

金属基板上の高屈折率誘電体ナノワイヤの光学特性 (II)

Optical properties of individual resonant high-index nanowires

神戸大院工, ○今泉 瞭佑, 雛本樹生, 杉本 泰, 藤井 稔

Kobe Univ. ○Ryosuke Imaizumi, Tatsuki Hinamoto, Hiroshi Sugimoto, Minoru Fujii

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

高屈折率誘電体ナノ構造は、光の波長領域でサイズ・形状に依存した電磁気共鳴モードを有する[1]。高い屈折率を有するシリコン (Si) のナノ構造体は Mie 共鳴により様々な興味深い光学特性を示すため、指向性散乱や光学共鳴による電場増強効果を利用した光デバイスが模索されている[2]。我々のグループでは、従来の球状粒子やナノディスク形状に加えて[3]、シリンダー形状の Si ナノワイヤの光学応答に注目して研究を行っている。前回の報告では、様々な基板上で Si ナノワイヤの Mie 共鳴のサイズ・入射偏光依存性について報告した。本研究は、金属平面の SPP との結合を活用し、Si ナノワイヤの光学特性の広範な制御と大きな電場増強効果の実現を目的とする。本発表では、微小ギャップを介して金属平面上に配置した単一 Si ナノワイヤの光散乱特性を詳細に調べ、ナノワイヤの Mie 共鳴と金 (Au) 平面の SPP が結合した光学応答について報告する。

図 1 に作製した構造の模式図を示す。Au 薄膜を堆積した Si 基板上に SiO₂ ステップ構造を作製し、溶液中に分散した Si ナノワイヤ (直径 100 nm) を滴下することで、ナノワイヤの一端を SiO₂ ステップに保持した構造を形成する。SEM 観察より、SiO₂ ステップの端から 2.1 μm の範囲において Si ナノワイヤ-Au 平面からなるテーパ型のギャップ構造が形成されていることを確認した。顕微分光法により、ナノワイヤの軸方向に沿って散乱スペクトルを測定し、散乱特性の Au-Si ナノワイヤ間のギャップ長依存性を調べる。

図 2(a)に SiO₂ 上 (図 1 青矢印) および Au 平面上 (ギャップ 5 nm, 図 1 赤矢印) の Si ナノワイヤの散乱スペクトルを示す。SiO₂ 上のナノワイヤの散乱スペクトルにおいて、波長 550 nm に Mie 共鳴に由来する散乱ピークが見られる。Au 平面上では 550 nm の散乱ピーク強度が減少し、波長 600-700 nm にブロードな散乱ピークが現れる。図 2(b)に FDTD 法により計算した、Au 平面上 (ギャップ長 5 nm) の Si ナノワイヤ断面の電場強度分布を示す。Au-Si ナノワイヤのギャップ付近に電場が集中しており、Si ナノワイヤの Mie 共鳴と Au 平面の SPP の結合に由来するギャップモードが励起されていることがわかる。講演では、共鳴特性のギャップ長依存性について、理論・実験両面から詳細に議論する。

[1] Bohren, C. F. & Huffman, D. R. *Absorption and Scattering of Light by Small Particles* (Wiley, 1998). [2] A. Kuznetsov, *et al.*, *Science* 354, 2472 (2016). [3] H. Sugimoto, M. Fujii, *Adv. Opt. Mater.*, 1700332, (2017).

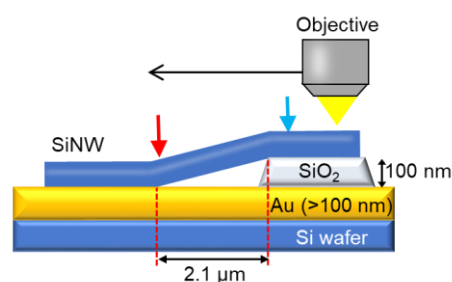


Figure 1. Schematic illustration of a SiNW suspended on a Au-SiO₂ step substrate. Red and blue arrows indicate the position measured in Fig. 2(a).

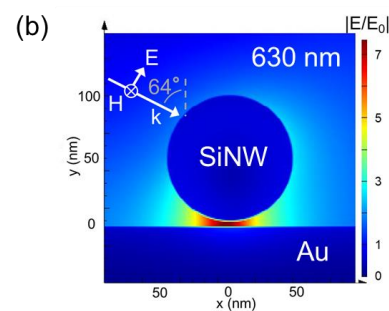
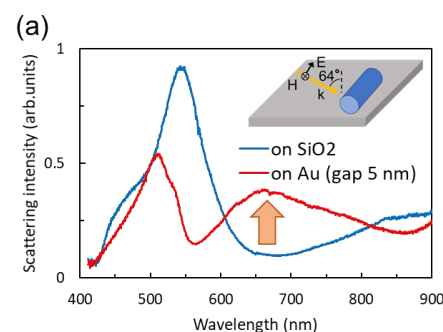


Figure 2. (a) Dark-field scattering spectra of a Si NW on a Au (red) and a SiO₂ (blue). Inset shows the polarization condition of excitation. (b) Electric field ($|E/E_0|$) distribution at excitation wavelength of 630 nm.