



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本 (11)證書號數：TW I495740 B

(45)公告日：中華民國 104 (2015) 年 08 月 11 日

(21)申請案號：101147500

(22)申請日：中華民國 101 (2012) 年 12 月 14 日

(51)Int. Cl. : C23C14/24 (2006.01) C23C14/56 (2006.01)

(71)申請人：國家中山科學研究院 (中華民國) NATIONAL CHUNG-SHAN INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY (TW)

桃園市龍潭區佳安里佳安段 481 號

(72)發明人：潘文珪 PAN, WEN CHUEH (TW)；徐滄銘 HSU, TSANG MING (TW)；郭政輝 GUO, CHENG HUEI (TW)；陳燦桐 CHEN, TSAN TUNG (TW)；王興建 WANG, SHING JIAN (TW)

(74)代理人：王清煌

(56)參考文獻：

CN 100524839C

CN 101326645A

CN 101960610B

CN 102104087A

CN 202324421U

審查人員：張嘉德

申請專利範圍項數：10 項 圖式數：4 共 37 頁

(54)名稱

軟性太陽能電池光吸收層之真空製程設備及其製造方法

VACUUM MANUFACTURE SYSTEM AND METHOD FOR FABRICATING LIGHT-ABSORBING LAYER OF FLEXIBLE SOLAR BATTERY

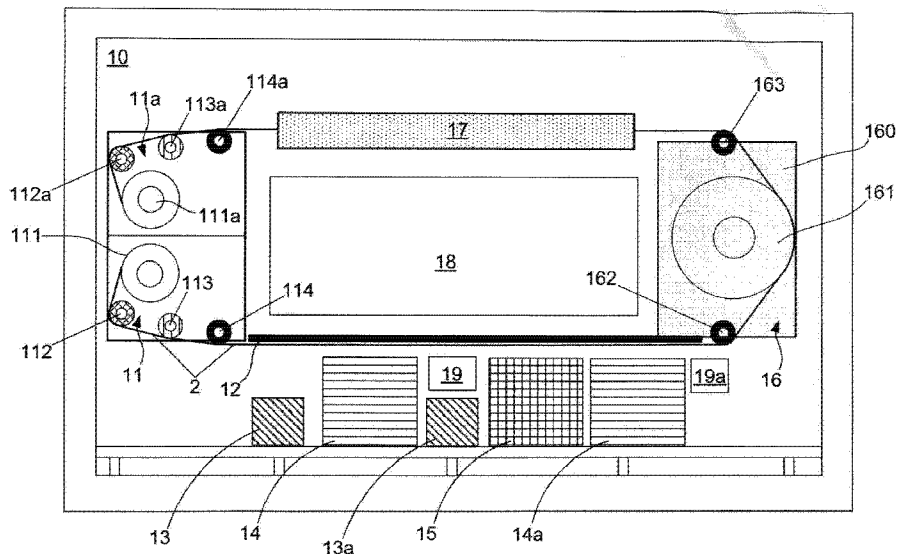
(57)摘要

本發明係關於一種軟性太陽能電池光吸收層之真空製程設備及其製造方法，係將加熱板、冷卻系統、硒蒸氣蒸鍍模組、銦鎵銦線性蒸鍍模組與銅線性蒸鍍模組整合於一真空腔體之中，並配合一放捲模組、一速度主控輪組與一收捲模組，以自動化流程於一真空環境中將銅銦鎵硒太陽能光吸收層製備於一軟性基板之上；藉此方式節省太陽能電池光吸收層之製程設備的機台配置空間，並有效地節省生產之時間成本。此外，於本發明之中，又加以整合膜厚度量測模組與機電控制模組，如此，於自動化的製程過程中，操作人員可透過機電控制模組即時地監控太陽能電池光吸收層之厚度及其化合物組成，有利於製程良率之提升。

The present invention relates to a vacuum manufacture system and a method for fabricating a light-absorbing layer of a flexible solar battery, in which a heat plate, a cooling module, a selenium vapor deposition module, an indium/gallium/indium linear deposition module, a copper linear deposition module, an unwinding module, a Winding module, and speed-controlling wheel module are integrated and disposed in a vacuum chamber for saving the equipment occupation space; moreover, by the vacuum manufacture system and method, a Cu/In/Ga/Se (CIGS) light-absorbing layer can be formed on a flexible substrate through an automation fabricating process for effectively reducing the manufacturing time and cost. Besides, in the present invention, film thickness measuring module and equipment controlling module are also integrated, such that the operation engineer is able to immediately monitor the thickness of the CIGS light-

absorbing layer during the automation fabricating process, and that is helpful to the increase of manufacture yield of the light-absorbing layer.

1



第三圖

- 1 . . . 軟性太陽能電池光吸收層之真空製程設備
- 10 . . . 真空腔體
- 11 . . . 放捲模組
- 12 . . . 加熱裝置
- 13 . . . 第一蒸氣蒸鍍模組
- 13a . . . 第二蒸氣蒸鍍模組
- 14 . . . 第一線性蒸鍍模組
- 14a . . . 第二線性蒸鍍模組
- 15 . . . 金屬材料線性蒸鍍模組
- 19 . . . 膜厚度量測模組
- 19a . . . 化合物組成量測模組
- 16 . . . 速度主控輪組
- 17 . . . 冷卻模組
- 11a . . . 收捲模組
- 18 . . . 機電控制模組
- 111 . . . 放捲捲軸
- 112 . . . 放捲張力輪
- 113 . . . 放捲尋邊檢知裝置
- 114 . . . 放捲張力輪
- 160 . . . 冷卻箱體
- 161 . . . 主控輪
- 111a . . . 收捲捲軸
- 112a . . . 收捲張力輪
- 162 . . . 第一張力輪

- 163 . . . 第二張力輪
- 113a . . . 收捲尋邊
檢知裝置
- 114a . . . 收捲張力
輪
- 2 . . . 軟性太陽能電
池基板

發明專利說明書

公告本

(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：101147580

C23C 14/24 (2006.01)

※申請日：101.12.14

※IPC 分類：

14/36 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

軟性太陽能電池光吸收層之真空製程設備及其製造方法 / Vacuum manufacture system and method for fabricating light-absorbing layer of flexible solar battery

二、中文發明摘要：

本發明係關於一種軟性太陽能電池光吸收層之真空製程設備及其製造方法，係將加熱板、冷卻系統、硒蒸氣蒸鍍模組、銦鎳銦線性蒸鍍模組與銅線性蒸鍍模組整合於一真空腔體之中，並配合一放捲模組、一速度主控輪組與一收捲模組，以自動化流程於一真空環境中將銅銦鎳硒太陽能光吸收層製備於一軟性基板之上；藉此方式節省太陽能電池光吸收層之製程設備的機台配置空間，並有效地節省生產之時間成本。此外，於本發明之中，又加以整合膜厚度測模組與機電控制模組，如此，於自動化的製程過程中，操作人員可透過機電控制模組即時地監控太陽能電池光吸收層之厚度及其化合物組成，有利於製程良率之提升。

三、英文發明摘要：

The present invention relates to a vacuum manufacture system and a method for fabricating a light-absorbing layer of a flexible solar battery, in which a heat plate, a cooling module, a selenium vapor deposition module, an indium/gallium/indium linear deposition module, a copper linear deposition module, an unwinding module, a Winding module, and speed-controlling wheel module are integrated and disposed in a vacuum chamber for saving the equipment occupation space; moreover, by the vacuum manufacture system and method, a Cu/In/Ga/Se (CIGS) light-absorbing layer can be formed on a flexible substrate through an automation fabricating process for effectively reducing the manufacturing time and cost. Besides, in the present invention, film thickness measuring module and equipment controlling module are also integrated, such that the operation engineer is able to immediately monitor the thickness of the CIGS light-absorbing layer during the automation fabricating process, and that is helpful to the increase of manufacture yield of the light-absorbing layer.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第（三）圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

- 1 軟性太陽能電池光吸收層之真空製程設備
- 10 真空腔體
- 11 放捲模組
- 12 加熱裝置
- 13 第一蒸氣蒸鍍模組
- 13a 第二蒸氣蒸鍍模組
- 14 第一線性蒸鍍模組
- 14a 第二線性蒸鍍模組
- 15 金屬材料線性蒸鍍模組
- 19 膜厚量測模組
- 19a 化合物組成量測模組
- 16 速度主控輪組
- 17 冷卻模組
- 11a 收捲模組
- 18 機電控制模組
- 111 放捲捲軸
- 112 放捲張力輪
- 113 放捲尋邊檢知裝置
- 114 放捲張力輪

- 160 冷卻箱體
- 161 主控輪
- 111a 收捲捲軸
- 112a 收捲張力輪
- 162 第一張力輪
- 163 第二張力輪
- 113a 收捲尋邊檢知裝置
- 114a 收捲張力輪
- 2 軟性太陽能電池基板

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無。

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於一種太陽能電池光吸收層之製程設備，尤指採用三階段真空蒸鍍技術之一種軟性太陽能電池光吸收層之真空製程設備及其製造方法。

【先前技術】

太陽能電池依材料種類者分為矽晶太陽能電池、化合物太陽能電池、有機太陽能電池等。其中，III-V 族化合物太陽能電池應用於太陽能電池時，可以使用單接面 (Single junction) 或是多接面 (Multijunction) 結構。單接面結構製作較容易，目前以砷化鎵 (GaAs) 型化合物太陽能電池的能源轉換效率 $26.1 \pm 0.8 \%$ 最高。多接面結構因有不同元素可以搭配組合，因此可形成多種能隙組成的太陽能電池，所得的能源轉換效率也較單接面結構高，以 GaInP/GaAs/Ge 組成的多接面結構太陽能電池所得能源轉換效率 $32 \pm 1.5 \%$ 最高，但是 III-V 族化合物太陽能電池所需的材料成本仍較高。

銅銦鎵硒 (Cu/In/Ga/Se, CIGS) 係一種薄膜型太陽能電池，其使用直接能隙半導體材料，能隙值介於 1.04 eV 到 1.68 eV 之間，具有很高的光吸收係數，吸光範圍廣泛，長期照光穩定性佳，材料製造成本低且轉換效率佳，因此銅銦鎵

碲太陽能電池為目前最具發展潛力的太陽能電池。請參閱第一圖，係習用之一種銅銦鎳碲太陽能電池之架構圖，如第一圖所示，習用之銅銦鎳碲太陽能電池 1' 係包括：一基板 10'、一 Mo 背電極 11'、一 CIGS 吸收層 12'、一 CdS 緩衝層 13'、一純質氧化鋅層 14'、一 ZnO 窗層 15'、以及複數個頂部電極 16'。其中，一般可以使用玻璃、箔金屬以及塑膠作為該基材 10'，並利用蒸鍍、塗佈或者噴墨印刷以捲繞式方式進行大面積、低成本之軟基板製作。

真空法，又稱為物理沉積法，在此分為共蒸鍍法和碲化法，其中共蒸鍍法 (co-evaporation) 能夠對膜有良好的組成控制，且習用之三階段共蒸鍍法所製出的 CIGS 太陽能電池之最佳效率為 20.3%；然而，習用的三階段共蒸鍍法於大面積生產方面並無顯著的進展。相反的，Shell Solar 和 Showa Shell 兩家公司則選擇使用碲化法 (Selenization process) 作為工業上製造太陽能電池的方法。碲化法又被稱為二階段法 (two-stage process)，係將濺鍍 (或蒸鍍) 後的金屬前驅物質在 H_2Se 和 H_2S 的氣氛中碲化和硫化，再快速地加溫進而碲化。相較於共蒸鍍法，碲化法較難以調整材料的能隙，並且其所製出的太陽能電池係具有光轉化率大於 14% ($30 \times 30 \text{ cm}^2$) 之效益，故碲化法於工業製造太陽能電池之領域仍佔有一定之地位。

現今，由美國國家能源研究所 (NREL) 所發展出來的三階

段共同蒸鍍法，藉由該方法所製得的太陽能電池是目前具有高轉化效率的太陽能電池；該方法之簡易步驟如下：首先，在低溫下沉積 In、Ga 與 Se，以形成一平滑之 indium-gallium selenide 基底，其中該 In 與 Ga 之比例為 0.7:0.3；接著，在高溫下共同蒸鍍 Cu 和 Se 直到達到 Cu-rich，如此，在升溫至 500~600°C 的溫度下，能使 Cu_{2-x}Se 呈現大而密的晶粒；並且，於製程之最後，銅的濃度係再次被接下來沉積的硒、銦、鎵校準完成。

因此，由上述可知，雖然 CIGS 薄膜太陽能電池雖然有低材料成本的優點，但各種 CIGS 薄膜太陽能電池製程尚未有標準化之設備與製程方式；其中，由於現今各種 CIGS 薄膜太陽能電池製程所對應的製程設備、方法皆有所不同，也都各有優缺點，使得設備的研發投資相對形成一種高風險；另一方面，因為目前市售 CIGS 薄膜太陽能電池的光電轉換效率及良率仍不高，導致太陽能電池之成本結構仍然偏高。其中，最主要的問題在於大面積化 CIGS 吸收層之製備方面，目前尚未具備可穩定量產之線性蒸鍍製程設備與技術。

因此，如何能提供一種穩定的大面積 CIGS 吸收層之製備設備與技術，遂成為目前之重要課題；本發明即關於一種軟性太陽能電池光吸收層之真空製程設備及其製造方法，該真空製程設備係結合智慧化監控及先進製程控制技

術 (Advanced Process Control, APC), 進而建立一三階段真空共蒸鍍整合系統, 並整合製程參數資料庫以提升 CIGS 薄膜製備之可靠度、良率, 並達到量產 CIGS 薄膜之目標。

【發明內容】

本發明之主要目的, 在於提供一種軟性太陽能電池光吸收層之真空製程設備, 係將加熱板、冷卻系統、硒(Se)蒸氣蒸鍍模組、銦鎵銦(In/Ga/In)線性蒸鍍模組與銅(Cu)線性蒸鍍模組整合於一真空腔體之中, 並配合一放捲模組、一速度主控輪組與一收捲模組, 以自動化流程於一真空環境中將銅銦鎵硒(CIGS)太陽能光吸收層製備於一軟性基板之上; 藉此方式節省太陽能電池光吸收層之製程設備的機台配製空間, 並有效地節省生產之時間成本。

本發明之另一目的, 在於提供一種軟性太陽能電池光吸收層之真空製造方法, 係將膜厚量測模組與機電控制模組整合至太陽能電池光吸收層之製程系統之中, 使得操作人員可操控設置於該機電控制模組, 並於設定製程參數並調配該速度主控輪組之輸送速度後, 開始以自動化的流程而製作太陽能電池光吸收層; 同時, 操作人員可透過機電控制模組之主控畫面, 即時地監控太陽能電池光吸收層之厚度及其化合物組成, 有利於大大提升太陽能電池光吸收層之製程良率。

因此, 為了達成本發明上述之目的, 本案之發明人係

提出一種軟性太陽能電池光吸收層之真空製程設備，係包括：

一真空腔體，係其內部係藉由一真空幫浦而抽成真空狀態；

一放捲模組，係設置於該真空腔體之一內部空間中，其中，該放捲模組之一放捲捲軸係捲置有一軟性太陽能電池基板；

一加熱裝置，係設置於該內部空間中並鄰近於該放捲模組，其中，該放捲模組係透過其放捲捲軸將該軟性太陽能電池基板出料至該加熱裝置，以透過加熱裝置加熱該軟性太陽能電池基板；

一第一蒸氣蒸鍍模組，係設置於該內部空間中，並相對於該加熱裝置，其中，該第一蒸氣蒸鍍模組係用以蒸鍍一半導體材料至該軟性太陽能電池基板之表面；

一第一線性蒸鍍模組，係設置於該內部空間中並相對於該加熱裝置，其中，該第一線性蒸鍍模組係鄰近於該第一蒸氣蒸鍍模組，用以蒸鍍一第一金屬材料至該軟性太陽能電池基板之表面；

一第二蒸氣蒸鍍模組，係設置於該真空腔體之該內部空間中，並相對於該加熱裝置，其中，該第二蒸氣蒸鍍模組係鄰近於該第一線性蒸鍍模組，用以再次蒸鍍該半導體材料至該軟性太陽能電池基板之表面；

一金屬材料線性蒸鍍模組，係設置於該內部空間中並相對於該加熱裝置，其中，該金屬材料線性蒸鍍模組係鄰近於該第二蒸氣蒸鍍模組，用以蒸鍍一第二金屬材料至該軟性太陽能電池基板之表面，並且，該半導體材料、該第一金屬材料與該第二金屬材料係複合形成一太陽能光吸收層於該軟性太陽能電池基板之表面；

一速度主控輪組，係設置於該內部空間中並相對於該放捲模組，其中，該速度主控輪組之一主控輪係捲置有表面形成有該太陽能光吸收層之軟性太陽能電池基板，且藉由速度主控輪組可控制軟性太陽能電池基板之傳動速度；

一冷卻模組，係設置於該內部空間中並相對於該加熱裝置，其中，速度主控輪組係將表面形成有該太陽能光吸收層之軟性太陽能電池基板輸送至該冷卻模組，以透過冷卻模組冷卻該軟性太陽能電池基板；以及

一收捲模組，係設置於該真空腔體之內部空間中，並鄰近於該放捲模組，其中，該收捲模組之一收捲捲軸係用以捲置表面形成有該太陽能光吸收層之軟性太陽能電池基板，以對經過冷卻後的軟性太陽能電池基板進行收料之動作。

此外，於上述本發明之軟性太陽能電池光吸收層之真空製程設備中，較佳地，係更包括：

一膜厚度測模組，係設置於該真空腔體之該內部空間

中，並面對於該軟性太陽能電池基板，用以對複合有該第一導體材料之該第二導體材料進行厚度之量測；

一第二線性蒸鍍模組，係設置於該內部空間中並相對於該加熱裝置，其中，該第二線性蒸鍍模組係鄰近於該金屬材料線性蒸鍍模組，用以再次蒸鍍該第一金屬材料至該軟性太陽能電池基板之表面；

一機電控制模組，係設置於該真空腔體外表面上的一機電箱設置槽上，用以控制製程參數並調配該主控輪之速度；以及

一化合物組成量測模組，係設置於該真空腔體之該內部空間中，並鄰近於該速度主控輪組，用以量測製備完成之該太陽能光吸收層之化合物與元素組成。

並且，為了達成本發明上述之目的，本案之發明人係又提出一種軟性太陽能電池光吸收層之真空製造方法，係包括：

(1)將已鍍上一背電極層之一軟性太陽能電池基板載入位於一真空腔體內的一放捲模組，並啟動藉由一真空幫浦將該真空腔體抽成真空狀態；

(2)啟動一加熱裝置，以對該軟性太陽能電池基板進行一第一道加溫製程；

(3)啟動一第一線性蒸鍍模組以蒸鍍一銦鎵銦(In/Ga/In)金屬薄膜至該軟性太陽能電池基板表面，並同時啟動一第

一蒸氣蒸鍍模組，以一硒(Se)蒸氣的形式加入一硒半導體材料至該銦鎵銦(In/Ga/In)金屬薄膜之中，藉此形成一複合半導體薄膜於該軟性太陽能電池基板2之表面；

(4)藉由該加熱裝置以對該軟性太陽能電池基板進行一第二道加溫製程，並同時使用一膜厚度測模組對前述步驟之複合有該硒半導體材料之該銦鎵銦(In/Ga/In)半導體薄膜進行厚度量測，並同時送出厚度量測之資料；

(5)根據量測資料判斷是否必須對該複合半導體薄膜進行厚度與化合物元素組成之調整，若是，則重複執行步驟(3)，若否，則執行步驟(6)；

(6)啟動一金屬材料線性蒸鍍模組以蒸鍍一銅材料至該軟性太陽能電池基板之表面，同時啟動一第二蒸氣蒸鍍模組，以該硒(Se)蒸氣的形式加入該硒半導體材料至該銅材料之中；

(7)啟動一第二線性蒸鍍模組以蒸鍍該銦鎵銦(In/Ga/In)金屬薄膜至該軟性太陽能電池基板表面，並同時啟動該第二蒸氣蒸鍍模組，以硒(Se)蒸氣的形式加入硒半導體材料至該銦鎵銦(In/Ga/In)金屬薄膜之中，進而形成一銅銦鎵硒(Cu/In/Ga/Se, CIGS)之太陽能光吸收層於該軟性太陽能電池基板之上；

(8)使用一化合物組成量測模組量測該銅銦鎵硒(Cu/In/Ga/Se, CIGS)之太陽能光吸收層的化合物元素組成之

均勻度，並送出量測資料；

(9)根據量測資料判斷是否該銅銦鎳硒(CIGS)之太陽能光吸收層之化合物元素組成係符合規格，若是，則繼續執行步驟(10)，若否，則結束製程步驟並加以檢測；以及

(10)重複上述步驟(1)至步驟(9)，以持續製作該銅銦鎳硒(CIGS)之太陽能光吸收層。

【實施方式】

為了能夠更清楚地描述本發明所提出之一種軟性太陽能電池光吸收層之真空製程設備及其製造方法，以下將配合圖式，詳盡說明本發明之實施例。

請參閱第二圖，係本發明之一種軟性太陽能電池光吸收層之真空製程設備及其製造方法的立體架構圖；並且，請同時參閱第三圖，係該軟性太陽能電池光吸收層之真空製程設備的側面剖視示意圖。如第二圖與第三圖所示，本發明之軟性太陽能電池光吸收層之真空製程設備 1 係包括：一真空腔體 10、一放捲模組 11、一加熱裝置 12、一第一蒸氣蒸鍍模組 13、一第一線性蒸鍍模組 14、一第二蒸氣蒸鍍模組 13a、一膜厚度量測模組 19、一金屬材料線性蒸鍍模組 15、一第二線性蒸鍍模組 14a、一化合物組成量測模組 19a、一速度主控輪組 16、一冷卻模組 17、一收捲模組 11a、以及一機電控制模組 18；其中，真空腔體 10 之內部係藉由一真空幫浦而抽成真空狀態。

該放捲模組 11 係設置於真空腔體 10 之一內部空間中，如第三圖所示，該放捲模組 11 具有一放捲捲軸 111、放捲張力輪 112、與一放捲尋邊檢知裝置 113，其中，該放捲捲軸 111 係捲置有一軟性太陽能電池基板 2。且，該加熱裝置 12 係設置於真空腔體 10 的內部空間中並鄰近於該放捲模組 11，於本發明中，操作人員可操控設置於該真空腔體 10 外表面上的一機電箱設置槽 101 上的該機電控制模組 18，以控制製程參數並調配該速度主控輪組 16 之一主控輪 161 的速度，進而使得放捲模組 11 可透過其放捲捲軸 111，以一定的速度將該軟性太陽能電池基板 2 出料至該加熱裝置 12，進而透過加熱裝置 12 加熱該軟性太陽能電池基板 2。

承上述，特別地，本發明係於軟性太陽能電池基板 2 出料時，使用該放捲張力輪 112 調整該軟性太陽能電池基板 2 之張力，並同時利用放捲尋邊檢知裝置 113，對該軟性太陽能電池基板 2 進行邊緣檢測；必要時，放捲尋邊檢知裝置 113 會通知該放捲捲軸 111 對該軟性太陽能電池基板 2 進行邊緣位置調整，避免軟性太陽能電池基板 2 進入該加熱裝置 12 的加熱作業區塊時，發生基板歪斜之情事。

繼續地，如第三圖所示，該第一蒸氣蒸鍍模組 13 同樣設置於該內部空間中並相對於加熱裝置 12，且第一線性蒸鍍模組 14 係設置於該真空腔體 10 之該內部空間中，並鄰

近於該第一蒸氣蒸鍍模組 13 且同時相對於該加熱裝置 12；如此，當軟性太陽能電池基板 2 進入該加熱裝置 12 的作業區塊後，即可立即對該軟性太陽能電池基板 2 進行一第一道加溫製程，並接著啟動該第一線性蒸鍍模組 14 以蒸鍍一第一金屬材料至該軟性太陽能電池基板 2 表面，並同時啟動該第一蒸氣蒸鍍模組 13，以蒸氣的形式加入一半導體材料至該第一金屬材料之中，藉此形成一複合半導體材料於該軟性太陽能電池基板 2 之表面上。

承上述，於此，必須補充說明的是，根據不同之太陽能光吸收層，該半導體材料可為硒(Se)或碲(Te)，且第一金屬材料可為銦(In)或銦鎵(InGa)；並且，為了使得 In/Ga/In 之第一金屬材料能夠以較佳之化合物組成比而被蒸鍍至該軟性太陽能電池基板 2 之表面，於本發明中，該第一線性蒸鍍模組 14 係具有複數個噴嘴，該噴嘴之指向係朝該軟性太陽能電池基板 2 之方向聚焦；如此設計，則 In/Ga/In 之材料係透過該些噴嘴，以聚焦之方式而被蒸鍍至該軟性太陽能電池基板 2 之表面。如第三圖所示，該膜厚度量測模組 19 係設置於該真空腔體 10 之該內部空間中，並面對於該軟性太陽能電池基板 2，其可例如為一橢圓偏光儀，用以對該複合半導體材料進行厚度量測，並同時送出厚度量測之資料；同時，該膜厚度量測模組 19 之量測資料係顯示於機電控制模組 18 之一主控畫面 181 之上，使得操

作人員可即時地監控該複合有該半導體材料之該第一金屬材料的厚度。於此，必須特別說明的是，於膜厚量測模組 19 進行量測前，係先以加熱裝置 12 對該軟性太陽能電池基板 2 進行一第二道加溫製程。

接著，如第三圖所示，第二蒸氣蒸鍍模組 13a 係設置於該真空腔體 10 之該內部空間中，並相對於該加熱裝置 12 且同時鄰近於該第一線性蒸鍍模組 14；並且，金屬材料線性蒸鍍模組 15 係設置於該內部空間中，並鄰近於該第二蒸氣蒸鍍模組 13a 且相對於該加熱裝置 12；如此，即可啟動該金屬材料線性蒸鍍模組 15 以蒸鍍一第二金屬材料至該軟性太陽能電池基板 2 之表面，並同時啟動該第二蒸氣蒸鍍模組 13a 以蒸鍍該半導體材料至該軟性太陽能電池基板 2 之表面。於此，必須特別說明的是，該金屬材料線性蒸鍍模組 15 與該第一線性蒸鍍模組 14 之間係存在著一定的距離，如此設計，可確保經由噴嘴蒸鍍至軟性太陽能電池基板 2 表面之第一金屬材料(例如 In/Ga/In)與半導體材料(例如 Se)完成化合反應，以便接續著進行後續製程步驟。

再者，如第三圖所示，第二線性蒸鍍模組 14a 係設置於該內部空間中，並相對於該加熱裝置 12 且鄰近於該金屬材料線性蒸鍍模組 15，用以再次蒸鍍該第一金屬材料至該軟性太陽能電池基板 2 之表面，並藉此方式使得該半導體材料、該第一金屬材料與該第二金屬材料係複合形成一太

陽能光吸收層於該軟性太陽能電池基板 2 之表面。於本發明中，由於該第二金屬材料可為銅(Cu)與銀(Ag)，因此，由該半導體材料、該第一金屬材料與該第二金屬材料所複合而成之太陽能光吸收層，其可為銅銦鎳硒(Cu/In/Ga/Se, CIGS)太陽能光吸收層、銀銦鎳硒(Ag/In/Ga/Se)太陽能光吸收層、或者銅銦硒(Cu/In/Se, CIS)太陽能光吸收層。與前述該第一線性蒸鍍模組 14 相同的是，該第二線性蒸鍍模組 14a 同樣具有複數個噴嘴，該噴嘴之指向係朝該軟性太陽能電池基板 2 之方向聚焦；如此設計，則 In/Ga/In 之材料係透過該些噴嘴，以聚焦之方式而再次地被蒸鍍至該軟性太陽能電池基板 2 之表面。

此外，該化合物組成量測模組 19a 係設置於該真空腔體 10 之該內部空間中，並鄰近於該速度主控輪組 16，其可例如為一 X 射線螢光分析儀 (X-Ray Fluorescence, XRF) 用以量測製備完成之該太陽能光吸收層之化合物與元素組成；當操作人員透過機電控制模組 18 之主控畫面 181 確認太陽能光吸收層之化合物元素組成係符合規格後，該軟性太陽能電池基板 2 則接著輸送至速度主控輪組 16，並捲置於其主控輪 161。接著，如第三圖所示，冷卻模組 17 係設置於該內部空間中並相對於該加熱裝置 12，其中，速度主控輪組 16 係將表面形成有該太陽能光吸收層之軟性太陽能電池基板 2 輸送至該冷卻模組 17 之冷卻作業區塊中，以透過

冷卻模組 17 冷卻該軟性太陽能電池基板 2。

該收捲模組 11a 則設置於該真空腔體 10 之內部空間中並鄰近於該放捲模組 11；如第三圖所示，收捲模組 11a 具有一收捲捲軸 111a、一收捲張力輪 112a、以及一收捲尋邊檢知裝置 113a，其中，收捲捲軸 111a 係用以捲置表面形成有該太陽能光吸收層之軟性太陽能電池基板 2，以對經過冷卻後的軟性太陽能電池基板 2 進行收料之動作；並且，於收料之同時，收捲模組 11a 係透過其收捲張力輪 112a 調整該軟性太陽能電池基板 2 之張力；此外，於收料之同時，收捲尋邊檢知裝置 113a 係對該軟性太陽能電池基板 2 進行邊緣檢測，進而通知該收捲捲軸 111a 對該軟性太陽能電池基板 2 進行邊緣位置調整，避免避免軟性太陽能電池基板 2 於收料時發生基板歪斜之情事。

另外，必須補充說明的是，如第三圖所示，該放捲模組 11 更具有一放捲張力輪 114，係位於靠近加熱裝置 12 之加熱作業區塊的入口端；且，相對地，該速度主控輪組 16 係具有一第一張力輪 162，係位於靠近加熱裝置 12 之加熱作業區塊的入口端。於本發明中，該放捲張力輪 114 與主控輪組 16 的第一張力輪 162 係用以調整進入該加熱裝置 12 之加熱作業區塊之中的該軟性太陽能電池基板 2 的張力，使得該半導體材料、該第一金屬材料與該第二金屬材料可順利地被蒸鍍至該軟性太陽能電池基板 2 的表面，進

而形成均勻的太陽能光吸收層。另外，如第三圖所示，該收捲模組 11a 更具有一收捲張力輪 114a，係位於靠近冷卻模組 17 之冷卻作業區塊；且，相對地，該速度主控輪組 16 係具有一第二張力輪 163，係位於靠近冷卻模組 17 之冷卻作業區塊的入口端。於本發明中，該收捲張力輪 114a 與主控輪組 16 的第二張力輪 163 係用以調整進入該冷卻模組 17 之冷卻作業區塊的該軟性太陽能電池基板 2 的張力。此外，於本發明中，特別地，該速度主控輪組 16 更具有一冷卻箱體 160，該主控輪 161 即至於該冷卻箱體 160 之中，使得捲置於主控輪 161 之表面形成有該太陽能光吸收層之軟性太陽能電池基板 2，可於冷卻箱體 160 之中進行預冷卻。

此外，雖然第三圖所示之第一蒸氣蒸鍍模組 13 與第二蒸氣蒸鍍模組 13a 係置於該真空腔體 10 之內部，然而，由於第一蒸氣蒸鍍模組 13 與第二蒸氣蒸鍍模組 13a 之主要功用在於提供硒(Se)蒸氣至該軟性太陽能電池基板 2 之表面，因此，實際應用時，第一蒸氣蒸鍍模組 13 與第二蒸氣蒸鍍模組 13a 亦可置於該真空腔體 10 之外部，並利用管線將硒(Se)蒸氣通至該軟性太陽能電池基板 2 之表面，進而與 In/Ga/In 金屬材料化合成複合半導體材料。

如此，經由上述，關於本發明之軟性太陽能電池光吸收層之真空製程設備的所有模組及其功能係已完整地說

明；接著，將繼續說明本發明之一種軟性太陽能電池光吸收層之真空製造方法。請參閱第四 A 圖與第四 B 圖，係本發明之軟性太陽能電池光吸收層之真空製造方法流程圖。如第四 A 圖與第四 B 圖所示，該製造方法包括以下步驟（關於下述步驟之說明，請搭配第三圖之設備架構圖進行閱讀）：

首先，於步驟(S1)中，係將已鍍上一背電極層之一軟性太陽能電池基板 2 載入位於一真空腔體 10 內的一放捲模組 11，並啟動藉由一真空幫浦將該真空腔體 10 抽成真空狀態。接著，於步驟(S2)中，係啟動一加熱裝置 12，以對該軟性太陽能電池基板 2 進行一第一道加溫製程。然後，於步驟(S3)中，係啟動一第一線性蒸鍍模組 14 以蒸鍍一銦鎵銦(In/Ga/In)金屬薄膜至該軟性太陽能電池基板 2 表面，並同時啟動一第一蒸氣蒸鍍模組 13，以一硒(Se)蒸氣的形式加入一硒半導體材料至該銦鎵銦(In/Ga/In)半導體薄膜之中，藉此形成一複合半導體薄膜於該軟性太陽能電池基板 2 之表面。

繼續地，於步驟(S4)中，係藉由該加熱裝置 12 以對該軟性太陽能電池基板 2 進行一第二道加溫製程，並同時使用一膜厚度測模組 19 對前述步驟之該複合半導體薄膜進行厚度量測，並同時送出厚度量測之資料。然後，於步驟(S5)中，係根據量測資料判斷是否必須對該複合半導體薄

膜進行厚度與化合物元素組成之調整，若是，則重複執行步驟(S3)，若否，則執行步驟(S6)。

於步驟(S6)中，啟動一金屬材料線性蒸鍍模組 15 以蒸鍍一銅材料至該軟性太陽能電池基板 2 之表面，同時啟動一第二蒸氣蒸鍍模組 13a，以該硒(Se)蒸氣的形式加入該硒半導體材料至該銅材料之中。接著，於步驟(S7)中，係啟動一第二線性蒸鍍模組 14a 以蒸鍍該銦鎵銦(In/Ga/In)金屬薄膜至該軟性太陽能電池基板 2 表面，並同時啟動該第二蒸氣蒸鍍模組 13a，以硒(Se)蒸氣的形式加入硒半導體材料至該銦鎵銦(In/Ga/In)金屬薄膜之中，進而形成一銅銦鎵硒(Cu/In/Ga/Se, CIGS)之太陽能光吸收層於該軟性太陽能電池基板 2 之上。

繼續地，於步驟(S8)中，係使用一化合物組成量測模組 19a(即，X 射線螢光分析儀(XRF))量測該銅銦鎵硒(Cu/In/Ga/Se, CIGS)之太陽能光吸收層的化合物元素組成之均勻度，並送出量測資料；然後，於步驟(S9)中，係根據量測資料判斷是否該銅銦鎵硒(CIGS)之太陽能光吸收層之化合物元素組成係符合規格，若是，則繼續執行步驟(S10)，若否，則結束製程步驟並加以檢測(S10a)。最後，於步驟(S10)中，則重複上述步驟(1)至步驟(9)，以持續製作該銅銦鎵硒(CIGS)之太陽能光吸收層。

如此，藉由上述之說明，本發明之軟性太陽能電池光

吸收層之真空製程設備及其製造方法係已經完整且清楚地被揭露；並且，經由上述，吾人可得知本發明係具有下列之優點：

1. 於本發明中，係將加熱板、冷卻系統、硒蒸氣蒸鍍模組、銦鎵銦(In/Ga/In)線性蒸鍍模組與銅線性蒸鍍模組整合於一真空腔體之中，並配合一放捲模組、一速度主控輪組與一收捲模組，以自動化流程於一真空環境中將銅銦鎵硒(CIGS)太陽能光吸收層製備於一軟性基板之上；因此，本發明之軟性太陽能電池光吸收層之真空製程設備不但可節省機台配製空間，並可節省生產之時間成本。
2. 承上述，由於本發明係將加熱板、冷卻系統、硒蒸氣蒸鍍模組、銦鎵銦(In/Ga/In)線性蒸鍍模組與銅線性蒸鍍模組整合於一真空腔體之中，因此，係降低了真空環境之需求，可大量減少真空幫浦之數量。
3. 此外，藉由本發明之軟性太陽能電池光吸收層之真空製造方法，操作人員可操控設置於該真空腔體 10 外表面上的該機電控制模組 18，並於設定製程參數並調配該速度主控輪組 16 之輸送速度後，開始以自動化的流程而製作太陽能電池光吸收層；同時，操作人員可透過機電控制模組 18 之主控畫面 181，即時地監控太陽能電池光吸收層之厚度及其化合物組成，有利於大大提升太陽能電池光吸收層之製程良率。

必須強調的是，上述之詳細說明係針對本發明可行實施例之具體說明，惟該實施例並非用以限制本發明之專利範圍，凡未脫離本發明技藝精神所為之等效實施或變更，均應包含於本案之專利範圍中。

【圖式簡單說明】

第一圖係習用之一種銅銦鎳碲太陽能電池之架構圖；

第二圖係本發明之一種軟性太陽能電池光吸收層之真空製程設備的立體架構圖；

第三圖係軟性太陽能電池光吸收層之真空製程設備的側面剖視示意圖；以及

第四 A 圖與第四 B 圖係本發明之軟性太陽能電池光吸收層之真空製造方法流程圖。

【主要元件符號說明】

- | | |
|-----|--------------------|
| 1 | 軟性太陽能電池光吸收層之真空製程設備 |
| 10 | 真空腔體 |
| 11 | 放捲模組 |
| 12 | 加熱裝置 |
| 13 | 第一蒸氣蒸鍍模組 |
| 13a | 第二蒸氣蒸鍍模組 |
| 14 | 第一線性蒸鍍模組 |
| 14a | 第二線性蒸鍍模組 |
| 15 | 金屬材料線性蒸鍍模組 |

19	膜厚量測模組
19a	化合物組成量測模組
16	速度主控輪組
17	冷卻模組
11a	收捲模組
18	機電控制模組
111	放捲捲軸
112	放捲張力輪
113	放捲尋邊檢知裝置
114	放捲張力輪
101	機電箱設置槽
160	冷卻箱體
161	主控輪
181	主控畫面
111a	收捲捲軸
112a	收捲張力輪
162	第一張力輪
163	第二張力輪
113a	收捲尋邊檢知裝置
114a	收捲張力輪
2	軟性太陽能電池基板
S1~S5	方法步驟

- S6~S10 方法步驟
- S10a 方法步驟
- 1' 銅銦鎳硒太陽能電池
- 10' 基板
- 11' Mo 背電極
- 12' CIGS 吸收層
- 13' CdS 緩衝層
- 14' 純質氧化鋅層
- 15' ZnO 窗層
- 16' 頂部電極

七、申請專利範圍：

1. 一種軟性太陽能電池光吸收層之真空製程設備，係包括：

一真空腔體，係其內部係藉由一真空幫浦而抽成真空狀態；

一放捲模組，係設置於該真空腔體之一內部空間中，其中，該放捲模組之一放捲捲軸係捲置有一軟性太陽能電池基板；

一加熱裝置，係設置於該內部空間中並鄰近於該放捲模組，其中，該放捲模組係透過其放捲捲軸將該軟性太陽能電池基板出料至該加熱裝置，以透過加熱裝置加熱該軟性太陽能電池基板；

一第一蒸氣蒸鍍模組，係設置於該內部空間中，並相對於該加熱裝置，其中，該第一蒸氣蒸鍍模組係用以蒸鍍一半導體材料至該軟性太陽能電池基板之表面；

一第一線性蒸鍍模組，係設置於該內部空間中並相對於該加熱裝置，其中，該第一線性蒸鍍模組係鄰近於該第一蒸氣蒸鍍模組，用以蒸鍍一第一金屬材料至該軟性太陽能電池基板之表面；

一第二蒸氣蒸鍍模組，係設置於該真空腔體之該內部空間中，並相對於該加熱裝置，其中，該第二蒸氣蒸鍍

模組係鄰近於該第一線性蒸鍍模組，用以再次蒸鍍該半導體材料至該軟性太陽能電池基板之表面；

一金屬材料線性蒸鍍模組，係設置於該內部空間中並相對於該加熱裝置，其中，該金屬材料線性蒸鍍模組係鄰近於該第二蒸氣蒸鍍模組，用以蒸鍍一第二金屬材料至該軟性太陽能電池基板之表面，並且，該半導體材料、該第一金屬材料與該第二金屬材料係複合形成一太陽能光吸收層於該軟性太陽能電池基板之表面；

一速度主控輪組，係設置於該內部空間中並相對於該放捲模組，其中，該速度主控輪組之一主控輪係捲置有表面形成有該太陽能光吸收層之軟性太陽能電池基板，且藉由速度主控輪組可控制軟性太陽能電池基板之傳動速度；

一冷卻模組，係設置於該內部空間中並相對於該加熱裝置，其中，速度主控輪組係將表面形成有該太陽能光吸收層之軟性太陽能電池基板輸送至該冷卻模組，以透過冷卻模組冷卻該軟性太陽能電池基板；以及

一收捲模組，係設置於該真空腔體之內部空間中，並鄰近於該放捲模組，其中，該收捲模組之一收捲捲軸係用以捲置表面形成有該太陽能光吸收層之軟性太陽能電池基板，以對經過冷卻後的軟性太陽能電池基板進行收料之動作。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之軟性太陽能電池光吸收層之真空製程設備，更包括：
- 一膜厚量測模組，係設置於該真空腔體之該內部空間中，並面對於該軟性太陽能電池基板，用以對複合有該半導體材料之該第一金屬材料進行厚度之量測；以及
- 一第二線性蒸鍍模組，係設置於該內部空間中並相對於該加熱裝置，其中，該第二線性蒸鍍模組係鄰近於該金屬材料線性蒸鍍模組，用以再次蒸鍍該第一金屬材料至該軟性太陽能電池基板之表面。
3. 如申請專利範圍第 2 項所述之軟性太陽能電池光吸收層之真空製程設備，更包括：
- 一機電控制模組，係設置於該真空腔體外表面上的一機電箱設置槽上，用以控制製程參數並調配該主控輪之速度；
- 一化合物組成量測模組，係設置於該真空腔體之該內部空間中，並鄰近於該速度主控輪組，用以量測製備完成之該太陽能光吸收層之化合物元素組成。
4. 如申請專利範圍第 1 項所述之軟性太陽能電池光吸收層之真空製程設備，其中，該第一線性蒸鍍模組與該第二線性蒸鍍模組皆具有複數個噴嘴，該噴嘴之指向係朝該軟性太陽能電池基板之方向聚焦，使得蒸鍍至該軟性太

陽能電池基板之表面的該第一金屬材料，能夠獲得較佳之化合物組成比。

5. 如申請專利範圍第 1 項所述之軟性太陽能電池光吸收層之真空製程設備，其中該半導體材料可為下列任一種：砷與碲。

6. 如申請專利範圍第 1 項所述之軟性太陽能電池光吸收層之真空製程設備，其中該第一金屬材料可為下列任一種：銦與銦鎳複合材料。

7. 如申請專利範圍第 1 項所述之軟性太陽能電池光吸收層之真空製程設備，其中該第二金屬材料可為下列任一種：銅與銀。

8. 如申請專利範圍第 1 項所述之軟性太陽能電池光吸收層之真空製程設備，其中，放捲模組更包括：

一放捲張力輪，係用以於該放捲捲軸將該軟性太陽能電池基板出料之時，調整該軟性太陽能電池基板之張力；以及

一放捲尋邊檢知裝置，係用以於放捲捲軸將該軟性太陽能電池基板出料之時，對該軟性太陽能電池基板進行邊緣檢測，進而通知該放捲捲軸對該軟性太陽能電池基板進行邊緣位置調整。

9. 如申請專利範圍第 1 項所述之軟性太陽能電池光吸收層之真空製程設備，其中，收捲模組更包括：

一收捲張力輪，係用以於該收捲捲軸對該軟性太陽能電池基板進行收料之時，調整該軟性太陽能電池基板之張力；以及

一收捲尋邊檢知裝置，係用以於該收捲捲軸對該軟性太陽能電池基板進行收料之時，對該軟性太陽能電池基板進行邊緣檢測，進而通知該收捲捲軸對該軟性太陽能電池基板進行邊緣位置調整。

10. 一種軟性太陽能電池光吸收層之真空製造方法，係包括以下步驟：

- (1) 將已鍍上一背電極層之一軟性太陽能電池基板載入位於一真空腔體內的一放捲模組，並啟動藉由一真空幫浦將該真空腔體抽成真空狀態；
- (2) 啟動一加熱裝置，以對該軟性太陽能電池基板進行一第一道加溫製程；
- (3) 啟動一第一線性蒸鍍模組以蒸鍍一銦鎵銦(In/Ga/In)金屬薄膜至該軟性太陽能電池基板表面，並同時啟動一第一蒸氣蒸鍍模組，以一硒(Se)蒸氣的形式加入一硒半導體材料至該銦鎵銦(In/Ga/In)金屬薄膜之中，藉此形成一複合半導體薄膜於該軟性太陽能電池基板之表面；
- (4) 藉由該加熱裝置以對該軟性太陽能電池基板進行一第二道加溫製程，並同時使用一膜厚量測模組對前述

步驟之該複合半導體薄膜進行厚度量測，並同時送出厚度量測之資料；

(5)根據量測資料判斷是否必須對該複合半導體薄膜進行厚度與化合物元素組成之調整，若是，則重複執行步驟(3)，若否，則執行步驟(6)；

(6)啟動一金屬材料線性蒸鍍模組以蒸鍍一銅材料至該軟性太陽能電池基板之表面，同時啟動一第二蒸氣蒸鍍模組，以該硒蒸氣的形式加入該硒半導體材料至該銅材料之中；

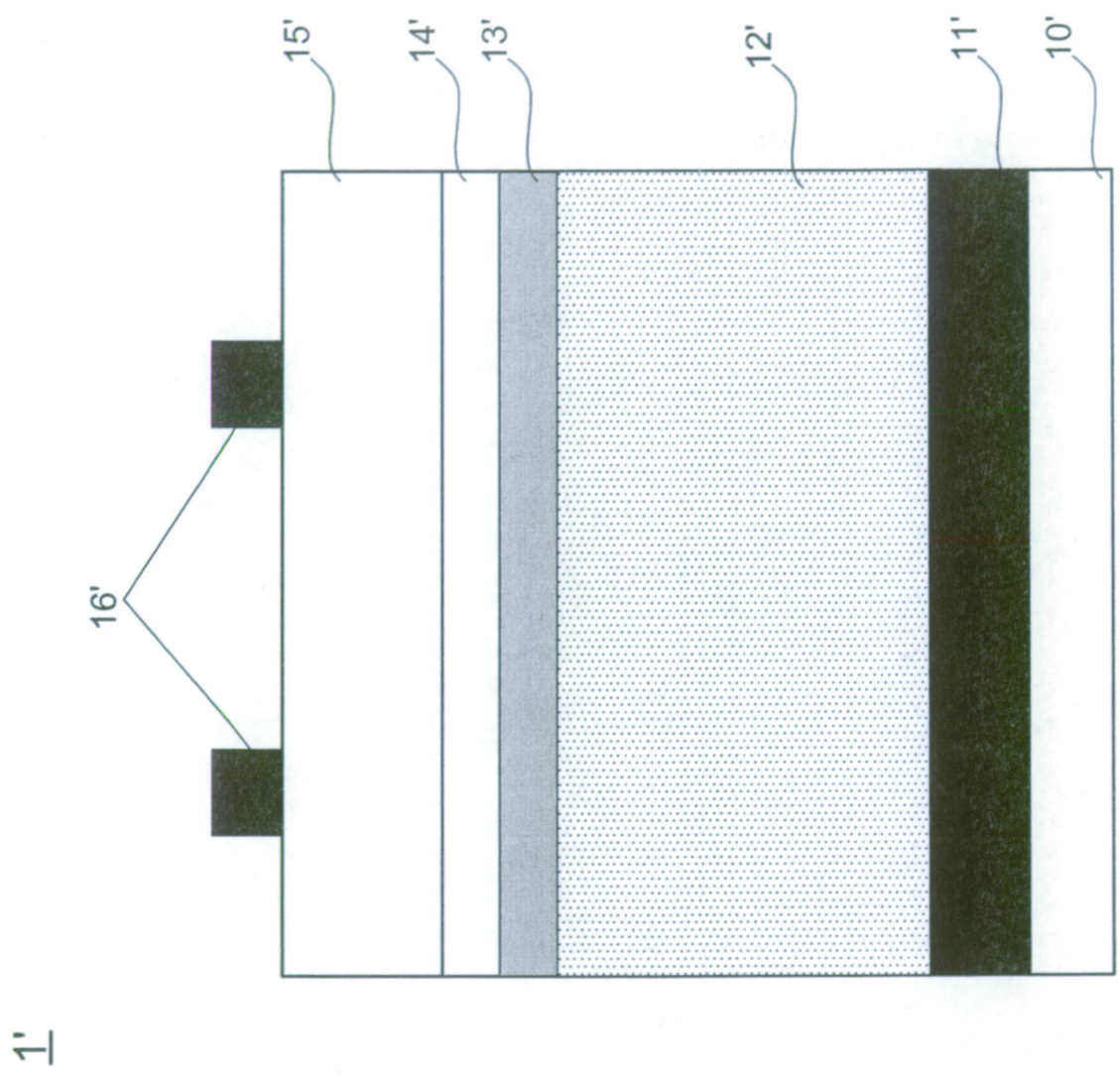
(7)啟動一第二線性蒸鍍模組以蒸鍍該銦鎵銦金屬薄膜至該軟性太陽能電池基板表面，並同時啟動該第二蒸氣蒸鍍模組，以硒蒸氣的形式加入硒半導體材料至該銦鎵銦金屬薄膜之中，進而形成一銅銦鎵硒(Cu/In/Ga/Se, CIGS)之太陽能光吸收層於該軟性太陽能電池基板之上；

(8)使用一化合物組成量測模組量測該銅銦鎵硒(CIGS)之太陽能光吸收層的化合物元素組成之均勻度，並送出量測資料；

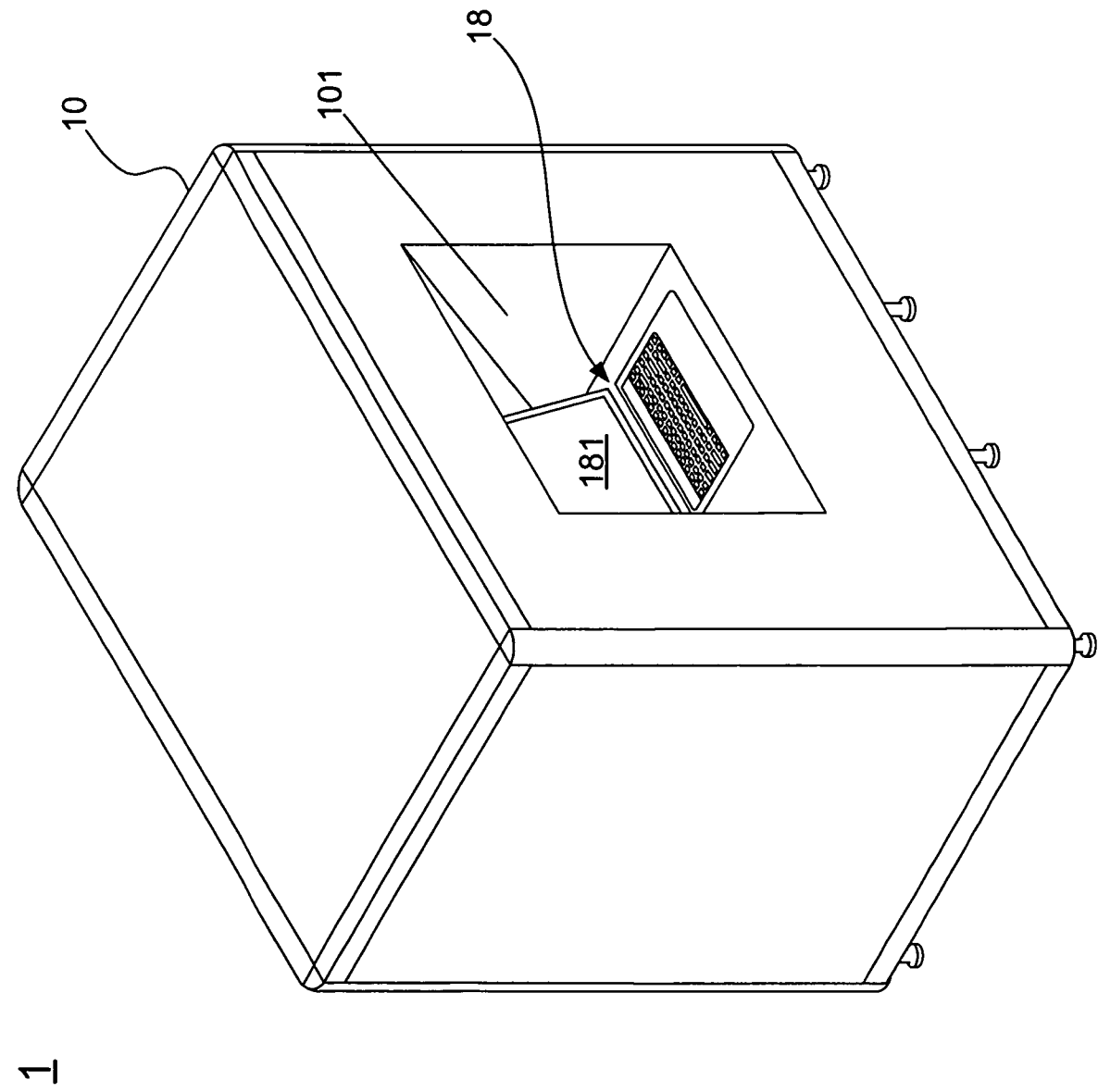
(9)根據量測資料判斷是否該銅銦鎵硒之太陽能光吸收層之化合物元素組成係符合規格，若是，則繼續執行步驟(10)，若否，則結束製程步驟並加以檢測；以及

(10)重複上述步驟(1)至步驟(9)，以持續製作該銅銦鎳
硒之太陽能光吸收層。

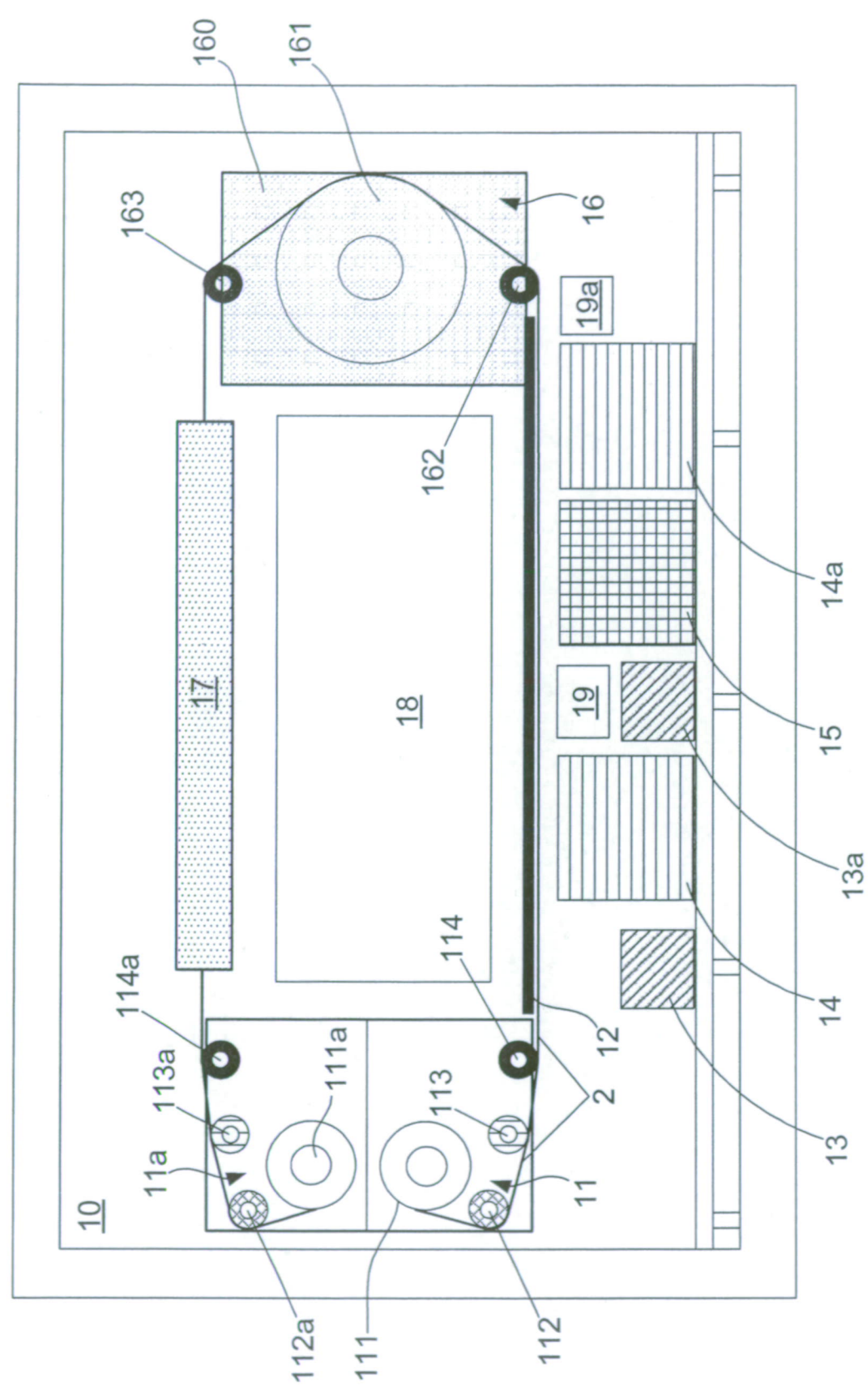
八、圖式：



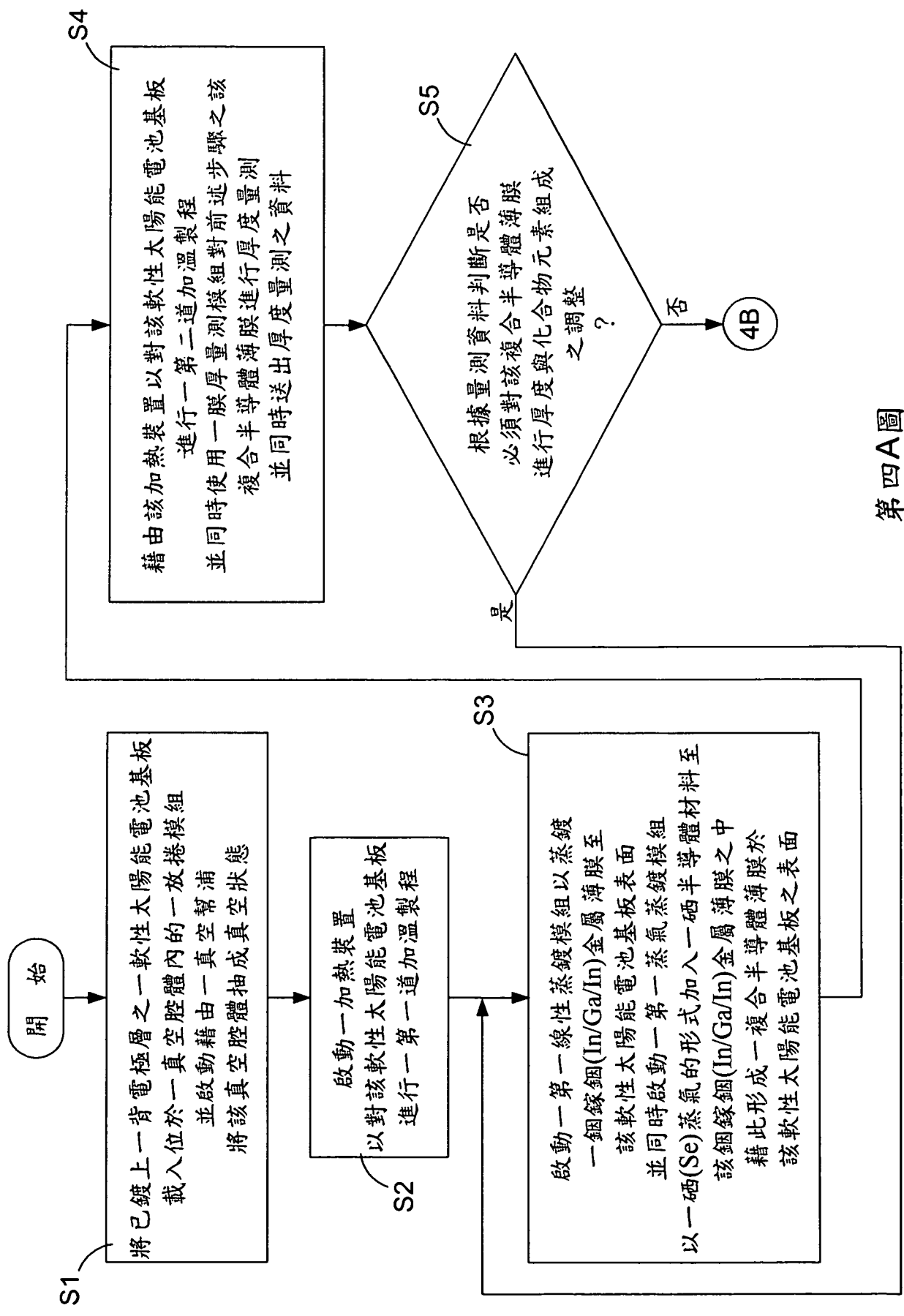
第一圖



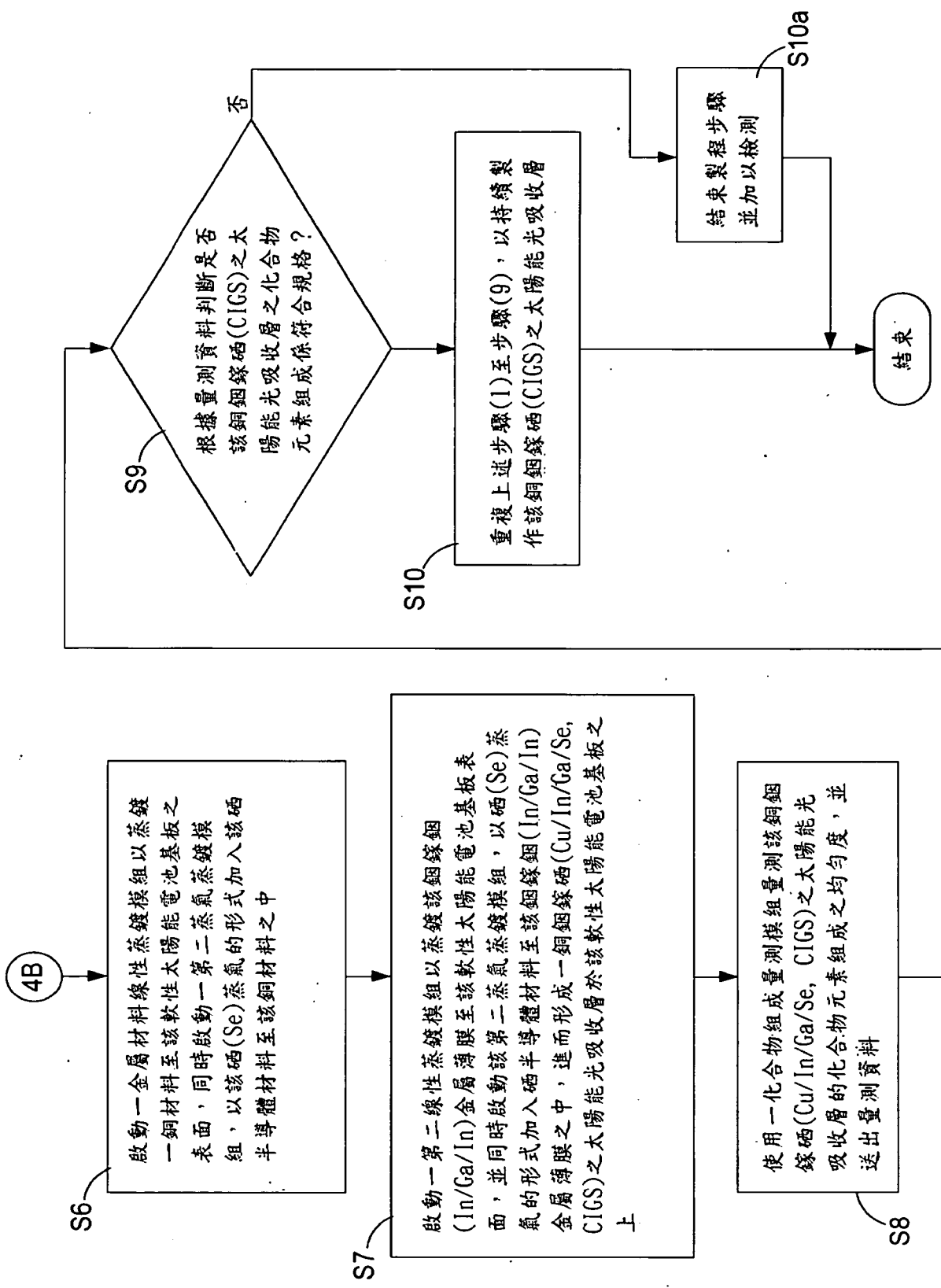
第二圖



第三圖



第四A圖



第四B圖