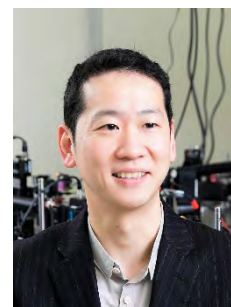


加藤ナノ量子フォトニクス研究室 (2021)

主任研究員 加藤 雄一郎 (Ph.D.)



(0) 研究分野

分科会: 工学

キーワード: 光物性、ナノデバイス物理、カーボンナノチューブ、
フォトニック結晶、顕微分光

(1) 研究背景と研究目標

私たちの生活に必要不可欠となっている情報機器は、微細化されたトランジスタにより微小な領域で電子を操作する技術に支えられている。一方で、光子をチップ上で制御するための微細な光構造の進歩も著しいものがある。当研究室では、ナノスケールにおいて電子デバイスと光子デバイスを融合して量子情報を処理するという夢の技術に向けて、単一のカーボンナノチューブを組み込んだデバイスを中心として、ナノ光デバイスを利用した基礎研究に取り組んでいる。ナノ材料の光物性やデバイスの動作にかかわる物理的理解を深め、また、新たな量子状態制御手法を開拓することで、光量子デバイスを組み込んだ光集積回路による量子情報通信技術への展望を開くことを目指している。

(2) 2021年度成果と今後の研究計画

対称性の破れたH1フォトニック結晶共振器によるカイラルモード
C. F. Fong, Y. Ota, Y. Arakawa, S. Iwamoto, Y. K. Kato, *Phys. Rev. Research* **3**, 043096 (2021).

フォトニック結晶H1ナノ共振器で非エルミート効果を用いて、円偏光の固有共振モードを実現できることを示した。空気穴の修正によって共振器モードが例外点に近づくと、モードは高度に縮退し、カイラル性を持つようになる。この現象は有限差分時間領域 (FDTD) シミュレーションによって確認され、支配的な偏光成分が円偏光であることが明らかとなった (図1)。円偏光の向きは、修正する空気穴を選択することで切り替えることが可能であることも分かった。

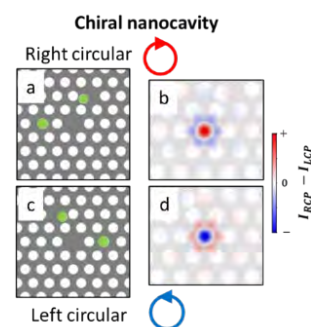


図1: (a, b) 右円偏光および (c, d) 左円偏光の場合のH1フォトニック結晶共振器の概略図と直交円偏光成分の強度差。

カーボンナノチューブの決定論的配置によるナノ光デバイス作製
K. Otsuka, N. Fang, D. Yamashita, T. Tanguchi, K. Watanabe, Y. K. Kato, *Nat. Commun.* **12**, 3138 (2021).

原子層物質やカーボンナノチューブなどの原子レベルで幾何構造が定まる材料を構成要素として、精密なナノデバイスを構築するための操作手法を開発した。昇華性を持つアントラセン単結晶によって材料の転写を媒介するとともに、転写プロセス中のその場蛍光分光を実現することで、高効率発光するカーボンナノチューブをサブミクロンの位置精度で任意の位置に配置する技術を実現した。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、六方晶窒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 (図2)。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。

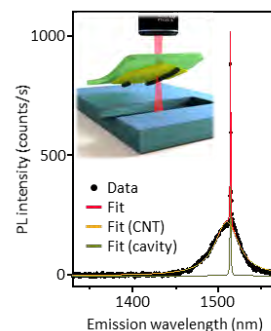


図2: 微小光共振器の規定モードに結合した単一ナノチューブの発光スペクトル。挿入図は操作過程の一部を示す。

(3) 研究室メンバー

(主任研究員)

加藤雄一郎

(研究員)

寺嶋亘

(基礎科学特別研究員)

FANG, Nan

FONG, Chee Fai

(研修生)

ZORN, Nicolas F.

(アシスタント)

新坂頼子

(4) 発表論文等

1. C. F. Fong, Y. Ota, Y. Arakawa, S. Iwamoto, Y. K. Kato, "Chiral modes near exceptional points in symmetry broken H1 photonic crystal cavities," *Phys. Rev. Research* **3**, 043096 (2021).
2. Z. Li, K. Otsuka, D. Yamashita, D. Kozawa, Y. K. Kato, "Quantum emission assisted by energy landscape modification in pentacene-decorated carbon nanotubes," *ACS Photonics* **8**, 2367 (2021).
3. 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).

Group Photo



Group Webpage

https://www.riken.jp/research/labs/chief/nanosc_qtm_photon/
<http://katogroup.riken.jp/ja/>