アニールによるスパッタ MoS₂ 薄膜のエッジ誘起強磁性の制御

Edge induced ferromagnetism in sputtered MoS_2 film controlled by annealing 東京工業大学, $^{\circ}$ 白倉 孝典,宗田 伊理也,角嶋 邦之,筒井 一生,若林 整

Tokyo Institute of Technology, ${}^{\circ}$ T. Shirokura, I. Muneta, K. Kakushima, K. Tsutsui and

H. Wakabayashi, E-mail: shirokura.t.aa@m.titech.ac.jp

【背景】二次元層状物質 MoS₂ 膜は空孔等の内 部欠陥やエッジに起因した強磁性を有し,キュ リー温度(895 K) も高いことから[1], 室温動作 可能かつドーピングフリーな強磁性半導体と して期待される[2].これら内因的強磁性のうち, 相の安定性と誘起される磁性の強さの観点か ら, エッジ誘起強磁性が実用上最も有望であ る. 一方, スパッタリング法により成膜された MoS₂ 膜は、化学気相成長法(CVD)や剥離法の 膜と比較して単位面積当たりのエッジ長が長 いため[3],他の手法よりも効率的なエッジ誘起 強磁性の発現が期待される. 本研究では、スパ ッタリング法を用いて MoS2 膜を成膜し磁化特 性を評価した. さらに、スパッタ後のアニール により結晶性を向上させ、MoS2膜の結晶性と 磁化特性の関係を評価した.

【方法】アズスパッタ膜(As-sample), 硫黄雰囲気アニール(S-sample), アルゴンアニール (Ar-sample)サンプルを用意した. サンプル構造はすべて Al₂O₃ (3 nm) / MoS₂ (4.4 nm) / SiO₂ (400 nm) / n-Si である. MoS₂層は スパッタリング法により堆積した. スパッタ条件は, 基板温度 480°C, ターゲット-基板間距離 180 mm, Ar 圧力 0.75 Pa, RF パワー40 W である. また, Al₂O₃層は原子層堆積法を用いて堆積した. S および Ar アニールは 700°C で 40 分間行った. 磁化特性は超伝導量子干渉計により評価した.

【結果】Fig. 1 に各サンプルの M-H 曲線を示す. 測定温度は 300 K, 磁場は面内方向に印加した. 青, 赤, 緑の実線はそれぞれ As-, S-, Ar-sample の M-H カーブである. また, 黒の点線はリファレンスの M-H カーブであり, サンプル構造は Al₂O₃ (3nm) / SiO₂ (400 nm) / n-Si である. アニールを施すことにより, 明瞭な強磁性が得られた. 特に, Ar-sample は 26 emu/cc の飽和磁化を示し, 過去に CVD で報告されたエッジ誘起強磁性の飽和磁化 13 emu/cc の 2 倍となった [4]. ラマン分光より, 空孔等の強磁性を示す内部欠陥ピークは現れず, 観測された強磁性はエッジ誘起強磁性である. 一方, ラマン分光の半値幅および X 線光電子分光より, S, Ar アニールの結晶性向上効果は同程度であった. したがって, エッジ誘起強磁性発現のためには, アニールによる結晶性向上だけでなく, アニールのガス種選択が重要である.

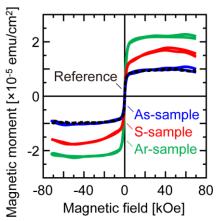


Fig. 1 M-H curves of As- (blue), S- (red), Ar- (green), and reference samples (black dotted).

【謝辞】本研究の一部は JSPS 科研費 18K13785 の助成を受けたものである. また, X 線反射率 測定は東京工業大学大岡山分析部門で行った.

- [1] S. Mathew, et al., APL **101**, 102103 (2012).
- [2] I. Muneta, et al., CCMR 179 (2019).
- [3] T. Sakamoto, et al., IEEE S3S 15.6 (2018).
- [4] Q. Zhou, et al., Nanoscale 10, 11578 (2018).