

硬 X 線 MCD による Co/Pt ドットの磁化ダイナミクスの時間分解測定

菊池伸明¹, 蓬田貴裕¹, 金原大樹¹, 岡本聡¹, 北上修¹, 島津武仁¹, 大沢仁志², 鈴木基寛²
(¹東北大, ²JASRI/SPring-8)

Time-resolved hard X-ray MCD measurement on magnetization dynamics of a Co/Pt multilayer dot
N. Kikuchi¹, T. Yomogita¹, D. Kanahara¹, S. Okamoto¹, O. Kitakami¹, T. Shimatsu¹, H. Osawa², M. Suzuki²
(¹Tohoku Univ., ²JASRI/Spring-8)

はじめに

磁性金属である Co と非磁性金属である Pt を積層した界面においては、大きな磁気異方性が発現することや Pt 原子に大きな磁気モーメントが誘起されることが知られている[1]. また、磁性層と Pt 層が接した界面を有する構造においてはダンピングが著しく増大するなど、動的な磁化の挙動にも影響を及ぼすことが報告されている. これらの現象の理解は、物理的な興味のみならずデバイスの高速動作という観点からも重要であり、分極した Pt 原子の磁気状態・動的挙動の測定が重要となる. 本研究においては元素選択性を持つ X 線磁気円二色性 (X-ray Magnetic Circular Dichroism : XMCD) を用いて、rf 磁場により励起された Co/Pt 多層膜ドット中の分極した Pt 原子の挙動についてナノ秒領域での時間分解測定を行ったので報告する.

実験方法・結果

MgO(100)基板上に rf 磁場印加用の幅 5 μm のコプレーナ型伝送線路を厚さ 100nm の Au 層を用いて作製した. 厚さ 100nm の SiO_x 絶縁層を製膜したのち、Co/Pt 多層膜を Ta(0.5)/Pt(1)/Ru(24)/Pt(0.5)/[Co(1.3)/Pt(0.5)]₄/Ru(2) の構成で DC マグネトロンスパッタリングにより成膜した. 数字は各層の膜厚で単位は nm である. Co/Pt 多層膜を電子線リソグラフィ・Ar イオンエッチングにより直径 5 μm のディスク状に加工し、下地層を異常 Hall 効果(AHE)検出用の十字型電極に加工した. 伝送線路を用いて GHz 帯の高周波磁場を発生させると、強磁性共鳴条件において磁化の歳差運動が誘起されることで膜面に垂直な磁化成分が変化し、この変化を AHE および XMCD により検出できる. なお、XMCD の測定は SPring-8 のビームライン BL39XU にて実施し、Pt の L₃ 吸収端を用いた. また、X 線は半値幅が約 300 nm 程度のスポット状にした. Fig. 1 に $f_{\text{rf}}=3$ GHz の連続波の rf 磁場を印加時した際の XMCD の dc 磁場 H_{dc} に対する変化を示す. $H_{\text{dc}}=2.2\text{kOe}$ 付近を極小とする強磁性共鳴に起因するディップが観測され、AHE の結果とも一致した. 非対称のディップ形状は大振幅の歳差運動による foldover 効果によるものである. 次に、高周波磁場を幅 100 ns, 振幅立ち上がり時間約 3 ns, 繰り返し周波数 208kHz のパルス状とし、rf 磁場の印加開始に対する X 線パルス (幅 80ps) 入射の遅延時間 Δt を変化させることで、磁化の時間変化を測定した. なお、X 線の照射位置はドット中心から 1 μm 外側とした. Fig. 2 に $H_{\text{dc}}=2.2$ および 2.3kOe の場合の磁化の時間依存性を示す. いずれも Fig. 1 に示したディップの極小値近傍の条件であるものの、その時間依存性には大きな違いが見られた. 特に、 $H_{\text{dc}}=2.2\text{kOe}$ の場合は飽和値に達するまでに rf 磁場の立ち上がり時間に比べて一ケタ程度長い 30ns を要しており、大振幅の歳差運動の励起速度が強い磁場依存性を持つことを示唆している.

参考文献 [1] M. Suzuki *et al.*, PRB 72, 054430 (2005)

謝辞 本研究の一部は、文科省「物質・デバイス領域研究アライアンス」および科研費、JST「戦略的イノベーション創出推進プログラム(S・イノベ)」ならびに SRC からの援助の下行われた.

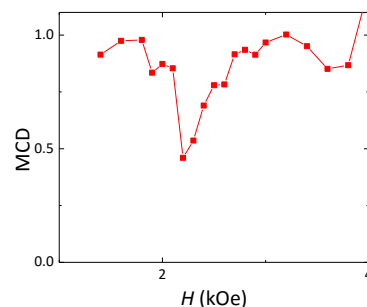


Fig. 1 Pt-L₃ edge XMCD signal of a single Co/Pt multilayer dot as a function of dc field measured under application rf fields ($f_{\text{rf}}=3$ GHz).

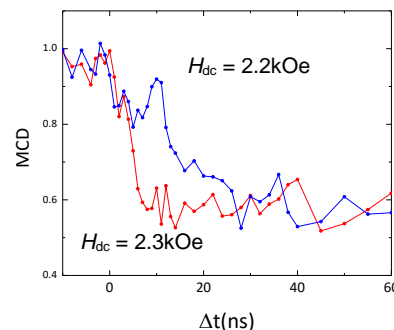


Fig. 2 MCD signals of a Co/Pt multilayer dot after application of rf field as a function of delay time Δt under dc field $H_{\text{dc}} = 2.2$ and 2.3 kOe.