

GdFeCo 二層膜における超短パルス光照射 極短時間加熱・熱拡散過程の誘電体中間層厚依存性

佐藤哲也, 吉川大貴, 塚本新*, 伊藤彰義*

(日本大学大学院理工学研究科, *日本大学理工学部)

Dielectric Interlayer Thickness Dependence of Ultrashort Laser-induced
Ultrafast Thermalization and Thermal Diffusion Process in GdFeCo Double-layered Films

Tetsuya Sato, Hiroki Yoshikawa, Arata Tsukamoto*, Akiyoshi Itoh*

(Graduate School of Science and Technology, Nihon Univ., *College of Science and Technology, Nihon Univ.)

はじめに

磁性多層膜における磁化ダイナミクスの理解及び制御法の確立は、磁気記録、スピントロニクス両分野において重要な要求である。我々は、超短パルス光照射による GdFeCo 薄膜の~ps 領域での減磁が主に電子温度上昇に対応すること¹⁾、誘電体中間層を有する GdFeCo 二層構造試料の各磁性層における減磁量が光吸収差によって異なり、その後の層間の格子温度平衡化には時間を要すること²⁾を報告している。本報告では、超短パルス光による極短時間加熱を積極的に利用するための媒体熱設計指針を実験的に明らかとするため、多層膜内各層の減磁及びその後の歳差運動を伴う熱拡散過程について、誘電体中間層厚依存性の検討を行った。

実験方法・結果

測定試料はマグネトロンスパッタ法にて作製した SiN (60 nm) / A 層: Gd₂₇Fe_{63.9}Co_{9.1} (10 nm) / SiN (x nm) / B 層: Gd₂₂Fe_{68.2}Co_{9.8} (10 nm) / SiN (5 nm) / glass sub.を用いた。中心波長 800 nm, パルス幅 90 fs (半値全幅) のレーザーを光源としたポンプ・プローブ法により、膜面法線から 65° 傾けた外部磁界 H_{ext} を印加し、磁化応答を室温にて測定した。なお、各層の正味飽和磁化が平行・反平行の条件で測定した Faraday 回転角 $\Delta\theta_F$ を加減算し、各層の応答に分離できる²⁾。ポンプ光エネルギー密度 $F_p = 0.39 \text{ mJ/cm}^2$, $H_{\text{ext}} = 54 \text{ mT}$ で測定した $x = 5 \text{ nm}$ 試料内各層の応答を Fig. 1 に示す。 Δt はポンプ光照射からの遅延時間, $\Delta\theta_F / \theta_F$ はヒステリシスループにおける各層の変化量 θ_F で規格化したものである。磁化の応答は、主に電子温度上昇に対応する~ps 領域の減磁過程と、電子・格子系平衡化後数 100 ps にわたり歳差運動を伴う熱拡散過程の、2つの時間領域に区分でき、 $x = 3, 5, 10 \text{ nm}$ の各試料における減磁量は、A 層が B 層の 1.3 倍, 1.4 倍, 1.7 倍程度であった。A 層では歳差運動に相当する減衰振動を確認できないが、磁化補償状態に近く振幅が小さいためであると考えられる。一方、B 層では周波数 $f \sim 6.9 \text{ GHz}$, 実効 Gilbert ダンピング定数 $\alpha_{\text{eff}} \sim 0.075$ である事を確認できる。歳差運動を示す時間域での多層膜中の温度評価のため、B 層の $H_{\text{ext}} = 54 \text{ mT}$ における f の x 依存性を測定した結果を Fig. 2 に示す。試料内実効磁界は低印加磁場域では実効的異方性磁界が主となるため、 f の変化は主に B 層の温度状態に対応すると考えられる。上記観点から、同一 F_p での f の x 依存性は 15 % 程度であり、初期減磁量の x 依存性に比べ小さい。これらは、 x により電子・格子系平衡化後の温度への影響を抑えつつ、二層間の電子温度上昇比を大きく変化可能なことを示す。

謝辞

本研究の一部は、文部科学省私立大学戦略的基盤形成支援事業 (S1311020) の助成により行った。

参考文献

- 1) T. Sato, S. Toriumi, R. Shimizu, A. Tsukamoto, and A. Itoh: *J. Magn. Soc. Jpn.* **36**, 82 (2012).
- 2) T. Sato, R. Shimizu, A. Tsukamoto, and A. Itoh: *J. Magn. Soc. Jpn.* **38**, 115 (2014).

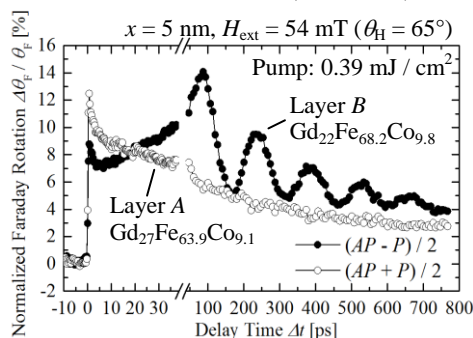


Fig. 1 The time evolution of normalized Faraday rotation $\Delta\theta_F / \theta_F$ in each magnetic layer of GdFeCo double-layered film with 5 nm-thick SiN interlayer.

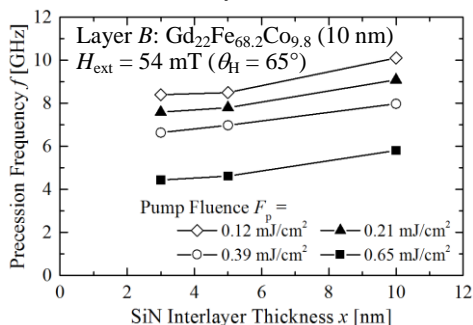


Fig. 2 SiN interlayer thickness dependence of precession frequency in Gd₂₂Fe_{68.2}Co_{9.8} layer of GdFeCo double-layered films.