

# 高速重イオン照射による Zn 系ナノ粒子の形状・物性制御

## Shape and Property Control of Zn and ZnO 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) タンデム加速器からの 200 MeV Xe<sup>14+</sup> イオンを  $5 \times 10^{13}$  ions/cm<sup>2</sup> まで照射し、シリカガラス中に埋め込まれた亜鉛及びバナジウムの球形ナノ粒子をビーム方向に揃えて楕円化させた。その後真空中で 10 分間づつ 100°C 間隔で等時焼鈍を行い、各ステップ毎に室温に戻して偏光分光法により楕円化の度合いを評価し、楕円形状の熱的安定性を評価した。

**キーワード:** ナノ粒子の照射誘起楕円変形、金属ナノ粒子、熱的安定性、直線二色性分光、クロスニコル透過分光

### 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。しかしナノ粒子の楕円形状の熱的安定性についてはほとんど知られていない。本研究では、高速重イオン照射により楕円化させたナノ粒子に対して真空中での等時焼鈍を実施し、楕円化の度合いを室温において二種類の偏光分光法により評価し、楕円形状の熱的安定性を明らかにする。

### 2. 方法

60 keV の Zn 及び V イオン注入でシリカガラス中に 10 nm 程度のほぼ球形の Zn 及び V の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  $5 \times 10^{13}$  ions/cm<sup>2</sup> まで、試料面に対して 45 度で照射しナノ粒子を楕円化させた。次に各試料を真空中で 10 分間づつ、200°C から 1000°C の範囲で 100°C 間隔で等時焼鈍を実施し、毎回室温に戻して、直線二色性分光法とクロスニコル透過分光法の両方でナノ粒子の楕円化の度合いを評価した。

### 3. 研究成果

高速重イオン照射された Zn ナノ粒子(熱処理前)の、照射ビームを含む方向(0 度方向)に直線偏光した光に対する吸収スペクトルは、それに垂直方向(90 度方向)に偏光した光でのスペクトルより低エネルギー側にシフトしており、ナノ粒子の楕円化と合致する。200°C で熱処理してもスペクトルは変化せず楕円化が保持されるが、400°C、500°C と熱処理温度が上昇すると、徐々に 0 度スペクトルが高エネルギーシフトを示し、ついに 600°C で熱処理後は両者のスペクトルが重なり、ナノ粒子が球形に回復したことを示す。V ナノ粒子の場合は、900°C 付近で球形ナノ粒子への熱回復が観測された。

### 4. 結論・考察

このサイズの Zn ナノ粒子の融点は 420°C だが、球形への回復は 600°C で起こるため、500°C で熱処理中に Zn ナノ粒子は融解するが、媒質であるシリカガラスのために楕円形状を保った状態が続くと考えられる。一方、V ナノ粒子の融点は 1890°C なので、比較して非常に低い 900°C で球状への回復が観測され、融点と球形回復温度は簡単な関係にないことがわかった。

### 5. 引用(参照)文献等

[1] H. Amekura, M.L. Sele, N. Ishikawa, and N. Okubo, Nanotechnology **23**, 095704 (2012).