29p-PA7-1

断熱的波長変換と相互位相変調に関する考察

A Consideration on Adiabatic Wavelength Conversion and Cross Phase Modulation

横国大・院工 [1]，○近藤 圭祐 [1]，馬場 俊彦 [1]

Yokohama National Univ. [1], ○Keisuke Kondo[1], Toshihiko Baba[1]

E-mail: baba@ynu.ac.jp

屈折率の時間的変化によって光の波長が変化する現象として断熱的波長変換 [1,2]と相互（自己）位相変調 (XPM) がよく知られている．これまで，前者での波長変化量は屈折率変化の応答速度によらず変化量の大きさのみによって決まるが，後者では屈折率変化の応答速度に依存する上に時間発展するという違いがあると考えられてきた．本研究ではこれらが同一の概念の下に成り立つ現象であることを見出したので報告する．

断熱的波長変換では，微小共振器などに光を閉じ込め，光子寿命内に共振器の屈折率を変化させるという手法が報告されている．このとき波長変化量$\Delta\lambda$は屈折率変化量Δn に対して

$$\Delta\lambda/\lambda = \Delta n/n \tag{1}$$

と表される．一方，XPM では異なる群速度で伝搬する 2 つの光パルスが起こす Kerr 効果の相互作用によって波長が変化する．被制御光の XPM による波長変化量は以下のように表される．

$$\Delta\lambda(z,t) = \frac{\lambda}{c}\int_0^L \frac{\partial}{\partial t}\Delta n(z,t)\Big|_{z=z,t=\frac{z}{v_g}} dz \cdot \frac{n_g}{n} \quad \text{or} \quad \lambda\int_0^T \frac{\partial}{\partial t}\Delta n(z,t)\Big|_{z=v_g t,t=t} dt \cdot \frac{1}{n} \tag{2}$$

ここでは被制御光が制御光と重なり始める位置と時刻を $z = 0, t = 0$ としており，L は相互作用長，T は相互作用時間である．v_g と n_gは被制御光の群速度と群屈折率である．通常，XPM の$\Delta n(z,t)$ は光 Kerr 効果によるものが議論されるが，自由キャリアの生成によっても実現できる．ガウシアンパルスが吸収によって自由キャリアを生成しながら導波路を伝搬する場合を仮定すると，$\Delta n(z,t)$ と$\partial\Delta n(z,t)/\partial t$ は図 1 の赤線のように表される．青色の面は被制御光の軌跡を zt 平面に示したものである．式(2) より図 2(b) のような$\partial\Delta n(z,t)/\partial t$ を被制御光の軌跡に沿って線積分することで波長変化量が求まる．被制御光が共振器に束縛された状況に式(2) を適用すると，$v_g = 0, z = 0$ であるため，制御後の波長変化量は$\Delta\lambda = \lambda\Delta n$ (0, T)$/n$ となり，式(1) と一致する．以上より断熱的波長変換は $|\Delta n|$ だけでなく L と T にも依存することがわかり，これらの増大による波長変化量の増大が期待できる．本研究ではこれを格子シフト型フォトニック結晶導波路 (LSPCW) を用いた実験で実証した．図 2 にその実験結果を示す．制御光は二光子吸収によって自由キャリアを生成し，時間的な屈折率低下で被制御光を短波長化させる．被制御光の入力波長λ_0 を長波長化させると群屈折率が下がって(図 2(a)) 制御光との重なり時間が延び，短波長シフトが増大する (図 2(b)).

参考文献 1) M. F. Yanik and S. Fan, phys. Rev. Lett., **92,** 083901 (2004). 2) M. Notomi et al., phys. Rev. **A**, **73,** 051803 (2006).

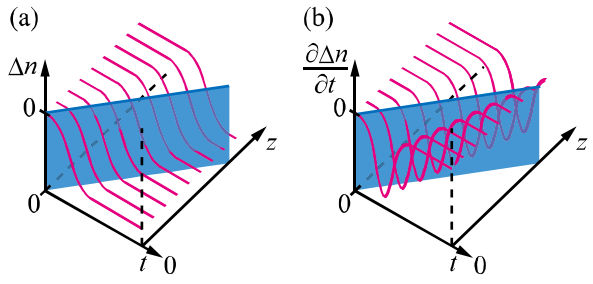

図 1 ガウス関数型のパルスが伝搬時に生成する自由キャリアによる (a) 屈折率変化と (b) 屈折率変化の時間微分の時間–位置関数.

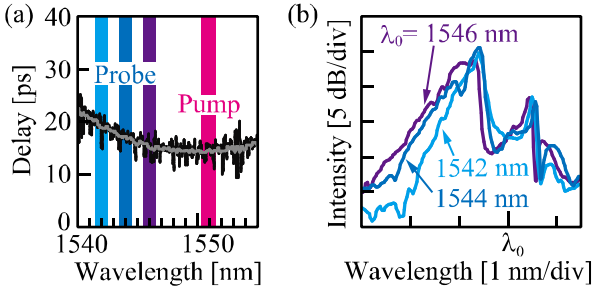

図 2 LSPCW での断熱的波長変換の実験結果. (a) LSPCW の群遅延スペクトル. 灰色の線は黒線の±0.6 nm の移動平均．(b) 制御後の被制御光のスペクトル.

© 2013 年　応用物理学会