

마이켈슨 간섭계의 위상오차 보정

Phase Error Correction in Michelson Interferometer

배효욱, 오승일, 김대성, 박도현
고등기술연구원 원격탐지팀
e-mail 주소 : bhw@iae.re.kr

FTIR 분광 분석은 적외선 영역의 광원을 사용하여 간섭무늬(Interferogram)를 얻은 뒤 이를 고속 푸리에 변환(Fast Fourier Transform) 하여 주파수 스펙트럼의 흡수 peak의 위치와 투광도를 이용하여 성분을 분석한다. 간섭계를 통하여 획득한 이상적인 간섭무늬는 광경로 차가 0 인 지점을 중심으로 대칭인 우함수 이다. 따라서 스펙트럼 분포는 한 방향(one-sided) 푸리에 코사인 변환에 의해 식 (1)과 같이 표현 된다.

$$B(\nu) = 2 \int_0^{\infty} I(\delta) \cos 2\pi\nu\delta \quad (1)$$

$B(\nu)$ 는 스펙트럼 분포이고 $I(\delta)$ 는 간섭무늬 이다. 그러나 내외부적 요인에 의하여 위상오차 $\varphi(\nu)$ 가 발생하면, 이 때 간섭무늬와 스펙트럼은 식(2)와 식(3)으로 표현 된다.

$$I(\delta) = 2 \int_0^{\infty} B(\nu) \cos [2\pi\nu\delta + \varphi(\nu)] d\nu = \int_{-\infty}^{\infty} B(\nu) e^{i\varphi(\nu)} e^{-2\pi i\nu\delta} d\nu \quad (2)$$

$$B(\nu) = |B(\nu)| = [B_r^2(\nu) + B_i^2(\nu)]^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

이러한 위상오차의 원인으로 증폭기의 오프셋, 샘플링 오차, 이동거울의 진동 등이 있다. 위상오차의 존재는 간섭무늬의 대칭성을 깨뜨리며, 이로 인해 식 (1)과 같은 푸리에 코사인 변환을 더 이상 사용 할 수 없다.

비대칭 간섭무늬의 스펙트럼은 대칭 간섭무늬의 스펙트럼과 달리 실수 부분과 허수부분으로 에너지 분포가 나누어지기 때문에 대칭 간섭무늬의 스펙트럼과 비교했을 때 에너지 분포가 달라져 스펙트럼의 크기, 흡수 선폭 등에 있어 차이가 발생한다. 이러한 요소들은 스펙트럼의 실수 및 허수에 대한 정보를 갖고 있는 위상성분을 이용해 알고리즘을 통해 보정함으로써 오차를 최소화 할 수 있다. 위상오차는 식 (4)와 같이 표현 된다.

$$\varphi(\nu) = \arctan [B_i(\nu)/B_r(\nu)] \quad (4)$$

위상 오차를 보정하기 위해서는 스펙트럼의 위상 오차를 구한다음 이를 주파수 또는 공간 영역에서 곱하거나 컨벌루션을 수행하여 스펙트럼 분포가 오직 실수 부분으로만 구성되도록 함으로써 보정 할 수 있다.

위상오차에 대한 영향을 분석하기 위해 임의의 각각 다른 흡수 폭을 가지는 가우시안 형태의 스펙트럼을 입력

으로 하여 여러 파라미터에 대한 분해능의 영향에 대해서 시뮬레이션을 수행하였고, 실제 시스템을 통해 측정된 스펙트럼에 대해서도 위상오차 측정 및 위상 보정 후 스펙트럼을 비교 분석 하였다.

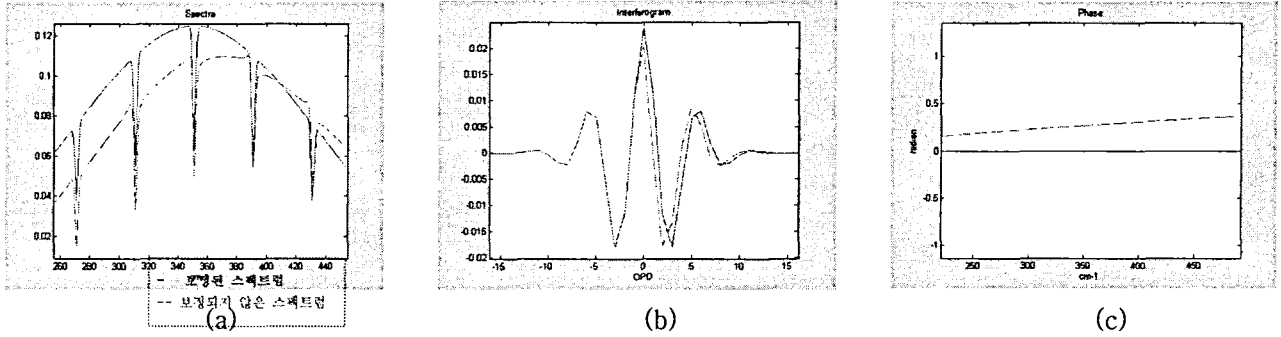


그림 1. 위상보정에 따른 간섭무늬, 스펙트럼 비교
(a) 스펙트럼; (b)간섭무늬; (c)위상

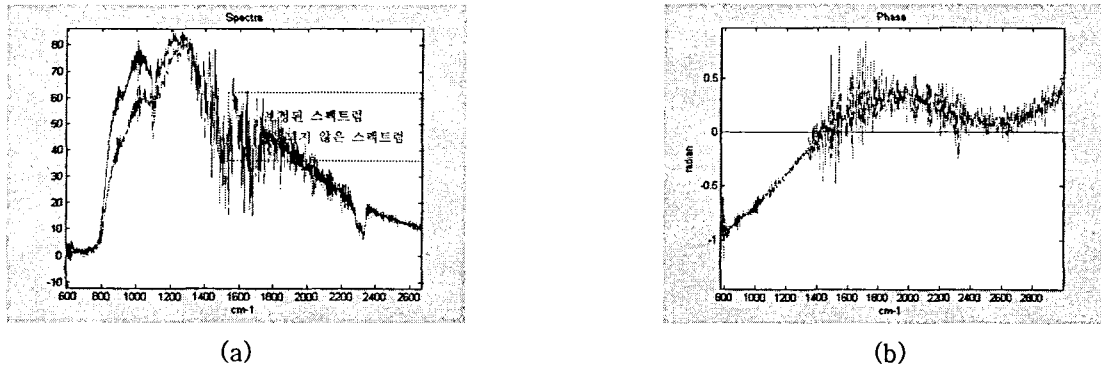


그림 2. 측정 스펙트럼의 위상오차 보정
(a) 스펙트럼; (b) 위상

1. W. H. Steel, G. A. Vanasse, "Correction of Asymmetric Interferograms Obtained in Fourier Spectroscopy", J. Opt. Soc. Am., 56, 59-63 (1966)
2. P. R. Griffiths, J.A. de Haseth, "Fourier Transform Infrared Spectrometry", John Wiley & Sons, New York(1986)

