

주기적 분극 반전 구조를 갖는 KNbO₃에서 이차 조화파 발생 Second Harmonic Generation in Periodically Poled KNbO₃

김중현, 김지원, 윤춘섭
KAIST 물리학과
csyoon@mail.kaist.ac.kr

우수한 비선형 광학 특성을 갖는 강유전체에 주기적으로 분극 구조를 반전시켜 준위상 정합을 만족 시킴으로써 높은 효율의 파장변환을 얻는 연구가 최근 활발하게 진행되어 왔다. 특히 LiNbO₃⁽¹⁾, LiTaO₃⁽²⁾, KTP⁽³⁾, RTA⁽⁴⁾에 대해 많은 연구가 진행되어 왔지만, KNbO₃ 결정은 큰 이차 비선형 계수($d_{33} = 20.6$ pm)와 넓은 광 투과 영역($0.4 \sim 5 \mu\text{m}$)을 가지고 있음에도 불구하고 극히 제한된 연구 결과만 보고 되었다⁽⁵⁾.

이차 조화파 발생을 위한 준위상 정합 주기는 활용하고자 하는 이차 비선형광학 계수 성분에 따른 분극방향과 기본파 및 조화파에 대한 결정의 굴절율⁽⁶⁾에 따라서 다음과 같이 결정된다.

$$\Lambda = 2 l_c = \frac{\pi}{n_{2\omega} - n_{\omega}} \frac{c}{\omega}$$

$$d_{eff} = \frac{2}{\pi} d_{ij}$$

여기서 Λ 는 분극 반전 구조의 주기이고, l_c 는 coherence length, d_{eff} 는 유효 이차 비선형 광학 계수이다. 1064 nm의 이차 조화파 발생을 위한 준위상 정합 주기와 비선형 광학 계수는 Table 1.과 같다.

KNbO₃에서는 b-축에 비해 a-축 방향으로 분극반전이 더 빨리 일어나기 때문에 b축에 수직인 방향이 입사방향이 되는 준위상 정합을 구현하는 것이 편리하다. 분극 반전의 주기가 짧으면 반전되는 분역의 broadening 효과로 인해 원하는 주기의 구조를 얻기가 힘들기 때문에, Table 1에서 $32.5 \mu\text{m}$ 주기를 선택하여 d_{31} 이차 비선형 계수를 이용하였다. 준위상 정합을 위한 분역 구조를 만들기 위해 크기 $5 \times 5 \times 0.6$ (폭×길이×두께) mm³인 KNbO₃ 결정의 +c 면에 절연물질로 3×3 (폭×길이) mm² 넓이로 주기적인 patterning을 한 후 LiCl 액체 전극을 사용하여 전압을 인가하였다. 주기적으로 인가된 전압은 최고 크기 570 V/mm, 기울기 7.5 V/mm 인 삼각형 형태의 pulse 이며, Fig. 1.은 KNbO₃의 +c 면과 -c 면을 강산으로 에칭하여 나타난 주기적인 분극구조를 보여 주고 있다.

35 ps pulse 폭과 10 Hz 반복율을 갖는 mode-locked Nd:YAG laser의 1.064 μm 파장을 기본파로 사용하여 주기적인 분극구조가 형성된 KNbO₃의 b-면에 수직하게 입사시켜 이차조화파를 발생시켰다. 기본파의 세기에 따른 이차 조화파의 세기를 조사하여(Fig. 2), 1.57 mW의 기본파 세기에서 22.8%의 이차 조화파 변환 효율을 얻었다. 본 연구 결과로 부터 KNbO₃ 분극 반전 구조의 길이를 증가 시킴으로써 매우 높은 이차 조화파 변환 효율을 얻을 수 있을 것으로 예측된다.

Table 1. 1064nm 파장의 이차 조화파 발생을 위한 준위상정합의 주기와 비선형 광학계수.

Polarization	d_{ij} (pm/V)	d_{eff} (pm/V)	Λ (μm)
cc \rightarrow c	$d_{33} = 20.6$	13.1	6.35
aa \rightarrow c	$d_{31} = 11.9$	7.6	32.5
ac \rightarrow a	$d_{15} = 12.8$	8.2	3.47
bb \rightarrow c	$d_{32} = 13.7$	8.7	9.77
bc \rightarrow b	$d_{24} = 13.3$	8.5	2.76

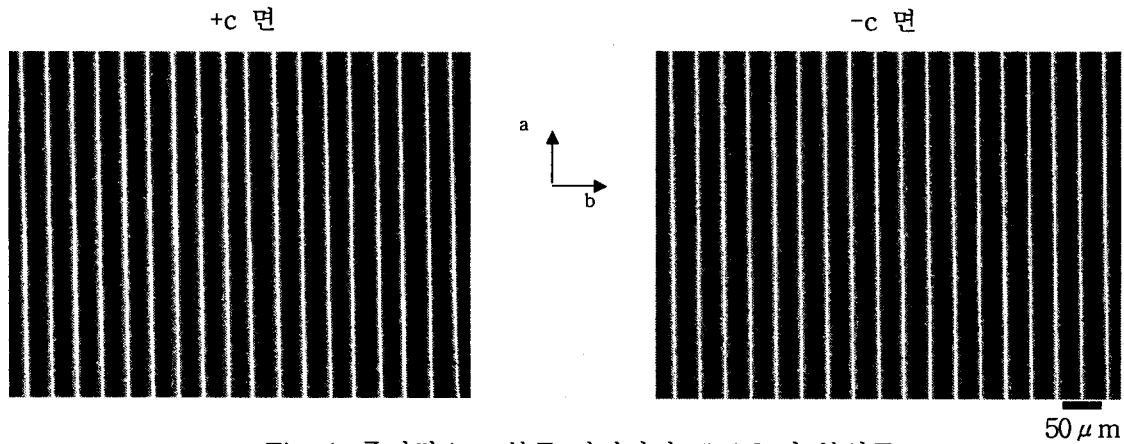


Fig. 1. 주기적으로 분극 반전시킨 KNbO₃의 분역구조.

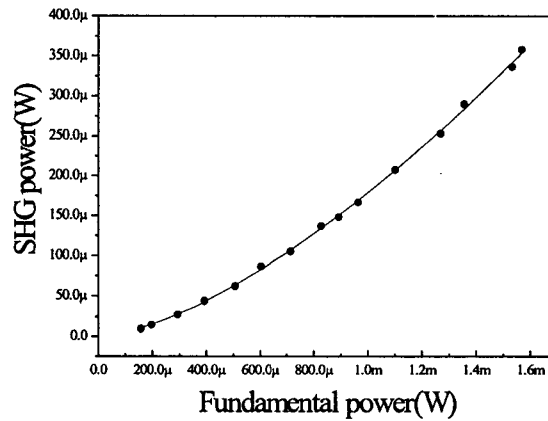


Fig. 2. 기본파의 세기에 따른 이차 조화파 세기의 변화

참고문헌

1. L. E. Myers, R. C. Eckardt, M. M. Fejer, and R. L. Byer, W. R. Bosenberg and J. W. Pierce, J. Opt. Soc. Am. B 12,2102 (1995).
2. K. Mizuuchi and K. Yamamoto, Appl. Phys. Lett. 60, 2943 (1995)
3. Englander, R. Lavi, M. Katz, M. Oron, D. Eger, E. Leibush, G. Rosenman and A. Skliar, Opt. Lett. 22, 1598 (1997).
4. W. P. Risk and G. M. Loiacono, Appl. Phys. Lett. 69, 311 (1996)
5. J. P. Meyn, M. E. Klein, D. Woll, and R. Wallenstein, Opt. Lett. 24, 1154 (1999)
6. B. Zysset, I. Biaggio and P. Gunter, J. Opt. Soc. Am. B 9, 380 (1992)