

シード型自由電子レーザー、放射光を用いた GdFeCo の 時間分解共鳴磁気光学効果の研究

Study of time-resolved resonant magneto-optical Kerr effect using seeded-type free electron laser and a synchrotron radiation

山本真吾 (東大物性研)
Sh. Yamamoto (Univ. of Tokyo, ISSP)

フェリ磁性合金GdFeCoは、可視域での大きな磁気光学効果をもつこと、垂直磁気異方性を持つために垂直磁気記録媒体の材料として有力であること等によりこれまで注目を集めてきた。X線域の超短パルスレーザーの利用が可能になり元素選択的な時間分解測定が可能となってきた昨今、GdFeCoの磁化反転の時間特性に関して興味を持たれている。超高速領域の磁化反転がslicingを用いた時間分解XMCDによって観測され[1]、その反転機構に関する議論がまだ決着がつかない。GdFeCoはGd(希土類:RE)副格子とFeCo(遷移金属:TM)副格子の2つの互いに逆向きで大きさが異なる磁化がカップリングしている。それぞれの磁化の温度依存性が異なるために、補償温度(T_c)と呼ばれるある温度で正味の磁化がゼロとなる。これの前後でRE副格子とTM副格子の磁気モーメントの大きさが逆転し、外部磁場を印可した際のその方向に向く磁気モーメントの副格子が逆になる。[1]の先行研究ではポンプ光照射前にこの T_c よりも低い温度に試料温度を設定し、ポンプ光照射によって数百fsのオーダーで電子温度の上昇を起こし、 T_c をまたぐことで外部磁場と同じ方向に遷移金属の磁気モーメントが反転をしたと述べている。それに対して放射光を用いた時間分解XMCD-PEEMによる先行研究では外部磁場、補償温度をまたぐ過程はこの磁化反転に不可欠な要素ではなく2つの副格子間の非等価性、すなわち異なる磁化の温度依存性がこの磁化反転には本質的だと述べている[2]。ただこの測定は放射光の時間特性の範囲内での磁化反転の観測であり、[1]の超高速領域での磁化反転と等価なものであるかは不明であり直接比較することはできない。本研究ではGdFeCoのFeの吸収端に合わせたエネルギーを用いた共鳴磁気光学測定[3]によってFeの磁化ダイナミクスを室温で~100 fsの時間分解能で追跡した。高強度レーザー照射後200 fsでFeの磁化反転が観測された。本発表では、この磁化反転機構について重要な要素が補償温度をまたぐことではないこと、またエネルギー、角運動量の議論から、反転過程に生じていたことが示唆されるRE-TM副格子間の過渡的な強磁性的カップリング状態が重要であることを述べる[4]。また、本発表ではこの時間分解測定の予備実験のために行った放射光を用いた定常状態の共鳴磁気光学スペクトル測定の結果を共鳴散乱理論に基づく計算結果とともに示す。

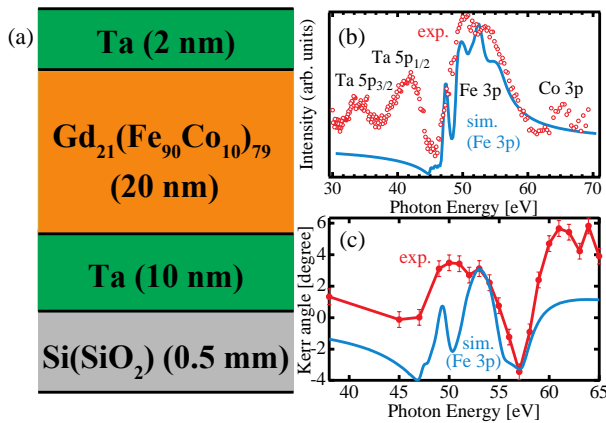


図1 (a) 試料の膜構造 (b) GdFeCoの吸収スペクトル。実験値(丸線)と計算値(実線) (c)放射光を用いた定常状態の共鳴MOKEスペクトル測定の結果。実験値(丸線)と計算値(実線)

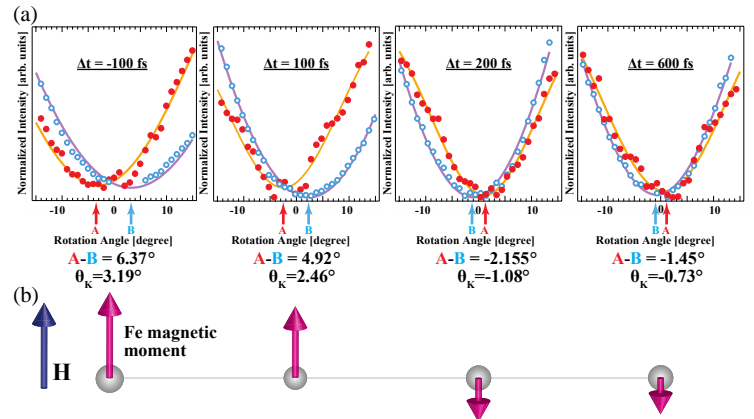


図2 (a) 時間分解共鳴MOKE測定結果。各遅延時間においてそれぞれ2つ示されている曲線は印可磁場の向きが上向き、下向きに対応する。(b)カー回転角の変化からFeの磁化ダイナミクスを模式的に表したものの。

[1] I. Radu *et al.*, Nature, **472**, 205, 2011
 [2] T. A. Ostler *et al.*, Nat. Commun., **3**, 666, 2012
 [3] Sh. Yamamoto *et al.*, Phys. Rev. B, **89**, 064423, 2014
 [4] Sh. Yamamoto *et al.*, "Ultrafast spin-switching of a ferrimagnetic alloy at room temperature traced by resonant magneto-optical Kerr effect using a seeded free electron laser" to be submitted