偏波維持 8 の字型レーザの共振器内ロスによるソリトン発振

Soliton Pulse in PM Figure 8 Fiber Laser by Cavity Loss

東京大先端研 [1], ○溝口 慧 [1], 白畑 卓磨 [1], セット ジ イヨン [1], 山下 真司 [1]

RCAST Tokyo Univ. [1], ˚ Satoshi Mizoguchi[1], Takuma Shirahata[1], Set Sze Yun[1], Shinji Yamashita[1]

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

ファイバレーザの中でも、高速な変調とその変調強度に特長のある NALM を用いているのが、8 の字型ファイバレーザ[1]である。当該レーザは 1.55μm 帯において偏波維持構成をした際の発振例が少なく、それらは他の可飽和吸収素子を用いたハイブリッド型[2]や、共振器内に変調器を導入した構成[3]がされている。本研究では、偏波維持ファイバを用いた 8 の字型ファイバレーザの共振器ロスを調整することで、ソリトンパルス発振を達成した。

本研究の実験系を Fig.1 に示す。光源には 980nm のレーザーダイオードを用い、これによって NALM 中の EDF にポンプしている。NALM は 50:50 カップラーと、EDF が 1m、SMF が 110m で構成されている。NALM 以外の共振器中には、光を単一方向に制限する光アイソレータ、そして本研究のメインである共振器中のロスを調整するための可変減衰器、アウトプットをとるための 90:10 カップラーが導入されている。可変減衰器は発振状態における NALM の透過特性を調整し、発振状態を持続させるのに適した特性を達成するために導入している。アウトプットカップラーは 90 のポートを共振器に接続し、10 のポートで出力を取り出した。

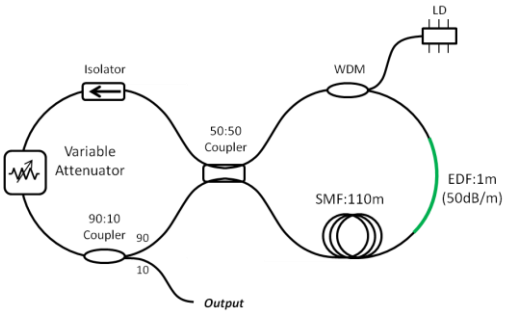

Fig. 1 Experimental set-up of PM-Figure 8 Laser with VOA

今回の実験では Fig.1 の実験系において、光源のポンプパワーを 23.8dBm とし、可変減衰器によるロスを 0.65dB に調整した。その際の結果を Fig.2 に示す。Fig.2(a)はオシロスコープで観測した共振器内のパルス列である。パルスの繰り返し周期は 629.2μs であり、これは共振器長に対応している。Fig.2(b)はこのときの周波数スペクトルを OSA で観測したものを示している。スペクトルはノイズが見られるものの、広帯域であることがわかる。Fig.2(c)では ESA で観測した信号の RF スペクトルのうち基本周波数付近のものを示している。ピーク周波数はパルスの繰り返し周波数に対応しており、およそ 1.589MHz である。また信号の SN 比であるピークとノイズを示す裾野との差はおよそ 50dB である。

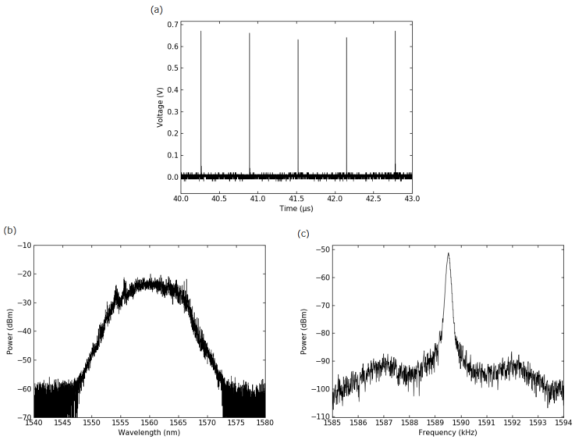

Fig. 2 (a) Time trace, (b) optical spectrum of signal, (c) RF spectrum around fundamental mode

加えて、共振器内のロスは八の字型レーザの発振において重要な要素であることを述べたい。今回の実験系において、可変減衰器のロスが 0.65~0.80dB とき、パルス発振が確認された。ただし、それ以外のロスを加えた際は、モード同期が行われなかった。また、共振器内ロスはポンプパワーを下げることとは等価ではないことが確認されている。可変減衰器によるロスをなくし、ポンプパワーを下げた場合はモード同期せず、可変減衰器を導入し、ポンプパワーを上げた際だけ発振が確認された。

参考文献

[1] Irl N. Duling Ⅲ, “All-Fiber ring soliton laser mode locked with a nonlinear mirror,” OPTICS LETTERS, Vol. 16, No. 8, 1991.
[2] B. Xu, A. Martinez, S. Y. Set, C. S. Goh, S. Yamashita, “Polarization Maintaining, Nanotube-Based Mode-Locked Lasing From Figure of Eight Fiber Laser,” IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, Vol. 26, No. 2, 2014.
[3] J. W. Nicholson, M. Andrejco, “A polarization maintaining, dispersion managed, femtosecond figure-eight fiber laser,” OPTICS EXPRESS, Vol. 14, No. 18, 2006.

© 2018年 応用物理学会