

アクセシブルな磁場ホットスポットを有する Si ナノ粒子の開発

Development of Colloidal Si Nanoparticles with Accessible Magnetic Hotspots

神戸大院工¹, JST さきがけ², ○(B)松森 陽¹, 杉本 泰^{1,2}, 雛本 樹生¹, 藤井 稔¹

Kobe Univ.¹, JST-PRESTO², ○Akira Matsumori¹, Hiroshi Sugimoto^{1,2}, Tatsuki Hinamoto¹, Minoru Fujii¹

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

高屈折率誘電体ナノ構造は Mie 共鳴により、電気双極子(Electric dipole : ED)共鳴による電場増強に加えて、磁気双極子(Magnetic dipole : MD)共鳴により、非常に大きな局所磁場増強を実現できる。この増強磁場を利用し、希土類イオン等の磁気双極子遷移レートの増強・制御に関する研究が行われている[1]。しかしながら、磁気共鳴モードによる増強磁場は誘電体ナノ構造内部に集中しており、ナノ構造外部では効果は小さい。本研究では、当研究室で独自に開発した直径 100-300 nm のコロイド Si ナノ粒子[2]に直径 30-50 nm のナノホールを形成する技術を開発し、増強磁場を外部から利用可能な構造を形成する。FDTD シミュレーションによる設計と、単一ナノ構造に対する詳細な光学測定を行い、ナノホールの形成が光学特性に与える影響について調査する。

溶液中に分散した球状 Si ナノ粒子に Metal-assisted chemical Etching(MacEtch)法を用いてナノホールを形成する。図 1(a)の SEM 像に示すように Au ナノ粒子(直径~40 nm)を担持し、フッ化水素酸中で Si ナノ粒子にナノホールを形成した。図 1(b)は MacEtch および Au ナノ粒子除去後の Si ナノ粒子の SEM 像である。Au ナノ粒子の直径と同じ径を有するナノホールが形成されている。本構造に対して、FDTD シミュレーションを行った。図 1(c)にナノホール形成前後の Si ナノ粒子の散乱スペクトルの変化を示す。直径 200 nm の Si ナノ粒子に直径 30 nm のナノホール(貫通孔)形成後も ED、MD および磁気四重極子(MQ)共鳴を保持していることがわかる。図 1(d)に磁気双極子共鳴波長 760 nm でのナノホール形成後の磁場増強強度分布を示す。非常に大きな磁場増強強度を示し、ナノホール形成前に比べて 90%の磁場増強強度が維持されている。以上より、ナノホールを有する Si ナノ粒子はアクセシブルな磁場スポットを有することが示唆される。講演では顕微分光を用いた詳細な光学特性評価結果を示し、ナノホールと Si ナノ粒子の光学特性の関係を議論する。

[1] A. Vaskin *et al.*, *Nano Letters*, 19, 1015 (2019)

[2] H. Sugimoto, *et al.*, *Adv. Opt. Mater.* 8, 200033 (2020)

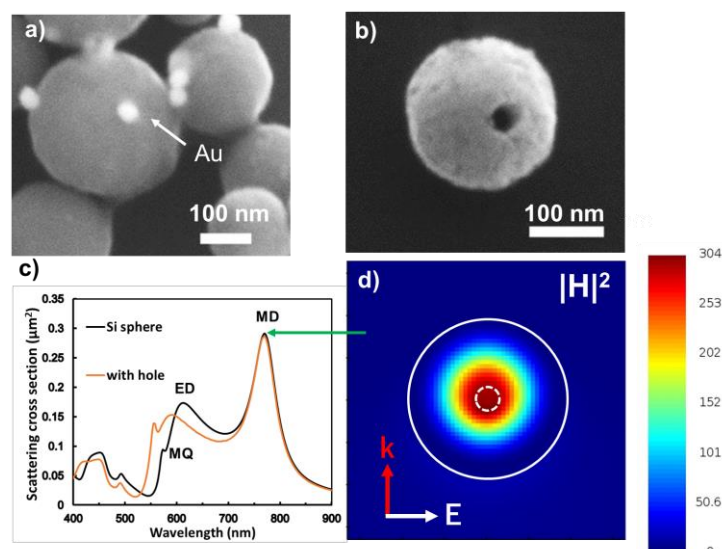


Figure 1. SEM images of Si NPs (a) before and (b) after MacEtch process. (c) Simulated scattering spectra of 200 nm Si spheres without (black) and with (orange) a 30 nm nanohole at the center. (d) Magnetic field distribution of Si NP with 30 nm nanohole.