

(19)대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl. <sup>8</sup> B01D 53/32 (2006.01)	(45) 공고일자 (11) 등록번호 (24) 등록일자	2006년01월31일 10-0543529 2006년01월09일
----------------------------------------------------	-------------------------------------	------------------------------------------

(21) 출원번호	10-2003-0027129	(65) 공개번호	10-2004-0092811
(22) 출원일자	2003년04월29일	(43) 공개일자	2004년11월04일

(73) 특허권자           국방과학연구소  
                          대전 유성구 수남동 111번지

(72) 발명자            류삼곤  
                          대전광역시대덕구법동영진로알아파트105동103호

                          이해완  
                          대전광역시유성구신성동삼성한울아파트106동1001호

                          박명규  
                          대전광역시서구둔산동동지아파트112동1001호

                          박현배  
                          대전광역시유성구신성동대림두레아파트102동401호

(74) 대리인            박장원

심사관 : 김명희

(54) 공기정화시스템 및 정화방법

요약

본 발명은 유독가스로 오염된 공기를 정화하여 호흡 가능한 공기를 제조하고, 사람이나 동물이 거주하는 작업장이나 생활 공간으로 정화된 공기를 제공하는데 사용되는 공기정화시스템에 관한 것이다. 본 발명에 의한 공기 정화 방법은 플라즈마 반응기 내에서 발생된 저온 플라즈마에 의한 반응과 플라즈마 발생시 반응기내에 발생하는 열을 이용하는 열촉매반응 그리고 플라즈마 발생시 동반되는 자외선을 이용한 광촉매 반응을 동시에 이용하여 화생방 및 유독 가스를 분해 제거하는 것이며, 분해반응으로 생성된 일부의 유독 생성물을 흡수 제거하는 흡수제가 시스템 후단에 배치되는 것으로 기존의 여과지와 활성탄을 사용하는 단순분리 및 흡착법에 비해 운용수명이 월등하게 향상되며 평시 저장중의 성능저하가 없다는 특징을 갖는다. 본 발명은 화생방전 상황이나 기타 산업용 유독가스 등이 유포된 상황하에서도 업무를 정상적으로 수행할 수 있도록 설계된 차량, 항공기, 선박 또는 건축물의 공기조화 시스템에 적용될 수 있다.

대표도

도 1

색인어

저온플라즈마, 유전체장벽방전, 축매반응, 화생방가스

**명세서**

**도면의 간단한 설명**

도 1은 본 발명의 공기정화시스템의 구성을 보인 개략도.

도 2는 본 발명의 공기정화시스템의 또 다른 구성을 보인 개략도.

도 3은 평판형 유전체장벽 방전 플라즈마 반응기를 보여주는 단면도.

도 4는 평판형 유전체장벽 방전 플라즈마 반응기와 방전 공간에 흡착제/축매를 충전한 플라즈마/축매 혼성 반응기를 보여주는 단면도.

도 5는 동축형의 플라즈마 반응기와 방전 공간에 흡착제/축매를 충전한 플라즈마/축매 혼성 반응기를 보여주는 단면도.

도 6은 세라믹 허니컴 플라즈마 반응기를 보여주는 단면도.

\*\*\* 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명 \*\*\*

1:방전공간 2:전극

3:전극 4:유전물질

5:전원

**발명의 상세한 설명**

**발명의 목적**

**발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술**

본 발명은 공기정화시스템 및 정화방법에 관한 것이다.

화생방 가스의 특징으로 미생물 및 방사능 낙진은 미세 입자형태이며 "화학작용제"로 통칭되는 화학가스는 상온에서 주로 에어로졸과 기체 상태로 존재한다(이하 미생물 및 방사능 낙진과 화학가스를 통틀어 "화생방가스"로 지칭).

화생방전 하에서 화생방 가스로 오염된 공기를 정화하고 호흡 가능한 공기를 제조하여 인체에 공급하는 장치로 방독면의 정화통이 널리 사용되고 있으며, 대피호 등의 공간에 정화공기를 공급하는 장치로는 "화생방 가스입자여과기"가 있다. 방독면의 정화통과 가스입자여과기는 공히 입자형태의 오염물질들을 제거하는 입자여과부와 가스나 에어로졸 형태의 화학물질을 흡착 또는 분해하여 제거하는 가스여과부로 구성되어 있다.

탄저균을 포함한 세균 뿐 아니라 바이러스성 미생물에 이르기까지 미세입자형태의 모든 생물학 작용제와 방사능 낙진은 입자여과부의 고성능입자 여과지로 여과가 가능하다. 그러나 시간이 경과할수록 여과기에 입자들이 부착되면서 여과기 양단(흡입부와 배출부) 간의 공기흐름저항( $\Delta P$ )이 증가하여 일정수준 이상 되면 여과기를 교체해야 한다.

화학가스를 흡착 분해하는데 이용되는 ASC-활성탄은 아주 미세한 기공에서부터 비교적 큰 기공에 이르기까지 고르게 분포되어 있으며 이러한 잘 발달된 기공들에 의하여 분자량이 큰 화학가스(예, 사린 등의 신경가스로 주로 유기인계 화합물임)들이 물리흡착에 의하여 제거되고, 분자량이 작은 혈액가스(예, CNCl 및 HCN 등)들은 활성탄에 침윤 처리되어 있는 은, 구리, 크롬 등의 금속물질들의 작용으로 화학적 반응에 의하여 독성이 없는 물질로 분해 제거되는 과정을 거친다.

이상에서 설명한 바와 같이 기존의 방독면 정화통이나 가스입자여과기의 경우 화생방가스를 제거하는 여과성능은 뛰어나지만 여과수명이 한정되어 있으며 여과기 교체시 유독가스에 노출위험, 그리고 사용중 또는 저장시 고온 다습한 조건에서 활성탄 흡착성능 저하, 사용한 여과기의 폐기 등 여러 가지 문제점을 내포하고 있다. 특히 혈액작용제인 CNCl(CK)는 방독면과 가스여과기의 흡착제로 사용되는 활성탄의 물리흡착력에 의하여 제거되지 않고 침윤된 금속과의 화학반응에 의하여 제거되므로 흡착제의 수명이 극히 제한적이며 침윤된 금속들이 습기 등에 극히 취약하여 장기간 저장시 수명저하 현상이 심각하다. 이러한 활성탄의 노화 방지를 위하여 유기아민계열의 화학약품을 처리한 새로운 활성탄이 최근에 개발되어 상용화되었지만 유한한 수명 및 저장시 수명저하 현상에 대한 근본적인 대책은 되지 못하고 있는 실정이다. 특히 방독면 정화통의 경우는 교체가 용이하지만 건물이나 차량 및 선박 등에 부착 운용되는 가스입자여과기의 경우 여과기 교체의 어려움 뿐 아니라 정기적인 교체에 따른 비용부담도 커지게 된다.

상기한 단점들을 보완하고자 본 발명자들의 선 발명인 "화학작용제 제거용 순환식 공기여과 시스템"(특허 제118423호)과 "화학작용제 제거를 위한 연소반응 백금단지 탄소계촉매"(특허 제127950호)를 통하여 순환식 흡착공정 또는 촉매에 의한 산화 방법을 제시한 바 있다. 또한 Jarvis 등은 미국특허(USP 5665143, 1997)에서 순환식 공기여과시스템인 PSA(Pressure Swing Adsorption)와 기존의 고성능여과지 및 활성탄으로 구성된 화생방 가스입자여과기를 조합한 장치로 유해물질로 오염된 공기를 정화하여 호흡가능한 공기를 공급하는 방안을 제시하고 있다.

한편 저온플라즈마 기술의 발달과 함께 저온플라즈마 기술을 활용하여 산업현장 등에서 발생하는 악취물질, 휘발성 유기화합물 등을 분해 처리하는 공기정화방법 등이 개발되고 있으나 단지 오염공기를 일부 정화하여 대기중으로 방출하는 것이 목적이므로 대부분의 경우 처리가스 농도가 수 PPM에서 수백 PPM 정도의 낮은 농도를 처리하는 경우로 분해효율이 수십 퍼센트에 불과하므로 화생방가스와 같이 유독한 물질을 제거하여 호흡 가능한 공기를 생활공간에 제공하는 방법으로 적당하지 않다.

또한 Birmingham 등은 미국특허(USP 4954320, 1990)에서 동축형의 충전형 저온플라즈마 반응기로 화생방가스로 오염된 공기를 정화하는 방안을 제시하고 있으나 반응기의 실용화 가능성이 희박한 점과 분해반응 생성물에 대한 적절한 처리 방안 부재 등으로 인하여 호흡 가능한 공기 제조법으로 이용되지 못하고 있다.

### 발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명에서는 상기한 문제점들, 즉 화생방 여과기의 사용 중 운용수명 저하 문제를 해결하고자 제안한 것으로 종래의 HEPA 여과지와 활성탄 흡착제 대신 저온 플라즈마와 촉매반응을 동시에 이용하는 방법으로 수명 및 성능저하가 거의 없는 새로운 여과방법을 제공하고자 하며, 아울러 화생방가스등 유독가스로 오염된 공기를 정화하여 호흡 가능한 공기를 제조하는 방법을 제공하는 것이다.

### 발명의 구성 및 작용

상기 목적을 달성하기 위하여 본 발명은 전쟁용 화생방작용제나 산업용 유독가스를 제거하여 호흡가능한 공기를 제조하는 공기정화장치로서, 저온플라즈마를 발생시키는 플라즈마 반응기와, 상기 플라즈마 반응기와 혼성 또는 분리되어 있으며, 흡착제 또는 촉매가 충전되어 있는 촉매반응기 및 상기 플라즈마 반응기와 흡수반응기를 통과하는 유독물질이 저온플라즈마에 의한 분해반응과 플라즈마 방전시 수반되는 유전열을 이용한 촉매반응에 의하여 분해되면서 발생하는 분해생성물을 흡수하여 제거하는 흡수반응기를 포함하여 구성되는 공기정화시스템을 제공한다.

상기 화생방작용제나 산업용 유독가스로는 유기인계 화합물, 시안계 화합물, 황 또는 질소 함유 화합물, 염소나 불소 함유 화합물, 생물학무기로 사용될 수 있는 박테리아나 바이러스 및 독소들이 포함된다.

본 발명에 따른 공기정화시스템은 화생방작용제 또는 산업용 유독가스로 오염된 공기중의 유독물질을 저온플라즈마 방전에 의하여 방전시 발생하는 이온이나 라디칼로 분해시키고, 상기 저온플라즈마 방전과 동시에 또는 순차로 상기 유독물질을 촉매 반응에 의하여 분해시키고, 플라즈마 및 촉매반응을 통하여 분해되는 유독물질로부터 발생하는 반응생성물을 흡수 제거하는 단계를 통하여 오염된 공기를 호흡가능한 공기로 변환시킨다.

본 발명에 따른 공기정화시스템의 특징은 저온플라즈마에 의한 분해반응과 플라즈마 방전시 수반되는 유전열을 이용한 촉매반응 (특히  $TiO_2$ 와 같이 광촉매 기능이 있는 반도체 재료들이 충전된 경우는 광촉매에 의한 분해반응 포함)에 의한 유독물질의 분해 반응을 동시에 이용할 수 있으므로 높은 제거율을 달성할 수 있으며 에너지 효율도 높일 수 있는 장점이 있

다. 또한 생물학 작용제(박테리아, 바이러스 및 독소물질) 등과 같은 미세입자 형태의 오염물질은 전기방전에 의하여 하전을 띠게 되고 정전기적 인력에 의하여 이들 입자는 전극이나 충전물질에 부착되어 반응기 내부에 머무르게 되며 플라즈마 방전에 의하여 발생된 활성 라디칼이나 유전열 그리고 자외선에 의하여 완전히 살균된다. 이는 Hoenig 등의 연구(J. Air Pollution Control Association, 30, 288, 1980)에서 박테리아의 일종인 *Bacillus thermophilus*를 저온 플라즈마 방전을 이용하여 완전하게 제거 가능하다는 것이 입증된 이후 여러 연구그룹에 의하여 밝혀진 바 있다.

도 1과 도 2는 본 발명에 따른 시스템의 구성을 나타낸 개략도로서, 도 1은 공기흐름에 따른 저온플라즈마, 촉매 및 흡수반응기 배치의 일 예를 나타낸 것이다. 즉 유독가스로 오염된 공기가 도 1과 같이 플라즈마/촉매 혼성 반응기와 흡수반응기를 거치면서 정화된다.

또 다른 예로서는, 도 2와 같이 플라즈마반응기와 촉매반응기가 분리되어 있어서 공기가 두 반응기를 차례로 통과하고 흡수반응기를 거쳐서 정화되는 과정을 나타낸 것이다. 도 2에 도시된 장치에서 촉매반응기는 플라즈마반응기로부터 너무 멀리 떨어지는 것은 바람직하지 않다.

도 1과 도 2에 있어서 오염된 공기를 반응기 내부로 유도하는 장치는 일반적인 송풍장치를 사용할 수 있으며, 반응기를 통과하여 나오는 정화된 공기는 온도조절을 위하여 냉난방기에 연결하여 운용하는 것이 바람직하다.

일반적으로 화학작용제 등의 촉매분해 반응은 높은 온도(250℃ 이상)를 필요로 하므로 가열장치가 필요하다. 그러나 본 발명에서는 플라즈마 반응기에서 플라즈마 방전시 발생하는 열을 이용하여 촉매를 가열할 수 있으므로 별도의 가열장치가 필요 없다.

본 발명의 목적 달성을 위하여 다양한 종류의 플라즈마 반응기를 이용할 수 있으나 특히 낮은 전력소모와 방전시 열 발생이 비교적 적은 "유전체장벽 방전 (DBD, Dielectric Barrier Discharge)"에 의한 반응기가 적당하다.

유전체장벽을 이용한 플라즈마 방전은 두 개의 금속전극 사이에서 일어나며 두 개의 금속 전극 중 적어도 하나를 (또는 두 전극 모두) 유전물질로 코팅을 하여 두 금속전극 사이에 직접적인 방전전류가 흐르지 않도록 한다. 본 발명에서 플라즈마 방전 온도는 실온 ~ 450℃의 범위로 한다.

본 발명에 있어서 촉매반응기에 담지되는 흡착제 또는 촉매로는 구슬, 펠릿의 형태가 바람직하며, 이뿐 아니라 과립형의 촉매 집합체 또는 허니컴 형태도 무방하다. 사용되는 물질로는, 알루미늄과 같은 금속산화물에 Pt, Pd, Rh와 같은 귀금속,  $CrO_x$ ,  $CuO_x$  등의 전이금속 산화물, 또한 Zeolite 13X 등의 분자체도 적용 가능하다. 뿐만 아니라 광촉매로 이용 가능한 이산화티탄( $TiO_2$ ), 지르코니아( $ZrO_2$ ),  $SnO_2$  등의 반도체 재료들도 사용할 수 있다. 특히 반도체 재료들을 충전한 경우 플라즈마 방전시 발생하는 자외선에 의하여 광촉매로서의 효과도 기대할 수 있다.

한편, 흡수 반응기는 플라즈마/촉매 반응기에서 유독물질이 분해되면서 분해 생성물로 배출되는, 주로 산성의 유해가스를 흡수 제거하는 건식의 흡수세정 장치로 플라즈마/촉매 반응기 후단에 배치된다. 흡수제로는 염기성 산화물인  $CaCO_3$ ,  $CaO$ ,  $ZnO$ ,  $MgO$  등을 사용하거나 활성탄에 산성가스의 흡수를 증대시키기 위하여 함침이나 도핑 처리한 재료를 사용하며, 이러한 흡수제는 공기저항을 고려하여 펠릿 또는 일체형(monolith)으로 가공하여 사용하는 것이 유리하다. 또한 플라즈마/촉매 반응기 후단으로 배출되는 잔류 오존의 경우도 활성탄과 반응하여 제거될 수 있으며  $MnO_2/CuO$  혼합물을 사용하여도 제거 가능하다.

도 3은 대표적인 DBD 플라즈마 반응기를 나타낸 것으로 서로 마주보고 있는 두 개의 금속전극(2, 3)이 교류전원(5)에 연결되어 있으며 두 전극 사이에 방전전류가 직접 흐르는 것을 방지하기 위하여 유전물질(4)이 전극에 코팅 또는 밀착되어 있다. 유전물질로는 석영유리나 알파 알루미늄과 같은 치밀한 세라믹 재질이 적당하나, 본 발명의 목적을 벗어나지 않는 범위 내에서 어떠한 유전물질을 사용하여도 무방하다.

전원장치(5)에서 전극(2, 3)에 공급되는 전압이 충분히 높아지면 전극 사이의 방전공간(1)에서 방전이 일어나게 되며 방전에 필요한 전압은 두 전극 사이의 거리, 유전체 두께 및 매질의 성질 등 여러 가지 요인에 의해 결정된다. 본 발명에서는 5~30 kV에 이르는 교류전압을 50Hz에서 50kHz 범위의 특정 주파수로 공급하는 것이 바람직하지만 경우에 따라서는 직류전원을 사용할 수도 있으며, 반응기와의 임피던스 매칭을 위해 인덕턴스 및 충전회로가 설치되도록 할 수도 있다.

도 4는 도 3과 동일한 반응기 내부에 공기의 유전을 보다 큰 유전체 구슬 또는 펠릿 형태의 충전물(6)을 충전한 것으로, 이들 충전물질들은 유독가스에 대하여 흡착능력이 있거나 촉매작용이 가능한 것이며 플라즈마 방전시 발생하는 유전열에 의하여 활성화되므로 저온 플라즈마반응 뿐 아니라 촉매반응에 의한 효과도 기대할 수 있다.

도 5는 동축형(선관형)의 플라즈마 반응기 내에 흡착제 또는 촉매를 충전한 것으로, 외부 튜브(8)는 석영 또는 알루미늄 재질이 가능하며 튜브 외부에 금속 박막을 코팅하거나 밀착시켜 부착하여 전극(7)으로 이용한다. 아울러 내부 전극(9)으로는 금속 막대 또는 와이어를 이용하며 전원(5)이 공급되면 내부전극과 외부 튜브 사이의 공간에서 플라즈마 방전이 발생하게 된다. 이때 두 전극 사이의 거리에 비례하여 방전 전력이 증가하게 되므로 적절한 거리유지가 필요하다.

도 6은 본 발명의 목적을 달성하기 위한 또 다른 형태의 플라즈마 반응기로 유전물질로 표면을 코팅한 다공성의 금속재질로 된 두 전극(10) 사이에 세라믹 허니컴(honeycomb)(11)을 넣어 플라즈마 발생을 용이하게 하며 플라즈마 반응과 촉매 반응에 의한 유독물질 분해를 동시에 기대할 수 있다. 이때 전원으로 교류 뿐 아니라 직류나 펄스 전원을 사용하여도 무방하다. 도 6에서 허니컴 미세 채널(micro-channel)의 배열이 공기흐름과 평행하게 되므로 공기흐름 저항이 감소하게 되며 허니컴으로 인하여 플라즈마 방전 개시 전압이 상당히 낮아지는 장점도 있다. 허니컴의 재질은 코디어라이트(cordierite), 몰라이트(mullite) 또는 알루미늄 등 세라믹 재질이면 가능하고 허니컴 표면에는 귀금속 촉매, 또는 금속 산화물 촉매를 코팅하여 촉매반응에 의한 산화분해 능력을 부여할 수 있다. 또한 허니컴 표면에  $TiO_2$ 와 같이 광촉매로서의 기능을 발휘할 수 있는 반도체 재료들을 코팅한 경우 또는 허니컴 제조시 이들 재료를 혼합하여 제조한 경우는 플라즈마 방전시 발생하는 자외선에 의한 광촉매 효과도 기대할 수 있다. 도 6에서 전극(10)을 허니컴(11)에 밀착시키거나 공간을 두고 허니컴과의 사이를 두어도 무방하나 허니컴과의 거리가 너무 멀어지거나 허니컴 자체의 두께가 너무 두꺼우면 방전 개시전압이 높아지게 된다. 따라서 허니컴의 두께는 10cm를 초과하지 않는 것이 좋으며 전극과 허니컴 사이의 거리는 1cm를 넘지 않는 것이 바람직하다. 보다 높은 제거효율을 얻기 위하여 도 6에서와 같은 허니컴-전극 구성을 하우징(12) 내에 2개 이상 배열하여 유독가스의 체류시간을 높일 수도 있다.

이하, 실시예를 통하여 본 발명을 더욱 구체적으로 설명하며, 아래의 실시예는 본 발명을 보다 명확하게 설명하고자 하기 위한 것이고 본 발명의 범위가 이 실시예로 국한되는 것이 아니다.

실시예 1 내지 4는 도 5와 같은 동축형 플라즈마 반응기 내에 충전물을 충전하여 플라즈마를 발생시키고 플라즈마 반응기 후단에 활성탄형 흡수제 펠릿을 충전한 흡수반응기를 설치하여 화생방 및 유독 가스를 제거하는 실험을 수행하였다. 반응기의 파과(breakthrough) 유무를 확인하기 위하여 반응기 후단에서 가스크로마토그래피 등의 장비를 활용하여 배출가스 농도를 주기적으로 측정하였으며 파과기준은 입구 오염가스농도의  $1 \times 10^{-5}$  이상 검출되는 것으로 하였다. 여기서 파과는 반응기의 공기정화능력이 감소하여 일정 농도 이상의 오염가스가 배출되는 것을 의미하며, 일반적으로 오염된 가스를 제거하여 호흡가능한 공기를 배출할 수 있는 기준으로 입구 농도의  $1/10^5$  이 요구되므로 상기와 같은 파과기준을 선정하였다.

실시예 1

CK(Cyanogen Chloride) 분해 (1 kHz, 교류전원 사용)

반응기	충진물	방전전력 (watt)	입구농도 (ppm)	시험유량 (리터/분)	운전시간	파과유무
직경: 3.0 cm 방전길이: 10cm 튜브재질: 석영	Pt/ $Al_2O_3$	40	2000	2	8시간 이상	무
	$TiO_2$	20				

실시예 2

GB(Sarin) 분해 (400 Hz, 교류전원 사용)

반응기	충진물	방전전력 (watt)	입구농도 (ppm)	시험유량 (리터/분)	운전시간	파과유무
직경: 3.0 cm 방전길이: 10cm 튜브재질: 석영	Pt/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	40	1,000	2	8시간 이상	무
	TiO <sub>2</sub>	40				

실시예 3

COCl<sub>2</sub> 분해 (1 kHz, 교류전원 사용)

반응기 (동축형)	충진물	방전전력 (watt)	입구농도 (ppm)	시험유량 (리터/분)	운전시간	파과유무
직경: 3.0 cm 방전길이: 10cm 튜브재질: 석영	Pt/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	40	1,000	2	8시간 이상	무
	TiO <sub>2</sub>	40				

실시예 4

HCN 분해 (400 Hz, 교류전원 사용)

반응기 (동축형)	충진물	방전전력 (watt)	입구농도 (ppm)	시험유량 (리터/분)	운전시간	파과유무
직경: 3.0 cm 방전길이: 10cm 튜브재질: 석영	Pt/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	40	1,000	2	8시간 이상	무
	TiO <sub>2</sub>	40				

실시예 5 및 6은 도 4와 같은 평판형 플라즈마 반응기를 여러겹으로 적층하여 제작한 반응기 내에 충진물을 충전하고 플라즈마를 발생시켜 유독가스를 제거하는 실험을 수행한 것이며, 파과기준은 앞의 실시예와 동일하다.

실시예 5

CH<sub>3</sub>CN 분해 (400 Hz, 교류전원 사용)

반응기 (평판형)	충진물	방전전력 (watt)	입구농도 (ppm)	시험유량 (리터/분)	운전시간	파과유무
극간간격: 3mm	Pt/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	200	1,000	10	8시간 이상	무

실시예 6

DMMP 분해 (400 Hz, 교류전원 사용)

반응기 (평판형)	충진물	방전전력 (watt)	입구농도 (ppm)	시험유량 (리터/분)	운전시간	파과유무
극간간격: 3mm	Pt/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	200	1,000	10	8시간 이상	무

실시예 7은 도 3과 같은 평판형 플라즈마 반응기를 여러겹으로 적층하여 제작한 플라즈마 반응기와 촉매 반응기를 도 2와 같이 분리된 형태로 배열하되 반응기를 직렬 2단(즉, 플라즈마-촉매-플라즈마-촉매 형태의 반응기)으로 구성하고 플라즈마를 발생시켜 유독가스를 제거하는 본 발명의 한 실시예를 나타낸 것이다. 아래의 결과는 반응기를 직렬 다단으로 연결할 경우 유독가스의 제거시 반응기의 에너지 효율을 증가시키는 특징이 있다는 것을 말해주고 있다. 즉, 실시예 5 및 6에서는 에너지 효율이 1/20(리터/분.W)이나 실시예 7에서는 3/20(리터/분.W)으로서 3배 정도의 효율 증가를 보여주고 있다.

실시예 7

CH<sub>3</sub>CN 분해 (10 kHz, 교류전원 사용)

반응기 (평판형)	충진물	방전전력 (watt)	입구농도 (ppm)	시험유량 (리터/분)	운전시간	파과유무
극간간격: 1.5mm	Pt/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,000	1,000	300	8시간 이상	무

**발명의 효과**

본 발명에 따르면, 수명 및 성능저하가 거의 없는 새로운 여과방법에 의하여, 화생방가스등 유독가스로 오염된 공기를 정화하여 호흡 가능한 공기를 제조하는 것이 가능하며, 특히 본 발명의 시스템은 에너지 소모가 적고 공기 정화 능력이 뛰어나며, 군사용, 산업용 등 다양한 분야에 적용 가능하다.

**(57) 청구의 범위**

**청구항 1.**

전쟁용 화생방작용제나 산업용 유독가스를 제거하여 호흡가능한 공기를 제조하는 공기정화장치로서,

저온플라즈마를 발생시키는 플라즈마 반응기;와,

상기 플라즈마 반응기와 혼성 또는 분리되어 있으며, 흡착제 또는 촉매가 충전되어 있는 촉매반응기; 및

상기 플라즈마 반응기와 흡수반응기를 통과하는 유독물질이 저온플라즈마에 의한 분해반응과 플라즈마 방전시 수반되는 유전열을 이용한 촉매반응에 의하여 분해되면서 발생하는 분해생성물을 흡수하여 제거하는 흡수반응기;를

포함하여 구성되는 공기정화시스템.

**청구항 2.**

삭제

**청구항 3.**

제1항에 있어서, 플라즈마 반응기는 유전체장벽방전(DBD, dielectric barrier discharge)을 일으키는 반응기로서 두 개의 전극과 상기 전극 중 적어도 하나에는 유전체물질이 코팅되어 있는 공기정화시스템.

**청구항 4.**

제3항에 있어서, 상기 플라즈마 반응기는 두 개의 평판형 전극으로 구성되는 공기정화시스템.

**청구항 5.**

제3항에 있어서, 상기 플라즈마 반응기는 동축형 외부전극과 심재형의 내부 전극으로 구성되는 공기정화시스템.

**청구항 6.**

제1항에 있어서, 플라즈마 반응기와 촉매반응기가 혼성되어 있는 경우에, 플라즈마반응기의 두 전극 사이에 흡착제 또는 촉매 등의 충전물질이 충전되어 있는 공기정화시스템.

**청구항 7.**

제1항에 있어서, 플라즈마 반응기와 촉매반응기가 혼성되어 있는 경우에, 플라즈마반응기의 두 전극 사이에 촉매물질을 코팅한 일체형의 세라믹 허니컴이 삽입되어 있는 공기정화시스템.

**청구항 8.**

제1항에 있어서, 플라즈마반응기에는 50Hz~50kHz 주파수 범위의 5~30kV의 교류전원이 인가되는 공기정화시스템.

**청구항 9.**

제1항에 있어서, 플라즈마 반응기와 촉매반응기가 직렬로 2단 이상 연결되어 있는 공기정화시스템.

**청구항 10.**

제1항에 있어서, 촉매의 형태는 구슬형, 펠릿형, 과립형 집합체 또는 허니컴 형태인 공기정화시스템.

**청구항 11.**

제1항에 있어서, 촉매로 사용되는 물질은 금속산화물에 Pt, Pd, Rh 등의 귀금속이 담지된 것, 금속산화물에  $CrO_x$ ,  $CuO_x$  등의 전이금속 산화물이 담지된 것, 제올라이트 13X 등의 분자체, 또는  $TiO_2$ ,  $ZrO_2$ ,  $SnO_2$  등의 반도체 중에서 선택되는 어느 하나 이상인 공기정화시스템.

**청구항 12.**

제1항에 있어서, 흡수반응기에 포함되는 흡수제는 활성탄형 흡수제 또는  $CaCO_3$ ,  $CaO$ ,  $ZnO$ ,  $MgO$  등과 같은 염기성 산화물을 펠릿 또는 일체형(monolith)으로 가공한 것인 공기정화시스템.

**청구항 13.**

화생방작용제 또는 산업용 유독가스로 오염된 공기중의 유독물질을 저온플라즈마 방전에 의하여 방전시 발생하는 이온이나 라디칼로 분해시키고,

상기 저온플라즈마 방전과 동시에 또는 순차로 상기 유독물질을 촉매 반응에 의하여 분해시키고,

플라즈마 및 촉매반응을 통하여 분해되는 유독물질로부터 발생하는 반응생성물을 흡수 제거하는 단계를 포함하여 이루어지는 공기정화방법.

**청구항 14.**

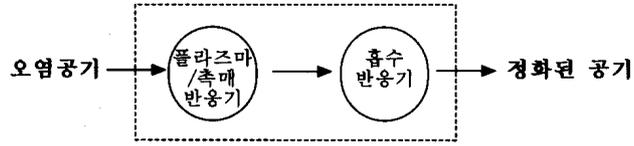
삭제

**청구항 15.**

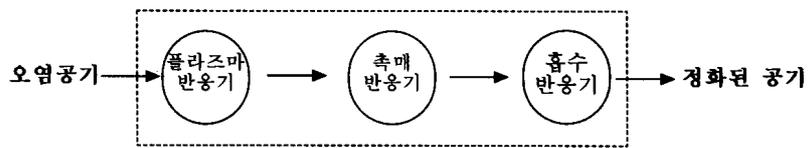
제13항에 있어서, 상기 촉매반응은 플라즈마 방전시 발생하는 유전열에 의하여 활성화되는 촉매반응 및 자외선에 의한 광촉매 반응이 동시에 작용하는 공기정화방법.

도면

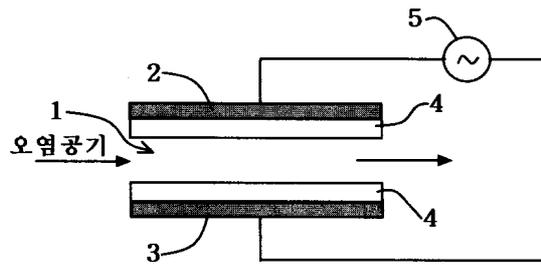
도면1



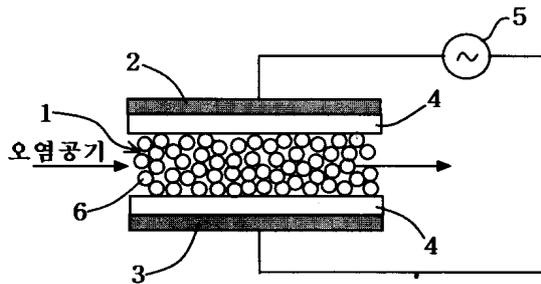
도면2



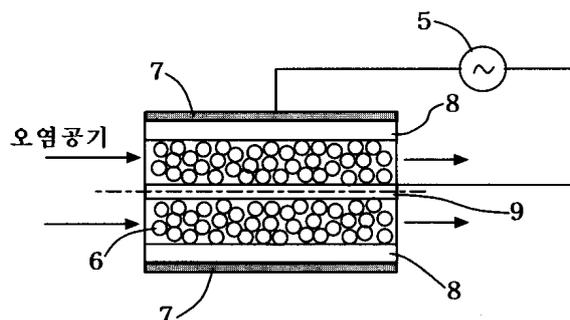
도면3



도면4



도면5



도면6

