

BL-16A を利用した Co 薄膜の XAFS 測定

物質構造科学研究所 酒巻真珠子

1. はじめに

BL-16A は 2008 年 10 月から共同利用実験が始まり [1], 早速 BL-16A にて X 線吸収微細構造法 (XAFS) の実験を行う機会に恵まれた。測定に用いた Co 薄膜の試料はどれも厚い保護層で覆われており, 内部に埋まった Co からの微小な信号を取り出すためには BL-16A のような光強度の強いビームラインを使う必要があった。実は前年度に同じ試料を用いた実験を BL-11A にて行ったが, ノイズの大きさをゆえ定量的な解析を断念した経緯がある。この先, 両ビームラインにおけるデータを比較しながら研究内容を紹介したい。

1-1. Depth resolved XMCD analyses of Mo/Co/Au and Au/Co/Au films

磁性薄膜の磁気異方性は基板と被膜層の組み合わせや膜厚によって変わってくる。私たちはこれまで, 被膜層に Mo, あるいは Au を採用したときに発現する Co の磁気異方性に関する研究を, X 線磁気円二色性 (XMCD) を用いて行ってきた。今回はさらに, Amemiya らによって開発された深さ分解 XMCD 法 [2] を適用し, 被膜層と磁性層が接合する界面の電子状態を原子層レベルで調べることを目的とした。まず Fig. 1 に BL-11A で得られた 2 種類の薄膜試料の Co *L*-edge XMCD スペクトルを示す。Co の膜厚は 5 原子層 (約 1 nm), いずれも基板は厚さ 2 nm の Au(111) である。左図は被膜層が Mo (厚さ 1 nm) の場合, 右図は Au (厚さ 2 nm) の場合に相当する。検出は電子収量法を用いており, λ は検出深さを表している。表面敏感性が増すほどノイズが大きくなる傾向が見られるのは, 試料からすれすれ出射角で出てくる電子数が少

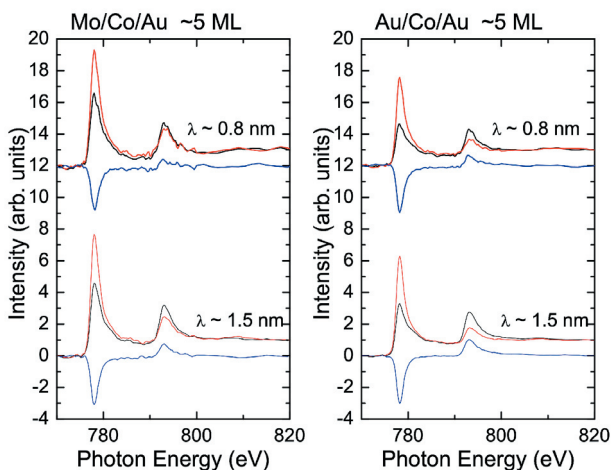


Figure 1 Co *L*-edge XAS/XMCD spectra of Mo/Co/Au and Au/Co/Au films measured at BL-11A.

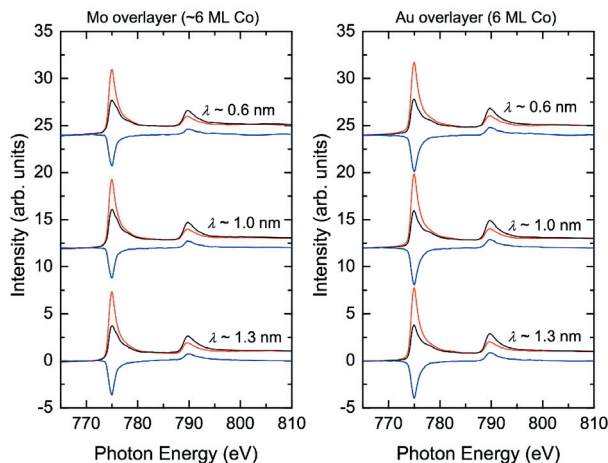


Figure 2 Co *L*-edge XAS/XMCD spectra of Mo/Co/Au and Au/Co/Au films measured at BL-16A.

ないため, このノイズレベルでは定量的な XMCD 解析は難しい。一方, Fig. 2 に BL-16A で得られた Co *L*-edge XMCD スペクトルを示す。このときの Co の膜厚は 6 原子層 (約 1.2 nm), 基板は同様に厚さ 2 nm の Au(111) である。Fig. 1 同様に左図は被膜層が Mo (厚さ 1 nm) の場合, 右図は Au (厚さ 2 nm) の場合に相当し, 異なる λ でのスペクトルを示した。Fig. 1 と Fig. 2 を比較すると格段とデータの質が向上しており, 数 nm の厚い被膜に覆われた数原子層ほどの試料でも, 十分に深さ分解 XAFS 定量解析が可能なデータが得られることが明らかになった。

1-2. Magnetic properties of Ga⁺ irradiated Pt/Co/Pt thin film

1-1 では膜厚や基板・被膜層の組み合わせによる磁気異方性の制御に基づいた研究を示したが, この他にも温度変化, イオン打ち込み, 分子吸着などによって磁気異方性を制御することも可能である。そこで私たちは, 特に Ga イオンを Pt/Co/Pt 薄膜に打ち込むことによって生じる垂直磁気異方性に注目し, XAFS による構造・電子状態解析を行ってきた。試料の膜厚は基板の Pt が 4.5 nm, Co が 2.4 nm, 被膜層の Pt が 3.5 nm で, polar MOKE によるイメージング画像を Fig. 3 に載せた。Ga イオンのドーズ量の変化に応じて Zone0 から Zone7 まで区切られ, 白く光る領域が面直磁気異方性を示す領域に対応している。この試料の特に Zone0 と Zone2, すなわち面内と面直磁気異方性を示す二点を用いて Co *L*-edge X 線吸収スペクトル (XAS) 測定を行った結果を Fig. 4 に示す。このデータは BL-11A で得られたものである。ドーズ量の増加に伴ってピーク強度の増加が見られ, さらに矢印に示したようにサテライト

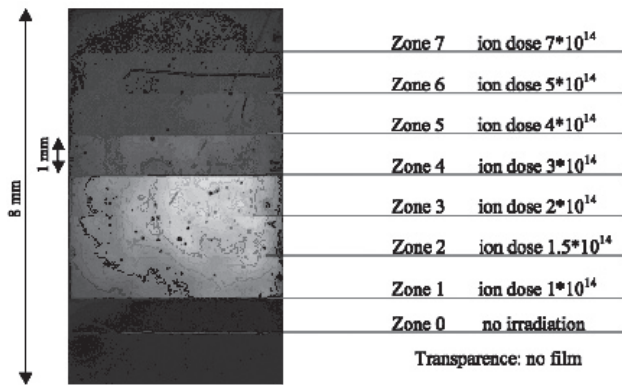


Figure 3 Polar MOKE imaging of Ga^+ irradiated Pt/Co/Pt film. The brightness of each pixel is proportional to the product of the local remanence and the maximum value of Kerr rotation.

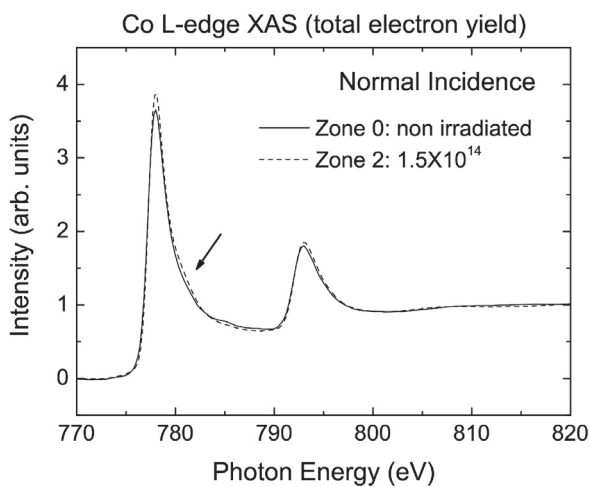


Figure 4 Co L-edge XAS spectra of Ga^+ irradiated Pt/Co/Pt film measured at BL-11A.

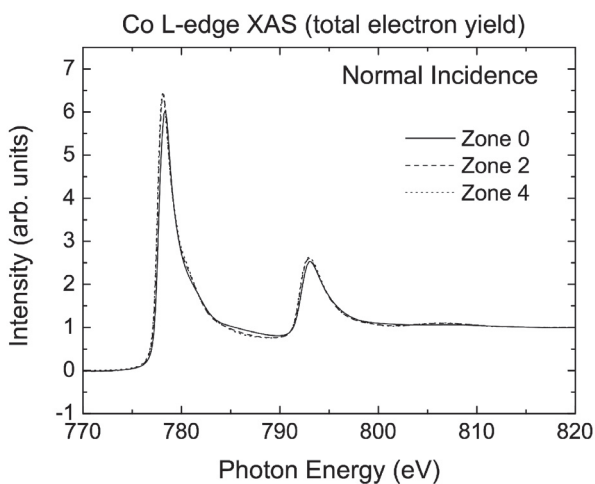


Figure 5 Co L-edge XAS spectra of Ga^+ irradiated Pt/Co/Pt film measured at BL-16A.

構造の出現が見られた。これはイオン打ち込みによる構造乱れ、あるいは界面の intermixing によって Co の電子状態が大きく変化したことに由来するものと考えられる。スペクトル構造を更に詳しく観察するため、16A での測定を

試みた。Fig. 5 に 16A における Co L-edge XAS 測定結果を示す。Fig. 4 に比べて細かいスペクトル構造が見られ、ドーズ量に伴うスペクトルの系統的变化も見られる。特にドーズ量の増加に伴って 783 eV 付近の構造が小さくなる様子が確認された。被膜層が 1-1 の試料に比べて厚いにも関わらず、ここでも XMCD の定量解析に十分耐えるデータを得ることができ、16A がこのような磁性薄膜試料からの微小な信号に対し非常に有用であることを実感した。

2. まとめ

磁性薄膜の磁気異方性に関する詳しい議論を行う際、理想的な条件に近づくために in-situ での実験を行うのがより一般的である。ところが今回紹介した二つの試料は、より応用・実用での条件に近づくため ex-situ のものを採用した。そのため厚い保護層によって、注目したい元素からの信号強度が弱められるという難点があったが、16A ではそういった難点を克服しうる光強度での実験が可能であることを確認した。今後は磁気多層膜を用い、非磁性層に誘起された磁性の微小な信号を見る、等の実験も計画している。

最後に、測定から解析に至るまで丁寧にご指導下さった物構研・雨宮健太博士と隅井良平博士、試料作製と polar MOKE 測定をして下さったポーランド・Białystok 大学・A. Maziewski 教授、ポーランド科学アカデミー・L.T. Baczewski 博士と A. Wawro 博士、解析に関してご尽力下さった千葉大学・小西健久博士、実験のサポートを下さった慶應大学・阿部仁博士に心から感謝申し上げたい。

引用文献

- [1] 雨宮健太, PF news 26 (2) p.8, 25 (3) p.9, 伊藤健二, PF News 24 (3) p.9, 23 (2) p.10 等
- [2] K. Amemiya, E. Sakai, D. Matsumura, H. Abe, T. Ohta, and T. Yokoyama, Phys. Rev. B **71** (2005) 214420 等