

液体前駆体を用いて MBE 成長した WS_2 薄膜の硫黄アニールによる膜質改善

Improvement in the quality of WS_2 thin films grown by MBE using liquid precursors

by annealing in sulfur atmosphere

埼玉大院理工 ○井上 敬道、上野 啓司

Saitama Univ. ○Takamichi Inoue and Keiji Ueno

E-mail: kei@chem.saitama-u.ac.jp

【序論】遷移金属ダイカルコゲナイド(TMDC)とは、金属を M (Mo, W, etc.)、カルコゲンを Ch (S, Se, Te)としたときに、組成式 MCh_2 で表される層状物質である。多くの TMDC がバンドギャップを持ち、半導体素子への応用が注目されている。TMDC 薄膜の合成法には、化学気相成長(CVD)法や、分子線エピタキシー(MBE)法など様々な手法があるが、より低温で製膜する方法としては、原子層堆積(ALD)法がある。ALD では活性な前駆体を基板表面に供給することにより、低温製膜を実現している。本研究では高真空 MBE 装置に、気化させた W, S の液体前駆体を供給する装置を設置して、二硫化タングステン(WS_2)薄膜の MBE 成長を行った。成長した膜に気化させた硫黄前駆体を更に供給することで、膜質が改善できることが確認された。

【実験】実験装置の模式図を Fig. 1 に示す。W 前駆体($(\text{t-BuN})_2\text{W}(\text{NMe}_2)_2$)は 80°C 、S 前駆体($(\text{t-C}_4\text{H}_9)_2\text{S}_2$)は 60°C に加熱し、キャリアガスは用いずに前駆体蒸気を供給している。基板には合成マイカ基板を用いた。MBE チャンバー内に基板を装填して所定の基板温度に加熱し、表面の RHEED 観察を行った後、気化した W, S 両前駆体を空圧バルブを通して断続的に基板上に供給し、4 時間 WS_2 薄膜の成長を行った。次いで S 前駆体を 1 時間基板の上に供給(硫黄アニール)した。薄膜表面の RHEED 観察を行ったのち基板を取り出し、ラマン分光、X 線光電子分光、原子間力顕微鏡(AFM)による評価を行った。

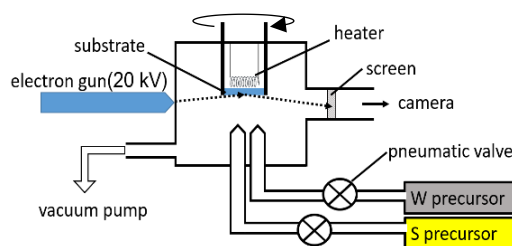


Fig. 1 Schematic view of the MBE apparatus

【結果・考察】Fig. 2 に成長後に硫黄アニールしていない薄膜、および硫黄アニールした薄膜の AFM 像を示す。AFM 像にはアニール前のものに比べ、基板表面の粒状ドメインがより多く見られることが分かる。またアニール前後における WS_2 薄膜の W 4f 軌道の X 線光電子分光の結果を Fig. 3 に示す。アニール前のものと比べてピークの半値幅が減少し、化学量論比は $\text{W}:\text{S} = 37.5:62.5$ から $\text{W}:\text{S} = 34.0:66.0$ と改善されていることが分かった。ラマン分光の結果からも、成長した膜に S 前駆体を供給することで、膜質が向上することが確認されている。

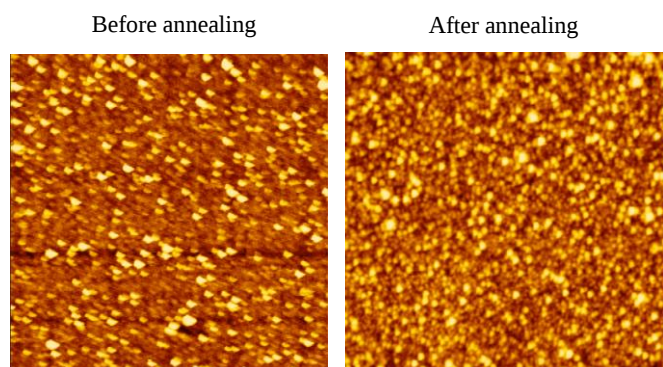


Fig. 2 AFM images of WS_2 thin films grown on mica substrates ($2 \times 2 \mu\text{m}^2$).

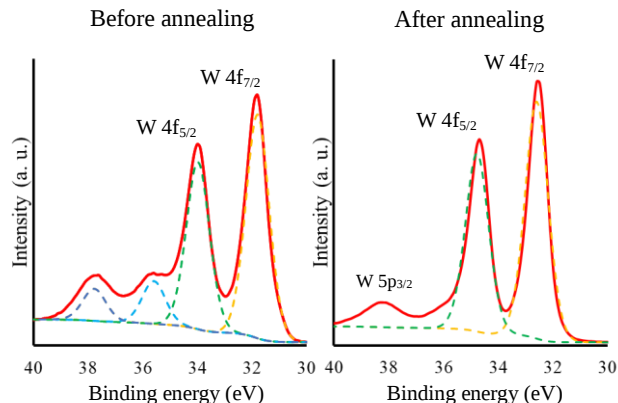


Fig. 3 XPS spectra of WS_2 thin films grown on mica substrates.