

マルチモード発振半導体レーザーを用いた段差形状計測 Step-shape measurement by use of multi-mode laser diode

◎ 野村晃弘¹鈴木孝昌¹佐々木修己²

Akihiro Nomura

Takamasa Suzuki

Osami Sasaki

新潟大学大学院自然科学研究科¹新潟大学工学部²Niigata University Graduate School of Science and Technology¹ Niigata University Faculty of Engineering²

1. はじめに

通常の干渉計測では、CD等で使われているシングルモード発振する半導体レーザー(LD)を使用する。しかし、シングルモード発振LDを使用する場合、 $\lambda/2$ 以上の凹凸の測定が不可能であるという問題がある。一方、スーパーミネッセントダイオード(SLD)を用いる低コヒーレンス干渉法が提案されており、 $\lambda/2$ 以上の凹凸が測定されている。しかし、SLDは高価であり、可視光ではないため、光学系を構成することが難しくなる。そこで、本研究ではマルチモード発振する半導体レーザーを用いて、 $\lambda/2$ 以上の段差物体を測定することを目的としている。マルチモード発振LDはスペクトル幅がSLDに比べ、広くないが、可視光であり、安価である。そして、SLDと同様に波長の選択性とスペクトル幅の可変性がある。

今回は、段差 $200\mu\text{m}$ の物体を測定する実験を行った。

2. 原理

本研究では、シングルモード発振LDをマルチモード化するために、高周波重畳法を用いた。

高周波重畳法とは、LDの駆動電流に数百MHzの高周波電流を重畳する方法である。これにより、シングルモード発振をマルチモード発振に変換することができる。

また回折格子により、光を波長ごとに分解し、スペクトルを選択的に選び出すことで、スペクトルを制御することができる。

次にCCDで取得した画像は、位相シフト法により形状を得る。位相シフト法とは、位相を $\pi/2$ ずつずらした4枚の画像を用いることにより、位相を求めることができる方法である。位相を ϕ とし、4枚の画像をそれぞれa、b、c、dとすると、次のような式になる。

$$\phi = \tan^{-1}(a - c / b - d)$$

そして、サブ μm オーダーの大きさの凹凸を測定するために二波長法を用いた。二波長法とは、二つの異なる波長の光($\lambda_1 > \lambda_2$)で位相を求め、それらの差を求めることにより、使用する波長 λ_1 、 λ_2 よりも長い波長である等価波長 Λ を用いることができる。等価波長 Λ は、

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

この等価波長 Λ により、サブ μm オーダーの大きさの凹凸を測定することが可能である。

3. 実験装置及び実験方法

図1に実験装置の構成を示す。中心波長 689nm のLDをマルチモード化し、スペクトル幅をおよそ 6nm に広げて使用した。図1のような実験装置を構成した。¹⁾ レンズL1によって平行光にされた光は、回折格子G1によってそれぞれ1波長ごとに分解される。その光をミラーM1、M2で光路を伸ばし、空間的に分離した。そして、レンズL2によって集光し、スリットSLにより、ある1つの波長のみを通過させる。その光をレンズL3により再び平行光にし、マイケルソン干渉計によりCCD面上で干渉縞画像を得る。CCDで得る画像は位相シフト法を用いるため、位相が $\pi/2$ ずつずらした画像を

4枚取得する。また、回折格子G1を回転させることにより、スリットSL通過後の波長を2つ選択して二波長法を適用し、 $200\mu\text{m}$ の段差物体を測定した。このとき、波長は $\lambda_1 = 688.5\text{nm}$ 、 $\lambda_2 = 689.5\text{nm}$ であり、等価波長 $\Lambda = 474.72\mu\text{m}$ となる。

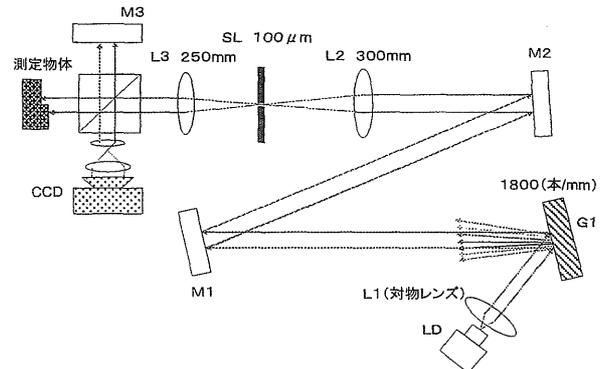


図1：実験装置

4. 実験結果

図2は、 $200\mu\text{m}$ の段差を測定した結果を示す。一波長では測定することができない大きな段差は二波長法を用いることにより、測定することができた。しかし、段差の前後の平面であるべき部分では波状な部分が現れ、実際の段差物体とは異なる形状となった。これは位相シフト法で用いた4枚の画像が、正確に $\pi/2$ ずつずれていないことが原因であると考えられる。

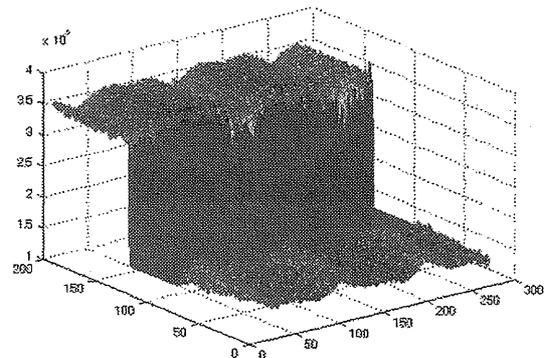


図2：実験結果

5. まとめ

本研究では、段差物体を計測するために位相シフト法、二波長法を用いて測定した。その結果、 $200\mu\text{m}$ の段差物体を測定することができた。今後は、平面部分での実際の物体とは異なる形状をなくすための検討を行っていく予定である。

参考文献

- (1) O. Sasaki, K. Akiyama, and T. Suzuki, "Sinusoidal wavelength-scanning interferometer with double feedback control for real-time distance measurement" APPLIED OPTICS, Vol. 41, No. 19, 1 July 2002.