



등록특허 10-2700250



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년08월28일

(11) 등록번호 10-2700250

(24) 등록일자 2024년08월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01L 21/28 (2006.01) H01L 21/02 (2006.01)

H01L 21/56 (2006.01) H01L 21/67 (2006.01)

(52) CPC특허분류

H01L 21/28194 (2013.01)

H01L 21/02252 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2016-0034431

(22) 출원일자 2016년03월23일

심사청구일자 2021년03월18일

(65) 공개번호 10-2016-0115761

(43) 공개일자 2016년10월06일

(30) 우선권주장

62/138,810 2015년03월26일 미국(US)

14/712,167 2015년05월14일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌

KR1020070085564 A\*

KR1020130055582 A\*

JP2012216631 A\*

JP2009188198 A\*

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

램 리써치 코포레이션

미국 94538 캘리포니아주 프레몬트 쿠싱 파크웨이 4650

(72) 발명자

바라다라잔 바드리 엔.

미국, 오리건 97007, 비버턴, 사우스웨스트 하트 로드 16675

공 바오

미국, 오리건 97140, 셔우드, 사우스웨스트 윈드 로 레인 16003

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인인벤싱크

전체 청구항 수 : 총 23 항

심사관 : 정석환

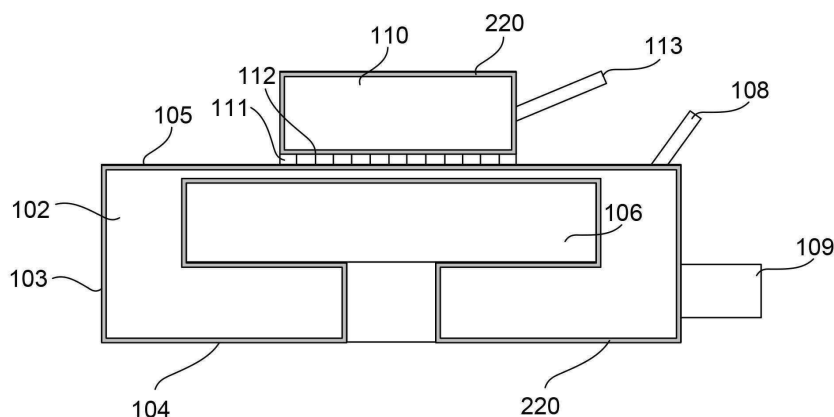
(54) 발명의 명칭 단속적 재생 플라즈마를 사용하는 ALD 실리콘 옥사이드 표면 코팅을 사용하여 라디칼 재결합 최소화

### (57) 요약

본 명세서의 특정한 실시예들은 리모트 플라즈마 프로세싱에 사용된 반응 챔버를 컨디셔닝하는 방법들에 관한 것이다. 본 명세서의 다른 실시예들은 리모트 플라즈마 프로세싱을 위해 사용된 장치에 관한 것이다. 다양한 실시예들에서, 반응 챔버는 내부 챔버 표면들 상에 저 재결합 재료 코팅을 형성함으로써 컨디셔닝된다. 저 재결합

(뒷면에 계속)

대표도 - 도2



재료는 반응 챔버가 기관들을 프로세싱하기 위해 사용될 때 반응 챔버 내에서 발생하는 라디칼 재결합도를 최소화하는 것을 돕는다. 기관들에 대한 프로세싱 동안, 저 재결합 재료는 (예를 들어, 기관 프로세싱의 부산물과 같은) 상대적으로 보다 높은 재결합 재료로 커버될 수도 있고, 이는 시간에 따라 기관을 프로세싱하는데 이용가능한 라디칼들의 양의 감소를 발생시킨다. 저 재결합 재료 코팅은, 저 재결합 재료 코팅을 개질 (reform) 하도록 작용하는, 산화 플라즈마로의 노출을 통해 재컨디셔닝될 수도 있다. 재컨디셔닝 프로세스는 부가적인 프로세싱이 기관들 상에서 발생함에 따라 주기적으로 일어날 수도 있다.

(52) CPC특허분류

*H01L 21/0228* (2013.01)

*H01L 21/02315* (2013.01)

*H01L 21/56* (2013.01)

*H01L 21/67207* (2013.01)

(72) 발명자

**맷저 레이첼 이.**

미국, 오리건 97062, 투알라틴, 사우스웨스트 투알라틴 로드 11865, 44호

**키우 후아탄**

미국, 오리건 97034, 레이크 오스위고, 부룩허스트 드라이브 17479

**반 슈라벤디크 바트 제이.**

미국, 캘리포니아 94303, 팔로 알토, 코리나 웨이 3750

**혼 제프리**

미국, 오리건 97214, 포틀랜드, 사우스이스트 매디슨 스트리트 1625, 4호

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

리모트 플라즈마 프로세싱을 수행하기 위해 사용된 반응 챔버를 컨디셔닝하는 방법에 있어서,

상기 방법은,

상기 반응 챔버 내에 기판이 존재하지 않는 동안 ALD (atomic layer deposition) 프로세스를 통해 상기 반응 챔버 내에서 노출된 표면들 상에 저 재결합 재료 코팅을 형성하는 단계; 및

하나 이상의 기판들 상에 리모트 플라즈마 동작을 수행한 후, 상기 반응 챔버 내에서 상기 노출된 표면들을 재 컨디셔닝하기 위해 상기 저 재결합 재료 코팅을 개질 (reform) 하도록 상기 반응 챔버를 산화 플라즈마에 노출시키는 단계를 포함하는, 리모트 플라즈마 프로세싱을 수행하기 위해 사용된 반응 챔버를 컨디셔닝하는 방법.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 저 재결합 재료 코팅을 형성한 후, 상기 반응 챔버 내에서 하나 이상의 기판들을 프로세싱하기 위해 상기 리모트 플라즈마 동작을 수행하는 단계를 더 포함하고, 상기 리모트 플라즈마 동작은 상기 반응 챔버 내에서 상기 노출된 표면들의 적어도 일부 상에 제 2 코팅의 형성을 발생시키고, 상기 제 2 코팅은 상기 리모트 플라즈마 동작 동안 상기 저 재결합 재료 코팅보다 보다 높은 라디칼 재결합 레이트를 촉진하는, 리모트 플라즈마 프로세싱을 수행하기 위해 사용된 반응 챔버를 컨디셔닝하는 방법.

#### 청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 반응 챔버를 상기 산화 플라즈마에 노출시키는 단계는 상기 저 재결합 재료 코팅을 개질하도록 상기 제 2 코팅을 개질하는, 리모트 플라즈마 프로세싱을 수행하기 위해 사용된 반응 챔버를 컨디셔닝하는 방법.

#### 청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 반응 챔버는 0.05 내지 5 초의 지속 기간 동안 상기 산화 플라즈마에 노출되는, 리모트 플라즈마 프로세싱을 수행하기 위해 사용된 반응 챔버를 컨디셔닝하는 방법.

#### 청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 지속 기간은 0.1 내지 1 초인, 리모트 플라즈마 프로세싱을 수행하기 위해 사용된 반응 챔버를 컨디셔닝하는 방법.

#### 청구항 6

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 반응 챔버 내에서 상기 노출된 표면들 상에 상기 저 재결합 재료 코팅을 형성하기 위한 상기 ALD 프로세스는,

(a) 제 1 반응물질을 상기 반응 챔버 내로 흘리고 상기 제 1 반응물질로 하여금 상기 반응 챔버 내에서 상기 노출된 표면들 상에 흡착되게 하는 단계;

(b) 상기 반응 챔버로부터 상기 제 1 반응물질을 제거하는 단계;

(c) 제 2 반응물질을 상기 반응 챔버 내로 흘리는 단계;

(d) 상기 반응 챔버 내에서 상기 노출된 표면들 상에 저 재결합 재료 코팅을 형성하기 위해 상기 제 1 반응물질과 상기 제 2 반응물질 간의 표면 반응을 구동하도록 상기 반응 챔버 내에서 상기 노출된 표면들을 플라스마에 노출시키는 단계; 및

(e) 상기 저 재결합 재료 코팅이 최종 코팅 두께에 도달할 때까지 상기 단계 (a) 내지 상기 단계 (d) 를 반복하는 단계를 포함하는, 리모트 플라스마 프로세싱을 수행하기 위해 사용된 반응 챔버를 컨디셔닝하는 방법.

#### 청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 반응 챔버 내에서 기판 지지부 상의 상기 저 재결합 재료 코팅의 평균 두께로 측정될 때, 상기 저 재결합 재료 코팅의 상기 최종 코팅 두께는 적어도 50 Å인, 리모트 플라스마 프로세싱을 수행하기 위해 사용된 반응 챔버를 컨디셔닝하는 방법.

#### 청구항 8

제 6 항에 있어서,

상기 저 재결합 재료 코팅은 실리콘 옥사이드를 포함하는, 리모트 플라스마 프로세싱을 수행하기 위해 사용된 반응 챔버를 컨디셔닝하는 방법.

#### 청구항 9

제 3 항에 있어서,

상기 저 재결합 재료 코팅은 실리콘 옥사이드를 포함하고, 상기 리모트 플라스마 동작을 수행하는 단계는 상기 하나 이상의 기판들 상에 실리콘 함유 막을 증착하는 단계를 포함하고, 그리고 상기 제 2 코팅은 실리콘 함유 재료를 포함하는, 리모트 플라스마 프로세싱을 수행하기 위해 사용된 반응 챔버를 컨디셔닝하는 방법.

#### 청구항 10

제 6 항에 있어서,

상기 제 1 반응물질 및 상기 제 2 반응물질 중 적어도 하나는 리모트 플라스마 챔버로부터 상기 반응 챔버 내로 흐르고, 상기 리모트 플라스마 챔버는 상기 반응 챔버에 인접하게 위치되고 샤워헤드에 의해 상기 반응 챔버로부터 분리되는, 리모트 플라스마 프로세싱을 수행하기 위해 사용된 반응 챔버를 컨디셔닝하는 방법.

#### 청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 제 1 반응물질 및 상기 제 2 반응물질 모두는 상기 리모트 플라스마 챔버로부터 상기 반응 챔버 내로 흐르고, 상기 산화 플라스마는 상기 리모트 플라스마 챔버 내에서 생성되고 상기 샤워헤드를 통해 상기 반응 챔버 내로 흐르는, 리모트 플라스마 프로세싱을 수행하기 위해 사용된 반응 챔버를 컨디셔닝하는 방법.

#### 청구항 12

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 산화 플라스마는 상기 반응 챔버 내에서 인시츄 생성되는, 리모트 플라스마 프로세싱을 수행하기 위해 사용된 반응 챔버를 컨디셔닝하는 방법.

#### 청구항 13

제 2 항에 있어서,

상기 리모트 플라스마 동작을 수행하는 단계는,

상기 반응 챔버 내에 상기 하나 이상의 기판들 중 하나를 제공하는 단계;

실리콘 함유 반응물질을 인시츄 플라즈마에 노출시키지 않고 상기 반응 챔버 내로 상기 실리콘 함유 반응물질을 흘리는 단계;

리모트 플라즈마 챔버 내에서 수소 플라즈마를 생성하고 상기 실리콘 함유 반응물질이 상기 반응 챔버 내로 흐르는 동안 상기 수소 플라즈마로 하여금 상기 반응 챔버 내로 샤워헤드를 통과하게 하는 단계로서, 상기 리모트 플라즈마 챔버는 상기 반응 챔버에 인접하게 위치되고 상기 샤워헤드에 의해 상기 반응 챔버로부터 분리되는, 상기 수소 플라즈마를 생성하고 수소 플라즈마로 하여금 샤워헤드를 통과하게 하는 단계; 및

상기 기관 상에 실리콘 함유 막을 증착하도록 상기 기관을 상기 실리콘 함유 반응물질 및 상기 수소 플라즈마에 동시에 노출시키는 단계를 포함하는, 리모트 플라즈마 프로세싱을 수행하기 위해 사용된 반응 챔버를 컨디셔닝하는 방법.

#### 청구항 14

제 3 항 또는 제 9 항에 있어서,

상기 반응 챔버가 상기 산화 플라즈마에 노출될 때 상기 하나 이상의 기관들은 상기 반응 챔버 내에 존재하는, 리모트 플라즈마 프로세싱을 수행하기 위해 사용된 반응 챔버를 컨디셔닝하는 방법.

#### 청구항 15

제 14 항에 있어서,

상기 기관이 상기 반응 챔버 내에 있는 동안 상기 반응 챔버를 상기 산화 플라즈마에 노출시키는 단계 후, 상기 반응 챔버 내의 상기 기관을 더 프로세싱하기 위해 제 2 리모트 플라즈마 동작을 수행하는 단계로서, 상기 제 2 리모트 플라즈마 동작은 다시 상기 제 2 코팅의 형성을 발생시키는, 상기 제 2 리모트 플라즈마 동작을 수행하는 단계; 및

상기 제 2 리모트 플라즈마 동작을 수행한 후, 상기 저 재결합 재료 코팅을 개질하도록 상기 제 2 코팅을 개질하기 위해 상기 반응 챔버 내에서 상기 노출된 표면들을 다시 재컨디셔닝하도록 상기 기관이 상기 반응 챔버 내에 존재하는 동안 상기 반응 챔버를 제 2 산화 플라즈마에 노출시키는 단계를 더 포함하는, 리모트 플라즈마 프로세싱을 수행하기 위해 사용된 반응 챔버를 컨디셔닝하는 방법.

#### 청구항 16

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,

(a) 상기 하나 이상의 기관들에 대해 리모트 플라즈마 동작을 수행하는 단계 및 (b) 상기 반응 챔버 내에서 상기 노출된 표면들을 재컨디셔닝하도록 상기 반응 챔버를 상기 산화 플라즈마에 노출시키는 단계의 상기 단계들을 순환적으로 반복하는 단계를 더 포함하고, 상기 단계 (b) 의 반복 각각 사이에서 1 내지 50 개의 기관들이 상기 단계 (a) 에서 프로세싱되는, 리모트 플라즈마 프로세싱을 수행하기 위해 사용된 반응 챔버를 컨디셔닝하는 방법.

#### 청구항 17

제 3 항 또는 제 9 항에 있어서,

상기 반응 챔버 내에서 상기 노출된 표면들 상에 존재하는 모든 저 재결합 재료 코팅 및 제 2 코팅을 제거하도록 상기 반응 챔버를 세정하는 단계로서, 상기 세정은 상기 반응 챔버를 불소 함유 플라즈마에 노출시키는 것을 포함하는, 상기 반응 챔버를 세정하는 단계; 및

상기 반응 챔버를 세정하는 단계 후, 제 1 항에 기재된 상기 방법을 반복하는 단계를 더 포함하는, 리모트 플라즈마 프로세싱을 수행하기 위해 사용된 반응 챔버를 컨디셔닝하는 방법.

#### 청구항 18

기관을 프로세싱하기 위한 리모트 플라즈마 프로세싱 장치에 있어서,

상기 장치는,

반응 챔버;

리모트 플라즈마 챔버; 및

제어기를 포함하고,

상기 반응 챔버는,

챔버 내부 표면들,

상기 반응 챔버 내에서 상기 기판을 지지하기 위한 기판 지지부, 및

상기 반응 챔버로부터 재료를 제거하기 위한 배기 포트를 포함하고,

상기 리모트 플라즈마 챔버는,

상기 리모트 플라즈마 챔버 내에서 플라즈마를 생성하기 위한 플라즈마 생성기,

상기 리모트 플라즈마 챔버로 가스를 전달하기 위한 유입부, 및

상기 리모트 플라즈마 챔버 내에서 생성된 상기 플라즈마를 상기 반응 챔버로 제공하기 위한 유출부를 포함하고,

상기 제어기는,

상기 반응 챔버 내에 기판이 없는 동안 ALD 프로세스를 통해 상기 반응 챔버의 챔버 내부 표면들 상에 저 재결합 재료 코팅을 형성하기 위한 인스트럭션, 및

상기 기판에 대한 리모트 플라즈마 동작을 수행한 후, 상기 챔버 내부 표면들을 재컨디셔닝하기 위해 상기 저 재결합 재료 코팅을 개질하도록 상기 반응 챔버를 산화 플라즈마에 노출시키기 위한 인스트럭션을 갖는, 기판을 프로세싱하기 위한 리모트 플라즈마 프로세싱 장치.

#### 청구항 19

제 18 항에 있어서,

상기 제어기는,

상기 저 재결합 재료 코팅을 형성한 후, 상기 기판을 상기 반응 챔버 내에 제공하기 위한 인스트럭션, 및

상기 리모트 플라즈마 챔버 내에서 플라즈마를 생성하고, 리모트 플라즈마 동작을 수행하도록 상기 플라즈마를 상기 반응 챔버로 제공하기 위한 인스트럭션을 더 갖고,

상기 리모트 플라즈마 동작은 상기 챔버 내부 표면들의 적어도 일부 상에 제 2 코팅의 형성을 발생시키고, 상기 제 2 코팅은 상기 리모트 플라즈마 동작 동안 상기 저 재결합 재료 코팅보다 보다 높은 라디칼 재결합 레이트를 촉진하고, 그리고

상기 반응 챔버를 상기 산화 플라즈마에 노출시키는 것은 상기 저 재결합 재료 코팅을 개질하도록 상기 제 2 코팅을 개질하는, 기판을 프로세싱하기 위한 리모트 플라즈마 프로세싱 장치.

#### 청구항 20

제 18 항에 있어서,

상기 리모트 플라즈마 챔버의 상기 유출부는 상기 리모트 플라즈마 챔버를 상기 반응 챔버로부터 분리하는 샤워 헤드인, 기판을 프로세싱하기 위한 리모트 플라즈마 프로세싱 장치.

#### 청구항 21

제 18 항 내지 제 20 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 반응 챔버를 상기 산화 플라즈마에 노출시키기 위한 상기 인스트럭션들은 상기 반응 챔버를 0.05 내지 5 초의 지속 기간 동안 상기 산화 플라즈마에 노출시키기 위한 인스트럭션들을 포함하는, 기판을 프로세싱하기 위한 리모트 플라즈마 프로세싱 장치.

#### 청구항 22

제 18 항 내지 제 20 항 중 어느 한 항에 있어서,

ALD 프로세스를 통해 상기 반응 챔버의 챔버 내부 표면들 상에 상기 저 재결합 재료 코팅을 형성하기 위한 상기 인스트럭션들은,

- (a) 제 1 반응물질을 상기 반응 챔버 내로 흘리고 상기 제 1 반응물질로 하여금 상기 반응 챔버 내에서 노출된 표면들 상에 흡착하게 하기 위한 인스트럭션;
- (b) 상기 반응 챔버로부터 상기 제 1 반응물질을 퍼지하기 위한 인스트럭션;
- (c) 제 2 반응물질을 상기 반응 챔버 내로 흘리기 위한 인스트럭션;
- (d) 상기 반응 챔버 내에서 상기 노출된 표면들 상에 저 재결합 재료 코팅을 형성하도록 상기 제 1 반응물질과 상기 제 2 반응물질 간의 표면 반응을 구동하도록 상기 반응 챔버 내에서 상기 노출된 표면들을 플라즈마에 노출시키기 위한 인스트럭션; 및
- (e) 상기 저 재결합 재료 코팅이 최종 코팅 두께에 도달할 때까지 상기 인스트럭션 (a) 내지 상기 인스트럭션 (d) 를 반복하기 위한 인스트럭션을 포함하는, 기판을 프로세싱하기 위한 리모트 플라즈마 프로세싱 장치.

### 청구항 23

제 22 항에 있어서,

상기 최종 코팅 두께는 상기 기판 지지부 상에 증착된 평균 두께에 기초하여 측정될 때 적어도 50 Å인, 기판을 프로세싱하기 위한 리모트 플라즈마 프로세싱 장치.

## 발명의 설명

### 배경 기술

- [0001] 반도체 프로세싱은 통상적으로 특수화된 반도체 프로세싱 장치 내에서 발생한다. 장치는 종종, 프로세싱 동안 기판을 하우징하는 반응 챔버를 포함한다. 반응 챔버는 또한 반도체 제조 프로세스들을 완수하기 위해 다양한 하드웨어 부분들 (예를 들어, 기판 지지부, 샤워헤드, 등) 을 통상적으로 포함한다. 일부 경우들에서, 반응 챔버는 기판들을 프로세싱하기 위해 사용되기 전에 처리될 수도 있다. 반응 챔버 처리는 다수의 상이한 형태들을 취할 수도 있고, 다양한 이유들로 수행될 수도 있다.

### 발명의 내용

- [0002] 본 명세서의 특정 실시예들은 반응 챔버를 컨디셔닝하는 방법들에 관련된다. 본 명세서의 특정한 다른 실시예들은 반응 챔버를 컨디셔닝하도록 구성된 장치에 관련된다. 반응 챔버는 리모트 플라즈마 프로세싱을 사용하여 기판들을 프로세싱하기 위해 사용될 수도 있다. 다양한 실시예들에서, 반응 챔버를 컨디셔닝하는 것은 저 라디칼 재결합도를 촉진하는 재료로 챔버 내부 표면들을 코팅하는 것을 수반한다. 챔버는 또한 저 재결합 재료를 개질 (reform) 하기 위해 주기적으로 재컨디셔닝될 수도 있다.
- [0003] 본 명세서의 실시예들의 일 양태에서, 리모트 플라즈마 프로세싱을 수행하기 위해 사용된 반응 챔버를 컨디셔닝하기 위한 방법이 제공되고, 방법은, 반응 챔버 내에 기판이 존재하지 않는 동안 ALD (atomic layer deposition) 프로세스를 통해 반응 챔버 내에서 노출된 표면들 상에 저 재결합 재료 코팅을 형성하는 단계; 및 하나 이상의 기판들 상에 리모트 플라즈마 동작을 수행한 후, 반응 챔버 내에서 노출된 표면들을 재컨디셔닝하여 저 재결합 재료 코팅을 개질하도록 반응 챔버를 산화 플라즈마에 노출시키는 단계를 포함한다.
- [0004] 방법은, 저 재결합 재료 코팅을 형성한 후, 반응 챔버 내에서 하나 이상의 기판들을 프로세싱하기 위해 리모트 플라즈마 동작을 수행하는 단계를 더 포함하고, 리모트 플라즈마 동작은 반응 챔버 내에서 노출된 표면들의 적어도 일부 상에 제 2 코팅의 형성을 발생시키고, 제 2 코팅은 리모트 플라즈마 동작 동안 저 재결합 재료 코팅보다 보다 높은 라디칼 재조합 레이트를 촉진한다. 다양한 경우들에서, 반응 챔버를 산화 플라즈마에 노출시키는 단계는 저 재결합 재료 코팅을 개질하도록 제 2 코팅을 개질한다.
- [0005] 일부 실시예들에서, 반응 챔버는 약 0.05 내지 5 초의 지속 기간 동안 산화 플라즈마에 노출된다. 일부 이러한 경우들에서, 지속 기간은 약 0.1 내지 1 초일 수도 있다.
- [0006] 상기 반응 챔버 내에서 노출된 표면들 상에 저 재결합 재료 코팅을 형성하기 위한 ALD 프로세스는, (a) 제 1 반

응물질을 반응 챔버 내로 흘리고 제 1 반응물질로 하여금 반응 챔버 내에서 노출된 표면들 상에 흡착되게 하는 단계; (b) 반응 챔버로부터 제 1 반응물질을 퍼지하는 단계; (c) 제 2 반응물질을 반응 챔버 내로 흘리는 단계; (d) 반응 챔버 내에서 노출된 표면들 상에 저 재결합 재료 코팅을 형성하기 위해 제 1 반응물질과 제 2 반응물질 간의 표면 반응을 구동하도록 반응 챔버 내에서 노출된 표면들을 플라즈마에 노출시키는 단계; 및 (e) 저 재결합 재료 코팅이 최종 코팅 두께에 도달할 때까지 단계 (a) 내지 (d) 를 반복하는 단계를 포함할 수도 있다. 반응 챔버 내에서 기판 지지부 상의 저 재결합 재료 코팅의 평균 두께로 추정될 때, 저 재결합 재료 코팅의 최종 코팅 두께는 적어도 약 50 Å일 수도 있다.

[0007] 다양한 실시예들에서, 저 재결합 재료 코팅은 실리콘 옥사이드를 포함한다. 일부 이러한 실시예들에서, 리모트 플라즈마 동작을 수행하는 단계는 하나 이상의 기판들 상에 실리콘 함유 막을 증착하는 단계를 포함하고, 그리고 제 2 코팅은 실리콘 함유 재료를 포함한다.

[0008] 플라즈마는 다수의 상이한 방식으로 생성될 수도 있다. 일부 실시예들에서, 제 1 반응물질 및 제 2 반응물질 중 적어도 하나는 리모트 플라즈마 챔버로부터 반응 챔버 내로 흐르고, 리모트 플라즈마 챔버는 프로세싱 챔버에 인접하게 위치되고 샤워헤드에 의해 프로세싱 챔버로부터 분리된다. 예를 들어, 제 1 반응물질 및 제 2 반응물질 양자는 리모트 플라즈마 챔버로부터 반응 챔버 내로 흐를 수도 있고, 산화 플라즈마는 리모트 플라즈마 챔버 내에서 생성될 수도 있고 샤워헤드를 통해 프로세싱 챔버 내로 흐를 수도 있다. 일부 다른 실시예들에서, 산화 플라즈마는 반응 챔버 내에서 인시츄 생성된다.

[0009] 리모트 플라즈마 동작은 다수의 단계들을 포함할 수도 있다. 예를 들어, 리모트 플라즈마 동작을 수행하는 단계는, 반응 챔버 내에 하나 이상의 기판들 중 하나를 제공하는 단계; 실리콘 함유 반응물질을 인시츄 플라즈마에 노출시키지 않고 반응 챔버 내로 실리콘 함유 반응물질을 흘리는 단계; 리모트 플라즈마 챔버 내에서 수소 플라즈마를 생성하는 단계 및 실리콘 함유 반응물질이 반응 챔버 내로 흐르는 동안 수소 플라즈마로 하여금 반응 챔버 내로 샤워헤드를 통과하게 하는 단계로서, 리모트 플라즈마 챔버는 반응 챔버에 인접하게 위치되고 샤워헤드에 의해 반응 챔버로부터 분리되는, 수소 플라즈마를 생성하고 수소 플라즈마로 하여금 샤워헤드를 통과하게 하는 단계; 및 기판 상에 실리콘 함유 막을 증착하도록 기판을 실리콘 함유 반응물질 및 수소 플라즈마에 동시에 노출시키는 단계를 포함할 수도 있다.

[0010] 반응 챔버는 챔버가 산화 플라즈마에 노출될 때 기판을 포함하거나 포함하지 않을 수도 있다. 일부 실시예들에서, 반응 챔버가 산화 플라즈마에 노출될 때 하나 이상의 기판들이 반응 챔버 내에 존재한다. 다른 실시예들에서, 챔버를 산화 플라즈마에 노출시키기 전에 기판은 제거된다.

[0011] 일부 실시예들에서, 방법은 기판이 반응 챔버 내에 있는 동안 반응 챔버를 산화 플라즈마에 노출시키는 단계 후, 반응 챔버 내의 기판을 더 프로세싱하기 위해 제 2 리모트 플라즈마 동작을 수행하는 단계로서, 제 2 리모트 플라즈마 동작은 다시 제 2 코팅의 형성을 발생시키는, 제 2 리모트 플라즈마 동작을 수행하는 단계; 및 제 2 리모트 플라즈마 동작을 수행한 후, 저 재결합 재료 코팅을 개질하도록 제 2 코팅을 개질하기 위해 반응 챔버 내에서 노출된 표면들을 다시 재컨디셔닝하도록 기판이 반응 챔버 내에 존재하는 동안 반응 챔버를 제 2 산화 플라즈마에 노출시키는 단계를 더 포함할 수도 있다.

[0012] 일부 경우들에서 방법은 순환적 방식으로 수행될 수도 있다. 예를 들어, 방법은 (a) 하나 이상의 기판들에 대해 리모트 플라즈마 동작을 수행하는 단계 및 (b) 반응 챔버 내에서 노출된 표면들을 재컨디셔닝하도록 반응 챔버를 산화 플라즈마에 노출시키는 단계의 단계들을 순환적으로 반복하는 단계를 포함할 수도 있고, 단계 (b)의 반복 각각 사이에서 약 1 내지 50 개의 기판들이 단계 (a)에서 프로세싱된다.

[0013] 기판들의 배치 (batch)가 프로세싱된 후, 반응 챔버 내에서 노출된 표면들 상에 존재하는 모든 저 재결합 재료 코팅 및 제 2 코팅을 제거하도록 반응 챔버가 세정될 수도 있고, 세정은 반응 챔버를 불소 함유 플라즈마에 노출시키는 것을 포함한다. 세정 후에, 방법이 반복될 수도 있다.

[0014] 개시된 실시예들의 또 다른 양태에서, 기판을 프로세싱하기 위한 리모트 플라즈마 프로세싱 장치가 제공되고, 장치는, 챔버 내부 표면들, 반응 챔버 내에서 기판을 지지하기 위한 기판 지지부, 및 반응 챔버로부터 재료를 제거하기 위한 배기 포트를 포함하는, 반응 챔버; 리모트 플라즈마 챔버 내에서 플라즈마를 생성하기 위한 플라즈마 생성기, 리모트 플라즈마 챔버로 가스를 전달하기 위한 유입부, 및 리모트 플라즈마 챔버 내에서 생성된 플라즈마를 반응 챔버로 제공하기 위한 유출부를 포함하는, 리모트 플라즈마 챔버; 및 반응 챔버 내에 기판이 없는 동안 ALD 프로세스를 통해 반응 챔버의 챔버 내부 표면들 상에 저 재결합 재료 코팅을 형성하기 위한 인스트럭션, 및 기판에 대한 리모트 플라즈마 동작을 수행한 후, 챔버 내부 표면들을 재컨디셔닝하여 저 재결합 재



료 코팅을 개질하도록 반응 챔버를 산화 플라즈마에 노출시키기 위한 인스트럭션을 갖는, 제어기를 포함한다.

[0015] 제어기는 저 재결합 재료 코팅을 형성한 후, 기판을 반응 챔버 내에 제공하기 위한 인스트럭션, 및 리모트 플라즈마 챔버 내에서 플라즈마를 생성하고, 리모트 플라즈마 동작을 수행하도록 플라즈마를 반응 챔버로 제공하기 위한 인스트럭션을 더 가질 수도 있고, 리모트 플라즈마 동작은 챔버 내부 표면들의 적어도 일부 상에 제 2 코팅의 형성을 발생시키고, 제 2 코팅은 리모트 플라즈마 동작 동안 저 재결합 재료 코팅보다 보다 높은 라디칼 재결합 레이트를 촉진하고, 그리고 반응 챔버를 산화 플라즈마에 노출시키는 것은 저 재결합 재료 코팅을 개질하도록 제 2 코팅을 개질한다.

[0016] 다양한 실시예들에서, 리모트 플라즈마 챔버의 유출부는 리모트 플라즈마 챔버를 반응 챔버로부터 분리하는 샤워헤드이다.

[0017] 상기 반응 챔버를 산화 플라즈마에 노출시키기 위한 인스트럭션들은 반응 챔버를 약 0.05 내지 5 초의 지속 기간 동안 산화 플라즈마에 노출시키기 위한 인스트럭션들을 포함할 수도 있다. ALD 프로세스를 통해 반응 챔버의 챔버 내부 표면들 상에 저 재결합 재료 코팅을 형성하기 위한 인스트럭션들은, 일부 실시예들에서, (a) 제 1 반응물질을 반응 챔버 내로 흘리고 제 1 반응물질로 하여금 반응 챔버 내에서 노출된 표면들 상에 흡착하게 하기 위한 인스트럭션; (b) 반응 챔버로부터 제 1 반응물질을 퍼지하기 위한 인스트럭션; (c) 제 2 반응물질을 반응 챔버 내로 흘리기 위한 인스트럭션; (d) 반응 챔버 내에서 노출된 표면들 상에 저 재결합 재료 코팅을 형성하도록 제 1 반응물질과 제 2 반응물질 간의 표면 반응을 구동하도록 반응 챔버 내에서 노출된 표면들을 플라즈마에 노출시키기 위한 인스트럭션; 및 (e) 저 재결합 재료 코팅이 최종 코팅 두께에 도달할 때까지 인스트럭션 (a) 내지 (d) 를 반복하기 위한 인스트럭션을 포함할 수도 있다. 다양한 실시예들에서, 최종 코팅 두께는 기판 지지부 상에 증착된 평균 두께에 기초하여 측정될 때 적어도 약 50 Å이다.

[0018] 이들 및 다른 특징들은 연관된 도면들을 참조하여 이하에 기술될 것이다.

### 도면의 간단한 설명

[0019] 도 1은 리모트 플라즈마를 사용하여 기판을 프로세싱하기 위한 반응 챔버의 간략화된 도면을 예시한다.

도 2는 내부 표면들을 커버하는 저 재결합 재료 코팅을 갖는 도 1의 반응 챔버를 도시한다.

도 3은 ALD - 타입 반응을 사용하여 챔버 내부 표면들 상에 저 재결합 재료 코팅을 형성하는 방법을 기술하는 흐름도이다.

도 4a 및 도 4b는 저 재결합 재료 코팅이 재컨디셔닝되기 전 (도 4a) 또는 저 재결합 재료 코팅이 재컨디셔닝된 후 (도 4b) 반응 챔버에서 프로세싱된 기판들에 대한 막 두께 프로파일들을 도시한다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020] 관련 출원에 대한 교차 참조

[0021] 본 출원은 본 명세서에 참조로서 전체가 인용된, 2015년 3월 26일 출원된 명칭이 "MINIMIZING RADICAL RECOMBINATION"인, 미국 특허 가 출원 번호 제 62/138,810 호의 이익을 주장한다.

[0022] 본 출원에서, 용어들 "반도체 웨이퍼", "웨이퍼", "기판", "웨이퍼 기판", 및 "부분적으로 제조된 집적 회로"는 상호교환 가능하게 사용된다. 당업자는 용어 "부분적으로 제조된 집적 회로"가 그 위의 집적 회로 제조의 많은 단계들 중 임의의 단계 동안 실리콘 웨이퍼를 지칭할 수 있다는 것을 이해할 것이다. 반도체 디바이스 산업에서 사용된 웨이퍼 또는 기판은 통상적으로 200 mm, 또는 300 mm, 또는 450 mm의 직경을 갖는다. 달리 언급되지 않는 한, 본 명세서에 언급된 프로세싱 상세들 (예를 들어, 플로우 레이트들, 전력 레벨들, 등) 은 300 mm 직경 기판들을 프로세싱하기 위해 또는 300 mm 직경 기판들을 프로세싱하도록 구성된 챔버들을 처리하기 위한 것과 관련되고, 다른 사이즈들의 기판들 또는 챔버들에 대해 적절하게 스케일링될 수 있다. 본 명세서에 기술된 챔버들은 다양한 형상들, 사이즈들, 및 재료들일 수도 있는 워크피스들을 프로세싱하기 위해 사용될 수도 있다. 반도체 웨이퍼들에 더하여, 특정한 실시예들에 따라 준비된 챔버들 내에서 프로세싱될 수도 있는 다른 워크피스들은 인쇄 회로 기판들, 자기 기록 매체, 자기 기록 센서들, 미러들, 광학 엘리먼트들, 마이크로-기계 디바이스들 등과 같은 다양한 물품들을 포함한다.

[0023] 이하의 기술에서, 제공된 실시예들의 완전한 이해를 제공하기 위해 다수의 구체적인 상세들이 언급된다. 개시된 실시예들은 이들 구체적인 상세들 중 일부 또는 전부가 없이도 실시될 수도 있다. 다른 예들에서, 공지

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.

[0024] 다양한 반도체 제조 프로세스들은 리모트 플라즈마의 사용을 수반한다. 리모트 플라즈마는 일 위치에서 생성되고, 프로세싱이 일어나는 제 2 위치로 전달되는 플라즈마이고, 제 2 위치는 제 1 위치로부터 분리된다. 예를 들어, 리모트 플라즈마는 반응 챔버와 연결된 플라즈마 소스에서 발생될 수도 있고, 플라즈마는 프로세싱 동안 플라즈마 소스로부터 반응 챔버로 전달된다. 일부 프로세스들에서 리모트 플라즈마들이 바람직한 일 이유는, 리모트 플라즈마들은 프로세싱 챔버 내에서 바로 생성된 플라즈마와 비교하여, 상대적으로 높은 농도의 라디칼들 및 상대적으로 낮은 농도의 이온들을 제공할 수 있어서이다. 따라서, 프로세싱이 라디칼들에 의해 일어나는 것이 목표될 때 리모트 플라즈마를 사용하는 것이 특히 유용하다.

[0025] 리모트 플라즈마 프로세싱을 위해 사용된 반응 챔버뿐만 아니라 리모트 플라즈마 프로세싱을 위해 사용된 장치를 컨디셔닝하는 방법이 본 명세서에 개시된다. 라디칼 기반 프로세스들의 예들은 증착 프로세스들, 에칭 프로세스들, 및 처리 프로세스들을 포함한다. 특정한 예에서, 라디칼 기반 프로세스는 실리콘 카바이드, 실리콘 니트로카바이드, 또는 실리콘 옥시카바이드 및 이들의 조합 (예를 들어, 실리콘 옥시 카보 나이트라이드) 과 같은 실리콘 함유 막을 증착하기 위한 수소-라디칼-기반 프로세스이다. 일부 실시예들에서, 증착 프로세스는 수소 라디칼 기반 증착 프로세스이고, 이하에 더 기술된다.

[0026] 다양한 리모트 플라즈마 프로세스들을 사용하여 직면하게 되는 일 문제는 라디칼 재결합이다. 라디칼들이 기관에 도달하기 전에 재결합하면, 이러한 라디칼들은 더이상 기관 상의 프로세싱을 위해 이용가능하지 않다. 특정한 라디칼들은 다른 라디칼들보다 보다 큰 정도로 이 문제를 경험한다. 예를 들어, 수소 라디칼들은 대부분의 재료들에 대해 매우 높은 재결합 레이트들을 갖는다. 그 결과는 원격으로 생성된 수소 라디칼들을 사용하여 기관을 프로세싱할 때, 이러한 라디칼들은 종종, 플라즈마 소스와 반응 챔버 사이의 표면들 상 및/또는 반응 챔버의 표면들 상에서 재결합하고, 이는 가스 상 또는 기관 상에서 어떠한 유용한 프로세싱도 수행할 수 없는 라디칼들을 남기는 것이다.

[0027] 라디칼 재결합은 챔버 세정이 바로 이어질 때 특히 문제가 된다. 다양한 구현예들에서, 반도체 기관들은 배치 내에서 순차적으로 프로세싱된다. 일 배치는 순차적인 챔버 세정 동작들 사이에서 동일한 반응 챔버 내에서 프로세싱된 기관들의 그룹을 포함한다. 일 예에서, 반응 챔버가 세정되고, 이어서 100 개의 기관들이 반응 챔버 내에서 프로세싱되고 (예를 들어, 개별적으로, 또는 장치가 한번에 반응 챔버 내에서 2 개 이상의 기관을 프로세싱하기 위해 복수의 스테이션들을 구비한다면 한번에 2 개 이상), 이어서 반응 챔버는 다시 세정된다. 100 개의 기관들은 단일 배치이다. 본 명세서의 일부 실시예들에서, 배치는 약 100 내지 3000 개의 기관들을 포함한다. 배치 사이즈는 기관 각각 상에 증착된 막의 두께에 적어도 부분적으로 의존한다. 배치 사이즈는 챔버 표면들 상에서 축적이 증가함에 따라 증착된 막의 불균일성을 증가시킴으로써 주로 제한되거나 축적이 증가함에 따라 디펙트들 (입자들) 에서 증가한다. 최적의 배치 사이즈는 또한 증착되는 막 및 챔버 벽들 또는 기관 상에 얼마나 많은 막 재료가 증착되는지에 영향을 받는다. 많은 경우들에서 챔버는 페데스탈보다 보다 저온이기 때문에, 저온에서 상대적으로 보다 많이 증착되는 막은 이들 표면들 상에서 매우 신속하게 성장할 것이고, 결국 입자 문제들을 유발한다. 반대로, 저온에서 상대적으로 보다 낮은 레이트들에서 증착되는 막들에 대해, 입자 이슈들이 문제가 되기 전에 훨씬 보다 많은 웨이퍼들을 용이하게 실행할 수 있다.

[0028] 챔버는 일부 실시예들에서 (배어 (bare) 챔버 벽들, 예를 들어, 배어 알루미늄 벽들을 남기면서) 불소계 화학물질로 세정될 수도 있다. 챔버가 세정된 후, 기관에 도달하도록 살아남는 라디칼들의 수는 매우 낮고, 기관은 목표된 대로 프로세싱될 수 없다.

[0029] 저 라디칼 재결합 표면 코팅

[0030] 본 명세서에 개시된 방법들의 구현예들은 관련된 라디칼들에 대한 저 재결합 레이트를 나타내는 재료를 사용하여 챔버의 관련된 표면들을 코팅하는 것을 수반한다. 예를 들어, 특정한 실시예들에서 챔버 내에서 기관들을 프로세싱하기 위해 사용된 라디칼들은 챔버 표면들 상에 코팅된 재료 상에서 약  $5 \times 10^{-4}$  이하 (예를 들어  $1 \times 10^{-4}$  이하) 인 재결합 확률을 갖는다. 예를 들어, 실리콘 옥사이드 코팅된 표면과 상호작용하는 수소 라디칼들은 약  $4 \times 10^{-5}$  의 재결합 확률을 나타낸다.

[0031] 수소 라디칼들의 맥락에서, 저 재결합 레이트를 촉진하는 일 재료는 실리콘 옥사이드 ( $\text{SiO}_2$ ) 이다. 실리콘 옥

사이드는 또한 다른 라디칼들을 사용하여 저 라디칼 재결합 레이트를 촉진할 수도 있다. 이와 같이, 본 명세서의 다양한 실시예들에서, 관련된 표면들은 관련된 표면들 상에서 수소 라디칼 (또는 다른 라디칼) 재결합의 저 레이트를 유지하는 것을 돕도록 실리콘 옥사이드를 사용하여 코팅된다. 관련된 표면들은, 예를 들어, 반응 챔버 내의 표면들, 반응 챔버와 리모트 플라즈마 소스 사이의 표면들, 및 리모트 플라즈마 소스 내의 표면들을 포함할 수도 있다. 코팅될 수도 있는 반응 챔버 내 또는 근방의 표면들은 예를 들어, 기판 지지부/페데스탈, 챔버 벽들/천정/플로어, 샤워헤드, 샤워헤드 홀들, 유입부들, 유출부들, 등을 포함한다. 특정한 실시예들에서 저 레이트의 라디칼 재결합을 촉진할 수도 있는 다른 재료들의 예들은 이하에 열거된다.

[0032] 도 1은 수소 라디칼 기반 증착 프로세스와 같은 특정한 라디칼 기반 프로세스들을 위해 사용될 수도 있는 장치의 간략화된 도면을 제공한다. 다른 라디칼 기반 프로세스들 및 반응 챔버들이 또한 특정한 실시예들에 따라 사용될 수도 있다. 프로세싱 챔버 (102)는 챔버 벽들 (103), 챔버 플로어 (104), 및 챔버 천정 (105)를 포함한다. 프로세싱 챔버 (102) 내부에 기판 지지부 (106)가 있고, 그 상부에 기판 (107)이 놓인다. 프로세싱 챔버 (102)는 또한 유입부 (108) 및 배기 유출부 (109)를 포함한다. 리모트 플라즈마 소스 (110)는 프로세싱 챔버 (102) 위에 제공된다. 리모트 플라즈마 소스 (110)는 리모트 플라즈마 소스 내에서 플라즈마를 생성하기 위한 플라즈마 생성기 (미도시)를 포함한다. 플라즈마 생성기는, 유도 커플링 플라즈마, 용량 커플링 플라즈마, 마이크로파 커플링 플라즈마, 등일 수도 있는, 플라즈마를 생성하기 위한 하드웨어 (예를 들어, 코일들, 전극들, 등)를 포함한다. 리모트 플라즈마 소스 (110)는 복수의 샤워헤드 홀들 (112)을 갖는 샤워헤드 (111)에 의해 프로세싱 챔버 (102)로부터 분리된다. 리모트 플라즈마 소스 (110)는 리모트 플라즈마를 생성하기 위해 사용된 가스를 제공하기 위한 유입부 (113)를 갖는다.

[0033] 도 2는 저 재결합 재료 코팅 (220)으로 코팅된 후 도 1에 도시된 장치를 예시한다. 기판 (107)은 이 도면에서 도시되지 않고, 저 재결합 재료 코팅 (220)은 예시를 목적으로 두께가 과장되었다. 또한, 저 재결합 재료 코팅 (220)은 샤워헤드 홀들 (112)의 내부 표면들과 같은, 도 2에서 보이지 않는 영역들에 존재할 수도 있다. 일부 실시예들에서, 저 재결합 재료 코팅 (220)은 프로세싱 챔버 (102)의 내부에 있는 표면들만을 커버한다. 다른 실시예들에서, 저 재결합 재료 코팅 (220)은 또한 상기 언급된 바와 같이, 리모트 플라즈마 소스 (110) 내부 표면들, 및/또는 샤워헤드 표면들을 커버한다.

[0034] 본 명세서의 많은 실시예들은 실리콘 옥사이드 저 재결합 재료의 맥락에서 제공되었다. 실리콘 옥사이드는 수소 라디칼들의 재결합을 최소화하는 매우 효과적인 재료이다. 그러나, 실리콘 옥사이드 이외의 재료들이 또한 특정한 구현예들에서 사용될 수도 있다. 선택된 재료는 사용될 특정한 라디칼들과의 저 레이트 라디칼 재결합을 촉진하는 재료여야 한다. 또한, 선택된 재료는 예를 들어 본 명세서에 기술된 바와 같이 ALD 방법들을 사용하여 반응 챔버의 표면들 위에 컨포멀하게 형성될 수 있는, 재료여야 한다. 다양한 경우들에서 저 재결합 재료는 옥사이드이다. 저 재결합 재료로서 유용할 수도 있는 실리콘 옥사이드 이외의 재료들의 예들은 이로 제한되는 것은 아니지만, 지르코늄 옥사이드, 알루미늄 옥사이드, hafnium 옥사이드, yttria (yttria-stabilized zirconia), 및 이들의 조합들을 포함한다.

[0035] 저 재결합 재료 코팅의 형성

[0036] 저 재결합 재료 코팅은 증착이 목표되는 모든 표면들 상에 저 재결합 재료의 증착을 발생시키는 방식으로 형성될 수도 있다. 이 목적에 특히 적합한 일 방법은 ALD이다. ALD 방법들은 노출된 표면들 위에 매우 균일한/컨포멀한 막들을 증착하는 순환적 프로세스들이다.

[0037] 도 3은 반응 챔버의 표면들 상에 저 재결합 재료 코팅을 형성하는 방법을 위한 흐름도이다. 방법은 도 1 및 도 2에 도시된 장치의 맥락에서 제공된다. 방법은 제 1 반응물질이 프로세싱 챔버 (102) 내로 흐르는, 동작 301에서 시작된다. 제 1 반응물질은 유입부 (108)를 통해 프로세싱 챔버 (102)로, 또는 유입부 (113)를 통해 리모트 플라즈마 소스 (110)로 흐를 수도 있다. 유입부 (113)를 통해 리모트 플라즈마 소스 (110)로 반응물질들을 흘리는 것은 리모트 플라즈마 소스 (110) 내에서 표면들 상 및 샤워헤드 홀들 (112)의 내부 표면들 상에서 저 재결합 재료 코팅 (220)을 촉진한다. 제 1 반응물질이 유입부 (108)를 통해 프로세싱 챔버 (102) 내로 흐르는 특정한 경우들에서, 제 1 반응물질이 전달되는 동안 리모트 플라즈마 소스 (110)를 통해 가스가 흐르지 않는다. 제 1 반응물질이 어디로 전달되는지와 무관하게, 제 1 반응물질은 가스 형태로 전달되고, 플라즈마는 존재하지 않는다. 제 1 반응물질은 챔버 벽들 (103), 챔버 플로어 (104), 챔버 천정 (105), 및 기판 지지부 (106)와 같은 프로세싱 챔버 (102)의 표면들 상에 흡착한다. 제 1 반응물질이 흡착하는 부가적인 표면들은 샤워헤드 (111)의 표면들, 및 리모트 플라즈마 소스 (110)내의 표면들을 포함할 수도 있다. 제 1 전구체의 흡착 및 포화는 배기 밸브들 (미도시)을 폐쇄하고 프로세싱 챔버 내의 압력이 제 1 반응물질의 전달에 의해 약

간 상승하게 함으로써 촉진될 수도 있다.

[0038]

저 재결합 재료 코팅 (220) 이 실리콘 옥사이드이면, 제 1 반응물질은 통상적으로 실리콘 함유 반응물질이다. 일부 경우들에서 실리콘 함유 반응물질은 실란, 할로실란, 또는 아미노실란이다. 실란은 수소기 및/또는 탄소기를 함유하지만, 할로젠은 함유하지 않는다. 실란들의 예들은 실란 ( $\text{SiH}_4$ ), 디실란 ( $\text{Si}_2\text{H}_6$ ), 및 메틸실란, 에틸실란, 이소프로필실란, t-부틸실란, 디메틸실란, 디에틸실란, 디-t-부틸실란, 아릴실란, sec-부틸실란, 텍실실란 (thexylsilane), 이소아밀실란 (isoamylsilane), t-부틸디실란, 디-t-부틸디실란, 등과 같은 유기 실란들이다. 할로실란은 적어도 하나의 할로젠기를 함유하고, 수소기 및/또는 탄소기를 함유하거나 함유하지 않을 수도 있다. 할로실란들의 예들은 요오드실란들, 브로모실란들, 클로로실란들 및 플루오로실란들이다. 할로실란들, 특히 플루오로실란들이 실리콘 재료들을 에칭할 수 있는 반응성 할라이드 종들을 형성할 수도 있지만, 본 명세서에 기술된 특정한 실시예들에서, 실리콘 함유 반응물질은 플라즈마가 스트라이킹될 때 존재하지 않는다. 구체적인 클로로실란들은 테트라클로로실란 ( $\text{SiCl}_4$ ), 트리클로로실란 ( $\text{HSiCl}_3$ ), 디클로로실란 ( $\text{H}_2\text{SiCl}_2$ ), 모노클로로실란 ( $\text{ClSiH}_3$ ), 클로로아릴실란, 클로로메틸실란, 디클로로메틸실란, 클로로디메틸실란, 클로로에틸실란, t-부틸클로로실란, 디-t-부틸클로로실란, 클로로이소프로필실란, 클로로-sec-부틸실란, t-부틸디메틸클로로실란, 텍실디메틸클로로실란, 등이다. 아미노실란은 실리콘 원자에 결합된 적어도 하나의 질소 원자를 포함하지만, 또한 수소, 산소, 할로젠 및 탄소를 함유할 수도 있다. 아미노실란들의 예들은 모노-아미노실란, 디-아미노실란, 트리-아미노실란 및 테트라-아미노실란 (각각  $\text{H}_3\text{Si}(\text{NH}_2)_4$ ,  $\text{H}_2\text{Si}(\text{NH}_2)_2$ ,  $\text{HSi}(\text{NH}_2)_3$  및  $\text{Si}(\text{NH}_2)_4$ ), 및 치환된 모노-아미노실란, 디-아미노실란, 트리-아미노실란 및 테트라-아미노실란들, 예를 들어, t-부틸아미노실란, 메틸아미노실란, tert-부틸실란아민, BTBAS (bis(tertiarybutylamino)silane ( $\text{SiH}_2(\text{NHC}(\text{CH}_3)_3)_2$ ), tert-부틸 실릴카바메이트,  $\text{SiH}(\text{CH}_3)-(\text{N}(\text{CH}_3)_2)_2$ ,  $\text{SiHCl}-(\text{N}(\text{CH}_3)_2)_2$ ,  $(\text{Si}(\text{CH}_3)_2\text{NH})_3$  등이다. 아미노실란의 다른 예들은 트리실릴아민 ( $\text{N}(\text{SiH}_3)_3$ ), 디메틸 아미노 디메틸 실란, 비스(디메틸아미노) 디메틸 실란, 비스(디메틸아미노) 메틸 실란, 디메틸아미노 트리메틸 실란, 트리스(디메틸아미노)실란, 및 비스(디메틸아미노) 실란을 포함한다. 이들 반응물질들의 조합들이 또한 일부 경우들에서 사용될 수도 있다.

[0039]

저 재결합 재료가 금속 옥사이드이면, 일부 경우들에서, 제 1 반응물질은 금속 알킬아민, 금속 알콕사이드, 금속 알킬아미드, 금속 할라이드, 금속 β-디케토네이트, 금속 카르보닐, 유기 금속, 등일 수도 있다. 적절한 금속 함유 전구체들은 막 내로 통합되도록 목표된 금속을 포함할 것이다. 예를 들어, 저 재결합 재료가 알루미늄 옥사이드이면, 제 1 반응물질은 무엇보다도, 알루미늄 트리스(2,2,6,6-테트라메틸-3,5-헵타디오네이트) ( $(\text{Al}(\text{OCC}(\text{CH}_3)_3\text{CHCOC}(\text{CH}_3)_3)_3$ ), 트리이소부틸알루미늄 ( $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2)_3\text{Al}$ ), 트리메틸알루미늄 ( $(\text{CH}_3)_3\text{Al}$ ), 트리스(디메틸아미도)알루미늄 ( $\text{Al}(\text{N}(\text{CH}_3)_2)_3$ ), 및 이의 조합들을 포함할 수도 있다.

[0040]

저 재결합 재료가 하프늄 옥사이드이면, 제 1 반응물질은 통상적으로 하프늄 함유 반응물질이다. 하프늄 함유 반응물질들의 예들은 무엇보다도, 비스(tert-부틸사이클로펜타디에닐)디메틸하프늄 ( $\text{C}_{20}\text{H}_{32}\text{Hf}$ ), 비스(메틸- $\eta^5$ -사이클로펜타디에닐)디메틸하프늄 ( $\text{Hf}[\text{C}_5\text{H}_4(\text{CH}_3)_2(\text{CH}_3)_2$ ), 비스(메틸- $\eta^5$ -사이클로펜타디에닐)메톡시메틸하프늄 ( $\text{HfCH}_3(\text{OCH}_3)[\text{C}_5\text{H}_4(\text{CH}_3)_2]$ ), 비스(트리메틸실릴)아미도하프늄 클로라이드 ( $[(\text{CH}_3)_3\text{Si}]_2\text{N}_2\text{HfCl}_2$ ), 디메틸비스(사이클로펜타디에닐)하프늄 ( $(\text{C}_5\text{H}_5)_2\text{Hf}(\text{CH}_3)_2$ ), 하프늄 tert-부톡사이드 ( $\text{Hf}[\text{OC}(\text{CH}_3)_3]_4$ ), 하프늄 이소프로폭사이드 이소프로판올 ( $\text{C}_{12}\text{H}_{28}\text{HfO}_4$ ), 테트라키스(디에틸아미도)하프늄 ( $[(\text{CH}_2\text{CH}_3)_2\text{N}]_4\text{Hf}$ ), 테트라키스(디메틸아미도)하프늄 ( $[(\text{CH}_3)_2\text{N}]_4\text{Hf}$ ), 테트라키스(에틸메틸아미도)하프늄 ( $[(\text{CH}_3)(\text{C}_2\text{H}_5)\text{N}]_4\text{Hf}$ ), 및 이들의 조합들을 포함한다.

[0041]

저 재결합 재료가 지르코늄 옥사이드이면, 제 1 반응물질은 통상적으로 지르코늄 함유 반응물질이다. 지르코늄 함유 반응물질들의 예들은, 이로 제한되는 것은 아니지만, 비스(사이클로펜타디에닐)지르코늄 디하이드라이드 ( $\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{Zr}$ ), 비스(메틸- $\eta^5$ -사이클로펜타디에닐)메톡시메틸지르코늄 ( $\text{Zr}(\text{CH}_3\text{C}_5\text{H}_4)_2\text{CH}_3\text{OCH}_3$ ), 디메틸비스(펜타메틸사이클로펜타디에닐)지르코늄 ( $\text{C}_{22}\text{H}_{36}\text{Zr}$ ), 테트라키스(디에틸아미도)지르코늄 ( $[(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{N}]_4\text{Zr}$ ), 테트라키스(디메틸아미도)지르코늄 ( $[(\text{CH}_3)_2\text{N}]_4\text{Zr}$ ), 테트라키스(에틸메틸아미도)지르코늄 ( $\text{Zr}(\text{NCH}_2\text{C}_2\text{H}_5)_4$ ), 지르코늄 디부톡사이드(비스-2,4-헵타디오네이트) ( $\text{C}_{18}\text{H}_{32}\text{O}_2\text{Zr}$ ), 지르코늄 2-에틸헥사노에이트 ( $\text{Zr}(\text{C}_8\text{H}_{15}\text{O}_2)_4$ ), 지르코늄 테트라키스(2,2,6,6-테트라메틸-3,5-헵타디오네이트) ( $\text{Zr}(\text{OCC}(\text{CH}_3)_3\text{CHCOC}(\text{CH}_3)_3)_4$ ), 및 이들의 조합들을 포함한다. 다른



금속 옥사이드들이 또한 형성될 수도 있고, 다른 반응물질들을 사용할 수도 있다.

- [0042] 일부 실시예들에서, 제 1 반응물질은 할로겐 함유 반응물질이 아니다. 일부 실시예들에서, 비 할로겐 함유 반응물질들은 특정한 챔버 표면들 (예를 들어, 알루미늄 표면들) 과의 상호작용들을 회피하기 위해 유리할 수도 있다. 일부 이러한 실시예들에서, 제 1 반응물질은 아민기를 포함할 수도 있다. 이들 또는 다른 경우들에서, 제 1 반응물질은 알콕시기를 포함할 수도 있다.
- [0043] 반응 챔버는 통상적으로 제 1 반응물질의 전달 동안 상대적으로 고압으로 유지된다. 고압은 제 1 반응물질이 모든 관련된 표면들 상에 흡착한다는 것을 보장하는 것을 돕는다. 화학물질의 분압이 보다 높을수록, 포화 반응을 발생시키기 위해 보다 짧은 시간이 걸린다. 일부 실시예들에서, 반응 챔버 내 압력은 약 0.1 내지 20 Torr, 예를 들어 약 0.5 내지 4 Torr일 수도 있다. 최적의 압력은 가능한 전구체 플로우량, 시간, 및 챔버 볼륨에 주로 영향을 받는다. 챔버 표면들은 약 20 내지 600 °C, 일부 경우들에서 예를 들어 약 50 내지 450 °C의 온도로 유지될 수도 있다. 일부 실시예들에서, 제 1 반응물질은 약 1 내지 1000 sccm, 또는 약 1 내지 25 sccm의 레이트로, 약 0.1 초 내지 5 분, 또는 약 10 초 내지 3 분의 지속 기간 동안 반응 챔버 내로 흐를 수도 있다. 제 1 반응물질 플로우를 위한 최적의 레이트는 전구체의 플로우 레이트 및 분압 및 챔버의 사이즈에 영향을 받는다.
- [0044] 다음에, 동작 303에서, 프로세싱 챔버 (102) 는 퍼지된다. 퍼지는 퍼지 가스 (예를 들어, 불활성 가스) 를 사용하여 프로세싱 챔버 (102) 를 스웩핑하거나, 진공을 사용하여 프로세싱 챔버 (102) 를 배기하거나, 이들 옵션들의 조합에 의해 일어날 수도 있다. 퍼지는 프로세싱 챔버 (102) 로부터 제 1 반응물질의 모든 흡착되지 않은 분자들을 제거하도록 작용한다.
- [0045] 프로세싱 챔버 (102) 를 퍼지한 후, 동작 305에서 제 2 반응물질은 프로세싱 챔버 (102) 내로 흐른다. 제 1 반응물질을 사용할 때, 제 2 반응물질은 유입부 (108) 를 통해 프로세싱 챔버 (102) 내로 또는 유입부 (113) 를 통해 리모트 플라즈마 소스 (110) 로 흐를 수도 있다. 유입부 (113) 를 통한 제 2 반응물질은 리모트 플라즈마 소스 (110) 내에서 리모트 플라즈마 소스 (110) 내에서 표면들 상 뿐만 아니라 샤워헤드 (111) 의 표면 상에 저 재결합 재료 코팅을 형성하는 것을 도울 것이다. 제 1 반응물질 및 제 2 반응물질 중 어느 하나 또는 양자는 캐리어 가스, 예를 들어, 불활성 가스와 함께 흐를 수도 있다.
- [0046] 종종, 제 2 반응물질은 산소 함유 반응물질이다. 산소 함유 반응물질들의 예들은 이로 제한되는 것은 아니지만, 산소 ( $O_2$ ), 이산화탄소 ( $CO_2$ ), 아산화질소 ( $N_2O$ ), 물 ( $H_2O$ ), 오존, 및 이들의 조합들을 포함한다. 특정한 예에서, 제 2 반응물질은 산소이다. 일부 실시예들에서, 제 2 반응물질은 약 100 내지 20,000 sccm, 또는 약 500 내지 5000 sccm의 레이트로, 약 0.25 내지 60 초, 또는 약 1 내지 20 초의 지속 기간 동안 흐른다. 제 2 반응물질은 플라즈마를 확립하고 지속시키는 것 및 브레이크다운 효율을 증가시키는 것을 도울 수도 있는, 불활성 캐리어 가스 (예를 들어, 헬륨, 아르곤, 등) 와 함께 전달될 수도 있다.
- [0047] 동작 307에서, 표면 반응을 사용하여 전구체들을 저 재결합 재료 코팅 (220) 으로 변환하도록 에너지가 공급된다. 저 재결합 재료 코팅 (220) 은 예를 들어, 도 2에 도시된 바와 같이 다양한 표면들 상에 형성된다. 에너지는 많은 실시예들에서 열 에너지이거나 플라즈마 에너지일 수도 있다. 열 에너지가 반응을 구동하도록 사용되면, 챔버 표면들은 저 재결합 재료 코팅의 형성을 촉진하도록 온도가 상승될 수도 있다. 또한, 열 에너지가 사용되면, 저 재결합 재료 코팅을 형성하기 위해 사용된 반응물질들은 특히 반응성 (예를 들어, 오존, 물, 등) 으로 선택될 수도 있다. 일부 경우들에서 플라즈마 에너지가 사용되면, 상대적으로 보다 적은 반응성의 반응물질들이 사용될 수도 있다.
- [0048] 플라즈마는 프로세싱 챔버 (102) 내 또는 리모트 플라즈마 소스 (110) 내에서 생성될 수도 있다. 플라즈마가 리모트 플라즈마 소스 (110) 내에서 생성되면, 기관들 상에서의 프로세싱 동안 발생하는 라디칼들은 프로세싱 챔버 (102) 내로 확산된다. 플라즈마는 유도 커플링 플라즈마 용량 커플링 플라즈마, 마이크로파 커플링 플라즈마, 등일 수도 있다. 일부 실시예들에서, 플라즈마를 생성하기 위해 사용된 RF 전력은 스테이션 당 약 200 내지 4500 W, 또는 스테이션 당 약 1500 내지 3000 W일 수도 있다. 최적의 전력은 플라즈마를 생성하기 위해 사용된 소스에 따른다. ICP 소스들은 통상적으로 상대적으로 보다 높은 전력을 사용하고, CCP 소스들은 통상적으로 상대적으로 보다 낮은 전력을 사용한다. 플라즈마를 생성하기 위해 사용된 주파수는 일부 실시예들에서 HF 주파수일 수도 있다. 예시적인 HF 주파수들은 약 1.8 MHz 내지 약 2.45 GHz의 범위이다. 일부 실시예들에서 사용될 수도 있는 특정한 예시적인 주파수들은 13.56 MHz, 27 MHz, 40 MHz, 60 MHz, 100 MHz, 및/또는 2.45 GHz를 포함한다. 플라즈마는 약 0.25 내지 60 초, 또는 약 1 내지 20 초의 지속 기간 동안 존재할 수도 있다.

- [0049] 일부 실시예들에서, 동작 307 (때때로 변환 동작으로 지칭됨) 은 제 2 반응물질의 흐름이 중단된 후 일어난다. 프로세싱 챔버 (102) 는 동작 305와 동작 307 사이에, 예를 들어 스윙핑 가스를 사용함으로써 그리고/또는 프로세싱 챔버 (102) 를 배기함으로써 선택가능하게 폐지될 수 있다. 다른 실시예들에서, 동작 305 및 동작 307은 오버랩할 수도 있다. 예를 들어, 일부 경우들에서 변환 동작 307은, 제 2 반응물질이 프로세싱 챔버 (102) 내로 여전히 흐르는 동안 (즉, 동작 307은 동작 305가 진행 중인 동안 시작된다. 다른 경우들에서, 변환 동작 307 및 동작 305에서의 제 2 반응물질의 전달은 실질적으로 동시에 시작된다. 동작 305에서 제 2 반응물질의 흐름은 변환 동작 307 전, 변환 동작 307 동안, 또는 변환 동작 307의 종료시 중단될 수도 있다.
- [0050] 다음에, 프로세싱 챔버 (102) 는 동작 309에서 모든 비흡착 종을 제거하도록 폐지된다. 이 동작 309는 때때로 플라즈마 후 폐지로 지칭된다. 동작들 301 내지 309는 함께 ALD 반응의 단일 사이클을 나타낸다. 사이클 각각은 약 0.5 내지 3 Å의 두께 정도일 수도 있는 재료의 거의 모노레이어를 증착할 수도 있지만, 서브-모노레이어들 또는 모노레이어보다 보다 두꺼운 층들이 일부 실시예들에서 증착될 수도 있다. ALD 사이클 각각의 종료시, 동작 311에서 증착된 저 재결합 재료 코팅 (220) 이 충분히 두꺼운지 여부가 결정된다. 재료가 충분히 두껍다면, 증착 프로세스는 종료된다. 그렇지 않으면, 프로세스는 동작 301로부터 반복되고 부가적인 저 재결합 재료가 증착된다. 동작 311에서의 결정은 종종 사이클 당 증착된 공지의/추정된 두께, 사이클들의 수, 및 목표된 최종 두께에 기초하여 이루어진다.
- [0051] 일부 실시예들에서, 저 재결합 재료 코팅 (220) 은 약 50 내지 500 Å, 또는 약 100 내지 300 Å의 총 두께로 증착된다. 보다 두꺼운 코팅들이 특정한 경우들에서 사용될 수도 있다. 일 특정한 예에서, 저 재결합 재료 코팅 (220) 은 약 200 Å의 두께로 증착된다. 이들 두께들은, 저 재결합 재료의 증착 동안 기판 지지부가 약 400 °C의 온도로 유지된다면, 기판 지지부 (106) (또는 존재한다면, 기판 지지부 (106) 상의 기판) 상에 증착될 막의 평균 두께에 기초한다. 막은 다른 영역들에서 상이한 두께들을 가질 수도 있지만, 막 두께는 다양한 챔버 표면 상, 적어도 저 재결합 재료가 실리콘 옥사이드들이면 상대적으로 균일하다고 여겨진다. 이들 또는 다른 실시예들에서, 저 재결합 재료 코팅 (220) 을 형성하기 위한 ALD 사이클들의 총 수는 약 50 내지 1000, 또는 약 100 내지 300일 수도 있다. 특정한 예에서, 약 150 사이클들이 사용되고, 기판 지지부 (106) 상에서 약 200 Å의 총 두께를 발생시킨다.
- [0052] 실리콘 옥사이드 저 재결합 재료 코팅 (220) 을 형성하는 대안적인 방법이 사용될 수 있다. 일 예에서, 수소 ( $H_2$ ) 플라즈마는 프로세싱 챔버 내에서 석영 컴포넌트를 에칭하기 위해 사용될 수 있다. 석영 내의  $SiO_2$ 는 석영 컴포넌트로부터 에칭되고 프로세싱 챔버 내에서 표면들 상에 재분배된다. 석영을 에칭하고  $SiO_2$  를 재분배하는 것이 사용될 수도 있지만, ALD 프로세싱은 특정한 챔버들에 대해 보다 더 적절할 수도 있다. 도 3과 관련하여 기술된 바와 같이, ALD를 사용한 저 재결합 재료의 증착과 비교하여, 인시츄  $H_2$  플라즈마 방법은 보다 긴 시간이 걸릴 수도 있고, 챔버 표면들 상에 보다 덜 균일한 커버리지를 발생시킬 수도 있다. 또한, 이 방법 ( $H_2$  플라즈마) 은 바람직하지 않을 수도 있는, 석영 컴포넌트의 열화를 유발하고, 이 방식으로 형성된 실리콘 옥사이드는 이하에 더 기술되는 바와 같이, 프로세싱 챔버 내에서 프로세싱이 일어난 후에, 저 재결합 재료로 성공적으로 재컨디셔닝되기 어려울 수도 있다.
- [0053] 저 재결합 재료 코팅 (220) 은 통상적으로, 프로세싱 챔버가 기판들을 프로세싱하기 위해 사용되기 전에 형성된다. 다양한 실시예들에서, 저 재결합 재료 코팅 (220) 은 (예를 들어, 불소계 화학물질 또는 다른 챔버 세정 기법들을 사용하는) 챔버 세정 동작 후 및 기판들을 프로세싱하기 전에 형성된다. 즉, 저 재결합 재료 코팅 (220) 은 기판들의 배치 각각의 시작 시 형성될 수도 있다.
- [0054] 저 재결합 재료 코팅 (220) 은 기판들에 대해 CVD (chemical vapor deposition) 및/또는 ALD (atomic layer deposition) 를 수행하기 위한 특정한 반응기들과 같은 특정한 반도체 프로세싱 장치 상에서 사용된 "언더코팅"과 대비될 수 있다. 다양한 CVD 및 ALD 반응기들에서, 도 2에 도시된 저 재결합 재료 코팅 (220) 과 같은, 약 3 내지 4  $\mu m$ 의 두께를 갖는 언더코팅이 챔버 내부 표면들 (종종 알루미늄임) 상에 증착된다. 그러나, 이들 2가지 코팅들은 엄청나게 상이한 두께들 (언더코팅은 개시된 저 재결합 재료 코팅 (220) 보다 훨씬 보다 두껍다) 을 갖고, 상이한 이유들로 제공된다. CVD 및 ALD 반응기들에서, 언더코팅은 금속 챔버 표면들이 기판을 오염시키는 것을 방지하기 위해 챔버 표면들을 커버하도록 제공된다. 이러한 반응기들에서 사용된 인시츄 플라즈마들은 너무 셸 (harsh) 수 있고, 언더코팅이 존재하지 않는다면 금속 챔버 표면들을 침식시킬 (eat away) 수 있다. 언더코팅은 또한 기판들의 배치를 프로세싱하는 전개 동안 보다 균일한 챔버 임피던스를 제공하도록 작용할 수도 있다. 반대로, 저 재결합 재료 코팅 (220) 은 CVD 및 ALD 반응기들에서 사용된 언더코팅들

보다 훨씬 보다 얇고, 단순히 기관에 대한 프로세싱을 위해 이용가능한 라디칼들의 양을 최대화하기 위해 라디칼 재결합 양을 최소화하도록 제공된다. 이론에 매이지 않고, 배어 챔버 표면들과 관련된 기관 오염 이슈는 리모트 플라즈마는 보다 덜 세고, 기관을 오염시키기 위해 챔버 표면들을 보다 덜 침식시키기 때문에, 리모트 플라즈마가 사용되면 훨씬 덜 문제가 된다. 본 명세서의 다양한 실시예들에서, 프로세싱 챔버 및 챔버 내의 표면들은 저 재결합 재료의 상대적으로 얇은 층으로 코팅되고, (본 명세서에 기술된 바와 같은) 상대적으로 두꺼운 언더코팅은 사용되지 않는다.

[0055] 저 재결합 재료 코팅 재컨디셔닝

[0056] 저 재결합 재료 코팅은 프로세싱 동안 라디칼 재결합도를 최소화하는데 특히 유용하지만, 전체 기관들의 배치의 프로세싱 동안 특정한 이슈들이 발생한다. 예를 들어, 부가적인 기관들이 배치 내에서 프로세싱되기 때문에, 재료는 저 재결합 재료로 코팅된 다양한 표면들 상에 구축된다. 구축된 재료는 기관들 (예를 들어, 일부 경우들에서 실리콘 카바이드, 실리콘 니트로카바이드, 또는 실리콘 옥시카바이드) 상에 증착되는 재료, 프로세싱 부산물들, 등일 수도 있다. 이 재료는 저 재결합 재료 코팅의 유효성을 상당히 감소시키는, 정도로 저 재결합 재료 코팅을 커버할 수 있다. 많은 경우들에서 배치 동안 챔버 표면들 상에 구축되는 재료는 저 재결합 재료 코팅을 위해 사용된 재료 (예를 들어,  $\text{SiO}_2$ , 본 명세서에 기술된 바와 같은 다른 재료들) 보다 보다 높은 레이트의 라디칼 재결합을 촉진하는 재료이다. 이와 같이, 라디칼 재결합은 배치가 진행됨에 따라, 보다 문제가 된다.

[0057] 계속해서 나빠지는 라디칼 재결합 문제는 주어진 기관에 대한 막 균일성에 실질적인 영향을 준다. 보다 구체적으로, 중앙-에지 막 균일성은 절충된다. 챔버 표면들 상에 재료가 증착됨에 따라, (재료가 증착될 때/후 근방의 라디칼들을 효과적으로 없애는) 기관의 주변부에 대한 챔버 표면들의 근접성, 및 보다 적은 라디칼들이 시작을 위해 이 주변부로 전달된다는 사실로 인해, 기관의 중앙부보다 기관의 주변부가 보다 더 영향을 받는다. 이 막 불균일성은 배치의 전개 동안 상대적으로 안정된 상태 값으로 악화된다. 또한, 계속해서 나빠지는 라디칼 재결합 문제는 기관들 상에서 증착이 일어나는 레이트의 드리프트 (배치 전개 동안 느려지는 증착 레이트로) 를 유발할 수 있다.

[0058] 본 명세서에 개시된 방법들의 특정한 실시예들은 저 재결합 재료 코팅을 주기적으로 재컨디셔닝함으로써 재료 구축 문제를 해결한다. 이러한 재컨디셔닝은, 구축된 재료를 보다 낮은 라디칼 재결합도를 촉진하는 재료로 변화시키도록 구축된 재료를 변경한다. 이는 히드록실화 표면을 형성하도록 구축된 재료를 변경하는 것을 수반할 수도 있다. 특정한 예에서, 구축된 재료는 실리콘 함유 재료 (예를 들어, 실리콘 카바이드, 실리콘 니트로카바이드, 및/또는 실리콘 옥시카바이드) 이고, 재컨디셔닝 프로세스는 실리콘 함유 재료를 실리콘 옥사이드로 변화시키는 것을 수반한다.

[0059] 저 재결합 재료 코팅을 재컨디셔닝하기 위한 일 방법은 산소 함유 플라즈마에 재료를 노출시키는 것이다. 산소 함유 플라즈마는 구축된 재료로부터 탄소 (및 다른 비실리콘 원소들/산소 원소들) 를 효과적으로 연소/제거하고, 목표된 실리콘 다이옥사이드 저 재결합 재료를 개질한다.

[0060] 또 다른 예시적인 실시예에서, 프로세싱 챔버는 알루미늄 함유 막들을 형성하도록 사용될 수도 있고, 저 재결합 재료는 알루미늄 옥사이드이고, 챔버 표면들 상에 원치 않은 구축된 재료는 알루미늄 함유 막이고, 재컨디셔닝 프로세스는 구축된 재료를 다시 알루미늄 옥사이드로 변환하기 위해 산소 함유 플라즈마에 노출된 표면들을 노출시키는 것을 수반한다. 또 다른 실시예에서, 프로세싱 챔버는 하프늄 함유 막들을 형성하도록 사용되고, 저 재결합 재료는 하프늄 옥사이드이고, 챔버 표면들 상에 원치 않은 구축된 재료는 하프늄 함유 막이고, 재컨디셔닝 프로세스는 구축된 재료를 하프늄 옥사이드로 변환하기 위해 산소 함유 플라즈마에 챔버 표면들을 노출시키는 것을 수반한다. 다른 금속들을 사용하는 유사한 구현예들은 또한 본 실시예들의 범위 내에 있는 것으로 간주된다. 또 다른 실시예들에서, 저 재결합 재료는 실리콘 옥사이드이고, 재컨디셔닝 프로세스는 구축된 재료의 조성 도는 기관 상에서 일어나는 프로세스에 무관하게, 실리콘 옥사이드의 형성을 촉진하도록 산소 함유 플라즈마로의 노출을 수반한다.

[0061] 산소 함유 플라즈마를 형성하기 위해 사용될 수도 있는 예시적인 가스들은 산소 ( $\text{O}_2$ ), 이산화탄소 ( $\text{CO}_2$ ), 아산화질소 ( $\text{N}_2\text{O}$ ), 물 ( $\text{H}_2\text{O}$ ), 오존,  $\text{H}_2 + \text{O}_2$ , 및 이들의 조합들을 포함한다. 산소 함유 플라즈마를 생성하기 위해 사용된 가스는 또한 일부 실시예들에서 불활성 가스를 포함할 수도 있다. 산소 함유 가스는 약 100 내지 20,000 sccm, 또는 약 500 내지 5,000 sccm의 레이트로 흐를 수도 있다. 플라즈마는 프로세싱 챔버 내에서 또는 리모트 플라즈마 챔버 내에서 생성될 수도 있다.

- [0062] 많은 경우들에서, 프로세싱 챔버는 상대적으로 짧은 시간, 예를 들어 약 5 초 이하, 약 3 초 이하, 또는 약 1 초 이하 동안 산소 함유 플라즈마에 노출된다. 일부 실시예들에서, 저 재결합 재료를 재컨디셔닝하기 위한 산소 함유 플라즈마 노출의 지속 기간은 약 0.05 내지 3 초, 또는 약 0.1 내지 1 초이다.
- [0063] 플라즈마 노출의 지속 기간이 너무 짧기 때문에, 특정한 실시예들에서 반응 챔버는 기판이 여전히 반응 챔버 내에 존재하는 동안 플라즈마에 노출된다. 일 예에서, 기판은  $\text{SiO}_2$ 의 저 재결합 재료 코팅을 갖는 프로세싱 챔버 내로 로딩되고 H-라디칼 기반 증착 프로세스는 기판 상에 약 10 내지 100 Å (예를 들어, 30 Å)의 실리콘 함유 막을 증착하도록 일어난다. 이어서 증착 프로세스는 중단되고, 기판 및 챔버는 기판이 여전히 프로세싱 챔버 내에 존재하는 동안 산소 함유 플라즈마에 노출된다. 산소 함유 플라즈마가 기판 상에 증착된 막에 어떤 영향을 줄 수도 있지만, 이러한 영향은 작을 것이고 많은 경우들에서 수용가능한 것으로 예상된다. 산소 함유 플라즈마로의 노출 후에, 부가적인 10 내지 100 Å (예를 들어, 30 Å)의 실리콘 함유 막이 기판 상에 증착된다. (a) 기판 상의 증착 및 (b) 산소 함유 플라즈마로의 노출은 증착된 막이 최종 두께에 도달할 때까지 순환될 수도 있다. 이 실시예는 기판들 상에 증착되는 막이 특히 두꺼우면 (예를 들어, 최종 두께 적어도 약 60 Å, 때때로, 최종 두께 약 60 내지 1500 Å) 특히 유용하다. 일부 경우들에서, 후속하는 재컨디셔닝 플라즈마 노출들 사이에 개별 기판 상에 증착된 막 두께는 약 20 내지 70 Å, 또는 약 30 내지 50 Å이다. 후속하는 재컨디셔닝 프로세스들 사이에 증착될 최적의 막 두께는 막이 증착됨에 따라 얼마나 빨리 막 불균일성이 열화되는지에 따른다.
- [0064] 재컨디셔닝의 빈도는 상이한 구현예들에서 가변할 수도 있다. 선행된 예에서, 저 재결합 재료 코팅은 기판 당 적어도 1 회 (그리고 많은 경우들에서 적어도 2 회) 재컨디셔닝된다. 기판들 상에서 목표된 최종 막 두께가 1000 Å이고 40 Å의 막이 후속하는 재컨디셔닝 프로세스들 사이에 증착되는 또 다른 예에서, 재컨디셔닝 프로세스는 기판 당 약 25 회 수행될 것이다. 총 막 두께 및 재컨디셔닝 프로세스들 사이에 증착된 두께는 재컨디셔닝이 수행되어야 하는 회수를 결정할 것이다.
- [0065] 유사한 예에서, 저 재결합 재료 코팅은 기판 당 적어도 1 회 재컨디셔닝되지만, 기판은 산소 함유 플라즈마로의 노출 동안 반응 챔버로부터 제거된다. 일 구현예에서, 기판은 프로세싱 챔버 내로 로딩되고, 증착은 제 1 두께로 일어나고, 기판은 프로세싱 챔버로부터 제거되고, 프로세싱 챔버는 본 명세서에 기술된 바와 같이 재컨디셔닝되고, 기판은 다시 프로세싱 챔버 내로 로딩되고, 증착은 제 2 두께로 기판 상에 막을 증착하기 위해 일어난다. 이들 단계들은 기판 상의 막이 최종 두께에 도달할 때까지 반복될 수도 있다. 또 다른 구현예에서, 저 재결합 재료 코팅은 후속하는 기판들(예를 들어, 재컨디셔닝 동안 프로세싱 챔버 내에 존재하거나 부재하는 기판들을 사용하여)의 프로세싱 사이에 재컨디셔닝된다. 또 다른 구현예에서, 재컨디셔닝은 매  $n$  개의 기판들에 한번씩 일어나고,  $n$ 은 약 1 내지 50, 또는 약 1 내지 10이다.
- [0066] 재컨디셔닝을 위한 이상적인 빈도는 기판들 상에서 일어나는 프로세싱의 타입, 사용되는 화학물질, 챔버 표면들 상에 구축되는 재료의 조성, 기판 각각 상에 증착되는 막의 두께, 등을 포함하는 다양한 인자들에 따를 것이다. 저 재결합 재료 코팅을 얼마나 빈번하게 재컨디셔닝할 지 결정하기 위해, (기판 프로세싱이 기판들 상의 증착을 수반하는 실시예들에서) 기판들 상에 증착된 막 두께의 균일성을 고려할 수 있다. 상기 주지된 바와 같이, 구축된 재료는 기판의 중앙부보다 기판의 주변부들에 보다 심하게 영향을 준다. 이와 같이, 막 두께 균일성 (중앙-대-에지)이 특정한 문턱값에 도달할 때, 저 재결합 재료 코팅이 재컨디셔닝될 수도 있다.
- [0067] 기판들의 배치 종료시, 프로세싱 챔버 (및 선택가능하게 리모트 플라즈마 챔버)가 세정될 수 있다. 세정 프로세스는 일부 경우들에서 불소 함유 화학물질 (예를 들어, 불소 함유 플라즈마들, 예를 들어  $\text{NF}_3$ 계 플라즈마)의 사용을 수반할 수도 있지만, 다른 방법들이 또한 사용될 수도 있다. 세정은 저 재결합 재료를 포함하여, 관련된 표면들 상의 모든 구축된 재료의 제거를 발생시킨다. 챔버가 세정된 후, 기판들의 새로운 배치가 제공될 수도 있다. 새로운 배치가 프로세싱되기 전에, 예를 들어 도 3과 관련하여 기술된 방법을 사용하여 후래시 저 재결합 재료 코팅이 제공된다. 기판들의 새로운 배치가 프로세싱됨에 따라, 저 재결합 재료 코팅은 기술된 바와 같이 주기적으로 재컨디셔닝된다. 저 재결합 재료를 제공하고 재컨디셔닝함으로써, 라디칼 재결합도가 최소화되고, 기판에 도달하기 위해 살아 남은 라디칼들의 양은 시간에 따라 보다 균일하고, 기판들 (및 개별 기판들 내)의 배치 내에서의 균일성이 개선된다.
- [0068] 다양한 실시예들에서, 저 재결합 재료 코팅이 ALD 프로세스를 통해 형성된다. 상기 주지된 바와 같이, 저 재결합 재료를 형성하기 위해 이용가능한 다른 방법은 반응 챔버 내에서 석영 컴포넌트를 에칭하기 위해 수소 플라즈마를 사용하는 것이고, 석영 내의 실리콘 다이옥사이드는 에칭되고 다양한 챔버 표면들 상에 재증착된다. 놀랍게도, 실리콘 옥사이드 저 재결합 재료 코팅이 이러한 방식으로 처음으로 형성될 때, 산소 함유 플라즈마 노



출은 실리콘 옥사이드 재료를 성공적으로 재컨디셔닝하지 못한다는 것을 알게 되었다. 대신, 재료는 산소 함유 플라즈마로의 노출 후에도, (적어도 수소 라디칼들에 대해) 상대적으로 고 재결합 재료를 남긴다.

[0069] 산소 함유 플라즈마 재컨디셔닝 프로세스는 플라즈마 프로세싱에 사용된 반응 챔버들을 세정하기 위해 일반적으로 사용된 세정 프로세스들과 구별되어야 한다. 다양한 맥락들에서, 플라즈마 반응기들은 챔버 표면들로부터 구축된 재료들을 제거하기 위해 플라즈마 (예를 들어, 일부 경우들에서, 제거될 재료의 타입에 따라, F-계 플라즈마 또는 O-계 플라즈마) 를 사용하여 세정될 수도 있다. 일 예에서, CVD를 통해 막을 증착하기 위해 사용된 반응 챔버는 산소계 플라즈마를 사용하여 세정된다. 세정은 챔버 표면들 상에 의도치 않게 증착된 재료 (예를 들어, 기관들 상에 증착되는 막 및/또는 이러한 증착의 부산물들) 및 챔버 표면들 상에 의도적으로 증착된 재료 (예를 들어, 본 명세서의 다른 곳에서 기술된 바와 같이 상대적으로 두꺼운 언더코팅) 양자를 제거한다. 챔버가 세정된 후, 챔버 표면들은 배어이다 (예를 들어, 일부 경우들에서 알루미늄). 반대로, 산소계 플라즈마 재컨디셔닝 프로세스는 실리콘 옥사이드에 노출된 막 (또는 또 다른 저 재결합 재료) 을 변환하도록 챔버 표면들 상의 막에만 영향을 준다. 챔버 표면들을 덮는 막은 개질되고, 제거되지 않는다.

[0070] 기관들 상에서의 프로세싱

[0071] 본 명세서의 실시예들은 임의의 특정한 타입의 프로세싱이 기관들 상에서 일어나는 경우들로 한정되지 않는다. 일부 경우들에서, 기관들 상에서 일어나는 프로세싱은 증착 프로세스일 수도 있다. 다른 경우들에서, 기관들 상에서 일어나는 프로세싱은, 예를 들어 에칭 프로세스, 또는 처리 프로세스일 수도 있다. 일반적으로, 개시된 실시예들은 프로세싱이 라디칼들에 의해 일어나는 것이 목표되는 임의의 경우에 유용하다.

[0072] 본 명세서에서 논의된 다양한 구현예들은 리모트 수소 플라즈마를 사용하여 기관들 상에 실리콘 함유 막 (예를 들어, 실리콘 카바이드, 실리콘 니트로카바이드, 또는 실리콘 옥시카바이드) 을 증착하는 것을 수반하는 반도체 프로세싱 방법의 맥락에서 제공된다. 이 특정한 구현예의 특정한 상세들은 이러한 맥락으로 제공되지만, 실시예들은 이 타입의 프로세싱으로 한정되지 않는다는 것이 이해된다.

[0073] 일부 실시예들에서, 기관들 상에 실리콘 함유 막을 증착하기 위한 프로세스는 수소 라디칼 기반 증착 프로세스이다. 이러한 프로세스들은 전체가 본 명세서에 참조로서 인용되는, 2015년 2월 6일 출원된, 명칭이 "CONFORMAL FILM DEPOSITION OF SILICON CARBIDE FILMS"인 미국 특허 출원 제 14,616,435 호; 2013년 5월 31일 출원된, 명칭이 "METHOD TO OBTAIN SIC CLASS OF FILMS OF DESIRED COMPOSITION AND FILM PROPERTIES"인 미국 특허 출원 제 13,907,699 호에 더 논의된다.

[0074] 도 1 및 도 2의 맥락에서, 프로세스는 예를 들어 유입부 (108) 를 통한 프로세싱 챔버 (102) 로의 하나 이상의 전구체(들)의 전달을 수반한다. 전구체는 활성 플라즈마에 바로 노출되지 않는다. 대신, 수소 플라즈마는 리모트 플라즈마 소스 (110) 에서 생성되고, 리모트 H 플라즈마는 샤워헤드 (111) 내 홀들 (112) 을 통해 프로세싱 챔버 (102) 내로 확산된다. 전구체(들)는 실리콘 함유 전구체들일 수도 있다. 실리콘 함유 전구체는 하나 이상의 실리콘-수소 결합들 및/또는 실리콘-실리콘 결합들을 가질 수도 있다. 실리콘-함유 전구체는 또한 하나 이상의 실리콘-산소 결합들, 실리콘-질소 결합들, 및/또는 실리콘-탄소 결합들을 가질 수도 있다. 전구체(들) 및 수소 플라즈마는 실리콘 함유 막을 형성하기 위해 동시에 프로세싱 챔버 (102) 내로 흐르고/에 노출된다. 이들 증착 프로세스들에서, 반응 챔버 내 압력은 약 0.2 내지 40 Torr (일부 경우들에서 약 0.2 내지 8 Torr, 또는 약 10 내지 20 Torr) 로 유지될 수도 있고, 기관 온도는 약 50 내지 500 °C (일부 경우들에서 약 200 내지 400 °C) 로 유지될 수도 있다.

[0075] 임의의 타입의 플라즈마 소스가 라디칼 종을 생성하기 위해 리모트 플라즈마소스 내에서 사용될 수도 있다. 이는, 이로 제한되는 것은 아니지만, 용량 커플링 플라즈마들, 유도 커플링 플라즈마들, 마이크로파 플라즈마들, DC 플라즈마들 및 레이저-생성 플라즈마들을 포함한다. 용량 커플링 플라즈마의 예는 무선 주파수 (RF) 플라즈마일 수 있다. 고주파수 플라즈마는 13.56 MHz 이상에서 동작하도록 구성될 수 있다. 이러한 리모트 플라즈마 소스의 예는 California, San Jose 소재의 Novellus Systems에 의해 제작된 GAMMA®일 수 있다. 이러한 RF 리모트 플라즈마 소스의 또 다른 예는 Massachusetts, Wilmington 소재의 MKS Instruments에 의해 제작되고, 440 kHz에서 동작할 수 있고 하나 이상의 기관들을 동시에 프로세싱하기 위해 보다 큰 장치 상에 장착된 서브유닛으로서 제공될 수 있는, Astron®일 수 있다. 일부 실시예들에서, 마이크로파 플라즈마는 또한 MKS Instruments에 의해 제작된 Astex®와 같은 리모트 플라즈마 소스로서 사용될 수 있다. 마이크로파 플라즈마는 2.45 GHz의 주파수로 동작하도록 구성될 수 있다. 이들 플라즈마 소스들은 또한 상기 기술된 바와 같이 저 재결합 재료를 형성하고/하거나 재컨디셔닝하도록 사용될 수도 있다.

[0076] 장치

[0077] 본 명세서에 기술된 방법들은 임의의 적합한 장치에 의해 수행될 수도 있다. 적합한 장치는 프로세스 동작들을 성취하기 위한 하드웨어 및 본 발명에 따른 프로세스 동작들을 제어하기 위한 인스트럭션들을 갖는 시스템 제어기를 포함한다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 하드웨어는 프로세스 툴 내에 포함된 하나 이상의 프로세스 스테이션들을 포함할 수도 있다. 일 예시적인 장치는 도 1 및 도 2에 제공되었다. 그러나, 실시예들은 이 장치로 한정되지 않는다. 개시된 기법들은 라디칼 기반 프로세싱이 일어나는 모든 맥락에서 유용한 것으로 예상된다. 많은 경우들에서 (그러나 모든 경우일 필요는 없는), 리모트 플라즈마가 수반될 것이다. 특정한 구현예들에서, 실시예들은 CA, Fremont 소재의 Lam Research Corporation으로부터 입수가능한 Versa-S 장치에서 실시될 수도 있다.

[0078] 시스템 제어기

[0079] 일부 구현예들에서, 제어기는 상술한 예들의 일부일 수도 있는 시스템의 일부이다. 이러한 시스템들은, 프로세싱 툴 또는 툴들, 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. 이러한 시스템들은 반도체 웨이퍼 또는 기판의 프로세싱 이전에, 프로세싱 동안에 그리고 프로세싱 이후에 그들의 동작을 제어하기 위한 전자장치에 통합될 수도 있다. 전자장치는 시스템 또는 시스템들의 다양한 컴포넌트들 또는 하위부품들을 제어할 수도 있는 "제어기"로서 지칭될 수도 있다. 제어기는, 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, 툴 및 다른 전달 툴들 및/또는 특정 시스템과 연결되거나 인터페이스된 로드록들 내외로의 웨이퍼 이송들을 포함하는, 본 명세서에 개시된 프로세스들 중 임의의 프로세스를 제어하도록 프로그램될 수도 있다.

[0080] 일반적으로 말하면, 제어기는 인스트럭션들을 수신하고 인스트럭션들을 발행하고, 동작을 제어하고 세정 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 제어기로 또는 시스템으로 전달되는 인스트럭션들일 수도 있다. 일부 실시예들에서, 동작 파라미터들은 하나 이상의 층들, 재료들, 금속들, 옥사이드들, 실리콘, 실리콘 다이옥사이드, 표면들, 회로들, 및/또는 웨이퍼의 다이들의 제조 동안에 하나 이상의 프로세싱 단계들을 달성하도록 프로세스 엔지니어에 의해서 규정된 레시피의 일부일 수도 있다.

[0081] 제어기는, 일부 구현예들에서, 시스템에 통합되거나, 시스템에 커플링되거나, 이와 달리 시스템에 네트워킹되거나, 또는 이들의 조합으로 될 수 있는 컴퓨터에 커플링되거나 이의 일부일 수도 있다. 예를 들어, 제어기는 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, 제어기는 하나 이상의 동작들 동안에 수행될 프로세스 단계들 각각에 대한 파라미터들을 특정한, 데이터의 형태의 인스트럭션들을 수신한다. 이 파라미터들은 제어기가 제어하거나 인터페이스하도록 구성된 툴의 타입 및 수행될 프로세스의 타입에 특정적일 수도 있다는 것이 이해되어야 한다. 따라서, 상술한 바와 같이, 제어기는 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 목적들을 위한 분산형 제어기의 예는 챔버 상의 프로세스를 제어하도록 조합되는, (예를 들어, 플랫폼 레벨에서 또는 원격 컴퓨터의 일부로서) 원격으로 위치한 하나 이

상의 집적 회로들과 통신하는 챔버 상의 하나 이상의 집적 회로들일 수 있다.

- [0082] 비한정적으로, 예시적인 시스템들은 플라즈마 에칭 챔버 또는 모듈, 증착 챔버 또는 모듈, 스핀-윈스 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.
- [0083] 상술한 바와 같이, 툴에 의해서 수행될 프로세스 단계 또는 단계들에 따라서, 제어기는, 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.
- [0084] 개시된 실시예들의 맥락에서, 제어기는 프로세스 기관들이 노출되는 프로세스들에 따라 기관들을 프로세싱하도록 설계되거나 구성되는 것에 부가하여, 저 재결합 재료 코팅을 형성하고 재컨디셔닝하도록 설계되거나 구성될 수도 있다. 제어기는 본 명세서에 기술된 임의의 프로세스들/방법들을 수행하기 위한 인스트럭션들을 가질 수도 있다.
- [0085] 상기 기술된 다양한 하드웨어 및 방법 실시예들은, 예를 들어, 반도체 디바이스들, 디스플레이들, LED들, 광전 패널들 등의 제조 또는 제작을 위해, 리소그래픽 패터닝 툴들 또는 프로세스들과 함께 사용될 수도 있다. 통상적으로, 반드시 그런 것은 아니지만, 이러한 툴들/프로세스들은 공통 제조 설비 내에서 함께 이용되거나 수행될 것이다.
- [0086] 막의 리소그래픽 패터닝은 단계들 각각이 다수의 가능한 툴들을 사용하여 인에이블되는, 이하의 단계들: (1) 스핀-온 (spin-on) 툴 또는 스프레이-온 (spray-on) 툴을 사용하여 위크피스, 예를 들어, 그 위에 실리콘 나이트라이드 막을 갖는 기관 상에 포토레지스트를 도포하는 단계; (2) 핫 플레이트 또는 노 또는 다른 적합한 경화 툴을 사용하여 포토레지스트를 경화하는 단계; (3) 웨이퍼 스텝퍼와 같은 툴을 사용하여 가시광선 또는 UV 또는 x-선 광에 포토레지스트를 노출시키는 단계; (4) 습식 벤치 또는 스프레이 현상기와 같은 툴을 사용하여 레지스트를 선택적으로 제거하여 레지스트를 패터닝하도록 레지스트를 현상하는 단계; (5) 건식 또는 플라즈마 보조 에칭 툴을 사용함으로써 그 아래에 놓인 막 또는 위크피스 내로 레지스트 패터를 전사하는 단계; 및 (6) RF 또는 마이크로파 플라즈마 레지스트 스트립퍼와 같은 툴을 사용하여 레지스트를 제거하는 단계의 일부 또는 전부를 포함한다. 일부 실시예들에서, 예시가능 하드마스크층 (예컨대 비정질 탄소층) 및 또 다른 적합한 하드마스크 (예컨대 반사방지층) 가 포토레지스트를 도포하기 전에 증착될 수도 있다.
- [0087] 본 명세서에 기술된 구성들 및/또는 접근 방법들은 본질적으로 예시적이고, 이들 구체적인 실시예들 또는 예들은 다양한 변형들이 가능하기 때문에 제한하는 방식으로 고려되지 않는다는 것이 이해된다. 본 명세서에 기술된 구체적인 루틴들 또는 방법들은 하나 이상의 임의의 수의 프로세싱 전략들을 나타낼 수도 있다. 이와 같이, 예시된 다양한 동작들은 예시된 순서로, 다른 순서로, 병행하여, 수행될 수도 있고, 또는 일부 경우들에서 생략될 수도 있다. 유사하게, 상기 기술된 프로세스들의 순서는 변경될 수도 있다.
- [0088] 본 개시의 주제는 본 명세서에 개시된 다양한 프로세스들, 시스템들 및 구성들, 및 다른 특징들, 기능들, 동작들, 및/또는 특성들의 모든 신규하고 명백하지 않은 조합들, 및 하위조합들, 뿐만 아니라 임의의 모든 이들의 등가물들을 포함한다.
- [0089] **실험**
- [0090] 실험 결과들은 개시된 저 재결합 재료 코팅이 기관 상에서의 프로세싱을 위해 이용가능한 라디칼들의 양을 최대화하고 라디칼 재결합도를 최소화하도록 사용될 수 있다는 것을 나타낸다. 실험 결과들은 또한 개시된 재컨디셔닝 프로세스가 보다 낮은 라디칼 재결합도를 촉진하는 재료로 챔버 표면들 상에 구축된 재료를 효과적으로 변환하도록 사용될 수 있다는 것을 또한 나타낸다.
- [0091] 도 4a 및 도 4b는 ALD-증착된  $\text{SiO}_2$ 를 사용하여 처음으로 코팅되고  $\text{SiO}_2$  코팅의 최초 형성 후에 챔버 표면들 상에 구축된 재료를 어느 정도 갖는 챔버 내에서 프로세싱된 기관들 상에 증착된 실리콘 함유 막들의 두께 프로파일들을 예시한다. 도 4a는 프로세싱 챔버가 산소 플라즈마를 사용하여 재컨디셔닝되기 전에 증착된 실리콘 함유 막의 두께 프로파일을 도시하고, 도 4b는 프로세싱 챔버가 산소 플라즈마를 사용하여 재컨디셔닝된 후 증착된

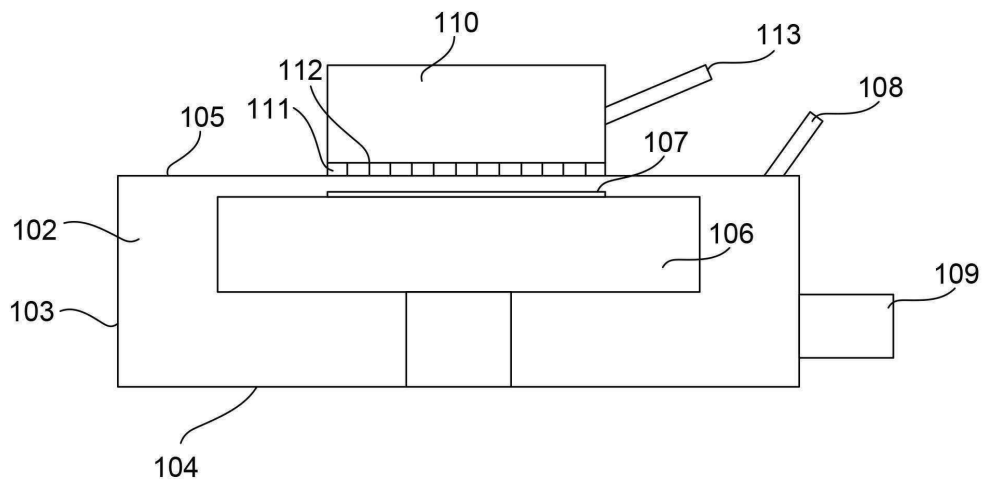
실리콘 함유 막의 두께 프로파일을 도시한다. 도 4a의 프로파일은 상당한 중앙-대-에지 두께 불균일성을 나타낸다. 이 경우 관찰된 두께들의 범위는 막의 가장 얇은 부분과 가장 두꺼운 부분 사이에서 약 9 Å이고, 이는 약 32 %의 평균 막 두께를 나타낸다. 1-시그마 두께 불균일성은 약 12.5 %로 계산되었다. 비교하면, 도 4b의 기판은 겨우 약 5 Å의 범위, 또는 약 14 %의 평균 막 두께를 갖는 훨씬 보다 균일한 두께 프로파일을 나타낸다. 이 경우에서 1-시그마 두께 불균일성은 겨우 약 4.1 %이고, 이는 챔버가 재컨디셔닝되기 전에 프로세싱된 기판에 대해 도 4a의 불균일성보다 훨씬 보다 낮다.

[0092]

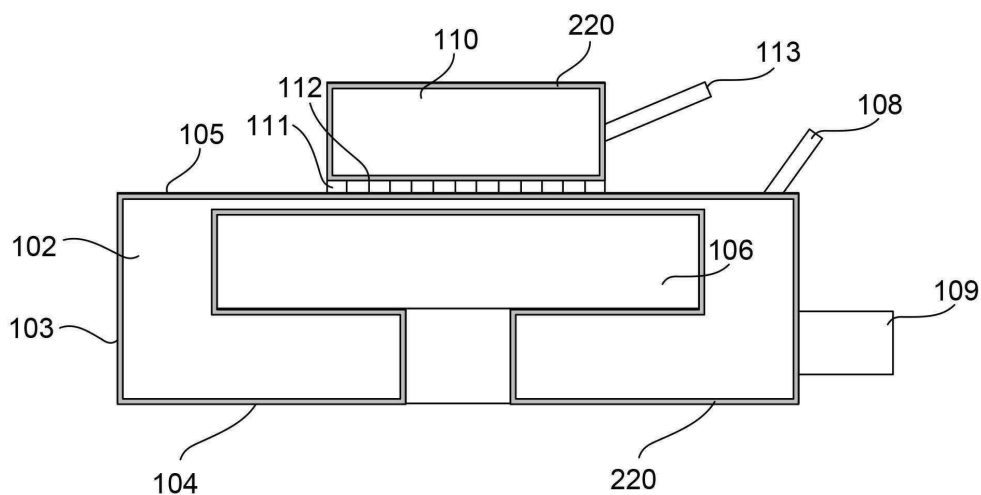
도 4a의 프로파일은 증착된 막이 기판의 에지들 둘레에서 얇다는 것을 나타낸다. 이 에지에서 얇은 프로파일은 챔버 표면들 상에 구축되는 재료가 기판의 에지에 인접하기 때문에 이 영역에서 효율적으로 인출되는 라디칼들로 인해 예상된다. 반대로, 도 4b의 프로파일은 중간-반경 위치에서 가장 두껍고, 전체적으로 보다 균일하다. 이들 결과들은 재컨디셔닝 프로세스가 매우 효과적이라는 것을 암시한다.

## 도면

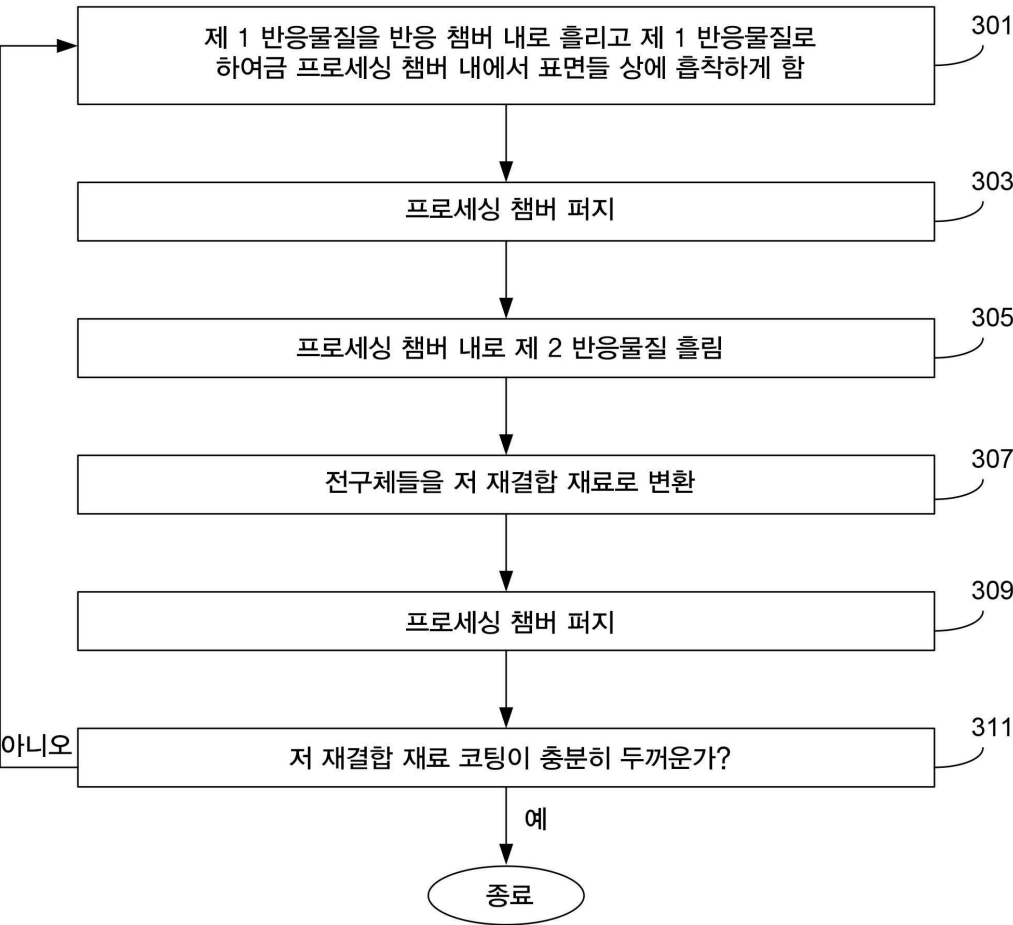
### 도면1



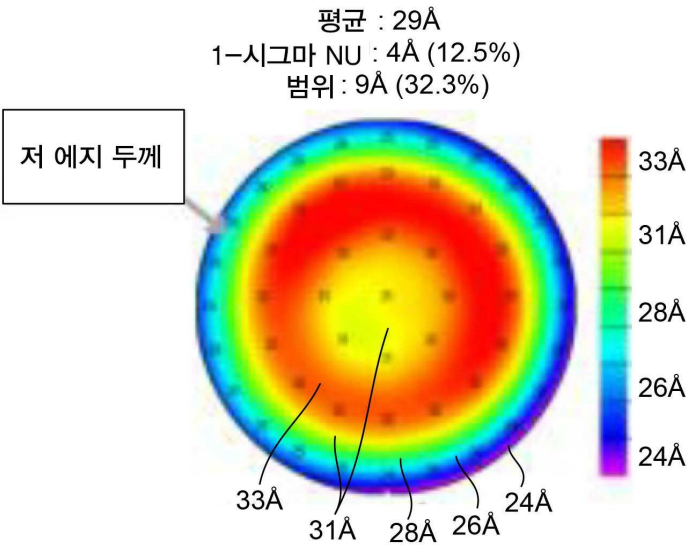
### 도면2



도면3



도면4a



도면4b

