



矽薄膜太陽能模組 發展趨勢

The future development
of Si thin film solar module



黃建福

工研院太電中心
先進矽基太陽電池研究組
薄膜太陽電池計畫

葉峻銘

工研院太電中心
先進矽基太陽電池研究組
薄膜太陽電池計畫

方宣尹

工研院太電中心
先進矽基太陽電池研究組
薄膜太陽電池計畫

關鍵詞

- 矽薄膜 Si thin film
- 透明導電膜 transparent conducting oxide
- 太陽電池 solar cell

摘要

隨著矽晶太陽能電池產量過剩，供過於求導致價格低於每瓦 2 塊美金，而壓縮薄膜太陽能電池的市場，再加上 First solar 研發出每瓦 0.83 塊美金的低成本碲化鎘(CdTe)薄膜太陽能電池，更大幅減少矽薄膜於市場的佔有率。面對現今不利的大環境，矽薄膜太陽能電池研發方向可能要做調整，本文將對於矽薄膜太陽能電池未來可行的方向：1. 高效率低成本使其低於每瓦 1 塊美元；2. 大消費市場的軟性太陽能電池；3. 高經濟價值的建材一體應

用，及其研發重點，做簡單的論述。

In recent years, industrial production of crystalline Si solar modules (module cost : < \$2/W) has boosted that the demand on marketing reduces dramatically. However, in 2009, First Solar Inc. claimed that the cost of CdTe thin film solar module reached \$0.83/W, and the low-cost photovoltaic products must threaten the present dominated occupied percentage of Si-based marketing. In this article, it is suggest that future development of Si thin film solar modules may go through in three directions. Firstly, we can develop high efficiency and low-cost Si thin film modules, reducing their cost to < \$1/W. Secondly, Si thin film solar cells deposited on flexible of soft substrates can be applied on various electronic consuming products. Finally, there is huge potential for large-area Si thin film solar modules to apply in “Building Integrated Photovoltaic” (BIPV) areas. Possible methods or solutions to accomplish these goals are also present



briefly in this article.

前言

2007 年由於多晶矽(poly-Si)原料持續缺貨，使得矽晶圓(Si wafer)供不應求，價格持續狂飆，市場每公斤報價上漲至 450 美元，在此環境下使用沉積技術沒有矽原料供應問題，使用的矽並非半導體等級數量少、品質要求低的矽薄膜太陽能電池便備受矚目，許多廠商也投入相關的研發與生產，使得矽薄膜太陽能電池迅速成長。然而自 2008 年第四季全球受金融風暴影響以致景氣急轉直下，加上矽晶圓上游廠商大幅擴大產能與冶金級矽晶的產量，造成太陽能矽晶原料供過於求，價格從每公斤 450 美元急速下滑至 50 美元，使得矽晶太陽能電池的價格跌破每瓦 2 塊美元，與矽薄膜太陽能電池每瓦 1.5~1.7 塊美元相差不大；同時美國太陽能廠 first solar 於碲化鎘薄膜太陽能電池(CdTe)量產技術，達到轉換效率約為 10%~11%，生產成本低於每瓦 1 塊美元，約每瓦 0.83 塊美元，在矽晶太陽能電池與碲化鎘薄膜太陽能電池兩者夾殺下，使得矽薄膜太陽能電池原本具有之價格優勢消失，被迫跟著降價賠本銷售。因此若矽薄膜太陽能要在此不利的環境下生存未來可能要往：1. 高效率低成本使其低於每瓦 1 塊美元，2. 大消費市場的軟性太陽能電池，3. 高經濟價值的建材一體，此三方向作調整。

高效率低成本矽薄膜太陽能電池技術

矽薄膜太陽能電池技術容易朝大尺寸發展，製程溫度約 200°C，相較於矽晶太陽能電池來的低，是一個耗能較低的技術。此外，矽薄膜太陽能電池受日照量與溫度的影響較小，具有總發電量高等優勢，因此

長期來看若矽薄膜太陽能電池能達到高效率與低成本仍有其競爭優勢。

一、高效率矽薄膜太陽能電池的技術趨勢—多接合太陽能電池(multijunction solar cell)

在提高太陽能電池效率的技術中較常見的方式為增加輸出電壓的堆疊型太陽能電池[1]。多接合太陽能電池一個重要的優點是可以吸收不同波長的太陽光譜，矽薄膜太陽能電池中目前量產的商品多為單層式非晶矽薄膜太陽能電池，非晶矽能隙(energy gap)為 1.75-1.8 eV，只能吸收波長小於 700 nm 的太陽光，大於 700 nm 的部分則無法有效吸收，圖一將 AM1.5D 太陽頻譜分為三區段 280nm~700nm、700nm~1100nm 及 1100nm~3000nm 分別算其能量分布，分別佔了 47.4%、35.6%及 17%，可以看到太陽光譜的有很大部份是落在 700 nm 以上之區域，使用單層式非晶矽薄膜太陽能電池並無法充分利用太陽光。因此為了增加光吸收範圍，以提高太陽能電池的效率，串接一個或多個能隙小的材料被認為是最佳的方式。一般文獻上常見的為二接合或堆疊型太陽能電池(double junction or tandem solar cell)與三接合太陽能電池(triple junction solar cell)。如圖二(a)所示。

在二接合太陽能電池，微晶矽材料具有能隙約 1.1 eV，在模擬上與非晶矽是一個接近完美的組合[2]。圖二(a)所示為非晶矽與微晶矽對應於太陽光譜的可吸收波段，藉此材料的光學特性，可以設計出微晶與非晶矽堆疊結構的薄膜太陽能電池(tandem solar cell)，亦可稱為 micromorph 結構太陽能電池，如圖二(b)所示，即於靠近太陽光入射面處選用非晶矽薄膜先吸收短波長的光，下層微晶矽薄膜則可來吸收不被非晶矽吸收的長波長太陽光[3]。由於微晶矽是間接能隙(Indirect band gap)材料，其吸收係數通常比非晶材料低很多，使得光要被有效吸收必需增加微晶矽薄膜厚度，因此微晶矽薄膜厚度至少需 1~2 μm 以上，才能有效吸收太陽光，因此如何提升微晶矽



更完整的內容

請參考紙本【機械工業雜誌】326期・99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