

GdFe 系合金薄膜を用いたホール素子作製への検討

森 敦司¹, 笠谷 雄一^{2,3}, 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)

Examination of Hall element fabrication using GdFe alloy thin film

Atsushi Mori¹, Yuichi Kasatani², 3, 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 現在センサとして活用されている大部分のホール素子には半導体のホール効果が用いられている。金属磁性体において異常ホール効果が確認されているが、その大きさは半導体ホール効果に比べ極めて小さいと考えられてきた。一方、我々は希土類遷移金属フェリ磁性体である GdFe 合金薄膜において、単体 Fe 薄膜の約 70 倍の異常ホール効果が発現し得ることを報告している¹⁾。また、磁性合金薄膜を用いた場合、製膜と配線のみで素子作製が可能であると考えられ、従来の半導体の作製プロセス数の約 1/3 の工程に減らせる可能性があり、従来のホール素子が用いられている、マグネットスイッチや近接スイッチなどの S/N 比向上、および、素子の簡略化が期待される。そこで、本研究では希土類遷移金属合金薄膜の磁気センサ利用の提案とともに広範囲の分野での普及を目指し、ホール素子の柔軟性・性能向上に向けた検討を行う。

実験方法 試料は、厚さ 0.5 mm の Si 基板上及び、厚さ 0.1 mm の Resin 基板 (旭硝子カーボグラスフィルム) 上に SiN (5 nm) / Gd₂₀Fe₇₀Co₁₀ (200 nm) / SiN (5 nm), Si 基板上に SiN (5 nm) / Gd₂₀Fe₈₀ (20 nm) / SiN (5 nm) をマグネトロンスパッタリング法により作製した。室温において膜面垂直方向に外部磁場を印加し、膜面内方向に 0.1 mA の電流を印加した際の電流に対し面内垂直方向に生じる電圧を測定した。

実験結果 Fig. 1(a)に Si 基板上, Fig. 1(b) に Resin 基板上に SiN (5 nm) / Gd₂₀Fe₇₀Co₁₀ (200 nm) / SiN (5 nm) を製膜した試料におけるホール電圧の外部磁場依存性を示す。残留ホール電圧, 飽和磁界値等, Resin 基板上に製膜した試料においても Si 基板上製膜試料とほぼ同等の特性が得られる事を示した。

Fig. 2 に SiN (5 nm) / Gd₂₀Fe₈₀ (20 nm) / SiN (5 nm) / Si sub. におけるホール電圧の外部磁場依存性を示す。膜厚を 1/10 とすることでスイッチング領域におけるホール電圧値は約 10 倍の 0.53 mV が得られ、線形応答領域における外部磁場に対する電圧比は約 3.1 mV/T となった。外部磁場に対する電圧比は, InSb 半導体ホール素子 (旭化成電子 HW-101A) と比較し 1/10 程度であるがホール素子として用いるには十分な信号値の水準であると考えられる。また、外部磁場が印加されていない場合に発生するホール電圧が 0.0003 mV と InSb 半導体ホール素子の不平衡電圧に比べ約 10⁻⁵ である。これは、より微小な磁場範囲においてノイズレスにホール電圧が発現することを示唆している。さらに、消費電力は、1.2×10⁻⁶ W と InSb 半導体ホール素子の 1/4 となった。以上のことより希土類遷移金属フェリ磁性体である GdFe 合金薄膜を用いることにより、低消費電力で微小な磁場を検出するのに十分なホール電圧を発現するホール素子を作製することが可能であると考えられる。

謝辞 Resin 基板を提供いただいた日本大学理工学部芦沢好人准教授に感謝する。

参考文献 1) Hirose, Hachisuka *et al.*, Journal of the Magnetism Society of Japan, 14aC-1 (2018).

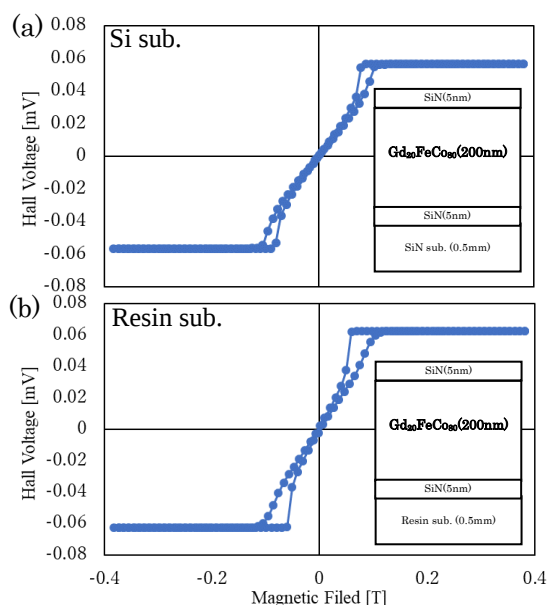


Fig. 1 Magnetic field dependence of hall voltage. (a) on Si sub. (b) on Resin sub.

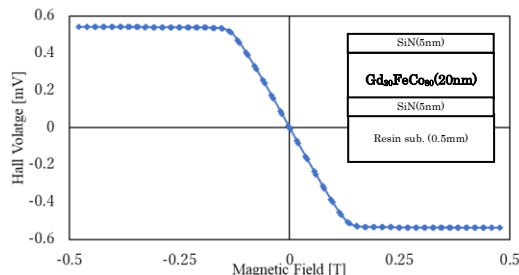


Fig. 2 Magnetic field dependence of hall voltage of Gd₃₀Fe₇₀ (20 nm)