



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2008년04월15일  
(11) 등록번호 10-0821954  
(24) 등록일자 2008년04월07일

- (51) Int. Cl.  
G01N 30/72 (2006.01) G01N 30/88 (2006.01)  
G01N 30/00 (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2006-7026791(분할)
- (22) 출원일자 2006년12월19일  
심사청구일자 2006년12월19일  
번역문제출일자 2006년12월19일
- (65) 공개번호 10-2007-0009743
- (43) 공개일자 2007년01월18일
- (62) 원출원 특허 10-2001-7012918  
원출원일자 2001년10월10일  
심사청구일자 2005년04월07일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2000/009624  
국제출원일자 2000년04월11일
- (87) 국제공개번호 WO 2000/62054  
국제공개일자 2000년10월19일
- (30) 우선권주장  
09/289,755 1999년04월12일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문헌  
US05426300A1\*  
US05472670A1\*  
US05525799A1\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자  
더 리첸트스 오브 더 유니버시티 오브 캘리포니아  
미합중국 캘리포니아주 94607-5200 오클랜드 프랭클린 스트리트 1111
- (72) 발명자  
하스 제프리 에스  
미합중국 캘리포니아주 94583 산 라몬 팔리브리커트 110  
부시맨 존 에프  
미합중국 캘리포니아주 94561 오클리 빈 힐 로드 2992  
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인  
손창규

전체 청구항 수 : 총 17 항

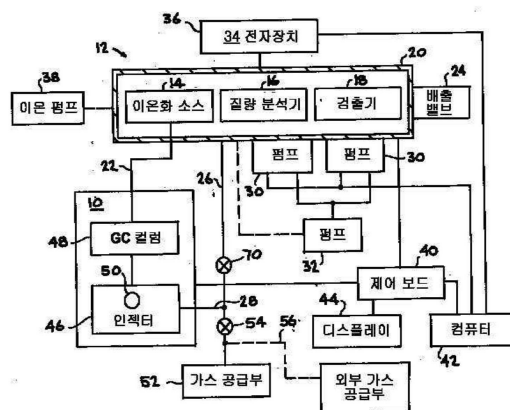
심사관 : 손영희

(54) 현장에서의 화학 분석을 위한 휴대용 가스 크로마토그래프질량 분석계

(57) 요약

완전한 진공 시스템을 포함하고 있는 본 발명의 휴대용 경량(대략 25kg) 가스 크로마토그래프 질량 분석계는 필드에서 모든 유형의 샘플을 정성적 및 정량적 분석을 행할 수 있다. GC/MS는 실행 및 유지를 용이하게 하기 위하여 구성요소들이 편리한 구조로 배열되어 있다. GC/MS 시스템은 작동 또는 작동 근사 조건하에서(즉, 진공 및 승온 하에서) 이송될 수 있으므로 샘플을 현장에서 분석하기 전에 가동 휴지시간(down time)을 줄일 수 있다.

대표도



(72) 발명자

**하워드 더글라스 이**

미합중국 캘리포니아주 94550 리버모어 칼라 스트리트 611

**웅 제임스 리**

미합중국 캘리포니아주 94550 리버모어 바이어 마드리드 1015

**엑클스 죠엘 디**

미합중국 캘리포니아주 94550 리버모어 비안카 웨이 5382

**앤더슨 브라이언 디**

미합중국 캘리포니아주 94551 리버모어 엘리슨 씨클 1075

(81) 지정국

국내특허 : 알바니아, 아르메니아, 오스트리아, 오스트레일리아, 아제르바이잔, 보스니아 헤르체고비나, 바베이도스, 불가리아, 브라질, 벨라루스, 캐나다, 스위스, 중국, 쿠바, 체코, 독일, 덴마크, 에스토니아, 스페인, 핀란드, 영국, 그루지야, 헝가리, 이스라엘, 아이슬랜드, 일본, 케냐, 키르키즈스탄, 북한, 대한민국, 카자흐스탄, 세인트루시아, 스리랑카, 리베이라, 레소토, 리투아니아, 룩셈부르크, 라트비아, 몰도바, 마다가스카르, 마케도니아공화국, 몽고, 말라위, 멕시코, 노르웨이, 뉴질랜드, 슬로베니아, 슬로바키아, 타지키스탄, 투르크멘, 터키, 트리니다드토바고, 우크라이나, 우간다, 우즈베키스탄, 베트남, 폴란드, 포르투갈, 루마니아, 러시아, 수단, 스웨덴, 싱가포르, 아랍에미리트, 안티구와바부다, 코스타리카, 도미니카, 알제리, 모로코, 탄자니아, 남아프리카, 가나, 감비아, 크로아티아, 시에라리온, 그라나다, 인도네시아, 짐바브웨, 세르비아 앤 몬테네그로, 인도

AP ARIPO특허 : 케냐, 레소토, 말라위, 수단, 스와질랜드, 우간다, 시에라리온, 가나, 감비아, 짐바브웨, 탄자니아

EA 유라시아특허 : 아르메니아, 아제르바이잔, 벨라루스, 키르키즈스탄, 카자흐스탄, 몰도바, 러시아, 타지키스탄, 투르크멘

EP 유럽특허 : 오스트리아, 벨기에, 스위스, 독일, 덴마크, 스페인, 프랑스, 영국, 그리스, 아일랜드, 이탈리아, 룩셈부르크, 모나코, 네덜란드, 포르투갈, 스웨덴, 핀란드, 사이프러스

OA OAPI특허 : 부르키나파소, 베닌, 중앙아프리카, 콩고, 코트디부아르, 카메룬, 가봉, 기니, 말리, 모리타니, 니제르, 세네갈, 차드, 토고, 기니 비사우

**특허청구의 범위**

**청구항 1**

질량 분석계(mass spectrometer);  
 질량 분석계를 포함하기 위한 챔버(chamber);  
 챔버내에 진공을 유지하기 위하여 챔버에 연결되어 있고, 하나 또는 그 이상의 터보몰리클라 드래그 펌프(turbomolecular drag pump)를 포함하는 것으로 구성된 진공 시스템(vacuum system);  
 가스 크로마토그래프(gas chromatograph);  
 가스 크로마토그래프에 연결되어 있는 내부 캐리어 가스 공급부(internal carrier gas supply); 및  
 질량 분석계와 가스 크로마토그래프에 연결되어 있는 전자 제어 시스템(electronic control system)을 포함하고 있는 것으로 구성되어 있고,  
 전체 무게가 25 kg 이하이며;  
 상기 가스 크로마토그래프는 분석할 샘플을 수령하기 위한 인젝터(injector)를 포함하는 것으로 구성되어 있으며, 상기 인젝터는 기화될 때 샘플을 담기 위한 인젝션 슬리브(injection sleeve)를 포함하는 것으로 구성되어 있고, 캐리어 가스 라인(carrier gas line)을 경유하여 내부 캐리어 가스 공급부(internal carrier gas supply)에 연결되어 있으며, 그로 인하여 캐리어 가스가 슬리브를 통해 흐르고, 상기 인젝터는 라인과 밸브를 경유하여 진공 펌프에 연결되어 있는 구조로 이루어진 것을 특징으로 하는, 샘플을 현장에서 화학 분석하기 위한 휴대용 가스 크로마토그래프 질량 분석계.

**청구항 2**

제 1 항에 있어서, 상기 분석계는 4 입방 피트(0.1 입방 미터) 이하의 부피를 가지는 것을 특징으로 하는 휴대용 가스 크로마토그래프 질량 분석계.

**청구항 3**

제 1 항에 있어서, 상기 진공 시스템은 터보몰리클라 펌프를 지원(back up)하기 위하여 러핑 펌프(roughing pump)를 더 포함하는 것으로 구성된 것을 특징으로 하는 휴대용 가스 크로마토그래프 질량 분석계.

**청구항 4**

제 1 항에 있어서, 상기 진공 시스템은, 상기 분석계가 샘플을 분석하고 있지 않으면서 분석계를 이송시키는 동안에, 챔버내에 진공을 유지하기 위하여 이온 펌프를 더 포함하는 것으로 구성된 것을 특징으로 하는 휴대용 가스 크로마토그래프 질량 분석계.

**청구항 5**

제 1 항에 있어서, 상기 진공 시스템은 적어도 두 개의 터보몰리클라 드래그 펌프를 포함하는 것으로 구성된 것을 특징으로 하는 휴대용 가스 크로마토그래프 질량 분석계.

**청구항 6**

삭제

**청구항 7**

삭제

**청구항 8**

제 1 항에 있어서, 상기 내부 캐리어 가스 공급부는 가스 실린더(gas cylinder)를 포함하는 것으로 구성된 것을 특징으로 하는 휴대용 가스 크로마토그래프 질량 분석계.

**청구항 9**

제 1 항에 있어서, 상기 인젝터를 외부 캐리어 가스 공급부(external carrier gas supply)에 연결하기 위한 라인을 더 포함하는 것으로 구성된 것을 특징으로 하는 휴대용 가스 크로마토그래프 질량 분석계.

**청구항 10**

제 1 항에 있어서, 상기 슬리브는 0.2 cm<sup>2</sup> 이하의 부피를 가지는 것을 특징으로 하는 휴대용 가스 크로마토그래프 질량 분석계.

**청구항 11**

제 1 항에 있어서, 상기 인젝션 슬리브의 시각적 검사를 위한 투시 글라스(sight glass)를 더 포함하는 것으로 구성된 것을 특징으로 하는 휴대용 가스 크로마토그래프 질량 분석계.

**청구항 12**

제 1 항에 있어서, 상기 진공 챔버는 3200 cm<sup>3</sup> 이하의 부피를 가지는 것을 특징으로 하는 휴대용 가스 크로마토그래프 질량 분석계.

**청구항 13**

제 1 항에 있어서, 상기 분석계가 샘플을 분석하지 않으면서 분석계의 이송 동안에 상승 온도를 유지하기 위하여, 질량 분석계(mass spectrometer)에 연결되어 있는 히터(heater)를 더 포함하는 것으로 구성된 것을 특징으로 하는 휴대용 가스 크로마토그래프 질량 분석계.

**청구항 14**

제 1 항에 있어서, 상기 진공 시스템은 상기 분석계가 샘플을 분석하지 않으면서 분석계의 이송 동안에 챔버내의 진공을 유지하기 위하여 이온 펌프를 포함하는 것으로 구성되고, 이송 동안에 상승 온도를 유지하기 위하여 질량 분석계에 연결된 히터를 더 포함하는 것으로 구성되며, 외부의 임시적인 전력원에 이온 펌프 및 히터를 연결하는 수단을 더 포함하는 것으로 구성된 것을 특징으로 하는 휴대용 가스 크로마토그래프 질량 분석계.

**청구항 15**

제 14 항에 있어서, 상기 히터는 질량 분석계를 선택된 작동 온도로 유지하는 것을 특징으로 하는 휴대용 가스 크로마토그래프 질량 분석계.

**청구항 16**

제 1 항에 있어서, 제어 및 디스플레이 패널을 더 포함하는 것으로 구성된 것을 특징으로 하는 휴대용 가스 크로마토그래프 질량 분석계.

**청구항 17**

제 1 항에 있어서, 상기 분석계는 냉 스타트-업(cold start-up)으로부터 550 와트 피크 파워 로드(peak power load) 이하의 전력 소모를 가지는 것을 특징으로 하는 휴대용 가스 크로마토그래프 질량 분석계.

**청구항 18**

제 1 항에 있어서, 상기 분석계는 작동 중에 250 와트 이하의 전력 소모를 가지는 것을 특징으로 하는 휴대용 가스 크로마토그래프 질량 분석계.

**청구항 19**

제 1 항에 있어서, 상기 질량 분석계는 0.1 AMU 이상의 해상도(resolution)와 800 AMU 이상의 질량 범위를 가지는 것을 특징으로 하는 휴대용 가스 크로마토그래프 질량 분석계.

**명세서**

**발명의 상세한 설명**

**발명의 목적**

**발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술**

- <4> 미국정부는, 로렌스 리버모어 국립 연구소(Lawrence Livermore National Laboratory)의 활동과 관련하여, 미합중국의 에너지부와 캘리포니아 대학간의 계약번호 제W-7405-ENG-48호에 의거하여 본 발명에 대한 권리를 가진다.
- <5> 본 발명은 필드(field)에서의 화학분석에 특히 적합한 휴대용 가스 크로마토그래프 질량 분석계(gas chromatograph mass spectrometer)에 관한 것이다.
- <6> 안정성의 이유 때문에, 어떠한 환경적, 산업적, 토목적 또는 군의 장소에서 미지의 화합물에 의한 오염의 정도 및 유형을 높은 정밀도로 빨리 결정하는 것은 종종 중요하다. 정량 분석을 위한 수많은 방법들이 있다고 할지라도, 그러한 장치들은 통상적으로 둔중하고, 현장에서의 샘플 분석(on-site sample analysis)을 위한 필드에 적용하기에는 일상적이지 못하다. 특히, 가스 크로마토그래프 질량 분석계(gas chromatograph mass spectrometer: GC/MS)는, 기지(known) 또는 미지(unknown)의 화합물 종류에 대한 특성과 정량적 확인을 위해, 전세계적으로 대부분의 분석 실험실에서 일상적으로 사용되고 있는 강력한 장치이다. GC/MS는 GC 컬럼에 의해 분리된 샘플의 각 구성성분에 대해 질량 분석을 실행하여, 각 성분에 대한 매우 민감하고 정확한 확인을 제공한다.
- <7> 그러나, 대부분의 시판 GC/MS 시스템은 휴대가 불가능하고 실험실에 고정된 시스템이거나, 또는 필요한 외부 지원장치(가스 공급기, 진공 시스템, 컴퓨터 등)도 마찬가지로 이동가능할 때에만 오직 이송될 수 있다. 또한, 대부분의 시판 시스템은 휘발성 샘플의 분석용이다. GC/MS 시스템의 예들은 미국특허 제5,686,655호, 제5,837,883호, 제5,313,061호, 및 제5,083,450호에서 볼 수 있다. 이토이(Itoi)의 '655 특허는 테이블 상단이나 마루의 공간을 덜 차지하도록 GC 유닛과 MS 유닛이 설치되어 있는 시스템을 개시하고 있다. '061 특허는 일 입방 야드(a cubic yard) 이하의 내부 부피를 가지는 GC/MS 시스템을 기술하고 있다.
- <8> 다양한 긴급 상황 또는 비긴급 상황에서, 현장에서 미지 화합물 샘플을 분석하기 위한 저렴하고 효율적인 수단인, 상대적으로 경량이고 휴대할 수 있는 장치에 대한 필요성이 존재한다. 이러한 목적의 달성을 위하여, 로렌스 리버모어 국립 연구소는 휴대용 GC/MS 시스템을 개발하였고, 그것이 안드레슨(Andresen) 등의 미국특허 제5,525,799호에 기재되어 있으며, 이는 참조로서 본 발명에 합체된다. 미지의 화합물을 현장에서 빠르게 분석할 수 있는, 휴대가능하며 더욱 경량이고 더욱 컴팩트한, 필드 실행성/실행성의 GC/MS 시스템을 제공하기 위하여, 상기 시스템을 더욱 개선되었다.

**발명이 이루고자 하는 기술적 과제**

- <9> 본 발명은 개선된 휴대용 가스 크로마토그래프 질량 분석계(GC/MS)에 관한 것이다. 본 발명의 목적은, 휘발성 물질, 액체, 및 반휘발성 물질, 슬러지, 탄화된 유기물(charred organics), 위험한 유기물 등과 같은 복잡한 샘플을 포함한 모든 유형의 샘플을 정성적(qualitative) 및 정량적(quantitative)으로 분석할 수 있는, 진공 펌핑 시스템을 포함하고 있는, 상대적으로 경량(대략 55 lbs. 또는 25kg)인 GC/MS 유닛을 제공하는 것이다. 손으로 휴대할 수 있는 GC/MS 시스템에는, 가스 크로마토그래프(gas chromatograph), 질량 선택 검출기(mass selective detector)를 가진 질량 분석계(mass spectrometer), 서너개의 진공 펌프, 및 정교한 소프트웨어가 내장된 전자 제어 시스템(electronic control system)이 집적되어 있다. 전체 GC/MS 시스템은 하나의 외장(enclosure)에 편리하게 썬워진 상태로 구성되어있으며, 다양한 구성요소들이 모듈화되어 있고 유지 및 실행을 위해 접속되어 있다.

**발명의 구성 및 작용**

- <10> 구체적으로, 본 발명은,
- <11> 질량 분석계(mass spectrometer);
- <12> 질량 분석계를 포함하기 위한 챔버(chamber);
- <13> 챔버내에 진공을 유지하기 위하여 챔버에 연결되어 있는 진공 시스템(vacuum system);

- <14>           가스 크로마토그래프(gas chromatograph);
- <15>           가스 크로마토그래프에 연결되어 있는 내부 캐리어 가스 공급부(internal carrier gas supply); 및
- <16>           질량 분석계와 가스 크로마토그래프에 연결되어 있는 전자 제어 시스템(electronic control system);  
을 포함하고 있는 것으로 구성되어 있고,
- <17>           무게가 약 25 kg 이하이며, 샘플을 현장에서 화학 분석하기 위한 휴대용 가스 크로마토그래프 질량 분  
석계 시스템을 제공한다.
- <18>           본 발명의 하나의 실시예에서, 상기 분석계는 4 입방 피트(0.1 입방 미터) 이하의 부피를 가질 수 있  
다.
- <19>           본 발명의 하나의 실시예에서, 상기 진공 시스템은 터보몰리클라 드래그 펌프(turbomolecular drag  
pump)를 포함하는 것으로 구성될 수 있다.
- <20>           본 발명의 하나의 실시예에서, 상기 진공 시스템은 터보몰리클라 펌프를 지원(back up)하기 위하여 러  
핑 펌프(roughing pump)를 더 포함하는 것으로 구성될 수 있다.
- <21>           본 발명의 하나의 실시예에서, 상기 진공 시스템은, 상기 분석계가 샘플을 분석하고 있지 않으면서 분  
석계를 이송시키는 동안에, 챔버내에 진공을 유지하기 위하여 이온 펌프를 더 포함하는 것으로 구성될 수  
있다.
- <22>           본 발명의 하나의 실시예에서, 상기 진공 시스템은 적어도 두 개의 터보몰리클라 드래그 펌프를 포함  
하는 것으로 구성될 수 있다.
- <23>           본 발명의 하나의 실시예에서, 상기 가스 크로마토그래프는 분석할 샘플을 수령하기 위한  
인젝터(injector)를 포함하는 것으로 구성되어 있으며, 상기 인젝터는 기화될 때 샘플을 담기 위한 인젝션 슬  
리브(injection sleeve)를 포함하는 것으로 구성되어 있고, 캐리어 가스 라인(carrier gas line)을 경유하여  
내부 캐리어 가스 공급부(internal carrier gas supply)에 연결되어 있으며, 그로 인하여 캐리어 가스는 슬리  
브를 통해 흐르는 것으로 구성될 수 있다.
- <24>           본 발명의 하나의 실시예에서, 상기 인젝터는 라인과 밸브를 경유하여 진공 펌프에 연결되어 있을 수  
있다.
- <25>           본 발명의 하나의 실시예에서, 상기 내부 캐리어 가스 공급부는 가스 실린더(gas cylinder)를 포함하  
는 것으로 구성될 수 있다.
- <26>           본 발명의 하나의 실시예에서, 상기 인젝터를 외부 캐리어 가스 공급부(external carrier gas suppl  
y)에 연결하기 위한 라인을 더 포함하는 것으로 구성될 수 있다.
- <27>           본 발명의 하나의 실시예에서, 상기 슬리브는 0.2 cm<sup>3</sup> 이하의 부피를 가지는 것으로 구성될 수 있다.
- <28>           본 발명의 하나의 실시예에서, 상기 인젝션 슬리브의 시각적 검사를 위한 투시 글라스(sight glass)를  
더 포함하는 것으로 구성될 수 있다.
- <29>           본 발명의 하나의 실시예에서, 상기 진공 챔버는 3200 cm<sup>3</sup> 이하의 부피를 가지는 것으로 구성될 수 있  
다.
- <30>           본 발명의 하나의 실시예에서, 상기 분석계가 샘플을 분석하지 않으면서 분석계의 이송 동안에 상승  
온도를 유지하기 위하여, 질량 분석계(mass spectrometer)에 연결되어 있는 히터(heater)를 더 포함하는 것으  
로 구성될 수 있다.
- <31>           본 발명의 하나의 실시예에서, 상기 진공 시스템은 상기 분석계가 샘플을 분석하지 않으면서 분석계의  
이송 동안에 챔버내의 진공을 유지하기 위하여 이온 펌프를 포함하는 것으로 구성되고, 이송 동안에 상승 온도  
를 유지하기 위하여 질량 분석계에 연결된 히터를 더 포함하는 것으로 구성되며, 외부의 임시적인 전력원에 이  
온 펌프 및 히터를 연결하는 수단을 더 포함하는 것으로 구성될 수 있다.
- <32>           본 발명의 하나의 실시예에서, 상기 히터는 질량 분석계를 선택된 작동 온도로 유지할 수 있다.
- <33>           본 발명의 하나의 실시예에서, 상기 분석계는 제어 및 디스플레이 패널을 더 포함하는 것으로 구성될

수 있다.

- <34>           본 발명의 하나의 실시예에서, 상기 분석계는 냉 스타트-업(cold start-up)으로부터 550 와트 피크 파워 로드(peak power load) 이하의 전력 소모를 가지는 것으로 구성될 수 있다.
- <35>           본 발명의 하나의 실시예에서, 상기 분석계는 작동 중에 250 와트 이하의 전력 소모를 가지는 것으로 구성될 수 있다.
- <36>           본 발명의 하나의 실시예에서, 상기 질량 분석계는 0.1 AMU 이상의 해상도(resolution)와 800 AMU 이상의 질량 범위를 가지는 것으로 구성될 수 있다.
- <37>           진공 손실이나 런어웨이(run-away) 히터의 경우에 MS의 자동 차단을 위한 이중안전(fail safe) 전자 시스템; 샘플 분석을 확대하고, 더욱 큰 모세관 GC 컬럼을 다루며, 퍼지 타임(purge time)을 연장하기 위한, 자체 함유 캐리어 가스 공급부(self-contained carrier gas supply); 외부 가스 공급원(external gas source)에 선택적으로 접속하기 위한, 다중 시스템(manifold system)내의 보조 캐리어 가스 라인(auxiliary carrier gas line); 샘플 분석을 위한 캐리어 가스의 사용을 보존하기 위한 캐리어 가스 라인의 펌프-아웃 능력(pump-out capability); 및 크로마토그래피 및 화합물 검출 한도를 강화하기 위한 작은 샘플 저장소를 가진 GC 인젝터(GC injector) 등을 포함한 다양한 특성의 하드웨어들이 이러한 휴대용 GC/MS 시스템에 탑재되어 있다. 히터와 진공 펌프 사이에 전력 시간 분배를 위한 컴퓨터 제어가 있어서, 더욱 낮은 피크 전력의 필요성을 유도한다.
- <38>           본 발명의 하나의 실시예에서, GC/MS 유닛을 샘플 분석 장소로 이송하는 동안에 진공 펌프와 히터가 작동 또는 작동 근처의 압력 및 온도 조건으로 MS를 유지하는, "스탠-바이 모드"(stand-by mode) 능력을 포함한다. 이러한 혁신적인 특징으로 인하여, 작동 또는 작동 근사 조건하에서 GC/MS 시스템이 이송될 수 있게 되어, 샘플이 현장에서 분석되기 전의 가동 휴지시간(downtime: 또는 준비시간(ramp-up time))을 생략하거나 줄일 수 있다. 유닛의 적은 전력 소비는 GC/MS가 차량의 담배 라이터 잭으로부터 인버터를 경유하여 작동될 수 있게 한다.
- <39>           이러한 휴대용 GC/MS는, 법정 및 법 집행, 화학무기의 모니터링, 위험한 물질의 모니터링 및 제거, 환경 보호, 군대(즉, 고성능 폭발물과 탄환발사 화약의 분석), 식품 및 약 분석, 국제협약 준수의 확인 작업, 및 과학분야 연구 등을 포함하는 많은 분야에 적용될 수 있다. 이러한 GC/MS 기술은 기지 및 미지의 화합물의 필드 분석 및 확인을 위하여 산업계 및 미합중국 정부에 의해 사용될 것이다.
- <40>           본 발명의 상기 목적과 기타 다른 목적, 특징 및 장점 등은 첨부된 도면과 하기 설명에 의해 더욱 명료해질 것이다.
- <41>           이건 개시 내용에 포함되어 있고 그것의 일부를 구성하는 첨부 도면은 본 발명의 실시예를 설명하고 있고 하기 설명과 함께 발명의 원리를 설명하는 역할을 한다.
- <42>           본 발명은 손으로 휴대가능한 가스 크로마토그래프 질량 분석계(GC/MS)에 관한 것이다. 장치는 콤팩트하고 약 55 pounds(25 kg) 이하의 경량이며, 기지 및 미지의 화합물을 현장에서 빠르게 화학 분석할 수 있다. 가스 크로마토그래프(gas chromatograph)와 캐리어 가스 시스템(carrier gas system), 질량 분석계(mass spectrometer), 관련 진공 시스템(associated vacuum systems), 히터(heaters), 전자장치(electronics) 및 제어 시스템(control system) 등을 포함한, 모든 필요한 구성요소들이 하나의 하우징(housing)내에 집적되어 있다. 유일한 보조 아이템은 휴대용 (랩탑) 제어 컴퓨터이다. 유닛이 스탠-바이 모드 능력을 포함하고 있다면, 임시적인 전력원(즉, 배터리)이 또한 필요하다. 본 발명의 가스 크로마토그래프 질량 분석계는 냉 스타트-업(cold start-up)으로부터 약 550 와트 피크 파워 로드 이하의 전력을 소모하며, 작동 중에 약 250 와트 이하의 전력을 소모한다.
- <43>           도 1 및 도 2는 본 GC/MS 시스템의 기본 구성요소들을 평면 및 측면에서 구조적으로 설명하고 있다. 이들 구성요소들은 유닛의 부피를 차지함에 있어서 다른 방법으로 배열될 수도 있다; 도 1 및 도 2는 하나의 가능한 구조를 보여주고 있다. 시스템의 내부 부피는 4 입방 피트 또는 1/10 입방 미터 이하이다. 제작된 시스템의 크기는 약 24 in. 길이 × 약 15 in. 폭 × 약 16 in. 높이(60cm×38cm×40cm)이거나 또는 약 3.3 ft<sup>3</sup>(약 0.09m<sup>3</sup>)의 내부 부피를 가진다. 이러한 크기는 다양한 구성요소들의 더욱 컴팩트한 배열에 의해 더 줄어들 수도 있다(< 3 ft<sup>3</sup>).

- <44> 도 1 및 도 2에서, 가스 크로마토그래프(GC)는 10으로 표시되어있고, 질량 분석계(MS)는 12로 표시되어 있다. MS(12)는 진공 챔버(vacuum chamber: 20)내에 들어있는 이온화 소스(ionization source: 14), 질량 분석기(mass analyzer: 16) 및 검출기(detector: 18)를 포함한다. GC/MS는 질량 선택 검출기 사중극(mass selective detector quadrupole)이고, 실험성, 신뢰성 및 유용성면에서 실험실에 설치되는 사중극 GC/MS와 동일하다. 휴렛-팩커드(HP 5973 MSD)사에 의해 제작된 시판 사중극 질량 분석계는, GC 인터페이스, 전자 충격 이온 소스(electron impact ion source), 금 판체의 단일체 수정 쌍곡선 사중극 질량 필터(gold plated monolithic quartz hyperbolic quadrupole mass filter), 전자 증배 검출기(electron multiplier detector), 전력 공급부(power supply), 구동 전자장치(drive electronics), 및 분석자 진공 시스템(analyzer vacuum system) 등을 포함하고 있는 본체 내역을 가지고 있다. MS의 해상도는 해상도(resolution)는 적어도 0.1 AMU 이고, 질량 범위는 적어도 800 AMU이다.
- <45> MS 챔버(20)는 다양한 연결을 위한 적어도 7개의 포트를 가지고 있다: 넓은 범위 피라니/냉 양극 압력 계기(full range Pirani/cold cathode pressure gauge) (즉, 760 내지  $10^{-9}$  Torr의 동적 범위(dynamic range)); 교정 밸브(calibration valve); GC로의 연결 또는 이송 라인(22); 필요할 때, 챔버(22)를 대기상태로 가져가는 배출 밸브(vent valve: 24); 및, 캐리어 가스 라인(28)용 펌프-아웃 라인(26); 터보몰리콜라 드래그 펌프(30)에 대한 2개의 연결부. 진공 챔버(20)의 크기는 대략  $15\frac{1}{2}$  in.  $\times$   $3\frac{1}{2}$  in.  $\times$  3 in.(40 cm  $\times$  10 cm  $\times$  8 cm; 3200 cm<sup>3</sup> 이하)로 줄어들었으므로, 전체 시스템의 무게 및 부피를 줄이게 된다.
- <46> 본 실시예에서, MS(12)는 무오일, 쇼크-마운티드 다이어프램(oil-free, shock-mounted diaphragm)(roughing)에 의해 지원되는 가변 히터와 두 개의 터보몰리콜라 드래그 펌프(30)로 작동한다. 다이어프램 펌프(32)는 또한 MS 챔버(20)에 직접 연결(8번째 포트로서)될 수도 있다. MS(12)는, 탄소 복합 물질(유닛의 중량을 줄이기 위하여)과 구리 코팅을 사용하여 내면을 차단한 EMI로 만들어진 하우징(36)내에 포함되어 있고, 관련 전자장치(34)와 전력 공급원에 연결되어 있다.
- <47> GC/MS가 단일 터보몰리콜라 드래그 펌프로 작동한다고 할지라도, 수소에 대해 28 l/sec나 또는 헬륨에 대해 35 l/sec의 펌핑 용량을 각각 가진 두 개의 펌프를 통상 사용한다. 각각의 터보몰리콜라 드래그 펌프(30)는 환기를 이룰 수 있도록 제어기, 전력 공급부(1.5 lbs.), 팬, 및 열분산 루버(heat dissipation louvers)를 가지고 있다. 각각의 터보몰리콜라 펌프는 또한 열분산을 돕기 위하여 알루미늄 하우징내에 설치되어 있을 수도 있다. 따라서, 전체 진공 펌프 시스템(약 12 lbs.)은 GC/MS 시스템내에 집적되어있다.
- <48> 스탠-바이 능력을 가진 또다른 실시예에서, MS 진공 펌프(20)는 이온 펌프(38)에 또한 연결되어 있다. GC/MS 장치에 의한 정확하고 민감한 분석은 예정된 진공과 상승된 온도를 유지하느냐에 따라 달라지므로, 본 실시예의 잇점중의 하나는 시스템에 요구되는 작동 진공 및 가열이 또다른 장소로 이송되는 동안에 스탠-바이 모드에서 절충(compromise)되지 않는다는 점이다. 이러한 특징으로 인하여, 특히 대용량 진공 챔버가 사용되는 경우에, 시스템의 온도를 상승시키고 진공 챔버를 비우는데(pump out) 필요한 가동 휴지시간(down time: 4시간)을 제거할 수 있다(또는 적어도 줄일 수 있다). 시스템은, 이송 중에 일정한 준비 상태를 유지하는, 비어있고 가열되어 있는 질량 필터(mass filter)와 이온 소스(ion source)를 가지고 있다. 히터는 소망하는 작동 온도로 MS를 유지하고, 이온 펌프는 약  $1 \times 10^{-7}$  Torr의 진공을 유지한다.
- <49> 또다른 실시예에서, 심방전/충전성 12V 젤 셀 배터리 팩(deep discharge/ rechargeable 12V gel cell battery pack)과 같은 임시적인 전력원이 MS 소스, 사중극 히터 및 이온 펌프에 필요한 전력을 제공하기 위하여 사용될 수 있다. GC/MS 장치가 현장에서 자동차에 오프-로드된다면, 그러한 자동차의 전원 공급부(power supply)가 최종 샘플링 목적지로 이송하는 동안에 스탠-바이 모드를 유지하는데 사용될 수 있다. 추가적인 에너지 보존과 더욱 낮은 피크 전력 요구를 만족시키기 위하여, 히터와 이온 펌프용 전력은 전력시간 분배(power time sharing)가 가능하도록 컴퓨터에 의해 제어되도록 할 수도 있다.
- <50> 도 1로 되돌아가서, 관련 전자장치를 가지고 있는 주 제어 보드(main control board: 40)는 정교한 하드웨어와 소프트웨어를 포함하고 있는 컴퓨터(42)뿐만 아니라 GC(10) 및 MS(12)에 연결되어 있다. 두 개의 터보펌프(turbopumps: 30)와 관련 제어기(controllers)는 컴퓨터(42)에 연결되어 있고 그것에 의해 작동한다. 작동 시스템은 휴렛-팩커드 MS 캠프스테이션(Hewlett-Pakcard MS ChemStation)과 마이크로소프트 윈도우 NT하에서 작동하는 상업화된 소프트웨어이다. 집적된 소프트웨어 패키지는, 튜닝(tuning), 히터, 펌프, 팬, 압력 읽기부(pressure readings), 데이터 획득 및 복구부(data acquisition and retrieval), 리포팅부 및 라이브러리 쉐치부(library search) 등과 같은 모든 GC/MS 서브시스템 구성요소들에 대한 완벽한 제어 세트를 제공한다.

GC/MS는 압력 손실이나 런어웨이(runaway) 히터의 경우에 자동으로 차단하기 위한 이중안전 전자시스템(fail-safe electronic system)을 포함하고 있다.

<51> 편리하게 위치한 제어기와 LED 디스플레이 패널(44)은, 진공펌프, 히터, 밸브 등과 같은 다양한 구성 요소들의 온/오프 상태를 작동자에게 보여주는 지시 라이트(indicator lights)와 스위치를 가지고 있다. 패널(44)은 시스템 작동, 진단을 가시적으로 체크할 수 있도록 하여주고, 빠른 차단을 가능하게 한다.

<52> 랩탑 컴퓨터나 프린터를 포함하고 있지 않은 GC/MS 시스템의 전력원은 하기와 같다.

<53> 110VAC:

<54> HP5973(MS) + GC 제어기 100 와트

<55> 히터:

<56> 이송 라인 50 와트

<57> H<sub>2</sub> 병(Bottle) 50 와트

<58> 인젝션(Injection) 300 와트

<59> +24V PS1: (86% 효율)

<60> 터보 펌프 1 100 와트

<61> 진공 게이지 2 와트

<62> 냉각 팬 7 와트

<63> +24V PS2: (82% 효율)

<64> 터보 펌프 2 100 와트

<65> 러핑(roughing) 펌프 35 와트

<66> GC(10)는, 325℃까지 프로그램적으로 가열을 행하는 인젝터(injector: 46), GC(10)내에서 325℃까지 프로그램적으로 가열될 수 있는 상업적 모세관 GC 컬럼(48), 및 (응축을 방지하기 위하여) 325℃까지 프로그램적으로 가열을 행하는 이송 라인(22)을 포함하고 있다. 샘플은 인젝터 포트(injector 포트: 50)를 통해 인젝터(46)에 투여된 다음, 모세관 GC 컬럼(48)내로 스며들게 된다. GC 컬럼(48)은, 미늘창이 있는 벤트(louvered vent)와 팬 시스템이 열을 분산시키면서, 가열된 공기 순환을 통해 가열된다. 컬럼(48)은 가열된(및/또는 절연된) 이송 라인(22)에 연결되어 있고, 샘플은 컬럼(48)을 통과한 다음 이송 라인(22)을 통해 질량 분석기(16)의 이온화 소스(14)로 유입된다. 도 2에서 볼 수 있는 바와 같이, 인젝터(46)는 포텐셜 오토-샘플러 사용(potential auto-sampler use)을 위해 수직으로 설치되어 있을 수 있다.

<67> 인젝터(46)는, 밸브(54)를 가지고 있는 캐리어 가스 라인(28)을 경유하여 자가 함유 내부 캐리어 가스 공급부(self-contained, internal carrier gas supply: 52)에 연결되어 있다. 압력 변환기(pressure transducers)는 캐리어 가스 라인(28)과 인젝터(46)내의 가스 압력을 모니터하고, 이러한 정보는 제어 보드(40)로 보내어진다. 캐리어 가스는 통상적으로 수소화합물 가스 실린더내에 저장되어있는 수소(H<sub>2</sub>)이며, 제어기가 가스 흐름을 통제한다. 가스 실린더는, 필요하다면 더욱 큰 모세관 GC 컬럼을 허용할 뿐만 아니라, 샘플들 사이의 퍼지(purges)와 샘플 분석의 수를 확대한다. 두 개의 실린더(각각 20 std. liters)는 적어도 3주간의 연속적인 샘플 분석 작업을 제공할 수 있다(예를 들어, 150개의 샘플, 15분간 1ml/min 흐름속(flow rate)과 50ml/min 퍼지(purge)로 계산). 더욱 큰 부피의 실린더(70 std. liters)가 상업적으로 이용가능하게 되었기 때문에(대체를 덜 자주하게 만듦), 연속적인 분석의 수가 늘어날 것이다. 다중 시스템에서의 보조 캐리어 가스 라인(56)은 외부 가스 공급부(예를 들어, He 또는 H<sub>2</sub>)에 대한 선택적 연결을 위하여 포함될 수도 있다.

<68> 본 시스템의 또다른 특징은 인젝터(46)와 캐리어 가스 공급부(52) 사이의 캐리어 가스 라인(28)의 유일한 펌프-아웃 능력이다. 이러한 펌프-아웃 능력은 분석용 캐리어 가스를 보존하고 가스가 GC 컬럼을 통과해가는데 필요한 시간을 제거한다. 캐리어 가스 라인(28)은 인젝터(46)와 모세관 GC 컬럼(48)을 퍼징하기 위하여, 펌프-아웃 라인(26)과 밸브(70)를 경유하여 진공 챔버(20)에 연결될 수도 있다.

<69> 도 3은 특별히 디자인된 인젝터(46)의 실시예를 보여주고 있다. 샘플은 미세 주사기(microsyringe)에 의해 고무 격벽(rubber septum: 60)을 통해 작은 수정 인젝션 슬리브(quartz injection sleeve: 62)나 라이너 또는 튜브(예를 들어, 0.075 inch 내경, 3 in. 길이, 0.013 in<sup>3</sup> 또는 0.22 cm<sup>3</sup>)내로 주입될 수 있다. 슬리브(62)는 약 0.2cm<sup>3</sup> 이하의 부피를 가진다. 슬리브(62)는 샘플을 내포하고 있고, 절연 자켓을 가지고 있는 가변 히터(64)에 의해 둘러싸여 있으며, 상기 히터는 샘플내 모든 가능한 성분들의 비점 이상의 온도(예를 들어, >300℃)로 슬리브(62)를 가열한다. 액체 샘플은 즉각적으로 기화되어, 캐리어 가스의 흐름에 의해 슬리브(62)를 통해 제거되게 된다.

<70> 캐리어 가스는 슬리브(62)의 상단에 있는 가스-유입 포트(gas-in port: 66)를 통해 인젝터(46)내로 유입되게 된다. 가스의 흐름은 기화된 샘플을 인젝터(46)를 통해 GC 컬럼(48)내로 운반한다. 인젝터(46)는 슬리브(62)의 하단(또는 다른 단부)에 가스-배출 포트(gas-out port: 68)를 가지고 있는데, 상기 포트는 솔레노이드 밸브(solenoid valve: 72)로 연결되어 있다. 상기 밸브는, 캐리어 가스를 가지고 있는 샘플들 사이의 인젝터(46)를 피징할 때 컴퓨터 제어로 활성화되거나 또는 캐리어 가스를 가지고 있는 흐름 작동을 분할한다. 캐리어 가스의 흐름은 동일한 분석 결과를 가지면서 역방향으로 진행될 수도 있다. 즉, 가스-유입 포트가 68이고, 가스-배출 포트가 인젝터(46)의 상단에 있는 66으로서 솔레노이드 밸브에 연결되어 있다. 인젝터(46)의 또다른 디자인 특징은, 어느 때에 대체가 필요한지를 결정하기 위하여, 슬리브(62)에 대해 시각적 검사를 가능하게 하는 투시 글라스(sight glass: 74)와 슬리브에의 글라스 울 플러그(glass wool plug)이다.

<71> 기화된 샘플은 작은 내경의 수정 슬리브(62)내에 내장되어 있으며, 그것은 적어도 두가지의 잇점을 제공한다. 이러한 디자인은 더욱 작은 사장 부피(dead volume)를 야기하므로, 샘플을 효과적으로 농축시킨다. 작고 농축된 샘플은 피크 형상을 향상시키는데 바람직하다. 더불어, 작은 튜브는 샘플 사이를 피지하는데 더 적은 량의 가스의 필요로 한다. 따라서, 인젝션 포트는 더욱 우수한 크로마토그래피와 화합물 검출 한계를 용이하게 하고 강화하도록 디자인되어 있다. 그럼에도 불구하고, 인젝터(46)가 사용되지 않는다면, 본 시스템에서 GC의 디자인은 또한 상업적인 인젝션 포트도 수용하게 될 것이다.

<72> 본 발명의 바람직한 실시예에 대한 상기 기재는 설명의 목적으로 제공된 것이고, 본 발명의 내용이 정밀하게 개시된 도면 등의 내용으로 한정되도록 해석되어서는 안된다. 많은 변형과 변경의 형태가 상기 설명으로부터 가능할 것이다. 실시예들은 본 발명의 원리와 그것에 의한 실제 응용을 당업자가 다양한 실시예 및 다양한 변형에 의해 최상으로 실행할 수 있도록 설명하기 위하여 선택 및 기재되었다.

**발명의 효과**

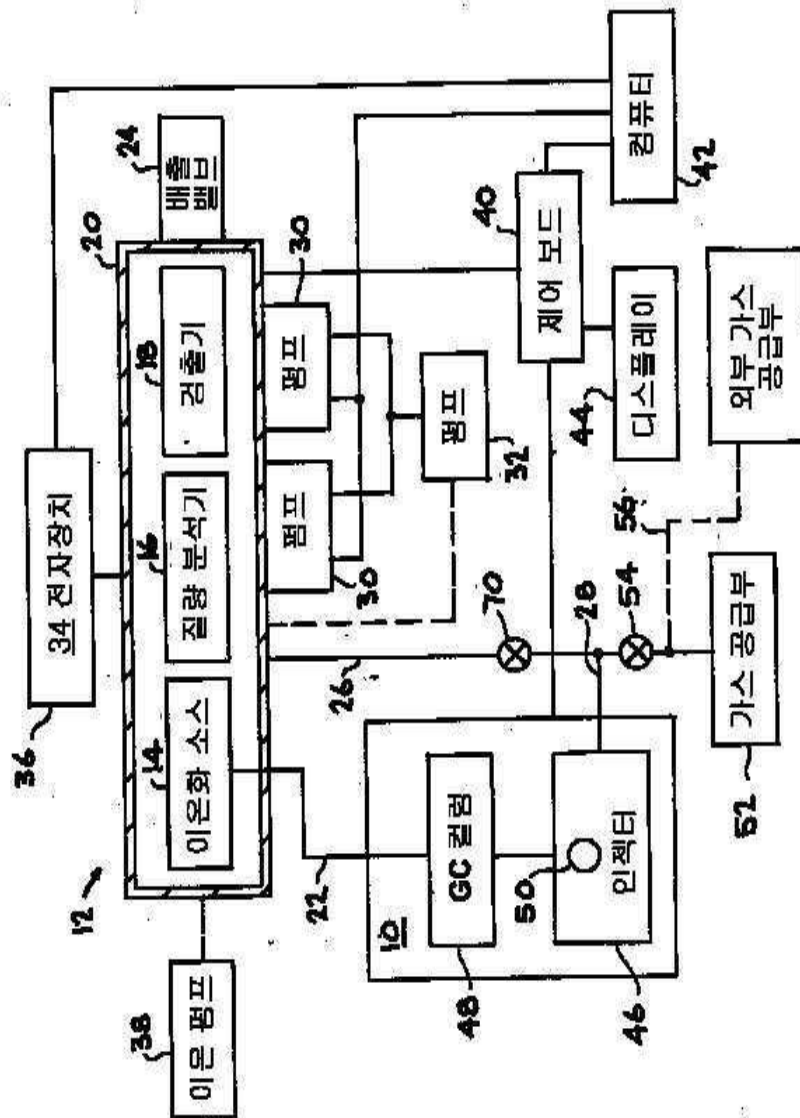
<73> 본 발명에 따른 휴대용 가스 크로마토그래프 질량 분석계는 휘발성 물질, 액체, 및 반휘발성 물질, 슬러지, 탄화된 유기물, 위험한 유기물 등과 같은 복잡한 샘플을 포함한 모든 유형의 샘플을 정성적 및 정량적으로 현장에서 바로 분석할 수 있는 효과가 있다.

**도면의 간단한 설명**

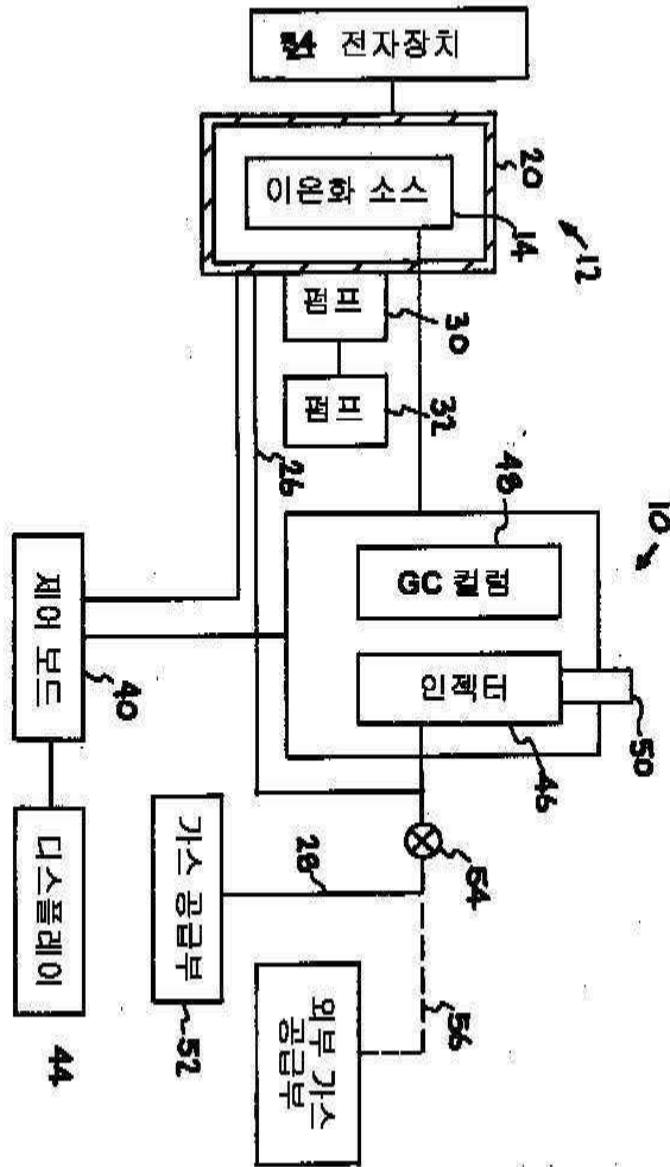
- <1> 도 1은 본 발명에 따른 가스 크로마토그래프 질량 분석계 시스템의 개략적 평면도이고;
- <2> 도 2는 본 발명에 따른 가스 크로마토그래프 질량 분석계 시스템의 개략적 측면도이고;
- <3> 도 3은 본 발명에 따른 가스 크로마토그래피 인젝터의 단면도이다.

도면

도면1



도면2



도면3

