

電気混合方式による 2 波長同時ヘテロダイン検波システム

Novel dual-heterodyne mixing system using electrical-mixing method

埼玉大工¹, 埼玉大理工² ○湯田 伶央奈¹, 春日 海秀², 長谷川 尊士², 塩田 達俊²
Saitama Univ.^{1,2} ○Leona Yuda¹, Kaisyu Kasuga², Takashi Hasegawa², Tatsutoshi Shioda²

E-mail: tshioda@mail.saitama-u.ac.jp

1. はじめに

本研究室では、新しい光位相計測システムである 2 波長同時ヘテロダイン検波法を考案した[1-3]. この手法は周波数領域において光の位相を計測するため、時間領域における光波形計測と異なり電子回路の遮断周波数に制限を受けない計測が可能であること、また位相成分を直流電圧として測定できるため積分時間に依存しない計測が行えるなどの特徴がある。一方で、既存のデモンストレーションでは機械的な掃引を用いており、測定が長時間化すること、それにより掃引中の不要な雑音成分を受信してしまうという課題を抱えていた。これらの課題を解決するため、スキャンレス計測が可能な 2 波長同時ヘテロダイン検波システムを実現した。本稿では光混合方式と、今回新たに考案した電気混合方式の 2 つの方式について比較検討を行ったので報告する。

2. 実験方法

実験系を Fig.1-3 に示す。各方式共に DFB-LD (193.3 THz) の光源を光周波数コム発生器 (OFCG) に入射し、25 GHz 間隔の光周波数コムを発生して信号光とした。一方、参照光は OFCG によるコムを AOM に入射することで周波数を 148.8 MHz シフトして使用した。2 つの光を合波後フォトダイオードで検波し、BPF, divider, mixer に通して得られる 2 波長同時ヘテロダイン検波信号の DC 電圧…(1)を取得することで相対位相の測定を行った。なお、式中の Φ は、相対位相 $\Delta\phi$ と信号・参照の光路差 ΔL に依存する値を取る。

$$V_{DC} = Bias. + A\cos(\Phi) \quad \dots(1)$$

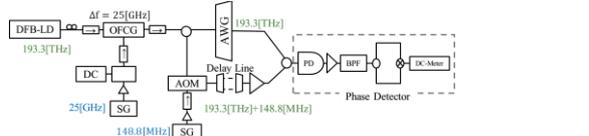


Fig. 1 Experimental setup (single-PD configuration)

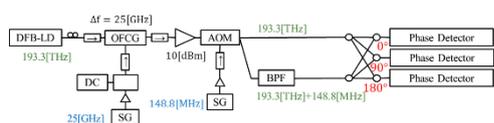


Fig. 2 Experimental setup (optical-mixing)

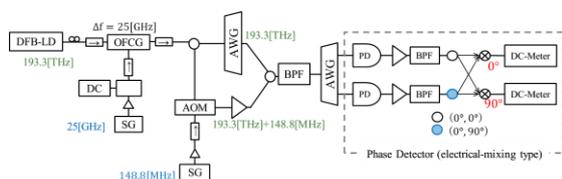


Fig. 3 Experimental setup (electrical-mixing)

ここで、 $\Phi = \Delta\phi + \Delta L$ である。Fig.1 では、Delay Line を用いて光路差 ΔL を走査しながら V_{DC} を取得し、 $\Delta\phi$ を算出した。Fig.2 の光混合方式では、光の信号路内で 2 つの光を、それぞれ位相差 (0° , 90° , 180°) を付与した 3 光路に分岐しスキャンレス化した。合波した光をそれぞれ PD で検波し、3 点の V_{DC} を同時に取得することで $\Delta\phi$ を測定した。一方、Fig.3 の電気混合方式では、2 つの光を合波した後、AWG と 2 つの PD 部を用いることで $Bias.$ を含まない式(2)の形で V_{DC} を測定した。

$$V_{DC} = A\cos(\Phi) \quad \dots(2)$$

一方の divider で電気信号に Φ の 90° の位相差を与えることで、 0° , 90° の 2 点の V_{DC} を同時に取得して位相測定を行った。両方式共に 1 秒毎に 1 分間連続して計測し、結果を比較した。

3. 実験結果・考察

デモンストレーション・電気混合方式の各方式で計測した V_{DC} を Fig.4 に、光混合・電気混合の各方式で得られた相対位相の計測値を Fig.5 に示す。電気混合方式でも光混合方式と同等の位相測定が可能であることが確認できる。以上より、電気混合方式の二波長同時ヘテロダイン検波法を位相計測に適用できることが示された。

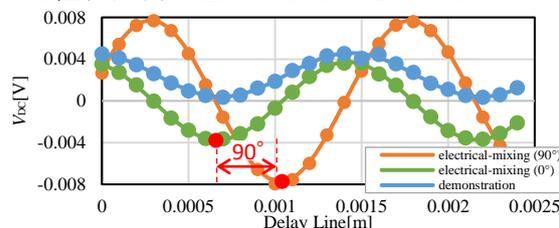


Fig. 4 Measured V_{DC}

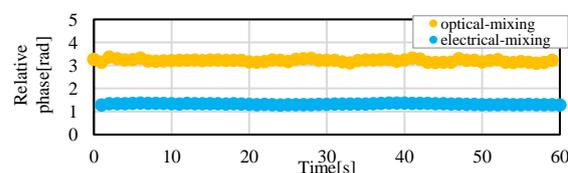


Fig. 5 Measured relative phase

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 16H03879 と科研費 15K13372 の助成を受けて進められた。

参考文献

- [1] T. Shioda, *et al.*, *Opt. Commun.* **23**, 4733-4740 (2010).
- [2] T. Yamazaki, *et al.*, *J. Opt. Soc. Am. B* **29** (7), 1707-1711 (2012)
- [3] T. Shioda, *et al.*, *Opt. Lett.*, pp. **37**, 3642-3644 (2012)