

反応性スパッタリングで成膜した MoS_2 の方位面の制御

Orientation Control of Reactive Sputtering Grown MoS_2

東大院工¹, 東大先端研² °金明玉^{1,2}, 岡田至崇^{1,2}

Eng. UTokyo¹, RCAST UTokyo² °Myeongok Kim^{1,2}, Yoshitaka Okada^{1,2}

E-mail: kim@mbe.rcast.u-tokyo.ac.jp

【はじめに】

反応性・スパッタリング法による遷移金属カルコゲナイド層状物質(TMDC)の成膜では[1,2]、CVD・MBE法とは異なるメカニズムにより成長が進むことがわかっている[3]。そこで本研究では、反応性スパッタリングで MoS_2 を製膜し、その方位面の制御、また out-of-plane vertical growth の成長について検討を行った。

【実験】

MoS_2 薄膜は反応性スパッタリングにより成膜した。RF スパッタ・ガンでモリブデン (Mo) を成膜する際、ホットリップセルを用いて硫黄を *in-situ* 供給した。In-plane lateral growth の時は、基板温度 550 °C と RF パワー 10 W で、out-of-plane vertical growth の時は、基板温度 350 °C と RF パワー 20 W で成膜を行った。ホットリップセルの温度と Ar 圧力は、160 °C と 1.5-1.6 Pa で固定した。基板は単結晶サファイア ($\text{c-Al}_2\text{O}_3$) 及び Si(111)を用い、結晶性は入射角 1° grazing incidence angle XRD で、また形状は SEM 測定で評価を行った。

【結果と考察】

成膜時の Mo/S 比と成膜温度で、方位面が制御できることが観察された (Fig. 1 (a))。どちらの基板上でも、S 過剰・高温の条件で MoS_2 の c 軸が基板に対して垂直な lateral growth が得られた。一方、Mo の RF パワーを 2 倍にし (10 W → 20 W)、基板温度を下げた場合 (550 °C → 350 °C)、 MoS_2 の c 軸が基板に対して平行な vertical growth が得られた。S 過剰・高温条件で、Mo の面内拡散長が増加し、lateral growth が得られたと考えられる[4]。

vertical growth した MoS_2 の断面 SEM 像から、フィンの面積が表面付近で広くなり (Fig. 1 (c))、成膜が進むにつれ、フィンの厚さが増加することが観察された (Fig. 1 (d))。Vertical growth 時の吸着粒子は、基板表面・フィンの表面・フィンのエッジに吸着し拡散するか、再蒸発する[5]。成膜初期は、基板との相互作用が影響しランダムに成長するが、成膜が進むにつれ、フィンの密度が増加し、フィンの表面とエッジとの相互作用が増え、フィンの面積と厚さが増える方向に成長が進むと考えられる。

【まとめ】

本研究では、反応性スパッタリングを用いて、成膜時の Mo/S 比と成膜温度を変えることにより方位面の制御が可能であることがわかった。また、vertical growth 時、成膜が進むにつれ、フィンの面積と厚さが増える方向に進むことがわかった。

【参考文献】

- [1] K. Ellmer et al., *J. Cyst. Growth.* **182**, 389 (1996).
- [2] M. Kim et al., *Nanotechnology* **33**, 345708 (2022).
- [3] Choudhury et al., *Annu. Rev. Mater. Res* **50**, 13 (2020).
- [4] F. Zhang et al., *2D Mater* **4**, 025029 (2017).
- [5] T. Vicsek, *Fractal growth phenomena*, World Scientific Publishing (1992).

【謝辞】

本研究は NEDO R&D Program for Promoting Innovative Clean Energy Technologies で行われました。

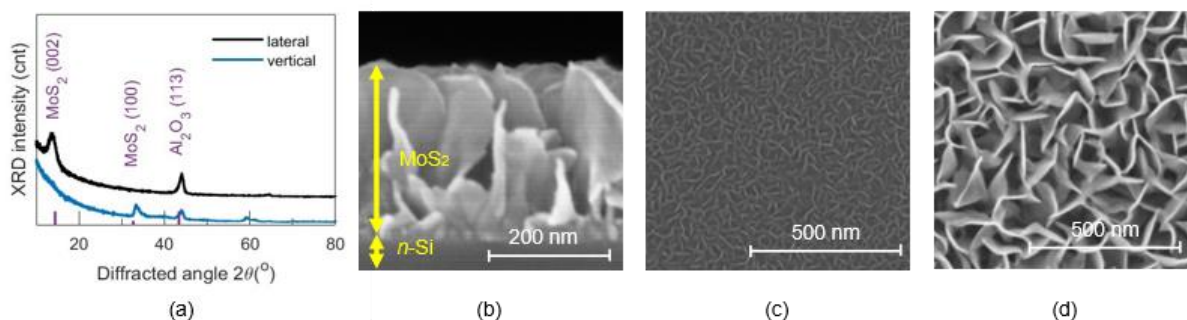


Figure 1. Properties of reactive sputtering grown MoS_2 (a) 1.0° grazing incidence angle XRD results on $\text{c-Al}_2\text{O}_3$ (b) Cross-sectional SEM image of vertically grown MoS_2 ($\text{c-MoS}_2 \parallel \text{Si}(111)$) on $n\text{-Si}$ grown for 2 h. Surface SEM image of vertically grown MoS_2 after (c) 1 h and (d) 2 h on $\text{c-Al}_2\text{O}_3$