励起スピン依存一方向レーザ発振が可能な光共振器の設計

Design of an optical resonator for excitation-spin dependent unidirectional lasing

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

IIS[1], NanoQuine[2], Univ. of Tokyo

°Wenbo Lin[1], Yasutomo Ota[2], Satoshi Iwamoto[1,2], Yasuhiko Arakawa[1,2]

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

光のスピン軌道相互作用を利用して，スピン偏極した量子エミッタからの自然放出に指向性を持たせる研究が盛んに行われている．その多くは単一量子ドット(QD)を利用しているが[1-2]，一方で量子エミッタ集団を用いる研究もレーザ等への応用においては重要である．前回我々は段差状の断面構造を持つ光導波路に QD 集団を偏在させて埋め込むことで，注入スピンの方向に依存した指向性発光が可能であることを報告した[3]．今回我々は，スピン注入により発振方向を制御可能なレーザの実現へ向け，段差構造を応用した微小光共振器を設計したので報告する．

検討した共振器の概要を Fig. 1(a)に示す．GaAs ディスク(半径 r = 2 μm，厚み t = 100nm)の端に高さ h = 100 nm および幅 w = 125 nm の段差が存在し, 段差内に InAs QD 集団が埋め込まれている．Fig. 1(b)にディスク外周を周回する TE-like 共振器モードの電場分布を示す(波長 1 μm)．同モードでは強い光閉じ込めに起因しその周回方向の電界成分を有する．そのため QD が埋め込まれた領域における面内電場は，周回方向に依存して偏極した円偏光が主成分となる．結果，スピン偏極励起された QD からの自然放出は共振器の特定の周回方向へ集中する．Fig. 1(c)に QD 集団を模した円偏極光源によって共振器モードを励振した際の定常状態における面直磁場分布を示す．回転方向の明確化のために導波路が接続されており，右円偏極励起の下では左回りモードが優勢となる．また，右円偏極励起の下では逆回りのモードが優勢となることを確認している．設計共振器は，導波路を接続しない場合 10^7 を超える極めて高い Q 値を有している．加えて，純偏極スピン注入下では右・左回りモード間に 3 倍程度のゲイン差を付与することができるため，励起スピンにより制御が可能な一方向レーザ光源への応用が期待される．

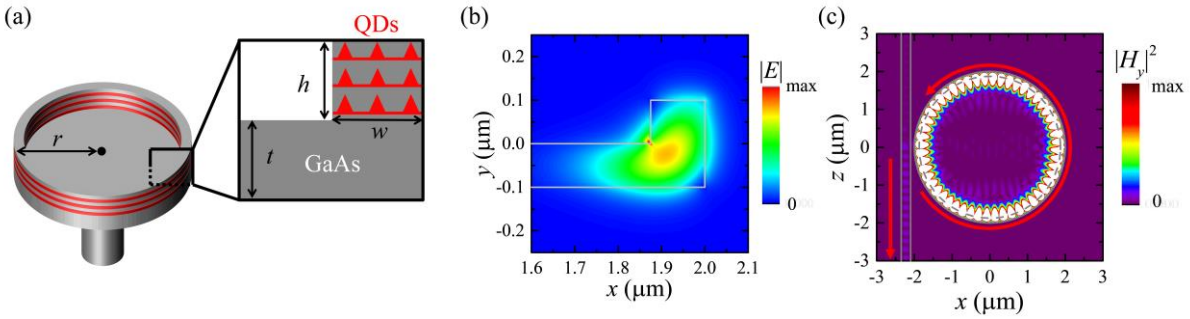

Fig. 1. (a) Schematic diagram of the resonator. (b) Simulated mode profile. (c) Averaged $|H_y|^2$ distribution simulated with 9 different circularly polarized dipole sources emulating a QD ensemble.

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] 林 他，第 64 回応用物理学会春季学術講演会, 21p-S621-1 (2017).

謝辞：本研究は科研費特別推進研究(15H05700)，同補助金(16K06294)，同新学術領域研究(15H05868)および国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）プログラムにより遂行された．