



(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 201535761 A

(43) 公開日：中華民國 104 (2015) 年 09 月 16 日

(21) 申請案號：104108169 (22) 申請日：中華民國 104 (2015) 年 03 月 13 日
 (51) Int. Cl. : *H01L31/042 (2014.01)* *H01L21/205 (2006.01)*
 (30) 優先權：2014/03/14 日本 2014-051160
 (71) 申請人：國立大學法人北陸先端科學技術大學院大學 (日本) JAPAN ADVANCED INSTITUTE
 OF SCIENCE AND TECHNOLOGY (JP)
 日本
 (72) 發明人：松村英樹 MATSUMURA, HIDEKI (JP) ; 大平圭介 OHDAIRA, KEISUKE (JP)
 (74) 代理人：邱珍元
 申請實體審查：無 申請專利範圍項數：13 項 圖式數：16 共 39 頁

(54) 名稱

異質接面太陽能電池及其製造方法

HETEROJUNCTION SOLAR CELL AND MANUFACTURING METHOD THEREOF

(57) 摘要

本發明提供一種異質接面太陽能電池，其不僅能顯著地防止載子在晶矽基板的上表面產生再結合的現象，同時還能提升能量轉換效率。本發明的異質接面太陽能電池係將本質非晶矽層與晶矽基板進行異質接合而形成，其中，晶矽基板包含在該晶矽基板中深度小於 10nm 的極表層區域摻雜磷或硼而形成的摻雜層。根據穿透式電子顯微鏡的觀察結果，在 n 型晶矽基板的正上方藉由觸媒化學氣相沉積法沉積形成本質非晶矽膜的樣本中，n 型晶矽基板與本質非晶矽膜的界面遷移層的厚度係在 0.6nm 以下。

The invention provides a heterojunction solar cell, which not only prevents carriers from recombining on upper surface of a crystalline silicon plate, distinctively, but also improves energy conversion efficiency. The heterojunction solar cell is configured by heterojunction of the crystalline silicon plate and an intrinsic amorphous silicon film. Wherein, the crystalline silicon plate comprises a doping layer, which is configured by doping phosphorus or boron on outer surface of the crystalline silicon plate and the depth of the outer surface is smaller than 10 nm. According to the observation results by TEM of a sample, which is used for depositing the intrinsic amorphous silicon film right above on n-type crystalline silicon plate by Cat-CVD, thickness of an interface transition layer of the n-type crystalline silicon plate and the intrinsic amorphous silicon film is smaller than 0.6 nm.

- 900 . . . 樣本
- 901 . . . n 型晶矽
- 902 . . . 本質非晶矽膜
- 903 . . . 界面遷移層
- 904 . . . 矽原子對的影像

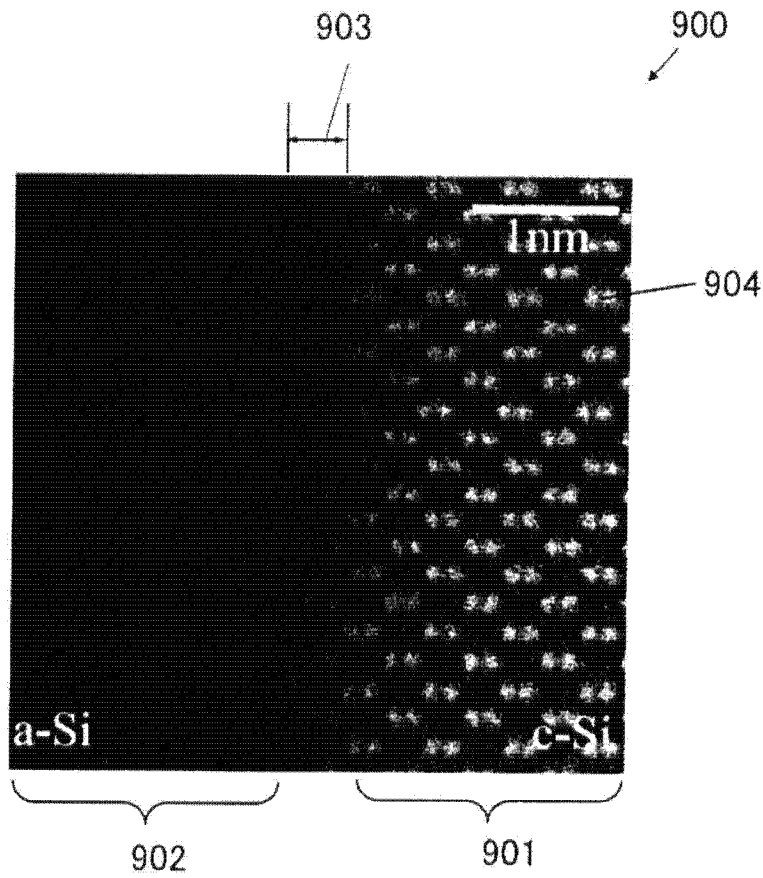


圖 9A

發明摘要

※ 申請案號： 104108169

H01L 31/042 (2014.01)

※ 申請日： 104. 3. 13

※ IPC 分類： H01L 21/205 (2006.01)

【發明名稱】 異質接面太陽能電池及其製造方法
HETEROJUNCTION SOLAR CELL AND
MANUFACTURING METHOD THEREOF

【中文】

本發明提供一種異質接面太陽能電池，其不僅能顯著地防止載子在晶矽基板的上表面產生再結合的現象，同時還能提升能量轉換效率。本發明的異質接面太陽能電池係將本質非晶矽層與晶矽基板進行異質接合而形成，其中，晶矽基板包含在該晶矽基板中深度小於 10 nm 的極表層區域摻雜磷或硼而形成的摻雜層。根據穿透式電子顯微鏡的觀察結果，在 n 型晶矽基板的正上方藉由觸媒化學氣相沉積法沉積形成本質非晶矽膜的樣本中，n 型晶矽基板與本質非晶矽膜的界面遷移層的厚度係在 0.6 nm 以下。

【英文】

The invention provides a heterojunction solar cell, which not only prevents carriers from recombining on upper surface of a crystalline silicon plate, distinctively, but also improves energy conversion efficiency. The heterojunction solar cell is configured by heterojunction of the crystalline silicon plate and an intrinsic amorphous silicon film. Wherein, the crystalline silicon plate comprises a doping layer, which is configured by doping phosphorus or boron on outer surface of the crystalline silicon plate and the depth of the outer surface is smaller than 10 nm. According to the observation results by TEM of a sample, which is used for depositing the intrinsic amorphous silicon film right above on n-type crystalline silicon plate by Cat-CVD, thickness of an interface transition layer of the n-type crystalline silicon plate and the intrinsic amorphous silicon film is smaller than 0.6 nm.

【代表圖】

： 【本案指定代表圖】：圖 9A。

： 【本代表圖之符號簡單說明】：

900：樣本

901：n 型晶矽

902：本質非晶矽膜

903：界面遷移層

904：矽原子對的影像

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無

發明專利說明書

【發明名稱】 異質接面太陽能電池及其製造方法
HETEROJUNCTION SOLAR CELL AND
MANUFACTURING METHOD THEREOF

【技術領域】

【0001】 本發明係關於一種在使用晶矽基板的太陽能電池中，可提升太陽能至電能之轉換效率的異質接面 (heterojunction) 太陽能電池及其製造方法。

【先前技術】

【0002】 在晶矽太陽能電池的技術領域中，為了減少價格昂貴的晶矽基板的使用量以降低製造成本，並提升太陽能至電能的能量轉換效率 (以下簡稱「效率」)，一般需將所使用之晶矽基板的厚度控制在 0.1 mm 左右或者是 0.1 mm 以下。而在習知技術中，晶矽太陽能電池通常是在 800°C 左右的高溫環境下，以熱擴散的方式將磷或硼等不純物摻雜於矽而形成 n 型或 p 型的晶矽基板，但晶矽基板的厚度若只有 0.1 mm 左右，此晶矽基板將會因受熱扭曲而彎折，進而在製造過程中產生破損的問題。因此，如何在低溫環境下製造不會產生上述問題的太陽能電池，已成為一種必然的趨勢。

【0003】 進一步地，在晶矽的製造工程中通常會有氧氣等不純物的存在。這類不純物通常是在非預期的情況下自然而然地被導入至製程系統之中，且舉例而言，這些不純物可能會在超過 350°C 的溫度環境下突然作為電子予體 (donor) 產生作用，成為使晶矽產生缺陷 (defect) 的因素。因此，就提升效率的觀點而言，將太陽能電池的製程環境低溫化至 350°C 以下亦為不可或缺的需求之一。

【0004】 對此，三洋電機股份有限公司已於日前開發出一種可滿足上述需求的太陽能電池，此太陽能電池係在 200°C 左右的低溫環境下，在晶矽基板的上表面沉積形成 n 型非晶矽 (amorphous silicon, a-Si) 或 p 型非晶矽以分別作為 n 型電極或 p 型電極，並以此取代傳統晶矽中以熱擴散方式形成之摻雜有磷的 n 層及摻雜有硼的 p 層。這類太陽能電池又被稱為使用非晶矽與晶矽的異質接面太陽能電池。實際而言，這類太陽能電池為了

改善晶矽與 n 型或 p 型非晶矽之間的界面特性，通常會將厚度為 10 nm 以下的無摻雜 (non-doped) 本質非晶矽層形成在 n 型及 p 型非晶矽層與晶矽層之間，也因此，這類太陽能電池亦被命名為 HIT 太陽能電池，其中「HIT」係為「Hetero-junction with Intrinsic Thin-layer」的簡稱。

【0005】 由晶矽層、本質非晶矽層、以及 n 型或 p 型非晶矽層所構成的異質界面太陽能電池係具有良好的效率。至 2013 年的階段為止，使用晶矽基板之太陽能電池的效率已可達到世界最高級別的 24.7%。然而，此太陽能電池亦尚未達到完美的地步。晶矽層與非晶矽層的界面特性雖然因插入本質非晶矽層而有所改善，但電子與電洞的界面之間仍然殘存有產生再結合現象的部分，且此部分將導致太陽光轉換生成的電子數及電洞數減少，因此有去除的必要。

【0006】 另一方面，在晶矽層的上表面沉積形成本質非晶矽層雖然可在某種程度上防止晶矽層上表面的載子 (carrier) 產生再結合現象，但本案發明人所屬的研究團隊於此係於非專利文獻 1 進一步提出了一種對晶矽層的上表面進行摻雜動作而改善其特性的製造方法。此製造方法係在沉積本質非晶矽層前，以氫氣經由觸媒分解反應而生成之氫原子洗淨晶矽層的上表面時進行。此時，只要在氫氣中混入磷化氫 (phosphine)，磷原子將於 150°C 的低溫條件下被導入至晶矽層的表層，藉此不僅能夠進一步防止上表面的載子再結合現象，還能夠使樣本整體的載子壽命提升至兩倍以上。

【0007】 關於上述方法，本案發明人所屬的研究團隊也在專利文獻 1 及專利文獻 2 之中提出了在非晶矽薄膜與晶矽基板的異質界面太陽能電池中，使用一種上表面經過特別處理之晶矽基板的製造方法。此製造方法係使含有磷化氫或乙硼烷 (diborane) 的摻雜氣體與加熱至 1100°C ~ 1400°C 的觸媒接觸而產生分解反應，並將晶矽基板的上表面暴露在上述分解反應的生成的晶種之下。

【0008】 進一步地，本案發明人所屬的研究團隊還在非專利文獻 2 中提供了一種可使樣本整體的載子壽命提升至數倍以上的製造方法，並也進一步發表了一實驗結果，其係透過對樣本的上表面與下表面通電的實驗來估測晶矽層與非晶矽層的接觸電阻。其中，非專利文獻 2 的製造方法係將晶矽層的上下兩面暴露於磷化氫經觸媒分解反應而形成的晶種，並且在

80°C ~ 350°C 的溫度條件下摻雜磷原子後，在晶矽層的各表面上方沉積形成本質非晶矽膜與 n 型非晶矽膜，藉此讓樣本整體的載子壽命提升至數倍以上。

【0009】

專利文獻 1：日本專利公開第 2011-199276 號公報。

專利文獻 2：日本專利公開第 2011-199277 號公報。

【0010】

非專利文獻 1：Hideki Matsumura, Motonobu Miyamoto, Koichi Koyama, Keisuke Ohdaira, 「Drastic reduction in surface recombination velocity of crystalline silicon by surface treatment using catalytically-generated radicals」, Solar Energy Materials & Solar Cell 期刊, 2011 年第 95 卷, 第 797~799 頁 (投稿日: 2010 年 4 月 13 日, 最終受理日: 2010 年 8 月 31 日, 發行日: 2011 年 2 月 1 日)。

非專利文獻 2：Taro Hayakawa, Tetsunori Ohta, Yuki Nsakajima, Koichi Koyama, Keisuke Ohdaira, and Hideki Matsumura, 「Effect of Radical-Doped n⁺ Back Surface Field Layers on the Effective Minority Carrier Lifetimes of Crystalline with Amorphous Silicon Passivation Layers Deposited by Catalytic Chemical Vapor Deposition」, Japanese Journal of Applied Physics 期刊, 2012 年第 51 卷, 第 101301-1~101301-6 頁 (2012Y)。

【發明內容】

【0011】 承上所述，上述習知技術中使用晶矽與非晶矽的異質界面太陽能電池，雖已普遍被認為是目前構造最新穎且最成功的太陽能電池，但若要進一步提升效率，則尚還需要對製程下一些獨到的工夫。舉例來說，如上所述，將殘存在晶矽與非晶矽界面上的缺陷所帶來的影響去除也是其中一種方式。相較於直接結合晶矽層與 n 型或 p 型非晶矽層的情況，在兩者之間形成本質非晶矽層雖然可大幅去除缺陷帶來的影響，但電子與電洞仍會通過殘存的缺陷而產生再結合的現象，使原先可抵達電極的電子或電洞的數量減少，最終造成短路電流 J_{sc} 隨之減少。其中短路電流 J_{sc} 係為決

定太陽能電池效率的參數之一。如今，儘管上述太陽能電池可得到世界最高級別的效率，但如何提供一種防止電極部在收集電子或電洞時產生的電子消耗或電洞消耗，以進一步提升效率的太陽能電池及其製造方法，仍是目前欲解決的課題之一。

【0012】 而在專利文獻 1 和專利文獻 2 之中，本案發明人所屬的研究團隊提出了一種在非晶矽薄膜與晶矽基板的異質界面太陽能電池中使用一種上表面經過特別處理之晶矽基板的製造方法，且此製造方法係使含有磷化氫或乙硼烷的摻雜氣體與加熱至 $1100^{\circ}\text{C} \sim 1400^{\circ}\text{C}$ 的觸媒接觸而產生分解反應，並將晶矽基板的上表面暴露在上述分解反應的產生的晶種之下。然而，因當時對於將晶矽基板的上表面暴露在磷化氫或乙硼烷等摻雜氣體與受熱觸媒經接觸分解反應而產生之晶種下的處理方式理解不夠充分，且對摻雜深度的控制也不確實，故上述方法只有在對表層的極薄區域進行摻雜時才能達成顯著的表層摻雜效果。若摻雜層擴展得太深，則：(1) 能帶的彎曲方式會變得較為平緩，(2) 只有摻雜密度有所提升的部分相當於基板原本的摻雜密度變化，導致不純物的散射現象帶來更大的影響，(3) 基板本身的摻雜密度大小將偏離太陽能電池的最佳值而造成惡性影響，進而使表層摻雜帶來的效果降低。除此之外，表層摻雜是經由何種機構而帶來效果，至今也尚未有人解明。

【0013】 另外，在使用晶矽與非晶矽之異質界面太陽能電池中，習知的電子收集電極，通常是在晶矽層上沉積厚度小於 10 nm 的無摻雜本質非晶矽層，並在此無摻雜本質非晶矽層上進一步沉積 n 型非晶矽層而形成，另一方面，習知的電洞收集電極則是在晶矽層上沉積厚度小於 10 nm 的無摻雜本質非晶矽層，並在此無摻雜本質非晶矽層上進一步沉積 p 型非晶矽層而形成。

【0014】 其次，在非專利文獻 1 和非專利文獻 2 之中，本案發明人所屬的研究團隊還提出了一種在上下兩表面摻雜有磷原子的晶矽基板上沉積形成非晶矽膜，藉此防止晶矽基板上表面的載子產生再結合現象，並增加樣本整體的載子壽命。然而，在提出上述文獻的階段，本案發明人所屬的研究團隊尚未料及在晶矽表層形成薄摻雜層對晶矽和本質非晶矽之界面的能帶彎曲帶來的影響，也還沒有透過此能帶的彎曲變化來選擇性地收集

電子或電洞的技術構想。

【0015】 進一步地，專利文獻 1 和專利文獻 2 也沒有對其記載之上表面處理方式所帶來的物性功效給出明確的原理解釋。此外，當表層的能帶彎曲而導致載子在遠離界面的區域上仍存在有摻雜不純物時，這些不純物將會造成載子散射或者基板的摻雜密度大小偏離太陽能電池的最佳值等不良的二度影響，因此磷或硼等摻雜不純物只能局部存在於晶矽基板的上表面中厚度小於 10 nm 的極薄上表面區域，然而，專利文獻 1 和專利文獻 2 也沒有針對此方式帶來的功效給出進一步的說明。

【0016】 本案發明人所屬的研究團隊認為，過去觀察到的這些現象是由於在表層深度 10 nm 以內的區域摻雜磷原子而製成之晶矽基板的能帶彎曲而造成，且此構想已經得到了實驗結果的證實。因此，本發明於此係應用上述構想而提出一種新穎的技術方案，當應用於電子收集電極時，其係在晶矽表層深處 10 nm 以內的區域導入磷原子，使電洞遠離晶矽與非晶矽的界面而使晶矽的能帶往下方彎曲，另一方面，當應用於電洞收集電極時，則是在晶矽表層深處 10 nm 以內的區域導入硼原子，使電子遠離晶矽與非晶矽的界面而使晶矽的能帶往上方彎曲，藉此可提升電極對於收集電子及收集電洞的選擇性。

【0017】 在習知技術之一種使用非晶矽與晶矽的異質接面太陽能電池中，舉例而言，在使用 n 型晶矽基板 101 的情況下，電子收集電極 104 其周圍的能帶構造已繪示在圖 1 所示的簡圖之中。其中，符號 102 係表示無摻雜本質非晶矽極薄膜，符號 103 係表示 n 型非晶矽膜。又，符號 105 係表示費米能階 (Fermi level)，符號 106 係表示傳導帶最低能階，而符號 107 則是表示價帶最高能階。

【0018】 另外，在習知技術之另一種使用非晶矽與晶矽的異質接面太陽能電池中，舉例而言，在使用 n 型晶矽基板 201 的情況下，電洞收集電極 204 其周圍的能帶構造已繪示在圖 2 所示的簡圖之中。其中，符號 202 係表示無摻雜本質非晶矽極薄膜，符號 203 係表示 n 型非晶矽膜。又，符號 205 係表示費米能階，符號 206 係表示傳導帶最低能階，而符號 207 則是表示價帶最高能階。

【0019】 相較於習知技術，在本發明一種太陽能電池中，舉例而言，

在使用 n 型晶矽基板 301 的情況下，在電子收集電極 304 的周圍，磷原子係摻雜至 n 型晶矽基板 301 的表層而使此部分由一般 n 型轉變為更強力的 n^+ 型。在由一般 n 型轉變為 n^+ 型時，費米能階 305 係比一般 n 型更靠近傳導帶最低能階 306，且如圖 3 所示，在 n 型晶矽基板 301 與非晶矽層 302 的界面附近，靠近 n 型晶矽基板 301 一側的傳導帶最低能階 306 與價帶最高能階 307 係往下方彎曲，使電子更容易往電子收集電極 304 移動。另一方面，電洞此時將會被彈開而遠離界面，藉此可防止電子與電洞在界面附近產生再結合現象，進而提升電子的收集效率。

【0020】 另外，在本發明另一種太陽能電池中，在使用 n 型晶矽基板 401 的情況下，在電洞收集電極 404 的周圍，硼原子係摻雜至 n 型晶矽基板 401 的表層而使此部分反轉為 p 型，或者轉變為費米能階 405 較靠近傳導帶最低能階 406 的較弱 n 型。此時，如圖 4 所示，在 n 型晶矽基板 401 與非晶矽層 402 的界面附近，靠近 n 型晶矽基板 401 一側的傳導帶最低能階 406 與價帶最高能階 407 係往上方彎曲，使電洞更容易往電洞收集電極 404 移動。另一方面，電子此時將會被彈開而遠離界面，藉此可防止電子與電洞在界面附近產生再結合現象，進而提升電洞的收集效率。

【0021】 另外需補充說明的是，在習知技術中，為了對晶矽基板其表層的導電類型及能帶彎曲進行控制，而在可避免晶矽劣化之 350°C 以下的低溫環境將磷或硼導入至晶矽基板的表層時，雖可將晶矽基板暴露在經電漿分解的晶種下，但使用此方法將導致晶矽基板的上表面因電漿損傷而產生缺陷。因此，如何提供一種可避免產生上述問題的製造方法亦同時為目前欲解決的課題之一。

【0022】 有鑑於上述課題，本發明的目的在於提供一種使用晶矽基板的異質界面太陽能電池及其製造方法，不僅能夠顯著地防止載子在晶矽基板的上表面產生再結合現象，同時還能夠提升能量轉換效率。

【0023】 為達上述目的，本發明於此係提供一種新方法，其係先使一含有磷或硼的原料氣體與一受熱的金屬觸媒線接觸反應而生成一晶種，並將晶矽基板暴露於晶種之下，進而於 350°C 以下的低溫在其表層的極淺區域上形成摻雜有磷或硼的摻雜層，其中原料氣體可例如含有磷化氫或乙硼烷等成分。於此係將上述的新方法命名為「觸媒摻雜法」（以下簡稱

「Cat-doping 法」)。詳細而言，本發明之一種異質接面太陽能電池係將一本質非晶矽層與一晶矽基板進行異質接合而形成，其中，晶矽基板係包含磷摻雜層及／或硼摻雜層，磷摻雜層係在晶矽基板中深度小於 10 nm 的極表層區域摻雜磷原子而形成，硼摻雜層則是在晶矽基板中深度小於 10 nm 的極表層區域摻雜硼原子而形成。另外，在本發明之一種異質接面太陽能電池的製造方法中，異質接面太陽能電池係將本質非晶矽層與晶矽基板進行異質接合而形成，其中，製造方法係至少包含下列處理方法的其中之一：使一含有磷的原料氣體與一受熱的金屬觸媒線接觸而生成一晶種，其中含有磷的原料氣體係包含有磷化氫，接著在 350°C 以下的低溫環境將晶矽基板暴露於晶種，藉此將磷原子摻雜至晶矽基板中深度小於 10 nm 的極表層區域而形成磷摻雜層，或者是，使一含有硼的原料氣體與受熱的金屬觸媒線接觸而生成一晶種，其中含有硼的原料氣體係包含有乙硼烷，接著在 350°C 以下的低溫環境將晶矽基板暴露於晶種，藉此將硼原子摻雜至晶矽基板中深度小於 10 nm 的極表層區域而形成硼摻雜層。

【0024】 藉由上述構成，本發明可防止電子與電洞在異質接合的界面上產生再結合現象，並且可提升電子或電洞的收集效率，同時也不會造成晶矽基板的上表面產生缺陷的問題。

【0025】 其次，在本發明一實施例之異質接面太陽能電池中，晶矽基板與本質非晶矽層的界面係形成有一界面遷移層，且界面遷移層的厚度係在 0.6 nm 以下。此外，在本發明一實施例之異質接面太陽能電池的製造方法中，晶矽基板與本質非晶矽層的界面係藉由磷摻雜層及／或硼摻雜層的作用而形成有界面遷移層，且界面遷移層的厚度係在 0.6 nm 以下。

【0026】 藉由上述構成，由於界面遷移層的厚度較薄，故界面的實質面積也較小，因此可防止界面上產生再結合現象，進而可整體性地延長少數載子壽命 (Minority carrier lifetime)。

【0027】 又，在本發明另一實施例之異質接面太陽能電池中，晶矽基板的上表面係形成有磷摻雜層，本質非晶矽層係沉積於磷摻雜層，n 型非晶矽層係沉積於本質非晶矽層而形成一電子收集電極，同時，晶矽基板的下表面係形成有硼摻雜層，本質非晶矽層係沉積於硼摻雜層，p 型非晶矽層係沉積於本質非晶矽層而形成一電洞收集電極。此外，在本發明另一實施

例之異質接面太陽能電池的製造方法中，晶矽基板的上表面係形成有磷摻雜層，本質非晶矽層係藉由觸媒化學氣相沉積法而沉積於磷摻雜層，n 型非晶矽層係沉積於本質非晶矽層而形成一電子收集電極，同時，晶矽基板的下表面係形成有硼摻雜層，本質非晶矽層係沉積於硼摻雜層，p 型非晶矽層係沉積於本質非晶矽層而形成一電洞收集電極。

【0028】 又，在本發明另一實施例之異質接面太陽能電池中，晶矽基板的上表面係形成有磷摻雜層，本質非晶矽層係沉積於磷摻雜層，n 型非晶矽層係沉積於本質非晶矽層，一透明導電膜係形成於 n 型非晶矽層，一氮化矽膜係形成於透明導電膜的上方且依特定間隔設置有多個細孔，該等細孔的位置上係形成有一電子收集電極，同時，晶矽基板的下表面係形成有硼摻雜層，本質非晶矽層係沉積於硼摻雜層，p 型非晶矽層係沉積於本質非晶矽層，另一透明導電膜係形成於 p 型非晶矽層，另一氮化矽膜係形成於另一透明導電膜的下方且依特定間隔設置有多個細孔，另一氮化矽膜之該等細孔的位置上係形成有一電洞收集電極。此外，在本發明另一實施例之異質接面太陽能電池的製造方法中，晶矽基板的上表面係形成有磷摻雜層，本質非晶矽層係藉由觸媒化學氣相沉積法而沉積於磷摻雜層，n 型非晶矽層係沉積於本質非晶矽層，一透明導電膜係形成於 n 型非晶矽層，一氮化矽膜係形成於透明導電膜的上方且依特定間隔設置有多個細孔，該等細孔的位置上係形成有一電子收集電極，同時，晶矽基板的下表面係形成有硼摻雜層，該本質非晶矽層係沉積於硼摻雜層，p 型非晶矽層係沉積於本質非晶矽層，另一透明導電膜係形成於 p 型非晶矽層，另一氮化矽膜係形成於另一透明導電膜的下方且依特定間隔設置有多個細孔，另一氮化矽膜之該等細孔的位置上係形成有一電洞收集電極。

【0029】 又，在本發明另一實施例之異質接面太陽能電池中，晶矽基板的上表面係形成有磷摻雜層，磷摻雜層的上方係形成有一氮化矽膜，晶矽基板的下表面係以一特定間隔形成有磷摻雜層與硼摻雜層，且本質非晶矽層係沉積於磷摻雜層與該硼摻雜層，一 n 型非晶矽層係沉積於磷摻雜層的正下方，n 型非晶矽層係形成有一透明導電膜，且透明導電膜的下方係形成有一電子收集電極，同時，一 p 型非晶矽層係沉積於硼摻雜層的正下方，p 型非晶矽層係形成有另一透明導電膜，且另一透明導電膜的下方係形

成有一電洞收集電極。此外，在本發明另一實施例之異質接面太陽能電池的製造方法中，晶矽基板的上表面係形成有磷摻雜層，磷摻雜層的上方係藉由觸媒化學氣相沉積法而形成有一氮化矽膜，晶矽基板的下表面係以一特定間隔形成有磷摻雜層與硼摻雜層，且本質非晶矽層係沉積於磷摻雜層與硼摻雜層，一 n 型非晶矽層係沉積於磷摻雜層的正下方，n 型非晶矽層係形成有一透明導電膜，且透明導電膜的下方係形成有一電子收集電極，同時，一 p 型非晶矽層係沉積於硼摻雜層的正下方，p 型非晶矽層係形成有另一透明導電膜，且另一透明導電膜的下方係形成有一電洞收集電極。

【0030】 又，在本發明另一實施例之異質接面太陽能電池中，晶矽基板的上表面係形成有磷摻雜層，磷摻雜層的上方係形成有一氮化矽膜，晶矽基板的下表面係以特定間隔形成有磷摻雜層與硼摻雜層，且本質非晶矽層係沉積於磷摻雜層與硼摻雜層，本質非晶矽層的下方係形成有另一氮化矽膜，另一氮化矽膜係依特定間隔設置有多個細孔，磷摻雜層其正下方之設有該等細孔的位置係沉積有一 n 型非晶矽層，n 型非晶矽層係形成有一透明導電膜，透明導電膜的下方係形成有一電子收集電極，同時，硼摻雜層其正下方之設有該等細孔的位置係沉積有一 p 型非晶矽層，p 型非晶矽層係形成有另一透明導電膜，另一透明導電膜的下方係形成有一電洞收集電極。此外，在本發明另一實施例之異質接面太陽能電池的製造方法中，晶矽基板的上表面係形成有磷摻雜層，磷摻雜層的上方係藉由觸媒化學氣相沉積法而形成有一氮化矽膜，晶矽基板的下表面係以特定間隔形成有磷摻雜層與硼摻雜層，且本質非晶矽層係沉積於磷摻雜層與硼摻雜層，本質非晶矽層的下方係形成有另一氮化矽膜，另一氮化矽膜係依特定間隔設置有多個細孔，磷摻雜層其正下方之設有該等細孔的位置係沉積有一 n 型非晶矽層，n 型非晶矽層係形成有一透明導電膜，透明導電膜的下方係形成有一電子收集電極，同時，硼摻雜層其正下方之設有該等細孔的位置係沉積有一 p 型非晶矽層，p 型非晶矽層係形成有另一透明導電膜，另一透明導電膜的下方係形成有一電洞收集電極。

【0031】 另外，在本發明又一實施例中，磷摻雜層及／或硼摻雜層係在 350°C 以下的低溫環境下進行摻雜而形成，且本質非晶矽層係為藉由觸媒化學氣相沉積法而形成的薄膜。

【0032】 藉由上述構成，由於本發明的本質非晶矽層是透過觸媒化學氣相沉積（Catalytic Chemical Vapor Deposition，下稱 Cat-CVD）法而沉積形成，故上述晶矽基板的上表面不會產生缺陷，因而可製造出高品質的太陽能電池。

【0033】 其次，藉由上述構成，由於本發明中電子與電洞在晶矽基板上表面產生的再結合現象將被抑制到最低限度，因此可得到效率極高的太陽能電池。

【0034】 又，藉由上述構成，即便晶矽基板的形成厚度小於 100 μm ，本發明仍可在晶矽基板的特性不產生劣化的前提下，將電子與電洞在上表面產生的再結合現象抑制到最低限度，因此可得到高效率的太陽能電池。

【0035】 又，藉由上述構成，由於本發明的摻雜層是使用摻雜氣體與觸媒在 Cat-CVD 裝置內進行接觸分解反應而生成的晶種，並且是以低溫摻雜的方式形成，因此，即便晶矽基板的形成厚度小於 100 μm ，本發明仍可在晶矽基板的特性不產生劣化的前提下，將電子與電洞在上表面產生的再結合現象抑制到最低限度，進而易於得到高效率的太陽能電池。

【0036】 另外，本發明的本質非晶矽薄膜與氮化矽膜皆是透過 Cat-CVD 法而形成，其中，氮化矽膜係覆蓋於晶矽基板的下表面，且氮化矽膜係透過蝕刻法以一特定間隔設置有多個細孔，而電極群則是形成在這些細孔的位置之上。

【0037】 因此，透過在單晶矽或多晶矽等晶矽基板上覆蓋非晶矽與氮化矽的沉積膜，本發明將可防止由太陽光生成的電子與電洞產生再結合的現象。其中，上述沉積膜可顯著地防止載子在晶矽基板的上表面產生再結合現象，且上述沉積膜是在不讓晶矽基板產生缺陷的情況下由 Cat-CVD 法進行沉積而形成。接著，在覆蓋沉積膜後，透過蝕刻法以特定間隔對晶矽基板下表面的氮化矽膜設置多個細孔，並在這些細孔的位置上形成電極群，本發明將可使晶矽基板的大半部分與外界空氣隔絕。

【0038】 於此，本發明是透過液體塗布法形成上述電極群。

【0039】 同時，由於上述電極群是在低溫製程的條件下形成，故可得到良好的效率。

【0040】 進一步地，液體塗布法可例如使用噴墨塗布（Inkjet coating）

是或旋塗 (Spin coating) 等方法。上述的液體塗布法亦被稱為液體製程，其係塗布含有微粒的液體，並進行氫原子處理等步驟而使電極形成。其中，含有微粒的液體係由導電金屬微粒或導電金屬膜製備而生成。

【0041】 另外，本發明的晶矽基板係由 n 型晶矽所構成，且晶矽基板的受光面係具有纖維化結構 (texture structure)。

【0042】 藉此，本發明可有效率地收集電子和電洞，進而可得到一種高效率的太陽能電池。

【0043】 又，本發明的電極群可透過將第一電極群及第二電極群交錯設置而形成，其中第一電極群係用於收集電子，第二電極群係用於收集電洞。

【0044】 藉此，由於上述電極群係透過平均的設置方式而形成，故本發明的太陽能電池較易於得到良好的效率。

【0045】 另外，本發明之晶矽基板中位於受光面一側的氮化矽膜，是在鄰接於非晶矽層的一側先形成一作為基底層的氮化矽薄膜，並在其上方沉積一層氧化物、氮氧化矽或氧化鋁等折射率低於作為基底層的氮化矽且成分中含有氧的薄膜而形成。

【0046】 藉此，由於上述氮化矽膜是由折射率不同的沉積薄膜所構成，因此可吸收波長較短的太陽光，擴展其對太陽光的可吸收波段而形成一種波域較廣的太陽能電池元件。

【0047】 另外，本發明的非晶矽層係具有非晶矽的晶體結構，並且含有氫、氧、氮、碳、鍺、錫、硼、磷等不純物。同時，上述氮化矽膜係具有氮化矽的晶體結構，並且含有氫、氧、碳等不純物。

【0048】 藉此，本發明可從既有的生產線製造而獲得效率良好的太陽能電池。於此需補充說明的是，上述不純物係泛指在無法避免的情況下摻雜到的不純物以及刻意加入的不純物，且上述不純物的含有率可任意決定。

【0049】 承上所述，本發明的異質接面太陽能電池可防止電子與電洞在異質接合的界面上產生再結合現象，進而提升電子或電洞的收集效率。同時，由於本發明中界面遷移層的厚度較薄，故界面的實質面積也較小，因此可防止界面上產生再結合現象，進而可整體性地延長少數載子壽

命。此外，由於本發明的本質非晶矽層是透過 Cat-CVD 法沉積形成，故晶矽基板的上表面不會產生缺陷，因而可製造出高品質的太陽能電池。因此，本發明的異質接面太陽能電池具有良好的效率及品質。

【圖式簡單說明】

【0050】

圖 1 為習知技術之一種使用非晶矽與 n 型晶矽的異質接面太陽能電池中，電子收集電極之周圍的能帶構造示意圖。

圖 2 為習知技術之一種使用非晶矽與 n 型晶矽的異質接面太陽能電池中，電洞收集電極之周圍的能帶構造示意圖。

圖 3 為本發明之一種使用非晶矽與 n 型晶矽的異質接面太陽能電池中，電子收集電極之周圍的能帶構造示意圖。

圖 4 為本發明之一種使用非晶矽與 n 型晶矽的異質接面太陽能電池中，電洞收集電極之周圍的能帶構造示意圖。

圖 5 為習知技術之一種將電子收集電極覆蓋在晶矽基板之兩端表面的示意圖，其中電子收集電極係由非晶矽與 n 型晶矽進行異質接合而形成。

圖 6 為本發明之一種將電子收集電極覆蓋在晶矽基板之兩端表面的示意圖，其中電子收集電極係由非晶矽與 n 型晶矽進行異質接合而形成。

圖 7 為習知技術與本發明之少數載子壽命的估測結果比較圖，其中少數載子壽命係以微波光電導衰退法進行估測並表示為與 Cat-doping 法的處理氣壓之間的關係。

圖 8 為實驗樣本的構成示意圖。

圖 9A 為用超高解析度穿透式電子顯微鏡觀察本發明一種由 Cat-CVD 法沉積在晶矽基板正上方之本質非晶矽膜樣本而得到的電子顯微鏡影像示意圖。

圖 9B 為用超高解析度穿透式電子顯微鏡觀察本發明一種由 Cat-CVD 法沉積在晶矽基板正上方之本質非晶矽膜樣本而得到的電子顯微鏡影像中，以晶矽的原子排列有周期性及沒有周期性的情況下所得到之訊號強度的變化幅度來估測遷移層寬度的示意圖。

圖 10A 為用超高解析度穿透式電子顯微鏡觀察習知技術一種由電漿輔助化學氣相沉積法形成之樣本而得到的電子顯微鏡影像示意圖。

圖 10B 為本發明之用超高解析度穿透式電子顯微鏡觀察習知技術一種由電漿輔助化學氣相沉積法形成之樣本而得到的電子顯微鏡影像中，以晶矽的原子排列有周期性及沒有周期性的情況下所得到之訊號強度的變化幅度來估測遷移層寬度的示意圖。

圖 11 為本發明之異質接面太陽能電池 1 的剖面構造簡圖。

圖 12 為本發明之異質接面太陽能電池 2 的剖面構造簡圖。

圖 13 為本發明之用於進行 Cat-doping 法的裝置簡圖。

圖 14 為使用本發明之 Cat-doping 法，在基板溫度為 80°C 的條件下將磷原子導入至晶矽之中時，以二次離子質譜分析法觀察磷原子於晶矽內之分布情況的結果示意圖。

圖 15 為本發明之異質接面太陽能電池 3 的剖面構造簡圖。

圖 16 為習知技術與本發明之太陽能電池的發電特性比較圖。

【實施方式】

【0051】 以下將參照相關圖式，詳細說明本發明所適用的具體實施態樣。

【0052】 本發明的驗證實驗：為了確認本發明之電極構造的效果，本實驗係對圖 5 所示之習知技術的樣本 500 與圖 6 所示之本發明的樣本 600 中的少數載子壽命進行比較，藉此估測本發明的效果。其中，圖 5 係表示習知技術的樣本 500，其係在 n 型晶矽基板 501 的兩端表面分別異質接合無

摻雜本質非晶矽極薄膜 502，並形成 n 型非晶矽膜 503 之後，再將電子收集電極 504 覆蓋至所形成之晶矽基板的兩端表面。另一方面，圖 6 係表示本發明的樣本 600，其係在 n 型晶矽基板 601 的兩端表層分別以 Cat-doping 法摻雜磷原子而形成磷摻雜層 608 之後，再沉積無摻雜本質非晶矽極薄膜 602 及 n 型非晶矽膜 603，並將電子收集電極 604 覆蓋至所形成之晶矽基板的兩端表面。

【0053】 於此，少數載子壽命係透過微波光電導衰退 (Microwave Photo Conductivity Decay, μ -PCD) 法來進行估測，其估測結果與 Cat-doping 法的處理氣壓之間的關係已示於圖 7。由於在本發明中，晶矽的表層係形成有摻雜了磷原子的磷摻雜層，並藉此防止電子和電洞在晶矽與非晶矽的介面上產生再結合的現象，因此，如圖 7 所示，相較於晶矽表層未進行摻雜的樣本 500 中少數載子壽命只有 200 微秒 (μ s)，晶矽表層以 Cat-doping 法摻雜有磷摻雜層 608 的樣本 600 中，少數載子壽命係飛躍性地提高到了 1.8 毫秒 (ms)。換言之，由圖 7 可看出本發明帶來了前所未見的效果。

【0054】 進一步地，在本發明中，為了不使晶矽基板的上表面形成如習知技術般的電漿損傷，非晶矽層的沉積方式也是採用不會對晶矽基板帶來電漿損傷的 Cat-CVD 法。另外，圖 8 所示的一種樣本 800 係在 n 型晶矽基板 801 其上下兩端的表面上沉積厚度約為 10 nm 的本質非晶矽膜 802，並接著在其上方沉積氮化矽膜 803 而構成，本發明於此也測定了此樣本 800 的少數載子壽命。

【0055】 此時，用空間解析度高達 0.08 nm 的超高解析度穿透式電子顯微鏡觀察一樣本 900 而得到的電子顯微鏡影像已顯示在圖 9A 之中，其中樣本 900 係在 n 型晶矽 901 的正上方以 Cat-CVD 法沉積本質非晶矽膜 902 而形成。在圖 9A 所示的影像中，可清楚地觀察到晶體結構中矽原子的排列方式。圖 9A 中的符號 904 係表示矽原子對的影像，且符號 903 係表示 n 型晶矽基板 901 與本質非晶矽膜 902 之間的界面遷移層。另一方面，用空間解析度高達 0.08 nm 的超高解析度穿透式電子顯微鏡觀察另一樣本 1000 而得到的電子顯微鏡影像已顯示在圖 10A 之中，其中樣本 1000 係在 n 型晶矽基板 1001 的正上方以習知的電漿輔助化學氣相沉積法 (以下簡稱「PECVD 法」) 沉積本質非晶矽膜 1002 而形成。圖 10A 中的符號 1004 係表示矽原子

對的影像，且符號 1003 係表示 n 型晶矽基板 1001 與本質非晶矽膜 1002 之間的界面遷移層。比較本發明的圖 9A 與習知技術的圖 10A 可明顯看出，在圖 9A 所示之使用 Cat-CVD 非晶矽膜的樣本 900 中，非晶矽與晶矽之間的界面遷移層 903 的寬度約為 0.3 nm 左右，至少可確定是在 0.5 nm 以下，相較之下，在圖 10A 所示之使用 PECVD 非晶矽膜的樣本 1000 中，非晶矽與晶矽之間的界面遷移層 1003 的寬度則為 1.0 nm 左右。

【0056】 又，圖 9B 為用超高解析度穿透式電子顯微鏡觀察圖 9A 所示之樣本 900 而得到的電子顯微鏡影像中，以晶矽的原子排列有周期性及沒有周期性的情況下所得之訊號強度的變化幅度來估測遷移層寬度的示意圖。圖表中的縱軸係表示相對於晶矽的訊號強度，橫軸則表示從晶矽表層開始算起的深度。另一方面，圖 10B 為用超高解析度穿透式電子顯微鏡觀察由習知 PECVD 法形成之樣本 1000 而得到的電子顯微鏡影像中，以晶矽的原子排列有周期性及沒有周期性的情況下所得之訊號強度的變化幅度來估測遷移層寬度的示意圖。比較本發明的圖 9B 與習知技術的圖 10B 可明顯看出，在圖 9B 所示之使用 Cat-CVD 非晶矽膜的樣本 900 中，非晶矽與晶矽之間的界面遷移層 903 的寬度為 0.6 nm，相較之下，在圖 10B 所示之使用 PECVD 非晶矽膜的樣本 1000 中，非晶矽與晶矽之間的界面遷移層 1003 的寬度則為 1.8 nm。

【0057】 由於穿透式電子顯微鏡對於厚度為 10~20 nm 的樣本會穿透而進行觀察，因此可自動獲得與樣本深度相關的資訊。換言之，若界面遷移層的厚度較大，則表示從樣本的深度方向上觀察非晶矽與晶矽的界面時會看見凹凸不平的部分。因此，隨著界面的實質面積增加，界面上產生的再結合現象也會隨之增加，進而導致樣本整體的少數載子壽命降低。此外，在使用 Cat-CVD 非晶矽膜的情況下，樣本的少數載子壽命約係為 10 毫秒，然而，若使用 PECVD 非晶矽膜，樣本的少數載子壽命值則會減少至 0.3 毫秒。由此可看出，使用 Cat-CVD 法成膜可帶來相當可觀的效果。

【0058】 實施態樣：本發明係藉由將晶矽太陽能電池中的晶矽基板製為較薄的厚度，減少晶矽原料的使用量而達成降低成本的目的。此外，本發明藉由改善電子收集電極與電洞收集電極的構造以提高電子和電洞的收集選擇性，還可提升電子收集電極的電子收集效率和電洞收集電極的電

洞收集效率，進而提升太陽能電池的能量轉換效率。進一步地，本發明的技術方案係使用 Cat-CVD 法來沉積非晶矽膜，由於此 Cat-CVD 法的原料氣體利用效率係高達習知 PECVD 法的 10 倍左右，因此可達成進一步降低製造成本的效果。

【0059】 本發明一實施態樣之太陽能電池 1 的構造係如圖 11 所示。於此，太陽光照射面係使用一種可極力避免太陽光反射的構造，其係利用光的漫反射原理而形成。

【0060】 在圖 11 所示的實施態樣中，太陽能電池 1 的太陽光照射面及其下表面係分別形成有電子收集電極 1108 及電洞收集電極 1118。於此，本實施態樣的太陽光照射面係使用 n 型晶矽基板 1101 進行製備。n 型晶矽基板 1101 的表層係透過 Cat-doping 法在 80°C 的低溫下導入磷原子，使上述表層部分由 n 型轉變為 n⁺型而形成一磷摻雜層 1102，接著在磷摻雜層 1102 之上依序以 Cat-CVD 法沉積形成厚度為數 nm 的本質非晶矽膜 1104 及厚度為 10~20 nm 的 n 型非晶矽膜 1105 之後，再於 n 型非晶矽膜 1105 之上沉積透明導電膜 1107 並沉積銀等金屬而構成電子收集電極 1108。其中，透明導電膜 1107 係插入形成在 n 型非晶矽膜 1105 與電子收集電極 1108 之間，並且是用於防止最後沉積的電子收集電極 1108 擴散至非晶矽層 1106。於此，符號 1109 係表示氮化矽膜。又，在圖 11 所示的實施態樣中，太陽能電池 1 之 n 型晶矽基板 1101 的另一表層係透過 Cat-doping 法在 80°C 的低溫下導入硼原子，使上述表層部分由 n 型轉變為 p 型而形成一硼摻雜層 1103，接著在硼摻雜層 1103 之上依序以 Cat-CVD 法沉積形成厚度為數 nm 的本質非晶矽膜 1104 及厚度為 10~20 nm 的 n 型非晶矽膜 1105 之後，再於 n 型非晶矽膜 1105 之上沉積透明導電膜 1107 並沉積銀等金屬而構成電洞收集電極 1118。

【0061】 另外，本發明另一實施態樣之太陽能電池 2 的構造係如圖 12 所示。於此，太陽光照射面同樣是使用一種可極力避免太陽光反射的構造，其係利用光的漫反射原理而形成。

【0062】 在圖 12 所示的實施態樣中，太陽能電池 2 的太陽光照射面並沒有設置電極，電子收集電極 1208 及電洞收集電極 1218 雙方皆是形成在太陽光照射面的下表面，且本實施態樣的太陽光照射面於此係使用 n 型

晶矽基板 1201 進行製備。n 型晶矽基板 1201 的表層係透過 Cat-doping 法在 80°C 的低溫下導入磷原子，使上述表層部分由 n 型轉變為 n⁺型而形成一磷摻雜層 1202，接著在磷摻雜層 1202 之上依序以 Cat-CVD 法沉積形成厚度為數 nm 的本質非晶矽膜 1204 及厚度為 10~20 nm 的 n 型非晶矽膜 1205 之後，再於 n 型非晶矽膜 1205 之上沉積透明導電膜 1207 並沉積銀等金屬而構成電子收集電極 1208。其中，透明導電膜 1207 係插入形成在 n 型非晶矽膜 1205 與電子收集電極 1208 之間，並且是用於防止最後沉積的電子收集電極 1208 擴散至非晶矽層 1206。於此，符號 1209 係代表氮化矽膜。又，在圖 12 所示的實施態樣中，太陽能電池 2 之 n 型晶矽基板 1201 的表層係還透過 Cat-doping 法在 80°C 的低溫下導入硼原子，使上述表層部分由 n 型轉變為 p 型而形成一硼摻雜層 1203，接著在硼摻雜層 1203 之上依序以 Cat-CVD 法沉積形成厚度為數 nm 的本質非晶矽膜 1204 及厚度為 10~20 nm 的 n 型非晶矽膜 1205 之後，再於 n 型非晶矽膜 1205 之上沉積透明導電膜 1207 並沉積銀等金屬而構成電洞收集電極 1218。藉由上述構成，本實施態樣的太陽光照射面可進一步施以各式各樣的加工而效率良好地吸收太陽光，不僅能夠在電極從太陽光照射面脫落時排除電極帶來的影響，且此太陽能電池構造還能夠帶來許多有利的功效。

【0063】 實施例：首先詳細說明在 80°C 的低溫下以 Cat-doping 法將磷原子及硼原子導入至晶矽表層的具體實施例。圖 13 為本發明之用於進行 Cat-doping 法的裝置 1300 的簡圖。裝置 1300 本身的構成係與 Cat-CVD 裝置相同，於此是使用直徑為 30 cm 且高度約為 30 cm 之不鏽鋼製的反應腔 1301，此反應腔 1301 係設有一真空排氣口 1302 且被抽氣而形成真空狀態。首先，從氣體導入口 1307 將流量約為 0.4 sccm (sccm：表示一大氣壓下每分鐘流入的氣體體積，其中氣體體積係以平方公分為單位) 的磷化氫導入反應腔 1301 內，同時亦可同時導入流量為 10~20 sccm 的氫氣。此時的氣壓大小約為 1~2 帕斯卡 (此後簡稱「Pa」)。接著，將晶矽 1304 設置於樣本台 1303。一般而言，為了預防晶矽 1304 的上表面被污染，晶矽 1304 通常只會以端點面進行固定，且需進行加工以避免接觸到樣本台 1303 的上表面。此時晶矽 1304 的溫度約是保持在 80°C 左右。其次，用於使磷化氫氣體分解的觸媒可例如是粗約 0.5 mm、長約 2 cm 的鎢線作為觸媒線 1305，此

觸媒線 1305 與樣本之間的距離 D_{cs} 約保持在 10 cm 左右，並且被彎折為鋸齒狀而拉開設置。設置完成後通電加熱鎢線 1305 並令其溫度保持在 1300 °C 左右。本實施例中，導入磷化氫氣體並進行 Cat-doping 法的反應時間雖是設定在 60 秒，但此反應時間可因應需求任意變更。需特別注意的是，Cat-doping 的反應時間不需太久，即便反應時間短於 60 秒亦能夠得到充分的效果。另外，圖 13 中所指的符號 1306 係表示氣體噴頭。

【0064】 另一方面，使用硼的 Cat-doping 法除了以乙硼烷取代磷化氫這一處有所不同以外，其它所有步驟皆與使用磷的 Cat-doping 法相同。

【0065】 圖 14 為使用本發明之 Cat-doping 法，在基板溫度為 80°C 的條件下將磷原子導入至晶矽之中時，以二次離子質譜分析法觀察磷原子於晶矽內之分布情況的結果示意圖。在圖 14 所示的圖表中，縱軸係表示磷原子的密度，橫軸則表示從晶矽表層開始算起的深度。其中，磷原子的分布情況係依據一補餘誤差函數 (complementary error function, 以下簡稱「erfc」) 而定，此 erfc 是將晶矽上表面的摻雜氣體濃度假設為一定值並產生熱擴散現象時可見到的一種分布函數，且經由實驗證實，晶矽中的磷原子只需在 80°C 的低溫條件下便會產生上述的熱擴散現象。於此，符號 1402 即表示其中一種類型的補餘誤差函數。於此需補充的是，將 800°C 以上的高溫實驗環境下測得之一般磷原子熱擴散現象的擴散係數，透過外插法估算 80°C 的擴散係數而得到的值係為 10^{-28} ($\mu\text{m}^2/\text{每小時}$)，比 800°C 環境下的擴散係數大了將近 10^{20} 倍，此亦為 Cat-doping 法最大的特徵之一。又，磷原子的摻雜深度雖然非常淺，只在 10 nm 以下，但此摻雜深度已足以讓晶矽上表面的能帶產生彎曲現象。於此，符號 1403 係表示晶矽基板的上表面位置，符號 1401 則表示從晶矽基板的下表面進行蝕刻而測定到的磷原子分布密度。

【0066】 就一般的製造方法而言，雖然會在表層導入有磷原子或硼原子的晶矽基板上依序沉積本質非晶矽、n 型及 p 型非晶矽之後，再於其上方形成透明電極及金屬電極而構成本實施態樣所述的太陽能電池 1 或 2。但為了在實施例中突顯本發明的功效，如圖 15 所示，於此係將比較對象限定為電子收集電極的部分。其中，本實施例於此係製造了一種太陽能電池 3，其 n 型晶矽 1501 的上表面係以 Cat-doping 法摻雜磷原子而形成有一磷摻雜層 1502，磷摻雜層 1502 的上方係依序沉積有本質非晶矽膜 1503 及 n 型非

晶矽膜 1504，並形成有透明電極膜 1506 及銀電極 1507，同時，n 型晶矽 1501 的下表面係依序沉積有本質非晶矽膜 1503 及 p 型非晶矽膜 1505，並形成有透明電極膜 1506 及銀電極 1507。接著，本實施例係對太陽能電池 3 的特性與不含 Cat-doping 層之習知太陽能電池的特性進行了比較。

【0067】 圖 16 為習知技術之不含 Cat-doping 磷原子層的太陽能電池 1602 與本發明之含有 Cat-doping 磷原子層的太陽能電池 1601 的電流－電壓特性，即發電特性的比較圖。在此實施例中，太陽能電池的上表面並沒有施加任何防止太陽光反射的加工，係處於較初步的形態。此時，習知技術之太陽能電池 1602 的短路電流 J_{sc} 為 $36.00 [mA/cm^2]$ ，但相較之下，透過使晶矽表層含有本發明的 Cat-doping 磷原子層，因電極的電子收集效率有所提升，故本發明之太陽能電池 1601 的短路電流 J_{sc} 可提升至 $36.57 [mA/cm^2]$ 。此外，習知技術之太陽能電池 1602 的效率雖只有 15.73%，但本發明之太陽能電池 1601 的效率可達到 17.09%，較習知技術提升了約 10%。因此，如本實施例所示，本發明可讓使用非晶矽與晶矽的異質接面太陽能電池的能量轉換效率有進一步的提升。

【0068】 綜上所述，本發明的構成及方法並不為上述實施態樣所限。舉例來說，上述實施態樣的非晶矽膜與氮化矽膜雖然皆是透過 Cat-CVD 法而形成，但本發明並非為此所限。本領域技術人員應當理解，任何未脫離本發明之精神與範疇而對其進行的適應性變更，均包含在本發明保護的範圍之中。

【符號說明】

【0069】

- 1、1601、1602、2、3：太陽能電池／異質接面太陽能電池
- 101、1001、1101、1201、201、301、401、501、601、801：n 型晶矽基板
- 102、202、502、602：無摻雜本質非晶矽極薄膜
- 103、1105、1205、1504、203、503、603：n 型非晶矽膜
- 104、1108、1208、304、504、604：電子收集電極
- 105、205、305、405：費米能階

- 106、206、306、406：傳導帶最低能階
- 107、207、307、407：價帶最高能階
- 1000、500、600、800、900：樣本
- 1002、1104、1204、1503、802、902：本質非晶矽膜
- 1003、903：界面遷移層
- 1004、904：矽原子對的影像
- 1102、1202、1502、608：磷摻雜層
- 1103、1203：硼摻雜層
- 1106、1206、302、402：非晶矽層
- 1107、1207：透明導電膜
- 1109、1209、803：氮化矽膜
- 1118、1218、204、404：電洞收集電極
- 1300：裝置
- 1301：反應腔
- 1302：真空排氣口
- 1303：樣本台
- 1304：晶矽
- 1305：觸媒線／鎢線
- 1306：氣體噴頭
- 1307：氣體導入口
- 1401：磷原子分布密度
- 1402：補餘誤差函數
- 1403：晶矽基板的上表面位置
- 1501、901：n 型晶矽
- 1505：p 型非晶矽膜
- 1506：透明電極膜
- 1507：銀電極
- D_{cs} ：距離
- J_{sc} ：短路電流

申請專利範圍

- 1、一種異質界面太陽能電池，其係將一本質非晶矽層與一晶矽基板進行異質接合而形成，
其中，該晶矽基板係包含一磷摻雜層及／或一硼摻雜層，該磷摻雜層係在該晶矽基板中深度小於 10 nm 的極表層區域摻雜磷原子而形成，該硼摻雜層係在該晶矽基板中深度小於 10 nm 的極表層區域摻雜硼原子而形成。
- 2、如申請專利範圍第 1 項所述的異質界面太陽能電池，其中該晶矽基板與該本質非晶矽層的界面係形成有一界面遷移層，且該界面遷移層的厚度係在 0.6 nm 以下。
- 3、如申請專利範圍第 1 項或第 2 項所述之異質界面太陽能電池，其中該晶矽基板的上表面係形成有該磷摻雜層，該本質非晶矽層係沉積於該磷摻雜層，一 n 型非晶矽層係沉積於該本質非晶矽層而形成一電子收集電極，同時，該晶矽基板的下表面係形成有該硼摻雜層，該本質非晶矽層係沉積於該硼摻雜層，一 p 型非晶矽層係沉積於該本質非晶矽層而形成一電洞收集電極。
- 4、如申請專利範圍第 1 項或第 2 項所述之異質界面太陽能電池，其中該晶矽基板的上表面係形成有該磷摻雜層，該本質非晶矽層係沉積於該磷摻雜層，一 n 型非晶矽層係沉積於該本質非晶矽層，一透明導電膜係形成於該 n 型非晶矽層，一氮化矽膜係形成於該透明導電膜的上方且依特定間隔設置有多個細孔，該等細孔的位置上係形成有一電子收集電極，同時，該晶矽基板的下表面係形成有該硼摻雜層，該本質非晶矽層係沉積於該硼摻雜層，一 p 型非晶矽層係沉積於該本質非晶矽層，另一透明導電膜係形成於該 p 型非晶矽層，另一氮化矽膜係形成於該另一透

明導電膜的下方且依特定間隔設置有多個細孔，該另一氮化矽膜之該等細孔的位置上係形成有一電洞收集電極。

- 5、如申請專利範圍第 1 項或第 2 項所述之異質接面太陽能電池，其中該晶矽基板的上表面係形成有該磷摻雜層，該磷摻雜層的上方係形成有一氮化矽膜，該晶矽基板的下表面係以一特定間隔形成有該磷摻雜層與該硼摻雜層，且該本質非晶矽層係沉積於該磷摻雜層與該硼摻雜層，一 n 型非晶矽層係沉積於該磷摻雜層的正下方，該 n 型非晶矽層係形成有一透明導電膜，且該透明導電膜的下方係形成有一電子收集電極，同時，一 p 型非晶矽層係沉積於該硼摻雜層的正下方，該 p 型非晶矽層係形成有另一透明導電膜，且該另一透明導電膜的下方係形成有一電洞收集電極。
- 6、如申請專利範圍第 1 項或第 2 項所述之異質接面太陽能電池，其中該晶矽基板的上表面係形成有該磷摻雜層，該磷摻雜層的上方係形成有一氮化矽膜，該晶矽基板的下表面係以特定間隔形成有該磷摻雜層與該硼摻雜層，且該本質非晶矽層係沉積於該磷摻雜層與該硼摻雜層，該本質非晶矽層的下方係形成有另一氮化矽膜，該另一氮化矽膜係依特定間隔設置有多個細孔，該磷摻雜層其正下方之設有該等細孔的位置係沉積有一 n 型非晶矽層，該 n 型非晶矽層係形成有一透明導電膜，該透明導電膜的下方係形成有一電子收集電極，同時，該硼摻雜層其正下方之設有該等細孔的位置係沉積有一 p 型非晶矽層，該 p 型非晶矽層係形成有另一透明導電膜，該另一透明導電膜的下方係形成有一電洞收集電極。
- 7、如申請專利範圍第 1 項或第 2 項所述之異質接面太陽能電池，其中該磷摻雜層及／或該硼摻雜層係在 350°C 以下的低溫環境下進行摻雜而形

成，且該本質非晶矽層係為藉由觸媒化學氣相沉積法而形成的薄膜。

- 8、一種異質接面太陽能電池的製造方法，該異質接面太陽能電池係將一本質非晶矽層與一晶矽基板進行異質接合而形成，
其中，該異質接面太陽能電池的製造方法係至少包含下列處理方法的其中之一，
使一含有磷的原料氣體與一受熱的金屬觸媒線接觸而生成一晶種，並在 350°C 以下的低溫環境將該晶矽基板暴露於該晶種，藉此將磷原子摻雜至該晶矽基板中深度小於 10 nm 的極表層區域而形成一磷摻雜層，
其中該含有磷的原料氣體係包含有磷化氫，或是
使一含有硼的原料氣體與一受熱的金屬觸媒線接觸而生成一晶種，並在 350°C 以下的低溫環境將該晶矽基板暴露於該晶種，藉此將硼原子摻雜至該晶矽基板中深度小於 10 nm 的極表層區域而形成一硼摻雜層，
其中該含有硼的原料氣體係包含有乙硼烷。
- 9、如申請專利範圍第 8 項所述之異質接面太陽能電池的製造方法，其中該晶矽基板與該本質非晶矽層的界面係藉由該磷摻雜層及／或該硼摻雜層的作用而形成一界面遷移層，且該界面遷移層的厚度係在 0.6 nm 以下。
- 10、如申請專利範圍第 8 項或第 9 項所述之異質接面太陽能電池的製造方法，其中該晶矽基板的上表面係形成有該磷摻雜層，該本質非晶矽層係藉由觸媒化學氣相沉積法而沉積於該磷摻雜層，一 n 型非晶矽層係沉積於該本質非晶矽層而形成一電子收集電極，
同時，該晶矽基板的下表面係形成有該硼摻雜層，該本質非晶矽層係沉積於該硼摻雜層，一 p 型非晶矽層係沉積於該本質非晶矽層而形成一電洞收集電極。

- 11、如申請專利範圍第 8 項或第 9 項所述之異質接面太陽能電池的製造方法，其中該晶矽基板的上表面係形成有該磷摻雜層，該本質非晶矽層係藉由觸媒化學氣相沉積法而沉積於該磷摻雜層，一 n 型非晶矽層係沉積於該本質非晶矽層，一透明導電膜係形成於該 n 型非晶矽層，一氮化矽膜係形成於該透明導電膜的上方且依特定間隔設置有多個細孔，該等細孔的位置上係形成有一電子收集電極，
- 同時，該晶矽基板的下表面係形成有該硼摻雜層，該本質非晶矽層係沉積於該硼摻雜層，一 p 型非晶矽層係沉積於該本質非晶矽層，另一透明導電膜係形成於該 p 型非晶矽層，另一氮化矽膜係形成於該另一透明導電膜的下方且依特定間隔設置有多個細孔，該另一氮化矽膜之該等細孔的位置上係形成有一電洞收集電極。
- 12、如申請專利範圍第 8 項或第 9 項所述之異質接面太陽能電池的製造方法，其中該晶矽基板的上表面係形成有該磷摻雜層，該磷摻雜層的上方係藉由觸媒化學氣相沉積法而形成有一氮化矽膜，該晶矽基板的下表面係以一特定間隔形成有該磷摻雜層與該硼摻雜層，且該本質非晶矽層係沉積於該磷摻雜層與該硼摻雜層，
- 一 n 型非晶矽層係沉積於該磷摻雜層的正下方，該 n 型非晶矽層係形成有一透明導電膜，且該透明導電膜的下方係形成有一電子收集電極，同時，一 p 型非晶矽層係沉積於該硼摻雜層的正下方，該 p 型非晶矽層係形成有另一透明導電膜，且該另一透明導電膜的下方係形成有一電洞收集電極。
- 13、如申請專利範圍第 8 項或第 9 項所述之異質接面太陽能電池的製造方法，其中該晶矽基板的上表面係形成有該磷摻雜層，該磷摻雜層的上方係藉由觸媒化學氣相沉積法而形成有一氮化矽膜，該晶矽基板的下

表面係以特定間隔形成有該磷摻雜層與該硼摻雜層，且該本質非晶矽層係沉積於該磷摻雜層與該硼摻雜層，

該本質非晶矽層的下方係形成有另一氮化矽膜，該另一氮化矽膜係依特定間隔設置有多個細孔，該磷摻雜層其正下方之設有該等細孔的位置係沉積有一 n 型非晶矽層，該 n 型非晶矽層係形成有一透明導電膜，該透明導電膜的下方係形成有一電子收集電極，同時，該硼摻雜層其正下方之設有該等細孔的位置係沉積有一 p 型非晶矽層，該 p 型非晶矽層係形成有另一透明導電膜，該另一透明導電膜的下方係形成有一電洞收集電極。

圖式

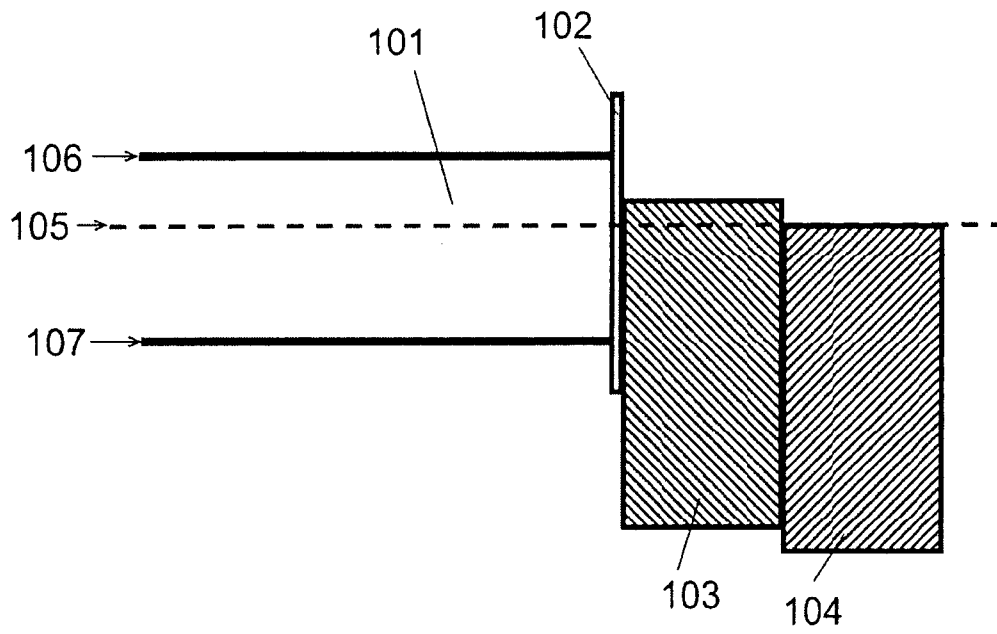


圖 1

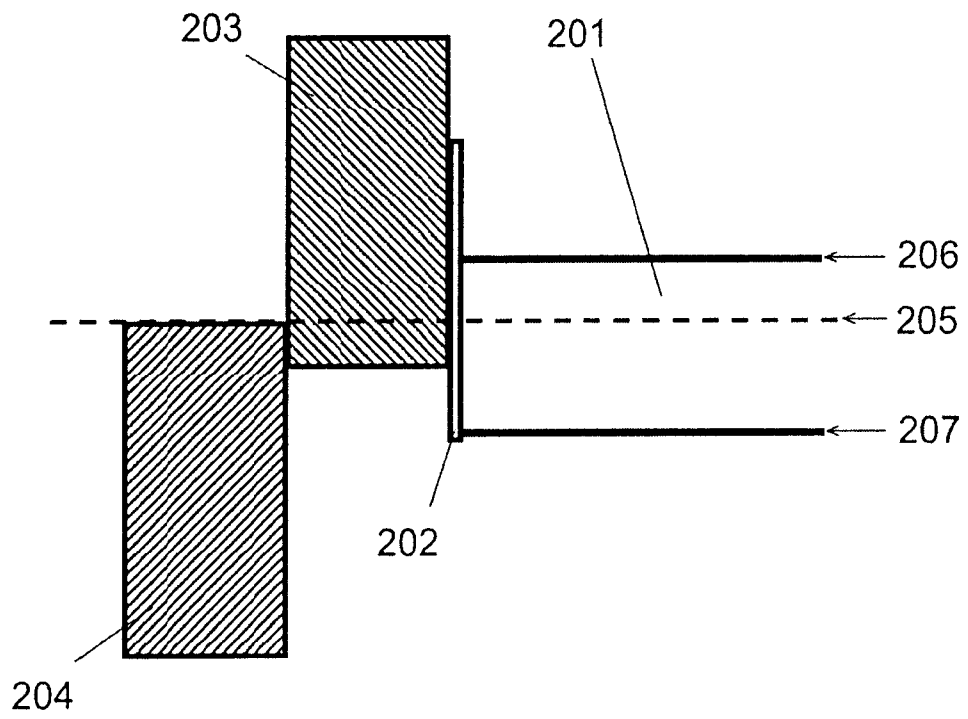


圖 2

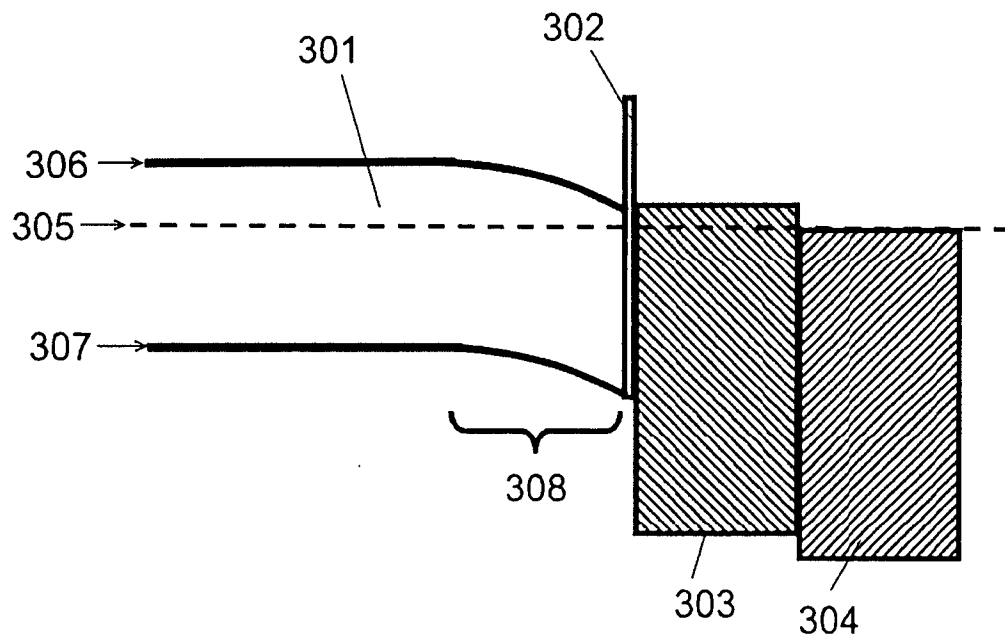


圖 3

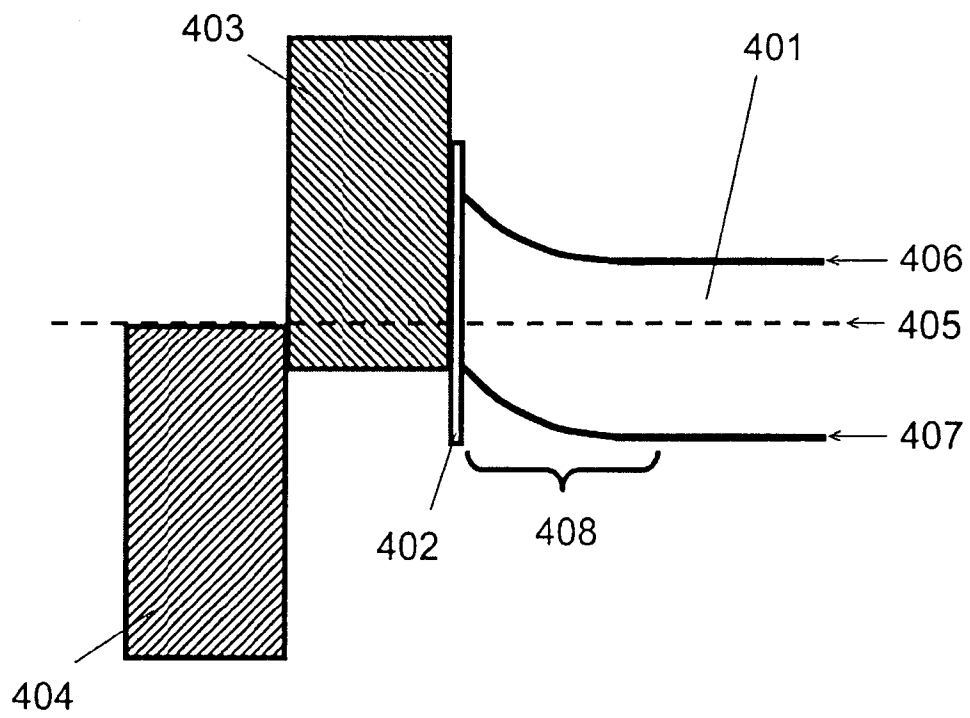


圖 4

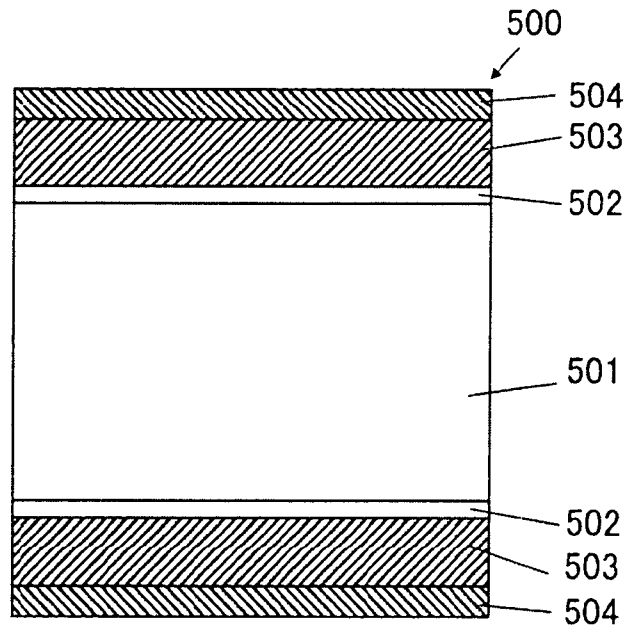


圖 5

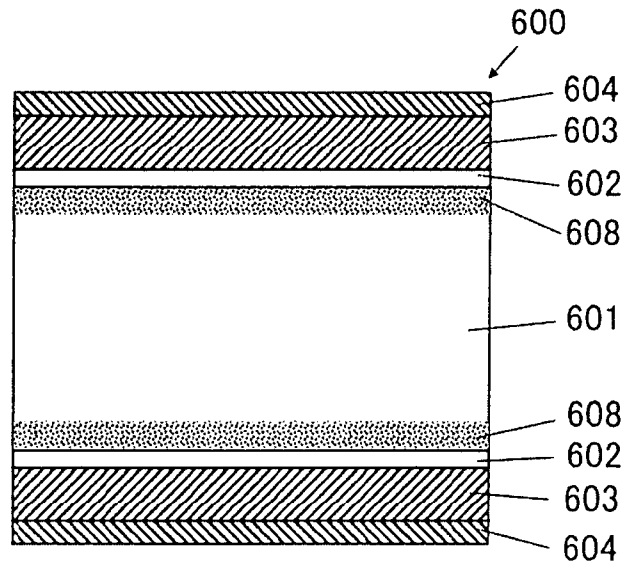


圖 6

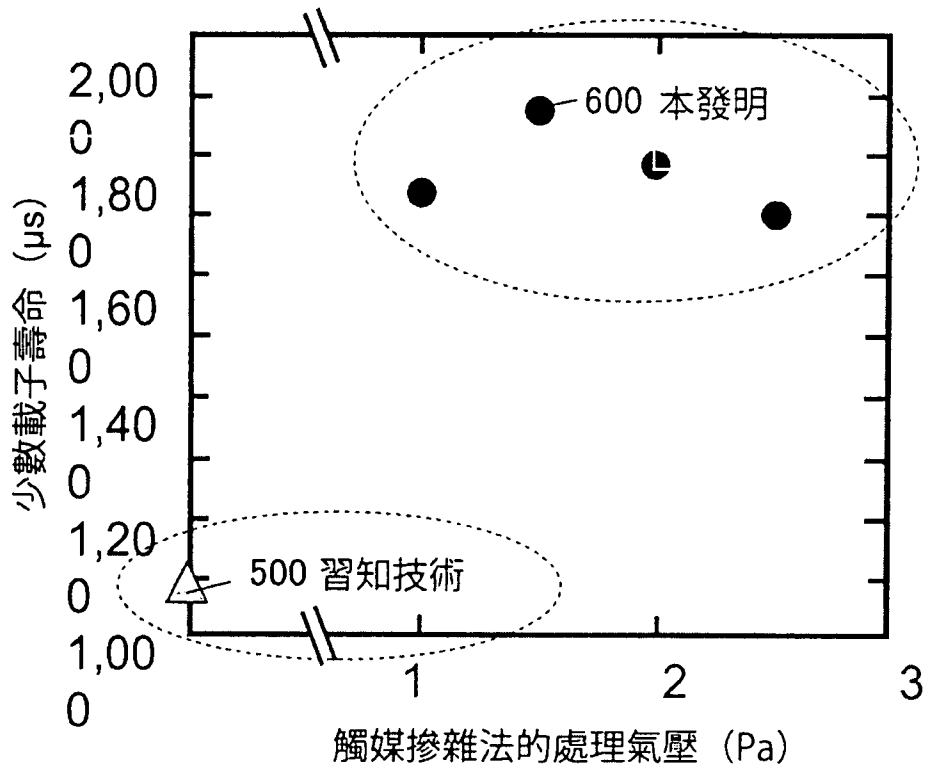


圖 7

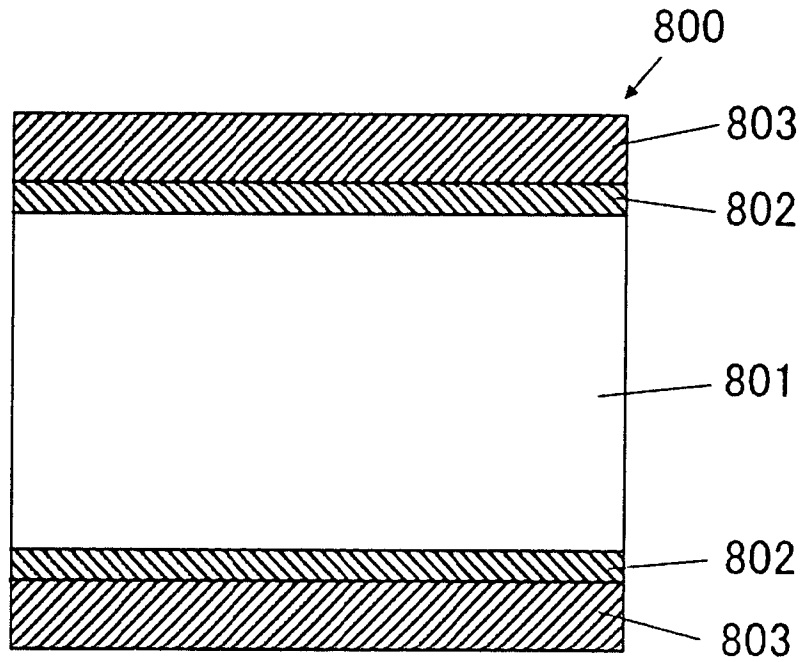


圖 8

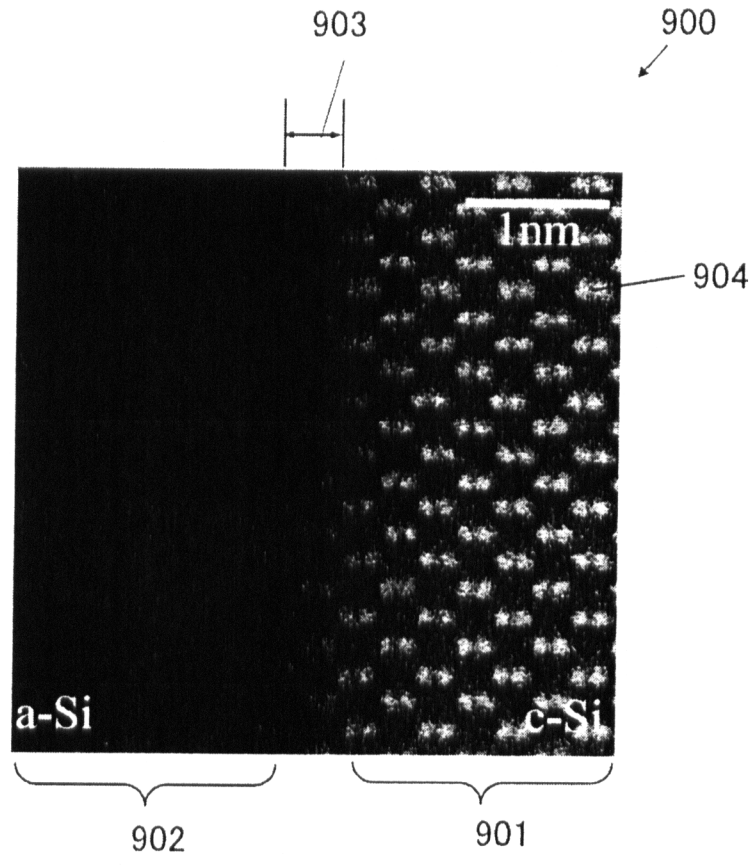


圖 9A

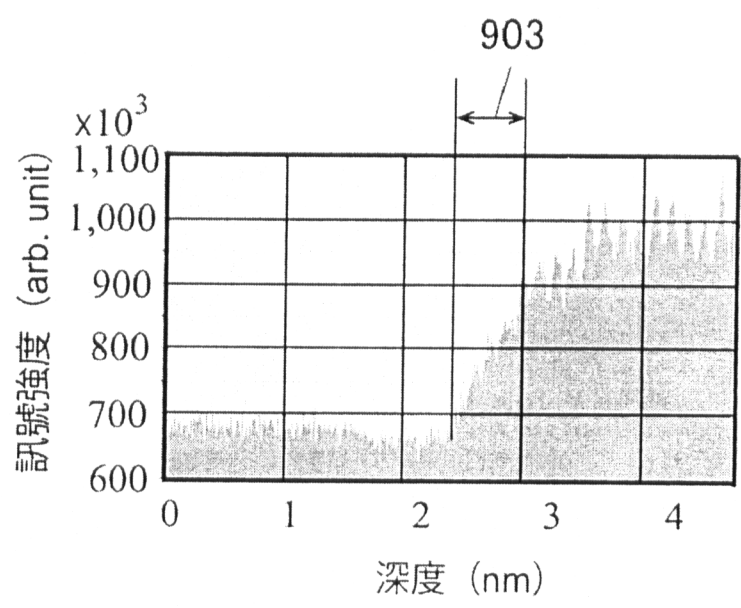


圖 9B

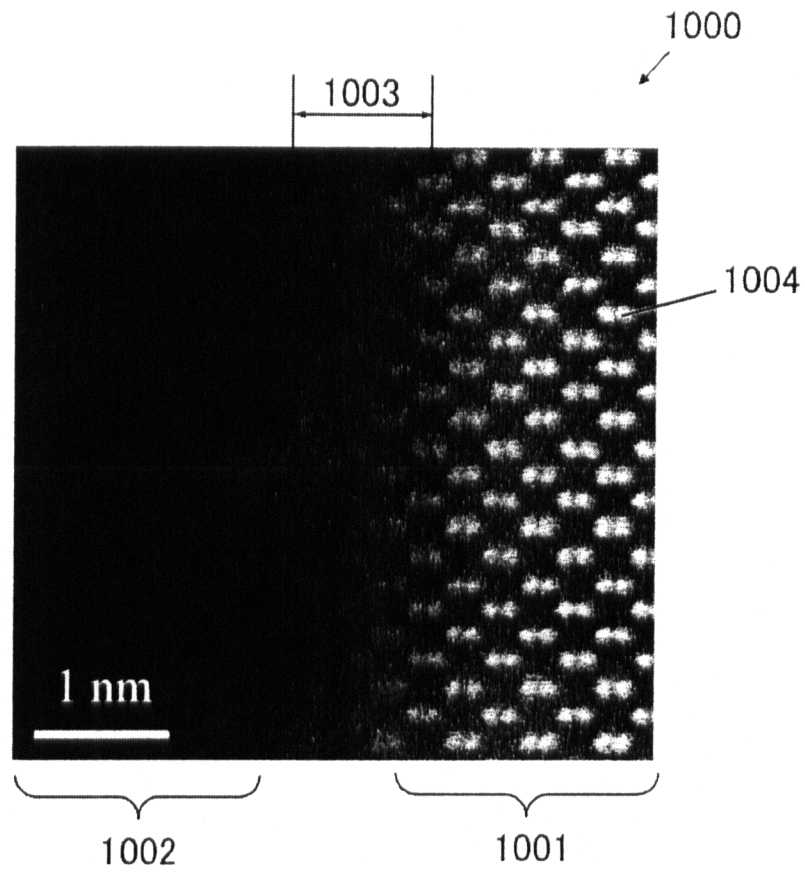


圖 10A

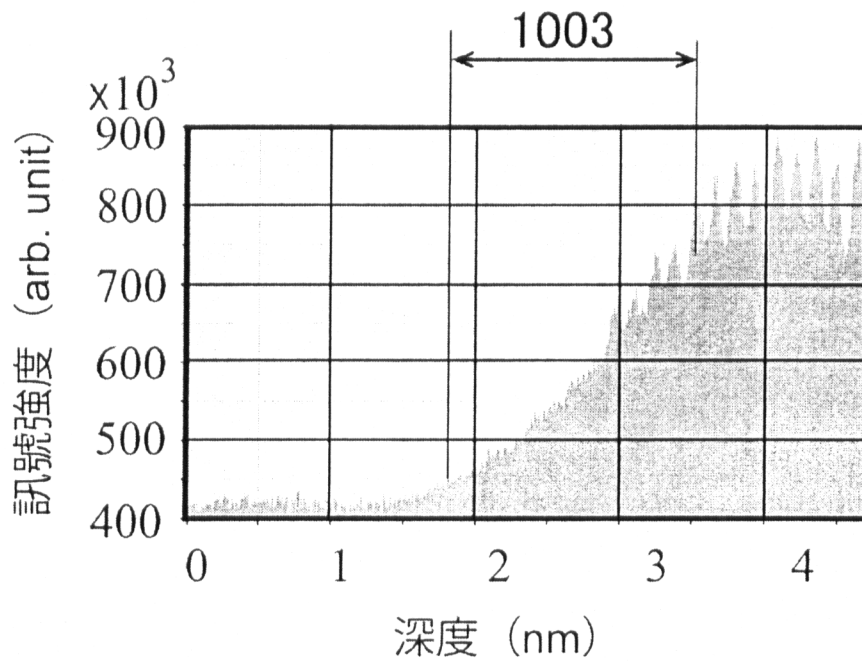


圖 10B

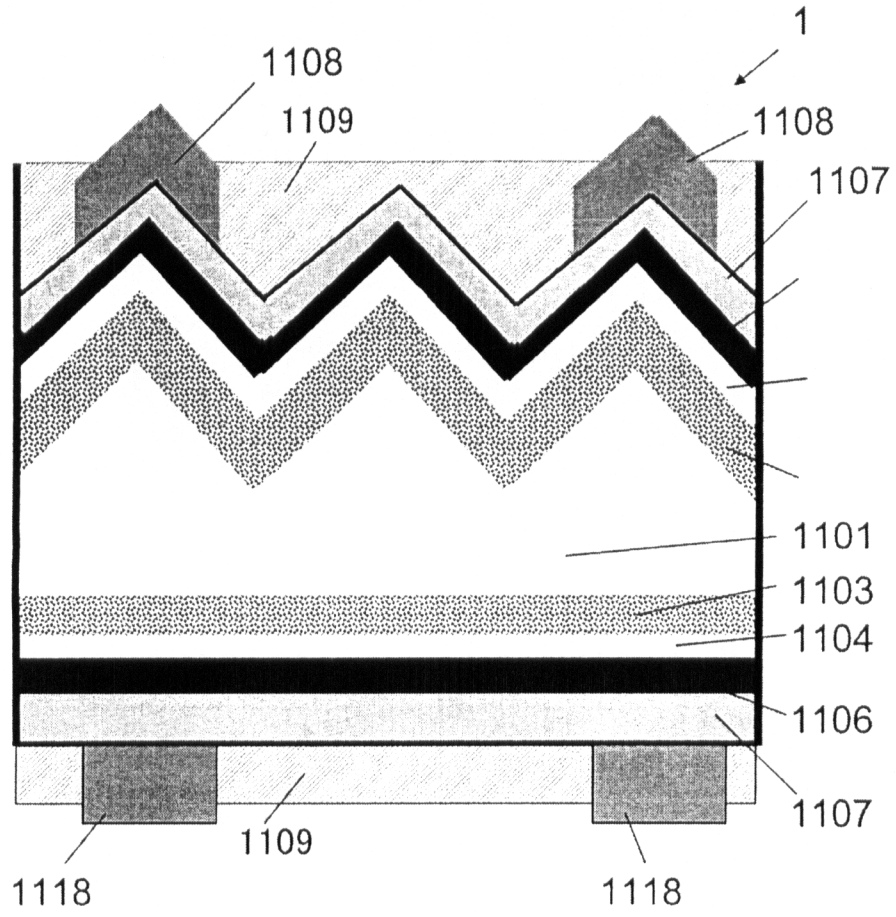


圖 11

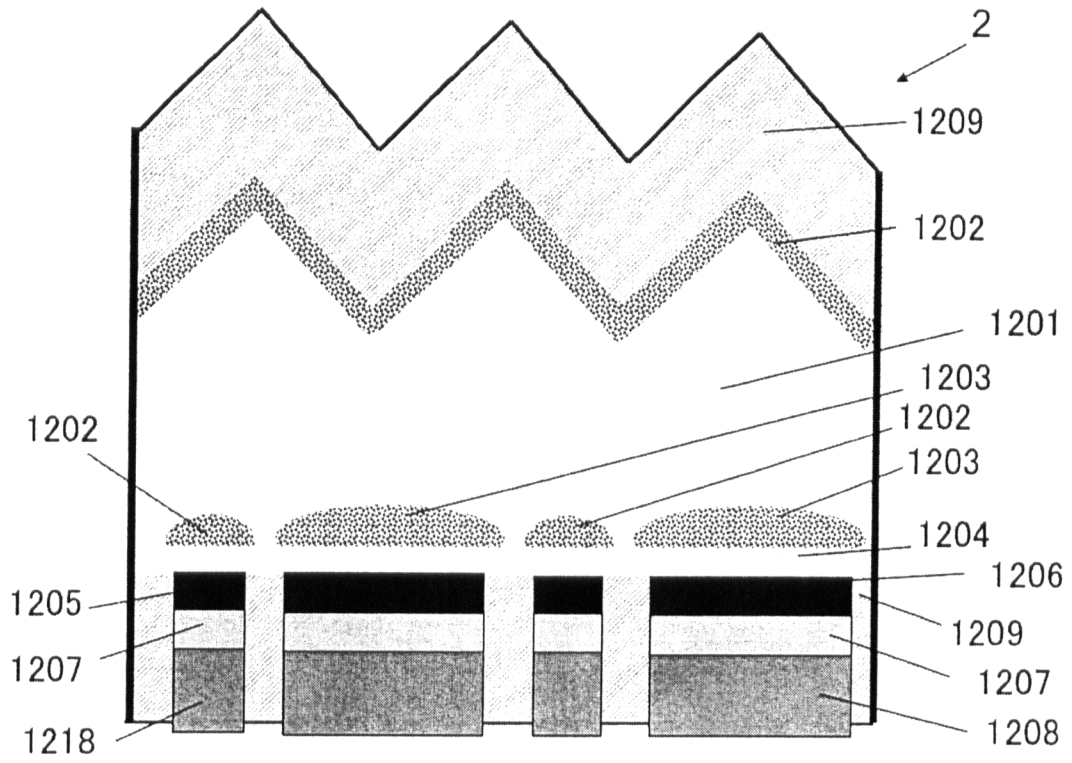


圖 12

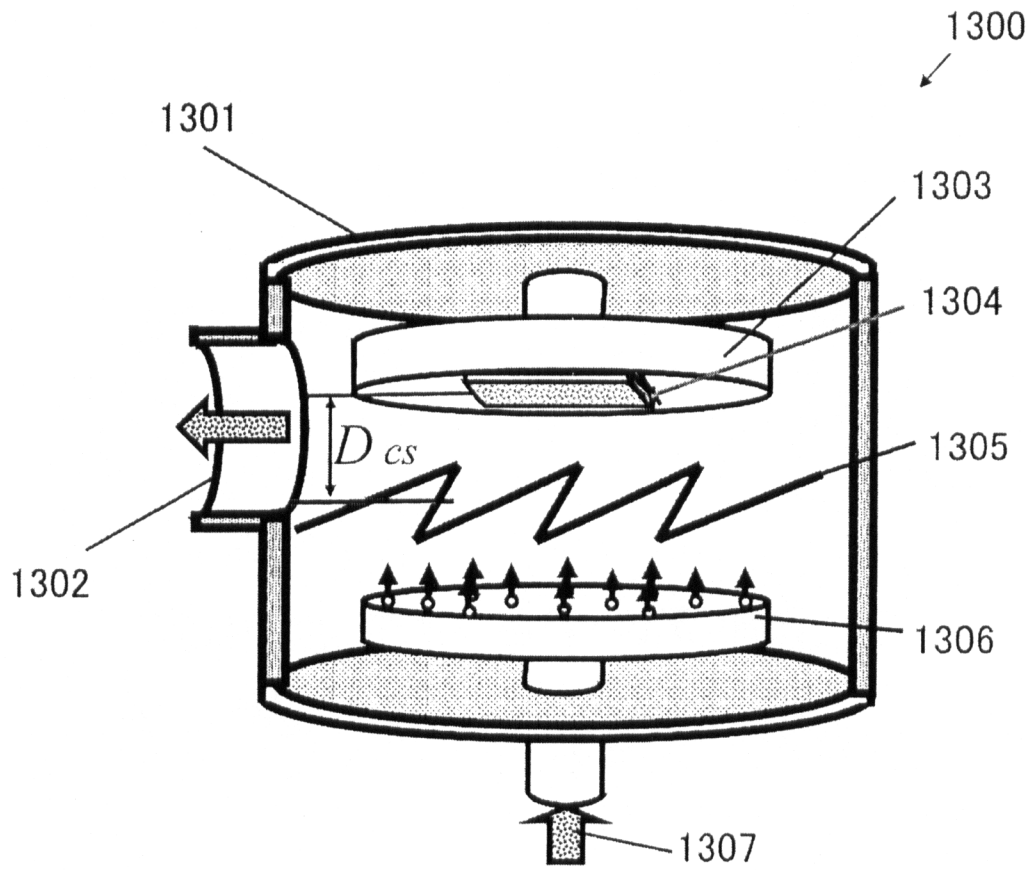


圖 13

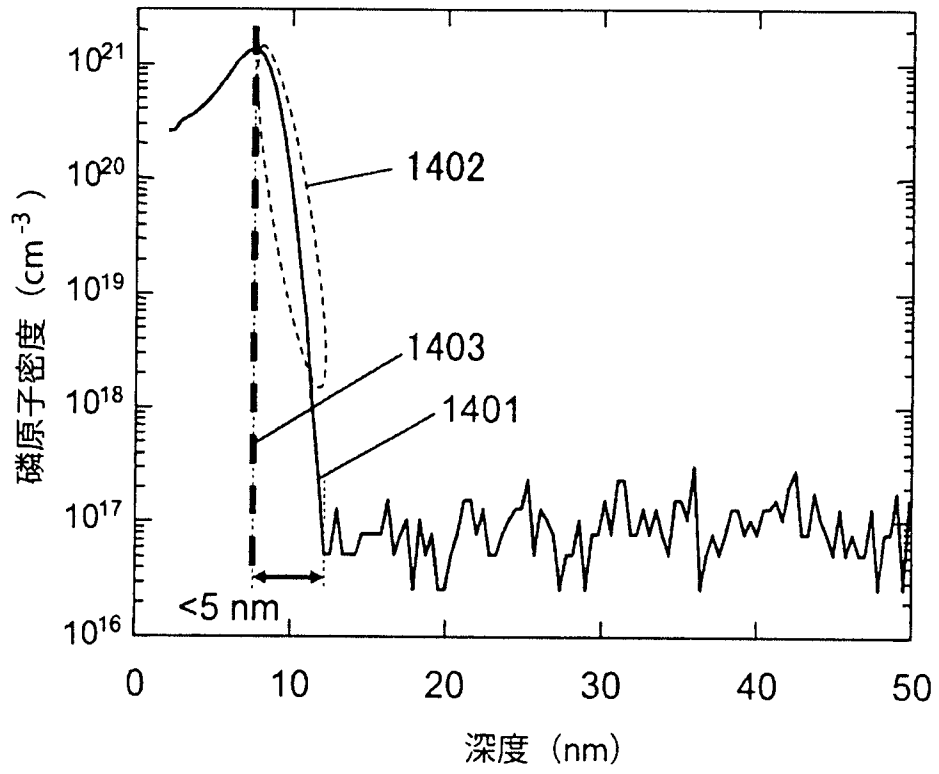


圖 14

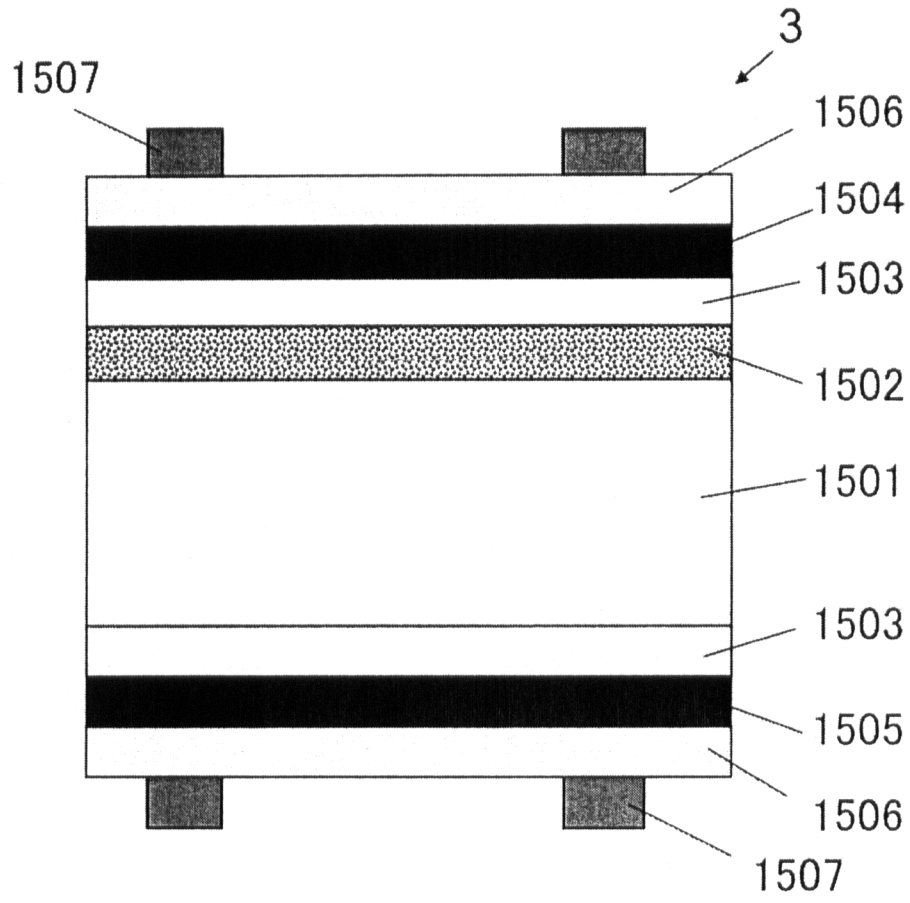


圖 15

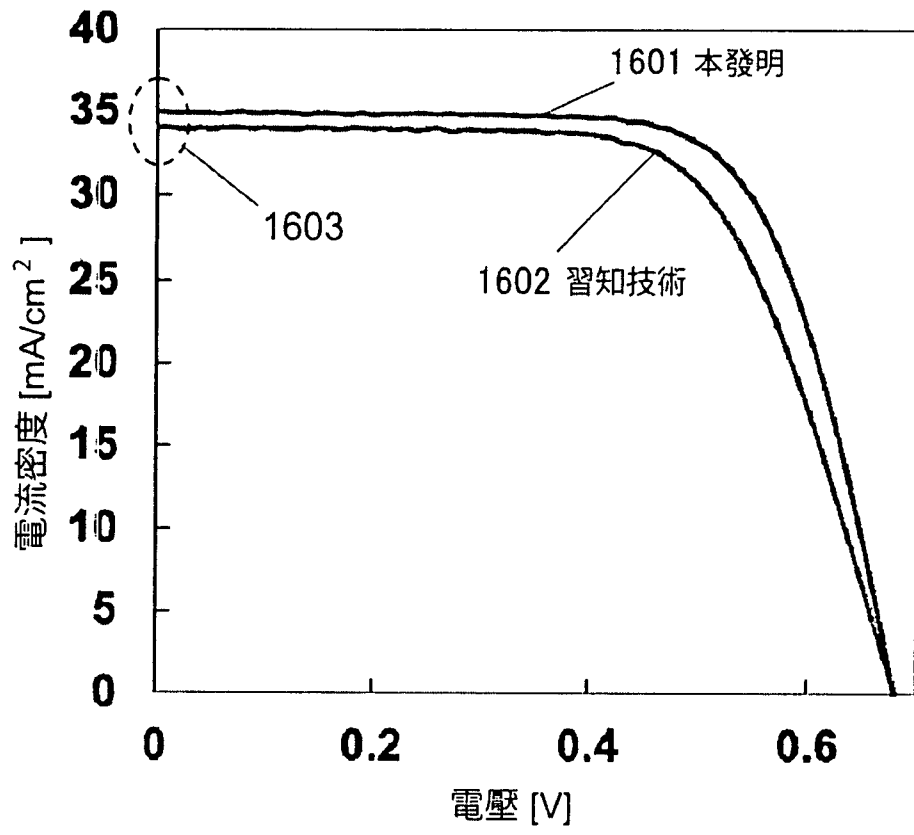


圖 16