



教授／博士（工学）

安坂 幸師

Koji Asaka

学歴

大阪大学 工学部 材料物性工学科、大阪大学 大学院工学研究科 材料物性工学専攻 博士前期課程、大阪大学 大学院工学研究科 マテリアル科学専攻 博士後期課程

経歴

株式会社 富士通研究所 研究員、筑波大学 助手、名古屋大学 助手/助教/講師、スイス連邦工科大学チューリッヒ校 Gastprofessor、福井工業大学 教授

相談・講演・共同研究に応じられるテーマ

ナノカーボン材料、ナノ材料、電子顕微鏡に関する解析評価、その場透過電子顕微鏡法による構造・物性の同時計測

メールアドレス

asaka@fukui-ut.ac.jp

主な研究と特徴

「カーボンナノカプセルの電気伝導および機械的特性の解明」

C₆₀ フラーレン分子が繊維状に結晶配列したフラーレンナノウィスカ (FNW) は、大量合成の簡便性や特異な形状に加え、フラーレン分子固有の物理的、化学的特性から半導体や触媒、医薬品などさまざまな産業分野での利用が期待されている、近年見出された新しいナノ材料である。FNWを真空中で熱処理した後、通電加熱することにより、巨大多層フラーレン（カーボンナノカプセル）の集合体が生成されることを見出した。透過電子顕微鏡内でこの集合体からナノカプセル1個をナノプローブにより取り出して変形し、その変形過程を観察しながら力や電流、電圧の変化を同時に測定することに成功した。これにより、ナノカプセルが持つナノ構造素材固有の靱性や強度、および電気伝導特性を構造変化と対応させて定量的にはじめて明らかにした。図1(a)-1(c)に、ナノカプセル集合体から金 (Au) 被覆ナノプローブを用いてナノカプセル1個を取り出し、ナノカプセルの両端をナノプローブとAu 電極との間に架橋して電流-電圧特性を調べたときの高分解能像時系列を示す。ナノカプセルの直径は約5 nmであり、グラフェン隔壁は4 層である。図1(d)に、図1(c)の状態でのナノカプセル両端に電圧を印加したときの電流の変化を示す。電圧を0~0.2 Vまで印加すると、電流は単調に増加し、0 V近傍においてギャップは観察されなかった。この電圧領域では、コンダクタンスが0.5 G₀と一定であることがわかった。ナノカプセル集合体の電気伝導特性は半導体的、あるいは絶縁体的であるが、ナノカプセル単体のそれは金属的であることを実験的に明らかにした。

「カーボンナノチューブのナノ溶接と電界放出測定」

カーボンナノチューブ (CNT) は、直径がナノメートルサイズと小さく、先端が尖鋭であり、アスペクト比が大きいことに加え、電気伝導性や機械的強度、電流密度耐性、化学的表面安定性、高温耐熱性に優れていることから、従来の金属材料に比べて低電圧で電子を電界放出するエミッタ材料として注目されている。CNT電界放出電子源の実用化に向け、電界放出特性の基礎特性評価や要素技術の開発が行われている。本研究では、透過電子顕微鏡内で1本のCNTの構造を観察しながら、CNT先端を金属表面にナノ溶接して単一CNT電界電子エミッタを作製し、その場で電界放出特性を調べた。図2(a)-2(c)にCNTの接合過程の電子顕微鏡像時系列を示す。図2(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、電極と結合した。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 (図2(c)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 (図2(d))。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-陽極間の距離を変化させて印加電圧と放出電流をその場で測定した (図2(e))。これにより、高電流領域で放出電流の飽和をなくし、低電圧での高電流放出を可能とするなど、実用電子源への技術移転に向けて重要な知見を得た。

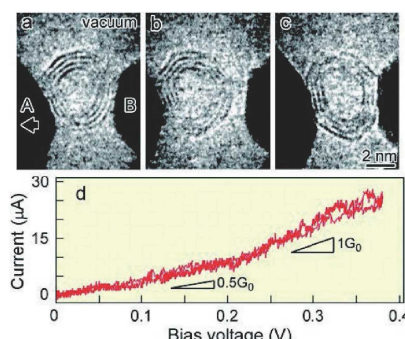


図1 (a)-(c)カーボンナノカプセルのマニピュレーション過程と(d)(c)の状態での測定した電流-電圧曲線

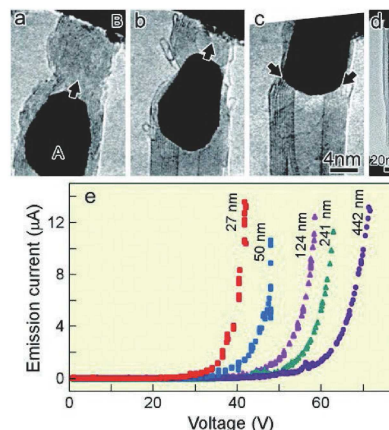


図2 (a)-(c)CNTのナノ溶接過程と(d)作製した単一CNT電子エミッタの(e)電界放出特性

今後の展望

ナノメートルスケールで構造が制御されているナノ物質の特性は、その特徴的な構造に応じて敏感に変化することが知られており、真の特性を解明するためには、あるいは最も優れた特性を見出すためには、集合体を用いた統計的な評価だけでなく、物質1個1個、1本1本、または1枚1枚の構造を調べ、明らかにした構造と対応させて特性を評価することが必要になる。そのような評価を実現するために、透過電子顕微鏡の中でナノ物質個々を原子レベルの空間分解能で直接観て、操り、または加工し、そのときの構造の変化や現象をリアルタイムに追いつながら、その場で同時にナノ物質の力学や電気伝導、電界放出に関する物理量の変化を測定できる“その場透過電子顕微鏡法”を構築し、そして、この手法を用いてナノスケール領域で発現する材料独特の特性や現象を材料工学、固体物理学、電子顕微鏡学の視点から解き明かす研究を推し進めている。今後、“その場透過電子顕微鏡法”に光学分光法や光照射機構を導入し、ナノカーボン材料の新たな特性や現象の探索、および解明に向けて研究を展開するとともに、ナノカーボン材料以外のナノ材料についても本手法を適用し、高機能材料の創製や特性評価など新たな研究分野の開拓を目指す。

所属学会

公益社団法人 日本金属学会
公益社団法人 日本顕微鏡学会
公益社団法人 応用物理学会
一般社団法人 日本物理学会
フラーレン・ナノチューブ・グラフェン学会
ナノ学会

主要論文・著書

K. Asaka, K. Nishikawa, Y. Saito, Light emission and structural changes in a suspended multiwall carbon nanotube on application of electric current, *Diamond and Related Materials*, 111, 108175 (2021).
K. Asaka, T. Nakayama, K. Miyazawa, Y. Saito, Structures and field emission properties of heat-treated C₆₀ fullerene nanowhiskers, *Carbon*, 50, 1209-1215 (2012).
K. Asaka, H. Nakahara, Y. Saito, Nanowelding of a multiwalled carbon nanotube to metal surface and its electron field emission properties, *Applied Physics Letters*, 92, 023114-1-3 (2008).
K. Asaka, T. Kizuka, Atomistic dynamics of deformation, fracture, and joining of individual single-walled carbon nanotubes, *Physical Review B*, 72, 115431-1-5 (2005).