



外的要因による磁性薄膜の特性制御を目指した 軟X線XMCDを中心とする相補的研究

Complementary studies on magnetic thin films aiming at control of their properties by external factors mainly by means of soft X-ray XMCD

実験責任者: 雨宮 健太¹

実験参加者: 藤森 淳², 小出 常晴¹, 酒巻 真粧子¹, 石上 啓介², 芝田 悟朗², 堀尾 眞史², 坂本 祥哉²,
野中 洋亮², 岡崎 浩三², 山本 孟³, 川邊 諒³, 池田 啓祐², 奥石 佳佑², 池 震棟²

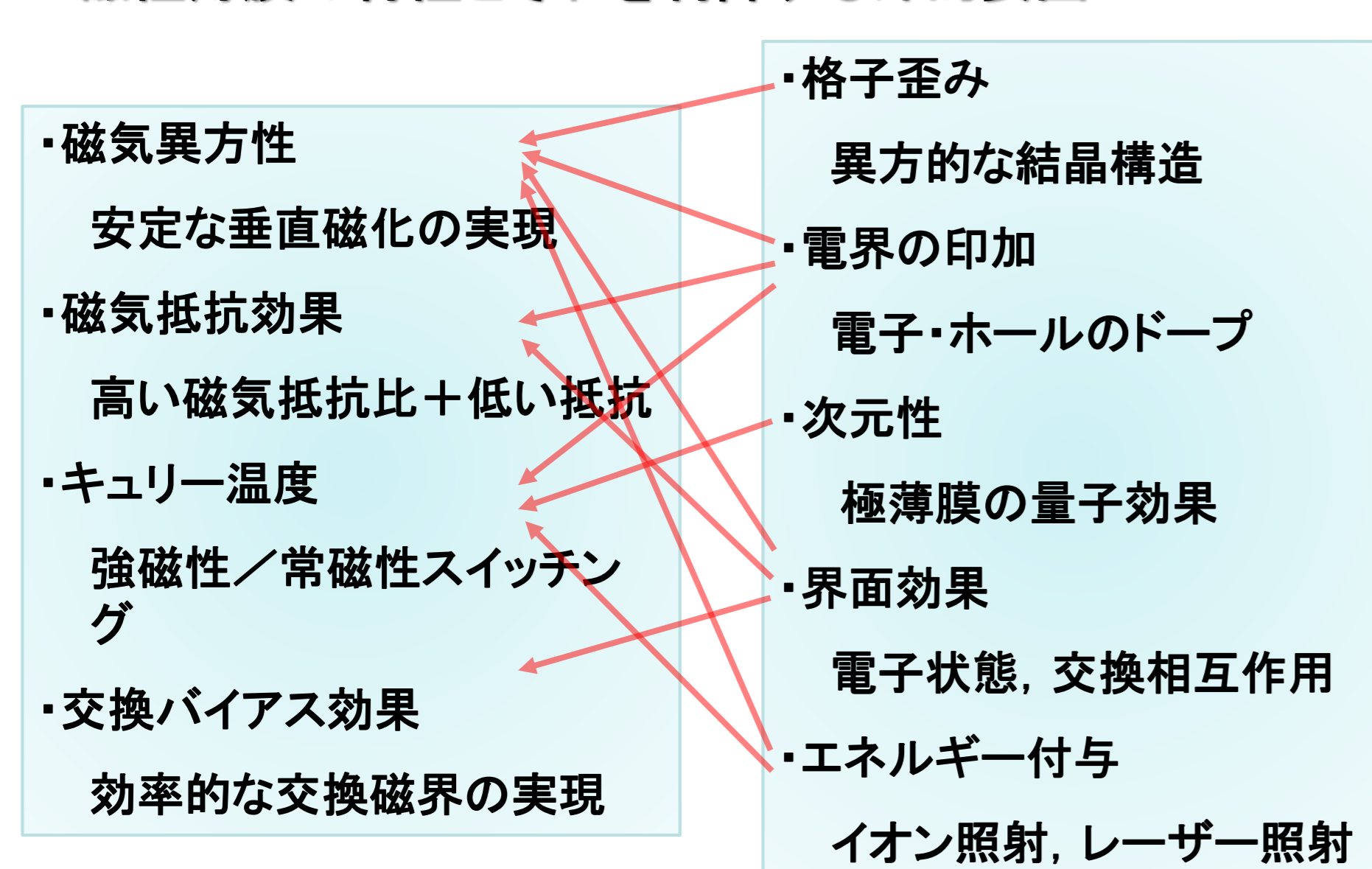
¹物構研PF, ²東大院理, ³東工大院総合理工

本研究の全体としての目的は、構造歪み、界面効果、電界効果といった外的要因によって様々な興味深い特性を示す磁性薄膜に対して、軟X線XMCDを中心とした、EXAFS、偏極中性子反射率なども含めた相補的な実験を行うことで、スピン磁気モーメント、軌道磁気モーメント、電子状態、結晶構造を、それらの異方性や深さ方向の分布も含めて明らかにし、外的要因によって磁性薄膜が示す特異な性質がどのようにして発現しているのかを解明するとともに、その情報を新たな試料の作製にフィードバックして、磁性薄膜の特性を制御することである。

このS2課題は、その中で放射光を用いた測定の部分に相当する。したがって、単に測定を行って磁性や構造を調べて特性の発現機構を解明するだけでなく、その情報をもとに新たな物質をデザイン・作製し、予想したような特性が得られるかどうかを検証するとともに、その試料に対して再び各種の測定を行うことで、特性の発現についてのより深い理解を得たうえで、さらに新たな試料の作製へとつなげていくことを常に意識して研究を行っている。

本研究のターゲットと実験手法

磁性薄膜の特性とそれを制御する外的要因



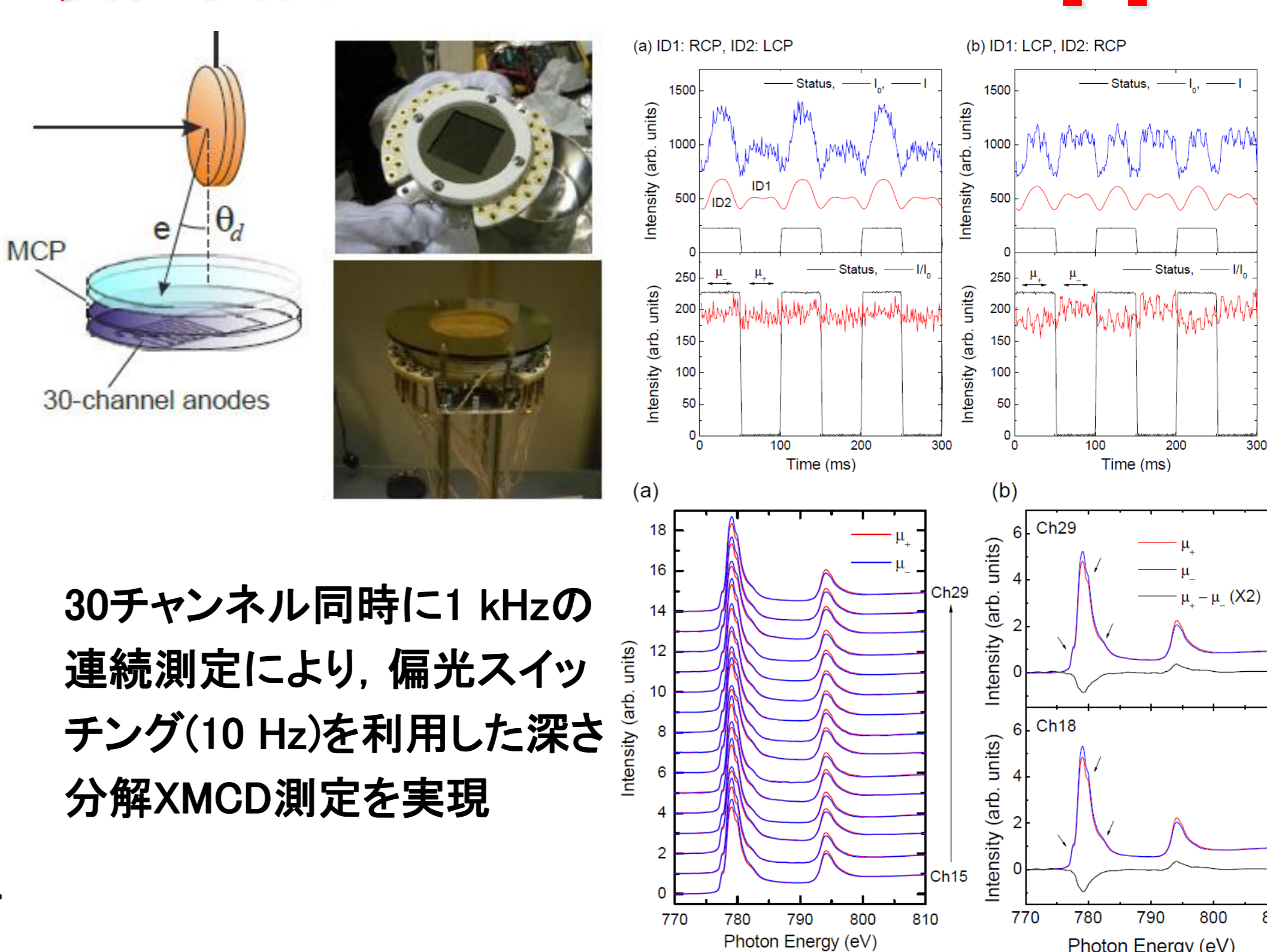
外的要因によって磁性薄膜が示す特性の発現機構の解明
⇒ 磁性薄膜の特性を制御

本課題で用いる研究手法と研究対象



In situ実験, および物質開発を行う研究者との密接な連携により、測定結果を高速にフィードバック

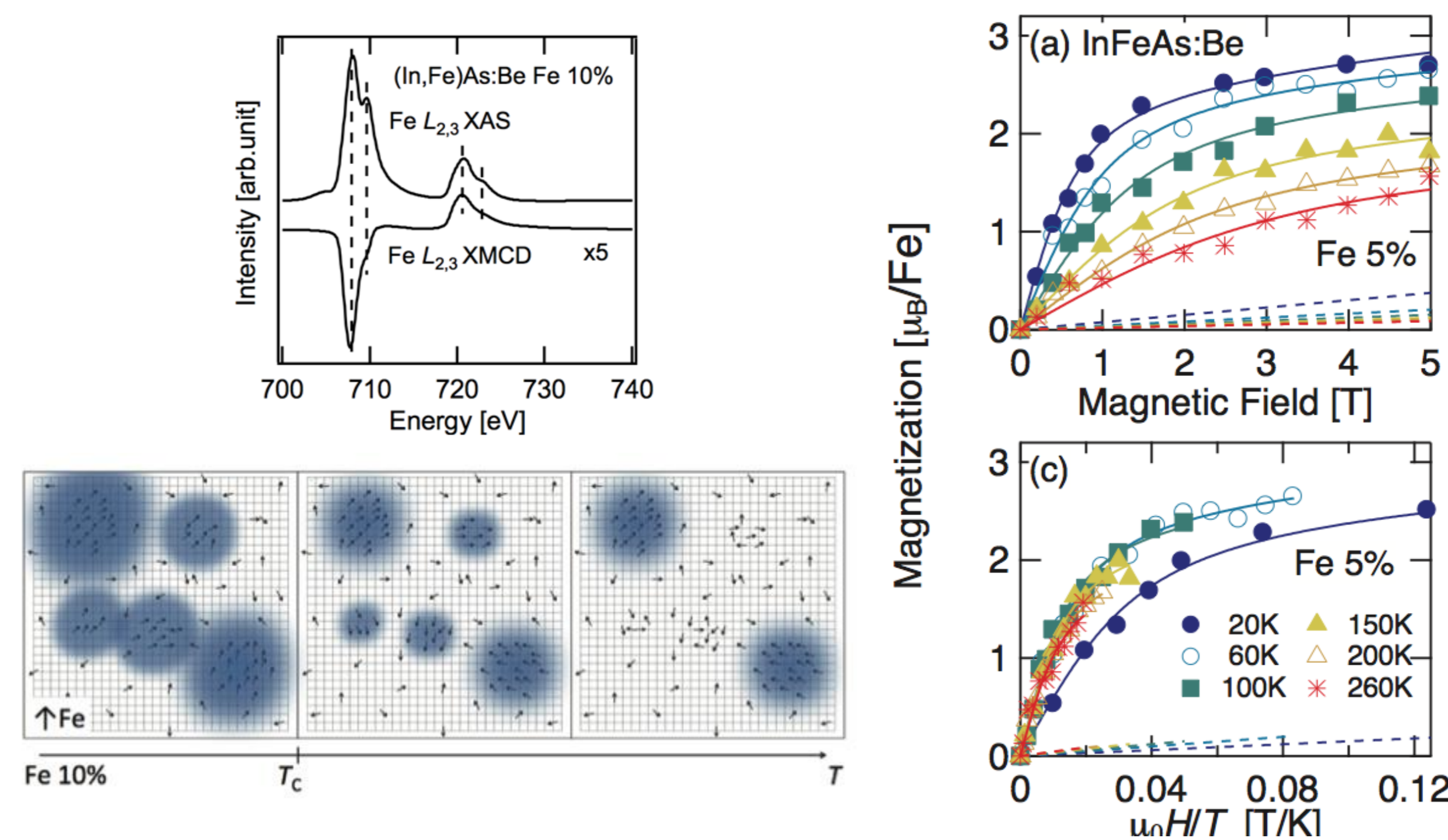
装置開発: マルチアノードMCP [6]



研究成果(1): 電界印加による薄膜の磁性の制御 [3, 4]

未公開データ

研究成果(2): 強磁性半導体の磁化過程 [5]



XMCDによる新しいn型強磁性半導体(In,Fe)Asの磁化過程の研究。Feとともにダブルドナーとして働くBeをドーピングすることで電子が導入され、強磁性が発現する。(左上)Fe L_{2,3}吸収端におけるXASとXMCD。(右)XMCD強度の磁場・温度依存性。(左下)上記のデータから示唆される、超常磁性ドメイン数の温度低下に伴う増加。ナノスケールの強磁性ドメインがキュリー温度以上でも存在し、それがFeの濃度ゆらぎ(スピノーダル分解)によるものであることがわかった。

研究成果(3):スピネル系バナジウム酸化物の軌道配列

未公開データ

まとめ

- 軟X線可変偏光ビームラインBL-16A, 硬X線XAFSライン等を用いて研究を実施。
- 対象として、Fe/BaTiO₃薄膜(界面に酸化物層を挿入したもの含む)への電界印加、強磁性半導体の磁化過程、イオン照射効果の解明、バナジウム酸化物の軌道配列、など。
- 今後、深さ分解XMCDや偏極中性子反射率も活かして界面の状態を詳細に観察。

- [1] V.R.Singh, V.K.Verma, K.Ishigami, G.Shibata, A.Fujimori, T.Koide, Y.Miura, M.Shirai, T.Ishikawa, G.f.Li, M.Yamamoto, "Electronic and magnetic properties of off-stoichiometric Co₂Mn_{1-x}Si_x/MgO interfaces studied by x-ray magnetic circular dichroism", J. Appl. Phys. 117, 203901 (2015).
- [2] K.Ishigami, K.Yoshimatsu, D.Toyota, M.Takizawa, T.Yoshida, G.Shibata, T.Harano, Y.Takahashi, T.Kadono, V.K.Verma, V.R.Singh, Y.Takeda, T.Okane, Y.Saitoh, H.Yamagami, T.Koide, M.Oshima, H.Kumigashira, and A.Fujimori, "Thickness-dependent magnetic properties and strain-induced orbital magnetic moment in SrRuO₃ thin films", Phys. Rev. B 92, 064402 (2015).
- [3] M.Sakamaki and K.Amemiya, "Observation of Fe/BaTiO₃ interface state by x-ray absorption spectroscopy", e-J. Surf. Sci. Nanotech. 13, 209 (2015).
- [4] K.Amemiya and M.Sakamaki, "Voltage-induced Changes in Magnetism of FeCo/BaTiO₃ Thin Films Studied by X-ray Absorption Spectroscopy", e-J. Surf. Sci. Nanotech., 13, 465 (2015).
- [5] S.Sakamoto, L.D.Anh, P.N.Hai, G.Shibata, Y.Takeda, M.Kobayashi, T.Koide, M.Tanaka, and A.Fujimori, "Magnetization process of the n-type ferromagnetic semiconductor (In,Fe)As:Be studied by x-ray magnetic circular dichroism", Phys. Rev. B 93, 035203 (2016).
- [6] K.Amemiya, M.Sakamaki, S.Kishimoto, T.Kosuge, K.Nigorikawa, M.Tanaka, T.Uchida, M.Saito, M.Ikeno, and K.Nakayoshi, "Depth-resolved X-ray magnetic circular dichroism measurement by a multi-anode microchannel plate detector combined with polarization switching", J. Phys.: Conf. Ser., in press.