

有機太陽電池の陰極/有機電解質界面の LUMO 電子準位接続

LUMO energy level alignment at interface of cathode and organic electrolyte

in organic solar cells

千葉大院融合理工¹, 京大院工², 千葉大院工³, 千葉大分子キ⁴

○(M2) 福島駿¹, キムヒョンド², 大北英生², 吉田弘幸^{3,4}

Chiba Univ.^{1,3,4}, Kyoto Univ.²

○(M2) Shun Fukushima¹, Hyung Do Kim⁴, Hideo Okita⁴, Hiroyuki Yoshida^{2,3}

E-mail:f-syun@chiba-u.jp

＜緒言＞ 有機太陽電池において負極とアクセプターの間層として界面に電子収集層を挿入すると、電子収集効率が向上する。電子収集効率には、負極の仕事関数と電子収集層の LUMO 準位の電子準位接続が大きく関わっている。

本研究では、低エネルギー逆光電子分光法 (LEIPS) [2]により溶液法で作製できる代表的な有機電解質の電子収集材料である PDINO、PFN-Br、PNDI-F3N-Br [1]の LUMO 準位エネルギー（電子親和力）を測定した。また、負極 Ag との界面 LUMO 準位電子準位接続を調べた。このようにして、3種類の電子収集層の違いを明らかにした。

＜実験＞ 電子収集層薄膜はスピスコート法により ITO 基板上に製膜し、検出光エネルギー 4.785 eV にて LEIPS 測定を行った。電子収集層と Ag との界面の評価には、電子収集層の上に Ag を積層した膜を用いた。Ag の膜厚を 2.0 nm まで増加しながら真空準位と LUMO 準位を測定した。

＜結果・考察＞ LEIPS 測定の結果、各電子収集膜の電子親和力 (EA) は、PDINO 3.67 eV、PFN-Br 1.86 eV、PNDI-F3N-Br 3.64 eV とそれぞれ見積もられた。したがって、これらの LUMO 準位と Ag のフェルミ準位 (E_F) のエネルギー差として電子収集障壁を見積もると、PDINO 0.36 eV、PFN-Br 2.65 eV、PNDI-F3N-Br 0.66 eV といずれも大きな値となった。したがって、電子収集材料のみの薄膜に対する測定からは、PDINO 以外では効率よい電子収集は理解でき

ない。

次に、Ag の膜厚に対する真空準位と LUMO 準位の変化を図 1 に示す。いずれの電子収集材料に対しても Ag の膜厚の増加に伴い、真空準位と LUMO 準位はともに低エネルギー側にシフトした。EA に注目すると、どの電子収集材料の場合に対しても Ag を 0.1 nm 蒸着した際に EA が 4.0 eV 程度に大きくなっていた。これは Ag と有機層が水素結合を形成したことによるものと考えられる[3][4]。このように、Ag との反応により、効率の良い電子注入が実現したと考えられる。

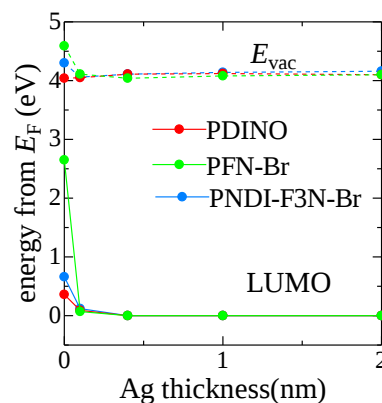


Figure 1. Vacuum level and LUMO levels of each electron-collecting interlayer material plotted against Ag thickness.

- [1] J. Ren *et al.*, *ACS Appl. Energy Mater.* **4**, 4489–4497 (2021).
- [2] H. Yoshida, *Chem. Phys. Lett.* **539–540**, 180 (2012).
- [3] H. Fukagawa *et al.*, *Adv. mater.* **31**, 43(2019).
- [4] T. Sasaki *et al.*, *Nat. Commun.* **12**, 2706 (2021).