

強磁性共鳴を用いた純粋なスピントラストの測定

Pure Spin Contrast Measured with Magnetic Exchange Force Microscopy using Ferromagnetic Resonance

○有馬 英司、徳田 郁実、山田 純平、内藤 賀公、李 艶君、菅原 康弘 (大阪大学工学部)

○Eiji Arima, Ikumi Tokuda, Junpei Yamada, Yoshitaka Naitoh, Yan Jun Li,

Yasuhiro Sugawara (Osaka Univ.)

E-mail: arimaeiji@ap.eng.osaka-u.ac.jp

磁性物質の表面の磁性は非常に重要な研究課題である。これまで、磁気交換力顕微鏡を用いて反強磁性体の酸化物 NiO(001)表面の原子レベルでのスピン構造と凹凸像の混ざった像の測定が実現されてきた[1, 2]。それにたいして我々は、マイクロ波を磁性探針表面に照射することによって、探針表面に強磁性共鳴をおこし、磁性探針表面の磁化を変調することで磁気交換力を変調分離することを目指してきた。今回の発表では、極低温下でのスピン構造の分離測定について発表する。

実験方法は、磁性探針に周波数変調されたマイクロ波を照射することで、一定周波数で磁性探針の磁化が変調され、磁性探針・磁性試料間の磁気交換力を変調する。この成分をロックインアンプで分離することで、スピン構造の分離を行う。Ni 原子上での磁性探針の強磁性共鳴周波数を測定した場合、強磁性共鳴周波数付近の変調成分は模式的に図 1 のようになる。O 原子上では、探針に加わる磁気交換

力の変化により強磁性共鳴周波数が変化し、Ni 原子上では測定される変調成分は小さくなると考えられる。また、変調成分として抽出される成分のうち、オフセット成分が混ざる。その主な原因として、観察室内の静磁場、マイクロ波による熱的な変調が考えられる。そのため、そのようなオフセット成分を引くことで、純粋な探針・試料間の磁気交換力の変調成分を分離測定することができる。実験は自家製の極低温光てこ原子間力顕微鏡(AFM)を用いて極低温下(4K)で行った。探針は垂直磁化された FePt コート Si カンチレバーを用い、試料には反強磁性体である NiO(001) 表面(図 2(a))を用いた。この表面では、スピン構造は 2×1 構造になる。

図 2(b)(c)は、得られた NiO(001)表面のスピン像(b)と極性像(x)である。これらの像から、試料表面のスピン構造である 2×1 構造が見えるのがわかる。このことから、原子レベルのスピン像の分離に成功したと考える。

[1] U.Kaiser et al., Nature, **446**, 522-525 (2007).

[2] F. Peilmeier et al., Phys. Rev. Lett., **110**, 266101 (2013).

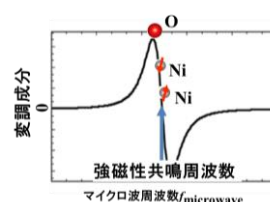


図 1. 計算から求めたマイクロ波周波数 $f_{\text{microwave}}$ に対する $1/\omega$ 変調成分

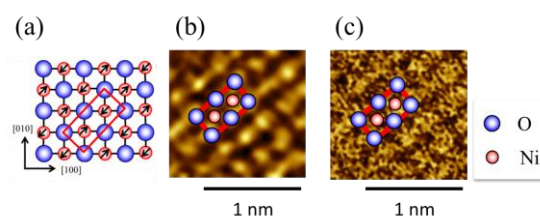


図 2. NiO(001)表面の(a)スピン像、(b)極性像 ($f_0 = 835$ kHz, $k = 1000$ N/m, $Q = 3400$, $A = 2.0$ nm, $\Delta f = -270$ Hz, $f_{\text{microwave}} = 2.07$ GHz, $P_{\text{microwave}} = 250$ mW and $f_{\text{modulation}} = 50$ Hz)