

[H30-4]

PMMA への sub-MeV C_{60} 照射により放出された負 2 次イオンの総強度比較 Comparison of total yields of negative secondary ions emitted by sub-MeV C_{60} ion impacts on a poly(methyl methacrylate) target

平田浩一^{#A)}, 山田圭介^{B)}, 千葉敦也^{B)}, 平野貴美^{B)}, 鳴海一雅^{B)}, 斎藤勇一^{B)}
K. Hirata^{#A)}, K. Yamada^{B)}, A. Chiba^{B)}, Y. Hirano^{B)}, K. Narumi^{B)}, Y. Saitoh^{B)}

^{A)} National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

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

Abstract

Total yields of negative secondary ions (N-SIs) emitted by C_{60} ion impacts on a poly(methyl methacrylate) target were compared among 0.12 MeV C_{60}^+ , 0.27 MeV C_{60}^{2+} , and 0.54 MeV C_{60}^{2+} impacts, using event-by-event ion counting data. The comparison revealed that the total N-SI emission yields for 0.27 MeV C_{60}^{2+} and 0.54 MeV C_{60}^{2+} impacts are enhanced by factors of ca. 1.5 and 2 in comparison with that for the 0.12 MeV C_{60}^+ impact, respectively.

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、入射原子当たりに生じる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^[1]。

高い 2 次イオン放出強度は、それをを用いた分析に有利である。我々は、クラスター数が比較的大きく安定である C_{60} 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^[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。今回は、イオン照射イベント毎の 2 次イオン放出数を計数し、有機高分子膜に sub-MeV C_{60} イオンを照射した際の負 2 次イオン相対強度比較を行ったので、結果を報告する^[4]。

2. 実験

TIARA の 400 kV イオン注入器で加速した 0.12～0.54 MeV C_{60} イオンビームをパルス化後、有機高分子 (PMMA) 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^- 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 パルス当たりの入射イオン数を 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^[4]。

3. 結果と考察

照射イベント毎に検出した負 2 次イオン個数: p は、検出個数の確率分布関数の実験値: $P_{exp}(p)$ として整理し、解析モデルを使って計算した確率分布関数:

$P_{cal}(p)$ でフィッティングを行った^[4]。ここで、

$$P_{cal}(p) = \sum_{n=1}^{n_{max}} \frac{P_n(\mu)}{1 - P_0(\mu)} \frac{{}_nC_p (1-\gamma)^{n-p} \gamma^p}{1 - (1-\gamma)^n} \quad (1)$$

n : 放出個数、 μ : 平均放出個数、 $P_n(\mu)$: 2 次イオン放出個数分布である。 $P_n(\mu)$ を 2 個のポリアとして $P_{exp}(p)$ に $P_{cal}(p)$ をフィッティングさせたところ、 $P_n(\mu)$ はポアソン分布で近似できることがわかった。その際、得られたフィッティングパラメータ (μ) は、各照射条件での 2 次イオン相対放出総強度である。図 1 は、 C_{60} イオンを 0.12 MeV、0.27 MeV、0.54 MeV で照射した際の μ 値の相対値 (0.12 MeV の値を基準) である。 C_{60} イオンの入射エネルギーを増加させると μ 値は増加し、0.27 MeV 照射で 0.12 MeV 照射時の約 1.5 倍、0.54 MeV 照射で約 2 倍になることがわかった。

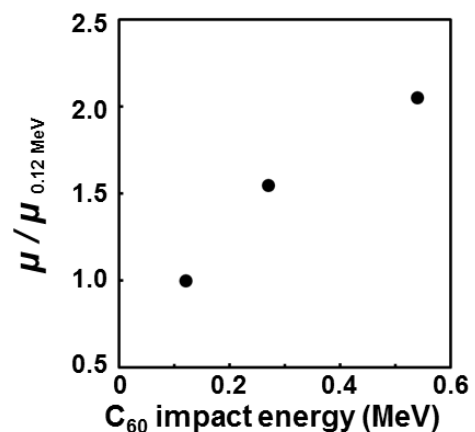


Figure 1 Dependence of relative secondary ion yields for a PMMA target on C_{60} ion impact energy.

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.

[H30-4]

- [3] K. Hirata *et al.*, Rev. Sci. Instrum., 85 (2014) 033107.
- [4] K. Hirata *et al.*, Nucl. Instr. and Meth. B, in press.