

[H27-4]

## 0.54 MeV C<sub>60</sub> イオン照射による負 2 次イオンの放出個数分布

### Distribution of the number of negative secondary ions emitted by 0.54 MeV C<sub>60</sub> ion impacts

平田浩一<sup>A)</sup>, 山田圭介<sup>B)</sup>, 千葉敦也<sup>B)</sup>, 平野貴美<sup>B)</sup>, 鳴海一雅<sup>B)</sup>, 齋藤勇一<sup>B)</sup>  
 K. Hirata<sup>A)</sup>, K. Yamada<sup>B)</sup>, A. Chiba<sup>B)</sup>, Y. Hirano<sup>B)</sup>, K. Narumi<sup>B)</sup>, Y. Saitoh<sup>B)</sup>

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

<sup>B)</sup> National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology

#### Abstract

Distributions of the number of negative secondary ions emitted by 0.54 MeV C<sub>60</sub> ion impacts on an organic film target were obtained by analyzing experimental secondary ion counting data of a time-of-flight spectrometer. We found that the distributions are well approximated by the Poisson distribution.

**Keyword:** cluster, secondary ions

#### 1. はじめに

クラスターイオンの物質への照射では、2 次粒子放出量、入射イオンの単位長さ当たりのエネルギー損失量その他、照射された材料の特性値等において、入射原子当たりの照射による効果が単原子イオン照射と異なる「クラスターイオン照射効果」が観測されている。2 次イオン放出に関しては、単原子イオン照射と比べて、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 次イオン量が多くなることが報告されている<sup>[1]</sup>。

我々は、クラスター数が比較的大きく安定である C<sub>60</sub> 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を開発し<sup>[2,3]</sup>、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。また、C<sub>60</sub> イオンを有機高分子薄膜へ照射すると高い 2 次イオン強度が得られるため、イオン照射イベント毎に検出された 2 次イオン数を計数することで、2 次イオン個数分布を評価できる<sup>[4]</sup>。今回は、負 2 次イオンの放出個数分布を評価したので、その結果を報告する。

#### 2. 実験

TIARA の 400 kV イオン注入器で加速した 0.54 MeV C<sub>60</sub><sup>2+</sup> ビームをパルス化後、有機高分子 (PMMA) 薄膜に照射し、各入射パルス当たりに検出された負電荷を持った 2 次粒子を飛行時間型質量分析器により検出した。この測定では、2 次電子の検出信号も含まれるため、リストモードで採取した検出信号のうち、H<sup>-</sup> の検出信号より早い時間に測定された信号は 2 次電子の検出信号として除き、各入射パルス当たりに検出された負 2 次イオン個数を測定した。また、照射の際に、1 パルス当たり入射イオン数を 1 とするために、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. 結果と考察

図 1 に、0.54 MeV C<sub>60</sub><sup>2+</sup> を照射した際に検出された負 2 次イオン個数分布の実験値 (■) を示す。1 パルス中に存在する入射イオンは 1 または 2 個として、

2 次イオン放出個数分布  $P_n(\mu)$  が 2 個のポリア分布

$$P_n(\mu) = a_1 P_n(\mu, b) + (1 - a_1) P_n(2\mu, b)$$

(ここで

$$P_n(\mu, b) = \frac{\mu^n}{n!} (1 + b\mu)^{-n-1/2} \prod_{i=1}^n [1 + (i-1)b]$$

$\mu$ : 平均放出個数、 $b$ : パラメータ、 $a_1$ : 1 パルス当たり入射イオンが 1 個であるイベントの割合) に従うとして計算を行い、その際、実験値をよく再現するフィッティングパラメータを調べた。その結果、 $a_1 \approx 1$  となり、照射の際、パルス中の入射イオン数が 1 となるように制御できていることがわかった。また、 $b \approx 0$  となり、図 1 に示す様に、2 次イオン放出個数分布はポアソン分布で近似できることがわかった。

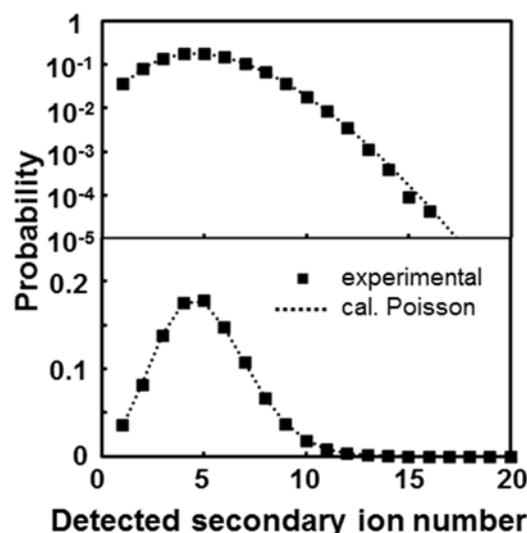


Figure 1. Probability distribution of negative secondary ion number for 0.54-MeV C<sub>60</sub><sup>2+</sup> impact.

#### 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] K. Hirata *et al.*, J. Chem. Phys., 145 (2016) 234311.