

전하량 제어를 통한 PPLN의 제작과 Bragg Deflector로의 응용

Fabrication of PPLN using charge control and application to the Bragg Deflector

장석우, 권재영, 송재원*

경북대학교 전자공학과, *경북대학교 전자전기컴퓨터학부

swjang75@hanmail.net

오늘날 급속한 인터넷 사용량 증가로 인해 광통신 시스템의 고속화와 대용량화의 필요성은 점점 커지고 있다. 이에 광신호의 처리에 있어서 초고속 광스위칭과 파장분할 다중화(WDM) 방식이 활발히 연구되고 있다. 특히 주기적으로 분극반전된 리튬나오베이트(PPLN: Periodically Poled LiNbO₃)를 이용한 전기 광학 변조기나 스위칭 소자, 파장변환기에 대한 연구가 많이 진행되고 있다.⁽¹⁾⁽²⁾

PPLN을 제작하는 방법은 기존 논문들에서 많이 제안되어졌다. 그러나 기존의 방법들은 제작이 쉽지 않고, 제작 과정에서 리튬나오베이트가 파손되어 수율이 나쁘거나, 분극 반전된 부분의 품질이 좋지 않은 단점이 있었다. 또한 PPLN을 제작하더라도 반전된 분극을 확인하기 위해서는 식각액(HF와 HNO₃를 1:2로 섞은 용액)에서 식각 형태를 확인해야하는 과정이 필요했다.

본 연구에서는 기존의 제작 방법을 개선하여 전해액을 사용하여 리튬나오베이트에 흐르는 전하량을 제어하는 방식으로 PPLN을 제작하였다. PPLN 제작을 위하여 21kV/mm 이상의 전압을 인가해서 LiNbO₃에 흐르는 전류를 monitoring 하면서 전하량을 조절하였다.

LiNbO₃의 자연 분극은 약 70uC/cm²이므로, 분극 반전을 시키기 위해서는 그 양의 2배인 140uC/cm²의 전하량이 필요하다.⁽¹⁾ 따라서 본 논문에서는 LiNbO₃에 흐르는 전류를 오실로스코프를 통해 관찰하면서 전압 인가 시간을 조절하여 전하량을 제어하였다. 이 방법은 순간적으로 고압의 펄스를 인가하는 방식보다 LiNbO₃에 가해지는 충격을 감소시켜 깨지는 현상을 방지하기 때문에 PPLN 제작에 상당히 효과적이다. 또한 본 논문의 실험에는 전해액을 액체 전극으로 사용하여 고전압을 인가하였다. 전해액은 LiCl에 물을 1:10의 비율로 섞어 사용했으며 그때의 저항은 약 8-10kΩ이었다. 실험에서 LiNbO₃기판에 Al 전극을 형성하였음에도 전해액을 액체전극으로 사용한 것은 Al 전극의 모든 곳에 균일한 전압을 인가하기 위해서이다. 기존에 rod 형의 전극으로 전압을 인가했을 경우 전압의 인가 범위가 불균일하여 일부분에만 높은 전압이 걸려 깨어지는 현상이 나타났는데, 액체 전극을 사용함으로써 그러한 단점을 상당부분 보완할 수 있었다. 그림 1.은 제작된 20um 주기의 PPLN 현미경 확대 사진이다.

PPLN의 특성을 실험하기 위하여 Bragg Deflector를 제작하여 그 특성을 측정하였다.

굴절율의 변화에 의해 PPLN에 Bragg 조건을 만족하는 빛이 입사할 경우 그 빛은 회절을 일으키게 된다. 회절된 빛은 각 모드로 나뉘어지고 출력단에서는 그 중에서 가장 큰 출력을 가진 0차 모드와 1차 모드를 측정하게 된다. Bragg 조건은 다음과 같다.

$$\sin\theta = \frac{\lambda}{2n\Lambda}$$

여기에서 θ 는 빛의 입사각, λ 는 빛의 파장, n 은 광경로의 실효굴절율, Λ 는 격자의 주기이다. 빛이 입사하여 회절을 일으킬때 0차 모드와 1차 모드의 빛의 진행은 아래의 그림 2.처럼 나타난다.

제작된 소자는 주기 20 μm 이고 길이가 5mm이며 Bragg angle은 약 0.92° 이다. 측정 결과는 그림 3.에 나타나 있다. 외부 인가 전압은 -66V에서 +66V까지 변화시키면서 측정하였다.

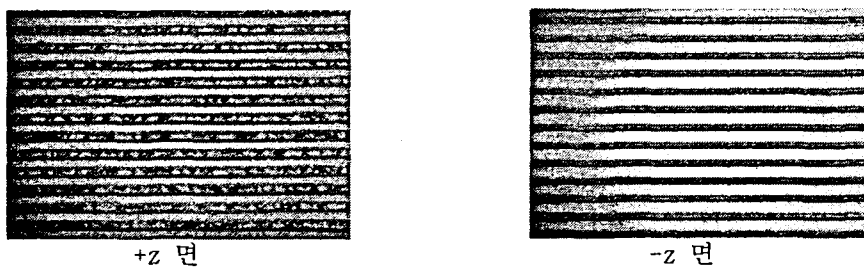


그림 1. 제작된 PPLN의 현미경 확대 사진

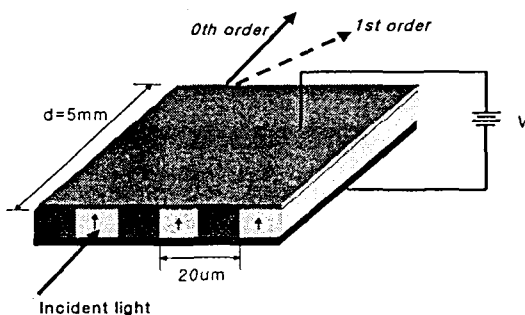


그림 2. PPLN을 이용한 Bragg Deflector의 구조

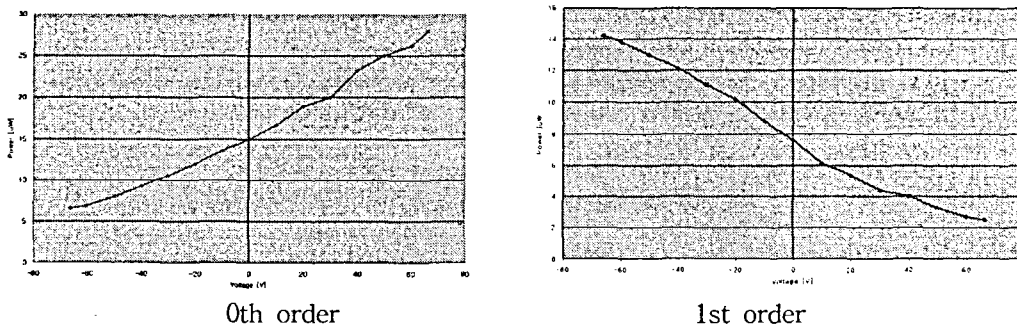


그림 3. Bragg Deflector 측정 결과

FD

참고문헌.

1. Yun-Lin Chen, Jing-Jun Xu, Xiao-Jun Chen, Yong-Fa Kong, Guang-Yin Zhang, "Domain reversion process in near-stoichiometric LiNbO₃ crystals", Optics Communications 188, 359-364 (2001)
2. L.E.Mayers, R.C.Eckardt, M.M.Fejer, R.L.Byer, W.R.Bosenberg and J.W.Pierce, "Puasi-phase-matched optical parametric oscillator in burk periodically poled LiNbO₃", J.Opt.Soc.Am.B, Vol.12, No.11, 2102-2116 (1995)