

一次元ヘテロナノチューブの合成と構造解析

Synthesis and Structure Characterization of one-dimensional heteronanotube

ユーザー氏名: 項 栄¹, 熊本 明仁^{1,2}, 丸山 茂夫¹ / Rong Xiang¹, Akihito Kumamoto^{1,2}, Shigeo Maruyama¹
(¹東京大学, ²日本電子株式会社 / ¹The University of Tokyo, ²JEOL Ltd.)

実施機関担当者: 押川 浩之, 幾原 雄一 / Hiroyuki Oshikawa, Yuichi Ikuhara (東京大学 / The University of Tokyo)

KEY WORDS TEM, Analytical STEM, Nondestructive characterization, One-dimensional heteronanotube

概要 | Overview

本研究では、高温で安定な Si/SiO₂ グリッドを用いて、高温反応を経たナノ材料を非破壊で直接的に TEM/STEM 観察できるアプローチを提案した。非破壊な本観察方法により合成へのフィードバックはより正確かつ容易になり、異なる化合物から成るナノチューブを同心状に複合化させた「一次元ファンデルワールスヘテロ構造」の創成に成功した。TEM、分析STEM、電子回折によって、ヘテロナノチューブの全ての層が高い結晶性を持つことが確認された。

We propose a nondestructive TEM/STEM characterization of high-temperature processed nanomaterials, using a thermally and chemically stable Si/SiO₂ TEM grid. As this grid is compatible to both material synthesis and TEM characterization and thereby simplified the specimen preparation, this new approach allowed a quick feedback from material characterization to synthesis. Benefiting from this, we succeeded in the experimental fabrication of a group of new material call "one dimensional van der Waals heterostructure", in which different nanotubes are coaxially nested. TEM, analytical STEM, electron diffraction have confirmed different element and high crystallization in each shell.

高温反応を経たナノ材料の非破壊 TEM 観察

Nondestructive TEM imaging of a high-temperature processed nanomaterial

● 結果紹介

MEMS加工によって作製された Si/SiO₂ TEMグリッドをCNT合成基板として採用し、シリコン酸化膜上で単層CNTカイヤリテ選択成長が可能な Co-W-C触媒ナノ粒子の構造を明らかにした。本研究では、CNT合成中に図1のエピタキシャルな方位関係を伴ったCo/Co₆W₅C結晶が生成することを非破壊TEM/STEM観察から明らかにし、CNT合成過程で変化する触媒ナノ粒子の新しい構造進化モデルを提案した。同非破壊手法は、合成と微細構造解析の両輪を必須とする新奇なナノ材料開発を加速させている。

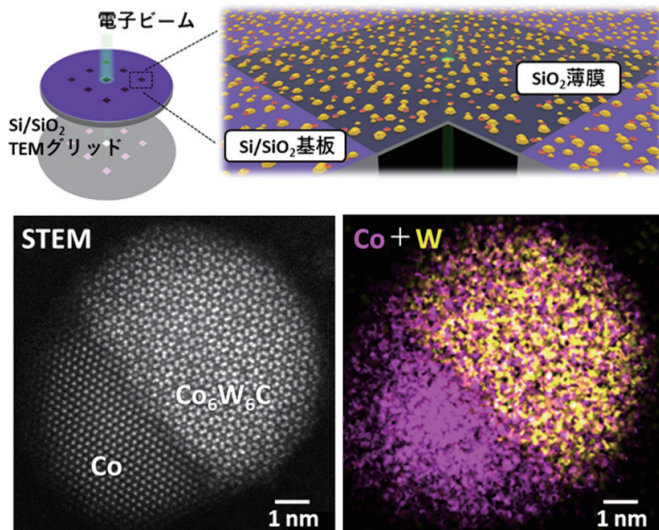


図1 (上) Si/SiO₂ TEM グリッドの概略図。(下) Co-W-C触媒ナノ粒子の原子分解能 HAADF-STEM像及び STEM-EDSマッピング。(利用装置: JEM-ARM200F Cold-FEG dual SDD、加速電圧: 200kV)

● 関連論文

#H. An, #A. Kumamoto, #R. Xiang*, #S. Maruyama* et al., 'Atomic Scale Structural Identification and Evolution of Co-W-C Ternary SWCNT Catalytic Nanoparticles: High-resolution STEM imaging on SiO₂', *Science Adv.*, (2019), vol.5, no.5, pp. eaat9459.

一次元ヘテロナノチューブの創成と構造解析

Synthesis and structure characterization of one-dimensional heteronanotube

● 結果紹介

STEMの電子エネルギー損失分光マッピングにより、最内層が単層CNT、外側の複数層が窒化ホウ素ナノチューブ (図2) の一次元ヘテロナノチューブの創成に成功したことが確認された。更にその周りでMoS₂を合成することで、3種のナノチューブから成る「単層CNT-BNNT-MoS₂」ヘテロ構造の合成にも成功した。一次元構造に特有な曲率効果や量子閉じ込め効果を有するこの新物質形態に関して、結晶成長学、量子光学、電子工学など多方面への基礎研究の展開が期待され、量子デバイスとして産業利用の可能性が提起される。

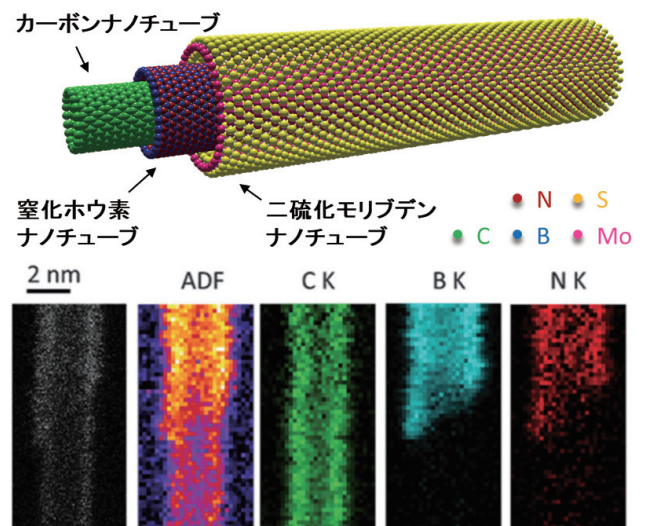


図2 (上) 一次元ファンデルワールスヘテロ構造の模式図。(下) 電子エネルギー損失分光法による元素マッピング像。(利用装置: JEM-ARM200F Cold-FEG dual SDD、加速電圧: 80kV)

● 関連論文

R. Xiang*, A. Kumamoto, S. Maruyama*, et al. 'One-dimensional van der Waals heterostructures', *Science*, (2020), vol. 367, pp. 537-542.

CONTACT

項 栄, 丸山茂夫 (Rong Xiang, Shigeo Maruyama) 実施機関: 東京大学 / The University of Tokyo
URL: www.photon.t.u-tokyo.ac.jp