

# ナノインプリントを用いた有機薄膜太陽電池のための 実用的な光閉じ込め構造の開発

## Practical Light Trapping Structures for Thin-Film Organic Photovoltaics

### Fabricated by Nanoimprint Lithography

山形大院理工<sup>1</sup>, 早大ナノ理工<sup>2</sup> °久保田 繁<sup>1</sup>, 平賀 健太<sup>1</sup>, 鹿又 健作<sup>1</sup>,

有馬ボシールアハンマド<sup>1</sup>, 水野 潤<sup>2</sup>, 廣瀬 文彦<sup>1</sup>

Yamagata Univ.<sup>1</sup>, Waseda Univ.<sup>2</sup>, °S. Kubota<sup>1</sup>, K. Hiraga<sup>1</sup>, K. Kanomata<sup>1</sup>,

B. Ahmmad<sup>1</sup>, J. Mizuno<sup>2</sup>, F. Hirose<sup>1</sup>

E-mail: kubota@yz.yamagata-u.ac.jp

次世代の低コスト太陽電池デバイスとして、有機薄膜太陽電池が近年注目されているが、従来型の太陽電池に比べて発電効率が低いことが、大規模な商業化に向けた課題となっている。有機薄膜太陽電池の効率を向上させる上での主な制約の一つは、有機半導体の移動度が低く、キャリア取り出しの効率化のために、発電層を 100 nm 程度に非常に薄くせざるを得ないことである。このため、発電層で十分な光吸収を行うことが困難であり、薄い発電層に効率良く光を閉じ込めるための高度な光制御技術の開発が重要となっている。

光閉じ込めの研究分野では、デバイス表面にナノオーダーの凹凸を施した表面ナノ構造が広く利用されている。特に、数 100 nm の周期及び高さを持つ円錐を高密度で配置したモスアイ（蛾の眼）構造が頻繁に用いられる。モスアイ構造の内部では、有効屈折率が連続的に変化するため、屈折率の不連続変化に伴う反射の発生を効果的に抑制することができる。また、適切なモスアイ形状を使用することで、入射光の回折を引き起こして、光閉じ込め効果により発電層内の電界を強化できることも判明している。

モスアイ構造の構築には、低コストで大面積化も可能なナノインプリント法を使用することが実用的である。しかし、ナノインプリントでは、解像度の限界や隣り合う円錐間のすき間の存在によって、有効屈折率の不連続な変化が生じて、光学性能の低下に結びつく可能性が考えられる。

そこで、本研究では、始めに有限差分時間領域 (FDTD) 法による光学シミュレーションを用いて、有機薄膜太陽電池の発電電流を最大化するためのモスアイ表面の幾何形状（円錐の周期及び高さ）の最適化計算を行うと共に、円錐間のすき間が性能に及ぼす影響について解析した。シミュレーション結果は、円錐間のすき間が大きくなるにつれて、発電性能が急激に (superlinear に) 低下することを示唆しており、このすき間を十分狭く抑えることが性能の向上に重要であることが判明した。次に、実際にナノインプリントを用いて、最適に近い形状を有するモスアイ構造を試作し、有機薄膜太陽電池の表面に導入した場合の発電特性の変化を計測した。実験結果により、モスアイの光閉じ込め効果によって、シミュレーションによる予測とほぼ同等の大幅な発電効率の向上が得られることが明らかとなった。本研究で提案する光制御構造の設計・製造法は、有機薄膜太陽電池の光吸収レベルの改善のための実用的手法を提供するものである [1]。

#### 【参考文献】

- [1] S. Kubota, K. Hiraga, K. Kanomata, B. Ahmmad, J. Mizuno, and F. Hirose, Efficient light trapping structures for organic photovoltaics fabricated by nanoimprint lithography, *Journal of Photopolymer Science and Technology*, in press.