

## Sub 30fs Ti:sapphire 레이저의 펄스폭 압축 및 2차 조화파 발생

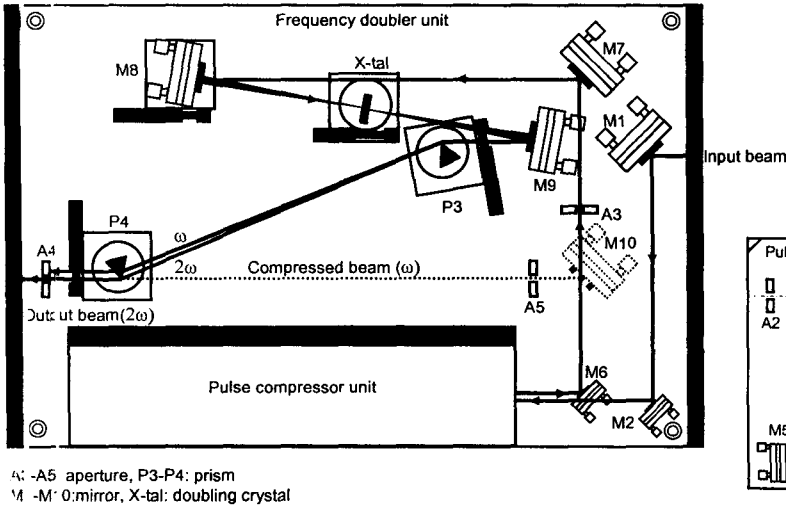
### Pulse Compression and Second Harmonic Generation of sub-30fs Ti:sapphire Laser

김점술\*, 정재룡, 박용섭\*\*,  
레이저스펙트라, \*\*나노표면그룹, 표준과학연구원  
lasersp@chollian.net, \*\*park@kriss.re.kr

sub-30fs 펄스폭의 상용 Ti:sapphire 레이저시스템에 대한 펄스압축기 및 2차 조화파 발생기를 제작하여 특성을 평가하였다. 그림1a에서 82MHz의 주파수로 모드록되는 상용 Ti:sapphire 레이저 (Spectra-Physics Millennia/Tsunami laser)의 출력이 반사경 M1, M2를 거쳐 펄스압축기에 입사되고 압축되어 나온 펄스가 다시 M6, M7를 거쳐 2차 조화파발생기로 입사되는 2단구조로 설계되었다. 압축기에 입사되기전 평균파워는 파장 800nm에서 520mW로 측정되었으며, 측정된 스펙트럼 반치폭 47nm에 (그림2a) 대해 chirp-free sech<sup>2</sup>t 펄스로 가정할 경우 본 레이저시스템의 변환한계 펄스폭은 14.5fs로 계산된다. 그러나 autocorrelator (Femtochrome FR-103XL)로 측정한 실제 펄스폭은 92fs이며(그림3a), 이는 본 레이저시스템의 출력펄스에 대한 군속도(GVD)가 보정되지 않았음을 의미한다. 본 펄스압축기는<sup>(1)</sup> 이러한 왜곡된 군속도를 프리즘 쌍으로 보정함으로써 펄스폭을 25fs까지 압축할 수 있었으며 (그림3b), 780nm에서는 29fs, 820nm에서는 25fs 펄스폭을 얻을 수 있었다. 그림1b에 도시된 펄스압축기는 수직편광의 입사광이 두 개의 Brewster각 분산프리즘 P1, P2를 수직방향에서 왕복하도록 반사경 M3, M4, M5가 배치되었으며, 프리즘간의 편도거리는 프리즘 광로길이와 레이저출력경의 재질에 대한 군속도분산을 고려하여 설정하였다. 2차 조화파 발생기를 거치지 않고 압축된 펄스를 직접 이용하기 위해 플리퍼 반사경 M10을 설치하였으며 M10에서 반사된 레이저파워는 460mW로 측정되었으며 대부분의 손실은 프리즘팁에서 발생하였다.

2차조화파 발생기는<sup>(2)</sup> 곡률반경 20cm의 구면경 M8로 입사광을 BBO 결정에 집속하고 동일한 곡률의 구면경 M9로 평행광을 만드는 구조로 설계되었으며, Type-I BBO 결정에서 발생된 수평편광의 2차조화파를 기본파에서 분리하기 위하여 두 개의 Brewster각 분산프리즘 P3, P4를 이용하였으며, 2차조화파 파장에서 프리즘광로에 따른 군속도분산의 보정을 고려하여 프리즘 간격을 설정하였다. 그림2b에서 1mm 두께의 BBO 결정(Casix)에서 발생된 2차조화파의 스펙트럼을 보였다. BBO 결정의 각도를 미세조정하여 최대파워 70mW, 변환효율 15%를 얻었으며, 이는 압축되지 않은 기본파로부터 얻은 28mW에 비해 2.5배의 출력향상을 보였다. 스펙트럼 반치폭은 중심파장 404nm에서 2.5nm로 측정되었으며, 기본파와 2차조화파 파장에서 서로 다른 군속도에 의한 결정내에서의 walk-off 때문에 이 두께에서 실제 펄스폭은 변환한계값 68fs보다 넓은 187fs로 예상된다.<sup>(3)</sup> 그림2c는 두께 0.5mm BBO 결정에서 얻은 스펙트럼이며 반치폭 6nm로 측정되어 walk-off 때문에 확대대는 펄스폭은 약 94fs로 기대되며, 40mW의 평균파워를 얻었다. 기본파의 펄스폭과 발생된 2차조화파의 펄스폭이 같아지는 BBO 결정의 pulse-width preservation length 150um 보다 얇은 100um 두께에서 얻은 스펙트럼 반치폭은 10.5nm로 측정되어 더 짧은 펄스폭이 기대되지만, 공진기내부형 조화파발생에<sup>(4) (5)</sup> 의하지 않고는 평균파워가 6mW로 측정되어

실용성이 기대되지 않는다. 본 연구에서는 근적외선, 청색가시광 스펙트럼에서 극초단 시분해광전자 분광에 응용하기 위하여 상용레이저의 출력펄스를 압축시켜 30fs 이하의 극초단 레이저펄스를 얻었으며, 결과로서 향상된 2차조화파 출력을 얻을 수 있었다. 추후 시분해광전자 분광기법의 적용으로 본 연구에서 시도되지 않는 400nm 대의 2차조화파 출력의 펄스폭 측정이 보완될 예정이다.



A1-A5 aperture, P3-P4: prism  
M1-M10: mirror, X-tal: doubling crystal

그림 1(a) 2차조화파 발생기

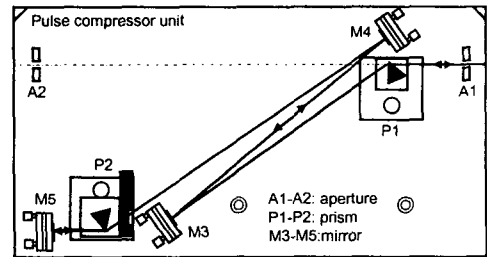


그림 1(b) 펄스압축기

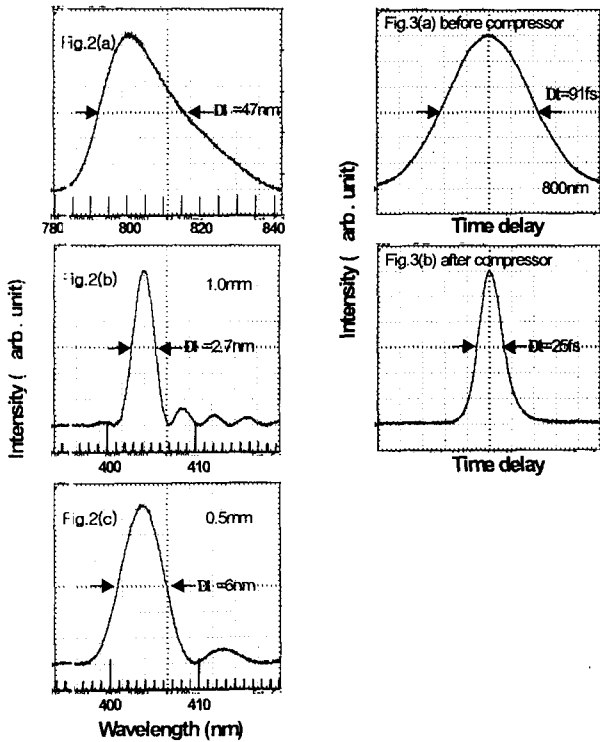


그림 2. 레이저 및 2차조화파 스펙트럼

그림 3. autocorrelator 신호

참고문헌

- 1.R.L.Fork, O.E. Martinez, and J.P. Gordon, Appl. Phys. Lett. 9 150(1984)
- 2.S.H. Ashworth, M.Joschko, M.Woerner, E. Riedle, and T.Elsaesser, Opt. Lett. 20, 2120(1995)
- 3.J. Diels and W. Rudolph, Ultrashort laser pulse phenomena(Academic press, 1996) Chap. 3.3
- 4.S. Backus, M.T.Asaki, C.Shi, H.C.Kapteyn, and M.M. Murnane, Opt. Lett. 19, 399 (1994)
- 5.Y.I.Kang, Y.H.Cha, and C.H.Nam, Jpn. J. Appl. Phys. 38, 85 (1999)