

球状シリコンナノアンテナの高次 Mie 共鳴モードによる発光制御

Controlling Light Emission by high-order Mie resonance modes of spherical Si nanoantennas

神戸大院工¹, JST さきがけ² ○四宮 裕人¹, 杉本 泰^{1,2}, 雛本 樹生¹, 藤井 稔¹

Kobe Univ.¹, JST-PRESTO², Hiroto Shinomiya¹, Hiroshi Sugimoto^{1,2}, Tatsuki Hinamoto¹,

Minoru Fujii¹

E-mail: sugimoto@eedept.kobe-u.ac.jp

近年、ガリウムリン(GaP)やシリコン(Si)などの高屈折率誘電体は可視~近赤外域において電気・磁気双極子(ED,MD)共鳴を示し、これらを利用した発光特性制御に関する研究が活発化している[1]。上記の誘電体は吸収係数が小さく、サブ波長サイズの球状粒子で quadrupole, octupole などの高次 Mie 共鳴モードを励起できる。高次の共鳴モードは比較的高い Q 値をもち、Purcell 効果により大幅な発光レートの増大が期待できる。本研究は、球状 Si ナノ粒子の高次 Mie 共鳴を用いた発光体の特性(強度・発光レート・指向性)の制御を目的としている。今回は、発光体として単層二硫化モリブデン(1L-MoS₂)を用いて、Si ナノ粒子と 1L-MoS₂が結合した構造を形成し、光散乱及び発光特性について詳細に評価する。

当グループで開発した球状 Si ナノ粒子の SEM 像を図 1 の挿入図に示す[2]。直径 100~400 nm の真球に近い粒子が得られている。図 1 は粒径 330 nm の Si ナノ粒子の暗視野散乱スペクトルである。高い結晶性と真球性により、電気・磁気四重極子(EQ,MQ),八重極子(EO,MO)に由来する比較的シャープな散乱ピークが見られる。図 2 に示すように Si ナノ粒子の分散溶液を 1 L-MoS₂上に滴下・乾燥し、短時間 Ar⁺エッチングを行うことで Si ナノ粒子下部のみ 1L-MoS₂が存在する系を作製した。図 3 にサンプルの散乱・発光イメージを示す。Si ナノ粒子の Mie 散乱が見られる位置で 1L-MoS₂の赤色の発光が観察され、所望の構造が形成されている。講演では、顕微分光法を用いた本構造の詳細な光学特性評価結果より、Si ナノ粒子の高次 Mie 共鳴による 1L-MoS₂の発光増強や発光指向性、Purcell 効果について定量的に議論する。

[1] Sortino L, Zotev PG, et al. *Nat Commun.* 2019;10(1):5119.
[2] Sugimoto H, Okazaki T, Fujii M. *Adv Opt Mater.* 2020;8(12):2000033.

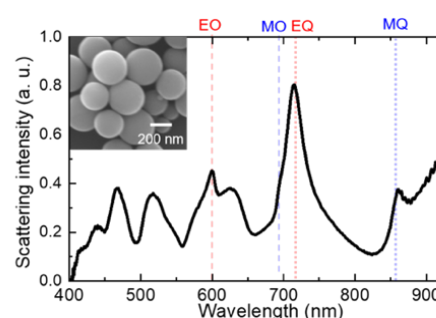


Figure 1. Measured scattering spectrum of a 330 nm Si nanosphere. Inset shows SEM image of Si nanospheres.

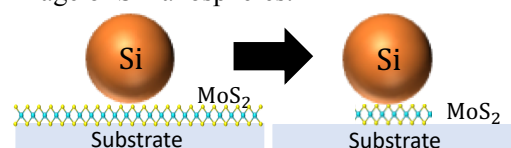


Figure 2. Schematic illustration of preparation of Si-NP/1L-MoS₂ structure.

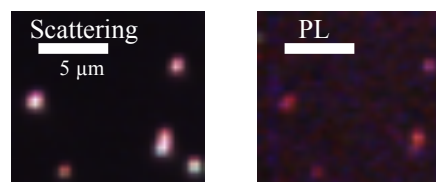


Figure 3. Scattering and PL images.