

Micro-machined deformable mirror를 이용한 펨토초 펄스의 적응광학적 압축

Adaptive Pulse Compression of Femtosecond Pulses using a Micro-machined Deformable Mirror

홍경환*, 강용훈, 남창희

한국과학기술원 물리학과와 걸맞는 X선 연구단

pman@bomun.kaist.ac.kr*

펨토초 펄스는 넓은 스펙트럼을 갖기 때문에 광학소자들의 파장에 따른 굴절률 분산효과(군지연 분산)에 의하여 쉽게 변조된다. 군지연 분산은 펄스폭이 늘어나는 효과를 가져오는데, 얻어진 레이저 펄스의 스펙트럼에서 최소한의 펄스폭을 갖도록 펄스를 압축하려면 이러한 군지연 분산을 효과적으로 제거해야만 한다. 용융 실리카나 BK7, SF10과 같이 일반적인 광학 매질은 가시광선과 근적외선 영역에서 장파장 성분이 펄스 앞단으로 오는 양의 분산을 가져오는데, 이러한 양의 분산을 프리즘 쌍이나 에돌이발쌍, chirped mirror 등에서 발생하는 음의 분산을 이용하여 효과적으로 보상할 수 있다. 그러나 이러한 소자들은 분산곡선이 정해져 있는 수동적인 소자들이므로 고차 분산 효과에 의하여 생기는 복잡한 모양의 주파수위상 왜곡을 보상하는 데에는 한계가 있다. 이러한 복잡한 주파수위상 왜곡 효과를 보상하기 위하여 최근 들어 액정 변조기(LCM)나 음향학적 변조기(AOM) 등의 능동적 소자들이 사용되기 시작하였다.^[1] 반도체 제조 공정의 발달로 등장한 micro-machined deformable mirror (MMDM)는 응답속도가 매우 빠르고 가격이 저렴한 적응광학소자로서 1999년에 처음 능동적인 펨토초 펄스 압축기에 사용되었다.^[2] MMDM을 이용한 적응광학계는 고출력 레이저 시스템에도 적용되어 이를 이용한 고차 조화파 발생의 최적화에 응용된 바 있다.^[3]

본 연구에서는 Ti:sapphire 레이저에서 생성된 펨토초 펄스의 분산을 MMDM을 이용한 적응광학계로 보상하여 변환한계(transform limit)에 가까운 펄스를 얻으려 하였다. 그림 1은 적응광학계의 실험장치도이다. 분산에 의하여 시간폭이 늘어난 펄스를 프리즘과 곡면거울을 이용하여 파장을 분해하고, 공간적으로 파장이 분해된 푸리에 평면에 MMDM을 설치하여 파장별로 생긴 위상 왜곡을 보상할 수 있게 하였다. 펄스는 비선형 결정에 집속하여 2차 조화파를 발생시키고 이를 분광기에서 검출하여 peak 값을 읽어들이어 MMDM으로 feedback한다. MMDM은 19개의 linear array로 된 actuator들의 의하여 표면에 변형을 일으키는데, 각 actuator들은 0 ~ 300 V의 DC 전압에 의하여 작동하며 256 개의 단계로 디지털화된다. 최소의 펄스폭을 얻기 위하여 feedback된 2차 조화파 신호의 크기가 최대가 되는 actuator들의 전압 조합을 찾는다. 이 과정에서 자연에서 일어나는 적자생존의 원리를 이용한 유전 알고리즘(genetic algorithm ; GA)으로 최적의 조합을 찾고,^[4] 최소화된 펄스의 모양과 시간폭은 주파수 위상 간섭계(SPIDER)^[5]로 측정하여 압축되기 전과 비교하였다.

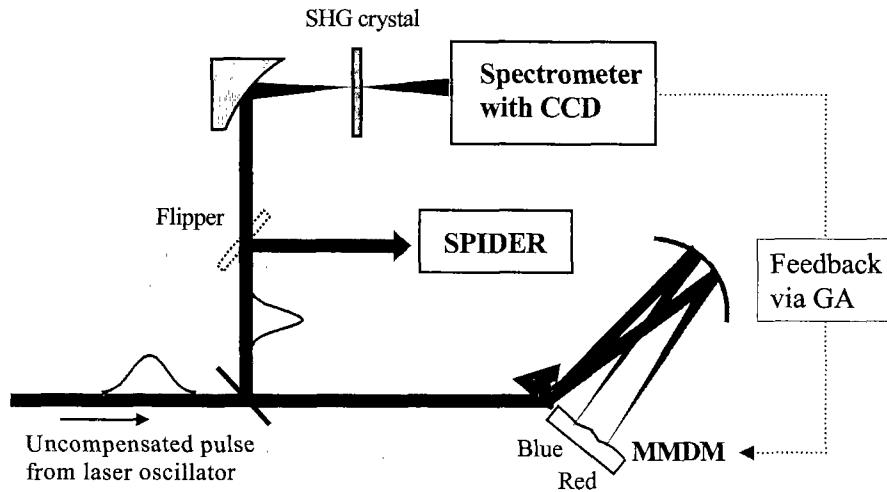


그림 1 MMDM을 이용한 적응광학적 펄스 압축기의 실험장치.

참고문헌

[1] A. M. Weiner, D. E. Leaird, J. S. Patel, and J. R. Wullert, *IEEE J. Quantum Electron.* **28**, 908 (1992).
 [2] E. Zeek, K. Maginnis, S. Backus, U. Russek, M. Murnane, G. Mourou, H. Kapteyn, and G. Vdovin, *Opt. Lett.* **24**, 493 (1999).
 [3] R. Bartels, S. Backus, E. Zeck, L. Misoguti, G. Vdovin, I. P. Christov, M. M. Murnane, and H. C. Kapteyn, *Nature* **406**, 164 (2000).
 [4] J. F. Frenzel, *IEEE Potentials* **12**, 21 (1993).
 [5] 강용훈, 홍경한, 남창희, *한국광학회지* **12**, 219 (2001).

