

製作大粒徑多晶矽膜於太陽能電池應用

Fabrication of Large-Grained Polycrystalline Silicon for Solar Cells Application

郭啟全

明志科技大學
機械工程暨
機電工程研究所
助理教授

關鍵詞

- 大粒徑多晶矽膜 large-grained polycrystalline silicon
- 基板預熱 substrate heating
- 矽膜厚度 thickness of Si thin films
- 太陽能電池 solar cells

摘要

本研究提出一種簡單製作大粒徑多晶矽的方法，此方法係以基板預熱(substrate heating)與增加矽膜厚度(thickness of Si thin films)來製作大粒徑多晶矽膜。研究結果顯示，試片經過預熱後，優點有增大多晶矽之晶粒尺寸與增長矽膜熔化時間。對於相同厚度之非晶矽膜條件下，矽膜之熔化時間將隨著預熱溫度的增加而增加，對於相同預熱溫度條件下，矽膜之熔化時間將隨著非晶矽膜厚度的增加而增加。當非晶矽膜厚度為 400 nm，於預熱溫度 500 °C 條件下，檢測出最長矽膜熔化時間長達 1714 ns，並且製作出約 4.7 μm 之多晶矽，此多晶矽膜可作為提高太陽能光電效率應用。

前言

隨著工業科技的迅速發展，隨之而來的能源危機和環境污染已成了眼前所急需解決的問題，例如全球暖化(global warming)與酸雨(acid rain)...等問題。為了解決上述問題，尋求不會污染地球之新的替代能源是刻不容緩，例如：風能(wind power)、水能(water power)與太陽能(solar power)。其中，太陽能是最具潛力的新能能源也是目前全球替代能源產業的發展重心[1]，因為太陽能不僅取之不盡、用之不竭，並且也是一種無污染的能源。目前太陽能電池依材料可分為矽、化合物半導體與有機材料三大類。化合物半導體多為 III-V 族及 II-IV 族之化合物，太陽能光電效率雖然較高但價格昂貴，於民生市場上不易普及，比較適用於太空發展之應用。至於，染料敏化太陽能電池(dye-sensitized solar cells)的製造成本，由於該型電池為新世代產品，目前並無量產市場，因此有不同評估值。近幾年太陽能電池迅速發展，主要以矽半導體為主的太陽能電池以能夠生產及應用。單晶矽太陽能電池(single crystal solar

cells)，雖可有較高的太陽能光電效率(efficiency)與壽命長(long lifetime)，但缺點為價格昂貴，非晶矽太陽能電池(amorphous silicon solar cells, a-Si solar cells)，雖然價格低，但是缺點為太陽能光電效率差。環視未來，薄膜太陽能電池(thin film solar cells)較為環保且具能源效率，因為薄膜太陽能電池所使用之材料較少，未來有可能取代矽晶圓太陽能電池(silicon-based solar cells)，主導市場。由於會多晶矽晶粒尺寸大小(grain size of polycrystalline silicon)會影響太陽能電池之光電效率，因此如何降低成本與提升效率為太陽能電池研究不斷努力的目標也是目前研究太陽能電池之重要研究課題(an important issue)。於文獻中，已有諸多方法被提出來增大多晶矽之晶粒尺寸，例如：Choi 等人[2]提出以 SiO_2 作為基材，可以製作出尺寸較大之多晶矽。因為 SiO_2 具有低比熱特性[3]，所以 SiO_2 僅需要很低能量即可達到高溫，因此有利於後續之多晶矽的成長；Im 等人[4]將矽膜沈積於 SiO_2 上， SiO_2 下面為玻璃基板，並運用具有小鋸齒形開孔(chevron-shaped aperture)光罩，以連續照射矽膜的方式，製作出尺寸較大之多晶矽；Kim 等人[5]運用條紋式之 SiO_2 覆蓋在矽薄膜上，此 SiO_2 膜具有抗反射(anti-reflective)作用，因此於有 SiO_2 覆蓋層下之矽膜比沒覆蓋 SiO_2 處下之矽膜，可以吸收到較高的準分子雷射能量，因此可以製作出晶粒尺寸較大之多晶矽；Ishikaw 等人[6]運用擋板擋住部分矽膜，使矽膜無法受到雷射照射，由於雷射光之繞射效應，接近擋板邊緣之矽膜將接可以受到雷射光照射，只是強度比沒有擋板擋到的地方小，因此可以產生溫度梯度效應(thermal gradient effect)，進而製作出晶粒尺寸較大之多晶矽；Aichmayr 等人[7]運用兩道雷射光束所產生之干涉條紋照射於矽膜上，矽膜所接受之雷射光強度呈現類似正弦曲線分布，並具有橫向溫度梯度(lateral thermal gradient)，因此可以製作出尺寸較大之多晶矽；Ho 等人[8]則採用相偏移光

罩(phase shift mask)技術來增大多晶矽之晶粒尺寸。此光罩的特色為一半較厚(thick)，另一半較薄(thin)，當雷射光經過此光罩後產生干涉效應，並於矽膜上面產生溫度梯度，所以可以製作出尺寸較大之多晶矽。然而，上述方法缺點為方法複雜(complex)與曠日費時(time consuming)。根據凝固理論(solidification theory)[9]，欲製作出晶粒尺寸較大之多晶矽，有三種方法可行：(a)提昇照射矽膜之準分子雷射能量密度；(b)減緩矽膜熱量之散失速率(尤其於矽膜凝固期間)，即降低凝固速率；(c)避免矽膜產生較大的過冷度。由以上三種方法來分析，提昇照射矽膜之準分子雷射能量密度(excimer laser energy density)很容易導致玻璃基板之溫度過高，若引入熱量超過玻璃之應變點溫度(strain point)，則玻璃基板很容易產生扭曲變形(torsion)，而成為不良品。至於提昇基板溫度可以在較低準分子雷射能量密度下，得到相同的晶粒尺寸，其原因在於提昇基板溫度，可降低冷卻速率。另外，當矽膜之過冷度越小，代表矽膜之結晶度越好，為了增大多晶矽之晶粒尺寸，於準分子雷射結晶矽膜過程中必須控制好過冷度(supercooling)，因為較低的過冷度具有較慢的結晶速率，因此可以製作出晶粒尺寸較大之多晶矽。於文獻中，減少製程溫度梯度(thermal gradient)方法有兩種[10,11]：(a)被動式(passive)減少溫度梯度方法：基板預熱(substrate heating)與減低非晶矽膜(amorphous silicon, a-Si)厚度；(b)主動式(active)減少溫度梯度方法：兩雷射光束(dual-beam)方式、雙脈衝(double-pulse)方式以及雙脈衝兩雷射(double-pulse dual-beam)方式。由以上兩種方法來分析，被動式減少溫度梯度方法似乎比主動式減少溫度梯度方法簡單。於被動式減少溫度梯度方法中，減低非晶矽膜厚度雖然可以減少製程溫度梯度，但是不利於製作出晶粒尺寸較

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】322期・99年1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