

シングルイオンナノ構造体形成法による多機能ナノ組織体の形成

Multi Functional Nanowires by Single Particle Nanofabrication
Technique

関 修平¹⁾、杉本雅樹、佐藤隆博、及川 将一²⁾

Shu SEKI, Masaki SUGIMOTO, Takahiro SATO, Masakazu OIKAWA

¹⁾大阪大学 ²⁾原子力機構

高エネルギー荷電粒子を放射線照射によって架橋反応を引き起こす高分子に照射した場合、荷電粒子1つ1つの飛跡に沿ってイオントラック内で架橋反応を起こしゲル化する。このため、ナノメートルスケールの円柱状のひも(ナノワイヤー)の形成が可能である。基板上に単離されたこれらナノワイヤーを原子間力顕微鏡によって直接観測し、高分子多層膜用いた複合機能化ナノ粒子の形成や、タンパク質をベースとした生体適合ナノワイヤーの形成・ナノワイヤーの自己凝集によるナノ組織体の形成に成功した。

キーワード：高分子、ナノ構造、ナノワイヤー、自己凝集、タンパク質
(1行あける)

1. 目的

荷電粒子はターゲットに対してイオントラックと呼ばれる飛跡に沿った非常に局所的な範囲内に高エネルギーを付与する。ターゲットとして放射線照射によって架橋反応を引き起こす高分子を選択すると、イオントラック内中で架橋反応を起こしゲル化することによってナノワイヤーが形成される。現在、数10種の高分子において本手法を用いてナノワイヤーが形成されることを確認している。これらの中には、 σ , π 共役高分子やタンパク質などが含まれており、それぞれのベースとなる高分子の物性を有したナノワイヤーが形成される。本研究では、異種の高分子から構成された複合機能型多段ナノワイヤーの形成やタンパク質をベースとした生体適合型ナノワイヤー・無機ナノ構造のベースとなるナノワイヤー自己組織体の形成を行った。

2. 方法

本研究では、日本原子力研究開発機構・高崎量子応用研究所のサイクロトロン及びタンデム加速器群(TIARA)からの各種イオンビーム及びマイクロビームを使用した。ターゲットとなる高分子材料にはさまざまな架橋型高分子材料に加えて、アルブミン(Alb)などのタンパク質分子・及び無機薄膜原料となるシロキサンマクロモノマー薄膜及びその多層膜を使用した。シリコン基板を表面処理後、上記高分子を薄膜・多層化し、真空中で照射した。試料膜厚は、0.2-5 μm 程度の範囲で制御し、照射後未架橋部分を可溶性溶媒で現像を行なった。基板上に独立に形成された量子細線について、原子間力顕微鏡(AFM)により直接観察し、そのサイズ・形態の特性評価を行った。

3. 研究成果

ここでは一例としてタンパク質をベースとしたナノワイヤーの形成例について示す。ターゲットとして、SH残基を多く有する牛血清アルブミン薄膜を用いた場合、イオンビーム照射後の水による処理によって、均一な長さのナノワイヤーが基板上に明確に観測される。これらのナノワイヤーのAFMによる観測の後、形成されたナノワイヤー中のタンパク変性について確認するために、タンパク質分解酵素による処理を行い、処理条件による形態変化の逐次観測を行った。図中(b)及び(c)に見ら

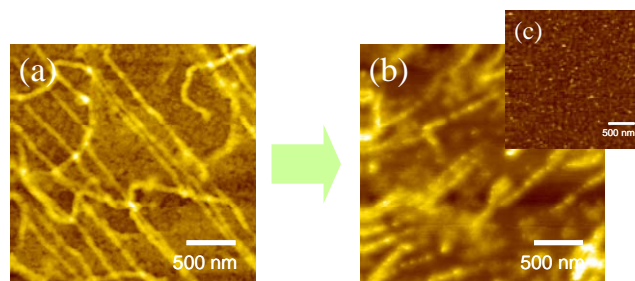


Figure. AFM micrographs of bovine serum albumin nanowires on Si substrate produced by 454 MeV $^{129}\text{Xe}^{23+}$ ion beam at ion fluences of 1.6×10^9 , followed by development in water. Images (a) (b), and (c) were observed after development (a), after immersing into trypsin aqueous buffer solution at pH 7.5, 30 C for 2 min (b) and 15 min (c), respectively.

れるように、形成されたナノワイヤーは、分解酵素処理による明確な細線化及び分解を示し、最終的に基板上から完全に分解されるに至った。このことから、タンパクナノワイヤーにおいてもポリペプチド構造は十分に維持されており、その形態制御において酵素処理が十分に有効であることが確認された。

その他、本研究ではマクロモノマーを用いたナノワイヤー形成にともなう超微細光学ファイバーの形成や、水酸基を多く有するナノワイヤーをベースとしたナノシート構造の構築などに成功した。

4. 結論・考察

以上のように高分子ナノワイヤー組織体は、ベースとなる架橋型高分子の自由な選択性により、さまざまな機能を有する架橋高分子セグメントを連結して組織化することが可能であり、“任意”の機能を有する3次元ナノ構造体へ展開が可能であることが明らかとなった。

5. 引用(参照)文献等

- [1] S. Seki, S. Tsukuda, S. Tagawa, M. Sugimoto, *Macromolecules*, **39**, 7446 (2006).
- [2] S. Tsukuda, S. Seki, M. Sugimoto, S. Tagawa, *J. Phys. Chem. B*, **110**, 19319 (2006)..
- [3] S. Tsukuda, S. Seki, M. Sugimoto, S. Tagawa, *Appl. Phys. Lett.*, **87**, 233119 (2005).
- [4] S. Seki, S. Tsukuda, K. Maeda, Y. Matsui, A. Saeki, S. Tagawa, *Phys. Rev. B*, **70**, 144203 (2004).