

근적외선 파장 가변 레이저를 이용한 기체셀의 흡수 스펙트럼 특성 분석

A NIR Tunable Diode Laser Spectroscopic Study for the Detection of Trace Gases

이형만, 양우석, 김우경, 이한영, 김성일*, 류희욱**, 주상우*
전자부품연구원, *승실대학교 화학과, **승실대학교 환경화학공학과
lhm0703@keti.re.kr

파장가변 다이오드 레이저를 사용한 미량기체의 흡수 분광법은 기초과학뿐만 아니라 분석응용에 있어서 중요한 수단으로 자리 잡고 있다. 적외선 다이오드 레이저 흡수 분광법을 사용하면 CH_4 , C_2H_6 , N_2O , SO_2 , H_2O_2 , NO , NO_2 , HNO_3 , O_3 , CO_2 , HOCl 및 HCl 와 같은 작은 기체분자 들 뿐만 아니라 악취 및 독성에 관계되는 황화합물, 암모니아, 포름알데하이드 등의 유해물질의 미량의 탐지가 가능하다. 파장영역이 근적외선에서 사용되는 다이오드는 상온에서 사용할 수 있는 장점을 가지고 있으며 근적외선은 분자 진동에 있어서 overtone이나 combination 등의 약한 세기의 전이가 나타나기 때문에 중적외선보다 상대적으로 스펙트럼의 관측이 어려울 수 있다.⁽¹⁻²⁾ 최근 새로운 다이오드 레이저 및 탐지기가 개발되고 있고 우수한 광학적 성질과 아울러 소형화가 가능하고 대량생산이 용이하다는 견지에서 앞으로 많은 응용이 기대된다.

본 연구는 근적외선 파장 가변 레이저를 이용한 가스 분석 시스템 구성, 이를 이용한 가스셀의 분석 및 그 응용에 관한 기술이다. 근적외선을 이용한 응용기술은 광통신 기술로 급속히 발전이 되어 왔으며 다양한 형태의 레이저 모듈이 개발되어 왔다. 본 연구는 근적외선 파장을 이용한 기체분석 시스템의 특성을 연구하기 위해 광통신에 적용되는 DFB-LD(CW:1610nm, 3dB BW:0.025nm)를 적용하여 그 연구를 수행하고 그 결과를 고찰하였다. 그림 1은 본 연구에서 적용한 가스 분석 시스템의 개요도와 실제 시스템 구성 사진이며, 실험에 적용한 레이저는 I_{th} :10mA, η :0.1mW/mA, $\Delta\lambda/\Delta T$:0.1nm/°C 구동이 가능하다.

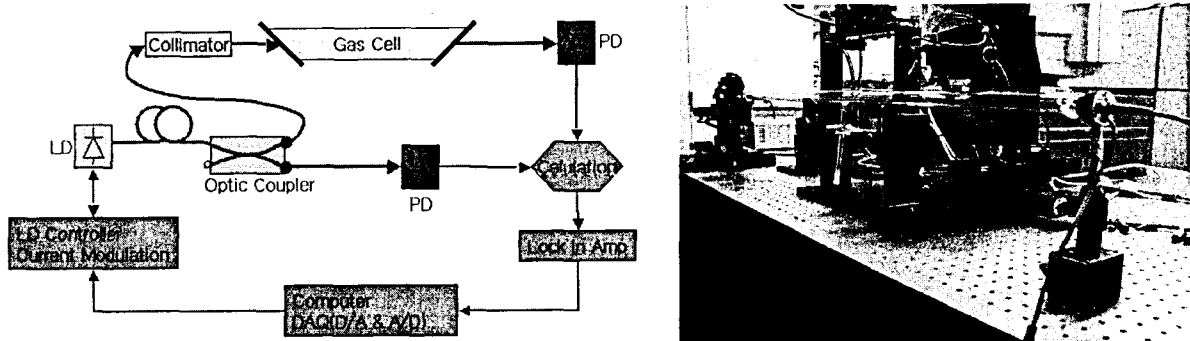


Fig. 1. Schematic diagram and hardware for gas spectroscopy with NIR tunable laser source
 CO_2 기체는 CaF_2 window를 부착시킨 1 m 길이의 pyrex 유리 셀에 수 torr 정도 주입시켜 기체 셀을 만들었다. 압력은 MKS baratron gauge로 측정하였고 직결식 펌프를 사용하여 10^{-2} torr 정도의 진공 하

에서 준비하였다.

본 연구에서 적용한 기체종류는 CO₂이며, 이를 분석하기 위해 파장범위를 1608-1611[nm]로 설정하여 실험하였다. 실험 데이터의 결과는 HITRAN 데이터와 비교분석하였으며, 그림 2는 실험과 HITRAN 데이터를 비교 분석한 결과이다.

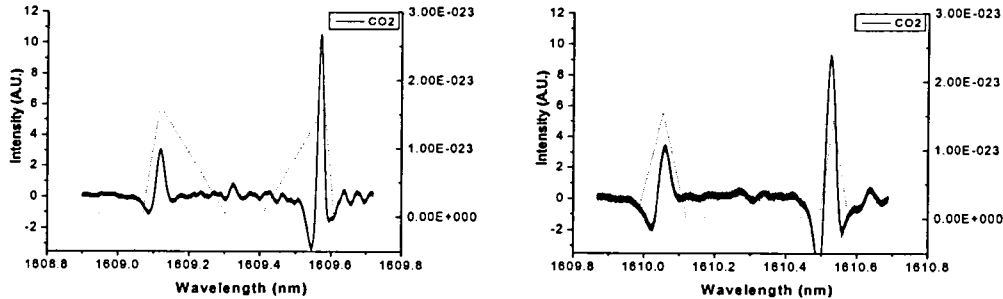


Fig. 2. Absorption lines of CO₂ measured with NIR tunable laser source at 1608-1611[nm]

근적외선의 흡수 스펙트럼은 일반적인 방법으로는 측정이 불가하며 본 연구에서는 그림 1과 같이 시스템을 구성하고 Wavelength Modulation Spectroscopy를 적용하여 그 결과를 구하였다. 실험에서 사용된 Reference Frequency는 50KHz이고 Modulation Amplitude는 1.0V 및 사용온도는 25℃와 34℃이다. 표 1은 HITRAN에서의 피크파장과 실험에서 얻은 피크파장의 비교결과를 나타내며, 비교 분석결과 최대 24pm의 편차로 거의 일치함을 알 수 있다. 이러한 편차는 Current와 Temperature함수로 표현되는 DFB-LD 레이저의 파장 곡선의 오차로 인한 것으로 추정된다.

Table 1. Peak wavelength deviation between HITRAN and NIR tunable laser spectroscopy

HITRAN, Wavelength	Measurement, Wavelength	Deviation[nm]
1609.1171	1609.1027	0.014
1609.5814	1609.5579	0.024
1610.0534	1610.0607	0.007
1610.5330	1610.5258	0.007

흡수 스펙트럼의 측정한계는 Signal to Noise Ratio(S/N)로 정의될 수 있으며, $S/N=(S_g - S_n)*5/\Delta S_n$ 와 같다. 여기서 S_g , S_n 및 ΔS_n 은 각각 Signal Level, Signal Level without Gas 및 Spot Noise이다. 본 연구에서 얻은 S/N는 1144.4이고, 측정에 사용된 개스의 양은 14000ppm이다. 이 결과를 적용하면 본 연구에서의 CO₂ 개스의 흡수 스펙트럼 측정 한계는 12.2[ppm.m]이다.

본 연구 결과 파장 가변 레이저를 이용한 흡수 스펙트럼 측정 시스템은 CO₂ 뿐만 아니라 H₂S, HCHO 등 기타 다른 환경 개스에 적용이 가능하며, 다양한 개스를 동시에 측정하고 그 종류 및 그 양을 정량 또는 정성 분석 하는데 적용이 가능할 것으로 판단된다. 또한, 광통신을 적용한 Online Monitoring System을 도입하면 환경 및 대기오염 측정의 실시간 구현이 가능할 것으로 추정된다.

참고문헌

1. Ventrudo B., D. Cassidy, Z. Guo, S. Joo, S. Lee, and T. Oka., "Near Infrared 3n₂ Overtone Band of H₃⁺, Journal of Chemical Physics", Vol.100 6263~6267 (1994).
2. Weldon V., K. Boylan, B. Corbett, D. McDonald, J. O'Gorman., "A Nobel Single Frequency Stabilized Fabry-Perot Laser Diode at 1590 nm for Gas Sensing", Spectrochimica Acta Part A, Vol. 58 2433~2438 (2002).

