

## 可溶性モノマーを p 型層としたヘテロ接合型有機薄膜太陽電池の作製

## Fabrication of multilayered heterojunction organic solar cells with solution-processed monomer p-type layers

信州大学工学部<sup>1</sup>, 信州大学繊維学部<sup>2</sup> ○小林 弘季<sup>1</sup>, 伊東 栄次<sup>1</sup>, 吉岡 美穂<sup>2</sup>, 佐々木 絵里<sup>2</sup>, 西口 貴大<sup>2</sup>, 石川 綾<sup>2</sup>, 市原 正寛<sup>2</sup>, 太田 和親<sup>2</sup>, 市川 結<sup>2</sup>Faculty of Engineering, Shinshuu University<sup>1</sup>, Faculty of Textile Science and Technology, Shinshuu University<sup>2</sup>, Hiroki Kobayashi<sup>1</sup>, Eiji Itoh<sup>1</sup>, Miho Yoshioka<sup>2</sup>, Elly Sasaki<sup>2</sup>, Takahiro Nishiguchi<sup>2</sup>, Aya Ishikawa<sup>2</sup>, Masahiro Ichihara<sup>2</sup>, Ohta Kazuchika<sup>2</sup>, Musubu Ichikawa<sup>2</sup>

E-mail: eitoh@shinshu-u.ac.jp

[はじめに] 有機薄膜太陽電池は、次世代薄膜太陽電池として期待されているが、変換効率、安定性などの向上が課題となっている。近年、5.5eV と深い最高占有軌道(HOMO)を持ち高い起電力が期待できる tetraphenyldibenzoperiflanthene(DBP)と C<sub>60</sub> を用いたヘテロ接合型有機薄膜太陽電池において高い変換効率が示されている。<sup>[1][2]</sup> Fig.1 に示す DBP は通常、蒸着による積層を行うが僅かに可溶性を持つため、塗布法による製膜も可能である。DBP は分子の配向によっては材料特有の異方性を持つと考えられており、塗布型においても高い変換効率が期待出来る。またフタロシアニンは p 型有機半導体として代表的な半導体であり<sup>[3]</sup>、耐熱、耐久性に優れ、広い吸収帯域を持っているため光電変換の面で有利であるが、その多くは有機溶剤にほとんど溶けないため塗布法による製膜が困難である。一方、Flying Seed 型のフタロシアニンは可溶性の液晶材料でありながら 500°C 近くもの高い耐熱性を持つ。<sup>[4]</sup> また、(1Ph-PhO)<sub>4</sub>PcCu は 80°C 付近で相転移する液晶材料であるので熱処理による分子配列が期待でき、耐熱性と変換効率の向上が期待出来る。そこで本研究では、p 型層に DBP と可溶性の銅フタロシアニン(Fig.1)、n 型層にフラーレン系の材料を用いて、ヘテロ接合型有機薄膜太陽電池を作製した。低分子半導体の塗布膜形成のために溶液濃度や塗布プロセスからも検討を行い、有機薄膜太陽電池の作製を行った。

[実験方法] パターン化した ITO 上に UV オゾン処理を行い、正孔バッファ層として MoO<sub>3</sub> 層を真空蒸着で 10-20nm 製膜した。その上に低分子の p 型半導体である(1Ph-PhO)<sub>4</sub>PcCu, (3Ph-PhO)<sub>4</sub>PcCu と DBP をクロロホルムに溶かし塗布を行った。本研究では基板上に空間(10-100μm)を持たせ、基板に対して金属棒又は、ガラス板を平行に配置し掃引する事によって溶液を伸ばし製膜した。その後 n 型半導体として C<sub>60</sub>(40nm)、電子バッファ層として BCP(10nm) を真空蒸着法で製膜し、最後に Al(150nm)を真空蒸着した。光電変換特性の測定は Ar 雰囲気中で ITO 側から擬似太陽光(100mW/cm<sup>2</sup>)を照射して測定を行い、各素子の吸光度や光電流スペクトル (IPCE) を測定した。

[結果と考察] 測定結果を Fig.2 に示す。吸収スペクトルからフタロシアニンは 600~700nm に Q バンドに対応するピークがあり、DBP は 500~700nm にピークがある。その吸光度から DBP はフタロシアニンに比べて吸光度が高い事がわかる。p 型層の膜厚は 10nm 程度と推定され薄膜であるが、短絡光電流においては DBP を塗布した素子は約 1.4mA/cm<sup>2</sup>を示し(1Ph-PhO)<sub>4</sub>PcCu や(3Ph-PhO)<sub>4</sub>PcCu を塗布した素子の約 0.7mA/cm<sup>2</sup>と比べて高い値を示した。また、開放電圧にも差が見られ、DBP を塗布した素子では 0.7V 以上となり、(1Ph-PhO)<sub>4</sub>PcCu と(3Ph-PhO)<sub>4</sub>PcCu を塗布した素子では約 0.55 V となり 0.15V の差が見られた。これは DBP の深い HOMO 準位による事に起因すると考えられる。

p 型層の厚膜化や塗布による適切な n 型層の形成により、変換効率の向上が期待できる。n 型層の塗布形成も現在検討中であるがを詳細は当日報告する。

[謝辞] 本研究の一部は信州大学グリーンイノベーション支援事業の一環として行われた。

## [参考文献]

- [1]E. Itoh, S. Nakagoshi. J. Appl. Phys., **53**, 04ER15(2014)
- [2]M. Hirade, C. Adachi. J. Appl. Phys. Lett., **99**, 153302, 2011
- [3]松尾 豊.有機薄膜太陽電池の科学 化学同人(2011).
- [4]Y. Takagi, K. Ohta, S. Shimosugi, T. Fujii, and E. Itoh, J. Mater. Chem., **22**, 14418-14425 (2012).

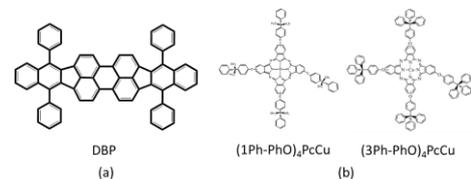


Fig.1 chemical structures

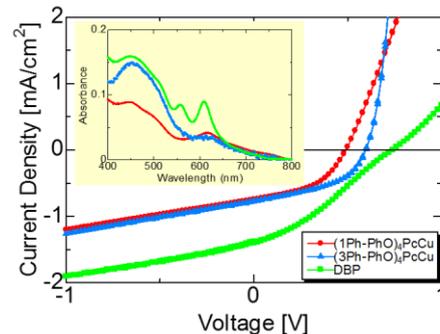


Fig.2 J-V curves of multilayered cells. Inset: Absorption spectra of the photovoltaic cells.