

課題番号 : F-14-UT-0009
利用形態 : 機器利用
利用課題名(日本語) : 空気モードシリコンナノビーム共振器の最適化
Program Title (English) : Optimization of air-mode nanobeam cavities
利用者名(日本語) : 町屋秀憲, 劉栩青, 加藤雄一郎
Username (English) : H. Machiya, X. Liu, Y. K. Kato
所属名(日本語) : 東京大学工学系研究科総合研究機構
Affiliation (English) : Institute of Engineering Innovation, The University of Tokyo

1. 概要(Summary)

新たに導入されたシリコン深堀りエッチング装置を利用して高 Q 値のナノビーム共振器を製作し、カーボンナノチューブとの高効率の光結合を確認した。

2. 実験(Experimental)

まず、新しい高速シリコン深堀りエッチング装置(MUC-21 ASE Pegasus)にあわせて共振器の製作レシピを確立し、共振器の共振波長や線幅の評価を行った。共振器はステルスダイシング装置で 2 cm 角にダイシングした SOI 基板上にレジストを塗布し、パターンを電子線描画装置で描画した後、ボッシュプロセスで表面の Si 膜をエッチングした。最後にフッ酸によるウェットエッチングで埋め込み酸化膜を取り除くと、中空に浮いた梯子構造のナノビーム共振器が完成する。次に触媒パターンを再度電子線描画装置で描画し、ステルスダイシング装置で 5 mm 角にダイシングしたあと、触媒を塗布、リフトオフプロセスを経て化学気相成長法でカーボンナノチューブを成長させた。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

3.1 製作レシピの最適化

まず、エッチングガス、保護膜ガスを流す時間を様々変えて試し、うまくエッチングできる条件がそれぞれのガスを 0.6 秒ずつ流した時であると分かった。また、ナノビーム共振器の空気孔をうまくエッチングするには電子線描画の段階で露光量を通常より多い $120 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ にする必要があった。

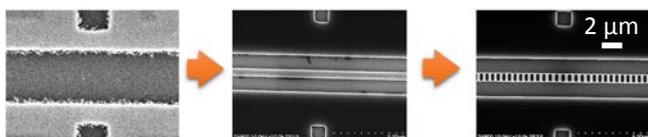


Fig. 1 Optimization of fabrication processes: (left) before optimization, (center) optimized etching recipe, (right) optimized e-beam lithography recipe. All images share the scale bar on the right figure.

3.2 カーボンナノチューブとの光結合

ナノビーム共振器上にカーボンナノチューブを成長させたところ、先行研究と同様の高校率の光結合が確認できた。そのスペクトルを Fig. 2 に示す。回折格子の解像度で制限されているが、共振器モードの Q 値は 1000 以上あると予想される。

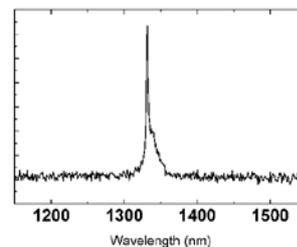


Fig. 2 Photoluminescence spectrum of a carbon nanotube coupled to a nanobeam cavity

4. その他・特記事項(Others)

本研究は科研費 24340066, 24654080, 26610080、文部科学省「最先端の光の創成を目指したネットワーク研究拠点プログラム」の支援を受けた。

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

[1] H. Machiya, R. Miura, S. Imamura, R. Ohta, A. Ishii, X. Liu, T. Shimada, S. Iwamoto, Y. Arakawa, Y. K. Kato, “Ultralow mode-volume photonic crystal nanobeam cavities for high-efficiency coupling to individual carbon nanotube emitters”, The 48th Fullerenes-Nanotubes-Graphene General Symposium, Tokyo (February 23, 2015).

6. 関連特許(Patent)

なし。