

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(3): 金属と有機試料のちがい

Interpretation of $h\nu$ -dependent low energy high-sensitivity photoemission spectrum (3):

Difference between metallic and organic samples

千葉大先進¹, 融合理工², MCRC³ ○石井久夫^{1,2,3}, 木全俊輔², 井手一郎², 丸山泰一²,
山口雄生², 松崎厚志², 清水康平², 田中有弥^{1,2}

Chiba Univ. CFS¹, Grad. School of Sci. and Eng.², MCRC³, °Hisao Ishii^{1,2,3}, Shunsuke Kimata²,
Ichiro Ide², Taichi Maruyama², Yuki Yamaguchi², Atsushi Matsuzaki²,
Kohei Shimizu², Yuya Tanaka^{1,2}

E-mail: ishii130@faculty.chiba-u.jp

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、励起光のエネルギー $h\nu$ を振りながら多数の UPS スペクトルを測定するが、試料の状態密度を定量的に評価するには、異なる $h\nu$ で測定したスペクトルを何らかの方法で規格化して光電子放出強度の $h\nu$ 依存性を取り除く必要がある。光電子放出強度の単純なモデルである Three step model によれば、内部光電子収量 Y は $|M_{fi}|^2 D_i(E_i) D_f(E_f) X(E_f) T(E_f)$ に比例する。ここで、 E_i 、 E_f は始状態、終状態のエネルギー、 M_{fi} は遷移モーメント、 $D_i(E_i)$ 、 $D_f(E_f)$ は始状態と終状態の状態密度、 $X(E_f)$ 固体中を表面まで電子が到達する確率、 $T(E_f)$ は表面を光電子が透過する確率である。前回、前々回の講演会 [4] では、一定終状態光電子収量分光にならって [5], 各スペクトルに対して同一の運動エネルギー E_k の光電子強度を $h\nu$ に対してプロットすることで得られる一定終状態スペクトル (CFS) を用いて試料の状態密度を評価することを議論した。有機試料の HS-UPS スペクトルを CFS 法により解析した結果は、比較的理論計算による状態密度を再現したのに対して、金薄膜に対しては、Fig. 1 にあるように、Fermi 準位近傍の光電子放出のしきい値付近では、CFS 法ではスペクトルの強度が減衰してしまい、本来の状態密度からかけ離れてしまうことを報告した。本研究では、この原因をさぐるため、一定始状態に対する光電子放出強度の $h\nu$ 依存性から $D_f(E_f) X(E_f) T(E_f)$ の項を実効的に評価し、CFS スペクトルの適用性について、金と C₆₀ 薄膜について議論したい。

Fig. 1 の inset に Fermi 準位の 0.2 eV 下の始状態からの光電子放出強度の $h\nu$ 依存性を示す。真空準位 (矢印) から比較的緩やかに強度が増加していることがわかる。一方、C₆₀ 薄膜については、HOMO の立ち上がり付近 (Fermi より 1.8 eV 下 P) の始状態からの放出強度は、より急峻に立ち上がった。このような立ち上がり構造は、光電子が表面をよぎる際に屈折を生じ $T(E_f)$ がエネルギーの増加関数になることに関連している。講演では、金属と有機試料内での終状態の運動エネルギーの違いなどの観点から、原因を検討したい。

[1] T. Sato et al., APEX 10, 011602 (2017) [2] T. Sato et al., APL 110, 111102 (2017) [3] H. Kinjo et al., APEX 9, 021601 (2016). [4] 石井久夫他, 第 66 回応用物理学会春季学術講演会 11p-M112-5, 第 80 回応用物理学会秋季学術講演会 18p-E302-7 [5] L. Korte et al., J. Non. Cryst. Sol. 354 2138 (2008).

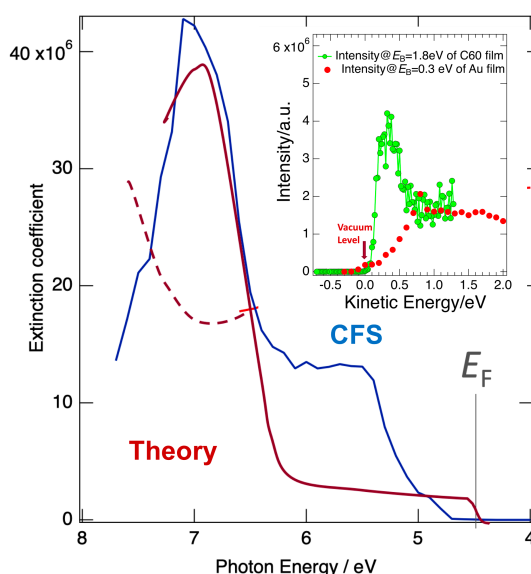


Fig.1 Density of states of Au film obtained from theoretical calculation and CFS analysis for HS-UPS. (Inset: Constant initial state spectrum of Au ($E_B = 0.3$ eV) and C₆₀ ($E_B = 1.8$ eV) films.)