

フォトニック結晶を活用した新しい光マネジメント技術 Light Management Technology for Solar Cells based on Photonic Crystals

石崎 賢司¹, De Zoysa Menaka¹, 田中 良典¹, 野田 進¹ (1.京大院工)

K. Ishizaki¹, M. De Zoysa¹, Y. Tanaka¹, and S. Noda¹ (1. Kyoto Univ.)

E-mail: ishizaki@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系太陽電池の変換効率向上に向けて、フォトニック結晶を核とするフォトニック・ナノ構造を活用した、新しい光マネジメント技術の開発を行ってきた。フォトニック結晶の活用により、 Γ 点バンド端と呼ばれる特異点において、大面積でコヒーレントな共振効果を得ることが出来る [1,2]。このようなフォトニック結晶共振作用を、図1のように、薄膜シリコン系太陽電池へと組み込み、フォトニック超格子構造の導入や垂直横多モードの活用により多数の Γ 点バンド端共振モードを形成し、それらへと太陽光を結合させることで、シリコンの光吸収係数が低下する波長帯域 (600–1000 nm) における光吸収の大幅な増大が期待される [3,4]。これまでに、本概念を用いた薄膜微結晶シリコン太陽電池を開発し、 ~ 500 nm 厚の素子において、9%を超える変換効率を得ている [4-6]。また、典型的な $2\sim 3$ μm 厚程度の素子への展開により、n/i/p 層の全てがシリコン材料からなる微結晶シリコン太陽電池において最大の 11% という変換効率の実現へと繋がっている [7]。極最近では、 ~ 20 μm 厚という、通常の 1/10 程度の薄型単結晶シリコン太陽電池への応用についても検討し、 20 μm 以下の膜厚では最大となる短絡電流密度 (36.1 mA/cm^2) が得られるなど、様々な薄膜シリコン系太陽電池において、フォトニック結晶の有効性が明らかとなってきた [8]。

本講演では、薄膜シリコン太陽電池における、フォトニック結晶を用いた光マネジメントの原理について説明するとともに、様々な薄膜太陽電池へとフォトニック結晶を導入した効果について、最新の成果を含めて紹介する。

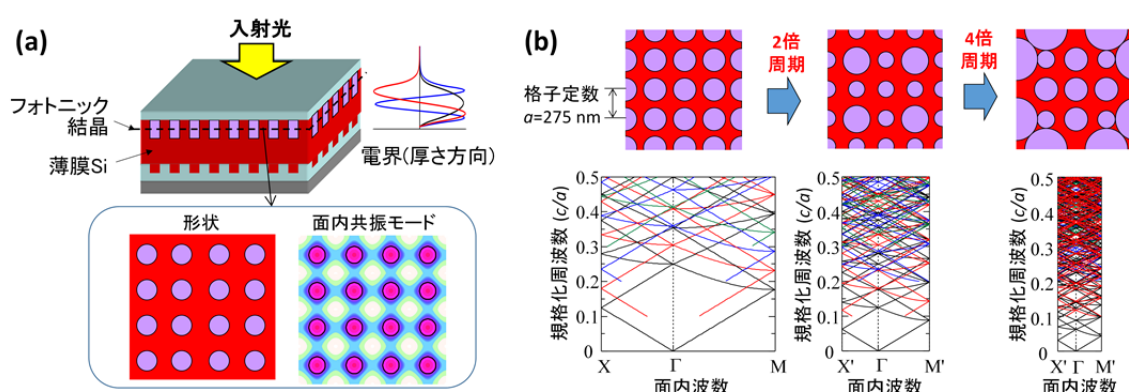


図 1. (a) フォトニック結晶構造を導入した薄膜シリコン太陽電池の概念図、(b) フォトニック超格子構造の導入等による多数の Γ 点バンド端の形成 (シリコン層厚さ ~ 400 nm)。

[謝辞]

微結晶シリコン太陽電池の開発において共同研究を行って頂いた産業技術総合研究所 齋均博士に感謝します。本研究の一部は CREST (H28 年度終了) および科研費の支援を受けた。

[参考文献]

- [1] M. Imada, S. Noda, A. Chutinan, T. Tokuda, M. Murata, and G. Sasaki, *Appl. Phys. Lett.* **75**, 316 (1999).
- [2] S. Noda, M. Yokoyama, M. Imada, A. Chutinan, and M. Mochizuki, *Science* **293**, 1123 (2001).
- [3] Y. Tanaka, Y. Kawamoto, M. Fujita, and S. Noda, *Opt. Express* **21**, 20111 (2013).
- [4] Y. Tanaka, K. Ishizaki, M. De Zoysa, T. Umeda, Y. Kawamoto, S. Fujita and S. Noda, *Prog. Photovolt.: Res. Appl.* **23**, 1475 (2015).
- [5] K. Ishizaki, M. De Zoysa, Y. Tanaka, T. Umeda, Y. Kawamoto, and S. Noda, *Opt. Express* **23**, A1040 (2015).
- [6] M. De Zoysa, K. Ishizaki, Y. Tanaka, H. Sai, K. Matsubara, and S. Noda, *Appl. Phys. Express* **10**, 012302 (2017).
- [7] K. Ishizaki, A. Motohira, M. De Zoysa, Y. Tanaka, T. Umeda, and S. Noda, *IEEE J. Photovolt.* **7**, 950 (2017).
- [8] K. Ishizaki, M. De Zoysa, Y. Tanaka, S.-W. Jeon, and S. Noda, submitted to *Jpn. J. Appl. Phys.* (invited review).