

逆ペロブスカイト窒化物交換結合膜における電流駆動磁化スイッチングの成長方位依存性

安藤 弘紀、黒木 庸次、羽尻 哲也、植田 研二、浅野 秀文
(名大院工)

Growth orientation dependence of current induced magnetization switching in exchange-coupled antiperovskite nitride bilayers

H. Ando, Y. Kuroki, T. Hajiri, K. Ueda, H. Asano
(Nagoya Univ.)

はじめに

近年、スピントランスファートルクは強磁性体のみならず、反強磁性体にも働き、その臨界反転電流密度 (I_c) は約 10^5 A/cm² と小さな値を示すことが理論予測されている[1]。そのため我々は I_c 低減に向けて逆ペロブスカイト窒化物磁性体であるハーフメタル強磁性体 Co_3FeN と反強磁性体 Mn_3GaN に注目してきた[2, 3]。これまでに $\text{Mn}_3\text{GaN}(001)/\text{Co}_3\text{FeN}(001)$ エピタキシャル積層膜において、異方性磁気抵抗(AMR)効果を用いた電流駆動磁化スイッチングを報告している。しかし Mn_3GaN の反強磁性は Mn イオンの磁気モーメントが(111)面内で正三角形に配列することで発現するため、本研究では $\text{Mn}_3\text{GaN}(111)/\text{Co}_3\text{FeN}(111)$ エピタキシャル積層膜の電流駆動磁化スイッチングについて調査したので報告する。

実験方法

反応性マグネトロンスパッタ法により $\text{MgO}(001)$ sub./ $\text{Mn}_3\text{GaN}(001)$ (20 nm)/ $\text{Co}_3\text{FeN}(001)$ (5 nm)及び、 $\text{MgAl}_2\text{O}_4(111)$ sub./ $\text{Mn}_3\text{GaN}(111)$ (25 nm)/ $\text{Co}_3\text{FeN}(111)$ (7 nm)積層構造の作製を行った。MR 測定は試料を細線(80 x 20 μm)状に加工し、325 K で $H_{\text{FC}} = +10$ kOe の外部磁場中で 30 分間保持した後、外部磁場を印加したまま 4 K まで冷却した後、測定電流 $I = 0.1$ mA と測定磁場 $H(// H_{\text{FC}})$ を平行にして行った。

実験結果

$\text{Mn}_3\text{GaN}(001)/\text{Co}_3\text{FeN}(001)$ 積層膜と $\text{Mn}_3\text{GaN}(111)/\text{Co}_3\text{FeN}(111)$ 積層膜の AMR 曲線を Fig. 1-1, 1-2 にそれぞれ示す。交換バイアスによる H_{FC} の反対方向へのシフトが明瞭に観測され(Fig. 1-1(a), 1-2(a))、この時の AMR 比は負であることから、 Co_3FeN が大きなスピン分極率を有していることが示唆される[4]。 $H_a = -5$ kOe の外部磁場中で反転電流(I_a)を1秒間流した後 AMR 曲線を測定したところ、 I_a が大きくなるに従い交換バイアスが正磁場側にシフトし、Fig. 1-1 では $I_a = 3$ mA ($I_c \approx 6 \times 10^5$ A/cm²)、Fig. 1-2 では $I_a = 2$ mA ($I_c \approx 2.4 \times 10^5$ A/cm²) で完全に反転した(Fig. 1-1(b)-(e), 1-2(b)-(e))。Fig. 2 には AMR 曲線から求めた交換結合磁界 (H_{ex}) の I_a 依存性を示す。飽和するときの挙動が(001)積層膜では緩やかであるのに対し、(111)積層膜では急峻である。このことと(111)積層膜で I_c が(001)積層膜より小さい原因は、 $\text{Mn}_3\text{GaN}/\text{Co}_3\text{FeN}$ 界面において、 $\text{Mn}_3\text{GaN}(001)$ 膜と $\text{Mn}_3\text{GaN}(111)$ 膜では Co_3FeN との界面スピン配列が異なることと対応していると考えられる。

参考文献

- [1] A. S. Nunez *et al.*, Phys. Rev. B **73**, 2941 (2006).
- [2] H. Sakakibara *et al.*, IEEE Trans. Magn. **50**, 2600404 (2014).
- [3] H. Tashiro *et al.*, J. Koran Phys. Soc. **63**, 299 (2013).
- [4] S. Kokado *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. **81**, 024705 (2012).

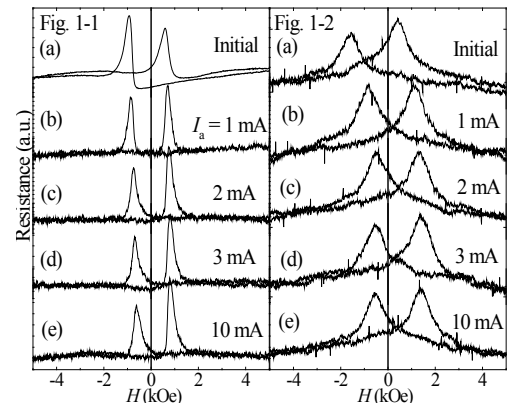


Fig. 1-1, 1-2. AMR curves for $\text{Mn}_3\text{GaN}(001)/\text{Co}_3\text{FeN}(001)$ (left) and $\text{Mn}_3\text{GaN}(111)/\text{Co}_3\text{FeN}(111)$ (right) measured at 4 K (a) initial state and (b) - (e) after flowing I_a with $H_a = -5$ kOe.

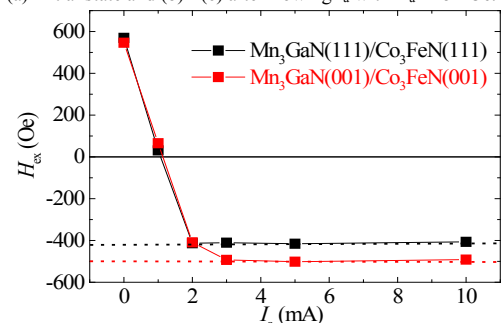


Fig. 2. H_{ex} of $\text{Mn}_3\text{GaN}(111)/\text{Co}_3\text{FeN}(111)$ (black line) and $\text{Mn}_3\text{GaN}(001)/\text{Co}_3\text{FeN}(001)$ (red line) plotted against I_a .