



**研究課題名 MEMS と実時間 TEM 顕微観察によるナノメカニカル特性評価と応用展開**

東京大学・生産技術研究所・教授 ふじた ひろゆき  
藤田 博之

研究分野：ナノ・マイクロ科学、マイクロ・ナノデバイス  
キーワード：MEMS・NEMS、マイクロメカニクス

**【研究の背景・目的】**

数 nm から数十 nm のナノ構造は、量子効果など微細な寸法で初めて現れる性質があることが知られている。ナノテクノロジーの最終的な狙いは、この特別な性質をうまく用いて、これまで得られなかった高度の機能や性能を持つ超微細の部品や新材料を得ることである。ナノテクノロジーの今後の発展には、個々のナノ物体の性質を詳細に測定することが大切である。

通常私たちが何か分からない物体を調べるとき、それを手にとって良く観察したり、力などを加えて形がどう変わるかみたり、またそうした変形が特性にどう影響するか測るだろう。

ナノ物体を原子や分子の分解能で調べるためには、極微の物を扱う「手」と、見る「眼」が必要である。本研究では「手」として半導体チップの微細加工技術で作るマイクロ・ナノマシンを用い、「眼」には超高分解能の透過電子顕微鏡を使う。電子顕微鏡内でマイクロマシンを動かし、マシンで捕らえたナノ物体に力や熱や電圧を加えて、物体がどのように変形するかを原子レベルで調べたり、変形に伴って電気・機械特性がどう変化するかを計測したりする。このような計測データと、計算機を用いた数値実験とを比較して解釈することで、ナノ寸法での現象の理解を深める。この結果から、例えば、高分子材料などのナノ繊維の強さ、微小な配線の劣化機構、摩擦や摩耗現象に伴う表面の微視的な破壊などを解明する手がかりを得る。

**【研究の方法】**

まず半導体微細加工を用いて極微の立体構造を作る。その構造には、ナノ物体を捕獲するピンセットになる一対の鋭い針先、電圧を加えると動くアクチュエータ、微小な動きや力や温度を測るセンサなどを組み込むことができる。



図1 ナノピンセットの顕微鏡像と、針先に捕らえたDNA分子の束

さらにマイクロマシンを超高分解能の透過電子顕微鏡に入れ、ナノ物体の形状を実時間で詳細に観察しながら、力や熱や電圧を加えその形の変化を実時間で記録する。同時に、加わった力と伸びや歪の関係、ナノ物体の太さと熱伝達の関係、印加電圧と電流の関係などを測る。形状の変化と、様々の特性の変化を合理的に説明する理論モデルを作り、それに基づいた計算と実験データを比較することでモデルの正しさを証明するとともに、実験で知ることのできなかった様々の現象を推定する。

**【期待される成果と意義】**

- (1) ナノ物体の形状と電気・機械・熱特性を、多面的かつ同時に計測する手法を確立する。個々のナノ物体の特性を詳細に知ることを可能にすることで、ナノテクノロジーの発展に貢献する。
- (2) 社会的に重要な工学的課題である、新材料の開発、機械の劣化メカニズムの解明、電子機器の信頼性向上などに対し、時間変化を含む極微レベルからの基礎的知見を提供し、その解決に資する点で意義がある。例えば下図は、ナノワイヤを破断する実験で、接点劣化機構の解明に役立つと考えている。

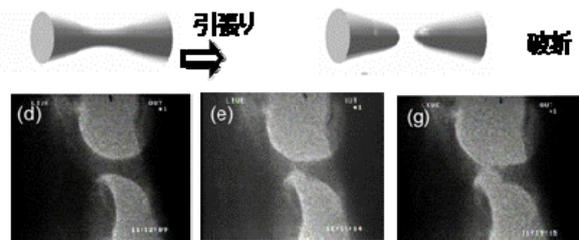


図2 ナノワイヤの引張り断破壊実験

**【当該研究課題と関連の深い論文・著書】**

- [1] 藤田博之, マイクロ・ナノマシン技術入門, 工業調査会, 東京, 2003.
- [2] G. Hashiguchi, H. Fujita, et al., Analytical Chemistry, vol.75, pp.4347-4350, 2003.

**【研究期間と研究経費】**

平成21年度－25年度  
251, 100千円

ホームページ等

<http://www.fujita3.iis.u-tokyo.ac.jp>