

貴金属で挟まれた鉄単原子層における磁区構造と磁気状態

Magnetic domain structure and magnetic states of monolayer iron sandwiched by noble metals

今田 真^a, 渡辺 智健^a, S. Benjamin^b, 稲田 哲朗^a, 菅 滋正^a, 嶋 敏之^c, 高梨 弘毅^c
S. Imada^a, T. Watanabe^a, S. Benjamin^b, T. Saita^a, S. Suga^a, T. Shima^c, K. Takanashi^c

^a 大阪大学大学院基礎工学研究科, ^b アウグスブルク大理学部, ^c 東北大学金属材料研究所
^a Graduate School of Engineering Science, Osaka University,

^bInstitute of Science, University of Augsburg, ^cInstitute for Materials Research, Tohoku University

上下を貴金属で挟まれた Fe 単原子層は、大気中でも安定であるとともに Fe 単原子層の上下がほぼ対称なので理想的な 2 次元磁性体といえる。これまでに内殻磁気円二色性(XMCD)を用いて Fe の磁気モーメントの磁場・温度変化を測定した。今回は光電子顕微鏡(PEEM)を用いた XMCD 顕微分光を通して磁区構造と磁気状態を解明することを目指した。

Single monolayer Fe sandwiched by noble metal is not only stable in the air but also an ideal two-dimensional magnetic system because of the symmetry with respect to the Fe layer. Core-level X-ray magnetic circular dichroism (XMCD) has been used to measure the dependence of the magnetic moment on the magnetic field and temperature. In this study, we purposed to study the magnetic domain structures and the local magnetic states by means of XMCD microspectroscopy with use of the photoelectron microscope (PEEM).

はじめに

層状規則合金 FePt の薄膜ならびに微粒子は、高密度記録媒体に応用可能な磁性ナノ材料として有望視されている。FePt は Fe と Pt が 1 原子層ずつ積層した規則合金であり、結晶構造は L1₀ 構造、即ち体心正方格子の頂点に Pt が、体心に Fe がおかれた構造をとる。分子線エピタキシー(MBE)法を用いて Fe と Pt を 1 原子層ずつ交互に蒸着することで、積層面が基板に平行な单結晶

FePt 薄膜を作製できるようになっている。

单結晶 FePt を Pt 基板に成長させ、さらに酸化防止のため保護層として Pt を蒸着する。ここで、FePt 層を究極に薄くすると考えると、上下を Pt に挟まれた Fe 単原子層を作製することができる。

MgO 单結晶基板上に成長した Pt 層上に、Fe を 1 原子層蒸着し、最後に Pt を蒸着することで Pt に挟まれた Fe 1 原子層を得る(図 1)。

これまでに、BL25SU の永久磁石駆動型

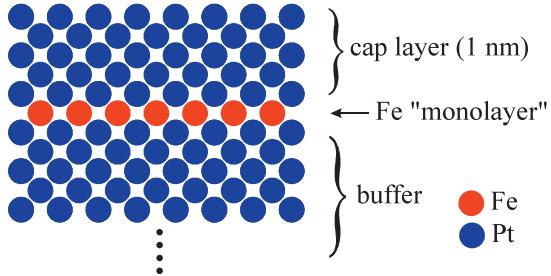


図 1 上下を Pt 層で挟まれた単原子 Fe 層

内殻磁気円二色性(XMCD)測定装置と電磁石式 XMCD 測定装置を用い、円偏光変調測定を行ってきた。特に電磁石を用いた XMCD 測定を行って磁化曲線を得、アロットプロットを行い、これを温度を変えながら行うことで、自発磁化の温度依存性を見積もった。その結果、自発磁化がゼロになる温度すなわちキュリー温度(T_c)は、上記の残留磁化がゼロになる温度よりもはるかに高く、240 K 程度だと見積もられることができた。一方、Au に挟まれた Fe 1 原子層は、 T_c が 300 K 程度と見積もられた。

実験方法

BL25SU からの円偏光軟 X 線を試料に入射し、試料表面から放出される 2 次電子の空間分布を光電子顕微鏡(PEEM)で観測する。Fe の 2p-3d 光吸収領域で円偏光の極性を反転させて 2 次電子の空間分布の差分を取れば、XMCD 強度の空間分布が得られ、これは磁気モーメントの円偏光入射方向への射影に比例するので、磁区構造が観察できることになる。さらに光エネルギーを変えながらそれを行えば、微小領域の光吸収スペクトル(XAS)ならびにその磁気円二色性(XMCD)を得る、即ち顕微分光を行うことができる。

結果

Pt に挟まれた Fe 単原子層で、まず円偏光の極性を一定にして Fe 2p-3d 光吸収領域で 2 次電子分布像を観測し、光エネルギーを変えることで微小領域の Fe 2p-XAS を測定した。これを PEEM の視野の大きさ 100 μm と 25 μm について行った。図 2 に視野の大きさが 25 μm の場合の、Fe 2p-XAS の 2p_{3/2} ピークでの 2 次電子分布像と微小領域(図中の枠内)の Fe 2p-XAS(2p_{3/2} 領域)を示す。PEEM の焦点の調節は試料上の微小な傷などを用いて行った。

次に円偏光の極性を 1 Hz で反転させ、同期して PEEM 像を観測することで、磁気円二色性顕微像を得ることを試みた。試料は

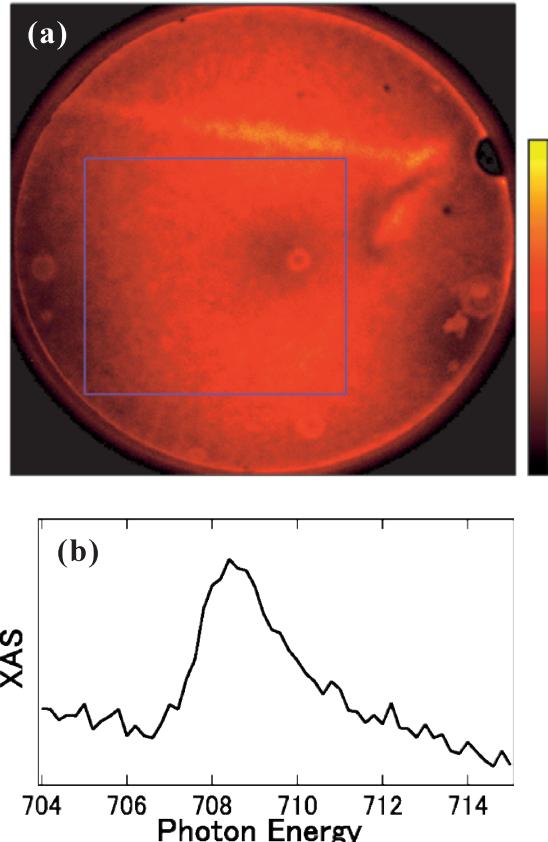


図 2 (a) Fe 2p-3d 光吸収の 2p_{3/2} ピークの軟 X 線を入射した際の、Pt に挟まれた Fe 単原子層の PEEM による 2 次電子空間分布像。視野の大きさは 25 μm。焦点を合わせるために視野内に基板上の傷に起因すると見られる構造を入れた。(b) (a) 中枠内の領域の 2 次電子強度の光エネルギー依存性すなわち 2p-3d 光吸収スペクトル。

液体窒素をクライオスタットに循環させて
 T_c より低温に冷却した。100 秒程度の蓄積
時間の場合、視野径 $100\mu\text{m}$ 、 $25\mu\text{m}$ ともに磁
区像は見られなかった。蓄積時間が長くな
ると試料のドリフトによって像がぼける。
小さな視野径では光電子強度が格段に弱ま
るため、十分な光電子強度が得られるだけ
長時間の蓄積ができなかった。短時間の測
定を繰り返して行ったので、試料のドリフ
トを補正して磁区像が見えるかどうか解析
中である。