# 高速 C<sub>60</sub> クラスターイオンビームを照射した Si 表面構造のエネルギー依存性 Energy dependence of Si surface structure irradiated with fast C<sub>60</sub> cluster ion beams

新田紀子#,A), 大石脩人 A), 土田秀次 B), 冨田成夫 C), 笹 公和 D), 平田浩一 E),

柴田裕実 F), 平野貴美 G), 山田圭介 G), 千葉敦也 G), 斎藤勇一 G), 鳴海一雅 G), 星野 靖 H)

Noriko Nitta #,A), Naoto Oishi A), Hidetsugu Tsuchida B), Shigeo Tomita C), Kimikazu Sasa D), Koichi Hirata E),

Hiromi Shibata <sup>F)</sup>, Yoshimi Hirano <sup>G)</sup>, Keisuke Yamada <sup>G)</sup>, Atsuya Chiba <sup>G)</sup>, Yuichi Saitoh <sup>G)</sup>,

Kazumasa Narumi <sup>G)</sup>, Yasushi Hoshino <sup>H)</sup>

<sup>A)</sup> School of Environmental Science and Engineering, Kochi University of Technology, <sup>B)</sup> Quantum Science and Engineering Center, Kyoto University, <sup>C)</sup> Institute of Applied Physics, University of Tsukuba, <sup>D)</sup> Tandem Accelerator Complex, University of Tsukuba, <sup>E)</sup> National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), <sup>F)</sup> The Institute of Scientific and Industrial Research, Osaka University, <sup>G)</sup> National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology (QST), <sup>H)</sup> Department of Mathematics and Physics, Kanagawa University

#### Abstract

Ion beam irradiation of Si induces the formation of fine structures on the surface by sputtering. In this study, the energy dependence of the formed structures was investigated by electron microscopy using fast  $C_{60}$  cluster ion beams. The size of the structures increases with increasing energy.

Keyword: C<sub>60</sub> cluster ion beams, Si, Scanning electron microscopy

### 1. はじめに

Si に対するイオンビーム照射は、スパッタリング よって、表面に微細な構造形成を誘発する。これま でに、単原子イオンビーム照射に関する研究は多く 報告されている[1]。本研究では、高速 C<sub>60</sub>クラスタ ーイオンビームを用いて、形成される構造について、 電子顕微鏡によって調べた。クラスターイオンビー ムは、単原子イオンビームよりスパッタリング率が 大きい。また、ラテラルスパッタリングと呼ばれる クラスター照射に特有な現象も存在することが報告 されいる。損傷深さは、入射エネルギーの 1/3 乗に比 例(クラスターサイズ 10-200 までの領域)し、大 きくなることも明らかにされている[2]。ここでは、 入射エネルギーに着目し、その影響を調べた。

#### 2. 実験方法

鏡面研磨された Si (001) 単結晶基板にイオン注入 装置 (NH40SR 日新電機,量研機構)及びタンデム加 速器 (9SDH-2 米国 NEC,量研機構)を用いて C<sub>60</sub> ク ラスターイオンビームを照射した。入射イオンは C<sub>60</sub><sup>2+</sup> (イオン注入装置)、C<sub>60</sub><sup>+</sup> (タンデム加速器)を 用いた。エネルギー0.05~9 MeV、照射量 1×10<sup>14</sup>, 2×10<sup>14</sup> cm<sup>-2</sup>、照射角度 0°、照射温度室温である。構 造の評価は、照射したままの表面を走査型電子顕微 鏡(SEM, HITACHI SU8020,高知工大)によって行っ た。

#### 3. 結果と考察

図1に、入射エネルギーを0.05-9 MeV に変更し Si 表面に照射した SEM 像を示す。照射量は、2×10<sup>14</sup> cm<sup>-2</sup> である。表面に凹凸が確認されている。その大 きさは、エネルギーの増加とともに大きくなってい る。0.3 MeV までは、平均直径が10 nm 以下、0.5 MeV になると約30 nm と大きくなる、その後、サイズの # nitta.noriko@kochi-tech.ac.jp 変化は小さくなる。これはあるエネルギーまではス パッタリング率の上昇によるが、エネルギーが大き くなると損傷深さも大きくなり、表面への影響が少 なくなるためと考えられる。今後は単原子イオンビ ーム照射を行い、クラスター効果を明らかにしたい。

## 参考文献

- [1] S. Bhattacharjee *et al.*, Thin Solid Films 645, 265-268, (2018).
- [2] クラスターイオンビーム基礎と応用,山田編,日刊工 業新聞社 (2006).



Figure 1. Surface SEM images of Si irradiated with  $C_{60}$  cluster ion beam.