

ZnO ナノ微粒子への磁性イオン及び Al イオンドーピング効果と 希薄磁性半導体の創製

The effect of magnetic ion and Al ion co-doping to ZnO nanoparticle
and production of diluted magnetic semiconductor

横国大院工¹, 横国大院理工², 横国大環情³, 横国大理工⁴

○井手太星¹, 藤原康暉¹, 大嶋晃人², 神田康平³, 一柳優子^{1,2,4,*}

Dept. of Phys., Grad. Sch. of Eng., Yokohama Nat. Univ.¹,

Dept. of Phys., Grad. Sch. of Sci. and Eng., Yokohama Nat. Univ.²,

Dept. of Nat. Env., Grad. Sch. of Env. and Inf., Yokohama Nat. Univ.³

Dept. of Phys., Fac. of Sci. and Eng., Yokohama Nat. Univ.⁴

○Taisei Ide¹, Koki Fujiwara¹, Akito Oshima², Kouhei Kanda³, Yuko Ichiyanagi^{1,2,4,*}

*E-mail: yuko@ynu.ac.jp

ZnO は n 型半導体として知られており、他のII-VI属半導体と比べてワイドバンドギャップ (3.4 eV) であることから低消費電力材料として期待されている。さらに高いイオン結合性を持つことから他原子ドーピングがしやすい。本研究では磁性イオンと Al イオンのドーピングを行った。このように半導体にわずかに磁性イオンをドーピングすることによって、半導体としての性質と磁石としての性質を併せ持つ、希薄磁性半導体の創製が可能となる。

当研究室では、独自の製法によりナノサイズの ZnO 微粒子を作製することで、本来反磁性である ZnO が強磁性的な挙動を示すことを見出した(Fig. 1)。また、Fe, Co, Mn をそれぞれドーピングした ZnO ナノ微粒子の中で、Co をドーピングしたものが最も最大磁化が向上していた。さらに Al をドーピングすることによって電気伝導率が向上したことから、本研究では Al, Co 共ドーピング ZnO ナノ微粒子に着目し、物性評価を行った。

まず、湿式混合法により、ZnO: Al, Co ナノ微粒子を作製した。ドーピング量は Al= 0, 3, 5 %, Co= 0, 3, 5, 10 % とした。作製した微粒子を粉末 X 線回折(XRD)で同定し、粒径を求めた。粒径による物性に变化が生じないように、焼成温度により 20 nm に調整した。マテリアルアナライザーによる電気伝導率の測定により、Al によるキャリアドーピングに成功したことが確認できた。SQUID 磁束計を用いた磁化測定の結果、作製したナノ微粒子が低温で強磁性を示し、興味深い結果となった。磁気特性向上のメカニズム解明のため、放射光を用いた XAFS 実験により、局所構造解析を行った。測定とシミュレーションの比較の結果、Al をドーピングするほど酸素欠損が増加することが分かり、さらには Co 周辺の酸素欠損が促進されていることを確認した(Fig. 2)。このことから、半導体の結晶構造内に存在する磁性イオン周辺の酸素欠損が起因する、磁気ポーラロンによる強磁性発現が考えられる。

当研究室では医療応用の研究も進めており、この 20 nm の ZnO ナノ微粒子ががん細胞内に導入されることも確認した。一方、Al ドーピング量と粒径の条件によっては、紫外光照射により強い発光が観察でき、蛍光プローブを含めた発展も期待できる。

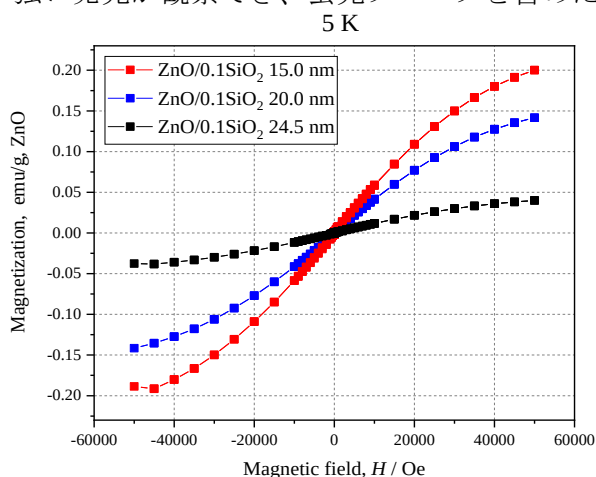


Fig. 1 ZnO ナノ微粒子の粒径別磁化曲線

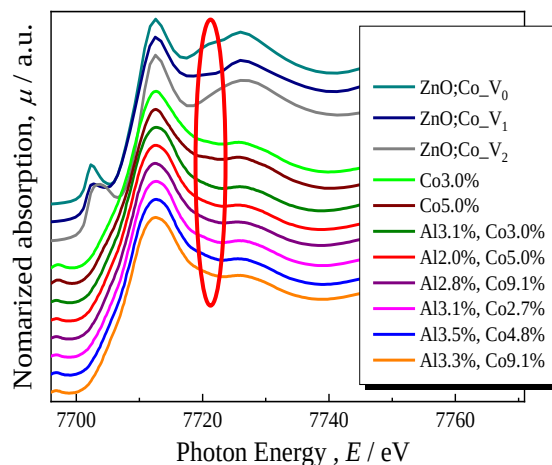


Fig. 2 ZnO: (Al, Co)ナノ微粒子の
Co K 吸収端 XANES スペクトル

[1] K. Hyodo, Y. Ichiyanagi et al., AIP Conf. Proc. 1709 (2016) 020004

[2] PF program review committee (2014G064)