

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) これまで我々はシリカガラス中に埋め込まれたほぼ球形の亜鉛ナノ粒子などに対して、タンデム加速器を用いて 200 MeV Xe¹⁴⁺などの高速重イオンを照射し、その形状を楕円変形させてきた。そして楕円化によって引き起こされる光吸収スペクトルが偏光の方位により異なる現象(直線二色性)を観測してきた。一方、直線二色性を示す材料は同時に複屈折を示すことが予想される。当該年度は交差ニコル分光法を用いて、楕円化した亜鉛ナノ粒子の複屈折の観測を行った。

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、複屈折、交差ニコル分光

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。一方、この楕円化変形により誘起される物性を応用しようという研究はどちらかというと進んでいない。楕円化した金属ナノ粒子では偏光方向が長軸に平行な場合と垂直な場合で吸収スペクトルが異なる直線二色性を示すが、直線二色性を示す物質は複屈折を示すことが期待される。本研究では交差ニコル分光法を用いて、楕円化した亜鉛ナノ粒子の複屈折を観測することに成功し、2つの主軸屈折率の差の波長依存性を明らかにした。

2. 方法

シリカガラス(SiO₂)に対して Zn イオンを 60 keV で 1×10^{17} ions/cm² まで注入して Zn ナノ粒子を形成した。イオン注入後、なんの熱処理も施さなくても、直径 10 nm 程度のほぼ球形の Zn ナノ粒子が形成された。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 Xe¹⁴⁺ イオンを照射量 1×10^{11} から 5×10^{13} ions/cm² の範囲で入射角度 45°で照射し、ナノ粒子を楕円変形させた。ナノ粒子の楕円変形により誘起される複屈折を交差ニコル分光法[1]により評価した。

3. 結果及び考察

可視・紫外用の分光光度計の試料側光路上に二つの直線偏光子を設置し、偏光面がお互いに直交するように配置した。二つの偏光子の間になにも入れない場合、光は透過することができない。また、高速重イオン照射をしていないほぼ球形の亜鉛ナノ粒子を含むシリカガラス試料を偏光子の間に入れても透過光は観測できなかった。次に、200 MeV Xe¹⁴⁺イオンを 5×10^{13} ions/cm² まで照射してナノ粒子を楕円化させた試料を入れると、楕円ナノ粒子の長軸と偏光面の角度が 0 または 90°でない場合に限り、透過光が得られた[1]。これは第一の偏光子で直線偏光になった入射光が楕円化ナノ粒子のもつ複屈折作用により試料内を2つの主軸屈折率成分に分かれて伝播するが、伝播速度が異なるため全体としては楕円偏光に変わり、第二の偏光子を透過できるようになったためである。長軸との角度が 0 または 90°では片方の主軸屈折率成分しか励起できずに、直線偏光であることが保たれ透過できない。

4. 引用(参照)文献等

[1] H. Amekura, N. Okubo, and N. Ishikawa, Opt. Express **22** (2014) 29888-29898.