

レーザーアブレーション法によるシリコンをコアとした複合ナノ粒子の合成

Synthesis of core shell structured Si nanoparticles by laser ablation

金沢大院¹, [○]大内康久¹, 東秀憲¹, 瀬戸章文¹, 大谷吉生¹Kanazawa Univ.¹

E-mail : t.seto@staff.kanazawa-u.ac.jp

1. 緒言

ナノ粒子の表面に異なる材質のシェルがコーティングされた 2 層構造粒子(コアシェルナノ粒子)は、界面の相互作用による機能性の向上が見込まれるため、機能性ナノ材料として期待されている。気相中でのコアシェルナノ粒子の合成は、純度や制御性、連続性に加えて、ワンステップで粒子合成が可能であることが大きな利点であると考えられ、PVD や CVD 法などの種々のプロセスが提案されている。しかしながら、ワンステッププロセスにおいては、異物質の粒子生成が同時に進行するため、コアとシェルの材質の組み合わせが課題となる。本研究では、コアとシェルの材質の選択自由度に着目してレーザーアブレーション法を用いたワンステップでのコアシェルナノ粒子の合成を試みた。

2. 実験装置および方法

Fig.1 にコアシェルナノ粒子合成の概念図を示す。材料系としては、光機能材料への応用を考慮し、シリコンナノ粒子への ZnO コーティングを試みた。粒子合成法としては、2 成分ターゲットのレーザー同時照射を採用した。反応器内に設置した直径 5 mm の Zn ロッドの中心部に直径 2 mm の Si ロッドを挿入したターゲットの Zn-Si 境界に Nd:YAG レーザー ($\lambda = 532$ nm, 50 Hz, 1.5 W) を照射することで、エアロゾル状態の粒子を得た。生成した粒子はインパクタ型捕集器により捕集し、透過型電子顕微鏡 TEM (Transmission Electron Microscope) を用いてその構造を観察するとともに、エネルギー分散型 X 線分光法 EDX (Energy dispersive X-ray spectroscopy) によりその組成を分析した。

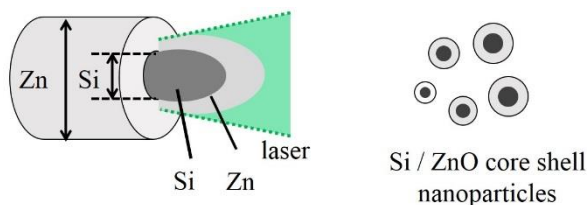


Fig.1 Concept of core shell nanoparticle synthesis

3. 実験結果および考察

生成した粒子の TEM 像を Fig.2(a) に示す。TEM 像から、生成粒子の一部に単一のコアもしくは複数のコアを内包したコアシェル構造のナノ粒子が確認できる。また、Fig. 2(b) に示すコアシェル粒子の電子線回折像には回折点が見られないことから、生成粒子の結晶性は低い。さらに、EDX スポット分析によりシェル部分とコア部分の組成を調べたところ、コア部分は Si リッチであるのに対して、シェル部分には Zn が含まれていることが確認された。これらの粒子は直径が数十 nm 以上であることから、ターゲットの蒸発凝縮により生成したものではなく、ターゲット表面で Si と Zn の熔融表面層が形成され、それらの分裂により生じた Si/Zn 熔融液滴から生成したものと考えられる。Zn と Si の表面自由エネルギーは $Zn < Si$ であり、熔融液滴の冷却過程において Zn がシェルとして表面に析出することでコアシェル構造を形成したと推測される。また、TEM 像には Si ナノ粒子と考えられる約 10 nm の微小粒子も見られ、これらの粒子への Zn シェルの形成について今後より詳細な検討を行う予定である。

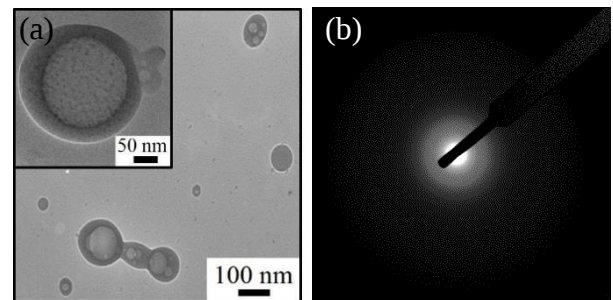


Fig2. (a) TEM image of core shell nanoparticles and (b) electron diffraction pattern of them

4. 結言

レーザーアブレーション法によりコアシェルナノ粒子の合成を試み、生成物の一部に Si をコアとするコアシェルナノ粒子が確認できた。

5. 謝辞

本研究の一部は文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業(分子・物質合成)の支援により北陸先端科学技術大学院大学で実施された。