

課題名(タイトル):

空気モードナノビーム共振器の構造最適化

利用者氏名:

○町屋秀憲 (1)

理研における所属研究室名:

(1)加藤ナノ量子フォトニクス研究室

1. 本課題の研究の背景、目的、関係するプロジェクトとの関係

空気モードナノビーム共振器は一次元フォトニック結晶共振器で、空気孔に電場が集中するという特徴を持っているため、空气中を架橋する低次原材料との光結合に有効である[1]。特に本研究では単一の架橋カーボンナノチューブとの効率的な光結合を生かして Purcell 効果による発光の制御を目指している。最終的にはレーザー発振を目指している。

2. 具体的な利用内容、計算方法

フォトニック結晶のシミュレーションには FDTD 法を用いた。昨年に引き続き、オープンソースソフトウェアである Meep[2, 3]をスーパーコンピュータ上でコンパイルし、C++、Python による計算プログラムを作成した。

3. 結果

単一の架橋カーボンナノチューブと光共振器を効率よく結合するためには、エバネッセント波が十分大きくなるような設計が必要であり、これは通常の共振器とは真逆といってよい設計指針である。このような特殊な共振器を設計するため、様々な設計パラメータや別の偏光・対称性のモードを用いて共振器設計を行った。具体的には、共振器の波長、Q 値、モード体積ならびに Purcell 係数について計算を行った。

設計したデバイスは半導体作製プロセスにより作製し、カーボンナノチューブを合成した後光学特性を評価した。共振器による発光増強効果を定量的に評価するため、作製した共振器と同じ設計パラメータで計算を行い、実際の電場の空間広がりや Purcell 係数を推定した。

4. まとめ

作製したデバイスの構造パラメータで FDTD 計算を行うことで、モードの同定、放射パターン計算、Purcell 係数の推定を行うことができた。

5. 今後の計画・展望

カーボンナノチューブのレーザー発振を目指し、Q 値、モード体積、電場広がりといった観点から、ナノチューブのレーザー発振に必要な共振器設計の指針を見いだしたい。

6. 参考文献

- [1] R. Miura, S. Imamura, R. Ohta, A. Ishii, X. Liu, T. Shimada, S. Iwamoto, Y. Arakawa, Y. K. Kato, Nat. Commun. 5, 5580 (2014).
- [2] A.F. Oskooi, D. Roundy, M. Ibanescu, P. Bermel, J.D. Joannopoulos, and S.G. Johnson, MEEP: A flexible free-software package for electromagnetic simulations by the FDTD method, Comput. Phys. Commun. 181, 687 (2010).
- [3] <https://github.com/NanoComp/meep>