

光ナノ共振器結合系の正弦波変調による時間反転対称性の破れを 活用した光機能の検討

Optical functionalities based on time-reversal symmetry breaking induced by
sinusoidal modulation of coupled nanocavities

京大院工 [○]永江隆太、 浅野卓、 野田進

Kyoto Univ. [○]R. Nagae, T. Asano, S. Noda

E-mail: tasano@qoc.kuee.kyoto-u.ac.jp, snoda@kuee.kyoto-u.ac.jp

【序】 フォトニック結晶光ナノ共振器は光を微小体積中に長時間閉じ込めることが出来るため、光に対する特異な制御を行うことが出来る。例えば複数の共振器を結合させた系において、共振器周辺の屈折率を断熱的に変化させることで、共振器間での光転送が実現出来る¹⁾。また正弦波状の屈折率変化を利用する²⁾ことで共振器間に位相をもつ結合を形成でき、これを利用すれば非相反な光操作が可能になるが³⁾、具体的な光機能についてはあまり探索されていなかった。他方で、適切な屈折率変調により磁場を使わずに時間反転対称性を崩せることを利用した導波路型やリング共振器型の非相反デバイスはすでに提案されているが、小型化に有利なナノ共振器を用いたものは殆ど検討されていない^{4,5)}。今回、共振器結合系の正弦波変調を用いた結合位相の制御により、一例として、光サーキュレータ機能を実現する方法を検討したので報告する。**【原理と提案手法】** 図1は今回提案するサーキュレータの模式図であり、上下の2つの経路に分かれている。経路1は5つの共振器 (A, B, C, M1, M2) が結合した系であり、共振器 A, C の共振周波数は等しいが共振器 B は Ω だけ離調しており、さらに、それらと十分離調している共振器 M1, M2 には、時間反転対称性を破るために異なる位相 (θ_1, θ_2) をもつ2つの正弦波変調 (角周波数 Ω) が加わっている。この変調により生じるサイドバンドを介して共振器 A, B 間と B, C 間に位相をもつ結合が形成され、経路1全体で方向に依存する位相 (A \rightarrow C で $+(\theta_1-\theta_2)$, C \rightarrow A で $-(\theta_1-\theta_2)$) を獲得出来るようになる。一方、経路2は方向に依存しない伝搬位相 θ_0 をもつ。ここで、2つの経路の位相を $\theta_0=\theta_1-\theta_2=\pi/2$ とした状態で、ポート L2, R1 間の入出力を考える。まず、ポート L2 からの入力光は上下2つの経路1, 2に分かれて進みそれぞれの位相を獲得した後に合流する際に強め合い、ポート R1 から出力される。反対にポート R1 からの入力光は2つの経路での獲得位相によって打ち消されるためポート L2 へとは出力されず、代わりにポート L1 へ出力される。このようにしてサーキュレータ機能が実現される。詳細は当日報告する。**【文献】** [1] M. Nakadai, et al., *Nat. Photon.* **16**, 113 (2021). [2] 永江隆太 他, 応物 2023 春, 15p-PB05-7. [3] 仲代匡宏 他, 応物 2017 秋, 7a-A410-4. [4] Mock, A., et al., *ACS photonics*, **6**(8), 2056 (2019). [5] Williamson, I. A., et al., *ACS Photonics*, **5**(9), 3649 (2018). **【謝辞】** 本研究の一部は科研費 22H01988 の支援を受けた。

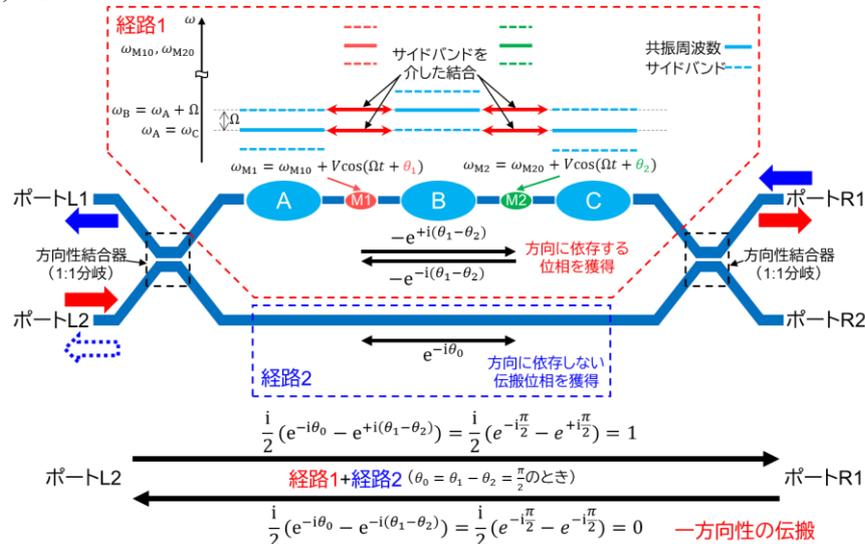


図1: 共振器結合系の正弦波変調を利用したサーキュレータの模式図。2つの方向性結合器が経路1, 2を介してつながっている。経路1では5共振器結合系の2つの共振器に位相が異なる正弦波変調が加わっているため非相反な特性をもち、この経路を通る光は伝搬方向に依存した位相を獲得する。経路2を通る光は方向に依存しない伝搬位相を獲得する。経路1, 2の位相を適切に調節することにより、ポート L2, R1 間で一方向性の入出力関係が得られる。