

# 軟 X 線磁気円二色性による希薄磁性半導体

## ZnO:(Mn,N)の電子状態研究

片岡隆史<sup>A</sup>, 坂本勇太<sup>A</sup>, V. R. Singh<sup>A</sup>, 山崎陽<sup>A</sup>, 小林正起<sup>A</sup>, 藤森淳<sup>A,B</sup>,  
朝倉大輔<sup>E</sup>, 小出常晴<sup>E</sup>, F.-H. Chang<sup>D</sup>, H.-J. Lin<sup>D</sup>, D. J. Huang<sup>D</sup>,  
C. T. Chen<sup>D</sup>, 田中新<sup>F</sup>, M. Kapilashrami<sup>G</sup>, L. Belova<sup>G</sup>, K. V. Rao<sup>G</sup>

<sup>A</sup> 東大理, <sup>B</sup> KEK-PF, <sup>C</sup> NSRRC, <sup>D</sup> 広大先端研, <sup>E</sup> Royal, Inst. of Tech.

<sup>A</sup> Dept. of Phys., Univ. of Tokyo, <sup>D</sup> NSRRC, <sup>E</sup> KEK-PF,

<sup>F</sup> ADSM, Hiroshima Univ., <sup>G</sup> Royal, Inst. of Tech.

Mnをドーブした ZnO (ZnO:Mn)はスピントロニクス材料として注目を集めている希薄磁性半導体である。ZnO:Mn の室温強磁性の起源は  $p-d$  交換相互作用[1],  $d-d$  交換相互作用[2],  $MnO_2(Mn^{4+})$ や  $Mn_2O_3(Mn^{3+})$ などの強磁性析出不純物によるもの[3]など諸説あり、未だにそれらの強磁性起源は解明されていない。そこで、強磁性に関連した電子状態、電子的相互作用の解明が望まれる。我々はホールドーブ ZnO:Mn 薄膜における Mn の磁性・電子状態を軟 X 磁気円二色性(XMCD)を用いて調べた。

Figure 1はこのように測定したZnO:MnのMn  $L$ -edge XAS (a)とXMCD (b)の結果である。XAS, XMCDスペクトルは多重項構造を示すが、これは配位子場中におけるMn  $3d$ 電子が局在していることを示す。Figure 1(c)は得られたXMCDスペクトルとクラスターモデルによる理論計算結果の比較である。これより、ZnO:Mnにおける多くのMnイオンは2価( $d^5$ )で、酸素により四面体( $T_d$ )配位されていることがわかる。

この結果は、MnイオンがZnサイトを置換することを意味する。また、今回得られたXMCDスペクトルに対し、磁気総和則を適用することにより、スピン磁気モーメントと軌道磁気モーメントの比( $M_{orb.}/M_{spin.}$ )が $\sim 0.15-0.20$ であることが明らかになった。この結果はMnの多くが  $d^5$ の電子配置を有することを考慮にいれると非常に大きな値であり[4]、 $p-d$ 混成を通じた Mn  $3d-O$   $2p$ 間の電荷移動が大きいことを示唆している。 [1] Dietle et al., Science **287**, 1019 (2000), [2] K. Sato and H.

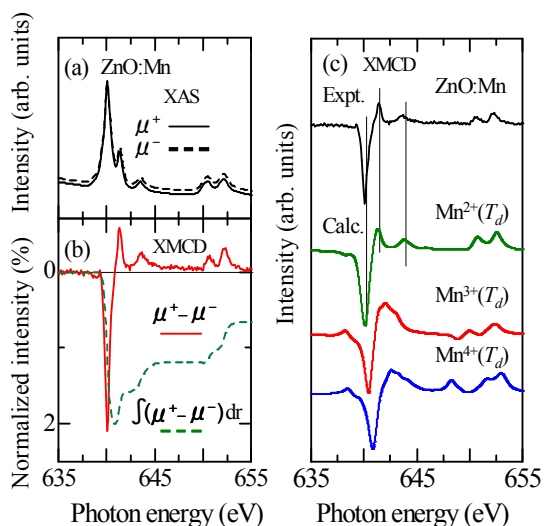


Fig.1: ZnO:Mn の XAS(a)と XMCD(b)スペクトル。(c) ZnO:Mn の XMCD(実験)とクラスターモデルにより得られた XMCD(計算)の比較。

Katayama-Yoshida, Jpn. J. Appl. Phys. **40**, L334 (2001). [3] M. A. García, et al., Phys. Rev. Lett. **94**, 217206 (2005). [4] J.-Y. Kim, et al., Phys. Rev. Lett. **96** 047205 (2006).