

# 주기적으로 분극반전된 LiNbO<sub>3</sub> 결정에서 고차 준위상정합 광매개 변환을 이용한 삼원색 발생

## RGB Generation by High-Order Quasi-Phase-Matched Parametric Conversion Processes in a Periodically Poled LiNbO<sub>3</sub> Crystal

전옥엽, 진민지, 임환홍, 김병주, 차명식\*

부산대학교 물리학과

\*e-mail: mcha@pusan.ac.kr

주기적으로 분극반전된 LiNbO<sub>3</sub> (PPLN) 결정은 특히 큰 비선형 광학계수인 d<sub>33</sub>를 이용하는 준위상정합 소자로서 상당히 효율적인 파장변환을 가능하게 하는 매질로 소개되어 왔다. 준위상정합 소자로 이용하는 경우 대개 1차 준위상정합의 결과로 이루어지는 파장변환이 가장 효율적이지만, 고차 준위상정합으로 이루어지는 상호작용의 크기 또한 큰 비선형 광학 계수로 인하여 상당한 크기를 보이게 된다<sup>[1]</sup>.

Baldi 등은 PPLN 광도파로에서 다소 불완전한 삼원색 발생을 구현하였다. 빨강 (R)의 경우는 사실상 819 nm 로 근적외선 영역에 해당되는 것이었고, 발생된 초록 (G) 및 파랑 (B)의 세기는 R에 비하면 상당히 작았다[2]. 또, Ren 등은 비주기적으로 분극반전된 LiNbO<sub>3</sub> 결정에서 두개의 근적외선을 펌핑하여 삼원색 발생을 하였다[3].

본 연구에서는 PPLN 에 피코초 광원의 펌핑하였을 때, 고차 준위상 정합에 의해 순차적으로 발생하는 2차 조화파 발생 (SHG) 및 차주파수 발생 (DFG)으로 삼원색의 동시 발생을 구현하였다. 본 연구의 핵심은 삼원색의 동시 발생 파장영역이 LiNbO<sub>3</sub> 결정의 광대역 준위상 정합된 차주파수 발생 영역에 놓여 있다는 점이다.

실험에 사용한 PPLN 결정은 두께 0.5 mm, 주기 24 mm, 길이 8 mm로 congruent LiNbO<sub>3</sub> 결정을 이용한 상온 액체전극 전기장 폴링법으로 제작한 것이다<sup>[4]</sup>.

광원으로는 두개의 BBO 결정에 10 Hz 의 반복률과 35 ps의 펄스폭을 갖는 Nd:YAG 레이저의 3차 조화파(YG801, Quantel)인 355 nm 로 펌핑하여 발생한 OPG-OPA를 이용하였다. OPG-OPA로부터 발생된 13 mJ 의 867 nm (FWHM ~ 4 nm)를 상온에서 PPLN 결정에 펌프광으로 집광하였다.

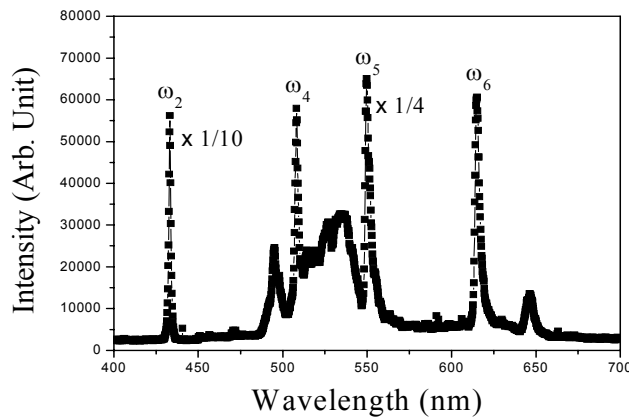


그림 1. 삼원색 발생 스펙트럼

그림 1의 뾰족한 peak 들은 펌프광 입사 후 발생하는 색깔이 빨강색 (R), 초록색 (G), 파랑색 (B) 및 연두색 (Y) 임을 보여 준다. B 는 433.5 nm 로 입사된 파장 867 nm를 기본파로 하는 7차 준위상 정합 2차조화파 발생의 결과이다.

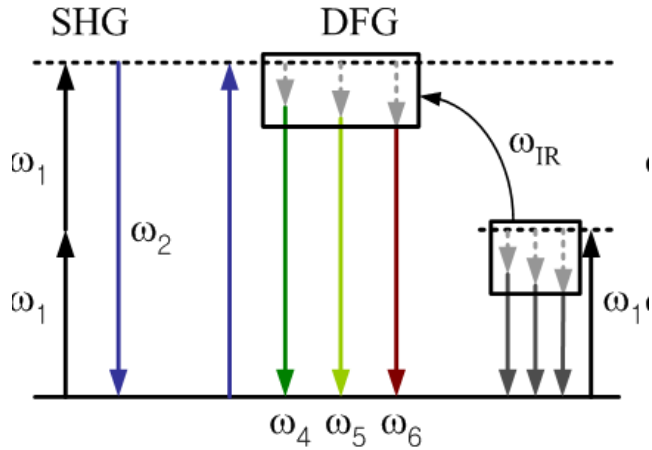


그림 2. 삼원색 발생의 에너지 관계 도식

또한, 입사된 파장 867 nm는 1400 ~ 2200 nm 영역의 파장들을 발생시키는 광매개 발생도 하는데, 이들 파장이 seeding 이 되고, 강하게 발생한 B가 펌프광이 되는 차주파수 발생의 결과로 R, G 및 Y가 발생된다. 이들의 관계는 그림 2에 나타내었다. 여기서 G, Y 및 R의 발생과정은 각각 4차 ( $w_4$ , 509 nm), 5차 ( $w_5$ , 549 nm) 및 6차 ( $w_6$ , 615 nm) 준위상정합 차주파수 발생에 의한 것이다. 짝수차수의 준위상정합이 가능한 것은 QPM 격자 주기를 구성하는 domain 의 duty 비가 완벽하지 않는 이유로 가능하다.

[1] N. E. Yu, J. H. Ro, H. K. Kim, and M. Cha, "High order quasi-phase-matched second harmonic generations in periodically poled lithium niobate", J. Korean. Phys. Soc. **35**, S1384-S1386 (1999).

[2] P. Baldi, C.G. Trevio-Palacios, G. I. Stegeman, M. P. De Micheli, D. B. Ostrowsky, D. Delacourt, and M. Papuchon, "Simultaneous generation of red, green and blue light in room temperature periodically poled lithium niobate waveguides using single source" , Electron. Lett. **31**, 1350-1351 (1995).

[3] T. W. Ren, J. L. He, C. Zhang, S. N. Zhu, Y. Y. Zhu and Y Hang, "Simultaneous generation of three primary colours using aperiodically poled LiTaO3", J. Phys.: Condens. Matter **16**, 32893294 (2004).

[4] M. J. Jin, O. Jeon, B. J. Kim, and M. Cha, "Fabrication of periodically poled lithium niobate crystal and poling-quality evaluation by diffraction measurement", J. Korean. Phys. Soc. **47**, S336-S339 (2005).