

# 극초단 펄스 측정을 위한 Mach-Zehnder형 자체 상관계 개발

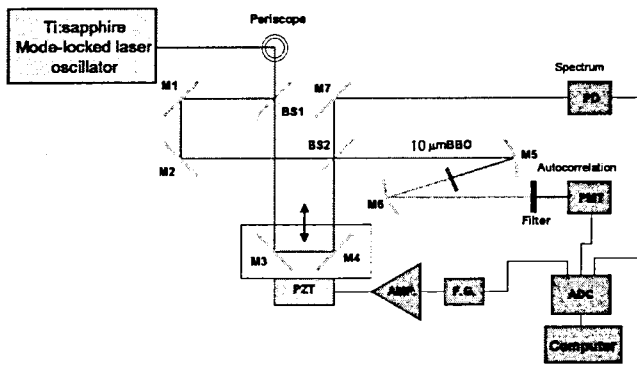
## Development of Mach-Zehnder type Autocorrelator for Ultrashort Pulse Measurements

허영순, 정창수, 유태준, 최일우, 노영철, 고도경, 이종민  
광주과학기술원 고등광기술연구소  
heodew@apri.gist.ac.kr

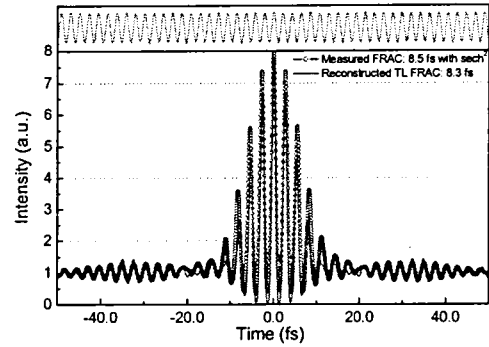
레이저 펄스의 시간적인 모양 관측하기 위한 방법으로 크게 두 가지가 있다<sup>(1)</sup>. 하나는 직접 광검출기로 보는 방법이고 다른 하나는 레이저 펄스를 광검출기로 직접 보지 않고 레이저 펄스를 두개로 나누어서 이를 비선형 결정을 통해 자체 상관을 시켜서 나오는 신호를 검출기로 측정하는 방법이다. 전자는 레이저 펄스의 시간적인 모양을 직접 볼 수 있고 관측이 쉽다는 장점이 존재하지만 광검출기의 대역폭이 작아 현재 기술로서는 약 15 ps 미만의 레이저 펄스는 볼 수 없다. 반면에 후자는 레이저 펄스의 모양을 직접 볼 수 없지만 5 fs 미만의 레이저 펄스의 시간 폭까지 측정 가능한 장점이 있다. 따라서 본 연구에서는 전자와 후자의 장점만을 고려하여 자체 상관 방식으로 단지 펄스의 폭만을 측정하는 장비 구현에 그치는 것이 아니라 펨토초란 아주 짧은 펄스의 시간적인 모양 분포와 펄스의 시간 위상과 주파수 공간에서의 위상 분포 및 주파수 분포를 동시에 측정할 수 있는 방식을 제안하였다.

그림 1(a)는 위에서 말한 바와 같이 펨토초 펄스의 모든 정보를 얻어낼 수 있는 장비의 구성도이다. Ti:sapphire mode-locked laser oscillator를 광원으로 사용하였다. 자체 상관계는 레이저 빔이 역으로 반사되는 문제가 발생하지 않아 정렬을 최적화할 수 있어 자체 상관 신호를 최적화할 수 있는 Mach-Zehnder 간섭계를 기본으로 구성하였다. Oscillator에서 나온 레이저 빔은 첫 번째 부분 반사경(BS1)을 통과하면서 50:50 비율로 두개의 레이저 빔으로 갈라지게 되는데, 하나는 거울 M1과 M2를 통해 BS2로 진행하며 다른 하나는 거울 M3과 M4를 통해 BS2로 진행하게 된다. 이때 두 번째 반사경에서 반사하는 레이저 빔은 비선형 매질을 통한 2차 자체 상관 신호로써 펄스폭을 측정한다. 거울 M5와 M6은 오목 거울로 10  $\mu\text{m}$  두께의 BBO(beta-barium borate) 비선형 매질에서 레이저 빔이 강하게 집속 되도록 하였다. 그리고 BS2를 바로 투과하여 M7에서 반사되어 광검출기로 들어가는 부분은 레이저 빔의 스펙트럼을 보기 위한 것이다.

Oscillator의 자체 상관 신호를 Mach-Zehnder 간섭계를 기본으로 구성한 자체 상관계로 측정한 결과를 그림 1(b)에 나타내었다. 그런데 광검출기에서 바로 레이저 스펙트럼이 보이는 것이 아니라 그림과 같이 측정된 시간적인 간섭무늬를 푸리에 변환을 통하여 스펙트럼을 얻을 수 있는데 이를 그림 2(a)에 나타내었다. 푸리에 변환을 통해 얻은 스펙트럼에서 주파수 공간에서의 위상 분포 및 주파수 분포를 알 수 있었다. 그리고 BBO 비선형 매질을 통과한 2차 자체 상관 신호를 PMT에서 측정한 후 순차 반복적 알고리즘을 이용해 펄스에 관한 정보 즉, 시간적인 모양 분포와 펄스의 시간 위상을 구할 수 있었다. 이 결과는 그림 2(b)에 나타내었으며, 이때 측정한 oscillator 레이저 빔의 펄스폭은  $\text{sech}^2(t)$ 함수로 fitting한 결과 8.5 fs으로 관측되었다. 따라서 본 연구에서 개발한 자체 상관계를 통해 펨토초란 아주 짧은 펄스폭 측정뿐만 아니라 동시에 모든 정보(시간적인 모양, 스펙트럼 모양, 시간 위상 및 주파수 위상)를 얻을 수 있었다. 또한 측정 장비 시스템의 간결화와 정렬과정을 최대한 짧게 하여 실험할 때 펨토초 펄스를 원하는 시점에서 바로 측정하여 펄스의 모든 정보를 간편하게 얻을 수 있었다.

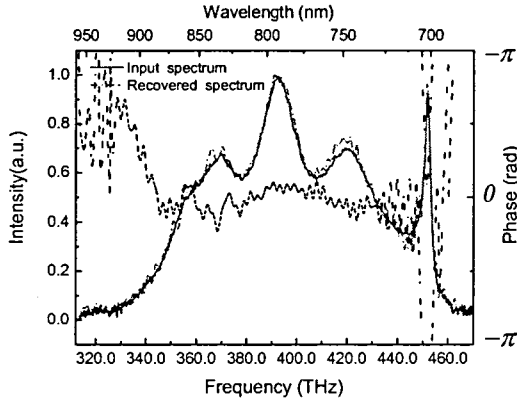


(a)

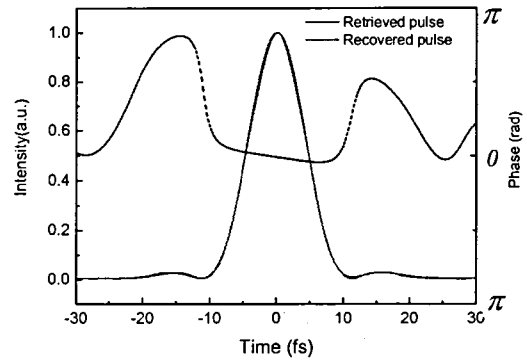


(b)

그림 1. (a) 펄스 측정기의 개념 설계도 (b) oscillator의 자체 상관 신호



(a)



(b)

그림 2. (a) 주파수 공간에서의 위상 분포 및 주파수 분포 (b) 시간적인 모양 분포와 펄스의 시간 위상

참고문헌

1. Baltuska. A. J, Pshenichnikov. M. S, Wiersma. D. A, Laser and Electro-Optics Europe 1998, 1998 CLEO/Europ. conference on, 14-18 sep 1998, page 6

