

## 分子動力学研究部門

横山利彦(教授)(2002年1月1日着任)

A-1) 専門領域：表面磁性、X線分光学、磁気光学

A-2) 研究課題：

- a) X線磁気円二色性・磁気光学 Kerr 効果などの分光学的手法を用いた磁性薄膜・ナノロッドの表面磁性
- b) 超高速時間分解を視野に入れた紫外磁気円二色性光電子顕微鏡の開発

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) ナノスケール磁性薄膜は垂直磁化や巨大磁気抵抗などの興味深い磁気特性を示し、基礎科学的にも応用的な見地からも広く研究が行われている。特に、薄膜表面を分子吸着などで化学的に修飾することで磁気特性が劇的に改質されること(例えば、スピン再配列転移が生じるなど)に注目し、実験室における磁気光学 Kerr 効果(MOKE)やUVSOR-II BL4Bを用いたX線磁気円二色性法(XMCD)、表面界面の磁性を効果的に測定できる磁気的第二高調波発生法(MSHG)などの分光学的手法を用いて、様々な磁性薄膜の磁気特性検討を行ってきた。また、現在0.3 T, 100 K程度の性能のXMCD測定系に、超高真空仕様超伝導磁石を導入し、7 T, 2 Kでの測定が可能となるよう大改造を行っている。今年度のハイライトは、Cu(110)-(2×3)N表面に自己組織的に成長する数原子厚のCoナノロッドの磁気特性評価である。これまで1原子ロッドや数10nm厚のロッドは研究されているが、1 nm程度の太さのロッドは研究例がなかった。本研究により、Cu(110)-(2×3)N上の1.5 nm厚のCoロッドの磁気異方性は形状異方性に反してロッドに垂直で、この理由は異方的なスピン軌道相互作用であることがわかった。また、磁化の温度変化測定により臨界挙動が緩慢で、低次元特性を示さず、この理由はロッドの長さが有限であることを突き止めた。
- b) 紫外光による磁気円二色性はX線に比べ感度が桁違いに悪く、磁気ナノ構造を観測するための光電子顕微鏡には応用できないとされてきたが、本研究において、光エネルギーを仕事関数しきい値付近に合わせると、紫外磁気円二色性がX線と同程度に高感度となり、しきい値から外れると急激に減衰する現象を発見した。この発見に基づき、HeCdレーザーを用いた紫外磁気円二色性光電子顕微鏡像を世界で初めて観測することに成功した。

B-1) 学術論文

**D. MAMTUMURA, K. AMEMIYA, S. KITAGAWA, T. SHIMADA, H. ABE, T. OHTA, H. WATANABE and T. YOKOYAMA**, "Chemisorption-Driven Spin Reorientation Transition of Co/Pd(111): The Effect of the CO Adsorption Site," *Phys. Rev. B* **73**, 174423 (9 pages) (2006).

**H. ABE, K. AMEMIYA, D. MATSUMURA, S. KITAGAWA, H. WATANABE, T. YOKOYAMA and T. OHTA**, "Spin Reorientation Transitions of Fe/Ni/Cu(001) Studied by Using the Depth-Resolved X-Ray Magnetic Circular Dichroism Technique," *J. Magn. Magn. Mater.* **302**, 86-95 (2006).

**T. NAKAGAWA and T. YOKOYAMA**, "Magnetic Circular Dichroism near the Fermi Level," *Phys. Rev. Lett.* **96**, 237402 (4 pages) (2006).

Y. NEGISHI, H. TSUNOYAMA, M. SUZUKI, N. KAWAMURA, M. M. MATSUSHITA, K. MARUYAMA, T. SUGAWARA, T. YOKOYAMA and T. TSUKUDA, "X-Ray Magnetic Circular Dichroism of Size-Selected, Thiolated Gold Clusters," *J. Am. Chem. Soc.* **128**, 12034 (2006).

X. -D. MA, T. NAKAGAWA and T. YOKOYAMA, "Effect of Surface Chemisorption on the Spin Reorientation Transition in Magnetic Ultrathin Fe Film on Ag(001)," *Surf. Sci.* **600**, 4605–4612 (2006).

T. NAKAGAWA, H. WATANABE and T. YOKOYAMA, "Adatom-Induced Spin Reorientation Transitions and Spin Canting in Co Films on a Stepped Cu(001) Surface," *Phys. Rev. B* **74**, 134422 (6 pages) (2006).

T. NAKAGAWA, H. W. YEOM, E. ROTENBERG, B. KRENZER, S. D. KEVAN, H. OKUYAMA, M. NISHIJIMA and T. ARUGA, "A Long-Period Surface Structure Stabilized by Fermi Surface Nesting: Cu(001)-( $\sqrt{20} \times \sqrt{20}$ ) R26.6°-In," *Phys. Rev. B* **73**, 075407 (5 pages) (2006).

#### B-3) 総説、著書

中川剛志、横山利彦, 「X線磁気円二色性、磁気光学 Kerr 効果による磁性超薄膜のスピン再配列相転移」*表面科学* **27**, 272–277 (2006).

#### B-4) 招待講演

T. NAKAGAWA and T. YOKOYAMA, "Magnetic circular dichroism for ferromagnetic ultra thin films using laser photoemission," The University of Tokyo International Symposium and The 10th ISSP International Symposium (ISSP-10) on Nanoscience at Surfaces, Kashiwa, October 2006.

T. YOKOYAMA, "Possibility of Magnetic Imaging Using Photoelectron Emission Microscopy with Ultraviolet Lights," 6th Symposium on Molecular Spins (International), Nagoya, March 2006.

#### B-7) 学会および社会的活動

##### 学協会役員、委員

Executive Committee member of the International XAFS Society (2003.7- ).

日本学術振興会科学研究費委員会専門委員 (2004.1-2005.12).

高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所放射光共同利用実験審査委員会実験課題審査部会委員 (2003.1- ), 同化学材料分科会委員長 (2005.1- ).

日本化学会関東支部幹事 (1999.3-2001.12).

日本 XAFS 研究会幹事 (2001.1- ).

日本放射光学会評議員 (2004.1-2005.12).

日本放射光学会編集幹事 (2005.1-2006.12).

##### 学会の組織委員

第11回X線吸収微細構造国際会議プログラム委員 (2000.8).

XAFS 討論会プログラム委員 (1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006).

日本放射光学会年会組織委員, プログラム委員 (2005).

#### 学会誌編集委員

日本放射光学学会編集委員 (2000.9-2002.8, 2004.1-2006.12).

日本放射光学学会誌編集委員長 (2005.1-2006.12).

#### 科学研究費の研究代表者、班長等

科学研究費補助金特定領域研究「分子スピン」総括班事務局 (2003-2006).

#### B-8) 他大学での講義、客員

(財)高輝度光科学研究センター (JASRI/Spring-8) 外来研究員, 2006年4月-.

名古屋大学大学院工学研究科, 「量子エネルギー工学特別講義」2005年10月-2006年3月.

大阪市立大学大学院理学研究科, 「分子化学物理特別講義2」2006年4月-2006年9月.

#### B-10) 外部獲得資金

基盤研究(C)(2), 「バルク及び表面融解のミクロスコピックな検討」横山利彦 (1997年-1998年).

基盤研究(B)(2), 「エネルギー分散型表面 XAFS 測定法の開発」横山利彦 (1999年-2001年).

基盤研究(A)(2), 「表面磁気第二高調波発生法による磁性ナノ薄膜・ナノワイヤの表面化学的磁化制御の検討」横山利彦 (2003年-2005年).

特定領域計画研究, 「ナノスケール薄膜・ワイヤ・クラスターの表面化学的磁化制御と評価」横山利彦 (2003年-2006年).

科学研究費補助金若手研究(B), 「レーザー誘起磁気円二色性光電子放出を利用した磁気走査トンネル顕微鏡の開発」中川剛志 (2003年-2006年).

住友財団基礎科学研究費, 「レーザー誘起磁気円二色性光電子放出を利用した磁気走査トンネル顕微鏡」中川剛志 (2005年).

#### C) 研究活動の課題と展望

2002年1月着任以降, 磁性薄膜の表面分子科学的制御を主テーマとして研究グループをスタートさせた。磁性薄膜・ナノワイヤ・ナノドットの磁気的性質, および分子吸着などの表面化学的な処理による新しい現象の発見とその起源の解明などを目指している。実験手法としては, 超高真空表面磁気光学 Kerr 効果法, X線磁気円二色性法(UVSOR 利用), 磁気的 second 高調波発生法(フェムト秒 Ti:Sapphire レーザー使用), 極低温超高真空走査トンネル顕微鏡を利用し, また X線磁気円二色性法システムの電磁石を現在の常伝導から超伝導に大改造中である。さらに, 紫外光励起光電子放出による磁気円二色性が仕事関数しきい値近傍で極端に増大する現象を発見し, 紫外磁気円二色性光電子顕微鏡を世界に先駆けて開発した。現在放射光を利用した X線磁気円二色性光電子顕微鏡の時間分解能は 70 ps が世界最高であるが, このたび開発した装置を用いて紫外パルスレーザー利用フェムト秒超高速時間分解紫外光電子顕微鏡測定に成功することがさしあたっての目標である。これにより, 磁区毎の超高速スピンドYNAMICS追跡が可能となる。

一方, 新規磁性薄膜の創成に関しては, 化学修飾した基板表面上に特徴的な自己組織化的ナノ磁性体を構築すること, 無機・有機ハイブリッドスピン素子開発などを視野に入れて検討を行う計画である。