

PT 対称結合共振器光導波路を用いた群速度制御の検討

Control of group velocity with PT-symmetric coupled-resonator optical waveguide

○高田 健太^{1,2}、納富 雅也^{1,2} (1. NTT 物性研, 2. NTT ナノフォトニクスセンタ)

○Kenta Takata^{1,2}, Masaya Notomi^{1,2} (1. NTT BRL, 2. NTT NPC)

E-mail: takata.kenta@lab.ntt.co.jp

結合共振器光導波路 (coupled-resonator optical waveguide: CROW) [1]においては、光共振器同士のエバネッセント結合により、光子の分散関係において緩やかなバンド構造が形成される。これにより、光パルスの群速度を著しく低減する事が出来る為、小型素子中での大きな光遅延[2]が実現可能である。しかし、通常の CROW の場合、一度作製した素子における群速度特性を動的に制御する事は困難である。

そこで本発表では、時間-空間反転対称性 (PT 対称性) [3]を導入した CROW の群速度制御について理論的に検討する。PT 対称な量子系では、その複素空間ポテンシャルの深さに応じ、状態の固有値が実数から純虚数へと相転移する性質を持つ。このような PT 相転移を示す系は、周期的複素屈折率、即ち利得及び損失要素が交互に並んだ周期構造を持った古典光学系[4]でも実現出来、応用上も重要な様々な性質を示す。特に相転移点付近では急峻なバンド構造を示す為、PT 対称性を CROW に導入する事により、群速度を大幅に調整出来る可能性 (a)

がある。ここでは、線形でかつ大きさの等しいレート ($\pm g$) の、吸収及び利得媒質を持った共振器のペア N 個からなる PT 対称 CROW (Fig. (a)) を考える。系の結合モード方程式を強束縛近似モデル[5]に対応させ、固有周波数が実数となる領域において群速度及び群速度分散を調べた。Fig. (b)及び(c)に、異なるレートを持った $N = 20$ の系における、分散関係及び群速度の周波数依存性を示す。 $N \rightarrow \infty$ ではこれらは連続曲線となるが、ここでは N が有限の為、可能な状態は図中の点に限られる。PT 対称 CROW では、基準共振器周波数からの周波数変化がゼロとなる点で PT 相転移が生じる (Fig. (b))。この点において群速度は発散し (Fig. (c))、群速度分散は負の有限値となる。相転移点に最も近い状態を用いると、空の CROW から PT 対称 CROW への切替により、群速度を 10 倍以上速く出来る事が分かった。当日は、群速度及び群速度分散の解析表記についても議論する予定である。

[1] A. Yariv *et al*, *Opt. Lett.* **24**, 711 (1999).

[2] M. Notomi *et al*, *Nature Photon.* **2**, 741 (2008).

[3] C. M. Bender and S. Boettcher, *PRL* **80**, 5243 (1998).

[4] K. G. Makris *et al*, *PRL* **100**, 103904 (2008).

[5] O. Vazquez-Candanedo *et al*, *PRA* **89**, 013832 (2014).

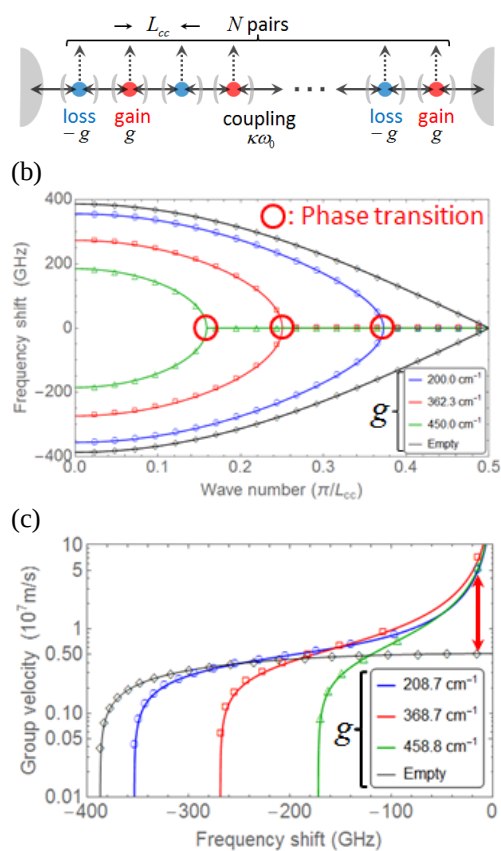


Fig. (a) Schematic of a PT-symmetric CROW. (b) Dispersion relation and (c) group velocity for different gain/loss rates g in the device with $N = 20$ ("Empty": $g = 0$).