

表面にフォトニック結晶を形成した $\mu\text{c-Si}$ 太陽電池の理論解析 Numerical analysis of $\mu\text{c-Si}$ solar cells with photonic crystals formed on top surface

○川本洋輔¹, 田中良典¹, 石崎賢司¹, De Zoysa Menaka^{1,2}, 梅田尚実¹,
元平暉人¹, 藤田奨也¹, 浅野卓¹, 野田進¹ (1. 京大院工, 2. 京大白眉)

○Y. Kawamoto, Y. Tanaka, K. Ishizaki, M. De Zoysa, T. Umeda, A. Motohira,
S. Fujita, T. Asano and S. Noda (1. Kyoto Univ., 2. Kyoto Univ. Hakubi Center)

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

我々は、薄膜 Si 太陽電池の光吸収量、特に Si の電子バンド端に近い波長 600-1000 nm の波長帯域の光吸収量を、フォトニック結晶(PC)のバンド端効果により増大させ、光電変換効率を向上させることを検討してきた¹⁾。これにより、これまで、極薄 $\mu\text{c-Si}$ 層厚 (~500 nm)の太陽電池により、変換効率~9%を実現することに成功している²⁻³⁾。ただし、これまでの、PC 形成後に $\mu\text{c-Si}$ 層の成膜を行っていたため、欠陥導入を避ける観点から、 $\mu\text{c-Si}$ 層の厚みは PC の格子定数以下に限定する必要があった⁴⁻⁵⁾。この課題に対し、平坦な基板上に $\mu\text{c-Si}$ を成膜した後、上面に PC を形成するという手法を用いると、上述の制限から解放され、PC の形状や成膜する厚さについて、より自由度の高い設計が可能と期待される。そこで、裏面を平坦な構造とし、上面にのみ PC パターンを加工した構造でどの程度電流値が期待できるか、理論的検討を行ったので報告する。

図 1 に示すような平坦な基板上に $\mu\text{c-Si}$ 厚 2 μm を有する構造を検討し、PC 構造として逆ピラミッド(四角錐)を採用した。なお、ITO 厚 70 nm、p 層厚 10 nm、n 層厚 30 nm、GZO 厚 50 nm と設定した。裏面電極は平坦とし、銀の光吸収を考慮して、厳密結合波理論(RCWA)を用いて計算を行った。格子定数、PC の深さ、四角錐の一边の 3 つをパラメータとして、i 層のみの光吸収スペクトルから見積もられる短絡電流密度を計算することにより最適なパラメータの探索を行った。その結果、PC の深さ 700 nm、格子定数 800 nm、四角錐底面の一边 800 nm の場合に、短絡電流密度 J_{sc} の最大値 29.8 mA/cm^2 の値が得られた(図 2)。この値は、ランバシアンテクスチャでの短絡電流密度、さらに同じ Si 厚 2 μm の $\mu\text{c-Si}$ 太陽電池で報告されている実験値⁶⁾をも上回っていることを確認した。以上の結果から、上面にのみ PC を形成した $\mu\text{c-Si}$ 太陽電池構造を用いることにより、 $\mu\text{c-Si}$ の最大膜厚が格子定数以下に限定されるという従来の制約から解放され、光吸収量を大幅に増大できる可能性を示していると言える。なお、本研究の一部は CREST による支援を受けた。
[参考文献] 1)Y. Tanaka, et al., *Opt. Exp.*, **21**, 20111 (2013). 2)石崎他 2014 秋応物 19p-A25-7. 3)石崎他 2015 春応物. 4)Y. Tanaka, et al., *Prog. Photovoltaics* (in press). 5)梅田他 2014 春応物 18p-E16-3. 6)H. Sai, et al., *IEEE Journal of Photovoltaics*, **4**, 1349 (2014).

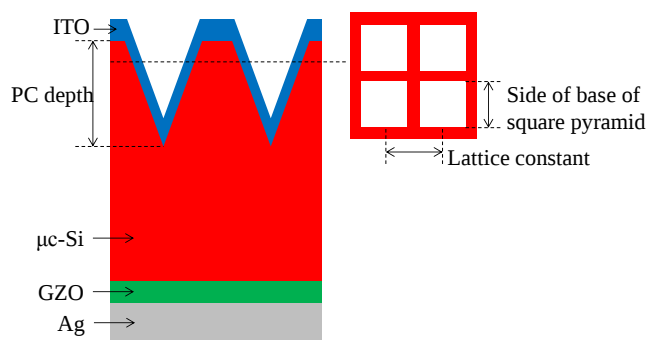


Fig.1 Analytical model

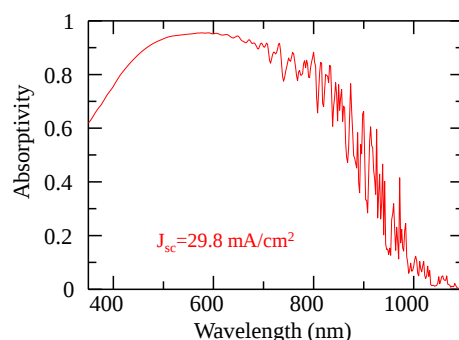


Fig.2 Si absorptivity of Fig.1's structure