

GdFe 合金薄膜における Gd 磁気モーメントと異常ホール効果の相関

蜂須賀 裕重¹, 笠谷 雄一^{2,3}, 吉川 大貴², 塚本 新²

(1 日本大学大学院理工学研究科, 2 日本大学理工学部, 3 日本学術振興会特別研究員-PD)

Correlation of Gd magnetization and anomalous Hall effect in GdFe alloy thin film

Hirosige Hachisuka¹, Yuichi Kasatani^{2,3}, Hiroki Yoshikawa², Arata Tsukamoto²

(1 Graduate School of Science and Technology, Nihon Univ., 2 College of Science and Technology, Nihon Univ., 3JSPS Research Fellow)

はじめに 異常ホール効果は膜面垂直方向の磁化成分 $M_S \cos \theta$ に比例する。代表的な強磁性体である Fe 薄膜の磁化が形状磁気異方性に打ち勝ち、膜面垂直方向に飽和させるには約 20 kOe の強磁場を必要とする。そのため、低磁場でのホール電圧は小さい。そこで、主として局在電子が磁気モーメントを担う Gd と遍歴電子が磁気モーメントを担う Fe の磁気モーメントの反平行結合に由来し、正味の磁化の減少、形状磁気異方性の低減、そして磁化補償組成近傍では垂直磁気異方性を発現する GdFe 合金薄膜に着目した。また異常ホール効果において遍歴電子が磁気モーメントを担う Fe が伝導電子に強く影響を与えるものと考えられるが、原子当たりの磁気モーメント量の大きな Gd による寄与度も重要となる。そこで、GdFe 合金薄膜における異常ホール効果の広範囲な組成依存性の検討を行った。

実験方法 試料はガラス基板上に SiN (60 nm) / Gd_xFe_{100-x} (20 nm) / SiN (5 nm) / glass sub. ($x = 0, 10, 16.7, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100$ at. %) をマグネトロンスパッタリング法により作製した。室温にて膜面垂直方向に外部磁場を印加し、面内に 0.1mA の電流を印加した際の電流に対して垂直方向の電圧を測定した。また試料振動型磁力計を用いて 300 K における磁気特性を計測した。

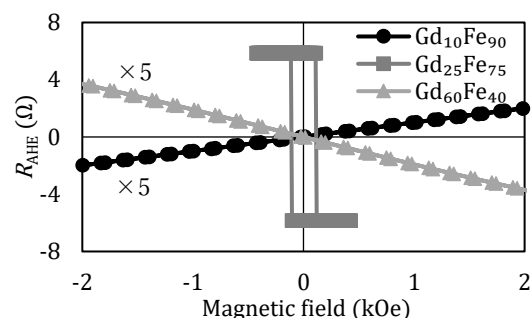
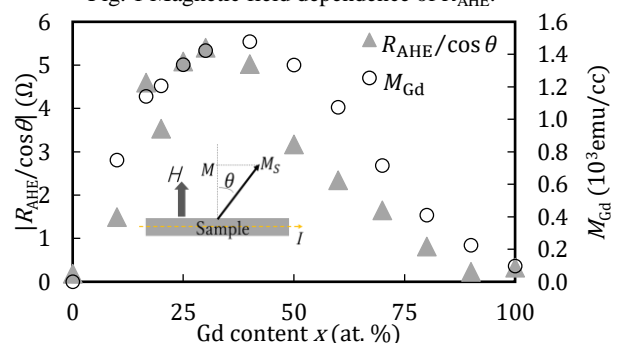
実験結果及び考察 Fig. 1 に電圧計測より求めた異常ホール抵抗 (R_{AHE}) を示す。 R_{AHE} は大きな組成依存性を示した。特に Gd 組成 $x = 25$ at. % で膜面垂直方向に磁化容易軸を持ち無磁場下でも大きな異常ホール効果が計測された。また、Gd 組成 $x = 10, 60$ at. % では磁化容易軸が面内方向となり R_{AHE} は 4kOe においても飽和せず、Gd 組成 $x = 25$ at. % に比べが低いことが確認された。

Fig. 2 に磁気特性の計測より印加磁場 4 kOe における磁化角度 θ から求めた磁化角度無依存定数 $|R_{AHE}/\cos \theta|$ を示す。Gd 組成 Fe 薄膜に対し Gd 組成 x の増大と共に $|R_{AHE}/\cos \theta|$ が増加し、Gd 組成 $x = 30$ at. % において Fe ($x = 0$ at. %) と比べて最大約 30 倍と大きな効果が得られた。また、Gd 組成 $x > 40$ at. % では単調な $|R_{AHE}/\cos \theta|$ の減少がみられた。次に、Fe の正味の磁化が組成 x の増加に対し一様に減少すると仮定し見積もった Gd の単位体積当たりの有効磁気モーメント M_{Gd} の組成依存性を Fig. 2 に示す。Gd 組成 $x = 40$ at. % 程度まで M_{Gd} が増加し、Gd 組成 $x > 40$ at. % では M_{Gd} が減少した。一方、Fe に対して Gd の異常ホール係数は約 10 倍大きい^{1,2)}と報告されている。これらのことから異常ホール効果の増減と Gd の磁気モーメントに強い相関があることが示唆された。

謝辞 本研究の一部は平成 25~29 年度文部科学省私立大学戦略的基盤形成支援事業 (S1311020)、平成 26~30 年度文部科学省科学研究費援助金「新学術領域研究 (研究領域提案型)」ナノスピン変換科学の助成を受けて行った。

参考文献

- 1) T. R. McGuire, J. A. Aboaf and E. Klokholm; IEEE Trans. Magn. 20, 5 (1984)
- 2) N. V. Volkenshtein, I. K. Grigorova, and G. V. Fedorov; Soviet Physics JETP 50 (1966)

Fig. 1 Magnetic field dependence of R_{AHE} .Fig. 2 Composition dependence of $|R_{AHE}/\cos \theta|$ and M_{Gd} .