

課題番号 : F-13-UT-0044
利用形態 : 機器利用
利用課題名 (日本語) : 単一光子 LED の作製
Program Title (English) : Fabrication of single photon LED
利用者名 (日本語) : 中岡俊裕, 佐藤幸三郎, 兼平達也, 木田士文
Username (English) : T. Nakaoka, K. Sato, T. Kanehira, S. Kida
所属名 (日本語) : 上智大学理工学部
Affiliation (English) : Faculty of Science, Sophia University

1. 概要 (Summary)

半導体量子ドットを用いた「新しいゲート制御型単一光子発生素子発光ダイオード (LED)の開発」を行っている。本研究は光の最小単位である単一光子を発生させ、2012年のノーベル物理学賞にもなった量子もつれを半導体素子により実現、次世代通信に応用するもので、絶対に盗聴されることのない安全性と、高度な機能を実現できる次世代通信方式を可能とすると期待できる。

2. 実験 (Experimental)

利用装置 : 高速大面積電子線描画装置

マスク・ウェーハ自動現像装置群

反応性プラズマエッチング装置

形状・膜厚・電気・機械特性評価装置群

クリーンドラフト潤沢超純水付

単一光子の発光波長、発光電子状態を制御可能なゲート構造の実現に向け、本研究では発光部側面にゲート電極を持たせる独自技術を開拓している。これにより、これまでの研究ではできなかった、単一光子 LED のゲート制御が可能になる。本素子では発光光子数を極限まで抑制する観点から素子構造の微細化を要求されるため、エッチング、リソグラフィを初めとする各工程において安定した高精度プロセスが必要となる。本ナノプラットフォームの安定してメンテナンスされた装置群はこのようなプロセスに最適な環境であり、研究を進めている。

3. 結果と考察 (Results and Discussion)

本プラットフォームにおいて、自己形成量子ドットを含む p-i-n ダイオード構造に対して、高度な電子制御が可能な縦型単電子素子と同構造であるサイドゲート型ピラー構造を作りこむことに成功した (Fig.1)。本素子は p-, n-電極に加え、電子状態制御のためのサイドゲートを持つため、従来の方法では、

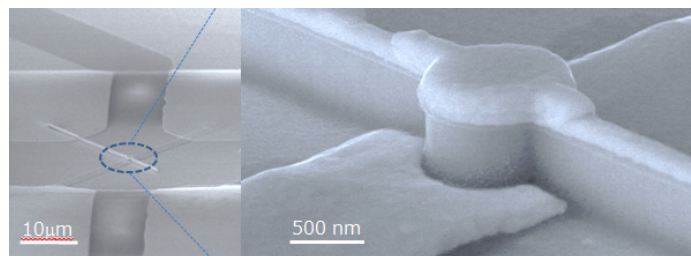


Fig1: SEM structure of the side-gate single photon emitter.

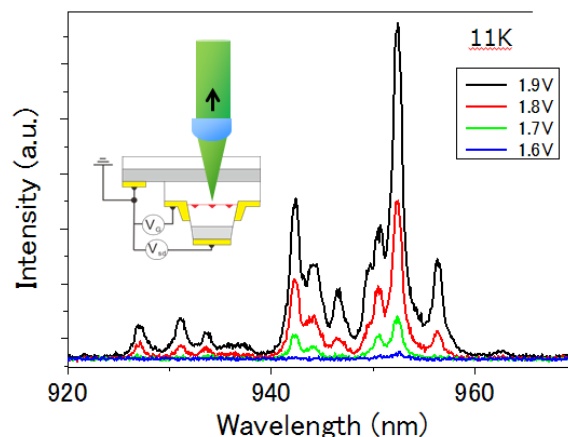


Fig.2: Electro-luminescence from single quantum dots embedded in the device shown in Fig.1.

効率的な光取り出しは難しく、このためのフリップチップ型の実装を行った。実装した素子に低温 (11 K) において電圧印加することで、単一量子ドット EL (電流注入発光) を得ることに成功した (Fig.2)。本素子は、量子ドット中の電子状態制御と単一光子発生を両立することが可能であり、主要な量子伝送の担い手である“光子”をもちいて、主要な量子演算の担い手である“電子スピン”間の量子もつれ発生へ応用できる。

4. その他・特記事項 (Others)

文科省科研費・新学術領域・量子サイバネティクス

5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation)

なし。

6. 関連特許 (Patent)

なし。