

高屈折率誘電体ナノディスクアレイの形成と光学応答制御 (II)

High-refractive-index dielectric nanodisk arrays and their optical responses (II)

神戸大院工¹, JST さきがけ² ○長谷部 宏明¹, 杉本 泰^{1,2}, 雛本 樹生¹, 藤井 稔¹Kobe univ.¹, JST-PRESTO², °Hiroaki Hasebe¹, 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 共鳴により特異な光散乱特性を示す。近年、Mie 理論で記述される電気・磁気多極子共鳴の制御に加えて、トロイダル双極子 (TD) や無輻射のアナポール状態が注目されている。アナポール状態は高さに対して直径の比が大きなディスク形状の誘電体ナノ構造で報告されており、電気双極子と TD 共鳴の散乱が遠方場で打ち消しあうことで誘起され、このとき吸収増強及び構造内部に大きな電磁場増強が起こる。現在、この特徴を生かした様々な応用が提案されているが、誘電体ナノ構造の TD やアナポール状態に関する研究はほとんどが単一ナノ構造の特性に関するものである。我々は前回の講演で、アナポール状態の Si ナノディスクを六方格子状に配列させたアレイ構造を作製し、FDTD シミュレーションにより Si の吸収が小さい近赤外領域において狭帯域な共鳴ピークが発現することを報告した[1]。本発表では、Si ナノディスクアレイの TD モードの光学特性に注目し、ナノディスク間の相互作用について詳細に解析する。さらに、理論・実験両面から直径及び高さによる共鳴波長制御技術を確立する。

図 1(a)に直径 450 nm、高さ 50 nm、周期 500 nm の Si ナノディスク六方格子状アレイの吸収スペクトルの計算結果を示す。Si の吸収が非常に小さい領域 (826 nm) で、狭帯域な吸収ピークが見られる。その吸収率は平坦 Si 薄膜 (50 nm) に対して 120 倍である。図 1(b),(c)に、吸収ピークにおける電場・磁場強度分布をそれぞれ示す。電場分布から、個々のナノディスクにアナポール状態の特徴がみられる。また、ナノディスク間にも著しく増強された電場がみられる。磁場分布にはナノディスク内に TD 励起による磁場ループ (m_1) がみられる。さらに、2 つディスク間にもまたがる磁気ループ (m_2) がみられ、近傍のナノディスクと磁氣的に結合していることがわかる。図 1(b)の中央のディスクに対して多重極展開を行った結果を図 1(d)に示す。吸収ピークと一致する 826 nm で TD の寄与が非常に大きく、急峻な TD モードが励起されていることを示している。講演では結合した TD モードによる吸収増強効果を理論的、実験的に示し、その有用性について議論する。[1] 長谷部他,2019 年秋季第 80 回応用物理学会, 19p-PA6-13

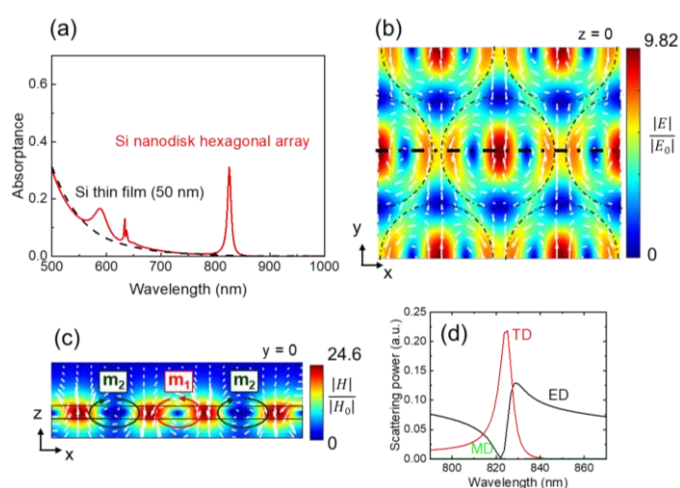


Figure 1. (a) Absorbance spectra of Si nanodisk hexagonal array (red solid line) and Si thin film with 50 nm in thickness (black dashed line). (b) Electric (xy-plane) and (c) magnetic (xz-plane) field distributions at 826 nm. (d) Multipole decomposition of a nanodisk at the center in (b).