光ファイバー接続型量子ドットを用いた高純度単一光子状態の生成

Pure single photon state extraction from a pillar equipped with single quantum dot under non-resonant excitation condition

○ 笹倉 弘理 [1]、小田島 聡 [2]
(1. 北大院工、2. 北大電子研)
○Hirotaka Sasakura[1], Satoru Odashima[2] (1. Hokkaido Univ., 2. RIES)
E-mail: hirotaka@eng.hokudai.ac.jp

【はじめに】非古典光供給システムは, 光子の不可分性・情報の重ね合わせという量子力学の原理に基づく, 量子情報通信環境を提供する要素技術である. 今後の本格的な運用に向けて, 安定性に優れ, 低コストで製造できる非古典光源の開発が必要であり, 様々な物質・材料・構造を用いた探索研究が盛んである. 本質的に偶発的複数光子発生が無い半導体量子ドット (QD) を単一モード光ファイバー (SMF) に直接接合させた構造 (QDinF) を作製し, 単一光子発生の検証及び, 長時間耐久性・安定性について報告する [1,2,3].

【試料及び評価】分子線エピタキシー装置 (MBE) を用いて成長させた InAs/GaAs QDs を SMF の端面に接続させる際に, 1 本のピラーのみが SMF のコアに光学的に結合するように, 電子線リソグラフィーにより直径 300 nm, 間隔 (B)2.5 μm のピラーアレイ状に加工した. 更にネガレジスト (HSQ) をスピンコートし機械的安定性を高めた後 (図 1(b)), B とほぼ等しい MFD 径である SMF(Thorlabs: UHNA3: NA=0.35, MFD=2.6 μm) 端面に直接固定した. 液体ヘリウム中に設置し, ピグテール付き半導体レーザー (Thorlabs: LP785-SF20) を用いて GaAs バリア層を励起し, 単一 QD の励起子発光を反射配置で検出した. 図 1(a) は QDinF を 4 日間にわたって連続動作させ, 2 分間隔で光子数を測定した結果であり, 5%以下の光子数揺らぎで動作可能であることを確認した [3]. 次に QDinF デバイスの並列化をめざしピラーアレイの加工面積を 12 芯 SMF アレイ (雄島試作製作所: custommade product) モジュールに合わせ (図 1(c)), 接続し SNSPD(Single Quantum: custommade product) と TAC(B& H: TCSPC-130EM) を用いて, 光子相関測定を行い, 単一光子発生を確認した (図 1(d)).

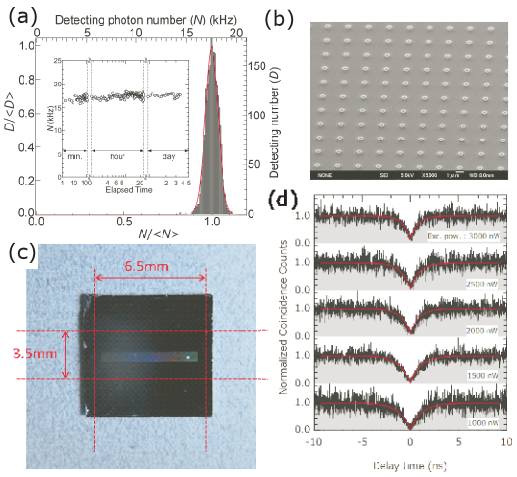

図 1: (a) Long-term stability of exciton emission. Inset: Stability check for detecting photon count rate *B* of the exciton emission over four days. The red line is fitting curve with a normal distribution function (Fig. 4 in Ref. [3]). (b) Pillar array is coated with HSQ for protection against mechanical damege. (c) Pillar array for 12-bundled SMFs module. (d) Typical normalized histgrams of the autocorrelation measurement of exciton emission on 12-bundled QDinF device.

【謝辞】本研究の一部は, 戦略的情報通信研究開発推進制度 (SCOPE)(課題番号:142101002) 及び JSPS 科研費 16H03817, 17K06396 により実施されたものである.

[1] H. Sasakura *et. al.*, APEX **6** (2013) 065203. [2] H. Sasakura *et. al.*, APEX **8** (2015) 112002. [3] S. Odashima *et. al.*, J. of Appl. Phys. **122** (2017) 223104.

© 2019年 応用物理学会