結合光ナノ共振器間における光転送の電気的制御に関する理論検討

Calculation of light transfer between coupled nanocavities by electrical control

^O中川 遥之、鴻池 遼太郎、浅野 卓、田中 良典、野田 進(京大院工)

°H. Nakagawa, R. Konoike, T. Asano, Y. Tanaka and S. Noda (Kyoto Univ.)

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

【序】微小領域に長時間光を蓄積できるフォトニック結晶光ナノ共振器を複数形成し、これらの間 で光を任意のタイミングで転送できれば、光(量子)情報処理などの応用に向けた新規光デバイスの実 現が期待できる。我々は断熱遷移を用いた手法により離れた2共振器間での光転送を実現している。 さらに、光蓄積に用いる 2 つの共振器とは別に、制御用の共振器を用意することで、屈折率制御に 伴う光吸収を抑制しつつ、高効率な光転送が可能になることを提案してきた(図 1(b))。これまで、屈 折率制御には光パルスによるキャリア励起を用いてきたが、今後、大規模な結合系へ展開するには 電気的制御の実現が望ましい。今回、電気的制御によって3 共振器結合系において光転送を行うた めに必要な条件や構造について理論的な検討を行ったので、報告する。【方法】図 1(a)に示すような 制御用共振器を P,N 領域で挟んだ構造について検討した。共振器 A に光を導入し、P-I-N 構造に順バ イアスを印加して共振器 C にキャリアを注入する際の屈折率変化によって、共振器 C が共振器 AB の共鳴波長を横切る際に生じる結合を用いて、AからBに光を断熱転送する。今回は、有限要素法 を用いてキャリア密度変化を計算し、これを共振器 C の共振波長変化に反映させて 3 共振器結合系 のモード結合理論に導入する事で、光転送の計算を行った。ただし、PN 接合部は図1(a)の断面構造 を二次元モデルとして取り扱い、また P,N 部分のドーピング密度は共に5.0×10¹⁹(cm⁻³)とし、再結 合寿命は電子・正孔共に 600 (ps)とした。ただし、キャリア密度変化の計算においてフォトニック結 晶の孔による効果は考慮していない。【結果】まず、共振器中心におけるキャリア(電子)密度の時間 変化の計算結果を図 1(c)に示す。1~4 ns における順バイアス 1.5 V によって共振器部分に10¹⁹(cm⁻³) オーダのキャリアが注入されている。これを屈折率および吸収係数の変化に換算してモード結合理 論に導入し、光転送について計算した結果を図 1(d)に示す。これより、共振器 A にある光が 100 (ps) 程度で共振器 B に転送されていることがわかる。また、キャリア注入速度の低さから吸収が大きく なり、転送効率が低くなっている。この結果は、結合光ナノ共振器間における光転送が電気的に制 御可能なことを示したものであり、大規模結合系の実現に寄与しうるものとして期待される。転送 効率については構造の最適化によって向上できると期待される。詳細は当日報告する。

【文献】[1] Y. Sato, et. al., *Nature Photonics*. **6**, 56 (2012). [2] 鴻池他, 秋応物 18p-C8-13 (2014). 【**謝辞**】本研究 (の一部)は NEDO の「超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発」プロジェクトによる委託、 文部科学省イノベーションシステム整備事業の支援を受けた。



Fig.1 (a) Simulation structure. **(b)** Principle of light transfer using 3 coupled cavities. **(c)** Time variation in carrier density at the center of cavity. **(d)** Light transfer between coupled cavities by electrical control.