

6-4 物質分子科学研究領域

電子構造研究部門

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の表面磁性
- b) 一光子・二光子紫外光電子円二色性および光電子顕微鏡法の方法論開発
- c) X線吸収微細構造法を用いた固体の熱的性質
- d) 雰囲気制御型硬X線光電子分光法の開発

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 を用いた高磁場極低温 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、極端に大きな保持力や磁気異方性を有すると期待される W(110) 上に成長させた Fe 単層アイランド・ナノワイヤの磁化曲線の XMCD 法による直接測定などの成果が挙げられた。
- b) 2006年に我々が発見した、光エネルギーを仕事関数に近い値付近に合わせることで紫外磁気円二色性感度が 10% [試料は 12 原子層 Ni/Cu(001) 垂直磁化膜] にも達するという現象に基づいて、超高速時間分解紫外磁気円二色性光電子顕微鏡を開発してきた。今年度は、新しい光電子顕微鏡の立ち上げが完了し、Ni/Cu(001) 薄膜への水素吸着や昇温過程などの磁壁移動に関する動画観測に成功するなどの成果が挙げられた。
- c) 昨年度に成果の挙げられた Invar 合金の極低温での非熱膨張の起源が格子振動の量子揺らぎに依ることを解明した研究に関して、国際会議 2 件の招待講演を行った。また、今年度はマルテンサイト変態を呈する MnNi 合金に関して協奏的な Invar/anti-Invar 特性があることを見出した。
- d) SPring-8 の新しい超高輝度硬 X線ビームラインに、燃料電池の状態解析のため、気体存在下で硬 X線光電子分光測定が可能な装置を製作しているところである。

B-1) 学術論文

T. NAKAGAWA, Y. TAKAGI, T. YOKOYAMA, T. METHFESSEL, S. DIEHL and H.-J. ELMERS, "Giant Magnetic Anisotropy Energy and Coercivity in Fe Island and Atomic Wire on W(110)," *Phys. Rev. B* **86**, 144418 (5 pages) (2012).

T. YOKOYAMA, "Path Integral Effective Classical Potential Method Applied to Anharmonicity and Quantum Effects in Thermal Expansion of Invar Alloy," *e-J. Surf. Sci. Nanotech.* **10**, 486–492 (2012).

T. SAIDA, O. SEKIZAWA, N. ISHIGURO, K. UESUGI, M. HOSHINA, T. URUGA, S. OHKOSHI, T. YOKOYAMA and M. TADA, "4D Visualization of Structures/Chemical States of Pt/C Cathode Catalyst Layers in Polymer Electrolyte Fuel Cells by 3D-Laminography-XAFS," *Angew. Chem., Int. Ed.* **51**, 10311–10314 (2012).

N. ISHIGURO, T. SAIDA, T. URUGA, O. SEKIZAWA, S. NAGAMATSU, K. NITTA, T. YAMAMOTO, S. OHKOSHI, Y. IWASAWA, T. YOKOYAMA and M. TADA, “Operando Time-Resolved X-Ray Absorption Fine Structure Study for Surface Events on a Pt₃Co/C Cathode Catalyst in a Polymer Electrolyte Fuel Cell during Voltage-Operating Processes,” *ACS Catal.* **2**, 1319–1330 (2012).

K. EGUCHI, Y. TAKAGI, T. NAKAGAWA and T. YOKOYAMA, “Growth Process and Magnetic Properties of Iron Nanoparticles Deposited on Si₃N₄/Si(111)-(8×8),” *Phys. Rev. B* **85**, 174415 (8 pages) (2012).

H. WANG, S. HAMANAKA, Y. NISHIMOTO, S. IRLE, T. YOKOYAMA, H. YOSHIKAWA and K. AWAGA, “In Operando XAFS Studies of Polyoxometalate Molecular Cluter Batteries: Polyoxometalates as Electron Sponges,” *J. Am. Chem. Soc.* **134**, 4918–4924 (2012).

K. HILD, G. SCHÖNHENSE, H. J. ELMERS, T. NAKAGAWA, T. YOKOYAMA, K. TARAFDER and P. M. OPPENEER, “Dominance of the First Excitation Step for Magnetic Circular Dichroism in Near-Threshold Two-Photon Photoemission,” *Phys. Rev. B* **85**, 014426 (10 pages) (2012).

B-3) 総説, 著書

T. NAKAGAWA and T. YOKOYAMA, “Laser induced threshold photoemission and its application to photoelectron microscope,” *J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom.* **185**, 356–364 (2012).

T. YOKOYAMA, “Quantum Effect and Anharmonicity in an Invar Alloy Studied by EXAFS Spectroscopy,” *Photon Factory Activity Report Part A: Highlights and Facility Report 2011* p.32–33 (2012).

阿波賀邦夫, 小谷正博, 横山利彦, 編著, 「固体の化学と物性」大学院講義物理化学第2版 III, 幸田清一郎, 小谷正博, 染田清彦, 阿波賀邦夫編, 東京化学同人, 2, 3, 5, 6章, 7章 2節著 (2012).

横山利彦, 「光電子分光」錯体化学選書 金属錯体の機器分析(下) 大塩寛紀編, 三共出版, 17章, 356–391 (2012)

B-4) 招待講演

中川剛志, 横山利彦, 「Fe/W(110)におけるXMCDによる巨大保持力観測とNi/Cu(001)の水素吸着過程におけるUV MCD PEEMによる磁区変化観測」日本表面科学会放射光表面科学部会顕微ナノ材料科学合同シンポジウム, 慶應大学, 神奈川, 2012年11月.

横山利彦, 「分子・物質合成プラットフォームの概要——研究者が自ら集結する分子・物質合成拠点形成へ——」文部科学省ナノテクノロジープラットフォームシンポジウム, 東京大学, 東京, 2012年10月.

横山利彦, 「分子吸着表面XAFSと軟X線定在波法の開発」黒田・太田シンポジウム, 慶應大学, 神奈川, 2012年8月.

T. YOKOYAMA, “Anharmonicity and Quantum Effects in Thermal Expansion of Invar Alloy,” 15th Int. Conf. X-ray Absorption Fine Structure, Beijing (China), July 2012.

T. YOKOYAMA, “Anharmonicity and Quantum Effects in Thermal Expansion of an Invar Alloy,” XAFS Theory Workshop: XAFS Theory and Nano Particles (Satellite Conf. of XAFS15), Chiba (Japan), July 2012.

B-6) 受賞, 表彰

中川剛志, 日本物理学会第4回若手奨励賞 (2010).

高木康多, 日本物理学会第2回若手奨励賞 (2008).

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

学協会役員等

日本XAFS研究会幹事 (2001–2007, 2010–).

日本放射光学会評議員 (2004–2005, 2008–2010, 2011–2012).

日本放射光学会編集幹事 (2005–2006).

Executive Committee member of the International X-ray Absorption Society (2003.7–2009.8).

学会の組織委員等

第14回XAFS討論会実行委員長プログラム委員長 (2011).

XAFS討論会プログラム委員 (1998–2012).

第15回X線吸収微細構造国際会議プログラム委員 (2011–2012).

日本放射光学会年会組織委員 (2005), プログラム委員 (2005, 2011).

文部科学省, 学術振興会, 大学共同利用機関等の委員等

日本学術振興会学術システム研究センター化学班専門研究員 (2010–2012).

文部科学省ナノテクノロジー・ネットワーク運営委員 (2007–2011).

日本学術振興会科学研究費委員会専門委員 (2004–2005, 2008–2009).

日本学術振興会科学研究補助金学術創成研究費評価委員 (2008).

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 (2003–2009), 同化学材料分科会主査 (2005–2009).

学会誌編集委員

日本放射光学会誌編集委員 (2004–2006).

日本放射光学会誌編集委員長 (2005–2006).

競争的資金等の領域長等

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

文部科学省ナノテクノロジー・プラットフォーム分子・物質合成プラットフォーム代表機関運営責任者 (2012.7.–)

文部科学省ナノテクノロジー・プラットフォーム分子・物質合成プラットフォーム分子科学研究所, 実施責任者 (2012.7.–).

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 (2007.4–2012.3).

B-8) 大学での講義，客員

総合研究大学院大学物理科学研究科，「物性化学」2012年後期。
京都大学大学院理学研究科化学専攻，連携客員教授，2011年－。
京都大学大学院理学研究科，集中講義「固体表面磁性」2012年7月11日－12日。
名古屋大学大学院理学研究科物質理学専攻，客員教授，2012年－。
東京大学物性研究所，嘱託研究員，2011年－。(中川剛志)

B-10) 競争的資金

科研費基盤研究(C)，「レーザー誘起磁気円二色性STMによるフタロシアニン分子のスピン分布マッピング」高木康多(2012年－2014年)。
科研費若手研究(B)，「レーザー誘起光電子顕微鏡による磁性薄膜のフェムト秒イメージング」中川剛志(2011年－2012年)。
科研費基盤研究(A)，「キラル光電子顕微鏡の開発」横山利彦(2010年－2012年)。
科研費挑戦的萌芽研究，「レーザー誘起磁気円二色性STMの開発」横山利彦(2008年－2009年)。
科研費基盤研究(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)。
科研費若手研究(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)。
科研費若手研究(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)。
科研費若手研究(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)。
科研費特定領域計画研究，「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)。
科研費基盤研究(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)。
科研費基盤研究(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)。

B-11) 産学連携

共同研究，富士フィルム株式会社，「無機機能性材料の固体構造解析」横山利彦(2003年－)。
受託研究，日本学術振興会学術システム研究センター・学術動向等の調査研究「シンクロトロン放射光の化学への応用に関する学術動向の調査研究」横山利彦(2010年－)。
受託研究，NEDO固体高分子形燃料電池実用化推進技術開発「基盤技術開発」MEA材料の構造・反応物質移動解析，「時間分解X線吸収微細構造(XAFS)等による触媒構造反応解析」横山利彦(2011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。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、超高真空表面磁気光学 Kerr 効果法、高磁場(7 T)極低温(5 K)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の手法を展開している。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、さらにはこれまで全く研究されていなかった二光子光電子磁気円二色性法の初観測に成功し、極めて有効な手法として今後の発展が期待できることが示せた。

また、昨年度から、広域X線吸収微細構造(EXAFS)法と経路積分法を併用して、磁性合金の熱膨張等の研究を始め、既に成果が挙がっている。今後も、この独自の手法によって、局所構造の見地から固体の熱的性質を検討していきたい。

さらに、昨年度から、唯グループとともに、SPring-8の超高輝度硬X線を利用した燃料電池のin situ X線吸収分光による解析を行っているが、今年度は、雰囲気制御型硬X線光電子分光法の開発を始めた。来年度の手法確立と燃料電池への応用を目指す。

2002年7月から助手・助教を務めた中川剛志が九州大学・大学院総合理工学府・物質理工学専攻の准教授として転出、来年度に新しい助教を迎え、新規研究課題に取り組む予定である。