

SiO_x を障壁層とした Si 量子ドット太陽電池の作製

Fabrication of Si Quantum Dots Solar Cells with SiO_x as a Barrier Layer

名大院工¹, 名工大院工², 北沢 宏平¹, [○]赤石 龍士郎¹, 加藤 慎也², 後藤 和泰¹,
宇佐美 徳隆¹, 黒川 康良¹

Nagoya Univ.¹, Nagoya Inst. of Tech.², Kouhei Kitazawa¹, [○]Ryushiro Akaishi¹, Shinya Kato²,
Kazuhiro Gotoh¹, Noritaka Usami¹, Yasuyoshi Kurokawa¹

E-mail: akaishi.ryushiro@c.mbox.nagoya-u.ac.jp

【緒言】太陽電池の変換効率を飛躍的に向上させる方法の一つとして、タンデム型太陽電池が注目されている。その中でも、既存の結晶 Si 太陽電池をボトムセルとして活用した場合の最適なトップセル材料の探索が盛んに行われている。候補材料の一つである Si 量子ドットは量子効果によるバンドギャップの調整が可能であり、かつタンデムセルを構成するほぼ全ての材料を Si ベースとしたオールシリコンタンデムセルを実現する材料として期待されている。我々はこの Si 量子ドットを格子状に配列させた Si 量子ドット超格子 (Si-QDSL) を光吸収層として用いた Si 量子ドット太陽電池について研究を行っている。現在、Si 量子ドット太陽電池の課題の一つとして、Si 量子ドット界面でのキャリア再結合が挙げられる。そこで本研究では、O による Si 量子ドット界面のパッシベーション効果が期待できる SiO_x を障壁層として用い、i 型 Si-QDSL 層を光吸収層とする太陽電池を作製、評価を行った。

【実験方法】作製した太陽電池の概要図を Fig.1 として示す。まず、プラズマ CVD 法により石英ガラス基板上へ膜厚 500 nm の P ドープ n⁺⁺型 a-Si:H 薄膜を堆積した。その後フォーミングガス雰囲気下で 30 分間 900°C のアニールを行い、n⁺⁺型 a-Si:H 薄膜を多結晶化させた後、2 wt% HF 水溶液で表面酸化物を除去した。次に、発電層への P の拡散抑制を目的として RF スパッタリングにより Nb ドープ TiO₂ を 10 nm 製膜した。その後、プラズマ CVD 法で障壁層 (SiO_x) 2 nm と Si-rich 酸化物層 (SiO_y, y < x < 2) 5 nm を交互に堆積し、最終的に SiO_x 層が 31 層、SiO_y 層が 30 層の積層構造を作製した。再度フォーミングガス雰囲気下で 30 分間 900°C のアニールを行い、Si 量子ドットを形成後、水素プラズ

マ処理により発電層の高品質化を図った。プラズマ CVD 法により i 型 a-Si:H を 10 nm と p 型 a-Si:H を 30 nm、RF スパッタリングにより ITO を 80 nm それぞれ堆積した。RIE によりエッチングすることで P ドープ n⁺⁺poly-Si 露出部を形成し、最後に表面電極、裏面電極をそれぞれ作製し、太陽電池特性を J-V 測定により評価した。

【結果と考察】Fig.2 に得られた J-V 特性を示す。SiO_x を障壁層とした i 型 Si-QDSL 層を用いた場合でも、太陽電池として機能する事が確認された。Nb ドープ TiO₂ 堆積前に HF による洗浄を行うことで

J_{sc} と F.F.に著しい改善が見られた。しかし一方で、V_{oc} は大幅に低下した。

SIMS デプスプロファイルから、これらの現象は、n⁺⁺型 poly-Si 作製時に形成された酸化膜が光生成キャリアの輸送を阻害する一方で、i 型層への P 拡散抑制効果を有しているためと考えられる。量子効率の測定結果より、吸収端は 1.2 eV 程度であることがわかり、発電が Si 量子ドット層からであることが示唆される結果を得ることができた。

【謝辞】本研究は先端的低炭素化技術開発 (ALCA) の支援を受けて行われた。

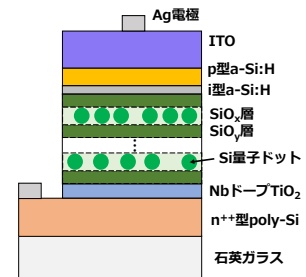


Fig.1 Schematic diagram of solar cell structure

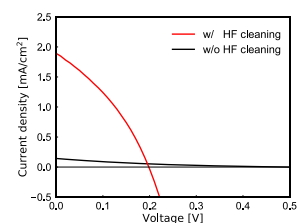


Fig. 2 J-V characteristics of fabricated solar cells with and without HF cleaning