



등록특허 10-2185805



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년12월02일  
(11) 등록번호 10-2185805  
(24) 등록일자 2020년11월26일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*H01J 37/32* (2006.01) *C23C 16/44* (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
*H01J 37/32862* (2013.01)  
*C23C 16/4405* (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2017-0063644  
(22) 출원일자 2017년05월23일  
심사청구일자 2020년05월21일  
(65) 공개번호 10-2017-0132685  
(43) 공개일자 2017년12월04일  
(30) 우선권주장  
1609119.1 2016년05월24일 영국(GB)  
(56) 선행기술조사문현  
KR1020100069392 A  
(뒷면에 계속)

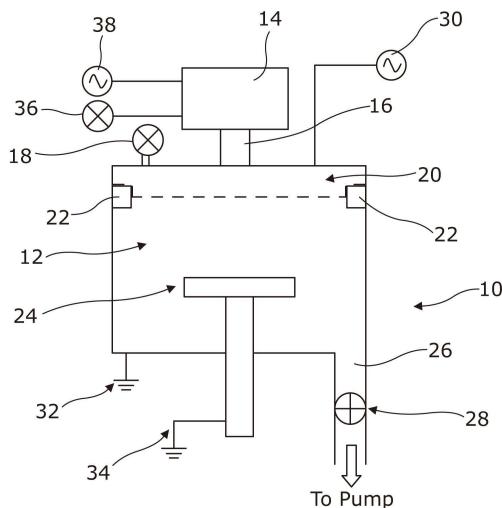
- (73) 특허권자  
에스피티에스 테크놀러지스 리미티드  
영국, 엔피18 2티에이 뉴포트, 코에드 랜던 링랜  
드 웨이  
(72) 발명자  
캐서린 크록  
영국 지엘12 8엘엔, 워튼-언터-에지, 차필드, 리  
틀 브리스톨 레인 10  
마크 캐루터스  
영국 엔피10 8티비, 뉴포트 그웬트, 웨트루그, 비  
치 그로브 에스티 브라이즈 24  
앤드류 프라이스  
영국 엔피23 5유비, 그웬트, 이뷰 베일, 앰런 애  
비뉴 196  
(74) 대리인  
김태홍, 김진희

전체 청구항 수 : 총 21 항

심사관 : 정우열

(54) 발명의 명칭 **플라즈마 처리 장치를 클리닝하는 방법****(57) 요약**

본 발명에 따르면 라디칼들로 플라즈마 처리 장치의 챔버를 클리닝하는 방법이 제공되는데, 상기 방법은 챔버로부터 분리된 원격 플라즈마 소스 내에 라디칼들 및 이온들을 포함하는 플라즈마를 생성하는 단계; 상기 원격 플라즈마 소스로부터 라디칼들이 상기 챔버 내로 유입되는 것을 허용하면서 상기 원격 플라즈마 소스 내에 생성된 이온들의 대부분이 상기 챔버로 유입되는 것을 방지하는 것에 의해 상기 챔버를 클리닝하는 단계; 클리닝동안 상기 챔버의 요소 상에 형성된 DC 바이어스를 검출하는 단계; 및 클리닝의 종결점을 결정하기 위해 그리고, 상기 종결점의 결정에 따라, 클리닝을 중단하기 위해, 검출된 DC 바이어스를 이용하는 단계를 포함한다.

**대 표 도 - 도1**

(56) 선행기술조사문현  
KR100710923 B1  
KR1020040111056 A  
KR101429291 B1  
US20140053867 A1  
KR100242938 B1  
JP2003530706 A

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

플라즈마 처리 장치의 챔버를 클리닝하는 방법으로서,

챔버로부터 분리된 원격 플라즈마 소스 내에, 라디칼들 및 이온들을 포함하는 플라즈마를 생성하는 단계;

상기 원격 플라즈마 소스로부터 라디칼들이 상기 챔버로 유입되는 것을 허용하는 반면 상기 챔버 내 어디에도 대전된 입자들이 생성되지 않고 상기 원격 플라즈마 소스 내에 생성된 이온들의 과반수가 상기 챔버로 유입되는 것을 억제하는 것에 의해 상기 원격 플라즈마 소스 내에 생성된 라디칼들로 상기 챔버를 클리닝하는 단계;

상기 클리닝동안 상기 챔버의 요소 상에 전개된(developed) DC 바이어스를 검출하는 단계; 및

클리닝의 종결점을 결정하기 위해 그리고, 상기 종결점의 결정에 따라, 클리닝을 중단하기 위해, 검출된 DC 바이어스를 이용하는 단계를 포함하는, 방법.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 요소는 가스 유입 시스템의 요소인, 방법.

#### 청구항 3

제2항에 있어서,

상기 요소는 상기 원격 플라즈마 소스 내에 생성된 라디칼들을 위한 도관으로 작용하는, 방법.

#### 청구항 4

제3항에 있어서,

상기 요소는 샤워헤드인, 방법.

#### 청구항 5

제1항에 있어서,

상기 요소는 상기 챔버 내에 배치된 기판 지지대, 챔버 벽의 전기적으로 절연된 부분, 또는 펌핑 갤러리인, 방법.

#### 청구항 6

제1항에 있어서,

상기 플라즈마 처리 장치는 PECVD 장치인, 방법.

#### 청구항 7

제1항에 있어서,

상기 종결점은 DC 바이어스가 정상-상태에 도달한 것을 검출하는 것에 의해 결정되는, 방법.

#### 청구항 8

제1항에 있어서,

상기 클리닝은 F 라디칼들을 이용하여 수행되는, 방법.

### 청구항 9

제8항에 있어서,

상기 원격 플라즈마 소스 내에 생성되는 플라즈마는 전구체로서  $NF_3$ 를 이용하는, 방법.

### 청구항 10

제1항에 있어서,

상기 챔버 내에서 하나 이상의 유전체 막이 증착된 후에 상기 챔버가 클리닝되는, 방법.

### 청구항 11

제10항에 있어서,

적어도 상기 하나 이상의 유전체 막 각각은 실리콘 함유 유전체 물질의 막인, 방법.

### 청구항 12

제11항에 있어서,

상기 실리콘 함유 유전체 물질은 이산화실리콘 또는 질화실리콘인, 방법.

### 청구항 13

제1항에 있어서,

상기 챔버의 클리닝 및 상기 DC 바이어스의 검출은 상기 원격 플라즈마 소스가 상기 챔버에 관하여 전기적으로 풀로팅하는 동안 수행되는, 방법.

### 청구항 14

플라즈마 처리 장치를 클리닝하는 방법으로서,

상기 장치에 의해 플라즈마 처리가 수행되는 처리 공간(process space) 및 상기 처리 공간으로부터 상기 처리 공간으로부터의 가스를 배출하기 위한 펌프로 이어지는 도관을 확정하는(delimiting) 메인 바디(main body)를 갖는 공정 챔버(process chamber)를 포함하는 상기 장치의 처리 섹션(process section)으로부터 분리된 원격 플라즈마 소스 내에 라디칼들 및 이온들을 포함하는 플라즈마를 생성하는 단계;

상기 원격 플라즈마 소스로부터 라디칼들이 상기 공정 챔버로 유입되는 것을 허용하는 반면 상기 공정 챔버 내 어디에도 대전된 입자들이 생성되지 않고 상기 원격 플라즈마 소스 내에 생성된 이온들의 과반수가 상기 공정 챔버로 유입되는 것을 억제하는 것에 의해 상기 원격 플라즈마 소스 내에 생성된 라디칼들로 상기 공정 챔버를 클리닝하는 단계;

상기 클리닝동안 상기 처리 섹션의 요소 상에 전개된 DC 바이어스를 검출하는 단계; 및

상기 클리닝의 종결점을 결정하기 위해 그리고, 상기 종결점의 결정에 따라, 상기 클리닝을 중단하기 위해, 검출된 DC 바이어스를 이용하는 단계를 포함하는, 방법.

### 청구항 15

제14항에 있어서,

상기 요소는 상기 공정 챔버의 메인 바디에 연결된 가스 유입 시스템의 요소인, 방법.

### 청구항 16

제14항에 있어서,

상기 요소는 상기 공정 챔버의 메인 바디에 배치된 기판 지지대, 상기 공정 챔버의 메인 바디의 벽의 전기적으로 절연된 부분, 또는 상기 도관을 구성하는 펌핑 갤러리인, 방법.

**청구항 17**

플라즈마 처리 장치의 공정 챔버를 클리닝하는 방법으로서,

상기 공정 챔버로부터 분리된 원격 플라즈마 소스 내에 라디칼들 및 이온들을 포함하는 플라즈마를 생성하는 단계;

상기 원격 플라즈마 소스로부터 라디칼들이 상기 공정 챔버로 유입되는 것을 허용하는 반면 상기 원격 플라즈마 소스 내에 생성된 이온들의 과반수가 상기 공정 챔버로 유입되는 것을 억제하는 것에 의해 상기 원격 플라즈마 소스 내에 생성된 라디칼들로 상기 공정 챔버를 클리닝하는 단계;

상기 클리닝동안 상기 플라즈마 처리 장치의 요소 상에 전개된 DC 바이어스를 검출하는 단계; 및

상기 클리닝의 종결점을 결정하기 위해 그리고, 상기 종결점의 결정에 따라, 상기 클리닝을 중단하기 위해, 검출된 DC 바이어스를 이용하는 단계를 포함하고,

상기 플라즈마는 상기 원격 플라즈마 소스로 소스 가스를 도입하고 상기 소스 가스를 여기시킴으로써 생성되고,

상기 공정 챔버의 클리닝 및 상기 DC 바이어스의 검출은, 상기 원격 플라즈마 소스를 제외하고, 상기 플라즈마 처리 장치 내의 다른 어느 곳에서도 플라즈마를 생성하기 위해 가스를 여기시키지 않고서 수행되는, 방법.

**청구항 18**

제17항에 있어서,

상기 요소는 가스 유입 시스템의 요소인, 방법.

**청구항 19**

제18항에 있어서,

상기 요소는 상기 원격 플라즈마 소스 내에 생성된 라디칼들을 위한 도관으로 작용하는, 방법.

**청구항 20**

제19항에 있어서,

상기 요소는 샤워헤드인, 방법.

**청구항 21**

제17항에 있어서,

상기 요소는 기판 지지대, 상기 공정 챔버 벽의 전기적으로 절연된 부분, 또는 펌핑 갤러리인, 방법.

**발명의 설명****기술 분야**

[0001] 본 발명은 클리닝을 수행하기 위해 사용되는 라디칼들을 생성하기 위한 원격 플라즈마 소스를 갖는 타입의 플라즈마 처리 장치를 클리닝하는 방법에 관한 것이다. 또한 본 발명은 관련된 플라즈마 처리 장치들에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 반도체 제품의 제조에 있어, 절연 및 패시베이션 목적들을 위해 유전체 물질의 PECVD(plasma enhanced chemical vapour deposition) 증착이 요구된다. 이 공정들은 프론트-엔드 디바이스(front-end device)로부터 백-엔드(back-end) TSV(Through Silicon Via), 비아 노출 및 인터포저(interposer) 제조 범위까지의 어플리케이션들에 사용된다. 오염 입자들의 생성 및 축적을 방지하기 위해 웨이퍼 처리 공정들 사이에 PECVD 공정 챔버의 정규 클리닝이 요구된다. 이러한 오염 입자들은 증착된 유전체 막들의 성능 및 신뢰성에 영향을 미치고, 낮은 웨이퍼 수율 및 이른 소자 고장을 가져온다. 클리닝을 위해 일반적으로 2가지 기술들이 사용된다. 이 기술들은 직접 플라즈마 클리닝 및 원격 플라즈마 소스(Remote Plasma Source; RPS) 클리닝이다.

- [0003] 직접 플라즈마 클리닝은 클리닝 목적을 위해 공정 챔버 자체에서 플라즈마의 생성을 수반한다. 이산화실리콘 및 질화실리콘과 같은 실리콘계 유전체 막들의 직접 플라즈마 클리닝은 일반적으로, 클리닝 공정을 중단하는 때를 결정하기 위한 광학적 종결점(end-point) 신호의 검출을 수반한다. 이는 이온화된 불소로부터의 이미션(emission)과 같은 적절한 이미션을 검출함으로써 챔버 내의 플라즈마 강도를 모니터링하는 것에 의해 달성된다. US 7354778는 직접 플라즈마 클리닝 공정에서 종결점 검출을 개시하는데, 플라즈마 생성기의 DC 바이어스 전압이 모니터링된다. 플라즈마 생성기가 직접 플라즈마 클리닝 장치의 일부이기 때문에, 클리닝은 챔버 자체에서 생성된 이온화된 공정 가스들을 이용하여 수행된다. 따라서, 챔버 내에서 DC 바이어스 전압을 가져올 것이라 예상되는 대전된 입자들의 농도가 상대적으로 높다.
- [0004] RPS 클리닝 시스템은 PECVD 챔버 내부에서 플라즈마를 생성하지 않으며, 따라서, 챔버 내에 광학적 출력력을 생성하기 위한 어떠한 플라즈마도 없음에 따라, 챈버 내에서 광학적 종결점 신호를 검출하는 것이 불가능하다. 게다가, PECVD 공정 챔버 내에 대전된 입자들의 직접 소스가 없고, 이는 US 7354778에서 검출되는 타입의 DC 바이어스 신호를 생성하는 것이 가능한 대전된 입자들의 농도를 크게 감소시키는 것으로 예상될 것이다.
- [0005] 한편, 많은 RPS 클리닝 방법론과 관련된 장점은 라디칼 종들을 이용하여 클리닝이 1차적으로 수행된다는 것이다. 클리닝이 이루어지는 PECVD 챔버로부터 원격 플라즈마 소스의 분리는 클리닝 플라즈마에 의해 생성된 대전된 종들이 대부분이 PECVD 챔버에 유입되는 것이 억제된다. PECVD 챔버에서 이온 충돌의 결과적인 감소는 챔버 요소들에 대한 더 적은 마모를 가져오는 장점을 갖는다. 이는 유지 목적을 위한 챔버 인터벤션(chamber intervention)의 빈도를 낮추는 결과적인 장점을 갖는다.
- [0006] US 6079426, US 6543459 및 US2006/0090773은 RPS 장치들에 대한 클리닝 종결점들의 검출을 개시한다. US 6079426 및 US2006/0090773은 챔버 압력을 모니터링함으로써 클리닝 종결점의 검출을 개시한다. US 6543459는 커페시턴스 변화가 모니터링되는 원격 마이크로웨이브 플라즈마 클리닝 시스템에 대한 클리닝 종결점을 검출하는 방법을 개시한다. 또 다른 종결점 검출 기술들은 클리닝 종결점의 적외선 검출을 이용한다. 측정은 공정 챔버 하류의 진공 배기 라인에서 수행된다. 이 기술은 미국, 메사추세츠주 01844, 메두엔 소재의 MKS 인스트루먼트 주식회사에 의해 프로세스 센스 (RTM) 종결점 센서로서 상업화되어 있다.
- ### 발명의 내용
- [0007] 본 발명은, 실시예들 중 적어도 일부에 있어서, 광학적 또는 적외선 검출기들과 같은 전문적인, 추가의 검출기들의 사용을 요구하지 않는 RPS 클리닝 장치에서 클리닝 종결점을 검출하는 향상된 방법을 제공한다. 본 발명이 PECVD 장치들의 클리닝에 특히 적합함에도 불구하고, 본 발명은 다른 처리 장치들의 클리닝에도 사용될 수 있다.
- [0008] 본 발명의 제1 양태에 따르면, 라디칼들로 플라즈마 처리 장치의 챔버를 클리닝하는 방법이 제공되는데, 상기 방법은:
- [0009] 챔버로부터 분리된 원격 플라즈마 소스 내에 플라즈마를 생성하되, 상기 플라즈마가 라디칼들 및 이온들을 포함하는 단계;
- [0010] 라디칼들이 원격 플라즈마 소스로부터 챔버로 유입되는 것을 허용하는 반면 원격 플라즈마 소스 내에서 생성된 이온들의 대부분이 챔버로 유입되는 것을 억제함으로써 챔버를 클리닝하는 단계;
- [0011] 클리닝동안 상기 챔버의 요소 상에 전개된 DC 바이어스를 검출하는 단계; 및
- [0012] 클리닝의 종결점을 결정하고, 상기 종결점의 결정에 따라, 클리닝을 중단하기 위해, 검출된 DC 바이어스를 이용하는 단계를 포함한다.
- [0013] 의심을 피하기 위해, 용어 '라디칼들'은 하나 이상의 홀전자를 갖는 대전되지 않은 반응 종들을 나타내는 것으로 의도된다. 라디칼들은 원자로 또는 분자로 될 수 있다.
- [0014] 매우 놀랍게도, 클리닝 공정동안 공정 챔버 내에 대전된 입자들이 생성되지 않음에도 불구하고, 측정가능하고 유용한 DC 바이어스 신호가 공정 챔버의 요소 상에 전개될 수 있다는 것이 밝혀졌다. 클리닝동안 원격 플라즈마 소스 내에서 이온들 및 전자들이 생성된다. 그러나, 이러한 종들은 수명이 짧고 그들 대부분이 공정 챔버에 도달하지 않는다. 사실, 원격 플라즈마 소스에서 생성된 실질적으로 모든(95% 또는 그 이상) 전자들 및 이온들이 공정 챔버에 도달하지 않는다는 것이 예상된다. 따라서, 측정가능하고 유용한 DC 바이어스 신호가 공정 챔버의 요소 상에 전개될 수 있다는 것은 매우 놀랍다. 상기 DC 바이어스 신호는 측정하기 쉬우며 광학적 또는 적외선

검출기들과 같은 전문적인, 추가의 검출기들의 사용을 요구하지 않는다. 추가의 장점은 클리닝이 이루어지는 공정 챔버 내에서 검출이 직접적으로 이루어진다는 것이다.

[0015] 상기 요소는 가스 유입 시스템의 요소가 될 수 있다. 상기 요소는 원격 플라즈마 소스에서 생성된 라디칼들을 위한 도판으로 작용할 수 있다. 일 실시예에서, 상기 요소는 샤퍼헤드이다. 능숙한 기술자들에게 잘 알려진 바와 같이, 샤퍼헤드는 복수의 개구 또는 다른 어퍼처들을 갖는 가스 공급 요소이다. 상기 개구들 또는 다른 어퍼처들은 가스가 공정 챔버(12) 내로 고르게 도입되는 것을 허용한다. 전형적으로, 샤퍼헤드는 가스 유입구를 갖는 제1 플레이트 및 상기 개구들 또는 다른 어퍼처들을 지지하는 제2 플레이트를 포함한다. 상기 제1 및 제2 플레이트들은 캐비티를 정의하도록 이격되어 있다.

[0016] 대안적으로, 상기 요소는 기판 지지대가 될 수 있다. 상기 기판 지지대는 플래턴이 될 수 있다. 또한, 대안적으로, 상기 요소는 챔버 벽의 전기적으로 절연된 부분, 또는 펌핑 갤러리(pumping gallery)가 될 수 있다. 상기 펌핑 갤러리는 가스들을 배출하기 위한 도판이 될 수 있고 이는 챔버의 하나 이상의 벽들에 의해 정의된다.

[0017] 전형적으로, 상기 요소는 금속과 같은 전기적으로 전도성인 물질로 형성된다. 상기 금속은 알루미늄이 될 수 있다.

[0018] 상기 플라즈마 처리 장치는 PECVD 장치가 될 수 있다.

[0019] 상기 종결점은 DC 바이어스가 정상-상태(steady-state)에 이를 것을 검출함으로써 결정될 수 있다.

[0020] 상기 클리닝은 F 라디칼들을 이용하여 수행될 수 있다. 상기 원격 플라즈마 소스 내에서 생성되는 플라즈마는 전구체로서 NF<sub>3</sub>를 이용할 수 있다.

[0021] 상기 챔버 내에서 하나 이상의 유전체 막이 증착된 이후에, 상기 챔버가 클리닝될 수 있다. 상기 유전체 막들은 실리콘 함유 유전체 물질의 막들이 될 수 있다. 상기 실리콘 함유 유전체 물질은 이산화실리콘 또는 질화실리콘 이 될 수 있다.

[0022] 상기 클리닝은 반도체 기판의 플라즈마 처리 후에 수행될 수 있다. 상기 반도체 기판은 실리콘 기판이 될 수 있다. 상기 반도체 기판은 실리콘 웨이퍼와 같은 반도체 웨이퍼가 될 수 있다.

[0023] 상기 클리닝은 절연 또는 패시베이션 플라즈마 처리 단계 후에 수행될 수 있다.

[0024] 상기 클리닝은 TSV, 비아 노출 또는 인터포저 제조 플라즈마 처리 단계 후에 수행될 수 있다.

[0025] 본 발명의 제2 양태에 따르면, 플라즈마 처리 장치가 제공되는데, 상기 장치는:

[0026] 챔버;

[0027] 사용시 라디칼들 및 이온들을 포함하는 플라즈마를 생성하도록 구성되는 원격 플라즈마 소스;

[0028] 상기 원격 플라즈마 소스를 상기 챔버로부터 분리하고, 상기 챔버가 라디칼들에 의해 클리닝을 받을 수 있도록 라디칼들이 챔버에 유입되는 것을 허용하는 반면 원격 플라즈마 소스에서 생성된 이온들의 대부분이 챔버로 유입되는 것을 억제하는 커넥터;

[0029] 클리닝동안 상기 챔버의 요소 상에 전개된 DC 바이어스를 검출하기 위한 검출기; 및

[0030] 클리닝의 종결점을 결정하고, 상기 종결점의 결정에 따라, 클리닝을 중단하기 위해, 검출된 DC 바이어스를 이용하도록 구성되는 컨트롤러를 포함한다.

[0031] 상기 커넥터는 전기적으로 절연되어 있을 수 있다. 상기 커넥터는 세라믹과 같은 유전체 물질로 형성될 수 있다.

[0032] 상기 커넥터는 복수의 가스 전도 보어(bore)를 포함할 수 있다. 상기 가스 전도 보어들은 각각 10mm 미만, 바람직하게는 5mm 미만의 직경을 가질 수 있다. 이 방식으로, 원격 플라즈마 소스에서 생성된 플라즈마가 챔버에 도달하는 것이 실질적으로 방지된다.

[0033] 상기 커넥터는 거기를 통해 형성되는 복수의 가스 전도 보어를 갖는 플러그를 포함할 수 있다.

[0034] 상기 장치는 PECVD 장치가 될 수 있다.

[0035] 상기 원격 플라즈마 소스는 유도성 결합 플라즈마(inductively coupled plasma; ICP) 소스 또는 임의의 다른 적

합한 플라즈마 소스가 될 수 있다.

[0036] 본 발명이 위에 설명되었지만, 이는 위에 또는 후술하는 설명, 도면 또는 청구항에 기재된 특징들의 임의의 발명적 조합으로 확장된다. 예를 들어, 본 발명의 제1 양태에 관하여 설명된 임의의 특징은 본 발명의 제2 양태와 조합하여 또한 개시되어 있고, 그 반대도 마찬가지이다.

### 도면의 간단한 설명

[0037] 본 발명에 따른 방법 및 장치의 실시예들이 이제 첨부된 도면을 참조로 설명될 것이다

도 1은 본 발명의 플라즈마 처리 장치를 나타낸 것이다.

도 2는 125°C에서 0.6 마이크론 TEOS 막의 증착 후에 클리닝 동안의 DC 바이어스 및 FTIR 신호를 나타낸 것이다 (알루미늄 샤크웨드).

도 3은 125°C에서 0.2 마이크론 SiN 막의 증착 후에 클리닝 동안의 DC 바이어스 및 FTIR 신호를 나타낸 것이다 (알루미늄 샤크웨드).

도 4는 125°C에서 1.05 마이크론 SiN/ 0.6 마이크론 TEOS 스택의 증착 후에 클리닝 동안의 DC 바이어스 및 FTIR 신호를 나타낸 것이다(양극산화 알루미늄 샤크웨드).

도 5는 10 웨이퍼 반복 런동안 챔버 클리닝 시간에 따른 양극산화 알루미늄 샤크웨드 상의 (a) DC 바이어스 및 (b) FTIR 신호를 나타낸 것이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0038] 도 1은 대체로 10으로 도시된, 본 발명의 PECVD 장치를 나타낸 것이다. 상기 PECVD 장치(10)는 공정 챔버(12) 및 상기 공정 챔버(12)로부터 원격에 위치하는 원격 플라즈마 소스(14)를 포함하는 타입이다. 상기 원격 플라즈마 소스(14)는 가스 피드스루(feed through)를 갖는 절연부(16)에 의해 공정 챔버(12)에 연결된다. 가스 유입 시스템이 제공되는데, 이는 공정 챔버(12)에 하나 이상의 공정 가스를 공급하기 위한 적절한 가스 공급(18) 시스템(16)을 포함한다. 상기 가스 유입 시스템은 공정 챔버(12)의 탐 부분을 구성하는 샤크웨드(20)를 추가로 포함한다. 능숙한 기술자에게 잘 알려진 바와 같이, 샤크웨드는 공정 챔버(12)의 메인 바디 부분 내로 가스가 균일하게 도입되도록 하는 복수의 개구 또는 다른 어퍼처들을 갖는 가스 공급 요소이다. 가스 공급 시스템으로부터 샤크웨드(20)에 유입되는 가스들은 공정 챔버(12)의 메인 바디 내부로 상기 개구들 또는 다른 어퍼처들을 통과하기 전에 샤크웨드(20)의 내부 공간에 가스 저장소를 형성한다. 상기 샤크웨드는 알루미늄 또는 다른 적절한 금속과 같은 전기적으로 전도성인 물질로 형성된다. 플라즈마 처리동안 RF 생성기(30)에 의해 RF 전기적 신호가 샤크웨드(20)에 인가된다. 상기 샤크웨드(20)는 세라믹 절연부(22)에 의해 공정 챔버(12)의 나머지로부터 전기적으로 절연된다. 플래턴(24)은 공정 챔버(12) 내에 배치된다. 처리될 웨이퍼 또는 다른 워크피스는 플래턴(24) 상에 장착된다. 상기 장치(10)는 적절한 펌프(미도시)와 연결되는 배기 포라인(foreline)(26)을 추가로 포함한다. 도 1에 도시된 바와 같이, 포라인(26)을 통과하는 클리닝 부산물을 모니터링하기 위해 FTIR 모니터링 시스템(28)이 구비된다. 본 발명의 성능을 평가하기 위한 비교 테이터를 제공하기 위해 FTIR 모니터링 시스템(28)이 도 1에 도시된 장치(10) 내에 포함되었다. FTIR 모니터링 시스템(28)은 본 발명적 개념의 일부를 형성하지 않고 또한 본 발명의 필수 요소가 아니다. 공정 챔버(12)는 포인트(32)에서 접지되고, 플래턴(24)은 포인트(34)에서 접지된다. 상기 장치(10)는 클리닝동안 샤크웨드(20) 상에 전개된 DC 바이어스를 측정하기 위한 적절한 검출기(미도시)와, 측정된 DC 바이어스를 기초로 클리닝 공정의 종결점을 결정하기 위한 컨트롤러(미도시)를 추가로 포함한다. 상기 종결점의 결정에 따라, 상기 컨트롤러는 클리닝 공정을 종료한다. 상기 컨트롤러는 본 기술 분야에서 잘 알려진 바와 같은 제어 장치에 기초한 컴퓨터 또는 다른 마이크로프로세서가 될 수 있다. 전형적으로, 상기 컨트롤러는 PECVD 장치의 다른 동작들을 또한 제어한다.

[0039] 상기 원격 플라즈마 소스(14)는 원격 플라즈마 소스 가스 공급 시스템(36)에 의해 공급되는 가스 분위기에서 플라즈마를 개시하고 계속시키기 위한 적절한 플라즈마 생성 장치를 포함한다. 상기 원격 플라즈마 소스는 RF 전기적 서플라이(38)에 의해 전원을 공급받는 유도성 결합 플라즈마(ICP) 소스가 될 수 있다. 다른 형태의 플라즈마 생성기가 대신 고려될 수 있다. 원격 플라즈마 소스(14)에서 생성된 플라즈마는 이온들, 전자들 및 중성 라디칼 종들을 포함하여 활성, 여기된 입자들의 혼합물을 포함한다. 본 발명에서, 공정 챔버(12)의 클리닝은 세라믹 절연부(16)를 통하여 공정 챔버(12) 내로 도입되는 라디칼들로 1차적으로 수행된다. 세라믹 절연부(16)는 원격 플라즈마 소스(14)를 공정 챔버(12) 상의 샤크웨드(20)로부터 전기적으로 절연시킨다. 절연부(16)는 드릴링

에 의하는 것과 같이 세라믹에 형성된 상대적으로 작은 직경의 일련의 홀들을 포함한다. 일실시예에서, 원격 플라즈마 소스(14)에서 생성된 플라즈마가 샤크헤드(20)의 배면에 도달하는 것을 방지하기 위해, 절연부 내에 약 3mm 직경의 일련의 홀들이 형성된다. 원격 플라즈마 소스(14)에서 생성된 플라즈마에 의해 생성된 라디칼들은 절연부(16)에 있는 일련의 홀들을 통과하고 샤크헤드(22)를 통해 공정 챔버(12)에 유입된다. 이 라디칼들은 공정 챔버(12)의 표면을 클리닝하는데 사용된다. 예를 들어, 공정 챔버(12)에서 이루어지는 처리동안 증착된 유전체 막은 라디칼 클리닝에 의해 챔버 표면으로부터 제거된다. 공정 챔버(12)가 원격 플라즈마 소스(14) 내의 클리닝 플라즈마로부터 실질적으로 분리되어 있기 때문에, 이온 충돌의 실질적인 감소가 있고 이는 챔버 요소에 대한 더 적은 마모를 가져오고 결과적으로 유지 목적을 위한 챔버 인터벤션의 빈도를 감소시킨다.

[0040] 클리닝 공정 동안 챔버(12)의 특정한 요소들 상에 DC 바이어스가 전개되는 것이 관찰되었다. DC 바이어스는 챔버에서 유전체 막이 클리닝됨에 따라 변화되는 것으로 관찰되었다. DC 바이어스가 클리닝 공정이 완료된 때를 나타낼 수 있다는 것이 실현되었다. 특히, DC 바이어스에서 안정 또는 다른 정상-상태 조건은 클리닝 공정이 완료된 것을 나타낼 수 있다. 챔버에서 DC 바이어스가 관찰 가능하고 그것이 클리닝 종결점을 결정하는데 유용할 수 있다는 것은 매우 놀랍다. 특정한 이론이나 추측에 구속되는 것을 바랄 것도 없이, 챔버 내 요소들 상에서 관찰되는 DC 바이어스는, 상기 요소들에 도달하고 상기 요소 상에 작은 양 또는 음 전하를 유도하는 이온들 및 전자들의 존재에 기인한다는 것이 믿어진다. 원격 플라즈마 소스(14)에서 유도된 플라즈마에서 생성된 대전된 이온들 및 전자들의 상대적으로 짧은 수명과 원격 플라즈마 소스(14)가 공정 챔버(12)로부터 분리되어 있다는 사실을 볼 때 이는 놀라운 것이다. 클리닝 동안 샤크헤드(20) 상에 유도되는 DC 바이어스를 모니터링하는 것이 특히 편리하다. 클리닝 공정에 앞서 디자인하기 위한 장치(10)의 보통의 동작 동안, 샤크헤드는 RF 라이브(live)라는 것이 이해될 것이다. RF는 클리닝이 개시되기 전에 제거되고, 클리닝 공정 동안 샤크헤드(20)는 전기적으로 플로팅된다. 챔버의 다양한 부분들로부터 측정된 막 두께 치수는 샤크헤드가 제거되는 유전체 막의 가장 두꺼운 증착을 갖는다는 것을 나타낸다. 이는 플라즈마 처리동안 샤크헤드가 RF 라이브라는 것에 기인한다. 일단 샤크헤드가 클리닝되면, 챔버의 나머지도 또한 클리닝되는 것이 관찰되었다. 따라서, 샤크헤드 상에서 DC 바이어스의 측정은 클리닝 공정의 정확한 종결점을 결정하는 특히 효과적인 방법이다.

[0041] 다양한 유전체 막들의 증착 후에 도 1의 PECVD 장치의 클리닝이 수행되었다. 클리닝은 원격 플라즈마 소스(14) 내에 NF<sub>3</sub>를 도입시키고 NF<sub>3</sub> 분자들을 이온화시키고 해리하는 유도성 결합 플라즈마를 생성함으로써 수행되었다. 이는 불소 자유 라디칼들의 생성을 가져오는데, 이를 중 일부는, 음이온, 양이온 및 전자들과 함께, 여기된 상태이다. 불소 라디칼들은 공정 챔버(12)를 클리닝하는데 사용된다.

[0042] 실리콘 웨이퍼들 상에 다양한 유전체 막을 증착하기 위해 도 1에 도시된 바와 같은 PECVD 장치가 이용되었다. 원하는 타입의 유전체 막의 증착 후, 공정 챔버의 클리닝이 수행되었다. 클리닝 공정은 샤크헤드 상에서 유도되는 DC 바이어스 및 포라인 내 클리닝 부산물들로부터 얻어지는 FTIR 신호를 검출함으로써 모니터링되었다. 산화 실리콘, 질화실리콘들, 그리고 질화실리콘과 산화실리콘 층들을 포함하는 막 스택을 포함하여 다양한 막들이 증착되었다. 산화실리콘 막들은 서로 다른 방법론, 즉, 전구체들로서 테트라에틸 올소실리케이트(tetraethyl orthosilicate; TEOS) 및 실란을 이용한 공지된 기술들을 이용하여 증착되었다. 막들은 125°C 내지 350°C의 증착 온도를 이용하여 100nm 내지 3.2 마이크론 범위의 두께로 생성되었다. 알루미늄 및 양극산화 알루미늄 샤크헤드가 이용되었다. 결과는 표 1에 요약되어 있다. 도 2, 도 3 및 도 4는 다양한 막들의 증착 후 클리닝 동안 얻어진, 유도된 DC 바이어스 신호(100)와 FTIR 신호(102)를 나타낸다. 특히, 도 2는 알루미늄 샤크헤드로 TEOS 방법을 이용하여 125°C에서 0.6 마이크론 이산화실리콘 막의 증착 후에 클리닝에 관한 것이다. DC 바이어스(100) 및 FTIR(102) 신호들 모두, 약 120초에서 안정되어, 챔버가 클리닝된 것을 나타낸다. 도 3은 알루미늄 샤크헤드로 125°C에서 0.2 마이크론 질화실리콘 막의 증착 후 클리닝에 관한 것이다. DC 바이어스(100) 및 FTIR(102) 신호들 모두 약 80초에서 안정되어, 챔버가 클리닝된 것을 나타낸다. 도달된 정상-상태 DC 바이어스는 TEOS 방법을 이용하여 증착된 이산화실리콘 막(도 2)에 비하여 보다 네거티브하다. 도 4는 양극산화 알루미늄 샤크헤드를 이용하여 125°C에서 유전체 막 스택의 증착 후 클리닝에 관한 것이다. 상기 스택은 1.05 마이크론의 두께의 질화실리콘 막과 TEOS 방법을 이용하여 증착된 0.6 마이크론 두께의 이산화실리콘 층을 포함한다. DC 바이어스(100) 및 FTIR(102) 신호들 모두, 약 110초에서 안정되어, 공정 챔버가 클리닝된 것을 나타낸다.

[0043]

[표 1]

| 샘플<br>No | 막 형태                    | 두께<br>( $\mu\text{m}$ ) | 샤워헤드<br>타입  | 증착 온도<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) | 종결점까지의<br>시간 (sec) |
|----------|-------------------------|-------------------------|-------------|---------------------------------|--------------------|
| Fig 2    | SiO <sub>2</sub> (TEOS) | 2.7                     | Al          | 125                             | 300                |
| Fig 3    | SiO <sub>2</sub> (TEOS) | 0.6                     | Al          | 125                             | 120                |
| Fig 4    | SiN                     | 0.2                     | Al          | 125                             | 80                 |
| Fig 5    | SiN + SiO <sub>2</sub>  | 1.05+0.6                | Al          | 125                             | 120                |
| Fig 6    | SiO <sub>2</sub> (TEOS) | 0.5                     | Al          | 350                             | 150                |
| Fig 7    | SiN + SiO <sub>2</sub>  | 1.05+0.6                | Anodized Al | 125                             | 110                |

[0044]

[0045] 실제, 종결점 검출의 재현성은 안정된 작동 체제를 유지하기 위해 중요하다. 유전체 스택의 증착 후 클리닝 사이에 2개의 웨이퍼를 가지고 10 웨이퍼 반복 런에 거쳐 실험들이 수행되었다. 유전체 스택들은 125°C에서 증착된 1.05 마이크론 두께의 질화 실리콘 및 0.6 마이크론 두께의 이산화실리콘 층들을 포함하였다. 이산화실리콘 층들은 TEOS 방법을 이용하여 증착되었다. 도 5(a)는 클리닝 동안 얻어진 DC 바이어스 신호들(150)을 나타낸다. 도 5(b)는 클리닝 동안 얻어진 FTIR 신호들(152)을 나타낸다. 반복성 정도가 매우 높은 것이 보여질 수 있다. 특히, DC 바이어스 및 FTIR 신호들 모두 약 240초에서 재현성있게 안정된다. 이는 원격 플라즈마 소스에서 생성된 라디칼들을 이용하여 클리닝 동안 공정 챔버 요소 상에서 DC 바이어스를 모니터링하는 것이 클리닝 종결점을 검출하는 신뢰성있는 방법이라는 것을 나타낸다.

[0046]

표 1에 요약된 결과 및 도 2 내지 도 5에 도시된 결과는 샤워헤드 상에서 유도된 DC 바이어스 및 포라인 FTIR 신호 간에 상관관계가 있다는 것을 나타낸다. 사실, FTIR 신호는 DC 바이어스 신호보다 약간 뒤쳐진다. 이는 상이한 샘플링 방법에 기인하는 것으로 믿어진다. DC 바이어스 샘플링은 클리닝이 '실시간'으로 이루어지는 챔버에서 수행된다. 반면, FTIR 모니터링은 공정 챔버 외부에 이격된 포라인에서 수행된다. 공정 정보는 종결점 이전에 얻어지는 상대적으로 즉시 응답하는 DC 바이어스 신호로부터 추론될 수 있다는 것이 가능하다.

[0047]

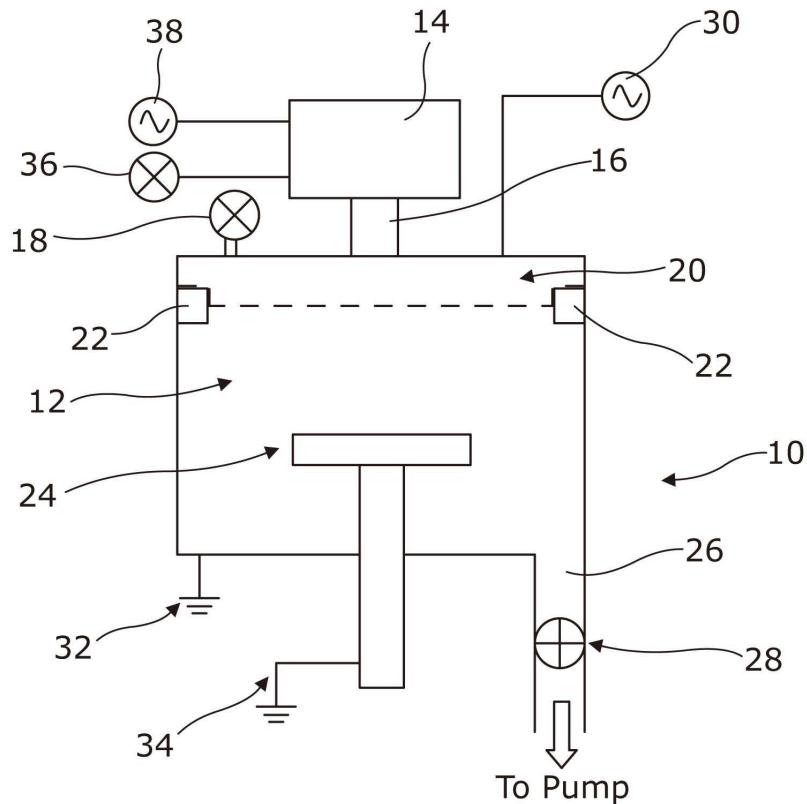
얻어진 클리닝 종결점들까지의 시간이 막 두께에 직접 비례하지는 않는다는 것이 관찰된다. 이는, 다른 인자들이 종결점까지의 시간을 결정하는데 역할을 하는 것으로 믿어지기 때문에, 예측되지 않는다. 관련된 인자들은 막의 타입 및 막 증착에 사용된 공정을 포함한다. 상이한 공정들 및 막 타입들은 챔버 내에서 상이하게 증착되고, 제거될 비-균일 코팅을 가져온다. 예를 들어, 하나의 질화실리콘 공정은 다른 질화실리콘 증착 공정에 비해 샤워헤드의 가장자리에서 더 두꺼운 막을 증착할 수 있다. 이것은 상이한 종결점까지의 시간을 가져올 것이다. 클리닝 공정 전개는, 증착되는 물질의 에칭율이 샤워헤드의 중앙에 비하여 가장자리에서 약간 더 낮다는 것으로 나타났다. 따라서, 샤워헤드의 가장자리에서 두꺼운 막은 샤워헤드의 중앙에서의 두꺼운 막보다 클리닝에 더 긴 시간을 요할 것이다. 상이한 막들과 관련된 DC 바이어스 신호들은 절대값과 일반적인 형상 측면에서 서로 상이하다. 이는 상이한 유전 특성을 갖는 상이한 막 타입들에 기인한다. 이는 전체적인 챔버 임피던스를 변화시켜, 유도된 DC 바이어스에 있어 작은 차이를 가져온다고 믿어진다. 이에 더하여, 상이한 공정들은 챔버의 상이한 영역들에 유전체 막을 증착시켜, 전체적인 챔버 임피던스에 작은 변화를 가져온다고 믿어진다. 챔버 임피던스에 있어 미묘한 변화들은 샤워헤드 상에서 유도된 DC 바이어스에서의 작은 차이의 원인이 된다.

[0048]

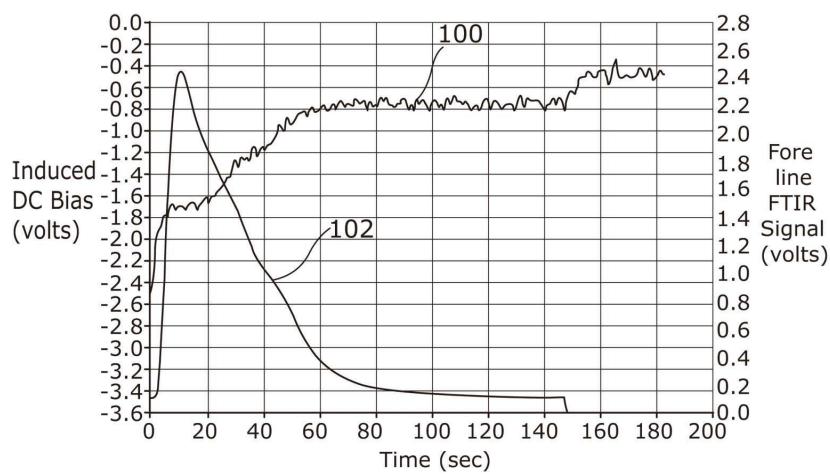
공정 챔버 내에서 유도된 DC 바이어스를 모니터링하는 데에 샤워헤드가 특히 편리한 요소임에도 불구하고, DC 바이어스가 유도될 수 있는 공정 챔버의 다른 요소들이 모니터링될 수 있다. 예를 들어, DC 바이어스는 가스 유입 시스템 상의 다른 요소들, 챔버 벽의 전기적으로 절연된 부분, 플래턴 또는 챔버의 펌핑 갤러리 상에서 모니터링될 수 있다.

## 도면

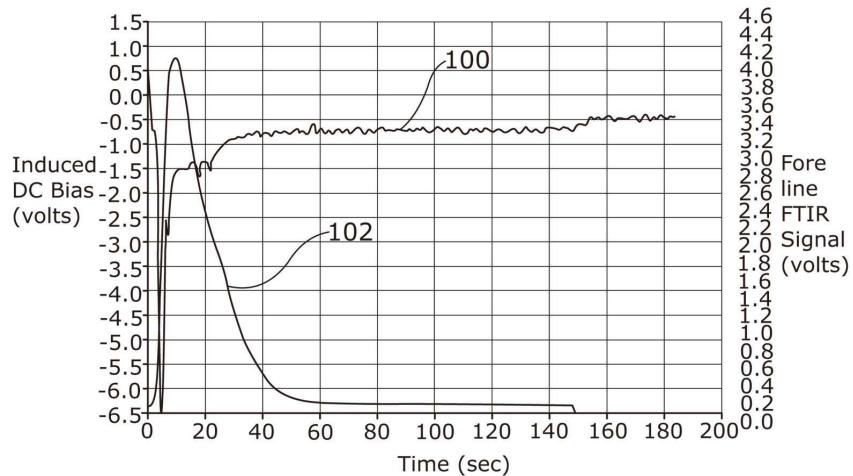
## 도면1



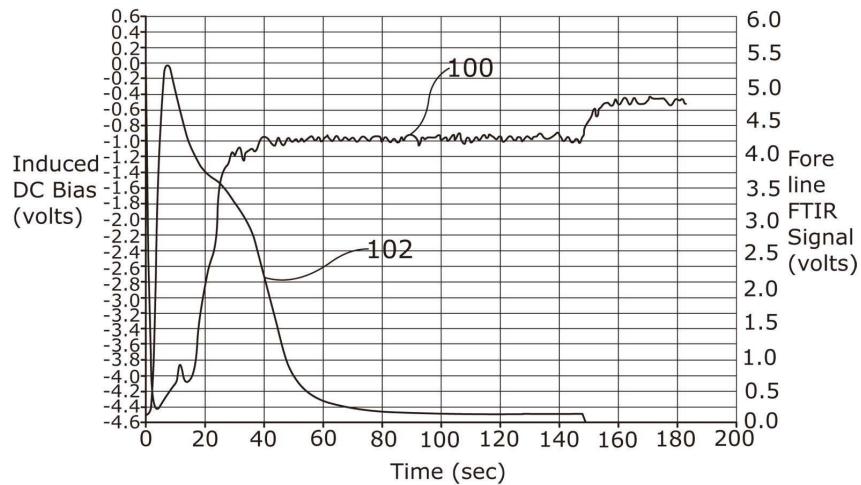
## 도면2



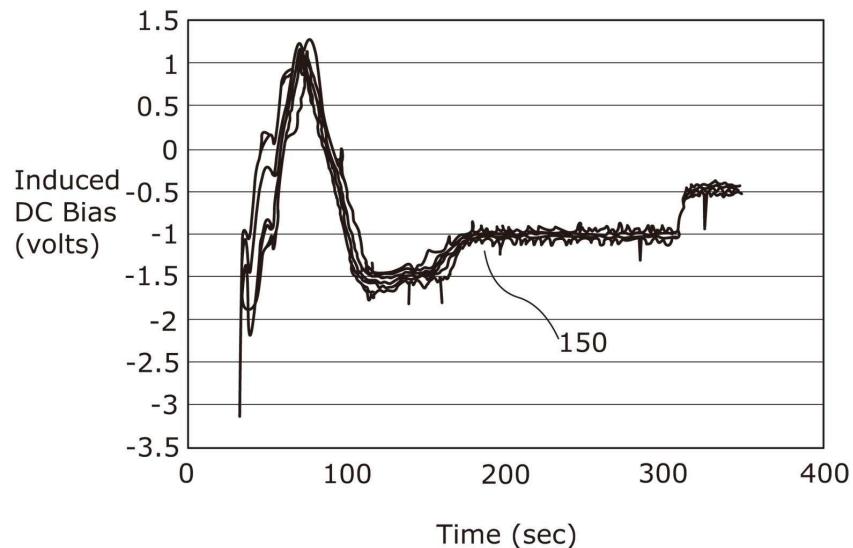
## 도면3



## 도면4



## 도면5a



도면5b

