

カーボンナノチューブヒーター上でのシリコンナノ粒子の構造変化

名古屋大学大学院工学研究科 安坂 幸師 齋藤 弥八
名古屋大学大学院生(現: TDK 株式会社) 寺田 朋広

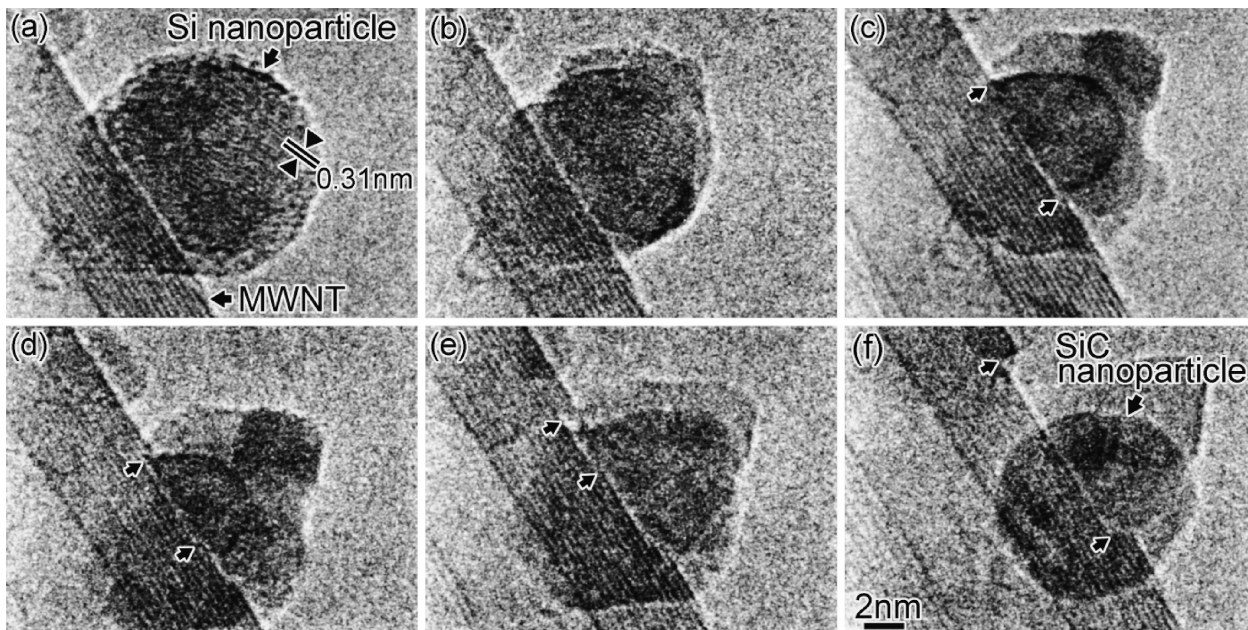


Fig. 1 多層カーボンナノチューブ(MWNT)への通電による, Si ナノ粒子と MWNT の反応を示す高分解能電子顕微鏡像.

透過電子顕微鏡内で多層カーボンナノチューブ(MWNT)を極微小ヒーターとして用い, 加熱した MWNT ヒーター表面でのシリコン(Si)ナノ粒子の構造変化をその場観察した.

Fig. 1 に MWNT への通電による Si ナノ粒子と MWNT の反応過程をその場観察したときの電子顕微鏡像の時系列を示す. MWNT へ通電する前, 直径約 12 nm の Si ナノ粒子には, Si (111) 面に対応する 0.31 nm 間隔の格子縞が観察される (Fig. 1 (a)). MWNT の両端に電圧 1.91 V を印加し, 電流が 73.0 μ A 流れると, Si ナノ粒子の直径が減少して外形が変化しはじめるとともに (Fig. 1 (b)–1 (c)), Si ナノ粒子と接触している MWNT の最外層が消失した (Fig. 1 (c)において矢印が示す範囲). 電圧を増加させ, 電流が 74.4 μ A に達すると, MWNT の最外層から二層目の外層が消失し (Fig. 1 (d)において矢印が示す範囲), 最終的に三層目までの外層が消失した (Fig. 1 (e)および 1 (f)において矢印が示す範囲). Fig. 1 (f)でのナノ粒子の結晶構造を調べた結果, ナノ粒子は 3C-SiC であることがわかった. この観察結果は, MWNT の外層の消失が昇華だけではなく, Si ナノ粒子との反応によることを示している.

さらに, MWNT への通電を続けると, SiC ナノ粒子から Si が昇華し, SiC ナノ粒子の表面に炭素原子層が形成された (Fig. 2). 最終的に, 炭素原子層に内包された SiC ナノ粒子は約 1900 K までの昇温過程で完全に消失し, MWNT 表面には中空球殻構造のカー

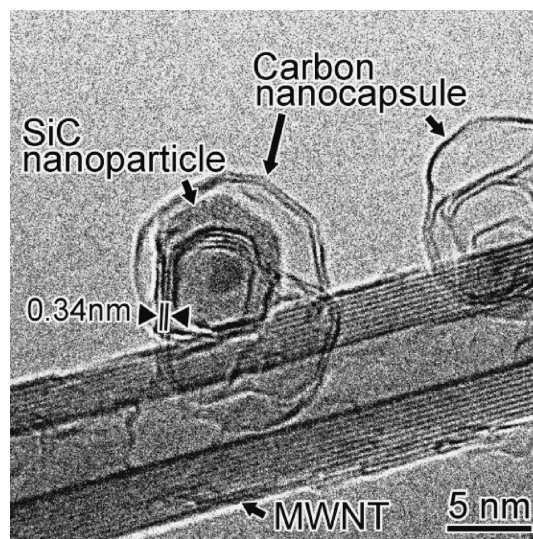


Fig. 2 MWNT への通電による SiC ナノ粒子の構造変化を示す高分解能電子顕微鏡像.

ボンナノカプセルが形成されることが明らかになった⁽¹⁾.

文 献

- (1) K. Asaka, T. Terada and Y. Saito: *Diam. Relat. Mater.*, **50** (2014), 49–54.
(2016年7月22日受理) [doi:10.2320/materia.55.587]

Structural Changes in Silicon Nanoparticles on a Carbon Nanotube Heater; Koji Asaka, Tomohiro Terada and Yahachi Saito (Department of Quantum Engineering, Graduate School of Engineering, Nagoya University, Nagoya)

Keywords; *in-situ transmission electron microscopy, silicon, multiwall carbon nanotube, carbon nanocapsule*

TEM specimen preparation: Arc discharge method, Electrophoresis TEM utilized: JEM-2010 (120 kV)