

フォトニック結晶を導入した超薄膜単結晶シリコン太陽電池の検討 Investigation on 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, 長谷川 創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,
S. Hasegawa¹, 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、極薄微結晶シリコン ($\mu\text{c-Si}$) 太陽電池 ($\sim 500\text{ nm}$ 厚) において、変換効率 $> 9\%$ 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、光吸収の増大効果が得られることも示してきた⁴⁾。本手法は、一層の特性向上が期待できる薄膜単結晶 Si を用いた超薄膜太陽電池へも適用可能であると考えられるため、前回、その基礎となる総膜厚が $10\text{ }\mu\text{m}$ 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⁵⁾。今回、このような超薄膜単結晶 Si 太陽電池へのフォトニック結晶の導入について検討したので報告する。

図 1(a)には、作製したデバイスの模式図を示している。発電層となる超薄膜単結晶 Si 層としては、SOI ウエハのトップ $n^+\text{-Si}$ 層を用い、トップ層上に $i\text{-a-Si}$ および $n^+\text{-a-Si}$ をプラズマ CVD 法で堆積した後、裏面側の電極 (GZO, Ag) を成膜し、他の支持材に貼り合わせた。この後、SOI ウエハの基板を分離し、表面にフォトニック結晶構造を、電子ビーム描画とドライエッチングにより形成した。この表面を洗浄し、 $i\text{-a-Si}$ および $p\text{-a-Si}$ を堆積し、ITO、楕状 Ag 電極を成膜した。フォトニック結晶構造としては、初期検討として、図 1(b)の電子顕微鏡写真に示すような、正方格子の四角錐状の構造とした。このようにして作製した、 $\sim 5\text{ }\mu\text{m}$ 厚の太陽電池について、外部量子効率 (EQE) を測定した結果を図 2 に示す。フォトニック結晶を導入しない平坦な構造と比較して、波長 $600\text{--}1100\text{ nm}$ の長波長帯域において、光吸収の増大が確認でき、解析によって得られる値とも対応が得られた。この結果、短絡電流密度について、平坦な場合の 22.6 mA/cm^2 から、フォトニック結晶導入により 29.3 mA/cm^2 へと 1.3 倍の増加が得られた。今後、フォトニック結晶の形状の最適化や、ドーパ層の膜厚等の制御により、光電流のさらなる増大も期待でき、超薄膜単結晶 Si 太陽電池の大幅な効率向上に繋がるものと期待される。詳細は、当日報告する。

[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 年秋季応物 14p-2S-8. 4) 石崎, 野田 他, 2015 年秋季応物 14p-2S-8. 5) 藤田, 野田 他, 2015 年秋季応物 15a-PA4-4

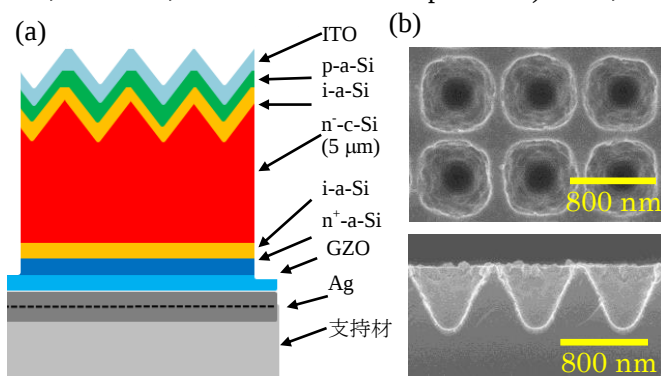


図 1. 作製した超薄膜単結晶 Si 太陽電池。(a)模式図、(b) PC 構造の上面および断面 SEM 像。

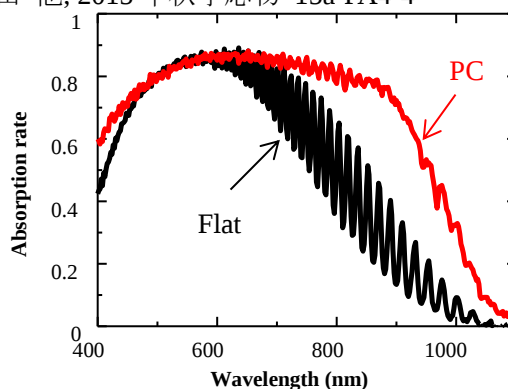


図 2. フォトニック結晶構造を導入した超薄膜単結晶 Si 太陽電池の EQE 測定結果。