

Al ドープ ZnO ナノ微粒子への磁性元素ドープ効果

Magnetic ions doping effect of Al doped ZnO nanoparticles

横国大院工¹, 横国大理工²

○井手太星¹, 兵藤公美典¹, 藤原康暉¹, 神田康平², 大嶋晃人², 相原大輝², 橋本達哉², 一柳優子^{1,2}

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

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

°Taisei Ide¹, Kiminori Hyodo¹, Koki Fujiwara¹, Kouhei Kanda², Akito Oshima², Daiki Aihara²,

Tatsuya Hashimoto², Yuko Ichiyanagi^{1,2}

E-mail:ide-taisei-wf@ynu.jp

ZnO は半導体の中でもワイドバンドギャップ (3.4 eV)、高いイオン結合性を持ち、安価で低消費電力という面で注目されている。ITO に替わる新たな透明伝導膜材料として研究が盛んに行われている。

当研究室では独自の製法により ZnO をナノ微粒子にすることで、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 (Fig. 1)、希薄磁性半導体への可能性を探ってきた。さらに、Al をドープした ZnO ナノ微粒子は粒子サイズや組成によって紫外光照射による発光や電気伝導率の上昇、磁気特性の向上など高多機能化することが確認できている。本研究ではこの Al ドープ ZnO に磁性元素である Co, Mn をそれぞれドープしたナノ微粒子を作製し、XAFS 測定から局所構造の解析を行い、また磁気特性を観察した。

$\text{Zn}_{1-x-y}\text{Al}_x\text{Mn}_y\text{O}$ ($\text{M} = \text{Mn, Co}$) ナノ微粒子を作製するため、 ZnCl_2 、 $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ を mol 比 $1-x-y : x : y : 0.1$ の割合で調整し、湿式混合方法により生成した。その後、作製した微粒子に対して粉末 X 線回折 (XRD) と蛍光 X 線分析 (XRF) により物質同定を行い、局所構造解析 (XAFS) により電子状態を解明した。さらに、吸光度測定によりバンドギャップエネルギー (E_g) を算出した。また、マテリアルアナライザーにより電気伝導率を測定し、磁気特性を調べるため 5 K において SQUID 磁束計を用いて磁化測定を行った。

XRD 測定の結果より、全ての試料がウルツ鉱型のミラー指数でピークを同定することができた。吸光度測定結果から E_g を算出すると、すべての作製したナノ微粒子の E_g は bulk 試料よりも低くなった。これは酸素欠損が増加したことを示唆している。また、磁化測定の結果、Al, Co 共ドープ ZnO 試料の最大磁化が大きく上昇することが観察され、これも酸素欠損の影響であることを支持している。Co K 吸収端における XANES スペクトルの 7710 eV 付近のピーク (Fig.2) から、ZnO にドープされた Co は 2 価で存在していることが確認できた。さらに Co K 吸収端の XANES 領域のシミュレーションから、強磁性発現の起源が酸素欠損に由来する磁気ポーラロンによるものであると結論付けた。

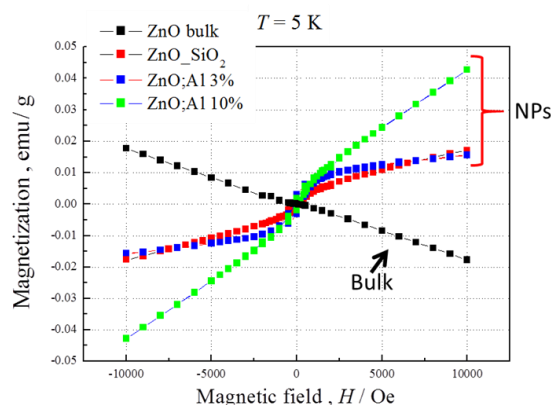


Fig. 1 5T における Al ドープ ZnO の磁化曲線

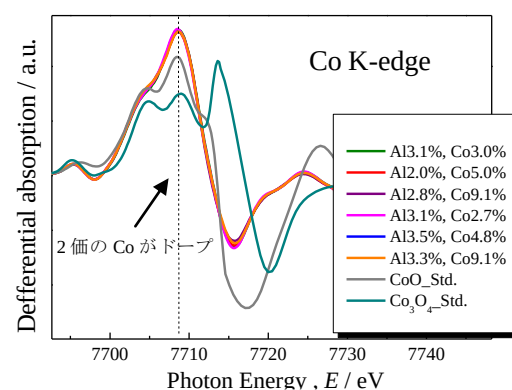


Fig.2 Al, Co 共ドープ ZnO の Co-K 吸収端 XANES スペクトルの一次微分

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

[2] PF program review committee (2014G064)