

J 5 光熱効果を用いた半導体レーザーの波長変調

松田峰樹* 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

光を情報処理、通信などの分野で利用する場合には、光の強度、波長、周波数などを変調する必要がある。一般に、半導体レーザーに変調を施す方法として、レーザーの注入電流に信号を重畳することにより変調を施す電流変調があるが、光波干渉法のように干渉計測として利用する場合、電流変調では発熱による温度変化と同時にキャリア密度が変化するため、波長だけでなく光強度まで変化してしまい、良好な干渉信号が得られないという欠点がある。

そこで、光源レーザーに外部より強度変調を施したレーザー光を照射し、その光熱効果によって変調を施す熱変調¹⁾に着目し、干渉計測への応用を考えた。この方式によると、光源レーザーの駆動電流を変化させることなく波長を変調することができるため、従来の駆動電流変調法²⁾に比して、干渉信号の強度変動成分は大幅に低減される。

ここでは、熱変調を施したときの変調特性を明らかにするとともに、表面形状測定への応用について報告する。

2. 実験装置の構成

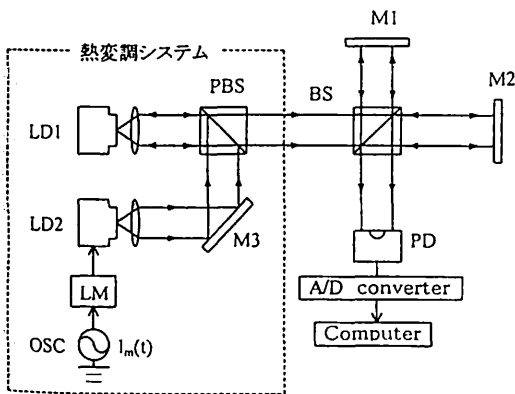


図1 熱変調システム及び実験装置の構成

熱変調システム及び実験装置の構成を図1に示す。定電流で駆動している半導体レーザー(LD1)を光源として出射したレーザー光は、ビームスプリッタ(BS)で参照光と

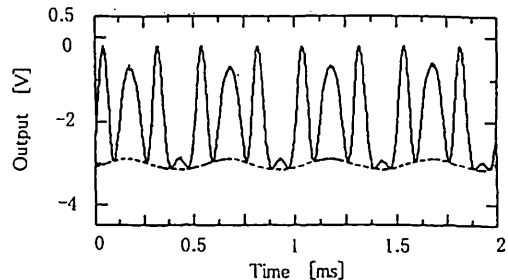
物体光に分けられ、それぞれの光はミラー(M1, M2)により反射され、再びBSを通りフォトダイオード(PD)上で干渉信号をモニタする。

同時に、外部から変調用半導体レーザー(LD2)の出射光を偏光ビームスプリッタ(PBS)により反射させ、LD1に集光照射する。LD2にはレーザー変調器(LM)を通して正弦波で光強度変調を施す。ここで、PBSによりLD2の出射光の約90%がLD1の出射端面上に照射される。照射光は接合部媒質に吸収されてヒートスポットを生じ、その温度効果によって発振波長が変化する。

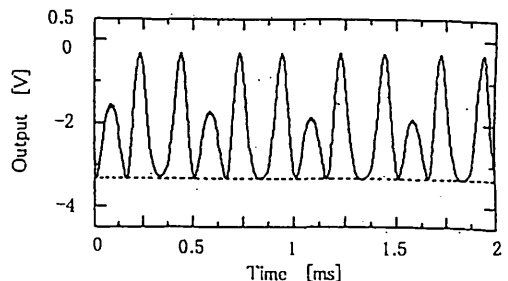
互いのレーザー光による干渉を避けるために、LD1に対して発振波長が約100nm離れた半導体レーザーをLD2として用い、またそれぞれのレーザーの偏光方向を互いに直行するように配置した。

3. 干渉信号による熱変調特性

図1の測定システムにより得られた電流変調時及び熱変調時の干渉信号を図2に示す。



(a) 電流変調時



(b) 熱変調時

図2 干渉信号

この2つの干渉信号を比較すると、電流変調時の干渉信号には正弦波状の強度変動成分が載っているのに対し、熱変調時の干渉信号には強度変動成分がほとんど見られず、電流変調時より熱変調時の方が良好な干渉信号を得ることができた。

4. 1次元CCDイメージセンサによる表面形状測定

図1に示した熱変調システム及び干渉計測系を用いてミラーの表面形状を1次元で測定し、電流変調に対する熱変調の測定精度の比較を行った。測定システムは、図1のPDの代わりに1次元CCDイメージセンサを用いて、積分値解析法により位相分布を求めた。

4-1 シミュレーションによる解析誤差の比較

積分値解析法により位相分布を算出するにあたり、干渉信号の強度変動成分の大きさにより、どの程度誤差が生じるのかを明らかにするために、シミュレーション解析を行った。この際、光路差により干渉信号の強度変動成分の大きさが変化するため、光路差に対する強度変動成分の変化率を、実際の変化率に即してシミュレーションを行った。また、基準となる位相分布としてガウス分布をあらかじめ与え、この基準位相分布と計算によって求められた位相分布を比較し、その差を標準偏差として求めた。光路差に対する標準偏差値を図3に示す。

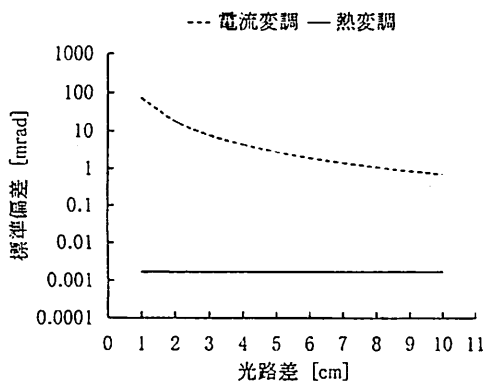
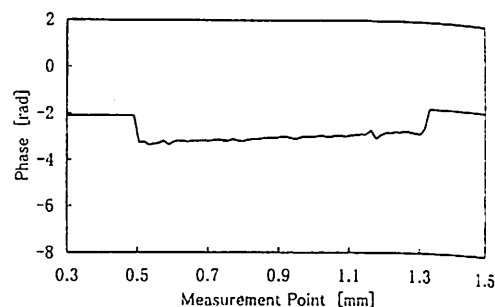


図3 誤差の光路差依存性

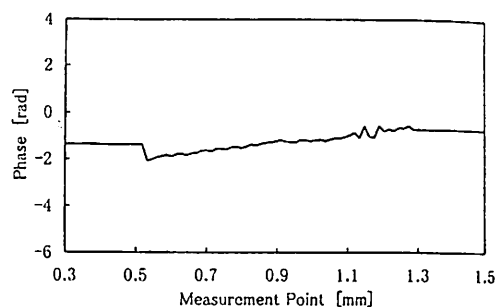
4-2 位相分布測定と比較

図4に、電流変調、熱変調のそれぞれで、ミラーの表面形状を1次元で測定し、積分値解析法により算出した位相分布を示す。電流変調時と熱変調時の波形を比較すると、ほぼ同じような位相分布となったが、検出位相の

平面からのずれは、電流変調、熱変調において標準偏差でそれぞれ、0.0139[rad]、0.0077[rad]であった。



(a) 電流変調時



(b) 熱変調時

図4 1次元CCDイメージセンサによる位相分布波形

5. まとめ

外部より強度変調を施したレーザを光源レーザに照射することによって変調を施す、熱変調を干渉計測に応用したとき、得られる干渉信号は従来の電流変調に比べ、強度変動成分の少ない良好な波形が得られた。また表面形状測定では、電流変調に比べ熱変調の方が誤差が少ないことが分かった。

[参考文献]

- 1) 覚間誠一, 三島和彦, 大場良次: "光熱効果を用いた半導体レーザの周波数安定化," 光学, 22, 434-439 (1993)
- 2) 立野公男, 角田義人: "半導体レーザの直接変調による波面計測ヘテロダイン干渉計," 光学, 16, 149-153 (1987)