

走査型透過 X 線顕微鏡による永久磁石材料の XMCD 顕微分光

上野哲朗^{1,2,3}, 橋本愛², 武市泰男², 小野寛太^{2,3}
 (¹ 物材機構, ² KEK, ³ ESICMM)

XMCD micro-spectroscopy of a permanent magnet using a scanning transmission X-ray microscope
 Tetsuro Ueno^{1,2,3}, Ai Hashimoto², Yasuo Takeichi², and Kanta Ono^{2,3}
 (¹ NIMS, ² KEK, ³ ESICMM)

はじめに

永久磁石材料の開発、高機能化において磁気モーメントや希土類イオンの価数などの電子状態の情報は重要であると考えられる。しかしながら、永久磁石材料は $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ 磁石のように実用材料としては多結晶体であること、また $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}\text{N}_3$ のように粉末試料しか得られないということがある。そのため単結晶試料を用いた精密な電子状態評価実験が困難である。本研究では、微細加工法による単結晶試料の抽出と、集光した放射光 X 線を用いて局所的な X 線スペクトルが測定可能な装置である走査型透過 X 線顕微鏡 (STXM) を組み合わせて、実用永久磁石材料の電子状態評価を行った。

実験方法

試料には市販の 1-5 系サマリウムコバルト磁石を用いた。化学組成は $\text{Sm}_{0.5}\text{Pr}_{0.4}\text{Gd}_{0.1}\text{Co}_5$ であった。1000°C で熱消磁した後、収束イオンビーム加工装置による微細加工によって単結晶試料を切り出した。XMCD 顕微分光実験は高エネルギー加速器研究機構・放射光科学研究施設 (PF) BL-13A に設置された走査型透過 X 線顕微鏡 (STXM) [1] を用いて行った。Sm、Pr、Gd の各 $M_{4,5}$ 吸収端、Co $L_{2,3}$ 吸収端において X 線エネルギーをスキャンしながら STXM 像を取得し、X 線吸収スペクトルおよび XMCD スペクトルを得た。

実験結果

Fig. 1 に円偏光 X 線を用いて Co L_3 吸収端で測定した STXM 像を示す。迷路状磁区がコントラストとして現れることがわかる。

Fig. 2 に STXM 像の X 線エネルギースキャンにより取得した Sm $M_{4,5}$ XAS 及び XMCD スペクトルを示す。各 XAS スペクトル (μ_+ と μ_-) は STXM 像で逆向きに磁化しているピクセルでの強度をエネルギー毎に積算することで得た。これらの差分から XMCD スペクトル ($\mu_+ - \mu_-$) を得た。XMCD スペクトルに磁気光学総和則を適用して軌道磁気モーメント L とスピン磁気モーメント S の比を求めたところ $L/S \sim 2$ となり、フント則から導かれる 3 価 Sm イオン Sm^{3+} の軌道・スピン比 $L/S = 2$ とほぼ一致することがわかった。

参考文献

[1] Y. Takeichi *et al.*: *Rev. Sci. Instrum.*, **87**, 013704 (2016).

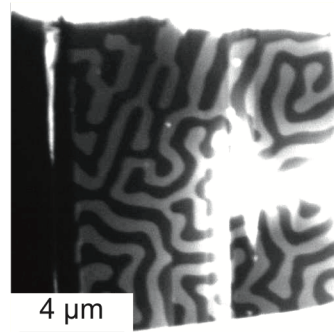


Fig. 1. STXM image at the Co L_3 edge.

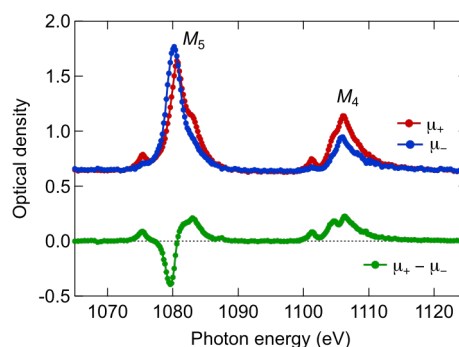


Fig. 2. Sm $M_{4,5}$ XAS (μ_+ and μ_-) and XMCD ($\mu_+ - \mu_-$) spectra.