

# 超低雑音光周波数コムの実現に向けた磁気光学変調器

## Magneto-optical modulator for stabilization of cavity length

東大物性研<sup>1</sup>, JST-ERATO<sup>2</sup>, <sup>○</sup>中村 卓磨<sup>1</sup>, 谷 峻太郎<sup>1</sup>, 伊藤 功<sup>1,2</sup>, 小林 洋平<sup>1,2</sup>  
 ISSP, Univ. Tokyo<sup>1</sup>, JST-ERATO<sup>2</sup>, <sup>○</sup>Takuma Nakamura<sup>1</sup>, Shuntaro Tani<sup>1</sup>, Isao Ito<sup>1,2</sup> and Yohei  
 Kobayashi<sup>1,2</sup>

E-mail: t-nakamura@issp.u-tokyo.ac.jp

**【背景】** 光原子時計や低雑音マイクロ波発生等の光周波数コム応用において、コムの低雑音化が課題として挙げられる。コムの雑音はオフセット周波数 $f_0$ と繰り返し周波数 $f_{rep}$ 、それぞれの安定化による残留雑音によって決まる。一方、長期安定性に優れ、上記の応用に適したファイバークムはTi:Sapphire コムに比べ高周波おける雑音が多い。そのため、ファイバークムの低雑音化には、 $f_0$ と $f_{rep}$ それぞれに広帯域制御が必要になる。 $f_0$ の安定化は近年、様々な方式が開発され、特にグラフェンを用いた変調器では MHz を超える帯域を実現している。また、差周波発生を用いる事で、 $f_0$ そのものをキャンセルする手法も開発されている [1]。一方、 $f_{rep}$ の安定化（共振器長安定化）はピエゾ素子と EOM(電気光学変調器)を用いて行われ、特に広帯域制御は EOM 一択の状況が 10 年以上続いている。しかし、EOM はピエゾ効果による機械共振が本質的に抑えられない。そのため、MHz を超える広帯域での制御は非常に困難であり、実現出来ていない。そこで本研究では、MOM (磁気光学変調器) を独自に開発した。MOM は、動作に磁場を用いる事により本質的に機械振動が抑えられ、EOM を超える広帯域動作が期待できる [2]。

**【動作原理】** 円偏光の光パルスが媒質中を伝搬する系を考える。媒質に光伝搬方向と平行に磁場をかけると、磁場強度に応じた群遅延が発生する (ファラデー効果)。これを用いる事で、共振器長を変化する事が出来る。実際に製作した MOM の模式図を図 1 に示す。磁場を発生するためのトロイダルコイル中に、円偏光を保持するスパンファイバーという特殊なファイバーを巻き付けた構造になっている。また、融着によりファイバーレーザーに簡単に導入できる事も利点である。

**【実験】** MOM を用いた Yb ファイバーモード同期レーザーを開発した(図 2)。MOM のデモンストレーションため、モード同期レーザーと超高安定 CW レーザーの光ビートの安定化を試みた(図 2)。結果、MOM を用いる事で、従来の方式よりも残留雑音を改善する事が出来た(図 3)。本発表では上記に加え、MOM のさらなる動作帯域の向上についても議論する。

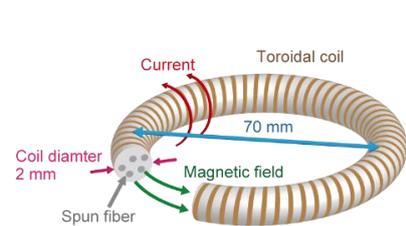


図 1 MOM 模式図

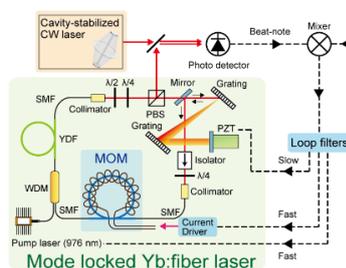


図 2 実験配置図

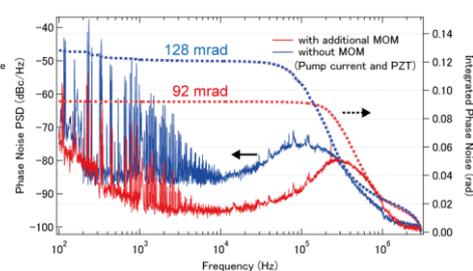


図 3 位相雑音スペクトル

[1] T. Nakamura, I. Ito, and Y. Kobayashi, "Offset-free broadband Yb: fiber optical frequency comb for optical clocks," *Opt. Express* **23**, 19376 (2015).

[2] T. Nakamura, S. Tani, I. Ito, and Y. Kobayashi, "Magneto-optical modulator for precise cavity length control," in *Conference on Lasers and Electro-Optics (OSA, 2016)*, SM3H.6.