

TiO₂ 電子選択コンタクトの Ta ドープによるパッシベーション性能の向上とそのメカニズム

Improvement in the passivation quality of TiO₂ electron-selective contacts by Ta doping and its mechanism

1. 豊田工大, 2. 明治大 ○山口 世力¹, リ ヒュンジュ^{1,2}, 大下 祥雄¹

1. Toyota Tech. Inst., 2. Meiji Univ. ○S. Yamaguchi¹, H. Lee^{1,2}, Y. Ohshita¹

E-mail: s-yamaguchi@toyota-ti.ac.jp

本発表では, TiO₂ 電子選択コンタクト (ESC) に Ta をドーピングすることでパッシベーション性能が大きく向上した結果とそのメカニズムについて報告する. 代表的な ESC 材料に TiO₂ があり, これまでに裏面側に TiO₂ 薄膜を有する n 型 c-Si 太陽電池において 23.1% の高い変換効率が達成されている [1]. より高い変換効率を実現するためには, パッシベーション能力を向上させることが重要となる. これを実現するひとつの候補として Ta のドーピングが挙げられる. Ta をドーピングにより TiO₂ 膜の固定電荷が正側にシフトするとの報告があり [2], これによってパッシベーション能力の向上が期待できる. 本研究では, TiO₂ ESC のパッシベーション能力に与える Ta ドーピングの影響を調査した.

30% H₂O₂ 溶液を用いて酸化処理を行った n 型 c-Si 基板上に, ALD により Ta ドープ TiO₂ 薄膜を両面成膜した. Ta ドーピングは, TDMAT を前駆体として, H₂O を酸化剤として用いた TiO₂ の成膜サイクルに, TBTEMT および H₂O を用いた Ta₂O₅ 単原子層の成膜サイクルを任意の割合で挿入することで行った. 本研究では, Ta ドープ濃度を全単位サイクル中に含まれる Ta₂O₅ の単位サイクル数の比 (単位サイクル比) を用いて表す. TiO₂:Ta 薄膜の膜厚は約 3.5 nm とした. 成膜後, 大気中にて約 130 °C で熱処理した. QSSPC 法を用いて試料の τ_{eff} を評価した.

Fig. 1 に, 種々の Ta 濃度の 3.5 nm の TiO₂:Ta 膜を有する n 型 c-Si 基板の τ_{eff} のアニール時間依存性を示す. アニール後において, 多くの場合アンドープの TiO₂ 薄膜を有する試料よりも Ta ドープ TiO₂ 薄膜を有するものの方が高い. このことから, Ta ドーピングは TiO₂ 薄膜のパッシベーション性能を向上させることがわかった. また, Ta ドープ濃度が小さいものの方が τ_{eff} が高い傾向にあり, 最小の単位サイクル比 0.05 を有する試料の少数キャリア寿命が最も高い. この場合に得られた τ_{eff} の最大値は 784 μs であり, これは 24.9 cm/s の SRV_{eff} に対応する. XPS および光学バンドギャップの測定から求めた TiO₂:Ta の c-Si に対する ΔE_V および ΔE_C を Table 1 に示す. Ta をドーピングによる ΔE_V の増大が観察され, Ta ドーピングにより少数キャリアの追いつき効果が改善されたことによりパッシベーション能力が改善した可能性がある. しかしながら, このことだけでは τ_{eff} の傾向すべてをうまく説明することはできない. 発表では, $C-V$ 測定などの結果も併せてパッシベーション性能の向上メカニズムの詳細な議論を行う予定である.

謝辞: 本研究を遂行するにあたり, 豊田工業大学の山方啓准教授, 林成希氏, 岡部有里氏にご協力頂いた.

参考文献: [1] J. Bullock et al., Adv. Energy Mater. **9** (2019) 1803367., [2] X. Feng et al., Angew. Chem. Int. Ed. **48** (2009) 8095.

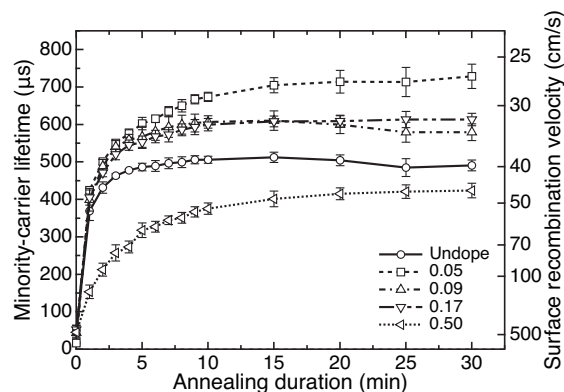


Fig. 1: τ_{eff} s of the TiO₂:Ta-passivated n-type c-Si substrates as a function of the annealing duration. The temperature was set to 130 °C.

Table 1: ΔE_V and ΔE_C between the TiO₂:Ta and the c-Si

Unitcycle ratio	ΔE_V (eV)	ΔE_C (eV)
Undoped	+2.31	-0.13
0.05	+2.39	-0.18
0.09	+2.38	-0.16
0.17	+2.44	-0.15
0.50	+2.94	+0.04