

窒素吸着銅(001)面上に形成した コバルトナノドットの磁気モーメント

中辻 寛^{a)}、飯盛 拓嗣^{a)}、高木 康多^{a)}、柳生 数馬^{a)}、木村 昭夫^{b)}、室 隆桂之^{c)}、小森 文夫^{a)}

^{a)}東京大学・物性研究所、^{b)}広島大学・大学院理学研究科、^{c)}JASRI

背景: 微小な磁性体規則配列は、高密度磁気記憶媒体や磁気抵抗デバイスなどナノテクノロジー分野への応用が期待されている。しかしながら、数 nm サイズの磁性体を短時間で広い面積にわたり均一に規則配列させることは、従来の技術では容易でなかった。最近開発されたそのための唯一の方法として、表面の自己組織形成ナノ規則パターンの利用がある。

これまで我々のグループは、平均して窒素が 0.3 原子層吸着した銅 (001) 面の正方格子パターン上にコバルトと鉄のナノドット規則配列を作成し、その構造と磁性の研究を行ってきた¹⁻³⁾。この系では、磁性金属の平均膜厚を変えることにより、1 原子層厚さの磁性金属正方格子および 2 原子層厚さのドット正方配列を作成することができる。格子およびドット配列の周期は 7nm である。図 1 に、2 原子層厚さのドット正方配列の走査トンネル顕微鏡 (STM: Scanning Tunneling Microscope) 像を示した。

このような磁性ドット配列では、孤立した微

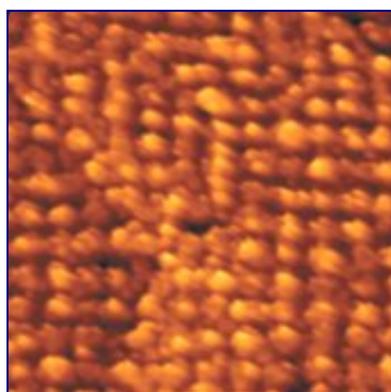


図1 コバルトドット配列

小磁性体の磁性およびそれがナノメートルスケールの構造で繋がる際の磁気相互作用に興味をもたられる。本研究の目的は、この系の磁性を理解するために、コバルトの磁気モーメントおよび 3d 電子状態がその蒸着量の変化とともにどのように変化していくかを、X 線磁気円二色性 (XMCD: X-ray Magnetic Circular Dichroism) スペクトル測定を用いて明らかにすることである。すでに、2 原子層厚さのドットが孤立している状況では、バルクコバルトよりも大きい軌道磁気モーメント成分を持つことがわかっている³⁾ので、その膜厚変化を測定した。また、ドットが窒素吸着面上にはみ出した状況での窒素面の与える効果を調べるため、窒素が 0.5 原子層吸着した窒素飽和表面上にコバルトを蒸着して測定を行った。窒素飽和表面上での STM による観察では、2 原子層厚さのドットがランダムに配列することがわかっている³⁾。

実験: 実験は BL25SU の XMCD 装置を用いて行った。銅(001)表面の清浄化は、1keV のアルゴンイオン衝撃と 600°C の試料加熱を繰り返して行った。窒素吸着銅表面は、500eV の窒素イオンを打ち込んだ後、400°C に加熱することにより得た。この時、窒素の量を 0.5 原子層とすれば窒素飽和面を作ることができ、0.3 原子層程度とすれば銅(001)表面の正方格子パターンを作製できる。コバルトは、コバルト棒を電子衝撃加熱して、基板温度を室温に保って蒸着した。コバルト L 吸収端の X 線内殻吸収 (XA: X-ray Absorption) スペクトルにおける XMCD は全電子収量法にて、試料温度 40K 以下で測

定した。試料の磁化は、永久磁石による 1.4T の連続磁場を表面垂直方向に印加して行い、円偏光を磁場と平行に入射した。光スピンと磁化が反平行な場合と平行な場合との差分を XMCD として求めた。このとき円偏光の極性は、挿入光源のキッカーマグネットを用いて 1Hz の変調をかけて切り替え、これと同期して試料電流を測定した。これら一連の試料作製および測定は、超高真空(10^{-8} Pa 台)に保った試料準備槽および測定槽にて行った。

結果および考察: 図 2 に、窒素飽和面におけるコバルトの平均膜厚が 1.6 原子層の場合の XA スペクトルと XMCD スペクトルを示す。2 原子層厚さのコバルトドットが互いに距離をおいて分布しており、マクロには超常磁性的にふるまうであろう。得られたスペクトルに XMCD 総和則を適用し、スピン磁気モーメントに対する軌道磁気モーメントの比率 (m_L/m_S) を求めた。窒素飽和面、銅正方格子、コバルト一様膜について、その膜厚依存性を比較したのが図 3 である。膜厚の減少に伴い m_L/m_S が徐々に減少するのは、コバルトドット

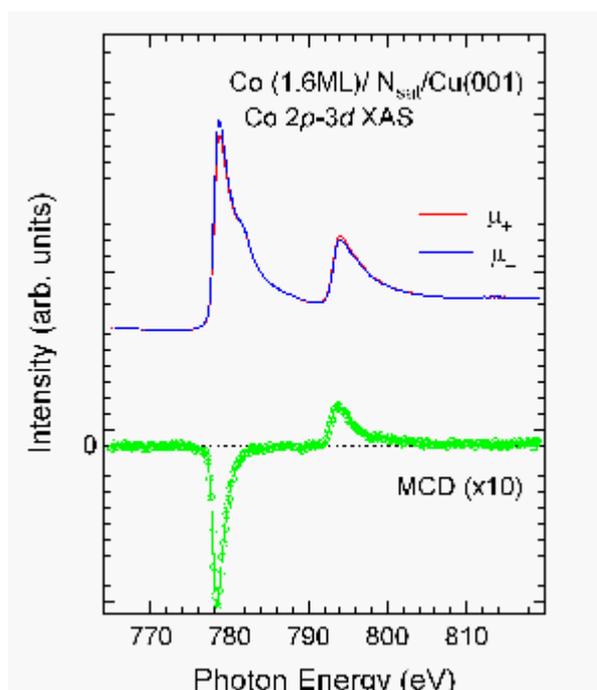


図 2 コバルトドットの XA および XMCD スペクトル

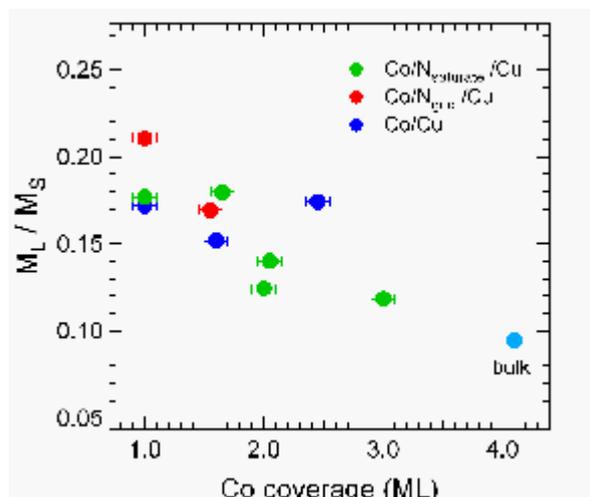


図 3 m_L/m_S 比の膜厚依存性

の低次元性に由来するものと考えられる。銅正方格子の場合の変化の様子が窒素飽和面の場合と大きくは異ならず、界面の窒素の存在は m_L/m_S 比に影響していないことがわかる。

一方、XA スペクトルの L_3 メインピークの約 3eV 高エネルギー側に、サテライト構造が見られる。この構造は、膜厚の増加とともに減少する。また、非常に微量のコバルトを銅清浄表面に蒸着した場合にも現れる。このことは、この構造がコバルトドットのサイズや形状に依存しており、d 電子の局在性を反映している可能性を示唆している。

今後の課題: サテライト構造の起源については、光電子分光などによる検証が必要である。またこれとは別に、コバルト-鉄多層ナノドット配列を作ることによって磁化容易軸を制御したり、合金を用いて保磁力を制御できる可能性がある。XMCD により元素選択した磁気モーメントと 3d 電子状態の情報を得ることで、これら多層系/合金系ドットの磁性制御の基礎を固めることができるであろう。

参考文献

- 1) K.D. Lee *et al.*, Surf. Sci. **454-456**, 860 (2000).
- 2) F. Komori *et al.*, Phys. Rev. **B63**, 214420 (2001),
J. Phys.:Condens. Matter **14**, 8177 (2002).
- 3) S. Ohno *et al.*, Surf. Sci. **493**, 539 (2001).