

광섬유 대기오존 모니터

정 완 영

동서대학교 인터넷공학부

전화 : 051-320-1756 / 핸드폰 : 016-466-3615

Optical Fiber Atmospheric Ozone Monitor

Wan-Young Chung

School of Internet Engineering

E-mail : wychung@dongseo.ac.kr

Abstract

A high accuracy ozone monitor using UV absorption method was developed for ambient ozone monitoring. The system was mainly composed of a high power pulsed xenon lamp as UV source, an optical spectrometer with a high sensitivity linear CCD array as UV detector and signal processing unit. The optical signal from the CCD array that provides unusually high response and excellent optical resolution for ozone concentration was converted to digital signal and the digital signal was displayed on screen using PC interface. The optical signal was propagated using optic fiber to reduce optical loss to increase the accuracy of the measuring system. This paper has been studied a interworking signalling protocol between two hybrid networks by analyzing Satellite B-ISDN architecture, DSS2 Layer 3 Signalling protocol, B-ISUP protocol, S-BISUP protocol stack and so on. Also in the paper, messages and primitives have been defined for B-ISDN's Connection Type, Ownership and each protocol in order to connect point-to-multipoint.

The ozone sensing properties of the CCD ozone monitor was compared with those of the photo multiplier ozone monitor.

I. 서론

오존은 탈취와 살균에 강력한 효과가 있는 기체이다. 그러나 한편으로는 대기에서의 다량의 오존의 존재는 인간의 건강에 심각한 영향을 준다. 기관지천식이나 폐에 손상을 주면 심한 경우에는 목숨까지 앓아갈 수도 있다. 이러한 대기 오존은 태양빛에 의한 광화학반응에 의해 NO₂를 생성시키기도 한다[1~3].

이러한 대기상에서의 오존의 농도를 측정하는 시스템은 대부분이 광학적인 방법을 사용하고 있다. 즉, 자외선이 오존이 있는 영역을 통과하게 되면 특정파장의 자외선의 강도가 줄어드는 현상을 이용하여 오존의 농도를 측정하고 있다. 일반적으로 오존계측기는 두가지 용도로 나뉘어져서 개발되고 있다. 즉 하나는 오존발생기에서 나오는 오존량을 측정하는 고농도형 계측기와 보다 낮은 농도의 오존을 측정하는 대기오존 즉, 저농도 오존농도계로 나뉜다.

본 연구에서는 대기오존농도 계측장비개발을 광섬유를 사용하고 정밀한 자외선감지를 위해 카메라에 사용되는 CCD어레이를 사용하여 대기오존농도계를 개발했다. 아직 대기오존 농도를 계측할 만큼 충분한 안정성이 확인되지는 않았지만 그 가능성을 확인할 수 있었다.

II. 시스템 구성

본 연구에서는 오존발생기로부터 나오는 고농도의 오존을 계측하는 계측기와 대기의 오존농도를 계측하는 정밀 오존 계측기를 각각 제작하여 그 특성을 비교하였다.

고농도 오존계측기에서는 주로 저전력 수은램프를 UV광원으로 사용하고 UV 감지를 위해서는 광증배관을 사용하였다. 대기 오존 농도계측을 위해서는 고농도 오존농도계에서 보다 훨씬 정밀하게 오존의 농도를 계측할 수 있어야 한다. 이를 위해서 UV 광원으로는 고전력 펄스 크세논 램프를 사용하였고 UV광 감지를 위해서는 고감도의 선형 CCD어레이로 구성된 광 스펙트로메터를 이용하였다.

2.1 고농도 오존 모니터

고농도 오존을 계측하는 고농도 오존 모니터는 계측할 수 있는 범위가 0.01 ~ 10 wt.% 범위이며 비교적 계측이 용이한 범위이기 때문에 시스템의 저가격화가 이루어져야 할 필요가 있다. 본 연구에서는 그림 1과 같이 저전력 광증배 UV 감지기를 감지기로 사용하였고 2개의 PIC로 구성되는 매우 단순한 제어부로 시스템을 구성하였다.

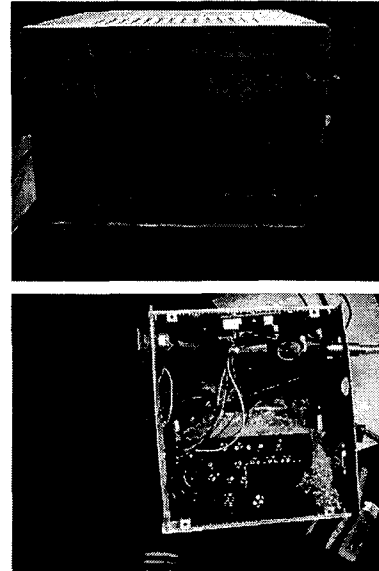


그림 2. 고농도 오존 모니터의 외형과 내부.

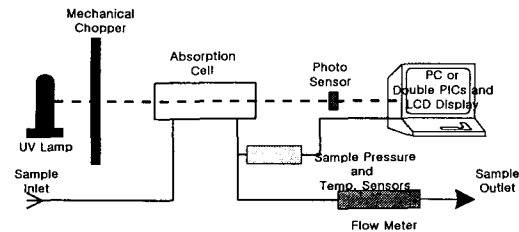


그림 3. 고농도 오존 모니터의 개략적인 구조.

오존 가스는 254nm의 파장의 빛(자외선)을 흡수하게 되는데 따라서 오존이 포함된 유리용기에서 자외선을 쬐어서 그 지나온 자외선(254nm)의 세기에 의해 유리용기내의 오존의 양을 정량하게 된다. 이러한 유리용기를 투명 흡수셀이라고 한다. 이 고농도 오존 모니터를 UV 램프로서 저압 수은램프를 사용하였고 UV 감지기로서 광증배기를 사용하였다. 제작된 시스템의 실제 모양은 그림 2와 같으며 1 ~ 5 리터/분(LPM)의 오존 포함 가스 흐름율에 대한 0.05 ~ 2 wt.%의 오존 농도측정 영역에 대해 그림 3과 같은 비교적 우수한 선형성을 보였다.

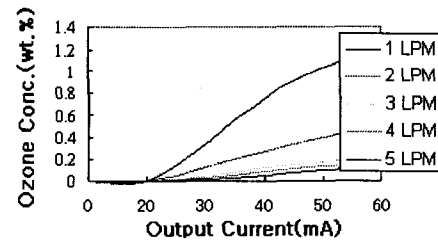


그림 3. 오존 농도에 대한 광증배기의 출력전류의 선형성.

2.2 대기 오존 모니터

대기오존농도계측을 위해서는 계측기가 1~100ppm 영역에서 ppb의 정확성을 가지고 오존을 측정할 수 있어야 한다. 모니터링시스템의 정밀도향상을 위해 고감도의 2048 선형 CCD어레이를 254nm 파장의 자외선 감지센서로 사용하였고 빛 에너지를 광섬유에 의해서 전송되도록 하므로써 손실없이 감지어레이에 광신호가 전달되도록 구성하였다.

그림 4는 본 실험에서의 오존 계측시스템의 모형도이다. 이 시스템은 (1) UV 광원, (2) 광섬유, (3) 흡수

셀과 홀더, (4) CCD 어레이로 구성되는 광스펙트로메터로 구성된다. UV광원으로는 크세논 램프를 사용하였으며 최대 200Hz의 속도로 광원이 펄스로 발생되도록 하였다. 오존을 측정하기 위해서는 254 nm의 파장을 가지는 적외선이 광센서에 도달하도록 해야한다. 이를 위해 광센서(고감도 2048 선형 실리콘 CCD어레이) 바로 앞의 광섬유 끝단을 그레이팅 처리에 의해 254 nm 부근의 빛만 입력되도록 했다.

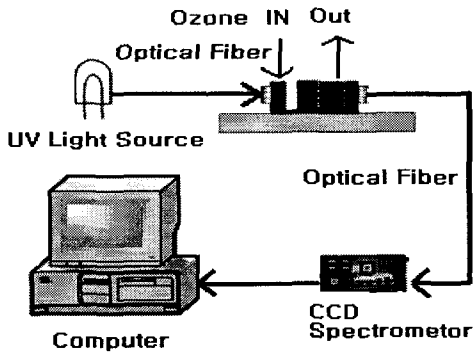


그림 4. 대기오존 모니터 구성도.

다음은 시스템의 구성성분에 대해 간략히 설명하도록 하겠다.

(1) UV 광원

파장 220 ~ 750 nm 사이의 적외선에 대해 짧은 플레쉬 아크 파장을 가지는 펄스 크세논램프를 사용하였다. 이 램프는 고에너지를 가지고 'on'의 영역이 매우 좁도록 소프트웨어에 의해서 제어되도록 했다. 본 연구에서는 260 nm이하의 광시스템에서 나타나는 전형적인 편광현상을 제거할 수 있도록 펄스 신호를 광원으로 사용하였다.

(2) 광섬유

300 μ m 패치 광섬유 두가닥이 사용되었다. 하나는 광원과 오존 샘플 챔버(유리 용기) 사이의 조사광을 위한 것이고 다른 하나는 오존이 포함된 챔버로부터 스펙트로메터로 이루어진 광 검지부 까지를 잇도록 사용되었다.

(3) 흡수셀 과 셀지대

오존 농도는 오존이 포화되거나 전혀없는 투명 흡수셀을 통과한 254 nm 부근의 자외선의 강도를 비교하여

측정하게 된다. 본 실험에서는 10 cm 길이의 석영 유리관이 흡수셀로 사용되었으며 이 셀 양쪽에는 광원으로부터 자외선이 광섬유에 의해 주입되고 다른 한쪽에서는 유리셀을 통과한 자외선이 자외선 감지를 위해 스펙트로메터로 가도록 광섬유를 통과하도록 되어있다. 셀양쪽의 광섬유를 지지하고 셀을 안정적으로 지탱하기 위하여 셀지대가 사용되었다. 셀 지지대에는 셀의 양 끝에 5mm 직경의 석영 볼록 렌즈에 의해 고아섬유에서 나온 자외선이 흩어지지 않고 오존 셀을 통과하여 반대편의 셀쪽으로 갈수있게 구성되어 있다. 또한 반대쪽의 셀쪽에도 볼록렌즈를 장치하여 셀을 통과한 자외선이 광섬유로 원활하게 주입되도록 했다. 또한 외부의 빛의 영향을 차단하기 위해 이 셀지대에는 셀을 검은색의 커버로 보호하도록 설계하였다.

(4) 광섬유 스펙트로메터

본 연구에서 사용된 스펙트로메터는 2048개의 선형 실리콘 CCD 어레이로 구성되어서 매우 높은 감도와 직선성을 가지도록 하였다. 흡수셀로부터 나온 자외선이 광섬유를 경유하여 이 스펙트로메터로 가게 된다. 스펙트로메터에 도달하기 직전 즉, 2차 광섬유의 끝단에는 평면 그레이팅 처리가 되어 있어서 그림 5와 같은 254nm 부근의 빛만 스펙트로메터로 들어가도록 하였다. 1차원적인 CCD어레이로 들어간 자외선은 A/D 컨버터를 통해 디지털 신호로서 컴퓨터에 전해지게 된다. 그림 5는 최종적으로 필터링된 적외선광의 모습을 보여주고 있다. 오존의 흡수파장인 254 nm를 중심으로 다른 길이의 파장에 대해서는 흡수율이 크게 감소하는 것을 확인할 수 있다.

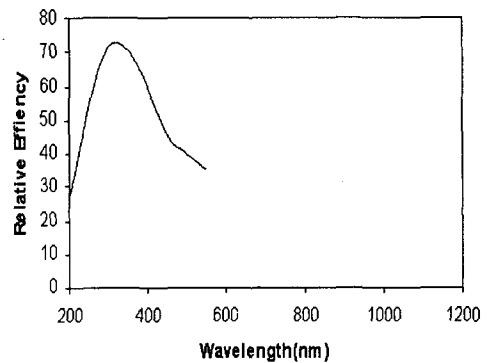


그림 5. 상대적 효율-파장 차트(광스펙트로메터 전단에서의 광섬유로부터 출력되는 광).

그림 6은 본 연구에서 제작된 실제 오존 모니터를 보여주고 있다.

앞에서도 언급된바와 같이 흡수셀의 입구측에서 주입된 자외선이 오존이 함유된 흡수셀에서 얼마나 흡수되었는가에 의해 오존의 함량을 측정하게 된다. 이 흡수율을 다음의 식에 의해 표시될 수 있다.

$$A_{\lambda} = \log_{10} \left(\frac{S_{\lambda} - D_{\lambda}}{R_{\lambda} - D_{\lambda}} \right) \quad \text{----- (1)}$$

여기에서 S는 파장 λ 에서의 오존의 흡수율, D는 파장 λ 에서의 자연 흡수율(다크 흡수율), R는 파장 λ 에서의 기준 흡수율을 나타낸다.

그림 7은 제작된 모니터에 의해 측정된 오존측정결과를 보여주고 있다. 100ppm 이하의 오존농도에 대해서도 비교적 선형적인 출력특성을 나타내는 것을 볼 수 있다.

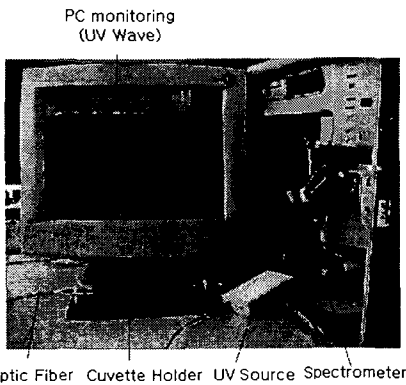


그림 6. 제작된 광섬유 오존 모니터.

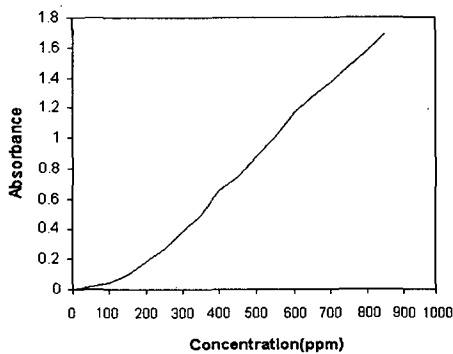


그림 7. 오존 측정 데이터.

IV. 결론 및 고찰

오존 발생기에서 발생하는 고농도 오존을 모니터링 하는 고농도 모니터와 대기 오존을 측정하는 정밀 대기오존 모니터를 제작하여 그 특성을 살펴보았다. 대기오존 모니터의 정밀성을 향상시키기 위해 광섬유로 자외선을 이동시키는 구조를 취하였고 광의 흡수정도를 정밀하게 계측하기 위해 CCD어레이를 활용한 스펙트로메터로 254 nm 자외선 파장을 측정해보았다. 아직 대기오존을 측정할 정도로 완벽히 동작을 하는 것은 확인을 하지 못했지만 흡수셀의 길이 조절, 스펙트로메터 앞단의 그레이팅의 정밀화, CCD 어레이의 보다 정밀화에 의해 대기 오존의 측정이 가능할 수 있다는 가능성을 확인할 수 있었다.

참고문헌

- [1] Takada, T., In T. Seiyama(ed.), *Chemical Sensor Technology*, Kodansha, Tokyo/Elservier, Vol. 2, pp. 59-70, 1989.
- [2] Takada, T., K. Suzuki and M. Nakane, "Highly sensitive ozone sensor", *Sensors and Actuators B*, Vol. 13-14, pp. 404-407, 1993.
- [3] Nanda, P. A., A. P. Campitelli, S. Lee, F. Brennan and W. Wlodarski, "Semiconducting oxide coated surface acoustic wave device for environmental gas sensing applications", *Tech Digest 5th Int. Meet. Chemical Sensors*, Rome, Italy, July 11-14, pp. 54-46, 1994.