波長掃引型低エネルギー高感度光電子スペクトルの解釈(1)

Interpretation of hv-dependent low energy high-sensitivity photoemission spectrum (1) 千葉大先進¹, 工², 融合理工³, MCRC⁴ ⁰石井久夫^{1,2,4}, 木全俊輔², 濱田北斗², 菊池武文², 井手一郎³, 佐野大輔³, 丸山泰一³, 山口雄生³, 松崎厚志³, 清水康平³, 田中有弥^{1,2} Chiba Univ. CFS¹, Faculty of Eng.², Grad. School of Sci. and Eng.³, MCRC, [°]Hisao Ishii^{1,2,4}, Shunsuke Kimata², Hokuto Hamada², Takefumi Kikuchi², Ichiro Ide³, Daisuke Sano³, Taichi Maruyama³, Yuki Yamaguchi³, Atsushi Matsuzaki³, Kohei Shimizu³, Yuya Tanaka^{1,2} E-mail: ishii130@faculty.chiba-u.jp

有機エレクトロニクスを理解するには、有機半導体のバルクや界面の詳細な電子構造の理解が 不可欠である。我々はこれまで、波長可変の低エネルギー紫外光源を用いた高感度紫外光電子分 光法(HS-UPS)を開発し、HOMO準位に加え、ギャップ準位、トラップ準位を含む状態密度

(DOS)の決定[1,2]や負イオン状態の直接観測[3]などを報告してきた。この手法では、光源の 迷光を抑制するとともに、励起光のエネルギーhvをできるだけ低くし、不要な光電子放出を抑え ることでゴースト電子を抑制している。実際には、励起光のエネルギーを振りながら多数の低エ ネルギーUPS スペクトルを測定し、それらをつなぎ合わせることで、通常の準位の100万分の一 以下程度の密度の準位も計測が可能となった。しかしながら、様々な有機薄膜のHS-UPS 測定を 行ってみると、スペクトルのピーク強度が共鳴的にhvに依存する現象がしばしば観測された。 測定されたスペクトルから DOS を正確に見積もるには、このような光電子放出確率のhv依存性 の影響を取り除く必要がある。本研究では、まず、HOMO 準位を含む価電子上端部について、HS-UPS スペクトルの hv依存性と DOS との関係を検討した。

Fig.1 に例として, 膜厚 30nm のα-NPD 薄膜の測定結果を示す。hv=5.6-7.7eV で測定した HS-UPS スペクトルを Fermi 準位基準で並べてある。図からわかるように、各スペクトルの強度は hv に依存して大きく増減している。その包絡線を見ると、HeI 共鳴線で測定したスペクトルならび

に DFT 計算で求めたシミュレーションの曲線と よく一致している。同様の対応は、C₆₀等の他の 有機薄膜でも観測された。この結果は、hvを振 りながら測定したスペクトルを包絡線処理する ことで、DOS を近似的に推定できることを示し ている。講演では、他の試料での測定結果を報 告するとともに包絡線処理の原理についても議 論する。

[1] T. Sato, H. Kinjo, J. Yamazaki and H. Ishii, *Appl. Phys. Express*, 10, 011602-1~4 (2017), DOI: 10.7567/APEX.10.011602

[2] T. Sato , K. R. Koswattage , Y. Nakayama , H. Ishii, *Appl. Phys. Lett.*, 110, 111102-1~4 (2017), DOI: 10.1063/1.4978529

[3] H. Kinjo, H. Lim, T. Sato, Y. Noguchi, Y.
Nakayama and H. Ishii, *Appl. Phys. Express*, 9, 021601-1~4(2016). DOI:10.7567/APEX.9.021601



Fig.1 Upper: He I photoemission spectrum of α -NPD film with simulation spectrum. Lower: hv-dependent low energy photoemission spectra (hv=5.6-7.7 eV)