

매우 넓은 광매개발생 대역 및 RGB 발생을 위한 준위상정합 구조의 설계

A design of quasi-phase matching structures for extremely broad band optical parametric generation and RGB generation

임환홍, Prakash Om, 김병주, 차명식*

부산대학교 물리학과

mcha@pusan.ac.kr

레이저 프로젝션 디스플레이는 기존의 디스플레이에 비해 초점 심도가 깊고 휘도와 명암 비가 높으며 공간 분해능이 좋다⁽¹⁾. 삼원색 레이저 빛은 프로젝션 디스플레이의 제작에 필수 요소이며 compact 한 디스플레이를 제작하기 위해서는 단순한 구조에서의 삼원색 레이저 빛의 동시 발생이 중요하다. 최근까지 삼원색 레이저 빛의 동시발생에 관한 많은 연구가 진행되어 오고 있지만 변환 효율을 향상시키고 삼원색 빛의 상대적 세기를 고르게 하여야 하는 과제가 남아있다.

준위상정합 (quasi phase matching: QPM)은 이차 비선형 매질에서 비선형 주파수 변환이 효율적으로 발생하도록 매질을 주기적으로 분극 반전시킴으로 실현 가능하고 매우 큰 비선형 광학 계수 d_{33} 를 이용할 수 있어 적외선을 가시광선으로 효율적으로 변환할 수 있다⁽²⁾. 가장 효율적인 일차 QPM 과 함께 높은 차수의 QPM 역시 효율적인 주파수 변환에 응용될 수 있다⁽³⁾. 본 발표에서는 하나의 주기적으로 분극 반전된 LiNbO_3 (PPLN)과 하나의 ps 레이저를 사용하여 삼원색 빛의 동시 발생을 구현한 것을 소개하고 현재의 변환 효율을 향상시킬 수 있는 대안을 제시하고자 한다.

단일의 펌프 광으로 하나의 PPLN에서 삼원색 빛의 동시 발생을 구현하려면 몇 가지 필요조건이 있다. 첫째로 펌프 광의 파장이 이차조화파 발생 (SHG)에 의해 Blue를 만들 수 있어야 한다. 둘째로 펌프 광의 광매개 발생 (OPG)의 파장 영역이 펌프 광과 함께 합주파수 발생 (SFG)으로 Green 과 Red를 동시에 만들 수 있도록 OPG 파장 대역이 넓어야 한다. 셋째로 위의 SHG 와 SFG 가 하나의 PPLN 주기로 QPM 이 가능하여야 한다.

두께가 0.5 mm 이고 주기가 22.5 μm 이며 길이가 8 mm 인 PPLN 을 상온에서 액체 전극을 사용하여 전기적 poling 하여 제작하였다. 펌프 광은 모드 잠금 된 Nd: YAG laser (Quantel, YG900, 반복율: 10 Hz, 펄스 폭: 35 ps) 의 3차 조화파인 355 nm 를 한 쌍의 β -barium borate 결정에 입사하여 제작한 OPG-A (optical parametric generation-amplification) 장치에서 얻어지는 idler 840 nm 를 사용하였고 26 μJ 의 펄스 에너지로 펌핑하였다.

그림 1은 하나의 PPLN에서 하나의 펌프 광을 사용하여 발생시킨 백색광의 스펙트럼이다. 파란색의 피크 ω_2 는 펌프광의 7차 QPM SHG 이다. 피크 ω_3 (ω_4, ω_5) 는 펌프광의 1차 QPM OPG 에 의해 발생한 signal 과 idler 와 펌프광의 5차 (3차, 2차) QPM SFG 이다. 피크 ω_6 는 signal 과 idler 간의 2차 QPM SFG 의 결과이다. 짝수 차의 QPM 은 PPLN 의 제작 과정에서 필연적으로 수반되는 주기의 duty 비의 편차에 의해 발생되어질 수 있다⁽⁴⁾. 발생된 백색광의 세기와 파장이 온도의 변화에 대해 둔감한 것을 그림 1에 나타내었다. 이러한 특징은 펌프광의 OPG 밴드가 매우 넓어 온도 변화에 둔감하고 군속도가 거의 같은 signal 과 idler 사이의 walk-off 가 8 mm 시료에서는 펄스폭에 비해 작아서 효율적인 상호작용이 가능하기 때문이며 실용화에 큰 장점으로 작용할 것이다.

발생된 백색광은 삼원색 빛을 포함한 다중색 빛들의 상대적 세기가 비슷하고 온도 변화에 둔감한 장

점이 있으나 전환 효율이 약 1.5% 정도이다. 이러한 전환 효율을 높이기 위해 기존의 7차 QPM SHG 를 6차 QPM SHG 로 바꾸기로 하고 모의실험을 통해 삼원색 동시발생이 가능한 QPM 주기와 펌프 파 장을 선택하였다. 선택된 주기와 펌프 파장은 각각 27.3 μm 과 940 nm 이다. 그림 2는 위의 주기와 펌프 파 장으로 온도 20도에서 Sellmeier 식으로 계산한 QPM OPG 와 RGB 밴드이다. Blue는 펌프의 6차 QPM SHG이 고 Green은 펌프와 OPG의 idler 1500 nm 간의 3차 QPM SFG 이다. Red 는 펌프와 OPG idler 2128 nm 간의 2차 QPM SFG 이다. 우리는 하나의 PPLN 장치에서 하나의 펌프 파장으로 보다 효율적인 삼원색 빛의 발생이 가능한 것을 모의실험을 통해 밝혔으나 PPLN 의 경우에는 발생하는 삼원색이 장파장 쪽으로 치우쳐 있다. 즉, Blue 는 펌프 파장의 반인 470 nm 이고 Green 은 노랑색에 가까운 578 nm 이며 Red 는 652 nm 이다. PPLN 에서 발생하는 빛들은 순수한 삼원색 빛의 파장과 달라 완전한 백색광을 발생하는 데 어려움이 있을 수 있다.

보다 완전한 파장대의 삼원색 빛을 발생시키기 위하여 우리는 몇 가지 비선형 물질에서 QPM 주기를 계산 하였고 stoichiometric LiTaO₃ (SLT)에서 가능함을 확인하였다. 그림 3은 온도, 주기, 펌프파장을 각각 23도, 26.7 μm , 885 nm 으로 계산한 QPM OPG 와 RGB 밴드이다. PPSLT 에서는 순수한 삼원색 빛의 발생이 가능 하다. 즉, Blue 는 442.5 nm 이고 Green 은 543 nm 이며 Red 는 612 nm 이다. 우리는 위의 조건과 같은 PPSLT 를 이용하여 보다 효율적인 삼원색 빛 동시 발생을 구현할 계획이다.

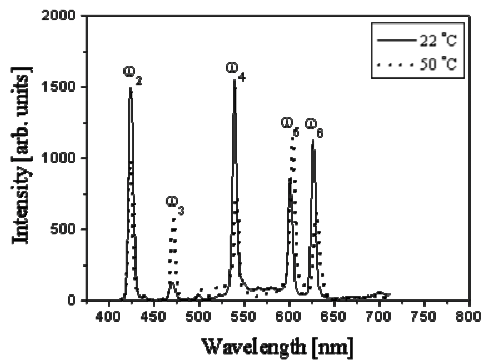
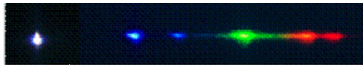


그림 1

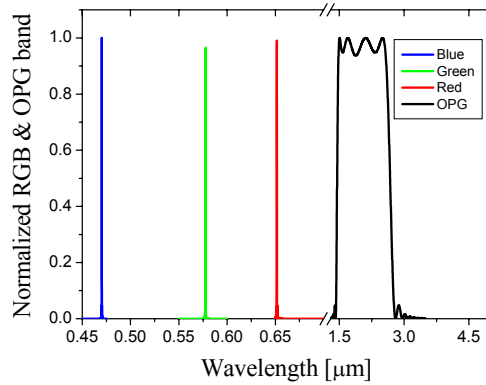


그림 2

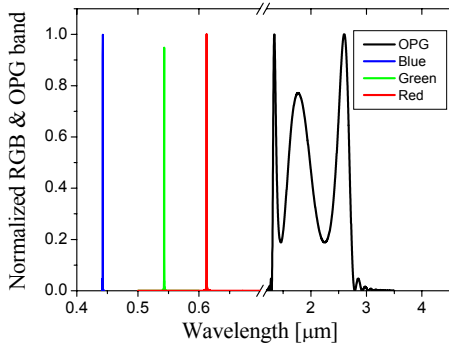


그림 3

참고 문헌

1. J. Wallace, 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, Electron. Lett. **31**, 1350 (1995).
4. M M. Fejer, G. Magel, D. H. Jundt, and R. L. Byer, IEEE J. Quantum Electron. **28**, 2631 (1992)