

Si 基板中に導入される RPD プロセスダメージ層のキャリア再結合特性

Carrier recombination properties of a damaged layer in a Si substrate induced by reactive plasma deposition

明治大¹, 豊田工大² ○神岡 武文^{1,2}, 磯貝 勇樹², Hyunju Lee²,脇田 陸², 原 知彦², 林 豊², 中村 京太郎², 大下 祥雄², 小椋 厚志¹Meiji Univ.¹, Toyota Technol. Inst.², °Takefumi Kamioka^{1,2}, Yuki Isogai²,Hyunju Lee², Riku Wakita², Tomohiko Hara², Yutaka Hayashi², Kyotaro Nakamura²,Yoshio Ohshita², Atsushi Ogura¹ E-mail: t-kamioka@toyota-ti.ac.jp

【はじめに】アモルファス/結晶ヘテロ接合型やキャリア選択コンタクト型の Si 太陽電池においては、ITO などの透明導電膜がスパッタや反応性プラズマ蒸着 (RPD) などのプラズマプロセスで成膜される。本プロセスを経たデバイスでは、その実効少数キャリアライフタイムが大きく低減し、200 °C 程度の成膜後熱処理により回復する[1]。これは、Si の表面、あるいは、基板中において再結合活性な欠陥が生成されることを意味する。加えて、それらは比較的緩やかな構造変化である可能性が示唆される。これまで我々は、RPD-ITO プロセス誘起のダメージに関して、Si 表面における再結合速度や界面欠陥準位密度の変化として報告してきた[1,2]。本研究では、RPD-ITO プロセスで導入されるダメージ層のキャリア再結合特性を調べ、Si 基板中の特性も含めたダメージの検討を行った。

【実験】Fz n 型 Si(100)基板を用い、ITO/SiO₂/Si 対称構造、および、ITO なしの SiO₂/Si 対称構造サンプルを作製した。SiO₂ 層は熱酸化により 10 nm 形成させ、ITO 層は反応性プラズマ蒸着 (RPD) 法で成膜した (約 90 nm)。続いて、ITO 層、および、SiO₂ 層を HF 溶液浸漬により除去し、Si 基板表面を露出させた。その後、熱 H₂O₂ 溶液酸化、および、HF 溶液浸漬による酸化膜除去、の工程を繰り返し、エッチバックした。それらサンプル表面をキンヒドロ・メタノール溶液浸漬でパッシベーションしたのち、QSSPC 法でライフタイム測定した。

【結果・考察】Si 基板サンプルのライフタイムの酸化—エッチングサイクル回数依存性を図 1 に示す。横軸は Si 表面からの深さに相当する (1 回の処理あたり 1 - 1.5 nm)。ライフタイム値は、サイクル数 = 6 or 7 での値で規格化している。ITO 成膜なしサンプルでは、ライフタイムのサイクル数依存性はほぼなかった。一方、ITO 成膜プロセスを経たサンプルでは、エッチング前のライフタイムは低く、エッチングを繰り返すごとに増加し、その後飽和傾向を示した。この結果は、ITO 成膜プロセスにより、基板表面から 6 nm 程度の深さにまで再結合活性な欠陥が形成されたことを示している。RPD プロセスで生じるパッシベーション特性変化を議論する際には、界面だけでなく、基板中の欠陥も考慮した解析を進める必要がある。

【謝辞】NEDO の支援により行われた。熱酸化膜、ITO 膜形成に関して、豊田工大森村氏に感謝する。

【参考文献】[1] 磯貝ら, 第 79 回応用物理学会秋季学術講演会, (2018) 19p-PA5-5. [2] T. Kamioka et al., AIP Advances 7, 095212 (2017).

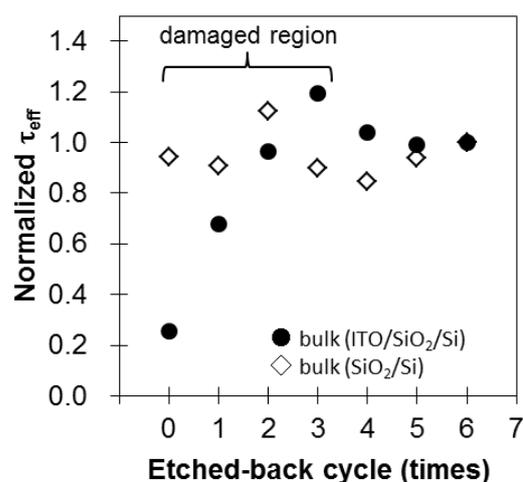


Fig. 1: The relation between normalized effective lifetime (τ_{eff}) and the etched-back cycle.