



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0093716  
(43) 공개일자 2017년08월16일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H01L 21/3065 (2006.01) H01L 21/311 (2006.01)  
H01L 21/3213 (2006.01) H01L 21/67 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
H01L 21/3065 (2013.01)  
H01L 21/31116 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2017-0013960  
(22) 출원일자 2017년01월31일  
심사청구일자 없음  
(30) 우선권주장  
15/017,444 2016년02월05일 미국(US)

- (71) 출원인  
램 리써치 코퍼레이션  
미국 94538 캘리포니아주 프레몬트 쿠싱 파크웨이 4650  
(72) 발명자  
셴 메이후아  
미국, 캘리포니아 94539, 프리몬트, 페리 커먼 694  
후양 슈오강  
미국, 캘리포니아 95148, 산 호세, 로스모어 코트 2952  
(74) 대리인  
(뒷면에 계속)  
특허법인인벤투스

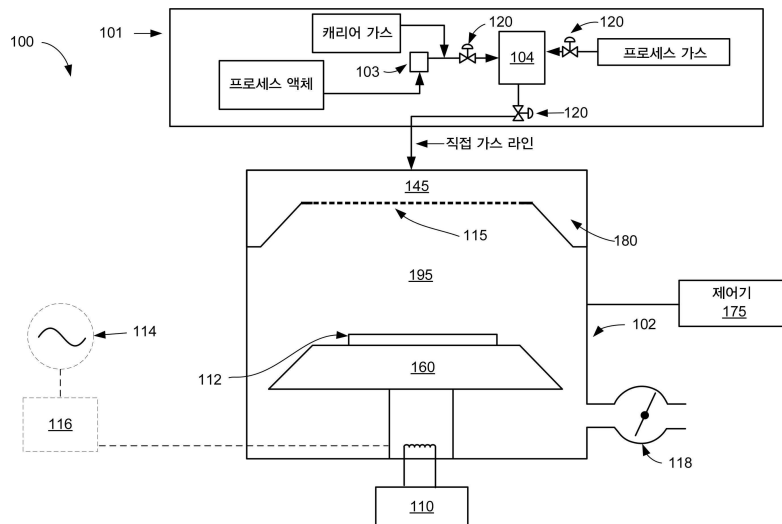
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 비휘발성 금속들을 패터닝하기 위한 챔버

(57) 요약

다양한 압력 레짐들에서 기판들을 에칭하기에 적합한 장치들이 본 명세서에 기술된다. 장치들은 상승된 포지션 또는 하강된 포지션에 포지셔닝될 수 있는 이동식 페데스탈, 샤워헤드, 및 선택가능한 플라즈마 생성기를 포함하는 프로세스 챔버를 포함한다. 장치들은, 이동식 페데스탈이 하강된 포지션에 있는 동안 처리를 사용하여 그리고 이동식 페데스탈이 상승된 포지션에 있는 동안 유기 증기에 대한 고압 노출을 사용하여 비휘발성 금속들을 에칭하기에 적합할 수도 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

*H01L 21/32136* (2013.01)

*H01L 21/67069* (2013.01)

(72) 발명자

**릴 토르스텐**

미국, 캘리포니아 95051, 산타 클라라, 뮤어 예비  
뉴 88

---

**파나고폴로스 테오**

미국, 캘리포니아 95136, 산 호세, 토니오 드라이  
브 4828

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

반도체 기판을 프로세싱하기 위한 장치에 있어서,

상기 장치는,

프로세스 챔버로서,

상기 장치로 프로세스 가스들을 분배하기 위한 샤워헤드,

상기 반도체 기판을 홀딩하기 위한 이동식 페데스탈로서, 상승된 위치의 상기 이동식 페데스탈이 상기 이동식 페데스탈과 상기 샤워헤드 사이에 상부 챔버 영역 및 상기 이동식 페데스탈 밑에 하부 챔버 영역을 형성하도록 상기 이동식 페데스탈은 상기 상승된 위치 또는 하강된 위치에 위치될 수 있는, 상기 이동식 페데스탈, 및

상기 이동식 페데스탈이 상기 상승된 위치로 이동될 때 상기 이동식 페데스탈의 에지와 정렬할 수 있는 상기 샤워헤드 근방의 영역을 포함하는, 상기 프로세스 챔버;

상기 샤워헤드를 향해 프로세스 가스들을 전달하기 위해 상기 샤워헤드에 커플링된 유입부들;

상기 프로세스 챔버 내에서 플라즈마를 점화하기 위한 플라즈마 생성기; 및

상기 장치의 동작들을 제어하기 위한 제어기로서, 상기 제어기는 상기 상승된 위치 또는 하강된 위치로 상기 페데스탈을 이동시키기 위한 머신-판독가능한 인스트럭션들을 포함하는, 상기 제어기를 포함하고,

상기 이동식 페데스탈이 상기 상승된 위치에 있을 때 상기 상부 챔버 영역과 상기 하부 챔버 영역 사이에 압력차가 형성되는, 반도체 기판을 프로세싱하기 위한 장치.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 이동식 페데스탈이 상기 상승된 위치에 있을 때 상기 이동식 페데스탈의 에지와 상기 샤워헤드 근방의 상기 영역 사이의 거리는 약 0.3 mm 내지 약 3 mm인, 반도체 기판을 프로세싱하기 위한 장치.

#### 청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 샤워헤드 근방의 상기 영역은 상기 샤워헤드에 수직인 축으로부터 약 45 ° 로 기울어지는, 반도체 기판을 프로세싱하기 위한 장치.

#### 청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 샤워헤드 근방의 상기 영역은 상기 장치의 측벽의 일부인, 반도체 기판을 프로세싱하기 위한 장치.

#### 청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 이동식 페데스탈이 상기 상승된 위치에 있을 때 상기 상부 챔버 영역에서, 상기 샤워헤드와 상기 이동식 페데스탈 사이의 거리는 약 1 mm 내지 약 2 mm인, 반도체 기판을 프로세싱하기 위한 장치.

#### 청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 이동식 페데스탈은 상기 이동식 페데스탈의 상기 에지에 인접한 상승된 영역을 포함하는, 반도체 기판을 프로세싱하기 위한 장치.

#### 청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 이동식 페데스탈의 상기 에지는 기울어지는, 반도체 기판을 프로세싱하기 위한 장치.

#### 청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 이동식 페데스탈의 상기 에지는 상기 이동식 페데스탈의 상기 표면에 수직인, 반도체 기판을 프로세싱하기 위한 장치.

#### 청구항 9

제 1 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 이동식 페데스탈이 상기 상승된 위치에 있을 때 상기 상부 챔버 영역과 상기 하부 챔버 영역 사이의 상기 압력 차는 약 50 mTorr 내지 약 5 Torr인, 반도체 기판을 프로세싱하기 위한 장치.

#### 청구항 10

제 1 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 이동식 페데스탈이 상기 상승된 위치에 있을 때 상기 상부 챔버 영역의 상기 압력은 상기 이동식 페데스탈이 상기 하강된 위치에 있을 때 상기 상부 챔버의 상기 압력보다 적어도 약 2 내지 약 10,000 배 클 수 있는, 반도체 기판을 프로세싱하기 위한 장치.

#### 청구항 11

제 1 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 이동식 페데스탈은 상기 하강된 위치와 상기 상승된 위치 사이에서 약 4 인치 내지 약 6 인치의 거리를 이동할 수 있는, 반도체 기판을 프로세싱하기 위한 장치.

#### 청구항 12

제 1 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 유입부들은 약 1000 sccm보다 큰 플로우 레이트로 상기 프로세스 챔버로 유기 증기를 전달하기 위한 유입부를 포함하는, 반도체 기판을 프로세싱하기 위한 장치.

#### 청구항 13

제 1 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 유입부들은 플라즈마를 생성하도록 상기 샤워헤드로 염소-함유 프로세스 가스 또는 산소-함유 프로세스 가스를 전달하기 위한 유입부를 포함하는, 반도체 기판을 프로세싱하기 위한 장치.

#### 청구항 14

제 1 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 이동식 페데스탈의 상기 두께는 약 50 mm 내지 약 100 mm인, 반도체 기판을 프로세싱하기 위한 장치.

#### 청구항 15

제 1 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제어기는,

상기 기관 상에 개질된 비휘발성 금속을 형성하도록 상기 이동식 페테스탈이 상기 하강된 위치에 있을 때 상기 기관 상의 비휘발성 금속에 상기 플라즈마를 도입하기 위한 머신-판독가능 인스트럭션; 및

상기 개질된 비휘발성 금속을 에칭하도록 상기 이동식 페테스탈이 상기 상승된 위치에 있는 동안 상기 챔버로 유기 증기를 도입하기 위한 머신-판독가능 인스트럭션을 더 포함하는, 반도체 기관을 프로세싱하기 위한 장치.

#### 청구항 16

제 6 항에 있어서,

상기 샤워헤드에 대해 평면형인 표면과 상기 상승된 영역의 상기 상부 표면 사이의 상기 거리는 약 0 mm 내지 약 1 mm인, 반도체 기관을 프로세싱하기 위한 장치.

#### 청구항 17

제 6 항에 있어서,

상기 상승된 영역은 내측 코너 및 외측 코너를 포함하고, 그리고

상기 샤워헤드의 에지와 상기 내측 코너 사이의 측방향 거리는 약 10 mm인, 반도체 기관을 프로세싱하기 위한 장치.

#### 청구항 18

제 3 항에 있어서,

상기 샤워헤드 근방의 상기 기울어진 영역의 길이는 약 50 mm 내지 약 200 mm인, 반도체 기관을 프로세싱하기 위한 장치.

#### 청구항 19

상승된 위치의 이동식 페테스탈이 상기 이동식 페테스탈과 샤워헤드 사이에 상부 챔버 영역 및 상기 이동식 페테스탈 밑에 하부 챔버 영역을 형성하도록 상기 이동식 페테스탈은 상기 상승된 위치 또는 하강된 위치에 위치될 수 있는, 기관을 홀딩하기 위한 상기 이동식 페테스탈을 포함하는, 프로세스 챔버 내에서 기관 상의 비휘발성 금속을 에칭하는 방법에 있어서,

상기 방법은,

상기 비휘발성 금속을 개질하도록 상기 이동식 페테스탈이 상기 하강된 위치에 있을 때 상기 기관 상의 상기 비휘발성 금속을 플라즈마에 노출시키는 단계; 및

상기 개질된 비휘발성 금속을 제거하도록 상기 이동식 페테스탈이 상기 상승된 위치에 있을 때 상기 개질된 비휘발성 금속을 유기 증기에 노출시키는 단계를 포함하고,

상기 이동식 페테스탈이 상기 상승된 위치에 있을 때 상기 프로세스 챔버 내에서 상기 상부 챔버 영역과 상기 하부 챔버 영역 사이에 압력 차가 형성되는, 프로세스 챔버 내에서 기관 상의 비휘발성 금속을 에칭하는 방법.

#### 청구항 20

제 19 항에 있어서,

상기 이동식 페테스탈이 상기 상승된 위치에 있을 때 상기 상부 챔버 영역의 상기 압력은 상기 이동식 페테스탈이 상기 하강된 위치에 있을 때 상기 상부 챔버의 압력보다 적어도 약 2 내지 약 10,000 배 큰, 프로세스 챔버 내에서 기관 상의 비휘발성 금속을 에칭하는 방법.

### 발명의 설명

### 배경 기술

[0001]

반도체 프로세싱은 종종 비휘발성 금속들을 에칭하는 것을 수반한다. 그러나, 비휘발성 금속들은 휘발성 금속 부산물들을 형성하기 어렵기 때문에 종종 종래의 건식 플라즈마 에칭 반응기들을 사용하여 패터닝하기 어렵다. 그 결과, 종래의 에칭 프로세스들은 종종 기관의 표면을 상으로 금속들의 재증착을 발생시켜, 신뢰성 이슈들 및

퍼포먼스 문제들을 야기한다.

## 발명의 내용

- [0002] 반도체 기판을 프로세싱하기 위한 장치들이 본 명세서에 제공된다. 일 양태는, 프로세스 챔버로서, 장치로 프로세스 가스들을 분배하기 위한 샤워헤드, 반도체 기판을 홀딩하기 위한 이동식 페데스탈로서, 상승된 위치의 이동식 페데스탈이 이동식 페데스탈과 샤워헤드 사이에 상부 챔버 영역 및 이동식 페데스탈 밑에 하부 챔버 영역을 형성하도록 이동식 페데스탈은 상승된 위치 또는 하강된 위치에 위치될 수 있는, 이동식 페데스탈, 및 이동식 페데스탈이 상승된 위치로 이동될 때 이동식 페데스탈의 에지와 정렬할 수 있는 샤워헤드 근방의 영역을 포함하는, 프로세스 챔버; 샤워헤드를 향해 프로세스 가스들을 전달하기 위해 샤워헤드에 커플링된 유입부들; 프로세스 챔버 내에서 플라즈마를 점화하기 위한 플라즈마 생성기; 및 장치의 동작들을 제어하기 위한 제어기로서, 제어기는 이동식 페데스탈이 상승된 위치에 있을 때 상부 챔버 영역과 하부 챔버 영역 사이에 압력 차가 형성되도록 상승된 위치 또는 하강된 위치로 페데스탈을 이동시키기 위한 머신-판독가능한 인스트럭션들을 포함하는, 제어기를 포함하는 장치를 수반한다.
- [0003] 일부 실시예들에서, 이동식 페데스탈이 상승된 위치에 있을 때 이동식 페데스탈의 에지와 샤워헤드 근방의 영역 사이의 거리는 약 0.3 mm 내지 약 3 mm이다. 샤워헤드 근방의 영역은 샤워헤드에 수직인 축으로부터 약 45 °로 기울어질 수도 있다. 일부 실시예들에서, 샤워헤드 근방의 기울어진 영역의 길이는 약 50 mm 내지 약 200 mm이다.
- [0004] 일부 실시예들에서, 샤워헤드 근방의 영역은 장치의 측면의 일부이다. 이동식 페데스탈이 상승된 위치에 있을 때 상부 챔버 영역에서, 샤워헤드와 이동식 페데스탈 사이의 거리는 약 1 mm 내지 약 2 mm일 수도 있다.
- [0005] 일부 실시예들에서, 이동식 페데스탈은 이동식 페데스탈의 에지에 인접한 상승된 영역을 포함한다. 다양한 실시예들에서, 샤워헤드에 대해 평면형인 표면과 상승된 영역의 상부 표면 사이의 거리는 약 0 mm 내지 약 1 mm이다. 상승된 영역은 샤워헤드의 에지와 내측 코너 간의 측방향 거리가 약 10 mm이도록 내측 코너 및 외측 코너를 포함할 수도 있다.
- [0006] 다양한 실시예들에서, 이동식 페데스탈의 에지는 기울어진다. 이동식 페데스탈의 에지는 이동식 페데스탈의 표면에 수직일 수도 있다. 이동식 페데스탈은 하강된 위치와 상승된 위치 사이에서 약 4 인치 내지 약 6인치의 거리를 이동할 수도 있다. 일부 실시예들에서, 이동식 페데스탈의 두께는 약 50 mm 내지 약 100 mm일 수도 있다.
- [0007] 이동식 페데스탈이 상승된 위치에 있을 때 상부 챔버 영역과 하부 챔버 영역 사이의 압력 차는 약 50 mTorr 내지 약 5 Torr일 수도 있다. 일부 실시예들에서, 이동식 페데스탈이 상승된 위치에 있을 때 상부 챔버 영역의 압력은 이동식 페데스탈이 하강된 위치에 있을 때 상부 챔버의 압력보다 적어도 약 2 내지 약 10,000 배 클 수 있다.
- [0008] 일부 실시예들에서, 유입부들은 약 1000 sccm보다 큰 플로우 레이트로 프로세스 챔버로 유기 증기를 전달하기 위한 유입부를 포함한다. 유입부들은 플라즈마를 생성하도록 샤워헤드로 염소-함유 프로세스 가스 또는 산소-함유 프로세스 가스를 전달하기 위한 유입부를 포함한다.
- [0009] 일부 실시예들에서, 제어기는, 기관 상에 개질된 비휘발성 금속을 형성하도록 이동식 페데스탈이 하강된 위치에 있을 때 기관 상의 비휘발성 금속에 플라즈마를 도입하기 위한 머신-판독가능 인스트럭션; 및 개질된 비휘발성 금속을 에칭하도록 이동식 페데스탈이 상승된 위치에 있는 동안 챔버로 유기 증기를 도입하기 위한 머신-판독가능 인스트럭션을 더 포함한다.
- [0010] 또 다른 양태는 상승된 위치의 이동식 페데스탈이 이동식 페데스탈과 샤워헤드 사이에 상부 챔버 영역 및 이동식 페데스탈 밑에 하부 챔버 영역을 형성하도록 이동식 페데스탈은 상승된 위치 또는 하강된 위치에 위치될 수 있는, 기관을 홀딩하기 위한 이동식 페데스탈을 포함하는, 프로세스 챔버 내에서 기관 상의 비휘발성 금속을 에칭하는 방법을 수반하고, 방법은, 비휘발성 금속을 개질하도록 이동식 페데스탈이 하강된 위치에 있을 때 이동식 페데스탈 상의 기관 상의 비휘발성 금속을 플라즈마에 노출시키는 단계; 및 개질된 비휘발성 금속을 제거하도록 이동식 페데스탈이 상승된 위치에 있을 때 개질된 비휘발성 금속을 유기 증기에 노출시키는 단계를 포함하여, 이동식 페데스탈이 상승된 위치에 있을 때 프로세스 챔버 내에서 상부 챔버 영역과 하부 챔버 영역 사이에 압력 차가 형성된다.
- [0011] 다양한 실시예들에서, 이동식 페데스탈이 상승된 위치에 있을 때 상부 챔버 영역의 압력은 이동식 페데스탈이

하강된 위치에 있을 때 상부 챔버의 압력보다 적어도 약 2 내지 약 10,000 배 크다.

[0012] 이들 및 다른 양태들은 도면들을 참조하여 이하에 더 기술된다.

### 도면의 간단한 설명

[0013] 도 1은 개시된 실시예들에 따른 예시적인 장치의 개략적인 예시를 제공한다.

도 2a는 도 1의 예시적인 장치의 일부의 클로즈-업 도시의 개략적인 예시를 제공한다.

도 2b는 도 2a의 일부의 클로즈-업 도시의 개략적인 예시를 제공한다.

도 3a는 하강된 위치의 페데스탈을 갖는 예시적인 장치의 개략적인 예시를 제공한다.

도 3b는 상승된 위치의 페데스탈을 갖는 예시적인 장치의 개략적인 예시를 제공한다.

도 3c는 도 3b의 부분의 클로즈-업 도시의 개략적인 예시를 제공한다.

도 4a는 개시된 실시예들에 따라 수행될 수도 있는 방법을 수행하기 위한 동작들의 프로세스 흐름도이다.

도 4b는 개시된 실시예들에 따른 장치에서 수행될 수도 있는 방법을 수행하기 위한 동작들의 프로세스 흐름도이다.

도 4c는 개시된 실시예들에 따른 장치에서 수행될 수도 있는 방법의 사이클들의 예를 도시하는 타이밍 시퀀스도이다.

도 4d 내지 도 4g는 개시된 실시예들에 따른 장치에서 수행될 수도 있는 방법을 겪을 수도 있는 예시적인 기관들의 개략적인 예시이다.

도 5는 실험들에 사용된 프로세스 챔버의 영역의 개략적인 예시이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0014] 이하의 기술에서, 제시된 실시예들의 전체적인 이해를 제공하도록 다수의 구체적인 상세들이 언급된다. 개시된 실시예들은 이들 구체적인 상세들 중 일부 또는 전부가 없이 실시될 수도 있다. 다른 예들에서, 공지의 프로세스 동작들은 개시된 실시예들을 불필요하게 모호하게 하지 않도록 상세히 기술되지 않았다. 개시된 실시예들이 구체적인 실시예들과 함께 기술될 것이지만, 개시된 실시예들을 제한하도록 의도되지 않았다는 것이 이해될 것이다.

[0015] 반도체 프로세싱은, 종래의 건식 플라즈마 에칭 반응기들을 사용하여 패터닝 및 에칭하기 어려운 비휘발성 금속들을 에칭하는 것을 수반한다. 예시적인 비휘발성 금속들은 구리, 코발트, 백금, 팔라듐, 철 및 이리듐을 포함한다. 이러한 비휘발성 금속들은 고유의 전기적 속성 및 자기적 속성을 가질 수도 있어서, MRAM (magnetoresistive random access memory)의 제조와 같은 발전된 메모리 및 로직 애플리케이션들에 사용될 수도 있다. 종래의 플라즈마 반응기들에서, 비휘발성 금속들을 에칭하기 위해 비휘발성 금속들의 휘발성 부산물들을 형성하는 것은 어렵다. 휘발성 에칭 부산물들과 같은 재료는 기관 표면들 상에 재증착되지 않고 프로세스 챔버로부터 용이하게 제거될 수도 있기 때문에 휘발성 에칭 부산물들을 형성하는 것이 바람직하다. 통상적으로, 습식 에칭 화학적 용액들에 용해될 수도 있고 또는 유기 증기 용매에 또한 용해될 수도 있다. 그러나, 습식 에칭 분위기로부터 건식 에칭 분위기로 시프팅하는 것은 시간이 걸리고 따라서 쓰루풋을 감소시킨다. 이에 더하여, 습식 기법들이 10 nm 미만 기술 노드들에서 기관들을 에칭하기에 적합할 필요는 없을 수도 있다.

[0017] 장치

[0018] 비휘발성 금속들을 에칭하기에 적합한 장치들 및 비휘발성 금속들을 에칭하기 위한 방법들이 본 명세서에 제공된다. 본 명세서에 기술된 예시적인 장치들은 비휘발성 금속들을 에칭하기 위해 사용될 수도 있지만, 본 명세서에 기술된 장치들은 임의의 타입의 웨이퍼를 에칭하거나 프로세싱하기에 적합할 수도 있다는 것이 이해될 것이다.

[0019] 다양한 실시예들에서, 장치는 상부 챔버 영역 및 하부 챔버 영역을 포함하도록 구성될 수도 있는 듀얼 존 압력 플라즈마 반응기 또는 프로세스 챔버를 포함한다. 도 1은 프로세스 챔버 (102)를 포함하는 예시적인 장치 (100)의 개략적인 예시를 제공한다. 프로세스 챔버 (102)는 프로세스 가스들을 프로세스 영역 (195)으로 전



달하기 위한 샤워헤드 (115) 를 포함할 수도 있다. 프로세스 챔버 (102) 의 측벽은, 샤워헤드 (115) 의 또는 샤워헤드 (115) 근방의 프로세스 챔버 측벽의 영역 (180) 이 페데스탈 (160) 의 기울어진 예지와 정렬하도록, 기울어질 수도 있고, 페데스탈 (160) 은 프로세스 챔버 (102) 내에서 수직으로 위 (상승된 위치로) 및 아래로 (하강된 위치로) 이동할 수 있다. 영역 (180) 이 기울어지고 도 1에 도시된 페데스탈 예지가 기울어지지만, 일부 실시예들에서, 영역 (180) 은 수직 페데스탈 예지와 수직으로 정렬된다는 것을 주의한다. 페데스탈 (160) 은 상부에서 프로세싱이 수행될 수도 있는 웨이퍼 또는 기판 (112) 을 홀딩할 수도 있다. 페데스탈 (160) 의 두께는 약 50 mm 내지 약 100 mm일 수도 있다. 일부 실시예들에서, 페데스탈 (160) 은 이하에 기술된 바와 같이, 인-시츄로 플라즈마를 생성하기 위한 캐소드로서 역할을 한다.

[0020] 샤워헤드 (115) 는 프로세스 가스들을 웨이퍼 (112) 를 향해 분배한다. 도 1에 도시된 실시예에서, 웨이퍼 (112) 는 샤워헤드 (115) 밑에 위치되고 페데스탈 (160) 상에 얹혀진 (rest on) 것으로 도시된다. 샤워헤드 (115) 는 프로세스 가스들을 웨이퍼 (112) 로 분배하기 위해 임의의 적합한 형상을 가질 수도 있고 임의의 적합한 수 및 배열의 포트들을 가질 수도 있다. 샤워헤드 (115) 는 영역 (145) 과 프로세스 영역 (195) 사이에서 프로세스 챔버 (102) 를 분리할 수도 있다. 일부 실시예들에서, 가스들은 샤워헤드 (115) 를 통해 웨이퍼 (112) 로 가스들을 전달하기 전에 미리-선택된 압력으로 영역 (145) 로 전달될 수도 있다. 일부 실시예들에서, 페데스탈 (160) 은 웨이퍼 (112) 와 샤워헤드 (115) 사이의 볼륨에 웨이퍼 (112) 를 노출하기 전에 하강된 위치 또는 상승된 위치에 있을 수도 있다. 페데스탈 (160) 이 상승된 위치와 하강된 위치 사이에서 이동될 수도 있는 거리는 챔버의 사이즈에 따라 다를 수도 있다. 본 명세서에 사용된 바와 같이 용어들 "상승된" 및 "하강된"은 페데스탈 (160) 의 표면이 지면에 실질적으로 평행한 축을 따라 상대적이다. 일부 실시예들에서, 상승된 위치는 챔버 (102) 의 대면 표면에 페데스탈 (160) 의 표면이 보다 가까운 위치, 예컨대 샤워헤드 (115) 가 챔버 (102) 내에서 위치될 수도 있는 위치이다. 일부 실시예들에서, 페데스탈 (160) 이 상승된 위치와 하강된 위치 사이에서 이동될 수도 있는 거리는 약 4 인치 내지 약 6 인치일 수도 있다. 일부 실시예들에서 페데스탈 높이는 적합한 제어기 (175) 에 의해 프로그램적으로 조정될 수도 있다는 것이 이해될 것이다.

[0021] 다양한 실시예들에서, 도 2a 및 도 2b에 대해 이하에 더 기술되는 바와 같이, 페데스탈 (160) 이 상승된 위치에 있을 때 프로세스 영역 (195) 은 2 개의 영역들로 분할될 수도 있다. 일부 실시예들에서, 페데스탈 (160) 의 높이를 조정하는 것은 본 명세서에 기술된 플라즈마 프로세스들 동안 플라즈마 밀도로 하여금 가변되게 할 수도 있다. 프로세스 페이스의 종료시, 페데스탈 (160) 로부터 웨이퍼 (112) 의 제거를 허용하도록 웨이퍼 (112) 의 또 다른 동작 또는 또 다른 웨이퍼 이송 페이스를 수행하기 위해 페데스탈 (160) 은 하강될 수도 있다. 일부 실시예들에서, 페데스탈 (160) 은 웨이퍼 (112) 의 배향을 회전시키기 위한 회전 축을 포함할 수도 있다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 이들 예시적인 조정들은 하나 이상의 적합한 제어기들 (175) 에 의해 프로그램적으로 수행될 수도 있다는 것이 이해될 것이다. 제어기 (175) 는 도 3a 및 도 3b에 대해 이하에 기술된 임의의 제어기들일 수도 있다.

[0022] 일부 실시예들에서, 페데스탈 (160) 은 히터 (110) 를 통해 온도 제어될 수도 있다. 또한, 일부 실시예들에서, 장치 (100) 에 대한 압력 제어는 버터플라이 밸브 (118) 에 의해 제공될 수도 있다. 도 1의 실시예에 도시된 바와 같이, 버터플라이 밸브 (118) 는 다운스트림 진공 펌프 (미도시) 에 의해 제공된 진공을 쓰로틀링한다. 그러나, 일부 실시예들에서, 장치 (100) 의 압력 제어는 또한 장치 (100) 로 도입된 하나 이상의 가스들의 플로우 레이트를 가변시킴으로써 조정될 수도 있다.

[0023] 프로세스 챔버 (102) 는 프로세스 가스들 또는 증기를 샤워헤드 (115) 로 전달하기 위해 반응물질 전달 시스템 (101) 과 유체적으로 연통할 수도 있다. 반응물질 전달 시스템 (101) 은 샤워헤드 (115) 로의 전달을 위해 예칭 가스들과 같은 프로세스 가스들을 블렌딩 및/또는 컨디셔닝하기 위한 혼합 용기 (104) 를 포함한다. 별도의 혼합 용기 (미도시) 는 유기 증기 가스들을 블렌딩 및/또는 컨디셔닝하기 위해 사용될 수도 있다. 하나 이상의 혼합 용기 유입부 밸브들 (120) 은 프로세스 가스들의 혼합 용기 (104) 로의 도입을 제어할 수도 있다. 예칭 플라즈마는 또한 샤워헤드 (115) 로 전달될 수도 있고 또는 프로세스 챔버 (102) 내에서 생성될 수도 있다.

[0024] 예로서, 도 1의 실시예는 혼합 용기 (104) 로 공급된 액체 반응물질을 기화하기 위한 기화 지점 (103) 을 포함한다. 일부 실시예들에서, 기화 지점 (103) 은 가열된 기화기일 수도 있다. 이러한 기화기들로부터 생성된 포화된 반응물질 증기는 다운스트림 전달 파이프에서 응결될 수도 있다. 양립할 수 없는 가스들의 응결된 반응물질로의 노출은 작은 입자들을 생성할 수도 있다. 이들 작은 입자들은 파이프를 막고 (clog), 밸브 동작을 지연시키고, 기관들을 오염시키는 등을 할 수도 있다. 이들 문제들을 해결하기 위한 일부 방법들은 잔여 반응물질을 제거하기 위해 전달 파이프를 퍼지 및/또는 배기하는 것을 수반한다. 그러나, 전달 파이프를 퍼지하는 것은 프로세스 스테이션 쓰루풋을 저하시키는, 프로세스 스테이션 사이클 시간을 증가시킬 수도 있다. 따라서, 일부





서, 샤워헤드는 프로세스 챔버의 상단에서 어셈블될 수도 있어서 샤워헤드 (215) 는 프로세스 챔버의 상단의 전체 길이에 걸쳐지지 않고 샤워헤드의 중심과 영역 (280) 에서 프로세스 챔버 벽이 기울어지는 지점 사이의 거리 (210) 는 약 165 mm이다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 샤워헤드의 에지와 프로세스 챔버의 측벽이 기울어지는 에지 사이의 측벽은 약 15 mm일 수도 있다. 다양한 실시예들에서, 페데스탈의 중심으로부터 프로세스 챔버의 수직 측벽의 에지까지의 거리 (232) 는 약 200 mm 내지 약 300 mm일 수도 있다. 기울어진 영역 (280) 의 길이 (224) 는 약 50 mm 내지 약 200 mm일 수도 있다.

[0032] 일부 실시예들에서, ("커튼 가스"로 지칭될 수도 있는) 불활성 가스는 상부 챔버 영역 (240) 으로부터 하부 챔버 영역 (299) 으로 유기 증기와 같은 가스들의 확산 또는 누설을 방지하도록 사용된다. 불활성 가스는 갭 (220) 을 따라 주입될 수도 있고, 샤워헤드 (215) 의 외경 상의 일련의 홀들 (미도시) 에 의해 펌핑아웃될 수도 있다.

[0033] 도 2a에 도시된 바와 같이, 페데스탈 (260) 은 웨이퍼가 페데스탈 (260) 상에 위치될 때, 상승된 영역 (285) 이 웨이퍼의 에지를 둘러싸도록 페데스탈 (260) 의 에지에서 상승된 영역 (285) 을 가질 수도 있다. 상승된 영역 (285) 은 250에 도시되고 도 2b는 이 영역의 확대 클로즈업을 제공한다. 도 2b에 도시된 바와 같이, 샤워헤드 (215) 는, 페데스탈 (260) 의 상승된 영역 (285) 의 내측 에지로부터의 거리 (275) 인 샤워헤드 (215) 의 에지를 갖고, 프로세스 챔버의 상단에 또는 챔버의 상단 근방에 있다. 거리 (275) 는 약 10 mm일 수도 있다. 일부 실시예들에서 상승된 영역 (285) 의 폭 (270) 은 약 5 mm일 수도 있다. 상승된 영역 (285) 은 상승된 영역 (285) 이 샤워헤드의 에지로부터 연장하는 프로세스 챔버의 상단과 접촉하면, 페데스탈이 프로세스 영역 (195) 의 나머지에서 폐쇄되는 상부 챔버 영역 (240) 을 형성하도록, 프로세싱될 웨이퍼의 두께보다 큰 두께를 가질 수도 있다. 일부 실시예들에서, 상승된 영역 (285) 은, 일부 실시예들에서, 갭 (278) 이 0 mm일 수도 있도록 상부 챔버 영역 (240) 을 감싸므로써 하부 챔버 영역 (299) 으로부터 상부 챔버 영역 (240) 을 완전히 분리할 수도 있다. 상승된 영역 (285) 은 도 2a의 상부 챔버 영역 (240) 과 챔버의 하부 챔버 영역 (299) 간의 압력 차를 유지하는 것을 도울 수도 있다. 도 2b를 참조하면, 경사진 영역이 페데스탈의 에지로부터 벗어나는 각도 (272) 는 약 45 °일 수도 있다. 상승된 영역 (285) 의 외측 에지와 프로세스 챔버의 상단이 기울어지는 지점 간의 거리 (271) 는 약 1 mm 내지 약 2 mm일 수도 있다.

[0034] 도 1, 도 2a 및 도 2b는 경사진 에지들과 샤워헤드에서 또는 샤워헤드 근방에서 프로세스 챔버 측벽의 대응하는 경사진 에지들을 갖는 페데스탈을 도시하지만, 일부 실시예들에서, 에지들은 경사지지 않을 수도 있다는 것을 주의한다. 수직 에지들과 프로세스 챔버의 샤워헤드 또는 샤워헤드 근방의 영역에서 대응하는 수직 측벽들을 갖는 수직 에지들을 갖는 페데스탈을 포함하는 챔버의 예시적인 실시예들은 도 3a 내지 도 3c에 제공된다.

[0035] 도 3a는 하강된 위치의 페데스탈 (360a) 을 갖는 챔버 (300a) 를 도시한다. 도 3a 및 도 3b에 도시된 챔버 (300a) 는 2-스테이션 톨 또는 4-스테이션 톨과 같은 멀티-스테이션 톨의 일부일 수도 있다. 일부 실시예들에서, 챔버 (300a) 는 단일-스테이션 톨일 수도 있다. 개시된 실시예들은 하나 이상의 스테이션들 또는 챔버들에서 수행될 수도 있다.

[0036] 웨이퍼 (312a) 는 페데스탈 (360a) 의 표면 상에 놓인다 (sit on). 챔버 (300a) 는 샤워헤드 (315) 를 포함한다. 샤워헤드 (315) 는 샤워헤드 (315) 로 전달하기 전에 혼합 용기 (304) 로 가스들을 전달하기 위한 캐리어 가스 유입부 (323) 및 가열된 증기 유입부 (313) 를 포함할 수도 있다. 샤워헤드 (315) 는 도 3b에 도시된 바와 같이 페데스탈 (360b) 이 상승된 위치에 있을 때 상부 챔버 영역 (340) 과 하부 챔버 영역 (399) 간의 압력 차를 확립하도록 사용될 수도 있는, 영역 (380) 에 커플링될 수도 있다. 도 3b에서, 웨이퍼 (312b) 는 영역 (380) 의 범위 (confines) 내에 위치되고 상부 챔버 (340) 가 형성된다는 것을 주의한다.

[0037] 도 3c는 영역 (380) 의 확대된 도시를 도시한다. 도 3c에 도시된 바와 같이, 페데스탈 (360b) 은 갭 (320) 을 남기면서 영역 (380) 에 인접하게 위치된다. 거리 (324) 는 상부 챔버 영역 (340) 과 하부 챔버 영역 (399) 간의 압력 차를 확립하는 것을 돕도록 사용된 영역 (380) 의 높이일 수도 있다. 갭 (320) 의 폭은 도 2a의 거리 (220) 에 대해 상기 기술된 임의의 거리들일 수도 있다. 거리 (324) 는 도 2a의 거리 (224) 에 대해 상기 기술된 임의의 길이들일 수도 있다.

[0038] 도 3a 및 도 3b를 참조하면, 도 3b에 도시된 바와 같이 하강된 위치로부터 상승된 위치로의 페데스탈 (360a) 의 이동은 시스템 제어기 (375) 에 의해 제어될 수도 있다. 프로세스 챔버 (300a) 로 그리고 프로세스 챔버 (300a) 로부터 프로세스 가스들의 플로우 레이트의 변동은 또한 시스템 제어기 (375) 에 의해 제어될 수도 있다.

- [0039] 시스템 제어기 (375) 는 하나 이상의 메모리 디바이스들, 하나 이상의 대용량 저장 디바이스들, 및 하나 이상의 프로세서들을 포함할 수도 있다. 프로세서들은 CPU 또는 컴퓨터, 아날로그 입력/출력 연결부 및/또는 디지털 입력/출력 연결부, 스텝퍼 모터 제어 보드들, 등을 가질 수도 있다.
- [0040] 일부 실시예들에서, 시스템 제어기 (375) 는 프로세스 챔버 (300a) 의 모든 액티비티들을 제어한다. 시스템 제어기 (375) 는 대용량 저장 디바이스에 저장되고, 메모리 디바이스로 로딩되고, 프로세서 상에서 실행되는 시스템 제어 소프트웨어를 실행한다. 대안적으로, 제어 로직은 시스템 제어기 (375) 내에 하드 코딩 (hard coding) 될 수도 있다. ASIC들 (Applications Specific Integrated Circuits), 프로그램 가능한 논리 디바이스들 (Programmable Logic Devices) (예를 들어, FPGA들 (field-programmable gate arrays), 등이 이들 목적들로 사용될 수도 있다. 이하의 논의에서, "소프트웨어" 또는 "코드"가 사용되는 경우, 기능적으로 필적할만한 하드 코딩된 로직이 그 자리에 사용될 수도 있다. 시스템 제어 소프트웨어는 페테스탈 위치, 타이밍, 가스들의 혼합물, 가스 플로우 레이트들, 챔버 압력 및/또는 스테이션 압력 및/또는 반응 장치 압력, 챔버 온도 및/또는 스테이션 온도, 타겟 전력 레벨들, RF 전력 레벨들, 페테스탈 온도, 척 위치 및/또는 서셉터 (susceptor) 위치, 및 프로세스 챔버 (300a) 에 의해 수행된 특정한 프로세스의 다른 파라미터들을 제어하기 위한 인스트럭션들을 포함할 수도 있다. 시스템 제어 소프트웨어는 임의의 적합한 방식으로 구성될 수도 있다. 예를 들어, 다양한 프로세스 툴 컴포넌트 서브루틴들 또는 제어 객체들이 다양한 프로세스 툴 프로세스들을 수행하기 위해 프로세스 툴 컴포넌트들의 동작을 제어하도록 작성될 수도 있다. 시스템 제어 소프트웨어는 임의의 적합한 컴퓨터 판독 가능 프로그래밍 언어로 코딩될 수도 있다.
- [0041] 일부 실시예들에서, 시스템 제어 소프트웨어는 상기 기술된 다양한 파라미터들을 제어하기 위한 IOC (input/output control) 시퀀싱 (sequencing) 인스트럭션들을 포함할 수도 있다. 시스템 제어기 (375) 와 연관된 대용량 저장 디바이스 및/또는 메모리 디바이스에 저장된 다른 컴퓨터 소프트웨어 및/또는 프로그램들이 일부 실시예들에서 채용될 수도 있다. 이러한 목적을 위한 프로그램들 또는 프로그램들의 섹션들의 예들은 웨이퍼 포지셔닝 (positioning) 프로그램, 프로세스 가스 제어 프로그램, 압력 제어 프로그램, 히터 제어 프로그램, 및 플라즈마 제어 프로그램을 포함한다.
- [0042] 웨이퍼 포지셔닝 프로그램은 프로세스 스테이션 페테스탈 (375) 상에 웨이퍼를 로딩하고 웨이퍼와 프로세스 챔버 (300a) 의 다른 부분들 사이의 공간을 제어하도록 사용된 프로세스 툴 컴포넌트들에 대한 프로그램 코드를 포함할 수도 있다.
- [0043] 프로세스 가스 제어 프로그램은 가스 조성 (예를 들어, 본 명세서에 기술된 바와 같은 요오드-함유 실리콘 전구체 가스들 및 질소-함유 가스들, 캐리어 가스들 및 퍼지 가스들) 및 플로우 레이트들을 제어하기 위한 코드 및 선택가능하게 프로세스 스테이션의 압력을 안정화하기 위해 증착 전에 하나 이상의 프로세스 스테이션들 내로 가스를 흘리기 위한 코드를 포함할 수도 있다. 압력 제어 프로그램은 예를 들어, 프로세스 스테이션의 배기 시스템의 쓰로틀 밸브, 프로세스 스테이션 내로의 가스 플로우, 등을 조절함으로써 프로세스 스테이션 내 압력을 제어하기 위한 코드를 포함할 수도 있다.
- [0044] 히터 제어 프로그램은 웨이퍼를 가열하도록 사용되는 가열 유닛으로의 전류를 제어하기 위한 코드를 포함할 수도 있다. 대안적으로, 히터 제어 프로그램은 열 전달 가스 (예컨대 헬륨) 의 웨이퍼로의 전달을 제어할 수도 있다.
- [0045] 본 명세서의 실시예들에 따라, 플라즈마 제어 프로그램은 하나 이상의 프로세스 스테이션들 내의 프로세스 전극들에 인가된 RF 전력 레벨들을 설정하기 위한 코드를 포함할 수도 있다.
- [0046] 압력 제어 프로그램은 본 명세서의 실시예들에 따른 반응 챔버 내 압력을 유지하기 위한 코드를 포함할 수도 있다.
- [0047] 일부 실시예들에서, 시스템 제어기 (375) 과 연관된 사용자 인터페이스가 있을 수도 있다. 사용자 인터페이스는 디스플레이 스크린, 장치의 그래픽적인 소프트웨어 디스플레이 및/또는 프로세스 조건들의 그래픽적인 소프트웨어 디스플레이, 및 포인팅 디바이스들, 키보드들, 터치 스크린들, 마이크로폰들 등의 사용자 입력 디바이스들을 포함할 수도 있다.
- [0048] 일부 실시예들에서, 시스템 제어기 (375) 에 의해 조정된 파라미터들은 프로세스 조건들과 관련될 수도 있다. 비한정적인 예들은 프로세스 가스 조성 및 플로우 레이트들, 온도, 압력, 플라즈마 조건들 (예컨대 RF 바이어스 전력 레벨들), 등을 포함한다. 이들 파라미터들은 사용자 인터페이스를 활용하여 입력될 수도 있는 레시피의 형태로 사용자에게 제공될 수도 있다.

- [0049] 프로세스를 모니터링하기 위한 신호들이 시스템 제어기 (375) 의 아날로그 입력 접속부 및/또는 디지털 입력 접속부에 의해서 제공될 수도 있다. 프로세스를 제어하기 위한 신호들은 프로세스 챔버 (300a) 의 아날로그 출력 접속부 및 디지털 출력 접속부 상에 출력된다. 모니터링될 수도 있는 프로세스 톨 센서들의 비한정적인 예들은 질량 유량 제어기들, 압력 센서들 (예컨대 압력계들), 열전대들 (thermocouple), 등을 포함한다. 적절하게 프로그램된 피드백 및 제어 알고리즘들은 프로세스 조건들을 유지하기 위해 이들 센서들로부터의 데이터와 함께 사용될 수도 있다.
- [0050] 시스템 제어기 (375) 는 상기 기술된 증착 프로세스들을 구현하기 위한 프로그램 인스트럭션들을 제공할 수도 있다. 프로그램 인스트럭션들은 DC 전력 레벨, RF 바이어스 전력 레벨, 압력, 온도, 등과 같은 다양한 프로세스 파라미터들을 제어할 수도 있다. 인스트럭션들은 본 명세서에 기술된 다양한 실시예들에 따른 막 스택들의 인-시츄 증착을 동작시키기 위한 파라미터들을 제어할 수도 있다.
- [0051] 시스템 제어기 (375) 는 통상적으로 장치가 개시된 실시예들에 따른 방법을 수행할 수 있도록 하나 이상의 메모리 디바이스들 및 인스트럭션들을 실행하도록 구성된 하나 이상의 프로세서들을 포함할 것이다. 개시된 실시예들에 따라 프로세스 동작들을 제어하기 위한 인스트럭션들을 포함하는 머신-판독가능 매체는 시스템 제어기 (375) 에 커플링될 수도 있다.
- [0052] 일부 구현예들에서, 시스템 제어기 (375) 는 상기 기술된 예들의 일부일 수도 있는 시스템의 일부이다. 이러한 시스템들은, 프로세싱 톨 또는 톨들, 챔버 또는 챔버들, 프로세싱용 플랫폼 또는 플랫폼들, 및/또는 특정 프로세싱 컴포넌트들 (웨이퍼 페데스탈, 가스 플로우 시스템, 등) 을 포함하는, 반도체 프로세싱 장비를 포함할 수 있다. 이들 시스템들은 반도체 웨이퍼 또는 기판의 프로세싱 이전에, 프로세싱 동안에 그리고 프로세싱 이후에 그들의 동작을 제어하기 위한 전자장치에 통합될 수도 있다. 전자장치들은 시스템 또는 시스템들의 다양한 컴포넌트들 또는 하위부품들을 제어할 수도 있는 "제어기"로서 지칭될 수도 있다. 시스템 제어기 (375) 는, 시스템의 프로세싱 조건들 및/또는 타입에 따라서, 프로세싱 가스들의 전달, 온도 설정사항들 (예를 들어, 가열 및/또는 냉각), 압력 설정사항들, 진공 설정사항들, 전력 설정사항들, 무선 주파수 (RF) 생성기 설정사항들, RF 매칭 회로 설정사항들, 주파수 설정사항들, 플로우 레이트 설정사항들, 유체 전달 설정사항들, 위치 및 동작 설정사항들, 톨들 및 다른 이송 톨들 및/또는 특정 시스템과 연결되거나 인터페이싱된 로드록들 내외로의 웨이퍼 이송들을 포함하는, 본 명세서에 개시된 프로세스들 중 임의의 프로세스들을 제어하도록 프로그램될 수도 있다.
- [0053] 일반적으로 말하면, 시스템 제어기 (375) 는 인스트럭션들을 수신하고, 인스트럭션들을 발행하고, 동작을 제어하고, 설정 동작들을 인에이블하고, 엔드포인트 측정들을 인에이블하는 등을 하는 다양한 집적 회로들, 로직, 메모리, 및/또는 소프트웨어를 갖는 전자장치로서 규정될 수도 있다. 집적 회로들은 프로그램 인스트럭션들을 저장하는 펌웨어의 형태의 칩들, 디지털 신호 프로세서들 (DSP), ASIC (application specific integrated circuit) 으로서 규정되는 칩들 및/또는 프로그램 인스트럭션들 (예를 들어, 소프트웨어) 을 실행하는 하나 이상의 마이크로프로세서들, 또는 마이크로제어기들을 포함할 수도 있다. 프로그램 인스트럭션들은 반도체 웨이퍼 상에서 또는 반도체 웨이퍼에 대한 특정 프로세스를 실행하기 위한 동작 파라미터들을 규정하는, 다양한 개별 설정사항들 (또는 프로그램 파일들) 의 형태로 시스템 제어기 (375) 로 또는 시스템으로 전달되는 인스트럭션들일 수도 있다. 일부 실시예들에서, 동작 파라미터들은 하나 이상의 층들, 재료들, 금속들, 산화물들, 실리콘, 이산화 실리콘, 표면들, 회로들, 및/또는 웨이퍼의 다이들의 제조 동안에 하나 이상의 프로세싱 단계들을 달성하도록 프로세스 엔지니어에 의해서 규정된 레시피의 일부일 수도 있다.
- [0054] 시스템 제어기 (375) 는, 일부 구현예들에서, 시스템에 통합되거나, 시스템에 커플링되거나, 이와 달리 시스템에 네트워킹되거나, 또는 이들의 조합으로 될 수 있는 컴퓨터에 커플링되거나 이의 일부일 수도 있다. 예를 들어, 시스템 제어기 (375) 는 웨이퍼 프로세싱의 원격 액세스를 가능하게 할 수 있는 공장 (fab) 호스트 컴퓨터 시스템의 전부 또는 일부이거나 "클라우드" 내에 있을 수도 있다. 컴퓨터는 제조 동작들의 현 진행을 모니터링하고, 과거 제조 동작들의 이력을 조사하고, 복수의 제조 동작들로부터 경향들 또는 성능 예측치들을 조사하고, 현 프로세싱의 파라미터들을 변경하고, 현 프로세싱을 따르는 프로세싱 단계들을 설정하고, 또는 새로운 프로세스를 시작하기 위해서 시스템으로의 원격 액세스를 인에이블할 수도 있다. 일부 예들에서, 원격 컴퓨터 (예를 들어, 서버) 는 로컬 네트워크 또는 인터넷을 포함할 수도 있는 네트워크를 통해서 프로세스 레시피들을 시스템에 제공할 수 있다. 원격 컴퓨터는 차후에 원격 컴퓨터로부터 시스템으로 전달될 파라미터들 및/또는 설정사항들의 입력 또는 프로그래밍을 인에이블하는 사용자 인터페이스를 포함할 수도 있다. 일부 예들에서, 시스템 제어기 (375) 는 하나 이상의 동작들 동안에 수행될 프로세스 단계들 각각에 대한 파라미터들을 특정한, 데이터의 형태의 인스트럭션들을 수신한다. 이 파라미터들은 시스템 제어기 (375) 가 제어하거나 인터페이싱하도록 구성된 톨의 타입 및 수행될 프로세스의 타입에 특정적일 수도 있다는 것이 이해되어야 한다. 따라서, 상술한 바와



같이, 시스템 제어기 (375) 는 예를 들어 서로 네트워킹되어서 함께 공통 목적을 위해서, 예를 들어 본 명세서에 기술된 프로세스들 및 제어들을 위해서 협력하는 하나 이상의 개별 제어기들을 포함함으로써 분산될 수도 있다. 이러한 목적을 위한 분산형 제어기의 예는 챔버 상의 프로세스를 제어하도록 조합되는, (예를 들어, 플랫폼 레벨에서 또는 원격 컴퓨터의 일부로서) 원격으로 위치한 하나 이상의 집적 회로들과 통신하는 챔버 상의 하나 이상의 집적 회로들일 수 있다.

[0055] 비한정적으로, 예시적인 시스템들은 플라즈마 에칭 챔버 또는 모듈, 증착 챔버 또는 모듈, 스핀-린스 챔버 또는 모듈, 금속 도금 챔버 또는 모듈, 세정 챔버 또는 모듈, 베벨 에지 에칭 챔버 또는 모듈, PVD (physical vapor deposition) 챔버 또는 모듈, CVD (chemical vapor deposition) 챔버 또는 모듈, ALD (atomic layer deposition) 챔버 또는 모듈, ALE (atomic layer etch) 챔버 또는 모듈, 이온 주입 챔버 또는 모듈, 트랙 (track) 챔버 또는 모듈, 및 반도체 웨이퍼들의 제조 및/또는 제작 시에 사용되거나 연관될 수도 있는 임의의 다른 반도체 프로세싱 시스템들을 포함할 수도 있다.

[0056] 상술한 바와 같이, 툴에 의해서 수행될 프로세스 단계 또는 단계들에 따라서, 시스템 제어기 (375) 는, 반도체 제작 공장 내의 툴 위치들 및/또는 로드 포트들로부터/로 웨이퍼들의 컨테이너들을 이동시키는 재료 이송 시에 사용되는, 다른 툴 회로들 또는 모듈들, 다른 툴 컴포넌트들, 클러스터 툴들, 다른 툴 인터페이스들, 인접 툴들, 이웃하는 툴들, 공장 도처에 위치한 툴들, 메인 컴퓨터, 또 다른 제어기 또는 툴들 중 하나 이상과 통신할 수도 있다.

[0057] 본 명세서에 개시된 방법들을 수행하기 적합한 장치는 2011년 4월 11일 출원된 명칭이 "PLASMA ACTIVATED CONFORMAL FILM DEPOSITION"인 미국 특허 출원번호 제 13/084,399 호 (이제 미국 특허 제 8,728,956 호); 및 2011년 3월 11일 출원된 명칭이 "SILICON NITRIDE FILMS AND METHODS"인 미국 특허 출원번호 제 13/084,305 호에서 더 논의되고 기술되고, 각각은 본 명세서에 전체가 인용된다.

[0058] 일부 실시예들에서, 프로세스 챔버 (300a) (또는 도 1의 장치 (100)) 는 웨이퍼들을 핸들링하기 위해 보다 대형의 장치 또는 툴 내에서 구현될 수도 있다.

[0059] 본 명세서에 상기 기술된 장치 및 프로세스는, 예를 들어, 반도체 디바이스들, 디스플레이들, LED들, 광전 패널들 등의 제조 또는 제작을 위해, 리소그래피 패터닝 툴들 또는 프로세스들과 함께 사용될 수도 있다. 통상적으로, 반드시 그런 것은 아니지만, 이러한 툴들/프로세스들은 공통 제조 설비 내에서 함께 이용되거나 수행될 것이다. 막의 리소그래피 패터닝은 통상적으로 동작들 각각이 다수의 가능한 툴들을 사용하여 인에이블되는, 이하의 동작들: (1) 스핀-온 (spin-on) 툴 또는 스프레이-온 (spray-on) 툴을 사용하여 워크피스, 즉 웨이퍼 상에 포토레지스트를 도포하는 단계; (2) 핫 플레이트 또는 노 또는 UV 경화 툴을 사용하여 포토레지스트를 경화하는 단계; (3) 웨이퍼 스텝퍼와 같은 툴을 사용하여 가시광선 또는 UV 또는 x-선 광에 포토레지스트를 노출시키는 단계; (4) 습식 벤치와 같은 툴을 사용하여 레지스트를 선택적으로 제거하여 레지스트를 패터닝하도록 레지스트를 현상하는 단계; (5) 건식 또는 플라즈마 보조 에칭 툴을 사용함으로써 그 아래에 놓인 막 또는 워크피스 내로 레지스트 패턴을 전사하는 단계; 및 (6) RF 또는 마이크로파 플라즈마 레지스트 스트립퍼와 같은 툴을 사용하여 레지스트를 제거하는 단계의 일부 또는 전부를 포함한다.

[0061] 방법

[0062] 본 명세서에 기술된 장치들은 반도체 기판들과 같은 웨이퍼들에 대해 다양한 방법들을 구현하도록 사용될 수도 있다. 일 예시적인 방법은 개시된 실시예들의 애플리케이션의 예로서 본 명세서에 기술된다.

[0063] 상기 주지된 바와 같이, 비휘발성 금속들은 종종 종래의 장치들에서 에칭하기 어렵다. 그러나, 본 명세서에 기술된 개시된 장치들은, 비휘발성 금속들을 포함하는 기판이 플라즈마에 노출되기 전에 개질된, 개질된 비휘발성 금속들을 에칭하기 위해 고압 영역에서 유기 증기들에 노출될 수도 있도록 동일한 프로세스 챔버를 사용하여 비휘발성 금속들을 효과적으로 에칭하도록 사용될 수도 있다. 본 명세서에 기술된 장치들의 개시된 실시예들에서 비휘발성 금속들의 에칭 동작들을 수행하는 것의 장점들은 하나 이상의 챔버들 또는 스테이션들에서 에칭을 수행할 능력 및 습식 프로세스와 건식 프로세스 사이에서 기판을 이송하지 않고, 건식 에칭 프로세스를 수행할 능력을 포함한다.

[0064] 도 4a는 개시된 실시예들의 장치들에서 수행될 수도 있는 동작들을 수행하기 위한 프로세스 흐름도를 도시한다. 동작 452에서, 기판이 프로세스 챔버로 제공된다.

- [0065] 기판은 상부에 유전체, 도전체 또는 반도체 재료와 같은 하나 이상의 재료층들을 갖는 웨이퍼들을 포함하는 실리콘 웨이퍼, 예를 들어 200-㎜ 웨이퍼, 300-㎜ 웨이퍼, 또는 450-㎜ 웨이퍼일 수도 있다. 하부층들의 비한정적인 예들은 유전체 층들 및 도전 층들, 예를 들어, 실리콘 옥사이드들, 실리콘 나이트라이드들, 실리콘 카바이드들, 금속 옥사이드들, 금속 나이트라이드들, 금속 카바이드들, 및 금속층들을 포함한다. 다양한 실시예들에서, 기판은 비휘발성 금속들을 포함할 수도 있고 자기 디바이스를 형성하도록 사용될 수도 있다.
- [0066] 프로세스 챔버는 임의의 적합한 챔버일 수도 있다. 다양한 실시예들에서, 본 명세서에 기술된 개시된 방법들은 단일 챔버에서 수행될 수도 있다. 일부 실시예들에서, 프로세스 챔버는 도 1 내지 도 3c에 대해 상기 기술된 임의의 프로세스 챔버들일 수도 있다. 일부 실시예들에서, 본 명세서에 기술된 방법들은 2 개의 챔버들, 예컨대 2-스테이션 툴에서 수행될 수도 있다. 일부 실시예들에서, 개시된 실시예들은 4 개의 챔버들, 예컨대 4-스테이션 툴에서 수행될 수도 있다. 도 4a에 기술된 하나 이상의 동작들은 동일한 툴의 상이한 스테이션들 또는 동일한 스테이션 내에서 수행될 수도 있다. 멀티-스테이션 툴들은 동시에 복수의 웨이퍼들을 프로세싱할 수도 있다.
- [0067] 동작들 454 내지 460에서, 불활성 가스가 흐를 수도 있다. 다양한 실시예들에서, 불활성 가스는 캐리어 가스로서 사용된다. 예시적인 캐리어 가스들은 아르곤, 헬륨, 및 네온을 포함한다. 일부 실시예들에서, 수소-함유 캐리어 가스가 사용될 수도 있다. 일부 실시예들에서, 캐리어 가스는 일부 동작들에서 퍼지 가스로서 사용된다. 일부 실시예들에서, 캐리어 가스는 방향전환된다 (divert). 불활성 가스는 프로세스 챔버의 압력 및/또는 온도 제어, 액체 반응 물질의 증발 (evaporation), 프로세스 챔버 및/또는 프로세스 챔버 플럼빙으로부터 프로세스 가스들을 제거하기 위한 스웍핑 가스로서 그리고/또는 반응물질의 보다 신속한 전달을 보조하도록 제공될 수도 있다.
- [0068] 동작 454에서, 비휘발성 금속을 포함하는 기판 표면이 개질될 수도 있다. 기판의 표면을 개질하는 것은 비휘발성 금속으로 하여금 이하에 기술된 후속 프로세싱에서 유기 증기를 사용하는 에칭에 보다 민감하게 할 수도 있다. 일부 실시예들에서, 표면을 개질하는 것은 이방성 에칭을 수행하도록 바이어스에 기판을 노출하는 것을 포함할 수도 있다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 샤워헤드로부터 기판 표면으로 플라스마 반응성 종의 투사 각도를 변경하기 위해 바이어스를 사용함으로써 언더컷 (undercut) 을 달성하도록 기판이 에칭될 수도 있다. 다양한 실시예들에서, 언더컷은 기판의 측방향 에칭에 대한 수직 에칭의 비로 측정될 수도 있다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 측방향 에칭에 대한 수직 에칭의 비는 약 1 내지 무한대일 수도 있다. 일부 실시예들에서, 이 비는 약 0.5 내지 약 50일 수도 있다.
- [0069] 동작 454는 다양한 방법들을 사용하여 수행될 수도 있다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 기판 표면은 반응성 이온 플라스마를 사용하여 개질될 수도 있다. 일부 실시예들에서, 기판 표면은 이온 빔 에칭을 사용하여 개질될 수도 있다. 일부 실시예들에서, 기판 표면은 비반응성 플라스마 처리를 사용하여 개질될 수도 있다.
- [0070] 플라스마 처리들은 기판의 표면 상의 비휘발성 금속들을 산화시키거나 환원시킬 수도 있다. 예를 들어, 플라스마 처리는 금속의 염소화, 금속의 산화, 금속에 대한 수소 노출, 또는 이들 처리들의 임의의 조합을 발생시킬 수도 있다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 동작 454는 산소, 염소, 및/또는 수소를 흘리고 플라스마를 점화하는 것을 포함할 수도 있다. 처리 시간은 기판 및 기판의 표면 상의 금속의 타입에 따를 수도 있다. 처리 시간은 기판 표면의 모노레이어 또는 바이레이어 이상을 개질하도록 선택될 수도 있다. 처리 시간은 또한 이하에 기술된 후속 동작들에서 사용된 유기 증기의 타입에 따를 수도 있다. 예시적인 처리 시간들은 약 0.5 초 내지 약 60 초를 포함한다. 동작 454는, 동작 454 동안 기판 표면 상에서 개질되는 재료량이 일 사이클에 기판이 에칭될 양을 결정하도록 레이트 제한 단계이다. 일 사이클은 기판의 표면 상에서 선택된 양의 재료를 에칭하도록 수행된 동작들로서 규정될 수도 있다. 예를 들어, 동작들 454 내지 460이 일 사이클을 구성할 수도 있다.
- [0071] 많은 실시예들에서, 기판 표면은 인-시츄로 생성된 플라스마를 사용하여 개질될 수도 있다. 후속 동작들에서, 유기 증기들이 샤워헤드에서 또는 샤워헤드 근방에서 생성될 수도 있고 플라스마와 유기 증기들 사이의 접촉이 기판 표면 상으로 원치 않은 재료의 재증착을 발생시킬 수도 있기 때문에 플라스마가 샤워헤드로부터 기판으로 흐르는 것을 방지하도록 플라스마가 인-시츄로 생성될 수도 있다.
- [0072] 일부 실시예들에서, 챔버가 이하에 기술된 바와 같이 완전히 퍼지된다면 동작 454를 수행하는 후속하는 반복된 동작들에서 리모트 플라스마가 사용될 수도 있다.
- [0073] 동작 454는 저압 페이즈에서 수행될 수도 있다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 동작 454 동안 챔버 압력은 약 4 mTorr 내지 약 500 mTorr일 수도 있다.

- [0074] 일부 실시예들에서, 챔버는 동작 456을 수행한 후에 그러나 동작 458을 수행하기 전에 폐지된다. 챔버를 폐지하는 것은 다른 동작들에서 사용된 캐리어 가스일 수도 있고 또는 상이한 가스일 수도 있는, 폐지 가스 또는 스웽핑 가스를 흘리는 것을 수반할 수도 있다. 일부 실시예들에서, 폐지는 챔버를 배기하는 것을 수반할 수도 있다. 예시적인 폐지 가스들은 아르곤, 질소, 수소, 및 헬륨을 포함한다. 일부 실시예들에서, 폐지는 프로세스 챔버를 배기하기 위해 하나 이상의 배기 하위페이스들을 포함할 수도 있다. 대안적으로, 폐지는 일부 실시예들에서 생략될 수도 있다는 것이 이해될 것이다. 챔버는 임의의 적합한 지속기간, 예컨대 약 0 초 내지 약 60 초, 예를 들어 약 0.01 초 동안 폐지될 수도 있다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 폐지 가스들의 플로우 레이트를 증가시키는 것은 폐지의 지속기간을 감소시킬 수도 있다. 예를 들어, 폐지 가스 플로우 레이트는 폐지의 지속기간을 수정하기 위해 다양한 반응물질 열역학 특성들 및/또는 프로세스 챔버 및/또는 프로세스 챔버 플럼핑의 기하학적 특성들에 따라 조정될 수도 있다. 일 비제한적인 예에서, 폐지 페이스의 지속기간은 폐지 가스 플로우 레이트를 조절함으로써 조정될 수도 있다. 이는 사이클 시간을 감소시킬 수도 있고, 기관 쓰루풋을 개선할 수도 있다. 폐지 후에, 개질된 비휘발성 금속들 (예컨대 염소화된 비휘발성 금속들 또는 산화된 비휘발성 금속들) 이 기관 표면 상에 남을 수도 있다.
- [0075] 동작 458에서, 개질된 비휘발성 금속은 고압 분위기에서 유기 증기에 기관을 노출시킴으로써 에칭될 수도 있다. 다양한 실시예들에서, 도 2b, 도 2c 및 도 3c에 도시된 바와 같이, 기관은 상부 챔버 영역 내로 흐르는 유기 증기에 노출된다. 압력이 기관의 개질된 표면을 에칭하기에 충분히 높도록 압력이 선택될 수도 있다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 압력은 약 0.5 Torr 내지 약 50 Torr일 수도 있다. 다양한 실시예들에서, 상부 챔버 영역의 고압은 동작 454 동안 챔버의 압력보다 약 2 내지 약 10,000 배보다 클 수도 있다.
- [0076] 이 동작 동안 하나 이상의 유기 증기들이 상부 챔버 영역 내로 흐를 수도 있다. 유기 증기들은 유기 화합물 및 입체 장애 고려사항들, 기관의 개질된 표면과의 반응도, 에칭될 금속 타입 및 동작 454에서 수행된 처리 타입을 포함하는 인자들의 조합에 따라 선택될 수도 있다. 유기 증기들의 선택은 이 동작 동안 개질된 기관 표면의 제거 유효성에 영향을 줄 수도 있다. 예시적인 유기 증기들의 예들은 R-COOH의 화학식을 갖는 카르복시산들을 포함하고, 여기서 R은 임의의 유기기 또는 하이드라이드이다. 예시적인 유기 증기들은 포름산, 아세트아세트네이트, 아세트산, 및 다른 아세트아세트네이트들을 포함한다. 다양한 실시예들에서, 유기 증기가 개질된 기관 표면과 반응할 때, 휘발성 재료가 형성되고 기관 표면으로부터 용이하게 제거되고 챔버로부터 폐지된다.
- [0077] 동작 460에서, 챔버는 상부 챔버 영역으로부터 과잉 유기 증기를 제거하도록 폐지된다. 프로세스 챔버로의 유기 증기의 플로우를 턴오프한 후 챔버가 폐지된다. 챔버는 동작 456에 대하여 임의의 상기 기술된 방법들 가스들을 사용하여 폐지될 수도 있다. 챔버는 모든 과잉 유기 증기가 임의의 후속 동작들에서 플라즈마에 의해 점화되는 것을 방지하도록 폐지된다.
- [0078] 동작 462에서, 동작들 454 내지 460은 선택가능하게 반복될 수도 있다. 동작들이 반복되는지 여부는 에칭된 기관 표면 상의 금속의 양에 따라 결정될 수도 있다. 상기 주지된 바와 같이, 동작들 454 내지 460은 일 에칭 사이클을 구성할 수도 있다. 임의의 적합한 수의 에칭 사이클들이 기관의 표면으로부터 비휘발성 금속과 같은 재료의 목표된 양을 에칭하도록 수행될 수도 있다. 챔버는 동작 454에서 개질 화학물질에 의해 유기 증기가 점화되는 것을 방지하도록 유기 증기 노출 동작과 개질 동작을 분리하도록 상기 기술된 바와 같이 동작들 사이에 폐지될 수도 있다.
- [0079] 도 4b는 장치들의 특정한 개시된 실시예들에서 수행될 수도 있는 동작들을 수행하기 위한 프로세스 흐름도를 도시한다. 동작 402에서, 기관은 프로세스 챔버에 제공된다. 프로세스 챔버는 다양한 동작들을 수행하기 위해 고압 영역 및 저압 영역을 형성할 수 있는 임의의 적합한 챔버일 수도 있다. 예시적인 적합한 프로세스 챔버들은 도 1, 도 2a, 도 2b, 및 도 3a 내지 도 3c에 대해 상기 기술된 챔버들이다.
- [0080] 기관은 도 4a에 대하여 상기 기술된 임의의 기관일 수도 있다.
- [0081] 다양한 실시예들에서, 동작 402 동안, 도 1 및 도 3a에 도시된 바와 같이, 페데스탈이 하강된 위치에 있도록 프로세스 챔버의 페데스탈 상에 기관이 위치된다.
- [0082] 동작들 404 내지 410에서, 불활성 가스가 흐를 수도 있다. 불활성 가스는 도 4a에 대해 상기 기술된 임의의 가사일 수도 있다. 불활성 가스는 다양한 실시예들에서 챔버 압력을 조절하도록 흐를 수도 있다.
- [0083] 동작 404에서, 페데스탈이 하강된 위치에 있는 동안 비휘발성 금속을 포함하는 기관 표면이 개질될 수도 있다. 개질 화학물질들 및 프로세스 조건들은 도 4a의 동작 454에 대해 상기 기술된 임의의 개질 화학물질들 및 프로세스 조건들일 수도 있다. 상기 기술된 바와 같이, 표면은 비휘발성 금속으로 하여금 유기 증기를 사용하는 예



칭에 보다 민감하게 되게 하도록 개질될 수도 있다. 동작 404는 저압에서 수행될 수도 있다. 일부 실시예들에서, 페테스탈은 저압 레짐 동안 하강된 위치에 있다.

[0084] 동작 406에서, 기관은 도 2a, 도 2b, 도 3b 및 도 3c에 도시된 바와 같이, 상승된 위치도 이동된다. 일부 실시예들에서, 동작 404를 수행한 후 그리고 동작 406을 수행하기 전, 챔버는 프로세스 챔버로부터 모든 과잉 플라즈마를 제거하도록 선택가능하게 퍼지될 수도 있다. 챔버는 도 4a의 동작 456에 대해 상기 기술된 임의의 프로세스 조건들을 사용하여 퍼지될 수도 있다.

[0085] 동작 408에서, 페테스탈이 상승된 위치에 있는 동안, 개질된 비휘발성 금속은 고압 분위기에서 유기 증기에 기관을 노출시킴으로써 에칭될 수도 있다. 압력은 페테스탈이 하강된 위치에 있을 때 챔버의 압력보다 약 2 배 내지 약 10,000 배보다 큰 상부 챔버 영역의 고압을 얻도록 상승된 위치에서 페테스탈을 동작시킴으로써 제어될 수도 있다.

[0086] 동작 410에서, 상부 챔버 영역로부터 과잉 유기 증기를 제거하도록 챔버가 퍼지된다. 챔버는 프로세스 챔버로의 유기 증기의 플로우를 턴오프한 후 퍼지된다. 챔버는 동작 406에 대해 상기 기술된 방법들 및 임의의 가스들을 사용하여 퍼지될 수도 있다. 챔버는 임의의 과잉 유기 증기가 임의의 후속 동작들에서 플라즈마에 의해 점화되는 것을 방지하도록 퍼지된다. 다양한 실시예들에서, 페테스탈은 챔버를 퍼지하기 전 또는 퍼지한 후 하강된 위치로 이동될 수도 있다. 일부 실시예들에서, 하부 챔버 영역 내에 임의의 유기 증기가 존재하는 것을 방지하도록 하강된 위치로 페테스탈을 이동시키기 전에 챔버를 퍼지하는 것이 바람직할 수도 있다.

[0087] 동작 412에서, 동작들 404 내지 410은 선택가능하게 반복될 수도 있다. 동작들이 반복되는지 여부는 에칭될 기관 표면 상의 금속의 양에 따라 결정될 수도 있다. 상기 주지된 바와 같이, 동작들 404 내지 410은 일 에칭 사이클을 구성할 수도 있다. 기관의 표면으로부터의 비휘발성 금속과 같은 재료의 목표된 양을 에칭하도록 임의의 적합한 수의 에칭 사이클들이 수행될 수도 있다. 동작 404에서 유기 증기가 개질 화학물질에 의해 점화되는 것을 방지하기 위해 유기 증기 노출 동작과 개질 동작을 분리하도록 상기 기술된 바와 같은 동작들 사이에 챔버가 퍼지될 수도 있다.

[0088] 도 4c는 본 명세서에 기술된 바와 같은 장치에서 수행될 수도 있는 방법의 사이클들의 예를 도시하는 타이밍 시퀀스도이다. 도 4c는 다양한 프로세스 파라미터들에 대한 예시적인 프로세스 (420)의 페이지들을 도시한다. 도 4c에 도시된 프로세스 파라미터들은 개질 화학물질 플로우 (예컨대 개질 페이지 (234A) 또는 개질 페이지 (234B) 동안 흐른 프로세스 가스들), 캐리어 가스 플로우, 플라즈마 (예컨대 플라즈마가 턴온되는지 또는 턴오프되는지 여부), 및 유기 증기 플로우를 포함한다. 가스 플로우들을 위한 라인들은 플로우가 턴온되고 턴오프되는 때를 나타낸다. 플라즈마를 위한 라인들은 플라즈마가 턴온되고 턴오프되는 때를 나타낸다. 페테스탈 위치를 위한 라인들은 페테스탈이 도 2a, 도 2b, 도 3b, 및 도 3c에 대해 상기 기술된 바와 같은 상승된 위치 또는 도 1 및 도 3a에 대해 상기 기술된 바와 같은 하강된 위치로 이동되는지 여부를 나타낸다.

[0089] 2 개의 에칭 사이클들 (420A 및 420B)이 도시된다. 에칭 사이클 각각은 다양한 페이지들을 포함한다. 예를 들어, 에칭 사이클 (420A)은 개질 페이지 (234A), 퍼지 페이지 (236A), 유기 증기 노출 및 제거 페이지 (238A), 및 퍼지 페이지 (239A)를 포함한다. 유사하게, 에칭 사이클 (420B)은 개질 페이지 (234B), 퍼지 페이지 (236B), 유기 증기 노출 및 제거 페이지 (238B), 및 퍼지 페이지 (239B)를 포함한다. 도시된 바와 같이, 예시적인 프로세스 (420)에서, 캐리어 가스가 에칭 사이클들 (420A 및 420B)내내 흐른다. 다양한 실시예들에서, 캐리어 가스는 퍼지 가스로서 사용된다. 일부 실시예들에서, 캐리어 가스는 퍼지 가스와 상이할 수도 있다. 일부 실시예들에서, 캐리어 가스는 퍼지 페이지들 (예를 들어, 236A, 239A, 236B, 및 239B) 동안에만 흐른다. 캐리어 가스는 도 4a에 대해 상기 기술된 임의의 가스일 수도 있다.

[0090] 개질 페이지 (234A)에서, 페테스탈은 도 1 및 도 3a에 도시된 바와 같이 하강된 위치에 있다. 기관의 표면 (예를 들어, 비휘발성 금속)을 개질하도록 흐를 수도 있는 프로세스 가스들과 같은 개질 화학물질은 캐리어 가스가 흐르고 플라즈마가 턴온되는 동안 흐른다. 이 페이지 동안 유기 증기 플로우는 턴오프된다. 일부 실시예들에서, 개질 페이지 (234A)는 도 4b의 동작 404에 대응할 수도 있다. 퍼지 페이지 (236A)에서, 페테스탈은 예로서 본 명세서에 도시된 바와 같이 하강된 위치에 남아 있을 수도 있다. 도 4c는 하강된 위치의 페테스탈을 도시하지만, 일부 실시예들에서, 페테스탈은 이 페이지 동안 상승된 위치로 이동될 수도 있다는 것을 주의한다. 이러한 실시예들에서, 이 페이지는 도 4b의 동작 406에 대응할 수도 있다. 이 페이지 동안, 캐리어 가스 또는 퍼지 가스는 모든 다른 프로세스 가스가 흐르고 플라즈마가 턴오프되는 동안 흐를 수도 있다. 퍼지 가스는 도 4b에 대해 상기 기술된 퍼지 가스들일 수도 있다. 유기 증기 노출 및 제거 페이지 (238A)에서, 페테스탈은 상승된 위치로 이동될 수도 있고, 개질 화학물질 플로우 및 플라즈마는 오프된 채로 남고, 캐리어 가스는 계속해

서 흐를 수도 있고, 유기 증기가 흐를 수도 있다. 유기 증기는 도 4a에 대해 상기 기술된 임의의 유기 증기일 수도 있다. 일부 실시예들에서, 유기 증기 노출 및 제거 페이지 (238A) 는 도 4b의 동작들 408에 대응할 수도 있다. 일부 실시예들에서, 이 페이지는 또한 유기 증기를 흘리기 전에 페데스탈이 상승된 위치로 이동되는 도 4b의 동작 406에 대응할 수도 있다. 다양한 실시예들에서, 유기 증기는 고압으로 흐른다. 퍼지 페이지 (239A) 에서, 프로세스 가스가 흐르고 플라즈마가 턴오프되고 캐리어 가스가 계속해서 흐를 수도 있는 동안 페데스탈은 상승된 위치에 남아 있을 수도 있다. 이는 도 4b의 동작 410에 대응할 수도 있다.

[0091] 도 4c는 동작들 404 내지 410이 반복되는, 도 4b의 동작 412에 대응할 수도 있는, 제 2 에칭 사이클 (420B) 을 도시한다. 에칭 사이클 (420A) 과 같이, 개질 페이지 (234B) 동안, 유기 증기 플로우가 턴오프되는 동안, 페데스탈은 하강된 위치로 이동되고 개질 화학물질 플로우 및 플라즈마는 턴온된다. 캐리어 가스는 계속해서 흐를 수도 있다. 캐리어 가스만이 흐르는 퍼지 페이지 (236B) 에서 챔버가 퍼지된 후, 유기 증기 노출 및 제거 페이지 (238B) 가 수행되는 상승된 위치로 페데스탈이 이동될 수도 있다. 플라즈마 및 개질 화학물질 플로우가 턴오프되는 동안 유기 증기 플로우는 캐리어 가스와 함께 턴온된다. 페데스탈이 상승된 위치에 있고 모든 프로세스 가스가 흐르는 동안 퍼지 페이지 (239B) 가 수행되고 캐리어 가스가 계속해서 흐를 수도 있는 동안 플라즈마는 턴오프된다. 도 4b에 대해 기술된 바와 같이, 도 4c는 기관 상에 재증착될 수도 있고 제거하기 어려울 수도 있어, 제조된 디바이스에서 불순물들 및 디펙트들을 유발하는 유기 플라즈마 종의 형성을 회피하도록 임의의 단일 페이지 동안 유기 증기 플로우 및 플라즈마 양자가 온되지 않는 실시예들을 도시한다.

[0092] 도 4d 내지 도 4g는 도 4a 내지 도 4c에 대해 상기 기술된 방법들과 같은 장치에서 수행될 수도 있는 방법을 겪을 수도 있는 예시적인 기관의 개략적인 예시들을 도시한다. 도 4d는 상부에 증착된 유전체 재료, 도전성 재료 또는 반도체성 재료와 같은 재료의 하나 이상의 층들을 포함할 수도 있는, 실리콘 웨이퍼, 예를 들어, 200- $\mu\text{m}$  웨이퍼, 300- $\mu\text{m}$  웨이퍼, 또는 450- $\mu\text{m}$  웨이퍼일 수도 있는 하단층 (441) 을 포함하는 예시적인 기관 (440) 을 도시한다. 이 예에서, 비휘발성 금속 층 (443) 이 하단층 (441) 상에 증착된다. 예시적인 비휘발성 금속들은 구리, 코발트, 백금, 팔라듐, 철 및 이리듐을 포함한다. 비휘발성 금속 층 (443) 의 일부 표면들이 노출되도록 패터닝된 마스크 (445) 가 비휘발성 금속 층 (443) 상에 있다.

[0093] 도 4e에서, 비휘발성 금속 층 (443) 의 표면은 개질된 영역 (447) 을 형성하도록 개질된다. 개질된 영역 (447) 은 도 4a의 동작 454에 대하여 상기 기술된 바와 같은, 반응성 이온 에칭, 이온 빔 에칭, 또는 비반응성 플라즈마 처리에 비휘발성 금속 층 (443) 의 표면을 노출시킴으로써 개질될 수도 있다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 개질된 영역 (447) 은 염소화된 금속 및/또는 산화된 금속을 포함할 수도 있다. 다양한 실시예들에서, 기관 (440) 을 홀딩하는 페데스탈이 하강된 위치에 있는 동안 이 동작이 수행될 수도 있다.

[0094] 도 4f에서, 개질된 영역 (447) 은 용이하게 휘발될 수도 있는 영역 (480) 을 형성하도록 고압 유기 증기에 노출된다. 다양한 실시예들에서, 유기 증기로의 노출은, 개질된 영역 (447) 의 재료에 부착된 유기 리간드들을 포함할 수도 있는 비휘발성 금속 층 (443) 의 표면 상의 영역 (480) 내에 화합물을 형성하도록, 개질된 영역 (447) 과 유기 증기 간의 반응을 유발한다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 영역 (480) 은 염소화된 금속 및/또는 산화된 금속에 부착된 유기 리간드들을 포함한다. 영역 (480) 이 또한 고압에 노출되기 때문에, 영역 (480) 의 재료는 에칭된 비휘발성 금속 층 (449) 을 갖는 도 4g에 도시된 기관을 발생시키도록 비휘발성 금속 층 (443) 으로부터 탈착될 수도 있다. 다양한 실시예들에서, 개질된 금속 층과 유기 증기 간의 반응들로부터 생성된 부산물들은 챔버로부터 퍼지되거나 배기될 수도 있다. 동작들은 목표된 두께로 비휘발성 금속 층 (449) 을 더 에칭하도록 반복될 수도 있다.

[0096] 실험

[0097] 도 5는 다양한 측정치들에 대해 이하의 실험들에 따라 사용된 주석들을 도시한다. 실험들은 상승된 위치의 페데스탈을 사용하여 수행된다. 실험들은 도 1, 도 2a, 및 도 2b에 도시된 바와 같은 챔버에서 수행된다. 이하의 실험들에 대해,  $L_4$ 는 샤워헤드와 웨이퍼가 위치된 페데스탈의 표면 사이의 갭을 지칭한다. 샤워헤드 (515) 와 페데스탈의 에지의 상승된 영역 간의 거리는 10 mm이다. 페데스탈의 에지에서 상승된 영역의 폭은 5 mm이다.  $L_2$ 는 도 5에 도시된 바와 같이 상승된 영역과 프로세스 챔버의 상단부 사이의 거리를 지칭한다.  $L_1$ 은 페데스탈의 상승된 영역의 에지와 프로세스 챔버의 상단부가 경사지는 에지 사이의 거리를 지칭한다. 페데스탈 에지의 경사진 에지들과 챔버 측벽의 각도는  $45^\circ$  이다.  $L_{31}$ 은 샤워헤드 (515) 의 상단에서 또는 상단 근방에서 챔버 측벽의 경사진 영역의 길이를 지칭한다.  $L_{3w}$ 는 페데스탈의 경사진 에지와 챔버의 경사진 측벽 간의 갭의

거리를 지칭한다. 이하의 실험들에 대해, 사용된 프로세스 챔버는 226 mm의 반경을 갖고, 150 mm의 반경을 갖는 샤워헤드 및 경사진 페데스탈의 에지는 페데스탈의 중심으로부터 165 mm의 거리이다.

[0098] 이하의 표들에서,  $P_{avg}$ 는 평균 압력을 지칭하고,  $\Delta P$ 는 상부 챔버 영역 (고압 영역) 과 하부 챔버 영역 (저압 영역) 간의 압력 차를 지칭한다.  $U_{MM}$  (최대-최소 균일도) 는 균일도 및 불균일도의 측정치이고, 이에 따라 불균일도는 웨이퍼의 다양한 지점들에 걸쳐 에칭된 양의 변동량으로서 규정될 수도 있다. 보다 균일한 에칭 (예를 들어,  $U_{MM} = 0\%$ ) 은 감소된 불균일도를 발생시킨다.

[0099] 실험 1: 토글링 거리  $L_2$

[0100] 실험은 상이한 거리들  $L_2$ 에 대한 상부 챔버 영역과 하부 챔버 영역의 압력 차를 측정하도록 수행된다. 갭  $L_4$ 은 1 mm로 설정된다. 3 번의 시도들이 수행되었다. 시도들 각각에 대해, 페데스탈이 상승된 위치에 있는 동안 100 sccm  $N_2$ 가 챔버로 전달된다. 결과들은 이하의 표 1에 나타낸다.

### 표 1

[0101] 다양한  $L_2$ 에 대한 압력 차 및 불균일도

$L_2$ (mm)	$L_{3w}$ (mm)	$P_{avg}$ (mT)	$\Delta P$ (mT)	$U_{MM}$ (%)
0.50	0.35	2500	71	1.4
0.75	0.53	1440	126	4.4
0.90	0.64	1150	160	7.0

[0102] 표 1에 나타낸 바와 같이, 페데스탈의 상승된 영역과 프로세스 챔버의 상단 간의 0.90 mm의 갭은 상부 챔버 영역과 하부 챔버 영역 간의 보다 높은 압력 차를 발생시킨다.

[0103] 실험 2: 토글링 거리  $L_{3w}$

[0104]  $L_{3w}$ 의 상이한 거리들에 대해 상부 챔버 영역과 하부 챔버 영역의 압력 차를 측정하도록 실험이 수행된다. 갭  $L_4$ 은 1 mm로 설정된다.  $L_2$ 는 0.5 mm로 설정된다. 3 번의 시도들이 수행되었다. 시도들 각각에 대해, 페데스탈이 상승된 위치에 있는 동안 100 sccm  $N_2$ 가 챔버로 전달된다. 결과들은 이하의 표 2에 나타낸다.

### 표 2

[0105] 다양한  $L_{3w}$ 에 대한 압력 차 및 불균일도

$L_{3w}$ (mm)	$L_1$ (mm)	$P_{avg}$ (mT)	$\Delta P$ (mT)	$U_{MM}$ (%)
1.12	1.0	840	237	14.1
1.32	1.5	176	269	17.6
1.50	2.0	735	284	19.3

[0106] 표 2에 나타낸 바와 같이, 1.50 mm의 폭은 284 mT의 최대 압력 차를 발생시킨다. 이들 결과들은 폭  $L_{3w}$ 이 증가함에 따라 웨이퍼 압력이 감소한다는 것을 암시한다. 갭  $L_4$ 보다 큰  $L_{3w}$ 에 대해, 불균일도는 10 %보다 크다.

[0107] 실험 3: 토글링 거리  $L_{31}$

[0108]  $L_{31}$ 의 상이한 거리들에 대해 상부 챔버 영역과 하부 챔버 영역의 압력 차를 측정하도록 실험이 수행된다. 갭  $L_4$ 은 2 mm로 설정된다.  $L_2$ 는 1.5 mm로 설정된다.  $L_1$ 은 2 mm로 설정되고  $L_{3w}$ 는 2.06 mm로 설정된다. 2 번의 시도들이 수행되었다. 시도들 각각에 대해, 페데스탈이 상승된 위치에 있는 동안 100 sccm  $N_2$ 가 챔버로 전달된다. 결과들은 이하의 표 3에 나타낸다.

### 표 3

[0109]

다양한  $L_{31}$ 에 대한 압력 차 및 불균일도

$L_{31}$ (mm)	$P_{avg}$ (mT)	$\Delta P$ (mT)	$U_{MM}$ ( % )
70	267	96	18
128	288	87	15.2

[0110]

거리  $L_{31}$ 이 보다 길수록 보다 낮은 압력 차 (87 mT 대 96 mT) 및 보다 큰 균일도를 발생시킨다. 압력 차는 페데스탈과 챔버 벽 간의 갭을 따라 상부 챔버 영역과 하부 챔버 영역 사이에 확립된다. 실험 결과들은 또한 페데스탈의 중심을 향한 상부 챔버 영역의 중심과 페데스탈 에지의 상승된 영역 사이에 확립된 일부 압력 차를 보여준다.

[0111]

실험 4: 페데스탈 높이

[0112]

실험은 페데스탈의 상이한 높이들 또는 두께들에 대해 상부 챔버 영역과 하부 챔버 영역의 압력 차를 측정하도록 수행된다. 갭  $L_4$ 은 2.5 mm로 설정된다.  $L_2$ 은 2 mm로 설정된다. 2 번의 시도들이 수행된다. 시도들 각각에 대해, 페데스탈이 상승된 위치에 있는 동안 100 sccm  $N_2$ 가 챔버로 전달된다. 결과들은 이하의 표 4에 나타낸다.  $U_{MM}$ 이 약간 감소된 동안 페데스탈 높이가 보다 클수록 유사하지만 보다 낮은 압력 차를 발생시켜 보다 균일해진다.

표 4

[0113]

다양한 페데스탈 높이들에 대한 압력 차 및 불균일도

페데스탈 높이 (mm)	$L_{31}$ (mm)	$P_{avg}$ (mT)	$\Delta P$ (mT)	$U_{MM}$ ( % )
51	156	300	40	6.6
100	205	326	36	5.6

[0114]

실험 5: 플로우 레이트

[0115]

실험은 질소의 상이한 플로우 레이트들에 대한 상부 챔버 영역과 하부 챔버 영역의 압력 차를 측정하도록 수행된다. 갭  $L_4$ 은 2.5 mm로 설정된다.  $L_2$ 은 2 mm로 설정된다. 시도들 각각에 대해, 페데스탈이 상승된 위치에 있는 동안 100 mT의 펌프 압력에서 가변하는 양들의  $N_2$ 가 챔버로 전달된다. 결과들은 이하의 도 5에 나타낸다. 이하에 나타난 바와 같이, 보다 높은 플로우 레이트는 웨이퍼 압력을 증가시키고, 유사한 균일도를 발생시키지만, 100 sccm의 보다 낮은 플로우 레이트가 3 번의 시도들 중 가장 균일한 (5.6 %의  $U_{MM}$ ) 결과를 발생시킨다.

표 5

[0116]

다양한 플로우 레이트들에 대한 압력 차 및 불균일도

Flow (sccm)	$P_{avg}$ (mT)	$\Delta P$ (mT)	$U_{MM}$ ( % )
100	326	36	5.6
1000	986	121	6.1
2000	1392	172	6.2

[0117]

실험 6: 펌프 압력

[0118]

실험은 질소의 상이한 펌프 압력들에 대한 상부 챔버 영역과 하부 챔버 영역의 압력 차를 측정하도록 수행된다. 갭  $L_4$ 은 2.5 mm로 설정된다.  $L_2$ 은 2 mm로 설정된다. 시도들 각각에 대해, 페데스탈이 상승된 위치에 있는 동안 가변하는 압력들로 2000 sccm의  $N_2$ 가 챔버로 전달된다. 결과들은 이하의 표 6에 나타낸다. 이하에 나타난 바와 같이, 증가된 펌프 압력은 웨이퍼에 걸쳐 보다 높은 압력을 발생시키고 따라서 보다 균일하다.

표 6

[0119] 다양한 펌프 압력들에 대한 압력 차 및 불균일도

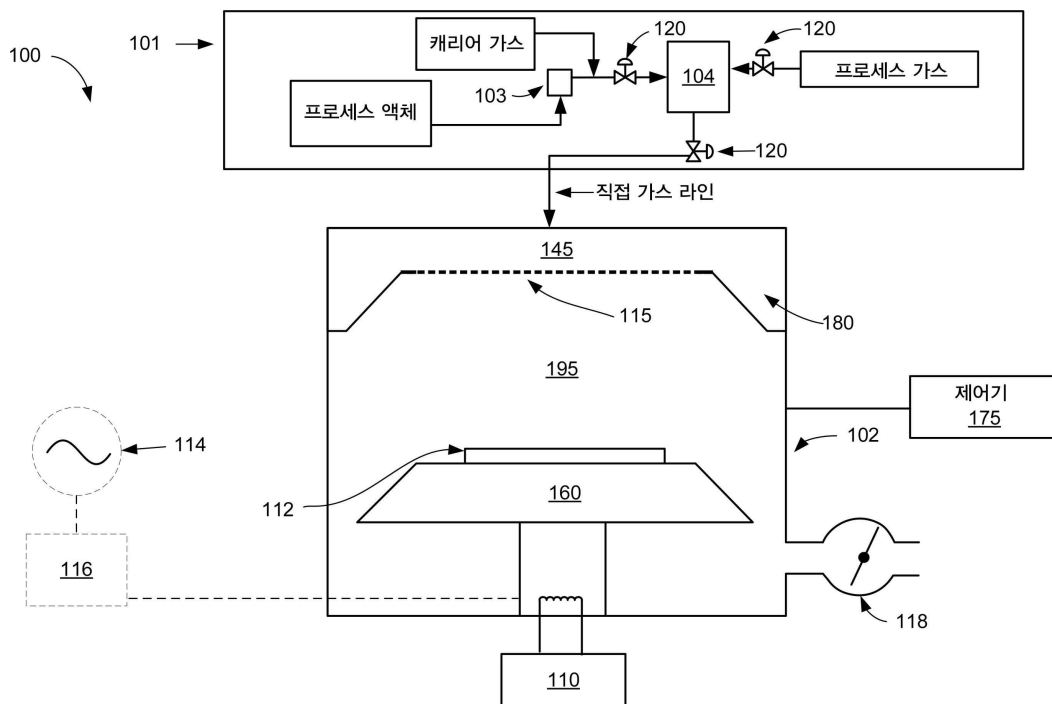
Pump Pressure (mT)	$P_{avg}$ (mT)	$\Delta P$ (mT)	$U_{MM}$ (%)
100	1392	172	6.2
200	1402	171	6.1
300	1420	169	5.9
400	1444	165	5.7
500	1475	162	5.5

[0121] 결론

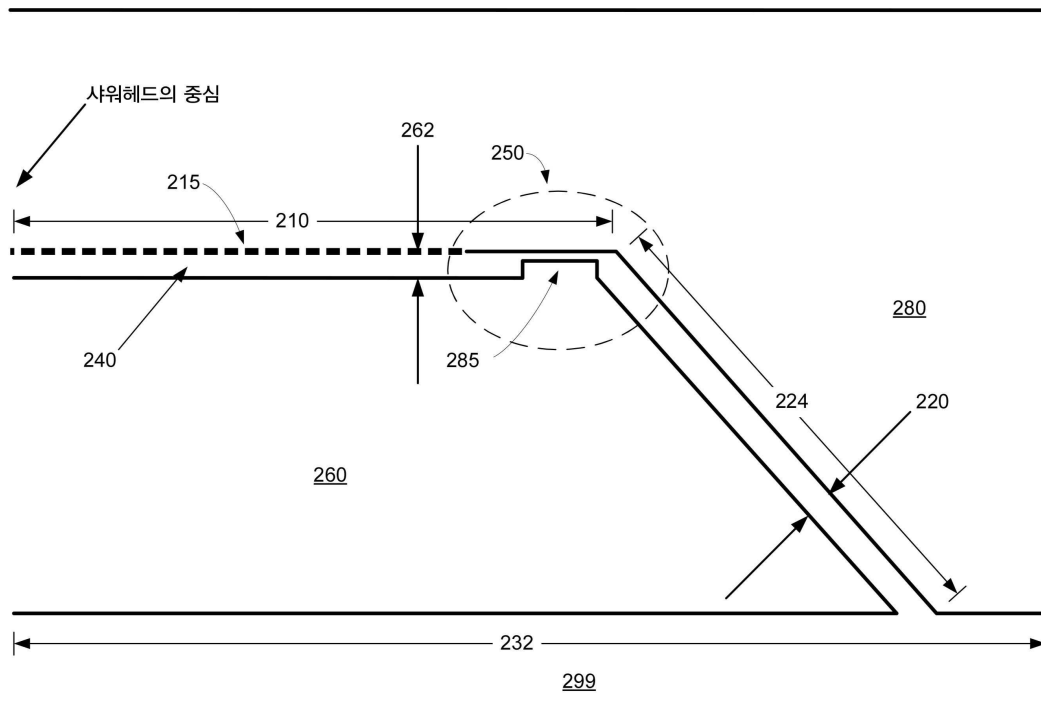
[0122] 전술한 실시예들이 이해의 명확성을 목적으로 다소 상세히 기술되었지만, 특정한 변화들 및 수정들이 첨부된 청구항들의 범위 내에서 실시될 수 있다는 것이 자명할 것이다. 본 실시예들의 프로세스들, 시스템들, 및 장치를 구현하는 많은 대안적인 방식들이 있다는 것을 주의해야 한다. 따라서, 본 실시예들은 예시적이고 제한하지 않는 것으로 간주되고, 실시예들은 본 명세서에 제공된 상세들로 제한되지 않는다.

## 도면

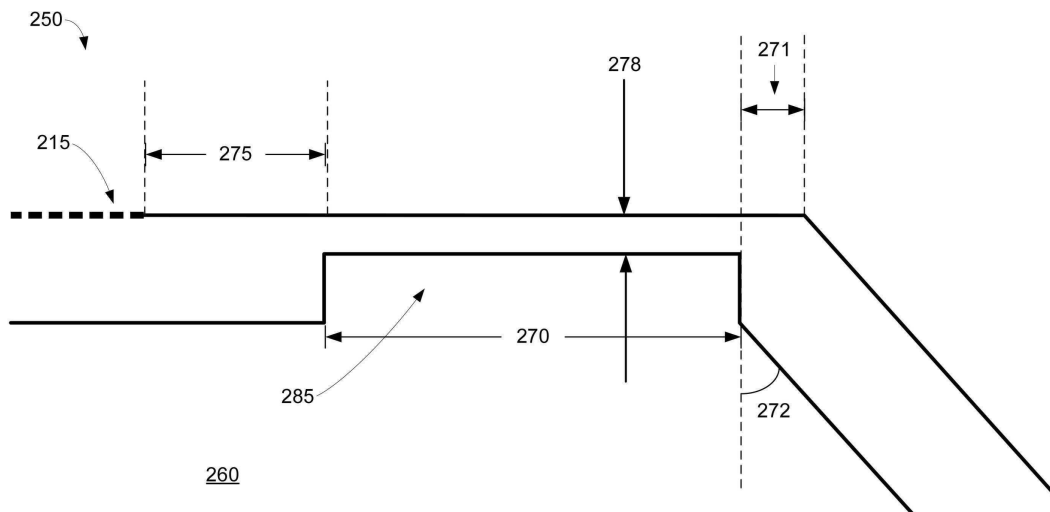
### 도면1



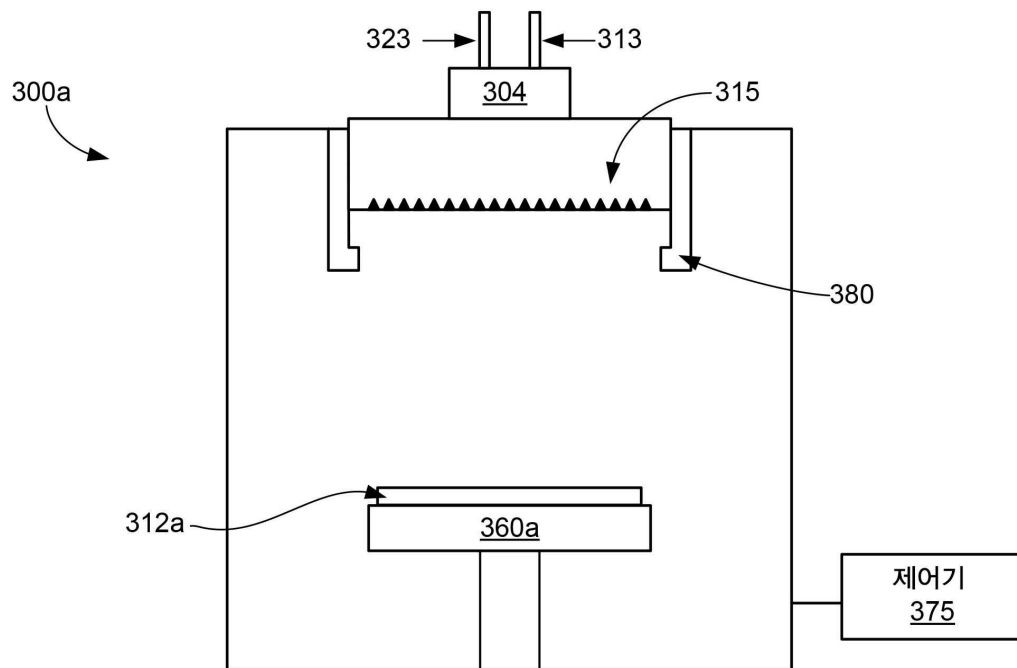
도면2a



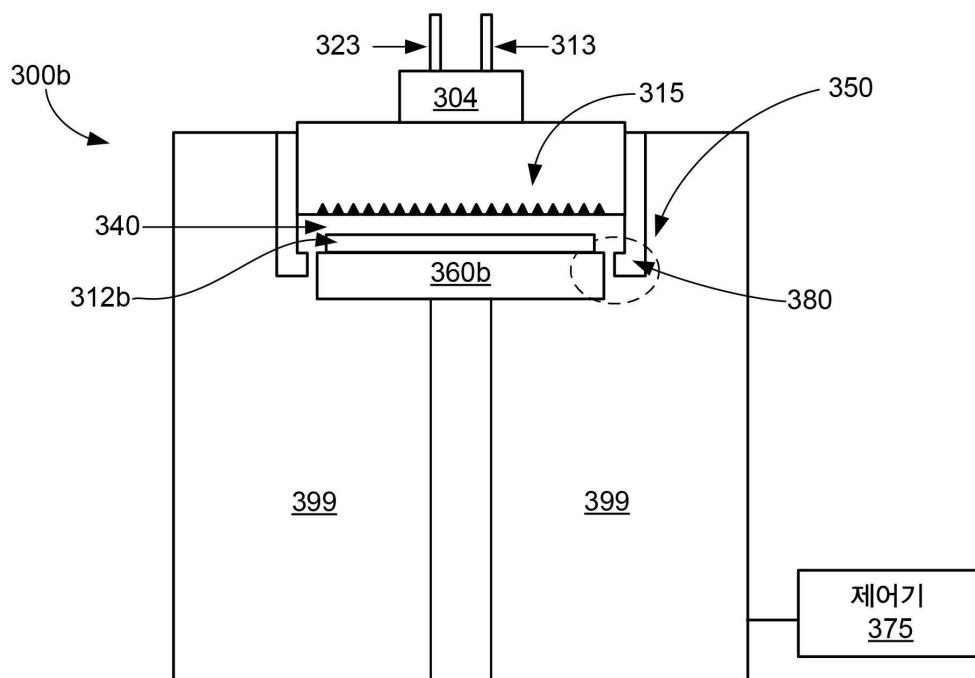
도면2b



도면3a

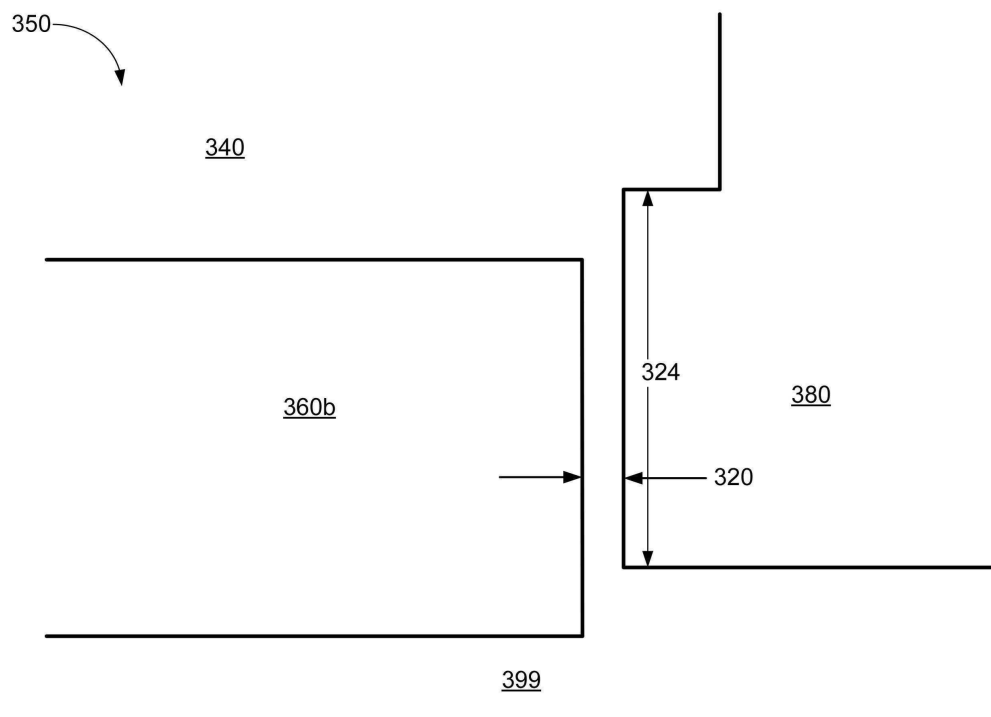


도면3b

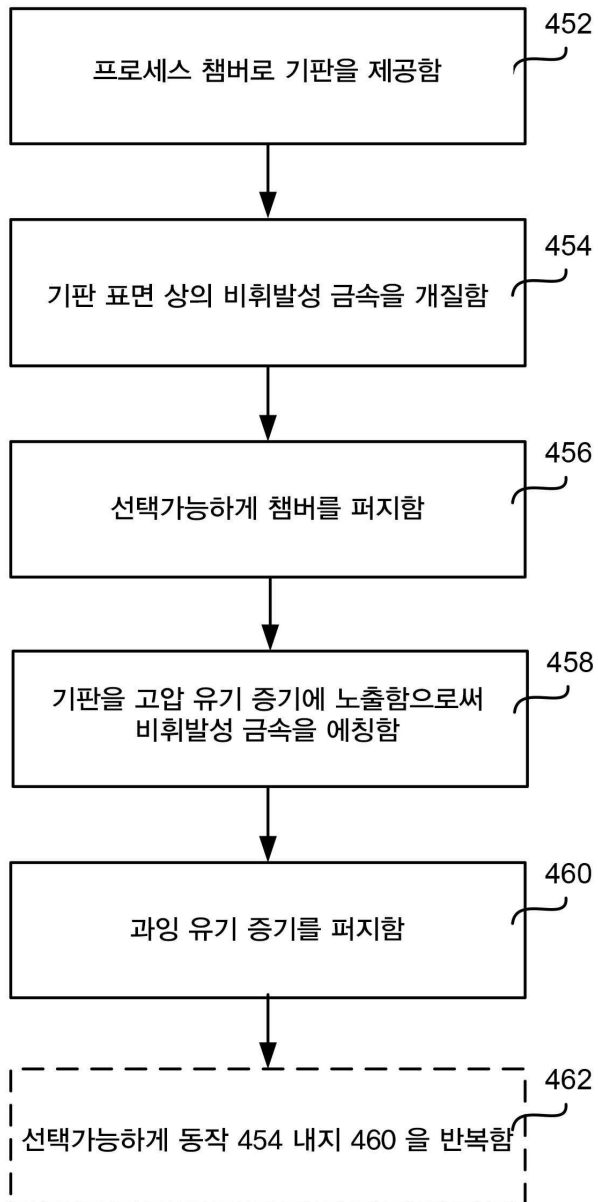




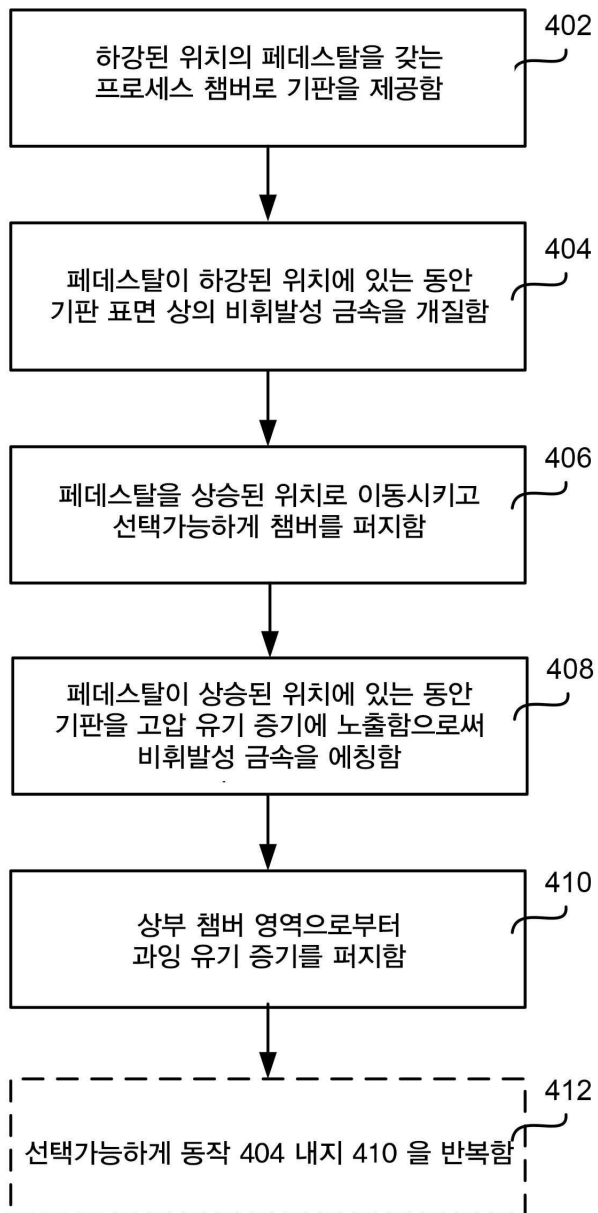
도면3c



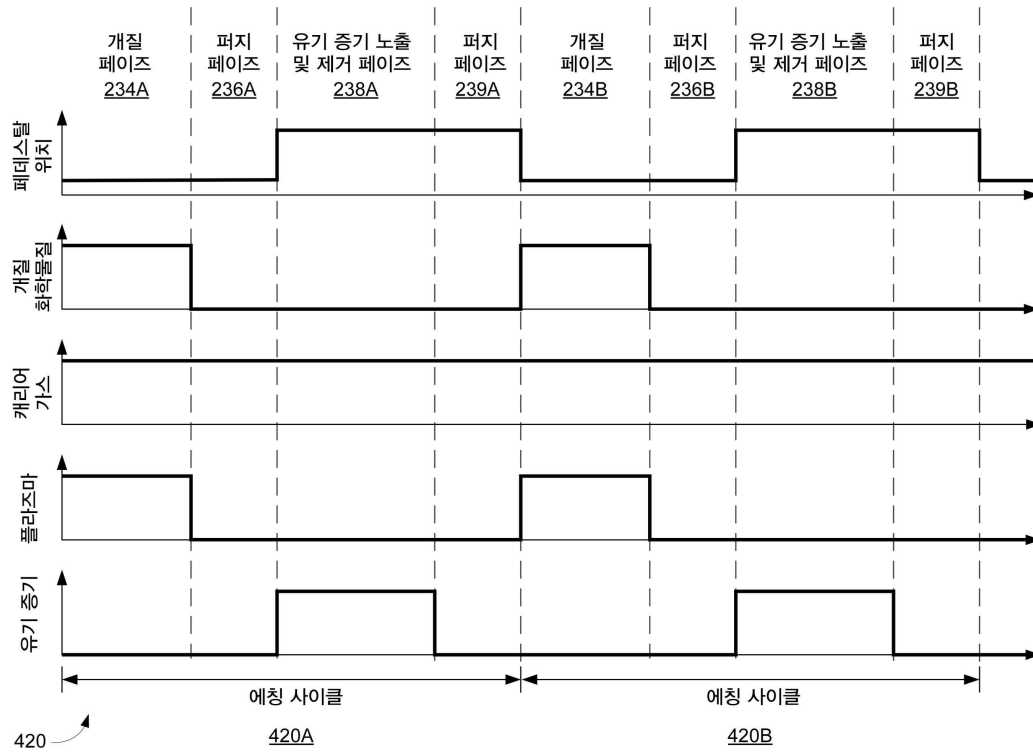
도면4a



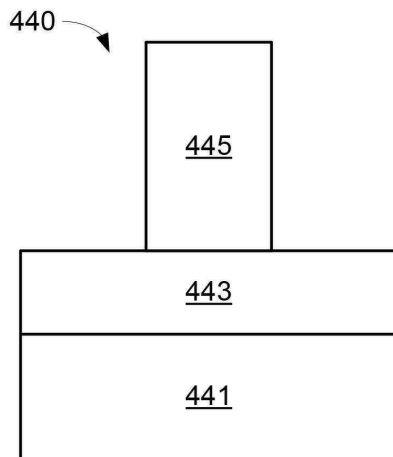
도면4b



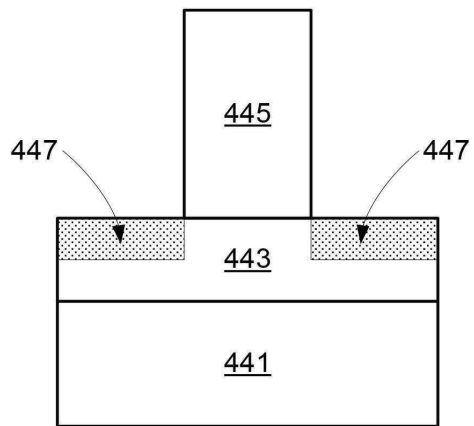
도면4c



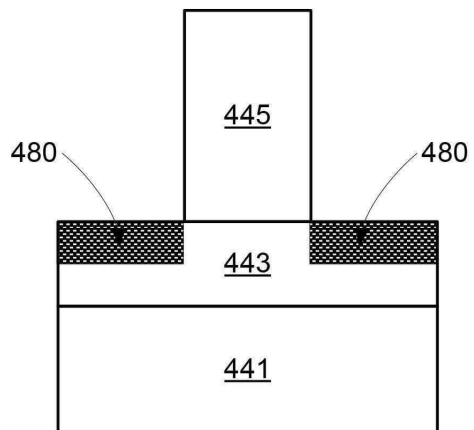
도면4d



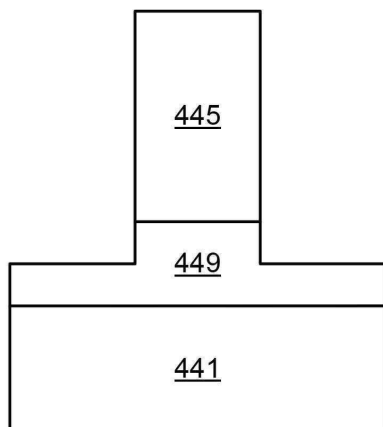
도면4e



도면4f



도면4g



도면5

