

ALD 法で作製した TiO_x 電子選択層の積層化による電気的特性の制御

Tuning electrical properties of ALD- TiO_x electron-selective contact by stacking layers

名大院工, 望月 健矢, [○]後藤 和泰, 黒川 康良¹, 宇佐美 徳隆¹

Graduate School of Eng. Nagoya Univ., T. Mochizuki, [○]K. Gotoh, Y. Kurokawa, N. Usami

E-mail: gotoh.kazuhiro@material.nagoya-u.ac.jp

【導入】 近年、原子層堆積(ALD)法によって結晶シリコン (c-Si) 上に製膜した酸化チタン(TiO_x) は、高いパッシベーション効果と電子選択性を兼ね備える材料として注目されている。我々は TiO_x 単膜のパッシベーション効果発現機構について調査してきた。ポストアニールによるパッシベーション効果の上昇は、 $\text{TiO}_x/\text{c-Si}$ 界面における Si-O 結合の形成に起因するものであると報告した^[1]。また、Aarik らは、ALD 法の製膜温度の低下につれ、 TiO_x 中に酸素欠損が生じると報告した^[2]。この酸素欠損の増加は、上述の Si-O 結合の形成を抑制すると考えられる。一方で、 TiO_x 中の酸素欠損は TiO_x の電気抵抗を低下させることが知られている。これらの報告から、異なる温度で製膜した TiO_x とその膜厚比を変化させることで、ALD- $\text{TiO}_x/\text{c-Si}$ ヘテロ接合の電気的特性の制御が期待できる。本研究では、製膜温度を変化させた ALD- TiO_x の二層構造を作製して電気的特性を調査した。

【実験方法】 FZ-n 型 Si 基板を使用し、ALD 法を用いて洗浄後の c-Si 両面に TiO_x を製膜した。ALD 製膜温度は、100 と 150 °C の 2 条件を採用して製膜した。合計の膜厚を 4 nm とし、150 °C と 100 °C で製膜した TiO_x (以下、それぞれ HT- TiO_x と LT- TiO_x)の膜厚比を変化させた。パッシベーション効果発現の為、製膜後に 350 °C で 3 分のフォーミングガスアニーリング(FGA)を行い、implied- V_{oc} ($i-V_{oc}$)を疑似定常状態光伝導度法で測定した。加えて、接触抵抗(ρ_c)を Cox-Strack 法により、電流・電圧特性から算出した。 ρ_c 算出用試料として、裏面の TiO_x を 5% のフッ酸に 30 秒間浸すことで除去後、c-Si 面と $\text{TiO}_x/\text{c-Si}$ 面には、それぞれアンチモン添加金電極と半径が異なるドット型のアルミニウム電極を真空蒸着により製膜した。

【結果と考察】 図 1(a)に FGA 後の光強度 1 sun における $i-V_{oc}$ と TiO_x 膜厚の関係を示す。HT- TiO_x の膜厚の減少と共に $i-V_{oc}$ が減少している。これは、酸素欠損を含む LT- TiO_x の膜厚比が相対的に増加したことで、 $\text{TiO}_x/\text{c-Si}$ ヘテロ界面の Si-O 結合の形成が抑制されたことを示唆する。図 1(b)に算出した ρ_c と TiO_x 膜厚の関係を示す。HT- TiO_x の膜厚の減少と共に ρ_c が減少している。これは、膜厚比が増加した LT- TiO_x 中の酸素欠損がドナーとして機能することによって高い電気伝導に寄与していると考えられる。これらの結果から、ALD- TiO_x の製膜温度は電気的特性に大きな影響を及ぼすことが分かる。また、製膜温度の異なる TiO_x を様々な膜厚比で積層させることで、幅広い電気的特性の TiO_x を実現することが可能である。

【謝辞】 本研究は NEDO の支援の下行われた。

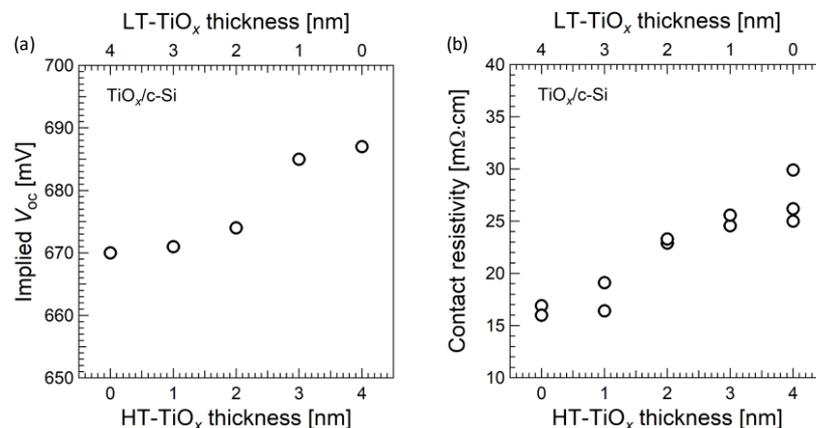


Fig. 1. Dependence of (a) $i-V_{oc}$ and (b) ρ_c on the TiO_x thickness.

【参考文献】

[1] T. Mochizuki *et al.*, *Appl. Phys. Express* **11**, 102301 (2018).

[2] J. Aarik *et al.*, *Thin Solid Films* **305**, 270 (1997).