

単層 Nb ドープ WS₂ のハライドアシスト CVD と評価

Halide-assisted CVD and characterization of monolayer Nb-doped WS₂

°佐々木 将悟¹、小林 佑¹、劉 嶸^{2,3}、末永 和知³、真庭 豊¹、宮田 耕充^{1,4}

(1.首都大理工、2.産総研無機機能材料、3.産総研ナノ材料、4.JST さきがけ)

°Shogo Sasaki¹, Yu Kobayashi¹, Zheng Liu^{2,3}, Kazutomo Suenaga³

Yutaka Maniwa¹, Yasumitsu Miyata^{1,4}

(1.Tokyo Metropolitan Univ., 2.IFMRI-AIST, 3.NRI-AIST, 4.JST-PRESTO)

E-mail: ymiyata@tmu.ac.jp

遷移金属ダイカルコゲナイド(TMDC)原子層は、その組成・構造に依存した多彩な電子状態、特異なスピン・バレー物性、およびヘテロ構造を利用した光電子デバイス等への応用が注目を集めている二次元物質である。混晶化や元素置換によって、その電子状態を制御できることが知られており、これまで積層薄膜の硫化によって、バンドギャップを変調した Mo_{1-x}W_xS₂ 合金の成長や、高い電気伝導性を持つ Nb_{1-x}W_xS₂ 合金について報告してきた[1,2]。しかし、薄膜硫化法では、主に原料の供給量・濃度の制限より、大面積化や単層試料の作製が困難であるという問題点があった。そこで本研究では、原料供給の制限が小さく、またヘテロ構造作製に有利な化学気相成長(CVD)法を利用し、大面積かつ均一な単層の Nb ドープ WS₂ 試料の合成法の確立を進めてきた。

試料は、酸化タングステン、ニオブおよび塩化ナトリウムの粉末を原料とし、アルゴン・硫黄の混合雰囲気中でハライドアシスト CVD によって SiO₂/Si 基板に作製した。合成後の基板において、光学顕微鏡像(Fig. 1a)に示すように 20 μm 程度の大きさの三角形の結晶が多数観察された。また、走査透過電子顕微鏡像(STEM)からはタングステンサイトに置換する形で、ニオブがドーブされていることがわかる。この結晶のラマンスペクトル(Fig. 1b)からは、WS₂ の E' ピークと A₁' ピークに加え、380 cm⁻¹ と 400 cm⁻¹ に新たなピークが確認された。これらの結果は、ハライドアシスト CVD 法による Nb ドープされた大面積 WS₂ 結晶の成長を示しており、キャリア制御された単層 TMDC およびそのヘテロ構造の実現に大きく寄与すると期待される。

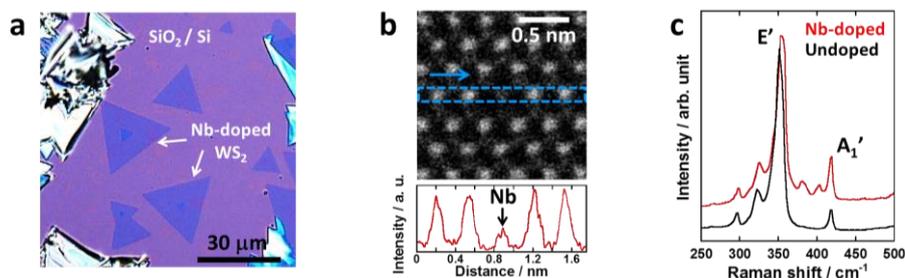


Fig. 1 (a) Optical image of typical monolayer Nb-doped WS₂ crystals grown on a SiO₂/Si substrate. (b) ADF-STEM image of monolayer Nb-doped WS₂. Intensity profile from left to right along the blue box in the ADF image. (c) Raman spectra of undoped and Nb-doped WS₂ monolayers.

[1] Y. Kobayashi *et al.*, *Nano Res.* **8**, 3261-3271, (2015). [2] 佐々木, 他, 第 61 回応用物理学会春季学術講演会

[3] S.Li *et al.*, *Applied Materials Today* **1**, 60-66, (2015).