

完全吸収メタマテリアル構造が有機薄膜太陽電池の発電特性に及ぼす効果

Effect of Metamaterial Perfect Absorber
on Device Performance of Organic Solar Cells農工大¹, 理研², ○(B)勝俣 翔平¹, 伊勢川 知久¹, 岡本 隆之², 久保 若奈¹TUAT¹, RIKEN², °Shohei Katsumata¹, Tomohisa Isegawa¹, Takayuki Okamoto², Wakana Kubo¹

E-mail: w-kubo@cc.tuat.ac.jp

近年, 物質の光学特性を人工的に制御することができるメタマテリアルに注目が集まっている. メタマテリアルの1つとして, 誘電体薄膜を金属ナノ構造体と金属薄膜で挟んだ完全吸収メタマテリアル(Metamaterial perfect absorber (MPA))構造が知られている.^[1] 完全吸収メタマテリアル構造は共鳴する入射光を誘電体層内に閉じ込めることで知られる. 我々はこの MPA 構造を有機薄膜太陽電池に導入すれば, 有機薄膜太陽電池の光吸収が増加し, 発電効率の向上につながるのではないかと考えた. これまでに我々は, 反射スペクトルから求めた MPA 太陽電池のみかけの光吸収が, 構造を含まない比較太陽電池のそれよりも多いことを実験的に確認した.^[2] そこで本研究では, MPA 構造により得られたみかけの光吸収増強と MPA 太陽電池の分光感度特性を比較し, 太陽電池発電特性に対する MPA 構造の効果进行调查した. 加えて MPA 構造パラメータが発電特性に及ぼす影響についても議論した.

実験では, 酸化インジウム錫(ITO)基板上に 500 nm 周期で配列する銀ナノストライプ(Ag NSs)構造を作製した. 作製した Ag NSs の上に酸化亜鉛(ZnO), poly[2, 6-(4, 4-bis-(2-ethylhexyl)-4H-cyclopenta[2, 1-b;3, 4-b']dithiophene)-alt-4, 7(2, 1, 3-benzothiadiazole)]:[6, 6]-phenyl-C71-butyrac acid methyl ester (PCPDTBT:PC₇₁BM), 酸化モリブデン(MoO₃), アルミニウム(Al)層を積層し, MPA 太陽電池を作製した(Fig.1(a)). 同一基板上に Ag NSs を含まない対照太陽電池も作製し, MPA 太陽電池と対照太陽電池の反射率測定および分光感度特性(IPCE)測定を行った. その際 MPA 太陽電池と対照太陽電池の反射スペクトルと IPCE の比をそれぞれ, 光吸収比(Absorption ratio)および IPCE 比と定義した. 結果を Fig. 2(a)に示す. 光吸収比は波長 500~900 nm において 1 を超えており, 光吸収が増強している. 一方, IPCE 比は波長 750 nm において MPA 太陽電池の発電特性の低下を示すディップが見られた. 有限要素法で求めた磁場分布(Fig.2(b))から, 波長 780 nm においては ITO 側に Ag NSs のプラズモンが励起されていることが確認された. そのため光電変換層に到達する入射光が減少し, IPCE の低下につながったと考えた. 一方, 波長 850~900 nm においては, IPCE の上昇が見られた. 波長 900 nm における磁場分布(Fig.2(c))を確認したところ, Ag NSs と Al 層間および Al 表面上にプラズモンが誘起され, 光電変換層内の磁場が増強されていることが確認された. このため入射光が光電変換層内に局在し, 光電変換層の光吸収が増強して, 発電特性に寄与したと考えられる. これらの結果から, MPA 太陽電池において増強磁場の励起場所が, MPA 太陽電池の発電特性に大きく影響することを確認した. また, Ag NS のピッチを変更した場合においても, 増強磁場の局在場所と発電特性の間に相関が見られた.

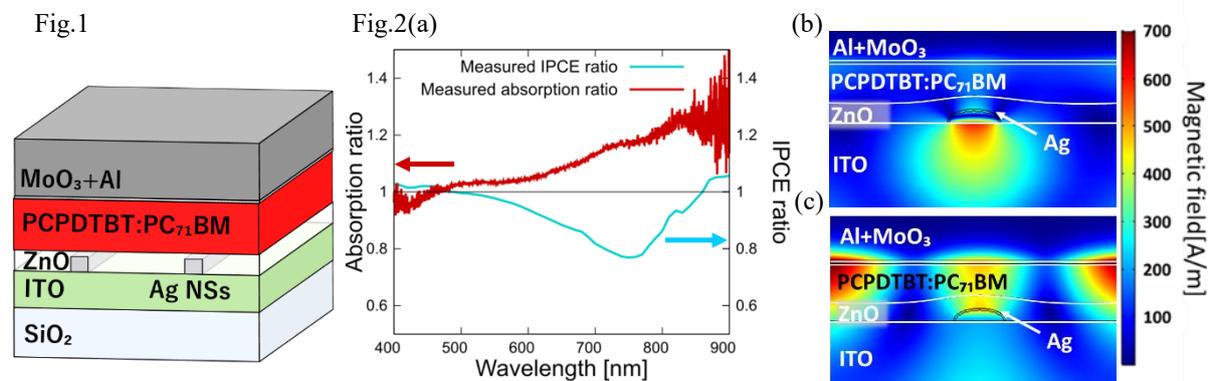


Fig. 1 Schematic of the MPA solar cell. Fig. 2(a) Measured IPCE ratio (blue curve) and absorption ratio (red curve), and magnetic field distributions of the MPA solar cell at (b) 780 nm and (c) 900 nm.

[1] N. I. Landy et al, Phys. Rev. Lett. 2008, 207402. [2] T. Isegawa, T. Okamoto, M. Kondo, S. Katsumata, and W. Kubo, submitted.