

광주파수 표준기를 위한 반일체형 고리 공진기 제2조화파 발생기의 제작

Fabrication of Semi-Monolithic Second Harmonic Generator with Ring Cavity for Optical Frequency Standard

김재인, 윤태현

광주파수제어연구단, 한국표준과학연구원, 대전시 유성구 도룡동 1
sinerkim@kriss.re.kr

요오드 분자의 흡수선에 안정화된 532 nm 광주파수 표준기 제작을 위한 제2조화파 발생기가 현재 까지 많은 형태로 개발되어왔다⁽¹⁾. 그 대표적인 것이 외부 고리공진기를 이용한 경우⁽²⁾와 일체형 공진기⁽³⁾를 이용한 것이다. 외부 고리공진기를 이용한 조화파 발생기는 대표적인 조화파 발생기지만 네 개의 거울로 공진기가 구성되어있기 때문에 시스템이 불안해질 수 있고, 시스템의 부피가 크다는 단점이 있다. 일체형 공진기를 이용한 경우 역학적으로 안정하고 결정 자체가 공진기이기 때문에 다른 광학소자가 쓰이지 않아 손실이 적어 효율이 높다. 그러나 레이저 주파수 가변을 위해 온도를 조절하기 때문에 속도가 느리고 비임계 위상정합 온도를 항상 유지해야 하기 때문에 주파수 가변 폭이 좁다는 단점이 있다.

위의 단점들을 보완한 반일체형 고리공진기 주파수 배가기를 설계 제작하였다. 사용된 비선형 결정은 MgO:LiNbO₃를 사용하였으며 Type I 위상정합 조건을 이용하였다. 또한 상온에서 임계 위상정합 방법으로 제2차 조화파를 발생시켰다. 이렇게 상온에서 발진되며 안정적이고 주파수 가변이 용이하며 소형화가 가능한 반일체형 주파수 배가기가 제작되었다.

그림 1은 반일체형 고리 공진기의 구조를 나타낸다. 사용한 결정은 $R_1 = \infty$, $R_2 = 40$ mm의 곡률을 갖고있으며, R_1 쪽은 계산된 임피던스 정합조건에 따라 1064 nm에 대해 97%, R_2 쪽은 1064 nm에 대해 99% 이상, 532 nm에 대해서는 85%의 투과율로 코팅되어있다. 구성된 공진기는 Finesse가 103이고 FSR이 6.6 GHz로 계산된다. 공진기의 각 구간에서 Ray Matrix를 구하여 공진기 parameter들을 계산했다. 공진기 내부의 Spot Size는 74 μ m로 계산되었고 이에 따라 모드정합 렌즈를 이용하여 모드정합을 한 결과 80 정도의 Finesse를 얻을 수 있었다.

이와 같은 반일체형 공진기로 그림 2와 같은 실험 장치를 구성하였다. 비선형 결정의 온도를 상온으로 정확히 맞추기 위하여 자체 제작한 Oven에 비선형 결정을 넣어서 Thermo Electric Cooler를 사용하여 온도를 조절하였다. 공진기가 기본파에 대해 항상 공진 조건을 만족시키기 위해 Servo Loop를 이용하여 공진기 공명곡선의 최고점에 공진기를 Locking 시켰다. 그림 3은 공진기를 구성하지 않았을 때 단일통과 제2조화파 출력을 나타낸다. 공진기를 구성하여 현재 약 5 mW 정도의 제2조화파 출력을 얻을 수 있었으며 더 낮은 공진 조건을 찾아 효율을 높이는 실험이 수행되고 있다.

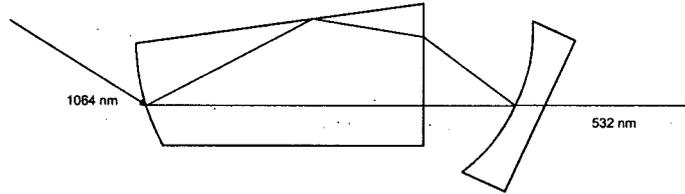


그림 1. 반일체형 고리 공진기 제2차 고조파 발생기 구조

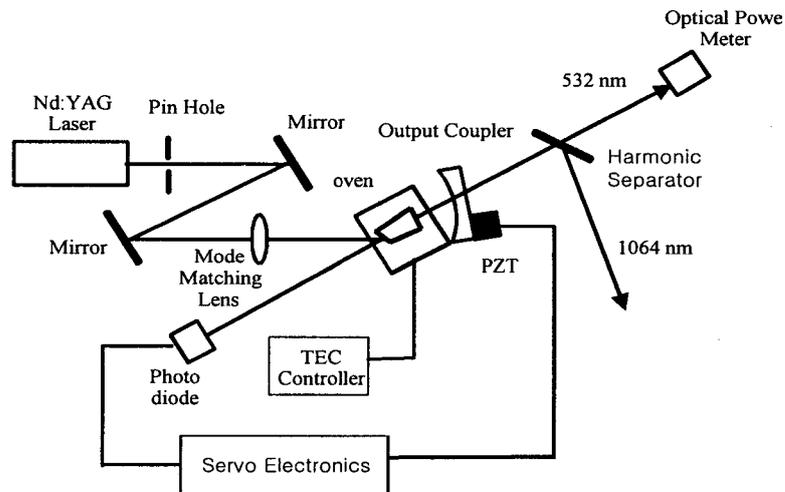


그림 2. 반일체형 제2조화파 발생기를 이용한 Nd:YAG 레이저의 제 2 조화파 발생실험 장치도

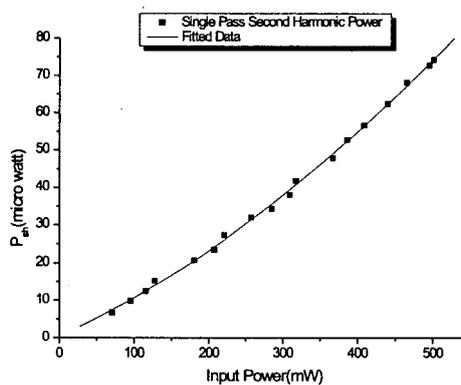


그림 3. 기본파에 대한 단일 통과 제2조화파 출력

[참고문헌]

1. P. A. Jungner, S. Swartz, M. Eickhoff, J. L. Hall, and S. Waltman, IEEE Trans. Instrum & Meas. **44**, 155 (1995)
2. Z. Y. Ou, S. F. Pereira, E. S. Polzik, and H. J. Kimble, Opt. Lett. **17**, 640 (1992)
3. W. J. Kozlovsky, C. D. Nabors, and R. L. Byer, IEEE J. Quantum Electron, **24**, 913 (1988)