

次世代高性能ヘテロ接合太陽電池に向けた新材料と界面制御

Novel materials and interface control for next-generation heterojunction solar cells

名大院工¹, °宇佐美 徳隆¹, 望月 健矢¹, 増田 翔太¹, 崔 敏¹, 後藤 和泰¹, 黒川 康良¹

Nagoya Univ.¹, °Noritaka Usami¹, Takeya Mochizuki¹, Shota Masuda¹,

Min Cui¹, Kazuhiro Gotoh¹, Yasuyoshi Kurokawa¹

E-mail: usami.noritaka@material.nagoya-u.ac.jp

我々は、次世代高性能ヘテロ接合太陽電池の実現に資する共通基盤技術の開発に向け、キャリア選択性に優れた新材料や、高いパッシベーション性能とキャリア伝導を両立する界面制御についての研究を行っている。豊田工大を中心とする 6 大学コンソーシアムに参画し、関連企業群と緊密に連携しながら、高性能化メカニズムの根源的解明に基づき研究を進めている。

研究対象材料の一つである酸化チタンは、バルクの物性値から高い電子選択性が期待され、裏面コンタクトに応用することで 22%を超えるセルへの実装も報告されている有望な材料である[1]。我々は、原子層堆積法により水素を内包する酸化チタン薄膜をシリコン基板の両面に成膜した試料を用いて、ヘテロ界面のパッシベーションメカニズムの解明を試みている。キャリア再結合速度の指標となる少数キャリア寿命は、成膜後の熱処理により大きく増加するが、その活性化エネルギーは約 0.37eV と小さく、また熱処理雰囲気の水素量に依存しない。これは、膜中やヘテロ界面近傍に存在する酸素や水素の再分布がキャリア再結合速度の低減に重要であることを示唆している。また、熱処理前後で水素濃度は大きく低下する一方で、シリコンと酸素の結合が熱処理により増加することが確認された。よって、化学パッシベーションの観点からは、シリコン表面のダングリングボンドを終端する主たる元素は酸素であるといえる[2]。実際に、界面に極薄シリコン酸化膜を意図的に形成することで少数キャリア寿命が大きく増加することを確認している。

セル作製プロセスにおける界面近傍の化学状態の変化は、他のヘテロ接合においても極めて重要である。トンネル酸化膜をパッシベーション膜に用いた TOPCon 型太陽電池[3]において、我々は、コンタクト層となる高濃度シリコンドープ層の成膜に、低温で結晶性に優れた膜が実現できるアルミニウム誘起成長 (AIC) 法の適用を検討している[4]。AIC 法では、アルミニウム薄膜とアモルファスシリコン薄膜の積層構造を熱処理することで、層交換とシリコンの結晶化を行うが、トンネル酸化膜がアルミニウムと接触することでパッシベーション性能が低下する場合が多い。これは、トンネル酸化膜が還元されるなど化学状態変化が起きたことを示唆している。また、正孔選択輸送層として有望なヨウ化銅でも、シリコンとの界面への極薄膜の導入により少数キャリアライフタイムが大きく変化する[5]。

これらの例のように、異種材料の積層により形成されるヘテロ接合太陽電池では、個々の材料の物性だけでなく、界面における物理・化学を理解して、セル構造やセル作製プロセスを設計することが重要である。

[1] X. Yang *et al.*, Prog. Photovolt: Res. Appl. **25**, 896 (2017).

[2] T. Mochizuki *et al.*, presented at 2017 MRS Fall Meeting, 望月他 2018 年春応物発表予定

[3] F. Feldmann *et al.*, Solar Energy Mat. & Solar Cells **131** 46 (2014).

[4] S. Masuda *et al.*, presented at PVSEC27 (2017).

[5] 崔他 2018 年春応物発表予定