

## 単一粒子ナノ加工法によるハイブリッドナノワイヤーの形成と物性制御

Formation and control of hybrid nanowires by single particle nano-fabrication technique

佃 諭志<sup>1)</sup> 田中 俊一郎<sup>1)</sup> 関 修平<sup>2)</sup> 杉本 雅樹<sup>3)</sup> 吉川 正人<sup>3)</sup>

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

<sup>1)</sup>東北大学多元研 <sup>2)</sup>大阪大学大学院工学研究科 <sup>3)</sup>原子力機構

## (概要)

「単一粒子ナノ加工法」は、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。本研究では、単一粒子ナノ加工法を基盤とし、高分子ナノワイヤーと金属ナノ粒子のハイブリッド化手法の開発を金属粒子と高分子の組み合わせの検討、及び金属ナノ粒子のサイズ、形状、数密度制御の観点から行い、両者の特性を組み合わせた感応性吸光材料、応答性センサー材料などの応用展開を試みた。

**キーワード：**イオンビーム、ナノワイヤー、金属ナノ粒子、ハイブリッド

## 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り、対象とした高分子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、高分子のナノワイヤーに無機ナノ粒子を複合した機能性ナノ材料を開発するため、単一粒子加工法により形成したポリビニルピロリドン(PVP)ナノワイヤーをHAuCl<sub>4</sub>溶解させた溶液に浸した状態で、還元処理を行い、PVPナノワイヤーと金ナノ粒子のハイブリッド化を試みた。また、作製したPVP/Auハイブリッドナノワイヤーの紫外可視吸収スペクトルを各種作製条件で測定し、光学吸収特性の評価を行った。

## 2. 方法

PVPと架橋剤を溶解させた混合溶液を作成し、スピコート法を用いてSi、ガラス基板上に薄膜を作製した。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、HAuCl<sub>4</sub>を溶解させた溶液に浸した後、UV照射による還元処理を行った。リンス処理、乾燥後、SEM、TEMにより直接観察を行い、またガラス基板に作製したPVP/Auナノワイヤーの紫外可視吸収スペクトル測定を行った。

## 3. 結果及び考察

490 MeV 0s イオンビーム照射により基板に形成したPVPナノワイヤーを塩化金酸水溶液中に浸した後、紫外光還元処理を行うことにより、PVPナノワイヤー表面上に選択的にAuナノ粒子が、形成された。還元時間、及びHAuCl<sub>4</sub>濃度の増加に伴い粒子数及び平均粒子径は増大した。還元処理時間を変えてガラス基板に作製したPVP/Auハイブリッドナノワイヤーの可視紫外吸収スペクトル測定を行った結果を図1に示した。可視光領域に金ナノ粒子の局在共鳴プラズモン吸収に起因した吸収スペクトルが観察された。還元処理時間の増加に従い、金ナノ粒子の粒径の増加、及び形成粒子数増加に伴う粒子同士の凝集のため、吸収スペクトルが長波長シフトすることを見出した。以上のように、ハイブリッド化により、PVPナノワイヤーに光学吸収特性を付与すること、及び還元処理条件により、吸収波長を制御することに成功した。

## 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. Tsukuda, M. Sugimoto, A. Idesaki, A. Asano, S. Seki, and S.-I. Tanaka, *Radiat. Phys. Chem.*, **84** (2013) 39-41.

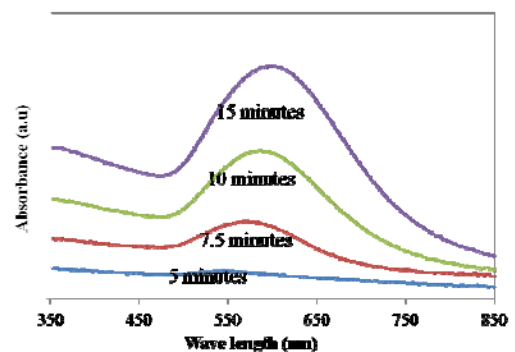


図1. PVP/Auナノワイヤーの紫外可視吸収スペクトル。PVPナノワイヤー上でのAuナノ粒子形成は、5-15分の光還元処理で行った。