

되먹임된 단일모드 Nd:YAG Microchip Laser 의 혼돈스런 출렁임

The Chaotic Oscillation of Single Mode Microchip Nd:YAG Laser with Modulated Optical Feedback Light

김재인, 허형준, 조규만
서강대학교 물리학과
s199135@ccs.sogang.ac.kr

최근 “혼돈제어”라는 몇 가지 방식이 증명되어 여러 시스템에서 혼돈스런 출렁임을 제거하게 되었다. 처음으로 OGY(Ott Grebogi Yorke) 방법에 기초를 둔 Occasional Proportional Feedback(OPF) 방식이 Roy에 의해 고체레이저 system 에 적용되었다⁽¹⁾. 또 High Frequency Injection(HFI) 방식으로도 혼돈을 제어할 수 있음이 발표되기도 했다^{(2),(3)}. 우리의 실험에서는 단일모드로 발진하는 Nd:YAG 레이저에서 일어나는 혼돈현상을 관측하려 한다.

우리는 이 실험을 위해 그림 1과 같이 실험장치를 구성하였다. 레이저 다이오드로 여기된 microchip laser에서 나온 파장이 $1.338\mu\text{m}$ 인 빛살이 빛살 가르게로 입사하여 일부는 반사되고 일부는 투과하여 광 다이오드로 입사한다. 일부 반사된 빛살은 다시 microchip laser로 되먹임되고 공진기는 이 되먹임된 빛살에 의해 섭동을 받게된다. 즉, 어떤 주파수로 P.Z.T를 떨어주며 되먹임을 주는 경우 레이저의 이득이 떨어진 주파수를 따라 변하게 된다. 변하는 이득은 다음과 같다.

$$g^{cc} = \frac{r_2 r_3 e^{i\phi_0} + 1}{r_1 e^{i\phi_1} (r_2 + r_3 e^{i\phi_0})}$$

여기서 r_1 과 r_2 는 각각 microchip laser의 입력, 출력 거울의 반사율이고, $\phi_0 = 2k_2 l$, $\phi_1 = 2k_3 L$ 이고 출력경과 되먹임을 주는 빛살가르게 사이의 거리인 L 이 주기적으로 변하게 된다.

레이저는 하나의 진동자로 생각할 수 있고 우리가 가해준 광 되먹임은 진동자에 가해준 외력으로 생각해볼 수 있다. 비선형 진동자에 외력을 가해주었을 때의 behavior를 Duffing이 연구했었으며 그 방정식은 다음과 같다.

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + k \frac{dx}{dt} + x^3 = B \cos t$$

그림 2와 3에서, 되먹임 주는 주파수가 레이저의 Relaxation Oscillation Frequency와 다를 때 Relaxation Oscillation Frequency신호와 되먹임된 주파수신호가 나타나있다. 그런데, 그림 4와 5는 레이저의 Relaxation Oscillation Frequency와 되먹임되는 주파수가 거의 일치할 때 나타나는 레이저의 혼돈스런 출렁임의 시간파형과 spectrum을 나타내고 있다. 그림에서 보듯이 상당히 넓은 spectrum이 나타남을 볼 수 있고 시간파형도 불규칙하게 변함을 알 수 있다.

지금 우리는 단일모드로 발진하는 레이저에서 나타나는 혼돈현상에 관해 연구하고 있으며 레이저를

기술하는 방정식의 비선형성을 밝히고자 한다.

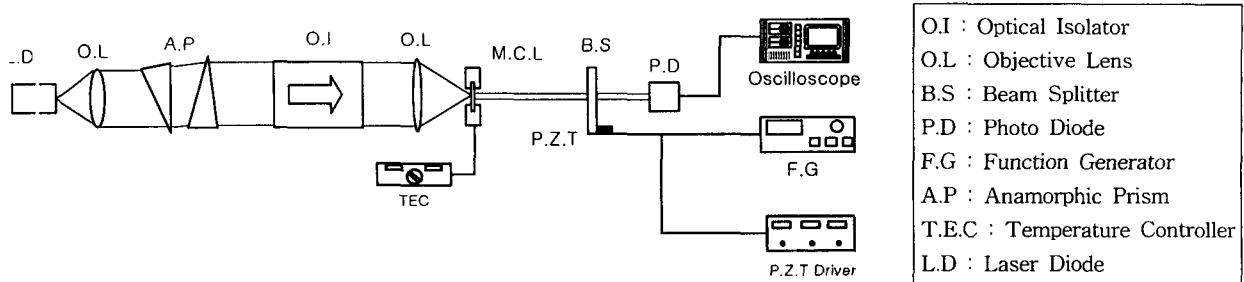


Fig. 1. Experimental Setup

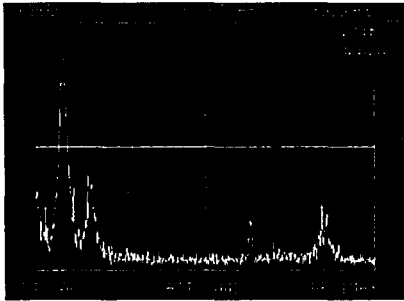


Fig. 2. Before Occurrence of Chaotic Signal

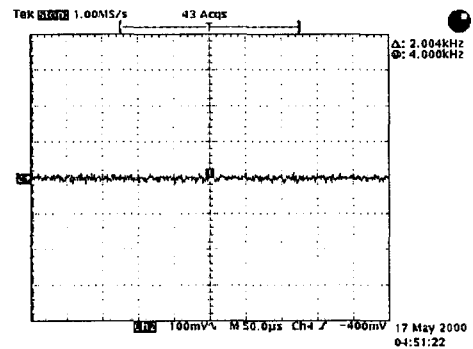


Fig. 3. Non-Chaotic Oscillation

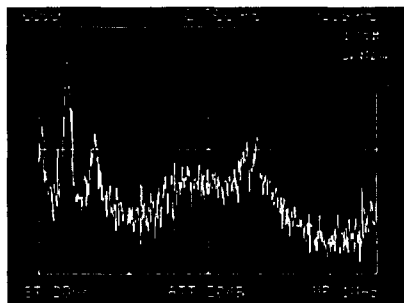


Fig. 4. The Chaotic Signal

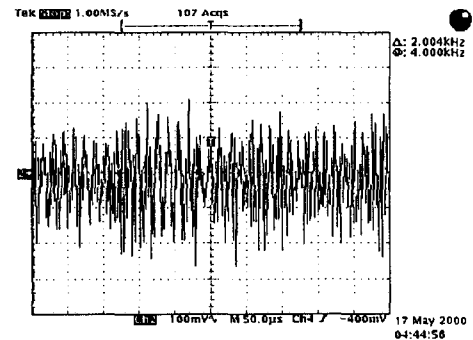


Fig. 5. Chaotic Oscillation

Reference

- 1] R.Roy, T.W.Murphy, Jr., T.D.Maier, Z.Gill and E.R.Hunt : Phys.Rev.Lett. 68(1992) 1259.
- 2] A.T.Rayn, G.P.Agrawal, G.R.Gray and E.C.Gage : IEEE.J.Quant.Electron.QE-30(1994) 668.
- 3] Y.Liu, N.Kikuchi and J.Ohtsu L.Dbo : Phys.Rev. E51(1995) R2697.