

半導体レーザーの強度変調に不感なカレのアルゴリズムの検討

Study of Carre algorithm insensitive to changes in laser-diode power

職業大 成田 賢司, 中谷 努, 細井 遼太郎, 小野寺 理文

Polytechnic Univ. Kenji Narita, Tsutomu Nakaya, Ryoutarou Hosoi, Ribun Onodera

E-mail: onodera@uitem.ac.jp

1. はじめに

半導体レーザー(LD)の直接周波数変調特性を利用した干渉計測法は、これまでに種々提案されている¹⁾。しかし、LD 電流変化に伴う強度変調により測定誤差が生じる²⁾。本稿は、強度変調に不感なカレのアルゴリズムを新たに開発し、位相シフト量の校正を必要としない干渉計測について検討する。

2. アルゴリズム

カレのアルゴリズム³⁾は、等間隔な位相シフト量が与えられた 4 つの干渉強度から被検位相を導出する方法である。干渉強度は次式で与えられ、4 つの干渉強度 $I_1 \sim I_4$ を測定することにより、バイアス強度 I_M 、ビジュビリティ γ 、被検位相 ϕ 、等間隔な位相シフト量 $\Delta\phi$ の 4 つの未知数を求めることが出来る。

$$I_n = I_M \left\{ 1 + \gamma \cos \left[\phi + \left(n - \frac{5}{2} \right) \Delta\phi \right] \right\} \quad (1)$$

LD を光源とした干渉計は、等間隔で高速な 4 ステップの電流変調を与えることで、一定間隔の位相シフト量を含んだ干渉縞を生成することができ、カレのアルゴリズムを利用することで対振動ノイズ性に優れた形状計測を行うことが出来る²⁾。しかし LD 電流変調に伴いバイアス強度が変動し、カレのアルゴリズムで求められた被検位相に誤差が生じる。本研究は、バイアス強度の変動を考慮した 8 つの干渉強度 $I_1 \sim I_8$ を用いて被検位相 ϕ を導出できる強度変調に不感なカレのアルゴリズムを開発することを目的としている。干渉強度は、次式で与えることができる。

$$I_n = I_M^0 \left[1 + \left(n - \frac{9}{2} \right) \rho \right] \left\{ 1 + \gamma \cos \left[\phi - \left(n - \frac{9}{2} \right) \Delta\phi \right] \right\} \quad (2)$$

ここで I_M^0 は位相シフト量が 0 のときのバイアス強度、1 ステップの位相シフトに伴う光出力変動によるバイアス強度の変化量を ΔI とすると、 $\rho = \Delta I / I_M^0$ である。 $I_1 \sim I_8$ の加減乗除により I_M^0 、 γ 、 ϕ 、 ρ をキャンセルすると、位相シフト量 $\Delta\phi$ は、 $I_1 \sim I_8$ から求めることができる。同様に $I_1 \sim I_8$ の加減乗除により、被検位相 ϕ は、 $I_1 \sim I_8$ と $\Delta\phi$ の関数として表すことが出来る。

$$\phi = \tan^{-1} \left[F(I_1, I_2, I_3, I_4, I_5, I_6, I_7, I_8, \Delta\phi) \right] \quad (3)$$

(3)式で示した関数 F は、バイアス強度の変動に関係した項を含まず、強度変調に不感に被検位相を導出することが出来る。

3. 数値シミュレーション

図 1 は、 $\rho = 0.2$ 、 $\gamma = 0.8$ 、 $\Delta\phi = 100^\circ$ として、 $0 \sim 4\pi$ rad のチルト位相に対して $I_1 \sim I_8$ の干渉縞強度を数値計算し、被検位相を導出した結果である。(a)は、 $I_3 \sim I_6$ をカレのアルゴリズム³⁾に代入して得られた結果で、強度変調により位相計算が出来ない領域が出ると共に 2π rad の周期誤差が生じている。(b)は、本稿で提案するアルゴリズムを用いて導出した被検位相で、強度変調の影響を受けることなく正確な位相導出を行うことが出来る。

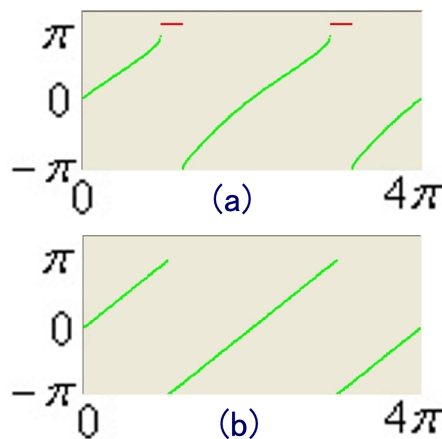


Fig.1. Phase distribution of a tilted object which are calculated from Carre algorithm (a) and newly developed algorithm (b).

参考文献

- 1) Y. Ishii, "Laser-diode interferometry," in *Progress in Optics*, E. Wolf, ed. (Elsevier, Amsterdam, 2004), Vol. 46, pp.243-309.
- 2) 成田賢司, 中谷努, 石井行弘, 小野寺理文, "ハイスピードカメラを利用した半導体レーザー位相シフト干渉計", 第 49 回光波センシング技術研究会論文集 LST49-10. (2012), 67-74.
- 3) K. Creath, "Phase-measurement interferometry techniques," in *Progress in Optics*, E. Wolf, ed. (Elsevier, Amsterdam, 1988), Vol. 26, pp.349-393.