

MgO와 Fe₂O가 첨가된 LiNbO₃ 단결정에서 제 2 고조파 발생을 이용한 공간전하장의 직접 측정

Direct measurement of Space-charge field in a LiNbO₃ crystal doped with MgO and Fe₂O using second harmonic generation

김봉기, 홍미연, 이범구*

서강대학교 물리학과

*brhee@ccs.sogang.ac.kr

광굴절률 현상은 optical signal processing과 홀로그램 기억소자로 널리 응용 될 수 있기 때문에 지금까지 광범위하게 연구되어져 왔다. 광굴절률 현상에서 중요한 변수는 빛이 있는 동안 drift, diffusion과 photovoltaic current와 같은 전하 운반 메카니즘을 통해서 local charge의 재분포에 따른 공간전하장(Space-charge field, E_{sc})이다. 지금까지 single beam에 의한 공간전하장을 측정하는 방법으로 birefringence^{1,2}와 interference method³을 이용하여 굴절률 변화를 측정함으로써 얻을 수 있었다. 그러나 이런 방법들은 공간전하장의 변화를 측정하기 위해서 전기광학계수를 측정하여 얻는 간접적인 방법이고 또한 실험방법도 다소 복잡하다. 따라서 본 투고에서는 이미 발표된 광굴절률 현상시 제 2 고조파 세기(SHG)의 변화로부터 공간전하장을 간단하게 측정하는 방법을 이용하여 congruent, MgO가 4mole%, Fe₂O가 0.1mole% 첨가된 LiNbO₃ 단결정의 공간전하장에 대해서 연구를 하였다. 이 방법은 전기광학물질인 LiNbO₃에서 SHG 위상정합조건이 dc 전기장에 의존하는 성질을 이용한 것이다. 그리고 온도가 일정할 경우 전기장의 변화에 따라 SHG의 크기가 변함을 이용하였다.

광굴절률 현상시 donor의 전자들이 빛의 가장자리의 acceptor에 trap이 되므로 표면전하밀도 σ_s 가 형성이 된다. 따라서 공간전하장은 $E_{sc} = \sigma_s / \epsilon$ 으로 쓸수 있다. ϵ 는 dielectric permittivity tensor이다. 또한 diffusion의 영향이 없는 uniform한 광이 쪼여질 경우 공간전하장은 시간에 따른 함수로 쓸 수 있다².

$$E_{sc}(t) = E_{sat} [1 - \exp(-\frac{t}{T_0})] \quad (1)$$

$E_{sat} = pI/\sigma$; saturated space-charge field, $T_0 = \epsilon/\sigma$; dielectric relaxation time

p = photovoltaic coefficient, I = intensity, σ = conductivity

그림 1에서 보다시피 광굴절률 현상을 일으키기 위해서 Ar-ion laser($\lambda=514.5\text{nm}$)을 기록광으로 사용하였다. 이론 식(1)과 같은 조건을 만들기 위해서 beam-expander를 이용하여 빛살모양을 2.5배 크게 했다. 검출광으로는 diode-pumped cw Nd:YVO₄ laser($\lambda=1064\text{nm}$)을 사용하였다. 실험방법은 먼저 광굴절률 현상전 SHG의 크기를 측정한다. 그리고 광굴절률 현상을 일으키기 위해서 일정한 기록광으로 일정시간동안 쪼인다. 그러면 내부에 생긴 전하장에 의해서 SHG 크기에 변화가 생긴다. 그리고 결정내부에 생긴 전하장과 크기가 같고 방향이 반대인 전하장을 외부에서 걸어주면 전하장이 서로 상쇄가 생겨 SHG 크기가 원래의 상태로 되돌아 간다. 이로부터 외부전기장을 측정함으로써 결정내부에 생긴 전하장을 직접적으로 알 수 있다. In-situ 방법으로 두 가지의 일정한 광세기로 쪼이면서 시간에 따른 SHG 크

기 변화로부터 두 광세기에 대한 공간전하장을 측정하였다.

따라서 본 실험방법으로 $\lambda=514.5\text{nm}$ 에서 congruent, MgO가 4mole%, Fe_2O_3 가 0.1mole% 첨가된 LiNbO_3 단결정들의 광굴절률 현상에 따른 공간전하장을 직접적으로 측정할 수 있을 뿐 아니라 photoconductivity, photovoltaic 상수를 알 수 있는 방법이다.

참고문헌

1. F. S. Chen, J. Appl. Phys. **40**, 3389 (1969).
2. R. Grousseau, M. Henry, S. Mallick and S. L. Xu, J. Appl. Phys. **54**, 3012 (1983).
3. K. Buse, S. Breer, K. Peithmann, S. Kapphan, M. Gao and E. Krätzig, Phys. Rev. **B55**, 1 (1997).

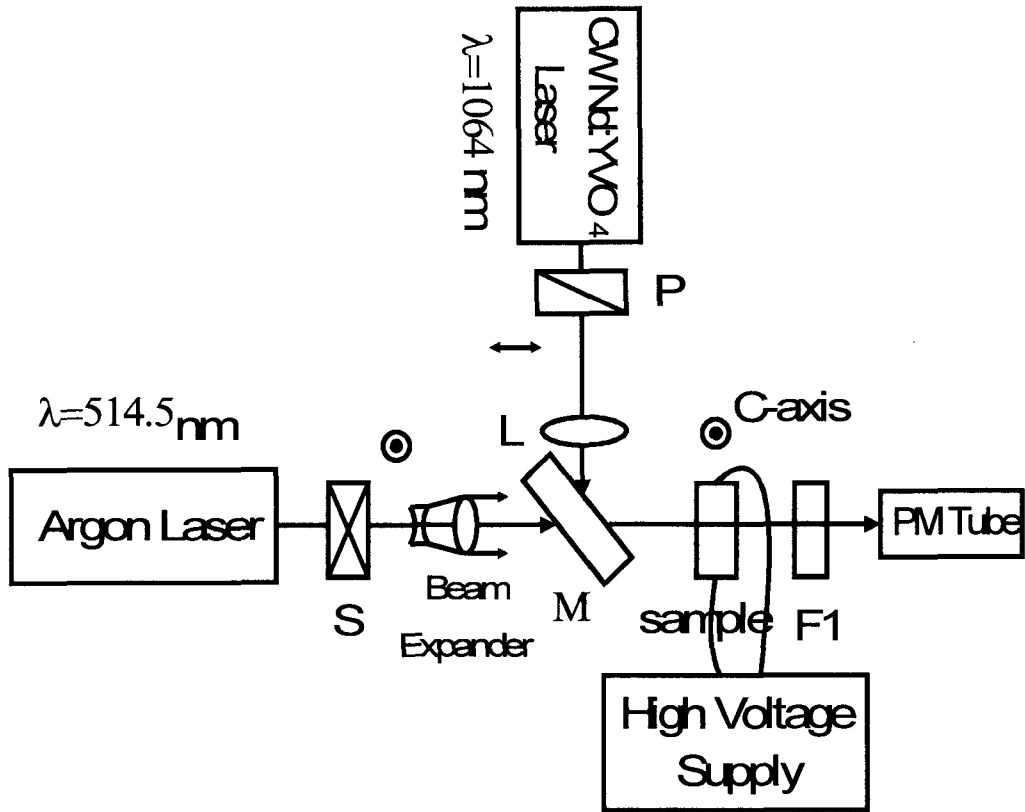


Fig. 1. Schematic diagram of experimental setup for measuring space-charge field and its saturation dynamics. P:polarizer, L:lens($f=10\text{cm}$), S:shutter, M:dichroic mirror, F1:band-pass filter(transmittance 60% at 532nm and 0% at 1064nm).