

광 매개 발진기 출력의 출력거울 반사율 의존도에 대한 연구

Study of the output power of optical parametric oscillator as a function of the output coupler reflectivity

조기호*, 안화근, 이범구

서강대학교 물리학과, 서울시 마포구 신수동 1

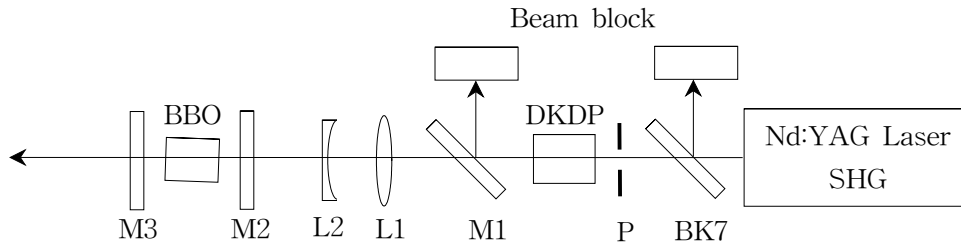
* ckhphy@sogang.ac.kr

Optical parametric oscillator(이하 OPO)의 출력효율은 매질의 비선형 광학계수의 값과 길이, pump 광원의 세기와 M^2 값, 공진기를 구성하는 두 거울 사이의 거리, 공진기를 구성하는 output coupler의 반사율 등 여러 가지 요소에 따라서 특징적으로 변화하게 된다. 이 중에서 output coupler의 반사율은 OPO의 출력효율에 있어서 가장 크게 영향을 미치는 요소 중에 하나이다. Pump광원과 비선형 매질이 정해진 제한적인 조건하에서 OPO의 출력 효율을 극대화하기 위해서는 output coupler 반사율의 적절한 선택이 필수적이게 된다. 이를 위해서는 OPO 출력효율의 output coupler의 반사율에 대한 의존도 특성을 정확하게 조사해 볼 필요가 있다. 이에 우리는 실제로 β -BaB₂O₄를 비선형 매질로 하는 OPO를 구성하여 output coupler의 반사율에 따른 OPO 출력특성을 실험적으로 조사하고, 동시에 실험과 동일한 pump, 공진기 조건이지만 walk-off와 회절효과가 고려하지 않은 간단한 형태 수치해석을 통한 해당결과와 비교함으로써 output coupler의 반사율에 따른 OPO의 출력특성을 분석하였다.

β -BaB₂O₄ OPO의 실험 장치도를 [그림 1]에 나타내었다. OPO에 입사되는 pump광원은 파장이 266nm이고 직경이 4mm, 펄스폭(FWHM)은 6ns, 반복률은 10Hz이다. OPO는 input coupler인 M2와 output coupler인 M3 사이에 β -BaB₂O₄결정이 직렬로 배치되어 있는 형태로 구성되어 있다. 두 거울사이의 거리는 모든 실험의 경우에서 35mm로 고정시켰다. M2는 input coupler로서 pump광인 266nm의 파장에서는 무반사 코팅이 되어있으며 signal파장인 314nm에서는 99%의 반사율을 가지고 있고, idler파장인 1740nm에서는 8%정도의 반사율을 가지고 있다. Output coupler인 M3는 pump광인 266nm의 파장에서는 99%의 반사율을 가지고 있으며 signal파의 반사율은 50%, 65%, 80%의 세 가지 다른 반사율을 가지고 있는 거울을 사용하였다. Idler파의 경우 각각의 거울이 7%, 7.77%, 8%의 반사율을 가지고 있다. 세 가지의 서로 다른 signal 파장에 대한 반사율을 가지고 있는 output coupler를 사용하여 반사율의 변화에 따른 OPO의 출력특성에 대한 실험을 실시하였다. 비선형 매질인 β -BaB₂O₄ 결정은 크기가 8*8*14mm³이고 광축에 대하여 33°로 절단되어 있는 결정을 사용하였으며, 결정의 양표면은 아무런 코팅이 되어있지 않은 상태였다. 위상정합방식은 type-I이었으며, signal의 파장은 314nm, idler의 파장은 1740nm가 되도록 β -BaB₂O₄의 각도를 조절하였다.

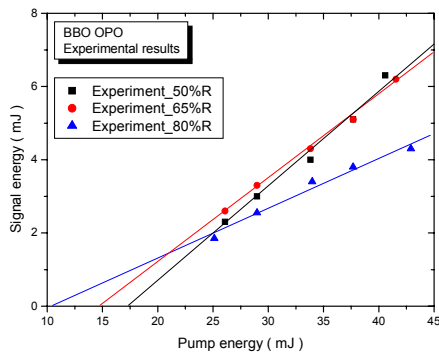
[그림 2]에 세 종류의 반사율을 가진 output coupler에 대한 실험결과 값과 수치해석 결과 값을 나타내었다. 수치해석 결과와 실험 결과를 비교해 보면, 세 종류의 output coupler 반사율이 적용된 모든 경우의 수치해석과 실험에서 threshold energy의 3-4배 값에서의 pump에너지에 대한 OPO의 signal의 출력효율은 수치해석과 실험결과가 최대 20%이내의 오차 범위 내에서 일치함을 알 수 있었으며, 두 결과 모두 threshold energy와 slope efficiency가 output coupler의 반사율에 반비례하는 경향을 나타낸 것을

확인하였다. 이는 본 연구에서 제시된 간단한 수치해석방법이 실험결과와 근사적으로 일치함을 알 수 있었고, 이로부터 고효율을 위한 OPO 구성에 있어서 주어진 제한 조건하에서 간단한 수치해석을 통하여 가장 적합한 output coupler 반사율의 예측을 근사적으로 예측 할 수 있음과 walk-off 효과는 없는 경우와 비교할 때 전체출력의 20%이하임을 알 수 있었다.

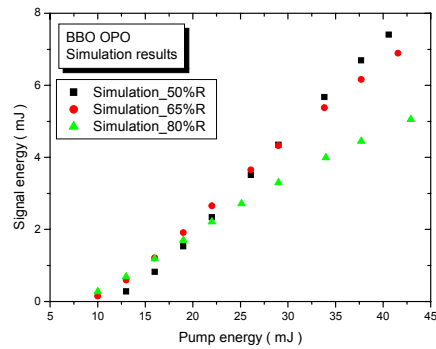


[그림 1] Experimental setup

P : pinhole, M1 : beam splitter, L1 : f=7.5cm lens, L2 : f=-5cm lens, M2 : input coupler, M3 : output coupler



(a) Experimental results



(b) Simulation results

[그림 2] Signal output energy as a function of pump energy

참고문헌

1. Stephen J. Brosnan and Robert L. Byer, IEEE QE., **QE-15**, 415 (1979).
2. R. Urschel, A. Brosutzky, and R. Wallenstein, Appl. Phys. B, **70**, 203 (2000).
3. H. J. Bakker, P. C. M. Planken, and H. G. Muller, J. Opt. Soc. Am. B, **6**, 1665 (1989).
4. R. Urschel, A. Brosutzky, and R. Wallenstein, Appl. Phys. B, **70**, 203 (2000).
5. H. J. Bakker, P. C. M. Planken, and H. G. Muller, J. Opt. Soc. Am. B, **6**, 1665 (1989).