

音響光学変調器を用いた Figure 9 ファイバレーザ Figure 9 Fiber Lasers using an Acousto-Optic Modulator

○ 深津智耀、セツジヨシ、山下真司 (東京大学先端科学技術研究センター)

○ Tomoaki Fukazu, Sze Y. Set, Shinji Yamashita (The Univ. of Tokyo)

E-mail: fukazu@cntp.t.u-tokyo.ac.jp

非線形増幅ループミラー (NALM) を用いた受動モード同期レーザは、偏波が安定な偏波維持 (PM) 光ファイバで構成できるレーザ構成であるが、セルスタートが困難であるという問題を抱えていた。近年、非相反位相シフタを用いた構成により発振の容易化が実現され、また反射型構成 (Figure 9 レーザ) も可能になり応用の可能性が広がっている [1][2]。以前我々は位相変調器を用いた、非相反位相シフタを用いない構成を提案し、簡易かつ安定なモード同期を実現した [3]。本研究では位相変調器に代えて音響光学変調器 (AOM) を用いて新しい Figure 9 レーザの構成を提案する。本手法では NALM 内部に AOM を導入することで、周回方向で異なる位相シフトを加えることで反射型の構成を実現することができる。

NALM 内の非対称な位置に Δf の周波数変化を与える AOM を導入することで、CW 光と CCW 光は Fig.1 のように異なる位相シフトを受ける。この位相差 $\Delta\phi$ は、 c を光速、 n をファイバの屈折率、 L_1 をカプラから時計回りでの AOM までの距離、 L_2 をカプラから反時計回りでの AOM までの距離として次の式で表すことができる。

$$\Delta\phi = 2\pi\Delta f \cdot n(L_1 - L_2)/c \quad (1)$$

これにより、位相差を AOM の位置により変えることができ、任意の位相差を生み出すことが可能である。

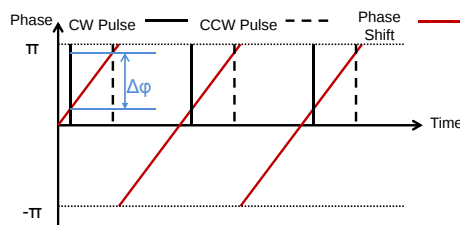


Fig. 1: How AOM works.

本研究の実験系を Fig.2 に示す。系は全て PM ファイバで構成されており、ファイバフェルル型ミラー (反射率 99%) を用いて反射型の共振器を構成している。NALM は 3 dB カプラとゲイン用の Er 添加ファイバ (EDF) 4 m、SMF15 m、分散シフトファイバ (DSF) 20 m、 $\Delta f=40$ MHz の AOM で構成され、EDF の励起光源として 980 nm の LD を用いている。全体の共振器長は 51 m であり、NALM の透過側ポートを出力として利用している。

ポンプパワー 150 mW でモード同期が実現され、そこからポンプパワーを 90 mW まで落とすことでシングルモード同期が実現された。その際の出力パルスのスペクトルを Fig.3、オシロスコープトレース (差込図に RF スペクトル) を Fig.4 に示す。RF スペクトルの SN 比は 40 dB、繰り返し周波数は 4.01

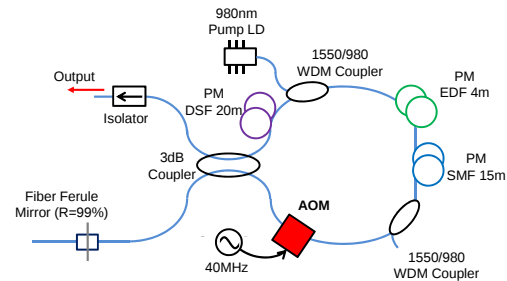


Fig. 2: Schematic of experiment setup.

MHz であった。この系において $L_1 - L_2 = 49.3$ m であり、(1) の式より $\Delta\phi = 13.14\pi$ と見積もれ、これより AOM で 1.14π の位相シフトがかかっていることが推定できる。Figure 9 レーザの理想的な位相シフト量は 0.5π 程度であり、ファイバ長を調整しこの値を最適化することが今後の課題である。

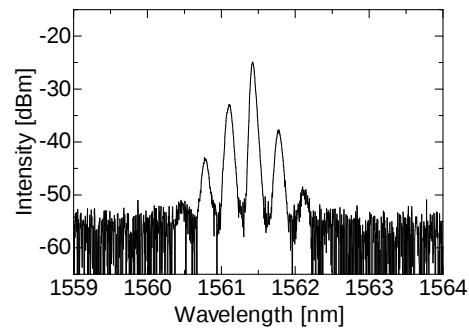


Fig. 3: Output spectrum.

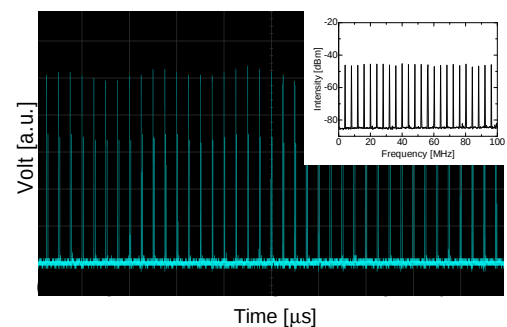


Fig. 4: Oscilloscope trace (inset: Output RF spectrum).

参考文献

- [1] Y.Ozeki, *et al.*, CLEO:2016, JTu5A.119(2016)
- [2] N.Kuse, *et al.*, Opt express 24, 3095-3102 (2016).
- [3] T.Honda, *et al.*, The 64th JSAP Spring Meeting, 14p-P6-3 (2017).