

単一粒子ナノ加工法による機能性ハイブリッドナノワイヤーの形成

Formation of functional hybrid nanowires by single particle nanofabrication technique

佃 諭志¹⁾ 田中 俊一郎¹⁾ 関 修平²⁾ 杉本 雅樹³⁾ 吉川 正人³⁾

Satoshi TSUKUDA Shun-Ichiro TANAKA Shu SEKI Masaki SUGIMOTO Masahito YOSHIKAWA

¹⁾東北大学多元研 ²⁾大阪大学大学院工学研究科 ³⁾原子力機構高崎量子応用研究所

(概要)

高エネルギーイオンビーム、特に単一のイオンを利用した「単一粒子ナノ加工法」は、高分子のナノワイヤー、ナノロッドなどの1次元ナノ構造体を形成するのに非常に特化した技術である。申請者は、近年の施設利用課題において、上記手法を基盤として、有機無機ハイブリッドナノワイヤー形成を試み、2種類のハイブリット化の手法（金属粒子内包型、金属粒子表面修飾型）の確立及び、数種の金属粒子と高分子ナノワイヤーを組み合わせたハイブリッド化に関する成果をすでに報告している。本研究では、上記、高分子と金属ナノ粒子の特性を融合させたハイブリッド材料創生を目指すため、母材高分子ナノワイヤーと金属ナノ粒子の特性評価、サイズ制御法の確立を行い、環境適応型触媒材料、高分散熱伝導材料、刺激応答性センサー材料などの応用を目指す。

キーワード：ナノワイヤー、ハイブリッド、ポリビニルピロリドン、金属ナノ粒子

1. 目的

「単一粒子ナノ加工法」は、単一イオン飛跡に沿って形成されるイオントラック内での高分子架橋反応を利用し、ナノワイヤーを直接形成できる手法である。対象とした高分子材料、及び無機粒子を内包したハイブリッド材料を、任意のサイズ・数だけ均一にナノ構造化できる極めて汎用性の高い手法である。本研究では、上記手法により形成した PVP ナノワイヤーを HAuCl_4 溶解させた溶液中に浸した状態で、還元反応を行い、ナノワイヤー表面に Au ナノ粒子を析出させるハイブリット化手法の確立を試みた。また、母材である PVP ナノワイヤーの膨潤特性評価、及び Au ナノ粒子のサイズ、数の制御を試みた。

2. 方法

PVP と架橋剤を溶解させた混合溶液を調整し、スピンコート法を用いて Si 基板上に薄膜を形成した。この薄膜に 490 MeV 0s イオンビームを真空中で均一照射した。形成した PVP ナノワイヤーを AFM を利用し大気中、液中でそれぞれ観察、サイズの定量測定を行った。また、照射後の試料を HAuCl_4 を溶解させた溶液に浸し、還元処理を行い PVP ナノワイヤー上への Au ナノ粒子形成を行った。リンス処理、乾燥後、SEM, TEM により直接観察を行い、粒子径と粒子数の定量評価を行った。

3. 結果及び考察

PVP 薄膜にイオンビーム照射、溶媒処理後、AFM を利用し大気中、液中でそれぞれ直接観察を行い Si 基板上に PVP のナノワイヤーが形成されたことを確認した。大気中、液中での測定結果をもとに、各ワイヤーのサイズを比較した結果、大気中に比べ液中でのワイヤーのサイズが増大することが確認された。これは、ナノサイズのワイヤーでありながら内部の架橋網目構造により膨潤特性を示すことに起因する。また、PVP ナノワイヤーの形成確認後 HAuCl_4 溶解させた溶液中で還元処理を行った。反応後、リンス処理、乾燥後、SEM により直接観察を行った結果、PVP ナノワイヤー上に、選択的に Au ナノ粒子が析出していることが確認された。また、還元時間、 HAuCl_4 濃度、保護剤添加量を変えて反応を行い、TEM 観察によりサイズ、数の定量評価を行った結果、析出するナノ粒子の数・サイズが還元時間や濃度に依存し増加する傾向が観察された。以上の還元条件を変えることにより、ハイブリッド化させる金粒子の数・サイズを容易に制御できることに成功した。

4. 引用(参照)文献等

- S. Tsukuda, S. Seki, S. Tagawa, and M. Sugimoto, *Appl. Phys. Lett.* **87** (2005) 233119-1-3.
S. Seki, S. Tsukuda, S. Tagawa, and M. Sugimoto, *Macromolecules*, **39** (2006) 7446-7450.
S. Tsukuda, M. Sugimoto, A. Idesaki, A. Asano, S. Seki, and S.-I. Tanaka, *Radiat. Phys. Chem.*, **84** (2013) 39-41.