

다이오드레이저 흡수분광법을 이용한 수증기의 산소 동위원소 성분비 측정 - II

Measurement of Oxygen Isotope Ratio in Water Vapor by using Tunable Diode Laser Absorption Spectroscopy (TDLAS) - II

정도영, 박상언, 김재우, 고광훈, 임권, 정의창, 김철중
한국원자력연구소, 양자광학기술개발부
ex-parkse@kaeri.re.kr

여러 가지 원소의 동위원소 성분 분석은 생물학, 화학, 환경학, 연대학, 기후학 연구에 있어서 중요한 정보를 제공하는 유용한 수단이다. 동위원소 성분비를 측정하는 방법으로는 가스 동위원소 질량분석기를 이용한 방법이 사용되어 왔지만, 최근 다이오드 레이저의 발달과 함께 다이오드레이저 흡수분광법(TDLAS)이 개발되어 사용되고 있다. TDLAS 방법의 경우 질량분석기를 이용하는 방법에서는 측정이 불가능한 동일질량 분자의 동위원소 성분비를 측정할 수 있다. 특히, 물분자의 경우 이산화탄소로 화학적 변환과정을 거쳐야만 질량분석기로 측정할 수 있지만 TDLAS 방법의 경우 변환과정 없이 직접 측정이 가능하다⁽¹⁾.

TDLAS 방법에는 파장변조분광, 주파수변조분광, 공동광자감쇠분광, 광음향분광법 등이 있다. 본 연구에서는 수증기 ($H_2^{16}O$, $H_2^{17}O$, $H_2^{18}O$)의 동위원소 성분비를 파장변조 분광법을 적용하여 측정하였는데, 실험장치도가 그림 1에 나타나 있다. 광원으로 파장이 1392 nm이고 출력이 약 3 mW인 Littman형 외부공진기 다이오드레이저 (Sacher사 모델 TEC500-1380)를 사용하였다. S/N비를 향상시키기 위해 레이저의 흡수경로거리가 36 m인 multipass cell (Newfocus사 모델 5611)을 사용하였고, Lock-in amplifier (Stanford Research Systems사 모델 SR850)를 이용하여 1차 조화신호를 측정하였다. 이때 레이저의 주파수는 1 kHz의 정현파로 변조하면서 흡수선 주위를 0.5 Hz의 톱니파를 이용하여 주기적으로 스캔하였다. 동위원소비가 서로 다른 두 가지 물 샘플을 교대로 주입하여 7 Torr의 압력에서 측정하였는데, 한 샘플에 대해 40번씩 스캔하여 그 평균값을 구했다. 모든 측정은 컴퓨터와 HP Vee 프로그램을 이용하여 자동화하였다.

그림 2는 $H_2^{16}O$, $H_2^{17}O$, $H_2^{18}O$ 의 흡수신호를 한번 스캔하여 얻은 결과로서, 1차 조화신호 S/N 비는 약 1000이다. S/N 비를 더욱 향상시키기 위해 HP Vee 프로그램 내에서 FFT lowpass filter를 이용하여 고주파 노이즈를 제거하였다. 측정결과 ^{18}O 에 대한 동위원소 성분비의 측정오차는 약 0.5 %였으며, 앞으로 흡수셀의 온도안정화 등을 통하여 측정 정밀도를 향상시킬 계획이다.

[참고문헌]

1. E. R.Th. Kerstel, G. Galiardi, L. Gianfrani, H. A. J. Meijer, R. van Trigt, R. Ramaker, Spectrochimica Acta Part A, 2389 (2002).

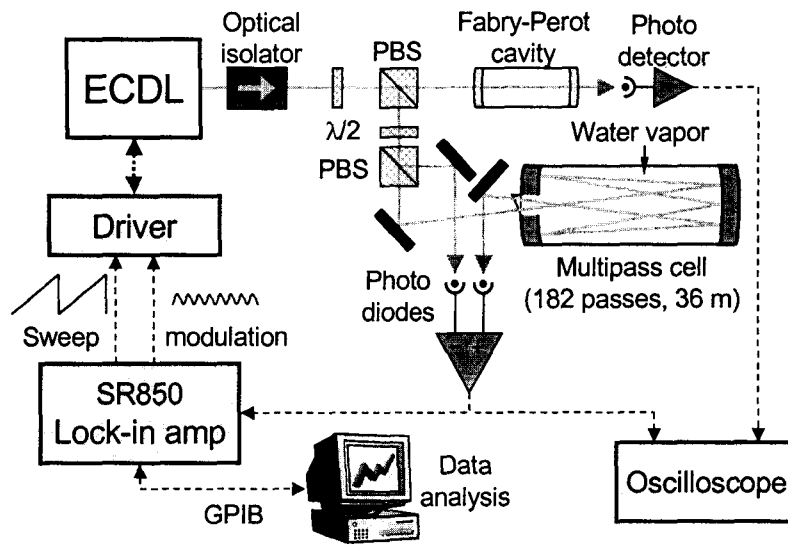


그림 1. 파장변조분광법을 이용한 수증기의 산소 동위원소 성분비 측정 장치도.

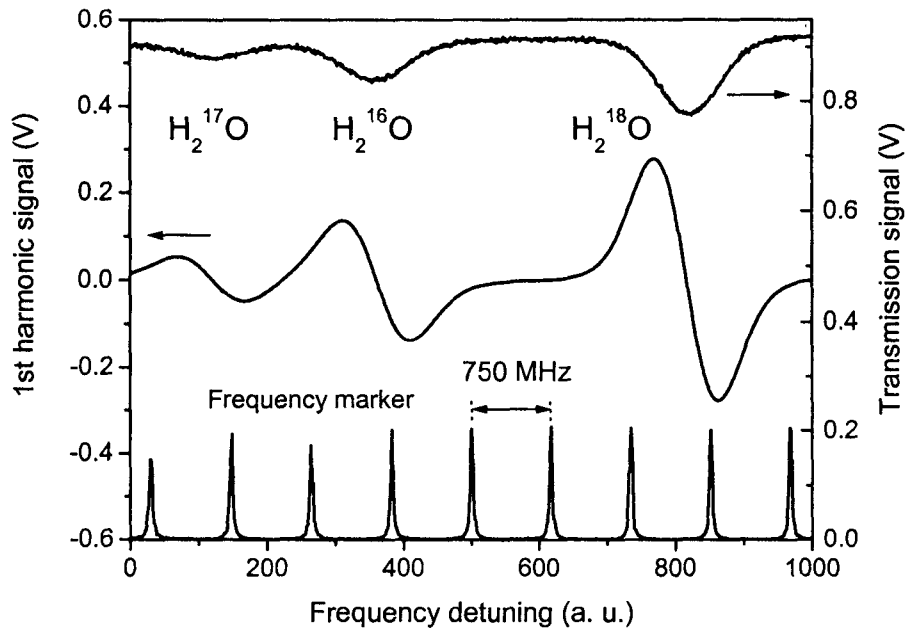


그림 2. multipass cell에 약 7 Torr의 압력이 되도록 물을 주입한 후 측정된 산소 동위원소의 흡수스펙트럼.