

新規スピントロニクス材料の薄膜・界面が示す 特異な物性の多自由度軟X線分光

実験組織

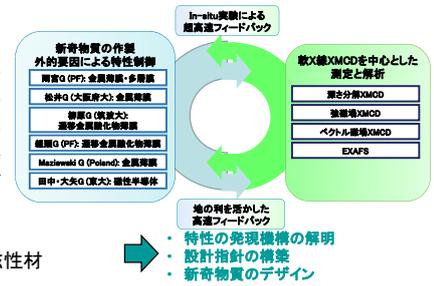
研究代表者： 藤森 淳（東京大学大学院理学系研究科）
 芝田 悟朗（東大理）、雨宮 健太、酒巻 真粒子（PF物構研）、柳原 英人（筑波大数理物質系）、松井 利之（大阪府大21世紀科学研究機構）

課題有効期間

2016年10月～2019年9月（3年間）

研究目的

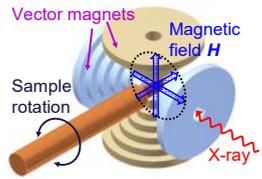
スピントロニクス材料としての応用が期待される新規磁性薄膜・多層膜について、軟X線MCDを主とした複数の相補的な実験手法を組み合わせることによって、磁気モーメントの異方性や空間分布といったミクロな磁気状態を明らかにする。様々な外場やパラメータを変化させてミクロな磁気状態の変化を詳細に調べることで、磁性薄膜・多層膜の磁性の制御方法に関して重要な手掛かりを得る。とくに、分光測定だけを行うのではなく、分光から得られた情報を試料作製グループにフィードバックし、新たな磁気特性を示す材料の開発へと繋げていく。



実験手法

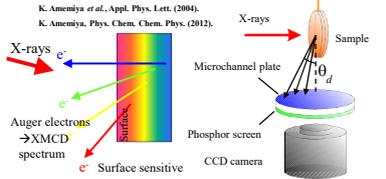
BL-16AおよびBL-7Aに設置した独自性の高い各種のX線磁気円二色性 (XMCD) 測定装置を活用して、新規磁性材料の磁気異方性や磁化の空間分布を明らかにしてゆく。

● ベクトル磁場XMCD (BL-16A2)



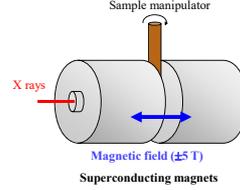
2組の超伝導マグネットを組み合わせることで、2次元的に任意の方向へ磁場を印加することが可能である。磁気異方性や、スピン分布の異方性を観測するのに用いられる。

● 深さ分解XAS, XMCD (BL-16A1, 7A)



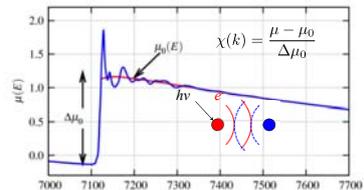
X線吸収に伴う光電子の脱出深さが電子の脱出方向によって異なるため、光電子数の方向依存性を測ることで、X線吸収およびXMCDスペクトルの深さ方向の分離が可能になる。

● 強磁場下XMCD (BL-16A1)



最大5 Tまでの磁場を利用することができ、磁気異方性の強い試料のXMCD測定に適している。また、多数の試料を同時にマウントできるため、組成依存性等の測定にも向いている。

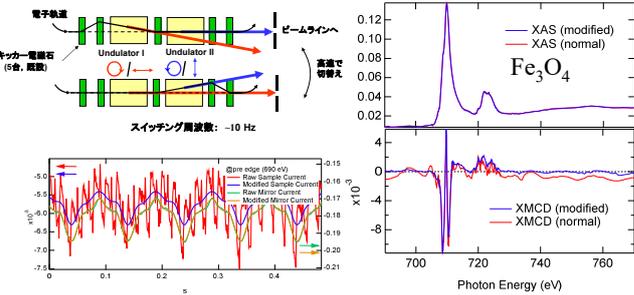
● EXAFS (BL-12C, 9C, 9A)



磁性元素の周囲の局所構造と磁性との相関を調べるため、XMCD測定と相補的にEXAFS測定も行う。

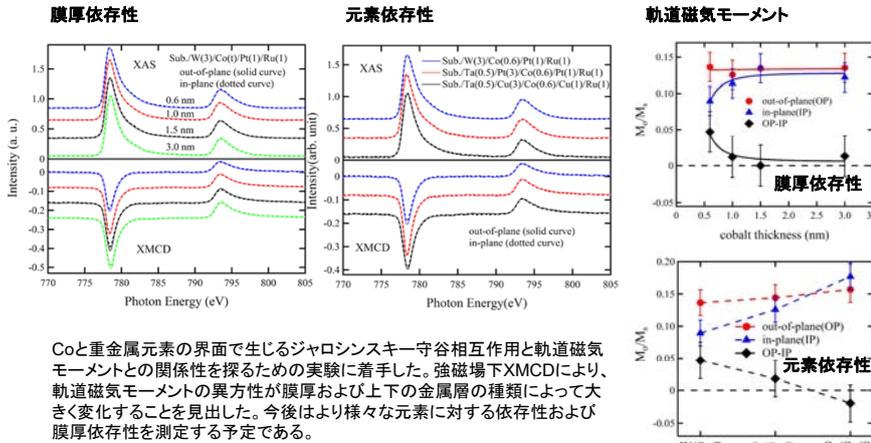
研究成果・進捗状況・今後の計画

● BL-16における高速円偏光スイッチングを用いた測定データの解析手法の発展



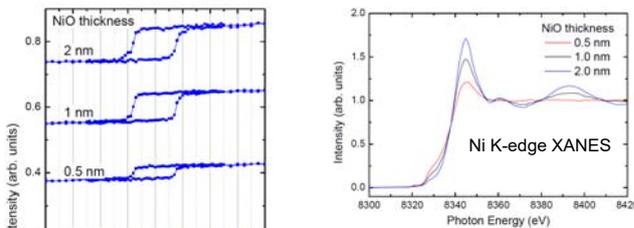
10 Hz高速円偏光スイッチングの生データをデジタル的にフーリエ変換し、特定の周波数成分(10, 20, 30, 40 Hz)のみを取り出す手法によって、ノイズを劇的に抑制できること、XMCDのバックグラウンドを大きく低減できることが明らかになった。この解析手法を利用して、今後は様々な垂直磁化膜 (CoFe₂O₄, FePt等) における軌道磁気モーメントの異方性の精密測定に着手してゆく。

● 5d遷移金属に挟まれたCo薄膜の軌道磁気モーメントの異方性



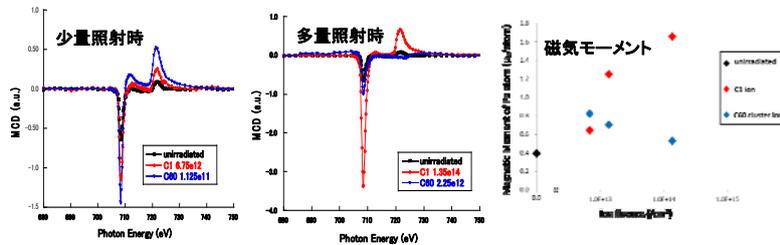
Coと重金属元素の界面で生じるジャロシンスキー-谷倉相互作用と軌道磁気モーメントとの関係性を探るための実験に着手した。強磁場下XMCDにより、軌道磁気モーメントの異方性が膜厚および上下の金属層の種類によって大きく変化することを見出した。今後はより様々な元素に対する依存性および膜厚依存性を測定する予定である。

● Au/Fe (3 nm)/NiO (0-2 nm)/BaTiO₃の磁性と化学状態



Au/Fe (3 nm)/NiO (0-2 nm)/BaTiO₃多層膜において、NiOの挿入によってFeの磁化が増大していることが分かった。同時に、NiOが薄いところで金属Ni成分が増えており、Fe/Ni界面において酸化還元反応が起こっていることが示唆された。現在、XMCDスペクトルやFe K-edge EXAFSによって、化学状態や構造の観点からNiOの挿入による磁化増大機構を解明するとともに、電界印加による磁性の制御へ向けた研究を行っている。

● FeRh薄膜の磁性のCイオン照射効果



FeRh薄膜に単一の炭素イオン(C1)とC60イオンを照射した場合のXMCDの変化を調べたところ、C1照射とC60照射の場合とで、照射量と飽和磁化の関係が異なることが示された。これは、FeRhの強磁性が総イオン照射エネルギーに依存するとしていた従来の結果とは異なるもので、付与エネルギー速度にも依存するという結果を示唆するものである。今後、深さ方向への定量的解析を進めることで、クラスター効果を定量的に検証していく。

代表的な発表等

- [1] R. Soma *et al.*, "Depth-directional magnetic modification to produce magnetic layered structure by high energetic ion-irradiation and annealing for bulk FeRh", 61st Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials (2016.10.31-11.4, New Orleans, USA).
- [2] Y. Nonaka *et al.*, "Angle-dependent XMCD study of the magnetite Fe₃O₄", The DMREF-FCMP Symposium on Mott Transitions and Computational Approaches (2017.1.17, Tokyo, Japan).
- [3] Z. Chi *et al.*, "Origin of enhanced magnetization in Co-substituted BiFeO₃ studied by x-ray magnetic circular dichroism", *ibid.*
- [4] 酒巻真粒子, "Fe/BaTiO₃における電界効果と界面酸化物の影響", 科研費基盤A研究会「酸化物薄膜界面の異方的磁性とスピン-軌道結合現象の多自由度放射光分光」(2017.3.26-27, 熱海).
- [5] 柳原英人, "Co²⁺を含むスピネルフェライトの歪と磁気異方性", 同上.