

2009A 萌芽的研究課題 研究成果報告書

新井 邦明 東京大学大学院 理学系研究科 物理学専攻 博士課程 3 年

課題番号：2009A1667 利用ビームライン：BL17SU

課題名「XMLD-PEEM を用いた NiO における反強磁性磁壁構造の直接観察」

[研究背景と目的]

反強磁性層と強磁性層界面で生じる交換バイアスが広く磁気記録デバイスに用いられている。この交換バイアスは、反強磁性磁区と磁壁に依存することが知られている。そのため、反強磁性磁区構造について研究がなされてきたが、反強磁性体はマクロな磁化をもたないため、微小領域における磁区構造観察は困難であり、磁区と磁壁構造について詳細な理解が得られていないのが現状である。我々は、高い空間分解能で反強磁性磁区構造を観察できる X 線磁気線二色性(XMLD)と光電子顕微鏡(PEEM)を組み合わせた手法を用いて、典型的な反強磁性体 NiO の微小領域における磁区構造および磁壁内のスピン構造を直接観察した。

[実験方法]

実験は SPring-8 BL17SU に設置されている PEEM を用いて行った[1]。試料は NiO(100) へき開表面である。NiO はスピンによって形成されるドメイン(S ドメイン)と結晶歪によって形成されるドメイン(T ドメイン)の 2 種類が存在する。S ドメインは、Ni L_2 吸収端の XMLD により観察し、T ドメインは O $2p$ 軌道の異方性による X 線線二色性(XLD)より観察した[2]。S ドメイン、磁壁内のスピン方向、および T ドメインを決定するために、s と p 偏光による XMLD と XLD の方位角依存性を取得した。観測された XMLD の方位角依存性と、結晶対称性および Ni サイトの full multiplet splitting を考慮したクラスターモデル計算との比較からスピン方向を決定した[3]。

[実験結果と考察]

その結果、 $\langle 001 \rangle$ 及び $\langle 011 \rangle$ 方向に走る T-wall、 60° および 180° のスピン軸のなす角度をもつドメイン間の S-wall を直接観察でき (図 1 参照)、存在しうる全ての種類の磁壁内のスピン構造の直接観察に初めて成功した。観察された磁壁内の XMLD 強度とクラスターモデル計算の比較から全ての種類の磁壁内のスピン構造を決定した。全ての種類の磁壁幅を見積もった結果、差異が見られた。この差異は、磁壁内のスピン間の交換エネルギー、異方性エネルギーの差異 (磁壁エネルギーの差異) によるものであると考えられる。全ての磁壁幅を複数の領域で見積もった結果、ほとんどが数 100 nm のオーダーであった。 60° & 180° S-wall では磁壁内のスピンはスピン容易軸が存在する $\{111\}$ 面内にあることが分かった。こ

これは、面外の異方性エネルギーが面内のそれよりも大きいことによるものであると考えられる。S-wall 内のスピンの存在が{111}面内に存在していることから、S-wall の形成面は{111}面に対して垂直であることが分かった。これは、過去に報告されているものと異なる結果である[4]。

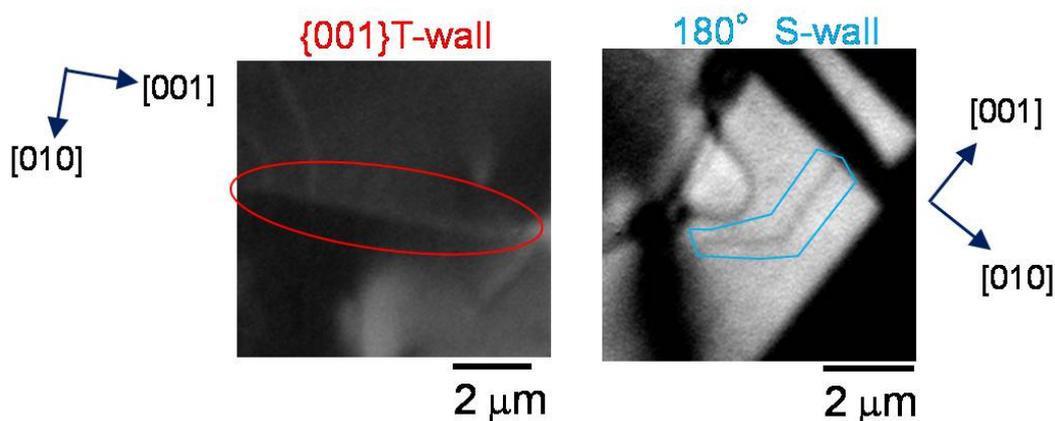


図 1 XMLD-PEEM により観察された{001}T-wall および 180° S-wall。赤と青線で囲まれた領域に磁壁が見られる。

[まとめと今後の展望]

XMLD, XLD, PEEM を組み合わせた手法を用いて、NiO の磁区構造および磁壁内のスピン構造の直接観察に成功し、磁壁内のスピン方向を決定した。s と p 偏光による Ni L_2 吸収端の XMLD の方位角依存性と結晶対称性を考慮したクラスターモデル計算との比較により、磁区および磁壁内のスピン方向を正確に決定した。我々は、存在しうる全ての磁壁 ({001}T-wall, {011}T-wall, 180° S-wall, 60° S-wall)内のスピン構造の直接観察に初めて成功した。観察された上記 4 種類の磁壁幅のほとんどが数 100 nm オーダーであり、それぞれの磁壁エネルギーを反映して磁壁幅に差異が見られた。今後、磁壁幅、スピン構造、磁壁エネルギーの関係を明らかにする。

[参考文献]

- [1] F. Z. Guo *et al.*, Rev. Sci. Instrum. **78** (2007) 066107.
- [2] T. Kinoshita *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. **73** (2004) 2932.
- [3] K. Arai *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. **79** (2010) 013703.
- [4] N. B. Weber *et al.*, Phys. Rev. Lett. **91**(2003)237205.