

# PbSnTe レーザの周波数安定度の評価 Frequency Stability Estimation of a PbSnTe Diode Laser

奥村 謙一郎, 大井 みさほ  
Kenichiro Okumura and Misao Ohi

工業技術院 計量研究所  
National Research Laboratory of Metrology, A.I.S.T.

## §1. まえがき

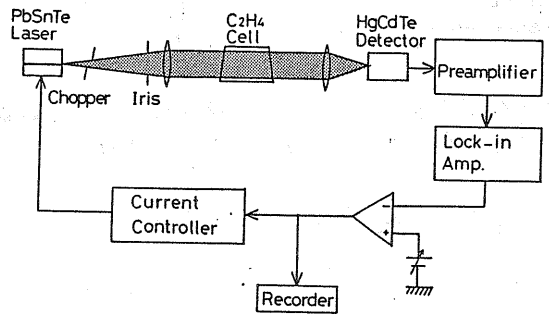
PbSnTe 半導体レーザの周波数を、3つの方法で安定化し、その安定度評価を試みた。安定度の評価は、制御偏差による方法と、システムテックな考察による方法で試みた。その結果、全ての方法で、1~2ケタ、前者の方法による安定度評価の方が良くなること分かった。

この結果は、制御系に加わる各種外乱の影響を考慮することなしに、制御偏差による安定度評価を行うと、必ずしも正しい結果が得られないことを示している。

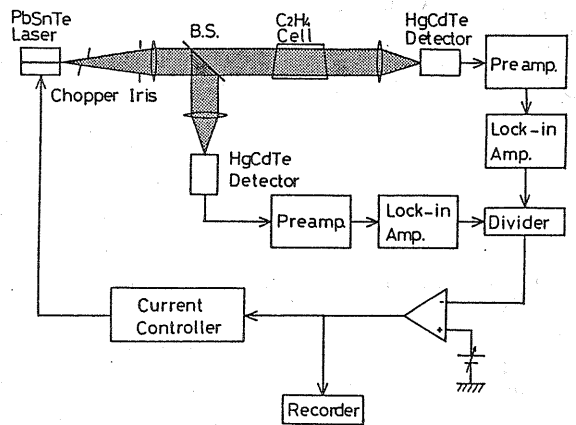
## §2. 安定化の方法

安定化の方法を、図1に示す。(a)図は、吸収セル(C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>: 17ton)を透過した光のみ(Only Light after Absorption: O.L.A.)を用い、吸収線の肩に、その部位に相当する電圧を取り去ってロックする。周波数の制御は、注入電流で行い、変調はかけていない。(b)図は、(a)図の方法を改善したもので、吸収セルを透過しない光を参照光(Reference Light: R.L.)として、吸収光と割り算することで、半導体レーザの出力変動などの影響を小さくしたものである。(c)図は、注入電流に、37μA p-pの微小な変調を加え、電流変調による発振スペクトルの拡がりを見最小限におさえて、吸収線の一次微分信号をとり出し、そのゼロクロス点、すなわち吸収線の中央に周波数をロックする方法である。

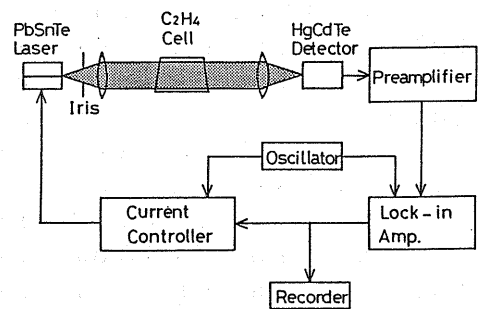
図2に、周波数基準に用いたC<sub>2</sub>H<sub>4</sub>の吸収線の様子を示す。Lの周波数は、図中の矢印で示す吸収線の肩および底にロックした。一次微分曲線の図は、矢印の吸収線一本のプロフィールを示しており、小さな凹凸は、モード変化な



(a) O. L. A.



(b) R. L.



(c) M. L.

図1. 実験に用いた安定化の方法

によるものである。

### 3.3 安定度の評価

M. L. (Modulated Light) 方式の制御系の線形近似モデルを図3に示す。ここで、各記号は次のとおりである。 $i$ : 注入電流、 $\omega$ : 発振周波数、 $v_i$ : 検出電圧、 $\epsilon$ : 制御偏差、 $P$ : 光出力、 $T$ : 透過係数、 $\alpha$ : 光学的結合係数、 $K_1$ : 電流周波数変換係数、 $A$ : アンゲイン、 $C$ : 制御ゲイン、 $\Delta f$ : 周波数外乱。添字の1, 2はそれぞれ1次, 2次の微係数であることを示す。 $n_c$ : 電源ノイズ、 $n_r$ : 参照電圧ノイズ、 $n_f$ :  $A, \alpha, P, T$  のゆらぎと、アンゲイン  $n_a$  の和。

近似モデルは、O.L.A. や R.L. の場合も同様になる。

この制御系に加わる各種外乱の大きさを Table 1 と 2 にまとめた。これらの実験値から、周波数安定度を推定したものと、制御偏差から評価したものの比較結果を Table 3 にまとめた。システムティックな考察による評価(※で示す。)と、制御偏差による評価(PID control)とを比較すると、後者は1~2ケタ安定度評価が良い。

### 3.4 おわりに

現在、CO<sub>2</sub>レーザとのドートを調べており、ドートによる安定度評価を試みている。

### 参考文献

- [1] K. Okumura and M. Ohi  
J.J.A.P. vol.23, No.12  
PP.1589 ~ PP.1593
- [2] K. Okumura and M. Ohi  
to be published in J. of  
Quantum Electronics, IEEE.

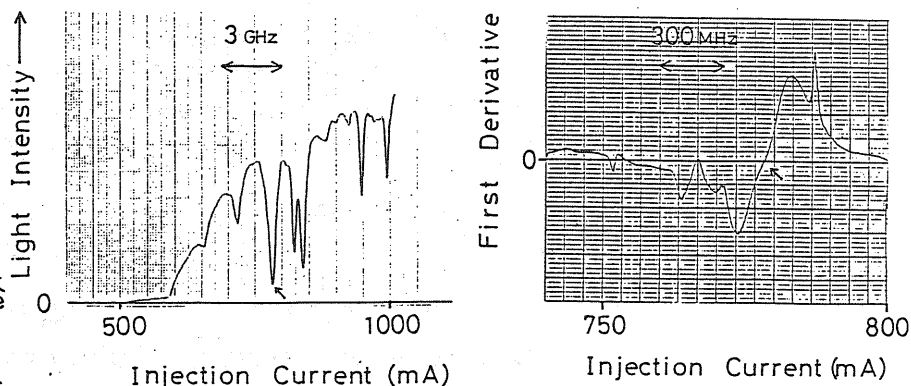


図2 周波数基準に用いたC<sub>2</sub>H<sub>4</sub>の吸収線

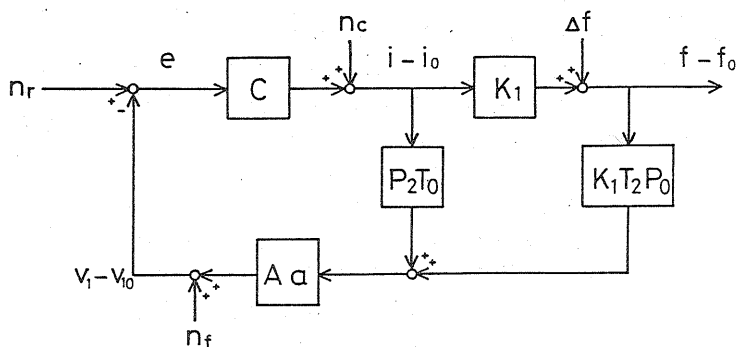


図3 M. L. の線形近似モデル

Table 1. Noises and fluctuations. (Using the M.L.)

$n_r$	0.19 $\mu$ V
$n_a$	2.0 $\mu$ V
$n_c$	under 100 $\mu$ A
$\Delta A/A$	$4.0 \times 10^{-3}$
$\Delta \alpha/\alpha$	$2.0 \times 10^{-3}$
$\Delta P_0/P_0$	$7.5 \times 10^{-3}$
$\Delta P_1/P_1$	$6.7 \times 10^{-2}$
$\Delta T_0/T_0$	negligible
$\Delta T_1/T_1$	negligible
$\Delta K_1/K_1$	under $7.5 \times 10^{-3}$
$\Delta f$	$2.0 \times 10^{-7}$ (5.6 MHz)

Table 2. Noises and fluctuations.

	Using the O.L.A.	Using the R.L.
$n_r$	$3.9 \times 10^{-4}$	$1.6 \times 10^{-4}$
$n_a$	$3.9 \times 10^{-4}$	$3.9 \times 10^{-4}$
$n_c$	under 100 $\mu$ A	under 100 $\mu$ A
$\Delta A/A$	$2.3 \times 10^{-3}$	$2.3 \times 10^{-3}$
$\Delta \alpha/\alpha$	$2.0 \times 10^{-3}$	$1.2 \times 10^{-3}$
$\Delta P_0/P_0$	$7.5 \times 10^{-3}$	$2.5 \times 10^{-3}$
$\Delta T_0/T_0$	under $2.5 \times 10^{-3}$	under $2.5 \times 10^{-3}$

Table 3. The comparison of the results between the present work and the previous work [1]. The notation O.L.A. and R.L. are the abbreviations of only light after absorption and reference light, respectively. The true frequency fluctuations are indicated with asterisks.

	Unmodulated type		Modulated type
	Using the O.L.A.	Using the R.L.	
Free run ( $\Delta f$ )	$2.4 \times 10^{-7}$ (6.7 MHz)	$2.5 \times 10^{-7}$ (7.2 MHz)	$2.0 \times 10^{-7}$ (5.6 MHz)
P control	$2.4 \times 10^{-8}$ (670 kHz)	$2.5 \times 10^{-8}$ (720 kHz)	$2.0 \times 10^{-8}$ (560 kHz)
PID control	$3.4 \times 10^{-9}$ (96 kHz)	$2.1 \times 10^{-9}$ (60 kHz)	$4.9 \times 10^{-10}$ (14 kHz)
Control limit	$9.0 \times 10^{-9}$ (250 kHz)	$2.6 \times 10^{-9}$ (74 kHz)	$1.2 \times 10^{-9}$ (35 kHz)
Limit due to disturbances	* $9.3 \times 10^{-8}$ (2.6 MHz)	* $2.2 \times 10^{-8}$ (615 kHz)	$7.8 \times 10^{-9}$ (220 kHz)
Limit due to modulation	-----	-----	* $3.8 \times 10^{-8}$ (1.1 MHz)