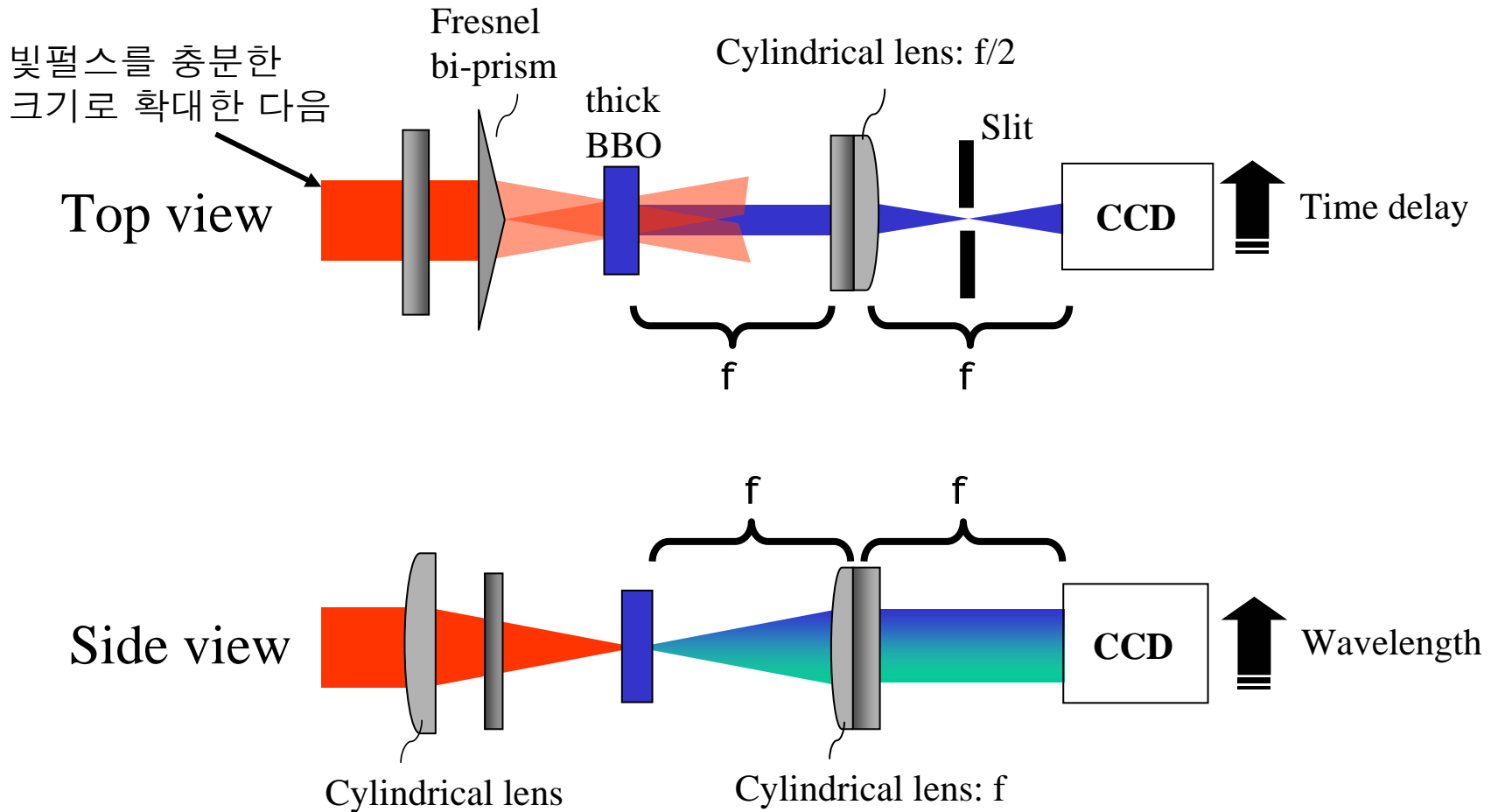


GRating-Eliminated No-nonsense Observation of Ultrafast Incident Laser Light E-fields (GRENOUILLE)

전북대학교 광전자정보기술연구소
세심광전자기술(주)

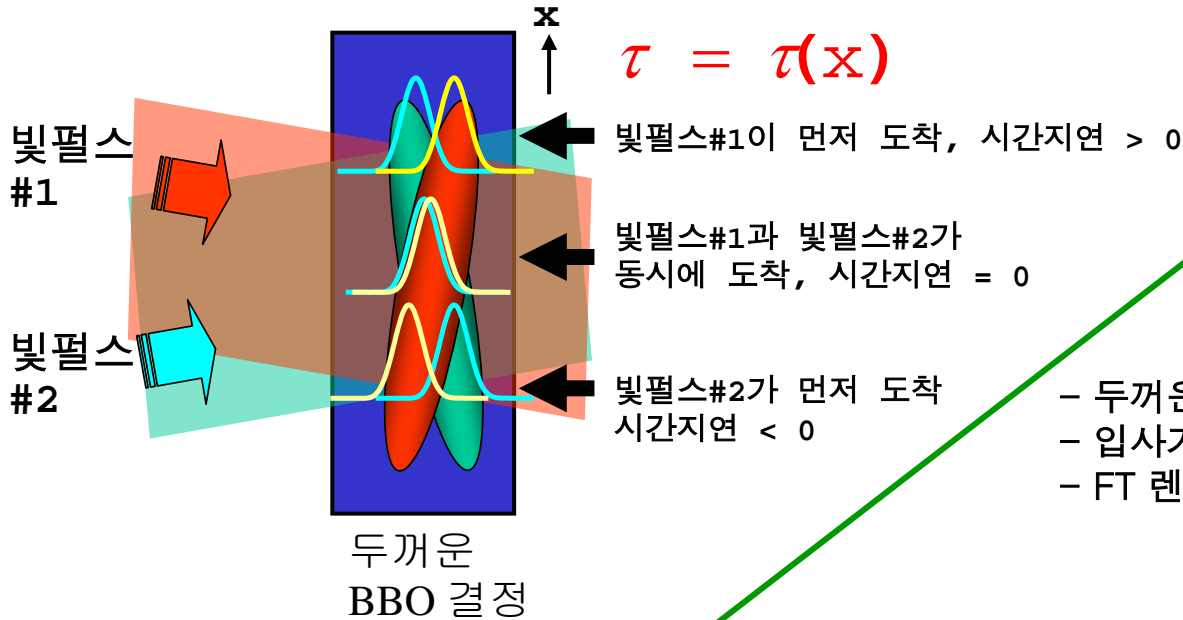
GRENOUILLE의 기본 구조

- 펄스하나 (single-shot) 방식의 빛펄스 측정기
- 프레넬 쌍프리즘 (Fresnel bi-prism)을 써서 빛펄스의 자체 상관함수를 두꺼운 결정에 사상
- 두꺼운 비선형 결정에 의해 만들어진 좁은 대역의 고조파를 CCD 카메라에 사상



시간지연 / 주파수 축

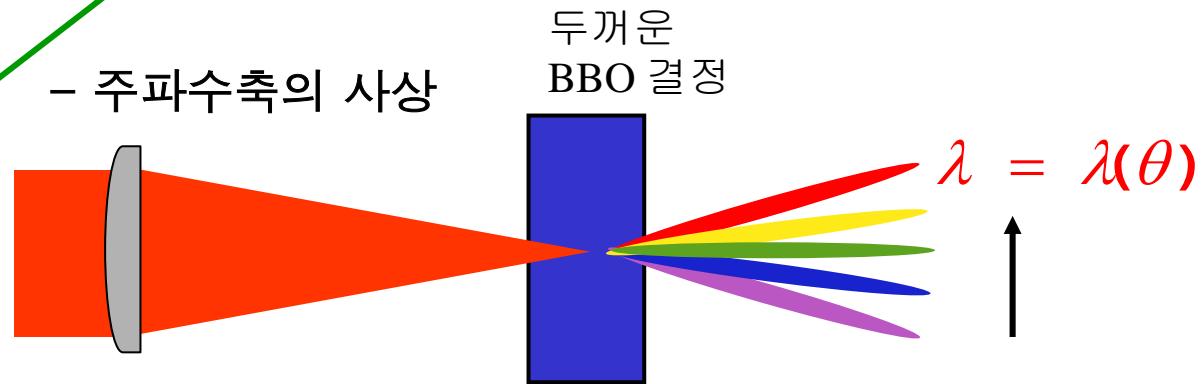
- 프레넬 쌍프리즘을 써서 나누어진 두 빛펄스를 결정에 서로 겹치게 함
- 두 빛 펄스는 위치에 따라 상대적인 시간지연이 생김.



- 두꺼운 결정은 위상맞춤 대역폭이 좁다.
- 입사각에 따라 좁은 대역의 2차조화파 발생
- FT 렌즈를 쓰면 CCD에서 분광분포를 얻음.

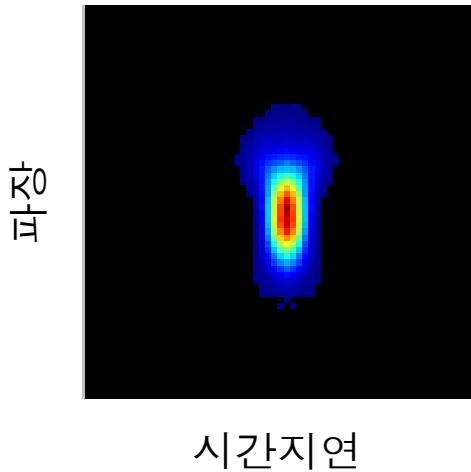
- 시간지연축의 사상

- 주파수축의 사상

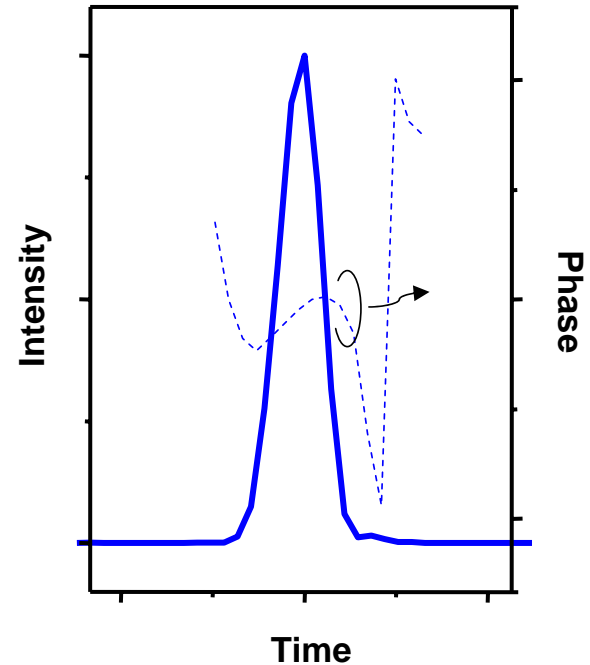


프로그 궤적 (FROG trace)

- CCD 카메라 영상은 시간지연축과 파장축으로 나타나는 프로그 궤적
- 조건에 맞게 표본추출 후, 위상복원 알고리즘을 써서 빛펄스의 위상분포 측정

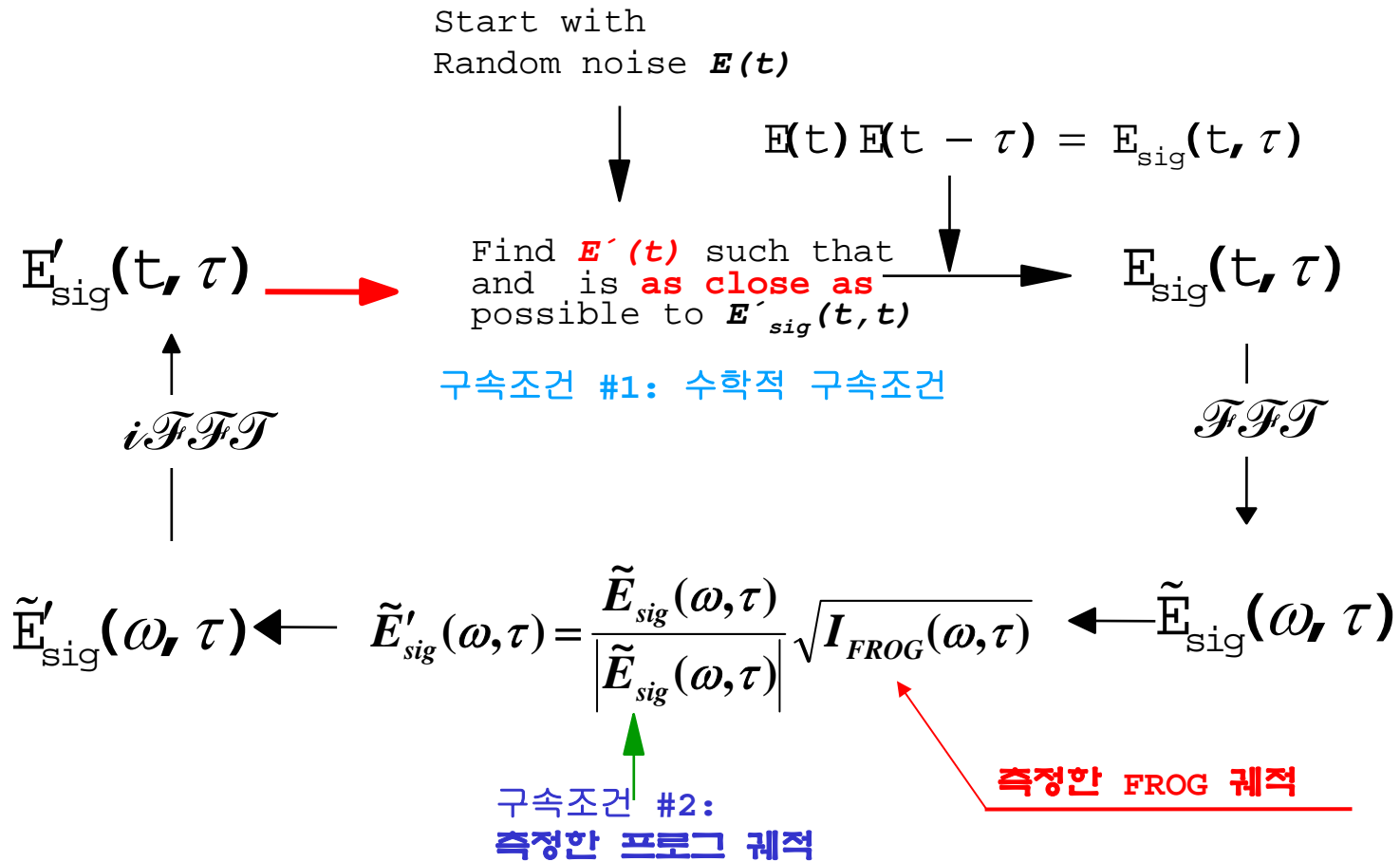


위상복원
알고리즘



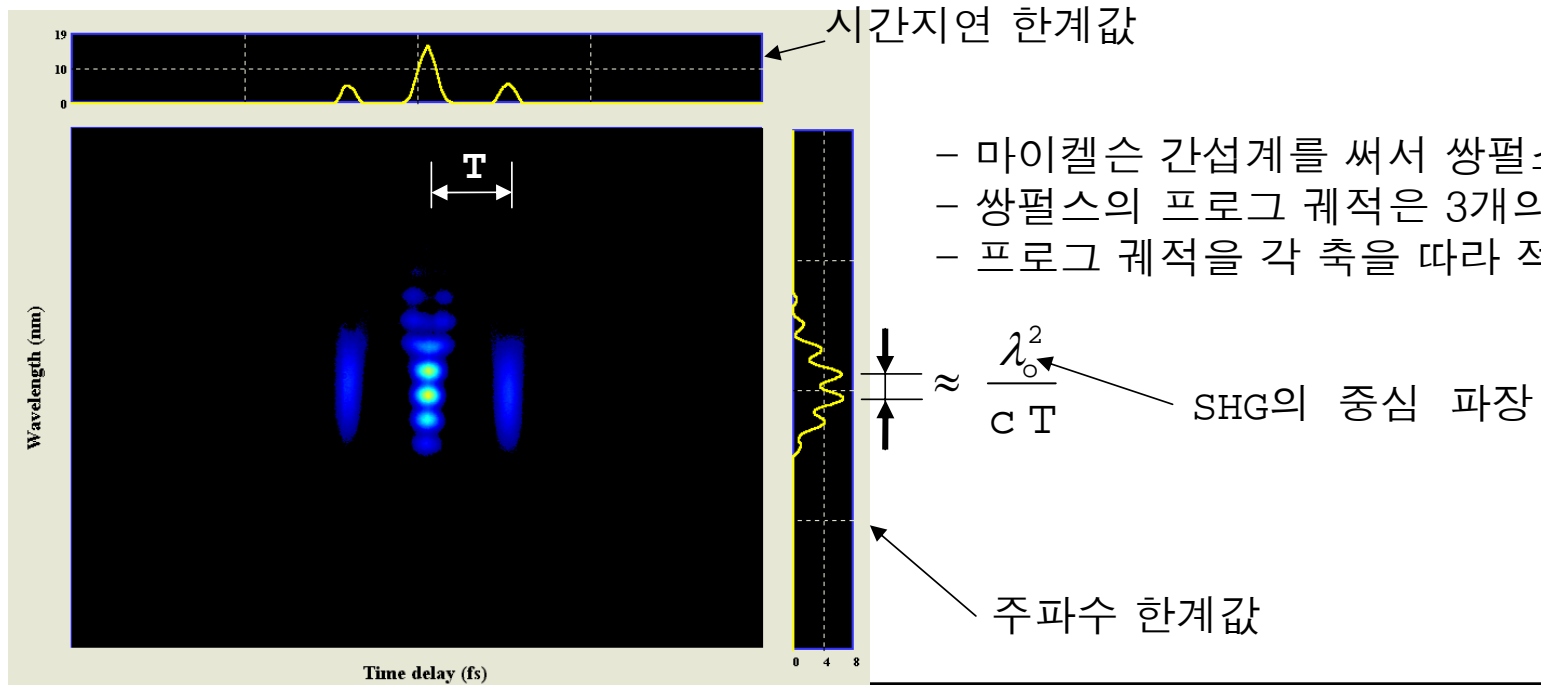
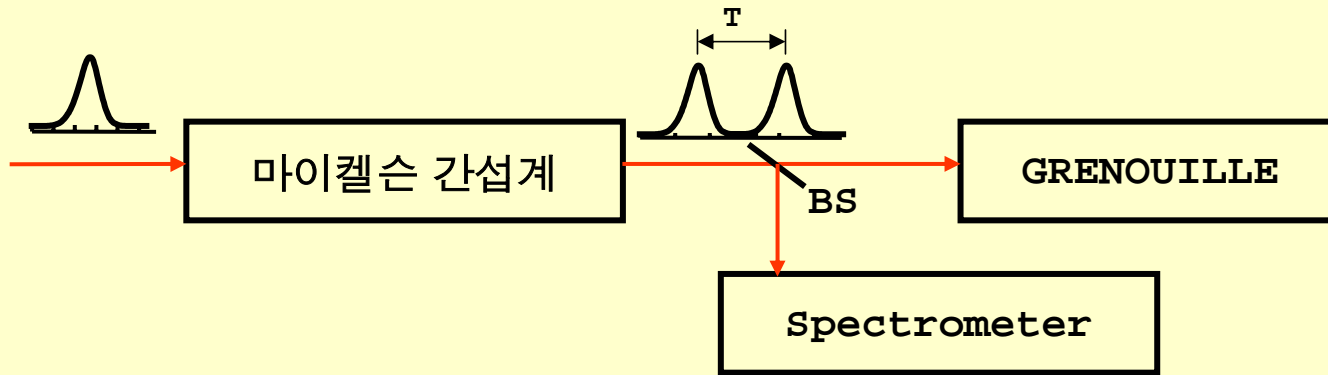
2차원 위상복원의 반복적 푸리에 변환법

- 측정기의 비선형조건에 맞는 수학적 조건(#1)과 측정한 프로그 궤적(#2)를 번갈아 가면서 구속조건 적요
- 두 조건을 모두 만족하는 빛펄스를 찾는다.



장치 보정

* 두 빛펄스 사이의 간격은 **spectral interferometry**를 써서 구함



- 마이켈슨 간섭계를 써서 쌍펄스 생성
- 쌍펄스의 프로그 웨적은 3개의 섬 모양
- 프로그 웨적을 각 축을 따라 적분

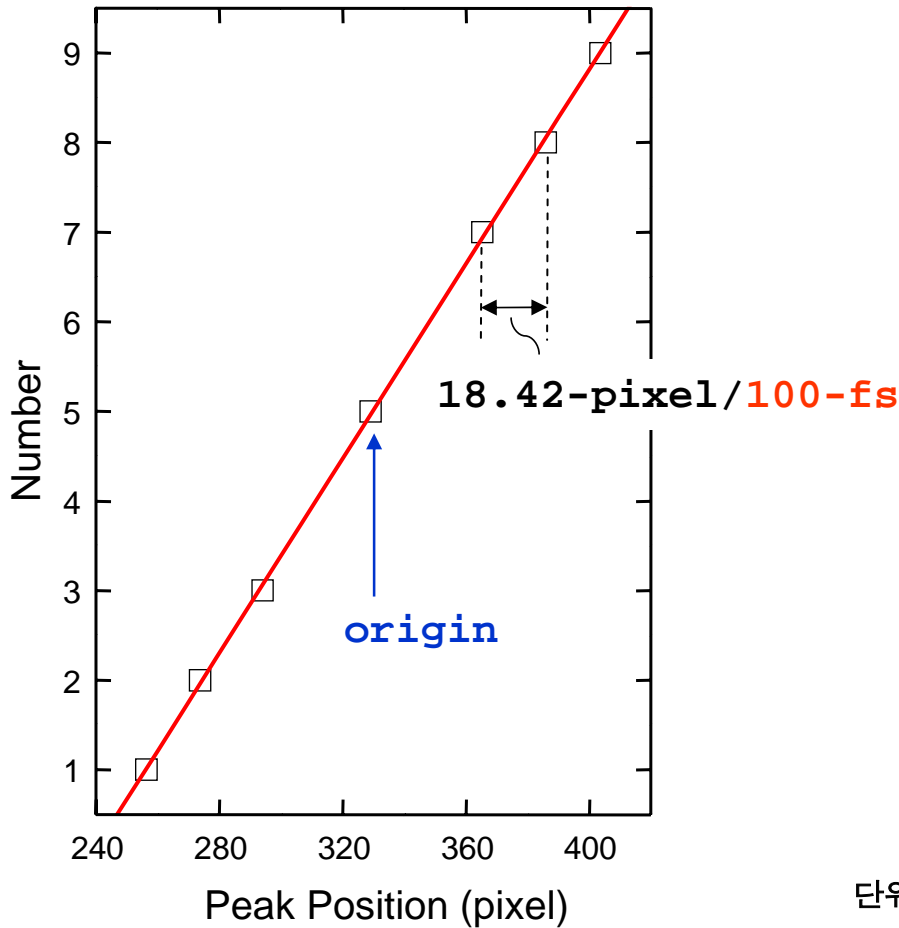
$\approx \frac{\lambda_0^2}{c T}$ SHG의 중심 파장

주파수 한계값

- 쌍펄스에 대한 프로그 웨적과 한계값

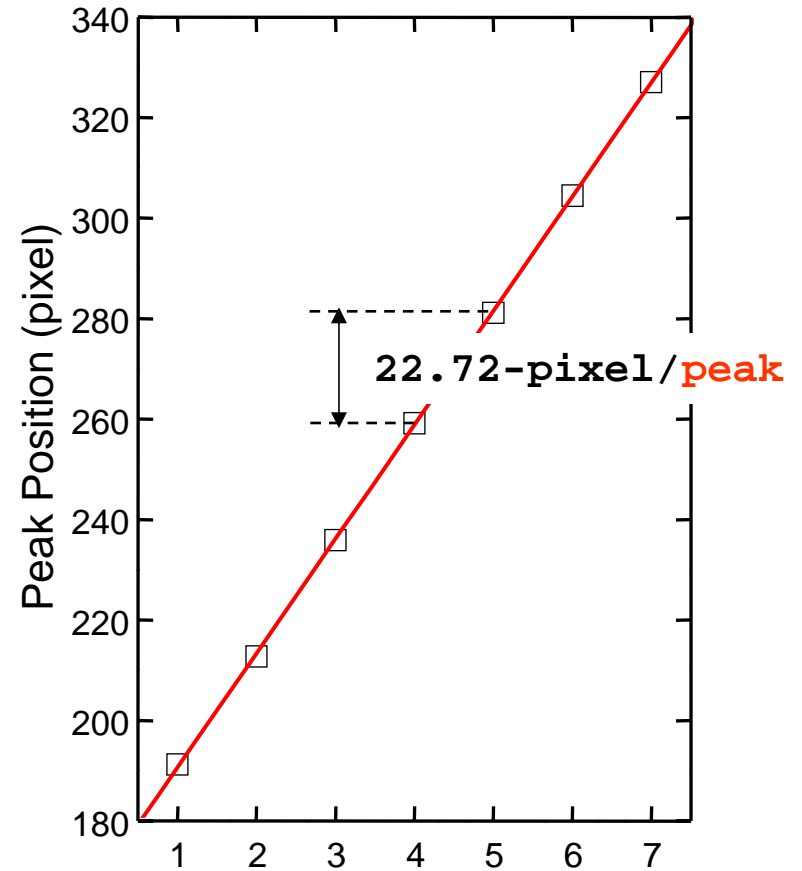
보정상수

* 시간간격이 400/300/200-fs인 프로그 궤적의 시간지연 한계값에서 봉우리의 화소번호



단위 화소 당 시간 지연
= 5.43-fs/pixel

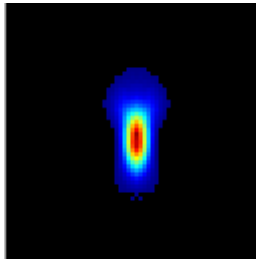
* 시간간격이 400-fs인 프로그 궤적의 주파수 한계값에서 봉우리의 화소번호



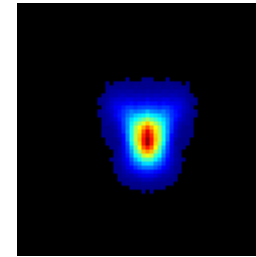
단위 화소 당 파장 변화
= 0.0559-nm/pixel

GRENOUILLE Test (시간영역)

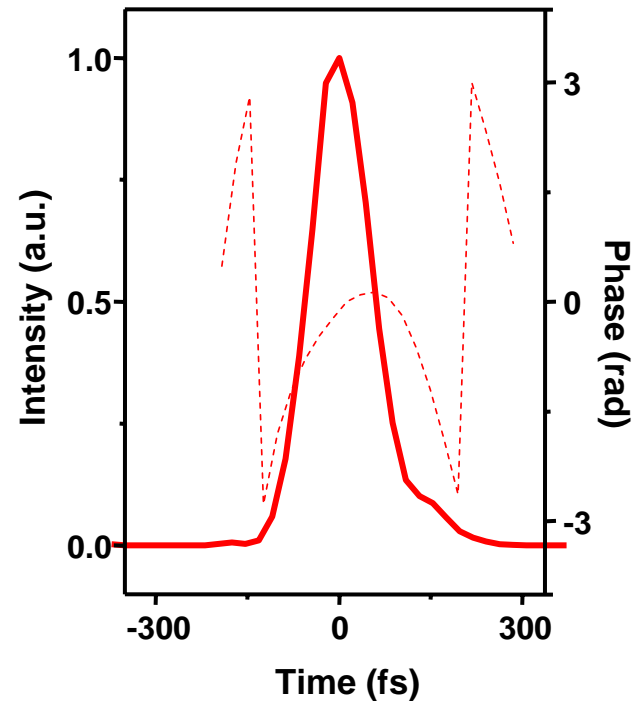
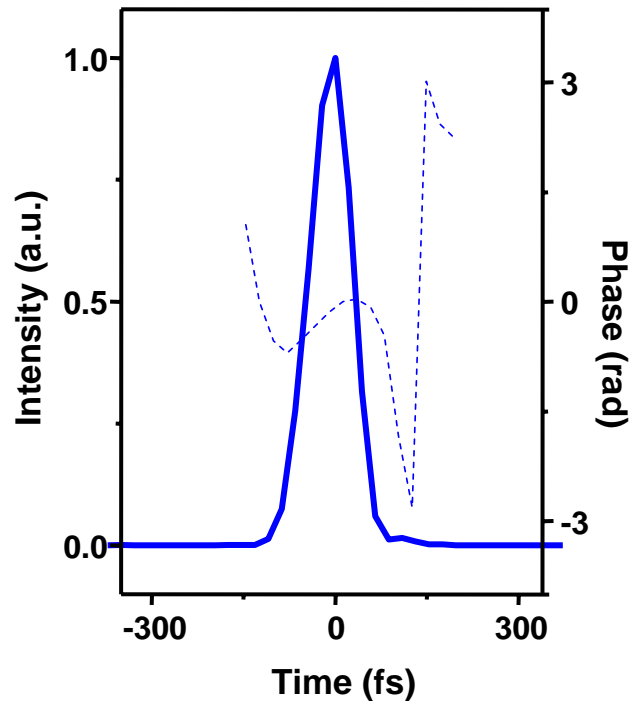
- BK7 막대(5-cm)에 의한 빛펄스의 변형
- 주파수 공간에서 BK7에 의한 새울음(chirping)을 비교



- 유리막대 지나기 전
- 펄스폭: 83-fs

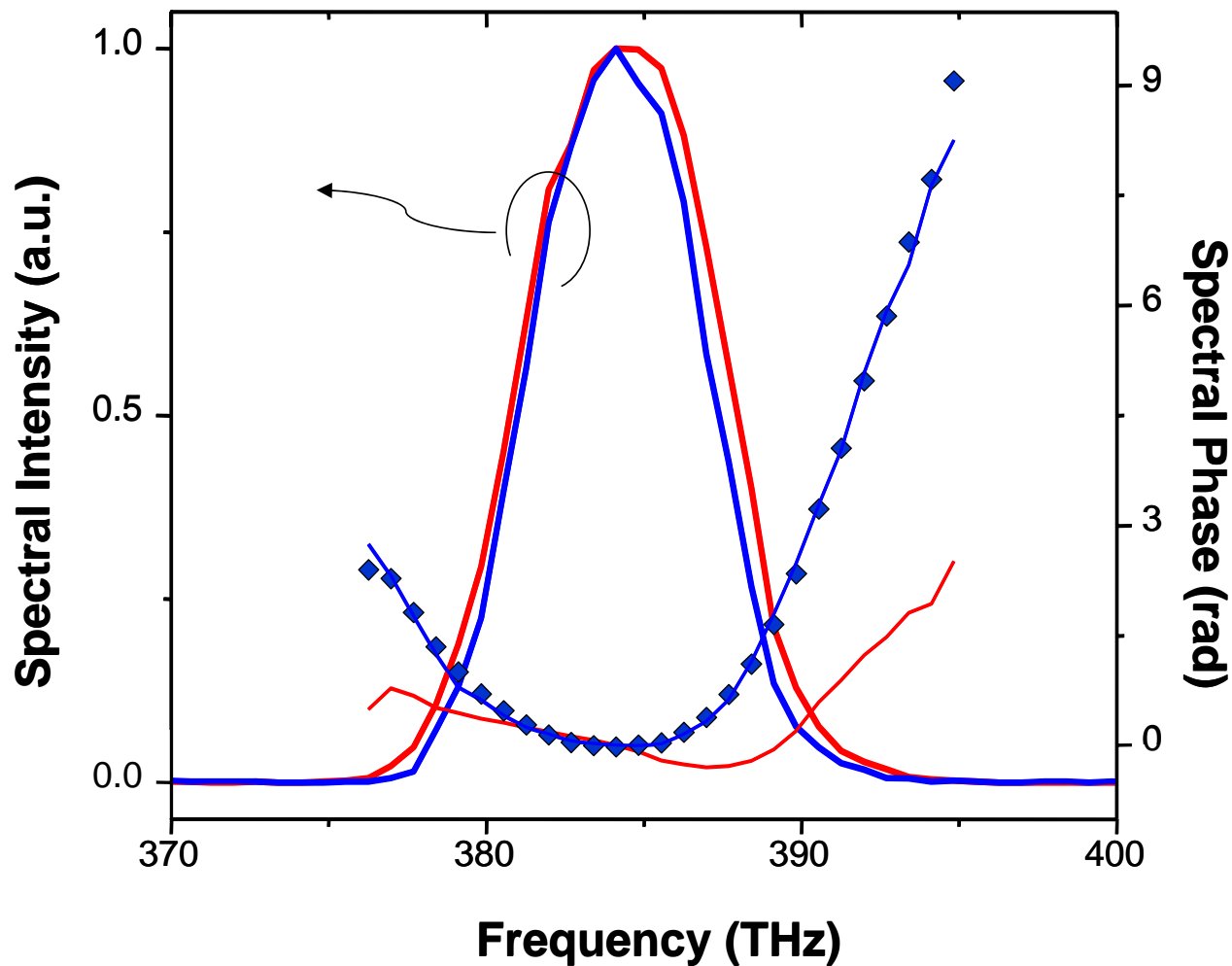


- 유리막대 지난 뒤
- 펄스폭: 117-fs

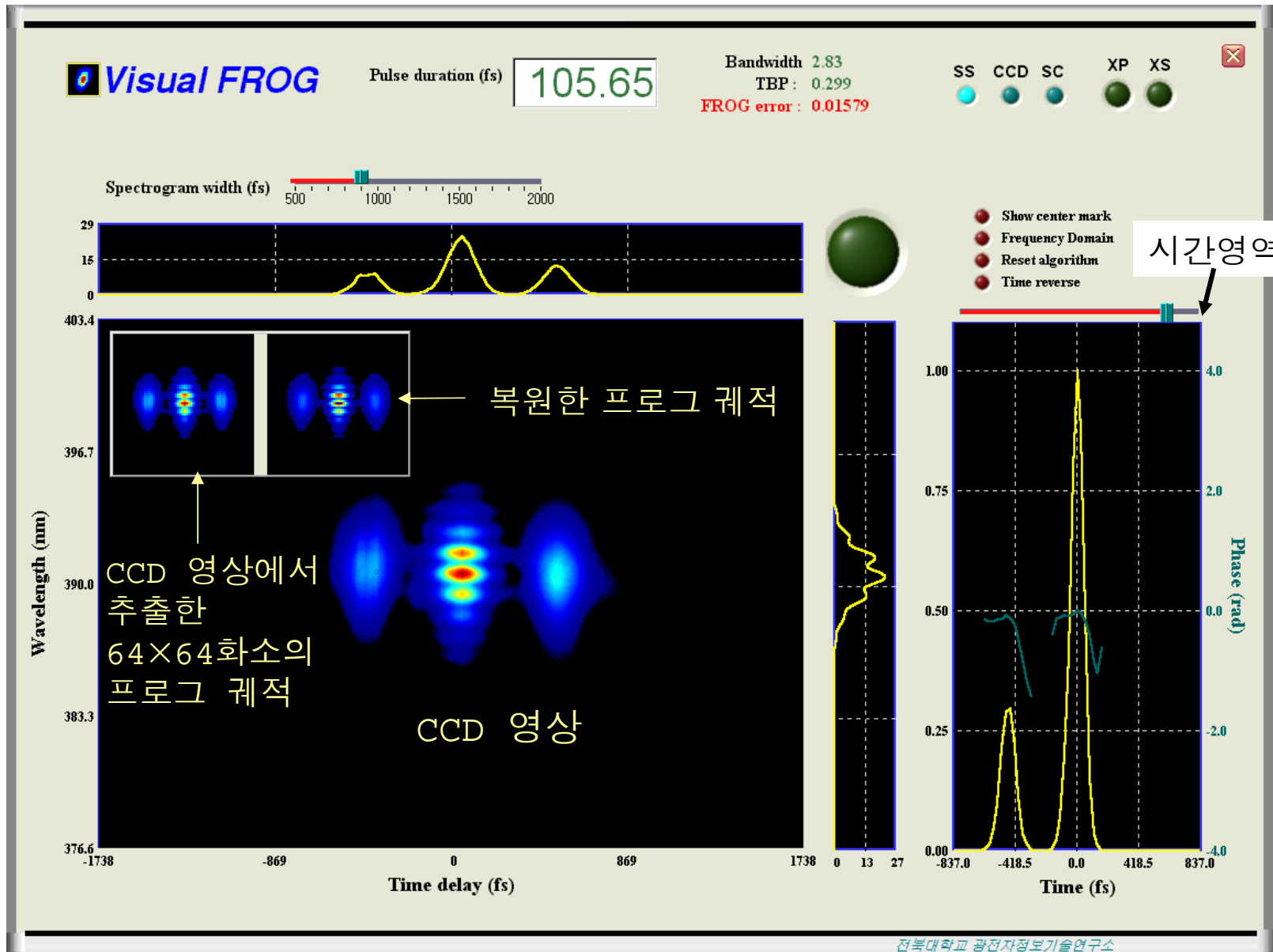


GRENOUILLE Test (주파수영역)

- Reference Pulse
- Dispersed Pulse
- ◆◆◆ Reference + BK7 Dispersion



GRENOUILLE 소프트웨어 (쌍펄스 복원 예)



사진

