

광위상정합 OPO's 응용을 위한 PPLN 제작

Periodically poled lithium niobate fabrication for QPM optical parametric oscillators application

양우석, 권순우*, 이형만, 김우경, 이한영

전자부품연구원, 항공대학교*

e-mail : wsyang@keti.re.kr

우수한 압전, 전기광학 및 비선형 특성을 갖는 LiNbO₃ 결정은 표면탄성과 소자 및 광학용 소자로 응용되고 있는 대표적인 강유전성 재료중의 하나이다. 최근, LiNbO₃ 결정의 도메인 주기를 주기적으로 반전시키는 PPLN (Period Poled Lithium Niobate)는 결정이 갖는 SHG(Second Harmonic Generation)과 같은 비선형특성을 이용한 파장 가변소자로써의 응용으로써 많은 연구가 진행되어지고 있다. 일반적으로 도메인 반전은 결정표면에 금속전극을 형성한 후 전압을 가하여 도메인 반전을 형성하나 이러한 방법은 도메인 형성후 전극이 표면에서 완전히 제거가 어렵다는 문제점을 가지고 있다.

본 논문에서는 LiCl을 기본으로 하는 전해용액을 이용하였으며, 이를통해 외부로부터 가해진 전압이 결정 내의 Li⁺ 및 Nb⁺ 이온의 이동을 유발시킴으로써 도메인을 반전시키는 방법을 사용하였다.

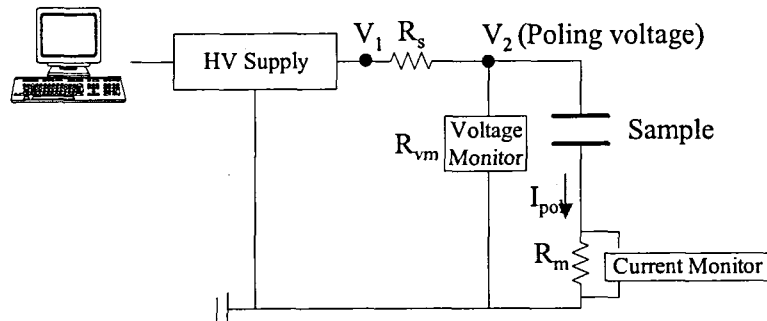


그림 1. Schematic diagram of the electric poling system (V_1 : Driving voltage, V_2 : Poling voltage, R_s : Series resistance, R_m : Resistance (voltage drop), R_{vm} : Impedance of the voltage monitor)

그림 1은 사용된 도메인 반전 시스템의 개략도이다. 도메인 반전은 핵생성, 도메인 벽 형성, 도메인 벽의 이동 등의 메커니즘에 의해서 형성되며 이러한 현상 제어를 위해서 전압 인가시 출력 전압, 전류 및 전하량의 변화의 측정이 중요하다. 따라서, 본 시스템에는 전압 및 전류 모니터링이 가능하도록 시스템을 구성하였다.

본 연구에서는 z-cut의 0.5 mm 두께의 3인치 LiNbO₃ 기판을 이용하였으며, 칩 사이즈는 10*50 mm 이다. 16um 주기 제작을 위하여 칩 내에 3.8, 4.1, 4.7, 5.1 um의 오픈 영역을 갖는 패턴을 제작하여 실험하였다. 외부에서 결정에 인가되 전압은

$$I_{pol} = \frac{V_1 - V_c}{R_s} - \frac{V_c}{R_{vm}}$$

이며, 도메인 반전을 위한 시간은 $IT = Q = 2PsA$ 이다. 여기서, Ps 는 spontaneous polarization이며, A 는 도메인 반전영역을 나타낸다. Ps 는 $71 - 78 \text{ uC/cm}^2$ 의 값을 갖는다. 위 식을 통하여 50% duty cycle을 갖는 소자 제작을 위한 시간이 계산되어지나 도메인 패턴의 불일치 등의 원인에 의한 오차를 감안하여 위와 같은 다양한 오픈 영역의 패턴을 제작하여 실험하였다.

그림 2는 도메인 반전 동안 시간에 따른 전압, 전류 및 전하량에 대한 출력값을 보여주고 있다. 인가된 전압에 대해 결정에 걸리는 전압이 일정한 것을 알 수 있었으며 전하량 값의 경우 50% duty cycle주기 도메인 반전을 위한 값과 거의 유사한 값을 얻을 수 있었다. 전류의 경우 떨어지는 구간이 형성되는데 이러한 것은 오픈영역의 도메인 반전이 모두 이루어졌기 때문이라고 생각되어진다.

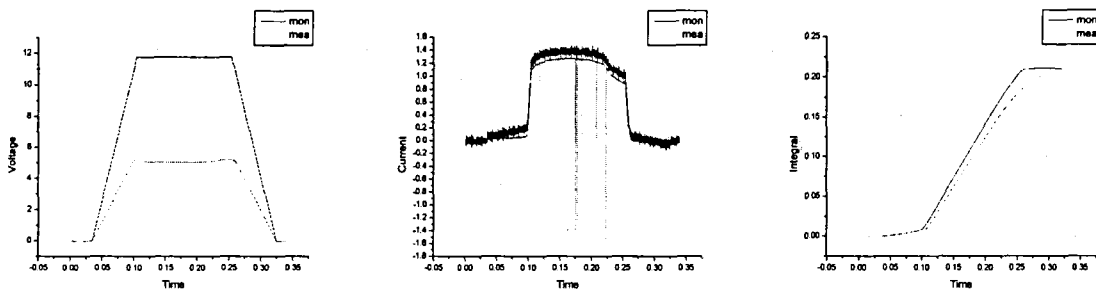
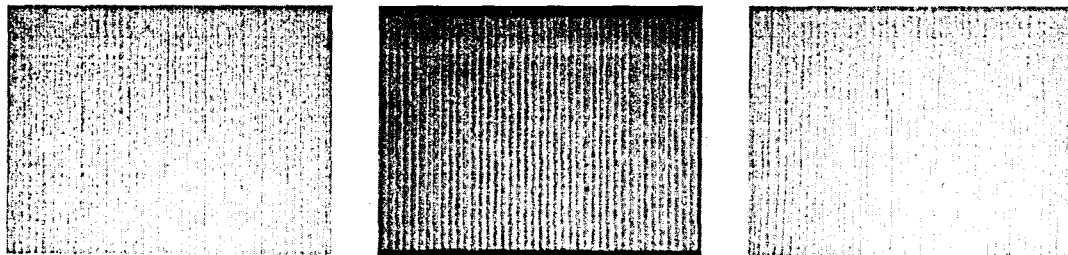


그림 2. 도메인 반전 동안 시간에 따른 전압, 전류, 전하량



(a) (b) (c)

그림 3. Typical 0.5-mm-thick PPLN crystal with 16-um period; (a) +Z, (b) +Y, (c) -Z face

그림 3는 도메인 반전을 위한 전압을 가한 후 부식용액($\text{HF:HNO}_3 = 1:2$)에서 15분간 식각 후 관찰한 결과이다. 전해용액을 이용한 도메인 반전의 결과 +z 면에서는 도메인의 균일한 형상을 관찰할수 있었으나 -Z면에서는 불균일한 형상을 나타내었다. +Y면을 식각하여 관찰한 결과 +Z면에서 형성된 도메인 벽이 바닥 면까지 형성되지 못한 것을 알수 있었으며, 이러한 결과는 -Z 면에 형성된 micro-defect 들이 도메인 반전에 영향을 끼치기 때문으로 생각되어진다.

1. Y. Zhu, N. Ming, Phys. Rev. B 42 (1990) 3676.

**F
B**