

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¹⁾ 石川 法人²⁾ 大久保成彰²⁾

Hiroshi AMEKURA Norito ISHIKAWA Nariaki OKUBO

¹⁾物質・材料研究機構 ²⁾原子力機構

(概要) シリカガラス中に埋め込まれた亜鉛及びバナジウムナノ粒子に対して、タンデム加速器を用いて 200 MeV Xe¹⁴⁺ イオンを $1 \times 10^{11} - 5 \times 10^{13}$ ions/cm² の範囲で照射し、照射によって誘起されるナノ粒子の楕円化を偏光吸収分光、断面 TEM 観察などを組み合わせて評価し、その変形機構に関して考察を行った。

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、偏光吸収分光、熱スパイクモデル

1. 目的

高速重イオン照射により、シリカガラス中に埋め込まれた金属ナノ粒子が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。本研究では、融点が極端に異なる Zn と V のナノ粒子に対して本手法を適用し、偏光分光法、断面 TEM 観察などにより楕円化挙動を評価し、変形機構の解明に迫る。

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 サイズのほぼ球形の Zn や V のナノ粒子を形成した。これらに対して、東海研究所のタンデム加速器を用いて 200 MeV Xe¹⁴⁺ イオンを $1 \times 10^{11} - 5 \times 10^{13}$ ions/cm² の範囲で、試料面に対して 45 度で照射した。高速重イオン照射のナノ粒子への影響、粒子形状の変化、媒質であるシリカガラスへの影響を偏光吸収分光法、断面 TEM 観察などを組み合わせて評価した。

3. 研究成果

2009 年度の成果においては、Zn ナノ粒子に関して、イオントラックの試料表面被覆率が 0.50 という低線量でも偏光吸収法で非等方性が観測され、ナノ粒子の楕円化が始まっていることが示唆された。当該年度はさらに測定を進めたところ、被覆率が 0.25 でも楕円化が始まっている可能性が得られた一方、0.10 では検出限界以下で結論が得られなかった[1]。また当該年度は V ナノ粒子への照射を行い、照射誘起楕円化を偏光吸収法及び断面 TEM 観察により確認した。V ナノ粒子に関しては、世界で初めて照射誘起楕円化を観測したことになる。特に興味深いのは、V の(バルク)融点が 1890°C、Zn は 420°C と非常に異なるにも関わらず、両者ほぼ同程度の楕円化を示した点である。現在、本現象の有力な機構として熱スパイク効果によるナノ粒子の熱融解の関与が指摘されているが、観測された融点の違いにあまり依存しない楕円化が熱スパイクモデルによりどのように説明されるか、はたまた再考を促すかは、大変重要な点であると思われる。

4. 結論・考察

イオントラックの表面被覆率が 0.25 という低線量でもナノ粒子の楕円化が起こること、また融点が非常に異なる Zn と V ナノ粒子でも同様の楕円化が得られる点など、照射誘起楕円化現象の機構に迫る実験結果は得られつつある。

5. 引用(参照)文献等

[1] H. Amekura, N. Ishikawa, N. Okubo, et al. Phys. Rev. B 83, 205401 (2011).