

金属誘起結晶化法シリコン薄膜の表面光電圧測定

○池田 正則 (日大工・電気)

1. まえがき

フラットパネルディスプレイにおける画素の動作は、シリコン(Si)薄膜内に作られた薄膜トランジスタ(Thin Film Transistor: TFT)回路により行われている。現在は非晶質 Si 薄膜が多く使用されているが、より大きい電子移動度を有する多結晶 Si 薄膜の使用が検討されている。現在、この多結晶 Si 薄膜の結晶性評価にはマイクロ波光導電減衰(Microwave Photo Conductivity Decay: μ -PCD)法が用いられているが、ボトムゲート型 TFT 構造には対応できないため、新しい評価法が必要とされている。

本研究では、表面光電圧(Surface Photovoltage: SPV)法を用いた Si 薄膜の結晶性評価法を確立することを目的とし、金属誘起結晶化(Metal Induced Crystallization: MIC)法^{3,4)}によって結晶化を試みた Si 薄膜について評価を行った。

2. 実験方法

試料基板には石英(SiO_2)基板を用い、真空蒸着装置により膜厚約 100nm の Al 薄膜を成膜後、スパッタ装置により膜厚約 100nm の Si 薄膜を成膜した。作製した Si/Al/SiO₂ 試料を流量 1 L/min の N₂ 雰囲気中でアニールを行い、結晶化を試みた。

図 1 は、使用した AC SPV 測定装置の概略図である。励起光源として波長 365 nm の LED を用い、周波数 1 kHz の矩形波電圧で動作させた。励起光パワーは約 1.5 mW である。SPV は試料表面に対向する ITO 電極により検出し、プリアンプにより 100 倍に増幅し、ロックインアンプで測定、又はオシロスコープで波形観察を行った。試料表面と ITO 電極間の距離は 50 μm とした。また、X 線回折(X-Ray Diffraction: XRD)による結晶構造解析、2 次イオン質量分析(Secondary Ion Mass Spectrometry: SIMS)による深さ方向組成分析を行った。

3. 結果及び考察

図 2 は、温度 300~600°C で N₂ アニールを 5 時間行った Si/Al/SiO₂ 構造試料の SPV 波形である。アニールを施さなかった試料では Si 薄膜が非晶質であり、SPV は小さい。アニール温度 300 及び 400°C の試料において出現した SPV は、励起光照射(ON)により増大し、遮断(OFF)すると減衰した。また、アニール温度 500 及び 600°C では、300 及び 400°C の場合の SPV 波形と反転している。SPV の出現は Si 薄膜内で生成された電子正孔対の分離を意味しており、N₂ アニール温度 500°C 以上で生じた SPV 波形の反転は試料構造の変化を反映

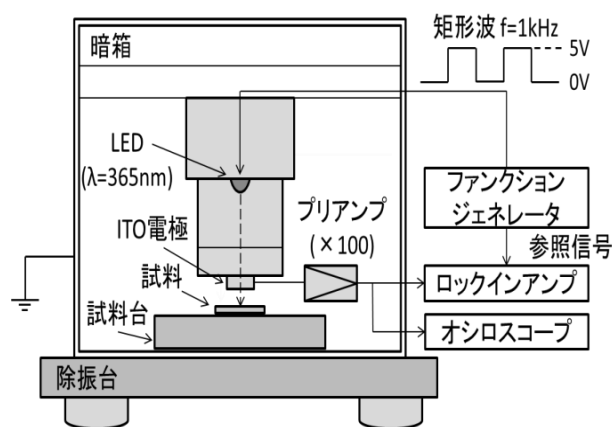


図 1 : AC SPV 測定装置の概略図

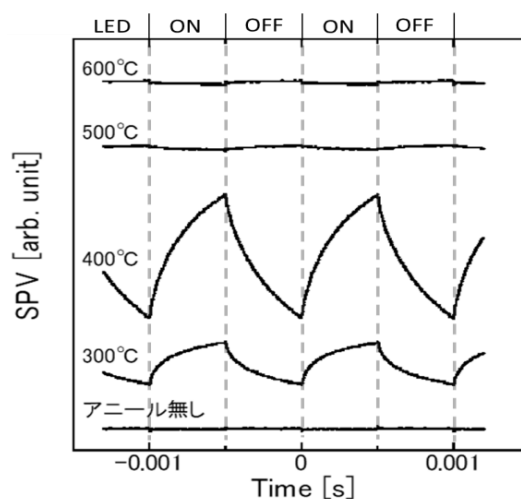


図 2 : SPV 波形のアニール温度依存性
(N₂ アニール時間 5 時間一定)

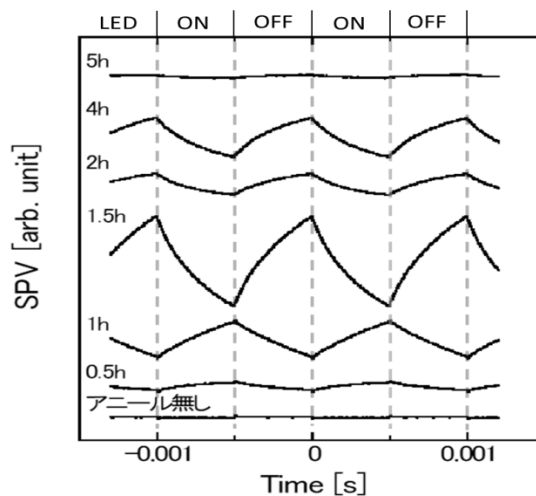


図 3 : SPV 波形のアニール時間依存性
(N₂ アニール温度 500°C 一定)

している。アニール温度 500℃以上の温度での SPV の減少は、層交換により試料表面が Al 層になったためと考えている。

図 3 は、温度 500℃で N₂ アニールを 0.5~5 時間行った Si/Al/SiO₂ 構造試料の SPV 波形である。アニール時間 0.5 及び 1 時間の試料において、出現した SPV は励起光照射(ON)により増大し、遮断(OFF)すると減衰した。また、アニール時間 1.5 時間以上では、0.5 及び 1 時間の場合の SPV 波形と反転している。アニールによる試料構造変化が比較的長時間で生じることを示している。

図 4 及び図 5 は、それぞれ N₂ アニールを温度 400 及び 500 °C で 5 時間行った試料の SIMS 測定結果を示す。アニール温度 400 °C における試料では、表面に Si 層、その下に Al 層が存在し、層交換は生じていない。アニール温度 500 °C における試料では、表面に Al 層、その下に Si 層が存在し、Al と Si の層交換が生じていることが確認できる。

図 6 は、温度 400, 500 及び 600℃で 5 時間の N₂ アニールした試料における XRD 回折パターンを示す。アニール温度 400℃では Al(111)回折ピークのみが確認された。アニール温度 500℃では Al(111)の回折ピーク強度は減少し、Si(111)回折ピークが現れた。また、アニール温度 600℃では Si(111)ピークのみとなり、強度は増大した。Si 薄膜の結晶化は、Al と Si の層交換の結果として生じていることが確認された。

4. まとめ

MIC 法を用いて Si 薄膜の結晶化を試みた試料について SPV 測定を行った。その結果、作製した Si(100nm)/Al(100nm)/SiO₂ 構造試料では、アニール温度 500℃において Al と Si の層交換と Si 薄膜の結晶化が生じ、この試料では SPV 波形の反転が見られた。SPV 波形の反転は試料構造の変化を示唆しており、本手法で Si 薄膜結晶化評価の可能性が示された。

謝辞

Si 薄膜、Al 薄膜の膜厚測定及び XRD 測定は、日本大学工学部電気電子工学科、鈴木・遠藤研究室にご協力いただきました。深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) C. Munakata and S. Nishimatsu, Jpn. J. Appl. Phys., 25, pp. 807-812 (1986).
- 2) 池田正則, 清水博文, 高松弘行, 迫田尚和, 電子情報通信学会誌 C, J95-C, (2012)41.
- 3) G. Liu and S. J. Fonash, Appl. Phys. Lett., 62(1993)2554
- 4) T. Nast, T. Puzzer, L. M. Koschier, A. B. Sproul and S. R. Wenham, Appl. Phys. Lett., 73(1998)3214.

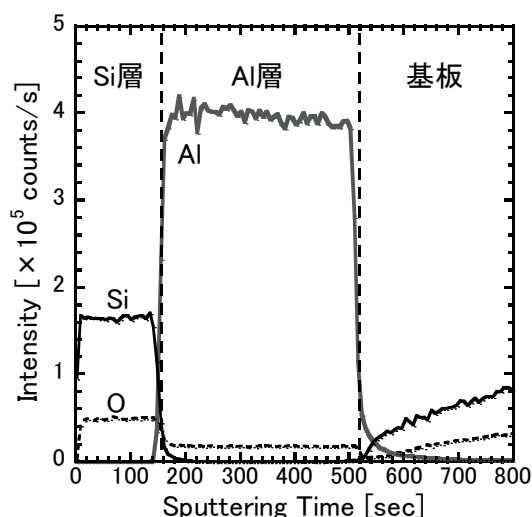


図 4 : SIMS による深さ方向組成分析結果 (N₂ アニール : 400℃, 5 時間)

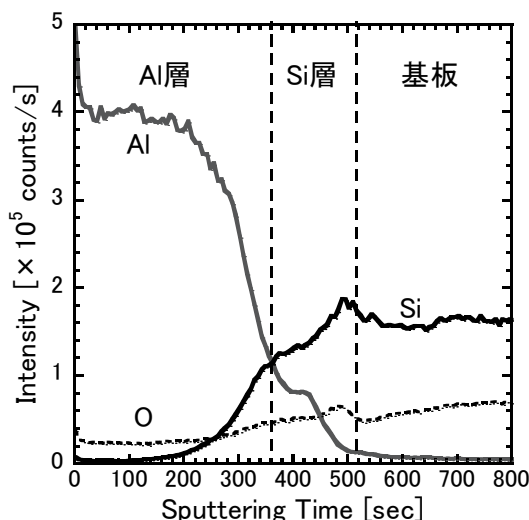


図 5 : SIMS による深さ方向組成分析結果 (N₂ アニール : 500℃, 5 時間)

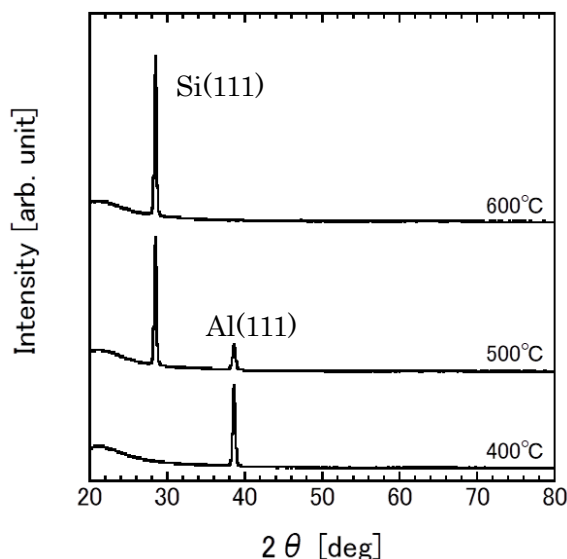


図 6 : X 線回折パターンのアニール温度依存性 (アニール時間 5 時間一定)