

課題番号 : F-18-UT-0074  
利用形態 : 機器利用  
利用課題名(日本語) : カーボンナノチューブの超解像光学イメージング  
Program Title (English) : Super-resolution optical imaging of carbon nanotubes  
利用者名(日本語) : 大塚慶吾、石井晃博、加藤雄一郎  
Username (English) : K. Otsuka, A. Ishii, Y. K. Kato  
所属名(日本語) : 理化学研究所  
Affiliation (English) : RIKEN  
キーワード/Keyword : カーボンナノチューブ、超解像イメージング、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は近赤外領域に吸収および発光を持つ直接遷移型半導体であり、チップ上の通信波長帯発光・受光素子としてだけでなく、生体イメージングにおいても応用が期待されている。特にカーボンナノチューブ中では、擬 1 次元構造に由来し、室温でも励起子が安定して存在するだけでなく、拡散した励起子が効率よく衝突するために、新たな機能を出現させやすい。本研究では、励起子の強い非線形性を利用し、カーボンナノチューブの超解像イメージングを実現する手法について検討を行う。

### 2. 実験(Experimental)

#### 【利用した主な装置】

高速大面積電子線描画装置、クリーンドラフト潤沢超純水付、高速シリコン深掘りエッチング装置、ステルスダイサー

#### 【実験方法】

Si ウエハに電子線描画を用いてパターン描画し、ICPドライエッチングを行うことでトレンチ構造を形成する。クリーンドラフトにおける薬品処理によりレジストを除去する。続いて電子線描画により触媒のパターンを形成したのち、ステルスダイサーによって 5 mm 角のチップに分割する。CVD 法により上述したトレンチ構造上にカーボンナノチューブを成長させ、このようにして得られたサンプルに対し光学測定を行う。

### 3. 結果と考察(Results and Discussion)

合成したカーボンナノチューブは Fig. 1(a)の走査型顕微鏡像のように幅数ミクロンのトレンチ上に架橋している。同様のサンプルに対し、共焦点顕微分光装置を用いて二次元蛍光イメージを測定した。十分に弱い励起パワーを用いる場合、レーザービームの強度プロファイルを直接反

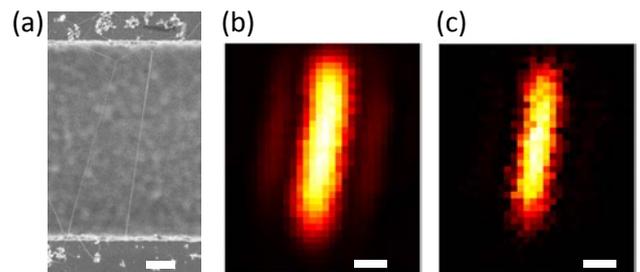


Fig.1 (a) SEM image of typical air-suspended carbon nanotubes. (b,c) Fluorescence image (b) and super-resolution image by the extraction of annihilation rate components (c). Scale bars are 500 nm.

映し、Fig. 1(b)のように 500 nm 以上の幅を持ったナノチューブの像が得られる。2 つの異なる励起パワーで得られる像を用いて励起子-励起子消滅に関する成分を抽出することで、Fig. 1(c)のように通常の共焦点顕微鏡を上回る分解能を実現することができる。

### 4. その他・特記事項(Others)

競争的資金:本研究は科研費 JP16H05962 の支援を受けた。

### 5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

[1] K. Otsuka, A. Ishii, Y. K. Kato, "Subdiffraction imaging of carbon nanotubes utilizing higher order exciton interactions", 理研シンポジウム第 6 回「光量子工学研究-サブ波長フォトニクス研究と新たな光量子工学の展開」(2018 年 11 月 19 日)

### 6. 関連特許(Patent)

なし