



등록특허 10-2348093



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년01월05일  
(11) 등록번호 10-2348093  
(24) 등록일자 2022년01월03일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*H01J 37/32* (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
*H01J 37/32522* (2013.01)  
*H01J 37/32357* (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2017-7000122
- (22) 출원일자(국제) 2015년04월30일  
심사청구일자 2020년04월29일
- (85) 번역문제출일자 2017년01월03일
- (65) 공개번호 10-2017-0010057
- (43) 공개일자 2017년01월25일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2015/028398
- (87) 국제공개번호 WO 2015/187268  
국제공개일자 2015년12월10일
- (30) 우선권주장  
62/007,513 2014년06월04일 미국(US)  
(뒷면에 계속)
- (56) 선행기술조사문헌  
JP2005111433 A\*  
US04138996 A  
US20110107512 A1  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

전체 청구항 수 : 총 10 항

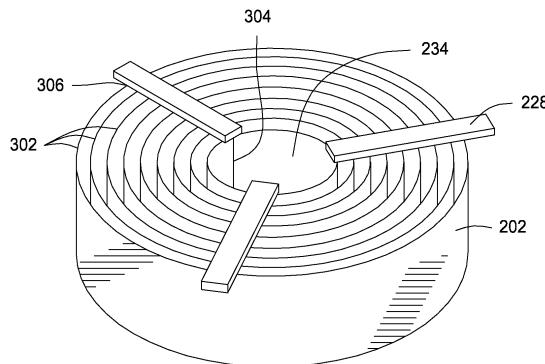
심사관 : 추장희

(54) 발명의 명칭 시약 전달 시스템 동결 방지 열 교환기

### (57) 요약

포아라인 저감 시스템에 시약 가스를 제공하는 장치 및 방법들이 본원에서 제공된다. 몇몇 실시예들에서, 시약 전달 시스템은, 시약 액체(reagent liquid)가 내부에 배치될 때 시약 액체를 유지하는 내측 체적(inner volume)을 갖는 물 탱크; 및 내측 체적 내에 배치되는 중앙 개구를 가지며, 시약 액체가 물 탱크 내에 배치될 때 시약 액체의 상부 표면이 동결되지 않게 하도록 구성되는 열 교환기를 포함한다.

대 표 도 - 도3



(52) CPC특허분류

*H01J 37/32844* (2013.01)

*Y02C 20/30* (2013.01)

(30) 우선권주장

62/065,155 2014년10월17일 미국(US)

14/696,955 2015년04월27일 미국(US)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

시약 전달 시스템으로서,

시약 액체(reagent liquid)가 내부에 배치될 때 상기 시약 액체를 유지하는 내측 체적(inner volume)을 갖는 물탱크; 및

상기 내측 체적 내에 배치되는 중앙 개구를 가지며, 상기 시약 액체가 상기 물탱크 내에 배치될 때 상기 시약 액체의 상부 표면이 동결(freezing)되지 않게 하도록 구성되는 열 교환기를 포함하고,

상기 열 교환기는 복수의 동심 실린더(concentric cylinder)들로 형성되고, 상기 복수의 동심 실린더들은 상기 동심 실린더들 간에 시약 액체의 유동을 허용하고, 상기 복수의 동심 실린더들 각각은 상기 동심 실린더들을 통해 상기 시약 액체가 유동하게 허용하도록 천공(perforated)되는,

시약 전달 시스템.

#### 청구항 2

삭제

#### 청구항 3

삭제

#### 청구항 4

삭제

#### 청구항 5

삭제

#### 청구항 6

삭제

#### 청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 복수의 동심 실린더들은, 상기 복수의 동심 실린더들에 커플링된 하나 또는 그 초파의 지지 바들에 의해 함께 고정되며, 그리고 상기 하나 또는 그 초파의 지지 바들은 상기 복수의 동심 실린더들의 동심을 보장하는,

시약 전달 시스템.

#### 청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 지지 바들은 상기 열 교환기를 상기 물탱크의 내측 벽에 추가적으로 고정시키는,

시약 전달 시스템.

#### 청구항 9

제 1 항 또는 제 7 항에 있어서,

상기 열 교환기는, 상기 물탱크의 내측 벽으로부터 방사상 내측으로 연장하는 하나 또는 그 초파의 돌출부

(protrusion)들에 의해 지지되는,  
시약 전달 시스템.

#### 청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 열 교환기는, 중앙 개구를 갖는 실린더 및 상기 실린더의 내측 벽으로부터 방사상 내측으로 연장하는 복수의 방사상 핀(radial fin)들로 형성되는,  
시약 전달 시스템.

#### 청구항 11

제 1 항 또는 제 7 항에 있어서,

상기 시약 액체에서 플로팅(float)되도록 구성된 하나 또는 그 초과의 자기 플로트(magnetic float)들; 및

상기 물 탱크 내에 배치된 하나 또는 그 초과의 센서들을 더 포함하며,

상기 하나 또는 그 초과의 센서들은 자기 플로트의 포지션에 기초하여 상기 시약 액체의 레벨을 결정하도록 구성되는,

시약 전달 시스템.

#### 청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 물 탱크의 중심축을 따라 배치되는튜브를 더 포함하며, 상기 열 교환기 및 상기 하나 또는 그 초과의 자기 플로트들은 상기 튜브 둘레에 배치되고, 상기 하나 또는 그 초과의 센서들은 상기 튜브 내에 배치되는,

시약 전달 시스템.

#### 청구항 13

시약 전달 시스템에서 사용하기 위한 열 교환기로서,

내측 단부 및 외측 단부를 갖는 재료의 연속적인 코일 시트를 포함하고,

상기 연속적인 코일 시트는 등거리로 이격된 복수의 동심 충들을 형성하고, 상기 복수의 동심 충들은 상기 동심 충들 간에 시약 액체의 유동을 허용하며, 그리고 상기 연속적인 코일 시트는 상기 동심 충들을 통해 상기 시약 액체가 유동하게 허용하도록 천공되는,

시약 전달 시스템에서 사용하기 위한 열 교환기.

#### 청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 연속적인 코일 시트에 커플링된 하나 또는 그 초과의 지지 바들을 더 포함하며, 상기 하나 또는 그 초과의 지지 바들은 등거리로 이격된 동심 충들의 동심을 보장하는,

시약 전달 시스템에서 사용하기 위한 열 교환기.

#### 청구항 15

기판 프로세싱 시스템으로서,

프로세스 챔버;

상기 프로세스 챔버에 커플링되어, 상기 프로세스 챔버로부터의 배기ガ스(exhaust)의 유동을 허용하는 포어라인( foreline); 및

상기 포어라인을 통해 유동하는 배기ガ스를 저감(abate)시키기 위해 상기 포어라인에 커플링된 포어라인 플라즈

마 저감 시스템을 포함하며,

상기 포어라인 플라즈마 저감 시스템은,

시약 액체가 내부에 배치될 때 상기 시약 액체를 유지하는 내측 체적을 갖는 물 탱크; 및

상기 내측 체적 내에 배치되는 중앙 개구를 가지며, 상기 시약 액체가 상기 물 탱크 내에 배치될 때 상기 시약 액체의 상부 표면이 동결되지 않게 하도록 구성되는 열 교환기를 포함하고,

상기 열 교환기는, 내측 단부 및 외측 단부를 갖는 재료의 연속적인 코일 시트를 포함하고, 상기 연속적인 코일 시트는 등거리로 이격된 복수의 동심 층들을 형성하고, 상기 복수의 동심 층들은 상기 동심 층들 간에 상기 시약 액체의 유동을 허용하고, 그리고 상기 연속적인 코일 시트는 상기 동심 층들을 통해 상기 시약 액체가 유동하게 허용하도록 천공되는,

기판 프로세싱 시스템.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001]

[0001] 본 개시내용의 실시예들은 일반적으로 기판 처리 장비에 관한 것이며, 보다 구체적으로는, 기판 처리 장비와 함께 사용하기 위한 플라즈마 저감(abatement) 시스템들에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002]

[0002] 원격 플라즈마 소스들(RPS) 또는 인-라인 플라즈마 소스들(IPS)이, 퍼플루오로카본들(PFC's) 및 지구 온난화 가스들(GWG's)의 저감을 위해 사용되어 왔다. 예를 들어, RPS 또는 IPS는, 터보 펌프와 같은 고 진공 펌프와 건식 진공 펌프와 같은 백킹 펌프(backing pump) 사이의, 기판 프로세싱 시스템의 진공 시스템의 포어라인(foreline)에 설치될 수 있다. 몇몇 플라즈마 저감 시스템들에서, 물 전달 시스템(WDS)과 같은 시약 전달 시스템(RDS)이, PFC 저감 프로세스를 위한 시약 가스로서 포어라인에 수증기를 전달한다.

[0003]

[0003] 본 발명자는, WDS에서의 물의 증발이 냉각을 야기하고, 증기 유량이 증가함에 따라, WDS 내의 액체 물의 표면이 동결(freeze)되어 수증기의 유동을 막을 수 있음을 관찰하였다. 또한, 본 발명자는, 다수의 프로세스 챔버들을 지원하기 위해 WDS의 규모를 확장하는 것은 물 탱크 크기를 증가시키는 것을 포함하며, 이는 동결 문제들을 더 심각해지게 한다는 것을 관찰하였다. 구체적으로, 더 큰 탱크의 내측 섹션에 열을 전달하는 것이 더 어렵기 때문에, 탱크 내의 물의 표면이 동결되는 경향이 더 커지게 된다.

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

[0004]

[0004] 따라서, 본 발명자들은, 시약의 표면 동결을 막고 그리고 보다 높은 시약 증기 증발 유량을 허용하기 위해, 열 교환기를 포함하는 개선된 시약 전달 시스템의 실시예들을 제공하였다.

#### 과제의 해결 수단

[0005]

[0005] 포어라인 저감 시스템에 시약 가스를 제공하는 장치 및 방법들이 본원에서 제공된다. 몇몇 실시예들에서, 시약 전달 시스템은, 시약 액체(reagent liquid)가 내부에 배치될 때 시약 액체를 유지하는 내측 체적(inner volume)을 갖는 물 탱크; 및 내측 체적 내에 배치되는 중앙 개구를 가지며, 시약 액체가 물 탱크 내에 배치될 때 시약 액체의 상부 표면(top surface)이 동결되지 않게 하도록 구성되는 열 교환기를 포함한다.

[0006]

[0006] 몇몇 실시예들에서, 시약 전달 시스템에서 사용하기 위한 열 교환기는, 내측 단부 및 외측 단부를 갖는 재료의 연속적인 코일 시트를 포함할 수 있고, 연속적인 코일 시트는 등거리로 이격된 복수의 동심 층들을 형성하여, 동심 층들 간에 시약 액체의 유동을 허용하며, 그리고 연속적인 코일 시트는 동심 층들을 통해 물이 유동하게 허용하도록 천공(perforated)된다.

[0007]

[0007] 몇몇 실시예들에서, 방법은, 시약 전달 시스템의 물 탱크의 내측 체적 내에 열 교환기를 제공하는 단계; 열 교환기가 시약 액체 내에 부분적으로 잡기게 하고 시약 액체의 상부 표면으로부터 부분적으로 돌출되게 하는 레벨로 물 탱크의 내측 체적 내에 시약 액체를 제공하는 단계; 포어라인 저감 시스템에 공급되는 시약

가스를 형성하기 위해 시약 액체를 증발시키는 단계 – 시약 액체를 증발시키는 단계는 시약 액체의 상부 표면이 냉각되게 함 – ; 열 교환기를 사용하여 시약 액체의 상부 표면을 가열하는 단계를 포함할 수 있으며, 열 교환기는 열 교환기의 하부 부분으로부터 열 교환기의 상부 부분으로 열을 전도(conduct)하고, 열 교환기의 하부 부분은, 시약 액체의 상부 표면보다 더 높은 온도를 갖는 시약 액체에 배치되고 그 시약 액체에 의해 가열된다.

[0008] 몇몇 실시예들에서, 기관 프로세싱 시스템은, 프로세스 챔버; 프로세스 챔버에 커플링되어, 상기 프로세스 챔버로부터의 배기ガ스(exhaust)의 유동을 허용하는 포어라인; 및 포어라인을 통해 유동하는 배기ガ스를 저감(abate)시키기 위해 포어라인에 커플링된 포어라인 플라즈마 저감 시스템을 포함할 수 있으며, 포어라인 플라즈마 저감 시스템은, 시약 액체가 내부에 배치될 때 시약 액체를 유지하는 내측 체적을 갖는 물 탱크 – 물 탱크의 중심축을 따라 튜브가 배치됨 – ; 및 튜브 둘레에서 내측 체적 내에 배치되는 중앙 개구를 가지며, 시약 액체가 물 탱크 내에 배치될 때 시약 액체의 상부 표면이 동결되지 않게 하도록 구성되는 열 교환기를 포함한다.

[0009] 본 개시내용의 다른 그리고 추가의 실시예들이 하기에서 설명된다.

### 도면의 간단한 설명

[0010] 앞서 간략히 요약되고 하기에서 보다 상세히 논의되는 본 개시내용의 실시예들은 첨부된 도면들에 도시된 본 개시내용의 예시적인 실시예들을 참조하여 이해될 수 있다. 그러나, 첨부된 도면들은 본 개시내용의 단지 전형적인 실시예들을 도시하는 것으로 본 개시내용의 범위를 제한하는 것으로 간주되지 않아야 한다는 것이 주목되어야 하는데, 이는 본 개시내용이 다른 균등하게 유효한 실시예들을 허용할 수 있기 때문이다.

[0011] 도 1은 본 개시내용의 몇몇 실시예들에 따른 플라즈마 포어라인 저감 시스템을 포함하는 프로세싱 시스템을 도시한다.

[0012] 도 2는 본 개시내용의 몇몇 실시예들에 따른 시약 전달 시스템의 측단면도를 도시한다.

[0013] 도 3은 본 개시내용의 몇몇 실시예들에 따른, 도 2의 시약 전달 시스템에서 사용하기 위한 열 교환기의 등각투상도를 도시한다.

[0014] 도 4는 본 개시내용의 몇몇 실시예들에 따른, 도 2의 시약 전달 시스템에서 사용하기 위한 열 교환기의 상부 개략도를 도시한다.

[0015] 도 5는 본 개시내용의 몇몇 실시예들에 따른, 도 2의 시약 전달 시스템에서 사용하기 위한 열 교환기의 상부 개략도를 도시한다.

[0016] 도 6은 본 개시내용의 몇몇 실시예들에 따른, 도 2의 시약 전달 시스템에서 사용하기 위한 열 교환기의 상부 개략도를 도시한다.

[0017] 이해를 촉진시키기 위해, 도면들에 대해 공통적인 동일한 엘리먼트들을 가리키기 위해 가능한 경우 동일한 도면부호들이 사용되었다. 도면들은 실척대로 그려지지 않았으며, 명확성을 위해 단순화될 수 있다. 일 실시예의 엘리먼트들 및 피처(feature)들이 추가의 언급없이 다른 실시예들에 유익하게 통합될 수 있음이 예상된다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] 본 개시내용의 실시예들은 유리하게는, 인-라인 플라즈마 저감 시스템에서 퍼플루오로카본들(PFC's) 및 지구 온난화 가스들(GWG's)에 대한 개선된 저감 효율을 제공할 수 있다. 본 개시내용의 실시예들은, 예를 들어, 시약의 표면 동결을 막고 그리고 포어라인에서 보다 높은 시약 증기 증발 유량을 허용하기 위해, 열 교환기를 포함하는 개선된 시약 전달 시스템을 제공함으로써, 저감 효율을 개선할 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 시약은 물이고, 시약 증기는 수증기이다. 물의 표면 동결을 막고 그리고 포어라인에서 보다 높은 수증기 증발 유량을 허용함으로써, 수증기와의 반응에 의한 PFC들 및/또는 GWG들의 분해(breakdown)가 개선된다.

[0019] 포스트-플라즈마 포어라인 가스 주입(post-plasma foreline gas injection)의 부가적인 장점은 저감 후 배기ガ스(post abatement exhaust)의 온도 감소를 포함한다. 배기 라인에서의 압력 및 가스 유동이 레시피에서의 각 단계마다 달라질 수 있기 때문에, 본 개시내용의 실시예들은 각각의 동작 조건에 대해 또는 레시피의 각각의 변화에 적응하여, 단계에 대한 유틸리티들 및 에너지 사용을 최소화하면서, 최적의 저감 효율을 유지할 수 있다. 이러한 조정들/제어는, 프로세스 레시피에 대해 시간-동기화되는(time-synchronized) 설정 파라미

터(set parameter)들에 의해, 실-시간 센서 피드백에 의해, 또는 툴 또는 가스 패널 제어 신호들을 모니터링함으로써, 이루어질 수 있다. 저감 툴이 셧다운(shutdown), 유휴(idle), 예방 유지보수(preventative maintenance) 또는 바이패스 모드에 있는 경우, 프로세스 챔버와 저감 디바이스 사이의 스마트 인터페이스를 사용하여 에너지 및 유ти리티들이 최소화될 수 있다. 예를 들어, 스마트 인터페이스는 타겟 성능을 유지하기 위해 플라즈마 전력 공급부 출력을 적절한 전력 레벨로 조정할 수 있다. 플라즈마 전력 공급부 및 반응기 투브(또는 다른 컴포넌트)의 수명은 동작 에너지 레벨에 달려있다. 반응기 내의 저감 또는 클린 가스(clean gas)에 대해 보증된 것보다 더 높은 플라즈마 에너지 레벨로 동작함으로써 전력을 낭비하게 되면, 에너지를 낭비할 뿐만 아니라, 유지보수 사이클들 간의 지속기간을 단축시킨다. 또한, 저감 RPS 또는 인라인 저감 디바이스 스마트 인터페이스는: 가동시간(uptime), 시스템 경고들 또는 결함들, 동작 효율, 동작 시간들 및 사용된 유ти리티들을 카운트하고 보고할 수 있으며, 그리고 실시간의 또는 누적된 탄소 발자국 성능(carbon footprint performance)을 국부적으로(locally) 또는 중앙 모니터링 및 보고 시스템에 보고할 수 있다. 본 개시내용의 추가의 실시예들은, PFC 또는 GWG의 최적 저감 효율을 유지하고 시약 소모를 최소화하기 위해 플라즈마 전 배기가스(exhaust pre-plasma)에 주입되는 시약의 특정량을 유지하도록, 포어라인 가스 주입 제어를 갖도록 설계되고 그러한 제어가 통합된 시약 전달 시스템을 포함한다.

[0013] [0020] 포어라인 저감을 위한 플라즈마 소스는, 포어라인에서의 PFC 및 GWG 저감을 가능하게 하기 위해, 프로세스 배기가스 이외에, 수소 또는 산소 함유 시약, 이를테면 수증기를 활용할 수 있다. 도 1은 본 개시내용의 몇몇 실시예들에 따른 전형적인 플라즈마 포어라인 저감 시스템을 도시하는 배관(piping) 및 계장도(instrumentation diagram)이다. 플라즈마 포어라인 저감 시스템은, 저감을 필요로 하는 PFC들 또는 GWG들을 생성하거나 방출(emit)하는 보다 큰 프로세싱 시스템에 커플링되거나 또는 그 일부일 수 있다. 그러한 시스템들의 비-제한적인 예들은, 반도체, 디스플레이, 태양전지(solar) 또는 발광 다이오드(LED) 제조 프로세스들에서 사용되는 것들과 같은 기판 프로세싱 시스템들을 포함한다.

[0014] [0021] 포어라인 저감을 위한 플라즈마 소스는, 포어라인에서의 PFC 및 GWG 저감을 가능하게 하기 위해, 프로세스 배기가스 이외에, 수소 또는 산소 함유 시약, 이를테면 수증기를 활용할 수 있다. 도 1은 본 개시내용의 몇몇 실시예들에 따른, 배기 가스를 처리하기 위한 전형적인 플라즈마 포어라인 저감 시스템(120)을 포함하는 프로세싱 시스템(100)의 개략도이다. 프로세싱 시스템(100)은 일반적으로, 프로세스 챔버(102), 프로세스 챔버(102)에 커플링된 포어라인(108), 포어라인(108)에 커플링된 시약 전달 시스템(112), 및 포어라인(108)에 커플링된, 배기 가스를 처리하기 위한 장치(104)(예를 들어, 플라즈마 저감 소스)를 포함한다.

[0015] [0022] 프로세스 챔버(102)는 기판 상에서 프로세스를 수행하기에 적합한 임의의 프로세스 챔버일 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 프로세스 챔버(102)는, 프로세싱 툴, 예를 들어 클러스터 툴, 인라인(in line) 프로세싱 툴 등의 일부일 수 있다. 프로세스 챔버(102)는 저감을 필요로 하는 PFC들 또는 GWG들을 생성하거나 방출할 수 있다. 그러한 프로세스 챔버들(102)의 비-제한적인 예들은, 반도체, 디스플레이, 태양전지 또는 발광 다이오드(LED) 제조 프로세스들에서 사용되는 것들과 같은 기판 프로세싱 시스템들을 포함한다.

[0016] [0023] 포어라인(108)은 프로세스 챔버(102)의 배기 포트(114)에 커플링되고, 프로세스 챔버(102)로부터의 배기 가스들의 제거를 가능하게 한다. 배기 가스들은, 예를 들어 프로세스 챔버(102)로부터 제거될 수 있는 프로세스 가스들 또는 부산물 가스들과 같은 임의의 가스들일 수 있다. 포어라인(108)은, 프로세스 챔버(102)로부터의 배기 가스들을 하류의 적절한 배기 취급 장비(이를테면, 저감 장비 등)로 펌핑하기 위해, 진공 펌프(106) 또는 다른 적합한 펌프 장치에 커플링될 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 진공 펌프(106)는 러프 펌프(roughing pump) 또는 백킹 펌프, 이를테면 건식 기계 펌프 등일 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 진공 펌프(106)는, 예를 들어, 포어라인(108) 내의 압력을 제어하거나 그러한 압력의 추가의 제어를 제공하기 위해, 특정 레벨로 설정될 수 있는 가변 펌프 용량을 가질 수 있다.

[0017] [0024] 배기 가스를 처리하기 위한 장치(104)는 포어라인(108)과 직렬로(in-line) 배치되며, 프로세스 챔버(102)로부터의 배기 가스들의 처리 또는 저감을 가능하게 한다. 배기 가스들의 플라즈마 처리를 가능하게 하도록, 배기 가스를 처리하기 위한 장치(104)에 전력을 제공하기 위해, 배기 가스를 처리하기 위한 장치(104)에 전력 소스(110), 이를테면 RF 전력 소스가 커플링된다. 전력 소스(110)는, 배기 가스를 처리하기 위한 장치(104) 내에서 플라즈마를 형성하기에 충분한 전력 및 주파수에서 RF 에너지를 제공하며, 그에 따라, 배기 가스를 처리하기 위한 장치(104)를 통해 유동하는 배기 가스는 플라즈마에 의해 처리(예를 들어, 이온들, 라디칼들, 원소들, 더 작은 분자들 등 중에서 하나 또는 그 초과로 적어도 부분적으로 분해(broken down))될 수 있다. 몇몇 예시적인 실시예들에서, 전력 소스(110)는 다양한 주파수들에서 RF 에너지를 제공할 수 있는 가변 주파수 전력 소스일 수 있다. 몇몇 예시적인 실시예들에서, 전력 소스(110)는 약 1.9 내지 약 3.2 MHz의 주파수에서 약

2 내지 약 3 kW의 RF 에너지를 제공할 수 있다.

[0018] [0025] 플라즈마 저감 소스(즉, 배기 가스를 처리하기 위한 장치(104)) 상류의 포어라인(108)에 수증기와 같은 시약을 전달하기 위해, 시약 전달 시스템(112)이 포어라인(108)에 커플링될 수 있다. 도 2는 시약 전달 시스템(112)의 측단면도를 도시한다. 시약 전달 시스템(112)은 시약 액체를 저장하기 위한 내측 체적(212)을 갖는 물 탱크(204)를 포함한다. 물 탱크로서 언급되기는 하지만, 물 탱크(204)는, 이를테면 물, 액체 산소 등과 같은, 포어라인 저감 시스템(120)에서 사용하기에 적합한 임의의 시약을 유지하는 데에 사용될 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 물 탱크(204)는 약 0.1 인치 내지 약 1.0 인치의 벽 두께를 가질 수 있으며, 그리고 알루미늄, 스테인리스 강, 또는 복합 재료로 제조될 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 물 탱크(204)는 약 0.125 인치 내지 약 0.25 인치의 벽 두께를 가질 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 물 탱크(204)는 직경이 약 4 인치 내지 약 10 인치일 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 물 탱크(204)는 직경이 약 8 인치일 수 있다.

[0019] [0026] 몇몇 실시예들에서,튜브(206)가 중심 축(240)과 같은 축을 따라 물 탱크(204) 내에 배치될 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 튜브(206)는 오프셋된 축(offset axis)을 따라 배치될 수 있다. 튜브(206)는, 액체 레벨이 검출될 수 있도록 전기/자기 리드 스위치(reed switch)들/센서들이 삽입되는 레벨 트리 어셈블리(level tree assembly)를 제공한다. 본원에서 설명되는 모든 실시예들이 튜브를 포함하는 것은 아니다. 몇몇 실시예들에서, 튜브(206)는 약 0.25 인치 내지 약 1.0 인치의 직경을 가질 수 있으며, 그리고 스테인리스 스틸 또는 다른 적합한 재료로 형성될 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 튜브(206)는 약 0.5 인치의 직경을 가질 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 튜브(206)는 완전히 막힌 튜브(fully blind tube)이고, 밀봉되며, 튜브의 내부는 어떠한 증기에도 노출되지 않는다. 튜브(206)는 상부 장착 브래킷(222)에 의해 물 탱크(204) 내에서 지지될 수 있다. 물 탱크(204)의 리드(lead)를 형성하는 상부 장착 브래킷(222)은 하부 장착 브래킷(224)과 함께 시약 전달 시스템(112)을 요구되는 포지션에 지지할 수 있다.

[0020] [0027] 물 탱크(204)는 액체 시약의 레벨을 결정하기 위한 액체 시약 레벨 감지 시스템을 포함할 수 있다. 실시예들에서, 액체 시약 레벨 감지 시스템은 물 탱크(204) 내에 배치된 하나 또는 그 초과의 자기 플로트들(magnetic floats)(230)을 포함할 수 있다. 튜브(206)를 포함하는 실시예들에서, 도 2에 도시된 바와 같이, 하나 또는 그 초과의 자기 플로트들(230)은 튜브(206) 둘레에 배치된다. 하나 또는 그 초과의 자기 플로트들(230) 각각은, 자기 플로트 스톱들(magnetic float stops)(232)의 쌍 사이에서 이동할 수 있다. 각각의 자기 플로트(230)의 포지션은 물 탱크(204) 내에서의 액체 시약 레벨의 표시를 제공한다. 자기 플로트(230)는, 액체 시약이 자기 플로트(230)를 플로팅시킬 때 까지 바닥 스톱(bottom stop) 상에 위치될 것이다. 자기 플로트(230)는, 자기 플로트(230)가 상단 스톱(top stop)에 도달할 때 정지할 것이다. 튜브(206) 내에 배치된 센서들(252)이 각각의 자기 플로트의 포지션을 모니터링할 것이다. 몇몇 실시예들에서, 물과 같은 시약 액체는 하나 또는 그 초과의 자기 플로트들(230)의 포지션에 기초하여 물 탱크(204) 내로 특정 시간 기간(예를 들어, 12초) 동안 유동될 것이다. 몇몇 실시예들에서, 도 2에 도시된 바와 같이, 3개의 자기 플로트들이 물 탱크(204) 내에 배치될 수 있다.

[0021] [0028] 튜브(206)를 포함하지 않는 실시예들에서, 하나 또는 그 초과의 자기 플로트들(230)은 물 탱크(204) 내에 배치될 수 있고, 물 탱크(204) 내의 상이한 레벨들로 플로팅되도록 구성될 수 있다. 센서들(252)은 각각의 자기 플로트의 포지션을 모니터링하기 위해 물 탱크(204)의 내측 표면 또는 외측 표면을 따라 배치될 수 있다. 다른 실시예들에서, 다른 타입들의 액체 시약 레벨 감지 시스템들이 사용될 수 있다.

[0022] [0029] 시약 전달 시스템(112)은 물 탱크(204)의 내측 체적(212)에 시약 액체(208)를 제공하기 위한 시약 주입구(216)를 포함할 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 시약 주입구(216)는 솔레노이드 또는 오리피스(orifice)일 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 시약 주입구(216)는 물 탱크(204)의 바닥 부분(242)을 통해 배치될 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 하부 장착 브래킷(224)은 물 탱크(204)의 바닥 부분(242)을 형성할 수 있으며, 그리고 시약 주입구(216)는 하부 장착 브래킷(224)을 통해 배치될 수 있다. 물 탱크(204)는 물 탱크(204)의 바닥 부분(242) 근방에 배치된 유지보수 드레인(maintenance drain)(218)을 더 포함할 수 있다. 유지보수 드레인(218)은 물 탱크(204)로부터 시약 액체(208)를 배출(drain)시키는 데에 사용될 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 물 탱크(204)는 물 탱크의 상단 부분(244)을 통해 배치된 유지보수 벤트(maintenance vent)(220)를 포함한다. 몇몇 실시예들에서, 상부 장착 브래킷(222)은 물 탱크(204)의 상단 부분(244)을 형성할 수 있으며, 그리고 유지보수 벤트(220)는 상부 장착 브래킷(222)을 통해 배치될 수 있다.

[0023] [0030] 시약 전달 시스템(112)은 또한, 물 탱크(204)의 상부 단부 근방에 배치된 복수의 배풀(baffle)들(214)을 포함할 수 있다. 배풀들(214)은 건조 증기(dry steam)로부터 액체 시약(예를 들어, 물) 증기 액적(vapor

droplet)들을 분리시키는 데에 사용될 수 있다. 배풀들(214)은 액체 물이 증기 전달 라인 내로 튀는 것을 방지하기 위한 액체 분리기를 형성한다. 몇몇 실시예들에서, 시약 전달 시스템(112)은 물 탱크(204)의 내측 체적(212) 내의 온도를 제어하는 것을 돋기 위한 히터 블랭킷(heater blanket)(226)을 포함할 수 있다.

[0024] [0031] 몇몇 실시예들에서, 시약/수증기는 물 탱크의 상부 장착 브래킷(222)에 연결된튜브(248)를 통해 방출된다. 시약/수증기는, 그 내에 홀(hole)들을 갖는 배풀들(214)을 통과한다. 내측 체적(212)의 배풀들(214) 위쪽의 상단 헤드 공간(top head space)에 들어가는 시약/수증기는 튜브(248) 밖으로 방출된다. 다른 실시예들에서, 튜브(206)는, 증발된 시약 증기가 튜브(206)의 중앙 부분 내로 유동하고 그 중앙 부분을 통해 위로 유동하여 포어라인 저감 시스템(120)에 제공될 수 있게 허용하는 막힌 홀(blind hole)들을 포함할 수 있다.

[0025] [0032] 시약 전달 시스템(112)에서, 시약 액체(208), 예를 들어 물이, 시약 주입구(216)를 통해 물 탱크(204)의 내측 체적(212) 내로 도입된다. 시약 액체(208)(예를 들어, 물)는 증발되어 수증기(246)를 생성하며, 수증기(246)는 포어라인 저감 시스템(120)에서 시약 가스로서 사용된다. 몇몇 시약 전달 시스템들에서, 본 발명자는, WDS에서의 물의 증발이 냉각을 야기하고, 증기 유량이 증가함에 따라, 시약 전달 시스템(112) 내의 액체 물의 액체 표면(210)이 동결(freeze)되어 수증기의 유동을 막을 수 있음을 관찰하였다. 따라서, 본원에서 제공되는 본 발명의 시약 전달 시스템(112)은 물 탱크(204) 내에 배치된 열 교환기(202)를 포함한다. 몇몇 실시예들에서, 열 교환기(202)는, 시약 액체(208)로부터, 증발된 냉각을 받는 시약 액체의 액체 표면(210)으로의 효율적인 열 전달을 보장하기 위해, 시약 액체 표면(210)에 배치되는 천공된 배풀 열 교환기일 수 있다. 보다 구체적으로, 열 교환기(202)는, 액체 레벨 변화 및 물 비등 영향들을 고려하기 위해, 시약 액체(208)에 부분적으로 잠기고 액체 표면(210)으로부터 부분적으로 돌출하는 금속 시트 배풀(metal sheet baffle)일 수 있다.

[0026] [0033] 열 교환기(202)를 그와 같이 배치함으로써, 시약 액체(208)의 표면 동결이 방지되며, 더 높은 수증기 증발 유량들이 달성된다. 보다 구체적으로, 본 발명자는 액체 표면(210)을 향해 급격한 온도 구배가 존재한다는 것을 관찰하였다. 예를 들어, 표면에서는 0°C에서 물 동결이 일어날 수 있는 한편, 물의 표면의 단지 3.5mm 아래에서의 물의 온도는 약 35°C일 수 있다. 열 교환기(202)를 액체 표면(210)을 통해 배치하게 되면, 고온 구배의 작은 구역을 분해(break up)하는데, 이는 그러한 구역을 가로질러 주위 유체로의 열 전달을 조정(arrange)함으로써 이루어진다. 따라서, 높은 열 전도율 특성들을 갖는 재료로 제조되는 열 교환기(202)는, 표면 아래의 보다 따뜻한 액체로부터 액체의 표면으로 열을 전달함으로써, 증발된 냉각으로 인한 물 동결을 막기 위해, 액체 표면(210)에서의 온도를 균일하게 한다. 몇몇 실시예들에서, 열 교환기에 대해 사용되는 재료의 열 전도율은 10 k 초과이다. 몇몇 실시예들에서, 열 교환기에 대해 사용되는 재료의 열 전도율은 400 W/mK 만큼 높다.

[0027] [0034] 열 교환기(202)는 중앙 개구(234)를 가질 수 있으며, 그에 따라, 열 교환기(202)는 튜브(206) 둘레에 그리고 선택적으로는 자기 플로트(230) 둘레에 배치될 수 있다. 열 교환기(202)는 하나 또는 그 초과의 지지 바(support bar)들(228)에 의해 물 탱크(204) 내에 유지될 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 3개의 지지 바들(228)이 물 탱크(204) 내에 열 교환기(202)를 지지하기 위해 사용될 수 있다. 지지 바들(228)은 물 탱크(204)의 내측 벽에 택 웨딩(tack welded)되거나 다른 방식으로 고정될 수 있다. 지지 바들(228)은 또한, 하기에서 더 상세히 설명될 바와 같이, 열 교환기(202)의 형상을 유지하기 위해 사용될 수 있다. 열 교환기(202)가 시약 액체에 부분적으로 잠기면서 배치되도록, 열 교환기(202)는 표준(normal) 시약 액체 레벨로 물 탱크(204) 내에 설치된다. 몇몇 실시예들에서, 열 교환기(202)는, 물 탱크(204)의 내측 벽으로부터 방사상 내측으로 연장하는 하나 또는 그 초과의 돌출부들(250)(예를 들어, 링, 엣지(ledge), 펀들, 펙(peg)들 등)에 의해 지지될 수 있다. 대안적인 실시예들에서, 열 교환기(202)는, 열 교환기(202)가 시약 액체에 부분적으로 잠기고 시약 액체의 표면으로부터 부분적으로 돌출하도록 열 교환기(202)가 플로팅되게 허용하는, 높은 열 전도율을 갖는 재료로 코팅된 부력 재료로 이루어진다.

[0028] [0035] 열 교환기(202)는 도 3 내지 도 6에 추가로 도시되어 있다. 구체적으로, 도 3은 열 교환기(202)의 등각투상도를 도시한다. 도 3에 도시된 바와 같이, 열 교환기(202)는 내측 단부(304) 및 외측 단부(306)를 갖는 연속적인 코일/나선형 금속 시트로서 형성될 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 열 교환기(202)는 약 25 mm 내지 약 100 mm의 높이를 가질 수 있다. 코일의 내측 직경은, 중앙 개구(234)를 형성하기 위해 2 인치 직경에서 시작될 수 있다. 열 교환기(202)는 복수의 등거리로 이격된 동심 코일(concentric coil) 층들(302)을 포함하여, 이러한 층들 간에 시약 액체의 유동을 허용할 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 각각의 층은 서로로부터 대략 0.25 인치 이격될 수 있다. 지지 바들(228)은, 열 교환기(202)의 내측 직경 대 외측 직경의 동심(concentricity)을 보장하도록 코일을 유지하기 위해 택 웨딩될 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 열 교환기는 스테인리스 강(예를 들어, 304 스테인리스 강, 16 게이지(gauge) 스테인리스 강)으로 형성될 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 각각의 코일 층(302)의 두께는 0.25 인치일 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 스테인리스 강은, 채널링(channeling) 또는

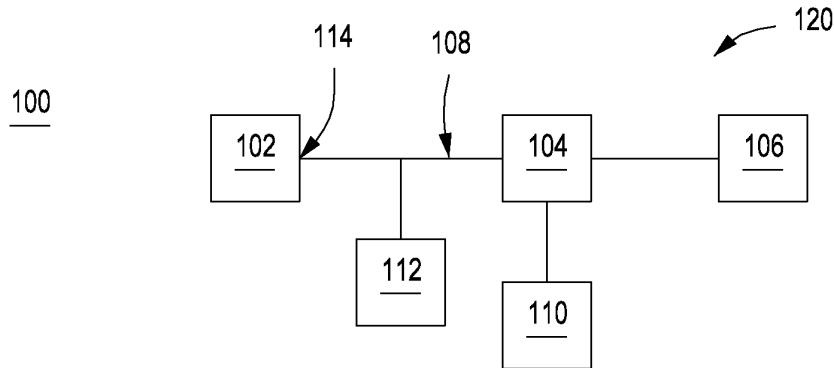
임의의 다른 유압 영향(hydraulic affect)들을 야기하지 않으면서 코일 층들(302) 사이에 물이 유동하게 허용하도록 천공될 수도 있다.

[0029] [0036] 도 4 내지 도 6에 도시된 바와 같이, 열 교환기(202)의 다른 구성들이 사용될 수 있다. 구체적으로, 도 4에서의 열 교환기(400)는 복수의 방사상으로 연장하는 편(fin)들(402)을 도시한다. 도 5에서의 열 교환기(500)는 하나 또는 그 초과의 지지 바들(504)에 의해 함께 고정될 수 있는 복수의 동심 실린더(concentric cylinder)들(502)을 도시한다. 도 6에서의 열 교환기(600)는, 벌집 타입 구조를 형성하기 위해, 방사상 및 동심 구성을 모두를 도시한다. 다른 타입들의 구조들, 예를 들어 정사각형의 폴딩형 시트(square folded sheet)들이 사용될 수 있다.

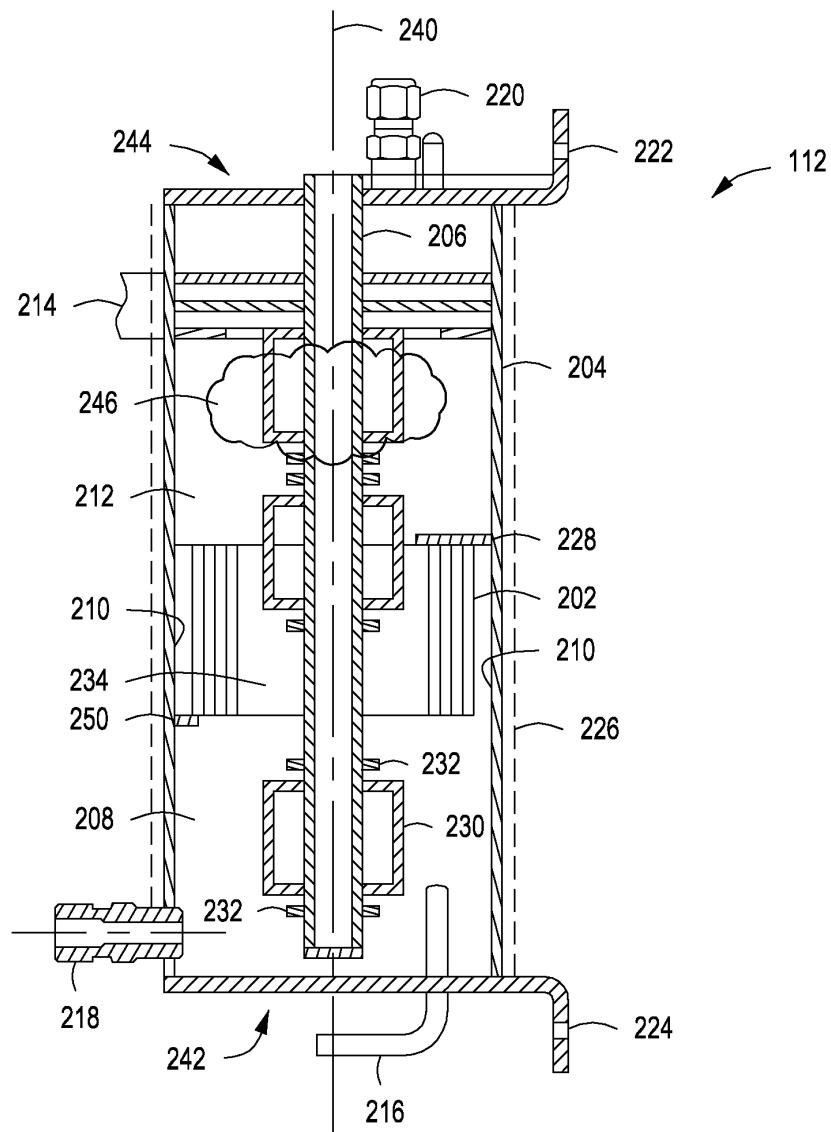
[0030] [0037] 전술한 내용들이 본 개시내용의 실시예들에 관한 것이지만, 본 개시내용의 다른 그리고 추가적인 실시 예들이 본 개시내용의 기본적인 범위로부터 벗어나지 않으면서 안출될 수 있다.

## 도면

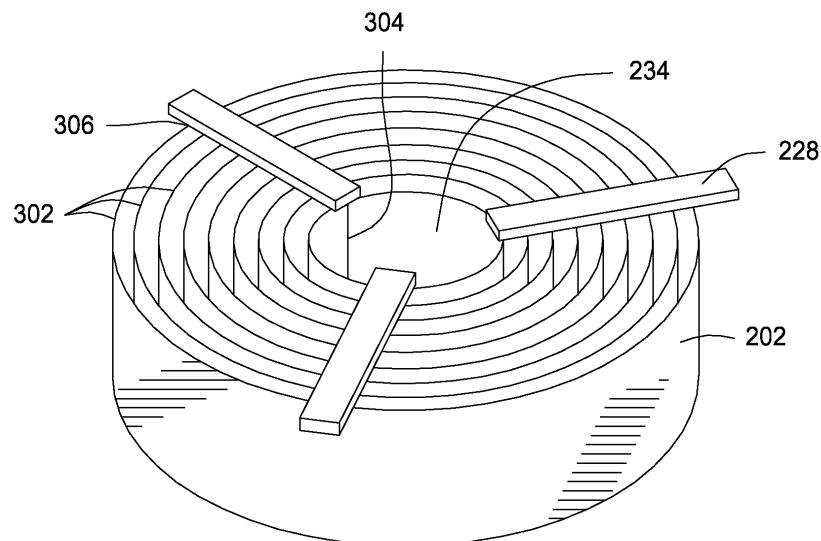
### 도면1



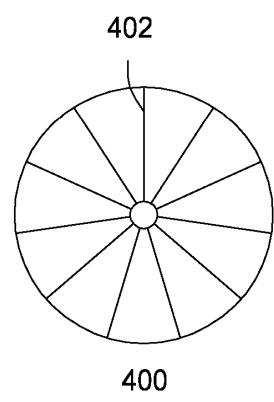
도면2



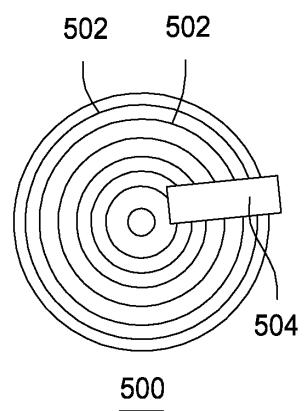
도면3



도면4



도면5



도면6

