

MgAl₂O₄(001)基板上にエピタキシャル成長した NiFe₂O₄ 薄膜のカチオン分布

松本光玄, 久松裕季, 井上順一郎, Sonia Sharmin, 喜多英治, 柳原英人
(筑波大物工)

Cation distribution in NiFe₂O₄ epitaxial thin films grown on MgAl₂O₄(001)
M. Matsumoto, Y. Hisamatsu, J. Inoue, S. Sharmin, E. Kita, and H. Yanagihara
(Institute of Applied Physics, University of Tsukuba)

はじめに

正方歪を導入した CoFe₂O₄ 薄膜に現れる一軸磁気異方性は, Co²⁺イオンの t_{2g} 軌道を考慮した 1 イオンモデルにより理解することが出来る. 基板との格子不整合に伴い正方歪が導入された後も t_{2g} 軌道の縮退が残るために軌道角運動量が活性となって, その結果スピン軌道相互作用を通じて磁気異方性が現れる. [1] カチオンの電子状態がもたらす磁気異方性への影響を明らかにするために, 電子数が一つ多い Ni²⁺を有する NiFe₂O₄(NFO) について調べたところ, 大きな負の一軸磁気異方性やバルクよりも大きな飽和磁化を示すという特異な現象が生じることを報告した. [2] そこで今回, これらの現象を理解するために, MgAl₂O₄(MAO)(001) 基板上にエピタキシャル成長した NFO 薄膜のカチオンの電子状態および, 逆サイト欠陥 (ASD) の有無について調べた.

実験方法

基板には, 1200°Cで 6 時間の熱処理を行なうことで, 表面にステップ-テラス構造を持たせた単結晶 MAO(001)を用いた. 試料作製プロセスとしては, ターゲットに NiFe 合金(1:2 atm 比)を, 反応性ガスとして O₂を用いた反応性スパッタリングを用いて成膜を行った. 膜厚の異なる試料を作製し, X 線回折法を用いた結晶構造評価, 磁化測定, 磁気トルク測定による磁気特性評価を行った. さらに KEK 放射光科学研究施設 PF の BL-4C において X 線異常分散法を用いた X 線回折評価を行うことで, カチオン分布の評価を行なった.

実験結果

Fig. 1 に $t = 4$ nm における試料の X 線異常分散法における結果を示す. NFO (202) 面並びに NFO (2-22) 面における回折強度は, Fe の K 吸収端近傍で強度信号の低下が見られた. (202) 面は, A サイト原子と酸素, 一方 (2-22) 面は B サイト原子と酸素がそれぞれ結晶構造因子に寄与することから, 結果として A サイト, B サイトに共に Fe イオンが含まれていることが分かる. 続いて, NFO(2-22) 面における回折強度は, Ni の K 吸収端近傍において, 大きく変化していることから, B サイトには Ni イオンが含まれていることが分かる. 一方で, NFO(202) 面の回折強度でも, 僅かな変化が見られた. そこで Ni による吸収の影響を評価するために, 下地基板である MAO(202) 付近において回折線のエネルギー依存性を測定したところ, NFO(202) 面のスペクトルと同様に Ni の K 吸収端付近で, 僅かに強度信号の低減が確認された. このことから, この強度の減衰は, 回折時の異常分散に伴うものではなく, 吸収によるものであると理解できる. したがって A サイトには殆ど Ni イオンが含まれておらず, ASD は生じていないと考えられる.

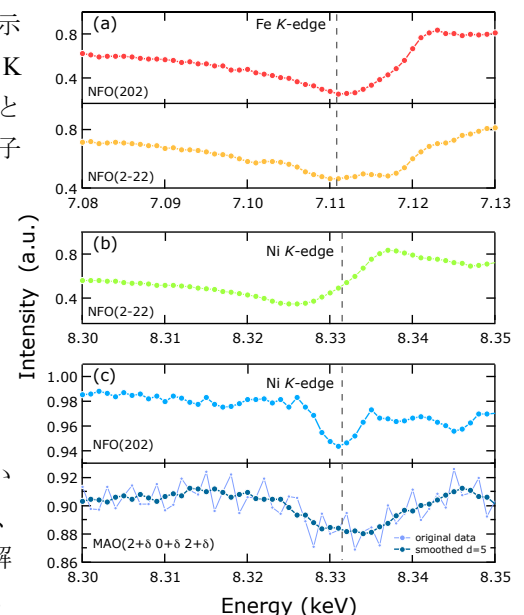


Fig. 1 $t = 4$ nm における X 線異常分散スペクトル

参考文献

[1] J. Inoue et al., Mater. Res. Express 1, 046106 (2014) [2] M. Matsumoto et al, 第 39 回日本磁気学会講演