

펨토초 레이저로 제작된 PPLN 도파로에서의 2차 조화파 발생

Second-Harmonic Generation in Novel PPLN Waveguides Fabricated by Femtosecond Laser

이영락, 유난이, 정창수, 유봉안, 고도경, 손익부*, 최성철*, 노영철*, 양우석**, 이형만**, 김우경**, 이한영**

광주과학기술원 고등광기술연구소 비선형광학연구실, *미세광학연구실,
**한국전자부품연구원
laks@apri.gist.ac.kr

주기적으로 분극 반전된 LiNbO₃ (PPLN) 도파로 소자를 기반으로 한 준위상 정합 (QPM) 파장 변환 소자는 전광 파장 변환⁽¹⁾, 소형 레이저 광원⁽²⁾, 전광 논리소자⁽³⁾, 광 펄스 압축 등 다양한 비선형 응용분야에 사용될 수 있다. 일반적으로 PPLN 도파로 소자는 APE (Annealed Proton Exchange), Ti 확산, Zn 확산 등의 방법으로 만들어 진다. 이러한 방법들로 만들어진 도파로 소자는 도파손실이 낮은 장점이 있으나, 도파로가 LN 표면 근처에서 만들어져, 이상적인 도파 모드를 가지기 힘들다. 또한 제작과정에서 고온 처리, 산 처리, 광 리소그라피와 같은 여러 단계의 공정이 필요하다. 최근들어, 레이저를 이용한 새로운 형태의 LN 도파로 소자가 시연되었다⁽⁴⁻⁶⁾. 레이저를 이용한 도파로 가공은 도파로를 3차원 형태로 만들 수 있고, 제작 공정이 간단하다는 장점을 가지고 있다. 본 발표에서는 펨토초 레이저를 이용하여 PPLN 샘플 내부에 도파로를 제작하고, 2차 조화파를 발생 시킨 결과를 소개한다.

2차 조화파를 발생을 위한 실험 장치도는 그림 1과 같다. 작은 그림 상자는 제작된 PPLN 도파로 소자를 나타내며, 도파로는 펨토초 레이저 (1 kHz, 130 fs, 0.5 mJ @ 781 nm) 빔을 20배의 대물렌즈 (0.4 NA)로 집속하여 PPLN 표면에서 20 μm 깊이에 만들었다. 도파로 소자의 길이는 44.8 mm 였고, 도파로 전체 손실은 1550 nm의 TM 편광에서 -12.9 dB 였다. 또한 도파로의 모드 크기는 11.7 μm X 8.7 μm (FWHM) 로 측정되었다.

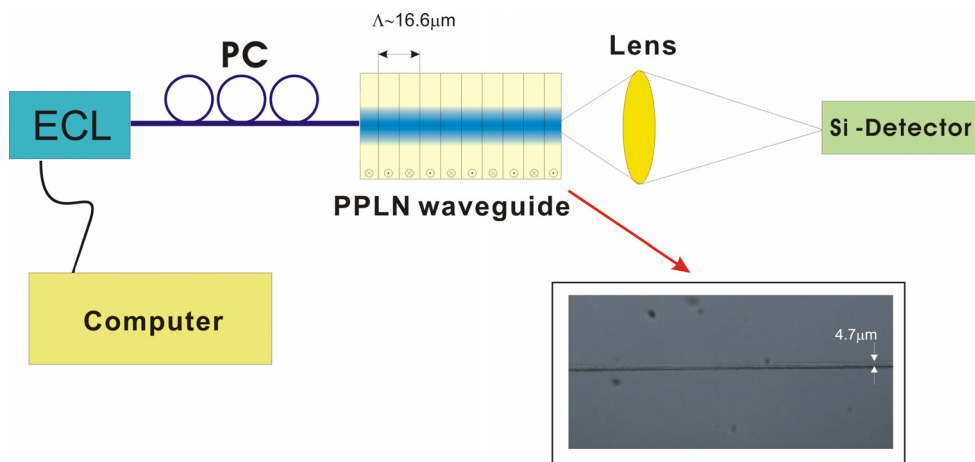


그림 1 2차 조화파 발생 실험 장치도. (ECL : external cavity laser, PC : polarization controller)

ECL (External Cavity Laser)의 출력과 파장은 컴퓨터로 제어되었고, 이때 샘플에 입사되는 빔의 편광은 LN의 2차 비선형 계수 d_{33} 의 효과를 극대화 하기위해 TM 편광으로 고정되었다. 발생된 2차 조화파는 10배의 대물렌즈와 실리콘 detector를 이용하여 측정하였다.

그림 2는 ECL의 파장을 변화 시켜, 측정한 2차 조화파 곡선이다. 2차 조화파의 반치폭 (FWHM)은 약 0.25 nm 였고, 이와같은 좁은 대역폭은 2차 조화파가 PPLN 도파로 길이 전체에서 발생하였다는 것을 나타낸다. 실험에 사용된 PPLN 소자의 분극 주기는 16.6 μm 로 벌크 상태에서 1460 nm에서 2차 조화파가 발생함을 확인하였다. 레이저로 제작된 도파로 소자에서는 그림 2에서 볼 수 있는바와 같이 1560 nm 대에서 2차 조화파가 발생하였고, 결과적으로 100 nm 정도의 2차 조화파 발생을 위한 QPM 파장 이동이 있음을 확인하였다. 이와같은 QPM 파장 변화는 레이저 빔에 의해 유도된 굴절을 변화에 기인한 것으로 예상된다. 또한 레이저 가공 속도를 변화 시켰을 때, 2차 조화파 중심 파장이 변화함을 확인하였다 (1560 nm - 1564 nm).

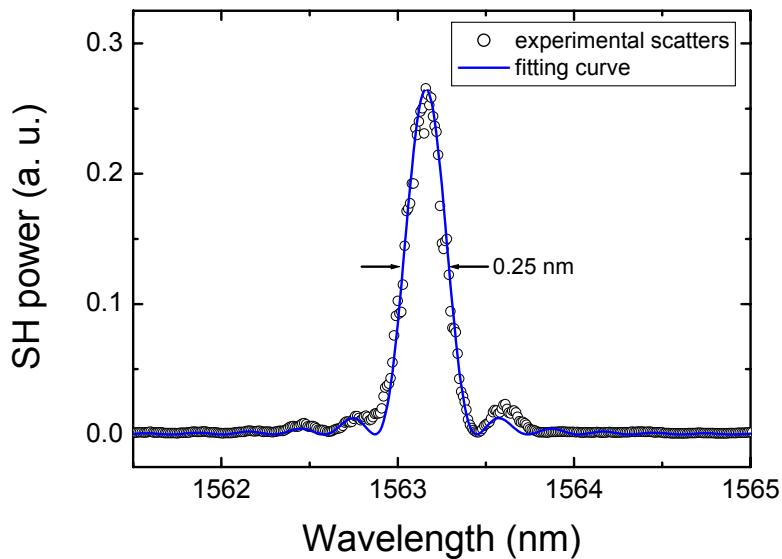


그림 2 측정된 2차 조화파 곡선 (20°C). QPM 중심파장은 1563.16 nm 였고, 2차 조화파의 FWHM 은 약 0.25 nm 였다.

1. Y. L. Lee, C. Jung, Y.-C. Noh, M. Y. Park, C. C. Byeon, D.-K. Ko, and J. Lee, *Opt. Express* **12**, 2649 (2004).
2. M. Iwai, T. Yoshino, S. Yamaguchi, M. Imaeda, N. Pavel, I. Shoji, and T. Taira, *Appl. Phys. Lett.* **83**, 3659 (2003).
3. Y. L. Lee, B.-A. Yu, T. J. Eom, W. Shin, C. Jung, Y.-C. Noh, J. Lee, D.-K. Ko, and K. Oh, *Opt. Express*, **14**, 2776 (2006).
4. S. Mailis, C. Riziotis, I. T. Wellington, P. G. R. Smith, C. B. E. Gawith, and R. W. Eason, *Opt. Lett.* **28**, 1433 (2003).
5. L. Gui, B. Xu, and T. C. Chong, *IEEE Photon. Technol. Lett.* **16**, 1337 (2004).
6. R. R. Thomson, S. Campbell, I. J. Blewett, A. K. Kar, and D. T. Reid, *Appl. Phys. Lett.* **88**, 111109 (2006).