

その場電子顕微鏡法によるカーボン／金の接触破断過程の観察

In Situ Transmission Electron Microscopy of Contact-Separation Process in Interfaces between Carbon and Gold



筑波大 〇手面 学, 木塚 徳志

Univ. Tsukuba, 〇Manabu Tezura, Tokushi Kizuka

E-mail: tezura.manabu.ga@un.tsukuba.ac.jp

グラフェン、グラファイトおよびカーボンナノチューブなどの原子面積層物質や層状物質は、高い電子易動度や特徴的な電子構造に起因した特異な電気伝導特性を示し、これらを利用した新規機能デバイスへの応用の観点から注目されている。他の半導体基礎物質と同様に、これらの層状物質をデバイスとして集積回路に組み入れる場合、必ず電極や細線と接合させることになる。このとき、接合領域、つまり接合界面の電気伝導特性や機械的特性については、接合する基礎物質の特性をまず損ねないということが求められる。例えば絶縁破壊強度については、原子間力顕微鏡を用いて調べられている[1]。さらに、接合界面はこうした補助的な役割だけでなく、基礎物質の特性と相まって、界面自体が従来にはない構造とそれに起因した機能をもたらす。その例が、接合界面で両者を引き離れたときに形成される幅 1 nm 以下のナノチェーン構造である[2]。このような構造をもつ層状物質は、固有の機械的および電気的特性をもつことが理論計算で予測されている[3]。

ナノ構造物質のピコメートル操作技術を導入したその場電子顕微鏡法は、接合界面を創製し、その構造を原子配列単位で制御することができ、その制御時の構造ダイナミクスを直接観察しながら電気伝導と力をその場で調べることができる。本研究では、代表的なカーボンの層状物質であるグラフェン、グラファイトおよびカーボンナノチューブと金が接触と破断する過程を原子直視観察し、その時々刻々変化する界面構造に対応した電気伝導とこの構造にかかる力を調べた。

金薄板の片端を厚さが数ナノメートルになるまで研磨して、ナノチップを作製した。このナノチップを 2 つ用意した。次に、ガス中蒸発法を用いてカーボンを原料にして微粒子を合成した。これをエタノール中で超音波分散し、一方の金ナノチップ上に堆積させた。これと何も堆積していない金ナノチップを電子顕微鏡の試料室に挿入し、両者の先端を接触させて層状ナノカーボン／金接合を作製した。この接合界面の幅と面間距離をピエゾ駆動を用いて原子配列単位で変化させ、その構造を観察しながら同時に電気伝導を測定した。また、接合界面を破断させ、そのときの破壊挙動を観察し、破断力を測定した。

文献

- [1] Y. Hattori, T. Taniguchi, K. Watanabe, and K. Nagashio, *ACS Nano* **9**, 916–921 (2015).
- [2] A. La Torre, A. Botello-Mendez, W. Baaziz, J.-C. Charlier, and F. Banhart, *Nat. Commun.* **6**, 6636 (2015).
- [3] M. Liu, V. I. Artyukhov, H. Lee, F. Xu, and B. I. Yakobson, *ACS Nano* **7**, 10075–10082 (2013).