

単一カーボンナノチューブのナノ溶接と電子放出の測定

名古屋大学大学院工学研究科 安坂 幸師 齋藤 弥八

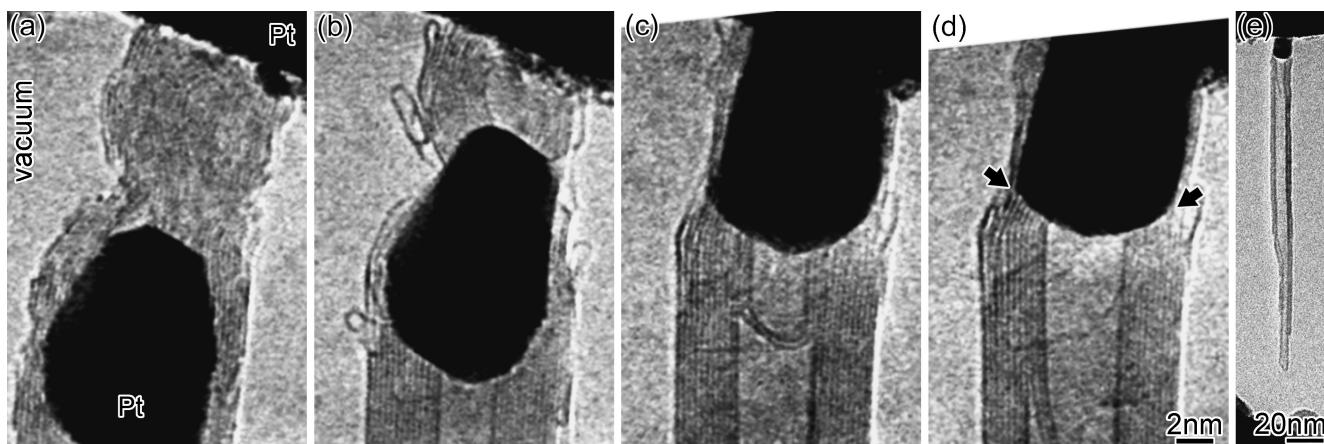


Fig. 1 (a)–(d) CNT の金属表面への接合過程, (e) 単一 CNT 電界電子エミッタの電子顕微鏡像.

カーボンナノチューブ(CNT)固有の性質を活かした電子デバイスの開発では、CNTを異種物質である金属電極に良導電性接合することが解決すべき課題の一つとして挙げられる。本研究では、透過電子顕微鏡内でCNT個々の構造を直接観察しながら、CNT先端を金属表面に接合して単一CNT電界電子エミッタを作製し、その場で電界電子放出特性を調べた⁽¹⁾。

Figs. 1(a)–(d)にCNTの接合過程の電子顕微鏡像時系列を示す。Fig. 1(a)の上部の暗い領域は白金(Pt)電極表面である。この電極表面にPtナノ粒子を内包したCNT先端を接触させて電圧を印加すると、ナノ粒子がCNTの内壁に沿って移動し、電極に接合した(Figs. 1(a)–(c))。CNTの根元はナノ粒子により電極に直接溶接されており、電気的コンタクトがオーミックであることが期待される(Fig. 1(d)矢印)。その後CNTを支持基板から引離すと、CNTが電極表面に自立した(Fig. 1(e))。このCNTと基板をそれぞれ電界電子エミッタと陽極に用い、CNT–陽極間の距離(d)を変化させて印加電圧と放出電流を測定した(Fig. 2(a))。 d を27 nmまで近づけると、電圧42 Vで放出電流密度 $7 \times 10^{11} \text{ A/m}^2$ を得た。Fig. 2(a)での各電流–電圧曲線をFowler–Nordheimプロット解析し、電界増強因子(β)を調べたところ、 β は d に対して単調に増加するのではなく、 $\beta = 1 + d^{0.79}$ により近似されることが明らかになった(Fig. 2(b))。これらの結果は、今後の単一CNT電界電子エミッタ開発に指針を与えるものである。

文 献

- (1) K. Asaka, *et al.*: *Appl. Phys. Lett.*, **92**(2008), 023114.
(2009年7月17日受理)

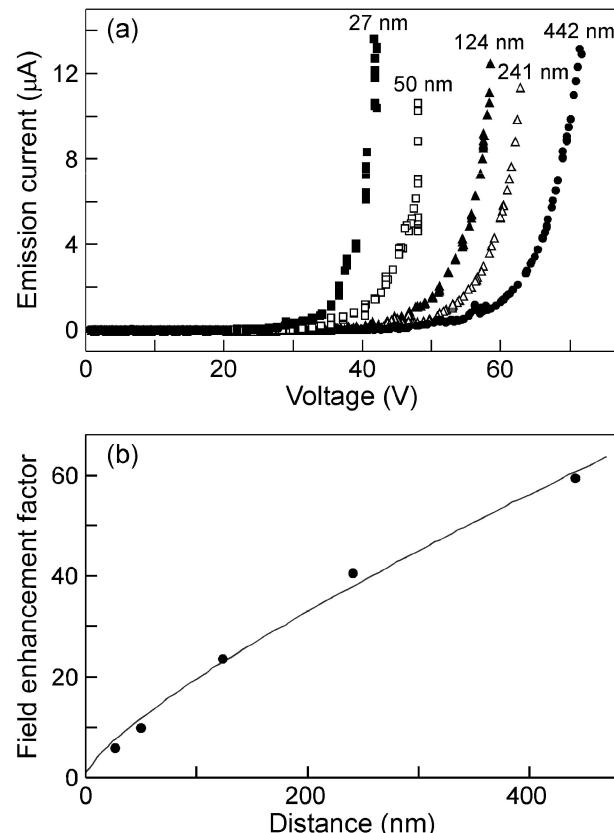


Fig. 2 単一 CNT 電界電子エミッタの(a) 電流–電圧特性, (b) 電界増強因子–電極間距離特性.

Nanowelding of a Single Multiwall Carbon Nanotube to Metal Surface and Measurement of Its Electron Field Emission; Koji Asaka, Yahachi Saito (Department of Quantum Engineering, Graduate School of Engineering, Nagoya University, Nagoya)

Keywords: carbon nanotubes, welding, field emission, Fowler–Nordheim plots

TEM specimen preparation: arc discharge method, electrophoresis

TEM utilized: JEM-2010 (120 kV)

Observation condition: *in-situ* TEM