

動的な光操作に向けた共振器Q値500万の共振器結合系の設計

Design of a coupled nanocavity with a Q-factor of five million for photon manipulations

○仲代匡宏^{1,2}, 浅野卓¹, 野田進¹ (1. 京大院工, 2. 学振特別研究員)

○M. Nakadai^{1,2}, T. Asano¹, S. Noda¹ (1. Kyoto Univ., 2. JSPS research fellow)

E-mail: nakadai@qoe.kuee.kyoto-u.ac.jp

[序論] 我々はこれまでに、2次元Siフォトニック結晶ナノ共振器(Q値数十万程度)を強く結合させた系において、共振器に捉えた光を屈折率の一方方向変化を用いて断熱的に別の共振器に転送することに成功している[1]。さらに、非断熱的な制御として、屈折率の正弦波変調による非相対的な光転送の検討を行ってきた[2]。一方で、ナノ共振器の損失低減にも取り組み、共振器単体としては世界最高の実験Q値=1100万を実証している[3]。今回、このような超高Q値共振器を結合させた系における電氣的な動的な光操作の可能性を検討したので報告する。

[結果] 図1に設計した共振器結合系の構造を示す。両脇の共振器A,Bが光保持用の共振器であり、本検討ではQ値500万を想定した。中央の共振器Cは制御用の共振器であり、pn接合を用いたキャリア密度の制御により屈折率を変化させる。CのQ値はキャリアによる損失の発生を考慮して50万とした[4]。また、屈折率の動的制御については、制御速度を共振波長換算で $\sim 1 \text{ nm/ns}$ (5 Vの順バイアス印加時の実験値[4])とし、制御に伴う付加損失として共振波長0.1 nmの変化に対して50万の損失Q値を仮定した。次に共振器間の結合強度や初期共振周波数差については、制御用共振器Cに局在する光の割合を小さくして共振器Cに起因する損失を抑制しつつ、有効な動的な操作が可能となるパラメータ(図2,3)を検討した。これらの仮定・設計のもとで断熱的/非断熱的な動的な光操作のシミュレーションを行なった結果を図2,3にそれぞれ示す。どちらの結果においても、光保持用共振器に長い時間光を保持しつつ、制御用共振器Cの動的な操作によって光転送ができていことが分かる。詳細は当日報告する。

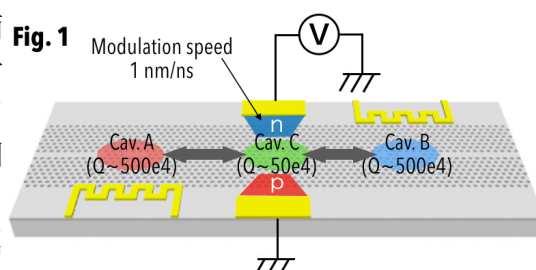


Fig. 1 電氣的な制御機構を有するフォトニック結晶共振器結合系; pn接合によって共振器C近傍のキャリア密度を制御し、屈折率を変化させる。

化に対して50万の損失Q値を仮定した。次に共振器間の結合強度や初期共振周波数差については、制御用共振器Cに局在する光の割合を小さくして共振器Cに起因する損失を抑制しつつ、有効な動的な操作が可能となるパラメータ(図2,3)を検討した。これらの仮定・設計のもとで断熱的/非断熱的な動的な光操作のシミュレーションを行なった結果を図2,3にそれぞれ示す。どちらの結果においても、光保持用共振器に長い時間光を保持しつつ、制御用共振器Cの動的な操作によって光転送ができていことが分かる。詳細は当日報告する。

[文献] [1] R. Konoike, et al., *Sci. Adv.* **2**, e1501690 (2016). [2] 仲代 他, 2018年春応物 19p-C301-1. [3] T. Asano, et al., *Opt. Exp.* **25**, 3, (2017). [4] 中川 他, 2015年春応物 13a-A10-3.

[謝辞] 本研究の一部は国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の委託および日本学術振興会の支援を受けた。

Fig. 2

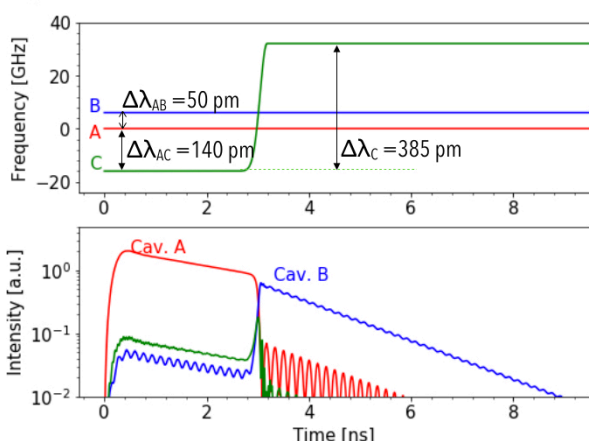


Fig. 3

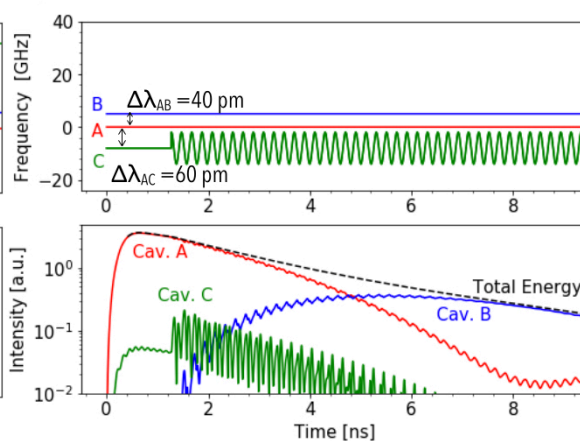


Fig. 2,3 モード結合理論による断熱的/非断熱的な光転送の数値計算結果; $\Delta\lambda$ は周波数差を波長換算したものであり、共振器間の結合定数は図2,3でそれぞれ4 GHz, 1GHzとした。また図3では、正弦波変調の周波数を5 GHzとしており、変調開始から振動の半周期(7 ns)だけ経過した時刻 $t \sim 8 \text{ ns}$ においてAのエネルギーが再度増加しはじめている。