

遅延線干渉計による光コムの周波数雑音測定の不確かさ評価

Uncertainty evaluation of frequency noise measurement for frequency comb

by delay-line interferometer

産総研¹, 横国大院理工², JST, ERATO 美濃島知的光シンセサイザ³

○和田 雅人^{1,2,3}, 大久保 章^{1,3}, 洪 鋒雷^{2,3}, 稲場 肇^{1,3}

AIST, NMIJ¹, Dep. Phys. YNU², JST, ERATO MINOSHIMA Intelligent Optical Synthesizer (IOS)³,

○Masato Wada^{1,2,3}, Sho Okubo^{1,3}, Feng-Lei Hong^{2,3}, Hajime Inaba^{1,3}

E-mail: masato.wada@aist.go.jp

光コムによる光周波数の絶対測定などの応用において、光コムの周波数雑音評価は動作の確認や精度向上のために重要である。光コムを含むレーザの周波数雑音を評価する方法として、被測定レーザとそれよりも十分周波数雑音の小さい基準レーザのヘテロダインビート（差周波信号）の周波数雑音を測定する方法がよく知られている。この手法の課題として、①周波数雑音の小さい基準レーザが必要、②被測定レーザの周波数変動が大きい場合、ビート信号の位相／周波数が測定系の適正範囲（例えばミキサなら $\pm\pi$ ）から外れて検出できない、ということがある。これらの欠点を解決した遅延線干渉計を用いたレーザの周波数雑音測定法が報告されている[1]。マイケルソン型の遅延線干渉計を用いたレーザの周波数雑音測定の例を Fig. 1 に示す。被測定レーザ光を二分割し、遅延アームで周波数シフトと遅延を付与した後、参照アームのレーザ光と合波し、ビートを検出する。ビートの周波数雑音には被測定レーザの周波数雑音が反映されるが、付与する遅延量をレーザのコヒーレンス長以下にすればビートの周波数雑音は大きく低減されるのでその検出が容易になる。そして、付与された遅延量が既知であれば、被測定レーザの周波数雑音からビートの周波数雑音への伝達関数がわかるので、被測定レーザの周波数雑音がわかる。本研究では、この方法を光コムのモードの周波数雑音測定に適用するための研究を行っている。

前回の講演では、遅延線干渉計を用いてコムモードの周波数雑音測定について報告した。本講演では、主にこの手法による測定の不確かさ評価について述べる。本手法によるコムモードの周波数雑音パワースペクトル密度（PSD）の測定の不確かさを表 1 に示す。比較対象として、この光コムの 1 本のモードが持つ周波数雑音を、十分周波数雑音の小さい基準レーザとのビートから測定した[2]。遅延線干渉計による測定、及び基準レーザとのビートから測定したコムモードの周波数雑音は不確かさの範囲内で概ね一致し、遅延線干渉計による測定が光コムのモードの周波数雑音の評価方法として信頼できるものであることが確認できた。

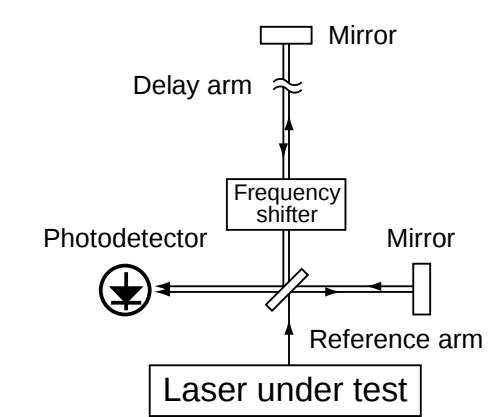


Fig. 1. Michelson type delay-line interferometer.

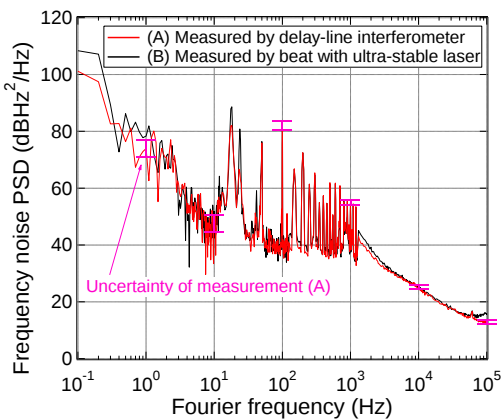


Fig. 2. Frequency noise power spectral density (PSD) of the free-running comb modes.

Table. 1. Measurement uncertainty for frequency noise PSD of comb modes by delay-line interferometer.

Fourier frequency	1 Hz	10 Hz	100 Hz	1 kHz	10 kHz	100 kHz
Expanded uncertainty (k=2)	6.1 dB	6.1 dB	3.2 dB	1.6 dB	1.3 dB	1.3 dB

参考文献

[1] T. Okoshi *et al.*, “Novel method for high resolution measurement of laser output spectrum,” *Electron. Lett.*, Vol. 16, No. 16, pp. 630-631 (1980).
[2] W. Kokuyama *et al.*, “Simple digital phase-measuring algorithm for low-noise heterodyne interferometry,” *Measurement Science and Technology*, vol. 27, no. 8, p. 085001, (2016).