

光電子分光および高感度光電子収量分光による Nylon-6, 6 薄膜の電子構造観察

Electronic Structure of Nylon-6, 6 Thin Film Studied by Photoemission and High Sensitivity Photoelectron Yield Spectroscopy

千葉大院融合¹, 千葉大先進²○佐藤 友哉¹, コスワッタゲ ラシカ², 中山 泰生¹, 石井 久夫^{1,2}AIS, Chiba Univ.¹, CFS, Chiba Univ.²○Tomoya Sato¹, Kaveenga Rasika Koswattage², Yasuo Nakayama¹, Hisao Ishii^{1,2}

E-mail: t-sato@chiba-u.jp

絶縁性高分子材料の接触および摩擦帯電現象はレーザープリンタや電子写真機などの工業において広く応用されている。この現象は数千年前から知られており、古くから研究が行われてきたが、基本的なメカニズムに関しては未解明な部分が多く残されており統一的な見解が得られていない。絶縁性高分子材料は一般に広いエネルギーギャップを有するため金属との接触を考えた場合、単なる機械的な接触に伴って最高占有/最低非占有準位 (HOMO/LUMO) への直接の電荷移動が生じるとは考えにくい。むしろ、より少ないエネルギーでアクセス可能な何らかの準位が HOMO-LUMO ギャップ内に存在し、こうしたギャップ内準位への電荷移動を考える方が自然である。このようなギャップ内準位への電荷移動を仮定した帯電メカニズムの例として、Duke らが提案した分子イオン状態モデル[1]や Lowell らが提案した表面準位モデル[2]などが挙げられる。したがって、帯電メカニズムの本質を解明するためには、絶縁性高分子の HOMO、LUMO 準位だけでなく、ギャップ内準位まで含めた総合的な知見が必要である。本研究では、紫外光電子分光 (UPS) および高感度光電子収量分光 (PYS) [3]を用いて、一般的な絶縁性高分子材料である Nylon-6,6 の電子構造観察を行った。

本研究では、ギ酸に溶かした Nylon-6,6 を ITO 基板上に滴下し、スピコート法により製膜した Nylon-6,6 薄膜を用いて実験を行った。Fig. 1 に UPS 測定結果を示す。UPS 測定結果より、Nylon-6,6 のイオン化エネルギー (I) は 7.49 eV と求まった。さらに、同様の試料を高感度 PYS 測定した結果、HOMO よりも低エネルギー領域である 4.3 eV 付近からの光電子放出が確認された。このことから、Nylon-6,6 薄膜のギャップ内準位は少なくとも HOMO の上端から 3.2 eV の幅広いエネルギー範囲にわたり存在していることが確認された。このギャップ内準位が接触帯電時の電荷移動に関与していると考えられる。また、PYS 測定により得られた光電子収量 (Y) スペクトルは照射光のエネルギー ($h\nu$) で微分することで、試料の状態密度に関する情報を引き出すことが原理的に可能である[4]。そこで、本研究において得られた UPS および PYS 測定結果と、モノマーの分子軌道計算結果を用いて Nylon-6,6 の状態密度の見積もりを試みた (Fig. 2)。その結果、ギャップ内準位上端の状態密度は、HOMO のそれに比べ 5 桁程度小さいことからかなり微少な準位であると言える。また、ギャップ内準位の状態密度関数において、いくつか変曲点を確認できる。これは、ギャップ内準位のエネルギー分布が均一でない可能性を示唆しているものと考えられる。講演では、見積もったギャップ内準位の状態密度に基づいて、実際の帯電量とギャップ内準位の関係についても議論する。

[1] C. B. Duke *et al.*, J. Appl. Phys., 49 (1978) 315

[2] J. Lowell, Adv. in Phys., 29 (1980) 947

[3] Y. Nakayama *et al.*, Appl. Phys. Lett., 92 (2008) 153306

[4] J. Szuber, Vacuum, 57 (2000) 209

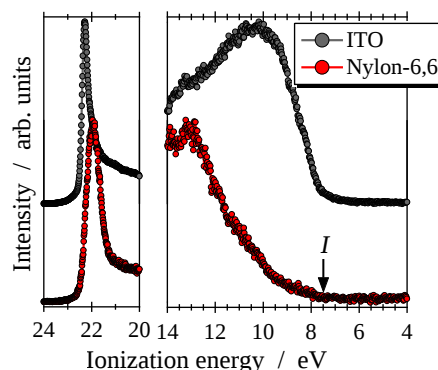


Fig. 1 UPS spectra of ITO and Nylon-6,6 thin film.

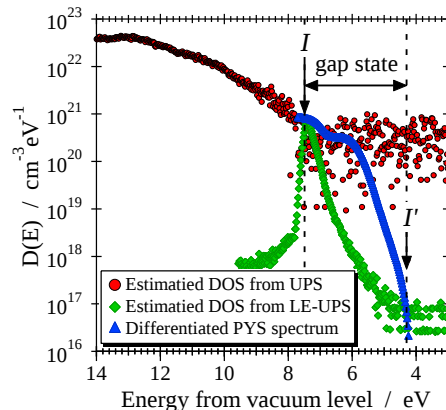


Fig. 2 The density of states of Nylon-6,6 roughly estimated from UPS, LE-UPS, and PYS spectra.