

준위상 정합 대역이 넓은 주기적으로 분극 반전된 LiNbO₃에서의 삼원색 빛 동시 발생

Simultaneous Generation of Three Primary Color Light in Periodically Poled LiNbO₃ with Broad Quasi-Phase Matching Band

임환홍*, 전옥엽*, 김병주*, 차명식*

*부산대학교 물리학과

mcha@pusan.ac.kr

삼원색 레이저 빛의 동시 발생은 레이저 프로젝션 디스플레이로의 응용이 가능하다. 레이저 프로젝션 디스플레이는 초점 심도가 깊고 휘도와 명암 비가 높으며 공간 분해능이 좋은 장점이 있다⁽¹⁾. 최근까지 삼원색 레이저 빛을 동시에 발생 시키려는 많은 연구가 진행되어 오고 있지만 변환 효율을 향상시키고 삼원색 빛의 상대적 세기를 고르게 하여야 하는 과제가 남아있다.

주기적으로 분극 반전시킨 LiNbO₃ (periodically poled lithium niobate: PPLN) 는 비선형 광학 계수 d_{33} 가 매우 커서 준위상 정합 (quasi phase matching: QPM) 을 이용하여 적외선을 가시광선으로 변환하는 효율적인 주파수 변환을 할 수 있다⁽²⁾. 가장 효율적인 일차 QPM 과 함께 높은 차수의 QPM 역시 효율적인 주파수 변환에 응용되고 있다⁽³⁾. 본 연구에서는 일차 QPM 차주파수 발생 (DFG) 과 높은 차수의 QPM 이차조화파 발생 (SHG), DFG 그리고 합주파수 발생 (SFG) 등을 이용하여 하나의 PPLN 에 하나의 ps 레이저를 사용하여 삼원색이 포함된 다중 색 빛의 동시 발생을 구현하였다.

본 연구에서 사용한 PPLN 은 0.5 mm 두께의 z-cut 된 LiNbO₃ 결정을 액체 전극을 사용하여 상온에서 전기적으로 poling 하여 제작되었다. QPM 주기가 21.5 ~ 24.0 μm 이고 길이가 8 mm 인 PPLN 을 제작하였고 본 실험에서는 주기가 22.5 μm 인 PPLN 을 사용하였다. 모드 잠금 된 Nd: YAG laser (Quantel, YG900, 10 Hz, 35 ps) 의 3차 조화파 355 nm 를 한 쌍의 β -barium borate 결정에 입사하여 만든 OPG-A (optical parametric generation-amplification) 장치에서 얻어지는 idler 840 nm 를 펌프광으로 하고 25.9 μJ 의 펄스 에너지로 펌핑하였다.

그림 1 은 측정된 백색광의 스펙트럼이다. 파란색의 피크 (ω_2) 는 펌프광의 7차 QPM SHG 이다. 녹색의 피크 (ω_3) 와 빨간색의 피크 (ω_4) 는 각각 ω_2 의 5차와 6차 QPM DFG 이고, ω_3 과 ω_4 는 펌프광의 1차 QPM OPG 에 의해 발생한 그림 2 의 Ω_3 과 Ω_2 가 DFG 의 seed 역할을 하여 효율적으로 발생한다. 즉, ω_3 (ω_4) = $\omega_2 - \Omega_3$ (Ω_2) 이다. 피크 ω_5 는 Ω_1 과 Ω_2 의 2차 QPM SFG 의 결과이다. 짝수 차의 QPM 은 PPLN 의 주기의 duty 비의 편차에 의해 발생한다.

그림 1에서 발생된 백색광의 세기와 파장이 온도의 변화에 대해 둔감한 것을 알 수 있다. 이러한 특징은 그림 2의 OPG 밴드가 매우 넓어 온도변화에 관계없이 여전히 seed 로 작용하고, 그 signal 과 idler 의 군속도 또한 거의 같아서 효율적인 parametric generation 이 가능하기 때문이며 실용화에 큰 장점으로 작용할 것 이다. 펌프광의 파장을 850 nm 로 변화시켰을 때 피크들의 세기의 조화는 떨어지나

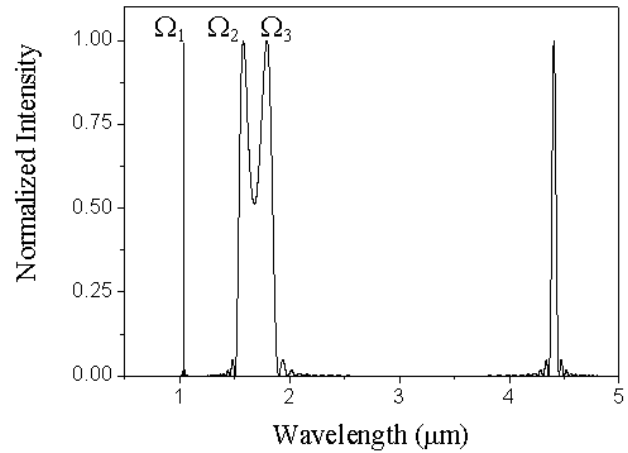
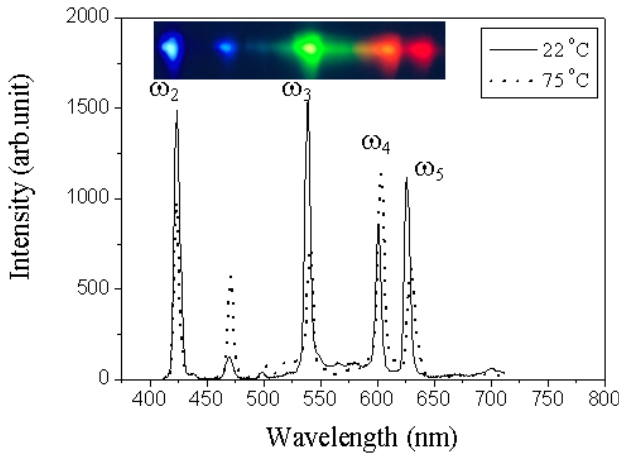


그림 1 백색광의 스펙트럼 (실선: 22 °C, 점선: 75 °C) 과 회절격자에 회절 된 빛의 빛점들의 사진
백색광의 최대 펄스 에너지 0.4 μJ 을 얻었다.

그림 2 이론적으로 계산된 24 °C 에서의 펌프광 840 nm 의 1차 QPM OPG 스펙트럼

본 실험에서는 온도의 변화에 둔감하고 세기가 비교적 균일한 삼원색 빛의 동시 발생을 하나의 PPLN 과 하나의 ps laser 를 사용하여 구현하였다. PPLN 의 QPM 밴드 대역과 duty 비를 최적화함으로써 세기의 조화와 함께 현재의 변환 효율 ~1.5 % 을 향상 시킬 것으로 기대한다.

참고문헌

1. J. Wallace, "Single laser delivers full color", Laser Focus World 35, 15 (1999).
2. G. D. Miller, R. G. Batchicko, W. M. Tulloch, D. R. Weiss, M. M. Fejer, and R. L. Byer, Opt. Lett. 22, 1834 (1997).
3. P. Baldi, C.G. Treviño-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 (1995).
4. O. Y. Jeon, M. J. Jin, H. H. Lim, B. J. Kim, and M. Cha, "Broadband optical parametric amplification at the telecommunication band with periodically poled lithium niobate", Optics Express 14, 7210 (2006)