

時分割多重光パラメトリック発振器の光位相分岐の観測

Observation of phase bifurcation in time-division multiplexed OPO

NTT 物性研¹, NTT 先端集積デバイス研究所²

○稲垣卓弘¹, 梅木毅伺², 忠永修², 竹ノ内弘和², 武居弘樹¹

NTT BRL¹, NTT Device Technology Laboratories²

○Takahiro Inagaki¹, Takeshi Umeki², Osamu Tadanaga², Hirokazu Takenouchi², Hiroki Takesue¹

E-mail: inagaki.takahiro@lab.ntt.co.jp

複雑な組み合わせ最適化問題を解くための手法として、物理系に実装されたイジングモデルの最低エネルギー状態探索を介して最適化問題の解を求める手法が研究されている。イジングモデルのハミルトニアンは、離散的な2つの配位状態を持つスピン σ 、スピン間の相互作用 J 、外場の影響 h を用いて次のように定義される。

$$H = \sum_{i < j} J_{ij} \sigma_i \sigma_j + \sum_i h_i \sigma_i$$

これまでに、超伝導回路[1]や CMOS 回路[2]をスピンに見立てたイジングマシンが実現され、その最低エネルギー状態の探索が試みられている。本研究では、縮退光パラメトリック発振器の光位相が、励起光の位相に対して同位相もしくは逆位相のどちらかに離散化する性質を利用して、発振光の光位相をスピン状態とするコヒーレントイジングマシンの実現を目指している[3,4]。

多数のスピン群によるイジングマシンを実現するために、本研究では全長 500 m の光ファイバリング共振器と 2 GHz 繰り返しの励起光パルスを用いることで、時間領域で多重化された 5140 個の縮退光パラメトリック発振器を1つの共振器内に実現した。光ファイバリング共振器内の光パルスは、PPLN 導波路を用いた位相感応増幅により、利得媒質を通過する際に励起光に対して 0 位相もしくは π 位相の成分のみ増幅を受ける。この結果、縮退光パラメトリック発振器の発振閾値付近において、自然放出光によるランダムな位相状態から、2つの離散的な位相状態への相転移が生じる。図1は、5140 個の縮退光パラメトリック発振器の個々の位相状態を、励起光を入力し始めてからの共振器周回ごとに測定した結果のヒストグラムであり、各々の光パラメトリック発振器の光位相が離散化された位相状態へとランダムに分岐していく過程が観測された。今後、独立した縮退光パラメトリック発振器を相互結合させることに

より、結合された発振器ネットワーク全体の損失が最小化されるように各々の光位相の分岐先が定まるようになり、イジングモデルの最小エネルギー探索に利用できると期待される。

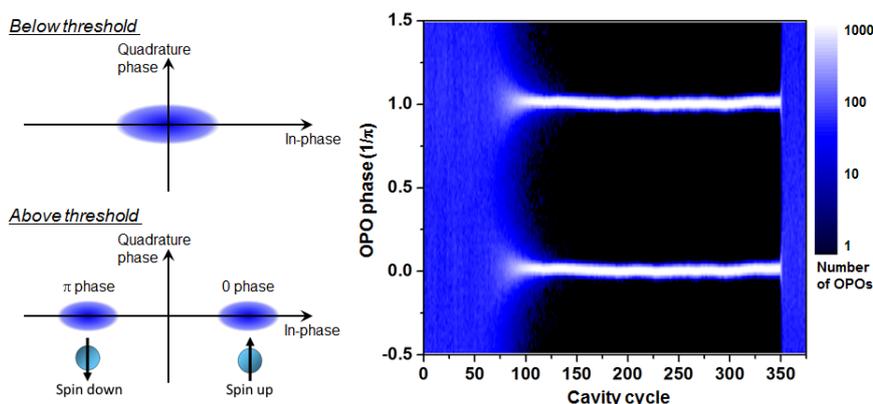


図1. 光パラメトリック発振器(OPO)の発振過程における光位相の分岐現象

[1] M. W. Johnson et al., Nature **473**, 194 (2011).

[2] M. Yamaoka et al., ISSCC 2015, 24.3.

[3] S. Utsunomiya et al. Opt. Express **19**, 18091 (2011).

[4] 武居他, 2015 年第 62 回応用物理学会春季学術講演会 12a-P6-1.

本研究は、総合科学技術・イノベーション会議により制度設計された革新的研究開発推進プログラム (ImPACT) により、科学技術振興機構を通して委託されたものです。