

PA10 実時間2波長型半導体レーザ干渉計

小林勝之\* 鈴木孝昌\*\* 佐々木修己\*\* 丸山武男\*\*

\* 新潟大学大学院自然科学研究科

\*\* 新潟大学工学部

1. はじめに

レーザ光を用いた距離測定の方法のひとつに干渉計測がある。単一波長による干渉計測の場合、測定上限は $\lambda/2$ (nm オーダー)となり、これを超える変位測定は困難である。そこで $\mu\text{m}$  オーダーの段差を有する測定対象に対しては、従来より2波長を用いた干渉計測法が提案されている。<sup>1,2)</sup>

しかし、ここでは2つの半導体レーザ(LD1, LD2)に同周波数で初期位相の異なる変調電流を注入し、2つの干渉信号を分離する新しい2波長型半導体レーザ干渉計を提案する。本干渉計では、ハードウェアでの位相検出を行うため、実時間測定が可能である。ここでは、その原理と実験結果について報告する。

2. 原理

2.1 実験装置の構成

図1に実験装置の構成を示す。

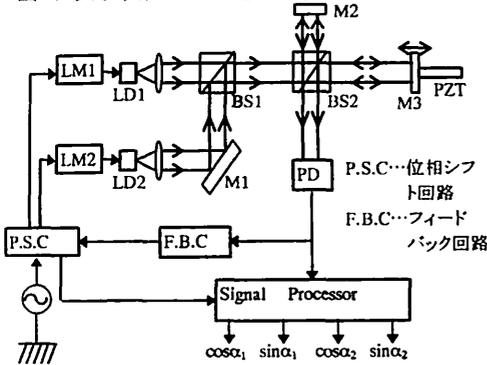


図1 実験装置の構成

LD1, LD2 から出射されたレーザ光は、BS1 によって一つにまとまり、BS2, M2, M3 によって構成されるトワイマン・グリーン型干渉計に入射する。LD1, LD2 の発振波長がそれぞれ $\lambda_1, \lambda_2$ とすると、PD で得られる干渉信号の位相 $\alpha_1, \alpha_2$ はそれぞれ、

$$\alpha_1 = 4\pi D_0 / \lambda_1$$

$$\alpha_2 = 4\pi D_0 / \lambda_2$$

であるので、位相差 $\Delta\alpha$ は

$$\Delta\alpha = 4\pi D_0 / \Lambda$$

となる。ただし、

$$\Lambda = \lambda_1 \lambda_2 / (\lambda_1 - \lambda_2)$$

である。これより光路差 $D_0$ は

$$D_0 = \Lambda \Delta\alpha / 4\pi$$

で求めることができる。

2.2 信号生成の原理

LD1,2 にそれぞれ変調電流

$$I_{m1}(t) = A \cos(\omega t + \theta_1)$$

$$I_{m2}(t) = A \cos(\omega t + \theta_2)$$

を注入し、正弦波位相変調を行うと、干渉信号としてそれぞれ、

$$S_1(t) = S_{d1} + S_1 \cos(z_1 \cos \omega_c t + \alpha_1)$$

$$S_2(t) = S_{d2} + S_2 \cos(z_2 \cos \omega_c t + \alpha_2)$$

が得られる。本実験では、一つの PD 上で LD1, LD2 の光を干渉させるので、得られる干渉信号は、

$$S(t) = S_1(t) + S_2(t)$$

となる。この和の形で検出された干渉信号から $\Delta\alpha$ を求めるため以下のような信号処理を実行する。

まず、変調電流  $I_{m1}(t), I_{m2}(t)$  の位相を90度遅らせると、それぞれ

$$T_1(t) = A \sin(\omega t + \theta_1)$$

$$T_2(t) = A \sin(\omega t + \theta_2)$$

が得られる。また、 $I_{m1}(t)$  と  $T_1(t)$  及び  $I_{m2}(t)$  と  $T_2(t)$  をそれぞれ乗算することによって、

$$T_3(t) = \frac{A^2 \sin 2(\omega t + \theta_1)}{2}$$

$$T_4(t) = \frac{A^2 \sin 2(\omega t + \theta_2)}{2}$$

が得られる。 $S(t)$  と  $T_1(t) \sim T_4(t)$  を乗算し、ローパスフィルタを通すことによって、

$$S_{T1}(t) = -AS_2 J_1(z_2) \sin(\theta_1 - \theta_2) \sin \alpha_2$$

$$S_{T2}(t) = -AS_1 J_1(z_1) \sin(\theta_1 - \theta_2) \sin \alpha_1$$

$$S_{T3}(t) = -\frac{1}{2} A^2 S_2 J_2(z_2) \sin 2(\theta_1 - \theta_2) \cos \alpha_2$$

$$S_{T4}(t) = -\frac{1}{2} A^2 S_1 J_2(z_1) \sin 2(\theta_1 - \theta_2) \cos \alpha_1$$

なる  $\sin \alpha_1, \sin \alpha_2, \cos \alpha_1, \cos \alpha_2$  に比例する4つの信号が得られる。ここで  $z = z_1 = z_2$  となるように変調度を調整し、乗算、減算処理することにより、

$$S_{T2}(t) \times S_{T3}(t) - S_{T4}(t) \times S_{T1}(t) = K \sin(\alpha_1 - \alpha_2)$$

ただし、

$$K = \frac{1}{2} A^3 S_1 S_2 J_1(z) J_2(z) \sin(\theta_1 - \theta_2) \sin 2(\theta_1 - \theta_2)$$

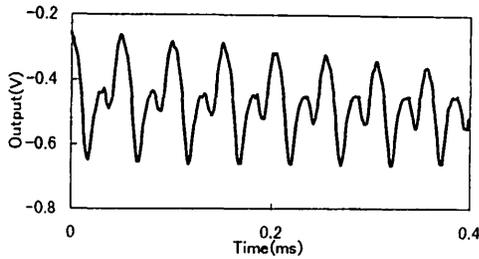
となり、位相差 $\Delta\alpha$ に比例した信号が得られる。

3. 実験結果

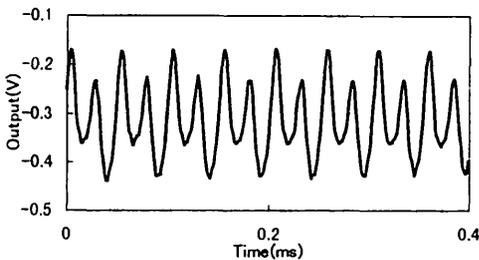
光源として中心発振波長 $\lambda_1 = 785 \text{ nm}$ 、変調電流効率 $\beta_1 = 3.89 \times 10^{-3} \text{ nm/mA}$ のLD1と、中心発振波長 $\lambda_2 = 670 \text{ nm}$ 、変調電流効率 $\beta_2 = 5.92 \times 10^{-3} \text{ nm/mA}$ のLD2を用いた。また変調電流周波数は20

kHzとした。

本実験では、まず外乱を除去するためにフィードバック処理を行った。このときの干渉信号の観測結果を図2に示す。



(a) フィードバック無し



(b) フィードバック有り

図2 フィードバックの観測結果

図2よりフィードバック回路によって外乱を除去できる事が確認できた。

つぎに、PZTを200 Hzで振らせた場合の  $\cos\alpha_1$ 、 $\sin\alpha_1$ 、 $\cos\alpha_2$ 、 $\sin\alpha_2$  の観測結果を図3に示す。

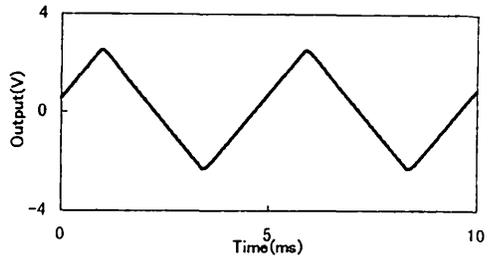
(a)のようにPZTを振らせた場合、他方のLDによる影響を受けない4つの信号が得られ、また(b)と(d)、(c)と(e)がそれぞれ90度位相のずれた信号を得ることができた。

#### 4. まとめ

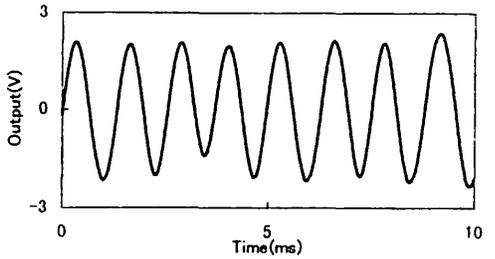
2つのLDを用いた2波長型半導体レーザ干渉計を構成し、フィードバックによる外乱の除去が行えた。また、ハードウェアによって他方のLDの影響を受けることなくそれぞれのLDに対応した位相項 $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ を得ることができた。これらの信号を用いることにより、広範囲の絶対距離測定が行えるものと考えられる。

#### [参考文献]

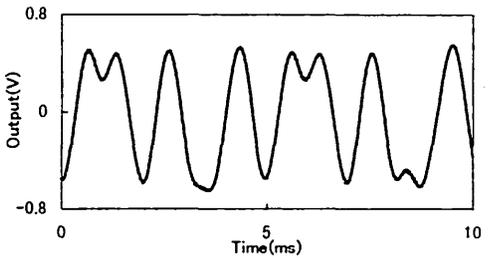
- 1) 小野寺理文、石井行弘: Applied Optics, Vol. 30, No. 28, 4040-4045 (1991)
- 2) Osami Sasaki, Hiroyuki Sasazaki, Takamasa Suzuki: 光学, 21, 1, 43-49 (1992)



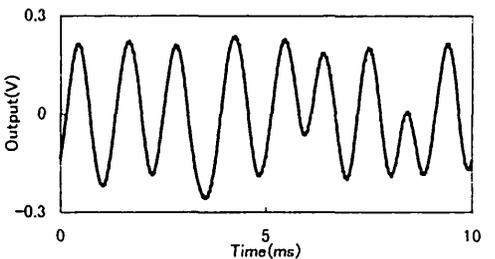
(a) PZT 駆動電圧



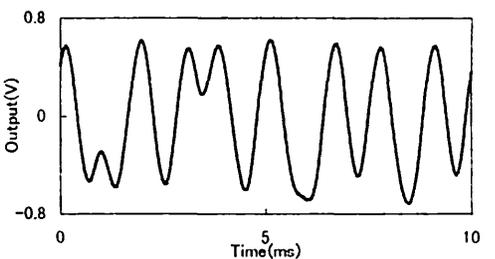
(b)  $\cos\alpha_1$



(c)  $\sin\alpha_1$



(d)  $\cos\alpha_2$



(e)  $\sin\alpha_2$

図3  $\cos\alpha_1$ 、 $\sin\alpha_1$ 、 $\cos\alpha_2$ 、 $\sin\alpha_2$  の観測結果