

CPA Ti:sapphire 레이저의 펄스압축기 제어를 통한 chirped 펄스의 시간적 특성연구

Temporal characterization of compressor-controlled chirped pulses in a CPA Ti:sapphire laser system

홍경한, 강용훈, 차용호*, 남창희

한국과학기술원 물리학과와 곁맞는 X선 연구단, *한국원자력 연구소 양자광학 기술개발팀
pman@bomun.kaist.ac.kr

고출력 펨토초 레이저 기술은 커렌즈 모드록킹 기술, Ti:sapphire 이득매질의 개발, chirped pulse amplification(CPA) 등의 도움으로 1980년대 후반부터 급속히 발전해 왔다. 생성된 펨토초 펄스의 시간적 특성을 정확히 알아내기 위한 방법들도 많이 연구되어 주파수 분해 광계이팅(FROG)^[1]이나 주파수위상 간섭계(SPIDER)^[2] 등의 방법들이 기존의 자체상관계를 대체하게 되었다. 극초단 레이저 펄스는 넓은 스펙트럼을 갖고 침투출력이 높기 때문에 매질이나 광학계를 지나면서 군지연분산, 자체위상변조 등의 효과에 의한 시간적 위상변화가 쉽게 생긴다. 이러한 시간적 위상변화는 레이저 펄스의 중요한 특성이며 이것을 측정하는 것은 시간폭을 최소화하여 고출력의 펄스를 얻는 데에도 중요하다. 한편, 고출력 펨토초 레이저를 이용한 대표적인 실험인 고차조화파 발생현상^[3]은 높은 비선형도를 갖는 현상으로서 입사되는 레이저 펄스의 시간적 위상에 민감하다. 특히 chirping된 레이저 펄스를 이용하면 고차조화파의 스펙트럼 구조를 변화시킬 수 있으며, 이러한 고차조화파 현상을 정량적으로 분석하기 위해서 입사되는 레이저 펄스의 위상 특성을 정확히 알아야 한다.

본 연구에서는 CPA Ti:sapphire 레이저에서 생성된 펨토초 펄스를 고차조화파 실험에 이용하기 위하여 펄스의 위상, 특히 chirping양을 제어하였다. 이것을 위하여 펄스압축기에 있는 에돌이발 사이의 거리를 변화시키는 방법을 사용하였고, 이 때 발생한 chirped 펄스들의 시간적 특성을 FROG 방법을 이용하여 측정하였다. CPA 방법에서는 모드록킹을 이용하여 극초단 펄스를 발생시킨 후 증폭하기 전에 매질의 손상을 줄이기 위해 펄스를 시간적으로 확대하는데, 이 때 강한 양의 분산을 주어 펄스를 chirping시키는데, chirping된 펄스는 증폭된 후 음의 분산을 주는 펄스압축기에서 압축된다. 펄스압축기에서 주는 음의 분산의 양을 제어하면 레이저 펄스의 고의적인 chirping을 줄 수 있다. 그림 1은 1200 gr/mm의 에돌이발에 46°의 입사각으로 펄스가 입사했을 때, 펄스가 완전히 압축되는 에돌이발의 간격에서 0.1 mm 더 움직였을 때 생기는 위상의 변화를 보여주며 음의 방향으로 chirping되었음을 알 수 있다.

FROG 장치^[4]는 실린더형 반사경을 사용하여 single-shot 형으로 제작되었고 25 μm 두께의 type I BBO 결정에서 발생하는 합주파수 발생된 신호를 분광하여 16 비트 CCD에서 2차원으로 검출하였다. 그림 2는 10 Hz, CPA Ti:sapphire 레이저 발생시킨 chirped 펄스들을 FROG 방법으로 측정한 결과이다. 에돌이발의 간격은 -0.5 mm부터 0.5 mm까지 변화시켰으며 에돌이발의 간격이 증가함에 따라 chirping 양이 양에서 음으로 변화된다. 그림 3은 이 펄스를 Wigner 분포함수로 다시 구성한 것으로 레이저 펄스의 chirping 상태를 보다 직관적으로 보여준다. 이러한 펄스들은 고차조화파 실험에 사용되어 고차조화

과 연속적인 tuning, 잘림위치 확장, 스펙트럼 구조의 제어 등의 결과를 보여주었다.

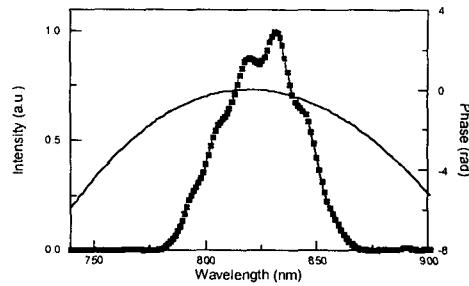


그림 1 에들이발 최적 위치에서 0.1 mm 양의 방향으로 움직였을 때의 위상변화

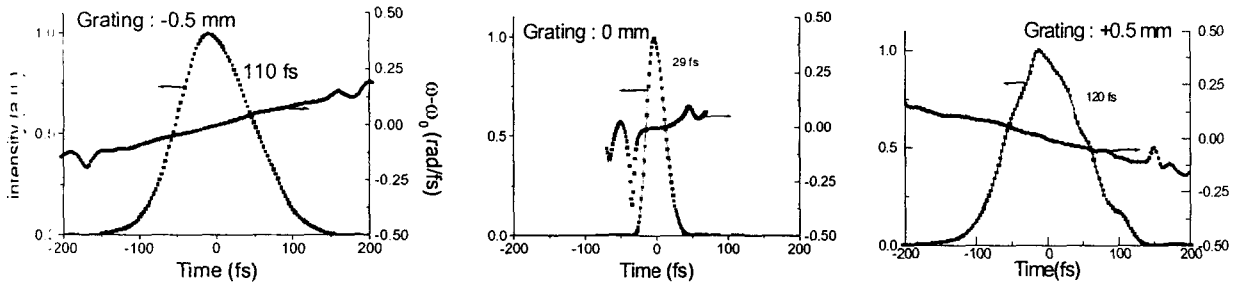


그림 2. FROG를 이용하여 측정한 에들이발 간격에 따른 펄스모양과 위상

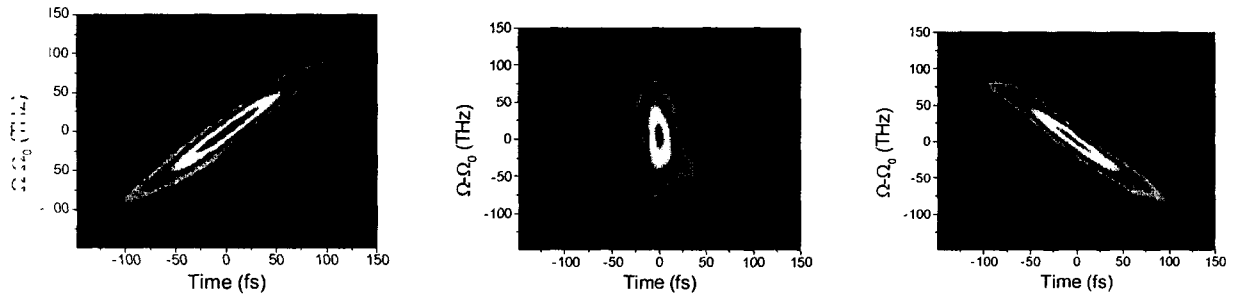


그림 3. Wigner 분포함수를 이용한 표현

참고문헌

[1] R. Trebino and D. J. Kane, J. Opt. Soc. Am. A **10**, 1101 (1993).
 [2] C. Iaconis and Ian A. Walmsley, Opt. Lett. **23**, 792 (1998).
 [3] H. J. Shin, D. G. Lee, Y. H. Cha, K. H. Hong, and C. H. Nam, Phys. Rev. Lett. **83**, 2544 (1999).
 [4] K. H. Hong, Y. H. Cha, C. H. Nam, and, J. D. Park, J. Kor. Phys. Soc. **33**, 315 (1998).