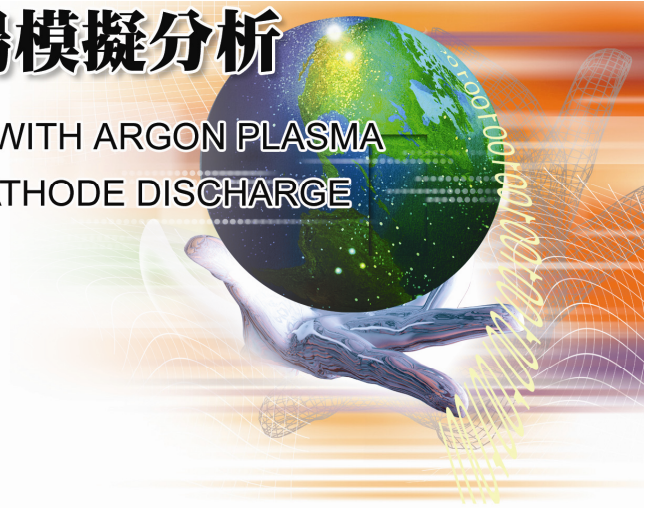




高密度電漿源氣流場模擬分析

KINETICS MODELING OF GASES WITH ARGON PLASMA
IN A REACTOR WITH HOLLOW-CATHODE DISCHARGE



董福慶

工研院機械所
太陽光電設備部

吳佩珊

工研院機械所
太陽光電設備部

趙修武

台灣科技大學
機械工程系
副教授

林重勳

中原大學
機械系博士生

魏大欽

中原大學
化學工程學系
副教授

關鍵詞

- 微晶矽 Microcrystalline Silicon
- 薄膜沉積 Thin Film Deposition
- 數值模擬 Numerical Simulation
- 電漿輔助化學氣相沉積 PECVD

摘要

以電漿輔助化學氣相沉積設備進行低溫微晶矽薄膜的成長，在太陽能產業中引起極大的注意，特別是在製造矽薄膜太陽電池上。藉由矽甲烷(SiH_4)與氫氣(H_2)混合後，經由氬電漿解離反應形成微晶矽薄膜做一模擬先導研究。建立電漿模型以模擬分析在真空腔體中的製程氣體與電漿之

化學反應。從真空腔體中氣相物種的運動行為了解製程參數對各種不同物種，在反應過程中生成與消耗的影響，此模型導入 17 個物種，37 個有關電子、離子與自由基及中性物種等化學反應式來計算。所提出的二維模型之模擬分析可獲得在基板上成膜時，靠近基板的關鍵物種之重要資訊，也同時說明控制基板上成膜的主要反應機制。

Plasma enhanced chemical vapor deposition of microcrystalline silicon growing at low temperature recently attracts great attention in the field of solar energy sector, especially for the manufacturing of thin film solar cells. A preliminary study on microcrystalline silicon thin film formation through a mixture of SiH_4 and H_2 gases with the help of Ar plasma enhancement is conducted in this work. Plasma models are employed to investigate the



chemical reaction of gases and plasma inside plasma chambers. The kinetics of gas-phase species in the chamber is considered for understanding the influences of working parameters on the production and consumption of different species, where 17 species and 37 chemical reactions among electron, ions, radicals and neutral species are taken into account. The proposed two-dimensional simulation can deliver important information of the key species near the substrate for growing thin film on the substrate and also elucidate the major mechanisms, which dominate the deposition process on the substrate.

前言

以電漿輔助化學氣相沉積設備進行低溫微晶矽薄膜的成長，在太陽能產業中受到廣泛的注意，特別是在製造矽薄膜太陽電池[1-3]。中空陰極管式電漿源反應器對大面積薄膜沉積與高速鍍膜有極大的發展潛能。本研究將針對本所(工研院機械所)開發的中空陰極管電漿源之電漿與氣體反應進行數值模擬探討，研究薄膜沉積在基板時，真空腔體內電漿反應氣流的二維特性。將可建立一個流體模型，其包含著電漿反應機制的電漿模型[4-7]，其中使用計算流體力學方法搭配較為完整的 SiH_4 與 H_2 電漿模型；在電漿氣體部份考慮包括 Ar 、 Ar^* 、 Ar^+ 、 E 、 SiH_4 、 SiH_3 、 SiH_2 、 SiH 、 H_2 、 H 、 Si 、 Si^+ 、 SiH_3^+ 、 SiH_2^+ 、 SiH^+ 、 H_2^+ 與 H^+ 等 17 個物種與 37 個化學反應式模型的建立，在電漿鍍膜反應機制部份則考慮 10 個化學生

長的機制。建立之電漿模型為模擬電漿源噴嘴下方的製程反應區，在下方的製程區將以計算流體力學模型搭配電漿模型的反應機制進行模擬。初步探究電子溫度對腔體內的各種不同物種濃度的分佈影響。

中空陰極管光輝放電反應器 (HOLLOW CATHODE DISCHARGE REACTOR)

圖 1 為工研院機械所開發之電漿源反應器。圖 2 為腔體內激發之氬氣電漿。其中包含一個中空陰極管電漿源與一個製程腔體，在腔體中噴入矽甲烷(Silane-SiH_4)與氬氣以進行基板上薄膜沉積之製程。中空陰極管光輝放電(HCD)電漿源以 $\text{RF}13.56\text{MHz}$ 為射頻電源，接在陰極為兩個平行鋁合金的管子中激發氬氣(Ar)產生電漿，其長度為 900 mm 。此兩陰極置入同軸的鋁合金陽極腔室中。光輝放電之氬氣沿著中空陰極管內散佈，然後穿過噴射孔噴射進入製程腔體中。此電漿源可以產生高密度電漿，在製程腔體中沉積高均勻度、大面積之薄膜。而模擬分析的不銹鋼製程腔尺寸為長 1210mm 、寬 1142 mm 、高 258 mm 。

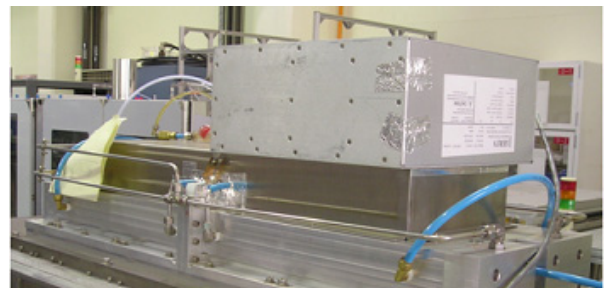


圖 1 工研院機械所開發之中空陰極管式電漿源反應器

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