

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^A, 坂本勇太^A, V. R. Singh^A, 山崎陽^A, 小林正起^A, 藤森淳^A,
朝倉大輔^B, 小出常晴^B, F.-H. Chang^C, H.-J. Lin^C, D. J. Huang^C,
C. T. Chen^C, 田中新^D, M. Kapilashrami^E, L. Belova^E, and K. V. Rao^E
^A 東大理, ^B KEK-PF, ^C NSRRC, ^D 広大先端研, ^E Royal, Inst. of Tech.

Mn をドーピングした 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。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、未だに強磁性の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。我々はホールドーピングに対応する N ドープした ZnO:Mn (ZnO:Mn,N) 薄膜における Mn の磁性・電子状態を軟 X 線磁気円二色性(XMCD)を用いて調べた。

図 1 は ZnO:Mn,N 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。図 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 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

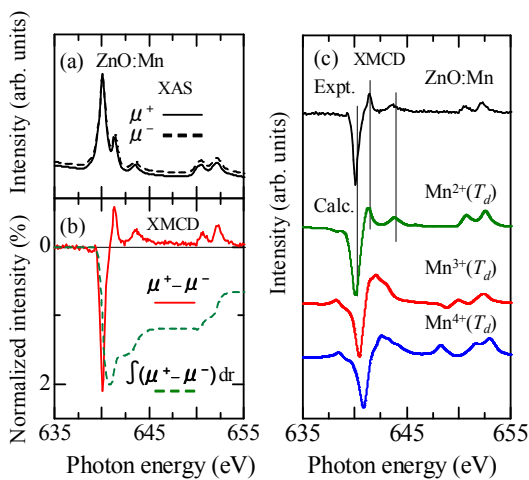


図 1: ZnO:Mn,N の XAS(a) と XMCD(b) スペクトル. (c) ZnO:Mn の XMCD(実験) とクラスターモデルにより得られた XMCD(計算)の比較.

~0.15-0.20 であることがわかった。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 Science **287**, 1019 (2000), [2] K. Sato and H. 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).