

ペロブスカイト酸化物 $\text{LaNiO}_3/\text{LaMnO}_3$ ヘテロ界面における界面強磁性
 Interfacial ferromagnetism at the heterointerface between perovskite oxides
 LaNiO_3 and LaMnO_3

北村未歩^{1,2,*}, 堀場弘司², 小林正起², 坂井延寿², 簗原誠人², 湯川龍², 三橋太一², 雨宮健太²,
 藤森淳³, 藤岡洋¹, 組頭広志²

¹ 東京大学生産技術研究所, 〒153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1

² 高エネルギー加速器研究機構放射光科学研究施設, 〒305-0801 つくば市大穂 1-1

³ 東京大学大学院理学系研究科, 〒113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1

Miho Kitamura^{1,2,*}, Koji Horiba², Masaki Kobayashi², Enju Sakai², Makoto Minohara²,
 Ryu Yukawa², Taichi Mitsuhashi², Kenta Amemiya², Atsushi Fujimori³,
 Hiroshi Fujioka¹, and Hiroshi Kumigashira²

¹ Institute of Industrial Science, the University of Tokyo, 4-6-1 Komaba, Meguro-ku, Tokyo
 153-8505, Japan

² Photon Factory, KEK, 1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki 305-0801, Japan

³ Department of Physics, the University of Tokyo, 7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo 113-0033, Japan

1 はじめに

酸化物ヘテロ界面では、構成物質単体では発現し得ないような特異な磁気特性を発現する。近年、 LaNiO_3 (LNO) - LaMnO_3 (LMO) 超格子構造において、バルクでは常磁性金属の LNO に界面誘起の反強磁性秩序が生じ、交換バイアスが発現するという報告がなされた[1]。これまで我々は、このような特異な界面磁気状態には、ヘテロ界面における遷移金属イオン間の電荷移動が重要な役割を果たしていると考え、X 線吸収分光 (XAS) を用いて、LNO/LMO ヘテロ界面の電荷移動現象、特に価数変化とその空間分布の評価を行ってきた。その結果、界面において、Mn イオンから Ni イオンへ電子が移動し、移動した電荷の空間分布が両者で異なることを明らかにした[2]。本研究では、LNO と LMO とのヘテロ界面における電荷移動現象と界面強磁性の関係を明らかにするため、X 線磁気円二色性 (XMCD) による界面磁化評価を行ったので報告する。

2 実験

LNO と LMO とのヘテロ構造は、KEK-PF Beamline MUSASHI (BL-2A) に設置された「その場 (*in-situ*) 光電子分光—レーザー分子線エピタキシー複合装置」を用いて、Nb:SrTiO₃ (Nb = 0.05 wt. %) (001) 基板上に LMO 5 ML/LNO *n* ML/LMO 20 ML サンドイッチ構造 (*n* = 2 ~ 5) をエピタキシャル成長させることで作製した。作製したヘテロ界面について、Ni イオンと Mn イオンの元素選択的な磁化状態を評価するため、BL-16A に設置された「常伝導電磁石 XMCD 測定装置」を用いて測定温度 15 K、印加磁場 1 T の条件下で XMCD 測定を行った。

3 結果および考察

図 1 に LMO 5 ML/LNO *n* ML/LMO 20 ML サンドイッチ構造 (*n* = 2 ~ 5) と、参照としての常磁性 LNO 薄膜の Ni $L_{2,3}$ XMCD スペクトルを示す。Ni $L_{2,3}$ 吸収端のスペクトルは、測定で得られたスペクトルから、LMO 薄膜のスペクトルを用いて La M_4 吸収端の寄与を差し引くことで算出した。La M_4 吸収端と Ni L_3 吸収端とがエネルギー的に非常に近接しているため、Ni L_3 吸収端では La M_4 吸収端の影響を取り除くことが困難であり、低エネルギー側にノイズが多く残る。そのため Ni イオン当たりの磁気モーメントを評価するために、Ni L_2 XAS 積分強度を用いてスペクトルの規格化を行った。常磁性である LNO 薄膜では XMCD 信号が観測されないのに対し、LNO/LMO サンドイッチ構造においては明確な Ni $L_{2,3}$ XMCD 信号が観測される。このことから、LNO と LMO を接合することで Ni イオンに磁化が誘起されていることが明らかになった。また、サンドイッチ構造の Mn $L_{2,3}$ XMCD スペクトルと比較したところ、両イオンに誘起された磁化は、強磁性的に結合していることが分かった。さらに、その膜厚依存性に注目すると、LNO の膜厚増加に伴って、Ni $L_{2,3}$ XMCD スペクトルはその形状を維持したまま強度が減少している。このことから、Ni イオンに誘起された強磁性成分は LNO/LMO 界面領域に偏在しており、XMCD スペクトルの形状から Ni²⁺ イオン由来であると考えられる。一方で XAS の結果から、LNO/LMO ヘテロ構造においては、Mn イオンから Ni イオンへの電子の移動により、界面 1 ML の LNO における価数がバルクの 3 価から 2 価に変化していることが明らかとなっている[2]。これらの XAS による電荷移動の結果と今回の XMCD による界面磁化の結果が

ら、LNO/LMO ヘテロ構造においては、界面電荷移動が界面強磁性を誘起する鍵であると結論付けた。

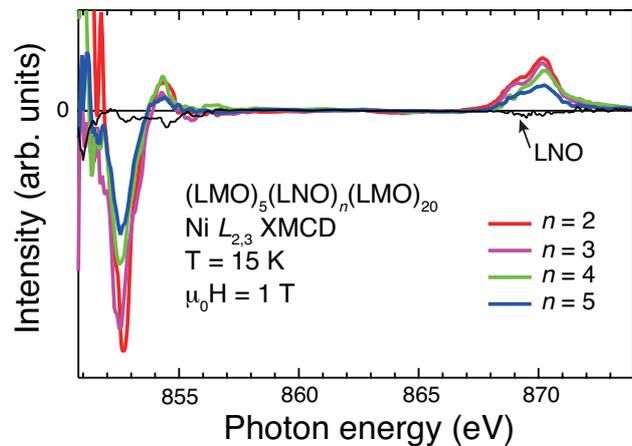


図 1 : $(\text{LMO})_5(\text{LNO})_n(\text{LMO})_{20}$ ヘテロ構造と LNO 薄膜の Ni $L_{2,3}$ XMCD スペクトル。 $n = 2 \sim 5$ 。

参考文献

- [1] M. Gibert *et al.*, Nat. Mater. **11**, 195 (2012).
- [2] M. Kitamura *et al.*, Appl. Phys. Lett. **108**, 111603 (2016).

*mkita@post.kek.jp