



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0078854
(43) 공개일자 2017년07월07일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H05F 3/02 (2006.01) H01T 19/04 (2006.01)
H01T 23/00 (2015.01)
- (52) CPC특허분류
H05F 3/02 (2013.01)
H01T 19/04 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2017-7017607(분할)
- (22) 출원일자(국제) 2010년10월22일
심사청구일자 2017년06월26일
- (62) 원출원 특허 10-2012-7010454
원출원일자(국제) 2010년10월22일
심사청구일자 2015년10월19일
- (85) 번역문제출일자 2017년06월26일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2010/053741
- (87) 국제공개번호 WO 2011/050264
국제공개일자 2011년04월28일
- (30) 우선권주장
61/279,610 2009년10월23일 미국(US)
12/925,360 2010년10월20일 미국(US)

- (71) 출원인
일리노이즈 툴 워크스 인코포레이티드
미국 일리노이즈주 60025 글렌뷰 할렘 애비뉴 155
- (72) 발명자
게프터 피터
미국, 일리노이즈 60026, 글렌뷰, 웨스트레이크 애비뉴 3600, 시/오 일리노이즈 툴 워크스 인코포레이티드.
파트리지 레슬리 웨인
미국, 일리노이즈 60026, 글렌뷰, 웨스트레이크 애비뉴 3600, 시/오 일리노이즈 툴 워크스 인코포레이티드.
넬슨 라일 드와이트
미국, 일리노이즈 60026, 글렌뷰, 웨스트레이크 애비뉴 3600, 시/오 일리노이즈 툴 워크스 인코포레이티드.
- (74) 대리인
문경진

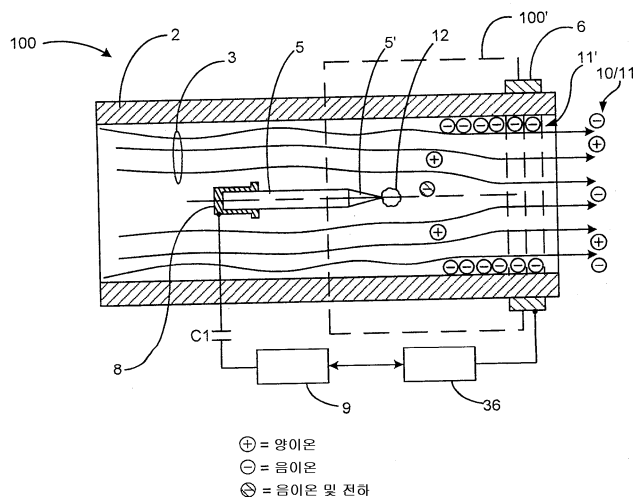
전체 청구항 수 : 총 3 항

(54) 발명의 명칭 자가-균일화 이온화된 가스 스트림

(57) 요약

전기적으로 균일화된 초정도의 이온화된 가스 스트림의 안정된 생성을 위한 자가-균일화 코로나 방전이 개시된다. 이 결과는, 산소 또는 다른 음전기 가스를 가스 스트림에 첨가하지 않고도 자유 전자를 음 이온으로 전자 변환을 촉진시킴으로써 달성된다. 본 발명은 양전기 및/또는 음전기 또는 회 가스 스트림과 함께 사용될 수 있고, 페루프 코로나 방전 제어 시스템의 이용을 포함할 수 있다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류
H01T 23/00 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

가스 스트림이 흐르는 관통 채널과, 가스 스트림 내에 적어도 일부가 배치된 적어도 하나의 이온화 전극, 및 거리 L만큼 이격되어 이온화 전극의 하류에 배치된 적어도 하나의 기준 전극을 갖는 유형의 코로나 방전 이온화기 내에서 자유 전자의 구름을 음 이온으로 변환하는 방법으로서,

이온화 신호의 음의 부분 중 시간 T_{nc} 동안 비-이온화된 가스 스트림 내에 전자 구름을 발생시키기 위해, 양 및 음의 부분을 갖는 사이클(T)을 갖는 이온화 신호를 이온화 전극에 인가하는 단계를

포함하며,

상기 전자 구름은 기준 전극쪽으로 하류로 이동하고,

상기 시간 T_{nc} 는 전자 구름이 이온화 전극으로부터 기준 전극까지 거리 L만큼 이동하는데 걸리는 시간 T_e 보다 짧거나 같은,

자유 전자의 구름을 음 이온으로 변환하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 가스 스트림은 양전기 가스, 음전기 가스, 희 가스, 및 양전기, 음전기 및 희 가스의 혼합물로 구성된 그룹으로부터 선택된 가스를 포함하고;

상기 인가하는 단계는 5 kHz 내지 100 kHz의 주파수를 갖는 무선 주파수 이온화 신호를 인가하는 단계를 포함하는,

자유 전자의 구름을 음 이온으로 변환하는 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

가스 스트림의 음의 코로나 개시 전압을 검출하는 단계와;

상기 인가하는 단계의 이온화 신호의 진폭을 상기 검출된 음의 코로나 개시 전압과 동일하게 유지하는 단계와;

전자를 음 이온으로 변환시키기 위해, 이온화 전극에 의해 생성된 전자 구름을 이온화 전극과 기준 전극 사이에서 진동시키는 단계를

더 포함하는, 자유 전자의 구름을 음 이온으로 변환하는 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 출원은 "Self-Balancing Ionized Gas Streams"라는 명칭으로 2009년 10월 23일에 출원된 미국 가특허 출원 번호 61/279,610의 35 U.S.C. 119(e) 하의 이익을 주장하고, 전술한 가특허 출원은 그 전체가 본 명세서에 참고로 병합된다.

[0002] 본 발명은 가스 이온 생성을 위해 코로나 방전을 이용한 정적 전하 중성화 장치 분야에 관한 것이다. 더 구체적으로, 본 발명은 전하 중성화를 위해 전기적으로 자가-균일화된, 양극 이온화된 가스 흐름을 생성하는 것에 관한 것이다. 따라서, 본 발명의 일반적인 목적은 그러한 특성의 새로운 시스템, 방법, 장치 및 소프트웨어를 제공하는 것이다.

배경 기술

- [0003] 청정(clean) 환경에서의 프로세스와 동작은 특히 모든 전기 절연된 표면 상에 정전기 전하를 생성하고 축적하는 경향이 있다. 이들 전하는 바람직하지 않은 전기장을 생성하고, 이것은 대기 에어로졸을 표면으로 끌어들이고, 유전체에서 전기 스트레스(electrical stress)를 발생시키고, 반-전도성 및 전도성 물질에서 전류를 유도하고, 생산 환경에서 전기 방전 및 EMI를 개시한다.
- [0004] 이들 정전기 위험을 완화시키는 가장 효과적인 방법은 이온화된 가스 흐름을 대전된 표면에 공급하는 것이다. 이러한 유형의 가스 이온화는 바람직하지 않은 전하의 효율적인 보상 또는 중성화를 허용하고, 그 결과, 이들과 연관된 오염, 전기장 및 EMI 효과를 감소시킨다. 가스 이온화를 발생시키는 하나의 종래의 방법은 코로나 방전으로 알려져 있다. 코로나-기반의 이온화기(예를 들어, 공개된 특허 출원 US 20070006478, JP 2007048682를 참조)는, 이들이 작은 공간에서 효율적인 에너지 및 이온화될 수 있다는 점에서 바람직하다. 그러나, 그러한 코로나 방전 장치의 하나의 알려진 단점은, 본 명세서에 사용된 고전압 이온화 전극/이미터{첨두(sharp points) 또는 얇은 와이어의 형태}가 바람직한 가스 이온과 함께 바람직하지 않은 오염물을 생성한다는 것이다. 코로나 방전은 예를 들어 주변 공기에서, 수증기의 작은 방울(tiny droplets)의 형성을 또한 자극할 수 있다.
- [0005] 종래의 코로나 방전 장치의 다른 알려진 단점은, 본 명세서에 사용된 고전압 이온화 전극/이미터가 대부분의 응용에서 바람직한 양 및 음 이온의 거의 동일한 농도 대신에 같지 않은 수의 양 및 음의 가스 이온을 생성하는 경향이 있다는 것이다. 이러한 문제점은 특히 양전기 가스(질소 및 아르곤과 같은)의 이온화를 필요로 하는 응용에서 심각한데, 이는 고순도의 양전기 및 희 가스(noble gas)가 높은 이온화 에너지 및 낮은 음전기를 갖기 때문이다. 예를 들어, 음전기 O₂의 이온화 에너지는 N₂에 대한 15.6eV 및 아르곤에 대해 15.8eV에 비해 12.2eV이다. 그 결과, 이들 가스는 음 이온보다는 다수의 자유 전자를 생성하는 경향이 있다. 다시 말하면, 이들 가스가 3개 유형의 전하 캐리어(전자, 양 이온 및 음 이온)를 생성하지만, 이들 가스는 주로 양극 이온 및 전자를 생성한다. 따라서, 음 이온 방출은 비교적 드물고, 양 이온 및 음 이온의 생성은 동일/균일되지 않는다.
- [0006] 더욱이, 이온 불균일은 또한, 이온 생성을 및 균일이 이온화 전극, 가스 온도, 가스 흐름 조성물 등의 조건과 같은 다수의 다른 요인에 의존한다는 사실로부터 발생된다. 예를 들어, 코로나 방전이 양 및 음 이온 전극 모두를 점차 부식시키고, 이들 전극으로부터 오염 입자를 생성한다. 그러나, 양 전극은 일반적으로 음 전극보다 더 빠르게 부식하고, 이것은 이온 불균일 및 이온 전류 불안정성을 악화시킨다.
- [0007] 이온 흐름을 균일화시키는 종래의 실시는 플로팅(접지로부터 전기적으로 절연됨)하는 고전압 DC 전원을 이용하는 것이다. 그러한 전원의 고전압 출력은 양 및 음의 전극(미국 특허 7,042,694에 도시되고 설명된 바와 같이)에 연결된다. 그러나, 이러한 접근법은 이들 사이의 고전압 절연을 갖는 적어도 2개의 이온 전극을 이용하는 것을 필요로 한다.
- [0008] 이온 흐름을 균일화하는 대안적인 종래의 방법은, 2개의(양 및 음) 절연된 DC/펄스 DC 전압 전원을 이용하고, 하나 또는 2개의 이온 전극(공개된 미국 출원 2007/0279829 및 2009/0219663에 도시되고 설명된 바와 같이)에 인가된 전압 출력 및/또는 전압 지속시간을 조정하는 것이다. 이러한 해결책은 자체 결점을 갖고 있다. 제 1 결점은 각 고전압 전원을 제어할 필요성에서 초래되는 복잡도이다. 제 2 결점은 2개의 개별적인 소스로부터 가스 흐름에서 양 및 음 이온의 양호한 혼합을 달성하는 어려움이다.
- [0009] 종래의 이온화기에서 이미터 부식 및 입자 생성의 전술한 문제점은 특히 고순도의 질소, 아르곤 및 희 가스의 코로나 이온화에 대한 도전이다. 이들 가스에서의 양극 코로나 방전은 정상 대기 조건에서 낮은 이동도(낮은 에너지를 갖는 양의 클러스터 이온을 생성한다. 그러나, 음극 코로나 방전은 전극 팁 주위의 플라즈마 영역에서의 이미터 및 광-이온화로부터의 전계 방출로 인해 전자와 중성 분자 사이의 비-탄성 충돌의 결과로서 고 에너지를 생성한다. 양전기 및 희 가스에서의 자유 전자는 중성 가스 원자 또는 분자로의 부착의 낮은 확률을 갖는다. 더욱이, 자유 전자는 가스-함유(gas-borne) 음 이온보다 100배 더 높은 전기 이동도를 갖는다. 이러한 사실의 결과는 다음을 포함한다:
- [0010] - 전극 표면의 고 에너지 전자 충격(electron bombardment)은 부식을 가속화시키고, 이것은 다시 이온화된 가스 흐름을 오염시키는 입자를 생성하고;
- [0011] - 높은 이동도 전자는 이온화된 가스 흐름에서의 상당한 불균일을 생성하고;
- [0012] - 자유 전자는 2차 전자 방출을 생성할 수 있고, 코로나 전류 불안정성을 개시하고 및/또는 항복(breakdown)을 야기할 수 있다.

[0013] 전술한 문제의 하나의 종래의 해법은 MKS/이온 시스템, 질소 인-라인(In-line) 이온화기 모델 4210(u/un)에 이용된다. 도 1은 이러한 장치의 간략화된 구조를 나타낸다. 도 1에 도시된 바와 같이, 이 디바이스의 이온화 셀(IC)은 서로 멀리 이격된 양 및 음의 이미터(PE 및 NE)를 갖고, 가스(3)는 이들 사이에 흐른다. 각 이미터는 전류-제한 저항(CLR1 및 CLR2)을 통해 고전압 DC 전원(DC-PS)의 플로팅 출력에 연결된다. 이 설계에서, 이러한 일반적인 유형의 다른 것에서와 같이, 양의 이미터 부식은 오염 입자 및 이온 불균일의 원인이다. 또한, 2개의 전극 사이를 통과하는 가스 스트림을 이온화하는 임의의 시스템의 효율이 제한된다.

[0014] 동일한 문제의 다른 접근법은 US 특허 6,636,411에 개시되어 있는데, 이러한 특허 6,636,411은 자유 전자를 음이온으로 변환(부착)하고 코로나 방전을 안정화하기 위해 특정 백분율의 전자-부착 가스(산소와 같은)를 플라즈마 영역에 주입하는 것을 제안한다. 그러나, 산소(또는 몇몇 다른 음전기 가스)의 주입은 청정 및 초청정(ultra-clean) 환경에서 및/또는 비-산화 가스 스트림이 필요한 어떠한 곳에서도 이러한 접근법의 이용을 배제한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0015] 본 발명은 이온화된 가스의 전기적으로 균일된 스트림의 안정한 생성을 위해 자가-균일화 코로나 방전을 제공함으로써 종래 기술의 전술한 결점 및 다른 결점을 극복한다. 본 발명은 산소 또는 다른 음전기 가스(또는 도핑)를 이온화된 가스 스트림에 첨가하지 않고도 자유 전자를 음이온으로 전자 변환하는 것을 촉진시킴으로써 이러한 결과를 달성한다. 본 발명은 음전기 가스 스트림, 회 가스 스트림, 양전기 가스 스트림 및/또는 이들 가스 스트림의 임의의 조합 중 임의의 하나 이상과 함께 사용될 수 있고, 페루프 제어 시스템의 이용을 포함할 수 있다.

과제의 해결 수단

[0016] 본 발명에 따라 그리고 본 명세서에 개시된 바와 같이, 코로나 방전 영역(즉, 이온화 전극(들)과 비-이온화 기준 전극 사이의 이온화 셀의 영역) 내에 2개의 별도의 영역이 존재한다:

[0017] (a) 작고(직경이 약 1mm) 일반적으로 구형 영역인 글로잉(glowing) 플라즈마 영역으로서, 이온화 전기장이 충분한 에너지를 제공하여 새로운 전자 및 광자를 생성하고, 이를 통해 코로나 방전을 유지하는 이온 이미터 팁(들)에 또는 그 근처에 중심을 둔, 글로잉 플라즈마 영역과;

[0018] (b) 글로잉 플라즈마 영역과 비-이온화 기준 전극 사이에 어두운 공간인 이온 드리프트 영역.

[0019] 본 발명에 따라, 양 및 음 부분을 갖는 사이클(T)의 교대로 된 이온화 신호는 이온화 전극에 인가되어, 하류 방향을 한정하는 비-이온화 가스 스트림에서 전하 캐리어를 생성하고, 이를 통해 이온화된 가스 스트림을 형성한다. 전하 캐리어는 전자, 양 이온 및 음 이온의 구름(cloud)을 포함한다. 유리하게, 이온화 신호의 음의 부분의 일부(Tnc) 동안 생성된 전자 구름의 전자는 이온 드리프트 영역에서 진동하도록 유도된다. 이러한 전자 구름 진동은 진동하는 전자와 가스 스트림에서의 중성 분자(예를 들어, 고 순도의 질소) 사이의 탄성 충돌/부착의 확률을 증가시킨다. 자유 전자 및 중성 분자가 그러한 탄성 충돌/부착이 발생할 때 음이온으로 변환되기 때문에, 본 발명의 이용은 이온화된 가스 스트림에서 음이온의 수를 증가시킨다.

[0020] 선택적으로 적어도 하나의 기준 전극과 이온 드리프트 영역 사이에 유전 배리어(즉, 전기 절연)를 제공하는 것은 다수의 전자를 낮은 이동도의 음이온으로 변환하는 것을 추가로 촉진시킨다. 이러한 결과는 안정한 코로나 방전을 제공하고, 양 및 음 이온의 수를 균일화하는데 도움을 주고, 이온화기를 통해 흐르는 가스 스트림에 의해 양 및 음 이온의 획득을 개선시킨다.

[0021] 본 발명의 특정한 선택적인 실시예는 이온화된 가스 스트림에서 이온 흐름을 균일화하기 위해 2가지 접근법을 이용한다: (1) 이온화 코로나 전극(들)을 무선 주파수(RF) 고전압 전원(HVPS)에 용량성 결합하는 접근법과, (2) 이온화된 가스 스트림으로부터 기준 전극을 전기적 절연시키는 접근법{예를 들어, 유전 물질을 갖는 가스 스트림으로부터 기준 전극(들)을 절연시킴으로써}.

[0022] 본 발명의 특정한 선택적인 실시예는 또한, 코로나 방전이 발생하여, 이를 통해 전극을 위한 코로나 임계 전압을 결정할 때까지, 증가하는 전압 펄스가 이온화 전극에 반복적으로 인가되는 제어 시스템(양전기 및 음전기 가스에서 작용할 수 있는)의 이용을 구상한다. 제어 시스템은 코로나 전류, 이미터 부식 및 입자 생성을 최소화하기 위해 동작 전압을 일반적으로 코로나 임계 전압과 동일한 정지 레벨(quiescent level)로 감소시킬 수 있다.

이러한 방식으로, 본 발명의 특정 실시예는 양전기 및 희 가스에서의 RF 코로나 전류에 의해 이온화 전극을 손상(부식과 같은)으로부터 보호할 수 있다.

- [0023] 그러므로, 그러한 제어 시스템을 이용하는 본 발명의 실시예는 이온화된 가스 스트림을 더 양호하게 균일화하고, 이온화된 가스 스트림을 자동으로 최적으로 균일화할 수 있다(즉, 이들 실시예는 자가-균일화될 수 있다).
- [0024] 사실상, 본 발명의 전술한 방법은 특히 본 발명의 전술한 장치와 함께 사용하도록 적응된다. 유사하게, 본 발명의 장치는 전술한 본 발명의 방법을 수행하는데 매우 적합하다.
- [0025] 본 발명의 다수의 다른 장점 및 특징은 청구항 및 첨부 도면으로부터, 바람직한 실시예의 다음의 상세한 설명으로부터 당업자에게 명백할 것이다.
- [0026] 본 발명의 바람직한 실시예는, 유사한 도면 부호가 유사한 단계 및/또는 구조를 나타내는 첨부 도면을 참조하여 아래에 기재될 것이다.
- [0027] 하류 방향을 한정하는 비-이온화된 가스 스트림을 이온화된 가스 스트림으로 변환하기 위한 가스 이온화 장치로서,
- [0028] 비-이온화된 가스 스트림을 수용하고 이온화된 가스 스트림을 목표로 전달하기 위한 수단과;
- [0029] 양 및 음 부분을 갖는 사이클(T)을 갖는 이온화 신호의 제공에 반응하여 비-이온화된 가스 스트림에서 전하 캐리어를 생성하기 위한 수단으로서, 상기 전하 캐리어는 비-이온화된 가스 스트림을 이온화된 가스 스트림으로 변환하는 전자 구름, 양 이온 및 음 이온을 포함하고, 상기 전자 구름은 이온화 신호의 음 부분 중 시간 T_{nc} 동안 생성되는, 전하 캐리어를 생성하기 위한 수단과;
- [0030] 이온화된 가스 스트림에서 전하 캐리어를 모니터링하기 위한 수단으로서, 상기 모니터링하기 위한 수단의 적어도 일부분은 전하 캐리어를 생성하기 위한 수단으로부터 거리 L 만큼 하류에 위치하고, 시간 T_{nc} 는, 시간 T_{nc} 동안 생성된 전자 구름이 거리 L만큼 하류로 이동하는데 걸리는 시간 T_e 보다 짧거나 같은, 전하 캐리어를 모니터링하기 위한 수단과;
- [0031] 상기 모니터링하기 위한 수단에 응답하여, 이온화된 신호를 제어하기 위한 수단을 포함한다.
- [0032] 상기 모니터링하기 위한 수단은 유전 물질에 의해 이온화된 가스 스트림으로부터 절연되는 비-이온화 기준 전극을 포함하고;
- [0033] 상기 비-이온화된 가스 스트림은 양전기(electropositive) 가스 스트림이고;
- [0034] 시간 T_{nc} 동안 생성된 전자 구름에서의 전자는 이동도(μ)를 갖고;
- [0035] 평균 전기장(E_d)의 전기장은 시간 T_{nc} 동안 이온화 전극과 기준 전극 사이에 존재하고;
- [0036] 시간 T_e 는 $L/(E_d \times (-\mu))$ 이하이다.
- [0037] 상기 유전 물질은 적어도 약 100초의 이완 시간(relaxation time)을 갖고, 시간 T_{nc} 는 사이클(T)의 1/10 이하이다.
- [0038] 상기 비-이온화된 가스 스트림은 양전기 가스, 음전기 가스, 희 가스(noble gas), 및 양전기, 음전기 및 희 가스의 혼합물로 구성된 그룹으로부터 선택된 가스를 포함하고;
- [0039] 상기 비-이온화된 가스 스트림을 수용하기 위한 수단은 벽을 갖는 관통 채널(through channel)을 포함하고, 상기 벽의 적어도 일부분은 절연 유전 물질로 만들어지고;
- [0040] 상기 기준 전극은 벽의 절연된 부분 외부에 위치하여, 상기 벽은 이온화된 가스 스트림으로부터 기준 전극을 절연한다.
- [0041] 상기 전하 캐리어를 생성하기 위한 수단은 적어도 하나의 이온화 전극을 포함하고, 상기 장치는, 상기 제어하기 위한 수단 및 이온화된 가스 스트림에서의 전하 캐리어의 농도가 적어도 실질적으로 균일화되는 적어도 하나의 이온화 전극에 용량성 결합되는 이온화 전원을 더 포함하는, 가스 이온화 장치.
- [0042] 상기 전하 캐리어를 모니터링하기 위한 수단은 유전 물질에 의해 이온화된 가스 스트림으로부터 절연되는 적어도 하나의 비-이온화 기준 전극을 포함하고;

- [0043] 상기 제어하기 위한 수단은 상기 모니터링하기 위한 수단 및 전원에 통신가능하게 결합되고, 적어도 1 MHz의 차단 주파수를 갖는 고역 통과 필터를 포함한다.
- [0044] 상기 전원은 이온화 신호를 이온화 전극에 제공하고, 상기 이온화 신호는 상기 제어하기 위한 수단에 응답하여 약 0 내지 약 20 kV의 진폭에서 변하고, 약 10 kHz 내지 약 100 kHz의 주파수에서 변한다.
- [0045] 상기 전원은 이온화 신호를 이온화 전극에 제공하고, 상기 이온화 신호는 상기 제어하기 위한 수단에 응답하여 약 1% 내지 약 100%의 듀티 인자(duty factor)에서 변하고, 약 0.1 Hz 내지 약 1000 Hz의 반복율에서 변한다.
- [0046] 상기 장치는 이온화된 가스 스트림의 흐름율을 모니터링하기 위한 수단을 더 포함하고;
- [0047] 상기 제어하기 위한 수단은 흐름율을 모니터링하기 위한 수단에 응답하고;
- [0048] 상기 전원은 상기 제어하기 위한 수단에 응답하여 변하는 가변 듀티 인자를 갖는 이온화 신호를 이온화 전극에 제공한다.
- [0049] 상기 이온화 신호는,
- [0050] 약 0.05 kHz 내지 약 200 kHz의 주파수와;
- [0051] 약 1% 내지 약 100%의 듀티 사이클과;
- [0052] 약 0.1 내지 1000 Hz의 펄스 반복율과 약 1000V 내지 20 kV의 전압 크기를 갖고,
- [0053] 상기 비-이온화된 가스 스트림은 약 5 분당 리터 내지 약 150 분당 리터의 흐름율을 갖는 양전기 가스 스트림이다.
- [0054] 이온화된 가스 스트림을 전하 중성화 목표로 전달하기 위한 가스 이온화 장치로서, 상기 장치는 하류 방향을 한정하는 비-이온화된 가스 스트림을 수용하는, 가스 이온화 장치에 있어서,
- [0055] 비-이온화된 가스 스트림을 수용하고 이온화된 가스 스트림을 목표로 전달하기 위한 적어도 하나의 관통-채널과;
- [0056] 양 및 음 부분을 갖는 사이클(T)을 갖는 이온화 신호의 제공에 반응하여 비-이온화된 가스 스트림에서 전하 캐리어를 생성하기 위한 적어도 하나의 이온화 전극으로서, 상기 전하 캐리어는 이온화된 가스 스트림을 형성하기 위해 비-이온화된 가스 스트림으로 들어가는 전자 구름, 양 이온 및 음 이온을 포함하는, 적어도 하나의 이온화 전극과;
- [0057] 이온화 신호를 이온화 전극에 제공하기 위한 전원으로서, 상기 전자 구름은 이온화 신호의 음 부분 중 시간 T_{nc} 동안 이온화 전극에 의해 생성되는, 전원과;
- [0058] 이온화 전극의 하류에 있는 적어도 하나의 비-이온화 기준 전극으로서, 상기 기준 전극은 이온화된 가스 스트림 내의 전하 캐리어에 반응하여 모니터 신호를 생성하고, 상기 이온화 전극에 의해 생성된 전자 구름은, 이온화 전극과 전자가 음 이온으로 변환되는 기준 전극 사이에서 진동하는, 적어도 하나의 비-이온화 기준 전극과;
- [0059] 적어도 부분적으로 상기 모니터 신호에 응답하여, 이온화 전극에 제공된 이온화 신호를 제어하기 위해 상기 전원 및 상기 기준 전극에 통신가능하게 결합되는 제어 시스템을
- [0060] 포함한다.
- [0061] 시간 T_{nc} 동안 생성된 전자 구름은 기준 전극쪽으로 하류로 이동하고, 시간 T_{nc} 는 전자 구름이 이온화 전극으로부터 기준 전극까지 이동하는데 걸리는 시간 T_e 보다 짧거나 같고, 기준 전극은 적어도 약 100초의 이완 시간을 갖는 유전 물질에 의해 이온화된 가스 스트림으로부터 절연된다.
- [0062] 상기 전원은 무선 주파수를 포함하여, 이온화 전극에 용량성 결합되는 전원을 이온화하고, 이에 의해 목표로 전달된 이온화된 가스 스트림에서 음 및 양 이온의 농도는 적어도 실질적으로 균일화된다.
- [0063] 상기 비-이온화된 가스 스트림은 양전기 가스, 음전기 가스, 희 가스, 및 양전기, 음전기 및 희 가스의 혼합물로 구성된 그룹으로부터 선택된 가스를 포함하고;
- [0064] 상기 제어 시스템은 기준 전극 및 전원 에 통신가능하게 결합되고,
- [0065] 상기 전원은 적어도 1 MHz의 차단 주파수를 갖는 고역 통과 필터를 포함한다.

- [0066] 상기 전원은 이온화 신호를 이온화 전극에 제공하고, 상기 이온화 신호는 적어도 부분적으로 상기 모니터 신호에 응답하여 약 0 내지 약 20 kV의 진폭에서 변하고, 약 50 Hz 내지 약 200 kHz의 주파수에서 변한다.
- [0067] 상기 전원은 이온화 신호를 이온화 전극에 제공하고, 상기 이온화 신호는 상기 모니터 신호에 응답하여 약 1% 내지 약 100 %의 듀티 인자에서 변하고, 약 0.1 Hz 내지 약 1000 Hz의 반복율에서 변한다.
- [0068] 상기 장치는 비-이온화된 가스 스트림의 흐름율을 모니터링하기 위한 수단을 더 포함하고;
- [0069] 상기 제어 시스템은 흐름율을 모니터링하기 위한 수단에 응답하고;
- [0070] 상기 전원은 상기 모니터링된 흐름율에 응답하여 변하는 듀티 인자를 갖는 이온화 신호를 이온화 전극에 제공한다.
- [0071] 상기 이온화 신호는
- [0072] 약 0.05 kHz 내지 약 200 kHz의 주파수와;
- [0073] 약 1% 내지 약 100%의 듀티 사이클과;
- [0074] 약 0.1 내지 1000 Hz의 펄스 반복율과;
- [0075] 약 1000V 내지 20 kV의 전압 크기를 갖고,
- [0076] 상기 비-이온화된 가스 스트림은 약 5 분당 리터 내지 약 150 분당 리터의 흐름율을 갖는 양전기 가스 스트림이다.
- [0077] 상기 이온화 신호는 동작 진폭을 갖고, 상기 제어 시스템은 가스 조성물, 가스 흐름 및 온도와 같은 상대에서의 변화를 보상하기 위해 이온화 신호의 동작 진폭을 조정한다.
- [0078] 시간 T_{nc} 동안 생성된 전자 구름에서의 전자는 이동도(μ)를 갖고;
- [0079] 평균 전기장(E_d)의 전기장은 시간 T_{nc} 동안 이온화 전극과 기준 전극 사이에 존재하고;
- [0080] 시간 T_e 는 $L/(E_d \times (-\mu))$ 이하이다.
- [0081] 하류 방향으로 흐르는 자가-균일화 이온화된 가스 스트림을 생성하는 방법으로서,
- [0082] 하류방향으로 흐르는 비-이온화된 가스 흐름을 확립하는 단계로서, 상기 비-이온화된 가스 스트림은 압력 및 흐름율을 갖는, 확립 단계와;
- [0083] 비-이온화된 가스 스트림 내에서 전하 캐리어를 생성하여, 압력 및 흐름율을 갖고 하류 방향으로 흐르는 이온화된 가스 스트림을 형성하는, 생성 단계로서, 상기 전하 캐리어는 전자 구름, 양 이온 및 음 이온을 포함하는, 생성 단계와;
- [0084] 전자 구름의 전자를 음 이온으로 변환하여, 실질적으로 균일화된 농도의 양 이온 및 음 이온을 갖는 이온화된 가스 스트림을 생성하는, 변환 단계와;
- [0085] 균일화된 이온화된 가스 스트림을 모니터링하는 단계와;
- [0086] 적어도 부분적으로 상기 모니터링하는 단계에 응답하여, 전하 캐리어의 생성을 제어하는 단계를
- [0087] 포함한다.
- [0088] 상기 균일화된 이온화된 가스 스트림을 모니터링하는 단계는 이온화된 가스 스트림의 전하 캐리어를 모니터링하는 단계를 더 포함하고;
- [0089] 상기 생성 단계는 양 및 음의 부분을 갖는 사이클(T)을 갖는 비-이온화된 가스 스트림 내에서 무선 주파수 이온화 신호를 인가하는 단계를 포함하고, 상기 전자 구름은 이온화된 신호의 음의 부분 중 시간 T_{nc} 동안 생성되고, 시간 T_{nc} 는 사이클(T)의 1/10 이하이다.
- [0090] 상기 무선 주파수 이온화 신호는 약 0 내지 약 20 kV의 진폭에서 변하고, 약 50 Hz 내지 약 200 kHz의 주파수에서 변한다.
- [0091] 상기 무선 주파수 이온화 신호는 약 0.1% 내지 약 100%의 듀티 인자에서 변하고, 약 0.1 Hz 내지 약 1000 Hz의

반복율에서 변한다.

- [0092] 상기 이온화된 가스 스트림을 모니터링하는 단계는 이온화된 가스 스트림의 흐름율을 모니터링하는 단계를 더 포함하고;
- [0093] 상기 생성 단계는 비-이온화된 가스 스트림 내에서 무선 주파수 이온화 신호를 인가하는 단계를 더 포함하여, 코로나 방전을 통해 전하 캐리어를 형성하고, 상기 이온화 신호는 모니터링된 흐름율에 응답하여 듀티 인자에서 변한다.
- [0094] 상기 생성 단계는 비-이온화된 가스 스트림 내에서 무선 주파수 이온화 신호를 인가하는 단계를 더 포함하여, 코로나 방전을 통해 전하 캐리어를 생성하고,
- [0095] 상기 이온화 신호는,
- [0096] 약 0.05 kHz 내지 약 200 kHz의 주파수와;
- [0097] 약 0.1 Hz 내지 1000 Hz의 펄스 반복율과;
- [0098] 약 1.0 kV 내지 20 kV의 전압 크기를 갖고,
- [0099] 상기 이온화된 가스 스트림은 약 5 분당 리터 내지 약 150 분당 리터의 흐름율을 갖는 양전기 가스 스트림이다.
- [0100] 가스 스트림이 흐르는 관통 채널, 가스 스트림 내에 적어도 부분적으로 배치된 적어도 하나의 이온화 전극 및 거리 L만큼 이온화 전극의 하류에 있는 적어도 하나의 기준 전극을 갖는 유형의 코로나 방전 이온화기 내에서 자유 전자의 구름을 음 이온으로 변환하는 방법으로서,
- [0101] 이온화 신호의 음의 부분 중 시간 T_{nc} 동안 비-이온화된 가스 스트림 내에 전자 구름을 발생시키기 위해, 양 및 음의 부분을 갖는 사이클(T)을 갖는 이온화 신호를 이온화 전극에 인가하는 단계로서, 상기 전자 구름은 기준 전극쪽으로 하류로 이동하고, 상기 시간 T_{nc} 는 전자 구름이 이온화 전극으로부터 기준 전극까지 거리 L만큼 이동하는데 걸리는 시간 T_e 보다 짧거나 같은, 인가하는 단계를
- [0102] 포함한다.
- [0103] 상기 가스 스트림은 양전기 가스, 음전기 가스, 희 가스, 및 양전기, 음전기 및 희 가스의 혼합물로 구성된 그룹으로부터 선택된 가스를 포함하고;
- [0104] 상기 인가하는 단계는 약 5 kHz 내지 약 100 kHz의 주파수를 갖는 무선 주파수 이온화 신호를 인가하는 단계를 포함한다.
- [0105] 가스 스트림의 음의 코로나 개시 전압을 검출하는 단계와;
- [0106] 상기 인가 단계의 이온화 신호의 진폭을 상기 검출된 음의 코로나 개시 전압과 일반적으로 동일하게 유지하는 단계와;
- [0107] 이온화 전극과 기준 전극 사이에서 진동시키기 위해 이온화 전극에 의해 생성된 전자 구름을 유도하는 단계를
- [0108] 더 포함한다.
- [0109] 비-이온화된 가스 스트림이 흐르는 관통 채널과, 이온화된 가스 스트림을 형성하기 위해 이온화 신호의 인가에 응답하여 비-이온화된 가스 스트림 내에서 전하 캐리어를 생성하는 전극을 갖는 유형의 이온화기 내에서 코로나 방전을 제어하는 방법으로서,
- [0110] 학습 모드로서,
- [0111] 적어도 전극이 음의 전하 캐리어를 생성할 때까지 비-이온화 레벨로부터 증가하는 진폭을 갖는 신호를 전극에 인가함으로써 이온화기의 음의 코로나 개시 전압을 검출하는 단계와;
- [0112] 음의 코로나 개시 전압의 범위를 검출하기 위해 다수 회 검출하는 단계를 반복하는 단계와;
- [0113] 음의 코로나 개시 전압의 범위에 기초하여 대표적인 개시 전압을 계산하는 단계를 포함하는, 학습 모드와;
- [0114] 동작 모드로서,
- [0115] 이온화 신호를 이온화 전극에 인가하는 단계로서, 상기 이온화 신호는 대표적인 개시 전압에 비례하는 진폭을

갖는, 인가 단계를

- [0116] 포함하는, 동작 모드를
- [0117] 포함한다.
- [0118] 이온화 신호를 인가하는 단계는 상기 신호의 진폭을 대표적인 개시 전압과 적어도 실질적으로 동일한 레벨로 유지하는 단계를 더 포함한다.
- [0119] 이온화 전극의 상태를 결정하기 위해 대표적인 개시 전압을 미리 결정된 전압과 비교하는 단계를 더 포함한다.
- [0120] 검출 단계 동안 이온화 전극에 인가된 신호는 제 1 전압 크기까지 제 1 램프율(ramp rate)로 진폭에서 증가하고, 제 1 진폭 위에서 제 2 램프율로 증가하고;
- [0121] 상기 제 1 램프율은 제 2 램프율보다 더 크고;
- [0122] 제 1 진폭은 대표적인 개시 전압보다 낮다.
- [0123] 상기 인가 단계는 상기 신호의 진폭을 대표적인 개시 전압보다 낮은 정지 레벨로 감소시키는 단계를 더 포함한다.

발명의 효과

- [0124] 본 발명은 산소 또는 다른 음전기 가스(또는 도핑)를 이온화된 가스 스트림에 첨가하지 않고도 자유 전자를 음이온으로 전자 변환하는 것을 촉진시키는 것에 효과적이다.

도면의 간단한 설명

- [0125] 도 1은 종래 기술의 질소 가스 인-라인 이온화 장치를 도시한 도면.
- 도 2는 본 발명의 하나의 바람직한 실시예에 따른 이온화 셀의 개략도.
- 도 3a는 도 2의 바람직한 실시예에 따라 동작하는 이온화 전극에 인가된 전압 파형을 도시한 도면.
- 도 3b는 도 2 및 도 3a의 바람직한 실시예에 따라 동작하는 이온화 전극으로부터 방전된 코로나 전류 파형을 도시한 도면.
- 도 3c는 도 2, 도 3a 및 도 3b의 바람직한 실시예에 따라 동작하는 이미터로부터 양 및 음 전하 캐리어 생성을 도시한 도면.
- 도 4는 본 발명의 자가-균일화 실시예에 따른 아날로그 제어 시스템을 이용하여 RF HVPS를 갖는 가스 이온화 장치를 도시한 개략도.
- 도 5a는 본 발명에 따라 이온 이미터에 인가된 대표적인 고전압 신호와 공기에서의 대표적인 코로나 유도된 변위 전류를 비교한 오실로스코프 스크린-샷을 도시한 도면.
- 도 5b는 이온 이미터에 인가된 대표적인 고전압 신호와 질소에서의 대표적인 코로나 유도된 변위 전류를 비교한 오실로스코프 스크린-샷을 도시한 도면.
- 도 5c는, 인가된 전압 신호를 더 구체적으로 보여주기 위해 수평(시간) 축이 확장된 도 5b의 코로나-유도된 전류 신호의 오실로스코프 스크린-샷을 도시한 도면.
- 도 6a는 본 발명의 바람직한 자가-균일화 실시예에 따라 HVPS를 갖는 가스 이온화 장치 및 마이크로프로세서-기반의 제어 시스템을 도시한 개략도.
- 도 6b는 본 발명의 바람직한 자가-균일화 실시예에 따라 HVPS를 갖는 다른 가스 이온화 장치 및 마이크로프로세서-기반의 제어 시스템을 도시한 개략도.
- 도 7a는 본 발명의 몇몇 바람직한 실시예에 따라 제어 시스템을 동작시키는 대표적인 "전력 온(Power On) 모드를 도시한 흐름도.
- 도 7b는 본 발명의 몇몇 바람직한 실시예에 따라 제어 시스템을 동작시키는 대표적인 "시동(Startup) 모드를 도시한 흐름도.
- 도 7c는 본 발명의 몇몇 바람직한 실시예에 따라 가스 이온화 장치의 대표적인 "정상 동작 모드 제어 시스템 동

작을 도시한 흐름도.

도 7d는 본 발명의 몇몇 바람직한 실시예에 따라 제어 시스템을 동작시키는 대표적인 "대기(Standby) 모드"를 도시한 흐름도.

도 7e는 본 발명의 몇몇 바람직한 실시예에 따라 제어 시스템을 동작시키는 대표적인 "학습(Learn) 모드"를 도시한 흐름도.

도 8은, 학습 동작 모드(좌측) 및 정상 동작 모드(우측) 동안 질소 가스 스트림을 이용한 본 발명의 이온화기에 있어서 대표적인 코로나 변위 전류 신호와 대표적인 고전압 파형을 비교한 오실로스코프 스크린-샷을 도시한 도면.

도 9는 45kHz의 기본 주파수와, 약 49%의 듀티 인자(duty factor)와, 99Hz의 펄스 반복율을 갖는 RF 고전압 파형(S4')과 대표적인 코로나 변위 전류 신호(S4)(스크린 상에서 상부 라인을 참조)를 비교한 오실로스코프 스크린-샷을 도시한 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0126] 도 2는 넓은 범위의 가스 흐름율에 걸쳐 전하 캐리어의 적어도 실질적으로 전기적-균일화된 농도를 갖는 이온화된 가스 스트림(10/11)(예를 들어, 음전기/양전기/회 가스를 이용하여)을 생성하기 위한 바람직한 방법 및 장치를 도시한 개략도이다. 이러한 목적은, 절연된 기준 전극(6) 및 바람직하게 무선 주파수 범위에서 동작하는 고전압 전원(HVPS)(9)에 용량성 결합된 이온화 전극(5)을 포함하는 이온화 셀(100')을 통해 달성된다.
- [0127] 도 2에 도시된 바와 같이, 바람직한 본 발명의 이온화기(100)는 하류 방향을 한정하는 가스 흐름(3)을 수용하는 관통-채널(through-channel)(2) 내부에 위치한 적어도 하나의 이미터(이온화 코로나 전극)(5)를 포함한다. 전극(5)은 텅스텐, 금속 주원료의 합금과 같은 전도성 물질과, 실리콘과 같은 복합(세라믹/금속) 또는 반-전도성 물질로 만들어질 수 있고, 및/또는 임의의 물질로 만들어질 수 있고, 및/또는 병합된 출원에 기재된 임의의 구조를 가질 수 있다. 전극(5)은 종래 기술에 알려진 다른 기술에 따라 가공되거나 만들어진 와이어로부터 스탬핑되고, 절단될 수 있다.
- [0128] 전극(5)의 이온-방출 단부는 약 70 내지 80미크론의 작은 반경을 갖는 테이퍼링된(tapered) 팁(5')을 가질 수 있다. 전극의 대향 꼬리 단부(opposite tail end)는 소켓(8)에 고정될 수 있고, 본 명세서 전체에 설명된 유형의 고전압 AC 전원(9)의 출력에 연결될 수 있는 고전압 커패시터(C1)에 연결될 수 있다. 이러한 바람직한 실시예에서, 전원(9)은 바람직하게 가변 크기 AC 전압 생성기인데, 이러한 가변 크기 AC 전압 생성기는 약 1kV 내지 약 20kV(바람직하게 10kV)의 범위를 가질 수 있고, 약 50Hz 내지 약 200kHz(38kHz가 가장 바람직함)의 범위를 가질 수 있는 주파수에 있을 수 있다.
- [0129] 전극의 팁 근처의 오리피스(orifice) 및 코로나 생성물을 제거하기 위한 배출 포트를 갖는 비-전도성 셀은 전극 주위에 위치될 수 있다(도 4에 도시된 셀(4)을 참조). 선택적인 셀은 종래 기술에 알려진 다른 기술에 따라 스탬핑되고, 가공되거나 만들어질 수 있다. 그러한 장치(arrangement)의 세부사항은 전술한 병합된 특허 출원에 개시되어 있다.
- [0130] 관통 채널(2)은 유전 물질로 만들어질 수 있고, 종래 기술에 알려진 다른 기술에 따라 스탬핑되고, 가공되거나 만들어질 수 있다. 고압 가스원(미도시)은 질소를 포함하는 양전기 가스와 같은 청정 가스 스트림(3)을 확립하기 위해 관통-채널(2)의 입구(inlet)에 연결될 수 있다. 기준 전극(6)은 바람직하게 전도성 링의 형태이다. 기준 전극(6)은 바람직하게 비교적 두꺼운(1 내지 3mm) 유전체 벽에 의해 채널(2)의 내부 공간으로부터 절연되고, 제어 시스템(36)에 전기적으로 결합된다.
- [0131] 전극(5) 및 기준 전극(6)은, 코로나 방전이 발생할 수 있는 이온화 셀(100')의 주 구성요소를 형성한다. 전원(9)의 전압 출력이 코로나 개시 전압(onset voltage)(V_{CO})을 초과할 때 가스 이온화가 시작된다. 코로나 소멸(corona quench)(억제)은 일반적으로 더 낮은 전압에서 발생한다. 그 결과는 코로나 히스테리시스로서 알려져 있고, 양전기 가스에서의 고주파수에서 더 중요하다.
- [0132] 종래 기술에 알려진 바와 같이, 양극 및 음극 방전에 대한 코로나 개시 전압 값 및 볼트-암페어 특성은 상이하다. 이것은, 코로나 방전이 가스에서 양 및 음 전하 캐리어의 동일하지 않은 양을 생성하는 이유들 중 하나이다. 그 결과, 코로나 이미터를 떠나는 이온 흐름은 종래 시스템에서 균일하지 않다. 그러나, 이러한 바람직한 실시예에 따라, 이러한 불균일은 본 명세서에 기재된 바와 같이 수정된다. 알려진 바와 같이, 전극(5)은 2가지 목적을 달성하기 위해 커패시터(C1)를 통해 전원(9)에 통신가능하게 결합될 수 있다: 첫째로, 전극(5)으로

부터 흐르는 이온 전류를 제한하는 것, 둘째로, 전극(5)을 떠나는 양 및 음 전하 캐리어(10/11/11')의 양을 동등하게 하는 것. 전원(9)을 이미터(5)에 용량성 결합하는 것은 이미터로부터 전하 캐리어(10/11/11')를 균일화 하는데, 이는 전하량 보존 법칙에 따라, 동일하지 않은 양 및 음 전류가 전하를 축적하고, 전극(5)으로부터 양 및 음 전류를 균일화하는 커패시터(C1) 상에서 전압을 생성하기 때문이다. 커패시터(C1)의 바람직한 커패시턴스 값은 용량성 결합되는 HVPS(9)의 동작 주파수에 의존한다. 약 38kHz의 동작 주파수를 갖는 바람직한 HVPS에 대해, C1의 최적값은 바람직하게 약 20 pF 내지 약 30 pF의 범위에 있다. 이러한 방식으로 전극으로부터의 양 이온 및 전자를 균일화하는 것이 종래 기술에 비해 현저한 진보가 있지만, 도 2의 바람직한 실시예는 바로 아래에 논의되는 바와 같이 전자 구름의 자유 전자를 드리프트 영역(이온화 전극과 하류 기준 전극 사이)에서 변환하는 것을 용이하게 하는 개선을 추가로 구상한다.

[0133] 오옴의 법칙에 따라, 전하 캐리어 이동에 의해 생성된 전류 밀도(J)[A/m²]는 다음과 같다:

[0134] $J = q \times N \times E \times \mu$

[0135] 여기서 q는 이온 또는 전자 전하이고; N은 전하 캐리어의 농도이고, μ 는 전하 캐리어의 전기 이동도이고, E는 드리프트 영역에서의 전기 세기이다.

[0136] 양의 가스 이온의 평균 이동도가 (+) $\mu=1.36 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ 이고, 음 이온에 대해, (-) $\mu=1.53 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ 이고, 전자에 대해 (-) $\mu=200 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ (또는 가스, 압력, 온도 등의 유형에 따라 더 높은)이라는 것이 종래 기술에 알려져 있다. 그 결과, 이온화 셀(100')의 드리프트 영역에서 이동하는 (+) N 이온 및 (-) N 전자의 동일한 농도는 매우 상이한 크기의 전류 (+) J 및 (-) J 및 크게 균일하지 않은 가스 흐름을 생성할 수 있다.

[0137] 드리프트 영역에서의 불균일 문제를 해결하기 위해, 본 발명은 전자를 낮은 이동도의 음 이온으로 변환하는 것을 용이하게 한다. 변환율은 전자 생성의 지속기간, 이온화 셀의 치수, 전극(들)(5)에 인가된 전압의 주파수 및 진폭, 및 이온화 셀(100')의 물질 특성에 의해 영향을 받는다. HVPS의 동작 주파수(F)는 약 50Hz 내지 약 200kHz의 범위를 갖고, 약 10kHz 내지 약 100kHz의 무선 주파수 범위가 바람직하다. 고전압 진폭은 음의 코로나 임계치 $\{-V_{co}\}$ 에 가까워야 한다. 이들 인자는 아래에 구체적으로 논의된다.

[0138] 도 3a는 도 2의 실시예에 사용된 하나의 바람직한 파형을 도시하고, 이것은 고전압 전원(9)에 의해 생성될 수 있다. 약 38kHz의 가장 바람직한 주파수에서, 음의 전하 캐리어는 전압 사이클의 음의 부분 중 매우 짧은 지속 시간 T_{nc} 동안에만 생성된다. 그 결과, T_{nc} 는 일반적으로 전압 사이클의 1/10 이하이다. 동시에, 전자 구름이 전극(5)으로부터 기준 전극(6)까지 이동하는데 시간 T_e 가 걸린다:

[0140] $*T_e=L/U=L/(E_d \times (-)\mu)$,

[0141] 여기서 U는 전자 속도이고; μ 는 전자 이동도이고; E_d 는 드리프트 영역에서 평균 전기장이고; L은 드리프트 영역의 유효 길이이다.

[0142] 전자 구름 이동 시간 T_e 가 음의 코로나에 의한 전자 생성의 지속기간(시간) 이하이면($T_e \leq T_{nc}$), 그 사이클 동안 방출된 대부분의 전자는 이온 드리프트 영역을 빠져가는데 충분한 시간을 갖지 않을 것이다. 아래에 논의되는 바와 같이, 이들 전자는 HVPS(9)로부터 파형의 후속/대향 절반 사이클 동안 이미터쪽으로 다시 유도될 것이다.

[0143] 이미터의 전기장과 드리프트 영역에서의 전자 공간 전하는, 도 2에 도시된 바와 같이, 전자(11')의 일부가 드리프트 영역에서의 채널(2)의 내부 벽 상에 증착하도록 한다는 것이 추가로 이해될 것이다. 이들 음의 전하(11')는 기준 전극으로 이동하는 전자의 속도를 감소시키는 추가 척력(repulsion force)을 생성한다. 이러한 효과는 자유 전자가 이온 드리프트 영역을 빠져나가는 능력을 더 감소시킨다.

[0144] 이러한 바람직한 실시예가 자유 전자의 속도를 감소시키는 다른 방법은 관통-채널(2)의 벽으로서 긴 시간 상수를 갖는 유전 물질을 이용하는 것이다. 이러한 시간 상수(τ)는 바람직하게 ≥ 100 초이다(또는 전하 이완 시간($\tau=R \times \epsilon$), 여기서 R은 저항이고, ϵ 는 채널 물질의 유전 상수이다). 적합한 물질은 폴리카르보네이트 및 테플론을 포함하는데, 이는 이들이 100초 이상의 시간 상수를 갖기 때문이다. 미국, PA 19612, P.O. Box 1235 Reading, 2120 Firmont Ave.의 Quadrant EPP USA, Inc.에 의해 제조된 PC 폴리카르보네이트와, MD 21922, Elkton, 201 Airport Road P.O. Box 1488의 W. L. Gore & Associates Inc.에 의해 제조된 (PTFE) 테플론 스타

일 800은 현재 가장 유리한 벽 물질인 것으로 생각된다.

- [0145] 사이클의 양의 부분 동안, 양 전압은 전자 구름에 대한 인력을 생성한다. 이것은, 양쪽의 바람직한 조건, 즉 $T_e < 0.1 - 0.2/F$ 및 $\tau \geq 100s$ 가 충족되면, 각 고전압 사이클이 드리프트 영역 내부에 전자 구름의 진동을 생성하는 이유이다.
- [0146] 진동하는 전자 구름은 드리프트 영역에서 전자를 중성 가스 분자로의 탄성 충돌/부착, 및 많은 부분의 자유 전자를 음의 가스 이온(11)으로의 변환에 대한 더 높은 확률을 초래한다. 음의 질소 이온은 평균 이동도의 공기-함유 음 이온에 가까운 이동도 $\mu = 1.5 \cdot 10^{-4} m^2 V^{-1} s^{-1}$ 에 가까운 이동도를 갖는다. 이것은 특히 적어도 100배 더 큰 것으로 알려진 질소 스트림에서 자유 전자의 이동도보다 더 낮다.
- [0147] 이러한 음 이온으로의 전자 변환은 스트리머(streamer)의 제거 및 항복의 낮아진 확률로 인해 코로나 방전 안정성을 향상시키고, 이온화된 가스 스트림에서 양 및 음 이온(10/11)의 실질적으로 동일한 농도를 초래한다.
- [0148] 낮은 이동도의 양 및 음 이온(11)은 가스 흐름에 의해 쉽게 획득(수집 및 이동)될 수 있다. 60 ℓ/분에서의 가스 흐름은 이온 드리프트 영역에서 약 67 초당 미터(m/s)의 선형 속도 이동을 생성한다. 음 및 양 이온은 약 $2.3 \cdot 10^5$ 의 미터당 볼트(V/m)의 전기장에서 약 35 m/s의 선형 속도를 갖는다(동일한 전기장에서 약 4,600 m/s의 평균 전자 속도와 비교하여). 그러므로, 고주파수/RF 필드에서, 전자(11')는 주로 전기장에 반응하여 이동하는 한편, 양 및 음 이온(10/11)은 주로 드리프트 영역에서 확산 및 가스 스트림 속도에 의해 이동한다.
- [0149] 고주파수 코로나 방전에 의해 이온 이미터를 손상으로부터 보호하기 위해, 본 발명의 바람직한 실시예의 선택적인 특징은 전극(들)(5)으로부터 전류의 제한을 제공한다. 이것은, 전극(5)에 인가된 전압이 코로나 임계 전압에 또는 그 근처에 유지하도록 RF 전원(9)을 조정하기 위해 모니터 신호(이온화된 가스 스트림 내의 전자 캐리어의 응답)를 제어 시스템으로 피드백하도록 기준 전극(모니터링 수단으로서)을 계속해서 이용함으로써 달성된다.
- [0150] 도 4에 도시된 바람직한 실시예에 따라, HVPS(9')는 고전압 변압기(TR) 주위에 장착된 조정가능한 자가-진동 생성기를 포함한다. 특히, 도 4는, 기준 전극(6)이 커패시터(C2)를 통해 아날로그 제어 시스템(36')에 용량성 결합되는 바람직한 실시예를 도시한다. 도시된 바와 같이, 링 전극(6)은 절연 유전 채널(2)에 의해 이온화된 가스 흐름(3)으로부터 절연되고; 따라서, 이온화된 가스로부터 전도성 전류를 차단한다.
- [0151] 약 1 MHz의 차단 주파수를 갖는 고역 필터(L1/C2)는 기준 전극(6)으로부터 코로나 신호를 피드백하기 위해 사용된다. 이러한 필터링된 코로나 신호는 다이오드(D1)에 의해 정류되고, 저역 통과 필터(R2/C6)를 통해 필터링되고, 전압-비교기(T3/R1)(여기서 R1은 미리 결정된 비교기 전압 레벨을 나타냄)로 전달되고, 그런 후에 n-채널 전력 MOSFET 트랜지스터(T2)의 게이트로 전달될 수 있다. 트랜지스터(T2)는 다시 전력 발전기/고전압 변압기 회로(9')를 구동하는데 충분한 전류를 공급한다. 다른 신호 처리는 높은 이득 증폭, 잡음 성분을 감소시키기 위한 적분, 및 기준 코로나 신호 레벨과의 비교를 포함할 수 있다. 위에서 주지된 신호 처리는 코로나 신호에 고유한 잡음을 크게 감소시키고, 이것은 특히 특정한 바람직한 실시예와 연계하여 중요할 수 있는데, 이는 고전압 전원(9')이 바람직하게 무선 주파수 범위에서 동작하기 때문이다.
- [0152] 사용시, 이온화가 시작할 때, 코로나 방전 및 코로나 신호(기준 전극(6)으로부터 취해지고, 변위 전류를 반영하는)는 피드백 신호가 방금 시작했기 때문에 하이(high)이다. 코로나 신호는, 피드백 회로가 이러한 조건으로 조정하기 시작할 때까지 하이로 남아있다(일반적으로 수 ms 동안). 제어 회로는 미리 결정된 기준 전압에 의해 결정된 바와 같이 이온화에 인가된 고전압을 낮은 레벨로 빠르게 감소시키고, 바람직하게 코로나 방전을 이러한 레벨에서 일정하게 유지한다. 코로나 피드백(통신가능하게 결합된 기준 전극의)을 모니터링하고 고전압 구동을 조절함으로써, 제어 시스템(36') 및 HVPS(9')는 동작 전압을 코로나 임계치에 또는 그 근처에 유지하고 이미터 손상을 최소화하는 능력을 갖는다.
- [0153] 도 4의 커패시터(C2)가 2가지 주요 구성요소를 갖는 변위 전류에 의해 충전된다는 것이 당업자에게 주지될 것이다: (1) 기본 주파수(F)(바람직하게 약 38 kHz)를 갖는 이미터의 고 전계로부터의 유도된 신호, 및 (2) 코로나 방전 자체에 의해 생성된 신호. 이들 구성요소를 예시하는 대표적인 오실로스코프 스크린-샷은 도 5a(S1' 및 S1) 및 도 5b(S2' 및 S2)에 도시된다. 여기에 도시된 리코딩된 파형은 동일한 시간 프레임에서 양쪽 신호를 나타낸다. 도시된 바와 같이, 공기에서의 기준 전극 상에 생성된 코로나 신호(S1)(도 5a를 참조)는 질소에서의 기준 전극 상에 생성된 코로나 신호(S2)(도 5b 및 도 5c를 참조)와 다르다. 대부분의 경우에, 공기에서의 코로나 방전은 진동하는 방전의 2가지 초기 일시 스파이크(transient spike)를 생성한다(도 5a의 신호(S1) 참조). 이것은 가능하면 산소(공기의 구성요소 중 중요한 하나) 및 질소의 상이한 이온화 에너지에 관련된다.

- [0154] 도 5b 및 도 5c는, 진동하는 코로나 방전 신호(S2)가 하나의 최대치{전극에 인가된 최대 이온화 전압(S2')에 서}를 갖는 청정 질소에서 음의 코로나 유도된 전류(S2)를 도시한다. 음의 코로나 변위 전류는 질소 및 공기 양쪽 모두에서 양의 전류보다 더 높다. 고주파수(40 내지 50kHz와 같은)에서, 전기장의 영향 하의 양 이온의 이동 범위는 한정된다. 특히, 고전압 사이클의 양의 부분 동안, 양 이온(10)은 단지 플라즈마 영역(12)으로부터 1mm의 수분의 1(a fraction of one millimeter)을 이동할 수 있을 것이다. 그러므로, 양 이온 구름의 이동은 비교적 느린 프로세스에 의해 제어된다 - 가스 스트림의 확산 및 이동. 그 결과, 기준 전극(6)은 단지 무시할만 한 양만큼의 양 이온(10)의 이동에 의해 영향을 받을 것이다.
- [0155] 이제 도 6a 및 도 6를 참조하면, 2개의 대안적인 가스 이온화 장치의 개략도가 도시되며, 각각의 대안적인 가스 이온화 장치는 본 발명의 2개의 바람직한 자가-균일화 실시예에 따라 마이크로프로세서-기반의 제어 시스템(36" 및 36")에 통신가능하게 결합된 HVPS(9")를 갖는다.
- [0156] 도 6a 및 도 6b의 양쪽 실시예에서, 마이크로프로세서(제어기)(190)의 주요 작업은 이온화 전극(5)을 구동하는 고전압 전원(9") 양단에 페루프 서보 제어를 제공하는 것이다. 바람직한 마이크로프로세서는 미국, 캘리포니아 95131, San Jose, Orchard Pkwy, Atmel에 의해 제조된 모델 ATMEGA 8 μ P이다. 본 명세서에 사용된 바람직한 변압기는 현재 주소가 타이완 Taoyuan 330, Yung An Road, Lane 964, Alley 22, No. 10인 CHIRK Industry Co.(www.chirkindustry.com)에 의해 제조된 변압기 모델 CH-990702이다. 도 6a 및 도 6b에 도시된 바와 같이, 기준 전극(6)으로부터의 코로나 변위 전류 모니터 신호는 필터(180)에 의해 필터링되고 버퍼링될 수 있고, 마이크로프로세서(190)의 아날로그 입력에 공급될 수 있다. 마이크로프로세서(190)는 코로나 신호를 미리 결정된 기준 레벨(TP2 참조)과 비교할 수 있고, 그런 후에 PWM(펄스 폭 변조된) 펄스 트레인 출력 전압을 생성한다. 그런 후에 펄스 트레인 출력 전압은 필터 회로(200)에 의해 필터링되고 처리되어, 조정가능한 자가-진동 고전압 전원(9"){도 4에 도시된 대안적인 HVPS 설계(9')와 유사함}을 위한 구동 전압을 전개한다.
- [0157] 이온화 전극(5)으로부터 코로나 방전 관련 손상 및 입자 생성을 최소화하기 위해, 마이크로프로세서(190)는 약 1 내지 100%의 범위, 바람직하게 약 5 내지 100%(TP1을 참조)에 있는 상이한 듀티 인자를 갖는 펄스를 고전압 전원의 변압기(TR)에 공급할 수 있다. 펄스 반복율은 약 0.1 내지 200Hz, 바람직하게 30 내지 100Hz의 범위에서 설정될 수 있다. 마이크로프로세서(190)가 또한 압력 센서(33')에 응답할 수 있는 반면(도 6a를 참조), 마이크로프로세서(190)는 다른 실시예에서 진공 센서(33")에 대안적으로 반응할 수 있다(도 6b를 참조).
- [0158] 높은 가스 흐름율(예를 들어, 90 내지 150 분당 리터)에서, 양 및 음 이온의 재조합이 발생할 수 있는 시간은 짧고, 이온화기로부터의 이온 전류는 높다. 이 경우에, 이미터에 인가된 고전압의 듀티 인자는 낮다(예를 들어, 50% 이하). 도 9는 이미터(5)에 공급된 고전압 파형(S4')의 일례를 도시한다(기본 주파수는 바람직하게 약 38kHz이고, 듀티 인자는 바람직하게 약 49%이고, 펄스 반복율은 바람직하게 약 99Hz이다). 듀티 인자가 낮을수록, 전자/이온이 이미터(5)에 충격을 가할 수 있는 시간은 더 짧아질 수 있고, 이미터 부식이 덜 발생할 것이다(이를 통해 이미터의 수명이 연장된다).
- [0159] 듀티 인자의 조정은 마이크로프로세서의 아날로그 입력에 연결된 트림 팻(TP1)(듀티 사이클)을 이용하여 수동으로, 또는 적절한 가스 센서(33')(예를 들어, 미국, MN 55126, Shoreview, 500 Cardigan Road의 TSI Incorporated에 의해 제조된 TSI 시리즈 4000 High Performance Linear OEM Mass Flowmeter)에 의해 측정된 가스 압력 또는 가스 흐름의 측정치에 기초하여 자동으로 이루어질 수 있다(도 6a를 참조).
- [0160] 구동 전압은 피드백 신호에 기초하여 마이크로프로세서(190)에 의해 자동으로 확립된다. 트림 팻(TP2)을 이용하여, 자동으로 결정된 구동 전압은 원하는 경우 더 높거나 더 낮게 변형될 수 있다.
- [0161] 그러한 장치를 통해, 마이크로프로세서-기반의 제어 시스템은 센서(들)(33')로부터의 신호에 응답하여 다양한 작용을 취하는데 사용될 수 있다. 예를 들어, 제어 시스템은, 흐름 레벨이 미리 결정된 임계 레벨보다 낮다면 고전압 전원(9")을 중지시킬 수 있다. 동시에 마이크로프로세서(190)는 알람 신호("낮은 가스 흐름")를 트리거할 수 있다(알람/LED 디스플레이 시스템(202)).
- [0162] 도 6b의 실시예에서, 이덕터(eductor)(26")가 병합된 본 출원에 기재되고 도 6b에 도시된 바와 같이, 이온화 셀에서 흡입을 제공하는데 사용될 때, 채널(2) 내부의 가스 흐름(3)으로부터의 진공 압력은 흐름율을 검출하는데 사용될 수 있다. 이 경우에, 배출 포트에서 진공 레벨을 모니터링하는 진공 센서(33")는 또한 가스 흐름에 관한 정보를 마이크로프로세서(190)에 제공한다. 마이크로프로세서(190)는 상이한 가스 흐름율에서 이온 전류를 규격 내에 유지시키기 위해 고전압 전원(9")에 대한 구동 전압을 자동으로 조정할 수 있다. 본 발명의 이러한 바람직한 실시예에 사용된 이덕터는 미국 MA 01749, Hudson, 36 Paramenter Road에 위치한 Anver Corporation에 의해

제조되고 판매된 ANVER JV-09 시리즈 소형 진공 생성기; 미국 뉴저지 07801, Dover, Hamilton Business Park에 위치한 Fox Valve Development Corp.에 의해 제조되고 판매된 팩스 미니-이덕터; 또는 종래 기술에 알려진 임의의 등가물일 수 있다.

[0163] 일반적인 산업 응용에서, 이온화기는 종종 고전압 "온-오프" 모드로 동작한다. 긴 "오프-사이클" 시간(일반적으로 1시간보다 많은) 이후에, 이온화기는 각 "온-사이클"에서 코로나 방전을 개시해야 한다. 양전기 가스(질소와 같은)에서의 코로나 시작 프로세스는 일반적으로 이온화기가 "조절(conditioned)"된 후에 필요로 할 수 있는 것보다 더 높은 초기 개시 전압 및 전류를 필요로 한다. 이러한 문제를 극복하기 위해, 본 발명의 이온화기는 별도의 모드로 마이크로프로세서-기반의 제어 시스템에 의해 실행될 수 있다: "대기", "전력 온", "시작", "학습" 및 "동작" 모드.

[0164] 도 7a, 도 7b, 도 7c, 도 7d 및 도 7e는 본 발명의 몇몇 바람직한 이온화기 실시예의 기능적 흐름도를 도시한다. 특히, 이들 도면은, 마이크로프로세서가 (1) 코로나 방전을 개시하기 위해(7a-전력 온 모드), (2) 코로나 방전을 위한 이온화 전극을 조절하여(7b-시작 모드), 코로나 방전을 유지하는데 필요한 이온화 신호를 학습하고 미세 튜닝하기 위해(7e-학습 모드), (3) 원하는 코로나 방전 레벨을 유지하기 위해 이온화기 신호를 변조하기 위해(7c-정상 동작 모드) 사용하는 프로세스를 도시한다. 본 명세서에 기재된 다양한 조건 하에, 마이크로프로세서는 또한 대기 모드(7d)에 진입할 수 있다. 전력 온 이후에, 프로세스 제어는 대기 또는 시작 루틴 중 하나로 전달된다. 성공적인 시작에 대한 실패는 제어를 전력 루틴으로 복귀시킬 것이다. 루프는, 고전압 알람 상태가 예를 들어, 적색 LED의 일정한 조명과 같은 시각적 디스플레이에 의해 표시된 바와 같이 설정되기 전에 반복할 수 있다(예를 들어 최대 30회). 이온화기가 예를 들어 허용가능한 코로나 피드백 신호에 의해 결정된 바와 같이 성공적으로 시작하면, 제어는 학습 및 정상 동작 루틴으로 전달된다.

[0165] 다시 도 7a를 강조하여 참조하면, 전력 온 모드(210)는, 마이크로프로세서가 출력을 적절한 알려진 상태로 설정하는 박스(212)로 프로세스가 전달될 때 개시한다. 그런 후에 프로세스는, 적절한 아날로그 입력에서 표시된 가스 흐름이 계속되기에 충분한 지의 여부가 결정되는 결정 박스(214)로 전달된다. 만약 충분하지 않다면, 프로세스는, 노란색 및 청색 표시기 LED가 조명되는 박스(216)로 전달되고, 프로세스는 결정 박스(214)로 다시 돌아간다. 압력이 진행하기에 충분할 때, 프로세스(210)는 도 7b의 시작 루틴을 나타내는 박스(230)로 전달된다.

[0166] 시작 루틴(230)은 빛나는 청색 LED의 조명으로 박스(232)에서 시작하고, 충분한 코로나 피드백 신호가 사전 설정된 전압 레벨 상에 존재할 때까지 고전압이 이온화기에 인가되는 박스(234)로 전달된다. 만약 그렇다면, 프로세스는 프로세스가 도 7a의 전력 온 루틴(210)으로 되돌아가는 박스(242)로 전달된다. 그렇지 않은 경우, 프로세스(230)는, 시작 모드(230)가 종료되면 전력 온 모드(210)로 되돌아가는 결정 박스(236)로 전달된다. 그렇지 않은 경우, 프로세스는, 29 미만의 재시도가 발생하였는지의 여부를 박스(238)에서 결정한다. 만약 그렇다면, 프로세스는 박스(240)로 전달되고, 박스(234)로 되돌아간다. 만약 그렇지 않다면, 프로세스(230)는 도 7d에 도시된 대기 모드(280)로 전달된다.

[0167] 충분한 이온화기 피드백 신호가 존재하거나 시작 모드가 종료되었을 때, 프로세스(230)는 박스(242)로 전달되고, 박스(220)에서 전력 온 루틴(210)으로 재진입한다. 그런 후에 루틴(210)은, 코로나 피드백 신호에서 갑작스런 상승을 모니터링함으로써 이온화가 시작하였는지의 여부를 결정한다. 만약 그렇지 않다면, 프로세스는, 재시도의 횟수가 시험되는 결정 박스(224)로 전달되고, 30회 초과 재시도가 발생한 경우 대기 모드(280) 상으로 전달된다. 그렇지 않다면, 프로세스는, 프로세스가 지연되는(약 2 내지 10초 사이에서 일반적으로 선택된 값만큼) 박스(226)로 전달되고, 시작 루틴은 다시 한번 호출된다. 시작 루틴(230)으로부터 되돌아가자마자, 프로세스는 결정 박스(220)로 전달되고, 이온화기 조절이 발생되면 도 7e의 학습 모드(300)로 전달된다. 코로나 피드백이 검출되면, 마이크로프로세서는 학습 모드(300)로 진행할 것이다(도 7e를 참조). 여기서 이온화 신호는, 0으로부터 다시 한번 코로나 피드백을 검출(304)하는 지점으로 램핑(ramped up)(302)될 것이다. 그런 후에, 피드백 레벨을 모니터링하는 동안, 이온화 신호는 원하는 정지 전압 레벨로 약간 감소되고(306), 프로세스는 정상 동작 모드(250)로 전달된다(도 7c 및 도 8에 도시된 바와 같이).

[0168] 정상 동작(250)은 대기 명령이 존재하는 지를 결정되는 결정 박스(252)에서 시작한다. 만약 그렇다면, 프로세스는 대기 모드(280)로 진행되고, 도 7d와 연계하여 설명된 바와 같이 진행된다. 그렇지 않다면, 프로세스(250)는 고전압 알람 상태가 시험되는 결정 박스(256)로 전달된다. 하드웨어가 심지어 100% 전압 출력 및 듀티 인자에서 구동함으로써 코로나 피드백 신호를 원하는 레벨로 확립하고 유지할 수 없다면, 고전압 알람 상태가 설정되고, 프로세스(250)는, 알람 LED가 조명되고 고전압 전원이 턴 오프되는 박스(258)로 전달된다. 프로세스(250)는 결정 박스(252)로 다시 전달되고 진행된다. 알람 상태가 충족되지 않으면, 프로세스는, 고전압 구동이 95%의 최대

치를 초과하는 경우 낮은 이온 출력 알람 상태가 설정되는 박스(260)로 전달된다. 낮은 이온 출력 알람 상태가 충족되면, 정상 동작은 박스(262)로 전달되고, 노란색 LED가 조명된다. 프로세스는 결정 박스(252)로 다시 전달되고, 본 명세서에 설명된 바와 같이 진행된다. 낮은 이온 알람 상태가 충족되지 않으면, 프로세스는, 불충분한 가스 흐름을 나타내는 진공 센서 전압이 한계보다 높은 경우 흐름 알람 한계 상태가 설정되는 박스(264)로 전달된다. 알람 상태가 충족되면, 프로세스(250)는, 노란색 및 청색 LED가 조명되고 고전압 전원이 턴 오프되는 박스(266)로 전달된다. 프로세스는 다시 결정 박스(252)로 전달되고, 본 명세서에 설명된 바와 같이 진행된다. 흐름 알람 상태가 충족되지 않으면, 프로세스(250)는 박스(268)로 전달되고, 이온화 전극에 인가된 고전압은 페루프 서보 제어에 필요한 대로 조정된다. 그런 후에, 프로세스는, 청색, 노란색, 및 적색 LED 모두가 턴 오프되는 박스(270)로 전달된다. 프로세스(250)는 결정 박스(252)로 다시 전달되고, 본 명세서에 설명된 바와 같이 진행된다. 대기 명령이 박스(252)에서 수신되고 검출될 때, 프로세스는 대기 모드(280)로 전달되고, 도 7d에 대해 설명된 바와 같이 진행된다.

[0169] 대기 모드(280)는, 프로세스가 박스(282)로 전달되고 청색 LED가 조명될 때 시작한다. 이것이 박스(284)를 통과하는 첫 번째 시간이거나 박스(284)를 통한 마지막 사이클 이래로 1분 이상 지났으면, 프로세스는, 시작 모드 루틴이 도 7b에 대해 설명된 바와 같이 진행되는 박스(230)로 전달된다. 시작 모드(230)로부터 되돌아가자마자, 대기 프로세스(280)는, 지연(약 2 내지 10초 사이에서 일반적으로 선택된 값만큼)이 시작된 박스(288)로 전달되고, 프로세스는, 시작 모드 플래그의 마지막이 설정되는 박스(290)로 이동한다. 마지막으로, 대기 프로세스(280)는, 루틴이 호출되었던 위치(도 7a, 도 7b 또는 도 7c 중 하나에서)로 되돌아가는 박스(292)로 전달된다. 유사하게, 박스(284)에서 1분 미만이 경과되었으면, 대기 프로세스(280)는 호출되는 위치(도 7a, 도 7b 또는 도 7c 중 하나에서)로 되돌아가는 박스(292)로 전달된다.

[0170] 이온화기가 외부 입력에 의해 또는 알람 상태로 인해 대기 상태에 놓이면, 알람이 제거되거나 외부 입력이 상태를 변화시킬 때까지 바람직하게 그 상태로 유지할 것이다. 대기 모드는 청색 LED의 일정한 조명과 같은 상이한 시각적 디스플레이에 의해 표시될 수 있다.

[0171] 도 8은, 학습 모드(300)의 시작에서, 마이크로프로세서-기반의 제어 시스템(36"/36'')이 0으로부터 코로나 임계 전압(V_{CO})보다 낮은 값을 갖는 전압 진폭(V_S)까지 이온화 전극에 인가된 이온화 전압($S3'$)을 실질적으로 순간적으로(2.5k V/ms) 램핑하기 위해 전원(9'')을 제어한다는 것을 보여주는 오실로스코프 스크린-샷이다. 이러한 전압 레벨은 약 1kV로부터 약 3.5kV까지의 범위에 있을 수 있다. 이러한 시간 기간 동안, 코로나 변위 전류($S3$)는 0에 가깝다. 그 후에, 마이크로프로세서-기반의 제어 시스템은 바람직하게 전압 램프율을 약 5kV/ms로 감소시키고 이온화 전압($S3'$)을 코로나 임계 전압(V_{CO}) 위로 점차 상승시키기 위해 전원(9'')을 제어할 것이다. 코로나 신호가 사전 설정된 레벨에 도달할 때, 마이크로프로세서-기반의 제어 시스템(36"/36'')은 사전 설정된 시간(바람직하게 약 3초) 동안 이온화 전압($S3'$)을 일정하게 유지하기 위해 전력 증폭기를 제어할 것이다. 이러한 학습 프로세스는 여러 번(최대 30회) 반복될 수 있고, 이러한 시간 동안 제어 시스템(36"/36'')은 평균 코로나 개시 전압 값을 계산하고 리코딩할 수 있다. 시스템이 이러한 학습 프로세스의 완료를 실패하면, 고전압 알람이 트리거될 수 있고, 고전압 전원(9'')은 턴 오프된다.

[0172] 학습 모드가 성공적으로 실행되면, 마이크로프로세서는 정상 동작 루틴을 시작할 수 있다(또한 도 8에 도시된). 이러한 정상 모드(250)에서, 전력 증폭기(9'')는 코로나 개시 전압에 가까운 이온화 전압($S3'$)을 이온화 전극에 인가하고, 코로나 변위 전류($S3$)에서의 변화는 최소가 된다. 흐르는 가스 스트림에서 특히, 양전기/회 가스에서 코로나 방전을 관리하는 이러한 방법은 안정적인 코로나 전류를 제공하고, 이미터 손상 및 입자 생성을 최소화한다. 학습 및 동작 모드의 유사한 사이클은, 바람직하게 바람직한 이온화기가 대기 모드로부터 정상 동작 모드로 스위칭할 때마다 발생할 것이다.

[0173] 바람직한 실시예는, 선택적으로 마이크로프로세서-기반의 제어 시스템(36"/36'')이 이온화 전극(들)(5)의 상태를 모니터링하도록 할 수 있는데, 이는 이온화 전극이 부식, 파편 축적(debris build up) 및 다른 코로나 관련 프로세스의 결과로서 그러한 특징을 변경(그러므로, 유지 보수 또는 교체를 요구)하는 것으로 알려져 있기 때문이다. 이러한 선택적인 특징에 따라, 마이크로프로세서-기반의 제어 시스템(36"/36'')은 각 학습 사이클 동안 코로나 개시/임계(onset/threshold) 전압(V_{CO})을 모니터링할 수 있고, 그러한 값은 사전 설정된 최대 임계 전압($V_{CO\ max}$)과 비교될 수 있다. V_{CO} 가 $V_{CO\ max}$ 에 가깝거나 동일할 때, 마이크로프로세서(36"/36'')는 유지보수 알람 신호를 개시할 수 있다(도 7c를 참조).

[0174] 대안에서, 또한 이미터 설치 시간에 이미터의 원래 코로나 개시/임계치 전압을 마이크로프로세서 메모리에 리코

딩할 수 있다. 원래 및 현재 코로나 개시/임계치와 비교함으로써, 전극(5)의 열화율(degradation rate)은 특정 한 이온화기, 특정한 가스 및/또는 특정한 환경에 대해 한정될 수 있다.

- [0175] 완벽함을 위해, 도 9는 50% 듀티 사이클을 실행하는 정상 동작 모드 동안 이온화기 동작의 여러 사이클을 디스플레이하는 오실로스코프 스크린-샷을 도시한다. 이 모드에서, 이온화 전극(5)에 인가된 이온화 전압(S4')은 턴 온 및 오프된다. 그런 후에 코로나 변위 전류는 적절히 이를 따른다.
- [0176] 본 발명이 가장 실용적이고 바람직한 실시예인 것으로 현재 고려되는 것과 연계하여 설명되었지만, 본 발명이 개시된 실시예에 한정되지 않고, 첨부된 청구항의 사상 및 범주 내에 포함된 다양한 변형 및 등가물 장치를 수용하도록 의도된다는 것이 이해될 것이다. 상기 설명에 대해, 예를 들어, 크기, 물질, 형상, 형태, 기능 및 동작 방식, 조립 및 사용에서의 변동을 포함하는 본 발명의 부분에 대한 최적의 치수적 관계가 당업자에게 쉽게 명백한 것으로 여겨지고, 도면에 도시되고 본 명세서에 설명된 것에 대한 모든 등가 관계가 첨부된 청구항에 의해 포함되도록 의도된다는 것이 실현될 것이다. 그러므로, 이전 설명은 본 발명의 원리의 예시적인 배타적이지 않은 설명인 것으로 간주된다.
- [0177] 동작 예 이외에 또는 다른 방식으로 표시된 경우, 모든 명세서 및 청구항은 용어 "약"에 의해 모든 경우에서 변형된 것으로 이해될 것이다. 따라서, 대조로 표시되지 않은 경우, 다음 명세서 및 첨부된 청구항에 설명된 수치 파라미터 세트는 본 발명이 얻기를 원하는 원하는 특성에 따라 변할 수 있는 근사치이다. 등가물의 원칙의 응용을 첨부 범위에 한정하려는 시도로서가 아니라, 최소로, 각 수치 파라미터는 적어도 다수의 보고된 중요한 자리수를 고려하여 통상적인 버림 기술을 적용함으로써 해석되어야 한다.
- [0178] 본 발명의 넓은 범주를 설정한 수치 범위 및 파라미터가 근사치라는 것에도 불구하고, 특정 예에 설명된 수치 값은 가능한 한 정확한 것으로 보고된다. 그러나, 임의의 수치 값은 고유하게 특정 에러를 반드시 포함할 것이며, 이것은 각 시험 측정치에서 발견된 표준 편차에서 초래된다.
- [0179] 또한, 본 명세서에 언급된 임의의 수치 범위가 본 명세서에서 포함된 모든 하위-범위를 포함하도록 의도된다는 것이 이해되어야 한다. 예를 들어, "1 내지 10"의 범위는 1의 언급된 최소값과 10의 언급된 최대값 사이에 있고 이를 포함하는 모든 하위-범위를 포함하도록 의도되고; 즉, 1 이상의 최소값과 10 이하의 최대값을 갖는다. 개시된 수치 범위가 연속적이기 때문에, 이들 수치 범위는 최소값과 최대값 사이의 모든 값을 포함한다. 다른 경우 명백히 언급되지 않았다면, 본 출원에서 규정된 다양한 수치 범위는 근사치이다.
- [0180] 이후의 설명을 위해, 용어 "상부", "하부", "우측", "좌측", "수직", "수평", "위", "바닥", 및 이들의 유도체는 도면에서 배향될 때 본 발명에 관련된다. 그러나, 본 발명이 대조로 명백히 규정되는 점을 제외하고 다양한 대안적인 변형 및 단계 시퀀스를 가정할 수 있다는 것이 이해될 것이다. 또한 첨부된 도면에 도시되고 다음의 설명에 기재된 특정한 디바이스 및 프로세스가 간단히 본 발명의 예시적인 실시예라는 것이 이해될 것이다. 여기서, 본 명세서에 개시된 실시예에 관련된 특정한 치수 및 다른 물리적 특성은 한정되는 것으로 고려되지 않는다.
- [0181] 다양한 이온화 디바이스 및 기술은 다음의 미국 특허 및 공개된 특허 출원에 기재되고, 이들 전체 내용은 본 명세서에서 참고용으로 병합된다: "Air Ionizing Apparatus And Method"라는 명칭으로 1998년 12월 8일에 허여되고 1995년 10월 4일에 출원된 출원 번호 08/0539,321의 모출원인 Suzuki에 의한 미국 특허 번호 5,847,917; "In-Line Gas Ionizer And Method"라는 명칭으로 2003년 5월 13일에 허여되고 2000년 5월 2일에 출원된 출원 번호 09/563,776의 모출원인 Leri에 의한 미국 특허 출원 6,563,110; 및 "Ionizer"라는 명칭으로 2007년 1월 11에 공개되고 2004년 8월 24일에 출원된 출원 번호 10/570085의 모출원인 Kotsuji에 의한 미국 공보 US 2007/0006478.

부호의 설명

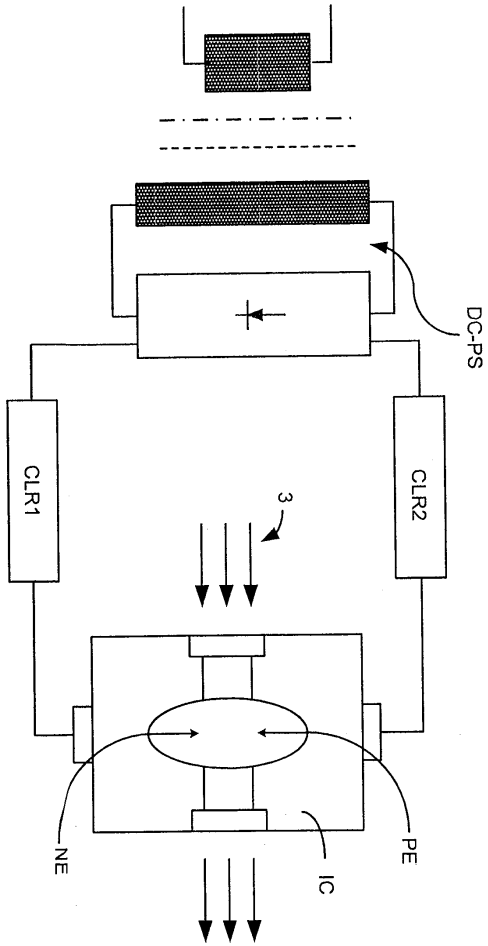
- [0182] 2: 관통-채널 3: 가스 흐름
- 5: 이온화 전극/이미터 5': (이온화 전극/이미터)의 팁
- 6: 기준 전극 8: 소켓
- 9: 전원 10/11: 양이온 및 음이온
- 11': 음 전하/전자 12: 플라즈마 영역

36: 제어 시스템 100: 이온화기

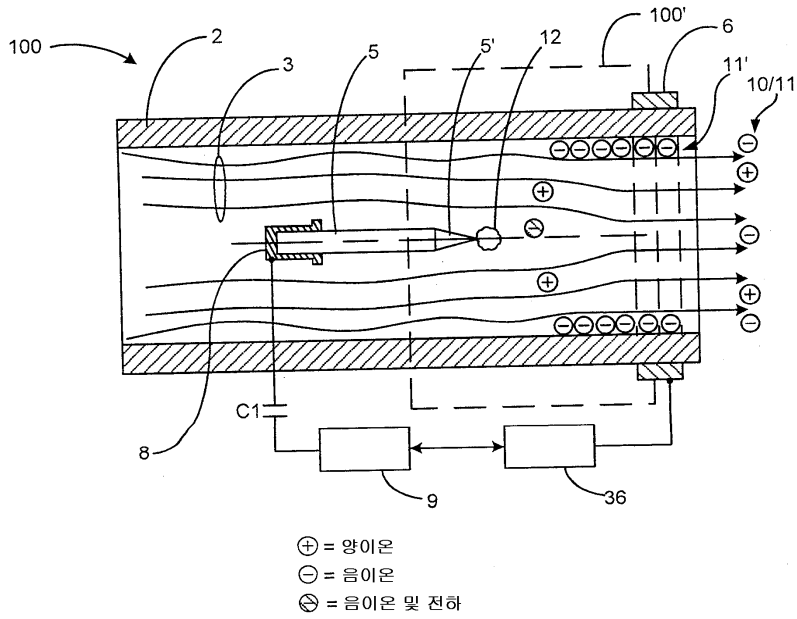
100': 이온화 셀 C1: 커패시터

도면

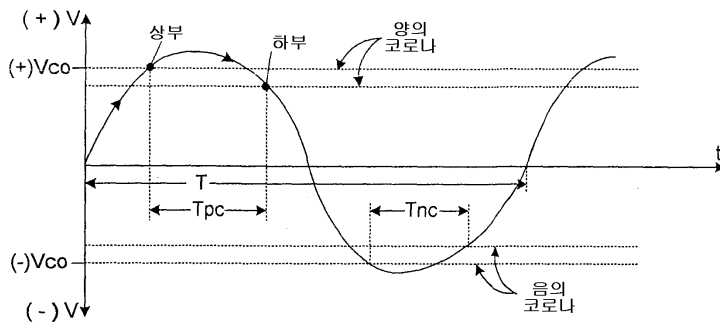
도면1



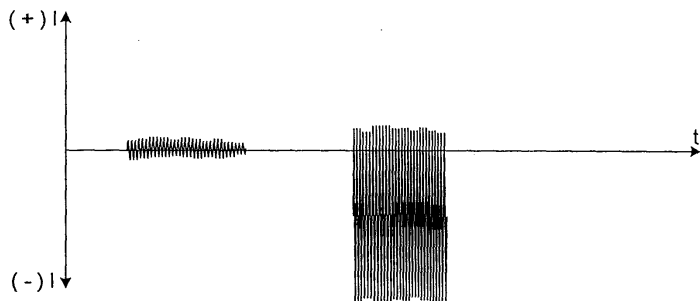
도면2



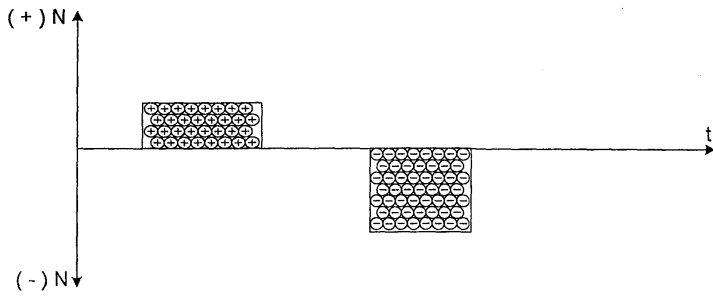
도면3a



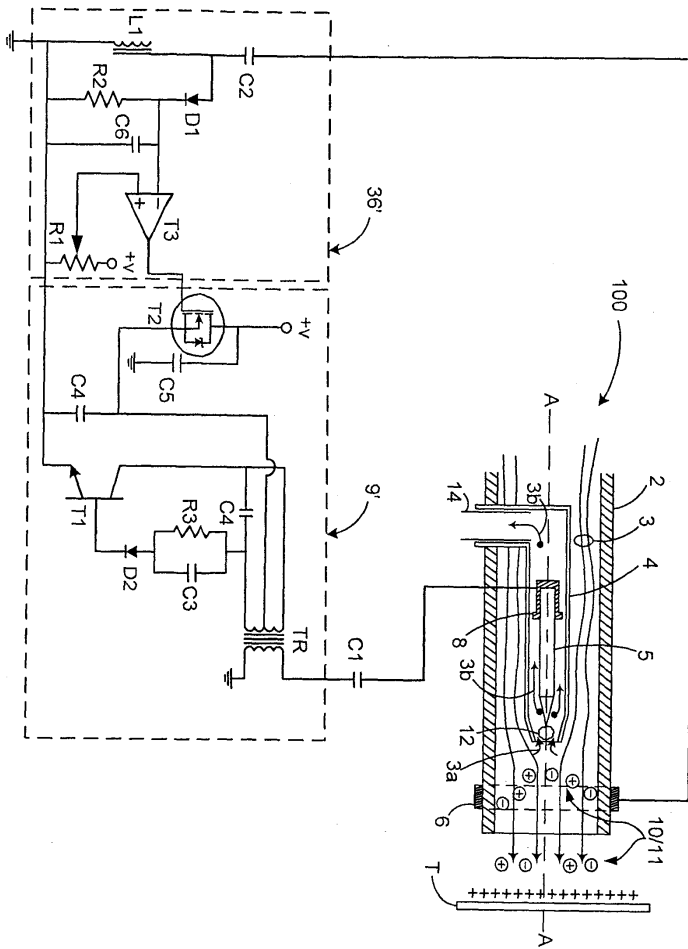
도면3b



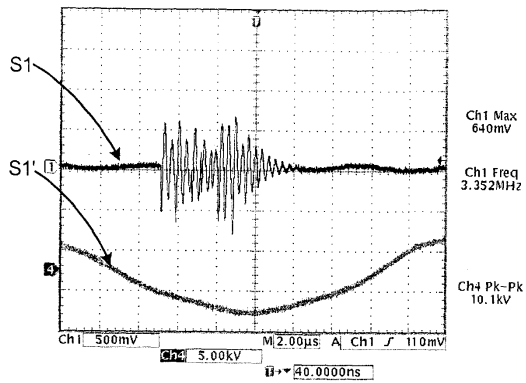
도면3c



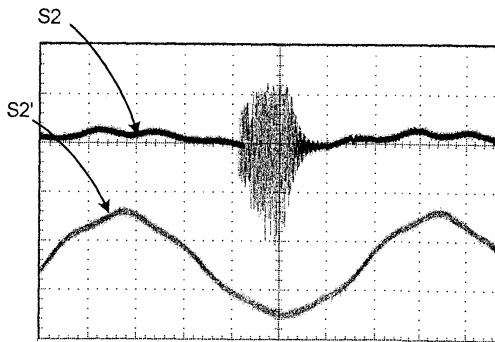
도면4



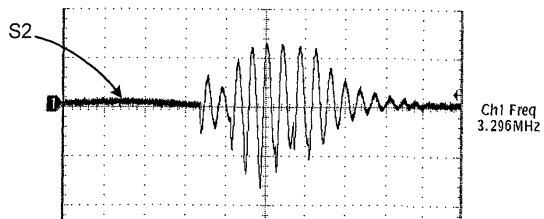
도면5a



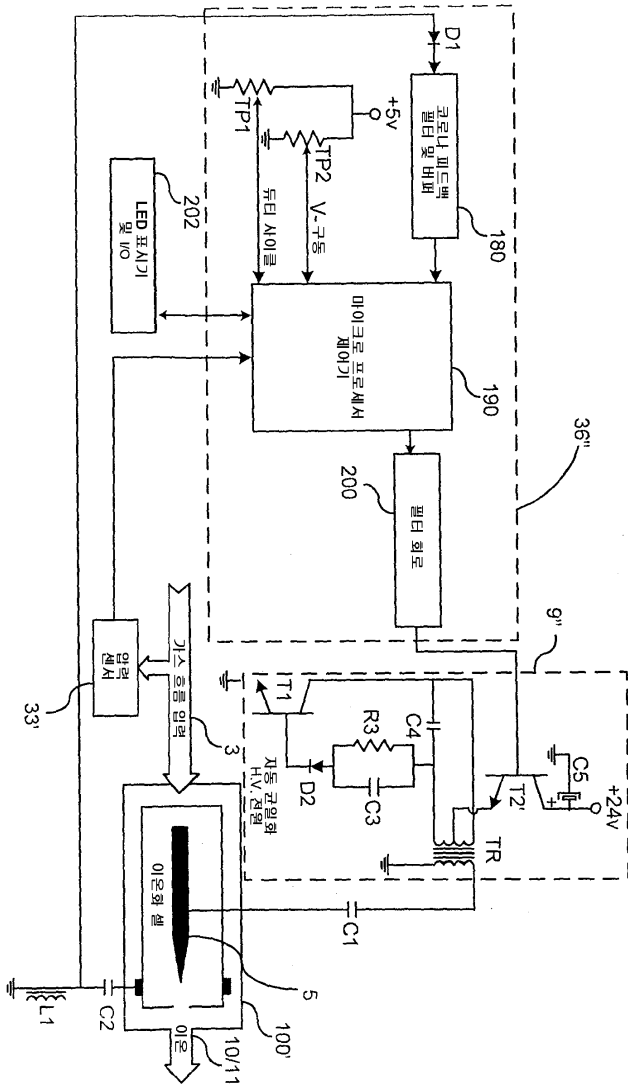
도면5b



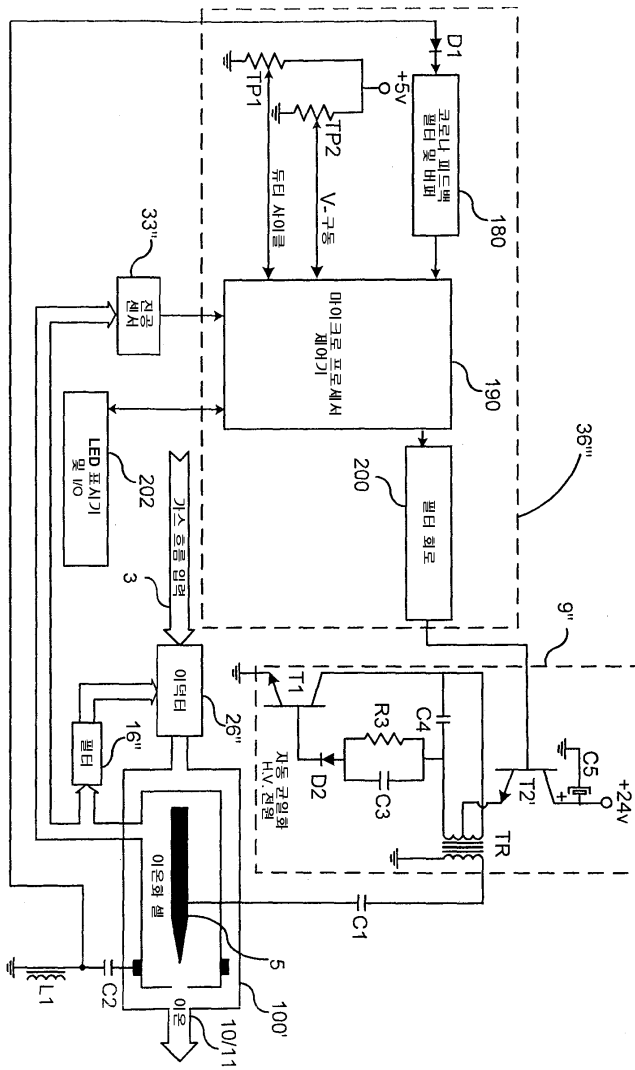
도면5c



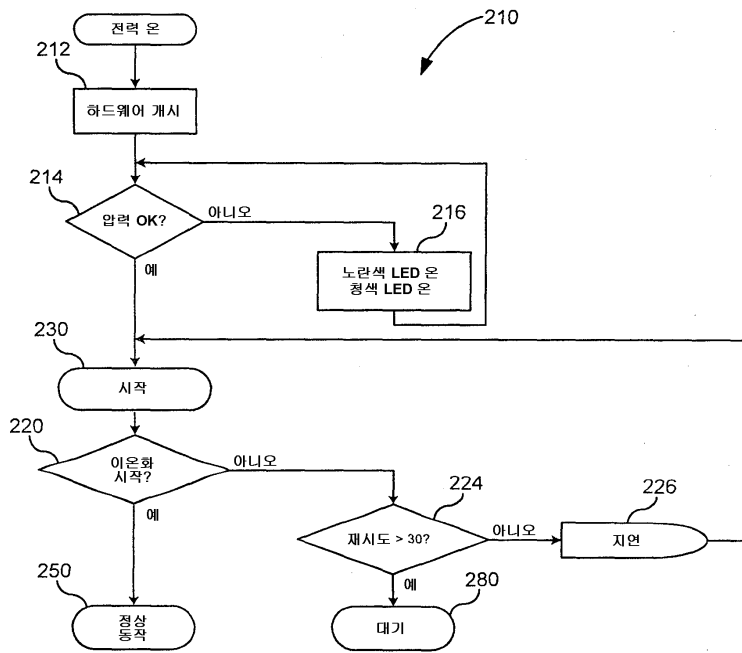
도면6a



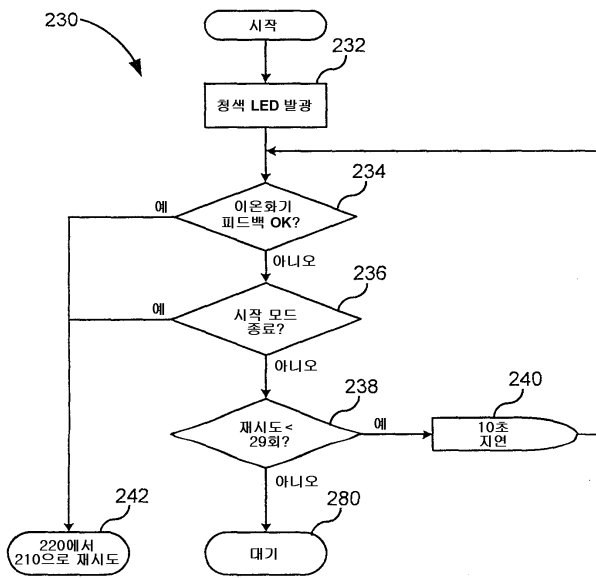
도면6b



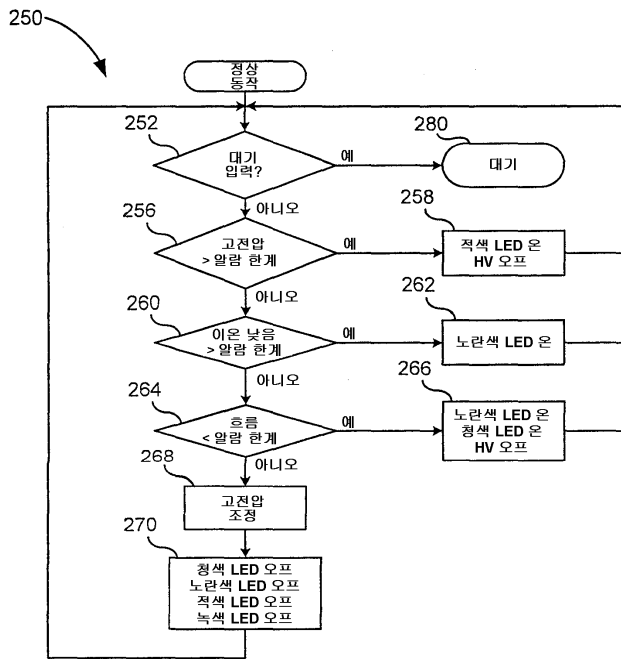
도면7a



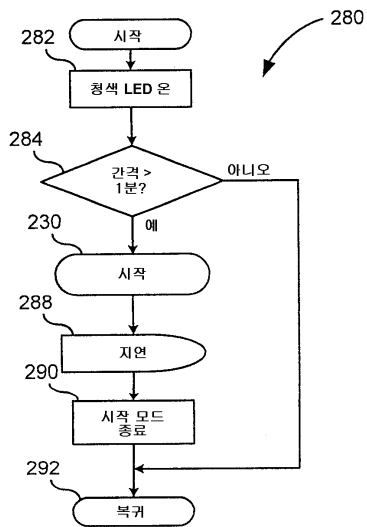
도면7b



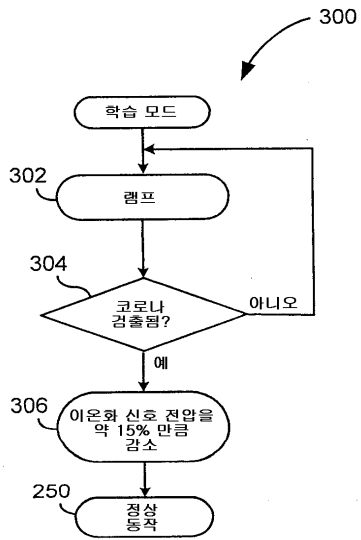
도면7c



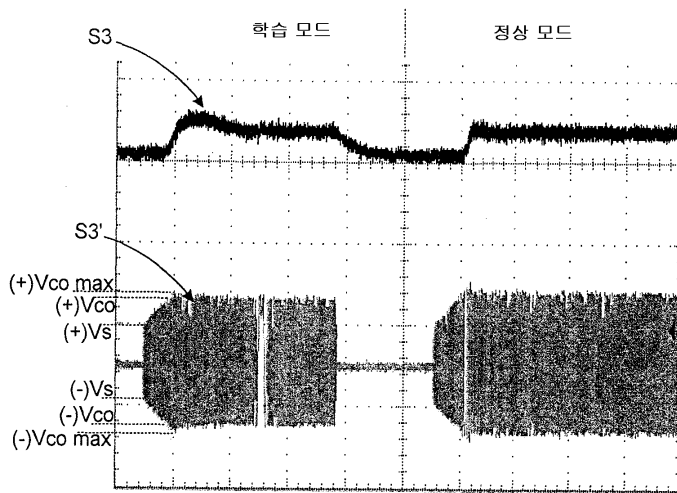
도면7d



도면7e



도면8



도면9

