

高感度光電子分光による μm オーダーの厚みを持つ 絶縁性フィルムの電子構造観察

The Electronic Structure Observation of a μm -Order Thick Insulating Film
by High-Sensitivity Photoemission Spectroscopy

千葉大工学部¹, 千葉大院融合², 千葉大先進³, 千葉大 MCRC⁴

○吉澤雅弘¹, 木全俊輔², 中澤遼太郎², 渡邊研太², 田中有弥^{2,3}, 石井久夫^{2,3,4}

Chiba Univ. (Fac. Eng.¹, GSSE², CFS³, MCRC⁴) ○M. Yoshizawa¹, S. Kimata²,

R. Nakazawa², K. Watanabe², Y. Tanaka^{2,3}, H. Ishii^{2,3,4}

E-mail:mamama.sasa@chiba-u.jp

【序論】絶縁性材料は摩擦や接触によって容易に帯電することから、帯電特性を活かした摩擦発電機などへの応用や、逆に粉体の帯電防止処理等の帯電制御なども研究されているが、そもそも帯電機構自体が明確にされておらず、基礎的な面で理解が進んでいない。このような状況にある原因の一つとして、電子構造の解明が十分でない点が挙げられる。電子構造の解析法としては光電子分光が広く用いられているが、絶縁性材料では試料帯電によりスペクトルが変形したり、光電子放出が抑制されるなどのために測定が容易ではなかった。この制限のため、実用的に用いられている μm オーダー以上の厚みを有する絶縁性ポリマーなどの測定ができなかった。かわりに通常はスピんキャストや真空蒸着により数 nm 以下の薄膜を作成して測定されてきたが、このような別条件で成膜した膜の電子構造は（一般に延伸処理などで作成する）厚膜のものとは異なると考えられる。

我々の研究室では以前に、実用的な厚みの絶縁性ポリマーの測定を行うため、絶縁性材料とサンプルホルダーをコンデンサ型配置にして、試料帯電による電位降下を打ち消すように加速電位を加えると、光電子収量分光法(PYS)が適用できることを報告した[1]。しかしながら、PYSではイオン化閾値を測定できるものの、状態密度(DOS)の情報を得ることは難しいため、電子構造の解明のためには光電子分光法による DOS の直接観測が強く望まれる。光電子分光が可能になるように試料帯電を抑制するには、1)低エネルギーの励起光を用いて価電子帯上部の電子のみを放出させる（余分な光電子を抑制）、2)膜中に帯電した電荷と試料基板がなすコンデンサ容量を大きくするとともに試料に電位を掛けて検出器に引き込む、などの対策が有効と考えられる。そこで、本研究では、我々の研究室で開発してきた低エネルギー励起光を用いる高感度光電子分光 (HS-UPS) [2]を用いて、代表的な絶縁性材料であり劈開が容易な雲母を数ミクロン程度の厚みにした自立膜に対して HS-UPS 測定を試みたのでその結果を報告する。

【実験】雲母をスコッチテープを用いて劈開し $8\mu\text{m}$ まで薄くした後、Mica の裏地に銀ペーストを塗布しサンプルホルダーに貼り付け、HS-UPS 測定を行った。

【結果】Fig1 に $7.7\sim 5.2\text{eV}$ の励起光で測定した Mica の HS-UPS スペクトルを示す。各スペクトルは、測定前後で横軸方向に多少の変化を示したものの、スペクトル形状には大きな変化は現れず、二次電子カットオフ位置で補正することで真空準位基準の束縛エネルギーで表示した。各スペクトルの二次電子のカットオフから 0.3eV の点の強度をつなげて、一定終状態スペクトル (CFS) をとると、矢印で示したイオン化しきい値 (約 6.56eV) が観測されたほか、約 4 桁にわたってギャップ内準位を含む DOS の観測に成功した。この結果は、マイクロメートル程度の厚みの絶縁性材料の自立膜の電子構造観測に HS-UPS が有効であることを示している。

[1] Y. Nakayama et al., APL, 92, 153306(2008). [2] T. Sato et al., APEX, 10, 011602 (2017).

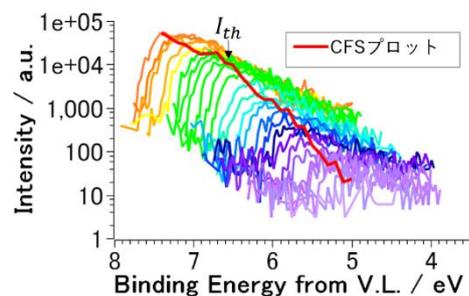


Fig1. Semi-log plot of the HS-UPS spectra of Mica for various photon energy