

# 深さ分解 XMCD による Co/Au 界面における異方的な磁気モーメントの観察 Observation of anisotropic magnetic moments at Co/Au interface by means of depth-resolved XMCD

雨宮健太<sup>1</sup>, 鈴木真粧子<sup>2,1</sup>

<sup>1</sup>高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所

〒305-0801 茨城県つくば市大穂 1-1

<sup>2</sup>群馬大学 大学院理工学府

〒376-8515 群馬県桐生市天神町 1-5-1

Kenta AMEMIYA<sup>1,\*</sup> and Masako Suzuki-SAKAMAKI<sup>2,1</sup>

<sup>1</sup>Institute of Materials Structure Science, High Energy Accelerator Research Organization,  
1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki 305-0801, Japan

<sup>2</sup>Graduate School of Science and Technology, Gunma University,  
1-5-1 Tenjin-Cho, Kiryu, Gunma 376-8515, Japan

## 1 はじめに

磁性薄膜の原子レベルの界面における磁気モーメントの異方性は、膜全体の磁気異方性に大きな影響を与えるため、これまでも盛んに研究されている。一般に、十分に強い磁場中で X 線磁気円二色性 (XMCD) の入射角依存性を測定することによって、軌道磁気モーメントの面内、面直成分とスピン磁気モーメントを分離して求めることができる。一方、原子レベルの界面における磁気モーメント(およびその異方性)を直接的に観察することは簡単ではないが、2 原子層の Co 薄膜を Au でサンドイッチした試料を用いることで、これを実現した報告がある[1]。この試料では、それぞれの Co が、一方は Co, 他方は Au に接しているという特殊な状況にあるため、全ての Co を Co/Au 界面とみなすことができる。ただし、この方法は 2 原子層より大きな膜厚では適用することができない。

筆者らは以前から、電子収量法による XMCD 測定において、電子の出射角を弁別することによって検出深度を制御し、原子層レベルの深さ分解能を実現する「深さ分解 XMCD 法」を開発してきたが、最近、電子のかわりに蛍光 X 線を角度分解して検出することによって、磁場中での深さ分解 XMCD 測定を可能にした[2]。そこで本研究では、蛍光収量法による深さ分解 XMCD 法を Au/Co/Au 薄膜に適用し、2 原子層よりも厚い Co 薄膜に対して、Co/Au における磁気モーメントの異方性を観察することを試みた。

## 2 実験

Au/Co/Au 薄膜は、室温において Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(0001)単結晶基板上に Au と Co を電子衝撃加熱法で順次蒸着することによって作製した。Co の膜厚は試料上の位置によって 0 から 3 nm の範囲で連続的に変化するようにした(wedge 形状)。この試料を Photon Factory BL-16A の電磁石 XMCD 装置(±12 kOe までの磁場を

印加可能)にセットし、真下に軟 X 線 CCD カメラを設置することによって、磁場中での蛍光収量深さ分解 XMCD 測定を行った(図 1)。試料は図のように鉛直軸周りに回転できるため、XMCD の入射角依存性を測定することが可能である。

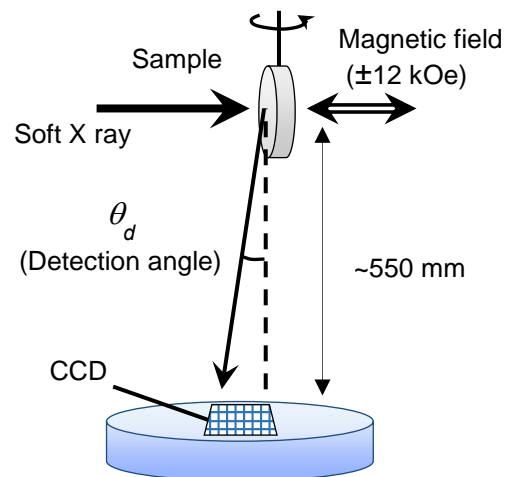


図 1 : 磁場中での蛍光収量深さ分解 XMCD 測定のセットアップ。

## 3 結果および考察

直入射( $\theta = 0^\circ$ ;  $\theta$  は試料法線方向からの角度)および斜入射( $\theta = 70^\circ$ )で測定した XMCD スペクトルの検出深度依存性を図 2 に示す。X 線を照射した部分の Co の膜厚は約 1.5 nm (7 原子層)である。ここで、検出深度は蛍光 X 線の出射角から計算した[2]。全体的に、直入射条件の方が低エネルギー側の負のピークが大きく、高エネルギー側の正のピークが小さい傾向にある。XMCD では、スペクトル全体をエネルギー軸にそって積分した値が軌道磁気モーメントに比例するため、このことは、直入射条件(面直方向の

磁気モーメントを観察)の方が、軌道磁気モーメントが大きいことを示している。さらに、同じ直入射のスペクトルでも、検出深度が浅くなるほど、2つのピークの強度差が大きくなることから、Co/Au 界面において Co の面直方向の軌道磁気モーメントが増大していることが示唆される。

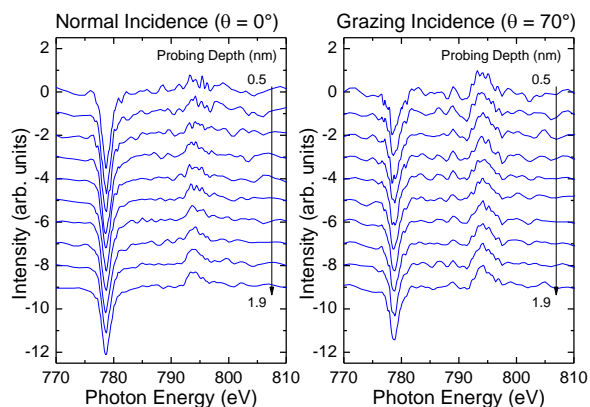


図 2 : 直入射(左)および斜入射(右)条件で測定した Co L 吸収端 XMCD スペクトルの検出深度依存性。

#### 4 まとめ

Au/Co/Au 薄膜に対して、磁場中での蛍光収量深さ分解 XMCD 測定を行い、Co/Au 界面における磁気モーメントの異方性を観察することを試みた。今後、角度依存性を考慮した磁気総和則を用いて、定量的な磁気モーメントの解析を行う予定である。

#### 参考文献

- [1] T. Koide et al., Phys. Rev. Lett. **87**, 257201 (2001).
- [2] M. Sakamaki and K. Amemiya, Rev. Sci. Instr. **88**, 083901 (2017).

\* kenta.amemiya@kek.jp