

太陽電池用 Si 基板中のプラズマプロセス誘起ダメージ評価

Plasma process induced damage evaluation in Si substrate for solar cells

大西 康平¹、原 豊¹、西原 達平¹、金井 皓輝¹、神岡 武文¹、大下 祥雄²、小椋 厚志¹
(1.明治大理工 2.豊田工大)

©K. Onishi¹, Y. Hara¹, T. Nishihara¹, H. Kanai¹, T. Kamioka¹, Y. Ohshita², and A. Ogura¹

(1. Meiji Univ. 2. Toyota Tech. Inst.)

E-mail: ce181018@meiji.ac.jp

【背景と目的】太陽電池における成膜プロセスでは、ITO などの透明導電膜や SiN_x 等のパッシベーション膜がスパッタや反応性プラズマ蒸着法 (RPD)、プラズマ CVD などのプラズマプロセスで行われる。この際、プラズマダメージによる少数キャリアライフタイム劣化が課題となっている[1]。

従来、プラズマプロセスにおける界面ダメージ層の影響が着目されてきたが、その原因は未だ解明されていない。また、プラズマプロセスがバルクに与える影響に関する報告例はなく、次世代太陽電池の高効率化へ向け、ダメージ要因を特定し制御する必要がある。

そこで本研究では、プラズマプロセスにおける Si 基板へのダメージ要因の特定を目的とし、酸素濃度、炭素濃度の異なる試料を用いて評価を行った。

【実験方法】酸素濃度 ($1.3 \times 10^{18}, 2.0 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$)、炭素濃度 ($1.3 \times 10^{14}, 1.7 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$) の異なる試料を用いてプラズマプロセスによる Si 基板中へのダメージ評価を行った。プラズマプロセスを介していない試料 (as-grown)、反応性プラズマ蒸着 (RPD) 法により ITO 層を成膜した試料、PECVD 法により SiN_x 層を成膜した試料の計 3 水準を用意した。各試料の ITO 層、 SiN_x 層を HF エッチングにより除去した後、キンヒドロソルメタノールパッシベーション処理を行い、Sinton WCT-120 により少数キャリアライフタイムを測定した。

また PL 測定により、Si 基板中のプラズマプロセス誘起欠陥の評価を行った。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 付近に設定し測定を行った。

【結果と考察】図 1 に異なる不純物濃度に対するプラズマプロセス (PECVD, RPD) 前後の少数キャリアライフタイムを示す。プラズマ処理前 (as-grown) のライフタイムには、酸素、炭素濃度に伴う点欠陥と考えられる差が見られた。またいずれの試料でも、プラズマプロセスによりライフタイムは大きく減少した。即ち、プラズマプロセスを介することで、Si 基板上に何らかの欠陥が形成されたことが示唆される。

図 2 に炭素濃度 ($=1.7 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$) による RPD 処理後の PL スペクトルを示す。本結果より 0.79 eV にピークを観測した。これは、C-line におけるピーク位置と一致する[2]。即ち、RPD 法によるプラズマダメージは、ライフタイム劣化の原因となる炭素原子による複合欠陥形成の影響が示唆される。

以上より、Si 太陽電池における成膜時のプラズマプロセスによってライフタイム劣化が生じ、その原因の一つが炭素原子による複合欠陥 (C-line) 形成であることを

明らかにした。

[1] T. Kamioka et al., AIP Advances 7, 095212 (2017).

[2] G.Davies. Phys. Rep. 176, 83 (1989).

【謝辞】本研究は新エネルギー・産業技術総合開発機構の支援のもと実施された。本研究にあたり、PL 測定の評価のご助言いただいた明治大 田島道夫博士に感謝申し上げる。

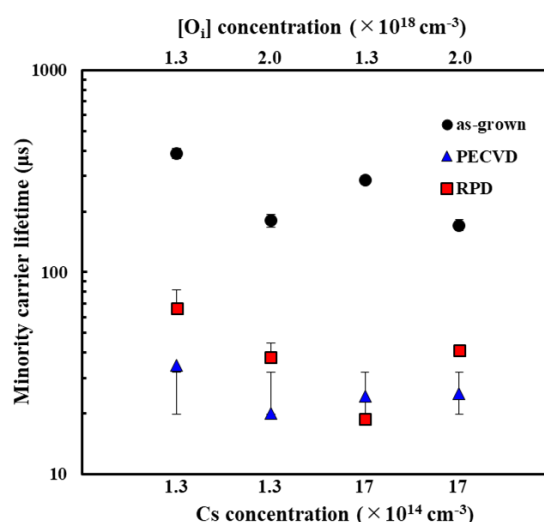


Fig 1. Relation between Cs/Oi concentration and Minority carrier lifetime before and after plasma process.

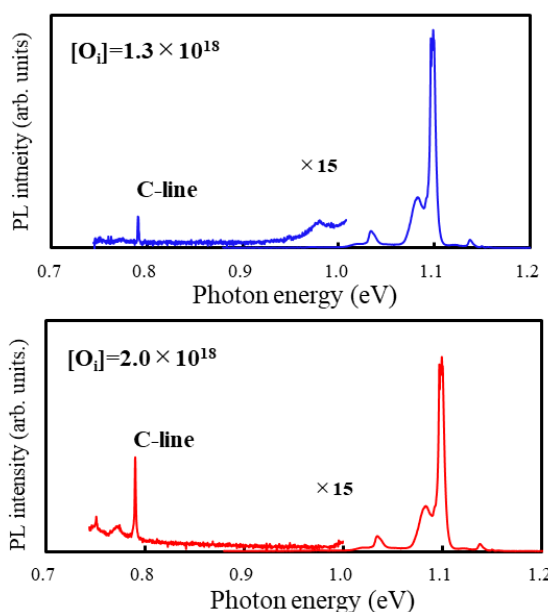


Fig 2. PL spectrum after RPD. (Cs = $1.7 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$)