

1A3) 대기환경오염 실시간 분석을 위한 손바닥 휴대용 질량분석기 개발

A Palm Portable Mass Spectrometer for Real-Time Analyses of Atmospheric Environmental Pollution

양 모

삼양화학분석기기연구소

1. 서 론

대기환경오염을 현장에서 실시간으로 분석하는 기술은 아직 많이 발달되어 있지 못하기 때문에 테들러 백 등으로 현장의 공기를 포집하여 실험실로 운반한 후 기체분석을 하는 방법들이 주로 사용되고 있으나 극미량의 오염가스들을 탐지하고 분석하는 경우 여러 가지 문제점들을 피할 수가 없다.

질량분석기는 화학실험실에서 가장 강력한 물질 분석장비로 사용되고 있으나 휴대용으로 사용하기에는 너무 크고 무겁기 때문에 이동하기 어렵고 따라서 대기오염 현장에서 실시간 분석장비로는 별로 사용되지 못하였다.

최근에 개발된 이온트랩 질량분석기는 극소형이면서도 기존의 질량분석기에 비하여 성능이 떨어지지 않는다는 큰 장점이 미국 ORNL 등에서 실험적으로 입증되었으나 질량분석기를 운영하는데 필요한 고진공 펌프 등 전체 시스템이 극소화되기는 어렵다는 기술적인 문제점 때문에 아직 휴대용 질량분석기 개발이 큰 진전을 이루지 못하였다. 본 논문에서는 휴대용 질량분석기에 가장 적합한 극소형 이온트랩을 개발하고 극소형 고진공 펌프를 개발하여 전체 통합 시스템이 손바닥 위에서 DC 12V 로 동작할 수 있는, 크기 15 x 7 x 8 cm, 무게 1500 g 의 극소형 질량분석기를 세계 최초로 개발하는데 성공하였다. 이러한 질량분석기로 측정된 BTX 등 환경오염가스 측정분석 결과, 그리고 손바닥 휴대용 질량분석기의 환경과학분야 응용 등에 대하여도 토론된다.

2. 극소형 이온트랩 질량분석기

이온트랩 질량분석기는 그림 1에서와 같이 이온트랩 조립체, 전자제어보드, 고진공장치 등 크게 3가지 부품으로 구성된다. 그림 2에서 보여주고 있는 백원짜리 동전 크기의 이온트랩 조립체 안에는 이온트랩 질량분석기, 전자총 이온화장치, MCP 이온검출기 등이 모두 조립되어 있다. 이온트랩은 내경 0.5 mm의 평판형 사중극자를 사용하고 있으며 여기에 RF 전압 4 MHz, 1200 V_{pp}를 인가하면 분자 질량범위 300 amu 까지 측정이 가능하다.

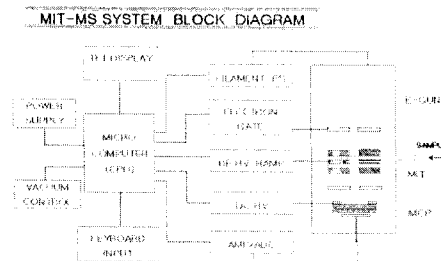


Fig. 1.

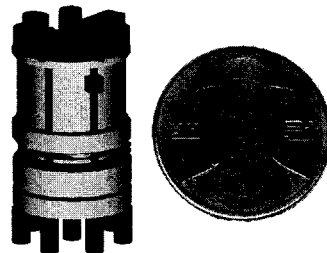


Fig. 2.

3. 고진공 시스템

고진공 펌프는 외경 5 cm 높이 3 cm의 이온getter펌프를 사용하여 10^{-5} Pascal의 고진공을 유지하고 있으며 진공 펌프의 부담을 줄이기 위하여 시료 가스는 필요시에만 펄스 형태로 주입된다. 한번 가스

시료를 주입하면 약 2초 동안 10 여 차례의 질량스펙트럼을 반복 측정할 수 있으며 3초 후에는 다시 새로운 시료주입 및 측정을 위한 준비가 완료 된다.

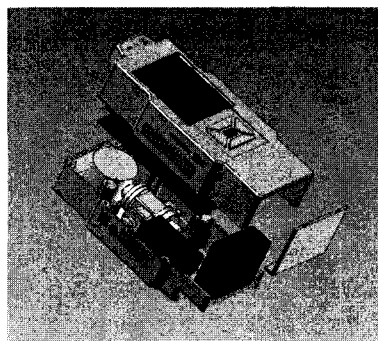


Fig. 3.

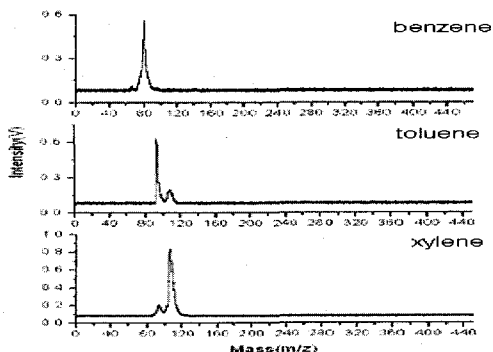


Fig. 4.

4. 시스템 제어 전자회로

전자회로는 RF 고전압 발생장치, 전자총 이온화장치 제어회로, 이온신호 처리장치, 전지 전압으로 여러 가지 전압을 공급하는 전원분배장치, 그리고 LCD 키보드 입출력 및 전체 시스템을 제어하는 ARM9 CPU 보드 등으로 구성된다.

5. 결과 및 고찰

그림 4는 손바닥 휴대용 질량분석기로 측정된 공기 중 벤젠, 톨루엔, 및 자일렌 스펙트럼을 보여주고 있다. 최소 탐지능은 ppm 농도 까지는 2초 이내에 측정이 가능하며 가스 흡탈착 장비를 부착하면 측정시간이 약간 길어지지만 ppb 수준의 극미량 농도 측정도 가능할 것으로 기대된다.

상온에서 기체상태로 대기오염을 유발하는 물질들은 대부분 분자량이 300 amu 미만이기 때문에 손바닥 휴대용 질량분석기는 악취발생 등 대기환경오염 현장에서 실시간으로 오염가스들을 탐지하고 식별하는 환경오염 모니터링 장비로 매우 적합할 것으로 판단되며 군사용으로는 화학전에 대비하는 개인 휴대용 화학탐지식별기로서 매우 유용할 것으로 기대된다.

사 사

본 연구과제는 국방부 민군겸용기술사업의 지원을 받았음을 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. Oleg Kornienko, Peter T. A. Reilly, William B. Whitten, J. Michael Ramsey (1999), "Micro Ion Trap Mass Spectrometry", *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 13, p. 50-53
2. Celia M. Henry "The Incredible Shrinking Mass Spectrometry", *Analytical Chemistry News and Features* April 1, p. 265A-268A
4. Garth E. Patterson, Andrew J. Guymon, R. Graham Cooks (2002) "Miniature Cylindrical Ion Trap Mass Spectrometer", *Analytical Chemistry*, Vol. 74, No. 24, p. 6145-6153
6. J. Micheal Ramsey, William B. Witten (2002) "Microscale Ion Trap Mass Spectrometer" US Patent No. 6469298, Oct. 22, 2002
7. 양 모, 박영규 (2000) "극소형 이온트랩 질량분석기의 설계제원에 관한 연구", 한국 화생방방어학회 2000년도 추계 학술대회 논문집 p. 83-92
8. 양 모, 김태영, 송규석, 오차환 (2003) "극소형 이온트랩질량분석기를 이용한 휴대용 화학탐지기의 개발" 한국 군사과학기술학회, 2003년도 종합학술대회 논문집 p. 811-814