プラズモニック結晶における発光増強の構造依存性

Structure dependence of emission enhancement in plasmonic crystal

○大村 竜矢，酒井 恭輔, 菅原 翔太郎，笹木 敬司 （北大電子研）

○Tatsuya Omura，Kyosuke Sakai, Shotaro Sugawara and Keiji Sasaki (Hokkaido Univ. RIES)

E-mail: k_sakai@es.hokudai.ac.jp

周期的に金属ナノ粒子を配列したプラズモニック結晶では、周期による回折および共鳴効果で、単独の金属ナノ粒子に比べて放射損失が低減する。さらに、電界分布は金属表面から粒子間にも広がることで、金属による吸収損失も低減することが示唆されている。このような特徴から、プラズモニック結晶は、光と物質の相互作用を増幅する構造として大きな注目を集めている [1-5]。光と物質の大きな相互作用を実現するには、結晶構造を用途に応じて設計する必要がある。通常、デバイスの共鳴波長に注目し、励起光など実験条件に合わせた設計を行う。今回、金属ナノ粒子のサイズと結晶周期を変数として複数の異なる設計のサンプルを作製したところ、ほぼ同じ共鳴ピーク波長をもつにも関わらず、サンプルに塗布した色素の発光増強に大きな違いが見られたので報告する。

図 1(a)に、今回用いた金ナノディスクからなるプラズモニック結晶の概要図を示す。ディスクの直径を D、周期を L とする。ガラス基板上に結晶を作製し、上からクリスタルバイオレット水溶液(1.0×10^{-5}mol/*l*)を滴下した。ここでは、3 つのサンプル(赤:D=140nm L=400nm、緑:D=150nm L=350nm、青:D=160nm L=300nm)の結果を示す。図 1(b)に示す消滅スペクトルから、異なる構造でも共鳴ピークはおおよそ波長 780nm で一致することが分かる。図 1(c)に、波長 780nm のレーザを同条件下で照射した場合の蛍光スペクトルを示す。ガラス基板およびクリスタルバイオレットの蛍光に加え、クリスタルバイオレットのラマン散乱ピーク(< 900nm)が現れており、結晶構造のないサンプル(Non)と比較して発光強度が大きく増加している。また、各構造で共鳴ピーク波長がほぼ等しいにもかかわらず、発光増強には大きな違いが現れた。これは、個々のナノ粒子に局在するプラズモン共鳴と周期による共鳴とのバランスの影響であると考えられる。構造変数(D, L)と共鳴波長・発光増強との関係や数値計算との比較など、詳細は当日報告する。

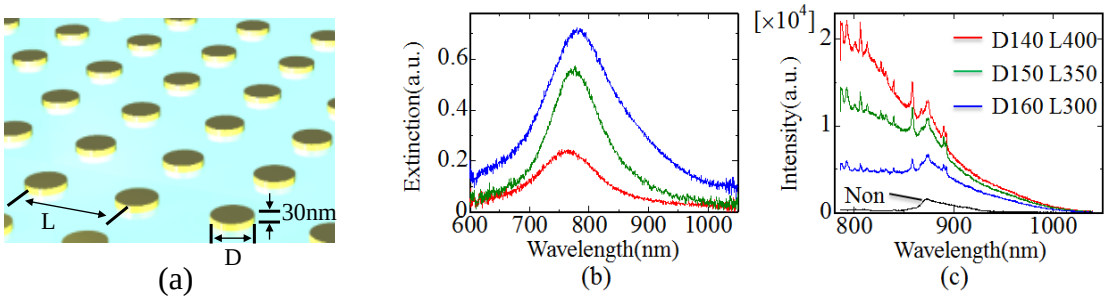

図 1. (a) 金ナノディスク周期構造の概要図. (b)消滅スペクトル. (c)蛍光スペクトル. Non は、プラズモニック結晶のないサンプルからのスペクトル.

1) G. Vecchi, et al, ***PRL***, **102**, 146807 (2009). 2) K. Sakai, et al, ***J. Appl. Phys.***, **114**, 024306 (2013). 3) W. Zhou, et al, ***Nature Nanotech.***, **8**, 506 (2013). 4) K. Sakai, et al, *NANOMETA 2015*, THU5o-O-02. 5) 酒井他:2015 年春季応用物理学会, 11a-A12-11.

© 2015年 応用物理学会