

紫外光電子分光による有機ヘテロ界面の電子準位接続に関する研究

Study of energy level alignment at organic hetero-interfaces using ultraviolet photoelectron spectroscopy

筑波大数理¹, JST さきがけ², KEK 物構研³, 付巍¹, 王生浩¹, 櫻井岳暁^{1,2}, 間瀬一彦³, 秋本克洋¹
 Univ. of Tsukuba¹, JST-PRESTO², KEK-IMSS³, W.Fu¹, S. Wang¹, T. Sakurai^{1,2}, K. Mase³, and K. Akimoto¹

E-mail: fuwei0814@yahoo.co.jp

【緒言】有機薄膜太陽電池などの有機半導体デバイスでは、金属電極と電荷輸送層の間に有機電極緩衝層を挿入し、デバイス特性を改善させることができる。この緩衝層は、励起子失活の抑制、電荷ブロックなどの効果があると言われているが、詳細なメカニズムは明らかになっていない。本研究では、電子構造の観点から緩衝層の役割を明らかにするため、電荷輸送層に C₆₀、金属電極に Ag を選択し、緩衝層材料を変化させながら C₆₀/有機緩衝層界面の電子準位接続について紫外光電子分光(UPS)により調べた。その結果、緩衝層の電子構造が C₆₀ ヘテロ界面の電子準位接続に影響を与えることが判明したので報告する。

【実験】試料作製ならびに UPS の測定($h\nu = 30$ eV)は高エネルギー加速器研究機構 BL-3B で行った。RCA 洗浄を施した Si(100)ウエハ上に Ag 薄膜を真空蒸着により形成し、続いて有機緩衝層と C₆₀ 層を逐次蒸着し、測定試料とした。有機緩衝層には、F₄TCNQ (2,3,5,6-tetrafluoro-7,7,8,8-tetracyanoquinodimethane), PTCDA (3,4,9,10-perylene-tetracarboxylic-dianhydride)を選択した (図 1)。

【結果】Ag 薄膜上に形成された F₄TCNQ ならびに PTCDA 試料では、フェルミ準位近傍にギャップ内準位 (gap state) が観測された。この時、F₄TCNQ ならびに PTCDA の LUMO 準位は、Ag のフェルミ準位とほぼ等しいエネルギー位置に存在することが、UPS の測定より明らかになった。続いて、膜厚 8 Å (約 1 分子層) の F₄TCNQ ならびに PTCDA 上に C₆₀ 層を形成し、C₆₀/緩衝層/Ag ヘテロ構造の電子準位接続を確認した (図 2)。F₄TCNQ 上に形成された C₆₀ 層の HOMO 準位は Ag 電極のフェルミ準位を基準として 1.2 eV 低いエネルギー位置に存在するのに対し、PTCDA 上に形成された C₆₀ 層では HOMO 準位のエネルギー位置が 1.6 eV と深くなった。なお、過去の我々の研究において、電子親和力が 3.0 eV の bathocuproine (BCP) を用いた C₆₀/BCP/Ag ヘテロ構造では、C₆₀ 層の HOMO 準位は 2.0 eV と深く [1]、緩衝層の電子親和力が小さくなるのに伴い HOMO 準位が深くなる傾向が確認された。ギャップ内準位の形成された有機/金属系では、ギャップ内準位の電子状態が有機薄膜の電子物性に影響を与えることが知られており [2]、この影響が C₆₀/有機緩衝層ヘテロ界面の電子準位接続に波及したと考えられる。

【参考文献】 [1] S. Wang et al., Appl. Phys. Lett. **100**, 243301 (2012). [2] T. Sakurai et al., J. Appl. Phys. **107**, 043707 (2010).

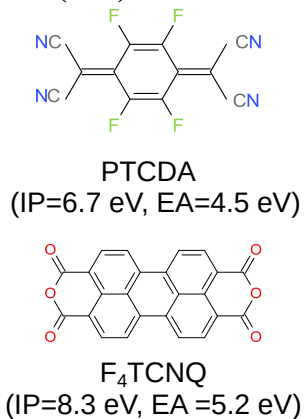


図 1. 緩衝層材料の化学構造

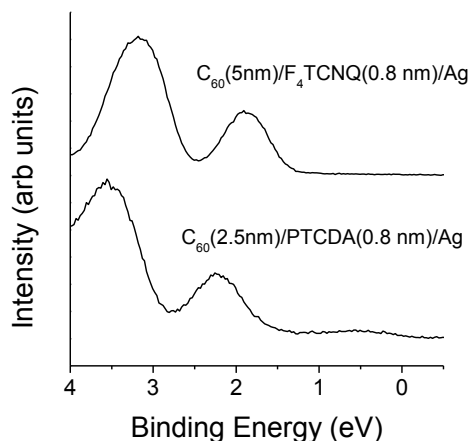


図 2. C₆₀/有機緩衝層/Ag ヘテロ構造の UPS スペクトル