

酸化チタン薄膜を正孔輸送層に用いた結晶シリコン太陽電池の開発

Development of crystalline Si solar cells featuring titanium oxide hole transport layers

産総研 ○松井 卓矢、齋 均

AIST¹ ○Takuya Matsui, Hitoshi Sai

E-mail: t-matsui@aist.go.jp

高効率な結晶シリコン太陽電池を製造するためには、シリコン表面の欠陥終端（パッシベーション）機能と電子または正孔の一方を選択的に取り出す機能を併せもつ「キャリア選択性パッシベーションコンタクト（Carrier Selective Passivating Contact）」の実現が鍵となる [1]。これまでにアモルファスシリコンや極薄 $\text{SiO}_2/\text{poly-Si}$ といったシリコン系薄膜が高効率太陽電池をもたらす材料として実用化されているが、シリコン系材料に代わるより低コストで透明な材料として酸化物半導体が注目されている。様々な材料候補の中で、我々はこれまでに、原子層堆積（ALD）法で製膜した酸化チタン薄膜（ $\sim 5 \text{ nm}$ ）が、シリコンに対するキャリア選択性を制御できることを見出し[2]、太陽電池応用を目指した研究を行ってきた。従来、酸化チタンはシリコン[3]の他、III-V[4]やペロブスカイト[5]など様々な半導体や太陽電池材料に対して電子選択性コンタクトとして働くことが知られてきた材料であるが、酸化チタンの ALD 条件やポスト処理、キャップ層の選択によりシリコンの表面パッシベーションを実現しつつ正孔を選択的かつ効率的に結晶シリコンから取出すことに成功し、20%を超える変換効率を実証した[6,7]。講演ではこのような新しい機能が出現するメカニズムについて議論するとともに、酸化チタンを正孔選択性パッシベーションコンタクトとして結晶シリコンの受光面や裏面に用いた太陽電池や、ペロブスカイト／結晶シリコンタンデム太陽電池に応用する試みについて紹介する。

[1] T. Allen *et al.*, *Nat. Energy* **4**, 914 (2019).

[2] T. Matsui *et al.*, *Sol. Energy Mater. Sol. Cells* **209**, 110461 (2020).

[3] X. Yang *et al.*, *Adv. Mater.* **28**, 5891 (2016).

[4] X. Yin *et al.*, *ACS Photonics* **1**, 1245 (2014).

[5] A. Kojima *et al.*, *J. Am. Chem. Soc.* **131**, 6050 (2009).

[6] T. Matsui *et al.*, *ACS Appl. Mater. Interfaces* **12**, 49777 (2020).

[7] T. Matsui *et al.*, *ACS Appl. Energy Mater.* **5**, 12782 (2022).

【謝辞】本研究の一部は NEDO 委託のもと実施した。ALD は産総研の共用施設（NPF）を利用した。共同研究を実施した Fraunhofer-ISE（独）、Oxford 大学（英）、名古屋大学の関係各位に感謝する。