



(21)申請案號：099114631

(22)申請日：中華民國 99 (2010) 年 05 月 07 日

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

(71)申請人：鄭晃忠 (中華民國) CHENG, HUANG CHUNG (TW)

新竹市東區建功一路 86 巷 2 弄 14 號 2 樓

(72)發明人：鄭晃忠 CHENG, HUANG CHUNG (TW)；李宏顯 LI, HUNG HSIEN (TW)；楊柏宇 YANG, PO YU (TW)

(74)代理人：詹銘文；蕭錫清

(56)參考文獻：

TW 200919751

US 2006/0057360A1

US 2007/0107103A1

審查人員：翁佑菱

申請專利範圍項數：11 項 圖式數：1 共 0 頁

(54)名稱

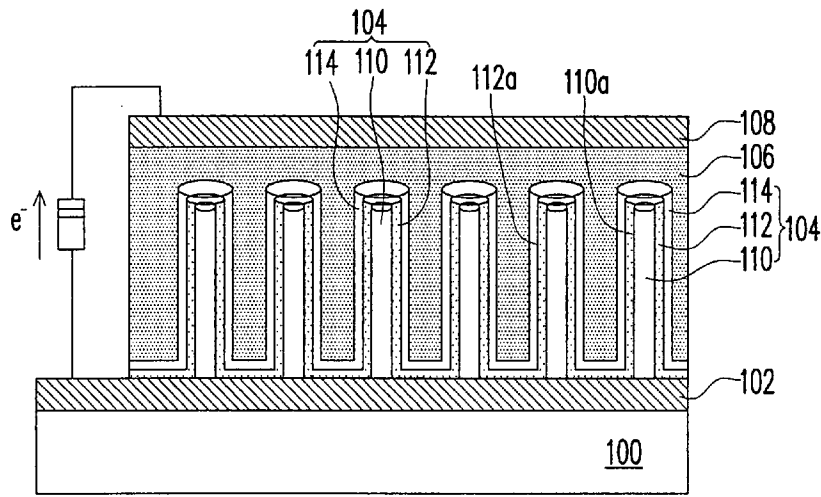
同軸奈米線結構的太陽能電池

COAXIAL NANOWIRE SOLAR CELL STRUCTURE

(57)摘要

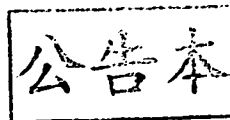
一種同軸奈米線結構的太陽能電池，包括依序形成於一基板上的一下電極、多個光伏打同軸結構、一透明導電薄膜層與一上電極。在同軸奈米線結構的太陽能電池中，光伏打同軸結構包括多個摻質半導體奈米線、本質半導體層與摻質半導體層。所述本質半導體層沈積並且均勻包覆在摻質半導體奈米線的表面，而摻質半導體層則沈積並且均勻包覆於本質半導體層的表面，且上述透明導電薄膜層還包括沈積在這些光伏打同軸結構之間的空間內。

A coaxial nanowire solar cell structure is provided which including a bottom electrode, a plurality of photovoltaic coaxial structures, a transparent conductive thin film and a top electrode formed on a substrate in order. In the coaxial nanowire solar cell structure, the photovoltaic coaxial structures include a plurality of doped semiconductor nanowires, an intrinsic semiconductor layer and a doped semiconductor layer. The intrinsic semiconductor layer is deposited on the doped semiconductor nanowires so as to uniformly wrap surfaces of the doped semiconductor nanowires. The doped semiconductor layer is deposited on the intrinsic semiconductor layer to uniformly wrap a surface of the intrinsic semiconductor layer. The said transparent conductive thin film is further deposited in spaces among the photovoltaic coaxial structures.



- 100 . . . 基板
- 102 . . . 下電極
- 104 . . . 光伏打同軸結構
- 106 . . . 透明導電薄膜層
- 108 . . . 上電極
- 110 . . . 摻質半導體奈米線
- 110a、112a . . . 表面
- 112 . . . 本質半導體層
- 114 . . . 摻質半導體層

圖 1



發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號： 09114671

※ 申請日： 09-5-1

※IPC 分類：

H01L 31/04 (2006.01)

一、發明名稱：

同軸奈米線結構的太陽能電池 / COAXIAL
NANOWIRE SOLAR CELL STRUCTURE

二、中文發明摘要：

一種同軸奈米線結構的太陽能電池，包括依序形成於一基板上的一下電極、多個光伏打同軸結構、一透明導電薄膜層與一上電極。在同軸奈米線結構的太陽能電池中，光伏打同軸結構包括多個摻質半導體奈米線、本質半導體層與摻質半導體層。所述本質半導體層沈積並且均勻包覆在摻質半導體奈米線的表面，而摻質半導體層則沈積並且均勻包覆於本質半導體層的表面，且上述透明導電薄膜層還包括沈積在這些光伏打同軸結構之間的空間內。

三、英文發明摘要：

A coaxial nanowire solar cell structure is provided which including a bottom electrode, a plurality of photovoltaic coaxial structures, a transparent conductive thin film and a top electrode formed on a substrate in order. In the coaxial nanowire solar cell structure, the photovoltaic coaxial structures include a plurality of doped semiconductor nanowires, an intrinsic semiconductor layer

and a doped semiconductor layer. The intrinsic semiconductor layer is deposited on the doped semiconductor nanowires so as to uniformly wrap surfaces of the doped semiconductor nanowires. The doped semiconductor layer is deposited on the intrinsic semiconductor layer to uniformly wrap a surface of the intrinsic semiconductor layer. The said transparent conductive thin film is further deposited in spaces among the photovoltaic coaxial structures.

四、指定代表圖：

(一) 本案之指定代表圖：圖 1

(二) 本代表圖之元件符號簡單說明：

- 100：基板
- 102：下電極
- 104：光伏打同軸結構
- 106：透明導電薄膜層
- 108：上電極
- 110：摻質半導體奈米線
- 110a、112a：表面
- 112：本質半導體層
- 114：摻質半導體層

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無。

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明是有關於一種太陽能電池，且特別是有關於一種同軸奈米線(coaxial nanowires)結構的太陽能電池。

【先前技術】

太陽能電池是一種非常有希望的乾淨能源，其可直接從陽光產生電。一般太陽電池分為三種：1.晶片型(wafer based)；2.薄膜型(thin film)；3.光電化學(photoelectrochemistry)。其中以薄膜為基準的是第二代太陽能電池技術，主要為非晶矽(a-Si)薄膜技術。

然而，非晶矽薄膜技術的重要障礙為光感應效率低(約11%穩定)，針對這個問題所發展出的解決方法包括：多接面結構、堆疊式結構(tandem structure)等。其中，堆疊式結構主要是結合不同能隙的異質材料，延伸太陽光源的吸收光譜，進而提升太陽能電池的轉換效率，現今市場上非晶矽太陽能電池能達到7%至9%的轉換效率。

近年，由 Grätzel 提出一種所謂的染料敏化太陽能電池(DSSC)，可更有效地利用太陽能源，而成為繼薄膜型非晶矽太陽能電池後被視為最有潛力的第三代太陽電池。而且，新一代太陽能電池必需真正達到高效率、重量輕與低成本的设计。因此，具有奈米結構的太陽能電池無疑是最具有潛力的技術，如 PCT 公開號 WO2005/017957 揭露一種具有奈米線的染料敏化太陽能電池。不過，聚合物主要

的缺點為電荷傳輸緩慢，造成轉換效率不高以及對於紫外光的穩定度不佳，因而染料敏化太陽能電池似乎達不到所需求的效能。

【發明內容】

本發明提供一種同軸奈米線結構的太陽能電池，能透過奈米線結構增加吸收光的表面積，以提升太陽能電池的轉換效率。

本發明提出一種同軸奈米線結構的太陽能電池，包括依序形成於一基板上的一下電極、多個光伏打同軸結構、一透明導電薄膜層與一上電極。在同軸奈米線結構的太陽能電池中，光伏打同軸結構包括多個摻質半導體奈米線、本質半導體層與摻質半導體層。所述本質半導體層沈積並且均勻包覆在摻質半導體奈米線的表面，而摻質半導體層則沈積並且均勻包覆於本質半導體層的表面，且上述透明導電薄膜層還包括沈積在這些光伏打同軸結構之間的空間內。

在本發明之一實施例中，上述本質半導體層與摻質半導體層的材料包括非晶矽(α -Si)、微晶矽(μ -Si)、碳化矽(SiC)、III-V 摻質半導體材料或 II-VI 摻質半導體材料。

在本發明之一實施例中，上述摻質半導體奈米線包括矽摻質奈米線、金屬氧化物摻質奈米線或是摻質半導體所形成具結晶性的奈米線。

在本發明之一實施例中，上述摻質半導體奈米線相較

於本質半導體層及摻質半導體層具有相異的能隙，可形成異質介面。

在本發明之一實施例中，上述本質半導體層及摻質半導體層的沈積方法包括電漿輔助化學氣相沈積法(PECVD)、高密度電漿化學氣相沈積(HDP-CVD)或電子迴旋共振化學氣相沈積(ECR-CVD)。

在本發明之一實施例中，上述摻質半導體奈米線的成長方式包括氣液固法(vapor-liquid-solid, VLS)、電化學法(Electrochemical Deposition)、水熱法(hydrothermal)、陽極氧化鋁法(AAO)或溶膠凝膠法(sol-gel)。

在本發明之一實施例中，上述摻質半導體奈米線包括均勻排列在基板上的下電極表面之奈米線陣列。

在本發明之一實施例中，上述基板包括矽基板、玻璃基板或軟性基板。

在本發明之一實施例中，上述軟性基板包括超薄玻璃(Ultra-thin Glass)、塑膠薄膜(Plastic)或金屬箔片(Metal Foil)。

在本發明之一實施例中，上述塑膠薄膜包括聚醯亞胺(PI)、聚對苯二甲酸乙二酯(PET)、聚萘二甲酸乙二酯(PEN)或聚醚砜(PES)。

在本發明之一實施例中，上述上電極與下電極包括導電聚合物(Polymer)、金屬或其合金、透明導電氧化物(TCO)或奈米碳管(CNT)。

在本發明之一實施例中，上述透明導電薄膜層的材料

包括氧化銦錫(ITO)、氧化鋁鋅(AZO)、氧化銦鋅(IZO)或奈米碳管(CNT)。

基於上述，本發明應用全無機製程即可製作出由同軸奈米線結構構成之太陽能電池，本發明的優點在於奈米線結構可大幅增加吸收光的表面積，加上摻質半導體奈米線與本質半導體層及摻質半導體層形成異質接面，可以延伸太陽光的吸收光譜，所以能提升太陽能電池的轉換效率。而且，本發明的奈米線為摻質半導體奈米線，所以其同時具備吸收太陽光源的作用以及傳遞載子的作用，而達到結合異質材料與奈米線所形成的太陽能電池。

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

【實施方式】

圖 1 是依照本發明之一實施例之一種同軸奈米線結構的太陽能電池的結構示意圖。請參照圖 1，本實施例的同軸奈米線結構的太陽能電池包括一基板 100、依序形成於基板 100 上的一下電極 102、多個光伏打同軸結構 104、一透明導電薄膜層 106 與一上電極 108。在本實施例中，光伏打同軸結構 104 包括自下電極 102 形成的多條摻質半導體奈米線 110、沈積並且均勻包覆在摻質半導體奈米線 110 的表面 110a 的一本質半導體層 112、與沈積並且均勻包覆在本質半導體層 112 的表面 112a 的一摻質半導體層 114。而透明導電薄膜層 106 還包括沈積在這些光伏打同軸結構

104 之間的空間內。上述摻質半導體奈米線 110 相較於本質半導體層 112 及摻質半導體層 114 基本上具有相異的能隙，可以延伸太陽光源的吸收光譜。至於本質半導體層 112 及摻質半導體層 114 則可依所須選用具有相異或相同能隙的材料。

在本實施例中，摻質半導體奈米線 110 例如矽摻質奈米線、金屬氧化物摻質奈米線或是摻質半導體所形成具結晶性的奈米線，其中金屬氧化物摻質奈米線例如氧化鋅 (ZnO) 摻質奈米線。而形成摻質半導體奈米線 110 的成長方式例如氣液固法 (vapor-liquid-solid, VLS)、電化學法 (Electrochemical Deposition)、水熱法 (hydrothermal) 或陽極氧化鋁法 (AAO) 或溶膠凝膠法 (sol-gel)。此外，本實施例之摻質半導體奈米線 110 還可運用上述製程作出均勻排列在基板 100 上的下電極 102 表面之奈米線陣列。舉例來說，所製作的摻質半導體奈米線 110 的高度約在 $0.5\mu\text{m}\sim 20\mu\text{m}$ 之間、直徑約在 $20\text{nm}\sim 200\text{nm}$ 之間，每條摻質半導體奈米線 110 的間距約在 $0.1\mu\text{m}\sim 1\mu\text{m}$ 之間。

在本實施例中，上述本質半導體層 112 與摻質半導體層 114 的材料例如非晶矽 ($\alpha\text{-Si}$)、微晶矽 ($\mu\text{-Si}$)、碳化矽 (SiC)、III-V 摻質半導體材料或 II-VI 摻質半導體材料，其中 III-V 摻質半導體材料譬如砷化鎵 (GaAs)、磷化銦 (InP)、磷化鎵 (InGaP) 等；II-VI 摻質半導體材料譬如碲化鎘 (CdTe)、硒化銅銦鎵 (CuInGaSe_2) 等。本質半導體層 112 及摻質半導體層 114 的沈積方法例如電漿輔助化學氣相沈積

法(PECVD)、高密度電漿化學氣相沈積(HDP-CVD)或電子迴旋共振化學氣相沈積(ECR-CVD)。

在本實施例中，上述基板 100 例如矽基板、玻璃基板或軟性基板，如超薄玻璃(Ultra-thin Glass)，金屬箔片(Metal Foil)或塑膠薄膜(Plastic)(如：聚醯亞胺(PI)、聚對苯二甲酸乙二酯(PET)、聚萘二甲酸乙二酯(PEN)或聚醚砜(PES))。至於上電極 108 與下電極 102 例如導電聚合物(Polymer)、金屬或其合金、透明導電氧化物(TCO)或奈米碳管(CNT)，其中金屬或其合金譬如鋁、金、銀、鉑或其合金。上述透明導電薄膜層的材料例如氧化銦錫(ITO)、氧化鋁鋅(AZO)、氧化銦鋅(IZO)或奈米碳管(CNT)。

以下舉一個實驗來說明圖 1 之同軸奈米線結構的太陽能電池的製作流程，但其僅用以示例性地說明本發明的可行性，而不侷限本發明之太陽能電池只能用下列方式製作。

實驗

首先，在矽基板上利用濺鍍機(Sputtering)沈積摻鋁氧化鋅薄膜(AZO)作為下電極，薄膜厚度約 100nm~300nm，且此一 AZO 同時也是種晶層。接著，利用水熱法(Hydrothermal)成長摻質氧化鋅奈米線(n-type ZnO nanowires)，奈米線高度控制在 1 μ m~3 μ m，直徑控制在 50nm~150nm，奈米線的間距則約 100nm~500nm。之後，使用電漿輔助化學氣相沈積法(PECVD)依序沈積本質非晶矽層(i-type α -Si)和摻質非晶矽層(p-type α -Si)，PECVD 的沈積速率控制在 2 \AA /s~6 \AA /s，完成的本質非晶矽層均勻包

覆在摻質氧化鋅奈米線的表面、完成的摻質非晶矽層則均勻包覆在本質非晶矽層的表面。所沈積的摻質非晶矽層與本質非晶矽層之薄膜厚度約 50nm~200nm，因而構成多個光伏打同軸結構。接著，利用濺鍍機(Sputtering)沈積透明導電薄膜層(ITO)，其厚度約 50nm~250nm，且形成的 ITO 不但沈積於光伏打同軸結構上方，還沈積在光伏打同軸結構之間的空間。最後，利用濺鍍機(Sputtering)沈積鈦/金(Ti/Au)金屬層，薄膜厚度約 300nm~800nm，並且使用光罩定義金屬層，以形成手指狀(finger)的上電極，便可完成同軸奈米線結構的太陽能電池的製作。

綜上所述，本發明的同軸奈米線結構太陽能電池因為使用摻質半導體奈米線作為光伏打同軸結構之摻雜層，不但能大幅增加吸收太陽光的表面積，還能夠縮短載子移動的距離，有效提升太陽能電池的轉換效率。此外，本發明利用摻質半導體奈米線與本質半導體層及摻質半導體層形成異質界面，還具有延伸太陽光的吸收光譜的效果。

雖然本發明已以實施例揭露如上，然其並非用以限定本發明，任何所屬技術領域中具有通常知識者，在不脫離本發明之精神和範圍內，當可作些許之更動與潤飾，故本發明之保護範圍當視後附之申請專利範圍所界定者為準。

【圖式簡單說明】

圖 1 是依照本發明之一實施例之一種同軸奈米線結構的太陽能電池的示意圖。

【主要元件符號說明】

- 100：基板
- 102：下電極
- 104：光伏打同軸結構
- 106：透明導電薄膜層
- 108：上電極
- 110：摻質半導體奈米線
- 110a、112a：表面
- 112：本質半導體層
- 114：摻質半導體層

62年4月17日修正本

七、申請專利範圍：

1.一種同軸奈米線結構的太陽能電池，包括：依序形成於一基板上的一下電極、多個光伏打同軸結構、一透明導電薄膜層與一上電極，其中該些光伏打同軸結構包括：

多個摻質半導體奈米線；

一本質半導體層，沈積並且均勻包覆在該些摻質半導體奈米線的表面；以及

一摻質半導體層，沈積並且均勻包覆於該本質半導體層的表面，其中該些摻質半導體奈米線相較於該本質半導體層及該摻質半導體層具有相異的能隙，以使該些摻質半導體奈米線與該本質半導體層及該摻質半導體層形成異質界面，且

該透明導電薄膜層更包括沈積在該些光伏打同軸結構之間的空間內。

2.如申請專利範圍第 1 項所述之同軸奈米線結構的太陽能電池，其中該本質半導體層與該摻質半導體層的材料包括非晶矽(α -Si)、微晶矽(μ -Si)、碳化矽(SiC)、III-V 摻質半導體材料或 II-VI 摻質半導體材料。

3.如申請專利範圍第 1 項所述之同軸奈米線結構的太陽能電池，其中該些摻質半導體奈米線包括矽摻質奈米線、金屬氧化物摻質奈米線或是摻質半導體所形成具結晶性的奈米線。

4.如申請專利範圍第 1 項所述之同軸奈米線結構的太陽能電池，其中該本質半導體層及該摻質半導體層的沈積

方法包括電漿輔助化學氣相沈積法(PECVD)、高密度電漿化學氣相沈積(HDP-CVD)或電子迴旋共振化學氣相沈積(ECR-CVD)。

5.如申請專利範圍第 1 項所述之同軸奈米線結構的太陽能電池，其中該些摻質半導體奈米線的成長方式包括氣液固法(vapor-liquid-solid, VLS)、電化學法(Electrochemical Deposition)、水熱法(hydrothermal)、陽極氧化鋁法(AAO)或溶膠凝膠法(sol-gel)。

6.如申請專利範圍第 5 項所述之同軸奈米線結構的太陽能電池，其中該些摻質半導體奈米線包括均勻排列在該基板上的該下電極表面之奈米線陣列。

7.如申請專利範圍第 1 項所述之同軸奈米線結構的太陽能電池，其中該基板包括矽基板、玻璃基板或軟性基板。

8.如申請專利範圍第 7 項所述之同軸奈米線結構的太陽能電池，其中該軟性基板包括超薄玻璃(Ultra-thin Glass)、塑膠薄膜(Plastic)或金屬箔片(Metal Foil)。

9. 如申請專利範圍第 8 項所述之同軸奈米線結構的太陽能電池，其中該塑膠薄膜包括聚醯亞胺(PI)、聚對苯二甲酸乙二酯(PET)、聚萘二甲酸乙二酯(PEN)或聚醚砜(PES)。

10.如申請專利範圍第 1 項所述之同軸奈米線結構的太陽能電池，其中該上電極與該下電極包括導電聚合物(Polymer)、金屬或其合金、透明導電氧化物(TCO)或奈米碳管(CNT)。

11.如申請專利範圍第 1 項所述之同軸奈米線結構的太陽能電池，其中該透明導電薄膜層的材料包括氧化銦錫(ITO)、氧化鋁鋅(AZO)、氧化銦鋅(IZO)或奈米碳管(CNT)。

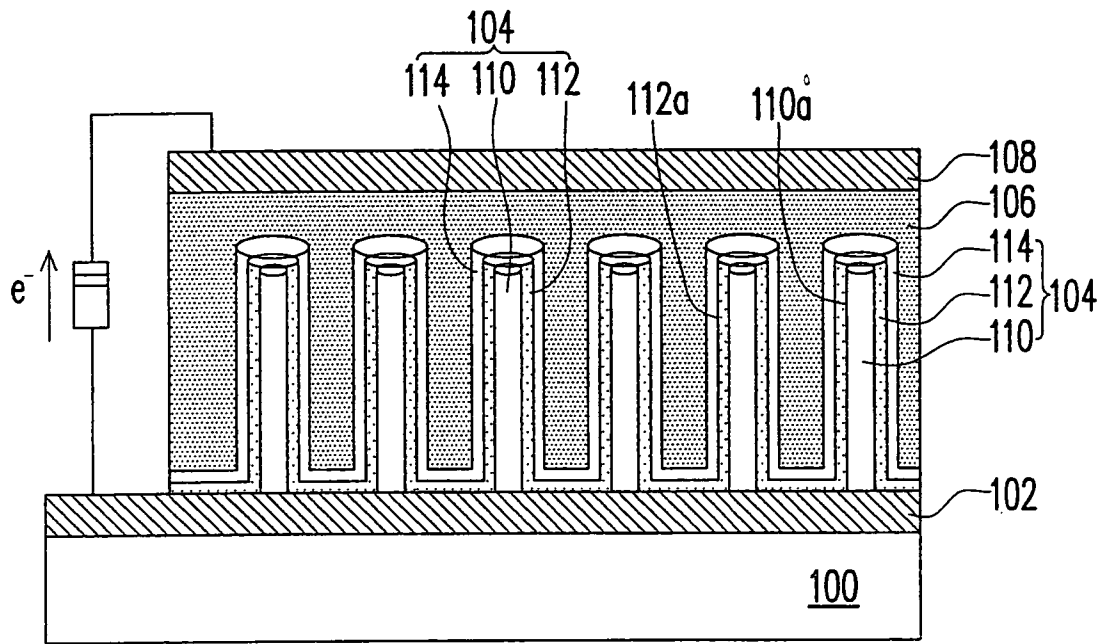


圖 1