

プラズモニック導波路を用いた量子ドット集団からの スピン依存指向性発光に関する検討

Analysis on spin-dependent directional emission from a quantum dot ensemble using a plasmonic waveguide

東大生研¹, 東大ナノ量子機構², [○]林 文博¹, 太田 泰友², 玉田 晃均¹, 荒川 泰彦², 岩本 敏^{1,2}

IIS¹, NanoQuine², Univ. of Tokyo

[○]Wenbo Lin¹, Yasutomo Ota², Akihito Tamada¹, Yasuhiko Arakawa^{1,2}, Satoshi Iwamoto^{1,2}

E-mail: lin-w@iis.u-tokyo.ac.jp

光導波路内における光スピン軌道相互作用を利用した指向性自然放出の研究が進展している。なかでも、導波路中の偏光特異点に設置したスピン偏極した単一の量子エミッタからの一方向性発光が盛んに調べられている[1-2]。一方、スピン制御が可能な一方向性光アンプやレーザへの応用を目指す上では、エミッタ集団に対する指向性制御が重要となる[3]。これまで我々は、段差状断面を有する光導波路において、スピン偏極した量子ドット(QD)集団からの指向性発光を検討してきた[4]。今回、より強い指向性を得る方法として、プラズモニック導波路の利用を検討し数値計算を行った。その結果、同構造のエバネッセント場を利用することで、空間的に分布する量子ドット集団に対しても非常に強い指向性を実現可能であることが分かったので報告する。

図1(a)に検討した構造を示す。ガラス基板上 GaAs 細線の側面を銀で終端したプラズモニック導波路となっている。GaAs 細線の幅・高さはそれぞれ 100nm・150nm であり、その内部に発光波長 1 μm の QD 集団が一様に埋め込まれている。同構造においてはプラズモニック導波モードのみ存在する。本モードに対して伝搬方向($\pm z$)を考慮しつつ純スピン偏極した QD 集団からの自然放出レート(γ_+ , γ_-)を見積もった。図1(b)に計算した $\pm z$ 方向に対する自然放出レートの差($\gamma_+ - \gamma_-$)を示す。導波路内では $+z$ 方向への自然放出が支配的であり、純スピン偏極 QD 集団による発光の一方向性($\iint |\gamma_+ - \gamma_-| dS / \iint |\gamma_+ + \gamma_-| dS$)は 90%を超える高い値であった。一方、実際の作製を考慮すると GaAs と銀の間にギャップが存在する可能性がある。一方向性のギャップ幅依存性を調べた結果(図1(c)). 20 nm のギャップ存在下でも 50%程度の一方向性($\gamma_- / \gamma_+ \sim 3$)を実現可能であることが分かった。

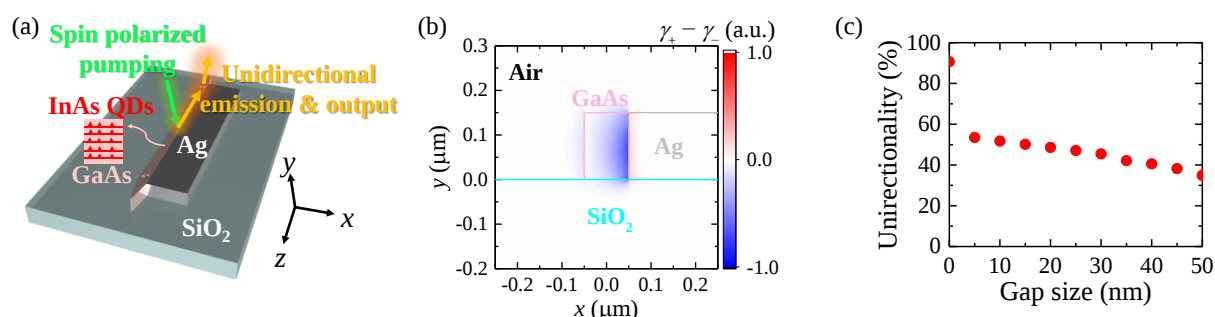


Fig. 1. (a) Schematic of the investigated plasmonic waveguide. (b) Direction-resolved distribution of local spontaneous emission rates. (c) Gap size dependence of the unidirectionality of the spontaneous emission.

参考文献: [1] I. Söllner *et al.*, *Nat. Nanotech.* **10**, 775 (2015). [2] I. J. Luxmoore *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **110**, 037402 (2013). [3] S.-H. Gong *et al.*, *Science* **359**, 443 (2018). [4] 林 他, 第 64 回応用物理学会春季学術講演会, 21p-S621-1 (2017).

謝辞: 本研究は科研費(15H05700, 15H05868, 16K06294, 17H02796)により遂行された。