

強磁性及び反強磁性薄膜と NiO 界面における

X線光電子顕微鏡による磁区ドメイン観察

Study of the antiferromagnetic domain structure of NiO at the interface between ferro- and antiferro-magnetic metals by means of x-ray photoemission electron microscope

奥田太一¹、郭 方准²、孫 海林¹、前田勇樹¹、蔵 圭司¹、新井邦明¹、
宮田洋明³、為則祐介²、室隆桂之²、松下智裕²、木下豊彦^{1,2}
Taichi Ouda¹, F.-Z. Guo², H.-L. Sun¹, Y. Maeda¹, K. Kura¹, K. Arai¹,
H. Miyata³, Y. Tamenori², T. Muro², T. Matsushita² and T. Kinoshita^{1,2}

¹ 東京大学物性研究所、² Spring-8/JASRI、³ 東レリサーチセンター、

¹The Institute for Solid State Physics, The Univ. of Tokyo, ²Spring-8/JASRI, ³Toray research center,

高分解能の光電子顕微鏡装置を用いて反強磁性 NiO(001)の磁区ドメイン構造と、Fe を蒸着した際のその変化を観測した。ドメイン構造の観測には通常の NiL₂吸収端に加え、O の K 吸収端を用いた。O K 吸収端による像はいわゆる T-ドメイン構造のみを反映しているため、NiL₂吸収端によるドメイン構造と比較することにより、T-ドメイン構造内の S-ドメイン構造も観測出来る。Fe の蒸着により、T-ドメイン構造にはほとんど変化がみられなかったが、S-ドメイン構造にコントラストの変化がみられた。またアニールにより T-ドメイン構造が大きく変化することが始めて観察された。

We have performed the high-resolution photoemission electron microscope observation of antiferromagnetic NiO(001) surface and interface between Fe thin film and the substrate. In addition to the Ni L₂ edge, O K edge is also applied for the domain observation. Since the domain structure observed by O K edge reflects only the T-domain structure, we can grasp the S-domain structure inside the T-domain by comparing with the domain structure by O K edge and that by Ni L₂ edge. As the results, the T-domain structure is hardly changed by the Fe evaporation. The structure of the S-domain also does not change by the evaporation but the slight contrast change was observed. In addition, the clear change of the T-domain structure by annealing was observed for the first time.

強磁性体（または反強磁性体）と反強磁性体との磁気的カップリングについての知見を得る方法として、磁気二色性を利用した X 線

光電子顕微鏡が注目を集めている。我々は、高分解能の光電子顕微鏡を用いることにより、強磁性体（または反強磁性体）と典型的な反

強磁性体である NiO(001)との界面における磁区ドメイン構造を詳細に観察した。

NiO はネール温度(523K)以下で反強磁性起因の磁歪により NaCl 構造からロンボヘドラル構造へ構造変化する。そのため酸素軌道に軌道異方性が生じ、非磁氣的な二色性が O K 吸収端に現れることを我々はこれまでに見いだした[1]。この O K 吸収端を用いた観察では、NiO のいわゆる *T(win)*-ドメイン構造のみを観測することが可能で、通常用いられる Ni L_2 吸収端によるドメイン構造と比較することにより、*T(win)*-ドメインと *S(pin)*-ドメインを容易に区別することが可能となる。今回の実験の目的は、強磁性 Fe を徐々に NiO 基板に蒸着することにより、その界面のドメイン構造がどのように変化するかを観察することである。

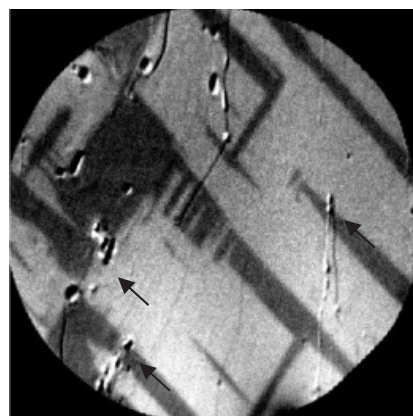
実験は BL27SU に設置されている高分解能光電子顕微鏡 SPELEEM(Spectroscopic Photo Emission and Low Energy Electron Microscopy, ELMITEC GmbH)を用いて行った。ドメインの観察には Ni L_2 および O K 吸収端付近の光を用いた。

Fe の蒸着を行う前に、まず最初にドメイン構造の温度依存性を確かめた。これまでの報告ではドメイン構造は、基板結晶が形成されときの欠陥やストレスにより決定されており、基板をネール温度以上に加熱しても再度室温に戻すと元のドメイン構造に変化はないといわれていた[2]。しかし、今回の観察ではそれとは対称的に、ドメイン構造の変化が明確に観測された。

図 1 に OK 吸収端で観測した、アニール前後のドメイン構造の変化を示す。劈開後室温で観測した(a)に対し、543K で 15 分間アニールした(b)では、ドメイン構造が変化しているこ

とがはっきりとわかる。これは、劈開時に形成された格子ひずみがアニールにより緩和しそのドメイン構造を変化させるものであると考えられる。以前の実験でこの変化がみられなかった理由は不明だが、BL27SU の光エネルギー分解能の高さと SPELEEM の空間分解能の高さ、また O K 吸収端による *T*-ドメインのみを反映した明確な像などによりこれまでは不明確であった変化がはっきりととらえられたのではないかと考えられる。今回の実験ではこのアニール前後の変化は Ni L_2 吸収端によるイメージでもはっきりと観察されたが、Ni L_2 吸収端で観察される *T*-ドメイン構造内部の

(a)



(b)

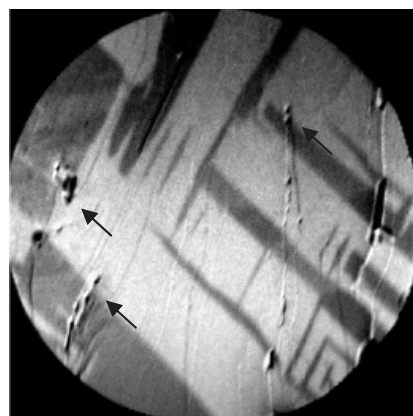


図 1 O K edge による NiO(001)の反強磁性ドメイン構造。(a)アニール前、(b)543K で 15 分間アニール後室温で観察したもの。図中矢印は同一の表面欠陥(傷)を示す。

S-ドメイン構造にどのような変化が生じたかについては現在詳細にデータを検討中である。

続いて、Fe 蒸着によるドメイン構造の変化を観測した。その結果 T-ドメインの形状自身にはほとんど変化はみられなかった。しかし、S-ドメインでは、ドメイン形状自身には変化がないものの、そのコントラストの変化が観測された。すなわち、Fe の蒸着量が増すと p-偏光では膜厚が大きくなるにつれコントラストが弱くな流のに対し、s-偏光では逆にコントラストが強くなることが観測された。この結果は、Fe の膜厚の増加に従い NiO の反強磁性磁気モーメントの(100)面内成分が増加していることを意味しており、強磁性体の Fe のスピンモーメントとのカップリングにより NiO のスピンモーメントの方向が(100)平面方向に変化したことを示唆している。

References

- [1] T. Kinoshita *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn., **73**, 2932 (2004).
- [2] F.U. Hillebrecht, *et al.*, Phys. Rev. Lett. **86**, 3419 (2001).