シリコンナノ粒子-金シェルハイブリッドナノ粒子の光学特性

Optical properties of Si nanoparticle-Au shell hybrid nanoparticle 神戸大院工<sup>1</sup>, JST さきがけ<sup>2</sup> <sup>0</sup>数岡 裕介<sup>1</sup>, 雛本 樹生<sup>1</sup>, 杉本 泰<sup>1,2</sup>, 藤井 稔<sup>1</sup>

Kobe Univ.<sup>1</sup>, JST-PRESTO<sup>2</sup> <sup>O</sup>Yuusuke Kazuoka<sup>1</sup>, Tatsuki Hinamoto<sup>1</sup>, Hiroshi Sugimoto<sup>1,2</sup>,

## Minoru Fujii<sup>1</sup>

## Email: fujii@eedept.kobe-u.ac.jp

直径数 100 nm の高屈折率誘電体ナノ粒子は、可視~近赤外領域に最低次の Mie 共鳴(magnetic dipole (MD) mode, electric dipole (ED) mode)を有し、構造色、蛍光体の発光増強、指向性制御等に応用されている。一方、金属ナノ構造は局在表面プラズモン共鳴(LSPR)による強い電場増強効

果を有し、バイオセンシングや表面増強ラマン散乱等に応用さ れている。近年、この両者を組み合わせた金属 - 誘電体ハイブ リッドナノ構造において、指向性散乱特性の制御等が報告され ており、ハイブリッドナノ構造は設計自由度の高い新しいナノ アンテナ構造として注目されている。本研究では、新たなハイ ブリッド構造として、球形の高屈折率誘電体コアを金属シェル が覆うコアシェル構造ナノ粒子を提案する。図1に直径200nm の誘電体コア(屈折率 1.0-4.0)を厚さ 20 nm の金シェルで覆っ た場合の消光スペクトルを示す。コアの屈折率が低い(屈折率 1.0-1.5) 場合は、よく知られた金シェルの特性を示し、730 nm に ブロードな電気双極子共鳴、560 nm にシャープな電気四重極子 共鳴のピークが見られる。一方、屈折率が 2.5 を超えた付近か ら、ピークは急激に長波長シフトし狭帯域化する。この結果は、 高屈折率コアの Mie 共鳴モードと金シェルの LSPR モードの結 合を示唆している。電磁場分布より、長波長のシャープなピーク は高屈折率誘電体コアの ED モードと金シェルの ED モードが 結合したモードだと考えられる。

本研究では、実際にシリコンナノ粒子コアと金ナノシェルからなるハイブリッドナノ粒子を作製し、その光散乱特性の測定を行った。図2(a)-(f)にシリコンナノ粒子コアへの金ナノシェルの形成過程を示す。球形のシリコンナノ粒子(図2(a))を金ナノ粒子で修飾した後(図2(d))、無電解メッキで金ナノシェルを成長させた(図2(c)-(f))。(c)の HAADF 像と(d)の EDS 像よりシリコンナノ粒子表面が金で薄く覆われていることがわかる。無電解メッキをさらに進めると、(e)(f)のように、シリコンナノ粒子が金ナノシェルで完全に覆われたコアシェルナノ粒子が形成される。講演では、作製したハイブリッド粒子の散乱スペクトルを示し、シミュレーションとの比較を行う。



Figure 1. Calculated extinction spectra of dielectric-metal coreshell nanoparticles. The ordinate is refractive index of a core.



Figure 2. (a, b) TEM images of a Si nanoparticle (a) and a Si nanoparticle with Au seed nanoparticles (b). (c, d) HAADF (c) and EDS mapping (d) images of a Si-Au core-shell nanoparticle with very thin Au shell. (e, f) TEM (e) and SEM (f) images of a Si-Au core-shell nanoparticle with thick Au shell.