

フォトニック結晶スローライト導波路での光誘起ドップラーシフト

Optically-Induced Doppler Shift in Photonic Crystal Slow Light Waveguides

○近藤 圭祐¹, 馬場 俊彦¹ (1. 横国大院工)

°Keisuke Kondo¹, Toshihiko Baba¹ (1. Yokohama Nat'l Univ.)

E-mail: kondo-keisuke-vs@ynu.jp

移動する反射鏡によって光が反射されるとき、その波長はドップラーシフトする¹⁾。我々は、光が作る反射鏡によるドップラーシフトの可能性を議論する。ここでは、格子シフト型フォトニック結晶導波路 (LSPCW)^{2,3)} のスローライトの非線形が動的に反射鏡を形成し、ドップラーシフトを誘起する。

図 1(a) に示すように、信号パルスと制御パルスは逆方向から LSPCW に入力する。制御パルスは二光子吸収によってキャリアプラズマ効果を誘起し、図 1(b) のようにフォトニックバンドギャップをブルーシフトさせ^{2,3)}、バンド端付近の波長をもつ信号パルスを反射させて、ドップラーシフトさせる。

ファイバ通信波長帯で典型的な LSPCW を仮定し、2次元 FDTD 計算によりこのドップラーシフトを確かめた。制御パルスによるキャリアプラズマ効果は屈折率の減少 Δn で表現した。LSPCW 入射端付近で得られた信号スペクトルを図 2 に示す。ここでは、 Δn と制御パルスの移動速度 u_c を変えたときの結果をまとめる。入力波長 λ_{in} に立つスペクトルは入力信号パルス成分であり、ここでは無視する。 $\Delta n = -0.5$ のとき、灰色の矢印で示すように u_c の増加に伴って大きくなるドップラーシフトが観測された。信号パルスのブロッホ波の反射の前後の位相速度を u_{s1} , u_{s2} とすると、速度 u_c の反射鏡によるドップラーシフトは

$$\Delta\lambda_D = u_{s2}(u_{s1} - u_c)/u_{s1}(u_{s2} + u_c)\lambda_{in} - \lambda_{in}$$

で与えられる。この式より得られる波長シフトを図 2 上に赤点線で示すと矢印線とよく一致した。 $\Delta n = -0.05$ でも u_c が小さいとき同様のシフトが見られるが、 u_c が大きくなると信号パルスは断熱的波長変換³⁾を受けてバンドギャップと共にブルーシフトし、反射効果が減ってドップラーシフト成分は徐々に小さくなる。矢印線に乗らないブルーシフト成分は断熱的波長変換された成分と考えられる。

信号パルスのブロッホ波の位相速度を小さくするなどにより、小さな Δn も同様の波長シフトを起こせるかを検討する。これができれば、数 100 nm の波長変換が得られることになる。

なお、本研究は NEDO「光エレ実装プロジェクト」の支援を受けた。

ト」の支援を受けた。

参考文献 1) E. J. Reed, et al., Phys. Rev. Lett., **90**, 203904 (2003). 2) K. Kondo, et al., Phys. Rev. Lett., **110**, 053902 (2013). 3) K. Kondo, et al., Phys. Rev. Lett., **112**, 223904 (2014).

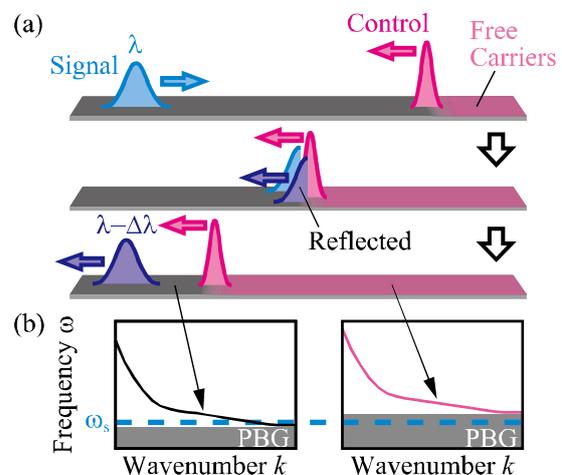


図 1 光誘起反射鏡によるドップラーシフトの概要。(a) 信号パルスと制御パルスの振る舞い。(b) 自由キャリアが存在しないとき(左)とするとき(右)のフォトニックバンドのシフト。

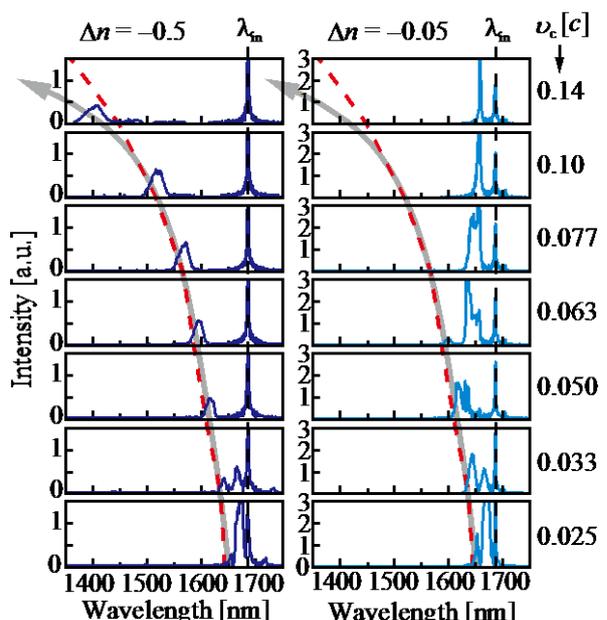


図 2 FDTD 計算結果. LSPCW 入射端付近で観測された信号スペクトル. c は真空中の光速.