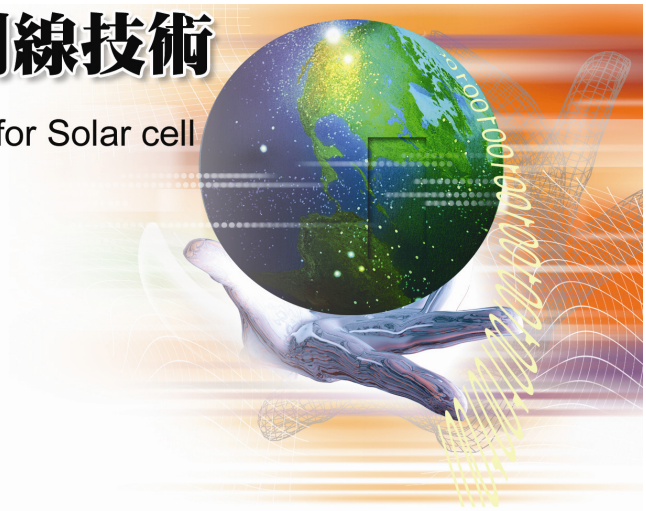
太陽能電池製程之劃線技術

Scribing technologies of processing for Solar cell



陳冠州
工研院機械所
新興能源機械技術組
固態光源機械技術部

周琨祐
瀚笙科技股份有限公司
客服部經理

關鍵詞

- 機械劃線　Mechanical Scribing
- 雷射劃線　Laser Scribing
- 太陽能電池　Solar cell

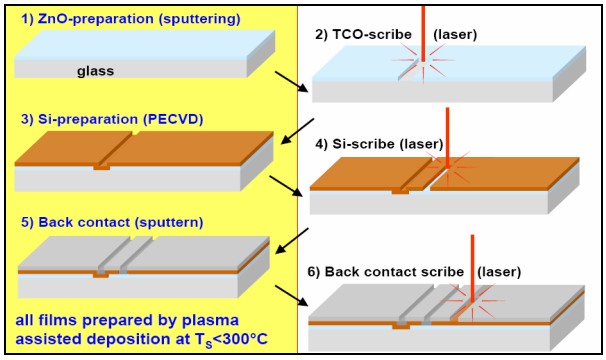
摘要

1954 年美國貝爾實驗室發表第一顆矽基太陽能電池以來，人類在太陽能電池上的研究發展歷經了非晶矽半導體、多晶矽半導體、單晶矽半導體、III-V 族化合物半導體、II-VI 族化合物半導體直到有機半導體染敏太陽能電池等；科技業對各個電池的研發均有著墨，重點在各型太陽能電池是否具量產的可能性，研發則強調其廣泛的太陽光譜吸收特性與光電轉換效率的提升。本篇將著重於2006年以來因為純矽基材短缺而相對受到重視的CIGS(銅銦鎵硒)薄膜化合物太陽能面板之絕緣劃線製程技術的介紹，使讀者能了解相關的製程技術，並簡介薄膜太陽能電池製程設備中極重要的絕緣劃線機制。

前言

目前矽薄膜太陽能電池多採用 Superstrate 結構，但 Roll-to-Roll 方式製作的可撓性的薄膜太陽能電池則多以 Substrate 結構爲主。以 Superstrate 結構的非晶矽太陽能電池製程而言，第一步先在玻璃上以 PVD 濺鍍生成一層透明導電層(TCO)；第二步利用雷射剝除 TCO 薄膜以留下凹槽；第三步則以 PVD 濺鍍或電漿輔助化學氣相沉積法

（PECVD）於 TCO 上鍍矽薄膜；第四步再用雷射剝除矽薄膜以留下凹槽、第五步利用 PVD 濺鍍進行背電極金屬鍍膜；第六步再用雷射將要留下凹槽金屬鍍膜剝除；最後再加上玻璃封裝即可完成模組，如圖一所示。所以雷射劃線設備負責非晶矽的薄膜太陽能電池之多道製程，更彰顯其重要性。



圖一　矽薄膜太陽電池的製程示意圖

資料來源：FZJ IPV

CIGS 銅銦鎵硒化合物薄膜太陽能電池因具備材料成本低、光吸收效率高、能量轉換效率高等優勢，進而能逐漸取代傳統結晶矽型太陽能電池，成爲近年來大量生產商業化太陽能電池的主要方向之一。其結構基礎在 1960 年代即有研究文獻記載，而於 1970 年代初期開始研發；記錄上此型太陽能電池小面積的轉換效率約爲 19%，而大面積面板模組整體的轉換效率則有 13%，能量轉換效率居商業化薄膜太陽能電池之首，最高的轉換效率雖較單晶矽型太陽能電池(轉換效率約 24.7%)低，但因其光譜吸收範圍廣、光吸收效率高、有效的光電轉換時間長等特性，而能與矽基太陽能電池抗衡並受到產業界關注。

此型太陽能電池元件的基本結構爲多層薄膜堆積之結構，各薄膜層的厚度在幾十奈米到幾個微米之間，各膜層的均勻性、高質性與其堆疊穩定性直接影響電池的效率，另一個重點就在太陽能電池能量轉換效率的提昇，尤其在大面積面板上能在一定面積上切割出最多的有效電池！薄膜面板上各電池間的絕緣性與發電有效作用面積有著絕對的重要性，其對應的製程即爲薄膜劃線絕緣製程；即能做到最佳的劃線絕緣性，且盡量縮小面板上整體的劃線面積，以增加面板上有效的光電轉換面積，進而得到最佳的能量轉換效率。

薄膜劃線絕緣製程依現行業界應用的設備可分爲兩種，即是雷射與機械式刮刀絕緣劃線；主要是針對不同薄膜層特性規劃合適的絕緣施作製程。目前非晶矽薄膜太陽能面板在主要三道絕緣劃線製程上，均使用雷射絕緣劃線，需做到絕緣劃線精度的最佳控制；而銅銦鎵硒系薄膜太陽能面板目前主流的三道絕緣劃線製程，爲背電極鉬金屬膜層使用雷射絕緣劃線、其餘兩道使用機械式刮刀絕緣劃線。全雷射絕緣劃線製程最佳劃線寬度界於 30 微米(μm)到 60 微米(μm)之間，後兩道的機械式刮刀製程劃線寬度在 50 微米(μm)到 90 微米(μm)之間，此爲銅銦鎵硒系化合物薄膜太陽能面板製造商提昇面板有效作用面積的努力方向之一。由於雷射技術的提昇，去年有設備商已能提供銅銦鎵硒系化合物薄膜太陽能面板的全雷射劃線絕緣製程，可做到最佳的劃線精度控制，德商 JENOPTIK 即爲其中的主力之一！本篇將淺談絕緣劃線施作的原理、雷射應用，介紹相關太陽能電池製程到主流設備，讓讀者能了解製程上使用的技術及相關應用設備。

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】338 期・100 年 5 月號

每期 220 元・一年 12 期 2200 元

劃撥帳號：07188562 工業技術研究院機械所

訂書專線：03-591-9342

傳真訂購：03-582-2011

機械工業雜誌官方網站：www.automan.tw