

Multi-pass cell과 레이저 다이오드를 이용한 NH₃ 가스 검출시스템 개발

Development of NH₃ gas detecting system using Multi-pass cell and laser diode

김도억, 임년식*, 조성주**, 강신원***

경북대학교 전자공학과, 경북대 센서공학과*

(주)라이다텍**, 경북대학교 전자전기공학부***

swkang@knu.ac.kr

1. Introduction

삶의 질이 높아감에 따라 환경에 대한 사람들의 관심이 높아가고 있다. 그중 미소량으로도 인체에 치명적인 해를 주는 유기인 화합물에 대한 실시간 모니터링 기술이 요구되고 있다. 이를 검출할 수 있는 센서로서 광학식 센서는 기존의 센서(반도체식, 전기화학식 등)에 비하여 선택성과 반응전후의 복귀성 및 온·습도의 영향 등의 문제를 개선할 수 있다. 기존의 광학식 센서는 원적외선 영역을 이용하는데 이는 광학식 센서의 경우 높은 감도를 보이거나 이들 시스템은 냉각장치를 요구하며 장비의 가격이 고가인 단점이 있다^[1]. 따라서 본 연구에서는 각종 가스가 광원과 반응을 일으키는 rotovibrational combination band서의 반응성을 이용하여 1.5 μm 파장의 근적외선 영역을 이용하는 광학 시스템을 제안하여 유기인 화합물의 한 종류인 NH₃ 가스의 빛의 반응성에 대한 흡수도 변화를 관찰하여 특성을 확인하였다^[2].

2. Theory

가스흡수의 기본 법칙은 Beer-Lambert법칙^[3]에 기초를 두며 식(1)과 같이 표현된다. 출력 광강도 (I_t), 입력 광강도 (I_0), 전송 선강도 (S_i ($\text{cm}^{-2}\text{atm}^{-1}$)), line-shape 함수 (Ψ (cm)), 압력 (P (atm)), 흡수물질에 따른 mole fraction (x_j), 광반응 길이 L (cm)을 나타낸다.

$$I_t = I_0 \exp(-S_i \Psi x_j L) \quad (1)$$

식(1)을 흡수도와 농도와의 관계식으로 표현하면 식(2)와 같다. 여기서 $\epsilon(\nu)$ 는 흡수계수이다.

$$a(\nu) = \epsilon(\nu) x_j L \quad (2)$$

식(2)으로부터 흡수도 $a(\nu)$ 는 측정된 가스의 농도에 비례한다는 것을 알 수 있다. 그리고 광반응 길이에도 비례함을 볼 수 있었다.

3. Experiment and Results

Fig. 1은 본 연구에서 제작된 측정시스템 개략도이다. 먼저 1550 nm의 Laser Diode(MITSUBISHI, 5 mW)를 광원을 25 °C, 40 mA의 전류 값으로 고정하여 실행하였다. 광원에서 나온 빛을 집광하기 위해 collimator를 사용하였으며 광반응 길이를 증가시키기 위해 multi-pass cell^[4]을 이용하여 20 cm ~ 120 cm까지 측정하였다. Avalanche-Photodiode를 사용하여 반응후의 광신호를 검출하도록 광학계를 구성하였다. 신호처리단은 잡음 제거를 위해 체비셰프 4차 필터를 제작, 사용하였으며 feedback필터와 다단증폭을 통하여 증폭도를 높여 회로를 설계하였다. 마지막으로 챔버내로 유입되는 가스의 농도와 흐름을 일정하게 측정하기 위해 MFC(Mass Flow Controller)를 사용하여 구성했다. 본 연구에서 광 흡수도의 차이는 광반응 길이가 길어질수록 낮은 농도까지 검출할 수 있음을 알 수 있다. multi-pass cell을 이용하여 광반응 길이를 120 cm까지 증가했을 경우 2 ppm까지 측정이 가능하였다.(Fig. 2) 제작된 시스템의 반응속도는 1 초 이내로 빠른 반응성을 볼 수 있었다.(Fig. 3) 또한 multi-pass cell으로 광경로를 증가시키면 ppb 단위까지 측정이 가능 할 것으로 사료된다.

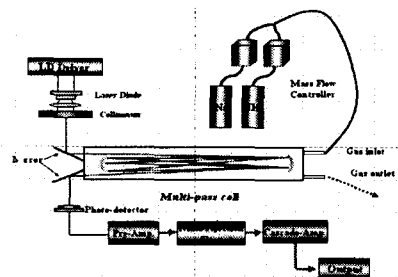


Fig. 1 전체 시스템 개략도

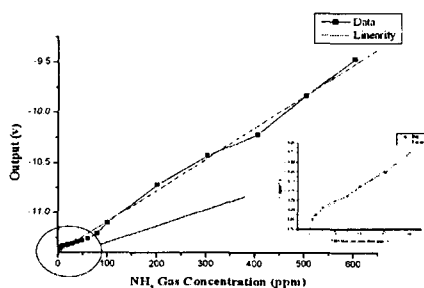


Fig. 2 NH₃ 농도에 따른 출력값

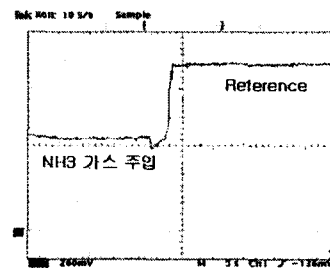


Fig. 3 NH₃ 가스 주입시 반응속도

4. Conclusion

본 연구에서 광통신 대역에서의 NH₃ 가스의 흡수도를 전압 변화량으로 확인하였다. 2 ppm까지의 NH₃ 가스농도분석이 가능했으며 (3.14 mV/ppm) 간단한 구조의 시스템으로 좋은 신뢰성을 볼 수 있었다. 또한 본 연구는 광반응 챔버의 길이와 구조, 광학계 구조 등의 변수를 변화시키면 ppb 단위로의 검출이 가능한 것으로 사료되며 환경모니터링 센서로의 응용이 기대된다.

Acknowledgment

This work is supported by Korea Ministry of Science and Technology through Dual Use Technology Project.

REFERENCES

- [1] I. Linnerud, P. Kaspersen, T. Jaeger : Appl. Phys. B 67, pp. 297-305 (1998).
- [2] V. Weldon, P. Phelan and J. Hegarty : Electron. Lett. 28, pp. 2098-2099 (1992).
- [3] Michael Evan Webber : degree of Doctor Stanford University, January. (2001).
- [4] Jean-Francois Doussin, Ritz Dominique, and Carlier Patrick : Appl. Optics, Vol. 38, NO 19 (1999)