Fan-out 구조로 분극 반전된 $LiNbO_3$를 이용한 테라헤르츠파 발생

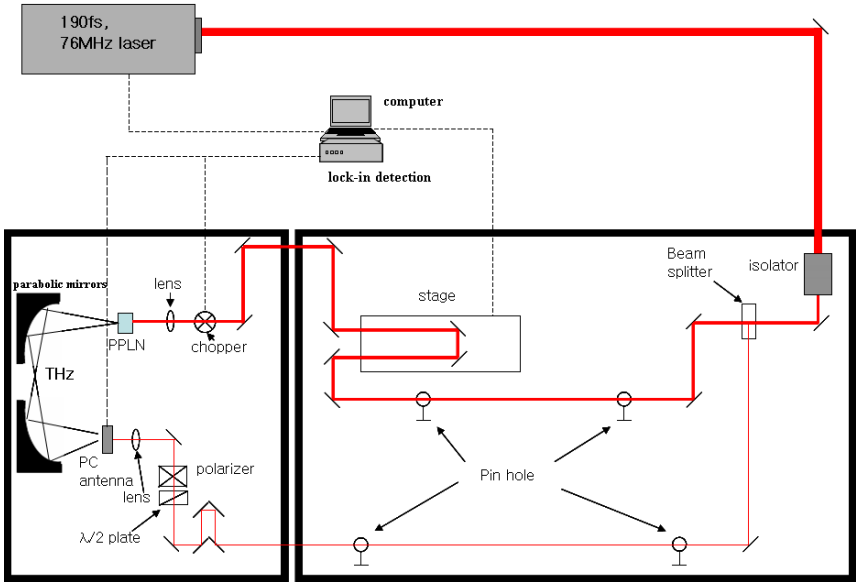
Terahertz Pulse Generation using Fan-out Structure Poled $LiNbO_3$

강철, 유형근*, 기철식, 이영락, 유난이, 정창수, 고도경, 이종민
광주과학기술원 고등광기술연구소
cskee@gist.ac.kr

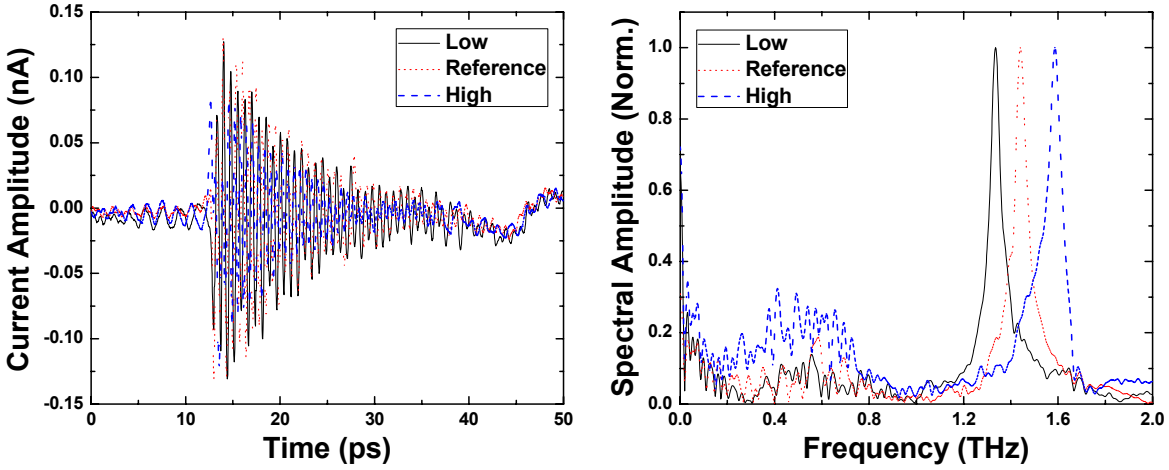
테라헤르츠파는 분광학, 이미징, 의학 진단 등 다양한 분야에 응용이 가능하여 최근 전세계적으로 활발하게 연구가 진행되고 있다 [1]. 테라헤르츠 기술의 응용을 위해서는 광원에 대한 연구가 필수적이다. 폭넓게 사용하는 테라헤르츠파 발생 방법에는 펨토초 레이저를 이용한 광전도 안테나 방법과 비선형 광학 물질을 이용한 광정류 방법, 표면 전류 전하의 가속에 의한 방법, 차주파수 발생 방법 등이 있다 [2-3]. 이 중 비선형 광학 물질을 이용한 차주파수에 의한 테라헤르츠파 발생은 펌프광의 특성과 물질의 결정 특성에 따라 다양한 주파수의 테라헤르츠파를 발생시킬 수 있다. 최근 비선형 물질인 $LiNbO_3$를 주기적으로 분극 반전 시켜 그 분극 방향에 따라 파형이 서로 반전 된 형태의 테라헤르츠파를 만들 수 있음을 확인하였다. 이 경우 주기의 길이와 도메인의 개수에 따라 좁은 선폭을 가진 특정한 중심 파장의 테라헤르츠파를 발생 시킬 수 있다 [4].

본 연구에서는 전기 분극 기법 [5]으로 제작한 fan-out 형태의 $LiNbO_3$와 펨토초 레이저를 활용하여 좁은 선폭의 파장가변이 가능한 테라헤르츠 광원을 펌프광에 대한 fan-out $LiNbO_3$의 위치를 이동시키는 방법과 입사각을 조정하는 방법을 이용하여 발생시켰다. 실험에 사용된 fan-out $LiNbO_3$는 60 μm ~ 80 μm의 연속적인 주기를 가지고 있으며, 길이는 2 ㎝, 폭은 5 ㎜, 그리고 두께는 1 ㎜로 제작되었다. fan-out $LiNbO_3$에서 발생시킨 테라헤르츠 파를 검출하기 위해서 사용한 테라헤르츠 시간축 분광학 시스템의 개략도는 < 그림 1 > 과 같으며 이때 사용된 레이저는 중심 파장 800 nm, 반복율 76 MHz, 펄스폭 190 fs인 펨토초 레이저 광원을 사용하였다. 발생된 테라헤르츠파의 특성은 저온에서 성장시킨 GaAs 기판위에 금속 다이폴 안테나를 제작하여 검출 하였다. < 그림 2 >는 제작한 fan-out $LiNbO_3$의 입사광에 대한 위치를 변화시켜가며 측정한 테라헤르츠 파의 발생 실험결과이다. < 그림 2 >의 (a)는 도메인 주기가 63 μm (high), 70 μm (reference), 77 μm (low) 인 지점에서 발생하는 테라헤르츠파의 시간축 파형을 관측한 실험 결과이고, < 그림 2 >의 (b)는 이를 Fast Fourier Transform 하여 변환시킨 주파수축 결과이다. < 그림 2 >의 (a)에 의하면 시간축 상에서 주기에 따라 발생한 테라헤르츠파의 시간적 주기가 분극 주기에 따라 미세하게 변함을 관찰할 수 있고, 시간이 경과함에 따라 신호의 크기가 감소함을 확인 할 수 있다. 이는 상온에서 테라헤르츠파에 대한 $LiNbO_3$ 크리스탈의 흡수율이 높음으로 인해 발생하는 것으로 판단된다. < 그림 2 >의 (b)를 살펴보면 테라헤르츠파의 중심 주파수는 분극 주기가 70 μm일때 약 1.4 THz의 중심주파수를 가짐을 확인할 수 있었고, 이를 중심으로 분극 주기가 짧아지면 중심 주파수가 높은쪽 (1.6 THz)으로 이동하고 분극 주기가 길어지면 반대로 중심 주파수가 낮은 쪽 (1.3 THz)으로 이동함을 관측할 수 있다.

또한 주기적으로 분극 반전된 fan-out $LiNbO_3$와 펌프광 사이의 각도를 조절하여, 테라헤르츠파를 발생시킬 수 있었는데, 이 실험 결과 또한 크리스탈의 입사위치를 이동시킨 것과 비슷한 중심 주파수의 이동이 있었음을 확인할 수 있었다.



< 그림 1. > 테라헤르츠파 발생 장치 개략도



(a) 테라헤르츠파의 시간축 파형 (b) 테라헤르츠파의 주파수축 파형

<그림 2.> PPLN fan-out 구조의 주기에 따른 테라헤르츠파 발생 특성

참고문헌

[1] Kiyomi Sakai, Springer (2005)

[2] M. Exter, Ch. Fattinger, and D. Grischowsky, Appl. Phys. Lett. **55**, 337 (1989)

[3] Q. Wu and X.-C. Zhang, Appl. Phys. Lett. **68**, 1604 (1996)

[4] N. E. Yu, C. Jung, C-S. Kee, Y. L. Lee, B.-A. Yu, D.-K. Ko, and J. Lee, Jpn. J. Appl. Phys., **46**, 1501 (2007)

[5] N. E. Yu, S. Kurimura, Y. Nomura, M. Nakamura, K. Kitamura, Y. Takada, J. Sakuma and T. Sumiyoshi, Appl. Phys. Lett. **85**, 5134 (2004)