

透明導電膜の成膜による結晶シリコンへのプロセスダメージの評価

Evaluation of process damage induced by transparent conductive oxide film deposition

○小島 遥希¹、西原 達平^{1,2}、伊藤 佑太¹、Lee Hyunju^{1,5}、後藤 和泰³、
宇佐美 徳隆³、原 知彦⁴、中村 京太郎⁴、大下 祥雄⁴、小椋 厚志^{1,5}

(1. 明治大理工、2. 学振特別研究員 DC、3. 名古屋大学、4. 豊田工大、5. 明治大 MREL)

○H. Kojima¹, T. Nishihara^{1,2}, Y. Ito¹, H. Lee⁵, K. Gotoh²,

N. Usami², T. Hara³, K. Nakamura⁴, Y. Ohshita⁴, and A. Ogura^{1,5}

(1. Meiji Univ., 2. JSPS Research Fellow DC, 3. Nagoya Univ., 4. Toyota Tech. Inst.,

5. Meiji Renewable Energy Laboratory)

E-mail: ce211025@meiji.ac.jp

[背景] シリコンヘテロ接合太陽電池ではパッシベーション層、キャリア選択層としてアモルファスシリコン膜(a-Si:H)、およびキャリア輸送層として透明導電膜(TCO)が成膜され高効率な太陽電池を実現している。一方で各プロセスによって結晶シリコン(c-Si)に誘起されるダメージの存在や原因、その種類に関しては必ずしも明確にされていない。これまで我々は a-Si:H 成膜プロセスとして一般的であるプラズマ励起化学気相成長法(PECVD)によって誘起される c-Si へのダメージの評価を行い、ライフタイム向上の効果に埋もれていた結晶シリコン表面約 2.8 nm に存在するダメージ層の存在を明らかにした[1]。本研究では、さらに透明導電膜(TCO)の成膜プロセスによって c-Si に誘起されるダメージ評価を行った。

[実験] 両面研磨 n 型 Cz-Si(100)基板を RCA 洗浄後、PECVD 法で両面に a-Si:H(i)と a-Si:H(n)を成膜し、続いて反応性プラズマ蒸着法(RPD)とスパッタリング法でそれぞれ代表的な TCO である ITO(Sn 添加 In 酸化膜)を成膜することで 2 種類の ITO/a-Si:H(n)/a-Si:H(i)/c-Si(n)/a-Si:H(i)/a-Si:H(n)/ITO 構造の試料を作製した。各試料で ITO 成膜後にホットプレートを用いて熱処理(200℃、30 分、大気雰囲気中)を行い、擬定常状態光導電法(QSSPC)により熱処理前後のライフタイムを測定した。また、Si 基板中のプロセス誘起ダメージを評価するために PL 測定を行った。励起光源の波長は 532 nm とし、試料冷却のためにクライオスタットを 4 K 付近に設定した。

[結果] 図 1 に各プロセスによるライフタイムの変化を ITO 成膜前の値(約 2 ms)で規格化して示す。いずれの試料でも ITO 成膜後にライフタイムは大きく減少し、成膜後の熱処理により回復した。これはプラズマプロセスにより比較的小規模なダメージが導入されたことを示唆している。図 2 に RPD 法による ITO 成膜試料の熱処理前後の PL スペクトルを示す。熱処理前の試料でのみ 0.767 eV と 0.641 eV にピークを観測した。0.767 eV は P-Line におけるピーク位置と一致する[2]。すなわち、RPD 法により c-Si 内に不純物炭素、酸素原子の複合欠陥が形成されたと考えられる。また、これらのピークは 200℃、30 分の熱処理で消失した。

[謝辞] この成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の助成事業の結果得られたものです。関係各位に感謝します。

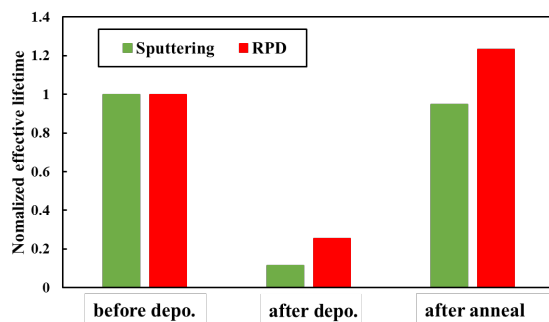


Fig. 1. Carrier lifetime after plasma process.

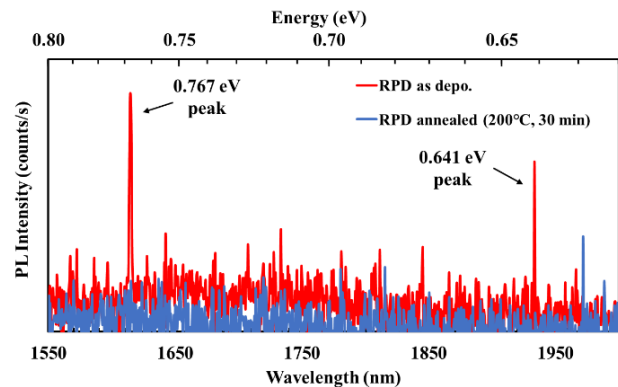


Fig 2. PL spectra after RPD process.

[1] 小島他、2021 年秋応物 (10p-N104-8).

[2] M. Tajima *et al.*, J. Appl. Phys., **11**, 041301 (2018).