

## 窒素吸着銅 (001) 面正方格子パターン上に形成した コバルトナノドットの磁気モーメント

中辻 寛<sup>a)</sup>, 飯盛 拓嗣<sup>a)</sup>, 高木 康多<sup>a)</sup>, 柳生 数馬<sup>a)</sup>,  
木村 昭夫<sup>b)</sup>, 室 隆桂之<sup>c)</sup>, 小森 文夫<sup>a)</sup>

<sup>a)</sup> 東京大学・物性研究所, <sup>b)</sup> 広島大学・大学院理学研究科, <sup>c)</sup> J ASRI

### 背景

微小な強磁性体規則配列は、高密度磁気記憶媒体や超小型磁気センサー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 サイズの強磁性体を短時間で広い面積に亘って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は、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、その構造および磁性研究を行ってきた<sup>1-3)</sup>。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7 nm である。図1には、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。

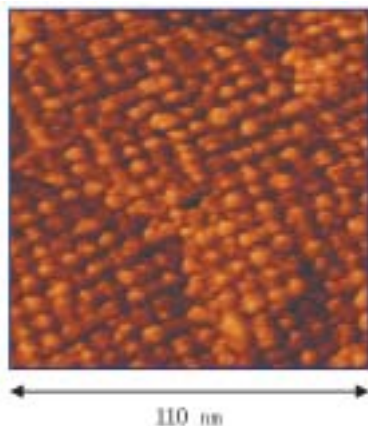


図1 コバルトドット配列

このような磁性ドット配列では、孤立した微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もたれている。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。

少数の磁性原子が集まった微粒子では、バルクな磁性金属と比べて軌道磁気モーメントの増大が期待され、孤立した強磁性金属微粒子ではそのような現象が実際に観測されている。これまでの残留磁化状態のコバルトドット配列や類似の系である金 (111) 清浄面上のコバルトドット配列では、軌道磁気モーメントの増大が観測されている。

### 実験

実験はBL25SUのXMCD装置を用いて行った。下地となる銅 (001) 表面の清浄化は、1 keVのアルゴンイオン衝撃と600℃ 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℃ に加熱することにより得た。この時、窒素の量を0.3原子層程度とし、銅 (001) 表面の正方格子パターンを作製した。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。光スピンの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、コバルトの平均膜厚が1原子層の場合のXAスペクトルとXMCDスペクトルを示す。この平均膜厚では、図1に示したように2原子層厚さのコバルトドットが互いに十分な距離をおいて配列しており、マクロには超常磁性的にふるまうことが、我々のこれまでのSTMおよび磁気光学カー効果の測定からわかっている<sup>1,2)</sup>。今回得られたスペクトルにXMCD総和則を適用すると、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は0.2程度と求まった。これは、バルクのコバルトに比べてずっと大きく、コバルトドットの低次元性に由来するものと考えられる。

また、XAスペクトルの $L_3$ メインピークの約3 eV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、同じ平均膜厚のコバルトを銅(001)清浄表面に蒸着した場合

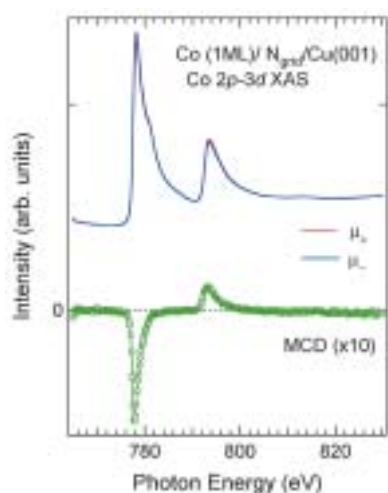


図2 コバルトドットのXAおよびXMCDスペクトル

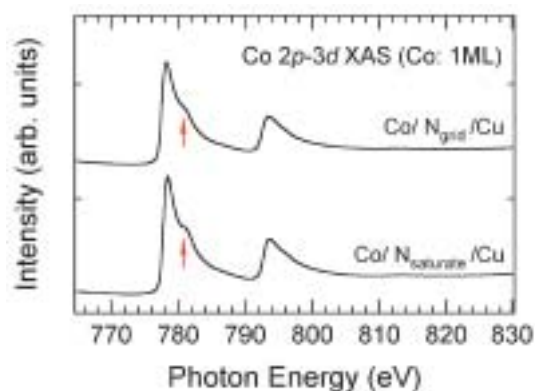


図3 サテライト構造の地下依存性

には殆ど消滅するが、窒素を0.5原子層吸着して窒素面で飽和させた表面に蒸着した場合には、図3に示すように、さらにはっきりと現れることがわかった。これらのことから、このサテライト構造は、コバルトがドットになっていることによるサイズ効果と、狭い領域ながらコバルトと窒素吸着面との界面に存在する窒素の効果の両方を反映していると考えられる。

### 今後の課題

今回の測定では、コバルトドットが独立している場合の磁気モーメントを求めたが、今後それらが接触・融合する過程での変化を調べる必要がある。またこれとは別に、1原子層厚さのコバルト正方格子上に鉄を蒸着してナノドット配列を作ることにより、磁化容易軸を面内から面垂直に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、多層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).