## 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<sub>2</sub> film controlled by annealing 東京工業大学, <sup>0</sup>白倉 孝典, 宗田 伊理也, 角嶋 邦之, 筒井 一生, 若林 整 Tokyo Institute of Technology, <sup>°</sup>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<sup>[1]</sup>, 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<sup>[2]</sup>.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 MoS<sub>2</sub> 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<sup>[3]</sup>,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 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (3 nm) / MoS<sub>2</sub> (4.4 nm) / SiO<sub>2</sub> (400 nm) / n-Si である. MoS<sub>2</sub>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 nm, Ar 圧力 0.75 Pa, RF パワー40 W である.また, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>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 アレンスの M-H カーブであり,サンプル構造 は Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (3nm) / SiO<sub>2</sub> (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 <sup>[4]</sup>. 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).