

# BBO 결정을 이용한 Pico초 광매개 발생과 증폭

## Picosecond optical parametric generation and amplification using BBO crystals

유난이, 최혜영, 차명식  
 부산대학교 물리학과/유전체 물성 연구소  
 neyu@hyowon.pusan.ac.kr

비선형광학 결정을 이용한 optical parametric generation(OPG)은 coherent tunable radiation을 얻는 방법으로 매우 효과적이다. Beta barium borate(BBO) 결정은 비선형성이 클 뿐만 아니라 광손상문턱이 높고 자외선에서부터 근 적외선영역까지( $200 - 2000 \mu\text{m}$ ) 투명하여 optical parametric oscillation(OPO)이나 OPG/OPA(optical parametric generation/amplification)에 많이 활용되고 있다.[1-2]

분광학적 연구와 여러 가지 응용 측면에서 넓은 영역의 파장변이 손쉽고 높은 에너지를 갖는 pico초coherent source는 중요하며, 이는 결정의 비선형성을 이용하여 공진기를 구성하지 않고서도 OPG/OPA를 통하여 실현 가능하다.

본 실험에서는 내부 각이 광축과 수직인 입사면에 대해서 type I ( $e \rightarrow o+o$ ) 위상정합 용으로 잘라진 두 개의 동일한 BBO 결정을 이용하였다.(크기  $14 \times 6 \times 6 \text{ mm}^3$ ) 광원으로는 기본파 (파장 355 nm) 에서 펄스 폭이 35 pico초이고 반복률 10 Hz, mode-locked Nd:YAG 레이저의 3차고조파 (파장 355 nm) 이용하였다. 펌핑광의 에너지는 평균적으로 2.6 mJ이었고, 초점거리가 150 mm, 50 mm인 볼록렌즈와 오목렌즈를 순서대로 사용하여 펌핑 광의 크기를 3 :1로 줄여서 지름이 약 2 mm인 광을 결정에 입사시켰다. 두 개의 BBO 결정은 광의 진행방향 대해서 나란히 놓았으며 결정의 길이가 14 mm되는 긴 쪽을 이용하여 광을 입사 시켜고, 첫 번째 결정과 두 번째 결정은 거리를 22 cm정도 유지하여, 첫 번째 결정에서 고갈되지 않고 남은 펌프광과 생성된 OPG의 일부분만을 두 번째 결정에 입사하여 collinear phase matching(PM) 된 OPA를 만들 수 있었으며, 두 개의 결정을 서로 반대방향으로 회전시킴으로서 빔의 공간적인 이동을 줄여서 효율적인 OPG/OPA가 가능하였다.[2] 그림 1은 측정에 사용한 장치도 이다.

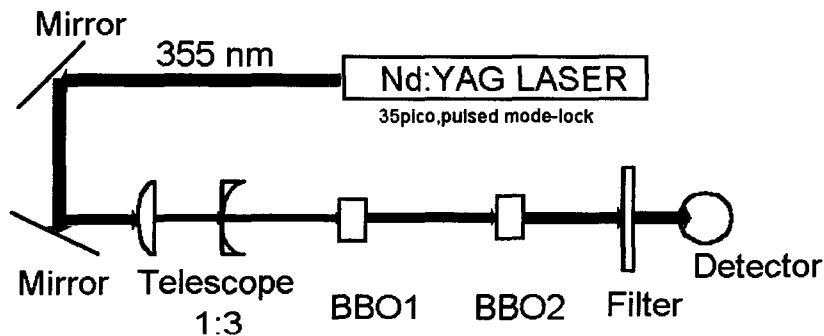


그림 1. < 측정장치의 간략한 개략도 >

그림 2는 두 개의 결정을 각도를 변화시키면서 생성된 OPA의 신호를 분광기를 통하여 파장을 측정 한 것이다. 그림에서의 실선은 Sellmeier equation[3]를 이용하여 PM각에 따른 파장을 이론적으로 계산 한 것이고 점들은 실험에서 직접 측정한 값이다. 실험 시 두 번째 결정을 통과한 후 나오는 펌프광은 분광기 앞에서 색필터를 사용하여 제거하였다. 실험에서는 내부 각을 기준으로 28°~ 32.8° 까지 micrometer 가 부착된 stage를 이용하여 각을 변화시켰으며, 이때 얻은 파장은 28°에서는 signal과 idler 가 각각 0.46  $\mu\text{m}$ , 1.54  $\mu\text{m}$  였으며, 32.8° 에서는 각각 0.65  $\mu\text{m}$  및 0.77  $\mu\text{m}$  이었다.

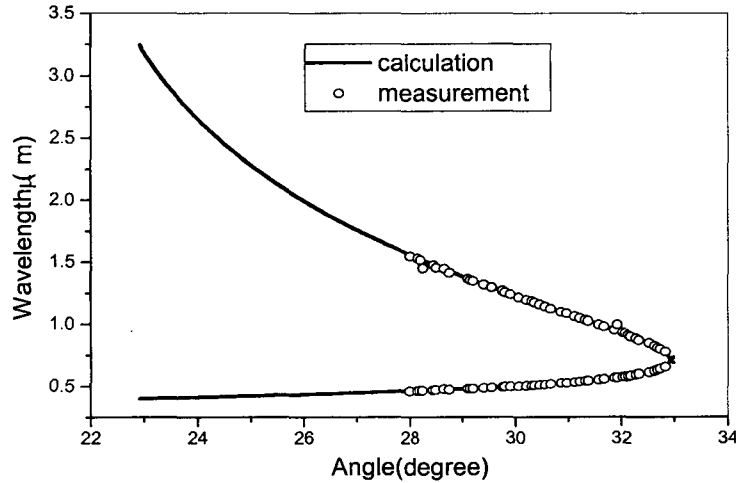


그림 2 < PM Angle에 따른 OPG 출력 파장>

펌프광의 세기가 1 mJ 이하일 때는 OPG가 생성되지 않았으며, 펌프광의 에너지가 2.6 mJ 정도 입 사되면 나오는 OPA의 signal과 idler의 에너지 합은 평균적으로 0.3 mJ 로 변환효율은 12% 정도이었다. 최대의 효율을 갖는 파장영역은 signal 파장 532 nm 부근으로 이때는 펌프인 Nd:YAG 레이저의  $2\omega$ 인 532 nm가 미약하지만 355 nm와 섞여 들어가서 seed로 작용하여 OPG가 좀더 강하게 생성되는 것으로 보이며, 이때 변환효율은 약 17 % 정도이다.

몇 개의 파장에 대해서 OPA spectrum을 측정하였다. Degeneracy point인 710 nm 부근으로 갈수록 signal과 idler 모두 선폭이 넓게(50 Å) 나타났으며, 여기서 멀어질수록 특히 signal은 매우 좁은 선폭 을 가지는 (5-6 Å) 것으로 나타났다. 그러나 signal 파장 532 nm부근에서는 signal 과 idler모두 약 6Å 정도로 작게 나타남을 측정하였으며 파장에 따라서 생성되는 OPG의 beam size도 signal이 작게(직경 약 0.5 mm)나타났고 idler는( 약 4 mm) 크게 나옴을 CCD 카메라를 이용하여 관찰하였다.

참 고 문 헌

[1]. L.K. Cheng, W.R. Bosenberg, and C.L. Tang Appl. Phys. Lett. **53**, 175 (1988)  
 [2]. J.Y. Huang, J.Y. Zhang, Y.R. Shen, C. Chen and B. Wu Appl. Phys. Lett. **66** 1446 (1995)  
 [3]. V.G. Dmitriev, G. G. Gurzadyan and D.N. Nikogosyan, *Handbook of Nonlinear Optical Crystals* (Springer-Verlag, New York, (1991), P78.