

水熱合成 WO₃ ナノワイヤの結晶面選択成長と分子センシング

Face-Selective Crystal Growth of Hydrothermal WO₃ Nanowires & Molecular Sensing

久留米高専¹, 東京大学², 九大先導研³

○根北 翔¹, 長島 一樹², Guozhu Zhang², 柳田 剛^{2,3}, 奥山 哲也¹

NIT, Kurume College.¹, The Univ. of Tokyo.², IMCE Kyushu Univ.³

○S. Nekita¹, K. Nagashima², G. Zhang², T. Yanagida^{2,3}, T. Okuyama^{1*}

*E-mail: okuyama@kurume-nct.ac.jp

【緒言】酸化タングステン (WO₃) ナノワイヤは、水中/大気中での熱的・化学的安定性や多彩な機能 (触媒作用・分子センシングなど) を併せ持つ興味深いナノ材料であり、近年急速に注目を集めている。ナノワイヤの幾何学的構造、主に直径はその物性 (電子・光・機械特性等) に大きく影響するため、構造制御はナノワイヤの潜在的な機能性を引き出す上で最も重要となる。WO₃ ナノワイヤの化学合成において、既報の研究では pH 値や化学キャッピング剤によるナノワイヤの構造制御が試みられてきたが、結晶成長時における系内の複雑な挙動を包括的に理解することは困難であり、精密構造制御を可能にする方法論は確立されてこなかった。本研究では、系内の複雑な化学的パラメータの影響を受けない核形成理論に基づく分析的アプローチにより、WO₃ ナノワイヤの結晶面選択成長を実現し、従来困難であったナノワイヤ構造の精密制御に初めて成功した。さらに、分子センシング特性において精密構造制御の重要性を実証した¹⁾ので報告する。

【実験】 H₂O₂ (30%) 中で金属 W を溶解させた後、純水で濃度調整を行い、シュウ酸 C₂H₂O₄ を添加した。次いで、NaOH により pH 調整を行い、Na₂SO₄ を添加することで成長溶液を調製した。この溶液を耐圧容器に移し、200 °C の電気炉内でナノワイヤを合成した。続いて、得られた合成物の形状及び結晶構造を SEM、TEM、XRD により評価した。電子線リソグラフィにより単一ナノワイヤ素子を構築し、200 °C 大気中で分子センシング特性を評価した。

【結果】 溶液内 W 濃度とナノワイヤ形状の相関性を核形成理論に基づき詳細に検討した結果、WO₃ ナノワイヤにおける結晶面選択成長メカニズムを明らかにすると共に、精密構造制御法を確立することに成功した (Fig.1)。直径の異なる単一 WO₃ ナノワイヤ素子を用いて肺がんマーカー物質 “ノナナル” の分子センシング特性を評価した結果、顕著な構造依存性が確認され、最も細径化したナノワイヤにおいては既報の研究を遥かに凌駕する超高感度ノナナルセンシング特性 (抵抗変化 3.8 倍@27 ppb) を実証することに成功した (Fig. 2)。本研究のアプローチや得られた一連の知見は、酸化物ナノ構造体の化学合成及び機能物性制御に広く展開できる見込みがあり、今後の機能性ナノ材料・デバイスの創出において極めて重要な役割を果たすと期待される。

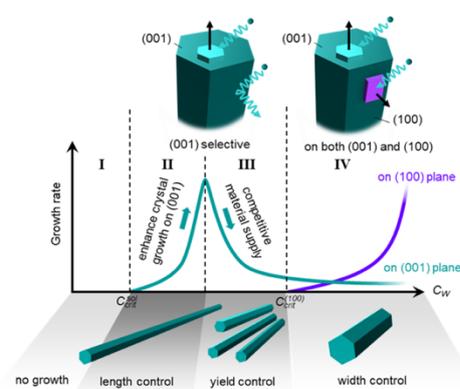


Fig. 1 WO₃ nanowire growth mechanism¹⁾

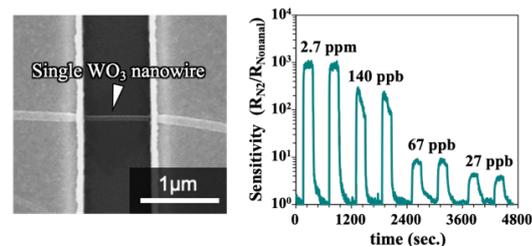


Fig. 2 Single WO₃ nanowire device (left) and nonanal sensing results (right)

¹⁾ S. Nekita, K. Nagashima, G. Zhang, et al. *ACS Appl. Nano Mater.*, **3**, (2020), pp.10252-10260.