プラズモニックおよび非プラズモニックナノシリンダーアレイの発光増強効果の比較

Comparison of Photoluminescence Enhancement between Plasmonic and Non-plasmonic Nanocylinder Arrays

京大院工[1]，JST さきがけ[2]，○(M1)野口　和希[1]，村井　俊介[1,2]，田中　勝久[1]

Kyoto U.[1], JST-PRESTO[2], ○Kazuki Noguchi[1], Shunsuke Murai[1,2], Katsuhisa Tanaka[1]

E-mail: murai@dipole7.kuic.kyoto-u.ac.jp

【緒言】金属ナノ構造による発光中心の発光特性制御は様々なナノ構造と発光中心の組み合わせに関して報告されている。ナノ構造として金属ナノシリンダーを周期配列させたプラズモニックアレイを用いると、表面プラズモンポラリトン(SPP)と光回折を組み合わせた協同モードによる高効率光取出しにより、指向性のある発光増強が実現する[1,2]。金属の大きな吸収損失や発光中心から金属へのエネルギー移動に伴う発光中心の失活を回避するため、ナノ構造の材料を損失の少ない誘電体に変える試みが近年進んでいる。しかし、ナノ構造の構成材料が発光増強効果に及ぼす影響について実験的に直接比較した報告例は少ない。本研究ではプラズモニック材料と非プラズモニック材料における発光増強効果の比較を目的として、可視域で SPP 吸収を示す Al, Ag および可視域での吸収が小さく高い屈折率を示す Si, TiO_2 からなるナノシリンダー周期アレイを作製し、発光増強効果の比較と考察を行った。

【実験】シリカガラス基板上にナノインプリント法を用いて Al, Ag, Si , TiO_2 ナノシリンダーからなる周期 460 nm の三角格子アレイを作製した。これらの上にローダミン 6G を含むポリメチルメタクリレート(PMMA、分子量 120,000)膜をスピンコートした。得られた試料に対して透過率の入射角依存性、CW レーザー(波長 460 nm)励起による発光の放出角依存性の測定、蛍光寿命測定(Quantaurus-Tau, 浜松ホトニクス)、フーリエ光学系を用いた発光指向性の観察を行った。

【結果】透過率測定から周期構造の性質と SPP の有無を反映した結果が得られた。発光の放出角依存性の測定結果において、透過率の減少と対応した波長での発光増強が見られ、各試料の共鳴波長によって大きく増強される波長に違いが見られた。またプラズモニック材料を用いた試料では回折条件以外の広範囲にわたる領域での増強が確認された。蛍光寿命測定からはプラズモニック材料を用いた試料ではアレイ領域外に比べ発光中心から金属へのエネルギー移動に由来する蛍光寿命の減少が見られ、非プラズモニック材料では蛍光寿命はほとんど変化しなかった。発光指向性の観察結果(Fig. 1)から回折条件に沿った発光パターンが観察され、各試料の発光指向性は周期構造内のコヒーレントな散乱によるものであることが示唆された。

謝辞:TiO_2 ナノシリンダーアレイを提供していただきました遠藤達郎先生(大阪府立大)に感謝します。試料作製において NIMS 微細加工 PF および京都大学ナノハブ拠点を利用しました。

【参考文献】

[1]G. Vecchi *et al*., *Phys. Rev. Lett.* **102**, (2009) 146807.

[2]S. Murai *et al*., *APL Photonics*, **2**, (2017) 026104.

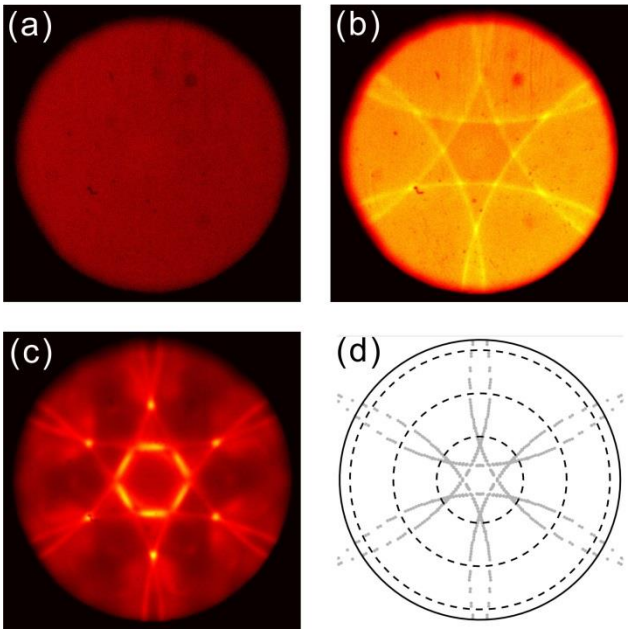


Fig. 1 Fourier images of the unpolarized photoluminescence from the PMMA film with rhodamine 6G on (a) flat silica glass substrate, (b) TiO_2, and (c) Al nanocylinder arrays. They are taken using a band pass filter with a central wavelength of λ = 633 nm and a bandwidth of 10 nm at full width at half maximum. (d) Condition of in-plane diffraction i.e., Rayleigh anomaly, calculated with a refractive index of 1.46 for λ = 633 nm lightwave diffracted by a triangle lattice with the periodicity = 460 nm.

© 2019年 応用物理学会