

低電圧損失フラーレン有機太陽電池の電荷解離エネルギー

Charge dissociation energy for fullerene-based polymer solar cell

with small photon energy loss

千葉大院工¹, 広島大², 京都大院工³, JST さきがけ⁴, 千葉大分子キ⁵

市川裕之¹, 尾坂 格², 福原友裕³, 玉井康成^{3,4}, 大北英生³, ○吉田弘幸^{1,5}

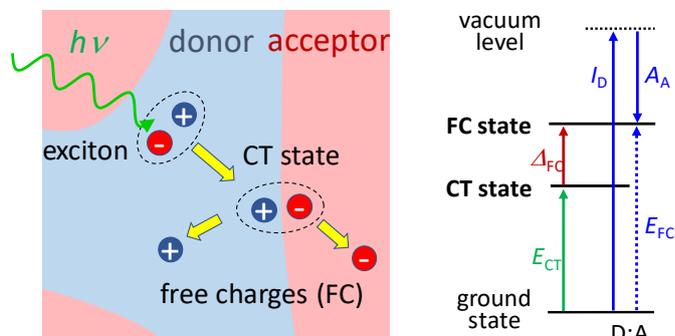
Chiba Univ.^{1,5}, Hiroshima Univ.², Kyoto Univ.³, JST PRESTO⁴, Hiroyuki Ichikawa¹, Itaru Osaka²,

Tomohiro Fukuhara³, Yasunari Tamai^{3,4}, Hideo Ohkita³, ○Hiroyuki Yoshida^{1,5}

E-mail: hyoshida@chiba-u.jp

有機半導体では、電荷が局在化しており、しかも遮蔽効果が小さい。このため励起子束縛エネルギーが約 0.5 eV と大きく、これが無機太陽電池と比べて有機太陽電池の電圧損失が大きい要因となっている。また、励起子を解離するためにドナー(p 型)とアクセプター(n 型)の有機半導体の界面の電子準位のエネルギー差を利用する(図 1)。この際に生成する電荷移動状態(CT)では、正孔-電子がクーロン力で強く束縛されている。ここから自由電荷(FC)を生成する電荷解離機構は、有機薄膜太陽電池研究の長年の疑問であった。多くの解離機構が提案されてきたにもかかわらず決着がついていないのは、正孔-電子の束縛エネルギーが決定されていないことが一因である。

我々は、独自に開発した低エネルギー逆光電子分光法(LEIPS)¹を紫外光電子分光法(UPS)と組み合わせることで、励起子束縛エネルギーを精密に決定してきた。本研究では、この方法をドナーとアクセプターの混合膜に適用することで、FC 状態のエネルギーを決定する。ドナーとしては、尾坂らの開発した PNTz4T、PNOz4T、アクセプターには PCBM を選んだ。PNTz4T と PNOz4T はよく似た骨格であるが PNOz4T と PCBM の太陽電池は電圧損失が 0.55 eV と低い²ことから、この二つを比較することで、電圧損失機構についても議論できる。測定した FC 状態と CT 状態のエネルギー差から、電荷解離エネルギー障壁を求めた。この値は 0.2 eV 以下と従来の予測よりも小さく、エントロピーの寄与により電荷解離できると考えられる。このようにエネルギー障壁が小さいのは、ポリマー相の構造秩序が高いために CT 状態で電荷が非局在化するためと考えている。



[1] Yoshida H., Chem. Phys. Lett. **2012**, 539-540, 180; J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom. **2015**, 204, 116.

[2] Kawashima, K.; Tamai, Y.; Ohkita, H.; Osaka, I.; Takimiya, K., High-Efficiency Polymer Solar Cells with Small Photon Energy Loss. Nat. Commun. **2015**, 6, 10085.

Figure 1 : Charge generation process of organic solar cell (OCS) and energy levels for charge dissociation at D/A interface.