

# 다이오드 여기 고체 레이저로 펌프한 주기 분극 반전 리튬니오베이트 광매개 발진기

## PPLN optical parametric oscillator pumped with the diode-pumped solid state laser

정창수, 이영락, 노영철, 고도경, 이종민

광주과학기술원 고등광기술연구소

csjung@kjist.ac.kr

소형이면서도 평균 출력이 높은 광매개 발진기를 구성하기 위해서는 펌프 광원으로 다이오드 여기 고체 레이저가 적합하다고 말할 수 있다. 그러나 이 레이저는 램프 여기 형태의 레이저에 비해 첨두 출력이 낮기 때문에, 이득이 큰 물질이 발진기의 매질로 사용되어야 할 필요가 있다. 따라서 높은 비선형성을 가지며 워크오프 효과로 인한 손실이 없는 준 위상 정합 물질이야말로<sup>(1-2)</sup> 적당한 매질이라고 할 수 있다. 우리는 이들 물질 중에서도 비선형성이 매우 크고, 길게 만들 수 있는 주기 분극 반전 LiNbO<sub>3</sub>를 발진기의 매질로 선택하였다.

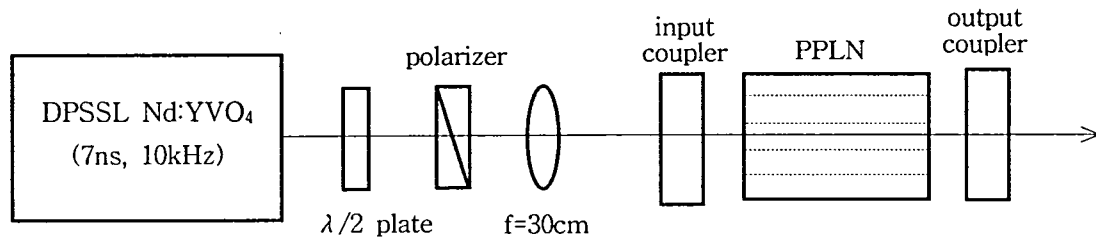


그림 1. 광매개 발진기의 구조

발진기의 구조는 그림 1과 같다. 펌프 광원으로 사용된 다이오드 여기 고체 레이저는 파장이 1064nm인 Nd:YVO<sub>4</sub> 레이저로 여기에서는 반복률을 10kHz로 맞추었으며 이때 펄스폭은 7ns였다. 반파장 판과 편광자는 펌프 빛살의 출력을 변화시키기 위해 사용하였고, 초점 거리가 30cm인 볼록 렌즈는 펌프 빛살을 발진기의 이득 매질에 집광하기 위해 사용하였다. 초점 위치에서 펌프 빛살의 크기는 가로, 세로가 각각 0.33mm, 0.21mm였다. 펌프 빛살의 초점 위치에 둔 이득 물질 PPLN은 두께가 0.5mm, 길이가 19mm이며, 분극 반전 주기가 다른 5개의 영역으로 구성된 것이었다. 각 영역의 너비는 똑같이 1.3mm이고, 주기는 30.0, 30.2, 30.4, 30.6, 30.8 $\mu$ m였다. PPLN의 2mm 뒤와 앞에 input coupler와 output coupler를 두어 공진 구조를 이루었는데, 두 coupler는 펌프 빛살의 파장인 1064nm에 대해서는 무반사 코팅되어 있고 희망 signal 영역인 1450~1650nm에 대해서는 반사율이 각각 99% 이상과 70%였다.

PPLN을 20°C인 실내 환경에 노출시키고, 펌프 빛살의 출력을 첨두 세기가 리튬니오베이트의 손상 문턱 세기(100MW/cm<sup>2</sup>)의 절반을 넘지 않는 범위에서 변화시켰을 때, 5개의 영역에서 발생하는 signal 빛살의 중심 파장과 출력은 각각 표 1과 그림 2와 같이 측정되었다.

주기	signal 파장 [nm]	
	실험값	이론값
30.0 $\mu\text{m}$	1542	1532
30.2 $\mu\text{m}$	1561	1552
30.4 $\mu\text{m}$	1581	1574
30.6 $\mu\text{m}$	1605	1600
30.8 $\mu\text{m}$	1635	1631

표 1. 영역별 signal 중심 파장

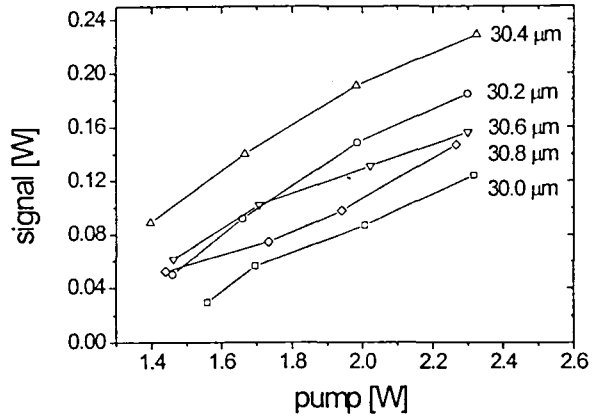


그림 2. 영역별 signal의 평균 출력

표 1을 보면 실험을 통해 측정된 시그널 파장 값들이 이론값들과 다소 차이를 보이는데, 이의 원인은 분극 반전 주기의 정밀도인 것으로 추정된다. 각 영역에서 발생하는 파장들은 모두 input 및 output coupler의 공진 범위 안에 있음에도 불구하고, 그림 2를 보면 각 영역에서 발생하는 시그널의 출력은 많이 다름을 알 수 있다. 이러한 현상은 분극 반전의 불완전성으로밖에 설명할 수 없는데, 각 영역에서 발생하는 시그널의 파장 스펙트럼을 살펴봤을 때 이 분석은 더욱 타당해진다. 그림 3에 변환 효율이 가장 높은 30.4 $\mu\text{m}$  주기의 영역에서 발생한 시그널과 효율을 낮지만 특징 있는 30.8 $\mu\text{m}$  주기의 영역에서 발생한 시그널의 파장 스펙트럼을 나타내었다. 전자의 스펙트럼이 1개의 봉우리를 갖는 것과 달리, 후자의 스펙트럼은 2개의 봉우리를 가지고 있는데, 이것으로부터 후자는 설계자의 의도와 달리 1개의 파장이 아닌 2개의 파장이 동시에 준 위상 정합될 수 있는 구조로 분극 반전되었음을 알 수 있다.

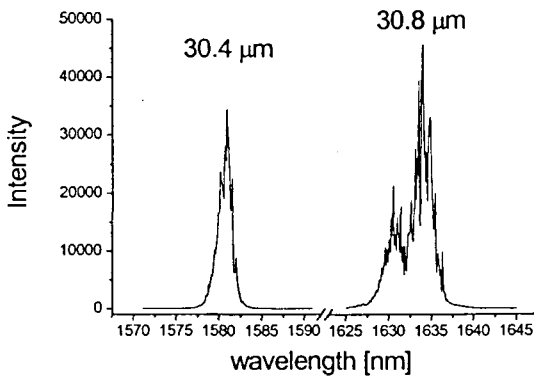


그림 3. 시그널의 파장 스펙트럼

이상과 같이 1540~1640nm 영역의 5개 파장에서 작동하는 광매개 발진기를 구성하였는데, 최고 230mW의 평균 출력을 보였다. 만일 더 두꺼운 1mm 두께의 PPLN을 사용하고 평면이 아니라 곡면을 갖는 coupler들을 사용하여 공진기를 안정화시킨다면 더 높은 출력을 내는 광매개 발진기를 구성할 수 있을 것으로 기대된다.

참고 문헌

1. L. E. Myers, R. C. Eckardt, M. M. Fejer, and R. L. Byer, Opt. Lett. **21**, 8, 591-593 (1996).
2. L. E. Myers, R. C. Eckardt, M. M. Fejer, R. L. Byer, W. R. Bosenberg, and J. W. pierce, J. Opt. Soc. Am. B **12**, 11, 2102-2116 (1995).

