低エネルギー損失有機薄膜太陽電池の界面エネルギー準位接続

Interface energy level alignment in organic photovoltaic solar cell with low-energy loss

千葉大院工[1]，広大院工[2] ○(M1)市川 裕之[1]，尾坂 格[2]，吉田 弘幸[1]

Chiba Univ.[1], Hiroshima Univ.[2], ○Hiroyuki Ichikawa[1], Itaru Osaka[2], Hiroyuki Yoshida[1]

E-mail: hi-ichikawa@chiba-u.jp

有機薄膜太陽電池(OPV)の開放電圧(V_{oc})は、ドナーDのHOMO準位(I_D)とアクセプターAのLUMO準位(E_A)を用いて、V_{OC}= (I_D-E_A)-E_{loss}で表される。E_{loss}は損失項で一般的なOPVでは0.7-1.0 eVであり、高効率化のためにはE_{loss}を小さくする必要がある。最近、尾坂らはDにPNOz4T、Aに PCBMを用いてE_{loss}=0.4-0.5 eVになると達成した[1]。本研究では、このような低いE_{loss}の原因を明らかにするために、界面電子準位接続を精査した。

HOMO準位は、紫外光電子分光法(UPS)により精密測定できる。一方、LUMO準位は逆光電子分光により測定できるが、分解能が低く電子線照射による試料損傷の問題があった。本研究ではこれらの問題を解決した低エネルギー逆光電子分光法(LEIPS)[2]を用いてLUMO準位の精密測定を行った。

PNOz4T、PCBM、これらのバルクヘテロ接合(blend膜)をITO基板上にスピンコートし試料薄膜とした。測定したUPS・LEIPSのスペクトルをFig. 1に示す。HOMO・LUMO準位の立ち上がりからHOMO準位、LUMO準位のエネルギーを求めた。blendの結果から試料表面付近では(I_D-E_A)=1.73 eVと考えられ、界面での真空準位シフトは0.02 eV程度となった。

PNOz4Tの光学ギャップは1.52 eV、PNOz4T:PCBMの界面電荷移動状態のエネルギーE_{CT}は絶対0℃で1.38 eV、室温では1.5 eV程度と報告されている[1]。励起子が電荷分離するためには、Aのエネルギー準位がDに比べて低くなるような真空準位シフトが起るはずである。実際に、検出深さが深いX線光電子分光法では0.3 eVのエネルギーシフトが起こることが分かった。

一般に、DとAの有機ー有機界面では、電子移動により界面電気二重層が生じてAの真空準位のほうが高くなる[3]。PNOz4T:PCBM界面で、これとは逆のエネルギーシフトが起こるのは、PNOz4Tの主鎖配向に依存した界面エネルギーシフトのためと考えられる[4]。この結果は、低エネルギー損失OPVの動作機構を考える際に、ポリマーの主鎖配向を考慮した界面電子準位接続が重要であることを示している。

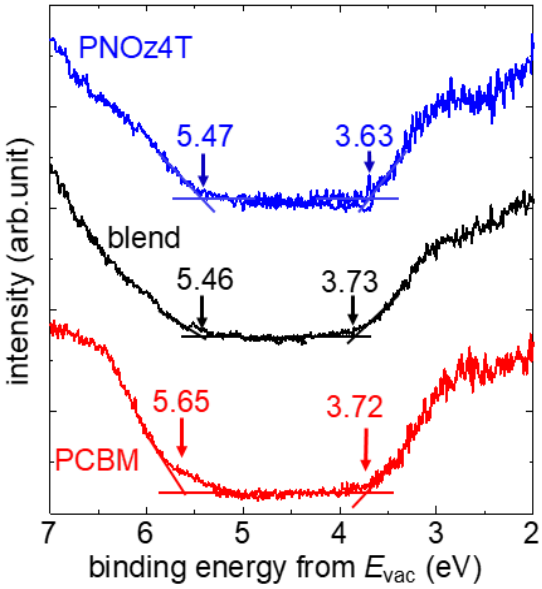

Figure 1. UPS and LEIPS spectra

[1] I. Osaka et al., *Nat, Commun*, **6,** 10085 (2015)

[2] H. Yoshida, *Chem. Phys. Lett.* **539,** 180 (2012)

[3]Z.–L. Guan, et al, *Org. Electron.* **11,** 1779 (2010)

[4] C. Poelking, D. Andrienko, J. Am. Chem. Soc. **137,** 6320 (2015).

© 2017年 応用物理学会