

## スピン軌道トルク誘起磁化反転に向けた Mn<sub>3</sub>GaN/ Mn<sub>3</sub>GaN<sub>1-x</sub> 積層膜の作製と評価

### Preparation and Evaluation of Mn<sub>3</sub>GaN/Mn<sub>3</sub>GaN<sub>1-x</sub> multi layered films for spin-orbit torque magnetization switching

名大院工 °石野 直、八田 隼之介、羽尻 哲也、浅野 秀文

Nagoya Univ. ° Sunao Ishino, Junnosuke Hatta, Tetsuya Hajiri, Kenji Ueda, Hidefumi Asano

E-mail: [ishino.sunao@e.mbox.nagoya-u.ac.jp](mailto:ishino.sunao@e.mbox.nagoya-u.ac.jp)

**【研究背景】** 逆ペロブスカイト窒化物は反強磁性体、ハーフメタル物質など様々な物性バリエーションをもち、新しいスピントロニクス材料として期待される。中でも反強磁性体 Mn<sub>3</sub>GaN とその窒素が欠損した Mn<sub>3</sub>GaN<sub>1-x</sub> は窒素欠損によって反強磁性から強磁性へ特性が変化する非常に興味深い物質系である。Mn<sub>3</sub>GaN<sub>1-x</sub> は垂直磁気異方性(PMA)を示し、スピン軌道トルク(SOT)誘起磁化反転などへの応用に有利である [1]。Mn<sub>3</sub>GaN/Mn<sub>3</sub>GaN<sub>1-x</sub> 積層構造は同一系であることから良質な界面を形成しやすく、優れた交換結合特性が期待できる。また交換バイアスを利用することで、SOT 誘起磁化反転において、本来必要とされる外部磁場を印加することなく磁化反転が可能となることが報告され、反強磁性体/強磁性体積層構造を素子に使用する価値は十分ありうる [2]。本研究では SOT 誘起磁化反転への応用に向けて磁気特性、交換結合特性の優れた Mn<sub>3</sub>GaN/Mn<sub>3</sub>GaN<sub>1-x</sub> 積層膜を実現することを目的とした。

**【実験方法】** Mn<sub>3</sub>GaN/Mn<sub>3</sub>GaN<sub>1-x</sub> 交換結合膜は、反強磁性 Mn<sub>3</sub>GaN を製膜した後、in-situ で強磁性 Mn<sub>3</sub>GaN<sub>1-x</sub> を製膜した。反強磁性 Mn<sub>3</sub>GaN の製膜条件を固定して、強磁性 Mn<sub>3</sub>GaN<sub>1-x</sub> のスパッタガスの窒素濃度(0-2%)と膜厚(10-50nm)を変化させた。XRD 測定により構造解析を行い、磁化測定、極カー効果測定により垂直磁気特性、交換結合特性を評価した。また SOT 誘起磁化反転への応用を見据えて Mn<sub>3</sub>GaN<sub>1-x</sub> 単膜において異常ホール効果測定を行った。

**【結果と考察】** Fig. 1 に Mn<sub>3</sub>GaN<sub>1-x</sub> 薄膜の異常ホール効果測定の結果を示す。Fig. 1 より磁場に対するホール抵抗のヒステリシスが観測され、異常ホール効果を確認できた。このことから SOT 誘起磁化反転を異常ホール効果で検出することは十分可能であると思われる。また Mn<sub>3</sub>GaN/Mn<sub>3</sub>GaN<sub>1-x</sub> 積層膜に対して XRD 測定から Mn<sub>3</sub>GaN 上に Mn<sub>3</sub>GaN<sub>1-x</sub> がエピタキシャル成長していることを確認し、極カー効果測定から垂直磁気異方性を示すことを確認した。Fig. 2 に Mn<sub>3</sub>GaN/Mn<sub>3</sub>GaN<sub>1-x</sub> 積層膜の磁場中冷却後の 20K での垂直方向の磁化曲線を示すが、Fig. 2 より 1700Oe と比較的大きな交換バイアスが誘起されていることが分かる。同一系の強磁性体、反強磁性体を積層させたことで、良質な界面を形成されていると推測される。

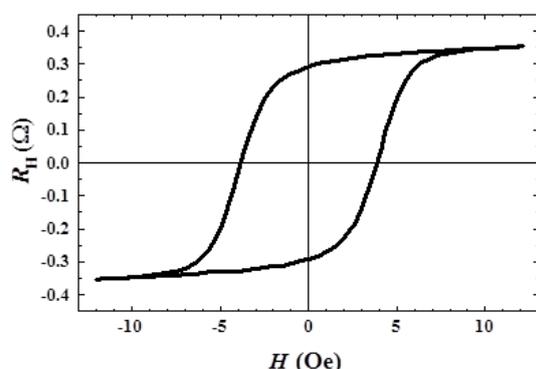


Fig. 1 Anomalous Hall resistance  $R_H$  measured at electrical current  $I = 250\mu\text{A}$ .

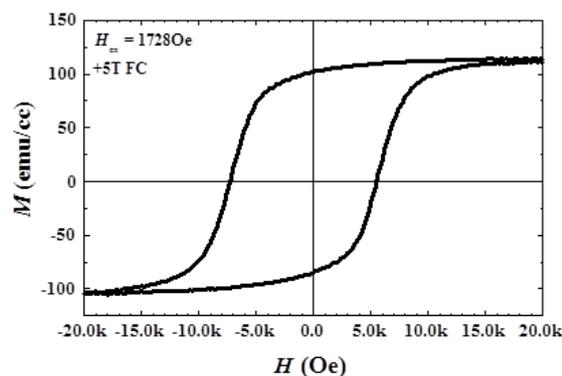


Fig. 2 Magnetization hysteresis curves of Mn<sub>3</sub>GaN/Mn<sub>3</sub>GaN<sub>1-x</sub> films.

- 【参考文献】** [1]H. Lee, H. Sukegawa, J. Liu, T. Ohkubo, S. Kasai, S. Mitani and K. Hono, Appl. Phys. Lett., vol. 107,032403(2015)  
[2]S. Fukami, C. Zhang, S. DuttaGupta, A. Kurenkov and H. Ohno, Nat. Mater., vol.15, p. 535(2016)