

垂直微小共振器量子ドット単一光子源のための共鳴トンネル注入の研究

Study on Resonant Tunneling Injection for Vertical-Microcavity Single-Photon Sources with Embedded Quantum Dots

科学大¹, 東大先端研², 東大ナノ量子³ ○ 喜多村 友大^{1*}, 山口 凌平¹,

田口 朋弥¹, 林 文博¹, 岩本 敏², 荒川 泰彦³, 中川 茂^{1**}

Science Tokyo¹, RCAST, Univ. Tokyo², NanoQuine, Univ. Tokyo³ ○ T. Kitamura^{1*},

R. Yamaguchi¹, T. Taguchi¹, W. lin¹, S. Iwamoto², Y. Arakawa³, S. Nakagawa^{1**}

E-mail: *kitamura.t.a539@m.isct.ac.jp, **nakagawa@first.iir.isct.ac.jp

量子コンピュータや量子通信といった量子技術を発展させる上で通信波長帯の識別不能な単一光子を電流駆動でオンデマンドに生成する光源が必要とされている。半導体量子ドット (QD) を用いた光源では電流注入による通信波長帯での単一光子生成が実現されている [1] が、実用化には光子の生成効率と抽出効率の改善と光子の識別不能性の向上が求められる。これらの課題は高 Q 値共振器 [2] と QD への共鳴トンネル注入 [3, 4] によりそれぞれ解決可能であるが組み合わせたものは存在せず、量子ドットを実用的な単一光子源として利用する障壁となっている。そこで我々は高 Q 共振器と共鳴トンネル注入を両立した新しい単一光子源を提案する。

同構造 (図 1(a)) は、共振器内コンタクトを持ち、共鳴トンネル注入用にドーピング濃度が調整された (図 1(b)) 埋め込みドーパ層の上下を非ドーパの DBR で挟んだ垂直微小共振器から構成される。コンタクトを活性層に近づけ、ドーパ領域を制限することで効率的なキャリア注入と光の吸収損失削減が実現出来る [5]。同素子はさらに 2 層の酸化狭窄開口を持ち、それぞれ電流注入領域の限定と共振器モードのモード体積を縮小する役割を果たし、励起される QD の減少及び背景雑音の削減と光子生成レートの向上に寄与する。素子作製には QD 面内密度 10^{10} cm^{-2} の InGaAs/GaAs ウェハを用いた。現在、DBR を含まない試作機を作製し、図 1(c) は試作機の走査型電子顕微鏡 (SEM) 像である。室温の電圧電流特性は p-i-n ダイオードの存在を示唆し、室温 EL の顕微分光 (図 1(d)) は室温 PL と整合し、QD への電流注入が成功していることを裏付けるものである。今後は冷却時の特性評価および DBR を含んだ素子の作製と評価を行う。追加の研究結果は当日発表する。

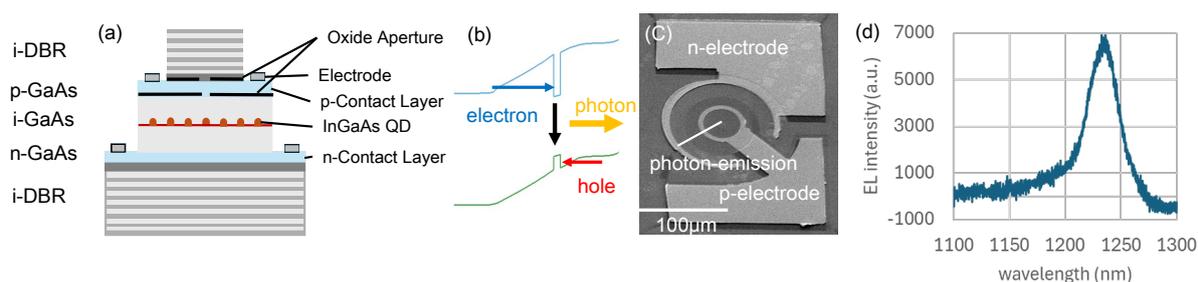


Fig 1: (a) Schematic of the proposed cavity structure. (b) Band diagram illustrating resonant tunneling injection. (c) SEM image of the fabricated intracavity contact structure. (d) Room-temperature electroluminescence spectrum when the bias voltage was 20 V. The peak wavelength was 1235 nm.

参考文献

[1] T. Miyazawa *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **47**, 2880 (2008). [2] A. Schlehahn *et al.*, APL Photonics **1**, 011301 (2016). [3] A. Baumgartner *et al.*, Phys. Rev. Lett. **105**, 257401 (2010). [4] M. J. Conterio *et al.*, Appl. Phys. Lett. **103**, 162108 (2013). [5] S. Nakagawa *et al.*, IEEE J. Sel. Top. Quantum Electron. **7**, 224–230 (2001).

謝辞

本研究は、古河電気工業株式会社、文部科学省マテリアル先端リサーチインフラ事業（課題番号：JPMXP1224IT0011）の支援により実施されました。