

주기적으로 분극 반전된 LiNbO₃ 결정의 제작과 2차 조화파 발생의 측정

Fabrication of Periodically Poled Lithium Niobate and Second Harmonic Generation

진민지, 전옥엽, 김병주, 차명식*

부산대학교 물리학과 / 부산대학교 유전체 물성연구소

부산광역시 금정구 장전2동 부산대학교 609-735

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

비선형 광학 효과가 매질의 길이를 이용하여 효율적으로 발생하려면 상호 작용하는 광파간의 위상 정합이 필수적이다.⁽¹⁾ 본 연구에서는 준위상정합 (QPM ; Quasi-Phase Matching)을 이용한 광 상호작용을 위해 분극 반전된 LiNbO₃ (PPLN Periodically Poled Lithium Niobate) 결정을 제작하고, 시료의 활용 목적인 800 nm 근처의 파장의 pumping으로 통신 파장대의 1550 nm가 발생되게 하는 OPA (Optical Parametric generation)를 하기 전에 먼저 시료의 2차 조화파 발생(SHG Second Harmonic Generation)을 조사하여 평균 주기의 fidelity(충실도)를 알아보았다.

본 실험에서 사용된 시료는 고전압을 이용한 액체 전극(LiCl) poling 법을 이용하여⁽²⁾ 제작한 PPLN 이다. Poling에 사용된 고전압 펄스 모양은 다음과 같다.

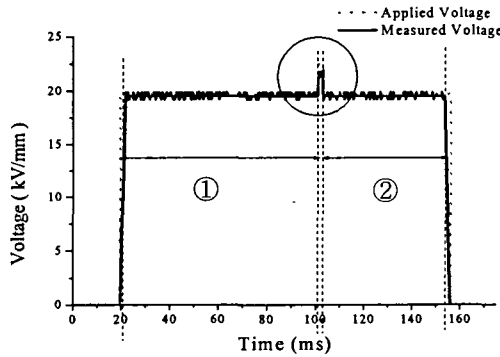


그림 1

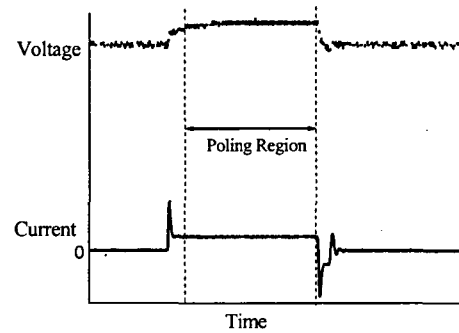


그림 2

그림 1은 시료에 인가해 주는 전체 전압의 pulse 모양으로, 점선은 인가해 준 전압이고 실선은 측정된 전압의 모양이다. 그림 2는 그림1의 동그라미 친 부분을 나타낸 것으로 이때 측정된 전류를 함께 나타낸 것이다. 그림 1의 ① 구간은 갑작스런 전압상승으로 인한 시료의 스트레스를 줄여 주는 구간이고, ② 구간은 전압 강하에 의한 back poling을 방지하기 위한 구간이다. 실제로 poling은 그림 2의 점선으로 표시한 부분에서 일어나며 그림에서 보는 바와 같이 poling이 일어나는 부분에서 poling이 일어나지 않는 부분과 비교해 볼 때 전류가 흐르는 모습을 볼 수 있다. 펄스 전압을 많이 인가하게 되면 시료의 패턴이 합쳐지게 되므로 패턴이 합쳐지지 않게 하는 전류의 조절이 무엇보다 중요하다.

본 실험에서는 먼저 PPLN을 만들 시료와 크기가 같고 패턴이 없는 LiNbO₃ 결정의 전면을 poling 하여, 그림 2의 poling 구간에 대한 전류를 시간에 대해서 적분하여 시료에 쌓인 총 전하량을 구했다.

그런 다음 lithography 한 시료의 poling 될 면적을 계산한 후 거기에 비례하는 전류만을 흘려보내는 방법을 택하였다. 이렇게 제작한 PPLN은 두께가 0.5 mm, 길이가 7 mm, 평균 주기가 18.5 μm 로 ns Nd:YAG 레이저 (Spectron SL 802G)의 355 nm로 pumping으로 하는 BBO ($\beta\text{-BaB}_2\text{O}_4$) OPO (Optical Parametric Oscillator)를 이용하여 파장을 변화해 가면서, 상온에서 Type-I SHG 의 위상 정합 파장을 조사하였다.

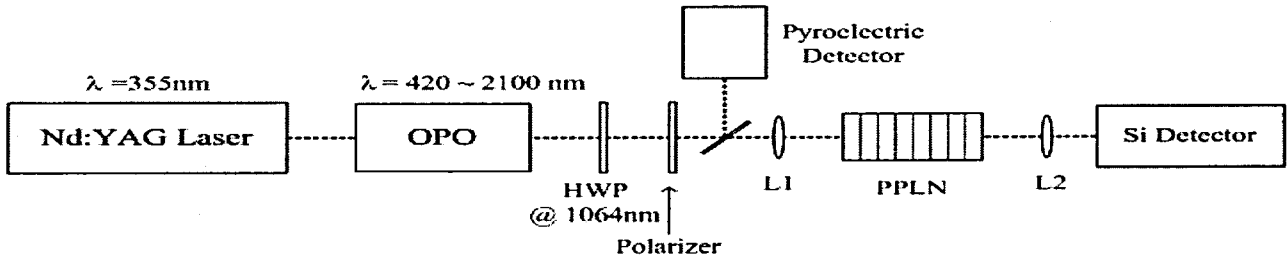


그림 3

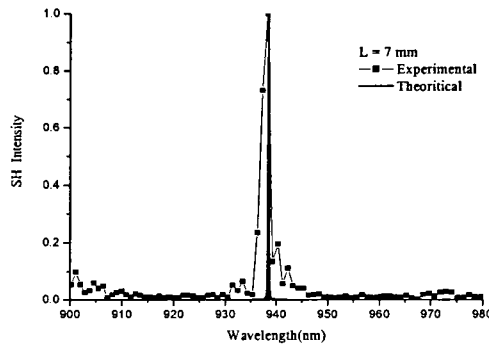


그림 4

그림 3은 실험의 장치도이다. 그림 4에서 spectral band 폭은 실험으로 측정하였을 때 2 nm로 이론값인 0.2 nm와는 거리가 있는 것으로 보여지나, 이것은 실험에 이용한 OPO의 파장 분해능이 대략 2 nm 이기 때문에 이론보다 넓게 측정되는 것이다. 이론치의 중심 파장대와 실험치의 중심 파장대가 일치하는 것으로 보아 평균 주기 18.5 μm 로 poling이 잘 되었다고 판단된다. 주기의 duty cycle의 효율성의 측정은 선폭이 좁은 source가 필요하기 때문에 온도의 변화를 통해서 실험을 해 보려고 한다.

참고문헌

- 1 J. Armstrong, N. Bloembergen, J. Ducuing, and P. Pershan, "Interaction light waves in a nonlinear dielectric", Phys. Rev. 127, 1918-1939 (1962)
- 2 노정훈, "Poling dynamic of lithium niobate crystals for nonlinear optical applications", 이학 박사 학위논문, 14 (2001); Jung Hoon Ro and Myongsik Cha, "Subsecond relaxation of internal field after polarization reversal in congruent LiNbO₃ and LiTaO₃ crystals", Appl. Phys. Lett., 77, 2391-2393 (2000)

T
P