カーボンナノチューブの電子照射誘起欠陥の原子レベル観察

産業技術総合研究所ナノチューブ応用研究センター・JST-CREST 佐藤 雄太 末永 和知

Fig. 1 SWNTの球面収差補正 TEM 像(a)とそのFFTパターン(b), 逆FFT処理により再構成したSWNTの片側の像(c), (d).

カーボンナノチューブ(CNT)は、炭素原子の六員環網面(グラフェンシート)が中空の円筒状構造を成した物質である。CNTは加速電圧100–200 kV程度の電子線照射で容易に損傷を受けることが知られており、TEMによる欠陥導入過程のその場観察も行なわれている⁽¹⁾⁽²⁾。近年普及しつつある球面収差補正TEMを用いると、上記の加速電圧において容易に原子レベル分解能が得られるため、CNT中の微細な構造欠陥をより正確に捉えることができる⁽³⁾。

球面収差補正TEMにより撮影した単層CNT(SWNT)の像Fig. 1(a)には、入射電子線に関して上下二枚のグラフェンシートが重なりあって生じたモアレ模様が捉えられている。このTEM像に高速フーリエ変換(FFT)処理を施して得られるFig. 1(b)では、点線および破線の六角形が示すように、上下二枚のグ

ラフェンシートの寄与が分離されている。点線または破線が結ぶスポットをマスクして逆FFT処理を施すと、Fig. 1(c), (d)に示すように、このSWNTの上半分のみ、もしくは下半分のみを再構成することができる。このうちFig. 1(c)の円内には、電子線照射で生じた原子空孔と不規則位置の炭素原子の組に対応する白点と黒点が、明瞭に捉えられている。このように、球面収差補正TEM観察は、CNTに生じる微細な電子照射誘起欠陥を検出し、その位置を正確に把握するうえで、きわめて有効な手法である。

文 献

- (1) A. Hashimoto, *et al.*: Nature, **430**(2004), 870–873.
- (2) K. Urita, *et al.*: Phys. Rev. Lett., **94**(2005), 155502 (4 pages).
- (3) K. Suenaga, *et al.*: Nat. Nanotechnol., **2**(2007), 358–360.

(2008年7月25日受理)

Direct Imaging of Irradiation-induced Atomic Defects in Carbon Nanotubes: Yuta Sato, Kazu Suenaga (Nanotube Research Center, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Tsukuba, and JST-CREST)

Keywords: carbon nanotube, aberration-corrected TEM

Irradiation condition: 120 kV electron, $1 \times 10^5 \text{ e/nm}^2 \cdot \text{s}$ (*in situ* by TEM) TEM specimen preparation: Dispersion in *n*-hexane
TEM utilized: JEM-2010F (120 kV) equipped with post-specimen spherical aberrator corrector (CEOS)