

利得変調半導体レーザーの時間ジッター計測に関する数値計算

Numerical simulation of timing-jitter measurement of a gain-switched semiconductor laser

阪府大院・工 〇山上雄基, 松倉聖, 北川直昭, 田中天翔, 和田健司, 松山哲也, 堀中博道

Osaka Pref. Univ. 〇Y. Yamagami, S. Matsukura, N. Kitagawa, A. Tanaka, K. Wada, T. Matsuyama, H. Horinaka

E-mail:yamagami@pe.osakafu-u.ac.jp

1. はじめに

我々は, 利得変調した半導体レーザーに出力光パルスの一部を帰還させ, その帰還タイミングを変化させたときの ASE 雑音の強度変化を調べることににより, 高速光検出器や非線形光学効果を用いることなく, 利得変調パルスの時間ジッターが見積もれることを提案してきた[1].

今回は, 時間ジッターを含む利得変調パルスをシミュレートし, 上記測定法の妥当性について数値的に調べたので報告する.

2. 数値計算

単一モードレート方程式を数値積分することにより, 半導体レーザーからの利得変調パルスをシミュレートした. Fig. 1 は, ランジュバンノイズ項を含まない場合(a), 含む場合(b)の各光パルス波形の計算例であり, ランジュバンノイズ項を導入することにより, 時間ジッターが生じることが確認された. この例では, 時間ジッターを含むパルス時間波形を重ねて描いた際の半値幅における波形の時間シフトから, 時間ジッターの値は 14 ps と見積もられた. 対応するパワースペクトルを Fig. 2 に示す. Fig. 2b は Fig. 1b の複数のパルス時間波形のパワースペクトルを加算平均した結果であり, 実験観測される利得変調パルスのパワースペクトルに相当する. Figs. 2a, b の形状がほぼ一致していることから, ここで与えた時間ジッターの範囲では発生するパルス時間波形の変化は小さかったことがわかる.

次に, Fig. 2b の数値データを逆フーリエ変換して Fig. 3 内の自己相関波形 (黒線) を得た. この波形は, Fig. 1b のパルス時間波形の自己相関波形を加算平均した結果に一致し, 時間ジッターの情報を含まない. 一方, Fig. 1b の異なる時間ジッターをもつパルス時間波形データからそれぞれ相互相関波形を求め, 加算平均した結果を Fig. 3 に赤線で描く. 得られた相互相関波形は, 提案法における戻り光パルス帰還時の ASE 雑音の強度変化に対応しており, 時

間ジッターの情報を含む. この計算例では, 自己相関幅と相互相関幅の差 7.6 ps が時間ジッター値として読み出される. 時間ジッター値を変化させた一連の計算からも同様の結果が得られたことから, 提案法が利得変調パルスの時間ジッター計測法として妥当であることが確認された.

[1] 山上等, 第 61 回応用物理学会秋季学術講演会, 17p-PA1-4 (2014).

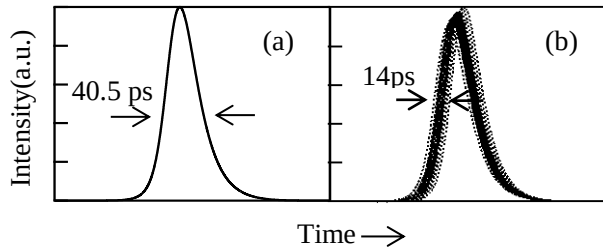


Fig. 1. Gain-switched pulse waveforms calculated (a) without and (b) with Langevin noise.

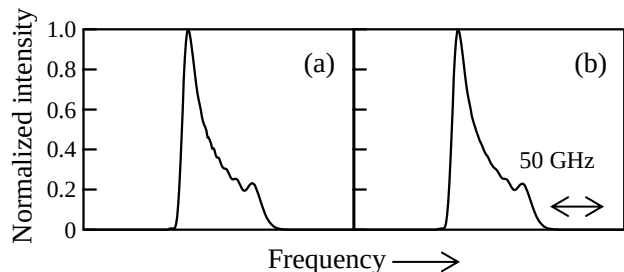


Fig. 2. Corresponding power spectra of gain-switched pulse calculated (a) without and (b) with Langevin noise.

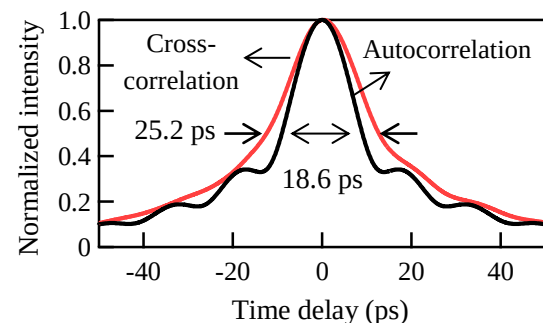


Fig. 3. Auto- and cross-correlation of gain-switched pulses with different timing jitter.