

負のスピンの分極率を有する窒化鉄へテロ接合のスピホール磁気抵抗効果と電流誘起スピン軌道トルク有効磁場の温度依存性

○磯上 慎二

(国立研究開発法人物質・材料研究機構)

Temperature dependence of spin Hall magnetoresistance and current induced spin orbit torque effective fields in iron-nitride heterostructures with negative spin polarization

Shinji Isogami

(National Institute for Materials Science)

1. はじめに

窒化鉄 (γ' -Fe₄N) はフェルミ面の状態密度が負にスピン分極し¹, 且つ異方性磁気抵抗効果 (AMR) の実験からマイノリティスピンの伝導を支配することで知られる強磁性金属 (FM) である². これまでに導出されたインバーストンネル磁気抵抗効果 (磁化平行時に高抵抗)³ やインバーススピン注入磁化反転 (印加電流方向に対して反転方向が従来材料の場合と逆) 現象⁴ は上述 Fe₄N の材料特性を反映している. さらに AMR 変化率が測定温度 50 K より低温側で急激に負に増大し 4 K 付近で -5~ -6% に達する特異性も有し², この現象は正方晶対称結晶場の出現に起因することが伝導理論計算によって示されている⁵. 一方でスピホール磁気抵抗効果 (SMR) およびスピン軌道トルク (SOT) に及ぼす FM 依存性の報告が増えつつあり, 例えば GdFeCo の補償点前後における SOT 有効磁場が詳細に調べられている⁶. よって本研究では, Fe₄N を含むヘテロ接合系を用いて, 上述の結晶場やフェルミ面の負の分極率が SMR および SOT へ及ぼす影響を明らかにすることを目的とする.

2. 実験方法

試料の膜構成は, MgO(100)単結晶基板/Fe₄N (3~10) / {W(5), Pt(3)} / MgO (2) / Ta(1) (膜厚単位: nm) とした. Fe₄N 膜の成長には窒素リアクティブ RF マグネトロンスパッタリング法を用いた. SMR の測定には PPMS 装置を用いて室温から 4 K まで行った. SOT 有効磁場の評価には 2nd-harmonic ホール測定を用いた⁷. 測定温度は SMR 測定と同様に室温から 4 K とした. 全ての測定にはフォトリソグラフィ法で作製した $L = 25 \mu\text{m}$, $W = 10 \mu\text{m}$ のホールクロス素子を用いた.

3. 実験結果

Figure 1 は, 測定データを解析して得られた, MgO(100)sub./Fe₄N(3)/W(5)/MgO(2)/Ta(1)における damping-like 有効磁場 (H_{DL}) および field-like 有効磁場 (H_{FL}) の測定温度依存性を示す. H_{DL} は 300 K からの温度低下に伴って 0.9 から 0.45 Oe/ 10^6Acm^2 に単調低減したのに対し H_{FL} は 0.4 から 2.3 Oe/ 10^6Acm^2 程度に増大した. CoFeB/W ヘテロ接合の先行結果と比較すると, 300 K の H_{DL} は 1 桁程度小さい値になっている⁸. 逆に同温度の H_{FL} は大きい値が得られていることから, W の結晶性あるいは Fe₄N/W 界面におけるスピン角運動量の輸送が CoFeB/W 接合のそれと大きく異なるなど, 様々な要因が推察される. 講演会ではそれらの解明を試みると共に Fe₄N の低温側結晶場や負の分極率と SMR および有効磁場との相関について詳細に議論する.

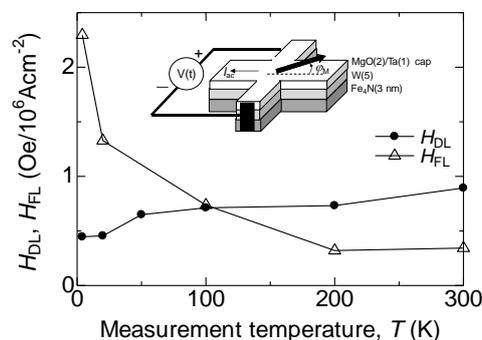


Fig.1 Damping-like effective field (H_{DL}) and field-like effective field (H_{FL}) as a function of measurement temperature (T) for MgO sub./Fe₄N(3)/W(5)/MgO(2)/Ta(1) (in nm). The inset shows the measurement configuration of 2nd-harmonic Hall voltage.

参考文献

- 1) S. Kokado, et al., PRB **73**, 172410 (2006).
- 2) M. Tsunoda, et al., APEX **2**, 083001 (2009).
- 3) K. Sunaga, JAP. **102**, 013917 (2007).
- 4) S. Isogami, et al., APEX **3**, 103002 (2010).
- 5) S. Kokado, et al., JPSJ. **84**, 094710 (2015).
- 6) N. Roschewsky, et al., APL. **109**, 112403 (2016).
- 7) M. Hayashi, et al., PRB **89**, 144425 (2014).
- 8) Y. C. Lau, et al., JJAP. **56**, 0802B5 (2017).