

# 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 Ions

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、タンデム加速器を用いて 200 MeV Xe<sup>14+</sup> イオンを  $1 \times 10^{11} - 5 \times 10^{13}$  ions/cm<sup>2</sup> の範囲で照射した。直線二色性分光から楕円ナノ粒子のアスペクト比を見積もる方法を発案し、ナノ粒子の楕円化の線量依存性を明らかにした。楕円化機構に関してはイオンハンマリング (IH) 効果とナノ粒子融解の複合モデル[1] が一番支持を集めているが、本測定結果は IH 効果に懐疑的である。

**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、直線二色性分光、イオンハンマリング効果

### 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ている。この現象は同一方向に配向した楕円ナノ粒子/ナノロッドを一度に多数形成できる手法として注目を集めている。楕円化の機構は明らかにされていないが、熱スパイクによるナノ粒子融解と IH 効果の複合モデル[1] が一番支持されている。しかしイオントラックが全試料表面を被覆するよりも低線量域では、IH 効果よりも密度化効果が支配的なため、それよりも高線量域とは異なる挙動が期待される。本研究では全被覆前の低線量域での楕円化挙動を直線二色性分光により明らかにした。

### 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東海研究所のタンデム加速器を用いて 200 MeV Xe<sup>14+</sup> イオンを照射量  $1 \times 10^{11} - 5 \times 10^{13}$  ions/cm<sup>2</sup> の範囲で照射しナノ粒子を楕円化させた。楕円化の度合いは直線二色性分光の結果から評価した。

### 3. 研究成果

照射量を減らしていくと、直線二色性分光から推定される平均としてのアスペクト比は直線的に減少するが、試料表面がトラックで完全に被覆されないような低線量でも依然としてデータは線量とともに直線的に減少した。このことは IH 効果が起こらないはずの低線量においても楕円化が起こっていることを意味し、提案されている複合モデルに疑問を呈するものである。

### 4. 結論・考察

これまでナノ粒子の楕円化は透過電子顕微鏡 TEM を用いて評価されることが主であったが、そもそもナノ粒子は完全な球ではなく、楕円化の度合いの小さな低線量での評価は不得手であった。一方、直線二色性分光法は平均としての楕円化の度合いしか評価できないが、測定自体が自動的に多数のナノ粒子の平均を取ることになり、低線量での小さな楕円化でも評価できる。その結果、IH 効果より密度化効果が支配的な低線量域でも楕円化が起こっていることを示すことができ、複合モデルに疑問を呈することとなった。

### 5. 引用(参照)文献等

[1] S. Klaumunzer, Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. B **244**, 1 (2006).