

**X線磁気円二色性を用いた高性能交換磁気異方性材料の
交換磁気異方性メカニズムの解明**
**Study of magnetic exchange coupling mechanisms using x-ray
magnetic circular dichroism**

小野寛太、谷内敏之、尾嶋正治、鈴木基寛、河村直己、高垣昌史、角田匡清
Kanta Ono, Toshiyuki Taniuchi, Masaharu Oshima, Motohiro Suzuki, Naomi Kawamura,
Masafumi Takagaki, Masakiyo Tsunoda

高エネルギー加速器研究機構、東京大学大学院工学系研究科、JASRI/SPring-8、
東北大学大学院工学研究科

High Energy Accelerator Research Organization (KEK), Univ. of Tokyo, JASRI/SPring-8, Tohoku Univ.

強磁性 / 反強磁性積層膜で観測される交換磁気異方性の起源を明らかにする上で重要な、界面で反強磁性体に誘起される強磁性成分を X 線磁気円二色性 (XMCD) により測定した。CoFe/MnIr 試料について、Ir 吸収端での XMCD により、界面での Ir に強磁性成分が誘起されていることが分かった。

We have studied a magnetic exchange coupling mechanism in ferromagnet / antiferromagnet layers using x-ray circular dichroism (XMCD). We found that interfacial Ir in CoFe(FM) / MnIr (AF) layer shows ferromagnetic moments.

はじめに

強磁性 / 反強磁性積層膜で観測される交換磁気異方性は、通常印加磁界方向に追従する強磁性体のスピンの方向が一方向に固着される現象である。交換磁気異方性はスピン相対角の人工制御性を生み出すため、磁気ランダムアクセスメモリ (MRAM) を始めとするスピントロニクスデバイスや超高密度磁気記録用スピバルブヘッド等に既に実用化されている。近年では、超高密度垂直磁気記録媒体の裏打ち軟磁性膜の磁区制御、マイクロ波帯用薄膜磁気デバイスの共鳴周波数制御への応用など、これまでにない広い応用分野での検討がなされており、ナノスピンマニピュレーションに

不可欠の要素技術となっている。

さらにその将来技術に目を向けると、従来の強磁性体磁化の反転が常にスピンの歳差運動 (プリセッション) を伴うため、サブナノ秒程度の反転時間を要するのに対し、反強磁性スピンの再配列現象はプリセッションを伴わず、数ピコ秒オーダーの磁化反転が実現されるため、交換磁気異方性材料では、レーザー誘起の超高速磁化反転が期待できるとする提案がなされ、次々世代の超高速書込 MRAM 等の基礎技術としての期待が高まっている (Nature **429**, 850 (2004))。一方で、およそ半世紀前の交換磁気異方性の発見以来、その物理の理解と特性開発が多くの研究者によって

行なわれてきたものの、現在に至るまで、本事象の統一的解釈と特性導出のための材料設計指針を欠いているのが世界的に見た研究の実状である。

このような背景のもと、高輝度放射光を活用することによりナノ磁性体について磁区構造・磁化反転ダイナミクス・交換磁気異方性を明らかにし、将来のナノスピンマニピュレーションを実現することを目指している。そこで、本研究では強磁性/反強磁性積層膜の反強磁性層/強磁性層界面に着目し反強磁性体 (MnIr) の界面に誘起される反強磁性体のスピン配列を Ir 吸収端での X 線磁気円二色性により明らかにすることを目的として研究を行った。同様の実験は軟 X 線領域で Mn 吸収端で行われているもの、硬 X 線領域で Ir 吸収端での実験を行うことにより、より精密に反強磁性体のスピン配列の測定を行う。

実験方法

試料は東北大学高橋研究室で作製した世界最高の交換磁気異方性 ($JK=1.3 \text{ erg/cm}^2$) を有する CoFe/MnIr 薄膜について行った。Ir L- 吸収端で X 線磁気円二色性の測定を行った。

X 線磁気円二色性の測定は、X 線移相子により左右円偏光の切り替えを行い、試料からの蛍光を SDD 検出器で検出することにより測定した。また、最大の X 線磁気円二色性強度が得られるエネルギーに固定し、電磁石で試料に磁場を印可しながら X 線磁気円二色性強度をプロットすることにより、元素選択ヒステリシス測定を行った。

実験結果

CoFe/MnIr 薄膜について、Ir L 吸収端で

XMCD 測定を行った結果、弱いながらも XMCD シグナルを測定することが出来た。また、Ir の元素選択ヒステリシス曲線は薄膜全体の磁化曲線と同様に交換バイアスによるシフトを観測することが出来た。

今後の展望

現在まで、交換磁気異方性の起源についての統一的解釈や特性導出のための材料設計指針はまだ存在しない。本研究の実施により、交換磁気異方性の起源について、反強磁性体の界面でのスピン状態が重要であることが分かった。今後はさらに研究を進め、更なる高性能材料開発を世界に先駆けて行うための材料設計指針を得ることが重要であると考えられる。交換磁気異方性材料は、既にスピンエレクトロニクス・磁気記録分野で広く用いられており、さらなる高性能化が熱望されているため、本研究により基礎研究のみならず産業応用に関しても大きな発展が期待される。