

化学的合成法で作製した ZnO ナノ粒子膜の電子構造

Electronic structure of ZnO nanoparticle films prepared by chemical synthesis

千葉大院融合理工¹, 千葉大院工², 千葉大 MCRC³

○菊池 武文¹, 吉田 弘幸^{2,3}, 奥平 幸司²

GSSE Chiba Univ.¹, GSE Chiba Univ.², MCRC Chiba Univ.³

○Takefumi Kikuchi¹, Hiroyuki Yoshida^{2,3}, Koji Okudaira²

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

n型の直接遷移半導体である酸化亜鉛(ZnO)は、透明性と大気安定性の高さから有機薄膜太陽電池(Organic Solar Cells : OSC)の電子輸送層などに用いられてきた[1]。さらに近年、溶液プロセスによる成膜が可能な ZnO の低次元成長ナノ粒子を用いて、フレキシブル性を保持した高機能な OSC の研究が行われている[2]。一方、ナノ粒子は粒子径に依存した量子サイズ効果や、比表面積の増大による表面状態の変化・酸素欠損などの影響により、特異な電子状態を示すことが知られている。OSCにおける電子・ホール輸送層としての特性を議論するためにも、フェルミ準位に対する伝導帯下端や価電子帯上端の絶対エネルギー位置の情報が必要である。そこで本研究では、後述の電子分光法を用いて ZnO ナノ粒子膜の価電子帯・伝導帯の電子構造を定量的に評価した。

化学的合成法[3,4]により 2 種類の ZnO ナノ粒子を作製した。透過型電子顕微鏡像より平均粒子径が約 7 nm と約 100 nm であった。それぞれを ITO 基板上にスピコートにより成膜したものと、成膜後に大気中で 120 °C のアニール処理をしたものについて、UVSOR, BL-2B にて紫外光電子分光法(UPS)、低エネルギー逆光電子分光法(LEIPS)[5]の測定を行った。さらに、X 線光電子分光法(XPS)と、Photon Factory, BL-7A での吸収端近傍 X 線吸収微細構造(NEXAFS)測定を行い、電子状態の元素依存性を調べた。

UPS と LEIPS のスペクトルを Fig. 1 に示す。(a)より、アニール処理によって 7 nm は仕事関数が 0.16 eV 大きくなっており、表面状態が変化していると考えられる。これに対して 100 nm ではほとんど変化しなかった。また、(b)(c)から 7 nm では 100 nm に比べ、主に伝導帯下端が

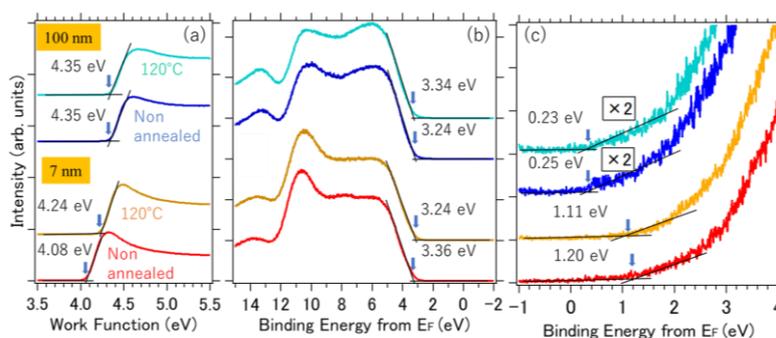


Fig. 1 (a)(b)UPS and (c)LEIPS spectra of ZnO NP films

高エネルギー側へシフトしたことによるバンドギャップの広がり観測された。これは量子サイズ効果によるバンドギャップの広がりだけでなく、表面状態の変化による影響も反映している可能性がある。本講演では XPS と NEXAFS の結果も交えて、電子構造について詳細に議論する予定である。

[1] A.J. Heeger et al., *Adv. Mater.* **23** 1679-1683 (2011)

[2] D. Lee et al., *J Phys Chem Solids.* **105** 66-7 (2017)

[3] K. Samarahan et al., *Acta Chim. Slov.* **65** 578-585 (2018)

[4] Y. Zhu et al., *Chem. Lett.* **33** 70-71 (2004)

[5] H. Yoshida, *Chem. Phys. Lett.* **539-540**, 180-185 (2012)