

Metal Nano Particle on Mirror 構造におけるシリコン量子ドットの発光特性制御 (III)

Controlling luminescence property of silicon quantum dots by metal nanoparticle on mirror plasmonic structure

神戸大院工, °八嶋 志保, 杉本 泰, 藤井 稔

Kobe Univ. °Shiho Yashima, Hiroshi Sugimoto, Minoru Fujii

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

金属ナノ粒子を数十ナノメートル以下の微小ギャップを介して、金属平面上に配置した Metal Nano Particle on Mirror (MNPoM) 構造 (Fig.1) は、微細加工技術を用いずに容易に形成可能なプラズモニックナノキャビティである。この構造の共振モードのモード体積は非常に小さく、大きなパーセルファクターが実現できるため、微小ギャップ内材料の発光やラマン散乱の著しい増強が報告されている。我々のグループでは、蛍光検出型バイオセンシングデバイスへの応用を念頭に、金属平面と金ナノ粒子の間に近赤外発光を示すシリコン量子ドット[1] (直径 2-10 nm) を配置した MNPoM 構造について研究を行っている。これまでに、球状の金ナノ粒子 (直径 80 nm) を用いた場合において、MNPoM 構造による発光特性の変化について詳細な研究を行ってきた[2]。

MNPoM 構造の光学特性は、ギャップ長や金属ナノ粒子のサイズ、形状により大きく異なる。特に、金属ナノ粒子と金属平面の接触面の次元 (0 次元: 球、1 次元: ロッド、2 次元: キューブ) により、モード体積、Q 値、散乱効率が大きく異なることが、計算より示されている[3]。しかしながら、実験的に接触面の次元と光散乱特性や発光特性等の関係を明らかにした例は非常に少ない。本研究では、球状の金ナノ粒子とそれに比べて小さいモード体積と大きい散乱効率が期待できる金ナノロッドを用いた MNPoM 構造を作製し、光散乱特性と発光特性について研究を行った。

球状の金ナノ粒子は直径 80 nm、金ナノロッドは短軸 50 nm、長軸 130 nm のものを用いた。Fig. 2 に、シリカ基板上に金ナノ粒子を直接配置した構造と、金薄膜上にシリコン量子ドット (直径約 2.8 nm) の単層膜を形成し、その上に球状の金ナノ粒子を配置した構造の光散乱スペクトルを示す。MNPoM 構造の形成により表面プラズモン共鳴波長が長波長シフトする。Fig.3 に、金ナノロッドについて同様の実験を行った結果を示す。球状の金ナノ粒子の場合とは異なり、共鳴波長のシフトはほとんど見られない。一方、MNPoM 構造形成により、散乱スペクトルの半値幅が大きく減少する様子が見られる。このモードは、金ナノロッドの長軸方向に強く偏光していることから、金ナノロッドの長軸方向の局在型表面プラズモンモードと金薄膜の伝搬型表面プラズモンモードの結合に起因するものと考えられる。発表では、シリコン量子ドットのサイズによりギャップ長を細かく制御することで、金ナノロッドを用いた MNPoM 構造の特性の変化について詳しく議論する。

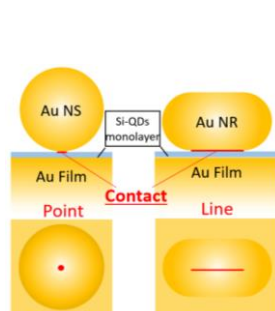


Fig.1 MNPoM structures with point and line contacts. (side and top view)

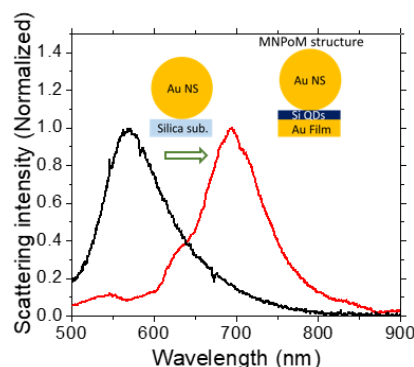


Fig.2 Scattering spectrum of a Au sphere on a silica substrate (black) and a MNPoM structure with a Au sphere (red).

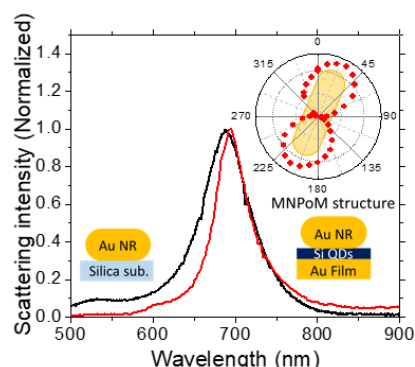


Fig.3 Scattering spectrum of a gold nanorod on a silica substrate (black) and a MNPoM structure with a Au nanorod (red). Polar plot of scattering intensity of a MNPoM structure at 693 nm.

[1] H. Sugimoto et al., J. Phys. Chem. C, 117, 11850 (2013).

[2] S. Yashima et al., J. Phys. Chem. C, 120, 28795(2016). [3] Shengxi Huang et al., small, 12, 37, 5190(2016).