

분극 반전된 LiNbO₃에서의 광매개 공진기에 의한 근적외선 파장 가변 레이저 제작

Tunable Near Infra-Red Radiation by Optical Parametric Oscillator in Periodically Poled Lithium Niobate

이형만, 양우석, 김우경, 정우진*, 권순우**, 이한영

전자부품연구원 나노바이오센터, *서울시립대학교 전자전기컴퓨터공학부, **한국항공대학교
항공재료공학과
lhm0703@keti.re.kr

레이저를 이용한 분석법에 있어 좁은 선폭을 갖는 다이오드 펌핑 고체 레이저를 적용함으로써 고 분해능을 갖는 분광기에의 응용이 가능하다. 최근 Ti:sapphire 레이저와 Ti:sapphire 레이저의 2차조화파 생성 및 외부공진기 다이오드 레이저 등의 방법으로 좁은 선폭을 갖는 레이저가 개발되어 사용되고 있으나 특정 파장에 한정되어 있는 문제점이 있다. 475nm-630nm 파장영역의 경우 Dye 레이저 사용이 가능하나 좁은 선폭 제어와 파장 안정성 확보의 문제가 있어 분석용으로 적용하기에 단점을 갖고 있다. 우수한 압전, 전기광학 및 비선형 특성을 갖는 LiNbO₃와 같은 결정을 사용한 광매개 공진기를 적용한 파장가변 레이저는 좁은 선폭, 파장안정성, 파장가변범위 및 광출력 파워등의 관점에서 타 기술에 비해 큰 장점을 갖고 있다. 일반적으로 1064nm 펌핑광원을 이용한 1.5-4 μ m용 파장가변레이저 제작에 대한 연구는 많이 진행되어 왔으나^(1,2) 532nm 펌핑광원을 적용한 0.55-2.5 μ m용 파장가변레이저의 제작에 대한 연구는 재현성 있는 의사위상정합(Quasi Phase Matching) 분극주기 제작의 어려움으로 연구사태가 미미한 상황이다. 따라서, 본 연구에서는 532nm 펌핑광원을 적용하고 의사위상정합 분극주기 7.3 μ m, 7.9 μ m 및 8.5 μ m 세가지 주기를 동일 칩상에 제작하여 NIR 700-800nm의 시그널(Signal) 파장과 MIR 1500-2200nm의 아이들러(Idler) 파장을 갖는 파장가변레이저를 제작하고 그 특성을 평가하였다.

QPM 분극 반전 칩은 Z-cut 3인치 LiNbO₃ 결정(Crystal Technology, Inc, USA)에 주기적인 패턴을 형성함으로써 제작된다. LiNbO₃결정의 표면을 아세트산, NH₄OH:H₂O:H₂O₂ 와 HCl:H₂O:H₂O₂ 용액에 의해 세척한 후, 3 μ m두께를 가진 감광액을 결정의 +Z면에 도포하고 QPM 칩 제작용 마스크를 사용하여 포토레지스트 절연막을 사진식각 공정에 의해 형성한다. 제작된 웨이퍼를 분극반전 지그에 장착하고 분

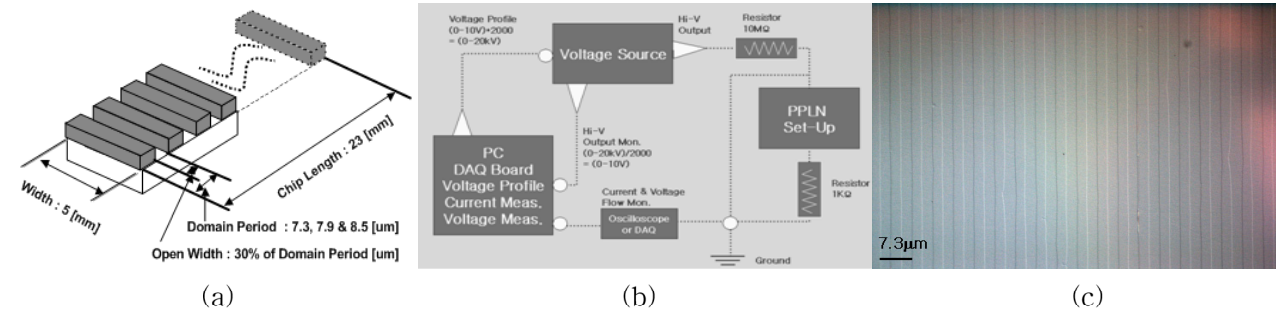


그림 1(a) QPM

(b) 분극 반전 전기장 제어 시스템 (c) 7.3 μ m 분극 반전 패턴 샘플

극반전을 위해 전기장 제어 시스템에 체결한 후 전기장을 가함으로써 분극반전 칩 공정을 완료한다. 그림 1 (a), (b) 및 (c)는 각각 (a) QPM 제작용 마스크 설계, (b) 분극 반전 전기장 제어 시스템 및 (c) 7.3 μ m 분극 반전 패턴 샘플을 나타낸다. 비선형 변환 효율은 상기 그림1의 (c) 에칭 그림에서와 같이 + 와 - 분극 패턴이 균일하게 50%의 비율로 제작되었을 때 가장 높은 변환 효율을 갖게 된다.

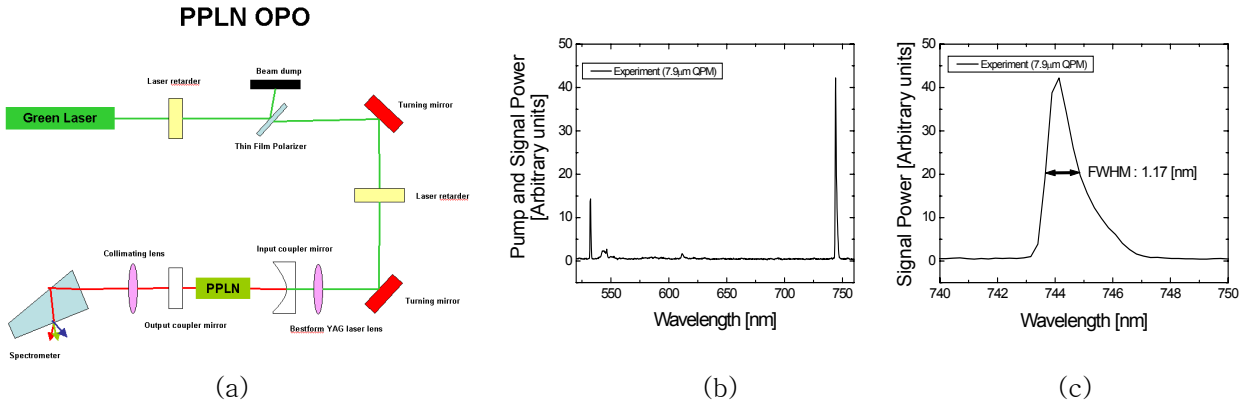


그림 2(a) OPO 파장변환 시스템 (b) 펌핑과 시그널 파장 측정 그래프 (c) 시그널 파장 측정 그래프

제작된 QPM 분극 반전 칩과 광매개 공진기 구성을 위한 미러 및 다양한 광학계를 적용하여 파장가 변레이저 시스템을 제작하였다. 시스템의 빔의 진행 특성(Beam Propagation Characterization)을 평가 하고 빔 진행 경로를 최적화하기 위해 이론적인 접근 방법을 적용하였다. Paraxial Wave Equation과 ABCD Matrix를 사용하여 광학계를 설계하고 평가하였다. 비선형 결정 내에서의 빔직경을 최소화 함으로써 비선형 변환효율을 높일수 있으나 실제 실험에서는 공진기 미러와 결정의 파손을 막기 위해 100 μ m 정도의 최소 빔 직경을 갖도록 하여 파장 변환 실험을 진행하였다. 그림 2(a)는 파장가변 실험을 위한 OPO 시스템 구성도를 나타낸다.

파장가변 실험을 위해 히팅지그를 사용하였으며 온도변환에 적용된 범위는 330K-430K로 100도로 설정하였다. 샘플에 전달되는 온도를 측정하기 위해 온도센서 2개를 사용하였으며 1개는 히팅블럭에 사용하고 또 하나는 QPM 분극반전 샘플의 표면에 사용하였다. 그림 2(b)와 (c)는 히팅블럭을 70도로 유지하고 공진기에서 출사되는 빔을 분광기로 집속하여 500-800nm 파장영역을 측정한 결과를 나타낸다. 그림 2(c)에서와 같이 7.9 μ m 분극주기를 갖는 샘플에 펌핑광원을 집속하여 광매개 공진기 구성에 의해 얻어진 시그널 파장의 피크파장은 744.1nm이고 선폭은 1.17nm임을 확인하였다. 또한, 온도변환에 따른 시그널 파장의 피크파장 변환 정도는 65-85 $^{\circ}$ C 영역에서 대략 0.2nm/ $^{\circ}$ C임을 확인하였다.

본 연구에서는 532nm 펌핑 광원과 분극주기 7.3 μ m, 7.9 μ m 및 8.5 μ m 세가지 QPM이 동일칩에 제작된 샘플을 사용하여 광매개 공진기를 구성하였으며 이를 통해 파장변환 실험을 한 결과 330K-430K 의 100도 온도 제어에 의해 NIR 영역에서 7.3 μ m의 경우 800nm 근처에서 27nm, 7.9 μ m의 경우 750nm에서 16nm 및 8.5 μ m의 경우 700nm에서 11nm 변환이 가능한 파장가변레이저를 구현하였다.

참고 문헌

1. K. Schneider, P. Kramper, S. Schiller, J. Mlynek, "Toward an optical synthesizer: a single-frequency parametric oscillator using periodically poled LiNbO3", Opt. Lett. 22, 1293 (1997)
2. M. E. Klein, D. H. Lee, J. P. Meyn, K. J. Boller, R. Wallenstein, "Singly resonant continuous-wave optical parametric oscillator pumped by a diode laser", Opt. Lett. 24, 1142 (1999)