

# MEMS技術を援用したFIB-CVDカーボンナノワイヤのマルチフィジックス特性評価に関する研究

木内 万里夫

本論文では、ナノ構造材料の産業応用の基礎として、その物性評価技術を確立することを目指し、MEMS技術を用いてナノ材料物性評価専用デバイスである「静電駆動型ナノ引張試験デバイス (EANAT)」を開発した。また、同デバイスを用いて、FIB-CVD法により作製したカーボンナノワイヤ (CNW) の単軸引張試験および単軸応力下における電気抵抗測定を行い、その機械的、電気的特性を明らかにした。

EANATは試験片部、アクチュエータ部、測定部の三つの部分から構成されている。測定部には、CNWの微小な引張荷重および変位を増幅して計測できる機能を新開発した。本研究では、この変位増幅機能と、CCDカメラシステムおよびブロックマッチング法による画像解析技術とを組み合わせることにより、EANAT上での引張荷重および変位の計測分解能として、それぞれ123 nN、0.29 nmを実現した。

EANATによる単軸引張試験の結果、CNWの破断応力および破断ひずみはそれぞれ4.3 GPa、8%を示し、高強度、高靱性材料であることがわかった。また、CNWのヤング率の平均値は59.9 GPaを示したが、42.6 GPa~80.7 GPaの範囲でばらつきが発生した。このCNWのヤング率のばらつきは、同ナノワイヤの作製条件に起因するものであることを見いだしている。一方、CNWの非線形的な引張変形挙動は、破断直前で発生するナノ領域でのワイヤ収縮に起因することを、FE-SEM観察によって明らかにした。以上の結果より、本論文では、CNWがNEMS用構造材料として十分に利用できる、と結論づけることができた。

単軸引張応力下における電気抵抗測定の結果、CNWの電気抵抗がひずみの増加に伴って段階的に変化することを明らかにした。また、ラマン分光分析、SEM-EDX、STEM、SIMS技術を用いてCNWの組成分析を実施した結果、同ナノワイヤが約7%のガリウム粒子領域を含んだ水素化アモルファスカーボンであることを解明した。さらに、本研究では、これらの組成分析の結果からCNWの電気伝導モデルを新提案するとともに、同ナノワイヤ中の水素化アモルファスカーボン領域のゲージ率が-27.8~-56.8の範囲にあることを予測した。

以上の実験結果および解析的考察から、FIB-CVDで作製したCNWがNEMSなどのナノデバイスの構造材料および機能性材料として利用できることを示唆した。