

주기적으로 분극 반전된 리튬나오베이트 제작을 위한 전하량 제어에 대한 연구

Research of Charge Control for Fabrication of Periodically Poled LiNbO₃

장석우, 권재영, 송재원
경북대학교 전자공학과
swjang75@hanmail.net

오늘날 급속한 인터넷 사용량 증가로 인해 광통신 시스템의 고속화와 대용량화의 필요성은 점점 커지고 있다. 이에 광신호 처리에 있어서 초고속 광 스위칭과 파장분할 다중화 방식이 활발히 연구되고 있으며, 특히 주기적으로 분극 반전된 리튬나오베이트(LiNbO₃:PPLN)를 이용한 스위칭 소자나 파장 변환기에 대한 연구가 많이 진행되고 있다.

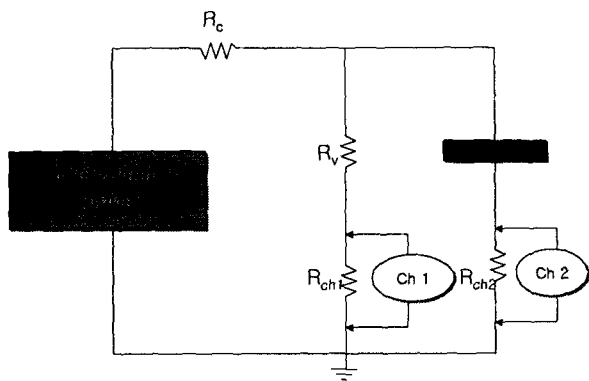
PPLN 제작을 위하여 최근에는 고압의 전계를 리튬나오베이트(LiNbO₃)에 인가하는 방법이 우수한 특성으로 인하여 주로 사용되고 있다. 이때 리튬나오베이트(LiNbO₃)에 인가되는 전압과 흐르는 전하량이 중요한 요소로 작용하며 전압은 21kV/mm 이상이 요구되고 전하량은 140 μ C/cm²가 요구된다.⁽¹⁾⁽²⁾ 전하량의 경우 리튬나오베이트(LiNbO₃)의 자연분극량이 70 μ C/cm² 이므로 분극반전을 위해서는 이의 두배가 되는 전하량이 필요하게 되며 특히 효율적인 ppln 제작을 위해서는 전하량의 제어가 무엇보다 중요하다.

본 연구에서는 다양한 실험을 통하여 리튬나오베이트(LiNbO₃)에 인가된 전하량과 분극반전 특성과의 관계를 규명하였다. 그리고 이를 바탕으로 한 효율적인 전하량 제어방법을 이용하여 분극 반전된 리튬나오베이트(LiNbO₃)를 제작하였다.

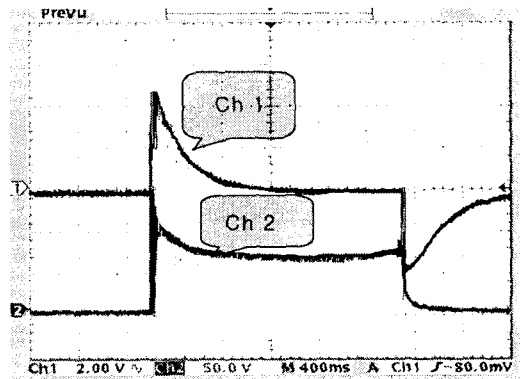
실험에는 양면 연마된 두께 300 μ m의 z-cut 리튬나오베이트(LiNbO₃)가 사용되었다. 실험 장치도는 [그림 1]과 같다. 실험에서 사용된 저항 R_c, R_v, R_{ch1}, R_{ch2}는 각각 크기가 5M Ω , 1.3G Ω , 1M Ω , 1M Ω 으로 R_c는 전체 회로에 흐르는 전류량을 제어하고, R_v는 리튬나오베이트(LiNbO₃)에 충분한 전계를 인가하기 위한 저항이며, R_{ch1}, R_{ch2}는 각각 오실로스코프를 통하여 리튬나오베이트(LiNbO₃)에 인가되는 전압과 전류를 측정하기 위해 사용된다. [그림 2]는 회로에 고압 스위치를 추가하여 강제적으로 급격하게 전계를 차단시켰을 경우의 결과이며, 차단시 리튬나오베이트(LiNbO₃)에 내부 역전계가 유발되는 현상을 확인할 수 있었다. [그림 3]은 전계의 인가시간을 과도하게 한 경우의 결과이다. 이 경우 R_c는 5M Ω 이며 그림에서 나타나듯이 전계 인가시간이 길 경우 시간이 지나면서 리튬나오베이트(LiNbO₃)에 순간적으로 과도한 전하가 공급되어 리튬나오베이트(LiNbO₃)가 파손되면서 절연이 파괴되어 급격하게 많은 전류가 흐르는 결과를 초래한다. [그림 4]는 R_c를 100M Ω 으로 하였을 때의 실험 결과이다. 여기에서 R_c를 100M Ω 으로 한 이유는 회로 전체에 흐르는 전류의 양을 낮게 제한함으로써 전계 인가 시간을 길게 하더라도 급격한 전하의 흐름을 방지할 수 있고, 또한 적절한시간 조절을 통해 리튬나오베이트(LiNbO₃)에 흐르는 전하량의 제어가 용이하기 때문이다. 실험에서 사용된 리튬나오베이트(LiNbO₃)의 면적이 0.3cm²

이므로 적정 전하량은 $42\mu\text{C}$ 이고 두께가 $300\mu\text{m}$ 이므로 적정 전압은 6.3kv 이상이다. 그림에 나타난 결과로 리튬나오베이트(LiNbO_3)에 $45\mu\text{C}$ 의 전하와 6.5kv 의 전압이 인가되었으며 리튬나오베이트(LiNbO_3)의 분극 반전 현상을 확인할 수 있었다. 또한 인가된 전계가 지수적으로 감소했으므로 리튬나오베이트(LiNbO_3)에 역전계가 걸리는 현상을 방지할 수 있었다.

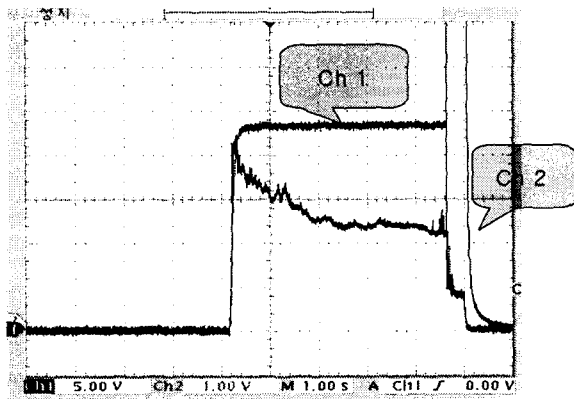
실험 결과, 순간적인 과도한 전하량은 breakdown을 일으켜 리튬나오베이트(LiNbO_3)의 파손을 유발한다. 따라서 21kv/mm 이상의 전계 인가시 회로 전체에 흐르는 전류와 리튬나오베이트(LiNbO_3)에 인가되는 전하량($140\mu\text{C/cm}^2$)의 조절이 무엇보다 중요하다. 또한 분극 반전 후 전계의 급격한 차단은 내부 역전계를 유발하여 반전된 분극을 다시 원래의 상태로 복귀시키기 때문에 전압과 전류가 지수적으로 감소하는 형태를 나타내어야 한다.



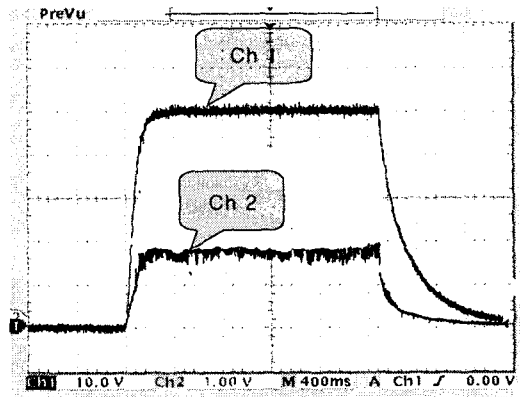
[그림 1] 실험 장치도



[그림 2] 인가 전계의 급격한 차단시



[그림 3] 순간적으로 과도한 전하량 인가시



[그림 4] 적정 전하량 인가시

[참고문헌]

1. Yun-Lin Chen, Jing-Jun Xu, Xiao-Jun Chen, Yong-Fa Kong, Guang-Yin Zhang, "Domain reversion process in near-stoichiometric LiNbO_3 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 LiNbO_3 ", J.Opt.Soc.Am.B, Vol.12, No.11, 2102-2116 (1995)