



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2008-0109813  
(43) 공개일자 2008년12월17일

(51) Int. Cl.

G02B 27/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2008-7024264

(22) 출원일자 2008년10월02일

심사청구일자 없음

번역문제출일자 2008년10월02일

(86) 국제출원번호 PCT/US2007/007901

국제출원일자 2007년03월28일

(87) 국제공개번호 WO 2007/120451

국제공개일자 2007년10월25일

(30) 우선권주장

11/396,823 2006년04월03일 미국(US)

(71) 출원인

엔테그리스, 아이엔씨.

미국, 55318 미네소타, 차스카, 라이만 불리바드  
3500

(72) 별명자

홀름즈 러셀 제이.

미국 92071 캘리포니아주 산티 럼슨 드라이브  
8437

(74) 대리인

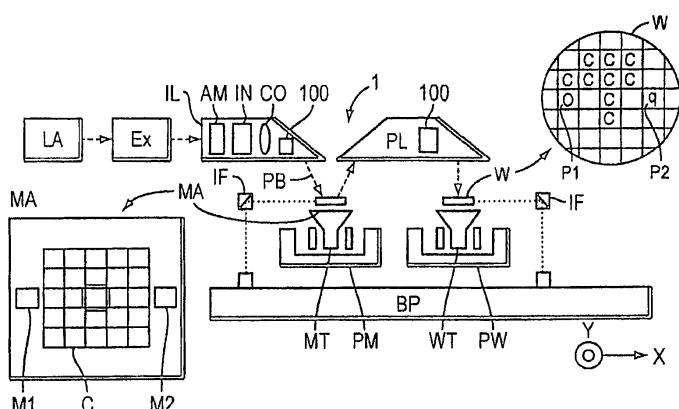
양영준, 안국찬

전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 리소그래픽 투사 장치, 가스 퍼징 방법, 장치 제조 방법 및 퍼지 가스 공급 시스템

**(57) 요 약**

본 발명의 리소그래픽 투사 시스템은 원하는 패턴에 따라 투사 비임을 패턴화하도록 구성된 패터닝 장치를 지지하도록 구성된 지지부를 포함한다. 본 장치는 기판의 타겟 부분 상으로 패턴화된 비임을 투사하도록 구성된 투사 시스템과 기판을 유지하도록 구성된 기판 테이블을 구비한다. 또한, 장치는 리소그래픽 투사 장치의 구성요소의 표면 부근에 퍼지 가스를 제공하도록 구성된 퍼지 가스 공급 시스템(100)을 구비한다. 퍼지 가스 공급 시스템(100)은 적어도 하나의 퍼징 가스와 습기를 포함하는 퍼지 가스 혼합물을 발생시키도록 구성된 퍼지 가스 혼합물 발생기(120)를 포함한다. 퍼지 가스 혼합물 발생기는 표면 부근에 퍼지 가스 혼합물을 공급하도록 구성된 퍼지 가스 혼합물 발생기(120)에 연결된 퍼지 가스 혼합물 출구(130)와 퍼지 가스에 습기를 추가하도록 구성된 가습기(150)를 구비한다.

**대 표 도 - 도1**

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

가스 입구와, 온도 규제 시스템과, 압력 규제 시스템을 포함하고,

상기 가스 입구는 하나 이상의 재생가능한 정화기와 유체 연통하고,

상기 정화기는 소스 가스와 유체 연통하는 가스 입구와 기화기의 퍼지 가스 입구와 유체 연통하는 퍼지 가스 출구를 구비하고, 퍼지 가스를 형성하도록 가스 입구로부터 정화기로의 오염물을 제거하며,

상기 기화기는 하우징과, 하나 이상의 미소다공 중공 파이버 멤브레인을 포함하고, 상기 하우징은 미소다공 중공 파이버의 제1 측부와 유체 연통하는 퍼지가스 입구 및 퍼지 가스 혼합물 출구를 포함하고, 상기 하우징은 상기 미소다공 중공 파이버의 제2 측부와 유체 연통하는 기화가능 액체 입구 및 기화가능 액체 출구를 포함하고, 상기 미소다공 중공 파이버 멤브레인은 리소그래픽 투사 시스템 내의 광학 구성요소의 광학적 특성을 열화시키는 오염물을 제거하도록 처리되며, 상기 미소다공 중공 파이버는 기화가능 액체에 의한 액체 침투에 대해 내성적이며,

상기 온도 규제 시스템은 기화기, 퍼지 가스 혼합물 출구 또는 이들의 조합의 온도를 하나 이상의 설정점 범위 이내로 유지하고,

상기 압력 규제 시스템은 미소다공 중공 파이버 내의 기화가능 액체 내의 퍼지 가스 기포의 형성을 방지하도록 기화가능 액체와 퍼지 가스의 압력을 유지하는 장치.

### 청구항 2

제1항에 있어서, 온도 규제 시스템은 온도 제어기, 가열기, 냉각기, 또는 이들의 조합을 더 포함하는 장치.

### 청구항 3

제1항에 있어서, 압력 규제 시스템은 압력 제어기 및 배압 조절기를 포함하는 장치.

### 청구항 4

제1항에 있어서, 압력 규제 시스템은 퍼지 가스 압력을 기화가능 액체 압력보다 약 5 psi(0.034 Mpa) 이상 크게 유지하는 장치.

### 청구항 5

제1항에 있어서, 온도 규제 시스템은 퍼지 가스 혼합물 출구의 온도를 증기의 응결점보다 크게 유지하는 장치.

### 청구항 6

제1항에 있어서, 온도 규제 시스템은 퍼지 가스 유량에 독립적으로 퍼지 가스 혼합물의 온도를 유지하는 장치.

### 청구항 7

제1항에 있어서, 퍼지 가스 혼합물 출구와 유체 연통하는 퍼지 가스 출구를 더 포함하는 장치.

### 청구항 8

제1항에 있어서, 액체 트랩을 더 포함하는 장치.

### 청구항 9

제1항에 있어서, 하나 이상의 기화기를 포함하는 장치.

### 청구항 10

제1항에 있어서, 퍼지 가스 혼합물은 리소그래픽 투사 시스템 내의 광학 구성요소의 광학 특성을 열화시키는 1 ppb 미만의 오염물을 갖는 장치.

**청구항 11**

20 slpm 보다 큰 유량을 갖는 퍼지 가스 혼합물을 포함하고, 상기 퍼지 가스는 리소그래픽 투사 시스템 내의 광학 구성요소의 광학 특성을 열화시키는 1 ppb 미만의 오염물을 포함하며, 상기 퍼지 가스 혼합물은 퍼지 가스를 포화시키는 약 20%를 초과하는 증기를 포함하고, 상기 증기는 리소그래픽 프로세스에 사용되는 화학제의 활성도를 유지 또는 향상시키는 조성물.

**청구항 12**

온도 규제 시스템을 이용하여 기화기, 기화기로의 퍼지 가스 입구 또는 이들의 조합의 온도를 하나 이상의 설정 점 범위 이내로 제어하는 단계와,

압력 규제 시스템을 이용하여, 미소다공 중공 파이버 내의 기화가능 액체 내의 퍼지 가스 기포의 형성을 감소시키도록 기화기 내의 하나 이상의 미소다공 중공 파이버에 의해 분리된 퍼지 가스와 기화가능 액체의 압력을 제어하는 단계와,

기화기 내의 기화가능 액체와 퍼지 가스를 접촉시키는 단계를 포함하고,

상기 기화기는 하우징과, 하나 이상의 미소다공 중공 파이버 맴브레인을 포함하고, 상기 하우징은 하나 이상의 미소다공 중공 파이버의 제1 측부와 유체 연동하는 퍼지 가스 입구 및 퍼지 가스 혼합물 출구를 포함하고, 상기 하우징은 상기 미소다공 중공 파이버의 제2 측부와 유체 연통하는 기화가능 액체 입구와 기화가능 액체 출구를 포함하며, 상기 미소다공 중공 파이버 맴브레인은 리소그래픽 투사 시스템 내의 광학 구성요소의 광학 특성을 열화시키는 기화가능 오염물을 제거하도록 처리되며, 상기 미소다공 중공 파이버는 기화가능 액체에 의한 액체 침투에 대해 내성적인 방법.

**청구항 13**

제12항에 있어서, 압력 규제 시스템은 기화가능 액체 압력을 퍼지 가스 압력보다 약 5 psig(0.034 Mpa) 이상 크게 유지하는 방법.

**청구항 14**

제12항에 있어서, 온도 규제 시스템은 퍼지 가스 혼합물 출구의 온도를 증기의 응결점보다 크게 유지하는 방법.

**청구항 15**

제12항에 있어서, 온도 규제 시스템은 퍼지 가스 유량에 독립적으로 퍼지 가스 혼합물의 온도를 유지하는 방법.

**청구항 16**

제12항에 있어서, 기화기의 퍼지 가스 혼합물 출구로부터의 퍼지 가스 혼합물과 퍼지 가스를 혼합하는 단계를 더 포함하는 방법.

**청구항 17**

제12항에 있어서, 액체 트랩을 통해 상기 퍼지 가스 혼합물을 통과시키고 액체를 제거하는 단계를 더 포함하는 방법.

**청구항 18**

제12항에 있어서, 재순환 루프 내에서 흐르는 기화가능 액체를 기화기에 공급하는 단계를 더 포함하는 방법.

**청구항 19**

제12항에 있어서, 퍼지 가스 혼합물은 1 ppb 미만의 불순물을 갖는 방법.

**청구항 20**

제12항에 있어서, 기화가능 액체는 리소그래픽 프로세스에 사용되는 증기를 포함하는 퍼지 가스 혼합물을 발생시키는 방법.

## 명세서

### 기술분야

&lt;1&gt;

본 출원은 2006년 4월 3일자로 출원된 미국 출원 제11/396,823호의 계속 출원으로서 그 이득을 주장하고, 2003년 7월 21일자로 출원된 미국 출원 제10/623,180호의 일부 계속 출원으로서 그 이득을 주장하고, 2004년 7월 21일자로 출원된 국제 특허 출원 제PCT/US2004/023490호의 일부 계속 출원으로서 그 이득을 주장하며, 2004년 7월 21일자로 출원된 미국 출원 제10/565,486호의 일부 계속 출원으로서 그 이득을 주장하고, 이를 출원들의 내용은 그 전문이 참조로 본 명세서에 통합되어 있다.

### 배경기술

&lt;2&gt;

장치의 대부분이 진공에서 동작하는 경우라도, 리소그래픽 투사 장치 내에 존재하는 구성요소의 표면은 사용 동안 점진적으로 오염될 수 있다. 특히, 이런 오염이 광학적 구성요소의 광학 특성에 영향을 주기 때문에, 거울 같은 리소그래픽 투사 장치 내의 광학적 구성요소의 오염은 장치의 성능에 부정적인 영향을 갖는다.

&lt;3&gt;

이런 광학적 구성요소가 내부에 배치되는 리소그래픽 투사 장치의 공간을 퍼지 가스라 지칭되는 초고순도 가스로 정화(purging)함으로써 리소그래픽 투사 장치의 광학적 구성요소의 오염이 감소될 수 있다는 것이 알려져 있다. 이 퍼지 가스는 예로서 탄화수소를 갖는 분자 오염물에 의한 표면의 오염을 방지한다.

&lt;4&gt;

이 방법의 단점은 퍼지 가스가 리소그래픽 프로세스에서 사용되는 화학제의 활성도에 부정적인 영향을 가질 수 있다는 것이다. 따라서, 리소그래픽 투사 시스템의 광학적 구성요소의 오염을 감소시키지만 리소그래픽 프로세스에 사용되는 화학제의 활성도에는 부정적인 영향을 주지 않는 개선된 퍼지 가스에 대한 필요성이 존재한다.

### 발명의 상세한 설명

&lt;5&gt;

본 발명의 형태는 패터닝 장치를 지지하도록 구성된 지지 구조체와 방사선 비임을 제공하도록 구성된 조명기를 포함할 수 있는 리소그래픽 투사 장치를 포함한다. 패터닝 장치는 원하는 패턴에 따라 방사선 비임을 패턴화하도록 구성된다. 기판 테이블은 기판을 보유하도록 구성된다. 투사 시스템은 기판의 타겟 부분 상에 패턴화된 비임을 투사하도록 구성된다. 적어도 하나의 퍼지 가스 공급 시스템은 리소그래픽 투사 장치의 적어도 일부에 퍼지 가스를 제공하도록 구성된다. 적어도 하나의 퍼지 가스 공급 시스템은 퍼지 가스 혼합물을 형성하도록 퍼지 가스에 증기를 추가하게 구성된 기화기를 포함하는 퍼지 가스 혼합물 발생기를 구비한다. 몇몇 형태에서, 퍼지 가스는 본질적으로 퍼지 가스와, 기화가능 액체로부터의 증기로 구성된다. 몇몇 구현예에서, 퍼지 가스 혼합물은 퍼지 가스와 기화가능 액체로부터의 증기를 포함할 수 있다. 기화가능 액체는 퍼지 가스 내에 비오염 증기를 형성하고, 혼합물은 리소그래픽 투사 장치 내의 광학 구성요소의 오염을 감소 또는 제거하면서, 기판 상의 코팅의 화학적 활성도를 유지하기 위해 사용된다. 퍼지 가스 혼합물 출구는 퍼지 가스 혼합물 발생기에 연결되고, 리소그래픽 투사 장치의 적어도 일부에 퍼지 가스 혼합물을 공급하도록 구성될 수 있다. 퍼지 가스 혼합물 발생기 내의 기화기는 퍼지 가스에 1 ppt(part per trillion)를 초과하는 오염물을 부가하지 않으면서 높은 유량으로 퍼지 가스에 증기를 추가한다. 몇몇 구현예에서, 퍼지 가스 혼합물 발생기 내의 기화기는 리소그래픽 투사 시스템 내의 광학 구성요소의 광학 특성을 열화시키는 약 1 ppb(part per billion)를 초과하는 오염물을 퍼지 가스에 부가하지 않으면서 높은 유량으로 퍼지 가스에 증기를 추가한다.

&lt;6&gt;

본 발명의 태양은 개선된 리소그래픽 투사 장치, 특히, 레지스트의 현상에 영향을 주지 않으면서 퍼지 가스를 사용하여 오염물이 감소될 수 있는 리소그래픽 투사 장치를 제공하는 것이다.

&lt;7&gt;

본 발명의 일 태양에 따라서, 리소그래픽 투사 장치는 패터닝 장치를 지지하도록 구성된 지지 구조체와 방사선 비임을 제공하도록 구성된 조명기를 포함한다. 패터닝 장치는 원하는 패턴에 따라 방사선 비임을 패턴화하도록 구성된다. 기판 테이블은 기판을 보유하도록 구성된다. 투사 시스템은 기판의 타겟 부분 상에 패턴화된 비임을 투사시키도록 구성된다. 적어도 하나의 퍼지 가스 공급 시스템은 리소그래픽 투사 장치의 적어도 일부에 퍼지 가스를 제공하도록 구성된다. 적어도 하나의 퍼지 가스 공급 시스템은 퍼지 가스에 습기를 추가하도록 구성된 기화기를 포함하는 퍼지 가스 혼합물 발생기를 포함할 수 있다. 퍼지 가스 혼합물 발생기는 퍼지 가스 혼합물을 발생시키도록 구성된다. 퍼지 가스 혼합물은 적어도 하나의 퍼지 가스 및 습기를 포함한다. 퍼지 가스 혼합물 출구는 퍼지 가스 혼합물 발생기에 연결되며, 리소그래픽 투사 장치의 적어도 일부에 퍼지 가스 혼합물을 공급하도록 구성된다. 따라서, 습기가 존재하며, 화학제, 예를 들어, 레지스트의 현상제의 활성도는 퍼지 가스 혼합물에 의해 영향을 받지 않는다.

- <8> 본 발명의 또 다른 태양에 따라서, 퍼지 가스 공급 시스템은 퍼지 가스에 습기를 추가하도록 구성된 가습기를 포함하는 퍼지 가스 혼합물 발생기를 포함한다. 퍼지 가스 혼합물 발생기는 퍼지 가스 출구를 포함하면서 습기와 적어도 하나의 퍼지 가스를 포함하는 퍼지 가스 혼합물을 발생시키도록 구성된다. 일 예에서, 퍼지 가스 출구는 리소그래픽 투사 장치의 적어도 일부에 퍼지 가스 혼합물을 공급하도록 구성된다. 본 발명의 일 형태에서, 퍼지 가스 혼합물은 퍼지 가스 및 습기로 구성된 조성물이며, 이 조성물은 리소그래픽 투사 장치 내의 기판 상에 패턴을 형성하도록 방사선과 상호작용하는 광학 구성요소의 광학 특성에 대한 부정적 영향을 갖는 약 1 ppb 미만의 오염물을 포함한다.
- <9> 양호한 구현예에서, 퍼지 가스 혼합물 공급 시스템은 퍼지 가스 소스와, 물 소스와, 퍼지 가스에 습기를 추가하도록 구성된 가습기를 구비하는 퍼지 가스 혼합물 발생기를 포함한다. 또한, 공급 시스템은 선택적으로 물이 가습기에 진입시 또는 그 이전에 가열되도록 물을 위한 가열 장치를 포함한다.
- <10> 본 발명의 일 형태에서, 기화기는 퍼지 가스 공급 시스템을 위한 가습기이며, 리소그래픽 투사 장치는 퍼지 가스 흐름을 포함하는 제1 영역과, 물을 포함하는 제2 영역을 포함하며, 제1 및 제2 영역은 기화가능 액체에 의한 액체 침투에 대해 실질적으로 내성적인 기화기의 가스 투과성 맴브레인에 의해 분리되어 있다. 더욱 바람직하게, 가습기는 제1 단부와 제2 단부를 구비하는 복수의 과불화(perfluorinated) 가스 투과성 열가소성 중공 파이버 맴브레인의 다발을 포함하며, 맴브레인은 외부면과 내부면을 가지고, 내부면은 루멘을 포함하며, 다발의 각 단부는 파이버 단부가 유체 유동에 대해 개방된 주변 과불화 열가소성 하우징을 갖는 단일체형 단부 구조체를 형성하는 액밀식 과불화 열가소성 밀봉부로 포팅(potting)된다. 하우징은 내벽 및 외벽을 구비하고, 내벽은 내벽과 중공 파이버 맴브레인 사이에 유체 유동 체적을 형성하며, 하우징은 퍼지 가스 소스에 연결된 퍼지 가스 입구 및 퍼지 가스 혼합물 출구를 포함한다. 하우징은 물 소스에 연결된 물 입구 및 물 출구를 포함하고, 퍼지 가스 입구가 다발의 제1 단부에 연결되고, 퍼지 가스 혼합물 출구는 다발의 제2 단부에 연결되거나, 물 입구가 다발의 제1 단부에 연결되고 물 출구가 다발의 제2 단부에 연결되며, 퍼지 가스 혼합물은 적어도 하나의 퍼지 가스와 습기를 포함한다.
- <11> 본 발명의 다른 태양에 따라서, 퍼지 가스에 증기를 추가하는 방법은 퍼지 가스에 증기를 추가하기에 충분한 기간 동안 상술한 기화기를 통해 퍼지 가스를 통과시키는 단계를 포함한다. 증기를 포함하는 퍼지 가스는 리소그래픽 투사 장치의 적어도 일부에 제공된다. 일 구현예에서, 증기는 수증기이며, 퍼지 가스에 습기를 추가함으로써 적어도 하나의 퍼지 가스와 습기를 갖는 퍼지 가스 혼합물을 생성하는 단계와, 리소그래픽 투사 장치의 적어도 일부에 퍼지 가스 혼합물을 공급하는 단계를 포함하고, 퍼지 가스 혼합물은 퍼지 가스와 습기를 포함한다. 따라서, 리소그래픽 투사 장치 내에 사용되는 화학제는 퍼지 가스에 의해 영향을 받지 않는다.
- <12> 본 발명의 다른 태양에 따라서, 장치 제조 방법은 방사선 감응성 재료의 층에 의해 적어도 부분적으로 덮여진 기판의 적어도 일부에 상술한 방법을 적용하는 단계와, 방사선 감응성 재료의 층의 타겟 부분 상에 패턴화된 방사선 비임을 투사하는 단계와, 장치 제조 방법에 사용된 구성요소의 표면 부근에 퍼지 가스 혼합물을 공급하는 단계를 포함한다.
- <13> 본 발명의 다른 세부사항, 태양 및 구현예가 첨부 도면을 참조로, 단지 예시로서 설명될 것이다.

### 실시예

- <29> 본 발명의 조성 및 방법을 설명하기 전에, 본 발명은 설명된 특정 분자, 조성, 방법 또는 프로토콜에 한정되지 않는다는 것을 이해하여야 하며, 그 이유는 이들이 변할 수 있기 때문이다. 또한, 본 설명에 사용된 용어는 특정 형태 또는 구현예를 설명하기 위한 것이며, 첨부된 청구범위에 의해서만 한정되는 본 발명의 범주를 제한하기 위한 것은 아니라는 것을 이해하여야 한다.
- <30> 본 명세서 및 첨부된 청구범위에서 사용될 때, 단수형 용어 "일" 및 "그"는 내용상 달리 명시되지 않는 한, 복수에 대한 언급을 포함하는 것임을 주의하여야 한다. 따라서, 예로서, "중공 화이버"라는 기재는 본 기술 분야의 숙련자들에게 공지된 하나 이상의 중공 화이버와 그 등가체들 등을 지칭한다. 달리 명시하지 않는 한, 본 명세서에 사용되는 모든 기술적 및 과학적 용어는 본 기술의 통상적인 지식을 가진 자가 일반적으로 이해하는 바와 동일한 의미를 갖는다. 비록 본 명세서에 설명된 것들과 유사하거나 대등한 임의의 방법 및 재료가 본 발명의 구현예의 실시 또는 시험에 사용될 수 있지만, 이제, 양호한 방법, 장치 및 재료를 설명한다. 본 명세서에 언급된 모든 공보는 참조로 통합되어 있다. 본 명세서의 어떠한 내용도 본 발명이 종래의 발명에 의해 이런 기재를 예상할 자격이 없다는 허가로서 해석되지 않아야 한다.
- <31> 본 발명의 형태들은 퍼지 가스에 증기를 추가하기 위한 장치 및 방법 양자 모두를 제공한다. 비록, 이런 퍼지

가스를 구성하는 증기 또는 퍼지 가스를 포함하는 증기가 리소그래픽 시스템에 특히 유익하지만, 그 용도는 이런 시스템에 한정되지 않는다. 본 발명의 방법에 의한 시스템 내로의 증기의 도입은 퍼지 가스를 오염시킬 수 있는 증기의 도입 방법을 피할 수 있게 한다. 본 발명의 몇몇 형태는 퍼지 가스에 수증기를 추가하기 위한 장치 및 방법을 제공한다. 비록 이런 가습된 퍼지 가스는 리소그래픽 시스템에 특히 유익하지만, 그 용도는 이런 시스템에 한정되지 않는다. 본 발명의 방법에 의한 시스템 내로의 물의 도입은 퍼지 가스를 오염시킬 수 있는 물 도입 방법을 피할 수 있게 한다.

<32> 본 명세서에서 사용된 용어 패터닝 장치는 기판의 타겟 부분에 생성되는 패턴에 대응하는 패턴화된 단면을 갖는 도입 방사선 비임을 부여하기 위해 사용될 수 있는 장치를 지칭하는 것으로 넓게 해석되어야 한다. 또한, 이에 관하여 용어 "라이트 벨브(light valve)"도 사용될 수 있다. 일반적으로, 패턴은 집적 회로 또는 다른 장치(이하 참조) 같은 타겟 부분에 생성되는 장치 내의 특정 기능층에 대응한다. 이런 패터닝 장치의 일 예는 마스크이다. 마스크의 개념은 리소그래피 분야에 잘 알려져 있으며, 이진식(binary), 교번 위상-변이식(alternating phase-shift) 및 감쇠 위상-변이식(attenuated phase-shift)과, 다양한 혼성 마스크 유형을 포함한다. 방사선 비임 내에 이런 마스크를 배치하는 것은 마스크 상의 패턴에 따라 마스크 상에 충돌하는 방사선의 선택적 투과(투과형 마스크의 경우) 또는 반사(반사형 마스크의 경우)를 유발한다. 마스크의 경우, 지지부는 일반적으로 마스크 테이블이며, 이 마스크 테이블은 마스크가 도입 방사선 비임 내의 양호한 위치에 유지되고, 필요한 경우, 비임에 대하여 이동될 수 있는 것을 보증한다.

<33> 패터닝 장치의 다른 예는 프로그램가능한 거울 어레이이다. 이런 어레이의 일 예는 반사면 및 점탄성 제어층을 구비하는 매트릭스-어드레스형 표면이다. 이런 장치의 배경 기본 원리는 예로서, 반사면의 어드레스된 영역이 회절광으로서 입사광을 반사시키는 반면, 어드레스되지 않은 영역은 비회절광으로서 입사광을 반사한다. 적절한 필터를 사용하면, 비회절광은 반사된 비임으로부터 필터링될 수 있고, 회절광만이 뒤에 남겨진다. 이 방식으로, 비임은 매트릭스-어드레스형 표면의 어드레싱 패턴에 따라 패턴화된다. 프로그램가능한 거울 어레이의 대안 구현 예는 소형 거울(tiny mirror)의 매트릭스 배열을 사용하며, 소형 거울 각각은 적절한 국지화된 전기장의 인가에 의해, 또는, 압전 작동기를 사용함으로써 축에 대하여 독립적으로 경사질 수 있다. 역시, 거울은 어드레스된 거울이 어드레스되지 않은 거울과는 다른 방향으로 도입 방사선 비임을 반사하도록 매트릭스 어드레스 가능(matrix-addressable)하다. 이 방식으로, 반사된 비임은 매트릭스 어드레스가능 거울의 어드레싱 패턴에 따라 패턴화된다. 필요한 매트릭스 어드레싱(matrix addressing)은 적절한 전자장치를 사용하여 수행될 수 있다. 상술한 상황 양자 모두에서, 패터닝 장치는 하나 이상의 프로그램가능한 거울 어레이를 포함할 수 있다. 본 명세서에서 언급되는 거울 어레이에 대한 추가 정보는 예로서, 미국 특허 제5,296,891호 및 제5,523,193호와, PCT 공보 제WO 98/38597호 및 제WO 98/33096호에서 찾을 수 있다. 프로그램가능한 거울 어레이의 경우에, 지지 구조는 예로서, 고정되거나 이동가능할 수 있는 프레임 또는 테이블로서 구현될 수 있다.

<34> 패터닝 장치의 다른 예는 프로그램가능한 LCD 어레이이다. 이런 구성의 일 예는 미국 특허 제5,229,872호에 제공되어 있다. 상술한 바와 같이, 이 경우의 지지 구조는 예로서, 고정되거나 이동가능할 수 있는 프레임 또는 테이블로서 구현될 수 있다.

<35> 간결성을 위해, 본 명세서의 나머지 부분은 특정 위치에서, 마스크 및 마스크 테이블 같은 리소그래픽 장치를 수반하는 예를 특정하여 다룬다. 그러나, 이런 예에 설명된 일반적 원리는 퍼지 가스에 대한 증기의 추가, 예로서, 본 명세서에 설명된 바와 같이 퍼지 가스를 가습하기 위해 퍼지 가스 발생기를 사용하여 수증기의 추가하는 것의 보다 넓은 범위에서 고찰되어야 한다.

<36> 리소그래픽 투사 장치는 예로서, 집적 회로(IC)의 제조에 사용될 수 있다. 이런 경우에, 패터닝 장치는 IC의 개별층에 대응하는 회로 패턴을 발생시킬 수 있으며, 이 패턴은 방사선-감응 재료(레지스트)의 층으로 코팅되어 있는 기판(실리콘 웨이퍼) 상의 (예를 들어, 하나 이상의 다이를 포함하는) 타겟 부분 상에 이미징될 수 있다. 본 발명의 몇몇 형태에서, 단일 웨이퍼는 한번에 하나씩 투사 시스템을 통해 연속적으로 조사되는 인접 타겟 부분들의 전체 네트워크를 포함한다. 마스크 테이블 상의 마스크에 의한 패터닝을 사용하는 현용의 장치에서, 두 가지 다른 유형의 기계 사이의 구별이 이루어질 수 있다. 한가지 유형의 리소그래픽 투사 장치에서, 각 타겟 부분은 한번에 타겟 부분 상으로 전체 마스크 패턴을 노출시킴으로써 조사된다. 이런 장치는 일반적으로 웨이퍼 스템퍼(wafer stepper)라 지칭된다. 일반적으로 스텝-엔-스캔(step-and-scan) 장치라 지칭되는 다른 장치에서, 주어진 기준 방향("스캐닝" 방향)의 방사선 비임 하에서 마스크 패턴을 점진적으로 스캐닝하면서, 동시에, 이 방향에 평행하게 또는 반평행하게 기판 테이블을 스캐닝함으로써 각 타겟 부분이 조사된다. 일반적으로, 투사 시스템이 배율 인자(M)(일반적으로 <1>)를 갖기 때문에, 기판 테이블이 스캐닝되는 속도(V)는 마스크 테이블이 스캐닝되는 속도에 인자(M)를 곱한 것이 된다. 본 명세서에 설명된 리소그래픽 장치에 관한 추가 정보는 예

로서, 미국 특허 제6,046,792호로부터 찾을 수 있다.

- <37> 리소그래픽 투사 장치를 사용하는 공지된 제조 공정에서, (예를 들어, 마스크 내의) 패턴은 방사선 감응성 재료(레지스트)의 층에 의해 적어도 부분적으로 덮여져 있는 기판 상에 이미징된다. 이러한 이미징 이전에, 기판은 프라이밍(priming), 레지스트 코팅 및 소프트 베이크(soft bake) 같은 다양한 처리를 받을 수 있다. 노광 이후, 기판은 노광후 베이크(post-exposure bake; PEB), 현상, 하드 베이크 및 이미징된 특징부의 측정/검사 같은 다른 처리를 받을 수 있다. 이러한 처리의 배열은 장치, 예를 들어, IC의 개별층을 패턴화하기 위한 기초로서 사용된다. 그후, 이런 패턴화된 층은 에칭, 이온 주입(도핑), 금속화, 산화, 화학-기계 연마 등 같은 다양한 처리를 받을 수 있으며, 이런 다양한 처리 모두는 개별 층의 처리를 완료하기 위한 것들이다. 다수의 층이 필요한 경우, 이때, 전체 절차 또는 그 변형이 각 새로운 층을 위해 반복될 것이다. 다양한 적층된 층의 중첩 배치[병치(juxtaposition)]는 다층 장치 구조가 제조될 수 있게 한다. 이를 위해 웨이퍼 상의 하나 이상의 위치에 작은 기준 마크가 제공되어 웨이퍼 상의 좌표 시스템의 원점을 형성한다. 기판 홀더 위치설정 장치와 함께 광학 및 전자 장치의 사용(이하, "정렬 시스템"이라 지칭됨)은 그후, 이 마크가 새로운 층이 기존 층 상에 병치되어야 할 때 재배치될 수 있게 하고, 정렬 기준으로서 사용될 수 있게 한다. 결국, 장치의 어레이가 기판(웨이퍼) 상에 제공될 것이다. 그후, 이를 장치는 다이싱 또는 소잉(sawing) 같은 기술에 의해 서로 분리되고, 그로부터, 개별 장치가 캐리어 상에 장착되거나, 펀에 연결되는 등의 조치가 이루어질 수 있다. 이런 처리에 관한 추가 정보는 예를 들어, 서적 "마이크로칩 제조: 반도체 처리에 대한 실용 안내서(Microchip Fabrication: A Practical Guide to Semiconductor Processing)[3판, 페터 판 잔트(Peter van Zant) 저, 맥그로우 힐 출판사(McGraw Hill Publishing Co.), 1997년, ISBN 0-07-067250-4]"으로부터 얻어질 수 있다.
- <38> 간결성을 위해, 투사 시스템은 이하에서 "렌즈"라 지칭된다. 그러나, 이 용어는 예를 들어, 굴절 광학장치, 반사 광학장치 및 반사굴절 시스템(catadioptric system)을 포함하는 다양한 유형의 투사 시스템을 포함하는 것으로 넓게 해석되어야 한다. 또한, 방사 시스템은 방사선 비임의 안내, 성형 또는 제어를 위한 이들 디자인 유형 중 임의의 것에 따라 동작하는 구성요소를 포함할 수 있으며, 또한 이런 구성요소도 이하에서, 총체적으로 또는 단일체로서 "렌즈"라 지칭될 수 있다. 또한, 리소그래픽 장치는 둘 이상의 기판 테이블(및/또는 둘 이상의 마스크 테이블)을 갖는 유형으로 이루어질 수 있다. 이런 "다중 스테이지" 장치에서, 하나 이상의 다른 테이블이 노광을 위해 사용되고 있는 동안, 부가적인 테이블은 하나 이상의 테이블 상에 수행될 수 있는 별별적 또는 예비적 단계에 사용될 수 있다. 이중 스테이지 리소그래픽 장치는 예로서, 미국 특허 제5,969,441호 및 미국 특허 제6,262,796호에 설명되어 있다.
- <39> 비록, 본 명세서에서 IC의 제조시 본 발명에 따른 장치의 사용에 관하여 특정하게 언급하지만, 이런 장치는 다수의 다른 가능한 용례를 가진다는 것을 분명히 이해하여야 한다.
- <40> 예로서, 이는 자기 도메인 메모리, 액정 디스플레이 패널, 박막 자기 헤드 등을 위한 통합형 광학 시스템, 안내 및 검출 패턴의 제조에 사용될 수 있다. 본 기술의 통상적인 지식을 가진자는 이런 대안적 용례에 관하여, 본 명세서에서의 임의의, 용어 "레티클(reticle)", "웨이퍼" 또는 "다이"의 사용은 각각, 보다 일반적인 용어 "마스크", "기판" 및 "타겟 부분"으로 대체되는 것으로 고려하여야 한다.
- <41> 본 명세서에서, 용어 "방사선" 및 "비임"은 기판 상의 레지스트를 패턴화하기 위해 사용되는 모든 유형의 전자기 방사선을 포함하기 위해 사용된다. 이들은 x-레이, 자외(UV) 방사선(예를 들어, 365 nm, 248 nm, 193 nm, 157 nm 또는 126 nm의 광장을 가짐), 및 극자외(EUV) 방사선(예를 들어, 5~20 nm 범위의 광장을 가짐)과, 이온 비임이나 전자 비임 같은 입자 비임을 포함할 수 있다.
- <42> 도1은 본 발명의 구현예에 따른 리소그래픽 투사 장치(1)를 개략적으로 도시한다. 장치(1)는 베이스 플레이트(BP)를 포함한다. 또한, 이 장치는 방사선 소스(LA)(예를 들어, EITV 방사선)를 포함할 수 있다. 제1 대상물(마스크) 테이블(MT)은 마스크(MA)(예를 들어, 레티클)를 보유하도록 구성된 마스크 홀더를 구비하며, 투사 시스템 또는 렌즈(PL)에 대하여 마스크를 정확하게 배치하는 제1 위치설정 장치(PM)에 연결되어 있다. 제2 대상물(기판) 테이블(WT)은 기판(W)(예를 들어, 레지스트-코팅된 실리콘 기판)을 보유하도록 구성된 기판 홀더를 구비하며, 투사 시스템(PL)에 대하여 기판을 정확하게 배치하는 제2 위치설정 장치(PL)에 연결된다. 투사 시스템 또는 렌즈(PL)(예를 들어, 거울 그룹)는 마스크(MA)의 조사된 부분을 기판(W)의 타겟 부분(C)(예를 들어, 하나 이상의 다이를 포함) 상에 이미징하도록 구성된다.
- <43> 본 명세서에서 언급된 바와 같이, 이 장치는 반사형으로 이루어진다(즉, 반사 마스크를 구비한다). 그러나, 일반적으로, 이는 예로서, 투과 마스크를 구비하는 투과형으로 이루어질 수도 있다. 대안적으로, 장치는 상술한 바와 같은 유형의 프로그램 가능한 거울 어레이 같은 다른 종류의 패터닝 장치를 사용할 수 있다. 소스(LA)(예

를 들어, 방전 또는 레이저-생성 플라즈마 소스)는 방사선을 생성한다. 이 방사선은 직접적으로, 또는, 예로서, 비임 확장기(EX) 같은 조정 장치(conditioning device)를 통과한 이후에 조명 시스템(조명기)(IL) 내로 공급된다. 조명기(IL)는 비임 내의 강도 분포의 외부 및/또는 내부 방사상 범위(통상적으로, 각각 s-외부 및 s-내부라 지칭됨)를 설정하는 조절 장치(AM)를 포함할 수 있다. 부가적으로, 이는 일반적으로, 인테그레이터(IN) 및 콘덴서(CO) 같은 다양한 다른 구성요소를 포함한다. 이 방식으로, 마스크(MA) 상에 충돌하는 비임(PB)은 그 단면에서 원하는 균일도 및 강도 분포를 갖는다.

<44> 도1에 관하여, 소스(LA)는 소스(LA)가 예로서 수은 램프일 때 자주 적용되는 바와 같이 리소그래픽 투사 장치의 하우징 내에 존재할 수 있지만, 소스는 리소그래픽 투사 장치로부터 이격될 수도 있다는 것을 주의하여야 한다. 소스가 생성하는 방사선은 장치 내로 인도된다. 이 후자의 시나리오는 소스(LA)가 액시미 레이저인 경우에 자주 적용된다. 본 발명은 이를 시나리오 양자 모두를 포함한다.

<45> 후속하여, 비임(PB)은 마스크 테이블(MT) 상에 보유된 마스크(MA)에 의해 가로막혀진다. 마스크(MA)를 횡단하고 나면, 비임(PB)은 기판(W)의 타겟 부분(C) 상에 비임(PB)을 접속하는 렌즈(PL)를 통과한다. 제2 위치설정 장치(PW) 및 간섭계(IF)의 도움으로, 기판 테이블(WT)은 예를 들어, 비임(PB)의 경로 내에 다른 타겟 부분(C)을 배치하도록 정확하게 이동될 수 있다. 유사하게, 제1 위치설정 장치(PM)는 예를 들어, 마스크 라이브러리로부터의 마스크(MA)의 기계적 회수 이후 또는 스캐닝 동안, 비임(PB)의 경로에 관하여 마스크(MA)를 정확하게 배치하도록 사용될 수 있다. 일반적으로, 대상물 테이블(MT, WT)의 이동은 도1에 명시적으로 도시되어 있지 않은 장행정 모듈(long-stroke module; 거친 위치설정) 및 단행정 모듈(short-stroke module; 미세 위치설정)의 도움으로 실현될 것이다. 그러나, (스텝 및 스캔 장치와는 반대로) 웨이퍼 스템페의 경우에, 마스크 테이블(MT)은 단행정 작동기에만 연결되거나, 고정될 수 있다. 마스크(MA) 및 기판(W)은 마스크 정렬 마크(M1, M2)와 기판 정렬 마크(P1, P2)를 사용하여 정렬될 수 있다.

<46> 도시된 장치는 두 가지 다른 모드에서 사용될 수 있다. (1) 스텝 모드에서, 마스크 테이블(MT)이 실질적으로 정지 상태로 유지되고, 전체 마스크 이미지가 타겟 부분(C) 상으로 한번에, 즉, 단일 "플래시(flash)" 투사 된다. 그후, 다른 타겟 부분(C)이 비임(PB)에 의해 조사될 수 있도록 기판 테이블(WT)이 X 및/또는 Y 방향으로 이동된다. (2) 스캔 모드에서, 주어진 타겟 부분(C)이 단일 "플래시"에 노출되지 않는 것을 제외하면 실질적으로 동일한 시나리오가 적용된다. 대신, 마스크 테이블(MT)이 속도(v)로 주어진 방향(소위 "스캔 방향", 예를 들어, Y 방향)으로 이동될 수 있으며, 그래서, 방사선의 비임(PB)은 마스크 이미지에 걸쳐 스캔하게 된다. 동시에, 기판 테이블(WT)이 속도 V=Mv로 동일 또는 반대 방향으로 동시에 이동되며, 여기서, M은 렌즈(PL)의 배율(통상적으로, M=1/4 또는 1/5)이다. 이 방식으로, 해상도를 훼손시키지 않고 비교적 큰 타겟 부분(C)이 노광될 수 있다.

<47> 도2는 도1의 리소그래픽 투사 장치(1)에 사용될 수 있는 투사 시스템(PL) 및

<48> 방사 시스템(2)을 도시한다. 방사 시스템(2)은 조명 광학장치 유닛(4)을 포함한다. 또한, 방사 시스템(2)은 소스-콜렉터 모듈 또는 방사 유닛(3)을 포함할 수 있다. 방사 유닛(3)은 방전 플라즈마에 의해 형성될 수 있는 방사선 소스(LA)를 구비한다. 방사선 소스(LA)는 전자기 스펙트럼의 EUV 범위에서 방사선을 방출하도록 매우 고온의 플라즈마가 생성될 수 있는 Xe 가스 또는 Li 증기 같은 가스 또는 증기를 사용할 수 있다. 매우 고온의 플라즈마는 전기 방전의 부분적으로 이온화된 플라즈마가 광학 측(0) 상으로 붕괴되게(collapse)함으로써 생성된다. 방사선의 효율적 생성을 위해 Xe, Li 증기 또는 임의의 다른 적절한 가스나 증기의 0.1 mbar의 분압이 필요할 수 있다. 방사선 소스(LA)에 의해 방출된 방사선은 소스 챔버(7)로부터 가스 배리어 구조체 또는 "포일 트랩(foil trap)"(9)을 거쳐 콜렉터 챔버(8)로 통과한다. 가스 배리어 구조체(9)는 예로서, 미국 특허 제 6,862,075호 및 미국 특허 제6,359,969호에 상세히 설명된 것 같은 채널 구조를 포함한다.

<49> 콜렉터 챔버(8)는 예각 입사 콜렉터(grazing incidence collector)일 수 있는 방사선 콜렉터(10)를 포함한다. 콜렉터(10)를 통과한 방사선은 콜렉터 챔버(8) 내의 개구에서 가상 소스 지점(12; virtual source point)에 접속되도록 격자 스펙트럼 필터(11) 외부로 반사된다. 챔버(8)로부터, 투사 비임(16)은 조명 광학장치 유닛(4) 내에서 수직 입사 리플렉터(13, 14)를 거쳐 레티클이나 마스크 테이블(MT) 상에 배치된 레티클 또는 마스크 상으로 반사된다. 패턴화된 비임(17)이 형성되고, 이는 투사 시스템(PL) 내에서 반사 요소(18, 19)를 거쳐 웨이퍼 스테이지 또는 기판 테이블(WT) 상으로 이미징된다. 일반적으로 조명 광학장치 유닛(4) 및 투사 시스템(PL) 내에는 도시된 바 보다 많은 요소가 존재한다.

<50> 도2에 도시된 바와 같이, 리소그래픽 투사 장치(1)는 퍼지 가스 공급 시스템(100)을 포함한다. 퍼지 가스 공급 시스템(100)의 퍼지 가스 출구(130-133)는 도2에 도시된 바와 같이, 반사기(13, 14)와 반사 요소(18, 19) 부근에서 조명 광학장치 유닛(4) 및 투사 시스템(PL) 내에 배치된다. 그러나, 필요시, 장치의 다른 부분도 퍼지 가

스 공급 시스템을 구비할 수 있다. 예로서, 리소그래픽 투사 장치의 하나 이상의 센서 및 레터클이 퍼지 가스 공급 시스템을 구비할 수 있다.

<51> 도1 및 도2에서, 퍼지 가스 공급 시스템(100)은 리소그래픽 투사 장치(1) 내측에 배치된다. 퍼지 가스 공급 시스템(100)은 장치(1) 외측의 임의의 장치를 사용하여 특정 예에 적합한 임의의 방식으로 제어될 수 있다. 그러나, 리소그래픽 투사 장치(1)의 외측에 퍼지 가스 공급 시스템(100)의 적어도 일부 예로서, 퍼지 가스 혼합물 발생기(120)를 배치하는 것도 가능하다.

<52> 도3은 퍼지 가스 공급 시스템(100)의 일 구현예를 도시한다. 퍼지 가스 입구(110)는 실질적으로 습기가 없는 건조 가스를 공급하는 퍼지 가스 공급 장치(미도시), 예로서, 가압 가스 공급 회로, 압축 건조 공기, 질소, 헬륨 또는 다른 가스를 구비한 실린더에 연결된다. 건조 가스는 퍼지 가스 혼합물 발생기(120)를 통해 공급된다. 퍼지 가스 혼합물 발생기(120)에서, 건조 가스는 후술된 바와 같이 추가 정화된다. 또한, 퍼지 가스 혼합물 발생기(120)는 퍼지 가스 혼합물을 형성하기 위해 퍼지 가스에 증기를 추가하는 기화기(150)를 포함한다. 예로서, 본 발명의 일 형태에서, 기화기는 퍼지 가스 혼합물 출구(130)를 위해 건조 가스에 습기를 추가하는 가습기(150)이다. 본 구현예에 도시된 바와 같이 다른 퍼지 가스 출구(131, 132)는 가습기(150)에 연결되지 않는다. 퍼지 가스 발생기의 다른 구현예에서 퍼지 가스 출구 및 퍼지 가스 혼합물 출구의 다양한 조합이 존재할 수 있다. 따라서, 퍼지 가스 혼합물 출구(130)에서, 퍼지 가스와 습기를 포함하는 퍼지 가스 혼합물이 존재하는 반면, 다른 퍼지 가스 출구(131, 132)에는 단지 건조 퍼지 가스만이 존재한다. 그에 의해, 퍼지 가스 혼합물은 웨이퍼 테이블(WT) 같은, 습기 같은 증기를 필요로하는 화학제를 구비하는 표면 바로 부근에 제공되는 반면, 리소그래픽 투사 장치(1)의 다른 부분은 증기 같은 습기가 없는 건조 퍼지 가스가 제공될 수 있다. 그럼에도 불구하고, 본 발명은 발생기의 단 하나의 출구가 퍼지 가스 혼합물을 공급하는 퍼지 가스 혼합물 발생기에 한정되지 않는다.

<53> 또한, 증기 같은 습기가 퍼지 가스에 추가되기 때문에, 증기의 순도 또는 농도 같은 퍼지 가스 혼합물의 특성이 양호한 정확도로 제어될 수 있다. 예로서, 양호한 정확도는 퍼지 가스, 기화가능한 액체 또는 이들의 조합의 온도를 약  $\pm 1^{\circ}\text{C}$  이하까지 제어함으로써 달성될 수 있는 퍼지 가스 혼합물을 형성하기 위한 퍼지 가스 내의 증기의 농도일 수 있다. 퍼지 가스 내의 증기의 농도는 가스가 액체 내로 침입하지 않고 퍼지 가스 내의 증기 농도가 약 5% 이하 이내로 실질적으로 일정하도록 가스와 액체 사이의 압력을 유지함으로써 제어될 수 있다. 퍼지 가스 내의 증기의 농도는 퍼지 가스 혼합물이 형성되는 시간 동안, 퍼지 가스 내의 증기의 농도가 실질적으로 일정하도록, 예로서, 퍼지 가스 내의 증기 농도가 약 5% 이하만큼 변하도록, 몇몇 형태에서는 1% 이하만큼 변하도록, 그리고, 또 다른 형태에서는 퍼지 가스 혼합물 내의 증기의 농도가 약 0.5% 미만으로 변하도록, 온도, 압력, 퍼지 가스 유량 또는 이들의 임의의 조합을 제어함으로써 유지될 수 있다.

<54> 퍼지 가스 혼합물 내의 습기의 농도는 기화기 내로의 퍼지 가스의 유량, 퍼지 가스 혼합물과 혼합된 희석 퍼지 가스의 유량 또는 이들의 임의의 조합을 5% 이하만큼 변하는 증기 농도를 달성하도록 제어함으로써 달성되는 것일 수 있다.

<55> 몇몇 형태에서, 퍼지 가스 내의 습기의 농도는 퍼지 가스 압력을 약 5 psig(0.034 Mpag) 이상 초과하는 기화가능한 액체 압력에 의해 제어될 수 있다. 퍼지 가스와 액체 사이의 압력차는 약 5% 이하의 반복성을 갖는, 그리고, 몇몇 형태에서는 약  $\pm 0.5$  미만의 반복성을 갖는 하나 이상의 압력 규제기에 의해 제어될 수 있다.

<56> 가습기의 하류의 습기 프로브로부터의 출력은 기화기 내의 퍼지 가스 또는 기화가능 액체 압력을 조절하도록, 기화기 내의 기화가능 액체 또는 퍼지 가스의 온도를 조절하도록, 퍼지 가스 혼합물에 추가된 희석 퍼지 가스의 양을 조절하도록, 또는, 이들의 조합을 본 발명의 몇몇 형태에서는 5% 미만만큼 변하는 증기 농도, 몇몇 형태에서는 1% 미만만큼 변하는 증기 농도, 또 다른 형태에서는 0.5% 미만만큼 변하는 증기 농도를 제공하는 퍼지 가스 혼합물을 형성하도록 퍼지 가스 내의 증기의 양을 달성할 수 있도록 조절하도록 제어 루프 내의 조절기와 함께 사용될 수 있다. 퍼지 가스 또는 퍼지 가스 혼합물의 온도를 투사 장치 내의 광학 요소의 열 팽창 또는 수축을 최소화하고 굴절 지수의 변화를 감소시키는 리소그래픽 공정 공차 이내의 온도 범위로 유지하는 것이 바람직할 수 있다. 퍼지 가스 혼합물 내의 증기의 농도를 갑섭 측정 결과 및 굴절 지수의 변화를 최소화하도록 이들 범위 이내로 유지하는 것이 바람직할 수 있다. 시스템의 기화기는 유연하고, 예로서, 물의 경우에, 기화기는 퍼지 가스 혼합물 내에 존재하는 수증기의 양을 퍼지 가스에 더 많거나 적은 수증기를 추가함으로써 쉽게 조절될 수 있게 하는 것이 바람직하다.

<57> 증기가 수증기인 도15에 예시된 바와 같이, 기화기의 온도 및 유량을 변경함으로써, 증기 농도는 기화기를 통한 퍼지 가스 유량에 실질적으로 독립적인 범위로 제어될 수 있다. 몇몇 형태에서, 증기 농도는 퍼지 가스 혼합물

내의 증기 농도의 약 5% 미만으로, 몇몇 구현예에서는 약 1% 미만으로, 그리고 또 다른 구현예에서는 약 0.5% 미만으로 제어될 수 있다. 도15에 도시된 바와 같이, 본 발명의 형태의 기화기는 약 6314 ppm 중 약 40 slm 흐름의 수증기 농도, 약 6255 ppm 중 약 80 slm의 습기 농도 및 약 6286 ppm 중 약 120 slm의 습기 농도를 갖는 퍼지 가스 혼합물을 제공할 수 있다. 이 실질적으로 일정한 습기 농도는 기화기를 통한 퍼지 가스의 유량에 걸쳐 약 0.5% 미만만큼 변한다.

<58> 퍼지 가스 혼합물 발생기(120)의 몇몇 형태에서, 발생기는 흐름 방향으로, 정화기 장치(128), 유량계(127), 밸브(125), 리듀서(reducer; 129), 열교환기(126) 및 가습기(150)를 포함할 수 있다.

<59> 퍼지 가스를 위한 가스 소스는 퍼지 가스 입구(110)를 거쳐 정화기 장치(128)에 공급될 수 있다. 예로서, CDA 소스(미도시)로부터의 압축 건조 공기(CDA)는 퍼지 가스 입구(110)를 거쳐 정화기 장치(128)에 공급될 수 있다. CDA는 정화기(128)에 의해 정화된다. 정화기(128)는 두 개의 병렬 흐름 가지부(128A, 128B)를 포함하며, 이들 병렬 흐름 가지부 각각은 흐름 방향으로 자동 밸브(1281 또는 1282)와, 재생가능한 정화기 장치(1283 또는 1284)를 포함한다. 재생가능한 정화기 장치(1283, 1284)는 각각 별개로, 그리고 독립적으로 각각의 정화기 장치(1283, 1284)를 가열하여 재생하기 위한 가열 요소를 구비한다. 예로서, 하나의 정화기는 퍼지 가스를 생성하기 위해 사용될 수 있고, 다른 정화기는 재생되는 오프-라인이다. 흐름 가지부는 가스 순도 센서(1286)에 의해 제어될 수 있는 셋오프 밸브(1285)에 정화기 장치(1283, 1284)이 하류에서 연결된다.

<60> 정화기가 재생가능하기 때문에, 시스템은 정화기가 퍼지 가스로부터 제거된 화합물로 포화되는 경우 개별적으로 정화기를 재생함으로써 장기간 동안 사용될 수 있다. 재생가능한 정화기는 임의의 적절한 유형으로 이루어질 수 있으며, 예로서, 숯 필터 내에서 발생하는 비재생가능한 화학적 프로세스와는 반대로, 흡수, 촉매 등 같은 물리적 프로세스에 의해 가스의 외부로 오염 화합물 또는 입자를 제거하는 재생가능한 필터일 수 있다. 일반적으로, 재생가능한 정화기는 유기 물질을 함유하지 않으며, 재생가능한 정화기는 통상적으로, 제올라이트, 티타늄 산화물, 갈륨 또는 팔라듐 화합물 등을 포함하는 금속 같은 정화 가스의 오염물을 물리적으로 속박하기에 적합한 재료를 포함한다. 양호한 정화기는 마이크롤리스사(Mykrolis Corp.)[현재 엔테그리스, 인크.(Entegris, Inc.)]로부터 입수할 수 있는 아에로넥스 이너트(AeroneX Inert) 또는 XCDA 정화기(CE-70KF-I, O 또는 N) 같은 불활성 가스 및 산소-공존가능 정화기이다. 본 발명의 몇몇 형태에서, 적절한 정화기는 1 ppt(part per trillion) 미만의, 탄화수소, NOx 등 같은 오염물을 정화 가스에 제공한다.

<61> 정화기 장치(1283, 1284)는 청정 건조 공기(clean dry air; CDA) 또는 기타 가스가 정화되는 정화 상태와, 재생 상태로 교번적으로 배치될 수 있다. 재생 상태에서, 정화기 장치는 각각의 가열 요소에 의해 재생된다. 따라서, 예로서, 정화기 장치(1283)가 CDA를 정화하는 동안, 정화기 장치(1284)는 개별적으로, 그리고, 독립적으로 재생된다. 따라서, 정화기 장치(128)는 일정한 수준의 가스 정화를 유지하면서 연속적으로 동작할 수 있다.

<62> 자동 밸브(1281, 1282)는 대응 정화기 장치(1283, 1284)의 동작에 따라 동작된다. 따라서, 정화기 장치(1283 또는 1284)가 재생될 때, 대응 밸브(1281 또는 1282)가 폐쇄된다. 정화기 장치(1283 또는 1284)가 정화를 위해 사용될 때, 대응 밸브(1281 또는 1282)가 개방된다.

<63> 일 구현예에서, 정화된 CDA 같은 정화된 가스는 순도 센서(1286)에 의해 제어되는 셋오프 밸브(1285)를 통해 공급된다. 순도 센서(1286)는 정화된 CDA의 순도가 지정된 임계값 미만일 때 자동으로 셋오프 밸브(1285)를 폐쇄한다. 따라서, 불충분한 순도 레벨을 갖는 퍼지 가스에 의한 리소그래픽 투사 장치(1)의 오염이 자동으로 방지된다.

<64> 정화된 CDA의 흐름은 유량계(127)를 통해 감시된다. 밸브(125)는 흐름을 수동으로 차단하기 위해 사용될 수 있다. 리듀서(129)는 리듀서의 출구에서 안정한 압력을 제공하며, 따라서, 안정한 퍼지 가스 압력이 규제부(143-145)[열 교환기(126)를 거쳐]에 제공될 수 있다.

<65> 열 교환기(126)는 실질적으로 일정한 온도로 정화된 CDA를 제공한다. 열 교환기(126)는 특정 예를 위해 적합한 가스 온도를 달성하기 위해 정화된 CDA 같은 정화된 가스에 열을 추가 또는 추출한다. 리소그래픽 투사 장치에서, 예로서, 안정한 처리 조건이 사용되고, 열 교환기는 따라서, 일정한 또는 시간에 걸친 지정된 좁은 온도 범위 이내인 가스 온도를 갖도록 정화된 CDA의 온도를 안정화할 수 있다. 예로서, 리소그래픽 용례에서, 퍼지 가스 출구에서 퍼지 가스를 위한 적절한 조건은 20 내지 30 slm(standard liters per minute)의 유동 및/또는 약 22°C의 퍼지 가스의 온도 및/또는 30 내지 60% 범위의 상대 습도일 수 있다. 그러나, 본 발명은 이들 조건에 한정되지 않으며, 이들 파라미터를 위한 다른 값이 본 발명에 따른 시스템에 사용될 수 있다. 열 교환기는 기화기 내의 기화가능 액체로부터의 증기의 업테이크(uptake)를 변경하도록 퍼지 가스의 온도를 조정하기 위해 사

용될 수 있다.

- <66> 열 교환기(126)는 규제부(143-145)를 거쳐 퍼지 가스 출구(130-132)에 연결될 수 있다. 규제부(143-145)는 퍼지 가스 출구(130-132) 각각에서 원하는 고정된 퍼지 가스 유동 및 압력이 얻어지도록 가스 유동을 제한하기 위해 사용될 수 있다. 퍼지 가스 출구에서의 퍼지 가스 압력을 위한 적절한 값은 예로서, 100 mbar일 수 있다. 퍼지 가스 출구(131-132)와 퍼지 가스 혼합물 출구(130) 각각에서 조절가능한 가스 유동을 제공하기 위해 조절 가능한 규제부를 사용할 수도 있다.
- <67> 기화기, 예로서, 가습기(150)는 퍼지 가스 출구(130)와 규제부(143) 사이에서 열 교환기 하류에 연결된다. 퍼지 가스 혼합물 출구(130)는 도1 및 도2의 예에서, 웨이퍼 테이블(WT) 부근에 제공된다. 가습기(150)는 정화된 CDA에 습기 또는 수증기를 추가하고, 따라서, 출구(130)에 퍼지 가스 혼합물을 제공한다. 본 예에서, 단지 단일 출구에서만 퍼지 가스 혼합물이 배출된다. 그러나, 예로서, 다수의 퍼지 가스 출구를 별개의 가습기에 연결하거나, 둘 이상의 출구를 동일 가습기에 연결함으로써 둘 이상의 퍼지 가스 출구로 퍼지 가스 혼합물을 배출할 수도 있다. 도3에 도시된 것과는 다른 퍼지 가스 혼합물 발생기 내의 위치에 가습기 같은 기화기가 제공될 수도 있다. 예로서, 가습기(150)는 밸브(143)와 퍼지 가스 출구(130) 사이 대신 밸브(143)와 퍼지 가스 혼합물 발생기(120) 사이에 배치될 수 있다. 가습기 또는 다른 기화기(150)는 유동 규제부로서도 동작 또는 작용할 수 있으며, 필요시, 가습기(150)에 연결된 규제부(130)가 생략될 수 있다.
- <68> 가습기(150)는 예로서, 도4에 도시된 바와 같이 구현될 수 있다. 그러나, 가습기(150)는 다르게 구현될 수도 있으며, 예로서, 퍼지 가스의 유동 내로 유체를 기화시키는 기화기를 포함할 수 있다.
- <69> 도4에 도시된 가습기(150)는 예로서, 고 순도 물 같은 기화가능 액체(154)로 액체 레벨(A)까지 충전되는 액체 용기(151)를 포함한다. 가스 입구(1521)[이하, "습식 가스 입구(1521)"]는 액체 레벨(A) 미만인 액체(154) 내에 침지된 상태로 마운딩(mounding) 배치된다. 다른 가스 입구(1522)[이하, "건조 가스 입구(1522)"]는 액체(154)로 충전되지 않은 액체 용기(151)의 일부 내부인 액체 레벨(A) 위로 마운딩 배치된다. 가스 출구(153)는 액체(154) 위의 액체 용기(153)의 부분을 퍼지 가스 공급 시스템(100)의 다른 부분과 연결한다. 이 기화기 형태에서, 퍼지 가스, 예를 들어, 정화된 압축 건조 공기는 습식 가스 입구(1521)를 거쳐 액체 용기(151) 내로 공급된다. 따라서, 퍼지 가스의 기포(159)가 액체(154) 내에 발생된다. 부력으로 인해, 기포(159)는 도4에 화살표(B)로 표시된 바와 같이, 액체(154) 내에서의 마운딩 이후, 상향 이동한다. 이론에 구속되지 않고, 이 상향 이동 기간 동안 액체(154)로부터의 습기가 예로서, 확산 프로세스로 인해 기포(159)에 진입한다. 따라서, 기포(159) 내의 퍼지 가스는 습기와 혼합된다. 액체의 표면에서, 즉, 액체 레벨(A)에서, 기포(159)는 그 가스상 혼합물을 액체(154) 위의 액체 용기(151) 내에 존재하는 가스(들)에 공급한다. 결과적인 퍼지 가스 혼합물은 가스 출구(153)를 거쳐 용기로부터 배출된다.
- <70> 습식 가스 입구(1521)는 도3의 퍼지 가스 혼합물 발생기(120) 같은 퍼지 가스 공급 장치(미도시)에 액체 용기(151) 외측에서 연결된 외측 단부를 구비한 관형 요소이다. 증기 함유 또는 습식 가스 입구(1521)는 액체 용기(151)의 내측에 배치된 내측 단부에서 작은, 예로서, 0.5  $\mu\text{m}$ 의 통로를 구비한 필터 요소(1525)를 구비한다. 필터 요소(1525)는 적어도 부분적으로, 본 구현예에서는 전체적으로, 액체(154) 내에 배치된다. 따라서, 습식 가스 입구(1521)는 다량의 매우 작은 퍼지 가스의 기포를 발생시킨다. 그 작은 크기(예를 들어, 약 0.5  $\mu\text{m}$ ) 때문에, 기포(159)는 비교적 짧은 시간 기간, 즉, 액체(154)를 통한 비교적 짧은 이동 거리 내에 포화상태까지 가습된다.
- <71> 건조 가스 입구(1522)는 습식 가스 입구(1521)의 필터 요소와 유사한 필터 요소(1524)를 구비한다. 그에 의해, 습식 가스 입구(1521)와 건조 가스입구(1522)를 통해 흐르는 가스는 실질적으로 유사하며, 퍼지 가스 혼합물 내의 습기의 양은 기포(159)가 액체(154)를 떠나는 순간에 기포(159) 내의 습기의 양의 실질적 절반이다. 즉, 기포(159)가 습기로 포화된 경우, 즉, 100% 상대 습도(Rh)인 경우, 퍼지 가스 혼합물은 50% Rh를 갖는다. 그러나, 습식 가스 입구(1521)와 건조 가스 입구(1522)를 통해 액체 용기 내로 흐르는 서로 다른 비율의 가스를 제공하여, 약 0 내지 약 100% Rh 사이에서 상대 습도를 조절하는 것도 가능하다.
- <72> 가스 출구(153)는 그 내측 단부에 예를 들어, 0.003  $\mu\text{m}$ 의 미세-메시형 필터(1526)를 구비하며, 이는 액체 용기(151) 외부로 흐르는 가스의 외부로 입자 및 작은 액적을 여과하기 위해 사용될 수 있다. 따라서, 이런 입자에 의한 퍼지 가스 혼합물이 공급되는 표면의 오염이 감소된다.
- <73> 퍼지 가스 혼합물 내의 상대적 습기량은 다른 방식으로 제어될 수 있다. 예로서, 가스 기포가 이동하는 액체의 높이 같은 액체 용기(151)의 파라미터가 제어될 수 있다. 또한, 예로서, 습식 가스 입구(1521)를 통해 발생된

습기를 갖는 퍼지 가스의 양에 대한 건조 가스 입구(1522)를 통해 용기(151) 내로 들어오는 습기가 없는 퍼지 가스의 양이 제어될 수 있다. 액체 용기(151)의 제어된 파라미터는 예로서, 내부 온도, 흐름, 압력, 액체 내에서의 퍼지 가스의 체류 시간 중 하나 이상일 수 있다.

<74> 온도는 예로서, 가스 내에 존재할 수 있는 증기 같은 습기의 포화 량에 영향을 갖는 것으로 알려져 있다. 온도를 제어하기 위해, 액체 용기(151)는 예로서, 온도 측정 장치에 의해 제공된 액체 용기 내부의 온도를 나타내는 온도 신호에 응답하여 제어 장치 또는 제어기에 의해 제어되는 가열 요소를 구비할 수 있다.

<75> 기화가능 액체(154) 내의 기포의 체류 시간은 습식 가스 입구(1521)를 통해 액체 내에 가스 기포가 주입되는 위치를 조절함으로써 변할 수 있다. 예로서, 필터(1525)가 더 멀리 액체(154) 내에 배치되는 경우, 기포가 액체 레벨(A)까지 이동해야하는 거리는 증가되고, 그러므로, 체류 시간이 마찬가지로 증가한다. 가스 기포가 액체(154)내에 존재하는 시간이 길면 길수록, 가스 내로 흡수될 수 있는 수증기 같은 기포가 많아진다. 따라서, 체류 시간을 변경함으로써, 가스의 증기 함량, 예로서, 습도가 적응될 수 있다.

<76> 가습기 장치(150)는 퍼지 가스 혼합물 내의 수증기 같은 증기의 양을 제어할 수 있는 제어 장치(157)를 추가로 구비한다. 예로서, 제어 장치(157)는 습기 제어 접촉부(1571)로 건조 가스 입구(1522) 내의 제어 밸브(1523)에 연결될 수 있으며, 이를 통해, 건조 입구(1522)에 공급되는 퍼지 가스의 유량을 제어할 수 있고, 따라서, 가습된 가스의 양에 대한 건조 퍼지 가스의 양을 제어할 수 있다,

<77> 제어 장치(157)는 액체 용기(151) 내에 존재하는 액체(154)의 양을 추가로 제어한다. 제어 장치(157)는 액체 제어 접촉부(1572)로 액체 공급부(156)의 제어 밸브(1561)에 연결되고, 오버플로우 접촉부(1573)로 가스 출구(153)의 제어 밸브(1531)에 연결된다. 액체 레벨 측정 장치(158)는 제어 장치(157)에 통신가능하게 연결된다. 액체 레벨 측정 장치(158)는 액체 용기(151) 내의 액체 레벨의 특성을 나타내는 액체 레벨 신호를 제어 장치(157)에 제공한다. 제어 장치(157)는 기화가능 액체 레벨 신호에 응답하여 제어 밸브(1561) 및 제어 밸브(1531)를 동작시킨다.

<78> 본 예에서, 액체 레벨 측정 장치(158)는 액체 용기(151)의 저면에 관하여 적절한 서로 다른 높이에 배치된 세 개의 플로트 스위치(1581-1583)를 포함한다. 최저위치 플로트 스위치(1581)는 저면에 가장 근접하게 배치된다. 최저위치 플로트 스위치(1581)는 액체 레벨(A)이 최저위치 플로트 스위치(1581) 이하일 때 제어 장치(157)에 엠프티 신호(empty signal)를 제공한다. 엠프티 신호에 응답하여, 제어 장치(157)는 밸브(1561)를 개방하고, 자동으로 액체가 용기에 공급된다.

<79> 중간의 플로트 스위치(1582)는 액체 레벨(A)이이 플로우 스위치(1582)의 높이에 도달하는 경우 만충 신호(full signal)를 제공한다. 제어 장치(157)는 만충 신호에 응답하여 제어 밸브(1561)를 폐쇄하고, 그에 의해, 액체 공급을 차단한다.

<80> 상단 플로트 스위치(1583)는 저면으로부터 가장 먼 위치에 배치된다. 상단 플로트 스위치(1583)는 액체 레벨(A)이상단 플로트 스위치(1581) 이상인 경우 제어 장치(157)에 과충전 신호를 제공한다. 과충전에 응답하여, 제어 장치(157)는 리소그래픽 투사 장치(1)의 다른 부분으로의 액체의 누설을 방지하도록 가스 출구(153)의 제어 밸브(1531)를 차단한다.

<81> 25% 이상 같은 20% 이상의 상대 습도를 갖는 퍼지 가스 혼합물은 포토레지스트의 성능에 관하여 특히 양호한 결과를 제공한다. 또한, 25% 이상이면서, 60% 같이 70% 미만인 상대 습도를 갖는 퍼지 가스 혼합물은 리소그래픽 투사 장치 내의 측정 시스템의 정확도에 관하여 양호한 예방적 영향(preventive effect)을 갖는다. 또한, 리소그래픽 장치 주변 공간, 예를 들어, 청정실 내부의 습도와 유사한 예를 들어, 약 40%의 습도는 최적의 결과를 제공하는 것으로 판명되었다.

<82> 예로서, 더 높은 가스 유량, 개선된 증기 농도 제어 또는 단순화된 동작이 유리한 본 발명의 몇몇 실시예에서, 기화기는 하우징과, 퍼지 가스 흐름을 수납하는 제1 영역과, 기화가능 액체를 수납하는 제2 영역을 포함할 수 있으며, 제1 및 제2 영역은 액체 침투에 실질적으로 내성적인 가스 투과성 중공 파이버 맴브레인에 의해 분리되어 있다. 이런 기화기는 퍼지 가스 혼합물을 형성하기 위해 퍼지 가스에 액체 증기를 제공하기 위해 사용될 수 있다. 몇몇 실시예에서, 기화기는 하우징과, 퍼지 가스 흐름을 수납하는 제1 영역과, 물을 수납하는 제2 영역을 포함하는 가습기이고, 제1 및 제2 영역은 물 침투에 대해 실질적으로 내성적인 가스 투과성 맴브레인에 의해 분리되어 있다.

<83> 기화기 맴브레인을 위한 적절한 재료는 폴리(테트라플루오로에틸렌-코-퍼플루오로-3,6-디옥사-4-메틸-7-옥텐-설포닉산)[poly(tetrafluoroethylene-co-perfluoro-3,6-dioxa-4-methyl-7-octene sulfonic acid)] 같은 열가소

성 폴리머와, 폴리테트라 플루오로에틸렌 같은 과불화 폴리머(perfluorinated polymer)를 포함한다. 과불화 폴리머 같은 비-습윤성 폴리머는 특히 바람직하며, 특히, 고압 유체와 함께 사용하기에 적합하면서 무기 산화물(예를 들어,  $\text{SO}_x$  및  $\text{NO}_x$ , 여기서 x는 1 내지 3의 정수)이 실질적으로 없는 폴리머가 적합하다. 맴브레인은 절첩 또는 주름형성될 수 있는 시트일 수 있거나, 중공 파이버를 형성하도록 대량 측부들이 결합될 수 있다. 중공 파이버 맴브레인은 본 발명의 몇몇 형태에서 압출된 다공성 중공 파이버일 수 있다. 맴브레인은 하우징에 대해 맴브레인을 결합하기 위해 사용되는 임의의 밀봉제, 포팅 수지 또는 접착제와 조합하여 액체가 정상 동작 조건 [예를 들어, 30 psig(0.207 MPa) 이하의 압력]에서 퍼지 가스 내로 침투하는 것을 방지하며, 기체배기(outgassing)를 감소 또는 제거한다. 맴브레인은 퍼지 가스와 물 같은 기화가능 액체에 접촉하는 맴브레인의 표면적을 최대화하고, 맴브레인의 체적을 최소화하도록 구성되는 것이 바람직하다. 가습기는 후술된 바와 같이 하나 이상의 맴브레인을 수납할 수 있다.

&lt;84&gt;

튜브 및 셀 구조 내에 중공 파이버를 가지는 기화기가 사용될 수 있다. 몇몇 구현예에서, 기화기는 캐리어 가스에 수증기를 추가하기 위해 사용되며, 가습기라 지칭될 수 있다. 예로서, 중공 파이버 맴브레인을 구비한 기화기 또는 가습기는 일반적으로 a) 제1 단부와 제2 단부를 구비하는 복수의 가스 투과성 중공 파이버 맴브레인의 다발로서 맴브레인은 외부면과 내부면을 가지며, 내부면은 제1 및 제2 영역 중 하나를 둘러싸는 복수의 가스 투과성 중공 파이버 맴브레인의 다발과, b) 파이버 단부가 유체 유동에 개방되어 있는 주변 하우징을 갖는 단부 구조체를 형성하는 액밀 밀봉부로 포팅된 다발의 각 단부와 c) 외부벽과 내부벽을 가지며, 내부벽은 내부벽과 중공 파이버 맴브레인 사이에 제1 및 제2 영역 중 나머지를 형성하는 하우징을 포함하고, d) 하우징은 퍼지 가스 소스와 퍼지 가스 혼합물 출구에 연결된 퍼지 가스 입구를 가지고, e) 하우징은 기화가능 액체 소스와 기화가능 액체 출구에 연결된 기화가능 액체 입구를 구비하며, 각 퍼지 가스 입구는 다발의 제1 단부에 연결되고, 퍼지 가스 혼합물 출구는 다발의 제2 단부에 연결되거나, 기화가능 액체 입구는 번들의 제1 단부에 연결되고 기화가능 액체 출구는 번드르이 제이 단부에 연결된다. 몇몇 실시예에서, 기화가능 액체는 물이다.

&lt;85&gt;

기화기 또는 가습기로서 사용하기에 일반적으로 적합한 중공 파이버 맴브레인을 구비하는 장치는 통상적으로 맴브레인 접촉기라 지칭되며, 그 내용이 본 명세서에 참조로 통합되어 있는 미국 특허 제6,149,817호, 제6,235,641호, 제6,309,550호, 제6,402,818호, 제6,474,628호, 제6,616,841호, 제6,669,177호 및 제6,702,941호에 설명되어 있다. 비록, 다수의 맴브레인 접촉기가 선행 특허에서 액체(예로서, 물)에 가스를 추가하거나 그로부터 가스를 제거하기에 유용한 것으로 설명되어 있지만, 본 출원인은 맴브레인 접촉기는 일반적으로 기화기로서 동작할 수 있으며, 그래서, 액체로부터의 증기가 감소된 또는 약 1 ppt 미만의 오염물 추가로 퍼지 가스 흐름에 추가될 수 있다는 것을 발견하였다. 퍼지 가스 혼합물 발생기 내의 기화기는 퍼지 가스에 1 ppt 이상의 오염물을 부여하지 않고 높은 유량으로 퍼지 가스에 증기를 추가한다. 예로서, 기화기의 유출물은 1 ppt 미만의 비-메탄 탄화수소와 1 ppt 미만의 황화합물을 포함한다. 적절한 맴브레인 기화기는 정화기에 의해 형성된 퍼지 가스의 완전성에 영향을 주지 않고 정화기의 하류에 사용될 수 있다. 가스 크로마토그래피/펄스형 플레임 이온화(Gas chromatography/pulse flame ionization), APIMS 또는 다른 추적 기술이 다공성 맴브레인 기화기의 청정성을 특징짓기 위해 사용될 수 있다. 가습기로서 사용하기에 적합하게 형성되고 오염물을 감소시키도록 구성 및/또는 처리될 수 있는 맴브레인 접촉기의 특정 예는 폴 코포레이션(Pall Corporation)에 의해 판매되는 인퓨저(등록상표)(Infuzor®)와, 맴브라나-샤를로트(Mebrana-Charlotte)에 의해 판매되는 리퀴-셀(등록상표)(Liqui-Cel®) 및 페르마푸어 엘엘씨(PermaPure LLC.)에 의해 판매되는 나피온(등록상표) 맴브레인 연료 전지 가습기(Nafion® Membrane fuel cell humidifier)를 포함한다.

&lt;86&gt;

특히 양호한 기화기 또는 가습기의 개략도가 도5에 도시되어 있으며, 그 상업적 실시예는 메사츄세츠주 빌레리카 소재의 마이크롤리스사(Mykrolis® Corporation)[현재 엔테그리스, 인크.(Entegris, Inc.)]에 의해 판매되는 피하서(등록상표) II 맴브레인 접촉기(pHasor® II Membrane Contactor)이다. 도5에 예시된 바와 같이, 유체(1)는 파이버 루멘(3)을 통해 가습기(2)에 진입하고, 맴브레인에 의해 유체(4)로부터 분리되어 있는 상태인 루멘(3) 내에 있는 동안 가습기(2)의 내부를 횡단하며, 연결부(40)에서 파이버 루멘을 통해 접촉기(2)를 벗어난다. 유체(4)는 연결부(30)를 통해 하우징에 진입하고, 파이버의 외경과 하우징의 내벽 사이의 공간을 실질적으로 충전하며, 커넥터(20)를 통해 나간다.

&lt;87&gt;

본 발명의 기화기 또는 가습기의 이러한 형태에 사용되는 가스 투과성 중공 파이버 맴브레인은 통상적으로 a) 다공성 표피의 내부면과, 다공성 외부면과, 그 사이의 다공성 지지구조체를 구비하는 중공 파이버 맴브레인, b) 비-다공성 표피의 내부면과, 다공성 외부면과, 그 사이의 다공성 지지 구조체를 구비하는 중공 파이버 맴브레인, c) 다공성 표피의 외부면과, 다공성 내부면과, 그 사이의 다공성 지지 구조체를 귀하는 중공 파이버 맴브레인 또는 d) 비-다공성 표피의 외부면과, 다공성 내부면과, 그 사이의 다공성 지지 구조체를 구비하는 중

공 파이버 맴브레인 중하나이다. 이들 중공 파이버 맴브레인은 약 350  $\mu\text{m}$  내지 약 1450  $\mu\text{m}$ 의 외경을 가질 수 있다.

<88> 이들 중공 파이버 맴브레인이 다공성 표피의 내부면과, 다공성 외부면과, 그 사이의 다공성 지지 구조체를 갖는 중공 파이버 맴브레인이나, 다공성 표피의 외부면과, 다공성 내부면과, 그 사이의 다공성 지지 구조체를 갖는 중공 파이버 맴브레인일 때, 가공성 표피의 표면 공극은 바람직하게는 직경 또는 그 최대 형상비가 약 0.001  $\mu\text{m}$  내지 약 0.005  $\mu\text{m}$ 이다. 표피형 표면 내의 공극은 액체 유동에 대면하는 것이 바람직하다.

<89> 이들 중공 맴브레인을 위한 적절한 재료는 폴리(테트라플루오로에틸렌-코-퍼플로오로(알킬비닐에테르))(폴리(PTFE-CO-PFVAE))[poly(tetrafluoroethylene-co-perfluoro(alkylvinylether))](poly(PTFE-CO-PFVAE))], 폴리(테트라플루오로에틸렌-코-헥사플로오로프로필렌)(FEP)[poly(tetrafluoroethylene-co-hexafluoropropylene)(FEP)] 또는 그 혼합물 같은 과불화 열가소성 폴리머를 포함하며, 그 이유는 이들 폴리머가 용례의 가혹한 조건에 의해 부정적 영향을 받지 않기 때문이다. PFA 텤플론(등록상표)(PFA Teflon®)은 알킬이 주로 또는 완전히 프로필 그룹인 폴리(PTFE-CO-PFVAE)의 일 예이다. FEP 텤플론(등록상표)(FEP Teflon®)은 폴리(FEP)의 일 예이다. 양자 모두는 듀폰(DuPont)에 의해 제조된다. 네오플론(등록상표)(Neoflon®) PFA[다이킨 인더스트리스(Daikin Industries)]는 듀폰의 PFA 텤플론(등록상표)과 유사한 폴리머이다. 알킬 그룹이 주로 메틸인 폴리(PTFE-CO-PFVAE)는 그 내용이 본 명세서에 참조로 통합되어 있는 미국 특허 제5,463,006호에 개시되어 있다. 양호한 폴리머는 하이플론(등록상표)(Hyflon®) 폴리(PTFE-CO-PFVAE) 620이며, 이는 뉴저지주 토로페어 소재의 오시몬트 USA 인크(Ausimont USA, Inc.)로부터 입수할 수 있다. 이들 폴리머를 중공 파이버 맴브레인으로 형성하는 방법은 그 내용이 본 명세서에 참조로 통합되어 있는 미국 특허 제6,582,496호 및 제4,902,456호에 개시되어 있다.

<90> 포팅은 각 파이버 둘레에 액밀 밀봉부를 구비하는 튜브 시트를 형성하는 프로세스이다. 튜브 시트 또는 포트는 환경으로부터 가습기의 내부를 분리시킨다. 포트는 단일체형 단부 구조체를 형성하도록 하우징 용기에 열적으로 접합된다. 단일체형 단부 구조체는 파이버 및 포트가 과불화 열가소성 재료만으로 구성된 단일 엔티티를 형성하도록 하우징에 접합될 때 얻어진다. 단일체형 단부 구조체는 포트 단부 내에 둘러싸여진 파이버 번들의 부분과, 포트 및 그 내부면이 포트와 합동이며, 이에 접합되어 있는 과불화 열가소성 하우징의 단부 부분을 포함한다. 단일 구조체를 형성함으로써, 더 강한 기화기 또는 가습기가 생성되며, 하우징 및 포트의 계면에서 누설이나 기타 고장이 덜 발생한다. 또한, 단일체형 단부 구조체는 제 위치에 파이버를 접합하기 위한 에폭시 같은 접착제의 사용에 대한 필요성을 피할 수 있게 한다. 이런 접착제는 통상적으로 휘발성 탄화수소를 포함하며, 이는 기화기 또는 가습기를 통해 유동하는 퍼지 가스를 오염시킨다. 예로서, 페르마 퓨어(Perma Pure)에 의해 판매되는 리퀴-셀 가습기를 사용하여 가습된 퍼지 가스는 인지할 수 있는 에폭시 냄새가 나며, 이는 명백히 수백 ppm일 수 있는 퍼지 가스 내의 허용불가한 탄화수소 함량을 나타낸다. 포팅 및 접합 프로세스는 그 교지가 본 명세서에 참조로 통합되어 있는 1999년 1월 29일자로 출원된 미국 출원 제60/117,853호에 설명된 방법의 적용이며, 미국 특허 제6,582,496호에 개시되어 있다. 중공 파이버 맴브레인의 다발은 다발의 제1 및 제2 단부가 액밀 과불화 열가소성 밀봉부로 포팅되어 단부들의 파이버가 유체 유동에 개별적으로 개방되어 있는 주변 과불화 열가소성 하우징을 구비하는 제1 및 제2 단부 양자 모두를 포함하는 단일 단일체형 단부 구조체를 형성하도록 준비되는 것이 바람직하다.

<91> 본 발명의 일 형태는 퍼지 가스에 증기를 추가하는 장치이다. 이 장치는 하나 이상의 재생가능한 정화기와 유체 연통하는 소스 가스 입구와, 기화기의 퍼지 가스 입구와 유체 연통하는 정화기로부터의 퍼지 가스 출구를 포함할 수 있다. 정화기는 독립적으로 재생가능할 수 있으며, 퍼지 가스를 형성하기 위해 소스 가스 입구로부터 정화기로 오염물을 제거한다. 기화기는 하우징 및 하나 이상의 미소다공 중공 파이버 맴브레인을 포함할 수 있다. 하우징은 미소다공 중공 파이버의 제1 측부와 유체 연통하는 퍼지 가스 혼합물 출구 및 퍼지 가스 입구를 구비한다. 하우징은 미소다공 중공 파이버의 제2 측부와 유체 연통하는 기화가능 액체를 위한 출구 및 기화가능 액체를 위한 입구를 갖는다. 미소다공 중공 파이버 맴브레인은 리소그래픽 투사 시스템 내의 광학 구성요소의 광학 특성을 열화시키는 오염물을 기화기의 기화가능 액체로부터의 증기에 1 ppb 미만으로 부여하고, 몇몇 실시예에서는 이런 휘발성 오염물을 100 ppt 미만으로 부여한다. 기화기는 이런 오염물을 제거 또는 감소시키도록 처리되거나 세정될 수 있다. 미소다공 중공 파이버는 기화가능 액체에 의한 액체 침투에 대해 내성적이다.

<92> 장치는 기화기, 퍼지 가스 입구, 퍼지 가스 혼합물 출구 또는 이들의 조합의 온도를 하나 이상의 설정점 범위 이내로 유지하는 온도 규제 시스템을 더 포함할 수 있다. 온도 규제 시스템은 하나 이상의 온도 측정 장치와, 장치의 하나 이상의 영역 또는 구역의 온도를 변경할 수 있는 하나 이상의 열 교환기 및 제어기를 포함할 수 있

다. 제어기는 온도 측정 장치로부터 온도 입력을 수신하고 하나 이상의 열 교환기의 동작을 제어함으로써 장치의 온도를 변화시킨다. 열 교환기는 가열기, 냉각기, 펠티어 냉각기, 팬 또는 다른 장치를 포함할 수 있지만, 이들에 한정되지는 않는다. 온도 규제 시스템은 증발기, 퍼지 가스, 퍼지 가스 혼합물 또는 이들의 임의의 조합의 온도를 설정점에 대해 약  $\pm 5^{\circ}\text{C}$  이하, 몇몇 구현예에서는  $\pm 1^{\circ}\text{C}$  이하, 또 다른 구현예에서는  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  이하의 온도 범위 이내로 유지할 수 있다. 온도 규제 시스템은 증기 응결이 감소 또는 제거되도록 퍼지 가스 혼합물을 증기의 응결 온도를 초과한 온도로 유지할 수 있다. 몇몇 구현예에서, 온도 규제 시스템은 약  $\pm 1^{\circ}\text{C}$  이하의 온도 범위 이내로, 증기의 응결 온도 보다 높은 퍼지 가스 혼합물 내의 증기의 온도를 유지할 수 있다. 온도 규제 시스템은 퍼지 가스 혼합물인 퍼지 가스 내의 증기의 농도가 5% 미만만큼, 몇몇 구현예에서는 1% 미만만큼, 또 다른 형태에서는 0.5% 미만만큼 변하는 농도를 갖도록 장치의 온도를 유지할 수 있다. 온도 규제 시스템은 장치 내의 온도 구배를 유지할 수 있다. 장치의 온도를 유지함으로써, 온도 규제 시스템은 실질적으로 일정한 증기 농도를 제공한다. 몇몇 형태에서, 온도 규제 시스템은 서로 다른 퍼지 가스 유량에서 실질적으로 일정한 온도로 퍼지 가스 혼합물의 온도를 유지한다.

&lt;93&gt;

장치는 미소다공 중공 파이버 내의 기화가능 액체 내의 퍼지 가스 버블이 형성을 방지하고 5% 미만만큼, 몇몇 구현예에서는 1% 미만만큼, 또 다른 형태에서는 0.5% 미만만큼 변하는 퍼지 가스 혼합물 내의 증기 농도를 제공하도록 기화가능 액체의 압력, 퍼지 가스의 압력 또는 이들의 임의의 조합을 유지하는 압력 규제 시스템을 포함할 수 있다. 압력 규제 시스템은 그 공급 압력이 예로서, 가압 가스 또는 펌프에 의해 변경될 수 있는 가압된 기화가능 유체의 소스를 포함할 수 있다. 압력 규제 시스템은 기화기 내의 중공 파이버 다공성 멤브레인의 일측부 상의 기화가능 액체의 압력을 측정 및 변경하도록 압력 트랜스듀서, 계량 밸브 및 제어기를 포함할 수 있다. 압력 규제 시스템은 기화기 내의 다공성 중공 파이버의 제2 측부와 접촉하는 퍼지 가스 또는 퍼지 가스 혼합물의 압력을 측정 및 변경하기 위해 하나 이상의 압력 트랜스듀서, 계량 밸브 및 제어기를 포함할 수 있다. 압력 규제 시스템은 퍼지 가스 또는 퍼지 가스 혼합물의 압력을 유지하고, 기화가능 액체 내의 퍼기 가스 기포의 형성을 방지할 수 있다. 장치의 몇몇 형태에서, 압력 규제 시스템은 퍼지 가스의 압력을 약 5 psi(0.034 Mpa) 이상 초과한 기화가능 액체 압력을 유지한다. 압력 규제 시스템은 압력 제어기 및 배압 조절기(back pressure regulator)를 포함할 수 있다.

&lt;94&gt;

본 발명의 구현예의 장치는 퍼지 가스의 유량, 희석 가스, 장치로부터의 퍼지 가스 혼합물의 유량 또는 이들의 임의의 조합을 유지하는 유동 제어 시스템을 포함할 수 있다. 유동 제어 시스템은 하나 이상의 질량 유동 제어기, 하나 이상의 증기 농도 센서 및 제어기를 포함할 수 있다. 증기 농도 또는 증기 포화 설정점의 분율(fraction)에 기초하여, 제어기는 증기 센서로부터 농도 출력을 취하고, 증기의 원하는 또는 설정점 농도를 갖는 희석된 퍼지 가스 혼합물을 생성하도록 퍼지 가스 혼합물과 퍼지 가스의 혼합물을 변경한다. 유동 제어 시스템은 5% 미만, 몇몇 구현예에서는 1% 미만, 또 다른 형태에서는 0.5% 미만만큼 변하는 퍼지 가스 혼합물 내의 증기 농도를 제공할 수 있다.

&lt;95&gt;

장치는 1 ppb 미만, 몇몇 구현예에서는 1 ppt 미만의 휘발성 불순물을 갖는 퍼지 가스 혼합물 또는 희석된 퍼지 가스 혼합물을 형성할 수 있다. 본 발명의 몇몇 형태에서, 퍼지 가스 혼합물은 기화기로부터의 퍼지 가스 혼합물 내의 액체 증기의 양이 리소그래피 투사 시스템 또는 다른 전달점의 온도 및 압력에서 퍼지 가스를 포화시키는 증기의 양의 약 20% 보다 큰 상태로, 약 20 slm 보다 큰 퍼지 가스 유량으로 형성될 수 있다. 퍼지 가스 혼합물 내의 증기의 조성 및 농도는 장치 내의 온도, 압력, 흐름 또는 이들의 임의의 조합을 제어함으로써 변경될 수 있다. 퍼지 가스 혼합물 내의 증기의 농도는 기화기의 퍼지 가스 혼합물 출구로부터의 퍼지 가스 혼합물과 함께 퍼지 가스를 혼합하는 단계 또는 작업에 의해 부가적인 퍼지 가스와의 희석에 의해 추가로 변경될 수 있다. 퍼지 가스 혼합물 또는 희석된 퍼지 가스 혼합물은 액체 트랩을 통해 퍼지 가스 혼합물을 포함하는 증기를 통과시키고, 액체를 제거하는 작업에 의해 추가 처리될 수 있다.

&lt;96&gt;

기화가능 유체는 계량 밸브를 사용하여 가압된 소스로부터 중공 파이버로 공급될 수 있다. 선택적으로, 기화가능 유체는 재순환 루프 또는 데드 엔드 공급부(dead end feed) 내에서 흐르는 기화가능 액체와 함께 증발기 내로 공급될 수 있다. 예로서, 기화가능 액체는 온도 제어된 용기 내에 존재하고, 펌프에 의해 기화기 내로 공급되며, 임의의 잔여 기화가능 액체는 추가 가열을 위해 용기로 복귀될 수 있다. 몇몇 구현예에서, 접촉기의 액체 측부의 출구는 폐쇄되고, 기화가능 유체는 퍼지 가스에 의해 기화될 때 가압된 소스로부터 기화기에 공급된다.

&lt;97&gt;

도11(A)는 질량 유동 제어기(1112, 1116)에 의해 제어될 수 있는 퍼지 가스(1110)의 유동을 발생시키기 위해 소스(미도시, 그러나, 가정용 질소 공급원, 실린더로부터의 전자 등급 가스 등일 수 있음)로부터, 규제기(1104)를 통해 정화기(1108)로 가스(1102)를 추가 상태조절하는 퍼지 가스 혼합물 공급 시스템을 개략적으로 예시한다.

정화기(1108)는 하나 이상의 독립적 및 개별적 재생가능한 정화기를 포함할 수 있다. 선택적 압력 트랜스듀서(1114), 온도 트랜스듀서(1106) 및 증기 센서(미도시)도 존재할 수 있다. 그 증기가 포토레지스트, 기타 리소그래픽 화학 코팅 또는 다른 기판 코팅의 활성도를 제어, 향상 또는 변경하기 위해 사용될 수 있는 비오염 기화 가능 액체(1130)는 소스(미도시)로부터 기화기 또는 접촉기(1120)로 공급될 수 있다. 예로서, 소스(미도시)로부터의 물 같은 기화가능 액체(1130)는 압력 규제기(1128)를 통해, 기화기 또는 가습기(1120)를 통해, 그리고, 선택적 유량 제어 밸브(1124)를 통해 흐를 수 있다. 퍼지 가스 내의 증기는 증기 없는 퍼지 가스에 비해 포토레지스트의 활성도를 향상시며, 퍼지 가스 내의 증기 농도를 유지함으로써, 퍼지 가스 혼합물이 포토레지스트 활성도를 제어하기 위해 사용될 수 있다. 선택적 압력 트랜스듀서(1126) 및 온도 트랜스듀서(1122)도 도시되어 있다. 물(1130)은 가습기(1120)를 통해 질량 유동 제어기(1112)로부터 이동하는 것으로 예시되어 있는 퍼지 가스 프루(1110)의 방향에 반대 흐름 방향으로 유동할 수 있다. 몇몇 형태에서, 물 및 가스는 동일한 방향으로 흐를 수 있다. 질량 유동 제어기(1112)로부터의 퍼지 가스(1110)는 퍼지 가스 혼합물(1140)을 형성하도록 가습기(1120) 내의 액체 침투를 저지하는 다공성 멤브레인을 통해 액체 증기를 꺽업한다. 퍼지 가스는 출구(1136)에 연결된 리소그래픽 투사 시스템에 공급되어 사용될 수 있다. 퍼지 가스 혼합물(1140)은 선택적으로, 출구(1136)에 연결된 리소그래픽 투사 시스템에 공급 및 사용될 수 있는 희석된 퍼지 가스 혼합물(1144)을 형성하도록 제2 질량 유동 제어기(1116)로부터의 퍼지 가스와 혼합되어 희석될 수 있다. 이 희석은 기화기(1120)를 통한 질량 유동 제어기(1112)로부터의 퍼지 가스의 일정한 흐름을 유지하기 위해 사용될 수 있고, 기화기(1120)의 온도 제어를 도울 수 있다. 장치 내의 그 위치가 변할 수 있는 선택적 트랩(1132)은 가습기(1120)로부터 임의의 액적 또는 응결물을 제거하기 위해 사용될 수 있다. 트랩은 입자 필터 또는 액체 트랩일 수 있으며, 그 위치는 액체 또는 입자 액적의 감소를 제공하도록 선택된다. 증기 센서(1138)는 선택적으로, 기화기(1120)의 하류에 배치될 수 있다. 선택적으로, 제어기는 증기 센서(1138)의 출력을 수신하고, 희석된 퍼지 가스 혼합물(1144) 내의 증기의 농도를 변경 또는 유지하도록 질량 유동 제어기(1116)를 통한 퍼지 가스 흐름(1110)을 변경하기 위해 사용될 수 있다. 몇몇 형태에서, 증기 센서는 습기 센서이다. 퍼지 가스 혼합물(1144)은 리소그래픽 투사 시스템 또는 퍼지 가스 혼합물을 사용한 퍼징을 활용하는 다른 시스템에 사용하기 위해 출구(1136)에 제공될 수 있다.

&lt;98&gt;

도11B는 질량 유동 제어기(1162, 1166)로 흐르는 퍼지 가스 흐름(1160)을 발생시키도록 소스(도시되어 있지 않지만, 가정용 질소 공급원, 전자 등급 가스 실린더, 가스 발생기 등일 수 있음)로부터 규제기(1150)를 통한 정화기(1158)로의 가스(1152)를 추가로 상태조정하는 퍼지 가스 혼합물 공급 시스템을 예시한다. 정화기(1158)는 하나 이상의 독립적이고 개별적인 재생가능 정화기를 포함할 수 있다. 하나 이상의 선택적 압력 트랜스듀서(1164), 온도 트랜스듀서(1156), 증기 센서(미도시)가 기화기(1170) 이전에 배치될 수 있다. 소스(미도시)로부터의 비오염 기화 가능 액체(1180), 예로서, 물은 압력 규제기(1178)를 통해, 접촉기 또는 가습기(1170)를 통해, 그리고, 선택적 유동 제어 밸브(1174)를 통해 흐를 수 있다. 선택적 압력 트랜스듀서(1176) 및 온도 트랜스듀서(1172)도 도시되어 있다. 도시된 바와 같이, 기화 가능 액체는 질량 유동 제어기(1162)로부터 접촉기(1170)를 통해 퍼지 가스 흐름(1160)의 방향에 반대 흐름 방향으로 흐를 수 있다. 질량 유동 제어기(1162)로부터의 퍼지 가스는 퍼지 가스 혼합물(1190)을 형성하도록 다공성 멤브레인을 통해 액체 증기를 취한다. 퍼지 가스 혼합물(1190)은 선택적으로 희석된 퍼지 가스 혼합물(1194)을 형성하도록 제2 질량 유동 제어기(1166)로부터의 퍼지 가스(1160)와 혼합 및 희석될 수 있다. 이 희석은 기화기(1170)를 통한 퍼지 가스의 일정한 흐름을 유지하기 위해 사용될 수 있고, 기화기의 온도 제어를 보조할 수 있다. 도11B는 퍼지 가스 혼합물(1190) 내의 증기의 응결을 피하는 온도 범위로 발생된 퍼지 가스 혼합물(1194)의 온도를 유지하기 위해 사용될 수 있는 열 교환기 또는 온도 제어된 환경(1192)을 예시한다. 이 온도는 퍼지 가스 혼합물 내의 증기의 응결점을 초과한다. 예로서, 물의 분압이 포화 압력에 근접하는 경우, 수증기가 그 액체 상태로 변화하기 위한 온도에는 단지 미소한 강하만이 존재할 수 있다. 온도 제어 환경(1192)은 접촉기 내의 액체의 온도를 유지하고, 그에 의해, 기화기(1170)로부터의 증기의 농도를 기판 상의 포토 레지스트 또는 기타 패턴화된 코팅의 적절한 반응성을 제공하기 위해 사용될 수 있는 범위로 유지하기 위해 사용될 수 있다. 예로서, 수증기를 갖는 온조 조정된 퍼지 가스 혼합물은 도2의 리소그래픽 투사 장치의 조명 광학장치 및/또는 투사 렌즈(PL)에 사용하기 위해 퍼지 가스 혼합물 출구(1186)에 제공될 수 있다. 퍼지 가스 혼합물은 질량 유동 제어기(1166)로부터의 퍼지 가스(1160)에 의한 희석과 함께 또는 이러한 희석 없이 출구(1186)에 제공될 수 있다. 증기 센서(1184)는 선택적으로 증발기(1170)의 하류에 배치될 수 있다. 선택적으로, 제어기는 증기 센서(1184)의 출력을 수신하고, 희석된 퍼지 가스 혼합물(1194) 내의 증기의 농도를 변경 또는 유지하기 위해 질량 유동 제어기(1166)를 통해 퍼지 가스 흐름(1160)을 변경하기 위해 사용될 수 있다. 몇몇 형태에서, 증기 센서는 습기 센서이다. 퍼지 가스 혼합물(1194)은 리소그래픽 투사 시스템 또는 퍼지 가스 혼합물을 이용한 퍼징을 사용하는 다른 시그램에 사용하기 위

해 출구(1186)에 제공될 수 있다.

&lt;99&gt;

도14는 질량 유동 제어기(1416, 1440) 내로 흐르는 퍼지 가스(1412)를 발생시키도록 소스(미도시)로부터 규제기(1404)를 통한 정화기(1408) 내로의 가스(1402)를 추가 상태조정하는 퍼지 가스 혼합물 공급 시스템을 개략적으로 예시한다. 정화기(1408)는 하나 이상의 독립적 및 개별적 재생가능 정화기를 포함할 수 있다. 선택적 압력 트랜스듀서(1420), 온도 트랜스듀서(1424) 및 증기 센서(미도시)도 존재할 수 있다. 포토 레지스트 또는 기타 리소그래픽 화학제 코팅의 활성도를 제어하기 위해 사용될 수 있는 기화가능 액체 조성물(1464)은 소스(미도시)로부터 하나 이상의 기화기(1428, 1432)로 공급될 수 있다. 도14에 도시된 바와 같이, 하나 이상의 기화기(1428, 1444)는 병렬 관계로 구성될 수 있다. 대안적으로, 접촉기는 직렬 구조로 연결될 수 있다. 예로서, 소스로부터의 물 같은 기화가능 액체(1464)는 압력 규제기(1460)를 통해, 도관(1432)에 의해 상호연결된 기화기 또는 가습기(1428, 1444)를 통해, 그리고, 선택적 유동 제어 밸브(1436)를 통해 흐를 수 있다. 선택적 압력 트랜스듀서(1456) 및 온도 트랜스듀서(1452)도 사용될 수 있다. 기화기(1428, 1444)를 통한 액체(1464)는 질량 유동 제어기(1416)로부터의 퍼지 가스(1412)는 퍼지 가스 혼합물(1468)을 형성하도록 증발기(1428, 1444) 내의 다공성 멤브레인을 통해 기화가능 액체로부터 증기를 꺽업한다. 다공성 멤브레인은 액체 침투를 저지한다. 퍼지 가스는 출구(1488)에 연결된 리소그래픽 투사 시스템에 공급 및 사용될 수 있다. 퍼지 가스 혼합물(1468)은 선택적으로, 출구(1488)에 연결된 리소그래픽 투사 시스템에 압력 규제기(1484)를 통해 공급되어 사용될 수 있는 희석된 퍼지 가스(1480)를 형성하도록 제2 질량 유동 제어기(1440)로부터의 퍼지 가스(1480)와 혼합 및 희석될 수 있다. 희석은 증발기의 온도 제어를 도울 수 있는 하나 이상의 증발기(1428)를 통한 질량 유동 제어기(1412)로부터의 퍼지 가스의 일정한 흐름을 유지하도록 사용될 수 있다. 그 위치가 매니폴드 내에서 변경될 수 있는 선택적 트랩(1448)이 기화기로부터 임의의 액적 또는 응결물을 제거하기 위해 사용될 수 있다. 트랩은 입자 필터 또는 액체 트랩일 수 있다. 증기 센서(1476)는 기화기 하류에 선택적으로 배치될 수 있다. 선택적 압력 트랜스듀서(1472)가 포함될 수 있다. 선택적으로, 증기 센서(1476)의 출력은 희석된 퍼지 가스 혼합물(1480) 내의 증기의 농도를 변경 또는 유지하기 위해 질량 유동 제어기(1440)를 통한 퍼지 가스(1412)의 흐름을 변경하도록 질량 유동 제어기(1440) 및 제어기와 함께 구성될 수 있다. 퍼지 가스 혼합물(1480)은 리소그래픽 투사 시스템 또는 퍼지 가스 혼합물을 사용한 퍼징을 활용하는 다른 시스템에 사용하기 위해 출구(1488)에 제공될 수 있다.

&lt;100&gt;

퍼지 가스 혼합물 공급 시스템은 통상적으로, 분당 적어도 약 30 slm(standard liters per minute)의 퍼지 가스 유량으로 동작할 수 있다. 장치의 온도는 기화가능 유체의 온도가 의도된 동작 압력에서 멤브레인의 액체 침투를 방지하고, 동작 유량에서 퍼지 가스 혼합물을 위해 충분한 증기를 제공하기에 충분한 증기압을 갖는 점성을 갖게 되도록 선택될 수 있다. 몇몇 실시예에서, 장치의 온도는 대략 실온이고, 몇몇 실시예에서는 약 25 °C를 초과하며, 몇몇 실시예에서는 적어도 약 30°C이고, 몇몇 실시예에서는 약 35°C이고, 몇몇 실시예에서는 적어도 약 50°C이며, 몇몇 실시예에서는 적어도 약 60°C이고, 또 다른 실시예에서는 적어도 약 90°C이다. 기화기 또는 가습기를 통한 퍼지 가스의 유량은 적어도 약 20 slm, 몇몇 실시예에서는 적어도 약 60 slm, 그리고, 몇몇 다른 실시예에서는 적어도 약 120 slm이다.

&lt;101&gt;

퍼지 가스 혼합물이 기화기를 벗어나는 수증기를 포함하는 본 발명의 몇몇 형태에서, 퍼지 가스는 적어도 약 20%의 상대 습도를 가질 수 있다. 적어도 약 50%, 적어도 약 80%, 적어도 약 90%, 적어도 약 98%, 또는 약 100%(실질적으로 포화된 퍼지 가스를 생성하기 위해)의 더 높은 상대 습도값은 가습기가 동작되는 조건에 따라 가능하다. 예로서, 더 높은 안정화된 상대 습도값은 가습기 내에 퍼지 가스가 체류하는 시간을 연장시키거나 (예를 들어, 가습기의 크기를 증가시키거나 유량을 감소시킴으로써) 가습기를 가열 또는 적어도 가습기 내의 물을 가열함으로써 달성된다. 퍼지 가스 압력 및 기화기 멤브레인을 가로지른 물의 흐름은 퍼지 가스 내의 수증기의 양을 변경하도록 변화될 수 있다. 특히, 퍼지 가스의 압력의 저하는 퍼지 가스의 증가된 가습을 초래한다. 퍼지 가스 압력이 감소될 때, 높은 상대 습도를 얻기 위해 물을 가열할 필요성이 적어진다.

&lt;102&gt;

도4에 도시된 가습기에서와 같이, 도5의 가습기 장치는 퍼지 가스 혼합물 내의 습기의 양을 제어할 수 있는 제어 장치를 구비할 수 있다. 제어 장치는 제어 밸브에 습기 제어 접촉부로 연결되며, 이 제어 밸브를 통해 도5의 가습기를 벗어나는 가습된 퍼지 가스를 갖는 혼합 챔버에 공급(예를 들어, 퍼지 가스로부터 안내)되는 가습되지 않은 퍼지 가스의 유량이 제어될 수 있다. 이는 도11A에 예로서 예시되어 있다.

&lt;103&gt;

몇몇 실시예에서, 퍼지 가스 혼합물 발생기 내의 기화기는 퍼지 가스에 오염물을 부여하지 않으면서, 높은 유량으로 퍼지 가스에 증기를 추가한다. 오염물은 리소그래픽 투사 장치 내의 기판 상에 패턴을 형성하도록 방사선과 상호작용하는 광학 구성요소의 광학 특성의 열화 또는 제어되지 않은 변경을 초래하거나 이에 부정적 영향을 갖는 재료, 원자 또는 분자로서 특징지어질 수 있다. 본 발명의 형태들은 광학 구성요소의 광학 특성과 상호작

용하여 이를 열화 또는 변경시키는 오염물을 약 1 ppb 미만으로 퍼지 가스에 제공하며, 다른 형태에서는 퍼지 가스는 이들 오염물을 약 100 ppt 미만으로 포함하고, 또 다른 형태에서는 이들 오염물을 약 1 ppt 미만으로 포함한다. 광학 구성요소는 거울, 렌즈, 비임 스플리터, 격자, 박막(pellicle), 레터클 또는 패턴화 비임과 상호 작용하는 다른 광학 구성요소나 이들의 조합을 포함할 수 있지만 이들에 한정되지 않는다. 오염물은 또한, 흡수, 화학 흡착 및/또는 물리 흡착, 화학 반응, 방사선 비임과의 상호작용에 의한 화학 반응 또는 이들의 임의의 조합에 의한 것 같은 광학 구성요소와 상호작용하는 오염물로부터 초래되는 서브-모노레이어 이상, 모노레이어 이상, 약 10 내지 약 50 모노레이어 또는 더 두꺼운 필름을 형성하는 것들로서 특징지워질 수 있다. 필름은 리소그래픽 프로세스의 산출량을 유지하기 위해 요소를 교체하거나 프로세스 파라미터의 변화를 필요로하는 구성요소와 상호작용하는 방사선의 투과, 반사, 회절, 초점 깊이 또는 흡착을 변경 또는 열화시킨다. 이들 오염물의 양은 시간에 따른 광학 구성요소의 광학 특성의 변화 또는 열 탈착 및 GC/매스 분광법(thermal desorption and GC/mass spectroscopy), 플라이트 SIM의 시간 같은 다른 방법에 의해 결정될 수 있거나, 이들 오염물의 누적은 표면 음향파 또는 다른 압전 센서에 의해 결정될 수 있다.

<104> 본 발명의 퍼지 가스 혼합물을 발생기는 휘발성 오염물을 감소시키도록 처리될 수 있다. 예로서, 기화기, 가습기 또는 기타 유체 접촉 표면은 약 100°C 이하의 온도에서 휘발하는 화합물을 실질적으로 제거하기에 충분한 온도에서 충분한 시간 기간 동안 가열될 수 있다. 기화기는 기화기로부터 잔류물을 분해 또는 제거하도록 화학적 호환성 산, 염기 또는 산화제나 이들의 조합, 예로서, 고 순도 과산화수소 또는 오존 가스와 접촉될 수 있다. 이들 처리는 기화기가 실질적으로 오염물이 없는 가스가 필요한 용례에 사용될 수 있게 한다. 본 발명의 목적상, 퍼지 가스는 약 1 ppb 이하의 오염물 레벨을 갖는 가스 또는 가스의 혼합물로서 정의된다. 퍼지 가스는 산소 함유 가스/압축된 건조 공기 및 청정 건조 가스 등과 함께 질소 및 아르곤 같은 불활성 가스를 포함한다. 적절한 퍼지 가스는 의도된 용례에 대하여 결정되며, 산소 같은 비-불활성 가스는 특정 용례에서는 오염물이 아니지만, 다른 용례에서는 오염물로 고려된다. 퍼지 가스 혼합물을 발생기(그리고, 기화기 또는 가습기)는 퍼지 가스에 오염물을 부여하지 않는 것이 바람직하다. 오염물의 예는 탄화수소, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> 등을 포함할 수 있다. 예로서, 약 1 ppb(또는 약 1000 ppt) 이하의 오염물을 포함하는 퍼지 가스가 약 1 ppb(또는 1000 ppt) 이하의 오염물을 포함하는 가습된 퍼지 가스로서 가습기를 벗어난다. 본 발명의 특정 가습기(실시예 1 참조)는 오염물 레벨이 1 ppt 미만으로 유지되도록 퍼지 가스를 가습할 수 있는 것으로 판명되었다.

<105> 퍼지 가스로 기화되는 액체는 리소그래픽 프로세스에 사용되는 화학제의 활성도를 유지 또는 향상시키기 위해 사용될 수 있다. 퍼지 가스 혼합물을 위한 수증기를 형성하기 위해 가습기에 사용되는 액상수는 퍼지 가스 혼합물에 1 ppb 이하의 오염물을 부여한다. 몇몇 형태에서, 퍼지 가스 혼합물을 위한 수증기를 형성하기 위해 가습기에 사용되는 리소그래픽 투사 시스템 내의 광학 구성요소의 광학 특성에 부정적 영향을 갖는 오염물을 1 ppb 이하로 부여한다. 물은 초 고순도 물일 수 있지만, 이에 한정되지는 않는다. UHP 물은 선택적으로 중류 및/또는 여과될 수 있는 밀리포어(등록상표) 밀리큐(등록상표) 물(Millipore® MilliQ® water) 같은 물 소스로부터 얻어질 수 있지만, 이에 한정되지는 않는다. 기화기를 통한 기화가능 액체, 예로서, 몇몇 형태에서 물의 유량은 약 0 ml/시 이상일 수 있으며, 이런 낮은 흐름은 퍼지 가스에 의해 제거된 물을 구성하기 위해 정압(static pressure)이 사용되는 경우 발생할 수 있다. 몇몇 형태에서, 기화기를 통한 기화가능 액체의 유량은 약 100 ml/시 이상일 수 있으며 다른 형태에서 약 300 ml/시 이상일 수 있다. 물 같은 기화가능 액체의 유량은 사용된 기화가능 액체의 양을 최소화하도록 조절될 수 있거나, 유동은 가습기 내의 기화가능 액체의 온도를 유지하도록 조절될 수 있거나, 유동은 퍼지 가스에 의해 점유되는 기화된 액체를 구성하도록 조절될 수 있거나 이들의 조합이 이루어질 수 있다.

<106> 실시예

<107> 하기의 실시예는 본 발명의 몇몇 특정 태양을 예시하기 위한 것이다. 실시예는 사용되는 본 발명의 임의의 특정 실시예의 범주를 제한하지 않는다.

<108> 실시예 1

<109> 비-메탄 탄화수소 및 황 화합물의 방출을 위한 기화기로서 [이제, 엔테그리스 인크(Entegris, Inc.)로부터 입수 가능한] 마이크롤리스(Mykrolis)의 피하서(등록상표) II 멤브레인 접촉기(phAsor® II membrane contactor)가 테스트되었다. 오염물을 방출하지 않는 멤브레인 접촉기는 XCDA(등록상표) 가스 스트림에 대한 습기 추가를 위해 사용될 수 있다(탄화수소 및 황 화합물에 대하여 1 ppt 미만).

<110> 피하서(등록상표) II(phAsor® II)는 휘발성 화합물을 제거하도록 설정되었다. 도6은 피하서(등록상표) II(phAsor® II)로부터 가습된 퍼지 가스 내의 오염물을 측정하기 위한 실험적 구성을 나타낸다. 압력 규제기

는 질량 유동 제어기(MFC)의 상류의 가스의 압력을 유지하기 위해 사용되었다. MFC는 피하서(등록상표) II(pHasor® II)의 루멘 측부를 통한 공기의 유량을 유지하도록 사용되었다. 정화기는 XCDA 퍼지 가스를 생성하기 위해 피하서(등록상표) II(pHasor® II)의 상류의 가스로부터 오염물을 제거하기 위해 사용되었다. 피하서(등록상표) II(pHasor® II)의 출구 압력을 유지하기 위해 배압 조절기가 사용되었다. 피하서(등록상표) II(pHasor® II)의 셀 측부는 물로 충전되지 않았다. 고농도의 습기가 검출기를 불안정하게 하기 때문에, 이 테스트 동안 피하서(등록상표) II(pHasor® II)로부터 물이 제거되었다. 불꽃 이온화 검출기 및 펄스 플레임 포토메트릭 검출기(GC/FID/PFPD)를 구비한 가스 크로마토그래프가 피하서(등록상표) II(pHasor® II)의 유출물 내의 탄화수소 및 황 화합물의 농도를 측정하기 위해 사용되었다. 탄화수소 및 황 화합물을 농축시키기 위해 냉간 포획 방법이 사용되었으며, 이는 하부 검출 한계를 1 ppt 농도 레벨 까지 감소시킨다.

<111> 도7은 GC/FID를 사용한 탄화수소 오염물이 1 ppt 미만인 청정한 배경 판독치를 나타낸다. 도8은 피하서(등록상표) II(pHasor® II)의 하류의 GC/FID 판독치를 나타낸다. 도시된 바와 같이, 양 판독치는 기본적으로 동일하다. 따라서, XCDA(등록상표)가 피하서(등록상표) II(pHasor® II)를 통해 흐를 때 1 ppt 미만의 오염물 농도가 유지된다.

<112> 도9는 GC/PFPD를 사용한 황 오염물이 1 ppt 미만인 청정한 배경 판독치를 나타낸다. 도10은 피하서(등록상표) II(pHasor® II)의 하류의 GC/PFPD 판독치를 나타낸다. 도시된 바와 같이, 양 판독치는 기본적으로 동일하다. 따라서, 피하서(등록상표) II(pHasor® II)를 통해 XCDA(등록상표)가 흐를 때, 황 오염에 대하여 1 ppt 미만의 농도가 유지된다.

<113> 피하서(등록상표) II(pHasor® II)의 유출물은 1 ppt 미만의 비-메탄 탄화수소 및 1 ppt 미만의 황 화합물을 포함한다. 따라서, 피하서(등록상표) II(pHasor® II)는 XCDA 퍼지 가스의 완전성에 영향을 주지 않고 정화기의 하류에 사용될 수 있다.

<114> 실시예 2

<115> 엔테그리스 인크(Engegriss Inc.)의 피하서(등록상표) II(pHasor® II) 맴브레인 접촉기가 변화된 수온, CDA 유량 및 CDA 압력을 사용하여 청정 건조 공기(CDA를 가습하기 위해 사용되었다. 모든 실험에 대하여, 피하서(등록상표) II(pHasor® II)는 휘발성 화합물을 제거하도록 설정되었다. 피하서(등록상표) II(pHasor® II)의 루멘 측부를 통한 공기의 유량을 유지하기 위해 MFC가 사용되었다. 열 교환기를 사용하여 가열된 피하서(등록상표) II(pHasor® II)의 셀 측부 내의 기하가능 액체로서 탈이온수가 사용되었다. 물 흐름은 피하서의 출구 측부 상의 규제기를 사용하여 제어되었다. 피하서 II의 액체 입구 및 출구 측부 상에서 수온이 측정되었고, 퍼지 가스 압력, 온도 및 상대 습도가 피하서 II의 루멘 출구 측부 상에서 측정되었다.

<116> 제1 실험에서, 수온은 CDA의 서로 다른 유량에 대해 변화되었다. 이 실험을 위해 사용된 CDA는 20 psi의 배압, 19°C의 초기 온도 및 6%의 상대 습도를 갖는다. 가정용 탈이온수는 160 mL/분의 속도로 피하서(등록상표) II(pHasor® II)를 통해 유동하였다. 제1 실험의 결과는 표1 내지 표3에 나타나 있다.

**표 1**

40 SLM 유량을 갖는 CDA의 가습		
수온(°C)	상대 습도(%)	출구 가스 온도(°C)
24	42	20
27	49	20
30	52	21
33	60	21
36	68	23
39	83	22
41	92	23
42	98	23

**표 2**

&lt;118&gt;

70 SLM 유량을 갖는 CDA의 가습		
수온(°C)	상대 습도(%)	출구 가스 온도(°C)
24	40	21
27	44	21
30	47	22
33	58	22
36	60	24
39	75	23
41	81	24
42	90	24

**표 3**

&lt;119&gt;

100 SLM 유량을 갖는 CDA의 가습		
수온(°C)	상대 습도(%)	출구 가스 온도(°C)
24	40	20
27	40	21
30	41	22
33	46	23
36	50	24
39	55	25
41	62	26
42	65	26

&lt;120&gt;

제2 실험에서, 피해서 II 내의 CDA의 배압이 변경되었다. 본 실험에 사용된 CDA는 19°C의 초기 온도와, 1%의 상대 습도를 갖는다. 가정용 탈이온수가 35°C로 가열되었고, 156 ml/분의 속도로 피해서 II를 통해 유동되었다. 제1 실험의 결과가 표 4 내지 표 6에 예시되어 있다.

**표 4**

&lt;121&gt;

50 SLM 유량을 갖는 CDA의 가습		
CDA 압력(psig)	상대 습도(%)	온도(°C)
10	98	23
15	80	23
20	63	23
25	55	23

**표 5**

&lt;122&gt;

70 SLM 유량을 갖는 CDA의 가습		
CDA 압력(psig)	상대 습도(%)	온도(°C)
5	98	24
10	88	23
15	74	23
20	60	22
25	51	22

**표 6**

<123>

100 SLM 유량을 갖는 CDA의 가습		
CDA 압력(psig)	상대 습도(%)	온도(°C)
5	68	26
10	68	24
15	60	24
20	51	24
25	46	24

<124> 제1 실험은 수온이 증가할 때 퍼지 가스의 가습이 증가한다는 것을 예시한다. CDA의 상대 습도의 가장 현저한 증가는 수온이 30°C 이상일 때 관찰되었다. 수온은 30°C 미만의 온도에서 가습에 더 적은 영향을 갖는다.

<125> 제2 실험은 멤브레인 접촉기 내의 퍼지 가스의 배압이 감소될 때 퍼지 가스가 습기로 더 신속히 포화된다는 것을 예시한다. 이 효과는 테스트된 압력 범위에 걸쳐 대략 선형적이다.

<126> 실시예 3

<127> 실험의 목적은 다양한 유량 및 압력에서 미소다공 중공 파이버 폴리머 멤브레인의 수증기 출력을 결정하는 것이었다.

<128> 도11A에 예시된 매니폴드의 변형된 형태가 사용되었다. 매니폴드는 엔테그리스 인크(Entegris, Inc.)로부터 입수할 수 있는 피하서(등록상표) II(pHasor® II) 중공 파이버 접촉기의 루멘을 통한 질소의 유량을 유지하기 위해 사용되었던 가스 질량 유동 제어기(MFC)를 포함하였다. 아에로넥스 SS-500KF-I-4R 정화기(Aeronex SS-500KF-I-4R purifier)가 [이제 엔테그리스 인크(Entegris, Inc.)로부터 입수할 수 있는] 피하서(등록상표) II(pHasor® II)의 상류의 가정용 질소로부터 습기를 제거하였다. 칸 습기 프로브(Kahn Moisture Probe)가 피하서(등록상표) II(pHasor® II)의 상류의 습기를 감시하기 위해 사용되었다(도11A에는 미도시). 피하서(등록상표) II(pHasor® II)는 미소다공 멤브레인의 셀 측부로부터, 루멘을 통해, 가스 스트림 내로 수증기가 확산할 수 있게 함으로써 습기 추가를 위해 사용되었다. 가스 압력은 퍼지 가스가 물 스트림 내에 기포를 발생시키는 것을 방지하도록 수압의 약 5 psig(0.034 Mpag) 이내로 제어되었다. 압력 계이지 및 열전쌍이 피하서(등록상표) II(pHasor® II)의 상류의 압력 및 온도를 감시하기 위해 사용되었다. 탈이온수의 유량은 피하서(등록상표) II(pHasor® II)의 셀 측부를 통해 니들 밸브를 사용하여 100 ml/시로 유지되었다. 피하서(등록상표) II(pHasor® II)의 하류 및 상류의 물의 압력을 측정하기 위해 압력계가 사용되었다. 열전쌍은 피하서(등록상표) II(pHasor® II) 하류의 수온을 측정하였다. 피하서(등록상표) II(pHasor® II)의 온도는 오메가 실리콘 가열기(Omega Silicone Heater)를 사용하여 25°C로 유지되었다. 마이크롤리스(Mykrolis)[이제, 엔테그리스, 인크(Entegris, Inc.)]의 써모가드(등록상표)(Thermo™) 및 웨이퍼가드(등록상표) II(Wafergad® II)가 임의의 습기의 액적을 제거하기 위해 피하서(등록상표) II(pHasor® II)의 하류의 테스트 매니폴드 내에 배치되었다. 바이살라 모이스처 프로브(Vaisala Moisture Probe)가 피하서(등록상표) II(pHasor® II)의 하류의 온도 및 상대 습도를 측정하기 위해 사용되었다. AP 테크 배압 조절기(AP Tech backpressure regulator)가 피하서(등록상표) II(pHasor® II)의 하류의 압력을 유지하기 위해 사용되었다(도11A에 도시되지 않음).

<129> 용기가 물로 충전되고 피하서(등록상표) II(pHasor® II)에 고압수를 제공하기 위해 가스로 가압되었다. 수압은 18 내지 59 psig(0.124 내지 0.407 Mpag)로 변경되었다. 설정 압력에서 기화기의 셀 측부를 통해 물이 흐를 수 있게 피하서(등록상표) II(pHasor® II)로의 밸브가 개방되었다.

<130> 도12는 액상수의 압력이 18 psig(0.124 Mpag)이고, 두 개의 서로 다른 가스 출구 압력[0 및 10 psig(0 및 0.069 Mpag)] 및 서로 다른 퍼지 가스 유량(10, 20, 30, 40, 50 slpm)에서 피하서(등록상표) II(pHasor® II)에 의해 발생된 퍼지 가스 내의 습기 농도가 변화되는 테스트의 결과를 예시한다. 퍼지 가스 혼합물의 습기 농도는 두 개의 가스 출구 압력을 위한 퍼지 가스 유량의 증가시 감소된다는 것이 관찰되었다. 또한, 가스 출구 압력이 액체 압력에 접근할 때, 예로서, 10 psig(0.069 Mpag) 가스 출구 압력에 접근할 때, 주어진 유량 및 온도를 위한 가스 내의 습기의 농도는 감소되었다. 도13A는 59 psig(0.407 Mpag)에서 가습기의 셀 측부 상의 물을 위한 서로 다른 가스 압력[10, 25, 50 psig(0.069, 0.172, 0.345 Mpag)]과 서로 다른 유량(10, 20, 30, 40, 50 slpm)에서 발생된 퍼지 가스 혼합물 내의 상대 습도를 측정하는 테스트의 결과를 예시한다. 결과는 유량의 증가와 함께 상대 습도가 감소하고, 퍼지 가스 혼합물 내의 상대 습도가 출구 압력의 감소와 함께 감소한다는

것을 나타낸다. 도13B는 ppm 단위의 습기 농도로 변환된 도13A로부터의 상대 습도 데이터를 예시한다. 도13B에 도시된 결과는 가스 유량의 증가와 함께 습기 농도가 감소하는 것을 보여준다. 도13B에 도시된 결과는 또한 가스 출구 압력이 액체 압력에 접근할 때, 주어진 유량 및 온도를 위한 가스 내의 습기 농도가 감소한다는 것을 보여준다.

<131> 상대 습도는 고프-그래치(Goff-Gratch) 방정식을 사용하여 수증기의 포화 압력( $p_{ws}$ )을 계산함으로써 습기 농도로 변환될 수 있다.

$$\log_{10}(p_{ws}) = 7.90(373.16/(T-1)) + 5.03\log_{10}(373.16/T) - 1.38 \times 10^{-7}((10^{11.34(1-T)/373.16}) - 1) + 8.13 \times 10^{-3}((10^{-3.49(373.16/(T-1))}) - 1) + \log_{10}(1013.25)$$

<133> (여기서, T는 [K]이며,  $p_{ws}$ 는 [hPa])

<134> 수증기의 분압( $p_w$ )은 상대 습도(R.H.)를  $p_{ws}$ 로 승산함으로써 계산될 수 있으며, 그 이유는  $R.H. = p_w/p_{ws}$  이기 때문이다.

<135> 이상 가스에서, 습기 농도는 하기의 방정식을 사용하여 계산된  $p_w$ 로부터 추정될 수 있다.

$$ppm(v/v) = (p_w/p_t) \times 10^6$$

<137> (여기서,  $p_t$ 는 총 압력)

<138> 실시예 4

<139> 실험의 목적은 폐기 가스 유량이 80 내지 120 sNm 사이일 때 기화기의 습기 출력을 결정하는 것이다. 압력 및 온도는 습기 출력을 변화시키도록 변경되었다. 또한, 시스템에 걸친 압력 및 온도 강하도 실험 동안 감시되었다.

<140> 도14는 두 개의 가습기를 병렬로 포함하는 테스트 매니폴드의 개략도를 예시한다. 용기는 탈이온수로 충전되고 18 psig(0.124 Mpag)를 초과하는 액체 압력을 제공하도록 가스로 가압되었다. 먼저, 용기는 배출 밸브가 개방되어 있는 상태로 물로 충전되었다. 다음에, 배출 밸브가 닫혀지고, 용기가 59 psig(0.407 Mpag) 까지 정화된 질소로 가압되었다. 파커 압력 규제기(Parker Pressure Regulator)가 가습기[엔테그리스 인크(Entegris, Inc.)로부터 입수할 수 있는 피하서(등록상표) II(pHasor® II) 맴브레인 접촉기]의 상류의 수압을 가스 입구 압력을 적어도 10 psig(0.069 Mpag) 초과하는 상태로 제어하기 위해 사용되었다. 엔테그리스 압력 트랜스듀서(Entegris Pressure Transducer)가 이 규제기의 하류의 압력을 측정하기 위해 사용되었다. 물 흐름은 양 피하서(등록상표) II(pHasor® II)를 통과하였다. 엔테그리스 계량 밸브(Engegris Metering Valve)가 물의 유량을 100 ml/시로 유지하기 위해 사용되었다. 밀리포어 압력 게이지(Millipore Pressure Gauge)가 시스템 상류의 가스 압력을 감시하기 위해 사용되었다. 양 피하서의 상류의 질소는 아에로넥스 SS-500KF-I-4R 정화기(Aeronex SS-500KF-I-4R purifier)[이제 엔테그리스 인크(Entegris, Inc.)로부터 입수할 수 있음]로 정화되었다. 두 개의 100 sNm 포터 질량 유동 제어기(MFC)가 피하서(등록상표) II(pHasor® II)들의 루멘 측부를 통한 가정용 질소의 유량을 유지하기 위해 사용되었다. 압력계 및 열전쌍이 피하서(등록상표) II(pHasor® II)들의 상류의 가스 압력 및 온도를 감시하기 위해 사용되었다. 압력계는 피하서(등록상표) II(pHasor® II)들의 상류 및 하류의 압력을 측정하기 위해 사용되었다. 피하서(등록상표) II(pHasor® II)들은 이 테스트 동안 25°C와 60°C로 가열되었다. 이중 피하서 CHS 내의 그 위치와 일치하는 임의의 수적을 제거하기 위한 트랩으로서 마이크롤리스 웨이퍼가드 II[이제, 엔테그리스, 인크.(Entegris, Inc.)]가 테스트 매니폴드 내에 배치되었다. 바이살라 모이스처 프로브(Vaisala Moisture Probe)가 가습기의 하류의 상대 습도 및 온도를 측정하기 위해 사용되었다. AP 테크 배암 조절기가 가습기의 하류의 압력을 유지하기 위해 사용되었다.

<141> 25°C 및 60°C로 각각 가열된 양 피하서(등록상표) II(pHasor® II)들에서 수집된 초기 상대 습도 데이터는 피하서(등록상표) II(pHasor® II)의 가스 입구 압력 및 온도의 증가와 함께 상대 습도가 증가한다는 것과, 가스 유량의 증가와 함께 상대 습도가 감소한다는 것을 보여준다.

<142> 상대 습도 데이터가 습기 농도로 변환될 때, 가습기 또는 기화기로의 입구의 가스 압력이 증가될 때 습기 농도가 감소하는 것이 관찰되었다. 또한, 피하서(등록상표) II(pHasor® II)들의 온도의 증가와 함께 습기 농도의

증가가 발생되는 것이 관찰되었다. 온도의 증가는 수증기의 증가를 유발하고, 보다 높은 수분 함량을 초래한다.

<143> 또한, 가스 유량의 증가와 함께 가스 출구 온도가 감소하는 것이 관찰되었다. 이론에 구속되지 않고, 더 높은 유량에서의 가스의 냉각은 액체의 기화 냉각에 기인할 수 있다.

<144> 가습기의 온도를 조절함으로써, 증가하는 가스 유량과 함께 접촉기로부터의 습기 농도의 감소를 상쇄시킬 수 있다는 것이 발견되었다. 가스 출구 온도는 40, 80 및 120 slm의 가스 유량으로 22.4°C로 유지되었다. 이 온도는 오메가 실리콘 가열기를 사용하여 피하서(등록상표) II(pHasor® II)의 온도를 변경함으로써 유지되었다. 또한, 셀 측부 상의 액체의 압력은 루멘 측부 상의 가스 압력을 10 psig(0.069 Mpag) 초과하여 유지되었다. 도 15에 도시된 바와 같이, 이 테스트의 결과는 일반적으로 증가된 가스 유량(예로서, 도13B)에 의해 유발되는 냉각은 가스 유량에 독립적으로 퍼지 가스 혼합물 내의 비교적 일정한 수증기 농도를 유지하도록 기화기의 온도를 제어함으로써, 본 경우에는, 기화기를 가열함으로써 상쇄될 수 있다.

<145> 실시예 5

<146> 본 실시예는 병렬로 연결된 하나 이상의 중공 파이퍼 기화기를 통한 액체 침투를 이용한 100 slpm 보다 큰 유량에서의 퍼지 가스 혼합물의 생성을 예시한다.

<147> 도14에 예시된 것과 유사한 매니폴드가 사용되었다. 도14에 예시된 바와 같이, 물 트랩이 두 개의 피하서(등록상표) II(pHasor® II)(기화기)의 직접적 하류에 배치되었다.

<148> 테스트를 위해 설정된 동작 조건은 100 psig(0.689 Mpag; 6.89 barg)의 소스 압력에서의 약 120 slm의 질소의 루멘 측부 가스 유동을 포함한다. 시스템 입구 압력(도시되지 않은 체크 밸브의 상류)은 약 40 psig(0.276 Mpag; 2.76 barg)이고, 피하서 가습기들의 상류의 가스 압력은 16 psig(0.110 Mpag; 1.10 barg)이다. 가습기로부터의 출구 가스 압력은 7 psig(0.048 Mpag; 0.48 barg)이다.

<149> 가습기의 셀 측부 상에 있는 액체를 위한 습기에 대한 동작 조건은 44 psig(0.303 Mpag; 3.03 barg)의 소스로부터의 300 ml/시의 유량과, 35 psig(0.241 Mpag; 2.41 barg)의 기화기로의 액체 입구 압력이다. 테스트 시간은 약 2 시간이었다.

<150> 접촉기의 온도는 오메가 실리콘 가열기를 사용하여 유지되었다.

### 표 7

고유동 가습기 테스트 조건 및 발생된 상대 습도						
	접촉기 온도 (°C)	입구 수온 (°C)	입구 가스 온도 (°C)	출구 가스 온도 (°C)	상대 습도(%)	트랩 체적(ml)
테스트 1	25	23.5	24	18.7	57.9	0
테스트 2	60	22.4	22.0	20.3	73.8	10
테스트 3	77	21.6	21.6	21.6	74.2	30

<152> 결과는 퍼지 가스 내에 증기를 발생시키기 위해 하나 이상의 접촉기가 함께 연결될 수 있다는 것을 나타내었다. 퍼지 가스 혼합물 내의 습기의 상대 습도는 일정한 퍼지 가스 유량, 압력 및 시스템 온도에서 약 0.1% 이상 더 양호하게 제어될 수 있다.

<153> 본 발명을 그 양호한 구현예에 관하여 특정하게 도시 및 설명하였지만, 본 기술의 숙련자는 첨부된 청구범위에 의한 본 발명의 범주로부터 벗어나지 않고 형태 및 세부사항의 다양한 변경이 이루어질 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 예로서, 기화기 시스템은 금속 에칭 또는 다른 프로세스에서의 정전하를 제거하기 위한 환경을 포함하는 제어된 습도를 생성하기 위해 사용될 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

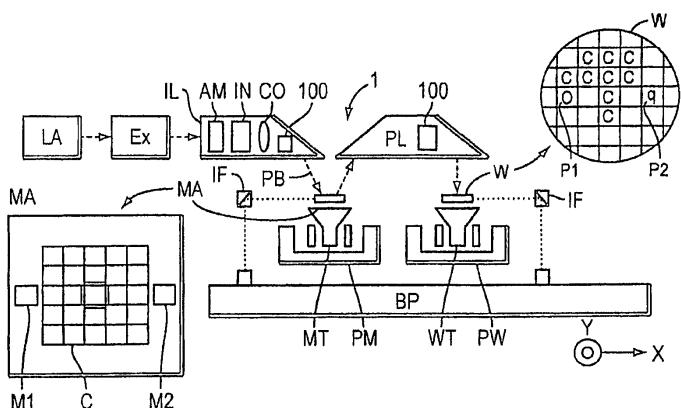
<14> 도1은 본 발명의 형태에 따른 리소그래피 투사 장치의 일 구현예의 예를 개략적으로 도시한다.

<15> 도2는 본 발명의 일 구현예에 따른 리소그래피 투사 장치의 EUV 조명 시스템 및 투사 광학장치의 측면도를 도시한다.

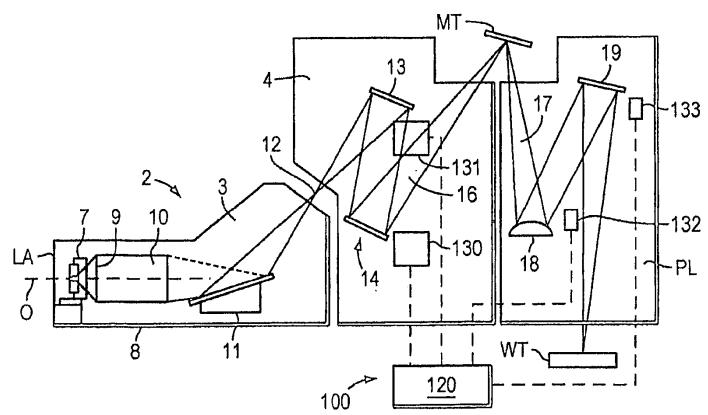
- <16> 도3은 본 발명의 일 구현예에 따른 퍼지 가스 혼합물 공급 시스템의 일 예를 개략적으로 예시한다.
- <17> 도4는 도3의 예에 사용하기에 적합한 가습기 장치를 개략적으로 도시한다.
- <18> 도5는 도3의 예에 사용될 수 있는 중공 파이버 멤브레인 기화기 또는 가습기의 예시도이다.
- <19> 도6은 실시예 1에 사용된 멤브레인 접촉기 테스트 매니폴드를 도시한다.
- <20> 도7은 초-청정 건조 공기(XCDA)를 위한 가스 크로마토그래피/불꽃 이온화 검출기(gas chromatography/flame ionization detector; GC/FID) 판독을 도시한다.
- <21> 도8은 실시예 1에 설명된 바와 같은 가습기를 통과한 XCDA를 위한 GC/FID 판독을 도시한다.
- <22> 도9는 XCDA를 위한 가스 크로마토그래피/펄스 불꽃 포토메트릭 검출기(gas chromatography/pulse flame photometric detector; GC/PFPD) 판독을 도시한다.
- <23> 도10은 실시예 1에 설명된 바와 같이 가습기를 통과한 XCDA를 위한 GC/PFPD 판독을 도시한다.
- <24> 도11A는 퍼지 가스 혼합물의 희석을 위한 퍼지 가스의 소스를 구비하는 일 형태의 퍼지 가스 공급 시스템을 예시하며, 또한, 광학 트랩이 도시되어 있고, 도11B는 기화기 또는 가습기로부터 퍼지 가스 혼합물의 온도를 유지하기 위한 열 교환 영역과, 퍼지 가스 혼합물의 희석을 위한 퍼지 가스의 소스를 구비하는 일 형태의 퍼지 가스 공급 시스템을 예시한다.
- <25> 도12는 18 psig(0.124 Mpag)의 물이 기화가능 액체인 기화기로부터의 두 가지 다른 가스 출구 압력에서 포화에 대한 증기 출력을 예시하는 그래프.
- <26> 도13A는 59 psig(0.407 Mpag)의 기화기 내의 물 같은 기화가능 액체를 위한 가스 압력과 서로 다른 유량에서 기화기로부터의 포화에 대한 증기 출력을 예시하는 그래프이고, 도13B는 기화기 내의 서로 다른 가스 압력에서 퍼지 가스 혼합물 내의 증기의 계산된 농도의 그래프이다.
- <27> 도14는 함께 연결된 하나 이상의 중공 파이버 기화기로 퍼지 가스 혼합물을 생성하기 위한 장치의 예시도이다.
- <28> 도15는 중공 파이버 기화기를 통해 흐르는 퍼지 가스 내의 증기 농도가 기화기를 통한 퍼지 가스 유량에 실질적으로 독립적인 범위로 제어될 수 있다는 것을 예시하는 그래프이다.

## 도면

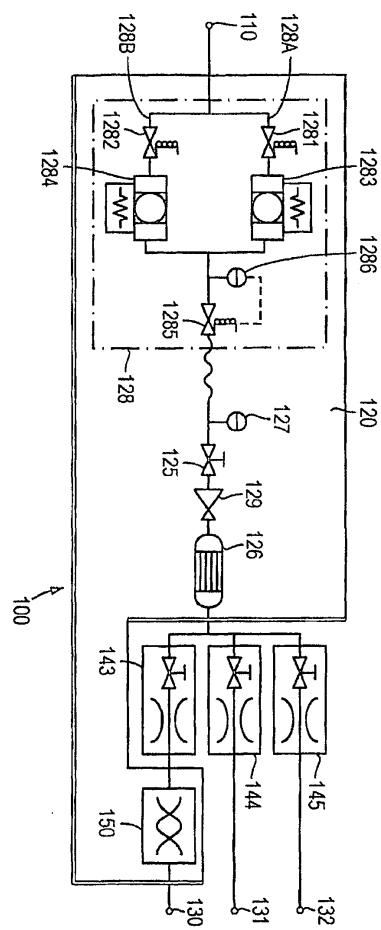
### 도면1



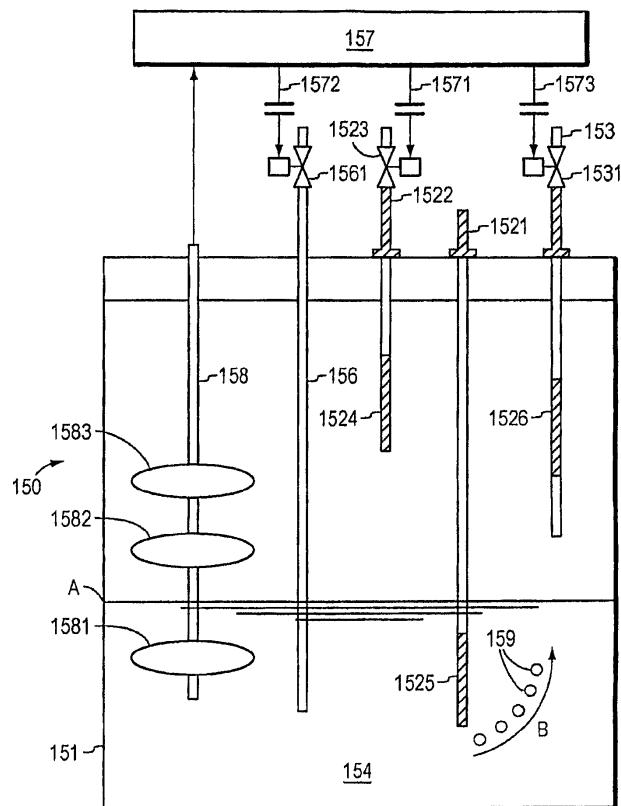
도면2



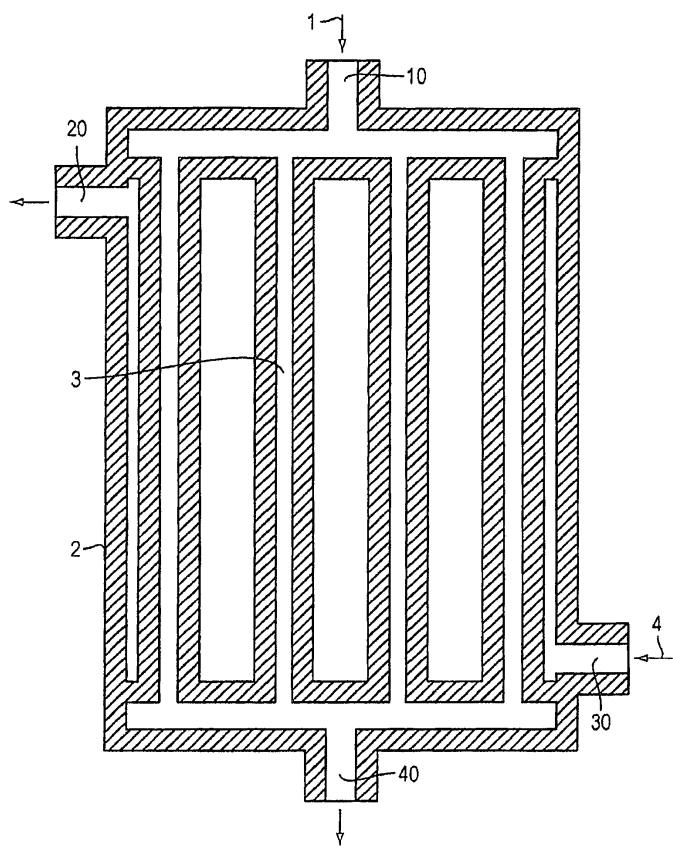
도면3



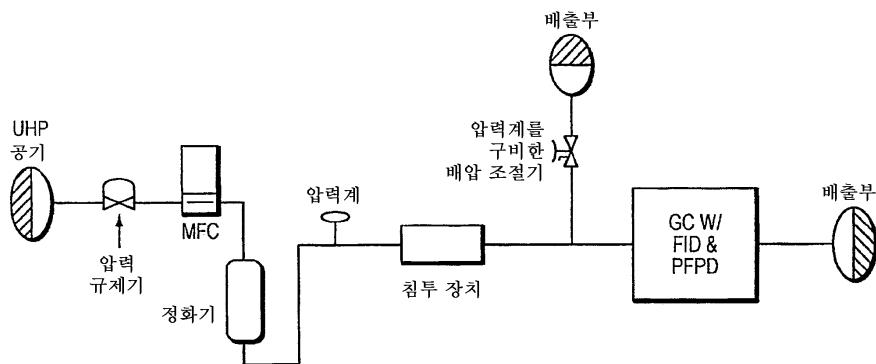
## 도면4



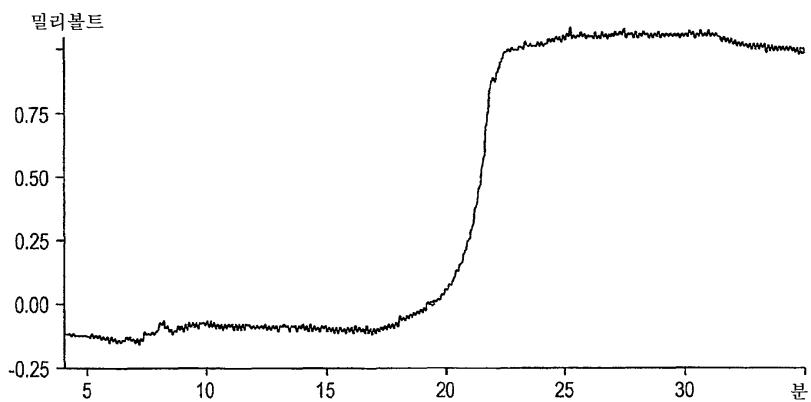
## 도면5



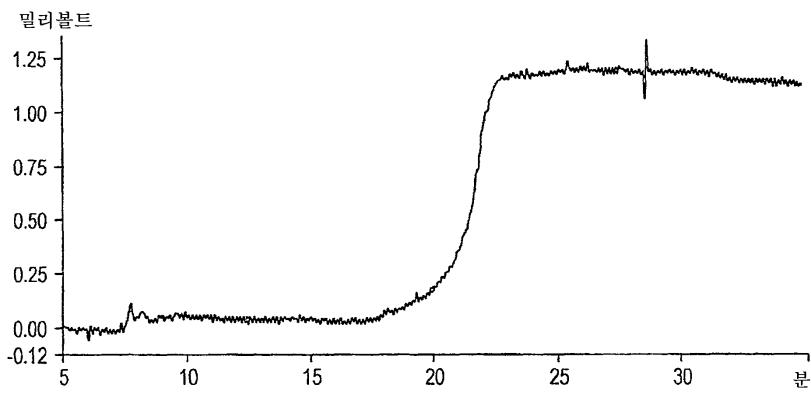
도면6



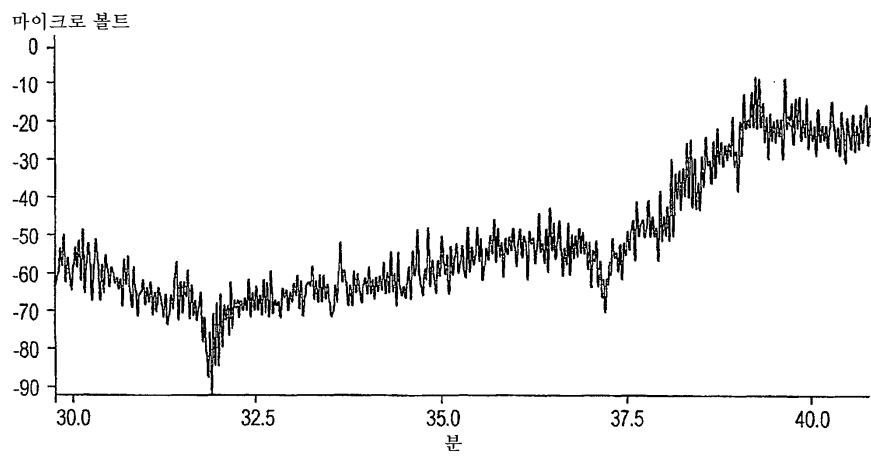
도면7



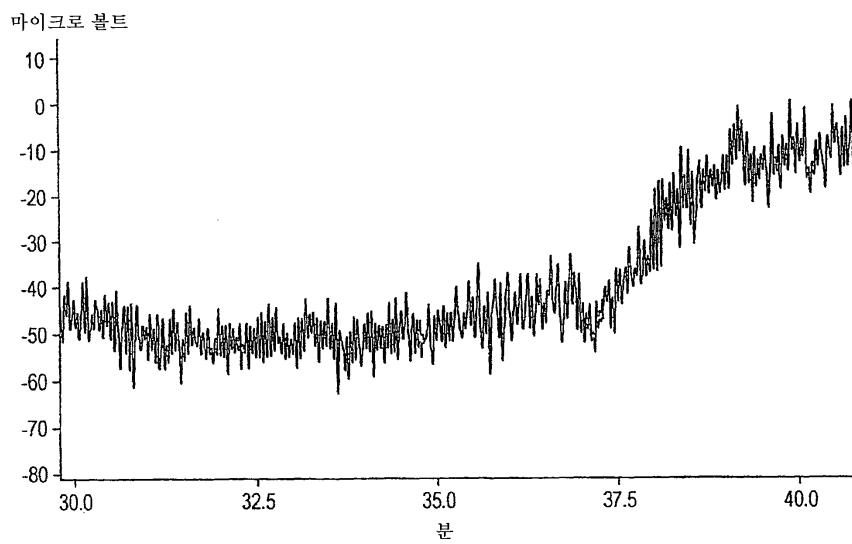
도면8



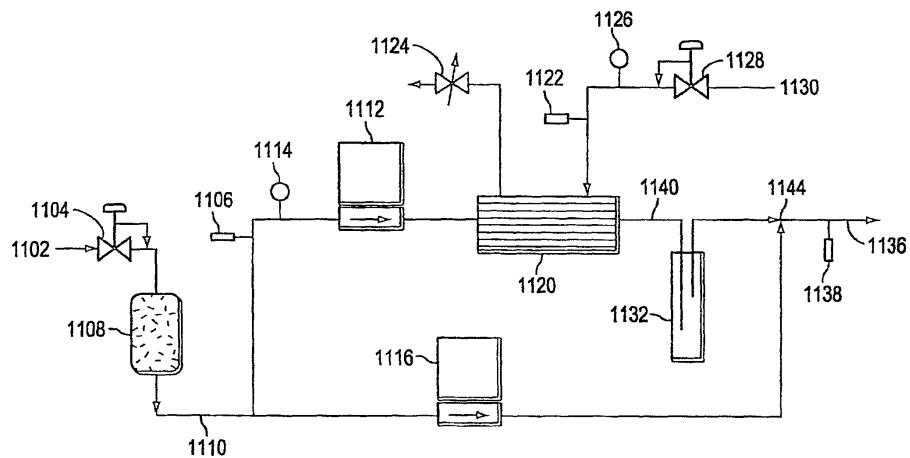
도면9



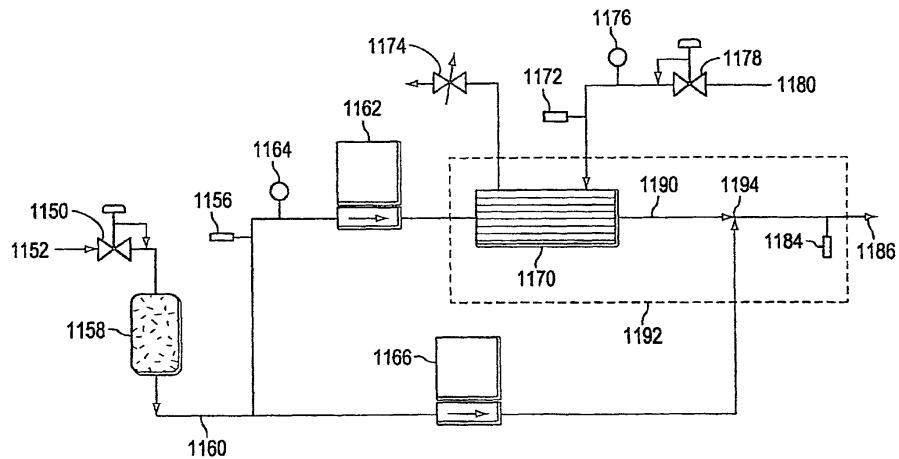
도면10



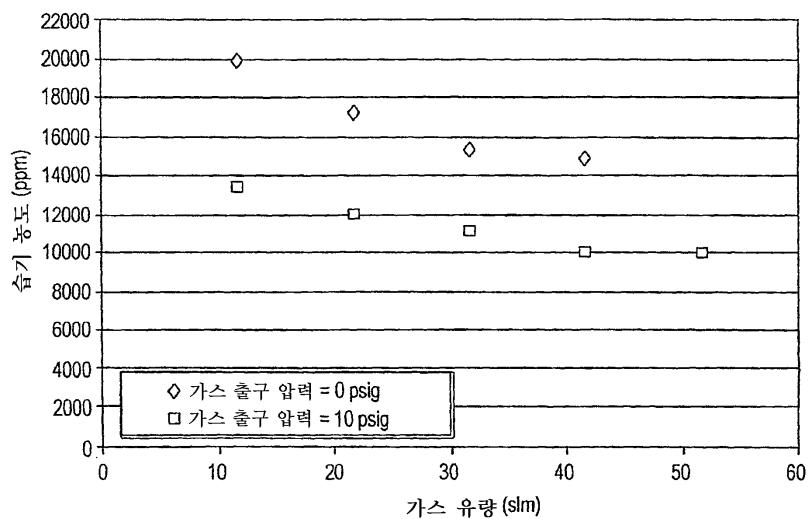
도면11A



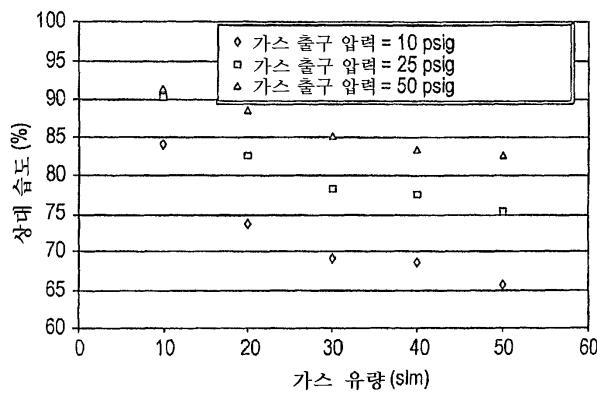
도면11B

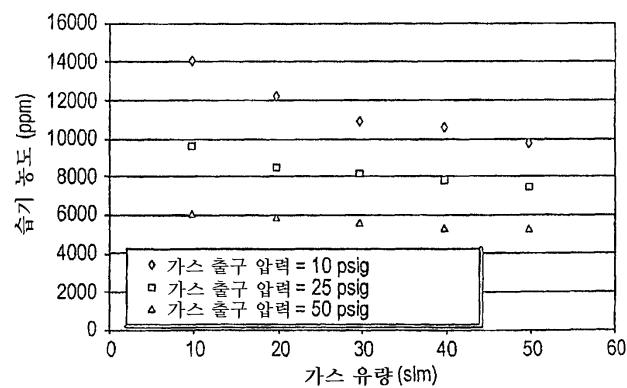
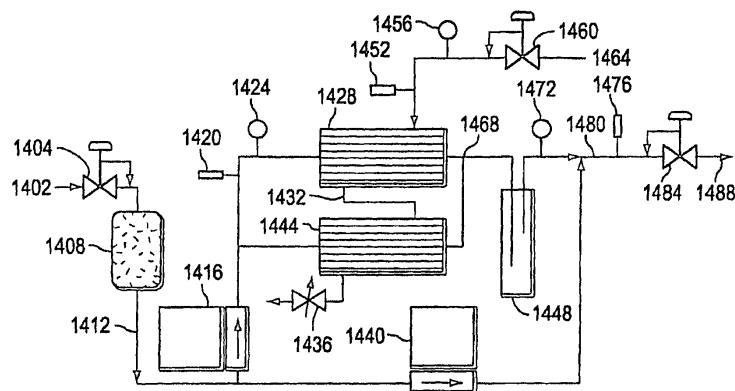


도면12



도면13A



**도면13B****도면14****도면15**