

有機原料を用いた ALD 法による WS<sub>2</sub> 薄膜成長WS<sub>2</sub> thin film deposition by Atomic Layer Deposition using Organic Precursors○横田浩<sup>1</sup>、町田英明<sup>2</sup>、石川真人<sup>2</sup>、須藤弘<sup>2</sup>、若林整<sup>3</sup>、澤本直美<sup>1,4</sup>、横川凌<sup>1,4</sup>、小椋厚志<sup>1,4</sup>

(1.明治大理工、2.気相成長株式会社、3.東工大、4.明大 MREL)

○H. Yokota<sup>1</sup>, H. Machida<sup>2</sup>, M. Ishikawa<sup>2</sup>, H. Sudoh<sup>2</sup>, H. Wakabayashi<sup>3</sup>,N. Sawamoto<sup>1,4</sup>, R. Yokogawa<sup>1,4</sup>, and A. Ogura<sup>1,4</sup>

(1. School of Science and Technology, Meiji Univ., 2. Gas-phase Growth Ltd., 3. Tokyo Tech,

4. Meiji Renewable Energy Laboratory, Meiji Univ.)

E-mail: ce241045@meiji.ac.jp

**背景:** 二硫化タングステン(WS<sub>2</sub>)は代表的な 2 次元層状遷移金属ダイカルコゲナイド(TMD)材料であり、高キャリア移動度を有し、層数に応じてバンドギャップが変化する性質から、次世代半導体デバイス材料として注目されている。特に、数層以下の WS<sub>2</sub> は次世代 LSI のチャンネル材料として有望である[1]。これまで、我々は低温成膜が可能な新規原料を開発し、MOCVD 成膜を行ってきた[2]。本研究では、より膜均一性や層数制御性が高い ALD 法を適用することを試みた。

**実験:** W 前駆体として n-BuNC-W(CO)<sub>5</sub>、S 前駆体として(t-C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>)<sub>2</sub>S<sub>2</sub> を用い、基板温度 370°C でサファイア基板(0001)上に WS<sub>2</sub> 薄膜を ALD 成膜した。成膜時の原料供給は“S 供給 25 秒+ベント+W 供給 25 秒+ベント”を 1 サイクルとして最後に S 供給 25 秒を行った[3]。これを 3 サイクル~7 サイクル行った。成膜した膜は、透過電子顕微鏡(TEM)、ラマン分光法(励起波長:355 nm) により評価した。その後、Ti/Au または Bi を WS<sub>2</sub> 薄膜に 60 nm 蒸着し、I-V 特性を評価した。

**結果:** サファイア基板上に 3 サイクル、5 サイクル、7 サイクルで ALD 成膜された WS<sub>2</sub> 薄膜のラマンスペクトルを Fig. 1 に示す。356 cm<sup>-1</sup> 近傍に 2LA(M)モード及び面内振動(E<sub>1g</sub>)モード、417 cm<sup>-1</sup> 近傍にサファイア基板(0001)のピーク及び面外振動(A<sub>1g</sub>)モードが観測された。上記 2 つの波数差と ALD サイクル数の関係を Fig. 2 に示す。サイクル数の増加によって波数差が大きくなっていることから層数増加を確認した。また、5 サイクルから 7 サイクルにおいて、波数差の広がりが大きくなっていることから層の一部が縦成長していると考えられる。以上の結果から、ALD 成膜を行うことで、サイクル数によって層数を変化させることができた。

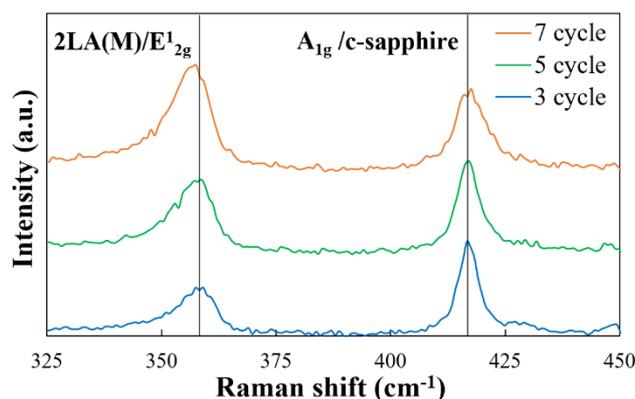


Fig. 1 Raman spectra of E<sub>1g</sub> and A<sub>1g</sub> modes for WS<sub>2</sub> with different number of ALD cycles.

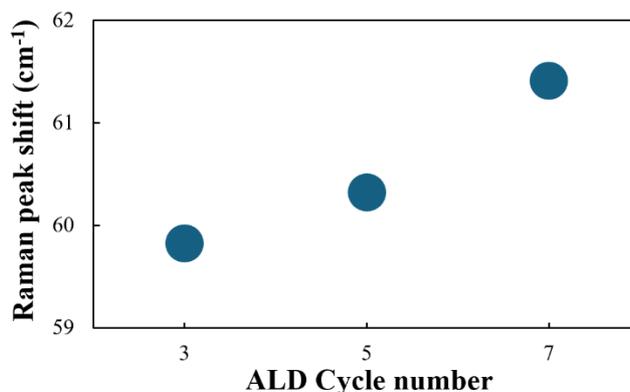


Fig. 2 Relation of the Raman peak shift to the number of ALD cycles.

**謝辞:** 本研究は、文部科学省次世代 X-nics 半導体創生拠点事業(JP011438)の助成を受けたものである。

**参考文献:**

- [1] M.-Y. Li *et al.*, Proc. IEEE Symp. on VLSI Tech. and Cir., p.290 (2022).
- [2] K. Cho *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **62**, SG1048 (2023).
- [3] 西優貴人 他, 第 71 回応用物理春季学術講演会 24a-31B-4, (2024).