

超短パルスレーザー高強度照射下における磁化の磁界依存性

Magnetic field dependence of magnetization under high-intensity ultrashort pulsed laser irradiation

○石田雄哉¹, 高橋壽生¹, 吉川大貴², 塚本新²*Yuya Ishida¹, Tokio Takahashi¹, Hiroki Yoshikawa², Arata Tsukamoto²

Abstract: All-optical magnetization switching (AOS) has little magnetic field dependency. Therefore, the creation of magnetic domain depends on the magnetization recovery process and magnetic domain wall motion under AOS phenomena. In this study, we measured pump and probe measurement of a GdFeCo thin film in tens fs ~ tens ps under magnetic field for clarification of the magnetic field dependency under AOS phenomena.

はじめに: 希土類遷移金属フェリ磁性薄膜への超短パルス光照射によって全光型磁化反転 (AOS) という磁化反転現象を誘起させることができる^[1]. ここで, AOS 現象下での磁化回復過程や磁壁移動を含む磁区形成過程において, 磁界による影響を明確化することが重要となる. そこで, AOS 現象下の磁化の磁界依存性を明らかにすることを目的として, 強励起下での磁界依存の時間領域を明らかにし, 磁化への作用について検討を行った. 本報告では AOS 特性を有する GdFeCo 薄膜に対し, 高強度超短パルスレーザー照射による強励起下での時間分解磁気光学計測につき検討を行った.

実験方法: マグネトロンスパッタリング法により作製した SiN (60 nm) / Gd₂₃Fe_{67.4}Co_{9.6} (20 nm) / SiN (5 nm) / glass sub. を測定試料として, 光源に中心波長 800 nm の超短パルスレーザーを用いた磁界による磁化反転の磁気光学効果計測, 全光型ポンプ・プローブ法による時間分解計測を行った. 本手法では不可逆応答である磁化ダイナミクスを繰り返し計測するため保磁力以上の磁界を印加する必要がある. その条件下で磁界依存性を検討するため, 試料の膜面垂直方向から約 54° 傾けた方向に保磁力以上 (実効的保磁力は約 400 Oe) の 948, 1895, 2843, 3791, 4738 Oe の磁界を印加した.

実験結果: Fig. 1 に磁気光学効果計測の結果, Fig. 2 に磁化反転過程の時間分解計測の結果を示す. ここで, Fig. 1 と Fig. 2 の計測手法は一部信号同期系が異なったものであるが, 検出光学系および電気信号検出処理機器は同一であり, 縦軸の変化量は磁気光学応答 (V_F) の変化として対応している. Fig. 1 において約 21 mV 付近を上向き磁化としている. Fig. 2 と Fig. 1 の点線は対応しており, 上向き磁化を表している. また, 一点鎖線は磁化が 0 となる値である. ここで, Fig. 2 から全ての磁界印加時において ΔV_F が一点鎖線の 90% 以上に達するため, 強励起 (磁化が 80% 以上減磁する状態) 下の時間分解計測を行ったことを意味する. Fig. 2 の結果から大きく 3 つの時間領域が観察される (①: ~2ps, ②: 2~10ps, ③: 10ps~). Fig. 1 の上向き磁化において V_F の変化が ± 2.4 mV の範囲内であることを考慮すると, Fig. 2 より①での磁界による ΔV_F の変化は最大で 3.1 mV と小さい. しかし, ②, ③での磁界による ΔV_F の変化は最大で 5.2 mV, 14.6 mV と大きく, 磁界の増加に伴い ΔV_F は減少する. ③において同組成比の歳差運動周波数が約 10~20 GHz であることを考慮すると 4738 Oe では半周期程度の歳差運動が現れている可能性が考えられる. また, 歳差運動周波数は磁界が大きくなるほど高くなるが, その傾向も確認できる. しかし, ②においては全ての磁界印加時で同形状の推移となる. よって, 強励起下における磁気光学的に検出される磁化ダイナミクスは 2~10 ps と 10 ps ~ の時間領域で磁界依存性が異なる可能性を示唆した.

謝辞: 本研究の一部は, JSPS 科研費 (21K04184) の支援を受けたものである.

参考文献

[1] C.D.Stanciu, F.Hansteen, A.V.Kimel, A.Kirilyuk, A.Tsukamoto, A.Itoh, and Th.Rasing: Phys. rev. Lett. 99, 047601 (2007).

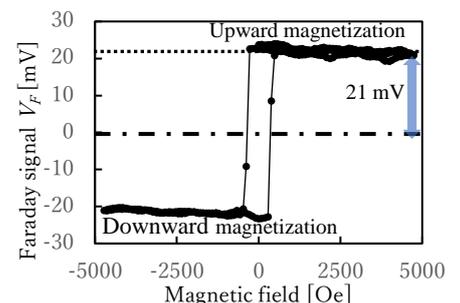


Fig. 1 Faraday signal of magnetization reversal by magnetic field.

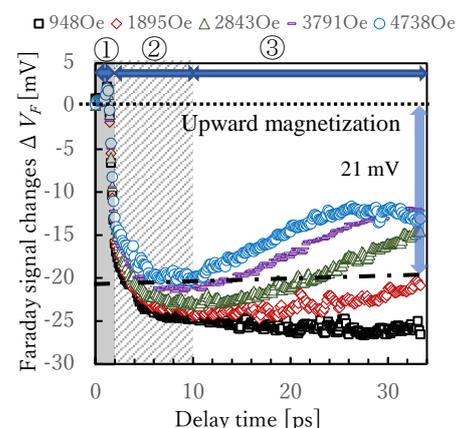


Fig. 2 Faraday signal for time under high-intensity ultrashort pulsed laser irradiation when a magnetic field is applied.