

課題番号 : F-21-UT-0008
 利用形態 : 機器利用
 利用課題名(日本語) : 単層カーボンナノチューブ分割ゲート発光素子構造の作製
 Program Title (English) : Fabrication of carbon nanotube light emitting structure with split gates
 利用者名(日本語) : 寺嶋亘、加藤雄一郎
 Username (English) : W. Terashima and Y. K. Kato
 所属名(日本語) : 理化学研究所 加藤ナノ量子フォトニクス研究室
 Affiliation (English) : Nanoscale Quantum Photonics Laboratory, RIKEN
 キーワード/Keyword : カーボンナノチューブ、ゲート制御、リソグラフィ、露光・描画装置

1. 概要(Summary)

単層カーボンナノチューブを用いた電気駆動型高効率発光素子を実現することを目的として、東京大学「超微細リソグラフィ・ナノ計測拠点」の設備を利用して、分割ゲートをもつ架橋カーボンナノチューブ発光素子構造を作製した。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】超高速大面積電子線描画装置、8インチ汎用スパッタ装置、LL式高密度汎用スパッタリング装置、高速シリコン深掘りエッチング装置、クリーンドラフト潤沢超純水付、ステルスダイサー

【実験方法】Fig. 1 に作製したカーボンナノチューブ(CNT)発光素子構造の概略図と溝構造付近の光学顕微鏡像を示す。電子線描画装置と高速シリコン深掘りエッチング装置を用いて深さ $2.1\ \mu\text{m}$ の溝を形成した。2 段階式チューブ炉を用いてトップシリコン層を熱酸化し $\sim 20\ \text{nm}$ 厚のゲート絶縁膜を形成した。電子線描画、8インチ汎用スパッタ装置、LL式高密度汎用スパッタリング装置を用いてバイアス及びゲート電極を形成した。触媒用パターン形成後ステルスダイサーで $4\ \text{mm}$ 角のチップに切り出した。その後当研究室にて CNT の合成とワイヤボンディングを施し、分割ゲート架橋 CNT 発光素子を完成させた。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

Fig. 2(a)に両ゲートに正負が逆の直流ゲート電圧を印加したときの架橋 CNT からのフォトルミネセンス (PL) 結果を示す。ゲート電圧を印加することによって指数関数的に PL 強度が減衰し、作製した分割ゲートが良好に機能していることを確認した。Fig. 2(b, c) に、ゲートに $100\ \text{Hz}$ 及び $10\ \text{MHz}$ の矩形波を印加したときの PL 強度の $V_a V_b$ 依存性を示す。 V_a 、 V_b はそれぞれ矩形波の上側下側の電圧を示している。印加周波数を上げるにつれて広い範囲で PL 強度が回復している。これは電圧切替わり

時に CNT が光パルスを生成 [1] していることを示唆しており、作製した CNT 発光素子の高速ゲート変調が可能であることを示している。

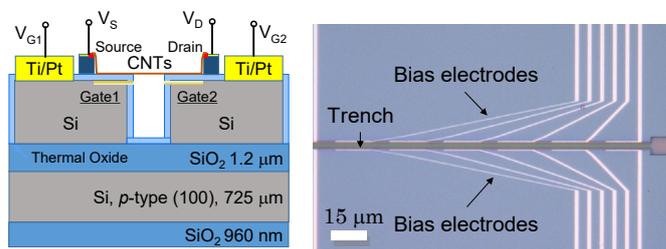


Fig. 1: Schematic and optical microscopy for CNT-light emitting structure with split-gates.

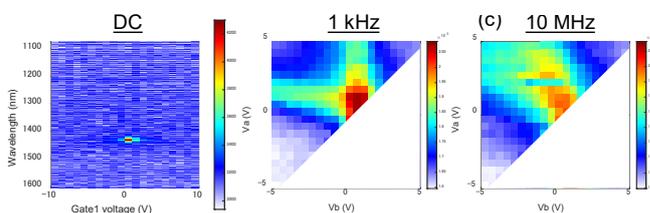


Fig. 2: (a) DC gate voltage dependent PL, (b, c) $V_a V_b$ dependent PL map applying square-wave at $1\ \text{kHz}$ and $10\ \text{MHz}$.

4. その他・特記事項(Others)

【参考文献】 [1] M. Jiang *et al.* Nat. Commun. **6**, 6335 (2015)

【謝辞】 支援職員の藤原誠様、技術専門職員の水島彩子様には、電子線描画、スパッタ装置に関してその方法・手法など丁寧にご教示くださったことに感謝いたします。

【競争的資金】 本研究は科研費 JP20H02558、理化学研究所 新領域 開拓課題研究「ヘテロ界面研究」の支援を受けた。

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

なし。

6. 関連特許(Patent)

なし。