

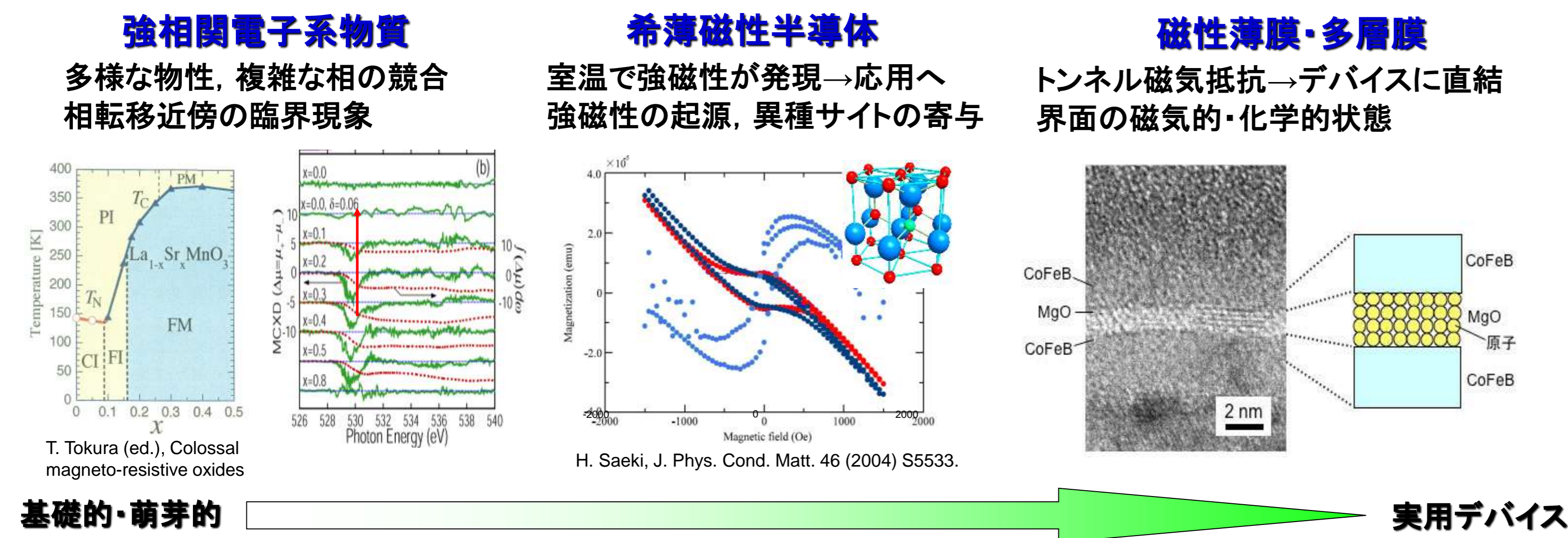
軟X線偏光スイッチングを用いたスピントロニクス材料の探求

Exploration of Spintronic Materials by means of Soft X-ray Polarization Switching

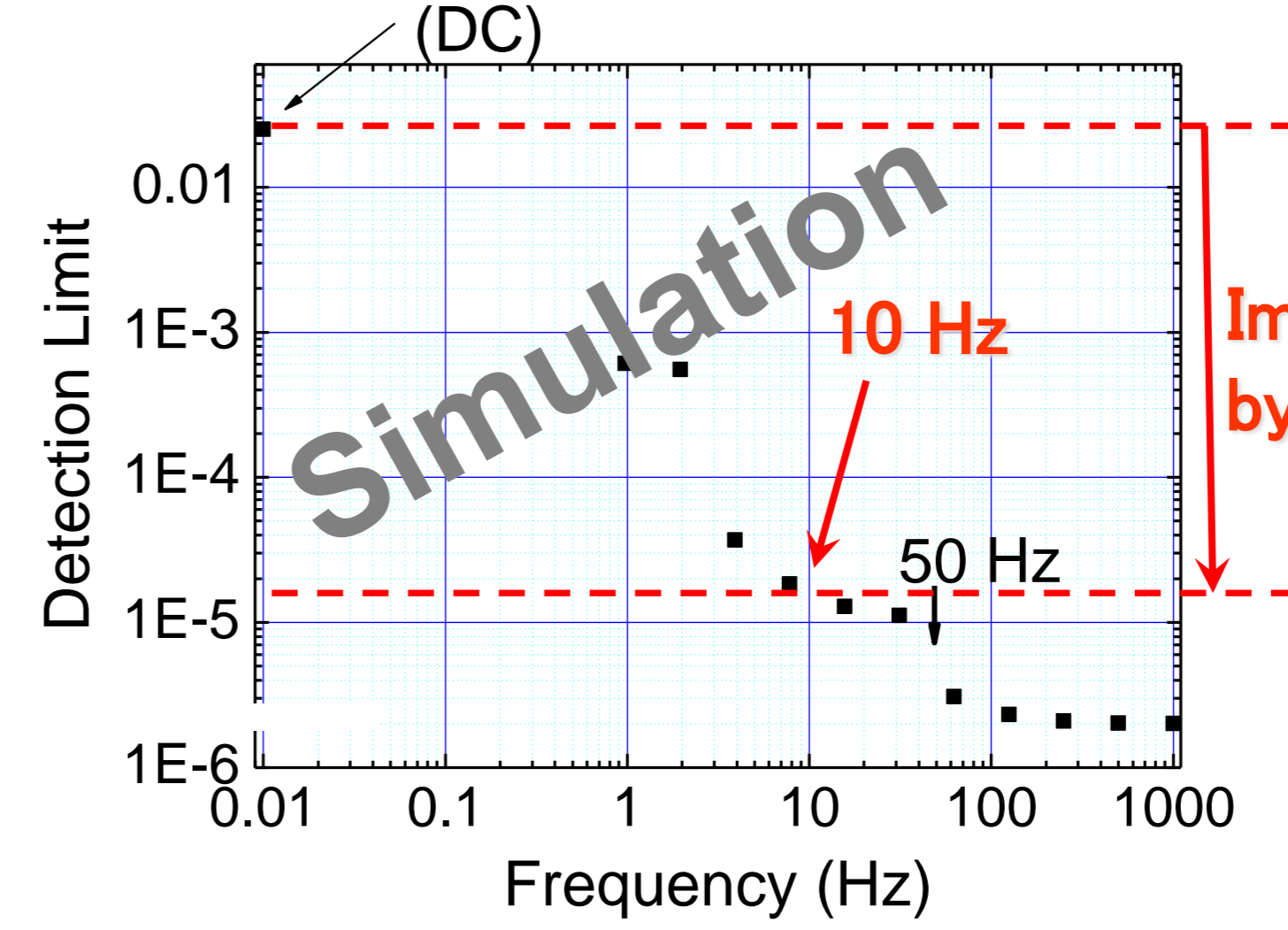
雨宮 健太¹, 藤森 淳², 小出 常晴¹, 酒巻 真粧子¹, 門野 利治², Vijay Raj Singh²,
石上 啓介³, Viendra Kumar Verma², 芝田 悟朗², 原野 貴幸²
¹KEK放射光, ²東大院理, ³東大院新領域

現在BL-16Aでは、軟X線領域(200-1500 eV)において10 Hz程度の高速偏光スイッチング(左右円偏光および水平・垂直直線偏光)の開発を進めている。この技術を軟X線吸収および軟X線共鳴散乱における磁気円二色性(XMCD)・線二色性(XMLD)に適用すれば、ロックイン法を用いることによって、直流的な測定では 10^{-2} 程度が検出下限であったXMCD, XMLD測定において 10^{-4} - 10^{-5} の極微小シグナル検出が可能になる。本研究の目的は、このような極微小シグナル検出技術を確認し、それを利用して、磁性薄膜・多層膜、希薄磁性半導体、強相関電子系物質といった、現在および将来のスピントロニクス材料の探究を行うことである。

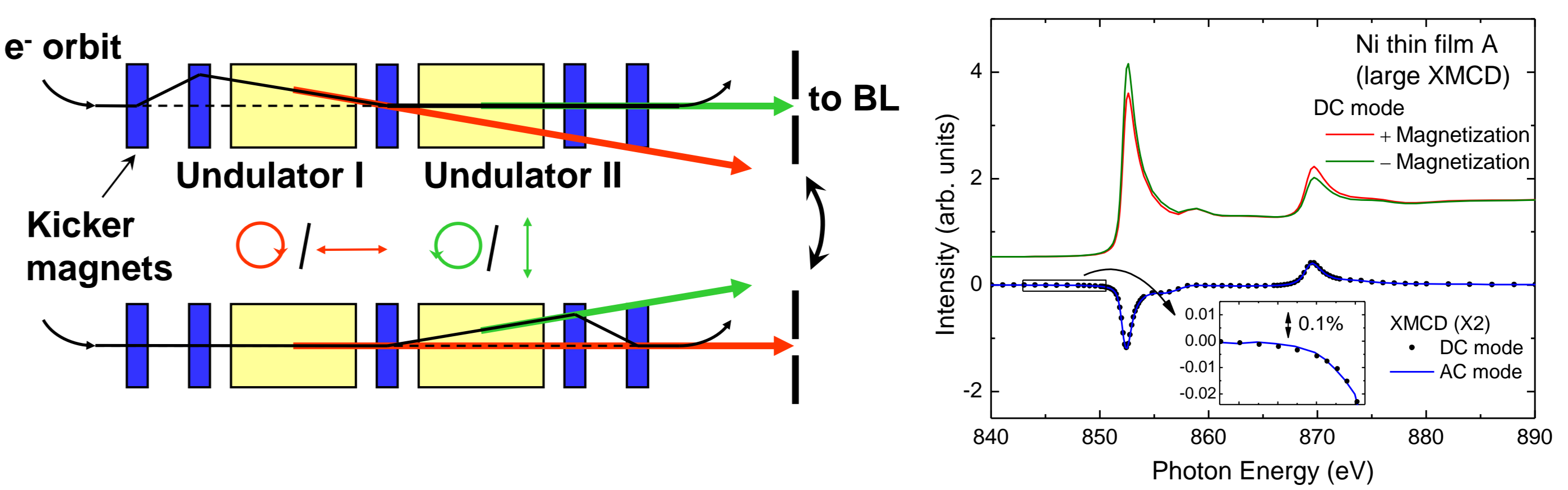
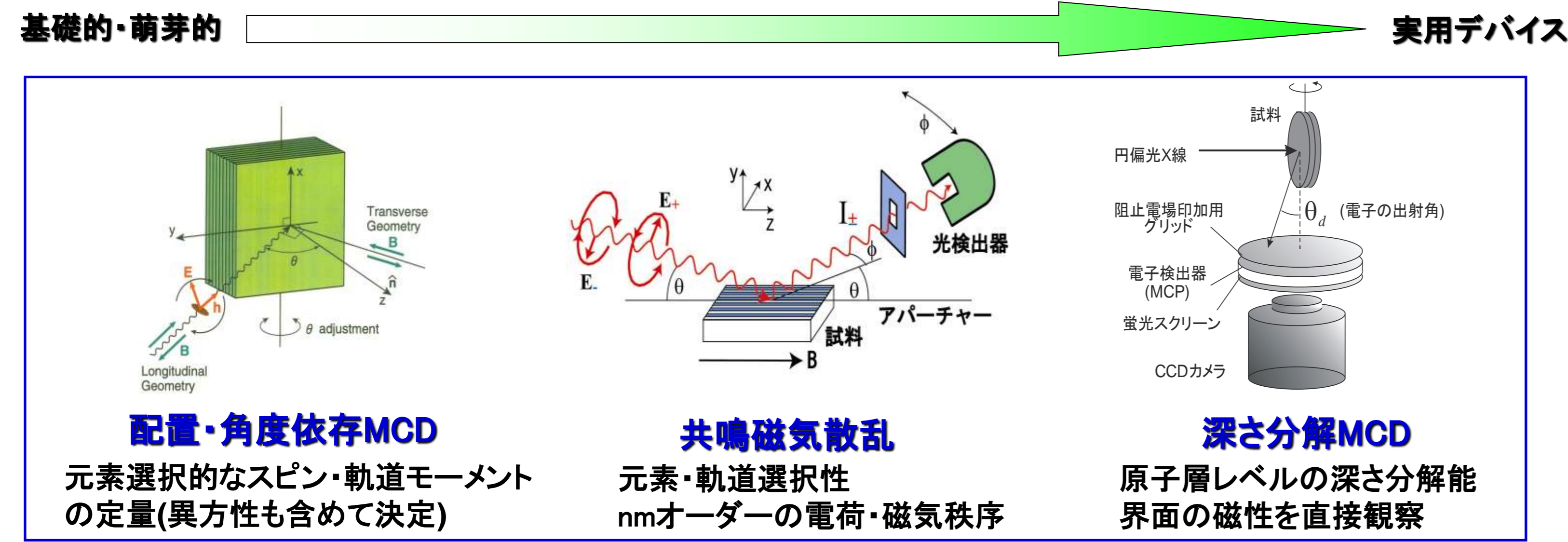
本研究のターゲットと実験手法



微小シグナルの検出に向けて



XMCD, XMLD
検出限界: ~1% (DC mode*)
偏光スイッチング+ロックイン法
 10^{-4} - 10^{-5} のシグナル観測可能
*DC mode: without switching
⇒ BL-16Aにおいて偏光の高速スイッチング(~10Hz)を開発中
2012年よりユーザー運転中の利用を開始

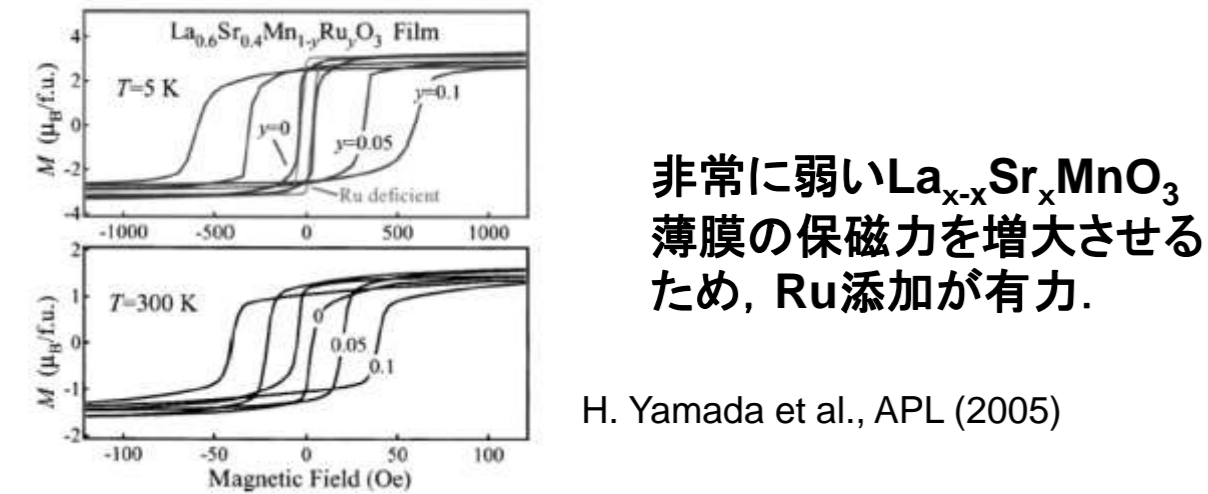


放射光の特性をいかした実験手法を駆使した磁性の解明 ⇒ 微小シグナルの検出が必須

研究成果(1): La_{1-x}Sr_xMnO₃薄膜

共同研究者: 吉松公平, 尾嶋正治, 坂井延寿, 組頭広志 (東大院工, KEK), 山田浩之, 澤彰仁 (産総研) 他

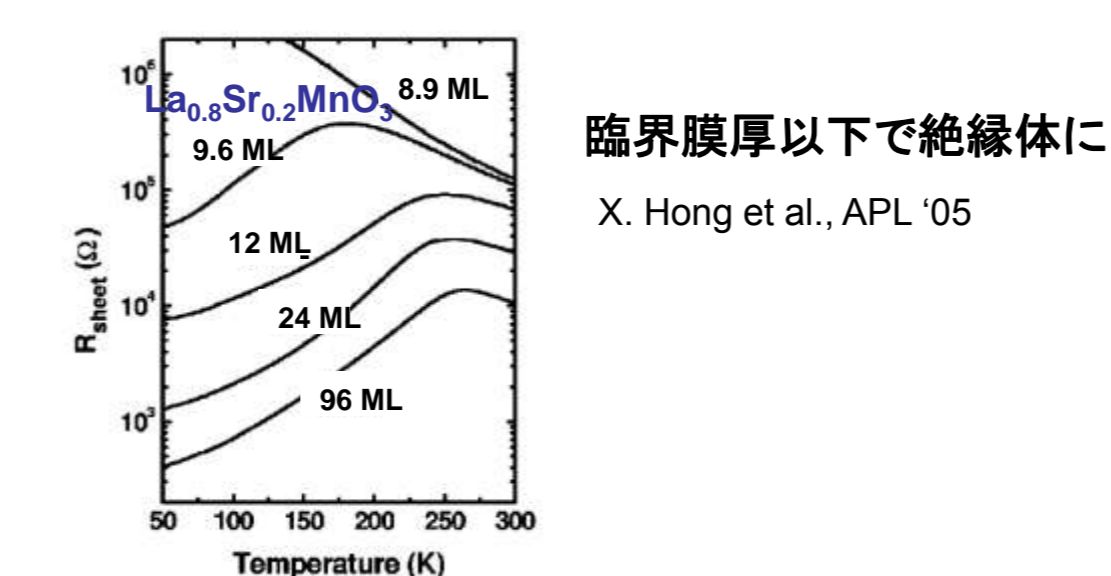
保磁力を増大させる添加Ru原子の役割



非常に弱いLa_{0.9}Sr_{0.1}MnO₃薄膜の保磁力を増大させるため、Ru添加が有力。

H. Yamada et al., APL (2005)

膜厚に依存した金属-絶縁体転移



臨界膜厚以下で絶縁体に
X. Hong et al., APL '05

T. Harano et al., to be submitted.

G. Shibata, to be submitted.

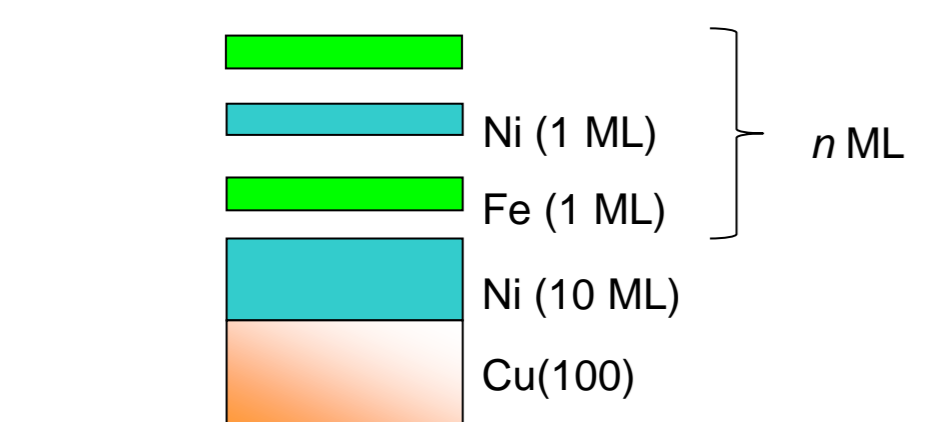
研究成果(2): ホイスラー合金/MgO界面の磁性 [3]

共同研究者: 桜庭祐弥, 常木澄人, 高梨弘毅, 安藤康夫 (東北大) 他

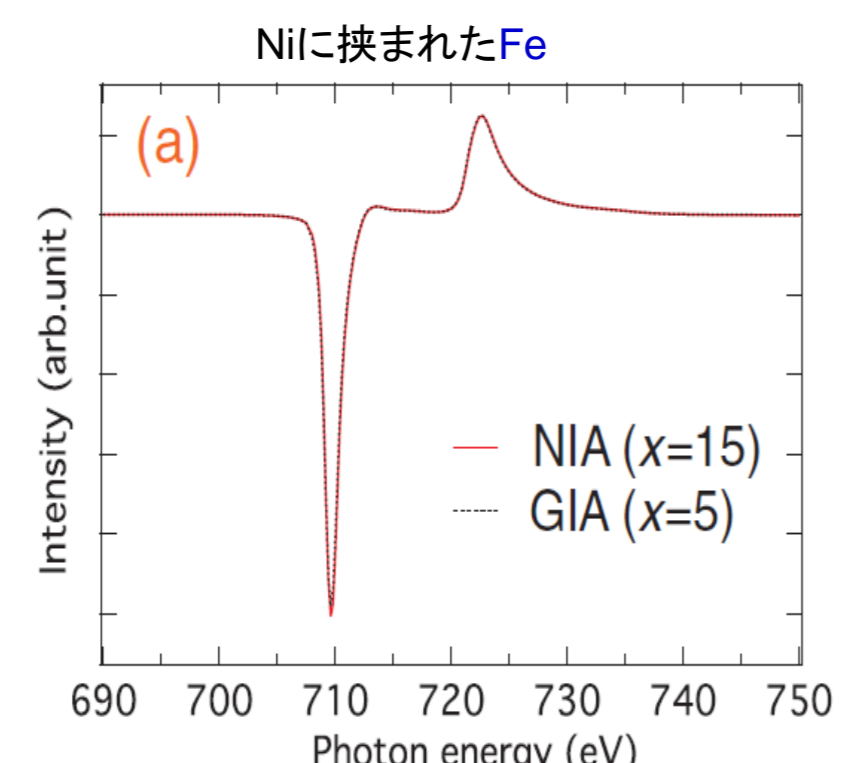
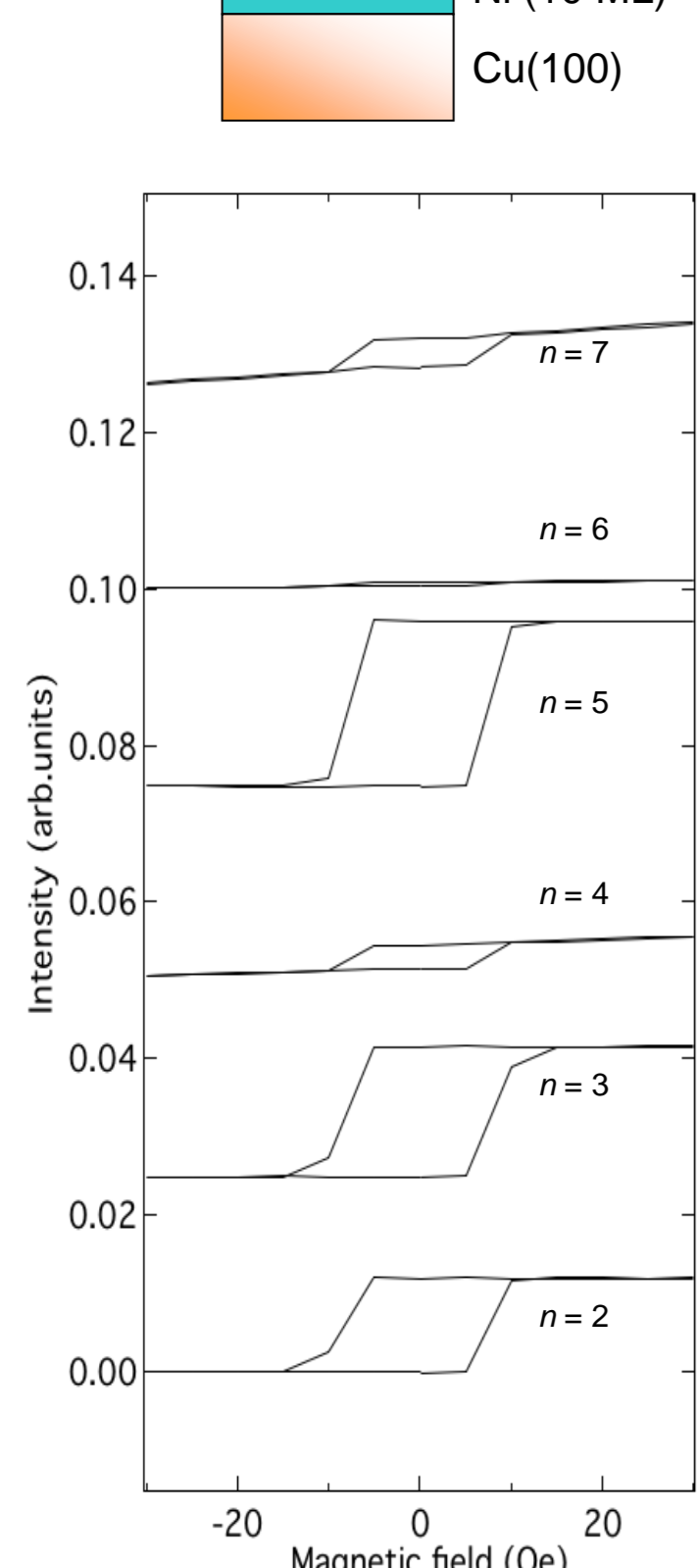
ホイスラー合金: ハーフメタル
⇒ 高い磁気抵抗(MR)比が期待できる
MgOを障壁として用いた場合、CoFeはMR比の温度依存性が小さいのに、ホイスラー合金だと室温で大きくMR比が低下
⇒ MgOと接している界面の磁性を調べる必要

研究成果(3): FeNi多層膜における磁気異方性 [1]

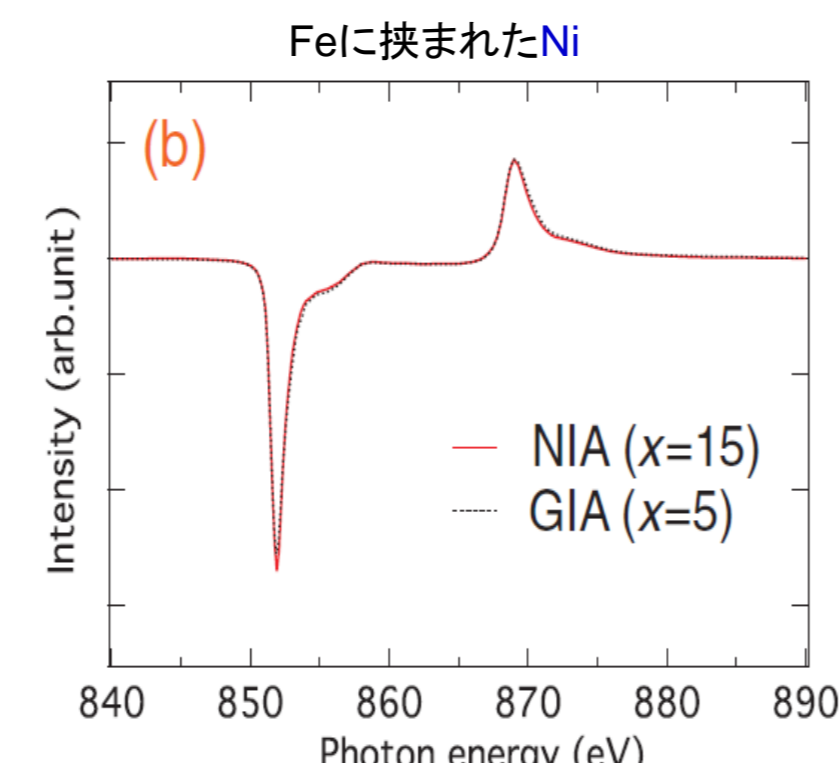
Fe/Ni多層膜を用いた貴金属フリーの垂直磁化薄膜の実現へむけて



記録密度の向上には安定な垂直磁化薄膜が必須
現在はCoPt等の多層膜で実現
⇒ FeNiのような貴金属を含まない材料が望まれる
Fe/Niにおける磁気異方性の起源を解析



磁気異方性エネルギー $K_{Fe} = 10 \pm 40 \mu\text{eV}$
※cf. 表面では $140 \pm 60 \mu\text{eV}$



磁気異方性エネルギー $K_{Ni} = 60 \pm 30 \mu\text{eV}$
※cf. 表面では $-30 \pm 20 \mu\text{eV}$

• Niに挟まれたFeは垂直磁気異方性が弱い (表面のFeは非常に強い)

• Feに挟まれたNiは中程度 (表面のNiは逆に面内を強く好む)

⇒ 垂直磁化実現へ向けたヒント

詳しくはこちらのポスターへ
10-07 (酒巻真粧子, 雨宮健太)

まとめと今後の展開

- 可変偏光ビームラインBL-16Aを用いてスピントロニクス関連物質の基礎的研究を実施
- 強相関電子系, 希薄磁性半導体, 金属磁性薄膜について, XMCDを用いた研究を展開
- 運用を開始した偏光スイッチングによって, 今後, シグナルの質の劇的な向上が見込まれる
- スピントロニクス材料開発を行っている研究者との連携 [3-5]

成果の発表 (主要なもの)

投稿論文

- M.Sakamaki and K.Amamiya, "Element specific magnetic anisotropy energy of alternately layered FeNi thin films", Appl. Phys. Express 4 (2011) 073002.
- M.Sakamaki and K.Amamiya, "In-situ observation of magnetic anisotropy energy of alternately layered FeNi thin films", e-journal of Surface Science and Nanotechnology, in press.
- S.Tsunegi, Y.Sakuraba, K.Amamiya, M.Sakamaki, E.Ozawa, A.Sakuma, K.Takanashi, and Y.Ando, "Observation of interfacial magnetic moment at the electrode/barrier in magnetic tunnel junctions using depth-resolved x-ray magnetic circular dichroism", Phys. Rev. B, submitted.
- M.Sakamaki, K.Amamiya, A.Nambu, K.Ueda, J.Shimizu, and K.Watanabe, "Suppressed surface oxidation of Fe₇₀Co₃₀ thin films caused by Ar⁺ ion milling", Mater. Chem. Phys., submitted.
- M.Sakamaki, K.Amamiya et al., "Perpendicular magnetic anisotropy in a Pt/Co/Pt ultrathin film arising from a lattice distortion induced by ion irradiation", Phys. Rev. Lett., to be submitted.

学会発表

- A.Fujimori, "Thickness dependence of the electronic properties of transition oxide thin films (invited)", New Frontiers in the Physics of Two Dimensional Electron Systems, Buenos Aires, Nov. 2011.
- A.Fujimori, "Possibility of hole-induced ferromagnetism in transition metal-doped ZnO nano-structures (invited)", Physics and Chemistry of Spintronics Materials, Coorg, India, Feb. 2012.
- K.Amamiya and M.Sakamaki, "Formation of a NiO-like surface single layer by deposition of Ni on O/Cu(001)", 6th International School and Conference on Spintronics and Quantum Information Technology (Spintech 6), Matsue, Aug. 2011.
- M.Sakamaki and K.Amamiya, "In-situ observation of magnetic anisotropy on growth process of alternately layered FeNi thin films", 6th International School and Conference on Spintronics and Quantum Information Technology (Spintech 6), Matsue, Aug. 2011.
- 雨宮健太, 酒巻真粧子, "Ni薄膜上に作製したNiO類似単原子層の強磁性/反強磁性結合への影響", 第72回 応用物理学学会学術講演会, 山形, 2011年8月.
- 酒巻真粧子, 雨宮健太, "交互積層FeNi薄膜成長過程における磁気異方性観察", 第72回 応用物理学学会学術講演会, 山形, 2011年8月.
- 雨宮健太, 岸本俊二, 酒巻真粧子, 小宮隆, 瀧川和幸, 田中真伸, 内田智久, 仲吉一男, 齊藤正俊, 池野正弘, "高速偏光スイッチングによる超高感度深さ分解XMCD/XMLD測定(2): XMCDシグナルの観測に成功", 第14回XAFS討論会, 岡崎, 2011年9月.
- 芝田悟朗, V.R.Singh, V.K.Verma, 石上啓介, 門野利治, 藤森淳, 小出常晴, 吉松公平, 坂井延寿, 組頭広志, 尾嶋正治: La_{0.9}Sr_{0.1}MnO₃の磁性の膜厚依存性の軟X線磁気円二色性による研究, 日本物理学会秋季大会, 富山, 2011年9月.
- 雨宮健太, 酒巻真粧子, "Ni/Cu(100)薄膜の磁気異方性および保磁力に対するFeMn層の影響", 日本物理学会第67回年次大会, 兵庫, 2012年3月.
- 酒巻真粧子, 雨宮健太, "交互積層FeNi薄膜成長過程における表面構造と磁気異方性の観察", 日本物理学会第67回年次大会, 兵庫, 2012年3月.