

単一粒子ナノ加工法による高分子ナノワイヤーの形成と金属粒子とのハイブリッド化

Hybridization of metal-particles and polymer nanowires formed 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⁾原子力機構量子ビーム応用研究部門

(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次元ナノ構造体を作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、上記手法を利用し、有機無機ハイブリッドナノワイヤー形成を試み、金のナノ粒子を内包した polyvinylphenol ナノワイヤーの作成例など、いくつかの内包粒子と高分子の組み合わせに関する成果をすでに報告している。本研究では、新たなハイブリッド化手法の提案として、poly(vinylpyrrolidone) (PVP) ナノワイヤーをイオンビーム照射により作製後、さらにナノワイヤー金属塩を溶解した溶液中に浸した状態で、還元反応を引き起こし、ナノワイヤー表面にナノ粒子を直接粒子化する手法を検討した。

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AgNO₃、及びHAuCl₄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Ag、Auナノ粒子を析出させるハイブリッド化手法の確立を試みた。また、還元時間に対する析出する粒子の数・サイズ依存性について定量評価を行った。

2. 方法

PVPと架橋剤を溶解させた混合溶液を作成し、スピンコート法を用いてSi基板上に薄膜を作成した。この薄膜に490 MeV Osイオンビームを真空中で均一照射した。照射後の試料をAgNO₃、HAuCl₄をそれぞれ溶解させた溶液に浸し、還元処理を行った。その後、リンス処理を行い、SEM、TEMにより直接観察を行った。

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Si基板上を観察した結果、PVPのナノワイヤーが観察された。PVPナノワイヤーの形成確認後、AgNO₃、及びHAuCl₄溶解させた溶液中で還元処理を時間を変え行った。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Ag及びAuナノ粒子が析出していることが確認された。これにより金属粒子が表面に修飾された高分子ナノワイヤーの形成に成功し、新たなハイブリッド化手法を確立できた。また、還元時間を変えて反応を行ったところ、反応時間の増加とともに、析出するナノ粒子の数・サイズが増加する傾向が観察された。この結果より、還元条件を変えることにより、PVPナノワイヤー上にハイブリッド化させる金属粒子の数・サイズを容易に制御できることが示唆された。

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.