

遷移金属ダイカルコゲナイドヘテロナノチューブの合成

Synthesis of Transition Metal dichalcogenide Hetero-nanotubes

都立大理¹, コミラ大理², 産総研³, [○]永野真衣¹, 蓬田陽平¹, Md. Ashiqur Rahman^{1,2}, 上治寛¹,
八木貴志³, 中西勇介¹, 宮田耕充¹, 柳和宏¹

¹TMU, ²Comilla Univ., ³AIST, [○]Mai Nagano¹, Yohei Yomogida¹, Md. Ashiqur Rahman^{1,2}, Kan Ueji¹,
Takashi Yagi³, Yusuke Nakanishi¹, Yasumitsu Miyata¹, Kazuhiro Yanagi¹

E-mail: yanagi-kazuhiro@tmu.ac.jp

はじめに：一次元ヘテロ構造、特に同軸に積層したヘテロナノチューブは、ユニークな特性から注目されている [1]。近年、六方晶窒化ホウ素 (BN) /単層カーボンナノチューブ (SWCNT) や、遷移金属ダイカルコゲナイド (TMDCs) /SWCNT の新しい合成方法が開発されてきた [1, 2]。これらの合成方法は、SWCNT または BN ナノチューブの表面に、BN または TMDCs の層を形成する方法である。この結果は、ナノチューブが他のナノチューブを形成するためのテンプレートとして用いることが出来ることを示唆している。

Tenne らによって発見された TMDCs は、無機ナノチューブの一つであり [3]、巻き方によらず半導体の性質を示す。よって、半導体・半導体型の一次元ヘテロ半導体界面の形成には、TMDCs が最も適している。本研究では、TMDCs のみの半導体ヘテロナノチューブの合成を試みた。

実験方法：WS₂ナノチューブを MoS₂ナノチューブ形成するためのテンプレートとして用いた。初めに、液相法もしくは気相法で合成した酸化タングステンナノワイヤを硫化（一回目硫化）し、WS₂ナノチューブを合成した [4]。外側ナノチューブの形成には、二次元ヘテロ TMDCs 合成で報告されている遷移金属を蒸着する方法や [5]、酸化モリブデン層をスパッタにより形成し、硫化する方法を用いた。本研究では、WS₂/MoS₂ヘテロナノチューブを合成するために、合成した WS₂ナノチューブの表面に Mo もしくは酸化モリブデン層形成させ、10 分間硫黄と反応させた（二回目硫化）。

実験結果：図 1 に二回目硫化した前後のラマンスペクトルを示した。二回目硫化後では、WS₂, MoS₂ 二つのラマンピークが観測された。図 2 に二回目硫化後の高角散乱環状暗視野走査透過電子顕微鏡 (HAADF-STEM) 画像を示した。WS₂ナノチューブの周りに多層の MoS₂が形成されていることが観測出来た。これらの結果から、TMDCs のみの半導体ヘテロナノチューブの合成に成功した。

[1] R. Xiang et al. Science, 367, 537 (2020).

[2] M. Liu et al., ACS Nano 15, 8418 (2021).

[3] R. Tenne et al., Nature 360 444 (1992).

[4] Y. Yomogida et al., Appl. Phys. Exp. 12, 085001 (2019).

[5] C-R. Wu et al. Nano Lett., 16, 7093 (2016).

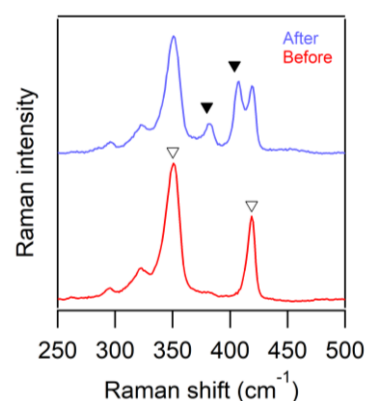


Fig. 1. Raman spectra of before and after 2nd sulfurization. ▽ and ▼ show Raman peaks of WS₂ and MoS₂.

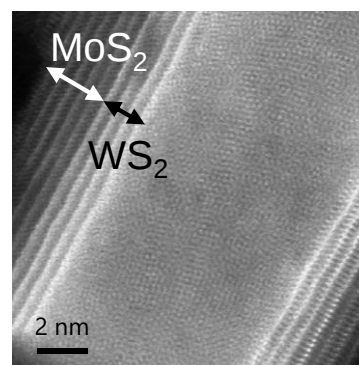


Fig. 2. HAADF-STEM image of after 2nd sulfurization samples.