

高速重イオン照射によるナノ粒子の楕円変形

Shape Elongation of Metal Nanoparticles Induced by Swift Heavy Ion Irradiation

雨倉 宏¹⁾大久保成彰²⁾石川 法人²⁾

Hiroshi AMEKURA

Nariaki OKUBO

Norito ISHIKAWA

¹⁾物質・材料研究機構²⁾原子力機構

(概要) 高速重イオン照射された非晶質 SiO₂ は、未照射状態に比べ中心部が低密度で周辺部が高密度なコア・シェル型のイオントラックを形成するが、非晶質 Si は高温高密度で相転移を起こすために中心部が低密度で周辺部が低密度な逆の密度分布をもったコア・シェル型のイオントラックを形成する。最近では高速重イオン照射で誘起されるナノ粒子の楕円化がコア・シェル型イオントラックと関連があるという説が有力なため、逆の密度分布を示す非晶質 Si でもナノ粒子の楕円化が起こるかを調べた。

キーワード: ナノ粒子の楕円変形、高速重イオン照射、非晶質 Si、非晶質 SiO₂、金属ナノ粒子

1. 目的

非晶質 SiO₂ などの媒質中に分散された球形の金属ナノ粒子を高速重イオンで照射すると、ビームと同方向に伸びて楕円形となる現象が報告されている。最近の研究によると、高速重イオン照射された非晶質 SiO₂ 中にはコア・シェル型のイオントラックが形成されることが二温度分子動力学 (TT-MD) 法によって数値計算により再現され、X線小角散乱法によって実験的にも確認されている。コア・シェル型のイオントラックとは、中央部 (コア) が未照射状態よりも低密度であるが、その周りの部分 (シェル) が未照射状態より高密度なものを指す。さらに TT-MD によれば、ナノ粒子の楕円化もこのコア・シェル型のイオントラックと関連することが提案されており、イオン照射後の高温状態で低密度の円筒形のコア部に融解した金属ナノ粒子が流れ込み、コア部に沿って流れることにより楕円化するという考えである。

一方、非晶質 Si でも高速重イオン照射でコア・シェル型のイオントラックが形成されると考えられているが、最近の研究から非晶質 Si は高温高圧で相転移を起こすために、コア部が高密度でシェル部が低密度な非晶質 SiO₂ とは逆の密度分布を示すトラックが形成されると考えられている。そこで非晶質 Si 中に形成された金属ナノ粒子は高速重イオン照射により楕円化を起こすかどうかという点を明らかにすることは、ナノ粒子の楕円化のメカニズムを明らかにするために重要である。

2. 方法

市販の Si ウェハから切り出した結晶試料に対して、200 keV で Ag イオンを 1×10^{17} ions/cm² まで照射し、Ag ナノ粒子を形成するとともに、結晶 Si 媒質を非晶質化した。これらの試料に対して、200 MeV Xe¹⁴⁺ イオンを入射角度 45 度で照射した。

3. 結果及び考察

Ag ナノ粒子の表面プラズモン共鳴吸収は可視域に現れるが、基板の Si は可視域では不透明であるため、偏光反射分光を試みた。異方性は若干観測されたが明瞭ではなかった。断面透過電子顕微鏡観察を行うと、微妙であるが楕円化しているようにも見えた。