

PA5) 대기중 수용성 기체 포집을 위한 고성능 확산 스크러버 High Efficiency Diffusion Scrubber for the Collection of Water Soluble Gases in Ambient Air

장인형 · 이동수 · 이동훈¹⁾ · 박영훈¹⁾

연세대 화학과, ¹⁾랩솔루션(주)

1. 서 론

대기 오염 성분에 대한 연구 뿐 만 아니라 반도체 가공 현장의 환경평가를 위한 미량 기체의 효과적인 포집 및 정량 방법이 요구되고 있다(Lue, S. J., 1999). 이들 오염원은 대부분 ppb 이하의 농도로 존재하며 순간적으로 변화하므로 분석을 위해서는 연속적으로 여러 원소를 감시할 수 있는 장비가 효과적이다. 이러한 관점에서 스크러버 형태의 확산 포집기와 이온 크로마토그래피를 이용한 대기중 미량 기체의 연속 정량법이 가장 효과적이다. 수용성 미량 기체의 포집법으로는 확산 스크러버법이나 확산 디퓨저 방법이 가장 일반적이지만 각각 낮은 흡수효율과 제작상의 번거로움이 단점으로 지적되어지고 있다. 최근 본 연구실에서 개발되어진 수증기 응축형 확산 스크러버의 경우는 이들 단점을 극복하는데는 성공적이었으나(장인형, 1999) 냉각을 위한 별도의 장치를 필요로 하게 됨으로, 사용이 보다 간편하고 포집 장비를 소형화 할 수 있으며 정량적 포집이 가능한 고성능 확산 스크러버를 개발하였다. 고성능 확산 스크러버의 경우, 기존의 스크러버의 형태를 공기의 흡수가 유리한 평면형으로 변형해 주었으며 멤브레인의 재질과 흡수액의 부피(dead volume)등을 고려하여 흡수효율과 농축배율을 증가시켰으며 감속속도를 수분 이내로 감소시켰다. 포집기의 성능평가를 위하여 주요 오염성분인 암모니아, 가지형 아민류(MMA, DMA, EA, TMA), 염산, 황산, 아세트산 등의 표준 기체를 발생시켜 포집 효율을 평가하였으며 검출한계, 감속속도 및 이 방법의 정확도를 평가하였다. 또한 서울 대기의 분석 예를 소개한다.

2. 연구 방법

스크러버는 형태, 공기층의 두께, 흡수액의 부피(dead volume)를 조절하여 흡수효율과 농축배율을 최적화하였다. 스크러버의 성능 평가를 위하여 사용한 암모니아, 염산, 황산, 아세트산 등의 표준 기체는 표준 기체 발생 장치를 사용하여 발생시켰으며 가지형 아민류(MMA, DMA, EA, TMA)는 아민 표준 용액을 수산화나트륨과 반응시켜 발생시켰다. 사용한 이온 크로마토그래피는 전기 전도도 검출기를 내장한 것으로 양이온의 경우 증류 정제한 10mM MSA, CG14, CS14 컬럼, 양이온 써프레스를, 음이온의 경우는 20mM NaOH, AG4A, AS4A 컬럼과 음이온 써프렛서를 사용하여 분리 분석하였다. 흡수액으로는 18M Ω 의 초순수를 사용하였으며 흡수액이 크로마토그래피의 주입구로 바로 들어가도록 연결하고 밸브는 프로그램이 가능한 타이머에 연결하여 자동으로 주입되고 분석되도록 하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1은 고성능 확산 포집기의 개략도이다. 스크러버의 형태는 Gormney-Kennedy(Dasgupta, P. K., 1993)식에서 제시한 기체의 확산 포집이 가장 유리한 평면형으로 하였으며 그 구성은 각각 흡수액이 흐르는 미세한 박막층과 그 층의 위를 덮고 있는 얇은 다공성의 PTFE 멤브레인과 그 위를 흐르는 공기층으로 이루어진다. 그림 2에서는 암모니아, 아세트산, 염산, 황산 기체에 대한 흡수효율을 제시한다.

확산포집은 포집 유량을 높이면 감소하는 것이 일반적이며 HEDS의 경우 분당 1리터의 빠른 유량에서도 정량적 포집이 가능하다. 또한 노노메틸-, 디메틸- 에틸-, 트리메틸아민의 경우도 정량적 포집이 가능함을 확인하였다.

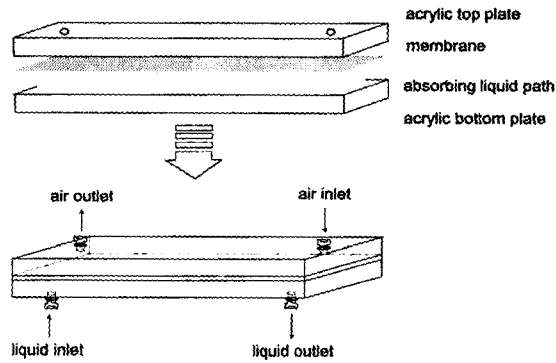


Fig. 1. Schematic diagram of High Efficiency Diffusion Scrubber

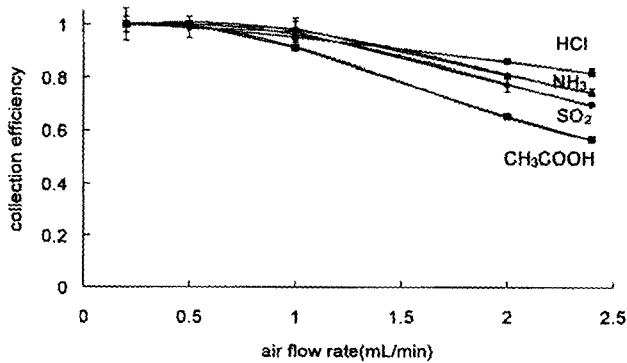


Fig. 2. Collection Efficiency of gaseous contaminant as a function of sampling rate.

HEDS를 이온 크로마토그래피와 연결하여 반복 측정하여 얻은 정밀도는 공기의 유속을 분당 0.5리터로 하고 흡수액의 유속을 250 μ l 정도로 사용할 경우 2% 이하이며, 검출한계는 수십 ppt이다. 또한 동일 조건에서, 가장 메모리가 심할 것으로 예상되는 아민의 경우도 30분 이내에 98% 이상이 제거되어 미량 기체의 실시간 모니터링에 가장 적합한 방법임을 확인할 수 있었다.

참 고 문 헌

1. Lue, S. J. (1999) Application of ion chromatography to the semiconductor industry II, Journal of Chromatography A., Vol.804
2. Chang, I. H. (1999) Determination of water soluble Trace gases in Ambient Air by Condenser-type Diffusion Denuder Coupled Ion Chromatography. Bull. Korean Chem. Soc., Vol.20
3. Dasgupta, P. K. (1993) Measurement Challenges in Atmospheric Chemistry, Adv. Chem. Ser. 232