

革新的塗布型材料による有機薄膜太陽電池の構築

利用者：^a大阪大学, ^b千葉大学, ^c関西学院大学, ^d奈良先端科学技術大学院大学
 中山健一^a, 矢貝史樹^b, 増尾貞弘^c, 山田容子^d

研究支援者：奈良先端科学技術大学院大学 西川嘉子, 浅野間文夫, 小池徳貴, 片尾昇平

【研究目的】

JST CRESTプロジェクト「革新的塗布型材料による有機薄膜電池の構築」（平成22-28年度）に関する共同研究として、“溶液塗布が可能であり、照射により低分子有機半導体へと変換可能な光変換型前駆体”を用いて、塗布による積層型太陽電池の構築方法を確立する。光によるp/n接合ナノ構造制御、自己組織化材料との融合、電荷分離ダイナミクスの解明、デバイス作製を組織的に行い、革新的な有機薄膜太陽電池を確立する。

【成果】

光変換前駆体法は、難溶性低分子有機半導体材料に脱離基を導入して可溶化し、溶液プロセスで薄膜にした後、照射で脱離基を取り除き、結晶性の薄膜に変換する方法である。溶媒・照射条件・アニーリング条件などを調整することで薄膜のナノ構造をコントロールでき、また、塗布と照射を繰り返すことで多層膜を作製できる。今回我々は、バルクヘテロ層(i層)をp層とn層で挟み込んだp-i-n積層構造を有する有機薄膜太陽電池を溶液プロセスにより作製することに成功した(図1: *Sci. Report* 2014)。p層には結晶性が高く電荷輸送能が高いDTA、i層にはn型材料(PC₇₁BM)との相溶性が高く、幅広く可視光を吸収できるAtD2T、と適材適所の材料を使い分け(図2)、バッファ層を工夫することで、 $J_{SC} = 9.92 \text{ mA cm}^{-2}$, $V_{OC} = 0.89 \text{ V}$, FF 47.5%, PCE = 4.20%の太陽電池特性を達成した(図3)。

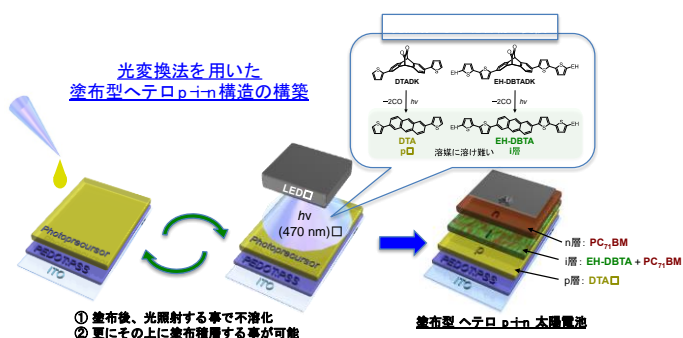


図1 光変換前駆体法による積層型有機薄膜太陽電池の作製法(初代ヘテロp-i-n太陽電池)

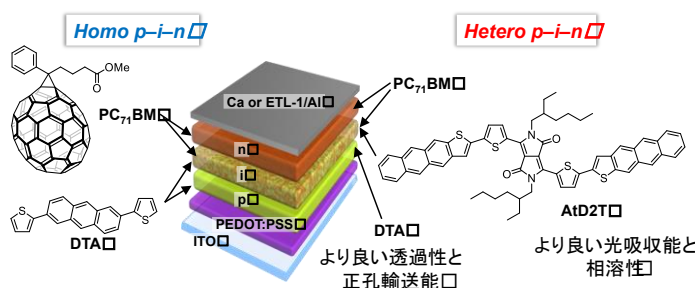


図2 Homo p-i-n型太陽電池とHetero p-i-n有機薄膜太陽電池の素子構造。

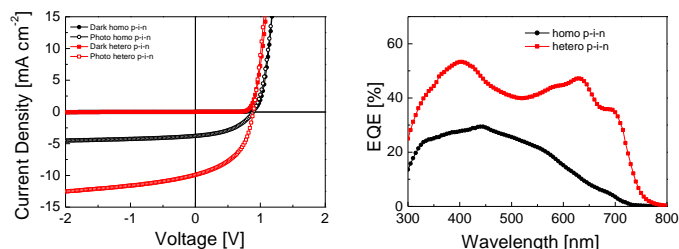


図3 p型材料にDTAのみを使ったHomo p-i-n型太陽電池(black; バッファ層:Ca)とp層にDTA、i層にAtD2Tを用いたHetero p-i-n型太陽電池(red; バッファ層:ETL-1)の比較。(左) J-Vカーブ; (中) 外部量子効率(EQE); (右) 太陽電池特性のまとめ。材料と素子構造は図2を参照。

Device	Buffer layer	Jsc (mA/cm ²)	Voc (V)	FF (%)	PCE (%)	R _s (Ω cm ²)	R _p (Ω cm ²)
Homo p-i-n	Ca	3.78	0.89	44.7	1.50	59	1174
Hetero p-i-n	Ca	9.78	0.88	45.4	3.92	16	336
Hetero p-i-n	ETL-1	9.92	0.89	47.5	4.20	17	369

【支援実施機関からのコメント】

平成25-27年度の3年にわたり、質量分析装置、大気中光電子分光装置、分光感度・内部量子効率測定装置、単結晶X線解析装置、粉末X線解析装置など、多くの装置を用いて支援を実施し、有機薄膜太陽電池用塗布材料と太陽電池デバイスの研究開発・評価に役立てていただきました。

【参考文献等】

- [1] Y. Yamaguchi, M. Suzuki, T. Motoyama, S. Sugii, C. Katagiri, K. Takahira, S. Ikeda, H. Yamada*, K. Nakayama*, *Sci. Rep.*, **2014**, 4, 7151
 [2] C. Quinton, M. Suzuki*, Y. Kaneshige, Y. Tatenaka, C. Katagiri, Y. Yamaguchi, D. Kuzuhara, N. Aratani, K. Nakayama, H. Yamada*, *J. Mater. Chem. C*, **2015**, 3, 5995.