



(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 202420608 A

(43)公開日：中華民國 113 (2024) 年 05 月 16 日

(21)申請案號：112129981

(22)申請日：中華民國 112 (2023) 年 08 月 09 日

(51)Int. Cl.：

H01L31/0475(2014.01)

H01L31/05 (2014.01)

(30)優先權：2022/11/07

日本

2022-178203

2023/03/27

世界智慧財產權組織

PCT/JP2023/012085

2023/06/13

日本

2023-096794

(71)申請人：日商納美仕有限公司 (日本) NAMICS CORPORATION (JP)

日本

(72)發明人：今野聖也 KONNO, SEIYA (JP)；田辺秀雄 TANABE, HIDEO (JP)；齋藤元希

SAITO, GENKI (JP)

(74)代理人：洪武雄；陳昭誠

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：9 項 圖式數：8 共 63 頁

(54)名稱

太陽電池

(57)摘要

本發明的目的在於，提供具有高的開路電壓(Voc)及曲線因子(FF)的高效率的結晶系矽太陽電池。

本發明的太陽電池係含有：結晶系矽基板，係含有雜質擴散層；鈍化膜，係配置在前述基板的前述雜質擴散層的至少一部分之上；及電極，含有銀(Ag)，且配置在前述鈍化膜的至少一部分之上；其中，前述太陽電池更含有配置在前述電極與前述基板之間的至少一部分的至少 1 個 AgSi 區域；前述 AgSi 區域含有至少 1 個深度為 100nm 以上的 AgSi 區域；在前述太陽電池的含有前述 AgSi 區域的 $5.7\mu\text{m} \times 3.9\mu\text{m}$ 的剖面的掃描型電子顯微鏡照片中，前述鈍化膜所殘留的長度的比例即前述鈍化膜的殘留率為 10%至 90%。

An objective of this invention is to provides a highly efficient crystalline silicon solar cell having high open circuit voltage (Voc) and fill factor (FF).

The solar cell of this invention includes:

A crystalline silicon substrate including an impurity diffusion layer, a passivation film disposed on at least a portion of the impurity diffusion layer of the substrate, and an electrode containing silver (Ag) and disposed on at least a portion of the passivation film, wherein the solar cell further includes at least one AgSi region disposed at least partially between the electrode and the substrate, the AgSi region includes at least one AgSi region with a depth of 100 nm or more, and in a scanning electron micrograph of a cross section of $5.7\mu\text{m} \times 3.9\mu\text{m}$ including the AgSi region of the solar cell, the survival rate of the passivation film, which is the ratio of the length of the passivation film remaining, is 10 to 90%.

【發明摘要】

【中文發明名稱】 太陽電池

【英文發明名稱】 SOLAR CELL

【中文】

本發明的目的在於，提供具有高的開路電壓(Voc)及曲線因子(FF)的高效率的結晶系矽太陽電池。

本發明的太陽電池係含有：結晶系矽基板，係含有雜質擴散層；鈍化膜，係配置在前述基板的前述雜質擴散層的至少一部分之上；及電極，含有銀(Ag)，且配置在前述鈍化膜的至少一部分之上；其中，前述太陽電池更含有配置在前述電極與前述基板之間的至少一部分的至少 1 個 AgSi 區域；前述 AgSi 區域含有至少 1 個深度為 100nm 以上的 AgSi 區域；在前述太陽電池的含有前述 AgSi 區域的 $5.7\mu\text{m}\times 3.9\mu\text{m}$ 的剖面的掃描型電子顯微鏡照片中，前述鈍化膜所殘留的長度的比例即前述鈍化膜的殘留率為 10%至 90%。

【英文】

An objective of this invention is to provides a highly efficient crystalline silicon solar cell having high open circuit voltage (Voc) and fill factor (FF).

The solar cell of this invention includes:

A crystalline silicon substrate including an impurity diffusion layer, a passivation film disposed on at least a portion of the impurity diffusion layer of the substrate, and an electrode containing silver (Ag) and disposed on at least a portion of the passivation film, wherein the solar cell further includes at least one AgSi region disposed at least partially between the electrode and the substrate, the AgSi region includes at least one AgSi region with a depth of 100 nm or more, and in a scanning electron micrograph of a cross section of $5.7\text{ }\mu\text{m} \times 3.9\text{ }\mu\text{m}$ including the AgSi region of the solar cell, the survival rate of the passivation film, which is the ratio of the length of the passivation film remaining, is 10 to 90%.

【指定代表圖】 無。

【代表圖之符號簡單說明】 無。

【特徵化學式】 無。

【發明說明書】

【中文發明名稱】 太陽電池

【英文發明名稱】 SOLAR CELL

【技術領域】

【0001】 本發明係有關使用結晶系矽基板的結晶系矽太陽電池。

【先前技術】

【0002】 在基板使用將單晶矽或多晶矽加工成平板狀的結晶系矽而成的結晶系矽太陽電池等半導體裝置中，為了與裝置外部有電性接觸，一般而言係在矽基板表面使用電極形成用的導電性膏(paste)形成電極。近年來，在如上述而形成電極的半導體裝置之中，結晶系矽太陽電池的生產量大幅地增加。該等太陽電池係在結晶系矽基板的一表面具有雜質擴散層、抗反射膜(鈍化(passivation)膜)及光入射側表面電極，在另一表面具有背面電極。藉由光入射側表面電極及背面電極，能夠將藉由結晶系矽太陽電池而發電的電力取出至外部。

【0003】 為了要形成習知的結晶系矽太陽電池的電極，係使用含有導電性粉末、玻璃料(glass frit，亦稱為玻璃膠)、有機結合劑(binder)、溶劑及其他添加物的導電性膏。就導電性粉末而言，主要使用銀粒子(銀粉末)。

【0004】 專利文獻 1 係記載結晶系矽太陽電池的製造方法。在專利文獻 1 係記載為了結晶系矽太陽電池的電極的形成，使用含有無機材料的電

極形成用導電性膏。在專利文獻 1 係記載無機材料由導電性粒子與玻璃料組成。

【0005】專利文獻 2 係記載改善矽太陽電池中的接觸柵與射極層之間的歐姆接觸行為的製程。具體而言，就專利文獻 2 的製程而言，係沿與矽太陽電池的順向相反的方向施加預定電壓，引導點光源至矽太陽電池的太陽面側，藉此而照射至前述太陽面側的小段(subsection)的剖面。

【0006】專利文獻 3 係記載一種用以形成太陽電池的電極之導電性組成物，係含有：銀粉末、含有 PbO 的玻璃粉末及由有機物構成的載體。專利文獻 3 係記載導電性組成物係用以形成貫通氮化矽層而與形成在前述氮化矽層下的 n 型半導體層導通的電極之導電性組成物。此外，專利文獻 3 係記載導電性組成物含有的玻璃粉末的鹼度(Basicity)為 0.6 以上 0.8 以下，玻璃的轉移點為 300°C 至 450°C。

[先前技術文獻]

[專利文獻]

【0007】

專利文獻 1：日本國特開 2011-86754 號公報

專利文獻 2：日本國特表 2021-513218 號公報

專利文獻 3：日本國特開 2009-231826 號公報

【發明內容】

【0008】於圖 5 顯示一般的結晶系矽太陽電池的剖面示意圖的一例。如圖 5 所示，在一般的結晶系矽太陽電池中，藉由網版(screen)印刷法等，

使用導電性膏將光入射側表面電極 20(表面電極)的電極圖案印刷至作為鈍化膜 2 發揮功能的鈍化膜 2 上，乾燥導電性膏，以預定溫度進行燒製，藉此，形成光入射側表面電極 20。在一般的結晶系矽太陽電池中，在以該預定溫度的燒製時，導電性膏係熔穿(fire-through)鈍化膜 2。藉由該熔穿，能夠將光入射側表面電極 20 以接觸雜質擴散層 4 的方式形成。另外，所謂的熔穿，係指以導電性膏含有的玻璃料等，蝕刻(etching)絕緣膜即鈍化膜 2，使光入射側表面電極 20 與雜質擴散層 4 導通。在圖 5 所示的例子中，在電極圖案的燒製時，電極圖案係熔穿鈍化膜 2，藉此，鈍化膜 2 消失而光入射側表面電極 20 與雜質擴散層 4 相接。在 n 型結晶系矽基板 1 與雜質擴散層 4 的界面係形成有 pn 接面。射入結晶系矽太陽電池的入射光的大部分係穿透鈍化膜 2 及雜質擴散層 4 而射入 n 型結晶系矽基板 1。在該過程中，光在 n 型結晶系矽基板 1 被吸收，產生電子-電洞對。藉由 pn 接面產生的電場，該等電子-電洞對的電子係分離而從 n 型結晶系矽基板 1 往背面電極 15，而電洞係分離而從 p 型雜質擴散層 4 往光入射側表面電極 20。電子及電洞(載子(carrier))係經由該等電極以電流形式被取出至外部。

【0009】於圖 2 顯示結晶系矽太陽電池的光入射側表面的示意圖的一例。如圖 2 所示，在結晶系矽太陽電池的光入射側表面，就光入射側表面電極 20 而言，係配置有匯流(bus bar)電極(光入射側匯流排電極 20a)及光入射側指狀(finger)電極 20b(或有簡稱為「指狀電極 20b」)。在圖 5 及圖 2 所示的例子中，因射入結晶系矽太陽電池的入射光而產生的電子-電洞對當中的電子係匯集於指狀電極 20b，再進一步匯集於光入射側匯流排電極 20a。在光入射側匯流排電極 20a 係焊接周圍被焊料包覆的互連

(interconnect)用的金屬帶(ribbon)，電流係藉由該金屬帶而取出至外部。

【0010】太陽電池的光-電轉換效率(或有簡稱為「轉換效率」)係以曲線因子(Fill Factor; FF, 亦稱為填充因子)、開路電壓(Open Circuit Voltage; Voc)及短路電流(Short Circuit Current; Jsc)之積表示。基本上，曲線因子(FF)與開路電壓(Voc)係形成互償(trade-off)的關係，難以將曲線因子與開路電壓雙方同時提高。

【0011】為了獲得高轉換效率的結晶系太陽電池，具體而言為高曲線因子(FF)的結晶系太陽電池，光入射側表面電極 20 與雜質擴散層 4 之間的接觸電阻係要求低接觸電阻。

【0012】此外，在以往的結晶系矽太陽電池的情形中，在形成光入射側表面電極 20 時，藉由燒製導電性膏的電極圖案，熔穿鈍化膜 2 而與雜質擴散層 4 相接。在該熔穿時，有在雜質擴散層 4 造成損傷(damage)，結晶系矽太陽電池的性能(具體而言為開路電壓(Voc))下降的問題。

【0013】如上述，一般而言，難以將曲線因子與開路電壓雙方同時提高。另一方面，只要釐清獲得具有高的開路電壓(Voc)及曲線因子(FF)的高效率的結晶系矽太陽電池所需的電極與基板之間的構造的話，便能夠獲得用以製造高效率的結晶系矽太陽電池之方針。

【0014】有鑒於此，本發明的目的在於，提供具有高的開路電壓(Voc)及曲線因子(FF)的高效率的結晶系矽太陽電池。具體而言，本發明的目的在於，為了獲得具有高的開路電壓(Voc)及曲線因子(FF)的高效率的結晶系矽太陽電池，提供電極與前述基板之間為預定構造的結晶系矽太陽電池。

【0015】為了解決上述課題，本發明係具有下述構成。

【0016】(構成 1)

構成 1 係一種太陽電池，係含有：基板，含有結晶系矽，且在至少一表面含有雜質擴散層；

鈍化膜，係配置在前述基板的前述雜質擴散層的至少一部分之上；及

電極，含有銀(Ag)，且配置在前述鈍化膜的至少一部分之上；

其中，前述太陽電池更含有配置在前述電極與前述基板之間的至少一部分的至少 1 個 AgSi 區域；

前述 AgSi 區域含有至少 1 個深度為 100nm 以上的 AgSi 區域；

在前述太陽電池的含有前述 AgSi 區域的 $5.7\mu\text{m}\times 3.9\mu\text{m}$ 的剖面的掃描型電子顯微鏡照片中，前述鈍化膜所殘留的長度的比例即前述鈍化膜的殘留率為 10%至 90%。

【0017】(構成 2)

構成 2 係，如構成 1 的太陽電池，其中，前述鈍化膜的剛成膜時的膜厚 D_a 、與在前述太陽電池的表面形成前述電極而完成的前述太陽電池的含有前述 AgSi 區域的 $5.7\mu\text{m}\times 3.9\mu\text{m}$ 的剖面的掃描型電子顯微鏡照片中的前述鈍化膜的膜厚 D_b 之比 D_b/D_a 為 15%至 85%。

【0018】(構成 3)

構成 3 係，如構成 1 或 2 的太陽電池，其中，相對於前述電極含有的前述銀(Ag)的 100 重量份，前述電極更含有 0.1 重量份至 5.0 重量份的玻璃料。

【0019】(構成 4)

構成 4 係，如構成 3 的太陽電池，其中，前述玻璃料的玻璃轉移點為

250°C至 600°C。

【0020】(構成 5)

構成 5 係，如構成 3 或 4 的太陽電池，其中，前述玻璃料含有選自 SiO_2 、 B_2O_3 、 V_2O_5 、 Bi_2O_3 、 TeO_2 、 Li_2O 及 ZnO 的至少 1 種。

【0021】(構成 6)

構成 6 係，如構成 3 至 5 中任一項之太陽電池，其中，前述玻璃料實質上不含有 PbO 。

【0022】(構成 7)

構成 7 係，如構成 1 至 6 中任一項之太陽電池，其中，前述電極實質上不含有鉛(Pb)。

【0023】(構成 8)

構成 8 係，如構成 1 至 7 中任一項之太陽電池，其中，前述電極實質上不含有鋁粒子。

【0024】(構成 9)

構成 9 係，如構成 1 至 8 中任一項之太陽電池，其中，前述基板為第 1 導電型的前述結晶系矽基板；

前述雜質擴散層為第 2 導電型的雜質擴散層；

前述電極為配置在光入射側表面的光入射側表面電極；

前述太陽電池更含有對前述結晶系矽基板的與前述光入射側表面為相反側的表面以電性連接的方式配置的背面電極；

前述光入射側表面電極進行過下述處理者，即，以在前述第 2 導電型的前述雜質擴散層與前述第 1 導電型的前述結晶系矽基板之間流通與順向

為相反方向的電流的方式，一邊在前述背面電極與前述光入射側表面電極之間施加電壓，一邊對前述太陽電池的前述光入射側表面照射來自點光源的光。

【0025】依據本發明，能夠提供具有高的開路電壓(Voc)及曲線因子(FF)的高效率的結晶系矽太陽電池。具體而言，依據本發明，為了獲得具有高的開路電壓(Voc)及曲線因子(FF)的高效率的結晶系矽太陽電池，能夠提供電極與前述基板之間為預定構造的結晶系矽太陽電池。

【圖式簡單說明】

【0026】

圖 1 係本實施型態的結晶系矽太陽電池的剖面示意圖的一例。

圖 2 係結晶系矽太陽電池的光入射側表面的示意圖的一例。

圖 3 係結晶系矽太陽電池的背面的示意圖的一例。

圖 4 係本實施型態的兩面受光型的結晶系矽太陽電池的剖面示意圖的一例。

圖 5 係一般的結晶系矽太陽電池的存在光入射側表面電極(指狀電極)的附近的剖面示意圖的一例，係顯示電極與雜質擴散層之間的抗反射膜(鈍化膜)因熔穿而消失之狀態的剖面示意圖。

圖 6 係實施例 3 的結晶系矽太陽電池的光入射側表面的鈍化膜的附近的剖面 SEM(掃描型電子顯微鏡)照片(倍率：2 萬倍)，係用以說明 AgSi 區域的深度 d 之圖。

圖 7 係實施例 3 的結晶系矽太陽電池的光入射側表面的鈍化膜的附近

的剖面 SEM(掃描型電子顯微鏡)照片(倍率：2 萬倍)，係用以說明鈍化膜的殘留率 $L_p/(L_p+L_e)$ 之圖。

圖 8 係比較例 1 的結晶系矽太陽電池的光入射側表面的鈍化膜的附近的剖面 SEM(掃描型電子顯微鏡)照片(倍率：2 萬倍)。

【實施方式】

【0027】 以下，針對本發明的實施型態，具體地進行說明。另外，下述的實施型態乃係將本發明予以具體化時的型態，並不將本發明限定於該範圍內。

【0028】 <太陽電池>

於圖 1 顯示本實施型態的太陽電池的剖面示意圖的一例。本實施型態的太陽電池係含有：含有結晶系矽的基板(結晶系矽基板 1)、鈍化膜 2 及電極(例如，光入射側表面電極 20)。此外，本實施型態的太陽電池係更含有：配置在電極與基板之間的至少一部分的至少 1 個 AgSi 區域 30。

【0029】 <<基板>>

本實施型態的太陽電池係含有基板。本實施型態的太陽電池的基板係結晶系矽基板 1。因此，本實施型態的太陽電池係結晶系矽太陽電池。

【0030】 在本說明書中，「結晶系矽」係包含單晶矽及多晶矽。此外，所謂的「結晶系矽基板」係指為了電氣元件或電子元件等半導體裝置的形成，將結晶系矽成形為平板狀等適於元件形成的形狀而成之材料。結晶系矽的製造方法可使用任何方法。例如，當為單晶矽時係能夠使用柴可斯基法(Czochralski method)，當為多晶矽時係能夠使用鑄造法(casting

method)。此外，藉由其他製造方法，例如帶狀拉晶法而製作的多晶矽帶、形成在玻璃等異種基板上的多晶矽等亦能夠使用作為結晶系矽基板 1。此外，所謂的「結晶系矽太陽電池」，係指使用結晶系矽基板 1 製作的太陽電池。在本說明書中，有時將結晶系矽基板 1 簡稱為「基板」。

【0031】在一般的太陽電池中，就太陽電池的半導體基板材料而言，能夠使用結晶系矽、碳化矽、鍺、砷化鎵(GaAs)等。從作為太陽電池的安全性及成本(cost)的點來看，半導體基板材料係較佳為結晶系矽(單晶矽及多晶矽等)。

【0032】本實施型態的太陽電池的結晶系矽基板 1 係含有 n 型或 p 型雜質的 n 型結晶系矽基板 1 或 p 型結晶系矽基板 1。就 n 型結晶系矽基板 1 含有的 n 型雜質而言，能夠舉出硼(B)、鋁(Al)及鎵(Ga)等 13 族元素。就 p 型結晶系矽基板 1 含有的 p 型雜質而言，能夠舉出磷(P)、砷(As)及銻(Sb)等 15 族元素。

【0033】如圖 1 所示，本實施型態的太陽電池係在結晶系矽基板 1 的至少一表面的至少一部分含有雜質擴散層 4。在本實施型態的太陽電池的情形中，形成在光入射側表面的雜質擴散層 4 係 p 型或 n 型雜質擴散層 4。另外，在本說明書中，如圖 1 所示，或有將基板當中的沒有形成雜質擴散層 4 的部分稱為「基板本體 6」。

【0034】在本說明書中，在含有 n 型或 p 型雜質的結晶系矽中，將其中一導電型(n 型或 p 型)稱為第 1 導電型，將非第 1 導電型的另一導電型(p 型或 n 型)稱為第 2 導電型。當結晶系矽基板 1 為第 1 導電型時，雜質擴散層 4 乃係第 2 導電型的雜質擴散層 4。具體而言，當結晶系矽基板 1

為含有 n 型雜質的 n 型結晶系矽基板 1 時，形成在結晶系矽基板 1 的至少一表面的雜質擴散層 4 乃係 p 型雜質擴散層 4。此外，當結晶系矽基板 1 為含有 p 型雜質的 p 型結晶系矽基板 1 時，形成在結晶系矽基板 1 的至少一表面的雜質擴散層 4 乃係 n 型雜質擴散層 4。藉由如上述選擇第 1 導電型及第 2 導電型，能夠在形成有雜質擴散層 4 的結晶系矽基板 1 的表面附近形成 pn 接面。

【0035】本實施型態的太陽電池的第 1 導電型的結晶系矽基板 1 係較佳為 n 型結晶系矽基板 1。此外，本實施型態的太陽電池的第 2 導電型的雜質擴散層 4 係較佳為 p 型雜質擴散層 4。一般而言，n 型結晶系矽基板 1 中的載子即電子的遷移率係比 p 型結晶系矽基板 1 中的載子即電洞的遷移率高。因此，為了獲得高轉換效率的太陽電池，使用 n 型結晶系矽基板 1 較為有利。

【0036】雜質擴散層 4 的片電阻(sheet resistance)係較佳為 30 至 300 $\Omega/\square$ (square)、40 至 160 $\Omega/\square$ (square)，更佳為 45 至 120 $\Omega/\square$ 。此外，形成雜質擴散層 4 的深度係能夠為 0.3 μm 至 1.0 μm 。另外，所謂的雜質擴散層 4 的深度，係指從雜質擴散層 4 的表面到 pn 接面為止的深度。pn 接面的深度係能夠設為從雜質擴散層 4 的表面到雜質擴散層 4 中雜質濃度成為與基板本體 6 的雜質濃度同程度為止的深度。

【0037】另外，在本說明書中，有時會將本實施型態的結晶系矽太陽電池的雜質擴散層 4 稱為「矽射極層」。

【0038】<<鈍化膜 2>>

本實施型態的太陽電池係含有鈍化膜 2。鈍化膜 2 係配置在基板的雜

質擴散層 4 的至少一部分之上。

【0039】鈍化膜 2 係能夠具有作為抗反射膜的功能。在本說明書中，或有將形成在結晶系矽基板 1 的光入射側表面的鈍化膜 2 稱為抗反射膜。

【0040】鈍化膜 2 係能夠為由單層或複數層構成的膜。當鈍化膜 2 為單層時，從能夠有效地進行矽基板的表面的鈍化這點來看，較佳為以氮化矽(SiN)作為材料的薄膜(SiN 膜)。此外，當鈍化膜 2 為複數層時，能夠為以氮化矽作為材料的薄膜及以氧化矽作為材料的薄膜之積層膜(SiN/SiO_x 膜)。另外，當 SiN/SiO_x 膜為鈍化膜 2 時，從能夠更有效地進行矽基板的表面的鈍化這點來看，較佳為以使 SiO_x 膜相接於矽基板 1 的方式形成 SiO_x 膜，在 SiO_x 膜上形成 SiN 膜。SiO_x 膜係能夠為矽基板的自然氧化膜。

【0041】於圖 5 顯示一般的結晶系矽太陽電池的剖面示意圖的一例。如圖 5 所示，在一般的結晶系矽太陽電池中，在雜質擴散層 4 上係形成鈍化膜 2(抗反射膜)。接著，藉由網版印刷法等，使用導電性膏將光入射側表面電極 20(表面電極)的電極圖案印刷至鈍化膜 2 上，乾燥導電性膏，以預定溫度進行燒製，藉此，形成光入射側表面電極 20。在一般的結晶系矽太陽電池中，在以該預定溫度燒製時，導電性膏係熔穿鈍化膜 2。在一般的結晶系矽太陽電池中，藉由該熔穿，能夠將光入射側表面電極 20 以電性接觸雜質擴散層 4 的方式形成。另外，所謂的熔穿，係指以導電性膏含有的玻璃料等，蝕刻絕緣膜即鈍化膜 2，使光入射側表面電極 20 與雜質擴散層 4 導通。在圖 5 所示的一般的結晶系矽太陽電池的例子中，在電極圖案的燒製時，電極圖案係熔穿鈍化膜 2，藉此，鈍化膜 2 消失而光入射側表面電極 20 與雜質擴散層 4 相接。

【0042】 另一方面，如圖 1 所示，當為本實施型態的結晶系矽太陽電池時，在光入射側表面電極 20 與雜質擴散層 4 之間的大部分係存在鈍化膜 2(抗反射膜)。因此，當為本實施型態的結晶系矽太陽電池之情況，與結晶系矽基板 1 的雜質擴散層 4 相接的部分的鈍化膜 2 中，在後述的 AgSi 區域 30 以外的部分，鈍化膜 2 的大部分係能夠按原樣存在。藉由存在鈍化膜 2，能夠防止成為載子再結合之原因的表面缺陷密度的增加。結果，本實施型態的結晶系矽太陽電池係能夠獲得高開路電壓(Voc)。

【0043】 當為本實施型態的結晶系矽太陽電池時，在用以形成電極之燒製後，電極與雜質擴散層 4 之間的鈍化膜 2 的大部分仍會殘留。在本說明書中，係將用以形成電極之燒製後的電極與結晶系矽基板 1 之間的鈍化膜 2 的殘留的程度以鈍化膜 2 的殘留率來表示。關於鈍化膜 2 的殘留率係於後文中說明。

【0044】 <<電極>>

本實施型態的太陽電池係含有電極。本實施型態的太陽電池的電極係配置在鈍化膜 2 的至少一部分之上。此外，本實施型態的太陽電池的電極係含有銀(Ag)。

【0045】 如圖 1 所示，在結晶系矽太陽電池的光入射側表面，就光入射側表面電極 20 而言，係配置有指狀電極 20b。在圖 1 所示的例子中，因射入結晶系矽太陽電池的入射光而產生的電子-電洞對當中的電洞，係經雜質擴散層 4(例如，p 型的雜質擴散層 4)而被匯集於指狀電極 20b。因此，指狀電極 20b 與雜質擴散層 4 之間的接觸電阻係要求要低。

【0046】 另外，在圖 1 所示的結晶系矽太陽電池的與光入射側表面為

相反側的背面，係配置背面電極 15。在本說明書中，有時會將用以從結晶系矽太陽電池將電流取出至外部之電極即光入射側表面電極 20 以及背面電極 15 簡稱為「電極」。

【0047】於圖 4 顯示本實施型態的兩面受光型的結晶系矽太陽電池(兩面發電型結晶系矽太陽電池)的剖面示意圖的一例。圖 4 所示的結晶系矽太陽電池係能夠從 2 個表面(第 1 及第 2 的光入射側表面)射入光而發電。

【0048】一般而言，結晶系矽太陽電池的電極係能夠藉由將導電性膏以網版印刷法等方法進行印刷再進行燒製而形成。在本說明書中，有時會將本實施型態的用以形成結晶系矽太陽電池的電極之導電性膏稱為預定的導電性膏。一般而言，導電性膏係含有導電性粒子及有機載體。此外，導電性膏係除了含有導電性粒子及有機載體之外還能夠含有玻璃料。本實施型態的太陽電池的電極係含有銀(Ag)。因此，預定的導電性膏含有的導電性粒子係必須含有銀(Ag)。導電性膏含有的有機載體係在用以形成電極之燒製時燒掉。因此，燒製後的電極係含有有機載體以外的導電性膏所含有的成分。具體而言，燒製後的電極係含有源於導電性膏的導電性粒子而生的導電性成分。此外，當導電性膏含有玻璃料時，燒製後的電極係更含有源於導電性膏的玻璃料而生的成分。

【0049】從獲得低電阻及高可靠度的點來看，本實施型態的結晶系矽太陽電池的預定的電極含有的導電性成分係較佳為僅由銀所構成。另外，僅由銀構成的導電性成分係能夠含有作為無法避免含有之雜質的其他金屬元素。

【0050】在本說明書中，所謂的玻璃料，係指以複數種氧化物、例如

金屬氧化物為主材料者，一般而言為以玻璃狀粒子的形態使用者。在用以形成電極之燒製時，玻璃料係軟化，粒子彼此結合。在本說明書中，亦將源於電極所含有的玻璃料而生的成分(氧化物)簡稱為「玻璃料」。

【0051】 在本實施型態的太陽電池中，相對於電極含有的銀(Ag)的含量 100 重量份，電極含有的玻璃料的含量較佳為 0.1 至 5.0 重量份，更佳為 0.2 至 4.0 重量份，再較佳為 0.3 至 3.0 重量份，特佳為 0.4 至 2.7 重量份。藉由將玻璃料的含量設在適切的範圍，在用以形成電極之燒製時，能夠使玻璃料對鈍化膜 2 的反應性變得適切。

【0052】 本實施型態的太陽電池中，電極含有的玻璃料的玻璃轉移點較佳為 250°C至 600°C，更佳為 270°C至 500°C，再較佳為 300°C至 400°C。藉由將玻璃料的玻璃轉移點(T_g)設計為 250°C以上，能夠抑制對鈍化膜 2 的反應性。此外，藉由將玻璃轉移點(T_g)設計為 600°C以下，能夠降低所得的電極(例如光入射側表面電極 20)與雜質擴散層 4 之間的接觸電阻。

【0053】 本實施型態的太陽電池中，電極含有的玻璃料較佳為含有選自 SiO₂、B₂O₃、V₂O₅、Bi₂O₃、TeO₂、BaO、CuO、Li₂O 及 ZnO 的至少 1 種。本實施型態的太陽電池中，電極含有的玻璃料更佳為含有選自 SiO₂、B₂O₃、V₂O₅、Bi₂O₃、TeO₂、Li₂O 及 ZnO 的至少 1 種。藉由使玻璃料含有該等氧化物的至少一者，能夠將玻璃料的鹼度調整至適切的範圍。藉由將玻璃料的鹼度調整至適切的範圍，在用以形成電極之燒製時，能夠使玻璃料對鈍化膜 2 的反應性變得適切。

【0054】 雖然並無特別限定，但本實施型態的太陽電池中，電極含有的玻璃料亦可實質上不含有 PbO。此外，本實施型態的太陽電池的電極係

亦可實質上不含有鉛(Pb)。在本說明書中，所謂的無鉛玻璃料，係指實質上不含有鉛(Pb)的玻璃料。玻璃料係以金屬氧化物為原料而製造，因此，無鉛玻璃料係指實質上不含有氧化鉛(PbO)的玻璃料。在製造無鉛玻璃料時有意地不使用含有鉛的材料(PbO)。惟，無鉛玻璃料係就雜質而言可以含有無法避免混入的微量的鉛。具體而言，相對於玻璃料 100 重量%，本實施型態的無鉛玻璃料就雜質而言能夠含有 0.1 重量%以下的鉛。

【0055】在製造一般的結晶系矽太陽電池時，就電極形成用的導電性膏含有的玻璃料而言，係使用含有氧化鉛(PbO)的玻璃料(含鉛玻璃料)。這是因為在一般的結晶系矽太陽電池的情形中，藉由使電極形成用的導電性膏含有含鉛玻璃料，能夠降低光入射側表面電極 20 與雜質擴散層 4 之間的接觸電阻之故。然而，鉛係對人體帶來不良影響。當使用含有鉛的材料製造製品時，在廢棄製品時，鉛有污染環境之虞。因此，在製造製品時係較佳為使用不含有鉛的無鉛的材料。因此，在太陽電池的製造工程中，較佳為使用無鉛的玻璃料。藉由使用無鉛的玻璃料，能夠製造具有實質上不含有鉛(Pb)的電極的太陽電池。因此，能夠抑制因鉛造成的環境污染。

【0056】此外，本實施型態中，本實施型態的結晶系矽太陽電池係能夠使電極以外的材料亦實質上不含有鉛。為了防止因鉛造成的環境污染，本實施型態的結晶系矽太陽電池係較佳為無鉛的太陽電池。

【0057】本實施型態的太陽電池的電極係能夠更含有源於鋁粒子而生的鋁成分。鋁粒子係能夠作為有別於(A)導電性粒子的粒子而含有。當用以形成電極之導電性膏含有鋁時，電極亦含有鋁。

【0058】在結晶系矽基板 1 中，鋁係具有作為 p 型的雜質的性質。在

燒製印刷在結晶系矽上的導電性膏時，導電性膏中的鋁係擴散至結晶系矽中，成為 p 型的雜質。因此，當在結晶系矽基板 1 的 p 型半導體層的表面形成電極時，藉由使導電性膏含有鋁粒子，能夠在電極與 p 型半導體層之間獲得低接觸電阻。因此，當在結晶系矽基板 1 的 p 型半導體層的表面形成電極時，導電性膏能夠含有鋁粒子。

【0059】另一方面，有時亦有因導電性膏含有鋁粒子，使電極對 p 型半導體層的接著性下降，發生電極容易從太陽電池單元(cell)的 p 型半導體層剝離的問題。亦即，因導電性膏含有鋁粒子而嚴重損害電極對 p 型半導體層的可靠度。

【0060】此外，為了將複數個太陽電池單元電性連接，在太陽電池的電極會焊接互連用的金屬帶。當電極形成用的導電性膏含有鋁粒子時，有金屬帶對電極的焊接強度下降的問題。

【0061】有鑑於上述，本實施型態的導電性膏係較佳為含有預定量以下的鋁粒子或不含有鋁粒子。

【0062】具體而言，鋁粒子係如同下述。相對於(A)銀粒子 100 重量份，本實施型態的導電性膏更含有 0.5 重量份以下的鋁粒子或不含有鋁粒子。此外，相對於(A)銀粒子 100 重量份，本實施型態的導電性膏的鋁粒子的含量的上限 較佳為 0.3 重量份以下，更佳為未達 0.3 重量份，再較佳為含有 0.25 重量份以下。本實施型態的導電性膏係能夠為不含有鋁粒子的導電性膏。另外，所謂的「不含有鋁粒子」，係指有意地排除添加「鋁粒子」，不排除含有作為無法避免混入之雜質的鋁成分。

【0063】此外，在本發明中，係在電極與基板之間的至少一部分形成

至少 1 個 AgSi 區域，藉此，當在結晶系矽基板 1 的 p 型半導體層的表面形成電極時，即使電極實質上不含有鋁，仍能夠在電極與 p 型半導體層之間獲得低接觸電阻。

【0064】另一方面，當用以形成電極之導電性膏含有鋁時，從可靠度的觀點來看，會有影響。

【0065】如圖 2 及圖 3 所示，就結晶系矽太陽電池的電極而言，能夠具有光入射側匯流排電極 20a 及/或背面 TAB 電極 15a。光入射側匯流排電極 20a 係具有將用以匯集藉由太陽電池而發電出的電流之指狀電極 20b 與互連用的金屬帶予以電性連接的功能。同樣地，背面 TAB 電極 15a 係具有將用以匯集藉由太陽電池而發電出的電流之背面整面電極 15b 與互連用的金屬帶予以電性連接的功能。當指狀電極 20b 相接於結晶系矽基板 1，指狀電極 20b 相接的部分的結晶系矽基板 1 的表面(界面)的表面缺陷密度便增加，太陽電池性能便下降。在本實施型態的結晶系矽太陽電池中，在形成指狀電極 20b 時，完全不會熔穿鈍化膜 2(抗反射膜)。因此，與結晶系矽基板 1 相接的部分的鈍化膜 2 的大部分係能夠維持原樣的狀態，能夠防止成為載子再結合之原因的表面缺陷密度的增加。結果，能夠獲得高開路電壓(Voc)的結晶系矽太陽電池。

【0066】圖 1 所示的結晶系矽太陽電池係能夠具有圖 3 所示構造的背面電極 15。背面電極 15 係以對第 1 導電型的半導體基板的另一表面電性連接的方式配置。如圖 3 所示，背面電極 15 係一般而言能夠含有背面整面電極 15b 及對背面整面電極 15b 電性連接的背面 TAB 電極 15a。

【0067】圖 1 所示的結晶系矽太陽電池的匯流排電極係含有圖 2 所示

的光入射側匯流排電極 20a 及圖 3 所示的背面 TAB 電極 15a。在光入射側匯流排電極 20a 及背面 TAB 電極 15a 係焊接周圍被焊料包覆的互連用的金屬帶。藉由太陽電池而發電出的電流係藉由該金屬帶而被取出至結晶系矽太陽電池單元的外部。圖 4 所示的兩面受光型的結晶系矽太陽電池亦能夠具有光入射側匯流排電極 20a 及與光入射側匯流排電極 20a 相同形狀的背面 TAB 電極 15a。

【0068】匯流排電極(光入射側匯流排電極 20a 及背面 TAB 電極 15a)的寬度係能夠為與互連用的金屬帶相同程度的寬度。為了讓匯流排電極為低電阻，寬度係較佳為寬。另一方面，為了擴大光對光入射側表面的入射面積，光入射側匯流排電極 20a 的寬度係較佳為窄。因此，匯流排電極寬度能夠為 0.05mm 至 5mm，較佳為 0.08mm 至 3mm，更佳為 0.1mm 至 2mm，再較佳為 0.15mm 至 1mm。此外，匯流排電極的條數係能夠相應於結晶系矽太陽電池的大小而決定。匯流排電極的條數為任意條數。具體而言，匯流排電極的條數係能夠採用 3 條或 4 條或更多。最佳的匯流排電極的條數係能夠藉由太陽電池動作的模擬，以使結晶系矽太陽電池的轉換效率成為最大的方式來決定。另外，由於藉由互連用的金屬帶將結晶系矽太陽電池相互串聯，光入射側匯流排電極 20a 及背面 TAB 電極 15a 的條數係較佳為相同。同樣的理由，光入射側匯流排電極 20a 及背面 TAB 電極 15a 的寬度係較佳為相同。

【0069】為了擴大光對結晶系矽太陽電池的入射面積，光入射側表面電極 20 在光入射側表面所佔的面積係較佳為儘可能的小。因此，光入射側表面的指狀電極 20b 係較佳為儘量細的寬度、儘量少的條數。另一方面，

從降低電損失(歐姆損失(Ohmic loss))的點來看，較佳為指狀電極 20b 的寬度為寬、條數為多。此外，從減小指狀電極 20b 與結晶系矽基板 1(雜質擴散層 4)之間的接觸電阻的點來看，指狀電極 20b 的寬度係較佳為寬。有鑑於上述各項，此外，匯流排電極的條數係能夠相應於結晶系矽太陽電池的大小及匯流排電極的寬度而決定。最佳的指狀電極 20b 的寬度及條數(指狀電極 20b 的間隔)係能夠藉由太陽電池動作的模擬，以使結晶系矽太陽電池的轉換效率成為最大的方式決定。另外，關於圖 4 所示的兩面受光型的結晶系矽太陽電池的背面電極 15 的背面指狀電極 15c 的寬度及條數，亦能夠以同樣方式決定。

【0070】 <<AgSi 區域 30>>

本實施型態的太陽電池係含有至少 1 個 AgSi 區域 30。AgSi 區域 30 係配置在電極與基板之間的至少一部分。於圖 6 的 SEM 照片顯示 AgSi 區域 30 的一例。AgSi 區域 30 係只要配置在電極與基板之間的至少一部分即可，例如圖 6 的 SEM 照片中以虛線圍起的以元件符號 30 表示的區域亦能夠作為 AgSi 區域 30。

【0071】 在製造本實施型態的太陽電池時，電極含有的銀(Ag)擴散至基板的矽(Si)，藉此，能夠在電極與基板之間的至少一部分形成銀(Ag)及矽(Si)的合金的區域。在本說明書中，係將在製造本實施型態的太陽電池時形成的銀(Ag)及矽(Si)的合金的區域稱為「AgSi 區域 30」。AgSi 區域 30 係能夠在藉由能量分散式 X 光螢光分析儀(Energy Dispersive X-ray Fluorescence Spectrometer，以下，或有稱為 EDX)測定本實施型態的太陽電池的剖面時，以 Ag 及 Si 兩者皆檢測出的區域而予以特定。

【0072】所謂的 1 個 AgSi 區域 30，係指與其他 AgSi 區域 30 分離的 AgSi 區域 30。於圖 6 的 SEM 照片係顯示 1 個 AgSi 區域 30。本實施型態的太陽電池係較佳為在電極與基板之間的至少一部分具有複數個點狀的 AgSi 區域 30。AgSi 區域 30 係作為局部導通部而為電極與雜質擴散層 4 之間的導電做出貢獻。

【0073】在本實施型態的結晶系矽太陽電池中，例如，以 SEM 觀察指狀電極的一部分即長度 1mm 的剖面時，含有 1 個至 3 個程度的點狀的 AgSi 區域 30。因此，存在 AgSi 區域 30 的部分係可說乃係形成電極的區域當中的極少部分。

【0074】本實施型態的結晶系矽太陽電池係含有至少 1 個深度 d 為 100nm 以上的 AgSi 區域 30。

【0075】在本說明書中，所謂的 AgSi 區域 30 的深度 d ，在以 SEM 觀察如圖 6 所示的 AgSi 區域 30 的剖面所得的 SEM 照片中，係指從電極與 AgSi 區域 30 的界面的任意一點(圖 6 中的 B1)連到基板與 AgSi 區域 30 的界面的任意一點(圖 6 中的 B2)為止的線段當中長度成為最大之線段的長度(連結圖 6 中的 B1 與 B2 的線段的長度 d)。具體而言，AgSi 區域 30 的深度 d 係能夠藉由下列的方式獲得：在以 SEM 以倍率 2 萬倍觀察鈍化膜 2 附近的剖面所得的 SEM 照片中，重疊藉由 EDX 測定所決定的 AgSi 區域 30，決定上述的預定的線段，並測定預定的線段的長度。

【0076】AgSi 區域 30 的深度 d 係較佳為 100 至 4000nm，更佳為 120 至 3000nm，再較佳為 130 至 2500nm，特佳為 150 至 2000nm。藉由 AgSi 區域 30 的深度 d 為該範圍，使接觸電阻降低，能夠獲得具有曲線因子(FF)

的高效率的結晶系矽太陽電池。

【0077】本實施型態的太陽電池中，上述的 AgSi 區域 30 較佳為藉由進行雷射(laser)處理製程而形成的 AgSi 區域 30。所謂的雷射處理製程，係指對光入射側表面電極 20，以在第 2 導電型的雜質擴散層 4 與第 1 導電型的結晶系矽基板 1 之間流通與順向為相反方向的電流的方式，一邊在背面電極 15b 與光入射側表面電極 20 之間施加電壓，一邊將來自點光源的光照射至太陽電池的光入射側表面的處理。此時，太陽電池係更含有以對結晶系矽基板 1 的與光入射側表面為相反側的表面電性連接的方式配置的背面電極 15b。藉由雷射處理製程，能夠形成適切的 AgSi 區域 30。

【0078】關於雷射處理製程的詳情，於後文中說明。

【0079】於圖 4 顯示兩面受光型的結晶系矽太陽電池的剖面示意圖的一例。圖 4 所示的兩面受光型的結晶系矽太陽電池係具有雜質擴散層 4、鈍化膜 2(抗反射膜)及背面鈍化膜 14。如圖 4 所示，含有 AgSi 區域 30 的電極的預定構造係亦能夠作為兩面受光型的結晶系矽太陽電池的背面電極 15(背面指狀電極 15c)的構造較佳地適用。因此，在兩面受光型的結晶系矽太陽電池中，在形成光入射側表面的光入射側表面電極 20(具體而言為指狀電極 20b)、及背面電極 15(背面指狀電極 15c)時，能夠在光入射側表面附近及背面附近雙方形成預定的 AgSi 區域 30。

【0080】<<鈍化膜 2 的殘留率>>

在本說明書中，係能夠將在燒製用以形成本實施型態的太陽電池的電極之後，電極與結晶系矽基板 1 的雜質擴散層 4 之間的鈍化膜 2 存在之程度，以鈍化膜 2 的殘留率來表示。另外，在形成有 AgSi 區域 30 的部分，

鈍化膜 2 係消失。在存在鈍化膜 2 的部分並未形成有 AgSi 區域 30，因此，所謂的鈍化膜 2 的殘留率，可設為在 AgSi 區域 30 的附近未形成有 AgSi 區域 30 的區域的比例。

【0081】利用圖 7 所示的太陽電池的剖面的 SEM 照片的例子，說明鈍化膜 2 的殘留率的測定方法。首先，為了獲得鈍化膜 2 的殘留率，首先以 SEM 以倍率 2 萬倍觀察含有鈍化膜 2 及 AgSi 區域 30 的剖面，藉此而獲得 SEM 照片。另外，該 SEM 照片的橫方向(與基板表面成水平的方向)的長度為 $5.7\mu\text{m}$ ，縱方向(與基板表面成垂直的方向)的長度為 $3.9\mu\text{m}$ 。接著，測定該 SEM 照片中的鈍化膜 2 的剖面的合計長度 L_p 。在圖 7 所示的例子中，SEM 照片中的鈍化膜 2 的剖面的合計長度 L_p 乃係 L_{p1} 、 L_{p2} 、 L_{p3} 及 L_{p4} 的合計長度。接著，測定在該 SEM 照片中，在生成有 AgSi 區域 30 之部分的 AgSi 區域 30 與電極的界面的剖面的合計長度 L_e 。長度 L_e 係相當於鈍化膜 2 在太陽電池的製造工程中消失的長度。在圖 7 所示的例子中，在生成有 AgSi 區域 30 之部分的 AgSi 區域 30 與電極的界面的剖面的合計長度 L_e 乃係 L_{e1} 及 L_{e2} 的合計長度。鈍化膜 2 的殘留率係能夠採用 $L_p/(L_p+L_e)$ 而獲得。另外，鈍化膜 2 在太陽電池的製造工程中消失的部分係能夠藉由以 EDX 進行的測定而予以特定出。此外，關於 L_{e1} 等長度，鈍化膜 2 等係近似為直線而能夠測定。

【0082】在本實施型態的結晶系矽太陽電池中，鈍化膜 2 的殘留率為 10%至 90%，較佳為 30%以上未達 90%，更佳為 50%以上未達 90%，再較佳為 70%至 89%。藉由使鈍化膜 2 的殘留率為適切的範圍，能夠獲得具有高的開路電壓(Voc)及曲線因子(FF)的高效率的結晶系矽太陽電池。

【0083】 <<鈍化膜 2 的燒製前後的膜厚比>>

在本說明書中，所謂的鈍化膜 2 的燒製前後的膜厚比，係指鈍化膜 2 的用以電極形成之燒製前膜厚 D_a 與用以電極形成之燒製後(太陽電池完成後)的膜厚 D_b 之比(D_b/D_a)。在本說明書中，或有將燒製前後的膜厚比簡稱為「膜厚比(D_b/D_a)」。

【0084】 在本實施型態的太陽電池中，膜厚比(D_b/D_a)較佳為 15%至 85%，更佳為 20%至 70%，再較佳為 30%至 60%。藉由鈍化膜 2 的膜厚比(D_b/D_a)為預定的範圍，能夠防止成為本實施型態的太陽電池發電時載子再結合之原因的表面缺陷密度的增加。

【0085】 在本說明書中，所謂的鈍化膜 2 的燒製前膜厚 D_a ，係指在預定的基板形成了鈍化膜 2 時的鈍化膜 2 的膜厚。剛成膜時的膜厚 D_a 係能夠在形成電極之前藉由鈍化膜 2 附近的剖面的 SEM 觀察而測定。

【0086】 在本說明書中，所謂的太陽電池完成後的膜厚 D_b ，係指在太陽電池的表面藉由燒製形成電極而完成的太陽電池的含有 AgSi 區域 30 的 $5.7\mu\text{m}\times 3.9\mu\text{m}$ 的剖面的掃描型電子顯微鏡照片中的鈍化膜 2 的膜厚。

【0087】 在本說明書中，所謂的在太陽電池的表面形成電極而完成的太陽電池的含有 AgSi 區域 30 的 $5.7\mu\text{m}\times 3.9\mu\text{m}$ 的剖面的掃描型電子顯微鏡照片中的鈍化膜 2 的膜厚 D_b ，係指在形成在預定的基板的鈍化膜 2 上，使用預定的導電性膏形成電極圖案，進行預定的燒製等預定的處理，形成電極及 AgSi 區域 30 而完成的太陽電池的 AgSi 區域 30 附近的鈍化膜 2 的膜厚。有時會將膜厚 D_b 稱為「太陽電池完成後的膜厚 D_b 」。太陽電池完成後的膜厚 D_b 係能夠藉由以 SEM 觀察形成電極及 AgSi 區域 30 而完成

的太陽電池的含有鈍化膜 2 及 AgSi 區域 30 的剖面的 $5.7\mu\text{m}\times 3.9\mu\text{m}$ 的圖像範圍而測定。亦即，太陽電池完成後的膜厚 Db 乃係完成的太陽電池的含有 AgSi 區域 30 的 $5.7\mu\text{m}\times 3.9\mu\text{m}$ 的剖面的掃描型電子顯微鏡照片中的鈍化膜 2 的膜厚 Db。具體而言，鈍化膜 2 的太陽電池完成後的膜厚 Db 係能夠如下述而得，即，以 SEM 以倍率 2 萬倍觀察含有鈍化膜 2 及 AgSi 區域 30 的剖面，藉此獲得 SEM 照片(SEM 圖像範圍： $5.7\mu\text{m}\times 3.9\mu\text{m}$)，將 SEM 照片沿縱方向進行 6 等分，測定在 6 等分之圖像的 5 個交界的鈍化膜 2 的膜厚(5 處)，取 5 處的膜厚的平均值而得。

【0088】 <太陽電池的製造方法>

接著，針對本實施型態的結晶系矽太陽電池的製造方法進行說明。

【0089】 本實施型態的太陽電池的製造方法係含有下述內容之步驟：將預定的導電性膏印刷至第 2 導電型的半導體層(雜質擴散層 4)上的鈍化膜 2(抗反射膜)的表面，進行乾燥及燒製，藉此而形成電極(光入射側表面電極 20)。關於預定的導電性膏，於後文中說明。

【0090】 本實施型態的太陽電池的製造方法係含有下述內容之步驟：準備第 1 導電型(p 型或 n 型)的結晶系矽基板 1。就第 1 導電型的半導體基板而言，能夠使用 n 型結晶系矽基板 1 或 p 型結晶系矽基板 1。在本實施型態的太陽電池中，因為有能夠獲得更高效率的太陽電池的可能，較佳為使用 n 型結晶系矽基板 1。

【0091】 另外，從獲得高轉換效率的觀點來看，結晶系矽基板 1 的光入射側的表面係較佳為具有角錐(pyramid，或金字塔)狀的紋理結構。

【0092】 接著，本實施型態的太陽電池的製造方法係含有下述內容之

步驟：在第 1 導電型的半導體基板的一方的表面形成第 2 導電型的雜質擴散層 4。

【0093】當就結晶系矽基板 1 而言使用 n 型結晶系矽基板 1 時，就雜質擴散層 4 而言，例如能夠形成擴散有 p 型雜質即 B(硼)等而成的 p 型雜質擴散層 4。另外，亦能夠使用 p 型結晶系矽基板 1 進行結晶系矽太陽電池的製造。此時，就雜質擴散層 4 而言，形成擴散有 n 型雜質即 P(磷)等而成的 n 型雜質擴散層 4。

【0094】在形成雜質擴散層 4 時，能夠以使雜質擴散層 4 的片電阻成為 30 至 300 $\Omega/\square$ (square)，較佳為成為 40 至 150 $\Omega/\square$ ，更佳為成為 45 至 120 $\Omega/\square$ 的方式形成。此外，在本實施型態的結晶系矽太陽電池的製造方法中，形成雜質擴散層 4 的深度係能夠採用 0.3 μm 至 1.0 μm 。雜質擴散層 4 的片電阻及深度係能夠藉由調節塗布至結晶系矽基板 1 的摻雜物(dopant)的濃度、及用以擴散雜質元素之溫度及/或時間等條件而進行控制。

【0095】本實施型態的太陽電池的製造方法係含有下述內容之步驟：以對第 1 導電型的半導體基板(n 型結晶系矽基板 1)的另一表面以電性連接的方式形成背面電極 15。另外，背面電極 15 之形成係能夠為在形成光入射側表面電極 20 之前或形成之後其中任一時間點。此外，用以形成背面電極 15 之燒製係能夠與用以形成光入射側表面電極 20 之燒製同時進行或個別進行。

【0096】具體而言，本實施型態的結晶系矽太陽電池的製造方法係將導電性膏印刷至結晶系矽基板 1 的另一表面(背面)及進行燒製，藉此而形成背面電極 15。

【0097】另外，當製造如圖 4 所示的兩面受光型的結晶系的太陽電池時係能夠形成第 2 雜質擴散層 16。另一方面，使用預定的導電性膏(導電性組成物)形成背面電極 15，能夠在背面電極 15 與結晶系矽基板 1 之間形成上述的 AgSi 區域 30。因此，當為兩面受光型的結晶系的太陽電池時，較佳為使用預定的導電性膏形成背面電極 15。此時，背面電極 15 為預定的導電性膏的燒製體。

【0098】接著，本實施型態的太陽電池的製造方法係含有：以與第 2 導電型的半導體層(雜質擴散層 4)的表面相接的方式形成鈍化膜 2。鈍化膜 2 係能夠具有作為抗反射膜的功能。

【0099】具體而言，本實施型態的結晶系矽太陽電池的製造方法係在上述之步驟所形成的雜質擴散層 4 的表面形成兼具作為鈍化膜 2 的功能的抗反射膜。就鈍化膜 2(抗反射膜)而言，能夠形成氮化矽膜(SiN 膜)。當使用氮化矽膜作為鈍化膜 2 時，氮化矽膜的層亦具有作為光入射側表面的鈍化膜 2 的功能。因此，當將氮化矽膜作為鈍化膜 2 使用時，能夠得到高性能的結晶系矽太陽電池。此外，藉由使鈍化膜 2 為氮化矽膜，能夠對射入的光發揮抗反射功能。氮化矽膜係能夠藉由 PECVD(Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition；電漿輔助化學氣相沉積法)法等進行成膜。

【0100】本實施型態的太陽電池的製造方法係含有下述內容之步驟：在鈍化膜 2(抗反射膜)的表面的至少一部分形成光入射側表面電極 20。在本實施型態的製造方法中，為了形成光入射側表面電極 20，係使用後述的預定的導電性膏。因此，光入射側表面電極 20 為預定的導電性膏的燒製體。

【0101】在本實施型態的結晶系矽太陽電池的製造方法中，係將預定的導電性膏印刷至鈍化膜 2(抗反射膜)的表面及進行燒製，藉此而形成光入射側表面電極 20。另外，在用以形成光入射側表面電極 20 之燒製時，能夠與用以形成背面電極 15 之燒製同時進行。

【0102】具體而言，首先，將使用預定的導電性膏印刷的光入射側表面電極 20 的圖案以 100°C 至 150°C 左右的溫度乾燥數分鐘(例如 0.5 至 5 分鐘)。另外，在此時，能夠使用預定的導電性膏形成光入射側表面電極 20 的光入射側匯流排電極 20a 及光入射側指狀電極 20b。

【0103】在光入射側表面電極 20 的圖案的印刷/乾燥之後，接著印刷用以形成背面電極 15 的導電性膏，進行乾燥。預定的導電性膏係能夠較佳地使用於形成結晶系的矽太陽電池等太陽電池的電極(光入射側表面電極 20，以及視情況的背面電極 15)。

【0104】然後，將印刷的導電性膏乾燥後之物，使用管狀爐等燒製爐，在大氣中以預定的燒製條件進行燒製。就燒製條件而言，燒製環境為在大氣中，燒製溫度為 500 至 1000°C，更佳為 600 至 1000°C，再較佳為 500 至 900°C，特佳為 700 至 900°C。燒製係較佳為以短時間進行，燒製時的溫度分布曲線(profile)(溫度-時間曲線)係較佳為波峰(peak)狀。例如，設前述溫度為波峰溫度，燒製爐的進-出(in-out)時間較佳為 10 秒至 100 秒，更佳為以 20 秒至 80 秒進行燒製，再較佳為以 40 秒至 60 秒進行燒製。

【0105】在燒製時係較佳為同時燒製用以形成光入射側表面電極 20 及背面電極 15 之導電性膏，同時形成兩電極。如上述，將預定的導電性膏印刷至光入射側表面及背面，同時進行燒製，藉此，能夠使用以形成電極

之燒製成為僅 1 次。因此，能夠以更低成本製造結晶系矽太陽電池。

【0106】本實施型態的太陽電池的製造方法係含有下述內容之步驟：形成上述的 AgSi 區域 30。在本實施型態的太陽電池的製造方法中，為了形成上述的 AgSi 區域 30，例如，能夠進行雷射處理製程。

【0107】所謂的雷射處理製程，係指在第 2 導電型的半導體層與第 1 導電型的半導體基板之間，以在 pn 接面流通與順向為相反方向的電流的方式，一邊在背面電極 15 及光入射側表面電極 20 施加電壓，一邊將來自點光源的光照射至太陽電池的光入射側表面的處理。藉由來自點光源的光，在半導體基板的內部係產生載子(電子-電洞對)，藉由電壓的施加使載子的遷移、亦即電流流動成為可能。電壓係以在 pn 接面，電流的流向成為與順向為相反方向的方式施加。因此，當半導體基板為 n 型半導體基板、半導體層為 p 型半導體層時，係以使電流從 n 型半導體基板流向 p 型半導體層的方式在背面電極 15 及光入射側表面電極 20 施加電壓。此外，當半導體基板為 p 型半導體基板、半導體層為 n 型半導體層時，係以使電流從 n 型半導體層流向 p 型半導體基板的方式在背面電極 15 及光入射側表面電極 20 施加電壓。

【0108】在以下的說明中係以第 1 導電型的半導體基板為 n 型結晶系矽基板 1、第 2 導電型的半導體層為 p 型雜質擴散層 4(或有簡稱為「雜質擴散層 4」)的太陽電池為例進行說明。

【0109】如圖 1 所示，當使用雷射處理製程時，在光入射側表面電極 20 與雜質擴散層 4 之間的大部分，存在鈍化膜 2(抗反射膜)。在雷射處理製程中，係以在 pn 接面流通與順向為相反方向的電流的方式施加上述的預

定電壓，照射來自點光源的光(例如雷射光)，藉此，在光入射側表面電極 20 與雜質擴散層 4 之間的僅些微的區域流通電流，局部性地進行加熱。結果，如圖 6 及圖 7 所示，在光入射側表面電極 20 與雜質擴散層 4 之間，局部性地形成電性導通部分(局部導通部)即銀及矽的合金的區域。在本說明書中，係將藉由進行雷射處理製程等而形成的銀(Ag)與矽(Si)的合金的區域稱為「AgSi 區域 30」。AgSi 區域 30 係能夠以藉由能量分散式 X 射線螢光分析儀(Energy Dispersive X-ray Fluorescence Spectrometer，以下，或有稱為 EDX)進行的測定，以 Ag 及 Si 兩者皆檢測出的區域而予以特定出。此外，在形成有 AgSi 區域 30 的部分並不存在鈍化膜 2。亦即，在形成有 AgSi 區域 30 的部分，雜質擴散層 4(第 2 導電型的矽射極層)係透過 AgSi 區域 30 而與光入射側表面電極 20 電性導通。該局部性地形成的 AgSi 區域 30 為電性導通部分(局部導通部)，因此，光入射側表面電極 20 與雜質擴散層 4 之間可成為良好的電性導通。

【0110】一般而言，藉由進行雷射處理製程，能夠在不使太陽電池特性的特性即開路電壓(Open Circuit Voltage；Voc)下降下使曲線因子(Fill Factor；FF)提升。藉由形成預定的 AgSi 區域 30，能夠獲得更高的開路電壓(Voc)及更高的曲線因子(FF)。

【0111】如上述進行，能夠製造本實施型態的結晶系矽太陽電池。

【0112】將如上述進行而得的本實施型態的結晶系矽太陽電池藉由互連用的金屬帶而電性連接，藉由玻璃板、密封材及保護片等進行層合(laminate)，藉此，能夠製造太陽電池模組(module)。就互連用的金屬帶而言，能夠使用周圍被焊料包覆的金屬帶(例如，以銅為材料的帶)。就焊料而

言，能夠使用以錫作為主成分者，具體而言，能夠使用含有鉛的含鉛焊料或無鉛焊料等能夠在市場上取得的焊料。為了獲得無鉛的太陽電池，就焊料而言，較佳為使用無鉛焊料。

【0113】 <導電性膏>

針對本實施型態的能夠用以形成結晶系矽太陽電池的電極的預定的導電性膏進行說明。該預定的導電性膏乃係合適用以形成上述的 AgSi 區域 30 的導電性膏。以下，有時會將預定的導電性膏稱為本實施型態的導電性膏。

【0114】 本實施型態的導電性膏對鈍化膜 2(抗反射膜)的反應性係比以往的導電性膏低，具有適切的用以進行雷射處理製程之與鈍化膜 2(抗反射膜)的反應性。因此，本實施型態的導電性膏係能夠較佳地使用於使用雷射處理製程來形成結晶系矽太陽電池的光入射側表面電極 20。

【0115】 本案發明人等係發現當對使用習知技術的導電性膏形成光入射側表面電極 20 的太陽電池使用雷射處理製程時，給鈍化膜 2(抗反射膜)及雜質擴散層 4(及基板)帶來不良影響，太陽電池的轉換效率下降。此外，本案發明人等係發現其原因為習知技術的導電性膏對鈍化膜 2(抗反射膜)的熔穿性(反應性)過強之故。

【0116】 能夠在藉由雷射處理製程進行的光入射側表面電極 20 的形成中使用的導電性膏係必須具有與習知技術的導電性膏(能夠熔穿鈍化膜 2 的導電性膏)不同的性質。

【0117】 此外，本案發明人等係發現藉由將無鉛玻璃料的鹼度及含量設在適切的範圍，能夠使玻璃料對鈍化膜 2(抗反射膜)的反應性變得適切。

因就玻璃料而言使用無鉛玻璃料，能夠防止因鉛排出至環境造成的鉛污染，此外，即使使用無鉛玻璃料，依然能夠與使用含鉛玻璃料者同等程度地降低接觸電阻。得到上述發現的本案發明人等係找到能夠在使用雷射處理製程進行的結晶系矽的製造時較佳地使用的導電性膏。

【0118】 使用本實施型態的導電性膏形成結晶系矽太陽電池的電極，進行雷射處理製程，形成預定的 AgSi 區域 30，藉此，能夠無損作為鈍化膜 2 的功能地在電極與太陽電池的雜質擴散層 4 之間獲得低接觸電阻。因此，藉由使用本實施型態的導電性膏而進行雷射處理製程形成預定的 AgSi 區域 30，能夠獲得高轉換效率的結晶系矽太陽電池。本實施型態的導電性膏，在製造結晶系矽太陽電池時，能夠較佳地用以使用於藉由雷射處理製程形成預定的 AgSi 區域 30。

【0119】 針對本實施型態的導電性膏含有的成分，具體地進行說明。

【0120】 <<(A)導電性粒子>>

本實施型態的導電性膏係含有(A)導電性粒子。

【0121】 在本實施型態的導電性膏中，就導電性粒子而言係能夠使用金屬粒子或合金粒子。就金屬粒子或合金粒子所含有的金屬而言，能夠舉出銀、金、銅、鎳、鋅及錫等。就金屬粒子而言，能夠使用銀粒子(Ag 粒子)。另外，本實施型態的導電性膏係能夠含有銀以外的其他金屬，例如金、銅、鎳、鋅及錫等。從獲得低電阻及高可靠度的點來看，導電性粒子係較佳為由銀構成的銀粒子。另外，由銀構成的銀粒子係能夠含有作為無法避免含有之雜質的其他金屬元素。此外，或有將眾多的銀粒子(Ag 粒子)稱為銀粉末(Ag 粉末)。針對其他粒子亦同。

【0122】導電性粒子的粒子形狀及粒子尺寸(亦稱為粒徑或粒子徑)並無特別限定。就粒子形狀而言，例如，能夠使用球狀及鱗片狀等者。導電性粒子的粒子尺寸係能夠以全部粒子的累計值 50%的粒子尺寸(D50)來規定。在本說明書中，亦將 D50 稱為平均粒徑。另外，平均粒徑(D50)係能夠以 Microtrac 法(雷射繞射·散射法)進行粒度分布測定，從粒度分布測定的結果求得。

【0123】導電性粒子的平均粒徑(D50)係較佳為 $0.5\mu\text{m}$ 至 $2.5\mu\text{m}$ ，更佳為 $0.8\mu\text{m}$ 至 $2.2\mu\text{m}$ 。藉由導電性粒子的平均粒徑(D50)為預定範圍，能夠在導電性膏的燒製中抑制導電性膏對鈍化膜 2 的反應性。另外，當平均粒徑(D50)比上述範圍大時，或會於網版印刷時發生網目堵塞等問題。

【0124】此外，能夠將銀粒子的大小採用 BET 比表面積(或有簡稱為「比表面積」)表示。銀粒子的 BET 比表面積係較佳為 $0.1\text{m}^2/\text{g}$ 至 $1.5\text{m}^2/\text{g}$ ，更佳為 $0.2\text{m}^2/\text{g}$ 至 $1.2\text{m}^2/\text{g}$ 。BET 比表面積係例如能夠使用全自動比表面積測定裝置 Macsoeb(MOUNTEC 公司製)進行測定。

【0125】 <<(B)有機載體>>

本實施型態的導電性膏係含有(B)有機載體。

【0126】就有機載體而言，能夠含有有機結合劑及溶劑。有機結合劑及溶劑係擔任導電性膏的黏度調整等的角色，任一者皆無特別限定。亦能夠將有機結合劑溶解於溶劑來使用。

【0127】本實施型態的導電性膏係較佳為，(B)有機載體含有選自乙基纖維素(ethylcellulose)、松香酯(rosin ester)、丙烯酸及有機溶劑的至少一者。藉由(B)有機載體含有選自乙基纖維素、松香酯、丙烯酸及有機溶劑的

至少一者，能夠較佳地進行導電性膏的網版印刷，能夠將印刷的圖案的形狀形成為適切的形狀。

【0128】就有機結合劑而言，係能夠使用選自纖維素系樹脂(例如乙基纖維素、硝化纖維素(nitrocellulose)等)、(甲基)丙烯酸系樹脂(例如聚丙烯酸甲酯(polymethyl acrylate)、聚甲基丙烯酸甲酯(polymethylmethacrylate)等)者。較佳為，本實施型態的導電性膏所含有的有機載體含有選自乙基纖維素、松香酯、丁醛(butyral)、丙烯酸及有機溶劑的至少一者。相對於銀粒子 100 重量份，有機結合劑的添加量通常為 0.1 重量份至 30 重量份，較佳為 0.2 重量份至 5 重量份。

【0129】就有機溶劑而言，能夠使用選自醇(alcohol)類(例如萜品醇(terpineol)、 α -萜品醇、 β -萜品醇等)、酯類(例如含羥基(hydroxy)的酯類、2,2,4-三甲基-1,3-戊二醇單異丁酸(2,2,4-trimethyl-1,3-pentanediol monoisobutyrate)、二乙二醇單丁基醚乙酸酯(diethylene glycol monobutyl ether acetate)(丁基卡必醇乙酸酯(butyl carbitol acetate))等)之 1 種或 2 種以上。溶劑的添加量係，相對於銀粒子 100 重量份，通常為 0.5 重量份至 30 重量份，較佳為 2 重量份至 25 重量份。就有機溶劑的具體例而言，能夠舉出二乙二醇單丁基醚乙酸酯(丁基卡必醇乙酸酯)。

【0130】 <<(C)玻璃料>>

本實施型態的導電性膏係含有(C)玻璃料。

【0131】本實施型態的導電性膏中，(C)玻璃料的鹼度 B_{GF} 、以及以導電性膏中的(A)導電性粒子的含量為 100 重量份時的導電性膏中的以重量份作為單位的(C)玻璃料的含量 G 之積 $B_{GF} \cdot G$ ，為 0.25 至 1.45 的範圍，

較佳為 0.3 至 1.4 的範圍，更佳為 0.3 至 1.2 的範圍。藉由將玻璃料的鹼度 B_{GF} 與含量 G 之積 $B_{GF} \cdot G$ 設在適切的範圍，能夠使玻璃料對鈍化膜 2(鈍化膜)的反應性變得適切。因此，在使用雷射處理製程進行的結晶系矽的製造時，能夠較佳地使用實施型態的導電性膏。

【0132】 玻璃料的鹼度係能夠以專利文獻 3(日本國特開 2009-231826 號公報)記載的方法算出。亦即，「鹼度」係能夠使用「K.Morinaga, H.Yoshida And H.Takebe: J.AmCerm.Soc., 77, 3113 (1994)」中揭示的式子來規定玻璃粉末的鹼度。具體而言係如同下述。

【0133】 氧化物 M_iO 的 M_i-O 間的結合力係以陽離子-氧離子間引力 A_i 的形式而由下式所給定。

【0134】 $A_i = Z_i \cdot Z_{O2} / (r_i + r_{O2})^2 = Z_i \cdot 2 / (r_i + 1.40)^2$

Z_i ：陽離子的價數，氧離子為 2

r_i ：陽離子的離子半徑(Å)

【0135】 氧離子的離子半徑 r_i 為 1.40nm。設上式的 A_i 的倒數 $B_i (=1/A_i)$ 為單成分氧化物 M_iO 的供氧能力。

$B_i \equiv 1/A_i$

【0136】 將該 B_i 規格化成 $B_{CaO}=1$ 、 $B_{SiO2}=0$ ，便給出各單成分氧化物的 B_i -指標。當將該各成分的 B_i -指標藉由陽離子分率而擴展至多成分系，便能夠算出任意組成的玻璃氧化物(玻璃料)的熔融體的鹼度(= B_{GF})。

$B_{GF} = \sum n_i \cdot B_i$

n_i ：陽離子分率

【0137】 如上述進行而規定的鹼度(B_{GF})係如上述地表示供氧能力，數

值愈大則愈容易供氧，愈容易引發與其他金屬氧化物之間的氧的授受。亦即，所謂的「鹼度」，係能夠說是表示溶解至玻璃熔融體中的程度者。

【0138】 (C)玻璃料的含量 G 乃係相對於(A)導電性粒子的含量之比，因此為無因次的數值。此外，如上述， B_i 乃係規格化成 $B_{CaO}=1$ 、 $B_{SiO_2}=0$ 的值，因此(C)玻璃料的鹼度 $B_{GF}(=\sum n_i \cdot B_i)$ 為無因次的數值。因此，(C)玻璃料的鹼度 B_{GF} 與含量 G 之積 $B_{GF} \cdot G$ 亦為無因次的數值。

【0139】 本實施型態的玻璃料的鹼度(B_{GF})係較佳為 0.10 至 1.5，更佳為 0.15 至 1.3，再較佳為 0.20 至 1.1。當鹼度(B_{GF})為如上述的範圍時，藉由調節導電性膏中的玻璃料的添加量，能夠使玻璃料對鈍化膜 2 的反應性變得適當。

【0140】 相對於導電性粒子 100 重量份，本實施型態的導電性膏中的玻璃料的含量 G 較佳為 0.1 重量份至 5.0 重量份，更佳為 0.2 重量份至 4.0 重量份，再較佳為 0.3 重量份至 3.0 重量份，特佳為 0.4 重量份至 2.7 重量份。藉由將導電性膏中的玻璃料的含量 G 與鹼度(B_{GF})一起適切地調節，能夠使玻璃料對鈍化膜 2 的反應性變得適切。更具體言之，為了成為適於藉由雷射處理製程進行的電極之形成的導電性膏，係較以往減少玻璃料的含量，且將玻璃料的鹼度設在適切的範圍，藉此，能夠抑制對鈍化膜 2 的反應性，使 V_{oc} 提升。

【0141】 本實施型態的導電性膏係，(C)玻璃料的玻璃轉移點(T_g)較佳為 250 至 600°C，更佳為 270 至 500°C，再較佳為 300 至 400°C。藉由將(C)玻璃料的玻璃轉移點(T_g)設計為 250°C 以上，能夠抑制對鈍化膜 2 的反應性。此外，藉由將玻璃轉移點(T_g)設計為 600°C 以下，能夠降低所得的電

極(例如光入射側表面電極 20)與雜質擴散層 4 之間的接觸電阻。

【0142】 玻璃轉移點(Tg)係能夠以下列方式進行測定。亦即，使用示差熱天平(MAC Science 股份有限公司製，TG-DTA2000S)，在該示差熱天平設置作為試樣的玻璃粉末與基準物質，就測定條件而言以升溫速度 10°C/分鐘從室溫升溫至 900°C為止，得到將試樣即玻璃粉末與基準物質的溫度差相對於溫度進行測繪(plot)的曲線(DTA 曲線)。能夠將如上述進行而得的 DTA 曲線的第 1 反曲點設為玻璃轉移點 Tg。

【0143】 玻璃料的粒子的形狀並無特別限定，例如能夠使用球狀、不定形等。此外，粒子尺寸亦無特別限定。從作業性的點等來看，粒子的平均粒徑(D50)係較佳為 0.1 μ m 至 10 μ m 的範圍，再較佳為 0.5 μ m 至 5 μ m 的範圍。

【0144】 就本實施型態的導電性膏含有的玻璃料而言，係能夠將組成相異之種類的玻璃料(第 1 玻璃料及第 2 玻璃料)分別獨立使用。

【0145】 首先，針對第 1 玻璃料進行說明。

【0146】 本實施型態的導電性膏含有的第 1 玻璃料係較佳為含有選自 SiO₂、B₂O₃、V₂O₅、Bi₂O₃、TeO₂、BaO、CuO、Li₂O 及 ZnO 的 1 種以上。本實施型態的導電性膏含有的第 1 玻璃料係更佳為含有選自 SiO₂、B₂O₃、V₂O₅、Bi₂O₃、TeO₂、Li₂O 及 ZnO 的 1 種以上。藉由第 1 玻璃料含有該等氧化物的至少一者，能夠將第 1 玻璃料的鹼度調整至適切的範圍。

【0147】 第 1 玻璃料係較佳為含有 Bi₂O₃。第 1 玻璃料(100mol%)中的 Bi₂O₃ 的含量係較佳為 10mol%至 80mol%，更佳為 15mol%至 75mol%，再較佳為 20mol%至 70mol%。藉由第 1 玻璃料含有 Bi₂O₃，將對鈍化膜 2

的反應性調節至適切的範圍並且能夠降低接觸電阻。

【0148】本實施型態的導電性膏係，第 1 玻璃料中的以 mol% 作為單位的 Bi_2O_3 的含量($C_{\text{Bi}_2\text{O}_3}$)、與第 1 玻璃料的含量 G 之積 $C_{\text{Bi}_2\text{O}_3} \cdot G$ 較佳為 10 至 200 的範圍，更佳為 13 至 170 的範圍，再較佳為 15 至 150 的範圍。藉由與玻璃料的含量 G 之積 $C_{\text{Bi}_2\text{O}_3} \cdot G$ 為上述範圍，能夠將對鈍化膜 2 的反應性調節至適切的範圍並且降低接觸電阻。

【0149】第 1 玻璃料係能夠在對本實施型態的導電性膏不造成不良影響的範圍內含有 SiO_2 。當第 1 玻璃料含有 SiO_2 時，第 1 玻璃料(100mol%) 中的 SiO_2 的含量係較佳為 10mol% 至 60mol%，更佳為 15mol% 至 40mol%。藉由第 1 玻璃料含有適切的含量的 SiO_2 ，能夠抑制對鈍化膜 2 的反應性。

【0150】第 1 玻璃料係能夠在對本實施型態的導電性膏不造成不良影響的範圍內含有 B_2O_3 。當第 1 玻璃料含有 B_2O_3 時，第 1 玻璃料(100mol%) 中的 B_2O_3 的含量係較佳為 3mol% 至 60mol%，更佳為 4mol% 至 50mol%。藉由第 1 玻璃料含有適切的含量的 B_2O_3 ，能夠抑制對鈍化膜 2 的反應性。

【0151】第 1 玻璃料係能夠在對本實施型態的導電性膏不造成不良影響的範圍內含有 V_2O_5 。當第 1 玻璃料含有 V_2O_5 時，第 1 玻璃料(100mol%) 中的 V_2O_5 的含量係較佳為未達 8mol%，更佳為 5mol% 以下。藉由第 1 玻璃料含有 V_2O_5 ，能夠降低第 1 玻璃料的鹼度。因此，當第 1 玻璃料的鹼度高時，藉由含有適切的含量的 V_2O_5 ，能夠將第 1 玻璃料的鹼度調節至適切的範圍。

【0152】第 1 玻璃料係能夠在對本實施型態的導電性膏不造成不良影響的範圍內含有 TeO_2 。當第 1 玻璃料含有 TeO_2 時，第 1 玻璃料(100mol%)

中的 TeO_2 的含量係較佳為未達 80mol%，更佳為 50mol%以下。藉由第 1 玻璃料含有 TeO_2 ，能夠降低第 1 玻璃料的鹼度。因此，當第 1 玻璃料的鹼度高時，藉由含有適切的含量的 TeO_2 ，能夠將第 1 玻璃料的鹼度調節至適切的範圍。

【0153】第 1 玻璃料係能夠在對本實施型態的導電性膏不造成不良影響的範圍內含有 BaO 。當第 1 玻璃料含有 BaO 時，第 1 玻璃料(100mol%) 中的 BaO 的含量係較佳為 3mol%至 20mol%，更佳為 5mol%至 10mol%。藉由第 1 玻璃料含有適切的含量的 BaO ，能夠將對鈍化膜 2 的反應性調節至適切的範圍。

【0154】第 1 玻璃料係能夠在對本實施型態的導電性膏不造成不良影響的範圍內含有 CuO 。當第 1 玻璃料含有 CuO 時，第 1 玻璃料(100mol%) 中的 CuO 的含量係較佳為 10mol%至 40mol%，更佳為 20mol%至 30mol%。藉由第 1 玻璃料含有適切的含量的 CuO ，能夠將對鈍化膜 2 的反應性調節至適切的範圍。

【0155】第 1 玻璃料係能夠在對本實施型態的導電性膏不造成不良影響的範圍內含有 Li_2O 。當第 1 玻璃料含有 Li_2O 時，第 1 玻璃料(100mol%) 中的 Li_2O 的含量係較佳為 3mol%至 40mol%，更佳為 5mol%至 30mol%。藉由第 1 玻璃料含有適切的含量的 Li_2O ，能夠將對鈍化膜 2 的反應性調節至適切的範圍。

【0156】第 1 玻璃料係能夠在對本實施型態的導電性膏不造成不良影響的範圍內含有 ZnO 。當第 1 玻璃料含有 ZnO 時，第 1 玻璃料(100mol%) 中的 ZnO 的含量係較佳為 5mol%至 70mol%，更佳為 15mol%至 60mol%。

藉由第 1 玻璃料含有 ZnO，能夠將第 1 玻璃料的鹼度調整至適切的範圍。

【0157】本實施型態的導電性膏含有的第 1 玻璃料係較佳為無鉛玻璃料。此時，本實施型態的導電性膏含有的第 1 玻璃料係實質上不含有鉛(Pb)。惟，本實施型態使用的無鉛的第 1 玻璃料係就雜質而言能夠含有無法避免混入的微量的鉛。具體而言，本實施型態使用的無鉛的第 1 玻璃料係就雜質而言能夠含有 0.1 重量%以下的鉛。藉由使用含有無鉛的第 1 玻璃料的導電性膏製造太陽電池，在廢棄太陽電池時，能夠防止對環境的鉛污染。

【0158】接著，針對第 2 玻璃料進行說明。第 2 玻璃料乃係含有 PbO 的玻璃料。

【0159】本實施型態的導電性膏含有的第 2 玻璃料係較佳為含有選自 PbO、SiO₂、Al₂O₃、B₂O₃、ZnO、V₂O₅、WO₃ 及 Nb₂O₃ 的 1 種以上。本實施型態的導電性膏含有的第 2 玻璃料係更佳為含有 PbO、SiO₂、Al₂O₃、B₂O₃ 及 ZnO。

【0160】本實施型態的導電性膏係，第 2 玻璃料較佳為含有選自 ZnO、V₂O₅、WO₃ 及 Nb₂O₃ 的至少 1 種。藉由第 2 玻璃料含有該等氧化物的至少一者，能夠將第 2 玻璃料的鹼度調整至適切的範圍。

【0161】第 2 玻璃料係較佳為含有 PbO。第 2 玻璃料(100mol%)中的 PbO 的含量係較佳為 25 至 60mol%，更佳為 30 至 55mol%，再較佳為 40 至 55mol%。藉由第 2 玻璃料含有 PbO，能夠抑制對鈍化膜 2 的反應性並且降低接觸電阻。

【0162】第 2 玻璃料係較佳為含有 SiO₂。第 2 玻璃料(100mol%)中的

SiO₂ 的含量係較佳為 20 至 65mol%，更佳為 25 至 60mol%。藉由第 2 玻璃料含有 SiO₂，能夠抑制對鈍化膜 2 的反應性。

【0163】第 2 玻璃料係較佳為含有 Al₂O₃。第 2 玻璃料(100mol%)中的 Al₂O₃ 的含量係較佳為 3.0 至 6.8mol%，更佳為 3.5 至 6mol%。藉由第 2 玻璃料含有 Al₂O₃，能夠抑制對鈍化膜 2 的反應性。

【0164】第 2 玻璃料係較佳為含有 B₂O₃。第 2 玻璃料(100mol%)中的 B₂O₃ 的含量係較佳為 3.0 至 15mol%，更佳為 3.5 至 12mol%。

【0165】第 2 玻璃料係較佳為含有 ZnO。第 2 玻璃料(100mol%)中的 ZnO 的含量係較佳為 5 至 20mol%，更佳為 8 至 15mol%。藉由第 2 玻璃料含有 ZnO，能夠將第 2 玻璃料的鹼度調整至適切的範圍。

【0166】本實施型態的導電性膏中，第 2 玻璃料中的以 mol%作為單位的 PbO 的含量 C_{PbO}、與第 2 玻璃料的含量 G 之積 C_{PbO} · G 較佳為 20 至 139 的範圍，更佳為 22 至 130 的範圍，再較佳為 26 至 105 的範圍。當積 C_{PbO} · G 超過 139 時，第 2 玻璃料與鈍化膜 2 的反應性係變得過高。此外，當積 C_{PbO} · G 未達 20 時，所得的電極與雜質擴散層 4 之間的接觸電阻係變得過高。

【0167】在第 1 玻璃料及第 2 玻璃料中，玻璃料的粒子係能夠使用必要的複數種氧化物分別含有預定量的 1 種粒子。此外，亦能夠將由單一氧化物構成的粒子作為按必要的複數種氧化物的每一種而不同的粒子使用。此外，亦可將必要的複數種氧化物的組成相異的複數種粒子進行組合使用。為了獲得不同種類的氧化物的相乘效果，第 1 玻璃料及第 2 玻璃料的粒子係較佳為必要的複數種氧化物分別含有預定量的 1 種粒子。

【0168】 <其他成分>

本實施型態的導電性膏係能夠在對所得的太陽電池之太陽電池特性不造成不良影響的範圍內含有上述以外的添加劑及添加物。

【0169】 在本實施型態的導電性膏，就添加劑而言，能夠視需要而復調配選自塑化劑、消泡劑、分散劑、整平(leveling)劑、安定劑及密接促進劑等的添加劑。就其中的塑化劑而言，能夠使用選自苯二甲酸酯(phthalic acid ester)類、乙醇酸酯(glycolic acid ester)類、磷酸酯(phosphoric acid ester)類、癸二酸酯(sebacic acid ester)類、己二酸酯(adipic acid ester)類及檸檬酸酯(citric acid ester)類等的至少一者。

【0170】 本實施型態的導電性膏係能夠在對所得的太陽電池之太陽電池特性不造成不良影響的範圍內含有上述以外的添加物。例如，本實施型態的導電性膏係能夠更含有選自樹脂酸鈦(titanium resinate)、氧化鈦、氧化鈷、氧化鈾、氮化矽、銅錳錫、鋁矽酸鹽及矽酸鋁的至少 1 種添加物。藉由含有該等添加物，能夠使電極對鈍化膜 2 的接著強度提升。該等添加物係能夠為粒子的形態(添加物粒子)。相對於銀粒子 100 重量份的添加物的添加量係較佳為 0.01 重量份至 5 重量份，更佳為 0.05 重量份至 2 重量份。為了獲得更高的接著強度，添加物係較佳為銅錳錫、鋁矽酸鹽或矽酸鋁。添加物係能夠含有鋁矽酸鹽及矽酸鋁雙方。

【0171】 <導電性膏的製造方法>

接著，針對本實施型態的導電性膏的製造方法進行說明。本實施型態的導電性膏係能夠藉由對有機結合劑及溶劑添加銀粒子、玻璃料，以及視需要而添加其他添加劑及/或添加物，進行混合、分散而製造。

【0172】混合係例如能夠以行星式混合機(planetary mixer)進行。此外，分散係能夠藉由三輥研磨機(mill)進行。混合及分散並不限定於上述方法，能夠使用公知的各種方法。

〔實施例〕

【0173】以下，藉由實施例，具體說明本實施型態，但本發明並非限定於下述實施例。

【0174】<實施例 1 至 7 及比較例 1 及 2 的太陽電池>

在實施例及比較例中，係製作單晶矽太陽電池，測定單晶矽太陽電池的電性特性，藉此，評估實施例及比較例的太陽電池的性能。

【0175】<<導電性膏的材料及調製比率>>

於表 1 及表 2 顯示實施例及比較例的導電性膏的(A)導電性粒子及(C)玻璃料的調配量。表 1 及表 2 顯示的調配量及下述各成分的調配量係採用以(A)導電性粒子為 100 重量份時的各成分的重量份來表示。導電性膏含有的各成分係如同下述。

【0176】(A) 銀粒子

於表 3 顯示使用於實施例及比較例的導電性膏的銀粒子 A1 及 A2 的料號、製造公司、形狀、平均粒徑(D50)、TAP 密度、及 BET 比表面積。於表 1 及表 2 顯示實施例及比較例的導電性膏的銀粒子 A1 及 A2 的調配量。另外，平均粒徑(D50)係藉由以 Microtrac 法(雷射繞射・散射法)進行粒度分布測定，從粒度分布測定的結果獲得中值徑(median diameter)(D50)的值而求得。針對其他成分的平均粒徑(D50)亦同。此外，BET 比表面積的測定係使用全自動比表面積測定裝置 Macsoeb(MOUNTEC 公司

製)。BET 比表面積乃係以 100°C 進行預乾燥，在放流氮氣 10 分鐘後，進行藉由氮氣吸附而進行的單點 BET 法而測定得。

【0177】 (B) 有機載體

就有機載體而言，使用有機結合劑及溶劑。就有機結合劑而言，使用乙氧基(ethoxy)含量 48 重量%至 49.5 重量%的乙基纖維素(0.4 重量份)。就溶劑而言，使用二乙二醇單丁基醚乙酸酯(丁基卡必醇乙酸酯)(3 重量份)。

【0178】 (C) 玻璃料

於表 4 顯示使用於實施例及比較例的玻璃料 GF1 至 GF6 的組成、鹼度及玻璃轉移點。另外，玻璃料 GF1 至 GF6 的平均粒徑(D50)係採用 2 μ m。於表 1 及表 2 顯示實施例及比較例的導電性膏的(C)玻璃料的種類及含量 G(重量份)。

【0179】 測定玻璃料 GF1 至 GF6 的玻璃轉移點。於表 4 顯示玻璃料 GF1 至 GF6 的玻璃轉移點的測定值。玻璃料的玻璃轉移點的測定係如下述進行。亦即，以約 50mg 的玻璃料 GF1 至 GF6 作為試樣放入鉑盤，以氧化鋁(alumina)粉末作為標準試樣，在大氣環境下，使用示差熱分析裝置(Rigaku 股份有限公司製，TG-8120)，從室溫至 800°C 為止以 20°C/分鐘的升溫速度獲得 DTA 曲線。以 DTA 曲線的第 1 的吸熱的開始點(外插點)作為玻璃轉移點。

【0180】 玻璃料 GF1 至 GF6 係如下述進行而製造。亦即，首先，量秤作為原料的氧化物的粉末，進行混合後倒入坩堝。將該坩堝放入經加熱的烤爐(oven)，將坩堝的內容物升溫至熔融溫度(Melt temperature)為止，維

持在熔融溫度直到原料充分熔融為止。接著，從烤爐取出坩堝，將熔融的內容物攪拌均勻。接著，使用不鏽鋼製的 2 根輥(roll)，將坩堝的內容物以室溫急速冷卻，得到板狀的玻璃。最後，將板狀的玻璃一邊以研鉢粉碎一邊均勻地分散，以網目篩進行篩分，藉此，成功得到具有所期望之粒度的玻璃料。藉由篩分出通過 100 目的篩網、留在 200 目的篩網上的玻璃料，能夠得到平均粒徑(D50)為 $149\mu\text{m}$ 的玻璃料。將該玻璃料再進一步粉碎，藉此，成功得到平均粒徑(D50)為 $2\mu\text{m}$ 的玻璃料。

【0181】 接著，將上述的預定的種類及調配量的(A)導電性粒子、(B)有機載體及(C)玻璃料以行星式混合機進行混合，再以三輥研磨機進行分散，進行膏化，藉此，製造出實施例及比較例的導電性膏。

【0182】 <<單晶矽太陽電池的製造>>

製造如圖 4 所例示的兩面受光型的單晶矽太陽電池。基板係使用 P(磷)摻雜的 n 型單晶矽基板(基板厚度 $200\mu\text{m}$)。

【0183】 首先，以乾式氧化在上述基板形成約 $20\mu\text{m}$ 的氧化矽層後，以混合氟化氫、純水及氟化銨而成的溶液進行蝕刻，去除基板表面的損傷。接著，以含有鹽酸與過氧化氫的水溶液進行重金屬洗淨。

【0184】 接著，藉由濕式蝕刻(wet etching)在該基板的兩面形成紋理結構(凸凹形狀)。具體而言，藉由濕式蝕刻法(氫氧化鈉水溶液)在兩面(主要的光入射側表面及背面)形成角錐狀的紋理結構。然後，以含有鹽酸及過氧化氫的水溶液進行洗淨。

【0185】 接著，在上述基板的具有紋理結構的一表面(光入射側表面)注入硼，將 p 型擴散層形成為約 $0.5\mu\text{m}$ 的深度。p 型擴散層的片電阻為

150Ω/□。

【0186】此外，在上述基板的具有紋理結構的另一表面(背面)注入磷，將 n 型擴散層形成為約 0.5μm 的深度。n 型擴散層的片電阻為 20Ω/□。硼及磷的注入係同時藉由熱擴散法進行。

【0187】接著，在形成 p 型擴散層的基板的表面(光入射側表面)及形成 n 型擴散層的基板的表面(背面)形成鈍化膜 2。具體而言，首先，在光入射側表面及背面形成 1nm 至 2nm 的薄氧化膜層後，藉由電漿(plasma)CVD 法，使用矽烷(silane)氣體及氨氣，將氮化矽膜形成為約 60nm 的厚度。具體而言，藉由對 $\text{NH}_3/\text{SiH}_4=0.5$ 的混合氣體 1Torr(133Pa)進行輝光放電分解，藉由電漿 CVD 法形成膜厚約 70nm 的氮化矽膜(抗反射膜)。

【0188】實施例及比較例的單晶矽太陽電池的形成 p 型擴散層的基板的表面(光入射側表面)的電極形成用的導電性膏係使用表 1 及表 2 顯示的調配量。

【0189】導電性膏的印刷係藉由網版印刷法進行。在上述的基板的鈍化膜 2 上，以膜厚成為約 20μm 的方式，以由寬度 1.5mm 的光入射側匯流排電極 20a 與寬度 60μm 的光入射側指狀電極 20b 組成的圖案進行印刷，然後，以 150°C 乾燥約 1 分鐘。

【0190】就背面電極 15(形成 n 型擴散層的表面的電極)而言，將相同的 Ag 膏藉由網版印刷法進行印刷。另外，背面電極 15 的電極圖案為與光入射側表面電極 20 相同的電極圖案形狀。然後，以 150°C 乾燥約 60 秒鐘。乾燥後的背面電極 15b 用的導電性膏的膜厚為約 20μm。然後，使用 Despatch Industries, Inc. 製的帶式爐(燒製爐)CDF7210，以波峰溫度

720°C、燒製爐的進-出時間 50 秒，兩面同時進行燒製。如上述進行而製作出單晶矽太陽電池。

【0191】 <<雷射處理製程>>

藉由對上述的實施例及比較例的單晶矽太陽電池的光入射側表面進行雷射處理製程，形成 AgSi 區域 30。亦即，以在太陽電池單元的 p 型雜質擴散層 4 與 n 型結晶系矽基板 1 之間流通與順向為相反方向的電流的方式，一邊在背面電極 15 施加負電壓、在形成在光入射側表面的圖 2 所示的圖案的光入射側表面電極 20 施加正電壓，一邊對太陽電池的光入射側表面照射雷射光。雷射處理製程時的施加電壓為 20V，所照射的雷射光強度為 $100\text{W}/\text{cm}^2$ ，電壓的施加及雷射光的照射時間設為 2 秒鐘。

【0192】 如上述進行而製作出實施例及比較例的太陽電池。

【0193】 <雷射處理製程後的太陽電池的電性特性的測定>

雷射處理製程後的單晶矽太陽電池的電性特性的測定係如下述進行。亦即，使用英弘精機股份有限公司製的太陽光模擬器(solar simulator)SS-150XIL，在 25°C、AM1.5 之條件的太陽光模擬器光(能量密度 $100\text{mW}/\text{cm}^2$)的照射下，測定所試作出的太陽電池的電流-電壓特性，從測定結果算出曲線因子(Fill Factor；FF)、開路電壓(Open Circuit Voltage；Voc)及轉換效率(%)。另外，製作相同製造條件的 2 個單晶矽太陽電池，測定值採用 2 者的平均值來求取。測定雷射處理製程後的太陽電池的電性特性(曲線因子(FF)、開路電壓(Voc)及轉換效率(%))。測定結果顯示於表 1 及表 2。

【0194】 從表 1 可知，使用預定的導電性膏製作的實施例 1 至 7 的太陽電池的雷射處理製程後的電性特性為高，例如轉換效率為 21.3%至

24.4%的範圍。相對於此，使用比較例 1 的導電性膏製作的太陽電池的雷射處理製程後的電性特性為低，例如轉換效率為 7.3 至 20.2 的範圍。因此，可知具有預定的 AgSi 區域 30 的本實施型態的實施例 1 至 7 的太陽電池係雷射處理製程後的電性特性較比較例 1 及 2 的太陽電池優異。

【0195】 <SEM 照片>

藉由掃描型電子顯微鏡(SEM)觀察實施例及比較例的太陽電池的鈍化膜 2(抗反射膜)的附近的剖面。圖 6 及圖 7 係實施例 3 的太陽電池的剖面 SEM 照片。此外，圖 8 係比較例 1 的太陽電池的剖面 SEM 照片。

【0196】 當使用雷射處理製程時，在光入射側表面電極 20 與雜質擴散層 4 之間的大部分，存在鈍化膜 2(抗反射膜)。在雷射處理製程中，係以在 pn 接面流通與順向為相反方向的電流的方式施加上述的預定電壓，照射來自點光源的光(例如雷射光)，藉此，在光入射側表面電極 20 與雜質擴散層 4 之間的僅些微的區域流通電流，局部性地進行加熱。結果，如圖 6 及圖 7 所示，在光入射側表面電極 20 與雜質擴散層 4 之間，局部性地形成電性導通部分(局部導通部)即 AgSi 區域 30(銀及矽的合金)。亦即，局部導通部係含有銀及矽的合金。此外，在局部導通部，雜質擴散層 4(第 2 導電型的矽射極層)不隔著鈍化膜 2(抗反射膜)、直接與光入射側表面電極 20 相接。藉由該局部性地形成的電性導通部分(局部導通部)，使光入射側表面電極 20 與雜質擴散層 4 之間的良好電性導通成為可能。本實施型態的用以製造太陽電池之預定的導電性膏係對鈍化膜 2(抗反射膜)的反應性低，具有供雷射處理製程，適切的與鈍化膜 2(抗反射膜)的反應性。因此，本實施型態的導電性膏係能夠較佳地用以使用於結晶系矽太陽電池的光入射側表面電極

20 的形成，而該光入射側表面電極 20 係使用雷射處理製程形成者。

【0197】 <AgSi 區域 30 的深度 d>

如下述測定實施例 1 至 7 及比較例 1 及 2 的 AgSi 區域 30 的深度 d。
測定結果顯示於表 1 及表 2。

【0198】 於圖 6 例示 AgSi 區域 30 的深度 d。AgSi 區域 30 的深度 d 係，在以 SEM 觀察 AgSi 區域 30 的剖面所得的 SEM 照片中，採用從電極與 AgSi 區域 30 的界面的任意一點(圖 6 中的 B1)連到基板與 AgSi 區域 30 的界面的任意一點(圖 6 中的 B2)為止的線段當中長度成為最大之線段的長度(連結圖 6 中的 B1 與 B2 的線段的長度 d)而測定出。以 SEM 以倍率 2 萬倍觀察完成的太陽電池的含有鈍化膜 2 及 AgSi 區域 30 的剖面，藉此，獲得圖 6 所示的 SEM 照片。

【0199】 <鈍化膜 2 的殘留率>

如下述測定實施例 1 至 7 及比較例 1 及 2 的鈍化膜 2 的殘留率。測定結果顯示於表 1 及表 2。

【0200】 具體而言，首先以 SEM 以倍率 2 萬倍觀察完成的太陽電池的含有鈍化膜 2 及 AgSi 區域 30 的剖面，藉此而獲得 SEM 照片(SEM 圖像範圍： $5.7\mu\text{m}\times 3.9\mu\text{m}$)。另外，該 SEM 照片的橫方向(與基板表面成水平的方向)的長度為 $5.7\mu\text{m}$ ，縱方向(與基板表面成垂直的方向)的長度為 $3.9\mu\text{m}$ 。接著，如圖 7 所例示，測定該 SEM 照片中的鈍化膜 2 的剖面的合計長度 L_p 。在圖 7 所示的例子中，SEM 照片中的鈍化膜 2 的剖面的合計長度 L_p 乃係 L_{p1} 、 L_{p2} 、 L_{p3} 及 L_{p4} 的合計長度。接著，測定在該 SEM 照片中，在生成有 AgSi 區域 30 之部分的 AgSi 區域 30 與電極的界面的剖

面的合計長度 Le 。長度 Le 係相當於鈍化膜 2 在太陽電池的製造工程中消失的長度。在圖 7 所示的例子中，在鈍化膜 2 消失之部分的 AgSi 區域 30 與電極的界面的剖面的合計長度 Le 乃係 $Le1$ 及 $Le2$ 的合計長度。鈍化膜 2 的殘留率係能夠採用 $Lp/(Lp+Le)$ 而獲得。另外，關於 $Lp1$ 等的長度係將鈍化膜 2 等係近似為直線而測定。

【0201】 <鈍化膜 2 的燒製前後的膜厚及膜厚比>

測定實施例 1 至 7 及比較例 1 及 2 的太陽電池的鈍化膜 2 的燒製前膜厚 Da 與太陽電池完成後的膜厚 Db 。測定結果顯示於表 1 及表 2。於表 1 及表 2 顯示鈍化膜 2 的燒製前後的膜厚比。

【0202】 鈍化膜 2 的燒製前膜厚 Da 係藉由剛成膜時的鈍化膜 2 的剖面的 SEM 觀察而測定得。亦即，以與實施例及比較例相同的條件將鈍化膜 2 形成在預定的結晶系矽基板 1 的表面，以 SEM 觀察鈍化膜 2 的剖面，藉此，獲得實施例及比較例的鈍化膜 2 的燒製前膜厚 Da 。

【0203】 太陽電池完成後的膜厚 Db 乃係在太陽電池的表面形成電極，視需要進行預定的雷射處理製程後所完成的太陽電池的鈍化膜 2。具體而言，首先以 SEM 以倍率 2 萬倍觀察完成的太陽電池的含有鈍化膜 2 及 AgSi 區域 30 的剖面，藉此而獲得 SEM 照片(SEM 圖像範圍： $5.7\mu m \times 3.9\mu m$)。接著，將 SEM 照片沿縱方向進行 6 等分，測定在 6 等分之圖像的 5 個交界的鈍化膜 2 的膜厚(5 處)。太陽電池完成後的膜厚 Db 係取鈍化膜 2 的 5 處的膜厚的平均值。

【0204】 所謂的鈍化膜 2 的燒製前後的膜厚比，乃係如上述進行而測定得的鈍化膜 2 的燒製前膜厚 Da 與太陽電池完成後的膜厚 Db 之比

(Db/Da)。

【0205】 <評估>

如表 1 及表 2 所示，在實施例 1 至 7 的太陽電池中，從剖面的 SEM 照片求得的 AgSi 區域 30 的深度 d 為 200nm 至 1800nm 的範圍。此外，成功地確認到在實施例 1 至 7 的太陽電池中，有預定的 AgSi 區域 30 形成。此外，實施例 1 至 7 的太陽電池的鈍化膜 2 的燒製前後的膜厚比為 17%至 78%的範圍，鈍化膜 2 的殘留率為 10%至 90%的範圍。因此，成功地確認到在藉由進行預定的燒製及雷射處理製程而製造的實施例 1 至 7 的太陽電池的製造後，有預定的鈍化膜 2 殘留。結果，使用含有 GF1 至 GF3、GF5 及 GF6 的玻璃料的導電性膏製作的實施例 1 至 7 的太陽電池的雷射處理製程後的電性特性為高，例如轉換效率為 21.3%至 24.4%的範圍。此外，在實施例 1 至 7 的太陽電池中，殘留有預定的具鈍化功能的鈍化膜 2，故開路電壓(Voc)高，為 0.69V 至 0.72V 的範圍。另外，實施例 1 至 7 的太陽電池的曲線因子(FF)乃係 72.7%至 82.6%的範圍，為良好的值。

【0206】 另外，實施例 1 至 5 的太陽電池的鈍化膜 2 的殘留率為 76%至 88%的範圍，轉換效率為 23.4%至 24.4%的範圍。亦即，實施例 1 至 5 的太陽電池的轉換效率係比實施例 6 的太陽電池(鈍化膜 2 的殘留率為 10%)及實施例 7 的太陽電池(鈍化膜 2 的殘留率為 90%)的轉換效率高。因此，可說當鈍化膜 2 的殘留率為 30%以上、未達 90%時，能夠獲得更高的轉換效率的太陽電池。

【0207】 此外，實施例 1 至 5 的太陽電池的鈍化膜 2 的燒製前後的膜厚比為 36%至 51%的範圍，轉換效率為 23.4%至 24.4%的範圍。亦即，實

施例 1 至 5 的太陽電池的轉換效率係比實施例 6 的太陽電池(膜厚比為 78%)及實施例 7 的太陽電池(膜厚比為 17%)的轉換效率高。因此，可說當鈍化膜 2 的燒製前後的膜厚比為 20%至 70%時，能夠獲得更高的轉換效率的太陽電池。

【0208】另一方面，如表 2 所示，在比較例 1 的太陽電池中，從剖面的 SEM 照片沒有觀察到 AgSi 區域 30。此外，比較例 1 的太陽電池的鈍化膜 2 的燒製前後的膜厚比為 91%，鈍化膜 2 的殘留率為 100%。因此，在藉由進行預定的燒製及雷射處理製程而製造的比較例 1 的太陽電池中，預定的鈍化膜 2 係與剛成膜時大致不變地殘留了下來，並且成功確認到沒有形成 AgSi 區域。如上述，使用含有 GF4 的玻璃料的導電性膏製作的太陽電池的雷射處理製程後的電性特性為低，例如轉換效率為 7.3%。具體而言，在比較例 1 的太陽電池中，絕緣膜即鈍化膜 2 殘留了下來，故曲線因子(FF)為 35.7%的低值。

【0209】在比較例 2 的太陽電池中，在剖面的 SEM 照片觀察到 AgSi 區域 30。如表 2 所示，在比較例 2 的太陽電池中，從剖面的 SEM 照片求得的 AgSi 區域 30 的深度 d 為 1200nm。另外，比較例 2 的太陽電池的鈍化膜 2 的燒製前後的膜厚比為 5%，鈍化膜 2 的殘留率為 5%。因此，可知藉由進行預定的燒製及雷射處理製程而製造的比較例 2 的太陽電池太陽電池係鈍化膜 2 的存在比實施例 1 至 7 的太陽電池少。結果，使用含有 GF3 的玻璃料的導電性膏製作的比較例 2 的太陽電池的雷射處理製程後的轉換效率為 20.2%，比實施例 1 至 7 的太陽電池低。此外，在比較例 2 的太陽電池中，鈍化膜 2 的存在少，鈍化功能下降，故開路電壓(Voc)為 0.64V，

為低的值。咸認在比較例 2 的太陽電池中，在燒製藉由含有 GF3 的玻璃料的導電性膏而形成的電極時，鈍化膜 2 被熔穿。

【0210】此外，實施例 1、2 及 4 至 7 的太陽電池係使用含有無鉛的玻璃料(GF1 至 GF5 的玻璃料)的導電性膏製作，故在廢棄太陽電池時，能夠防止對環境的鉛污染。

【0211】 [表 1]

(調配量為重量份)		實施例 1	實施例 2	實施例 3	實施例 4	實施例 5
(A)導電性粒子 (調配量)	導電性粒子 A1	100		100	100	100
	導電性粒子 A2		100			
(C) 玻璃料	種類	GF1	GF1	GF6	GF2	GF5
	調配量 G	1	1	1	1	2.5
鹼度 × (C)調配量 G		0.34	0.34	0.68	0.39	0.60
C _{Bi2O3} × (C)調配量 G		35	35	51	65	58
AgSi 區域的深度 (nm)		500	400	1800	200	1000
鈍化膜的評估	燒成前膜厚 (Da) (nm)	180	180	180	180	180
	燒成・處理後膜厚 (Db) (nm)	90	92	76	64	64
	膜厚比 (Db/Da)	50%	51%	42%	36%	36%
	殘留率	81%	85%	82%	88%	76%
雷射處理製程後	FF (%)	81.4	81.6	82.1	80.8	82.6
	Voc (V)	0.71	0.71	0.72	0.71	0.72
	轉換效率 (%)	24.2	24.0	24.2	23.4	24.4

【0212】 [表 2]

(調配量為重量份)		實施例 6	比較例 1	實施例 7	比較例 2
(A)導電性粒子 (調配量)	導電性粒子 A1	100	100	100	100
	導電性粒子 A2				
(C)玻璃料	種類	GF1	GF4	GF3	GF3
	調配量 G	0.74	1.0	1.4	2.0
鹼度×(C)調配量 G		0.25	0.11	1.43	2.04
C _{Bi2O3} ×(C)調配量 G		26	0	34	48
AgSi 區域的深度 (nm)		200	0	1000	1200
鈍化膜的評估	燒成前膜厚 (Da) (nm)	180	180	180	180
	燒成・處理後 膜厚(Db) (nm)	140	164	30	9
	膜厚比 (Db/Da)	78%	91%	17%	5%
	殘留率	90%	100%	10%	5%
雷射處理製程後	FF (%)	72.7	35.7	78.4	79.0
	Voc (V)	0.72	0.7	0.69	0.64
	轉換效率 (%)	21.3	7.3	22.3	20.2

【0213】 [表 3]

	料號	製造公司	形狀	平均粒徑 D:50(μm)	TAP 密度 (g/cm ³)	BET 比表面積 (m ² /g)
銀粒子 A1	AG-SNA-190	DOWA Electronics	球狀	2	5	0.4
銀粒子 A2	AG-SNA-188	DOWA Electronics	球狀	1	5	1

【0214】 [表 4]

(調配量(mol%))	GF1	GF2	GF3	GF4	GF5	GF6
PbO						51.0
SiO ₂	17.0	30.0			24.0	31.0
Al ₂ O ₃						4.0
B ₂ O ₃	41.0	5.0			35.0	4.0
V ₂ O ₅				8.0		
Bi ₂ O ₃	35.0	65.0	24.0		23.0	
TeO ₂				92.0		
Li ₂ O	7.0		27.0			
ZnO			49.0		18.0	10.0
合計(mol%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
鹼度 B _{GF}	0.34	0.39	1.02	0.11	0.24	0.24
玻璃轉移點 (°C)	375	364	不明瞭	270	459	459

【符號說明】

【0215】

- 1:結晶系矽基板
- 2:鈍化膜
- 4:雜質擴散層
- 6:基板本體
- 14:背面鈍化膜
- 15:背面電極
 - 15a:背面 TAB 電極(背面匯流排電極)
 - 15b:背面整面電極(背面電極)
 - 15c:背面指狀電極
- 16:第 2 雜質擴散層
- 20:光入射側表面電極(表面電極)

20a:光入射側匯流排電極

20b:光入射側指狀電極

30:AgSi 區域

B1:電極與 AgSi 區域的界面的任意一點

B2:基板與 AgSi 區域的界面的任意一點

d:AgSi 區域的深度

Le,Le1,Le2:AgSi 區域與電極的界面的剖面的長度

Lp,Lp1~Lp4:鈍化膜的剖面的長度

【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種太陽電池，係含有：

基板，含有結晶系矽，且在至少一表面含有雜質擴散層；

鈍化膜，係配置在前述基板的前述雜質擴散層的至少一部分之上；及

電極，含有銀(Ag)，且配置在前述鈍化膜的至少一部分之上；

其中，前述太陽電池更含有配置在前述電極與前述基板之間的至少一部分的至少 1 個 AgSi 區域；

前述 AgSi 區域含有至少 1 個深度為 100nm 以上的 AgSi 區域；

在前述太陽電池的含有前述 AgSi 區域的 $5.7\mu\text{m}\times 3.9\mu\text{m}$ 的剖面的掃描型電子顯微鏡照片中，前述鈍化膜的長度的比例即前述鈍化膜所殘留的殘留率為 10%至 90%。

【請求項2】 如請求項 1 所述之太陽電池，其中，前述鈍化膜的剛成膜時的膜厚 Da、與在前述太陽電池的表面形成前述電極而完成的前述太陽電池的含有前述 AgSi 區域的 $5.7\mu\text{m}\times 3.9\mu\text{m}$ 的剖面的掃描型電子顯微鏡照片中的前述鈍化膜的膜厚 Db 之比 Db/Da 為 15%至 85%。

【請求項3】 如請求項 1 或 2 所述之太陽電池，其中，相對於前述電極含有的前述銀(Ag)的 100 重量份，前述電極更含有 0.1 重量份至 5.0 重量份的玻璃料。

【請求項4】 如請求項 3 所述之太陽電池，其中，前述玻璃料的玻璃轉移點為 250°C至 600°C。

【請求項5】 如請求項 3 或 4 所述之太陽電池，其中，前述玻璃料含有選自 SiO₂、B₂O₃、V₂O₅、Bi₂O₃、TeO₂、Li₂O 及 ZnO 的至少 1 種。

【請求項6】 如請求項 3 至 5 中任一項所述之太陽電池，其中，前述玻璃料實質上不含有 PbO。

【請求項7】 如請求項 1 至 6 中任一項所述之太陽電池，其中，前述電極實質上不含有鉛(Pb)。

【請求項8】 如請求項 1 至 7 中任一項所述之太陽電池，其中，前述電極實質上不含有鉛粒子。

【請求項9】 如請求項 1 至 8 中任一項所述之太陽電池，其中，前述基板為第 1 導電型的前述結晶系矽基板；

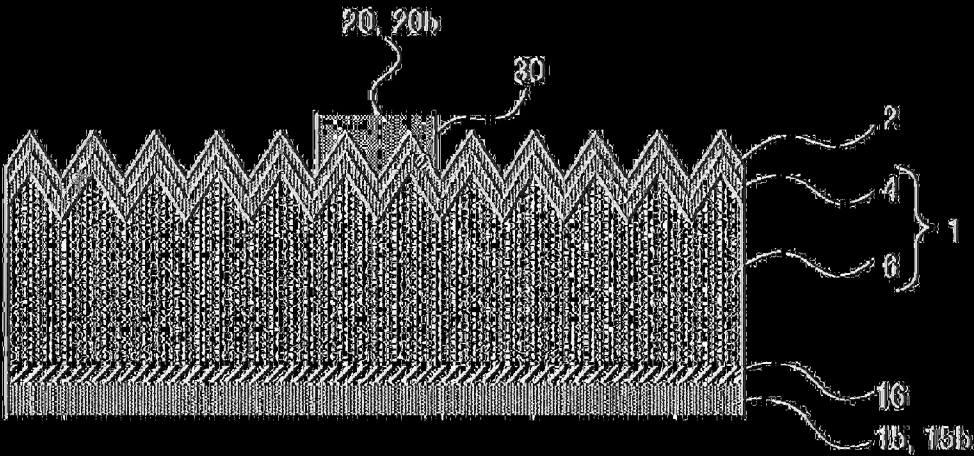
前述雜質擴散層為第 2 導電型的雜質擴散層；

前述電極為配置在光入射側表面的光入射側表面電極；

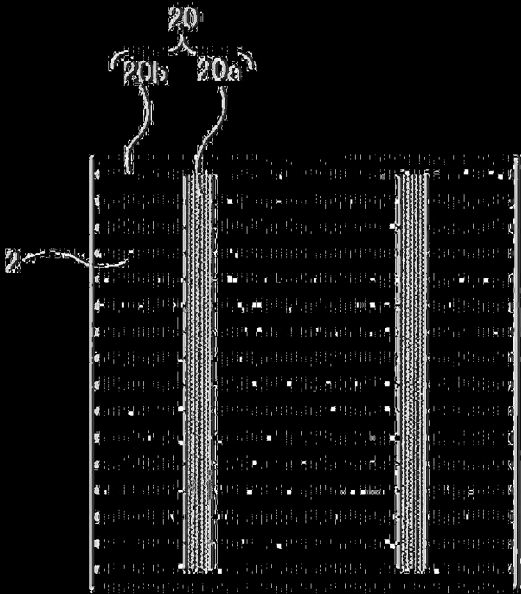
前述太陽電池更含有對前述結晶系矽基板的與前述光入射側表面為相反側的表面以電性連接的方式配置的背面電極；

前述光入射側表面電極進行過下述處理者，即，以在前述第 2 導電型的前述雜質擴散層與前述第 1 導電型的前述結晶系矽基板之間流通與順向為相反方向的電流的方式，一邊在前述背面電極與前述光入射側表面電極之間施加電壓，一邊對前述太陽電池的前述光入射側表面照射來自點光源的光。

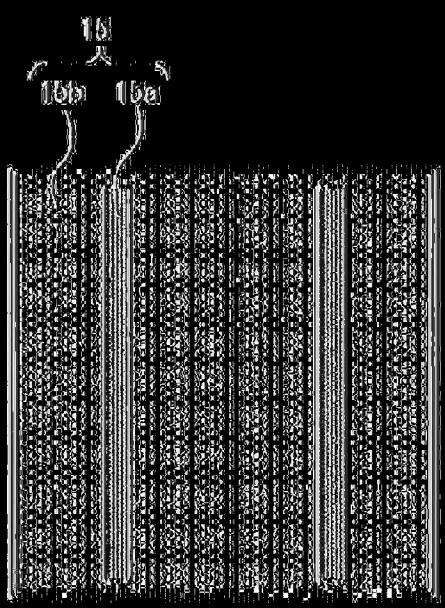
【發明圖式】



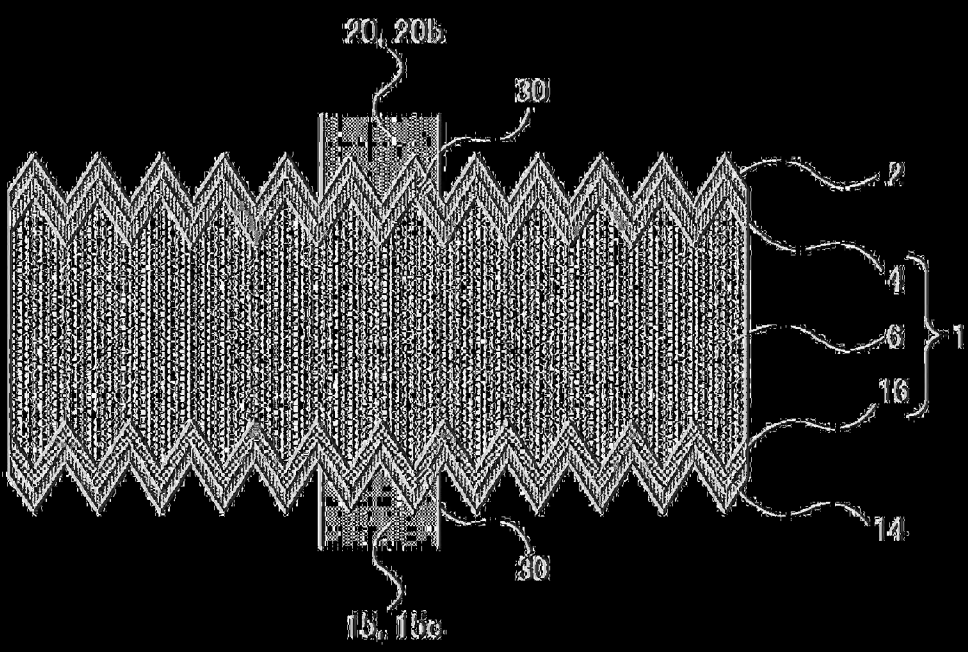
【圖 1】



【圖 2】

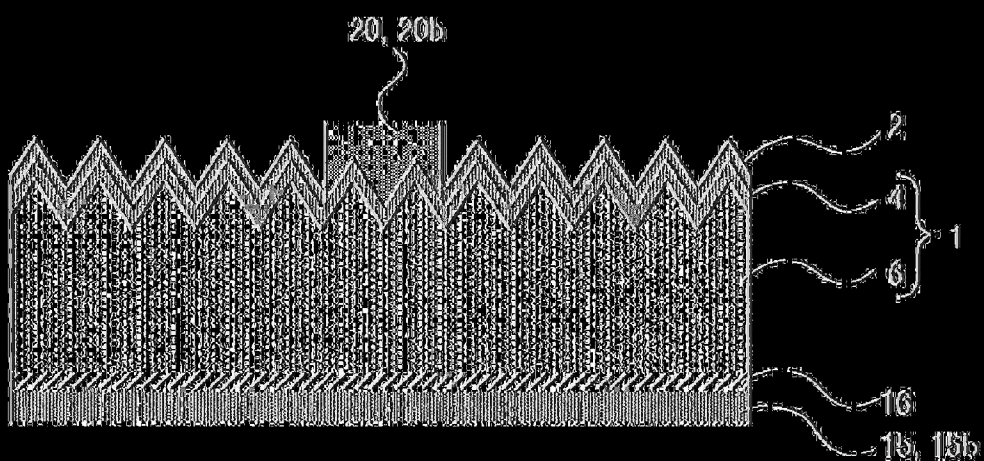


[FIG. 3]

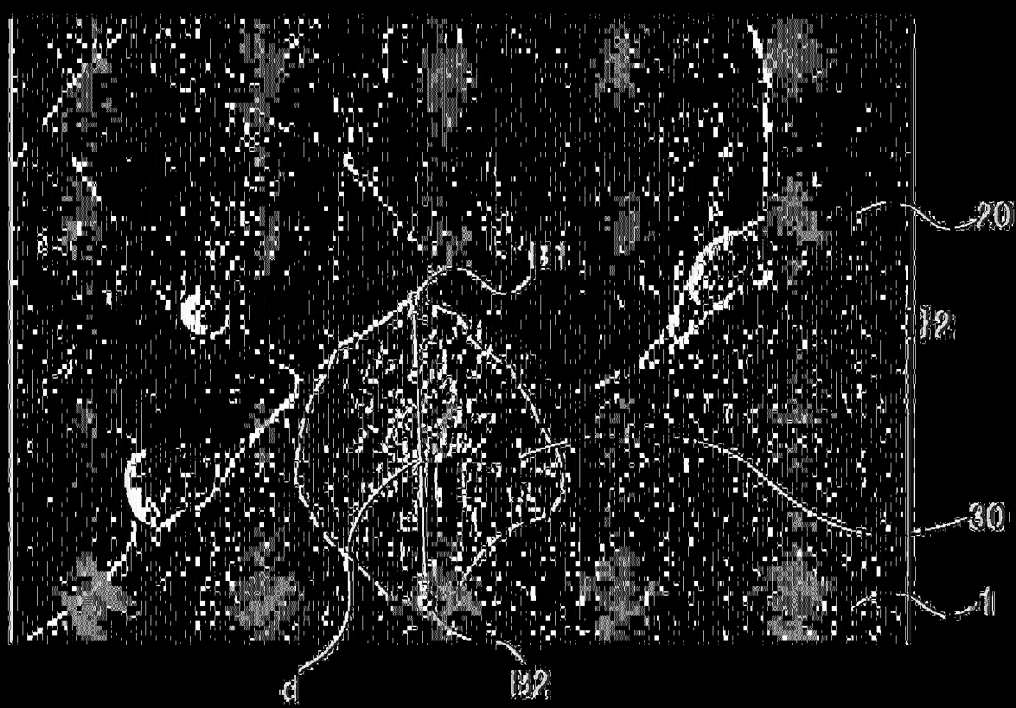


[FIG. 4]

第
一
圖



【圖 5】



【圖 6】

