

課題番号 : F-21-UT-0007
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決定論的配置によるナノデバイス作製
Program Title (English) : Deterministic transfer of carbon nanotubes for nano-device fabrication
利用者名(日本語) : 大塚慶吾、方楠、山下大喜、渡邊賢司、加藤雄一郎
Username (English) : K. Otsuka, F. Nang, D. Yamashita, 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、フォトニック結晶、リソグラフィ・露光・描画装置

1. 概要(Summary)

グラフェンやカーボンナノチューブに代表される原子層材料においては、ナノスケール特有の性質を発現させつつも、原子レベルで同一の幾何構造が繰り返し得ることができる。そのような材料を構成要素として自在に組み合わせることで、所望の機能を持つデバイスを構築することを目指す。特に本研究では、所望の構造を持つ1本の単層カーボンナノチューブを選び出し、任意の位置へ精度よく配置することによって、他のナノチューブやフォトニック結晶微小光共振器などのナノスケール要素と結合させ、励起子の輸送現象観察や発光増強などを実現する。

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、光リソグラフィ装置 MA-6、LL 式高密度汎用スパッタリング装置

【実験方法】

単結晶水晶基板に光リソグラフィを用いてパターンした金属触媒からカーボンナノチューブを成長する。得られたCNTを後述するSi基板へ転写し、その光学特性を測定した。Siウエハに対し電子線描画を用いてパターン描画したのち、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か、LL式高密度汎用スパッタリング装置によって金属を堆積する。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し、ステルスダイサーによって分割する。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

アントラセンの薄膜単結晶を媒介材料として、合成したカーボンナノチューブを拾い上げ、その場合蛍光分光計測をしながら所望のナノチューブを狙った位置に清浄なまま配置した。デバイス作製の一例として、フォトニック結晶微小光共振器に合致するナノチューブを選定し、六方晶室

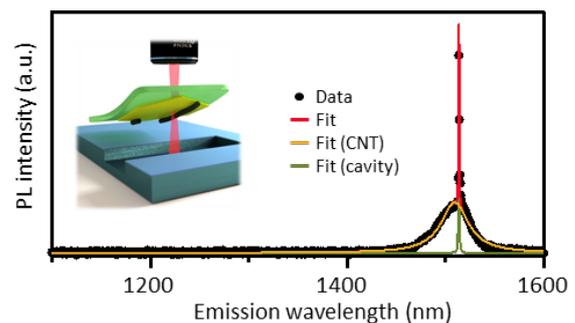


Fig. 1 Photoluminescence spectrum of nanotube emission coupled with the fundamental mode of a microcavity. Inset: Schematic showing a part of nanotube transfer process.

化ホウ素の極薄スペーサーを介してその発光を結合させた(Fig. 1)。自在に設計したナノ材料界面における励起子の輸送現象などを観察することにも本手法を活用できる。

4. その他・特記事項(Others)

共同研究者: 物質材料研究機構 谷口尚、渡邊賢司。
競争的資金: 本研究は科研費 JP20H02558, JP19J00894, JP20K15137, JP20H00354、総務省(SCOPE 191503001)、JST (CREST JPMJCR15F3)の支援を受けた。

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

[1] K. Otsuka, N. Fang, D. Yamashita, T. Taniguchi, K. Watanabe, Y. K. Kato, “Deterministic transfer of optical-quality carbon nanotubes for atomically defined technology”, Nature Commun., 12, 3138 (2021).

[2] K. Otsuka, N. Fang, D. Yamashita, T. Taniguchi, K. Watanabe, Y. K. Kato, “Deterministic transfer of optical-quality carbon nanotubes for atomically defined technology”, JSAP-OSA Joint Symposia, the 82nd JSAP Autumn Meeting 2021, Online (September 11, 2021).

6. 関連特許(Patent)

なし。