

## 극화 고분자 박막을 이용한 자체 상관계 개발

## Development of an autocorrelator using the poled polymer

정창수, 유태준, 이영락, 변지수, 노영철, 최일우, 고도경, 이종민, 방한배\*, 이주연\*

광주과학기술원 고등광기술연구소, \*인제대학교 화학과

csjung@apri.gist.ac.kr

극초단 펄스 레이저는 1990년대 초반부터 활발하게 개발되어 왔으며 최근에는 펄스폭이 단일 사이클에 근접하는 레이저까지 개발되고 있다. 이러한 극초단 펄스 레이저는 기초 과학뿐만 아니라 응용 산업 분야에서도 널리 이용되고 있는데 정확한 쓰임을 위해서는 레이저의 펄스폭을 정확히 측정하는 일이 중요하다. 그래서 극초단 레이저의 펄스폭을 측정하는 일에 대한 연구도 레이저의 개발과 함께 진행되었고 여러 가지 방법이 개발되었다.<sup>(1)</sup> 이들 방법 중 2차 조화파 현상에 기반한 자체 상관계는 가장 기본적인 고분자 사용되는 방법이라고 할 수 있다.

두께가  $l$  이고 유효 계수가  $d_{eff}$  인 2차 비선형 광학 물질에 파장이  $\lambda_w$  이고 세기가  $I_w$  인 기본파가 입사했을 때 발생하는 2차 조화파의 세기는 다음과 같이 표현할 수 있다.<sup>(2)</sup>

$$I_{2w} = const \cdot I_w^2 \cdot d_{eff}^2 \cdot \left(\frac{l}{\lambda_w}\right)^2 \cdot \frac{\sin^2 \psi}{\psi^2} \quad (1)$$

여기서  $\psi$  는 위상 부정합 정도를 표현하는 양으로 다음과 같이 기본파와 조화파의 굴절률( $n_w, n_{2w}$ ) 및 물질 내 굴절각( $\theta_w, \theta_{2w}$ ) 등으로 표현된다.

$$\psi = 2\pi \cdot [n_{2w} \cos \theta_{2w} - n_w \cos \theta_w] \cdot \frac{l}{\lambda_w} \quad (2)$$

이상의 두 식을 통해서 물질의 두께가 얇을수록 2차 조화파 발생 스펙트럼의 파장 선포가 넓음을 알 수 있다. 그런데 펄스폭이 매우 짧은 극초단 펄스의 경우 필연적으로 넓은 파장 스펙트럼을 갖게 되므로 이를 2차 조화파 발생 현상으로 분석하기 위해서는 자체 상관계에 사용되는 비선형 광학 물질의 두께가 충분히 얇아야 함을 알 수 있다. 자체 상관계 용 비선형 광학 물질로 투명 영역이 넓은 BBO 결정이 많이 쓰이고 있는데, 이러한 결정의 경우 광학적인 용도를 갖기 위해서는 polishing 과정이 반드시 필요하여 얇은 두께의 결정을 만드는 데 장애가 되고 있다. 그래서 10 $\mu$ m 정도의 두께를 갖는 BBO 결정을 만들기 위해서는 높은 수준의 제작 기술이 요구된다. 2차 비선형 광학 물질 중에 극화 고분자가 있는데, 이 물질은 스핀 코팅 과정을 통해 1 $\mu$ m 보다 훨씬 얇은 두께의 박막 형태로 쉽게 만들 수 있다. 우리는 이러한 장점을 갖는 극화 고분자를 이용하여 자체 상관계를 구성하여 극초단 펄스를 분석하였고 만족할 만한 결과를 얻었다.

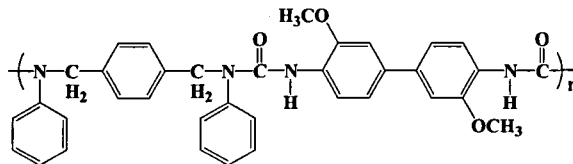


그림 1. Polyurea의 분자 구조.

그림 1과 같은 분자 구조를 갖는 polyurea를 스핀 코팅과 코로나 극화를 가하여 397nm의 두께를 갖는 고분자 박막을 제작하였다. 이 물질의 흡수 스펙트럼은 그림 2와 같이 370nm 이상의 파장에 대해 50% 이상의 투과율을 갖는 것으로 측정되었다. 이 물질을 2차 조화파 발생 물질로 이용하여 그림 3과 같은 Mach Zender 형태의 자체 상관계를 구성하고 자체 제작한 극초단 펄스 레이저의 펄스폭을 측정하여 그림 4와 같은 간섭 무늬 결과를 얻었다. 비교를 위해 극화 고분자 대신 15 $\mu$ m 및 100 $\mu$ m 두께의 BBO

결정을 사용하여 간섭 무늬 결과를 얻은 다음, 결과들을 분석하여 레이저 펄스의 시간적인 모양을 그림 5와 같이 측정하였다. 397nm 두께의 polyurea 박막을 사용했을 때는 9.8fs로, 15 $\mu$ m 두께의 BBO 결정을 사용했을 때는 펄스폭이 9.2fs로 비슷하게 측정된 데 비해, 100 $\mu$ m 두께의 BBO 결정을 사용했을 때는 펄스폭이 7.2fs로 많이 다르게 측정되었다.

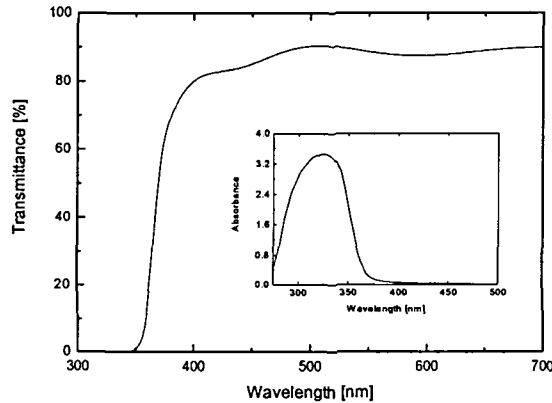


그림 2. Polyurea의 투과율 스펙트럼.

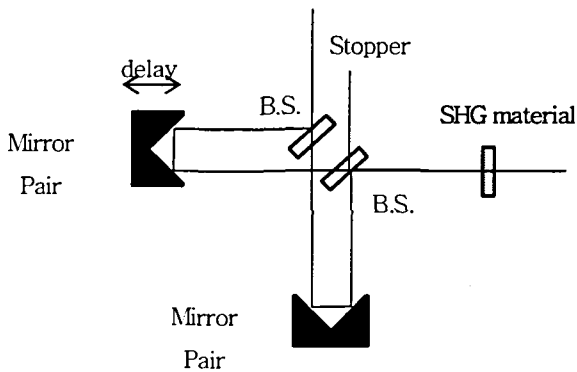


그림 3. 자체 상관계의 구조.

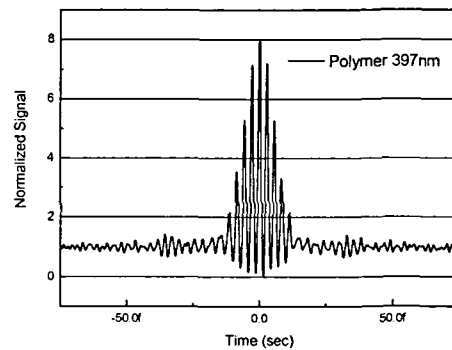


그림 4. 극화 고분자를 이용한 자체 상관계의 간섭 무늬.

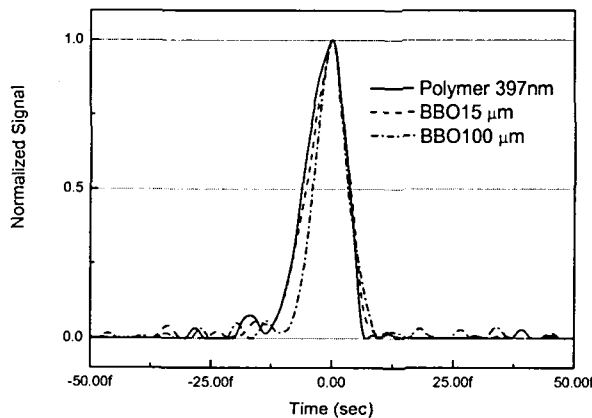


그림 5. 레이저 펄스의 시간 모양 결과.

1. R. Trebino, K. W. DeLong, D. N. Fittinghoff, J. N. Sweetser, M. A. Krumbügel, and B. A. Richman, Rev. Sci. Instrum. **68** (9), 3277-3295 (1997).
2. W. N. Herman and L. M. Hayden, J. Opt. Soc. Am. B **12** (3), 416-427 (1995).

F  
A