

位置分解偏光依存 EXAFS を用いた Pt/Co/Pt 薄膜におけるレーザー照射による磁気異方性変化の機構解明

Mechanism of laser-induced change in magnetic anisotropy of Pt/Co/Pt thin films by means of spatially-resolved polarization-dependent EXAFS

雨宮健太^{1,*}, 酒巻真粧子¹¹物質構造科学研究所, 放射光科学研究施設 〒305-0801 つくば市大穂 1-1Kenta AMEMIYA^{1,*} and Masako SAKAMAKI¹¹Institute of Materials Structure Science, Photon Factory,
1-1 Oho, Tsukuba, 305-0801, Japan

1 はじめに

磁性薄膜において、磁気異方性(膜に平行, 垂直どちらの方向に磁化されやすいか)を制御すること, 特に高密度磁気記録のために必須な面直磁化を実現することは、極めて重要な課題である。最近 Maziewski らのグループは、Pt/Co/Pt 薄膜において、Ga⁺イオンの照射によって垂直磁化が実現することを見出した。そこで我々は EXAFS を用いて、結合距離・配位数の異方性から、その起源を明らかにした[1,2]。さらに彼らは最近、レーザー照射によって垂直磁化を実現することに成功した[3-5]。本研究では、レーザー照射による磁気異方性変化の機構を解明するために、Co の K および L 吸収端において、位置分解 XAFS 測定を行い、Co の化学状態と構造の変化を観察した[6]。ここでは特に、Co K 吸収端で測定した偏光依存 EXAFS の結果を報告する。

2 実験

Co K 吸収端 EXAFS 測定は、硬 X 線ビームライン BL-9A において行った。あらかじめ大気中でレーザーを照射した Pt/Co/Pt 薄膜に X 線を照射し(入射角は表面から 25 度), X 線吸収に伴って放出される電子を光電子顕微鏡(PEEM)によって取り込むことで、位置分解した電子収量 EXAFS スペクトルを得た。また、PEEM を装着した真空チェンバーを光軸周りに 90 度回転することによって、電場ベクトルが試料表面に平行な配置(in-plane polarization)と垂直に近い配置(out-of-plane polarization)を実現した。測定はすべて真空下, 室温で行った。

3 結果および考察

図 1 に、レーザーを照射した Pt/Co/Pt 薄膜に対して、Co K 吸収端付近の X 線を用いて測定した PEEM 像を示す。レーザーのパワー密度は、中心にいくほど高くなっている。解析においては、図に示すように 10 μm 幅の同心円状の領域ごとに電子の強度を足し合わせ、それを入射 X 線エネルギーに対してプロットすることによって、位置分解した EXAFS スペクトルを得た。

図 2 に、それぞれの位置における偏光依存 EXAFS スペクトルを示す。レーザー照射スポットの中心付近では、 ~ 7720 eV に鋭いホワイトラインが観察され、Co が酸化されたことが示唆される。これは、レーザー照射によって蒸発した Co が、大気中で酸化され、表面に戻ってくる効果(再蒸着)だと理解できる。一方、薄膜が面直磁化を示す領域(中心からの距離が 115 μm 程度)では、Co 酸化物は一部しか観察されず、レーザー照射による Co の蒸発とそれに引き続く再蒸着は、主にスポットの中心付近で起こっていることがわかる。EXAFS のフーリエ変換を図 3 に示す。レーザー照射スポットの中心から十分離れた位置では、ほぼ金属 Co となっているが、中心に近づくにつれて Co-O 結合が顕著になり、Co 酸化物の割合が増加している。

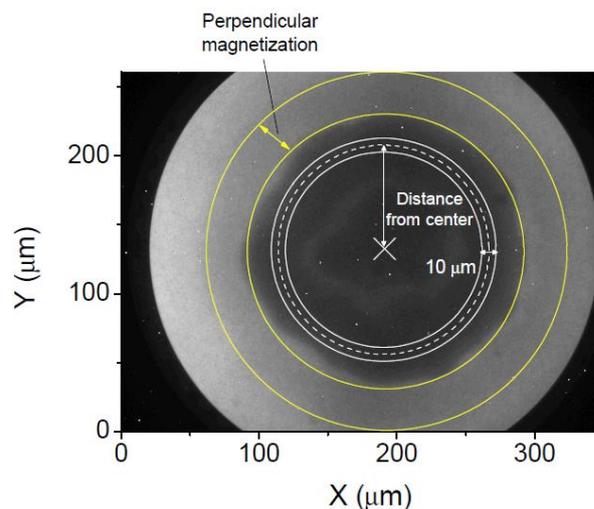


図 1 : Co K 吸収端付近で測定した PEEM 像。面直磁化を示す領域を黄色で示す。

図 4 に、EXAFS の解析結果を示す。レーザー照射スポットの中心に近づくにつれて、Co-Co の配位数が減少し、Co-O の配位数が増加している。また、Co-Co 結合の距離については、中心から離れた位置では典型的な金属 Co の結合距離に近いが、少し中

心に近いところ(面直磁化を示す領域)で急激に距離が増加している。さらに、面直磁化を示す領域では面内方向と面直方向の Co-Co 距離にあまり差がないのに対し、そこから中心に近づくにつれて、面内方向の Co-Co 距離が短く、面直方向の距離が長くなっていく。このような構造変化が、磁気弾性効果を通じて磁気異方性の変化を引き起こしていると考えられる。

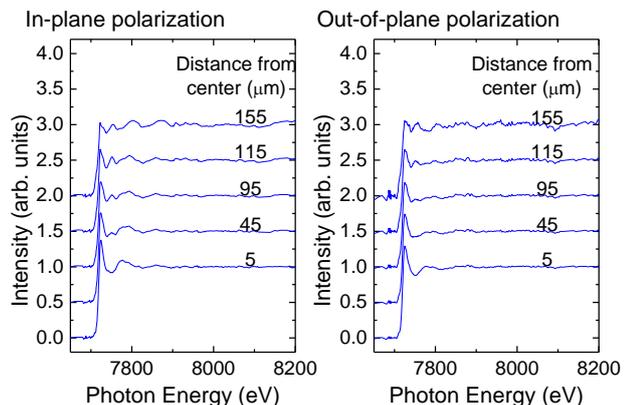


図 2 : Co K 吸収端 EXAFS の位置および偏光依存性。

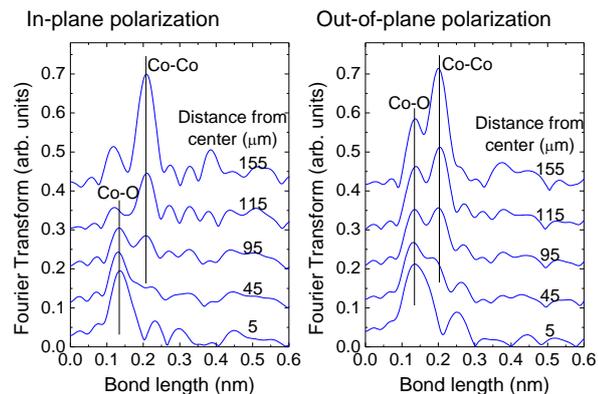


図 3 : Co K 吸収端 EXAFS のフーリエ変換の位置および偏光依存性。

4 まとめ

Pt/Co/Pt 薄膜に対するレーザー照射による磁気異方性変化の機構を、PEEM を用いた位置分解 XAFS 測定によって明らかにした。その結果、適度なレーザー照射によって Co-Co 距離が増大することが、面直磁化を引き起こしていることが示唆された。また、レーザーパワー密度がより高い中心付近では、面内方向の Co-Co 距離が減少するとともに面直方向の距離が増加し、これが再び面内磁化を発現させていることが明らかになった。

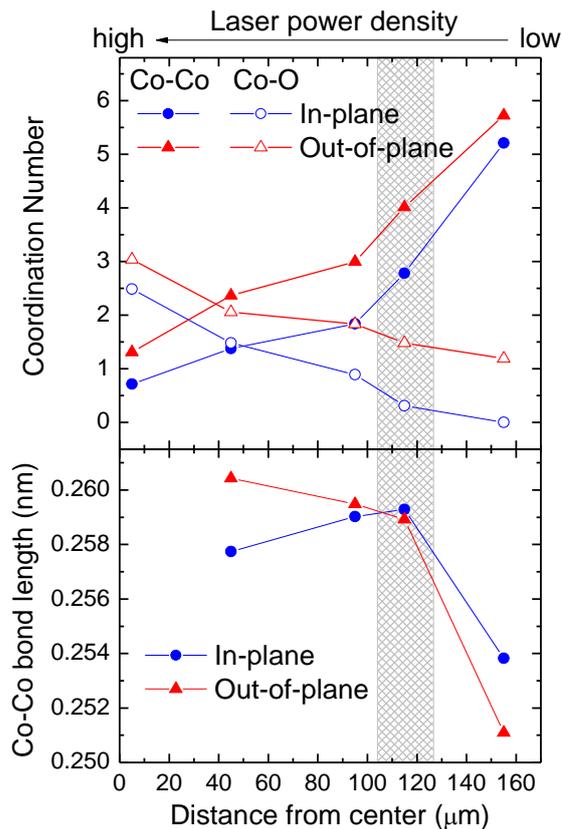


図 4 : Co K 吸収端 EXAFS の解析結果。面直磁化に対応する領域をハッチで示す。

参考文献

- [1] M. Sakamaki et al., *Phys. Rev. B*, **86**, 024418 (2012).
- [2] M. Sakamaki et al., *Phys. Rev. B*, **94**, 174422 (2016).
- [3] J. Kisielewski et al., *J. Appl. Physics*, **115**, 053906 (2014).
- [4] E. Dynowska et al., *Nucl. Instr. Meth. B*, **364**, 33 (2015).
- [5] W. Szuszkiewicz et al., *Phase Transitions*, **89**, 328 (2016).
- [6] K. Amemiya and M. Sakamaki, *PF Activity Report*, **34**, 175 (2017).

* kenta.amemiya@kek.jp