

2 台の同期したモードロックレーザ間のタイミングジッタおよび遅延時間の FPGA 位相計を用いた精密評価

Delay and jitter measurement between synchronized mode-locked lasers using FPGA phasemeter

産総研計量標準[○] 穀山 渉、野里 英明、服部 浩一郎

NMIJ/AIST,[○] Wataru Kokuyama, Hideaki Nozato, Koichiro Hattori

E-mail: wataru.kokuyama@aist.go.jp

モードロックレーザ (ML) を用いたポンプ・プローブ法による時間分解測定は、過渡応答分光・蛍光寿命測定等、幅広い分野で用いられている。実用的な長さの光学遅延線で発生させることが難しいほど大きな遅延時間 (概ね数 ns 以上) が必要な場合は、異なる 2 台の ML を基準信号に同期させ、ポンプ光とプローブ光として用いることがある。そのような場合、ML 間の遅延時間やそのジッタを、精密に評価することが重要となる。

産総研が開発したアルゴリズム[1]を搭載した FPGA 位相計は、高速・高分解能で信号の位相差を計測できることが特長である。ダイナミックレンジも大きいので、フリーラン状態や周波数変調がかかった状態でのレーザのビート信号の位相雑音を計測可能であり、すでに光コムやヨウ素安定化 HeNe レーザの特性評価に適用したところである[2]。この位相計はデジタル処理のため直線性も良好であり、ML 間の大きな遅延時間を精密に評価することにも適している。

そこで今回、産総研が保有する薄膜熱物性測定のための時間分解サーモフレクタンス装置を用いてこれを実証した。ML (Calmar laser 社製, 中心波長 1550 nm、繰り返し周波数 約 20 MHz) 2 台の相対遅延は -100 ps ~ 50 ns の間で、最小 1 ps 刻みで変化している[図 1(a)]。まず、2 つの基準信号間の位相差は、図 1(b)のように誤差が ±1 ps 以内に収まる十分良好な性能であった。次に、ジッタに影響すると想定される ML の駆動信号に対する位相ロック性能を評価した [図 1(c)]。その結果、今回の測定条件では、制御帯域が 30 Hz 程度と高くないことが明瞭に観察された。ジッタの積分値も過去の推定値 (約 10 ps) と一致した。このように、遅延時間が 0 から 50 ns (=1/20 MHz) に至る全遅延範囲において、ピコ秒オーダの相対ジッタの評価が可能となった。これはコリレータ等の光学的計測手法では難しい測定である。電氣的測定としてはタイムインターバルアナライザによるパルス間隔計測があるが、図 1(c)のようなスペクトル成分を算出しての雑音評価は不可能である。このように、FPGA 位相計は大きな遅延をもつ ML 間のジッタおよび遅延時間の精密評価が可能であり、幅広い分野において ML の性能評価に貢献することが期待される。

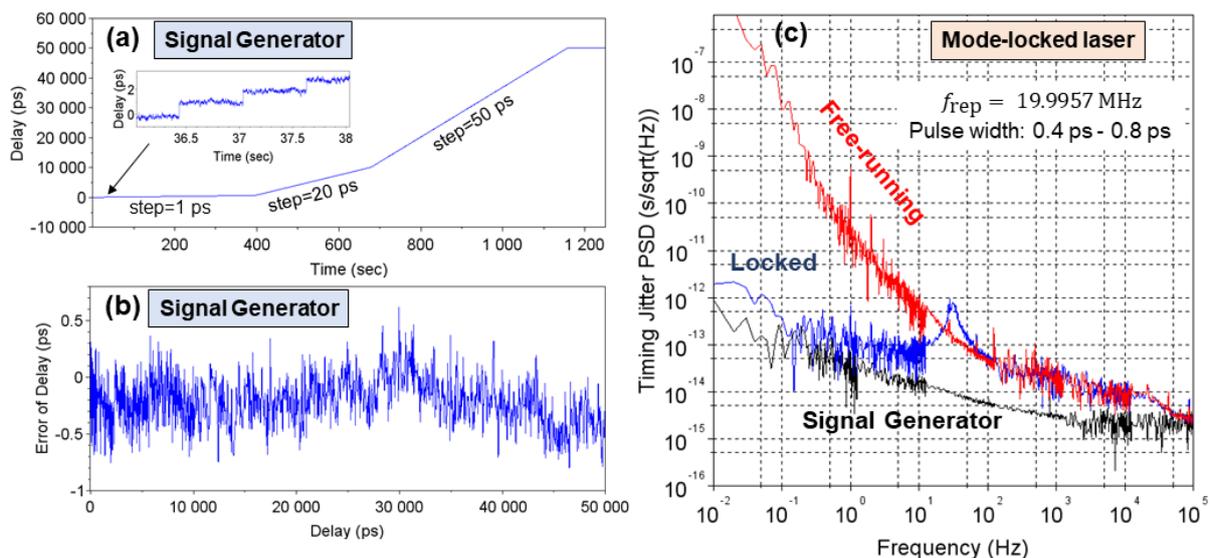


図 1. (a)モードロックレーザを駆動する信号発生器の遅延発生シーケンス (測定結果) (b)遅延の設定値と計測値の差異 (c)モードロックレーザのタイミングジッタスペクトル

謝辞 産総研・物質計測標準研究部門の八木貴志氏、新田詠子氏に謝意を表します。

参考 [1] W. Kokuyama, et al., *Meas. Sci. Tech.*, **27**, 085001 (2016). [2] 穀山他, 応用物理学会 (2017).