

## 高速重イオン照射によるナノ粒子の形状・物性制御

Control of Shape and Properties of Nanoparticles by Swift Heavy Ion Irradiation

雨倉 宏<sup>1)</sup>

大久保成彰<sup>2)</sup>

石川 法人<sup>2)</sup>

Hiroshi AMEKURA

Nariaki OKUBO

Norito ISHIKAWA

<sup>1)</sup>物質・材料研究機構

<sup>2)</sup>原子力機構

(概要) シリカガラス中に埋め込まれた亜鉛ナノ粒子に対して、原子力機構原子力科学研究所、インド Inter-University Accelerator Centre 及び Institute of Physics, Bhubaneswar の3つの加速器を用いて、1.7 MeV Si<sup>+</sup> (電子的阻止能  $S_e = 1.6$  keV/nm) から 200 MeV Au<sup>13+</sup> ( $S_e = 17.6$  keV/nm) にわたる7種類のイオンビームを照射し、誘起されるナノ粒子の楕円化変形を直線二色性分光により高感度に検出した。その結果、楕円化の効率は核的阻止能  $S_n$  とは相関を持たず、電子的阻止能  $S_e$  と良い相関を示した。さらに、 $S_e$  が $\sim 3$  keV/nm 以上の場合に、楕円変形の挙動が  $S_e$  と照射量  $\Phi$  の積で規格化できることを示した。

キーワード：ナノ粒子の照射誘起楕円変形、ion beam shaping、金属ナノ粒子、電子的阻止能、直線二色性分光

### 1. 目的

シリカガラス中に埋め込まれた金属ナノ粒子が高速重イオン照射によりビームと同じ方向に伸びて、楕円形ナノ粒子、さらにはナノロッドに変形する現象が報告され、その変形メカニズムを解明する研究が続けられている。この現象は数十 MeV 以上の比較的重いイオンの照射で顕著になることが知られており、イオン照射による電子励起効果に関与していると考えられているが、一方、8 MeV Si イオン照射という比較的  $S_e$  が小さい場合にも現象が報告[1]されている。本研究では、1.7 MeV Si<sup>+</sup> ( $S_e = 1.6$  keV/nm) から 200 MeV Au<sup>13+</sup> ( $S_e = 17.6$  keV/nm) にわたる7種類のイオンビームを照射し、楕円変形の照射線量依存性を直線二色性分光法から評価し、 $S_e$  依存性を実験的に明らかにする。

### 2. 方法

60 keV の Zn イオン注入でシリカガラス中に直径 10 nm 程度のほぼ球形の Zn ナノ粒子を形成した。これらの試料に対して原子力機構原子力科学研究所、インドの Inter-University Accelerator Centre 及び Institute of Physics, Bhubaneswar の3つのタンデム加速器を用いて、1.7 MeV Si, 8 MeV Si, 140 MeV Si, 50 MeV Si, 60 MeV Ti, 200 MeV Xe, 200 MeV Au の7種類のイオンビームを照射し、ナノ粒子の楕円化の照射線量依存性を直線二色性分光法により評価した。

### 3. 結果及び考察

(1) 楕円化の効率と核的阻止能  $S_n$  の間には相関が認められなかった。(2) 縦軸に楕円化の程度、横軸に電子的阻止能  $S_e$  と照射線量  $\Phi$  の積を両対数プロットすると、 $S_e$  が $\sim 3$  keV/nm 以上のイオン種に関しては、測定データは多少のバラつきはあるもののほぼ同じ直線上に分散することを確認した。この結果は楕円化の効率がある領域で  $S_e$  に比例するとも解釈できる。(3)  $S_e$  が $\sim 3$  keV/nm 未満のイオン種 1.7 MeV Si ( $S_e = 1.6$  keV/nm) や 200 MeV Si ( $S_e = 2.2$  keV/nm) においても、だいたい高い線量においてナノ粒子の楕円化が観測された。 $S_e$  が $\sim 3$  keV/nm 未満では楕円化効率がゼロになるわけではなく、効率が急激に減少するだけのものである。

### 4. 引用(参照)文献等

[1] A. Oliver, et al. Phys. Rev. B 74, 245425 (2006).