

## 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の表面磁性
- b) 超高速時間分解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) 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。当研究室では、実験室で簡便に行える磁気光学 Kerr 効果 (MOKE) 法に加え、UVSOR-II BL4B を用いた X 線磁気円二色性法 (XMCD) を用いて、様々な磁性薄膜の磁気特性検討を行ってきた。今年度は、XMCD 観測系において、超高真空仕様超伝導磁石 / 極低温クライオスタットを導入し、7 T, 5 K での測定が可能となるような大改造を行った (従来は 0.3 T, 100 K)。立ち上げはほぼ順調に終了し、Cu(001) 表面に作成した 0.4 原子層 Co の磁気異方性、Cu(001) 表面に作成した Co, Ni 薄膜の磁気特性の NO 吸着効果、N 吸着 Cu(001) 表面に作成した 1 原子層 FeN の磁気特性、Cu(001)Cu(110)-(2×3)N 表面に自己組織化的に成長させた Co ナノロッドの磁気特性などを検討した。
- b) 紫外光による磁気円二色性は放射光 X 線に比べ一般に感度が 2 桁程度も悪く、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。しかし、一昨年度から昨年度にかけて、我々は、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感度が 2 桁も向上し、放射光 X 線と同程度になり、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、昨年度、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。レーザーによるポンププローブ法を用いることで、時間分解能が容易に 100 fs 程度に到達でき、放射光 X 線の 100 ps よりはるかに高速な時間分解能が得られるので、この開発に着手した。既に 400 nm の Ti:sapphire レーザーを用いて試験的に時間分解 (100 fs 程度) 顕微鏡像を得ることに成功した。現在、220–300 nm 程度の深紫外レーザー (Ti:sapphire レーザー 3, 4 倍波) を導入し、また、試料槽の整備等を行っているところである。さらに、光電子分光器を導入し、二光子磁気円二色性光電子分光も検討している。

B-1) 学術論文

**T. NAKAGAWA, T. YOKOYAMA, M. HOSAKA and M. KATOH**, "Measurements of Threshold Photoemission Magnetic Dichroism Using Ultraviolet Lasers and a Photoelastic Modulator," *Rev. Sci. Instrum.* **78**, 023907 (5 pages) (2007).

**J. MIYAWAKI, D. MATSUMURA, A. NOJIMA, T. YOKOYAMA and T. OHTA**, "Structural Study of Co/Pd(111) and CO/Co/Pd(111) by Surface X-Ray Absorption Fine Structure Spectroscopy," *Surf. Sci.* **601**, 95–103 (2007).

**T. NAKAGAWA, M. OHGAMI, H. OKUYAMA, M. NISHIJIMA and T. ARUGA**, "Transition between Tetramer and Monomer Phases Driven by Vacancy Configuration Entropy on Bi/Ag(001)," *Phys. Rev. B* **75**, 155409 (7pages) (2007).

**A. SAITO, K. TAKAHASHI, Y. TAKAGI, K. NAKAMATSU, K. HANAI, Y. TANAKA, D. MIWA, M. AKAI-KASAYA, S. SHIN, S. MATSUI, T. ISHIKAWA, Y. KUWAHARA and M. AONO**, "Study for Noise Reduction in Synchrotron Radiation Based Scanning Tunneling Microscopy by Developing Insulator-Coat Tip," *Surf. Sci.* **601**, 5294–5299 (2007).

K. TOMATSU, K. NAKATSUJI, T. IIMORI, Y. TAKAGI, H. KUSUHARA, A. ISHII and F. KOMORI, "Atomic Seesaw Switch Realized by Tilted Asymmetric Sn-Ge Dimers on the Ge(001) Surface," *Science* **315**, 1696–1698 (2007).

Y. TAKAGI, K. NAKATSUJI, Y. YOSHIMOTO and F. KOMORI, "Superstructure Manipulation on a Clean Ge(001) Surface by Carrier Injection Using an STM," *Phys. Rev. B* **75**, 115304 (10 pages) (2007).

D. SEKIBA, Y. YOSHIMOTO, K. NAKATSUJI, Y. TAKAGI, T. IIMORI, S. DOI and F. KOMORI, "Strain-Induced Change in Electronic Structure of Cu(100)," *Phys. Rev. B* **75**, 115404 (12 pages) (2007).

#### B-2) 国際会議のプロシーディングス

H. ABE, K. AMEMIYA, D. MATSUMURA, T. OHTSUKI, E. SAKAI, T. YOKOYAMA and T. OHTA, "Depth-Resolved XMCD Application to Fe/Ni/Cu(001) Films," *AIP Conf. Proc.* **882**, 384 (2007).

#### B-3) 総説、著書

中川剛志、横山利彦, 「可視・紫外レーザーによる磁性薄膜での光電子磁気二色性」*日本物理学会誌*, **62**, 522–526 (2007).

太田俊明、横山利彦, 編著, 「内殻分光——元素選択性をもつX線内殻分光の歴史・理論・実験法・応用——」1章「はじめに」p.1–5, 4章「XAFS」1節「はじめに」p.79–79, 2節「EXAFSと熱振動」p.80–86を横山が分担執筆, アイ・ピー・シー出版 (2007).

齋藤 彰、高橋浩史、高木康多、花井和久、中松健一郎、細川博正、田中義人、三輪大五、矢橋牧名、松井真二、石川哲也、辛埴、桑原裕司、青野正和, 「放射光STMを用いたナノスケール表面元素分析」*表面科学会誌*, **28**, 453–458 (2007).

小森文夫、高木康多、中辻 寛、吉本芳英, 「トンネルキャリア注入とその伝播によるナノスケール遠隔原子操作」*固体物理*, **42**, 19–27 (2007).

#### B-4) 招待講演

中川剛志, 「紫外レーザー誘起光電子を利用した磁気二色性の研究」日本表面科学会第27回表面科学講演大会, 東京, 2007年11月.

#### B-6) 受賞、表彰

中川剛志, 日本表面科学会第3回若手研究者部門講演奨励賞 (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 (2001.1–2007.12).

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, 2007).

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

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

日本放射光学会誌編集委員長 (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).

#### その他

文部科学省先端研究施設共用イノベーション創出事業 ナノテクノロジーネットワーク「中部地区ナノテク総合支援：ナノ材料創製加工と先端機器分析」拠点長 (2007–2011).

#### B-8) 大学での講義、客員

東京工業大学大学院理学研究科、「薄膜表面磁性(化学特別講義第二)」2007年10月23日–24日.

理化学研究所播磨研究所(RIKEN/SPring-8)協力研究員, 2007年9月–.(高木康多)

#### B-9) 学位授与

馬曉東 (MA, Xiao-Dong), “Magnetism of chemically modified ultrathin metal films and nanorods studied by magneto-optical methods,” 2007年3月, 博士(理学)

#### B-10) 外部獲得資金

基盤研究(A), 「フェムト秒時間分解紫外磁気円二色性光電子顕微鏡の開発」横山利彦 (2007年–2009年).

文部科学省先端研究施設共用イノベーション創出事業 ナノテクノロジーネットワーク, 「中部地区ナノテク総合支援：ナノ材料創製加工と先端機器分析」横山利彦(拠点長)(2007年–2011年).

若手研究(A), 「磁性薄膜でのレーザー光電子による偏光可変・多光子磁気二色性と光電子顕微鏡の研究」中川剛志 (2007年–2009年).

若手研究(B), 「半導体表面のドーパントの元素識別 - 放射光STMを用いて - 」高木康多 (2007年–2009年)

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).

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).

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).

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).

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(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).

### 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と新しい磁気光学分光法の開発を主テーマとして研究グループをスタートさせた。前者では、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。後者としては、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)、磁気的第二高調波発生法(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などがある。

今年度はX線磁気円二色性法システムの電磁石を超伝導磁石(7 T)とし、極低温下(5 K)での測定を可能とした。既に多くの共同研究を行い始めているが、高磁場極低温測定が必要な磁気異方性に関する研究やクラスター・ナノロッド磁性を検討する。また、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、このたび試験的にではあるが紫外パルスレーザー利用100 fs 超高速時間分解紫外光電子顕微鏡測定に成功した。紫外波長可変レーザーを整備したので、本実験に入る段階である。今後は、これまでほとんど全く研究されていない二光子磁気円二色性光電子分光を含めて検討する。さらに、空間分解能向上のため、走査トンネル顕微鏡を用いて同じ測定が可能かどうか、また、自然円二色性顕微鏡の開発などにも着手したい。