133506

201924073

【發明摘要】

【中文發明名稱】具有p-型導電性的指叉式背接觸式太陽能電池

【英文發明名稱】INTERDIGITATED BACK-CONTACTED SOLAR CELL WITH P-TYPE CONDUCTIVITY

【中文】基於具p型導電性的矽基板的背接觸式太陽能電池具有用於接收輻射的前表面以及後表面。後表面具有穿隧氧化層及具n型導電性的摻雜多晶矽層。穿隧氧化層及具n型導電性的圖案化摻雜多晶矽層形成圖案化層堆疊，圖案化層堆疊中具有間隙。鋁-矽合金化觸點經佈置於間隙中的每一者內、與基板的基極層電接觸，且一或多個銀觸點經佈置於圖案化摻雜多晶矽層上且與圖案化摻雜多晶矽層電接觸。

【英文】A back-contacted solar cell based on a silicon substrate of p-type conductivity has a front surface for receiving radiation and a rear surface. The rear surface is provided with a tunnel oxide layer and a doped polysilicon layer of n-type conductivity. The tunnel oxide layer and the patterned doped polysilicon layer of n-type conductivity form a patterned layer stack provided with gaps in the patterned layer stack. An Al-Si alloyed contact is arranged within each of the gaps, in electrical contact with a base layer of the substrate, and one or more Ag contacts are arranged on the patterned doped polysilicon layer and in electrical contact with the patterned doped polysilicon layer.

【指定代表圖】圖1

【代表圖之符號簡單說明】

1：太陽能電池

10：矽基板

12：穿隧氧化層

14：摻雜多晶矽層

16、18：觸點

20：氫化介電層

22、30：Al_2O_3 層

24、32：SiN_x:H 層

30A：本質多晶矽層

32A：抗反射塗層

160：Al 頭端

161：Al-Si 合金層

162：Al 摻雜 BSF 區域

A：間隙

F：前表面

R：後表面

【特徵化學式】

無

【發明申請專利範圍】

【第1項】 一種基於具 p 型導電性的矽基板的背接觸式太陽能電池，其具有用於接收輻射的前表面以及後表面；

其中所述後表面具有穿隧氧化層及具 n 型導電性的摻雜多晶矽層；所述穿隧氧化層及具 n 型導電性的所述摻雜多晶矽層形成圖案化層堆疊，所述圖案化層堆疊中具有多個間隙；

其中鋁-矽（Al-Si）合金化觸點經佈置於所述多個間隙中的每一者內，與所述基板的基極層電接觸，且

一或多個銀（Ag）觸點或過渡金屬觸點經佈置於圖案化的所述摻雜多晶矽層上且與圖案化的所述摻雜多晶矽層電接觸。

【第2項】 如申請專利範圍第 1 項所述之太陽能電池，包括本質多晶矽層，所述本質多晶矽層與圖案化的具 n 型導電性的所述摻雜多晶矽層接界且覆蓋所述間隙中的矽基板的所述後表面，所述穿隧氧化物另外經佈置於所述本質多晶矽層與所述多個間隙中的所述矽基板的所述後表面之間，且所述多個鋁-矽觸點延伸穿過所述本質多晶矽層及穿隧氧化層。

【第3項】 如申請專利範圍第 1 項所述之太陽能電池，其中氫化介電層經佈置以覆蓋所述多個間隙及圖案化的所述摻雜多晶矽層，所述多個鋁-矽觸點及所述多個銀觸點或過渡金屬觸點各自延伸穿過所述氫化介電層。

【第4項】 如申請專利範圍第 3 項所述之太陽能電池，其中所述提供氫的介電層具有負表面電荷。

【第5項】 如申請專利範圍第 3 項或第 4 項所述之太陽能電池，其中所述提供氫的介電層包括 Al_2O_3 層或 a-SiN_x:H 層及 Al_2O_3 層

的堆疊，所述 Al_2O_3 層處於所述 a-SiN_x:H 層與所述多個間隙及圖案化的所述摻雜多晶矽層之間。

【第6項】 如申請專利範圍第 2 項所述之太陽能電池，其中提供氫的介電層經佈置以覆蓋所述本質多晶矽層及圖案化的所述摻雜多晶矽層，所述多個鋁-矽觸點及所述多個銀觸點或過渡金屬觸點各自延伸穿過所述提供氫的介電層。

【第7項】 如申請專利範圍第 6 項所述之太陽能電池，其中所述提供氫的介電層包括 a-SiN_x:H 層、Al_2O_3 層或 a-SiN_x:H 層及 Al_2O_3 層的堆疊。

【第8項】 如申請專利範圍第 2 項至第 7 項中任一項所述之太陽能電池，其中銀觸點主體與所述本質多晶矽層上的所述多個鋁-矽觸點接界。

【第9項】 如前述申請專利範圍中任一項所述之太陽能電池，其中所述多個鋁-矽觸點及所述銀觸點或過渡金屬觸點經佈置為連接所述銀觸點或過渡金屬觸點的第一匯電條與連接所述多個鋁-矽觸點的第二匯電條之間的多個指叉電極；所述多個匯電條在垂直於所述多個指叉電極的長度的方向上沿所述後表面延伸。

【第10項】 如申請專利範圍第 9 項所述之太陽能電池，其中所述多個匯電條各自由銀組成。

【第11項】 如申請專利範圍第 1 項、第 9 項、第 10 項中任一項所述之太陽能電池，就依賴於申請專利範圍第 3 項而言，其中所述銀是基於燒穿銀糊狀材料。

【第12項】 如申請專利範圍第 9 項至第 11 項中任一項所述之太陽能電池，其中所述鋁-矽指叉電極包括沿所述指叉電極的所述長

度佈置的多個個別鋁-矽觸點，所述多個鋁-矽觸點藉由在所述多個鋁-矽觸點之上延伸的細長鋁或鋁-矽合金主體互連。

【第13項】 如申請專利範圍第 9 項至第 12 項中任一項所述之太陽能電池，其中所述鋁-矽指叉電極的一部分在接界的具 n 型導電性的圖案化的所述摻雜多晶矽層的一部分上方側向延伸。

【第14項】 如申請專利範圍第 2 項所述之太陽能電池，其中多個激光劃線開口定位在所述介電層中，位於所述多個間隙的位置之上。

【第15項】 如申請專利範圍第 3 項至第 8 項中任一項所述之太陽能電池，其中多個激光劃線開口定位在所述氫化介電層中，位於所述多個鋁-矽觸點定位之處的多個間隙之上，且激光劃線開口定位在所述氫化介電層中，位於所述多個銀觸點或過渡金屬觸點定位於具 n 型導電性的圖案化的所述摻雜多晶矽層上之處。

【第16項】 如申請專利範圍第 15 項所述之太陽能電池，其中所述銀是基於非燒穿銀類糊狀材料。

【第17項】 如前述申請專利範圍第 1 項至第 16 項中任一項所述之太陽能電池，更包括所述前表面上的介電層，所述介電層經組態有負表面電荷。

【第18項】 如前述申請專利範圍第 1 項至第 16 項中任一項所述之太陽能電池，更包括所述前表面上的本質多晶矽層，其由提供氫的介電層覆蓋。

【第19項】 如申請專利範圍第 6 項或第 7 項所述之太陽能電池，其中所述鋁-矽觸點藉由佈置於所述提供氫的介電層上的多個限界元件於其邊緣處接界，所述多個限界元件由特徵在於相對於所

述提供氫的介電層材料及鋁為惰性材料的材料組成。

【第20項】 一種光伏打模組，包括至少一個如前述申請專利範圍中任一項的太陽能電池、透明頂板以及背板，其中所述至少一個太陽能電池經佈置於所述頂板與所述背板中間。

【第21項】 一種用於製造基於具 p 型導電性的矽基板的背接觸式太陽能電池的方法，所述背接觸式太陽能電池具有用於接收輻射的前表面以及後表面；

所述方法包括：

於所述後表面上提供穿隧氧化層及具 n 型導電性的摻雜多晶矽層的層堆疊，所述穿隧氧化層佈置於所述後表面與所述摻雜多晶矽層之間；

圖案化所述層堆疊以使所述層堆疊中具有多個間隙；

於所述多個間隙中的每一者內與所述基板的基極層電接觸地佈置多個鋁-矽合金化觸點，以及

於所述圖案化層堆疊的所述摻雜多晶矽層上且與所述摻雜多晶矽層電接觸地佈置一或多個銀觸點或過渡金屬觸點。

【第22項】 如申請專利範圍第 21 項所述之方法，其中對具有多個間隙的所述層堆疊進行所述層堆疊的所述圖案化包括沈積或產生包括 SiO_2 層及/或 SiN_x 層的覆蓋層及藉由藉助於用激光束局部去除所述 SiO_2 層及/或 SiN_x 層而在所述覆蓋層中產生多個開口來圖案化所述覆蓋層。

【第23項】 如申請專利範圍第 22 項所述之方法，更包括去除圖案化的所述覆蓋層以暴露所述摻雜多晶矽層；

於所述後表面上、所述多個間隙及經暴露的圖案化的所述摻

雜多晶矽層上方沈積介電層，以及

藉助於激光束在所述介電層中於所述多個間隙的位置處產生多個開口。

【第24項】 一種用於製造基於具 p 型導電性的矽基板的背接觸式太陽能電池的方法，所述背接觸式太陽能電池具有用於接收輻射的前表面以及後表面；所述方法包括：

於所述後表面上提供穿隧氧化層及本質多晶矽層的層堆疊，所述穿隧氧化層佈置於所述後表面與所述本質多晶矽層之間；

用包括 SiO_2 層及/或 SiN_x 層的覆蓋層覆蓋所述層堆疊且在所述覆蓋層中產生燒結 SiO_2 層及/或 SiN_x 層區域的圖案；

去除未燒結的所述 SiO_2 層及/或 SiN_x 層區域；

將未由燒結 SiO_2 及/或 SiN_x 層區域的所述圖案覆蓋的所述本質多晶矽層暴露於 n 型摻雜劑物種，以便產生未由所述燒結 SiO_2 及/或 SiN_x 層覆蓋的 n 型摻雜多晶矽層區域的圖案；

去除圖案化的所述燒結 SiO_2 及/或 SiN_x 層區域以便暴露本質多晶矽的一或多個區域；

於本質多晶矽的所述一或多個區域上佈置多個鋁-矽合金化觸點，所述多個鋁-矽合金化觸點各自與本質多晶矽的所述各別區域電接觸，以及

於圖案化的所述 n 型摻雜多晶矽層區域中的一或多者上且與圖案化的所述 n 型摻雜多晶矽層區域電接觸地產生多個銀觸點或過渡金屬觸點。

【第25項】 如申請專利範圍第 24 項所述之方法，其中燒結 SiO_2 層及/或 SiN_x 層區域的所述圖案是藉由使用激光束作為用於燒結

的局部熱源來產生的。

【第26項】 如申請專利範圍第 24 項或第 25 項所述之方法，更包括：

在所述去除圖案化的所述燒結 SiO_2 及/或 SiN_x 層區域之後，在本質多晶矽的所述多個區域及 n 型摻雜多晶矽的所述多個區域上方沈積介電層，及

對於本質多晶矽的一或多個區域，在上覆於本質多晶矽的所述區域的所述介電層中的一位置處產生間隙或開口；

其中上覆於本質多晶矽的所述區域的所述介電層中的所述間隙或開口是藉由使用激光束來產生的。

【發明說明書】

【中文發明名稱】具p-型導電性的指叉式背接觸式太陽能電池

【英文發明名稱】INTERDIGITATED BACK-CONTACTED SOLAR CELL WITH P-TYPE CONDUCTIVITY

【技術領域】

【0001】 本發明是有關於一種背接觸式 p 型太陽能電池。另外，本發明是有關於一種包括至少一個此類太陽能電池的太陽電池板或光伏打模組。

【先前技術】

【0002】 習知 p 型指叉式背接觸式(Interdigitated Back-Contacted，IBC）太陽能電池在其後側區域上具有 p 型基極或擴散 n 型發射極。選擇能夠同樣良好地鈍化兩個區域的介電層是一種挑戰。大部分介電層具有表面電荷。熟知鈍化介電層是具有負表面電荷的鋁氧化物（氧化鋁，Al_2O_3）及具有正表面電荷的氫化非晶氮化矽（hydrogenated amorphous silicon nitride；a-SiN_x:H）。

【0003】 若 Al_2O_3 經應用於 p 型 IBC 太陽能電池的整個後表面上，則其在 p 型基極區域處具有對表面復合（surface recombination）有益的效應。在這種情況下，排斥電子（少數載流子）而吸引電洞（多數載流子），其表示為「積聚」。由於少數載流子濃度為限制因素，故其決定表面復合率。以這種方式，p 型基極表面處之表面復合率可降低，這促成高開路電壓。然而，在 n 型區域（發射極）處，機制沿相反方向起作用。此時，吸引電洞（少數載流子）且排

斥電子（多數載流子）。這提高表面復合，亦由於此時在這個區域中的少數載流子濃度（電洞）設定復合率。

【0004】 若 n 型發射極的摻雜濃度降低，其通常有益於減少表面復合，則所述效應變得更強。當電子 N_e 濃度與電子之俘獲截面 σ_e 的乘積等於電洞的那些參數 N_h、σ_h（亦即 $N_e \sigma_e = N_h \sigma_h$）時，出現最糟糕的情況。

【0005】 這種情形表示為「耗盡（depletion）」，因為電子及電洞的濃度總和處於所述極低之情況。

【0006】 霍伊克斯（Hoex）等人在「藉由電漿輔助原子層沈積的 Al_2O_3 進行磷擴散 n+型發射極的表面鈍化（Surface passivation of phosphorus-diffused n+-type emitters by plasma-assisted atomic-layer deposited Al_2O_3）」，物理學固體狀態快速研究快報 6 第 1 期 4 至 6 頁（2012）/DOI 10.1002/pssr.201105445（Phys. Status Solidi RRL 6, No. 1, 4-6（2012） / DOI 10.1002/pssr.201105445）中展示說明這種情形的非金屬化太陽能電池的隱含 V_{oc} 的最小值（圖 3，出處同上）。

【0007】 摻雜濃度的進一步降低引起發射極的「逆轉」，這意謂電子濃度變得低於電洞濃度。這對於表面復合減少可能有益，但會產生非功能性太陽能電池。

【0008】 若相反，具有正表面電荷的介電質（如 a-SiN_x:H）沈積於習知 p 型電池的 p/n+後表面上，則物理學以相反方式起作用。正表面電荷對於發射極表面復合具有有益的效應，且一般而言，表面復合電流 j_0 隨著摻雜表面濃度降低（其實際上意謂發射極薄層電阻增大）而降低。

【0009】 然而，在通常具有 1 至 3 歐姆公分的電阻率的低摻雜 p 型基板上，強正表面電荷引起逆轉。這暗示基極表面區域變成了朝向基極觸點延伸的表面電荷引發（亦即非擴散）的發射極。熟知這會引起分流，導致極差電池效果。

【0010】 以上問題的可能解決方案在於產生具有（幾乎）零表面電荷的介電層。然而，經證實處理這些介電層相當困難。此外，鈍化品質不再視場效而定，而是僅視所謂的「化學鈍化」而定，所述化學鈍化實現的難度一般大得多。所述層的實例為本質非晶矽，在濕式化學預處理具有極高標準的限制條件下，其化學表面復合極佳。然而，已知所述層在高溫下不穩定且因此不適合結合網版印刷金屬觸點的主流燒製過程。

【0011】 本發明的目標是克服或減少先前技術的問題中的一或多者。

【發明內容】

【0012】 所述目標藉由一種基於具 p 型導電性的矽基板的背接觸式太陽能電池來達成，所述背接觸式太陽能電池具有用於接收輻射的前表面以及後表面；其中所述後表面具有穿隧氧化層及具 n 型導電性的摻雜多晶矽層；穿隧氧化層及具 n 型導電性的摻雜多晶矽層形成圖案化層堆疊，所述圖案化層堆疊中具有間隙；鋁-矽（Al-Si）觸點經佈置於間隙中的每一者內、與所述矽基板的基極層電接觸；且一或多個銀（Ag）觸點經佈置於所述圖案化摻雜多晶矽層上且與圖案化摻雜多晶矽層電接觸。

【0013】 根據本發明，提供一種 p 型 IBC 太陽能電池，其具有穿

隧氧化物及 n 型多晶矽發射極區域的圖案化堆疊層。穿遂氧化物通常為 0.5 至 2 奈米厚且可在高溫下藉由濕式化學氧化（例如，使用 HNO_3 溶液）或藉由基於氣體的氧化來製成。

【0014】 在所述太陽能電池中，鈍化特性藉由穿隧氧化層的氧化矽表面來決定。而且，藉由氫原子鈍化矽基板表面的懸鍵起到關鍵作用。

【0015】 在 p 型 IBC 太陽能電池的後表面具有 n 型多晶矽發射極區域及基極區域的交替結構的一個實施例中，可沈積具有負表面電荷的介電質，如 Al_2O_3（或包括 Al_2O_3 層及 a-SiN_x:H 層的堆疊）。隨後，介電層的存在引起基極區域表面處的所要積聚，而趨於耗盡的趨勢未必是不利的，因為首先，n 型多晶矽中之摻雜濃度相當高，且其次，由於多晶矽層通常厚一個數量級，趨於耗盡的趨勢發生在通常 10 至 20 奈米的距離處且因此不影響穿隧氧化物處的表面復合。就 n 型多晶矽而言，介電層的重要功能在於提供氫，氫將在高溫步驟期間（通常發生在太陽能電池的觸點的燒製期間）朝向穿隧氧化物遷移且從而很大程度上減少表面復合。

【0016】 在另一個實施例中，太陽能電池的後表面具有包括 n 型多晶矽及本質多晶矽的交替區域的指叉電極圖案。這通常可藉由相繼沈積穿隧氧化物及本質多晶矽層而製成。此後，應用擴散障壁圖案，且例如藉由 $POCl_3$ 擴散或藉由離子植入發生磷原子至晶圓表面中的擴散。隨後去除擴散障壁。在這個實施例中，表面鈍化發生在整個區域上方的穿隧氧化物處。穿隧氧化物的氫化（其中氫原子將定位於矽晶圓表面的懸鍵處）引起極高度表面鈍化。由於約 200 奈米的多晶矽層覆蓋穿隧氧化物且介電質的表面電荷僅影響

外部多晶矽表面之 10 至 20 奈米處的載流子濃度水準，故表面電荷的正負號不再相關。介電質的唯一作用在於本質多晶矽及 n 型多晶矽皆提供氫。因此，在這個實施例中，介電層類型的選擇是自由的。這意謂介電層可以是例如 Al_2O_3、a-SiN_x:H 或這些介電層的堆疊。

【0017】 本發明亦有關於一種包括如上文所描述的太陽能電池中的一或多者的太陽電池板或光伏打模組。

【0018】 根據一態樣，本發明是有關於一種用於製造基於具 p 型導電性的矽基板的背接觸式太陽能電池的方法，所述背接觸式太陽能電池具有用於接收輻射的前表面以及後表面；所述方法包括：

於後表面上提供穿隧氧化層及具 n 型導電性的摻雜多晶矽層的層堆疊，穿隧氧化層佈置於後表面與摻雜多晶矽層之間；圖案化層堆疊以使層堆疊中具有間隙；在所述間隙中的每一者內與矽基板的基極層電接觸地佈置鋁-矽合金化觸點，以及

於圖案化層堆疊的摻雜多晶矽層上且與摻雜多晶矽層電接觸地佈置一或多個銀觸點或過渡金屬觸點。

【0019】 根據一實施例，所述方法包含：在層堆疊中具有間隙的所述層堆疊的圖案化包括沈積或產生包括 SiO_2 層及/或 SiN_x 層的覆蓋層及藉由藉助於用激光束局部去除所述 SiO_2 層及/或 SiN_x 層而在覆蓋層中產生開口來圖案化覆蓋層。

【0020】 根據另一實施例，如上文所描述的方法包括：去除圖案化覆蓋層以暴露摻雜多晶矽層；於後表面上間隙及經暴露圖案化摻雜多晶矽層上方沈積介電層；以及藉助於激光束在介電層中間隙的位置處產生開口。

【0021】 而且，本發明是有關於一種用於製造基於具 p 型導電性的矽基板的背接觸式太陽能電池的方法，所述背接觸式太陽能電池具有用於接收輻射的前表面以及後表面；所述方法包括：

於後表面上提供穿隧氧化層及本質多晶矽層的層堆疊，穿隧氧化層佈置於後表面與本質多晶矽層之間；用包括 SiO_2 層及/或 SiN_x 層的覆蓋層覆蓋層堆疊且在覆蓋層中產生燒結 SiO_2 層及/或 SiN_x 層的圖案；去除未燒結的 SiO_2 層及/或 SiN_x 層區域；將未由燒結 SiO_2 及/或 SiN_x 層區域的圖案覆蓋的本質多晶矽層暴露於 n 型摻雜劑物種，以便產生未由燒結 SiO_2 及/或 SiN_x 層覆蓋的 n 型摻雜多晶矽層區域的圖案；去除圖案化燒結 SiO_2 及/或 SiN_x 層區域以便暴露本質多晶矽層的一或多個區域；於本質多晶矽層的一或多個區域上佈置鋁-矽合金化觸點，所述鋁-矽合金化觸點各自與本質多晶矽層的各別區域電接觸；以及於圖案化 n 型摻雜多晶矽層區域中的一或多者上且與圖案化 n 型摻雜多晶矽層區域電接觸地產生銀觸點或過渡金屬觸點。

【0022】 根據一實施例，所述方法包括：藉由使用激光束作為用於燒結的局部熱源來產生燒結 SiO_2 層及/或 SiN_x 層區域的圖案。

【0023】 根據一實施例，如上文所描述的方法更包括：

在去除圖案化燒結 SiO_2 及/或 SiN_x 層區域之後，在本質多晶矽層的區域及 n 型摻雜多晶矽的區域上方沈積介電層，以及對於本質多晶矽層的一或多個區域，在上覆於本質多晶矽層的區域的介電層中的一位置處產生間隙或開口；其中上覆於本質多晶矽層的區域的介電層中的間隙或開口藉由使用激光束來產生。

【0024】 有利實施例進一步由附屬申請專利範圍定義。

【圖式簡單說明】

【0025】 在下文中將參考隨附圖式而僅作為實例來更詳細地描述本發明的實施例，隨附圖式在本質上是示意性的，且因此不必按比例繪製。另外，圖式中的對應參考符號是關於對應或實質上類似的元件。

在圖式中，圖 1 示意性地展示根據本發明的一實施例的太陽能電池的橫截面。

圖 2 示意性地展示根據本發明的太陽能電池的橫截面。

圖 3 示意性地展示根據本發明的一實施例的太陽能電池的橫截面。

圖 4 示意性地展示根據本發明的一實施例的太陽能電池的後表面的平面視圖。

圖 5 示意性地展示圖 4 的太陽能電池的橫截面。

圖 6 示意性地展示根據本發明的一實施例的太陽能電池的後表面的平面視圖。

圖 7 示意性地展示根據本發明的一實施例的太陽能電池的後表面的平面視圖。

圖 8 展示根據本發明的一實施例的包括至少一個太陽能電池的太陽電池板的橫截面。

圖 9 展示太陽能電池在根據一實施例的方法的各個階段期間的橫截面。

圖 10 展示太陽能電池在根據一實施例的方法的各個階段期間的橫截面。

【實施方式】

【0026】 本發明之太陽能電池是基於 p 型半導體基板的，正極性觸點及負極性觸點佈置於所述基板的後表面。正觸點直接連接至所述基板的 p 型基極層，而負觸點連接至後表面上的 n 型摻雜區域。通常，正觸點經實施為金屬合金觸點，負觸點經實施為金屬或金屬性觸點。

【0027】 圖 1 示意性地展示根據本發明的一實施例的太陽能電池的橫截面。

【0028】 根據本發明的一實施例，太陽能電池 1 包括具 p 型導電性的矽基板 10。舉例而言，所述矽基板經摻雜有作為摻雜劑物種的硼。

【0029】 矽基板 10 具有前表面 F 及後表面 R。

【0030】 穿隧氧化層 12 及摻雜多晶矽層 14 的堆疊經佈置於後表面 R 上。穿隧氧化層 12 及摻雜多晶矽層 14 的層堆疊以間隙 A 經圖案化至矽基板的所述表面。穿隧氧化層 12 通常由二氧化矽組成且通常具有約 2 奈米或小於的厚度。

【0031】 圖案化摻雜多晶矽層 14 具有 n 型導電性，與矽基板的 p 型導電性相反。n 型圖案化多晶矽層的厚度介於約 10 奈米與約 300 奈米之間。

【0032】 在圖案化 n 型摻雜多晶矽層的圖案內，存在間隙 A。在間隙 A 中，第一導電型的觸點 16 經定位連接至矽基板 10，亦即太陽能電池的基極。在此實施例中，第一導電型的觸點為金屬合金觸點，通常為鋁-矽（Al-Si）觸點。視情況，所述觸點包括硼。所

述 Al-Si 觸點一般由包括 Al 頭端 160、Al-Si 合金層 161 以及 Al 摻雜 BSF 區域 162 的層狀結構組成。視情況，層 160、層 161 以及層 162 包含硼。BSF 區域 162 通常與基板的矽基質接觸且包封 Al-Si 合金層 161。Al 頭端 160 在後表面 R 處定位於 Al-Si 合金層的頂部上且自其延伸。Al-Si 觸點在基板層面上的側向尺寸小於間隙 A 的側向尺寸，以避免與 n 型摻雜多晶矽的接界區域接觸。

【0033】 為與第一導電型相反的第二導電型的觸點 18 經佈置於圖案化 n 型摻雜多晶矽層 14 上且與其電接觸。根據本發明，第二導電型的觸點 18 經實施為金屬觸點，在一實施例中為銀（Ag）觸點或替代地為過渡金屬（例如，可能藉由光引發性鍍覆而經 Ni-Cu 鍍覆的）觸點。Ag 觸點 18 的側向尺寸小於圖案化 n 型摻雜多晶矽的貼片的側向尺寸，Ag 觸點經定位於所述貼片上。

【0034】 圖案化 n 型摻雜多晶矽層 14 及開口 A 由氫化介電層 20 覆蓋。所述氫化介電層 20 藉由提供氫以遮蔽後表面 R 處的電活性疵點（例如，矽表面處的懸鍵）來改良後表面（亦即穿隧氧化物與矽基板 10 的表面之間的界面）的鈍化。氫化介電層 20 可包括氫化氮化矽 SiN_x:H 層 24、氧化鋁（Al_2O_3）層 22 或這些層 22、24 的介電層堆疊。在所述介電層堆疊中，氧化鋁層 22 定位在基板的後表面與 SiN_x:H 層 24 中間，因為 SiN_x:H 層可能具有正表面電荷。

【0035】 Al-Si 觸點 16 及 Ag 觸點 18 皆延伸穿過氫化介電層以分別與矽基板 10 的基極及圖案化 n 型摻雜多晶矽層 14 電接觸。

【0036】 在一實施例中，氫化介電層經組態以具有負表面電荷。所述負表面電荷影響矽基板中之少數電荷載流子及多數電荷載流子的分佈，其如引入部分所說明有益地減少復合效應。

【0037】 在一實施例中，將接收輻射的前表面 F 由與具 p 型導電性的矽基板 10 接界的 Al_2O_3 層 30 及 Al_2O_3 層頂部上的 SiN_x:H 層 32 覆蓋。

【0038】 在另一實施例中，將接收輻射的前表面 F 由本質多晶矽層 30A 及抗反射塗層 32A（例如氮化矽）覆蓋。由於已知本質多晶矽寄生地吸收藍光，故具有所述本質多晶矽層 30A 的太陽能電池可在串接裝置中用作底部太陽能電池，底部電池在所述串接裝置中主要搜集近紅外光，且本質多晶矽的寄生吸收則相對較低。

【0039】 在前表面 F 經組態有僅一個抗反射塗層的情況下，太陽能電池 1 將較少地受寄生藍光吸收的損傷。

【0040】 圖 2 示意性地展示根據本發明的一實施例的太陽能電池 2 的橫截面。

【0041】 根據這個實施例的太陽能電池 2 包括具 p 型導電性的矽基板 10。

【0042】 穿隧氧化層 12 經佈置於後表面 R 上。圖案化 n 型摻雜多晶矽層 14 經佈置於穿隧氧化層 12 上。

【0043】 在圖案化 n 型摻雜多晶矽層的圖案內，存在本質多晶矽層 26 的區域，其與 n 型摻雜多晶矽 14 接界。在這個實施例中，穿隧氧化層 12 亦存在於本質多晶矽層 26 與矽基板 10 的後表面 R 之間。

【0044】 在本質多晶矽層 26 的區域中，第一導電型的金屬合金觸點 16、第一導電型的金屬合金觸點 160、第一導電型的金屬合金觸點 161、第一導電型的金屬合金觸點 162（通常為 Al-Si 觸點）經定位連接至矽基板 10，亦即太陽能電池的基極。Al-Si 觸點的側

向尺寸小於本質多晶矽層 26 的區域的側向尺寸。

【0045】 第二導電型的金屬觸點 18（諸如 Ag 觸點）經佈置於圖案化 n 型摻雜多晶矽層 14 上且與其電接觸，如上文參考圖 1 所描述。

【0046】 在太陽能電池 2 的這個實施例中，圖案化 n 型摻雜多晶矽層 14 及本質多晶矽層 26 的區域由氫化氮化矽 SiN_x:H 層 24 覆蓋，所述 SiN_x:H 層 24 有益地提供用於鈍化後表面的氫。

【0047】 Al-Si 觸點 16、Al-Si 觸點 160、Al-Si 觸點 161、Al-Si 觸點 162 以及 Ag 觸點 18 皆延伸穿過氫化介電層以分別與矽基板 10 的基極及圖案化 n 型摻雜多晶矽層 14 電接觸。

【0048】 圖 3 示意性地展示根據本發明的一實施例的太陽能電池 3 的橫截面。

【0049】 圖 3 中所展示的太陽能電池可被視為如上文參考圖 2 所描述的太陽能電池 2 的變體。

【0050】 穿隧氧化層 12 經佈置於後表面 R 上。圖案化 n 型摻雜多晶矽層 14 經佈置於穿隧氧化層 12 上。

【0051】 在圖案化 n 型摻雜多晶矽層的圖案內，存在本質多晶矽層 26 的區域，其與 n 型摻雜多晶矽 14 接界。穿隧氧化層 12 亦存在於本質多晶矽層 26 與矽基板 10 的後表面 R 之間。

【0052】 Ag 觸點 18 如圖 2 中所展示經定位於圖案化 n 型摻雜多晶矽 14 上。

【0053】 在本質多晶矽層 26 的區域中，Al-Si 觸點 16、Al-Si 觸點 160、Al-Si 觸點 161、Al-Si 觸點 162 經佈置與矽基板 10 的基極層電接觸。

【0054】 在太陽能電池的這個實施例中，本質多晶矽及 n 型摻雜多晶矽由氧化鋁層 22 覆蓋，所述氧化鋁層 22 充當氫化介電層，所述氫化介電層提供用於穿隧氧化物處的表面鈍化的氫。

【0055】 Al-Si 觸點 16、Al-Si 觸點 160、Al-Si 觸點 161、Al-Si 觸點 162 定位於側接限界元件 28 之間，所述側接限界元件 28 由特徵在於相對於氧化鋁介電質、鋁以及 Al-Si 合金為惰性材料的材料組成。限界元件 28 經佈置於氧化鋁 22 及本質多晶矽層 26 的堆疊上，其經證實在用以形成 Al-Si 觸點 16 的熱處理期間為穩定組態。

【0056】 在一實施例中，限界元件材料包括氧化鋁粒子。而且，限界元件材料可包括基於氧化鋁或氮化鋁的材料。

【0057】 限界元件經組態以防止 Al 的邊緣處的不良 Al-BSF 形成。這減少接觸復合。這在 Al 糊是具有蝕刻劑粒子（例如，玻璃料）的燒穿糊（firing-through paste）的情況下尤其重要。

【0058】 由於限界元件的材料在退火溫度下不與介電層或矽基板反應，故限界元件在退火步驟期間充當惰性模板（inert template）。通常，在約 660℃ 與約 800℃ 之間進行退火步驟。

【0059】 另外，因為孔隙（亦即，限界元件之間的寬度）決定 Al 與 Si 反應所處的表面積，故限界元件並不需要高縱橫比且可具有圓形橫截面或傾斜側壁，如隆起（mound）或堤防（embankment）。限界元件可以與鋁類糊類似的方式（例如，藉由網版印刷）來印刷。

【0060】 圖 4 示意性地展示根據圖 2 中所展示的太陽能電池 2 的實施例的太陽能電池的後表面的平面視圖。Al-Si 觸點 16、Al-Si 觸點 160、Al-Si 觸點 161、Al-Si 觸點 162 以及 Ag 觸點 18 以指叉

電極形式配置於後表面 R 上。本質多晶矽層 26 及 n 型摻雜多晶矽層 14 以對應指叉模式予以配置。

【0061】 在本質多晶矽層 26 中，已藉由激光劃線或藉由印刷蝕刻糊產生達至矽基板 10 的細長開口 34。Al-Si 觸點 16、Al-Si 觸點 160、Al-Si 觸點 161、Al-Si 觸點 162 填充細長開口 34 且如圖 2 中所展示與下方矽基板 10 電接觸。

【0062】 在本質多晶矽層 26 上，Al-Si 觸點的 Al 頭端部分 160 在橫向方向 Y 及縱向方向 X 上皆延伸超出激光劃線細長開口 34 的界線。

【0063】 Ag 觸點指叉電極 18 及 Al-Si 觸點指叉電極 16 兩者各自連接至具 n 型極性及 p 型極性的各別匯電條 118、116，所述匯電條在垂直於指叉電極 18、指叉電極 16 的縱向方向的橫向方向 Y 上延行。

【0064】 根據本發明，匯電條 116、匯電條 118 皆由 Ag（或 Ag 合金）組成。然而，連接 Al-Si 指叉電極的匯電條亦可能以與 Al 指狀物類似的方式製成。在製造期間，Ag 匯電條與 Ag 觸點（亦即 Ag 指叉電極）同步形成。用於連接 Al-Si 觸點（Al-Si 指叉電極）的 Ag 匯電條與 Al-Si 指叉電極 16 的近端重疊 216 以獲得電接觸。通常，匯電條 116、匯電條 118 具有 Ag 互連襯墊。

【0065】 應注意，對於分別參考圖 1 及圖 3 描述的太陽能電池而言，指叉電極 16、指叉電極 18 以及匯電條 116、匯電條 118 的佈局是類似的。

【0066】 圖 5 示意性地展示根據本發明的一實施例的太陽能電池的橫截面。在這個實施例中，Al-Si 觸點 16（具體而言 Al 頭端 160）

與 Ag 子觸點 181、Ag 子觸點 182 側接，從而建立充當用於焊料及導電性黏合劑（electrically conductive adhesive，ECA）的互連襯墊的 Al 頭端 160 與本質多晶矽層 26 的頂部之間的電接觸。如圖 4 中所展示，於 n 型摻雜多晶矽 14 及本質多晶矽層 26 兩者上產生 Ag 匯電條。這種佈局允許使用兩步印刷，一個步驟印刷 Ag 且另一步驟印刷 Al，以產生指叉電極、互連襯墊以及匯電條。在單步 Ag 糊印刷情況下，Ag 糊為穿透至多晶矽中的燒穿糊。由於本質多晶矽不導電，故這不會引起分流。

【0067】 圖 6 示意性地展示根據本發明的一實施例的太陽能電池的後表面的平面視圖。指叉電極在後表面上的佈局類似於上文參考圖 4 所描述。在圖 6 中所展示的太陽能電池的實施例中，Al-Si 觸點 16 的 Al 頭端 160 的寬度 W 大於包圍達至矽基板 10 的細長開口 34 的細長本質多晶矽層 26 的寬度。Al 頭端 160 經組態以與相鄰 n 型摻雜多晶矽層 14 的一部分重疊。

【0068】 將瞭解，Al 為金屬化物的傳導性的限制因素（相較於 Ag）。藉由使用較寬 Al-Si 觸點獲得較低電阻。而且，藉由與 n 型摻雜多晶矽（另一極性）重疊，可改良側向導電率。此外，藉由改變 Al 糊寬度，可調整合金化過程。以這種方式，可以為了最佳效能而調整 Al 層尺寸、合金層尺寸以及 BSF 厚度（亦即，Al 頭端 160、Al-Si 層 161 以及 Al 類 BSF 區域 162 的分層堆疊的形成及其在 Al-Si 觸點 16 內的各別厚度）。

【0069】 圖 7 示意性地展示根據本發明的一實施例的太陽能電池的後表面的平面視圖。在這個實施例中，Al-Si 指叉電極 16 在電極的長度內具有處於本質多晶矽層 26 中的一系列間斷的細長開口

36。相較於如圖 4 及圖 6 中所展示的單一細長開口 34，所述一系列間斷的開口具有與下方矽基板 10 的較短接觸長度。因此，可有利地減少接觸復合。

【0070】 如這裡所展示，間斷開口 36 的佈局可以與部分與相鄰 n 型摻雜多晶矽 14 重疊的 Al 頭端層 160 結合以便調整效能。

【0071】 圖 8 展示根據本發明的一實施例的包括至少一個太陽能電池的太陽電池板的橫截面。

【0072】 本發明亦是有關於一種太陽電池板 800 或光伏打模組，其包括如上文參考圖 1 至圖 7 所描述的一或多個背接觸式太陽能電池 1、2、3。

【0073】 太陽電池板 800 更包括透明頂板 802、頂部封裝體 804、底部封裝體 806 以及背板 808。

【0074】 一或多個太陽能電池 1、2、3 經佈置於背板 808 上，所述背板 808 具有導體圖案（未展示），所述導體圖案藉由焊料或導電黏合劑 810 與分別連接至 Al-Si 指叉電極 16 及 Ag 指叉電極的匯電條 116、匯電條 118 電接觸。底部封裝體層 806 經佈置於一或多個太陽能電池的後表面 R 與在匯電條 116、匯電條 118 連接至背板 808 的位置處具有接觸開口的背板中間。

【0075】 在太陽能電池頂部上，在其前表面 F 上方，頂部封裝體 804 經佈置於太陽能電池與頂部透明板 802 中間。

【0076】 應注意，前表面及/或後表面 R 可具有錐體形紋理。

【0077】 亦應注意，後表面 R 處的氮化矽層 24 的厚度可經調整用於反射已到達後表面 R 的輻射。具體而言，厚度的調整可參照輻射的最小波長來進行。在一實施例中，最小波長可能為約 900 奈

米。厚度可能為至少約 80 奈米，或約 150 奈米或較佳地約 200 奈米。

【0078】 根據本發明的太陽能電池可藉由各種製造方法產生。下文描述這些方法。

命名法

FT=燒穿（firing-through）

NFT=非燒穿（non firing-through）

LCO=局部接觸開口（Locak Contact Opening）

PGR=POCl3 玻璃去除（POCl3 Glass Removal）

SSE=單側蝕刻（Single Side Etch）

【0079】 p 型指叉式背接觸式（IBC）太陽能電池經製造於硼摻雜 p 型矽晶圓上。後表面 R 處具有發射極，所述發射極不面對日光且矽基板 10 的前表面上可能具有或可能不具有前表面電場（Front Surface Field，FSF）。較佳地，不存在 FSF，因為這省去成本高的處理步驟（例如，BBr3 擴散），且此外，一般而言，不含 FSF 之頂表面具有較低表面復合電流密度。另外，高溫硼擴散步驟可能對基極材料的品質具有不利效應。由於由錠製成的電阻率範圍為 1 至 3 歐姆公分的 p 型晶圓是標準的，故未必需要 FSF 來提供基極中的足夠的傳導性。前 Si 表面藉由介電層或堆疊層予以鈍化。在後表面 R 處，藉由不同圖案化技術形成交替的發射極/基極區域。下文將描述具有三種不同類型的後部架構的 p 型 IBC 電池。這些後部架構為：

I.擴散發射極區域與基極區域交替的後表面，其中整個表面由介電層或具有負表面電荷的層堆疊覆蓋。

II.n 型多晶矽發射極區域與基極區域交替的後表面，其中整個表面由提供氫的介電層或具有負表面電荷的層堆疊覆蓋。

III.n 型多晶矽發射極區域與本質多晶矽區域交替的後表面，其中整個表面由提供氫的介電層或具有任意表面電荷的層堆疊覆蓋。

【0080】 太陽能電池製造過程由以下步驟組成：

1.製備 p 型晶圓；

2.產生圖案化發射極；

3.應用前表面鈍化；

4.應用後表面鈍化；

5.介電質的開口；

6.應用金屬化。

【0081】 下文詳述這些過程步驟。

1.製備 p 型晶圓（表 1）

表 1 用於製備單晶及多晶晶圓的過程步驟

單晶晶圓（例如柴可拉斯基(Czochralski；Cz)）	*多晶晶圓*
(酸性)濕式化學溶液中的可選預清潔	*(酸性)濕式化學溶液中的可選預清潔*
可選所見損傷去除	*可選所見損傷去除*
在高溫下例如藉由濕式化學鹼性(KOH)蝕刻進行的無規錐形蝕刻。	*適合於 mc-Si 晶圓的紋理化步驟，如酸性紋理化、ISO 紋理、反應性離子蝕刻、乾式蝕刻、金屬輔助濕式化學蝕刻、鹼性蝕刻及其組合。*
使錐形尖端及溝谷圓滑的可選酸性濕式化學蝕刻步驟	*去除前一步驟的損傷的可選鹼性或酸性蝕刻*
拋光後表面的可選單側蝕刻（single sided etch；SSE）	*拋光後表面的可選 SSE 步驟*
例如藉由後續氧化（藉由例如 HNO3）去除表面的輕微粗糙度的可選步驟，繼之以（緩衝）HF 濕式化學步驟。	*例如藉由後續氧化（藉由例如 HNO3）去除表面的輕微粗糙度的可選步驟，繼之以（緩衝）HF 濕式化學步驟。*

2.產生圖案化發射極（表 2）。

表 2 I 類後表面區域（裸基極區域與傳統擴散的發射極區域交替）

紋理化晶圓	*紋理化晶圓*	*紋理化晶圓*	*紋理化晶圓*	*紋理化晶圓*
可選 HF 浸漬	*可選HF 浸漬*	*可選HF 浸漬*	*可選HF 浸漬*	*可選HF 浸漬*
		在後方印刷擴散障壁	*印刷擴散障壁*	*印刷摻雜劑糊*
POCl3 擴散 *PGR* *前方SSE*	*POCl3 擴散* *PGR*	*POCl3 擴散* *PGR* *前方SSE*	*後表面的離子植入* *退火* *去除障壁*	*熱步驟*
印刷蝕刻糊固化 *去除蝕刻糊*	*在發射極上印刷蝕刻障壁* *（酸性）蝕刻蝕刻障壁去除（例如，稀釋 KOH 及超聲浴）*			*PGR 及（濕式化學清潔）*

【0082】 對於 II 類及 III 類後表面，應用通常為 10 至 300 奈米的多晶矽層。在多晶矽沈積之前，在矽表面上產生極薄（例如，0.5 至 2 奈米）二氧化矽層。這可藉由低壓化學氣相沈積（Low Pressure Chemical Vapor Deposition，LPCVD）系統或電漿增強氣相沈積（Plasma Enhanced Vapor Deposition，PECVD）系統中的原位沈積或藉由異位化學氧化（諸如 NAOS、RCA、H_2O_2 等）來實現。

【0083】 在氧化層的頂部上，藉由 LPCVD 或藉由 PECVD 沈積厚度通常為 10 至 300 奈米的本質多晶矽層或 n 型原位摻雜多晶矽。實際上，PECVD 沈積主要引起非晶矽（a-Si）的沈積，所述非晶矽可藉由高溫步驟（退火）轉化成多晶矽。

表 3 II 類後側（裸基極區域與 n 型多晶矽發射極交替）

具有穿遂氧化物及本質多晶矽的	***具有穿遂氧化物及本質多晶矽的***	***具有穿遂氧化物及原位摻雜 n 型***	***具有穿遂氧化物及原位摻雜 n 型***

紋理化晶圓	***紋理化晶圓***	***多晶矽的紋理化晶圓***	***多晶矽的紋理化晶圓***
可選HF浸漬	*可選HF浸漬*	*可選HF浸漬*	*可選HF浸漬*
POCl3擴散 *PGR* *前SSE（可選）*	*POCl3擴散* *PGR*	*前SSE（可選）*	
印刷蝕刻糊 *固化* *去除蝕刻糊*	*在發射極區域上印刷蝕刻障壁* *濕式化學（酸性）蝕刻* *蝕刻障壁去除*	*印刷蝕刻糊* *固化* *去除蝕刻糊*	*在發射極區域上印刷蝕刻障壁* *濕式化學（酸性）蝕刻* *蝕刻障壁去除*
前SSE（可選）		*前SSE（可選）*	

表4 III類後側（本質多晶矽與n型多晶矽區域交替）

具有穿遂氧化物及本質多晶矽的紋理化晶圓	***具有穿遂氧化物及本質多晶矽的紋理化晶圓***	***具有穿遂氧化物及本質多晶矽的紋理化晶圓***	***具有穿遂氧化物及本質多晶矽的紋理化晶圓***
HF浸漬	*HF浸漬*	*HF浸漬*	*HF浸漬*
	在後方印刷擴散障壁	*印刷擴散障壁*	*印刷摻雜劑糊*
POCl3擴散 *PGR*	*POCl3擴散* *PGR* *前SSE*	*在後方進行離子植入* *退火* *去除障壁*	*熱步驟*
在目標發射極區域上印刷蝕刻障壁 *酸性蝕刻* *蝕刻障壁去除*			

【0084】 對於II類及III類太陽能電池的特殊實施例，可有意地在前側上保留本質多晶矽層。在離子植入發生在後表面R上或暫時性擴散障壁（例如，SiO_2或SiN_x）應用於前表面F上的情況下，且在去除$POCl_3$處理之後，可獲得前側上的本質多晶矽層。由於氧化物本質多晶矽堆疊的良好鈍化特性，這個實施例可能具有極低前表面復合。然而，本質多晶矽層將寄生地吸收藍光。因此，這種太陽能電池類型的目標在於充當串接裝置中的底部太陽能電

池。

3.應用前表面鈍化

【0085】 對於全部的 I 類、II 類、III 類而言，可在前塗層沈積之前應用（濕式）化學清潔步驟，其可為 RCA-1、RCA-2、HNO_3、（緩衝）HF、HCl 以及不同組合及不同順序。

【0086】 前塗層可為 Al_2O_3 或 Al_2O_3-SiN_x 的堆疊或 SiN_x。較佳塗層為 Al_2O_3-SiN_x 的堆疊，因為這個塗層被證明為 PERC 太陽能電池的後表面上的鈍化層，且堆疊的各層亦可經最佳化用於防反射目的。通常，6 奈米 Al_2O_3 及 80 奈米 SiN_x 的堆疊可達到這個目的。

4.應用後表面鈍化

表 5.

I 類	II 類	III 類
提供氫的介電層或具有負表面電荷的介電層的堆疊（如 Al_2O_3 或 Al_2O_3-SiN_x）的沈積	提供氫的介電層或具有負表面電荷的介電層的堆疊（如 Al_2O_3 或 Al_2O_3-SiN_x）的沈積	提供氫的介電層或具有任意表面電荷的介電層的堆疊（如 Al_2O_3 或 Al_2O_3-SiN_x 或 SiN_x）的沈積

【0087】 應注意，前介電層可與後介電層共同沈積。舉例而言，對於全部類型（I、II 以及 III）而言，可首先應用雙面 Al_2O_3，繼之以應用雙面 SiN_x。使半製品漂浮且浮動穿過沈積腔室的沈積系統可能適用於這個目的。應注意，不同於可能不需要環繞式沈積的單面沈積，雙面沈積具有更寬容的處理條件。

【0088】 將藉由激光燒蝕或藉由印刷化學蝕刻糊而在基極區域處對後表面進行開口。這之後進行（濕式）化學清潔以去除激光損傷及介電塗層剝片。

【0089】 視情況，在發射極區域處以類似方式對介電質進行開口，其隨後可用於接觸 NFT Ag 糊。

5.介電質的開口

【0090】 實現基極區域處的介電層中的開口。根據目標鋁印刷區域，這個開口可以是線條形的或一系列較小線條或圓點。開口可藉由激光燒蝕或藉由選擇性化學蝕刻，例如藉由印刷蝕刻糊來實現。這些步驟之後可以是化學清潔步驟。視情況，發射極區域上的局部接觸開口（local contact openings，LCOs）可按相同過程步驟實現。隨後 LCOs 可以用於藉由 NFT Ag 糊的（網版）印刷或藉由（光引發性）鍍覆來形成與發射極的金屬性接觸。應注意，對於這些類型的金屬化而言，金屬不會穿透至 n 型多晶矽發射極中或至傳統擴散的發射極中。

6.施加金屬化

【0091】 用於金屬化的過程列舉於表 6 中。設想用於（網版）印刷的三個金屬類型：Al 糊、FT Ag 糊以及 NFT Ag 糊。後者不會燒穿介電層。對於 NFT 糊而言，可確認兩個類別：第一類與 Al 糊及 FT Ag 糊共燒，且第二類主要在較低燒製溫度下單獨地印刷及燒製。第二種糊類型通常被稱作「浮動匯電條（floating busbar）」糊。

【0092】 NFT 糊用於與 Al 糊接觸。NFT Ag 糊及 FT 糊皆可電連接至金屬引線，所述金屬引線藉由焊料或藉由導電性黏合劑串聯連接光伏打模組中的太陽能電池。

【0093】 在所有情況下，Al 糊經印刷於後介電層上，以使得基極區域的介電層中的 LCO 完全被覆蓋。Al 糊區域亦可與發射極區域部分重疊。

【0094】 BSF 藉由鋁矽合金化過程形成，其中網版印刷 Al 糊中的鋁在加熱至高於 660℃（亦即，鋁的熔融點）期間溶解基極晶圓材

料中的矽且視情況溶解本質多晶矽，且在冷卻期間，糊狀 Al 摻雜矽不再熔融並且再結晶，亦被稱為磊晶生長。

【0095】 表 6 展示針對 I 類、II 類以及 III 類的金屬化選項。

表 6 金屬化選項

I 類、II 類、III 類	I 類、II 類、III 類	III 類	I 類、II 類、III 類	I 類、II 類、III 類
僅基極區域處的 LCO	*僅基極區域處的 LCO*	*僅基極區域處的 LCO*	*基極區域及發射極區域處的 LCO*	*基極區域及發射極區域處的 LCO*
在發射極區域（指狀物及匯電條）上（網版）印刷 FT Ag 糊	在發射極區域（僅指狀物）上（網版）印刷 FT Ag 糊	在發射極區域（指狀物及匯電條）上及基極區域（僅匯電條）上（網版）印刷 FT Ag 糊		在發射極區域上應用 Ni 及/或 Cu 鍍覆。 光引發性鍍覆為一選項。
在基極區域上（網版）印刷 NFT Ag 糊	將 NFT Ag 糊（網版）印刷在基極區域上以接觸 Al 且作為發射極匯電條來接觸 FT-Ag 糊。		將 NFT Ag 糊（網版）印刷於基極區域上以接觸 Al 且印刷於發射極區域的 LCO 中。	將 NFT Ag 糊（網版）印刷在基極區域上以接觸 Al
在基極區域處於 LCO 頂部上，部分地於 NFT Ag 糊頂部上（網版）印刷 Al 糊。	在基極區域處於 LCO 頂部上，部分地於 NFT Ag 糊頂部上（網版）印刷 Al 糊。	在基極區域處於 LCO 頂部上，部分地於 FT Ag 糊頂部上（網版）印刷 Al 糊。	在基極區域處於 LCO 頂部上，部分地於 NFT Ag 糊頂部上（網版）印刷 Al 糊。	在基極區域處於 LCO 頂部上，部分地於 NFT Ag 糊頂部上（網版）印刷 Al 糊。

【0096】 在（網版）印刷步驟之後，太陽能電池 1、太陽能電池 2、太陽能電池 3、太陽能電池 I、太陽能電池 II、太陽能電池 III 可經歷熱步驟，其中 FT Ag 糊穿透介電層且接觸經傳統擴散的發射極、n 型多晶矽發射極或本質多晶矽。

【0097】 可在用於 PERC 前側發射極接觸的糊當中選擇 FT Ag 糊。用於 PERC 太陽能電池後表面的 NFT Ag 糊的實例為 SOL326、賀

利氏（Heraeus）的 SOL 326S、杜邦（DuPont）的 PV56x、ENC 的 BS828B 以及光達（Gonda）的 GB21。

【0098】 BSF 藉由鋁-矽合金化過程形成，其中網版印刷 Al 糊中的鋁在加熱至高於 660℃期間溶解基極晶圓材料中的矽且就 III 類表面區域而言溶解本質多晶矽，且在冷卻期間，糊狀 Al 摻雜矽不再熔融並且再結晶，其亦表示為磊晶生長。

【0099】 全部金屬導電糊可藉由在一溫度（通常 700 至 840℃）下共燒而燒結。歸因於三種不同糊的應用，需要三個印刷步驟來完成這個類型的 p-IBC 太陽能電池的金屬化。對於 III 類，存在應用兩個印刷步驟（亦即 FT Ag 糊及 Al 糊）的選項。在這種情況下，FT Ag 糊亦穿透本質多晶矽，但由於這個層不導電，其不會引起分流。

【0100】 圖 9 展示太陽能電池在根據一實施例的方法的各個階段期間的橫截面。在這裡關於所述連續階段來描述所述方法。

【0101】 在階段 901 中，提供矽基板（矽晶圓）10 作為太陽能電池的基極。通常，在這個階段期間蝕刻矽基板 10。蝕刻步驟可包括拋光蝕刻。或者或另外，蝕刻步驟可包括第一紋理化蝕刻、之後的第二變平滑蝕刻。

【0102】 在階段 902 中，於矽基板 10 的前表面及後表面兩者上產生薄氧化層 12 及 n 型多晶矽層 14 的堆疊。薄氧化層作為穿隧氧化層且經佈置於矽基板 10 的表面中的每一者與 n 型多晶矽層 14 中間。

【0103】 在下一階段 903 中，在矽基板 10 的背側（亦即，將形成背接觸的基板側）上於 n 型多晶矽層頂部上產生由元件符號 40 指示的 SiO_2 層或 SiN_x 層或其組合來作為覆蓋層。較佳地，在矽基板

10 的背側上藉由電漿增強化學氣相沈積 PECVD 產生 SiO_2 層或 SiN_x 層 40。

【0104】 隨後在後續階段 904 中，將激光束 50 用於在後表面上的覆蓋層 40 中產生間隙 42 或開口 42。激光束 50 經組態以選擇性去除後表面上預定位置處的 SiO_2 層及/或 SiN_x 層 40。因此，獲得圖案化 SiO_2 層及/或 SiN_x 層 40-1，其中間隙或開口 42 暴露下方 n 型多晶矽層。

【0105】 然後，在階段 905 中，將矽基板暴露於全側鹼性蝕刻。鹼性蝕刻選擇性去除後表面處暴露的多晶矽層 14 及薄氧化物 12，同時使用圖案化 SiO_2 層或 SiN_x 層 40-1 作為遮罩層。因此，現在矽基板 10 的表面暴露在圖案化 SiO_2 層或 SiN_x 層 40-1 中的間隙或開口 42 中。同時，藉由鹼性蝕刻自前表面去除 n 型多晶矽層 14 及薄氧化層 12。鹼性蝕刻可包括界面活性劑，且視其組成及溫度而定，蝕刻可為各向同性或各向異性的，從而產生（無規錐形）紋理。

【0106】 在階段 906 中，鹼性蝕刻之後為 HF（氟酸）蝕刻，其現自後表面選擇性去除圖案化 SiO_2 層或 SiN_x 層 40-1。薄氧化物 12-1 及 n 型多晶矽 14-1 的圖案化層堆疊保留在後表面處。

【0107】 之後，在階段 907 中，將包括後表面上的圖案化層堆疊 12-1、圖案化層堆疊 14-1 的矽基板 10 暴露於介電層 Al_2O_3 層 44 或 SiN_x 層 44 或 Al_2O_3 及 SiN_x 層的堆疊 44 的全側沈積。

【0108】 最後，在階段 908 中，將激光束 52 用於去除早先在階段 904 中產生的間隙或開口 42 內部的位置 46 處的 Al_2O_3 及/或 SiN_x 層 44。因此，在所述位置處，暴露了矽基板 10 的一區域部分。

【0109】 在位置 46 處的暴露區域部分處，可在稍後的階段形成 Al-

Si 觸點，例如，如上文參考圖 1 所描述。

【0110】 方法是有關於：在後表面上提供穿隧氧化層及具 n 型導電性的摻雜多晶矽層的層堆疊，所述穿隧氧化層佈置於後表面與摻雜多晶矽層之間；圖案化層堆疊以使層堆疊中具有間隙；在間隙中的每一者內與矽基板的基極層電接觸地佈置 Al-Si 合金化觸點；以及在圖案化層堆疊的摻雜多晶矽層上且與所述摻雜多晶矽層電接觸地佈置一或多個 Ag 觸點或過渡金屬觸點。

【0111】 根據方法的一態樣，在層堆疊中具有間隙的層堆疊的圖案化包括沈積或產生包括 SiO_2 層及/或 SiN_x 層的覆蓋層及藉由藉助於用激光束局部去除所述 SiO_2 層及/或 SiN_x 層而在覆蓋層中產生開口來圖案化覆蓋層。

【0112】 在這個例示性實施例中，SiO_2 及/或 SiN_x 層為犧牲層。本領域的技術人員將瞭解，可按形成抵抗鹼性蝕刻的障壁的圖案化 SiO_2 及/或 SiN_x 層為永久層的方式來修改方法。

【0113】 另外，將瞭解，所描述的階段可與本文未描述的其他中間處理步驟組合。可能需要這些中間處理步驟以供進行製備、運輸、中間清潔、原生氧化物去除等。

【0114】 圖 10 展示太陽能電池在根據一實施例的方法的各個階段 1001 至 1008 期間的橫截面。在這個實施例中，用薄氧化層 12 及本質多晶矽層 54 的堆疊代替薄氧化層及 n 型摻雜多晶矽層的堆疊。術語「本質多晶矽（intrinsic polysilicon）」在本文應解釋為未經摻雜多晶矽或有意未經摻雜的多晶矽，亦即基礎摻雜劑含量比 n 型摻雜劑含量低至少一個數量級。

【0115】 在這裡關於所述連續階段來描述方法的實施例。

【0116】 在階段 1001 中，提供矽基板（矽晶圓）10 作為太陽能電池的基極。通常，在這個階段期間蝕刻矽基板 10。蝕刻步驟可包括拋光蝕刻。或者或另外，蝕刻步驟可包括第一紋理化蝕刻、之後的第二變平滑蝕刻。

【0117】 在階段 1002 中，於矽基板 10 的前表面及後表面兩者上產生薄氧化層 12 及本質多晶矽層 54 的堆疊。薄氧化層作為穿隧氧化層且經佈置於矽基板 10 的表面中的每一者與本質多晶矽層中間。

【0118】 在下一階段 1003 中，在矽基板 10 的背側（亦即，將形成背接觸的基板側）上於本質多晶矽層 54 頂部上產生由元件符號 40 指示的 SiO_2 層或 SiN_x 層或其組合來作為覆蓋層。較佳地，在矽基板 10 的背側上藉由電漿增強化學氣相沈積 PECVD 產生 SiO_2 層或 SiN_x 層或組合層 40。

【0119】 隨後，在後續階段 1004 中，將激光束 56 用於在後表面上的 SiO_2 層或 SiN_x 層或組合層 40 中產生燒結區域 41。激光束經組態以選擇性加熱後表面上預定位置 58 處的 SiO_2 層或 SiN_x 層或組合層 40，從而具有使得 SiO_2 層或 SiN_x 層或組合層 40 在結構上相較於 SiO_2 層或 SiN_x 層或組合層 40 的未藉由激光束 56 輻射的部分 40-2 經修改的效應。預定位置 58 處的結構修改可涉及經輻射 SiO_2 層或 SiN_x 層的緻密化及/或所述的結構相變。

【0120】 然後，在階段 1005 中，將矽基板 10 暴露於全側 HF 蝕刻。HF 蝕刻自前表面及後表面選擇性去除 SiO_2 層及/或 SiN_x 層 40 的非燒結部分 40-2。

【0121】 保留後表面處的燒結多晶矽層且將其用作圖案化遮罩

層。以這種方式，按對應於去除非燒結 SiO_2 層或 SiN_x 層的位置的圖案在後表面上暴露本質多晶矽。

【0122】 在 HF 蝕刻過程之後，矽基板 10 經歷 n 型摻雜過程，其使 n 型摻雜劑擴散至暴露的本質多晶矽中以在暴露位置產生 n 型摻雜多晶矽 14。在一實施例中，n 型摻雜劑為磷。摻雜過程可為熟知的 $POCl_3$ 過程，其使用磷醯氯作為前驅體。

【0123】 在階段 1005 之後，在燒結 SiO_2 層或 SiN_x 層區域 41 下方，多晶矽層仍為本質多晶矽層 54-1。

【0124】 在下一階段 1006 中，應用 HF 蝕刻以去除燒結氧化層及（若存在）由 $POCl_3$ 過程產生的磷玻璃，且之後執行矽基板 10 的前表面上的單側蝕刻。在這個過程中，如階段 1006 中所展示，n 型多晶矽 14 及薄氧化層 12 保留在後表面上但自前表面去除。

【0125】 在後表面上，保留包括本質多晶矽層 54-1 的區域及 n 型摻雜多晶矽 14 的區域的圖案化多晶矽層。在圖案化多晶矽層 14、圖案化多晶矽層 54-1 與矽基板 10 之間佈置薄氧化層 12

【0126】 之後，在階段 1007 中，將在後表面上包括堆疊於薄氧化層 12 上的圖案化多晶矽層 14、圖案化多晶矽層 54-1 的矽基板 10 暴露於提供氫的介電塗層的全側沈積，所述提供氫的介電塗層可為元件符號 44 所指示的 Al_2O_3 層或 SiN_x 層或 Al_2O_3 及 SiN_x 層的堆疊。

【0127】 最後，在階段 1008 中，將激光束 60 用於去除早先在階段 1005 中產生的本質多晶矽層 54-1 上方的位置 62 處的 Al_2O_3 及/或 SiN_x 層 44 或對其進行開口。因此，在位置 62 處，暴露本質多晶矽層 54-1 的區域部分。在暴露的區域部分處，可在稍後的階段

藉由於本質多晶矽上沈積鋁及之後退火來形成 Al-Si 觸點（未展示）。

【0128】 在這個實施例中，方法是有關於：於後表面上提供穿隧氧化層及本質多晶矽層的層堆疊，所述穿隧氧化層佈置於後表面與本質多晶矽層之間；用包括 SiO_2 層及/或 SiN_x 層的覆蓋層覆蓋層堆疊且在覆蓋層內產生燒結 SiO_2 層及/或 SiN_x 層區域的圖案；去除未燒結的 SiO_2 層及/或 SiN_x 層區域；將未由燒結 SiO_2 及/或 SiN_x 層區域的圖案覆蓋的本質多晶矽層暴露於 n 型摻雜劑物種，以便產生未由燒結 SiO_2 及/或 SiN_x 層覆蓋的 n 型摻雜多晶矽層區域的圖案；去除圖案化燒結 SiO_2 及/或 SiN_x 層區域以便暴露下方本質多晶矽層的一或多個區域；將 Al-Si 合金化觸點佈置於本質多晶矽層的所述一或多個區域上，所述 Al-Si 合金化觸點各自與本質多晶矽層的各別區域電接觸；以及在圖案化 n 型摻雜多晶矽層區域中的一或多者上且與所述圖案化 n 型摻雜多晶矽層區域電接觸地產生 Ag 觸點或過渡金屬觸點。

【0129】 根據一實施例，所述方法更包括：藉由使用激光束作為用於燒結的局部熱源來產生燒結 SiO_2 層及/或 SiN_x 層區域的圖案。

【0130】 根據一實施例，所述方法更包括在所述去除圖案化燒結 SiO_2 及/或 SiN_x 層區域之後的步驟：在本質多晶矽層的區域及 n 型摻雜多晶矽的區域上方沈積介電層，及針對本質多晶矽層的一或多個區域，在上覆於本質多晶矽層的區域的介電層中的一位置處產生間隙或開口，其中上覆於本質多晶矽層的區域的介電層中的所述間隙或開口是藉由使用激光束來產生的。

【0131】 在前述描述中，本發明已參考其特定實施例進行了描述。

然而，將顯而易見，在不脫離如所附申請專利範圍中概括的本發明的範疇的情況下，可對本發明進行各種修改以及改變。

【0132】 另外，在不脫離本發明的基本範疇的情況下，可進行許多修改以使特定情形或材料適應本發明的教示。本領域的技術人員將瞭解，可根據本發明的範疇及精神修改及組合如上文所描述的例示性實施例。

【0133】 因此，希望本發明並不限於所揭露的特定實施例，而且本發明將包含屬於所附申請專利範圍的範疇內的所有實施例。

【符號說明】

【0134】

1、2、3：太陽能電池

10：矽基板

12：穿隧氧化層

12-1：薄氧化物

14：摻雜多晶矽層

14-1：n 型多晶矽

16、18：觸點

20：氫化介電層

22、30：Al_2O_3 層

24、32：SiN_x:H 層

26、30A：本質多晶矽層

28：側接限界元件

32A：抗反射塗層

34、36：細長開口

40：SiO_2 層或 SiN_x 層

40-1：圖案化 SiO_2 層及/或 SiN_x 層

40-2：非燒結部分

41：燒結區域

42：間隙或開口

44：Al_2O_3 及/或 SiN_x 層

46、58、62：位置

50、52、56：激光束

54、54-1：本質多晶矽層

116、118：匯電條

160：Al 頭端

161：Al-Si 合金層

162：Al 摻雜 BSF 區域

216：重疊

800：太陽電池板

802：透明頂板

804：頂部封裝體

806：底部封裝體

808：背板

810：焊料或導電黏合劑

901、902、903、904、905、906、907、908、1001、1002、1003、1004、1005、1006、1007、1008：階段

A：間隙

F：前表面

R：後表面

V-V：剖線

W：寬度

X：縱向方向

Y：橫向方向

【發明摘要】

【中文發明名稱】具p-型導電性的指叉式背接觸式太陽能電池

【英文發明名稱】INTERDIGITATED BACK-CONTACTED SOLAR CELL WITH P-TYPE CONDUCTIVITY

【中文】基於具p型導電性的矽基板的背接觸式太陽能電池具有用於接收輻射的前表面以及後表面。後表面具有穿隧氧化層及具n型導電性的摻雜多晶矽層。穿隧氧化層及具n型導電性的圖案化摻雜多晶矽層形成圖案化層堆疊，圖案化層堆疊中具有間隙。鋁-矽合金化觸點經佈置於間隙中的每一者內、與矽基板的基極層電接觸，且一或多個銀觸點經佈置於圖案化摻雜多晶矽層上且與圖案化摻雜多晶矽層電接觸。

【英文】A back-contacted solar cell based on a silicon substrate of p-type conductivity has a front surface for receiving radiation and a rear surface. The rear surface is provided with a tunnel oxide layer and a doped polysilicon layer of n-type conductivity. The tunnel oxide layer and the patterned doped polysilicon layer of n-type conductivity form a patterned layer stack provided with gaps in the patterned layer stack. An Al-Si alloyed contact is arranged within each of the gaps, in electrical contact with a base layer of the silicon substrate, and one or more Ag contacts are arranged on the patterned doped polysilicon layer and in electrical contact with the patterned doped polysilicon layer.

【指定代表圖】圖1

【代表圖之符號簡單說明】

1：太陽能電池

10：矽基板

12：穿隧氧化層

14：摻雜多晶矽層

16、18：觸點

20：氫化介電層

22、30：Al_2O_3 層

24、32：SiN_x:H 層

30A：本質多晶矽層

32A：抗反射塗層

160：Al 頭端

161：Al-Si 合金層

162：Al 摻雜 BSF 區域

A：間隙

F：前表面

R：後表面

【特徵化學式】

無

【發明申請專利範圍】

【第1項】 一種基於具 p 型導電性的矽基板的背接觸式太陽能電池，其具有用於接收輻射的前表面以及後表面；

其中所述後表面具有穿隧氧化層及具 n 型導電性的摻雜多晶矽層；所述穿隧氧化層及具 n 型導電性的所述摻雜多晶矽層形成圖案化層堆疊，所述圖案化層堆疊中具有多個間隙；

其中鋁-矽（Al-Si）合金化觸點經佈置於所述多個間隙中的每一者內，與所述矽基板的基極層電接觸，且

一或多個銀（Ag）觸點或過渡金屬觸點經佈置於圖案化的所述摻雜多晶矽層上且與圖案化的所述摻雜多晶矽層電接觸。

【第2項】 如申請專利範圍第 1 項所述之太陽能電池，其中氫化介電層經佈置以覆蓋所述多個間隙及圖案化的所述摻雜多晶矽層，所述多個鋁-矽合金化觸點及所述多個銀觸點或過渡金屬觸點各自延伸穿過所述氫化介電層。

【第3項】 如申請專利範圍第 2 項所述之太陽能電池，其中所述氫化介電層具有負表面電荷。

【第4項】 如申請專利範圍第 2 項或第 3 項所述之太陽能電池，其中所述氫化介電層包括 Al_2O_3 層或 a-SiN_x:H 層及 Al_2O_3 層的堆疊，所述 Al_2O_3 層處於所述 a-SiN_x:H 層與所述多個間隙及圖案化的所述摻雜多晶矽層之間。

【第5項】 如申請專利範圍第 2 項所述之太陽能電池，其中多個激光劃線開口定位在所述氫化介電層中，位於所述多個間隙的位置之上。

【第6項】 如申請專利範圍第 2 項所述之太陽能電池，其中多個激

光劃線開口定位在所述氫化介電層中，位於所述多個鋁-矽合金化觸點定位之處的所述多個間隙之上，且所述多個激光劃線開口定位在所述氫化介電層中，位於所述多個銀觸點或過渡金屬觸點定位於具 n 型導電性的圖案化的所述摻雜多晶矽層上之處。

【第7項】 如申請專利範圍第 6 項所述之太陽能電池，其中銀是基於非燒穿銀類糊狀材料。

【第8項】 如申請專利範圍第 1 項所述之太陽能電池，其中所述多個鋁-矽合金化觸點及所述銀觸點或過渡金屬觸點經佈置為連接所述銀觸點或過渡金屬觸點的第一匯電條與連接所述多個鋁-矽合金化觸點的第二匯電條之間的多個指叉電極；所述多個匯電條在垂直於所述多個指叉電極的長度的方向上沿所述後表面延伸。

【第9項】 如申請專利範圍第 8 項所述之太陽能電池，其中所述多個匯電條各自由銀組成。

【第10項】 如申請專利範圍第 9 項所述之太陽能電池，其中銀是基於燒穿銀糊狀材料。

【第11項】 如申請專利範圍第 8 項所述之太陽能電池，其中所述鋁-矽指叉電極包括沿所述鋁-矽指叉電極的所述長度佈置的所述多個鋁-矽合金化觸點，所述多個鋁-矽合金化觸點藉由在所述多個鋁-矽合金化觸點之上延伸的細長鋁或鋁-矽合金主體互連。

【第12項】 如申請專利範圍第 8 項所述之太陽能電池，其中所述鋁-矽指叉電極的一部分在接界的具 n 型導電性的圖案化的所述摻雜多晶矽層的一部分上方側向延伸。

【第13項】 如前述申請專利範圍第 1 項所述之太陽能電池，更包括所述前表面上的介電層，所述介電層經組態有負表面電荷。

【第14項】 如前述申請專利範圍第 1 項所述之太陽能電池，更包括所述前表面上的本質多晶矽層，其由氫化介電層覆蓋。

【第15項】 如申請專利範圍第 1 項所述之太陽能電池，包括本質多晶矽層，所述本質多晶矽層與圖案化的具 n 型導電性的所述摻雜多晶矽層接界且覆蓋所述多個間隙中的所述矽基板的所述後表面，所述穿隧氧化層另外經佈置於所述本質多晶矽層與所述多個間隙中的所述矽基板的所述後表面之間，且所述多個鋁-矽合金化觸點延伸穿過所述本質多晶矽層及所述穿隧氧化層。

【第16項】 如申請專利範圍第 15 項所述之太陽能電池，其中氫化介電層經佈置以覆蓋所述本質多晶矽層及圖案化的所述摻雜多晶矽層，所述多個鋁-矽合金化觸點及所述多個銀觸點或過渡金屬觸點各自延伸穿過所述氫化介電層。

【第17項】 如申請專利範圍第 16 項所述之太陽能電池，其中所述氫化介電層包括 a-SiN_x:H 層、Al_2O_3 層或 a-SiN_x:H 層及 Al_2O_3 層的堆疊。

【第18項】 如申請專利範圍第 16 項或第 17 項所述之太陽能電池，其中所述多個鋁-矽合金化觸點藉由佈置於所述氫化介電層上的多個限界元件於其邊緣處接界，所述多個限界元件由特徵在於相對於所述氫化介電層材料及鋁為惰性材料的材料組成。

【第19項】 如申請專利範圍第 15 項所述之太陽能電池，其中銀觸點主體與所述本質多晶矽層上的所述多個鋁-矽合金化觸點接界。

【第20項】 一種光伏打模組，包括至少一個如前述申請專利範圍第 1 項所述之太陽能電池、透明頂板以及背板，其中所述至少一個太陽能電池經佈置於所述頂板與所述背板中間。

【第21項】 一種用於製造基於具 p 型導電性的矽基板的背接觸式太陽能電池的方法，所述背接觸式太陽能電池具有用於接收輻射的前表面以及後表面；

所述方法包括：

於所述後表面上提供穿隧氧化層及具 n 型導電性的摻雜多晶矽層的層堆疊，所述穿隧氧化層佈置於所述後表面與所述摻雜多晶矽層之間；

圖案化所述層堆疊以使所述層堆疊中具有多個間隙；

於所述多個間隙中的每一者內與所述矽基板的基極層電接觸地佈置多個鋁-矽合金化觸點，以及

於所述圖案化層堆疊的所述摻雜多晶矽層上且與所述摻雜多晶矽層電接觸地佈置一或多個銀觸點或過渡金屬觸點。

【第22項】 如申請專利範圍第 21 項所述之方法，其中對具有所述多個間隙的所述層堆疊進行所述層堆疊的所述圖案化包括沈積或產生包括 SiO_2 層及/或 SiN_x 層的覆蓋層及藉由藉助於用激光束局部去除所述 SiO_2 層及/或 SiN_x 層而在所述覆蓋層中產生多個開口來圖案化所述覆蓋層。

【第23項】 如申請專利範圍第 22 項所述之方法，更包括去除圖案化的所述覆蓋層以暴露所述摻雜多晶矽層；

於所述後表面上、所述多個間隙及經暴露的圖案化的所述摻雜多晶矽層上方沈積介電層，以及

藉助於激光束在所述介電層中於所述多個間隙的位置處產生多個開口。

【第24項】 一種用於製造基於具 p 型導電性的矽基板的背接觸式

太陽能電池的方法，所述背接觸式太陽能電池具有用於接收輻射的前表面以及後表面；所述方法包括：

於所述後表面上提供穿隧氧化層及本質多晶矽層的層堆疊，所述穿隧氧化層佈置於所述後表面與所述本質多晶矽層之間；

用包括 SiO_2 層及/或 SiN_x 層的覆蓋層覆蓋所述層堆疊且在所述覆蓋層中產生燒結 SiO_2 層及/或 SiN_x 層區域的圖案；

去除未燒結的所述 SiO_2 層及/或 SiN_x 層區域；

將未由燒結 SiO_2 及/或 SiN_x 層區域的所述圖案覆蓋的所述本質多晶矽層暴露於 n 型摻雜劑物種，以便產生未由所述燒結 SiO_2 及/或 SiN_x 層覆蓋的 n 型摻雜多晶矽層區域的圖案；

去除圖案化的所述燒結 SiO_2 及/或 SiN_x 層區域以便暴露所述本質多晶矽層的一或多個區域；

於所述本質多晶矽層的所述一或多個區域上佈置多個鋁-矽合金化觸點，所述多個鋁-矽合金化觸點各自與所述本質多晶矽層的所述各別區域電接觸，以及

於圖案化的所述 n 型摻雜多晶矽層區域中的一或多者上且與圖案化的所述 n 型摻雜多晶矽層區域電接觸地產生多個銀觸點或過渡金屬觸點。

【第25項】 如申請專利範圍第 24 項所述之方法，其中燒結 SiO_2 層及/或 SiN_x 層區域的所述圖案是藉由使用激光束作為用於燒結的局部熱源來產生的。

【第26項】 如申請專利範圍第 24 項或第 25 項所述之方法，更包括：

在所述去除圖案化的所述燒結 SiO_2 及/或 SiN_x 層區域之後，

在所述本質多晶矽層的所述多個區域及 n 型摻雜多晶矽的所述多個區域上方沈積介電層，及

對於所述本質多晶矽層的一或多個區域，在上覆於所述本質多晶矽層的所述區域的所述介電層中的一位置處產生間隙或開口；

其中上覆於所述本質多晶矽層的所述區域的所述介電層中的所述間隙或開口是藉由使用激光束來產生的。