

[H27-4]

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

Development of Nanomaterials and Visualization of Ion Tracks through Interactions between Cluster
Ion Beams and Organic Materials

櫻井庸明^{A)}, 香山一登^{A)}, 坂口周悟^{A)}, 千葉敦也^{B)}, 斎藤勇一^{B)}, 鳴海一雅^{B)}, 関 修平^{A)}
Tsuneaki Sakurai^{A)}, Kazuto Kayama^{A)}, Shugo Sakaguchi^{A)}, Atsuya Chiba^{B)}, Yuichi Saito,^{B)} Kazumasa
Narumi,^{B)} Shu Seki^{A)}

^{A)} Graduate School of Engineering, Kyoto University

^{B)} National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology

Abstract

Vapor-deposited films of C₆₀ were irradiated with 6.0 MeV C₆₀⁺ cluster ions at the fluence of 1.0 × 10¹¹ cm⁻². In contrast to the case with 490-MeV ¹⁹²Os or 350-MeV ¹²⁹Xe ions, discrete wire-shaped nanostructures were not observed in the present case. It is most likely due to the macroscopic polymerization of the surface of the C₆₀ films by large-diameter ion tracks by C₆₀⁺ cluster ions overlapped each other.

Keyword: cluster ions, C₆₀ ions, organic materials, 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 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等がある^[1]中、我々の研究グループでは、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]。従来のエッチングによるトラックを空洞として捉えるのとは逆であり、トラックに対応したナノサイズの物質を得る手法になる。これまで C₆₀ クラスターイオンを 1.0 × 10⁹ cm⁻² の照射密度で照射してきたが、今回の検討では 1.0 × 10¹¹ cm⁻² で C₆₀ クラスターイオンを C₆₀ 薄膜に照射した際に得られるナノ構造体の観察に関する検討を進めた。

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。照射密度は 1.0 × 10¹¹ cm⁻² に設定した。用いた有機化合物 C₆₀ は東京化成工業株式会社より購入し、シリコン基板上に真空蒸着により厚さ 200 nm の薄膜試料として準備した。C₆₀⁺ イオンを直径 3 mm の円状スポットとして照射し、照射後、昇華により未照射部位のみを除去する操作を試みた。照射イオン種が 490 MeV ¹⁹²Os あるいは 350 MeV ¹²⁹Xe で同実験をした際には、昇華後に基板上に C₆₀ の重合によって形成されたナノワイヤが垂直配向して単離された。しかし、今回の C₆₀⁺ イオン照

射の後には、昇華後に円状ビームスポット部分のみ目視で確認できる有機化合物膜の存在が確認された。すなわち、照射密度を 1.0 × 10¹¹ cm⁻² に設定した際には、Xe や Os のような単一粒子の照射時とは異なり、複数のイオントラック同士が重なり合い、薄膜表層部全体が重合したことが考えられる。単一イオンとは異なり、C₆₀ のようなサイズの大きなクラスターイオンを用いることにより、明確な差が観察された。今後、C₆₀ イオンによる C₆₀ 蒸着膜の照射で形成されたナノ構造体の詳細な構造について調べる予定である。

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] A. Horio, T. Sakurai, G.B.V.S. Lakshmi, D. K. Avasthi, M. Sugimoto, T. Yamaki, S. Seki, *Nanoscale*, **2016**, *8*, 14925–14931.
- [3] A. Horio, T. Sakurai, K. Kayama, G.B.V.S. Lakshmi, D. V. Avasthi, M. Sugimoto, T. Yamaki, A. Chiba, Y. Saito, S. Seki, *Radiat. Phys. Chem.*, **2018**, *142*, 100–106.