

[課題番号] 2024202017

# 高感度 MCP を用いた高速クラスターイオン照射誘起 2 次粒子放出現象の解明 とその物質分析への応用に関する研究

## Study of Fast Cluster Ion Irradiation-Induced Secondary Particle Emission Phenomena Using High-Sensitivity MCP and Its Application to Material Analysis

的場史朗<sup>#,A)</sup>, 砂川光<sup>A)</sup>, 平田浩一<sup>B)</sup>, 青木順<sup>C)</sup>,  
Shiro Matoba<sup>#,A)</sup>, Hikaru Sunagawa<sup>A)</sup>, Koichi Hirata<sup>B)</sup>, Jun Aoki<sup>C)</sup>

<sup>A)</sup> High Energy Accelerator Research Organization

<sup>B)</sup> National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

<sup>C)</sup> The University of Osaka

### Abstract

This study developed and optimized a secondary ion mass spectrometer using sub-MeV to MeV C60 cluster ions for enhanced secondary ion yield. We conducted experiments to establish system parameters, including integrating a high-sensitivity microchannel plate, laying the groundwork for future advanced physical analysis.

**Keyword:** secondary ion mass spectrometer

### 1. はじめに

固体試料へのイオン照射による 2 次イオン放出に関して、単原子イオン照射と比較して、同一元素・同一速度のクラスターイオン照射の方が入射原子 1 個当たりに放出される 2 次イオン数が増えることが報告されている[1]。我々は、この高い 2 次イオン放出強度という特性を利用して、クラスター数が比較的大きく安定である C60 を sub-MeV~数 MeV 領域まで加速し、1 次イオンとして用いた 2 次イオン質量分析装置の開発を行い[2,3]、分析に有用な 2 次イオン強度が高くなること等、を報告してきた。この装置のイオン検出器として、的場らの開発してきた高感度テーパー型マイクロチャンネルプレート[4]を用いることで二次イオン検出効率が大きく上昇し、イオン放出機構の解明や分析技術高度化が進むと期待されている。今回は、高感度マイクロチャンネルプレートを組み込むための実験的条件出しとして、0.1 MeV~1 MeV 程度での C60 を固体資料に照射した際に放出される 2 次イオン収量と質量電荷比分布のデータを取得しイオン光学系のパラメータ取得を行った。

### 2. 実験

TIARA の 400 kV イオン注入器で加速した 0.12 MeV~1.08 MeV の C60 イオンビームをビームライン中に挿入したパルス電極によってパルス化後、酸化ハフニウム (数 nm 厚) /シリコン薄膜試料に照射し、飛行時間型質量分析器の末端に設置されたマイクロチャンネルプレート検出器により、入射パルスイベント毎の正 2 次イオン数を計数した。計数では、2 次イオンが検出された照射イベント毎に質量分析結果を集計し、2 次イオンが検出された総照射イベント数  $N_1$  と  $m/z = i$  を持つ 2 次イオン検出総数  $N_i$  を取得し、この値からイベント当たりに検出された各  $m/z$  の 2 次イオン数 ( $N_i/N_1$ ) を得た。また、1 パルスに含まれる最大イオン数を 1 以下に抑制して入

射イオンインパクト当たりの 2 次イオン数情報を得るために、パルス化前の直流ビーム電流を数十 fA 程度と低く設定した。

### 3. 結果

二次イオン飛行時間分析管のレンズ系やマイクロチャンネルプレート電位などを変化させて実験を行い、水素原子イオンをトリガーとして得られた質量電荷比の分布や総イオン収量に関して過去の測定を再現するパラメータを得ることができた。マイクロチャンネルプレートや増幅回路から発生するノイズの特性を確認し S/N 比が最適となるや物理的な配線状態を割り出した。過去の測定では入射イオンの運動エネルギーが増大すると表面の酸化ハフニウム薄膜だけでなくシリコン基板由来の二次イオン生成も確認されているが、今回の測定でも同様のことが確認され、由来深さに関する再現性が確認できた。

本研究期間では主に、装置特性についての確認等の R&D が主であったが、次年度以降は得られたパラメータを用いて物理実験を行っていく計画である。

### 参考文献

- [1] K. Hirata *et al.*, Appl. Phys. Lett. 81 (2002) 3669.
- [2] K. Hirata *et al.*, Nucl. Instr. and Meth. B 266 (2008) 2450.
- [3] K. Hirata *et al.*, Rev. Sci. Instrum., 85 (2014) 033107.
- [4] Shiro Matoba *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. 50 (2011) 112201