



矽薄膜太陽電池鍍膜設備 之電漿放射光譜分析儀監控簡介

The Plasma Optical Emission Spectrometer Monitoring Design
and Study of Silicon Thin Film Solar Cell Equipment



林冠宇

工研院機械所
新興能源機械技術組
太陽能光電設備技術部

杜陳忠

工研院機械所
新興能源機械技術組
太陽能光電設備技術部

關鍵詞

- 電漿輔助化學氣相沉積設備
Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition (PECVD)
- 電漿成分光譜分析儀
Optical Emission Spectroscopy (OES)
- 回饋控制
Feedback Control
- 比例積分控制器
Proportional-Integral Controller
- 製程訊號飄移
Process Signal Drift

摘要

本研究發展一種用於微晶矽薄膜之調控電漿技術，並運用此技術輔助薄膜的沉積，且突破微晶矽薄膜不易於高沉積速率成長的瓶頸；此技術主要具有電漿製程監控的裝置，係應用光學放射光譜儀(OES)偵測電漿的成分，並即時偵測影響微晶矽薄膜沉積製程的 H_2 與 SiH_4 被電漿解離之光譜比值，且由比例積分控制器(PI Controller)法則即時回授控制被電漿解離的活性物種 $H\alpha$ 及 SiH^* 電漿光譜比值，且在高的沉積速率下，仍可即時掌控最佳微晶矽薄膜沉積的品質，進而提高微晶矽薄膜製程於長時間大量生產的穩定性。

This study is about the plasma control technique development of microcrystalline silicon films. By using the technique to enhance film



deposition, and to breaks through the choke point of microcrystalline silicon films that was difficult for high deposition rate growth. The technique major including plasma process monitor device, which applied to Optical Emission Spectroscopy (OES) to detect plasma elements, and detect the influence of microcrystalline silicon films deposition process with H_2 and SiH_4 spectrum ratio in real time. Besides, we use the proportional-integral controller (PI Controller) algorithm to feedback control for the relative species $H\alpha$ and SiH^* by plasma dissociated spectrum ratio, and also can control the best microcrystalline silicon film quality under the high deposition rate in real time. So we increase microcrystalline silicon film process's stability of long-term mass production in the further too.

前言

電漿輔助氣相沉積技術往往採用高頻特性以及電源調整方式，以提高微晶矽薄膜沉積速率以及結晶品質；利用高頻電源主要是抑制連續式高頻電源所產生之大量活性物種(radicals, 例如 SiH_3)，因聚合作用形成分子的粉末，並於沉積表面所造成結晶不均勻的非晶矽薄膜。

在微晶矽薄膜沉積製程中，諸多文獻指出電漿解離製程的氣體過程，氫氣(H_2)與 Silane(SiH_4)的比值會影響微晶矽薄膜沉積之速率與結晶率；以往的技术雖然藉著選擇分段脈衝電漿作用時間比，分階段地控制上述兩種氣體被解離的比值，

以達到提高微晶矽薄膜沉積速率與均勻性；然而，由於無法對薄膜沉積製程中所偵測之解離氣體成分變化予以量化分析，因此必須預設多階段的製程條件，導致製程變複雜化；此外，長時間薄膜沉積製程及大量生產中，所形成之電漿常因氣流場擾動[1][2][3]及電極沉積[4][5]等等因素，造成解離效果具有差異性，並影響原預設製程條件之準確性，導致可能無法得到預期的薄膜沉積品質。而在堆疊式(tandem)薄膜太陽電池微晶矽薄膜沉積製程中，膜厚需達 $1\sim 2\mu m$ 才能有效吸收太陽光。但因製程鍍膜速率慢，需較長的薄膜沉積時間，因此在長沉積的時間下，製程條件會發生飄移現象[6]而造成薄膜品質的不同，由此可知穩定鍍膜製程監控是極其重要的。

本研究係利用光學放射光譜儀(Optical Emission Spectroscopy, OES)偵測電漿活性物種成分技術[7][8][9][10]即時監控電漿中活性物種 $H\alpha$ 及 SiH^* 的光強度，並建立即時調控系統控制 RF power 與 SiH_4 氣體流量大小，以獲得較穩定的電漿，解決沉積過程中電漿製程條件飄移的現象。

系統架構與製程規劃

本研究微晶矽薄膜沉積電漿調控的系統架構如圖 1 所示。主要分成電漿輔助化學氣相沉積腔體、電漿放射光譜量測系統、即時回授控制系統與製程規劃等四部份。以下分別就此加以討論。

1. 電漿輔助化學氣相沉積腔體

G3.5 枚葉式矽薄膜太陽電池鍍膜設備主要腔體有電漿輔助化學氣相沉積腔體(PECVD 3

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