

부분적으로 되먹임된 마이크로칩 Nd:YAG 레이저의 발진특성

Lasing Characteristics of the Microchip Nd:YAG Laser in the Presence of Partial Optical Feedback

허형준, 강민희*, 조규만

서강대학교 물리학과, *한국전자통신연구원, 인터넷 기술연구부

s198144@ccs.sogang.ac.kr

레이저는 비선형 특성을 갖는 oscillator이며 이를 이용하여 이제까지 다양한 비선형 동역학적인 특성들이 연구되어 왔다. 이와 같은 연구를 통하여 비선형계에 대한 폭넓은 이해가 가능하였고 이제는 고차원 비선형 시스템을 비롯하여 혼돈을 제어하는 연구 또한 활발하게 진행이 되고 있다.

우리는 서로 강하게 연결되어 있는 두 개의 비선형 시스템의 동역학적인 특성을 연구하기 위해서 그림 1과 같이 마이크로칩 Nd:YAG 레이저를 이용한 실험장치를 구성하였다. 1338nm에서 단일 종모우드로 발진을 하는 레이저의 출력 빛살을 공간 필터기능을 갖춘 beam expander를 이용하여 빛살 구경이 7mm로 확대된 가우스빔에 가까운 빛으로 만들어 주었으며, 이 빛살은 그림에서와 같이 직각으로 polish된 거울을 이용하여 두 개의 빛살로 나누어주었다. 나뉘어진 빛살들 중의 하나는 현미경 대물렌즈를 이용하여 optical blank에 집광을 시켰으며, 이때 optical blank에서 반사된 빛은 원래의 경로를 따라 다시 레이저 공진기로 되먹임 된다. 따라서 레이저는 광학적인 되먹임에 의하여 부분적으로 섭동을 받게 된다. 우리가 구성한 실험장치에 대한 개념도가 그림 2에 나와 있다. 여기서 M1과 M2는 각각 마이크로칩 레이저의 입력 및 출력거울을 나타내고 M3는 광학적인 되먹임을 주는 optical blank를 나타낸다. 즉 레이저는 되먹임에 의하여 부분적으로 섭동을 받으며, 이 경우 레이저의 출력 특성은 optical blank의 반사율이 출력거울의 반사율에 비하여 매우 작으므로 이들에 의한 유효반사율 r_{eff} 는 다음과 같은 근사식으로 표현될 수 있다.

$$r_{eff} = \frac{r_2 + r_3 e^{2ikl_f}}{1 + r_2 r_3 e^{2ikl_f}} \approx r_2 + r_e \cos \phi \quad (1)$$

여기서 $r_e = (1 - r_2^2)r_3$ 이고 $\phi = 2kl_f$ 이며 r_1, r_2 는 각각 입력 및 출력거울의 반사율을 나타낸다. 즉, 레이저 공진기에서 광학적인 되먹임에 의하여 섭동을 받은 부분의 유효 손실은 식 (1)에 의하여 되먹임 거리 l_f 의 함수로 변하게 되고, PZT를 이용하여 l_f 를 주기적으로 변조시켜주는 경우 $r_e \ll r_f$ 이므로 섭동을 받는 부분에서 레이저의 출력세기 또한 주기적으로 변조가 된다.

그림2에서는 광학적 되먹임에 의하여 섭동을 받지 않는 부분과 그렇지 않은 부분이 명확하게 구분되어 있으나 실제로는 레이저 빛살들이 공진기 안에서 이득매질을 공유하고 있기 때문에, 되먹임 된 빛의 회절이나 거울 및 이득 매질에서의 산란 등의 효과를 고려하지 않더라도, 이 두 영역을 서로 강하게 연결이 되어 있는 비선형 시스템으로 고려할 수 있다. 이와 같이 강하게 연결되어 있는 비선형 시스템에서 한 개의 시스템에 섭동이 주어졌을 경우 이 두 시스템은 서로 동기된 출력을 가짐을 예측할 수 있다. 두 시스템의 동기성을 확인하기 위하여 되먹임 소자에 부착된 PZT에 ramp 신호를 인가하여 되먹임 거리를 주기적으로 변조시켰으며, 그림 1에서와 같이 각 빛살의 세기변화를 광다이오드로 측정하였다. 그림 3의 결과에서 볼 수 있듯이 두 영역에서 출력된 레이저 빛의 세기가 서로 동기되어 변함을

확인할 수 있었다. 현재 우리는 이와 같이 강하게 연결되어 있는 시스템에서 일어나는 스위칭, 혼돈 등 여러 가지 비선형 현상의 동기화에 대한 연구를 진행 중에 있으며, 본 논문에서는 이에 대한 결과들을 발표하고자 한다.

참고문헌

- [1] J. J. Zayhowski and A.Mooradian, Opt. Lett. 14, 24 (1989).
- [2] M. Born and E. Wolf, Principle of Optics, 4th ed. (Pergamon, New York, 1970) Secs. 1.6.4.
- [3] L. Fabiny, P. Colet, R. Roy, and D. Lenstra, Phys. Rev. A 47, 4287 (1993).

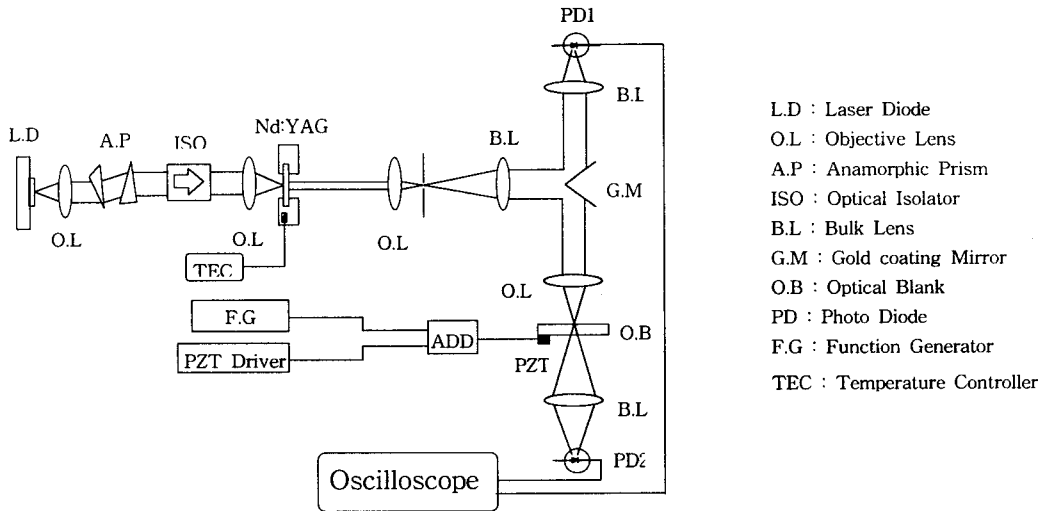


그림 1. 실험장치

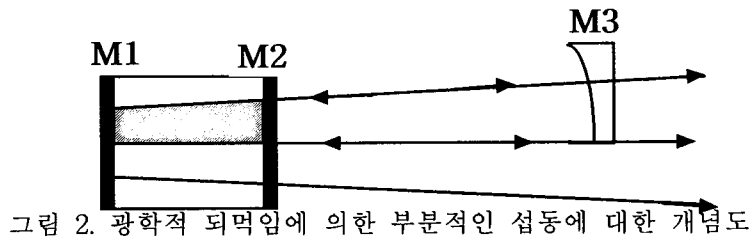
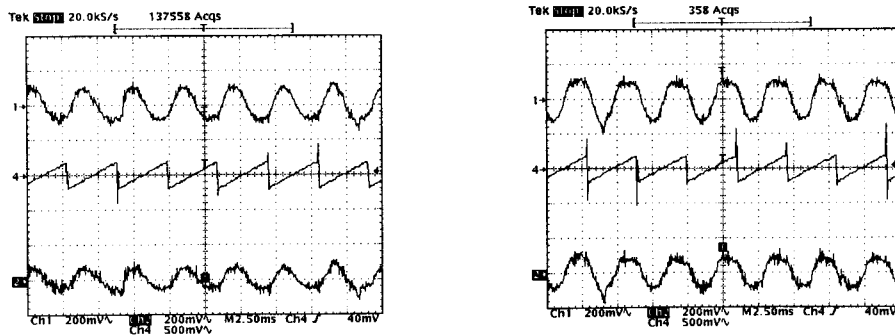


그림 2. 광학적 되먹임에 의한 부분적인 섭동에 대한 개념도



실험 결과.

그림 3.