

超薄膜単結晶シリコン太陽電池の作製法の検討

Fabrication of ultrathin single-crystalline silicon solar cell

○藤田 奨也¹, 石崎 賢司¹, 田中 良典¹, De Zoysa Menaka^{1,2},

川本 洋輔¹, 元平 暉人¹, 野田 進¹ (1. 京大院工, 2. 京大白眉)

○S. Fujita¹, K. Ishizaki¹, Y. Tanaka¹, M. De Zoysa^{1,2}, Y. Kawamoto¹,

A. Motohira¹, and S. Noda¹ (1. Kyoto Univ., 2. Kyoto Univ. Hakubi Center)

E-mail: syo.fujitan@qoe.kuee.kyoto-u.ac.jp, snoda@kuee.kyoto-u.ac.jp

我々は、薄膜発電層を有するシリコン (Si) 系太陽電池の変換効率向上に向けて、フォトニック結晶 (PC) のバンド端共振効果を活用した広帯域の光吸収増大法を提案・検討してきた^{1,2)}。これまでに、微結晶シリコン ($\mu\text{c-Si}$) 太陽電池 ($\sim 500 \text{ nm}$ 厚) において、変換効率 $\sim 9\%$ を実現することに成功している³⁾。さらに、 $\mu\text{c-Si}$ 層の表面にフォトニック結晶を形成した構造において、発電層膜厚の制約なしに、ランダムな散乱構造を超える光吸収の増大効果が得られることも示してきた⁴⁾。以上の考えは、一層の特性向上が期待できる単結晶 Si を用いた薄膜太陽電池へも適用可能であると考えられる。ここでは、将来的にフォトニック結晶構造の導入を念頭に置きつつ、総膜厚が $10 \mu\text{m}$ 以下の超薄膜単結晶 Si 太陽電池の作製法について検討を行ったので報告する。

図 1 には、完成したデバイスの模式図を示している。発電層となる薄膜単結晶 Si 層としては、SOI ウエハのトップ $\text{n}^+\text{-Si}$ 層を用いることを検討した。まず、SOI のトップ Si 層上に i-a-Si および $\text{n}^+\text{-}\mu\text{c-Si}$ を堆積したのち、裏面側の電極 (GZO, Ag) を成膜し、Ag どうしの拡散接合を用いて他の支持材 (予めその表面に Ag を堆積したもの) に貼り合わせた。続いて、SOI ウエハの基板を分離した後、 i-a-Si および $\text{p-}\mu\text{c-Si}$ を堆積し、ITO を成膜した。本手法により作製した、 $\sim 5 \mu\text{m}$ 厚の平坦な薄膜結晶 Si を発電層とする太陽電池について、特性を評価した結果を図 2 に示す。疑似太陽光 (AM1.5G) 照射下において、得られた短絡電流密度 25 mA/cm^2 は、発電層の膜厚から計算される値にほぼ一致した。一方、開放電圧 V_{oc} , 曲線因子 FF は、それぞれ、 0.52 V , 0.76 であり、まだ改善の余地ある。 $\text{p-}\mu\text{c-Si}$, $\text{n}^+\text{-}\mu\text{c-Si}$ をそれぞれ、 p-a-Si , $\text{n}^+\text{-a-Si}$ とし、さらにアニール条件の最適化等を行うことで、これらの値が改善するものと期待している。さらに、今後、薄膜単結晶 Si 層の表面にフォトニック結晶を導入することで、光電流の大幅な増大も期待できる。理論検討の結果、 $10 \mu\text{m}$ 厚の太陽電池において、フォトニック結晶構造の形成により 36 mA/cm^2 以上が期待されることが明らかとなっており、超薄膜単結晶 Si 系太陽電池の大幅な効率向上に繋がるものと期待される。

[謝辞] 本研究の一部は CREST の支援を受けた。

[文献] 1) Y. Tanaka, S. Noda, *et al.*, *Opt. Express* **21**, 20111 (2013). 2) Y. Tanaka, S. Noda, *et al.*, *Prog. Photovolt: Res. Appl.* (2015) DOI: 10.1002/pip.2577. 3) 石崎, 野田 他, 2015 年春季応物 12p-C2-4. 4) 川本, 野田 他, 2015 年春季応物 13a-A10-11.

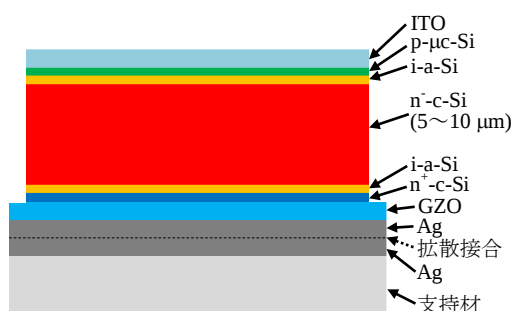


図 1. 作製した薄膜単結晶 Si 太陽電池の模式図

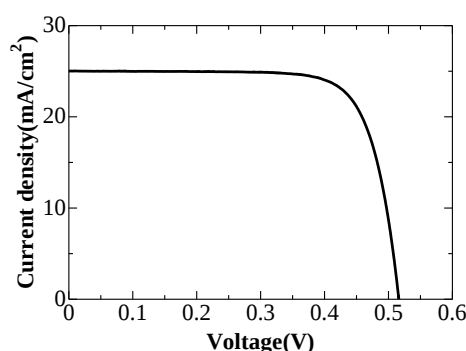


図 2. 作製した平坦太陽電池の I-V 特性