

高分解能蛍光X線分光による磁性材料のスピン状態分析

東京大学工学部応用化学科

山口晃央、小野寛太、早川慎二郎、藤岡洋、尾嶋正治

Spin State Analysis of Magnetic Materials with High Resolution X-ray Fluorescence
Department of Applied Chemistry, School of Engineering, The University of Tokyo

Akihisa Yamaguchi, Kanta Ono, Shinjiro Hayakawa, Hiroshi Fujioka and Masaharu Oshima

近年、molecular beam epitaxy (MBE) 法により半導体基板上に磁性材料をエピタキシャル成長させることが可能となり、半導体と磁性材料を組み合わせた新たなデバイスの実現が期待されている¹⁾。磁気モーメントは磁性材料の磁氣的性質を決定する重要な因子の一つであり、成長条件を変化させながらin-situでの測定が可能であれば、最適化条件を見つけることができるという利点が生じる。この磁気モーメントの測定法には様々あるが、in-situでの測定には適さないという問題があった。そこで本研究では2結晶型高分解能蛍光X線分析装置を用い、高分解能蛍光X線分光による磁気モーメントのin-situ測定の基礎的検討を行った。

測定した試料には参照試料としてMn, KMnO₄, MnO₂, Mn₂O₃, MnO, 磁性材料としてMBEで結晶成長したMnAs, MnGa薄膜を用いた。

MnK α ではVan-Vleckの理論式より、3d 不対電子数 (N) と半値幅 (FWHM) の間には比例関係を示すことが知られており²⁾、また有効磁気モーメント (P_{eff}) は $P_{eff} = [N(N+2)]^{1/2}$ で表されるため、FWHMより磁気モーメントを測定できると期待される。図1に測定したMnK α スペクトルを示す。FWHMはK α 1の値であり、確かに化合物によりFWHMが変化していることが分かる。図2に参照試料のNとFWHMの測定結果を示す。この結果よりVan-Vleck理論式より予想される比例関係が得られた。この関係からMnAsのFWHM (3.33eV) を用いてN値を外挿するとN=2.8となった。一方MnAsでは $P_{eff}=3.3$ であるから³⁾、上の P_{eff} の式からN値を算出するとN=2.54となり、FWHMから得た値とほぼ一致した。したがってK α 1のFWHMから磁気モーメントの値を測定できる可能性があることが分かった。MnGaについては組成比より P_{eff} が変化することが知られているが⁴⁾、FWHMより、N=1.8であると予想される。

またMnK β では、メインピークK β 1,3とサテライトK β' の強度比にN値を反映する関係があることが知られており、理論式は $K \beta' / K \beta 1,3 = N / (N+2)$ である⁵⁾。したがってN値が大きいほど強度比は強い。図3にK β スペクトルを示す。このように化合物によってK β' 強度比が確かに変化していることが分かり、また、K α 1FWHMとK β' 強度比は同じ大小関係を示していることから、K β' 強度比からも磁気モーメントの大小関係を評価できると思われる。

以上より、K α 1のFWHMから磁気モーメントの値を測定でき、またK β' 強度比から磁気モーメントの大小を比較できる可能性があることが分かった。今後は多くの試料についての測定と、詳細な理論的検討が課題となる。

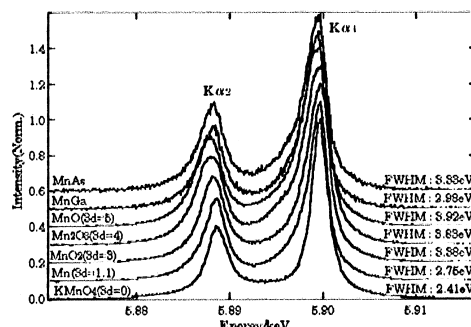


図1 MnK α スペクトル (一致)

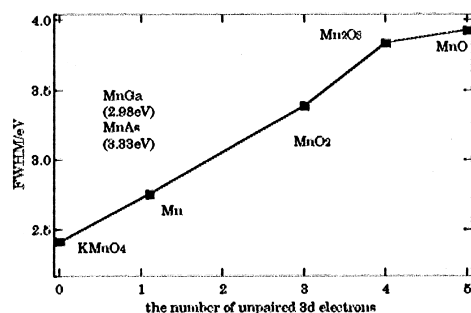


図2 参照試料の3d 不対電子(N)と半値幅(FWHM)の関係

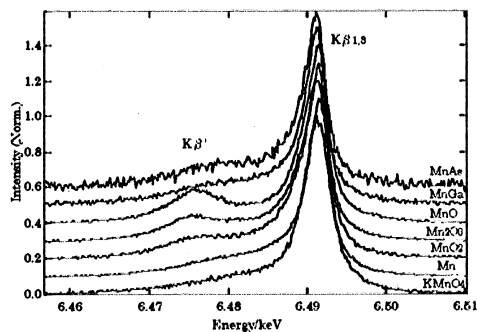


図3 MnK β スペクトル

- 1) G.A. Prinz, Science 250 (1990) 1092.
- 2) "X-ray Spectra and Chemical Binding," ed. by A. Meisel, Springer, (1989)
- 3) N. Mori and T. Mitsui, J. Phys. Soc. Jpn. 25 (1968) 82.
- 4) "Magnetic Properties of Metals: D-Elements, Alloys and Compounds (Data in Science and Technology)," ed. H. P. J. Wijn (Springer Verlag, 1991)
- 5) K. Tsutsumi, H. Nakamori and K. Ichikawa, Phys. Rev. B13 (1976) 989.