

自立安定性を備えた光蓄積共振器の開発

Development of an optical enhancement cavity with the self-resonating mechanism

東北大¹, 早稲田大², 高エネ研³, 総研大⁴, 広島大⁵ ○上杉 祐貴¹, 保坂 勇志²,
 浦川 順治³, 大森 恒彦^{3,4}, 小菅 淳³, 坂上 和之², 高橋 徹⁵, 本田 洋介^{3,4}, 鷲尾 方一²
 Tohoku Univ.¹, Waseda Univ.², KEK³, Sokendai⁴, Hiroshima Univ.⁵, °Yuuki Uesugi¹, Yuji Hosaka²,
 Junji Urakawa³, Tsunehiko Omori^{3,4}, Atsushi Kosuge³, Kazuyuki Sakaue², Tohru Takahashi⁵,
 Yousuke Honda^{3,4}, Masakazu Washio²,
 E-mail: uesugi@tagen.tohoku.ac.jp

高いフィネスを有する光共振器は、光の実効的な光路長を増大することができるため、基礎物理実験や応用科学の分野で様々な高感度計測に利用されている。例えば強磁場中で起こるとされる真空の複屈折を観測する実験[1][2]や、試料気体の微小な光吸収率を測定するために利用されている[3]。また共振器は大強度のレーザー蓄積を実現する素子としても注目されており、レーザーコンプトン散乱を利用するエクソ線光源[4][5]やガンマ線光源[6]に利用されている。

我々はこれまで、レーザーコンプトン散乱光源のために高フィネスの光蓄積共振器の開発と、その共鳴状態の維持を試みてきた。そのなかで、共振器の共鳴状態の維持を、波長および共振器長に対するフィードバック制御なしに実現可能な、新しい形式の光蓄積共振器を考案した[7]。このシステムは、レーザー媒質と励起光源からなる光増幅器と、光蓄積用の共振器によって構成される。共振器のフィネスが高く、外乱による共振器長の変動に敏感である場合でも、システム全体として利得の最も高い、共振器の共鳴条件を満たす波長で常に選択的にレーザー発振が起きる。これにより自立安定性を備えた光蓄積共振器が実現される。実験には YDFA を用いた 1 μm 帯の CW ファイバーレーザーを用い、その光路中に高フィネスの光共振器を挿入して、レーザー発振および光蓄積の実証を行った。その結果、レーザーパワーの増大率として 18 万倍、共振器フィネス約 40 万のシステムを構築することに成功した[8]。共振器内部の光の強度揺らぎは約 1%であり、意図的に外乱を与えても共鳴状態が崩れることはなかった。フィネス 40 万の共振器にレーザーを入射し共鳴状態を維持する従来の手法では、同様の共鳴維持をするのに要求されるフィードバック制御の精度が、共振器長に換算して 100 fm 程度にもなることから、本手法の有効性が分かる。

自立安定性を備えた光共振器を用いることで、従来は雑音のために運用が困難であった環境下でも、高感度の光共振器を利用できるようになる。また、光蓄積に限らない様々な応用や、フィネス 100 万を超えるような極限性能の共振器の利用などが期待できる。

[1] F. Della Valle, et al., Phys. Rev. D 90, 092003 (2014)

[2] A. Cadene, et al., Eur. Phys. J. D (2014) 68: 16

[3] e.g., G. Gagliardi, H.P. Loock eds. "Cavity-Enhanced Spectroscopy and Sensing" and references therein, Springer (2014), ISBN: 978-3-642-40002-5

[4] A. Borzsonyi, et al., Appl. Opt. 52, 34 (2013)

[5] K. Achterhold, et al., Sci. Rep. 3, 1313 (2013)

[6] T. Akagi, et al., Nucl. Instr. Meth. A 724, 63 (2013)

[7] Y. Honda, et al, Proc. 7th Annual Meeting of PASJ, 1102 (2010), In Japanese

[8] Y. Uesugi, et al., APL Photonics, 1, 026103 (2016)