

スピン偏極SEMによるナノ積層構造の実空間分析

(独)産業技術総合研究所

エレクトロニクス研究部門
ナノスピントロニクス研究センター

甲野藤 真

内容

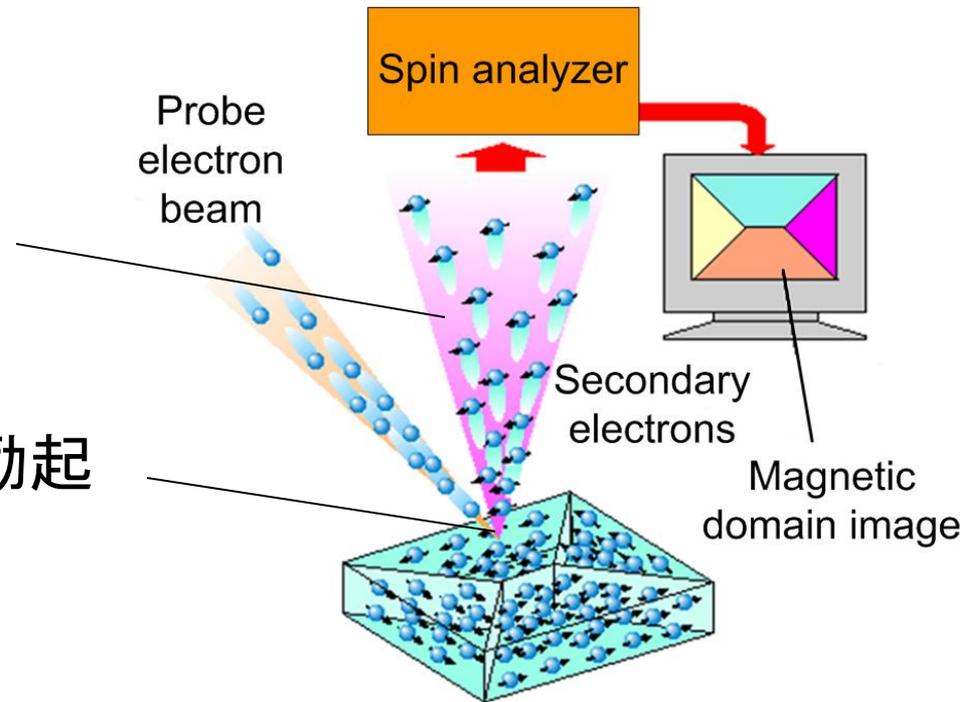
1. はじめに
高分解能スピン偏極走査電子顕微鏡(スピン偏極SEM)の
原理と特長
2. スピン偏極SEMによるナノ積層構造の解析
 - ① 層状Mn酸化物の表面磁性
 - ② 90° 層間磁気結合した多層膜のドメイン構造
3. まとめ

高分解能スピンの偏極SEM

スピン検出器を備えた高分解能SEM

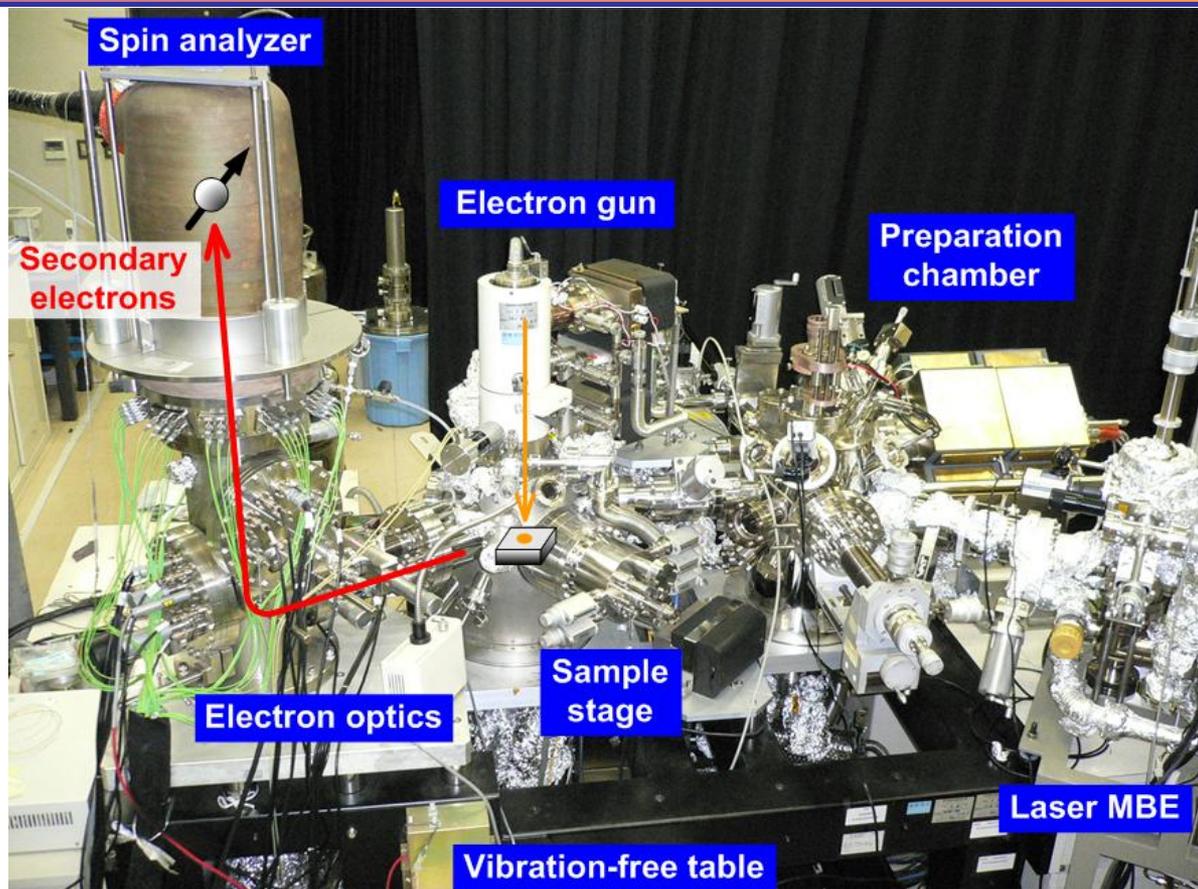
2次電子は放出点の
スピン方向を保持

ナノ領域から2次電子を励起

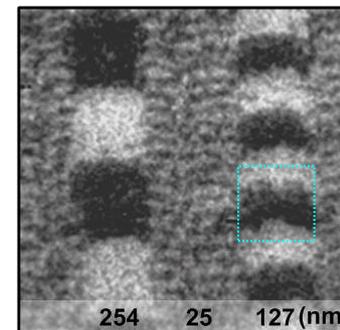


SEMLレベルの分解能でスピンの空間分布をイメージング

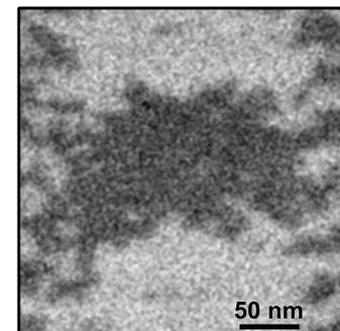
装置の構成と特長



磁気記録ビット



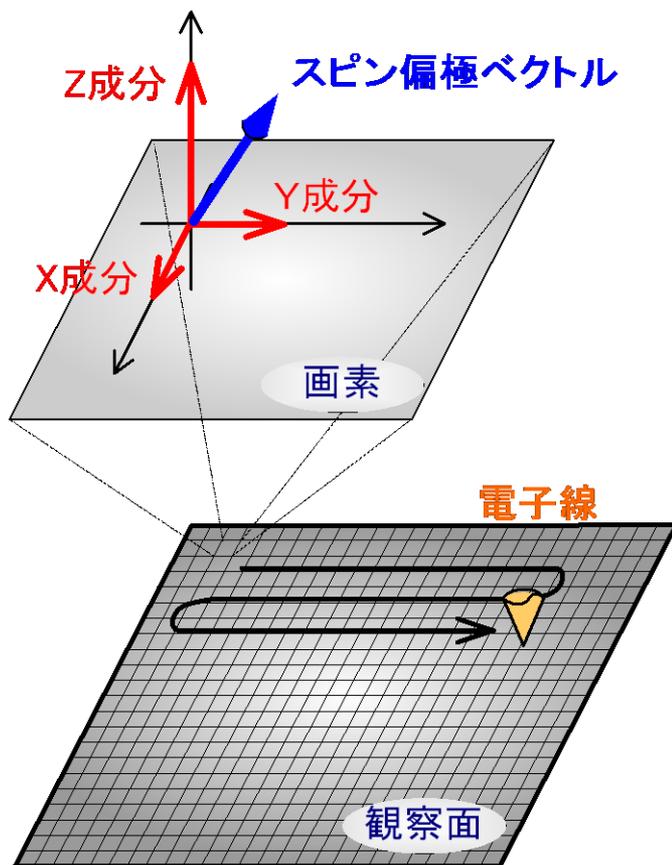
境界の高分解能像



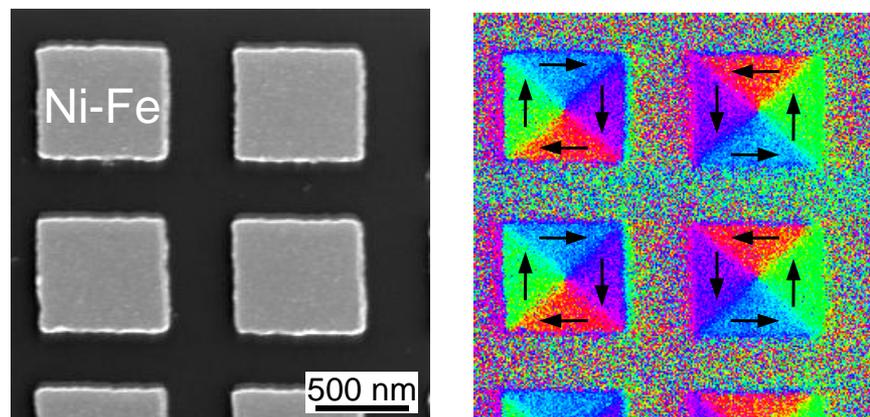
- ・ ナノメートル級の空間分解能 (面内方向: 5 nm, 深さ方向: 1 nm)
- ・ 磁化方向を3次元解析可能
- ・ 高温低温でのイメージングが可能 (30 – 800 K)

M. Konoto *et al.*, Phys. Rev. Lett. **93**, 107201 (2004).

スピン方向の3次元解析



ベクトル成分の合成により
磁化の方向・大きさの分布
を画素単位で再現

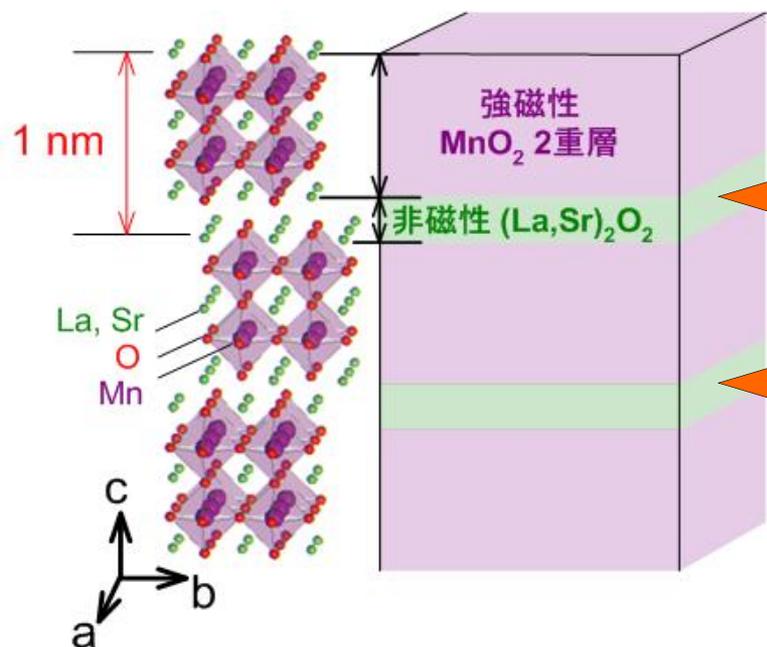


磁気渦のスピン偏極SEM像

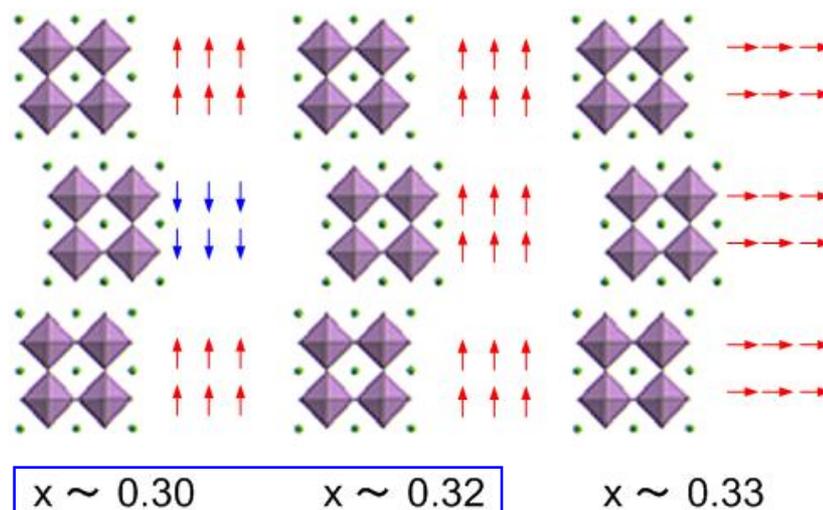
① 層状Mn酸化物の表面磁性の解析

層状ペロフスカイト $\text{La}_{2-2x}\text{Sr}_{1+2x}\text{Mn}_2\text{O}_7$ ($x \sim 0.3$)

結晶構造

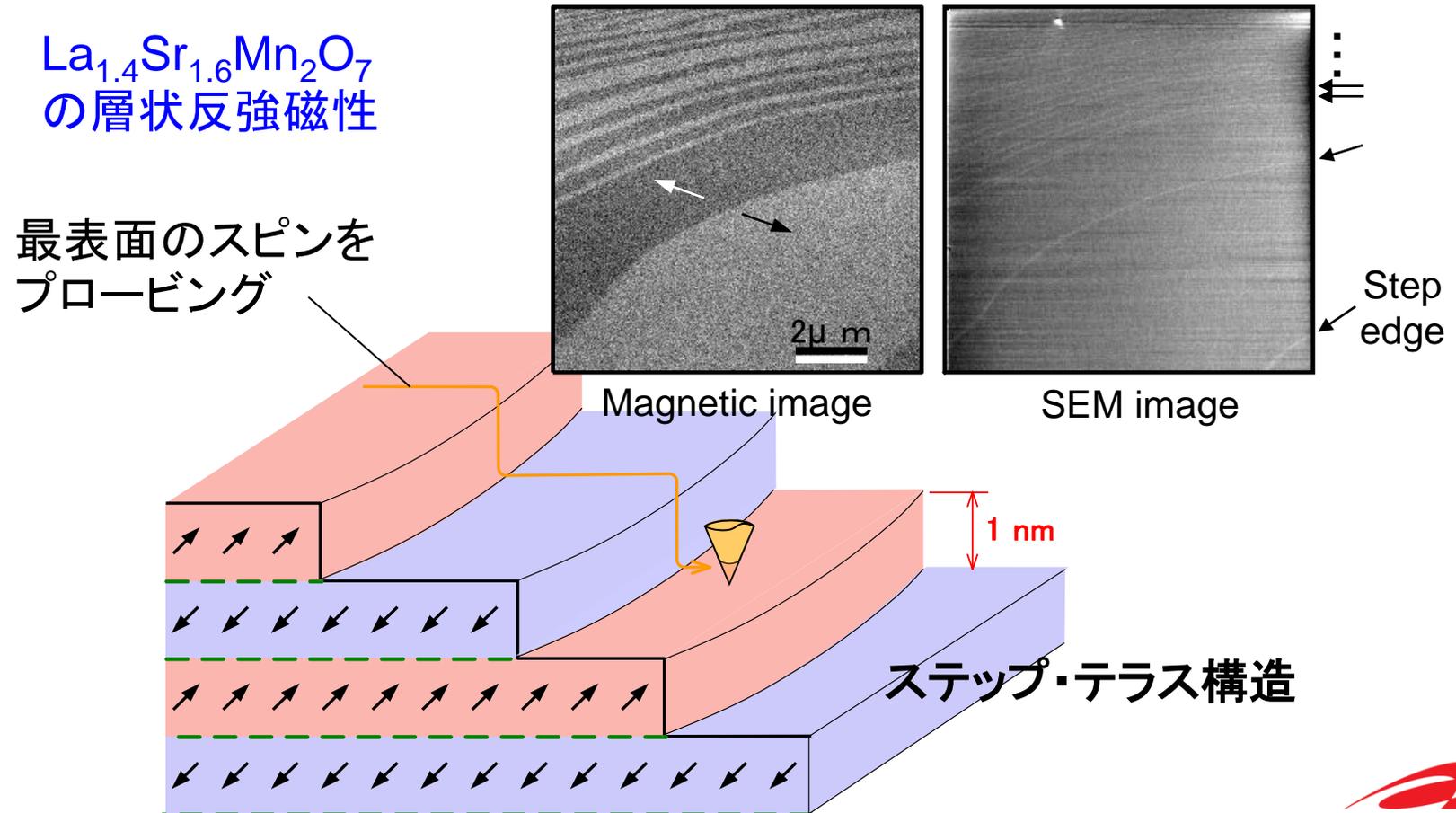


磁気構造



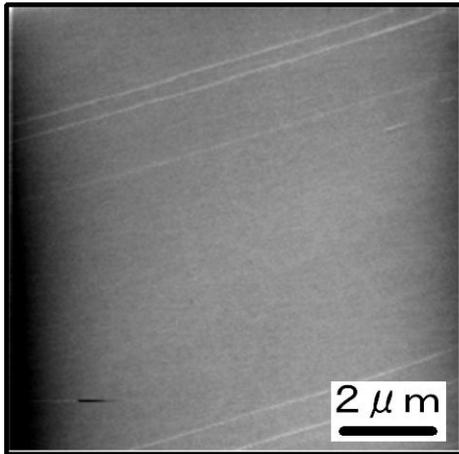
層状反強磁性の直接観察

深さ方向 ~ 1 nmの情報を選択計測

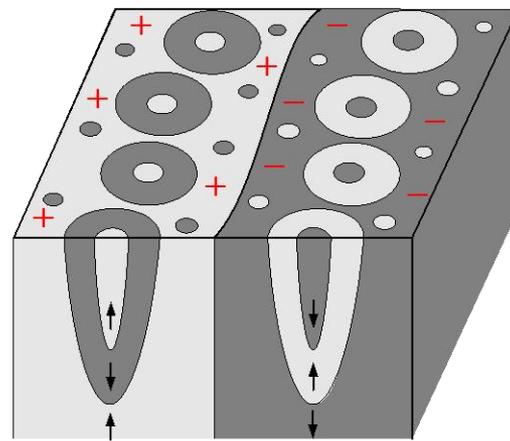


M. Konoto *et al.*, Phys. Rev. Lett. **93**, 107201 (2004).

劈開面のスピン偏極SEM像

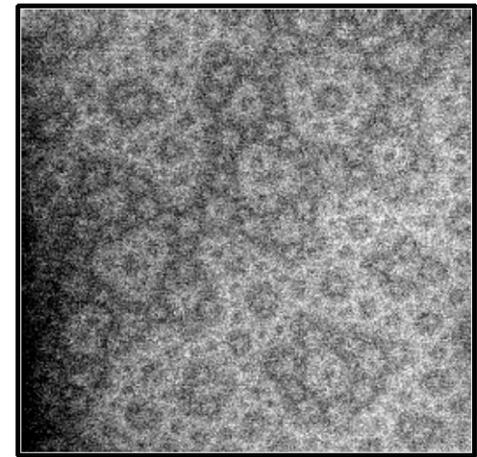
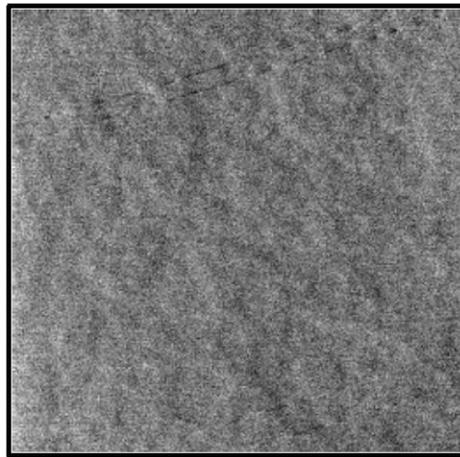
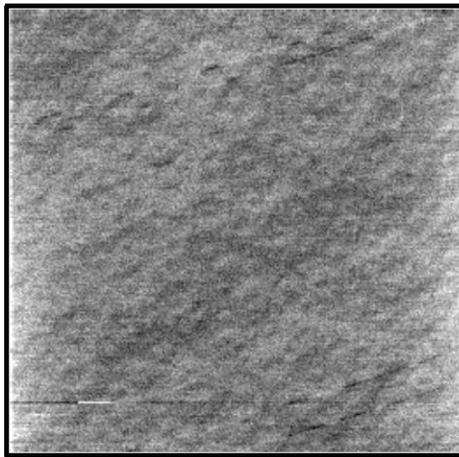


SEM image

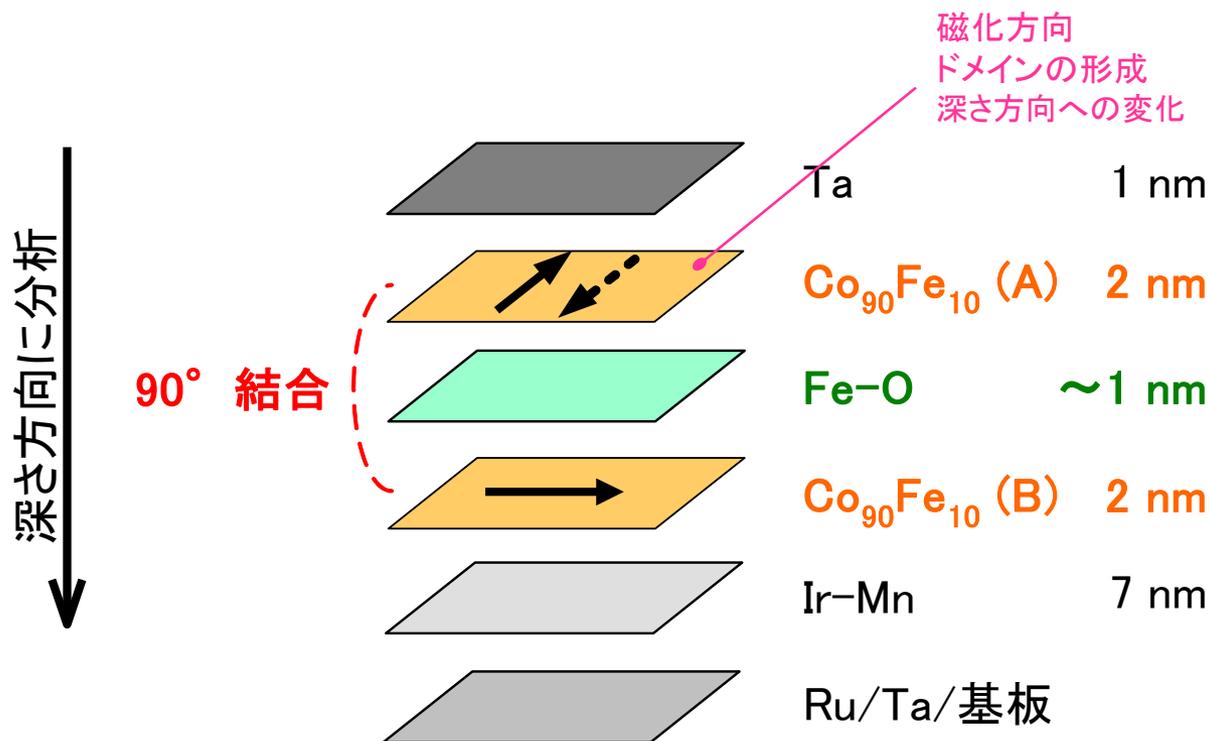


K

Strong perpendicular anisotropy



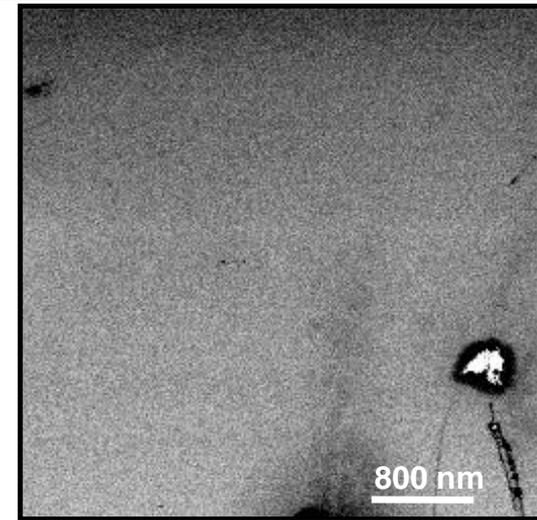
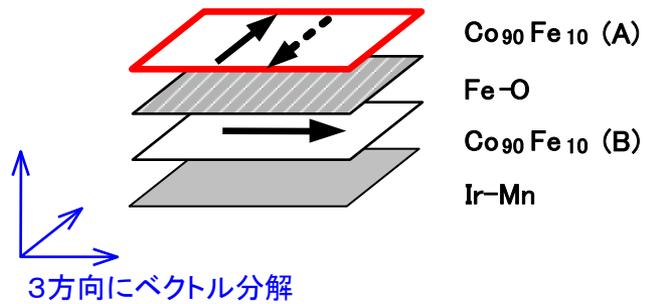
② 90° 層間磁気結合した多層膜のドメイン構造



ナノ積層膜の磁性を層別に分析

H. Yuasa, H. Fukuzawa, and M. Konoto, 2010 Joint MMM/Intermag Conference Digest;
甲野藤, 湯浅, 福澤, 物理学会2010春季大会予稿集.

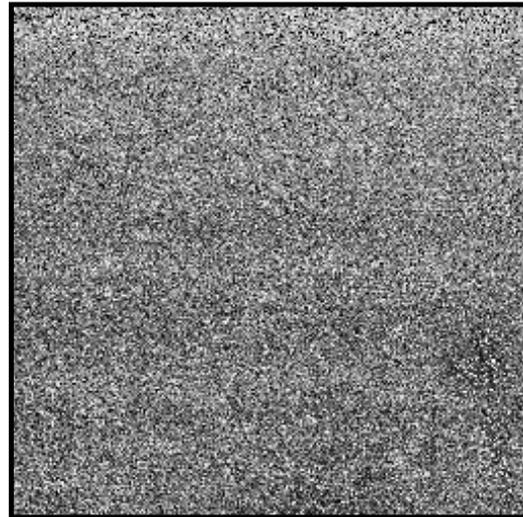
90° 結合膜の磁気ドメイン



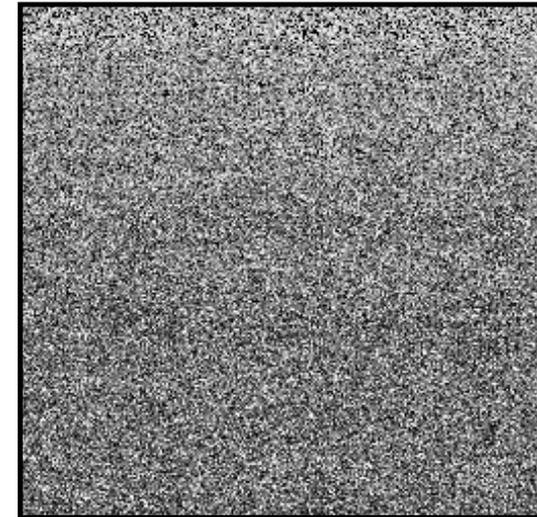
SEM像



磁化成分像



磁化成分像



磁化成分像

まとめ

層状結晶・多層膜等のナノ積層構造をスピン偏極SEMを用いて実空間分析した。

1. 垂直磁気異方性を示す層状Mn酸化物の表面を分析し、特異なドメイン構造を明らかにした。結晶の最表面構造と関連した磁気異方性変化に伴い、面内磁化を伴うドメイン再構成が発生した。
2. 90° 層間結合したナノ積層膜のドメイン構造を明らかにした。交換バイアスされたCo-Fe(B)に対して、Co-Fe(A)はマルチドメインを形成して $\pm 90^\circ$ 方向に結合し、磁化方向に細長く伸びた特徴的なドメインを形成した。