

[H27-04]

高速クラスターイオンビームと有機材料との相互作用を利用したナノ材料の 創成とイオントラックの可視化

Guidelines of Progress Report

櫻井庸明^{A)}, 堀尾明史^{A)}, 千葉敦也^{B)}, 斎藤勇一^{B)}, 鳴海一雅^{B)}, 関 修平^{A)},
Tsuneaki Sakurai^{A)}, Akifumi Horio^{A)}, Atsuya Chiba^{B)}, Yuichi Saito,^{B)} Kazumasa Narumi,^{B)} Shu Seki^{A)}
^{A)} Graduate School of Engineering, Kyoto University
^{B)} Takasaki Radiation Institute

Abstract

To investigate the interactions between cluster ions and soft organic materials, we fabricated organic nanostructures via solid-state polymerization/crosslinking reactions triggered by the deposited energy released from high-energy cluster ions. Under low fluence irradiation condition ($\sim 10^{-9}$ cm⁻²), tracks of 6.0 MeV C₆₀ cluster ions irradiated into an organic thin film were clearly visualized by atomic force microscopy, where the irradiated areas were increased in height. After a development process using organic solvent, ion tracks were isolated on a substrate as organic nano-objects with a unique shape. The observed nanostructures suggested the coulomb expansions of C₆₀ cluster ions

Keywords: cluster ions, soft material, nanostructure

1. イオントラックの可視化

1.1 クラスターイオンと有機物との相互作用

本サブグループでは、種々のクラスターイオン、特に C₆₀ クラスターイオンと有機材料との相互作用の可視化を目指し、研究を遂行した。過去の関連研究として、C₆₀ クラスターイオンのイオントラックに関する研究として、C₆₀ 薄膜に C₆₀ クラスターイオンを照射し、その照射痕を透過型電子顕微鏡で観察した報告例がある^[1]。一方、我々の研究グループは、高エネルギー粒子を有機薄膜に照射し、その飛跡に沿った化学反応（架橋/重合反応）を誘起し、イオンビーム照射後に未反応部位を有機溶媒で選択的に除去することで、飛跡を反映したナノワイヤを支持基板上に単離する手法を確立している^[2,3]。これまで高エネルギー単一イオン、数個のイオンから構成されるクラスターイオンを用いた実験を実施してきたが、今回は新たに C₆₀ クラスターイオンを用いて得られるナノ構造体の観察および C₆₀ クラスターイオンと有機材料の相互作用の可視化について検討した。

1.2 照射実験と結果

高崎量子応用研究所の加速器を用い、6.0 MeV の C₆₀⁺イオンを調整した。単一トラックの観察のため、照射密度は 1.0×10^{-9} cm⁻² に抑え、C₆₀⁺イオンの飛跡が重なることを防いだ。照射試料はシリコン基板上にスピンコート法により有機材料薄膜として準備した。照射実験の主要な結果について Figure 1 に示す。照射前の有機材料薄膜はスムーズな表面を有しているが (Figure 1a)、C₆₀⁺イオン照射後はその飛跡部分が隆起することが明らかとなった (Figure 1b and 1e)。さらに、この薄膜を有機溶媒で現像処理すると、材料中を通過したイオンの飛跡に沿って化学反応を起

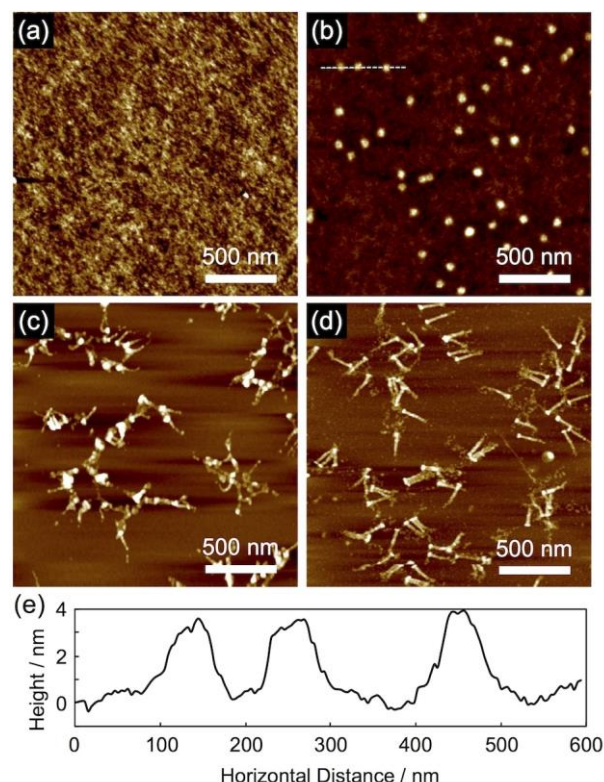


Figure 1. AFM images of a film of *N,N'*-Diphenyl-*N,N'*-di(*m*-tolyl)benzidine (TPD) (a) before and (b) after irradiation with 6.0 MeV C₆₀ ions at a fluence of 1.0×10^{-9} cm⁻². AFM images of a film of (c) TPD and (d) 4,4',4''-Tri-9-carbazolyltriphenylamine after irradiation with 6.0 MeV C₆₀ ions at a fluence of 1.0×10^{-9} cm⁻² and then developed with (c) hexane or (d) cyclohexane. (e) Height profile along direction denoted in (b)

[H27-04]

こし不溶化したと考えられるナノ構造体が基板上に単離された (Figure 1c and 1d)。その形状はこれまでに観察された均一な太さを有するナノワイヤとは明らかに異なっており、 C_{60}^{+} イオンが有機材料薄膜表面に衝突する際にクーロン爆発を起こしていることが示唆される結果であると考えている。

参考文献

- [1] P. Kumar, D. K. Avasthi, J. Ghatak, P. V. Satyam, R. Prakash, A. Kumar, *Appl. Surface Sci.*, **2014**, 313, 102–106.
- [2] S. Seki, K. Maeda, S. Tagawa, H. Kudoh, M. Sugimoto, Y. Morita, H. Shibata, *Adv. Mater.*, **2001**, 13, 1663–1665.
- [3] Y. Takeshita, T. Sakurai, A. Asano, K. Takano, M. Omichi, M. Sugimoto, S. Seki, *Adv. Mater. Lett.*, **2015**, 6, 99–103.