

## 長光子寿命半導体レーザーの利得スイッチング動作

### Gain-switching operation of a semiconductor laser having a long photon lifetime

東北大院工<sup>1</sup> 東北大未来研<sup>2</sup> ○鄒 何傑<sup>1,2</sup>, 洪 瑞宏<sup>2</sup>, 佐藤 和夫<sup>2</sup>, 山田 博仁<sup>1,2</sup>, 横山 弘之<sup>1,2</sup>

Grad. School of Eng., Tohoku Univ.<sup>1</sup>, NICHe, Tohoku Univ.<sup>2</sup>

○H. -J. Yang<sup>1,2</sup>, J. -H. Hung<sup>2</sup>, K. Sato<sup>2</sup>, H. Yamada<sup>1,2</sup>, and H. Yokoyama<sup>1,2</sup>

E-mail: yan.hejie.q6@dc.tohoku.ac.jp

**はじめに** 利得スイッチング半導体レーザー (GS-LD) は、電気パルス励起により数十ps程度以下の時間幅の光パルスを得る簡便な方法として多用されている。我々は、これまでにGS-LDの短パルス発生機能を追求して数ps程度の時間幅の光パルスを発生できることを見だし、また多光子バイオイメージング応用において非常に有用であることを示した[1, 2]。一方、GS-LDは、LDの緩和発振現象を用いることから、サブns以上の比較的長い時間幅を持つスムーズな波形の光パルスを得るのが難しい。サブns時間幅の光パルスはバイオイメージングやレーザー加工を始めとして様々なフォトンクス技術への応用が期待されるが、現状では簡易でかつ信頼性に優れた発生手段はほとんどない。このため、連続発振のレーザー光をパルス励起の半導体レーザー増幅器 (SOA) で増幅する光パルス発生技術を新たに開発し、意図するサブns時間幅の光パルスを得ることができた[3]。この手法の一つの難点は、複数のLD素子を用いるためにやや複雑な光源構成になることである。そこで、今回、単一のLD素子によるGS-LDの動作に立ち返り、その制御によりサブns時間幅の光パルスを得る技術の開発を行った。

**方法および結果** GS-LD動作の数値解析結果から、長い時間幅の光パルスを得る単純かつ最も有効な方策は、LDの光子寿命を長くすることであると推察された。すなわち、光子寿命 ( $\tau_p$ ) を1桁程度以上大きくすることにより、通常のLDよりもはるかに長い時間幅の光パルスが得られる。通常の素子長のLDで光子寿命を長くすることは容易でないが、外部共振器LD (EC-LD) 構造とすることにより  $\tau_p$  を伸ばすことができる。図1は、通常のLD (素子長: 510 $\mu\text{m}$ ,  $\tau_p$ : ~3ps) のGS動作による光パルスの時間波形の一例であるが、このときは120psの時間幅の光パルスが発生している。一方、図2はEC-LD (実効共振器長: 75mm,  $\tau_p$ : ~120ps) のGS動作により発生したサブns光パルスの波形の一例を示している。したがって、光子寿命  $\tau_p$  を制御することにより、GS-LDから数psからサブns (またはそれ以上) の時間幅の光パルス発生を、柔軟に行うことができることが期待される。

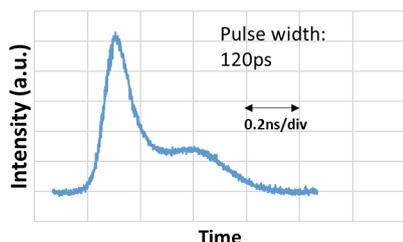


図1 通常のLDのGS動作により発生した光パルスのオシロスコープ観測波形 (動作条件: 励起パルス幅: 2.7ns, 直流電流: -0.1mA, ピーク電圧: 2.5V, 出力パワー: 3.9  $\mu\text{W}$ , 繰り返し周波数: 5MHz)。

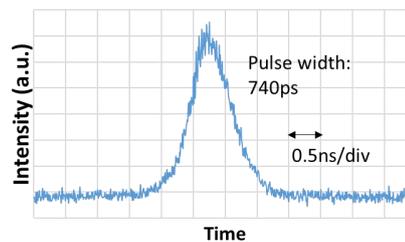


図2 EC-LDのGS動作により発生した光パルスのオシロスコープ観測波形の一例 (動作条件: 励起パルス幅: 2ns, 直流電流: 3mA, ピーク電圧: 19V, 出力パワー: 1.5  $\mu\text{W}$ , 繰り返し周波数: 1MHz)。

**謝辞** 本研究の一部は、AMED「革新的技術による脳機能ネットワークの全容解明プロジェクト」およびNEDO「高輝度・高効率次世代レーザー技術開発」の支援を受けてなされた。

#### References

- [1] Y. Kusama, et al., *Opt. Express*, **22**, 5746-5753 (2014).
- [2] R. Kawakami, et al., *Biomed. Opt. Express*, **6**, 891-901 (2015).
- [3] J. -H. Hung, et al., *Appl. Phys. Express*, **10**, 102701 (2017).