



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2009년02월26일  
(11) 등록번호 10-0885350  
(24) 등록일자 2009년02월17일

(51) Int. Cl.

H05H 1/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2001-0058633  
(22) 출원일자 2001년09월21일  
심사청구일자 2006년09월21일  
(65) 공개번호 10-2002-0024788  
(43) 공개일자 2002년04월01일

(30) 우선권주장

09/670,483 2000년09월26일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌

US05271972 A1\*

JP10027792 A\*

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

어플라이드 머티어리얼스, 임코포레이티드

미국 95054 캘리포니아 산타 클라라 바우어스 애브뉴 3050

(72) 발명자

캄파나-슈미트, 프랑치마르

미국 95035 캘리포니아 밀피타스폰테인 블루애브뉴 1271

시망케, 카스텐

네덜란드 6536 베지 메켄베젠힙호프 6703

(74) 대리인

남상선

전체 청구항 수 : 총 7 항

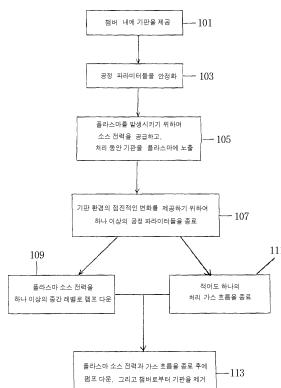
심사관 : 정종한

(54) 플라즈마가 초래한 손상을 감소시키는 플라즈마 처리 방법 및 산화물 증착 방법

### (57) 요약

본 발명은 기판에서 플라즈마가 초래한 손상을 감소시키는 방법에 관한 것으로서, 기판의 처리동안 플라즈마를 발생시키는데 사용되는 플라즈마 소스 전력에 대하여 증착 후 램프 다운을 제공하는 것을 포함한다.

대 표 도 - 도1



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

- (a) 챔버 내에 기판을 위치시키는 단계;
- (b) 상기 챔버 내에 재료총 중착을 위한 선구물질 가스를 포함하는 하나 이상의 처리 가스들을 흐르게 하는 단계;
- (c) 플라즈마 소스 전력을 제 1 전력 레벨로 인가함으로써 상기 하나 이상의 처리 가스들로부터 플라즈마를 점화하는 단계;
- (d) 상기 기판 상에 재료총을 중착하는 단계;
- (e) 상기 제 1 전력 레벨 이하로 상기 플라즈마 소스 전력을 램프 다운(ramp down)하는 단계;
- (f) 상기 플라즈마를 종료하기 이전에 상기 하나 이상의 처리 가스들로부터의 상기 선구물질 가스 흐름을 종료하는 단계 - 상기 선구물질 가스는 테트라에톡시-실란과 테트라메틸 싸이클로테트라-실록산으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 물질이며, 상기 중착된 재료총은 산화물이며, 상기 플라즈마 소스 전력의 램프 다운은 상기 하나 이상의 처리 가스들로부터의 상기 선구물질 가스 흐름을 종료시키면서 동시에 수행됨 -; 및
- (g) 상기 플라즈마를 종료하는 단계

를 포함하는 플라즈마 처리 방법.

### 청구항 2

삭제

### 청구항 3

삭제

### 청구항 4

삭제

### 청구항 5

삭제

### 청구항 6

삭제

### 청구항 7

삭제

### 청구항 8

삭제

### 청구항 9

삭제

### 청구항 10

삭제

### 청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

제 1 항에 있어서, 상기 하나 이상의 처리 가스들은 산소와 불활성 가스를 더 포함하며, 상기 산소와 불활성 가스는 상기 선구물질 가스 흐름을 종료한 후에 종료되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 방법.

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

- (a) 챔버 내에 기판을 위치시키는 단계;
- (b) 상기 챔버 내에 재료총 증착을 위한 선구물질 가스를 포함하는 하나 이상의 처리 가스들을 제공하는 단계;
- (c) 플라즈마 소스 전력을 제 1 전력 레벨로 인가함으로써 상기 하나 이상의 처리 가스들로부터 플라즈마를 형성하는 단계;
- (d) 상기 기판상에 재료총을 증착하는 단계;
- (e) 상기 제 1 전력 레벨 이하로 상기 플라즈마 소스 전력을 램프 다운하는 단계; 및
- (f) 상기 플라즈마를 종료하기 이전에 상기 하나 이상의 처리 가스들로부터의 상기 선구물질 가스 흐름을 종료하는 단계 - 상기 선구물질 가스는 테트라에톡시-실란과 테트라메틸 싸이클로테트라-실록산으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 물질이며, 상기 증착된 재료총은 산화물이며, 상기 플라즈마 소스 전력의 램프 다운은 상기 하나 이상의 처리 가스들로부터의 상기 선구물질 처리 가스들의 흐름을 종료시키는 것과 순차적으로 수행됨 -; 및
- (g) 상기 플라즈마를 종료하는 단계

를 포함하는 플라즈마 처리 방법.

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

청구항 25

삭제

청구항 26

삭제

청구항 27

삭제

청구항 28

삭제

청구항 29

삭제

청구항 30

제 20 항에 있어서, 상기 하나 이상의 처리 가스들은 산소와 불활성 가스를 더 포함하며, 상기 산소와 불활성 가스는 상기 선구물질 가스 흐름을 종료한 후에 종료되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 방법.

청구항 31

- (a) 챔버 내에 기판을 위치시키는 단계;
- (b) 테트라에톡시-실란, 산소 및 헬륨을 포함하는 처리 가스 혼합물을 상기 챔버로 흐르게 하는 단계;
- (c) 제 1 전력 레벨로 무선-주파수(RF) 신호를 인가함으로써 상기 처리 가스 혼합물로부터 제 1 플라즈마를 형성하는 단계;
- (d) 상기 제 1 플라즈마에 상기 기판을 노출함으로써 상기 기판 상에 산화물 층을 증착하는 단계;
- (e) 상기 제 1 전력 레벨 이하로 상기 RF 신호를 램프 다운시키는 단계;
- (f) 상기 테트라에톡시-실란의 흐름을 종료시키는 단계; 및
- (g) 상기 RF 신호를 0으로 감소시키는 단계 - 상기 테트라에톡시-실란의 흐름을 종료시키는 단계는 상기 RF 신호를 0으로 감소시키기 전에 완료됨 -  
를 포함하는 산화물 증착 방법.

청구항 32

제 31 항에 있어서, 상기 RF 신호의 램프 다운은 상기 RF 신호를 하나 이상의 중간 전력 레벨로 감소시키는 것을 포함하고, 상기 각각의 하나 이상의 중간 전력 레벨은 0.1 내지 30 초 사이의 시간 간격동안 유지되는 것을 특징으로 하는 산화물 증착 방법.

청구항 33

제 31 항에 있어서, 상기 RF 신호의 램프 다운은 연속된 방식으로 상기 RF 신호를 감소시키는 것을 포함하는 것을 특징으로 하는 산화물 증착 방법.

명세서

## 발명의 상세한 설명

### 발명의 목적

#### 발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

- <10> 본 발명은 기판에서 플라즈마가 초래한 손상을 감소시키는 방법 및 디바이스에 관한 것이다.
- <11> 집적회로의 제조에서, 플라즈마 공정은 다양한 재료층의 증착 또는 에칭에 자주 사용된다. 플라즈마 처리는 열 처리 이상으로 많은 장점을 제공한다. 예컨대, 플라즈마 강화 화학 기상 증착(PECVD)은 유사한 열 처리에서 필요한 것보다 더 낮은 온도에서 증착이 수행되도록 한다. 이것은, 자금이 궁박한 열 처리의 예산 요구에 대하여, 예컨대, 고밀도 집적회로(VLSI) 또는 초고밀도 집적회로(ULSI) 디바이스의 제조에서, 장점을 갖는다.
- <12> 증착과 에칭 공정을 포함하는 플라즈마 처리의 결과로 디바이스 손상이 발생할 수 있다는 것이 당업자들에게 공지되어 왔다. 통상적으로, 디바이스 손상의 민감함 또는 손상 정도는 디바이스 제조의 단계와 특정 디바이스 설계에 좌우된다. 예컨대, 상대적으로 큰 안테나 비(케이트 영역에 대한 금속 상호접속 영역)를 갖는 기판은 작은 안테나 비를 갖는 기판에 비하여, 증가된 대전 효과(charging effect) 때문에, 케이트 산화물 손상에 더 민감하다. 또한, 기판 위에 증착된 절연층을 갖는 기판은 표면 전하의 축적과 전위 기울기의 증가에 기인하여 손상에 더욱 민감하다. 플라즈마 불균일과 같은 다른 플라즈마 관련 효과는 디바이스 손상을 야기하는 전기장 기울기를 초래할 수도 있다. 따라서, 기판에서의 플라즈마가 초래한 손상을 감소시키기 위한 방법과 디바이스가 계속적으로 필요하다.

#### 발명이 이루고자 하는 기술적 과제

- <13> 본 발명의 실시예는 플라즈마 생성에 사용되는 플라즈마 소스 전력의 증착후 램프 다운(post-deposition ramp down)을 실행함으로써 플라즈마가 초래한 손상을 감소시키기 위한 방법 및 디바이스를 제공한다. 플라즈마 소스 전력의 램프 다운은 복수의 단계 또는 연속 방식으로 하나 이상의 중간 레벨로 전력을 감소시킴으로써 달성될 수 있다.

### 발명의 구성 및 작용

#### 개관(Overview)

- <15> 본 발명은 기판 상의 플라즈마가 초래한 손상을 감소시키는 플라즈마 처리의 방법을 제공한다. 통상적으로, 하나 이상의 다른 효과가 플라즈마가 초래한 손상에 기여할 수 있다. 예컨대, 디바이스 손상은 갑작스럽거나 돌발적인 플라즈마 소스 전력의 변화로 초래되는 큰 전기장의 기울기에 기인하여 발생하거나 또는 플라즈마 처리 동안 기판 상에 축적된 전하들에 의해 발생할 수 있다. 본 발명의 실시예에 따라서, 플라즈마가 초래한 손상은 플라즈마 처리 후에 기판 상의 점진적인 환경 변화 - 예컨대, 플라즈마 소스 전력의 점진적인 종료 또는 처리 가스 흐름의 변화를 통한 표면 전하의 점진적인 소산 - 를 제공하는 증착 후 단계들의 상이한 조합에 의해 감소된다.

- <16> 도 1은 본 발명의 실시예를 구체화하는 플라즈마 처리의 방법을 도시한 공정 흐름도이다. 단계(101)에서, 기판은 플라즈마 처리동안 챔버 내에 위치한다. 단계(103)의 도시처럼, 하나 이상의 안정화 단계들이 수행되어, 가스 흐름 및 챔버 압력과 같은 다양한 공정 파라미터들의 안정화를 가능하도록 한다. 단계(105)에서, 플라즈마는 플라즈마 소스 전력을 전극에 제공함으로써 발생되고, 기판은 예컨대, 증착 또는 에칭과 같은 플라즈마 공정에 영향을 받는다.

- <17> 증착 단계(105) 후에, 단계(107)에 도시된 것처럼, 하나 이상의 공정 파라미터는, 예컨대, 플라즈마 소스 전력 또는 처리 가스 흐름은, 기판 환경의 비교적 점진적인 변화를 이루는 방식으로 종료된다.

- <18> 본 발명의 일 측면에서, 방법은 플라즈마 처리의 완료 후에 플라즈마 전력의 램프 다운을 포함한다. 즉, 플라즈마 전력은, 종래 공정의 실시처럼 갑작스럽고 완전한 전력 종료와는 반대로, 시간 함수로써 하나 이상의 중간 레벨로 감소된다. 단계(109)의 도시처럼, 플라즈마 전력이 임의의 시간 주기 동안 몇 개의 중간 레벨에 설정되는 이산 단계로, 또는 시간 함수로서 연속된 방식으로, 전력 램프 다운 방법이 실행될 수 있다. 전력 램프 다운은 기판 주위의 플라즈마 환경의 점진적인 변화를 제공하고, 플라즈마가 초래한 효과에 기인한 기판 손상을

최소화하는데 조력한다.

- <19> 본 발명의 또 다른 측면에서, 단계(111)에 도시된, 기판 표면 상에 축적될 수 있는 전하는, 예컨대, 처리 가스 흐름의 변화에 의하여, 점진적으로 소산이 가능하다. 따라서, 비록 단계(109)가 홀로 수행될 수 있지만, 다른 실시예에서는, 단계(111)와 결합하여, 상호간에 일련적으로 또는 동시에 수행될 수 있다. 단계(111)에서, 예컨대, 처리 가스 흐름은 전하 증가에 기여될 수 있는 하나 이상의 처리 가스를 종료함으로써 변화될 수 있다. 본 발명의 상기 두 가지 측면은 상호간에 동시에 또는 일련적으로 실행될 수도 있고, 특정 파라미터 선택은 디바이스 손상의 민감성, 디바이스 구조 또는 제조의 특정 단계에 따라 변화될 수 있다. 결국, 단계(113)의 도시처럼, 플라즈마 소스 전력과 처리 가스 흐름(도시 안됨)의 완전한 종료 후에, 기판과 챔버는 펌프 다운(pump down)되고, 기판은 챔버로부터 제거된다.
- <20> 본 발명에 나타난 개념은 통상적으로 증착 및 에칭을 포함하는 다양한 플라즈마 공정에 적용 가능하고, 다양한 플라즈마 공정 시스템에서 실행될 수 있다. 설명의 목적을 위해 산화물 증착과 관련한 실시예들이 하기된다.
- <21> 디바이스
- <22> 도 2는 본 발명의 실시예에 적합한 화학 기상 증착(CVD) 챔버(210)의 단면 개략도이다. 챔버(210)의 한 예는 CENTURA<sup>®</sup> 플랫폼 또는 PRODUCER<sup>TM</sup> 시스템(두 개의 챔버를 가짐)에 사용되는 DxZ<sup>TM</sup> 챔버이고, 상기 두 개는 캘리포니아, 산타 클라라 소재의 어플라이드 머티어리얼스 인코포레이티드사(Applied Materials, Inc.)로부터 이용 가능하다. 두 개의 필름 증착과 증착된 필름의 플라즈마 처리는 DxZ CVD 챔버에서 수행될 수 있다.
- <23> 공정 챔버(210)는, 매니폴드(211) 내에 관통된 구멍(도시안됨)을 통해 기판 지지대(212) 상에 놓여진 기판(216)에 처리 가스를 분산시키기 위하여, 통상적으로 "샤워헤드(showerhead)"라고 하는 가스 분배 매니폴드(211)를 포함한다. 가스 흐름 제어기(219)는 통상적으로 가스 분배 매니폴드(211)를 통해 공정 챔버(210) 내로 다른 처리 가스의 흐름속도를 제어하고 조절한다. 만약 액체 선구물질이 사용된다면, 다른 흐름 제어 부재는 액체 흐름 주사 밸브와 액체 흐름 제어기(도시안됨)를 포함할 수 있다. 기판 지지대(212)는 저항적으로 가열되고 기판 지지대(212)와 기판(216)이 하부 입/출 위치와 가스 분배 매니폴드(211) 부근의 상부 처리 위치 사이에서 리프트 모터(lift motor)(214)에 의해 제어 가능하게 이동될 수 있도록 지지 스템(support stem)(213)에 부착되어 있다. 기판 지지대(212)와 기판(216)이 처리 위치에 있을 때, 기판 지지대(212)와 기판(216)은 절연 링(217)에 의해 둘러싸인다.
- <24> 처리 동안, 처리 가스는 기판 표면 전반에 방사형으로 균일하게 분배된다. 가스는 진공 펌프 시스템(232)에 의하여 포트(224)를 통하여 배출되고, 드로틀 밸브(230)에 의해 조절되는 가스 생성물과 챔버 압력을 갖는다. 플라즈마는 무선 주파수(RF) 전력 공급기(225)의 무선 주파수(RF) 에너지를, 전극으로서 동작하는, 가스 분배 매니폴드(211)에 제공함으로써 하나 이상의 처리 가스 또는 가스 혼합물로부터 형성된다. 필름 증착은 기판(216)이 플라즈마에 노출되고 반응 가스가 제공 되었을 때 발생한다. 기판 지지대(212)와 챔버벽은 통상적으로 접지되어 있다. RF 전력 공급(225)은 챔버(210) 내에 주입된 임의의 가스 분배를 향상시키기 위하여 단일 또는 혼합 주파수 RF 신호를 가스 분배 매니폴드(211)에 제공할 수 있다. 예컨대, 대략 350kHz 내지 대략 60MHz 사이의 단일 주파수 RF 신호가 사용될 때, 대략 1 내지 대략 200W 사이의 전력은, 전극으로서 동작하는, 가스 분배 매니폴드(211)에 제공될 수 있다.
- <25> 시스템 제어기(234)는 전력 공급기, 리프트 모터, 가스 주입용 흐름 제어기, 진공 펌프, 그리고 다른 관련 챔버와 같은 다양한 부재의 기능 및/또는 처리 기능을 제어한다. 바람직한 실시예에서 하드 디스크 드라이브인 시스템 제어기(234)는 메모리(238)에 저장되어 있는 시스템 제어 소프트웨어를 실행하며, 아날로그 및 디지털 입력/출력 보드, 인터페이스 보드, 스탠피 모터 제어기 보드를 포함할 수 있다. 광학 및/또는 자기 센서는 일반적으로 이동 가능한 기계 어셈블리의 위치를 이동시키거나 결정한다. CVD 공정 챔버의 예가 "열 CVD/PECVD 반응기 및 실리콘 이산화물의 열 화학 기상 증착의 용도 및 인-시투(In-situ) 다단계 평탄화 공정"이라는 제목으로 왕(Wang) 등에게 부여되고 본 발명의 양수인인 어플라이드 머티리얼스, 인코포레이티드사에 양수된 U.S. 특허 제 5,000,113 호에 개시되어 있다. 상기 특허는 여기서 참조로 포함된다.
- <26> 상기 CVD 시스템 설명은 주로 예시적인 목적이며, 또한 다른 플라즈마 소스들을 포함하는 다른 플라즈마 디바이스가 본 발명의 실시예의 실행을 위해 사용될 수 있다.
- <27> 공정
- <28> 예시적인 목적을 위하여, 본 발명의 플라즈마 산화물 증착 공정에 대하여 논의될 것이다. 일 실시예에서, 테트

라에톡시-실란(tetraethoxy-silane)(TEOS)은 산화물 증착을 위한 선구물질로 사용된다. 또한, 예컨대, 실란, 오르가노실란(organosilane)(메틸, 디메틸 또는 트리메틸 실란 등등) 그리고 테트라메틸 사이클로테트라-실록산(TMCTS)과 같은 다른 선구물질은, 산화물 증착을 위해, 예컨대, 질화 산화물( $N_2O$ ), 산소( $O_2$ ) 또는 오존( $O_3$ )과 같은 산소-함유 가스와 다양한 반응에 사용된다. 본 발명은, 디바이스 제조의 다양한 단계동안, 절연체, 전도체 또는 반도체 층을 포함하는, 다른 재료의 증착과 같은 많은 다른 플라즈마 공정에 제공 가능하다.

<29> 도 3a-b는 플라즈마 TEOS 증착 공정을 수행하는 기판의 부분적인 단면도를 도시한다. 예컨대, 플라즈마 TEOS 증착은, 예컨대, 게이트와 제 1 레벨 금속 사이의 유전체층, 또는 레벨 간(interlevel) 유전체를 형성하기 위하여, 접적 회로 제조의 다른 단계에서 사용될 수 있다. 도 3a는 TEOS를 구성하는 처리 가스 조성물로부터 생성된 플라즈마(310)에 노출된 기판(300)을 도시한다. 통상적으로, 기판(300)은 접적 회로 디바이스의 제조동안 형성된 하나 이상의 재료층(도전체, 절연체 또는 반도체 재료를 포함)을 포함한다. 예컨대, 도 3a는 절연층(304) 상에 형성되고 하부 층(302)까지 연장된 개구부(305)를 충진하는 금속 라인과 같은 피처(306)를 포함하는 기판(300)을 도시한다. 개구부(305)는 접촉되거나 매개되는 반면에, 금속 피처(306)는, 예컨대, 알루미늄(Al) 또는 다른 적합한 금속을 포함할 수 있다. 하부 층(302)은 통상적으로 전도체 또는 반도체 재료, 예컨대, 다양한 금속 또는 실리콘, 또는 이들의 합성물을 포함한다. 통상적으로 플라즈마(310)는 다양한 공정 파라미터에, 그중에서도 처리 가스의 흐름속도, 전극에 제공되는 RF 전력, 기판의 온도, 그리고 챔버 내의 압력과 같은 것에 의해 특징지어진다. 플라즈마 TEOS 산화물 증착에 적합한 몇 가지 공정 파라미터의 예들이 표 1에 주어졌다.

&lt;30&gt; 표 1

	TEOS 흐름속도 (mg/min)	$O_2$ 흐름속도 (sccm)	He 흐름속도 (sccm)	압력 (Torr)	온도 ( $^{\circ}$ C)	RF 전력 (W)
범위	500 - 4000	500 - 6000	500 - 6000	3 - 20	350 - 450	400 - 1500
적정값	1000	1000	1000	8	400	950

&lt;31&gt;

삭제

&lt;32&gt;

삭제

&lt;33&gt;

삭제

&lt;34&gt;

삭제

&lt;35&gt;

삭제

&lt;36&gt;

삭제

&lt;37&gt;

삭제

&lt;38&gt;

표 1의 파라미터를 사용한 산화물 증착은, 도 2에 도시된 것과 같은 DxZ 챔버 내에서, 또는 다른 적절한 증착 챔버 내에서 수행될 수 있다. 여기에 나타난 특정 파라미터들은 본래 예시적인 목적이고, 다른 바람직한 작동 파라미터들 및/또는 범위들은 다른 챔버 구성과 처리 필요에 따라서 적응될 수 있다.

&lt;39&gt;

통상적으로 처리 가스 구성은 TEOS 또는 다른 적절한 산화물 선구물질을 구성하는 가스 혼합물이고, 하나 이상의 운반 가스 또는 묽은 가스를 포함한다. TEOS는 상온에서 액체이기 때문에, 약간 상승된 온도로 가열된 액체 주입 밸브는 TEOS 증기를 가스 매니폴드로 주입하는데 사용된다. 다음에, TEOS 증기는 헬륨(He)과 같은 운반

가스와 혼합되고, 공정 챔버 내로 주입된다. 예컨대, 대략 100°C의 주입 밸브 온도를 갖는다면, 대략 1000mg/min.의 TEOS 흐름속도로 챔버 내로 주입될 수 있다. 통상적으로, 더 높은 흐름속도를 얻기 위하여 필요 한 더 높은 주입 온도를 갖는다면, 대략 500 내지 4000mg/min. 사이의 TEOS 흐름속도가 사용될 수 있다. 대략 500 내지 6000 sccm 사이의 흐름속도에서, 바람직하게는 대략 1000 sccm에서 운반 가스(He)가 제공된다.

<40> 상기 실시예에서, 처리 가스 혼합물은 산화물 증착을 위하여 TEOS와 반응하도록 산소-함유 가스와 같은 반응 가스를 더 포함한다. 예컨대, 산소-함유 가스는 산소( $O_2$ )가 될 수도 있다.  $O_2$ 의 흐름속도는 바람직하게 대략 1000 sccm 이 되며, 또한 대략 500 내지 6000 sccm 사이의 범위에서 사용될 수도 있다. 통상적으로, 전체 압력은 대략 3 내지 20 Torr 사이에서, 바람직하게는 8 Torr에서, 유지된다. 플라즈마(310)는 대략 400 내지 1500 W 사이의, 바람직하게는 대략 950 W, RF 전력을 가스 매니폴드에 대략 350 내지 450 °C 사이의, 예컨대 대략 400 °C, 가열기 온도로 제공함으로써 생성된다. 통상적으로, 낮은 처리 온도는 열적 제한을 고려하여 바람직하다. 플라즈마 TEOS 방식을 사용하여, 산화물 층(320)은 도 3b의 도시된 것처럼 기판(300) 상에 증착될 수 있다.

<41> 플라즈마 TEOS 증착은 통상적으로 챔버 제어기의 메모리 내에 저장된 처리 방식을 실행함으로써 수행된다. 처리 방식은 다양한 공정 파라미터들의 안정을 위하여 사용되는 증착전 단계들, 하나 이상의 증착 단계들, 그리고 필름 처리, 정화(purging) 또는 펌핑을 위한 증착 후 단계들을 포함할 수 있는 다단계 시퀀스를 포함한다.

<42> 본 발명의 실시예에 따라서, 처리 방식에서 산화물 증착 단계의 완료중에, 종래 처리에서 실행되던 RF 전력의 갑작스런 종료와 반대로, RF 플라즈마 전력은 점진적으로 램프 다운된다. 표 2는 본 발명의 일 실시예에 따라서 처리 시퀀스를 구성하는 방식을 도시한다.

<43>

표 2

		TEOS (mg/min.)	$O_2$ (sccm)	He (sccm)	압력 (Torr)	RF 전력 (W)
1	안정	0	1000	1000	-	0
2	안정	1000	1000	1000	8	0
3	증착	1000	1000	1000	8	950
4	램프다운	0	1000	1000	8	300
5	펌프	0	-	-	-	0

<44>

삭제

<45>

삭제

<46>

삭제

<47>

삭제

<48>

삭제

<49>

삭제

<50>

삭제

<51>

산화물 증착 이전에, 처리 가스 흐름과 챔버 압력은 설정되고 안정화된다. 예컨대,  $O_2$  와 He 가스 흐름은 제 1 단계 동안 대략 1000 sccm 으로 안정화된 후에, 대략 1000 mg/min 의 TEOS 흐름은 추가되고 챔버 압력은 제 2

단계에서 대략 8 Torr에서 안정화된다. 단계 3에서, 플라즈마는 대략 950 W의 RF 전력에서 처리 가스 혼합물로부터 생성된다. 상기 예에서, 산화물 층은 대략 7500Å/minute 보다 큰 속도로 기판 상에 증착될 수 있다.

<52> 산화물 증착이 완료될 때, 기판(예컨대, 웨이퍼)은 기판 지지대 상에 남겨진 상태로, RF 전력은 램프 다운 단계 4에서 감소된다. 일 실시예에서, RF 전력은 단계 4에서 플라즈마 증착 수준의 대략 1/3 수준으로, 예컨대 대략 300W로, 감소되고, 또한 그 동안에 챔버 내의 TEOS 흐름은 종료된다. O<sub>2</sub> 와 He 가스 흐름과 챔버 압력은 증착 단계 내에서처럼 대략 같은 레벨로 유지된다. 또한 가열기 온도는 처리 방식 내내 대략 400°C에서 유지되지만, 웨이퍼 온도는, 예컨대, 감소된 플라즈마 가열에 기인하여, 미소하게 감소될 수도 있다. 상기 상태 하에서, RF 전력은 약한 플라즈마를 유지하기에 충분하다. 일 실시예에서, RF 전력 램프 다운 단계는 다음의 펌프 다운 단계 5 이전에 대략 10 초 동안 지속된다.

<53> 특정 응용에 따라서, 램프 다운 단계의 기간과 중간 RF 전력 레벨은 적절하게 적응될 수 있다. 예컨대, 중간 RF 전력 레벨은 산화물 증착을 위해 사용된 전력의 절반으로 또는 1/2 내지 1/4 사이에서 유지될 수 있다. 램프 다운 단계 동안, 특정 압력과 가스 흐름 상태 하에서 플라즈마를 유지할 정도로 충분히 높은 중간 수준에서 RF 전력을 유지하는 것이 바람직 할 수 있다. 예컨대, O<sub>2</sub> 와 He의 혼합물로부터 형성된 플라즈마(TEOS 흐름은 없음)는 증착 후 처리 또는 산화물 층의 풀림을 유효하게 제공할 수 있으며, 기판의 결함 감소를 유발한다. 더 구나, 다른 기간 또는 간격은 램프 다운 단계동안 사용될수 있다. 예컨대, 바람직하지 않은 웨이퍼 손상을 피하거나 최소화하는데 유효한 가능한 긴 기간동안, 더 짧은 시간이 처리 생성물을 개선시키기 위해 바람직할 수도 있다. 통상적으로, 대략 5 내지 30 초 사이의 기간은 플라즈마가 초래한 손상이 없으며, 반대로 처리 생성물과 충돌이 없는 기판을 제공하기에 충분하다.

<54> 램프 다운 단계 후에, 모든 나머지 처리 가스 흐름은 종료되고 펌프 다운 단계 5에서 RF 전력은 영으로 감소된다. 펌프 다운 동안, 펌프의 드로틀 밸브는 완전히 개방되고, 나머지 처리 가스들은 가스 매니폴드 내의 모든 가스 라인으로부터 배출된다. 그 다음에, 또 다른 기판이 제공되기 전에, 증착된 산화물 층을 갖는 기판은 챔버로부터 제거된다.

<55> 다른 실시예에서, RF 전력은 산화물 증착 후에 복수의 램프 다운 단계들을 제공함으로써 종료되고, 종료되는 동안 RF 전력은 다양한 중간 레벨로 연속적으로 감소된다. 일 예에서, RF 전력 종료는, 예컨대, 대략 800, 700, 600, 500, 400, 300, 200 그리고 100 V로 각각 중간 RF 전력 레벨들을 갖는, 8개의 연속적인 램프 다운 단계들을 경유하여 달성될 수 있다. 각 분리된 상기 램프 다운 단계들 동안, O<sub>2</sub> 와 He 가스 흐름은, 챔버 압력과 가열기 온도를 따라서, 증착 단계 내에서와 같이 사실상 동일한 설정으로 유지되며 임의의 시간 간격 또는 기간 동안 RF 전력은 각 중간 레벨로 유지된다. 표 2의 방식에 유사하게, 전력 램프 다운의 개시와 일치하여, TEOS 흐름은 제 1 램프 다운 단계에서 종료된다. 상기 실시예에서, 각 분리된 램프 다운 단계들은 대략 0.5 초 동안 지속되며, 다른 시간 간격들이, 예컨대, 대략 0.1 내지 30 초 사이에서, 더 바람직하게는 대략 0.1 내지 10 초 사이에서, 사용될 수도 있다.

<56> 통상적으로, 램프 다운 단계를 수의 다른 조합, 각 단계에서 사용되는 시간 간격 그리고 중간 전력 레벨들은 본 발명의 실시에 사용될 수 있다. 예컨대, 전력 레벨은 연속된 단계들에서 대략 동일한 간격으로 감소될 수 있고, 또는 각 연속된 단계에서 대략 50%로 감소될 수 있다; 그리고 동일하지 않은 시간 간격들을 포함하는 다른 조합들 또한 가능하다. RF 전력 레벨의 더 큰 감소를 위하여, 각 단계동안 더 큰 시간 간격이 바람직할 수 있고, 반면에 더 작은 RF 전력 감소를 위하여, 더 짧은 시간 간격으로 충분할 것이다. 특정 전력 램프 다운 순서에 따라서, 시간 간격은 대략 0.1 내지 30 초의 범위가 되거나, 또는 대략 0.1 내지 10 초의 범위가 될 것이다. 디바이스 손상의 민감성과 처리 생성물과 같은 다양한 요인들은 상기 파라미터들의 선택에 관련된 고려사항이다.

<57> 다른 실시예에서, RF 전력 램프 다운 처리는 연속된 방식으로 실행될 수 있다. 분리된 램프 다운 단계들을 사용하는 종래 실시와는 다르게, 연속한 램프 다운 처리는 임의의 적절한 시간 간격 또는 기간 동안 중간 레벨에서 전력을 유지함이 없이 RF 전력을 작동 전력 레벨에서 영까지 감소시키는 것을 포함한다. 예컨대, 처리 방식에서 전력 종료 단계의 실행에 따라서, RF 전력은 바람직한 기간 내에, 예컨대, 대략 5 내지 30 초 사이, 또는 대략 5 내지 10초 사이에서, 일정한 램프 다운 비율로 영까지 감소되도록, 소프트웨어 루틴은 미리 프로그래밍 될 수 있다.

<58> 본 발명의 실시예를 사용하여 제조된 디바이스는 종래 방식을 사용하여 처리된 디바이스들과 비교하여 감소된 표면 전하의 상당한 개선점을 나타낸다. 예컨대, 실리콘 상에 증착된 대략 1000Å의 TEOS 산화물 층을 갖는 웨

이퍼들은 표면 전하 분포를 위하여 측정된다. 종래 방식을 사용하여 처리된 웨이퍼들은 최소 대략 +0.1V와 최대 대략 +35V 의 표면 전위를 나타내며, 웨이퍼 내의 대략 35V 의 전위차를 유발한다. 통상적으로, 전가 초래한 손상을 피하기 위하여, 대략 2 V 이하의 전위가 바람직하다. 본 발명의 실시예에 따라서 처리된 웨이퍼들은 표면 전위에서, 예컨대, 최소 대략 -6 V 와 최대 대략 2 V 의 전위로, 상당한 개선점을 나타내며, 대략 8 V 의 전위차를 유발한다.

<59> 상기 설명된 실시예에서, 중간 램프 다운 단계를 경유한 RF 전력 종료는 TEOS 흐름의 종료와 동시에(예컨대, 동일 방식 단계 내에서) 수행된다. 그러나, 다른 조합들을 포함하는 다른 변화들 또는 RF 전력 종료의 순서 그리고 TEOS 종료 처리가 또한 가능하다. 예컨대, O<sub>2</sub> 및/또는 He 가스 흐름과 압력을 유지하는 동안, 상기 설명된 RF 전력 램프 다운 처리를 실행하기 전에, 기판 손상은 각각의 증착 후 단계에서 적어도 TEOS 흐름을 종료함으로써 감소될 수 있다. 증착 전력 레벨에서 RF 전력을 유지하는 동안, TEOS 흐름이 단계 4에서 종료되는 방식으로, 종료 순서의 일 예가 표 3에 도시되어 있다. 다음에, RF 전력을 단계 5에서 중간 레벨까지, 예컨대, 대략 300W까지, 램프 다운된다. 통상적으로, TEOS 종료 기간과 RF 전력 램프 다운 단계는 표 2 의 램프 다운 단계에서 사용된 것보다 작거나 대략 같을 수 있다. 기간의 선택은 처리 생성물의 현저한 중간물없이 손상 감소를 효율적인 고려에 자주 기초한다.

&lt;60&gt;

표 3

		TEOS (mg/min.)	O <sub>2</sub> (sccm)	He (sccm)	압력 (Torr)	RF 전력 (W)
1	안정/펌프	0	1000	1000	-	0
2	안정	1000	1000	1000	8	0
3	증착	1000	1000	1000	8	950
4	TEOS 종료	0	1000	1000	8	950
5	램프다운	0	1000	1000	8	300
6		0	-	-	-	0

&lt;61&gt;

삭제

&lt;62&gt;

삭제

&lt;63&gt;

삭제

&lt;64&gt;

삭제

&lt;65&gt;

삭제

&lt;66&gt;

삭제

&lt;67&gt;

삭제

&lt;68&gt;

삭제

&lt;69&gt;

삭제

- <70> 또한 TEOS 종료 단계가 전력 램프 다운 처리의 개시 후에, 예컨대, 복수의 램프 다운 단계 순서 내의 두 개의 전력 램프 다운 단계 사이에, 또는 연속된 램프 다운 동안에, 수행되는 것도 가능하다.
- <71> 증착된 산화물 층 상의 수소(예컨대, TEOS로부터 발생)에 의한 개선을 조력하는, 가스 흐름 처리가 표면 전하의 점진적 소산을 가능하게 하기 때문에 TEOS가 없을 때, O<sub>2</sub> 및/또는 He 가스 흐름은 기판 손상을 최소화하는데 효율적일 수 있다. 따라서, O<sub>2</sub> 및/또는 He 의 처리를 제공하고 TEOS 흐름을 종료함으로써, 전력 램프 다운에 따라, 플라즈마가 초래한 손상은 최소화되거나 피해질 수 있다. 또한 다른 가스 성분, 예컨대, 아르곤(Ar), 질소(N<sub>2</sub>), O<sub>2</sub>, He 그리고 상기 가스 성분들의 다른 조합, 또는 하나가 수소의 제거를 돋던지 아니면 전하 소산을 촉진하던지 간에, 상기 증착 후 처리에 이용된다. 그러나, 통상적으로 처리 가스 성분을 증착 단계의 것과 유사하게 유지하는 것이 바람직하다.
- <72> 비록 본 발명에 따른 몇가지 실시예들이 자세하게 설명되었지만, 당업자들은 본 발명에 따라 많은 다른 실시예들을 용이하게 구현할 수 있다. 예컨대, 여기에 인용된 특정한 공정 파라미터들과 챔버들은 예시적인 목적으로 사용된다. 그것들만으로, 다른 공정 파라미터들과 마찬가지로, 플라즈마 전력 램프 다운 처리에 사용되는 중간 전력 레벨들과 시간 간격들은 특정한 응용의 필요 및/또는 챔버 구성에 따라 적응될 수 있다.

### 발명의 효과

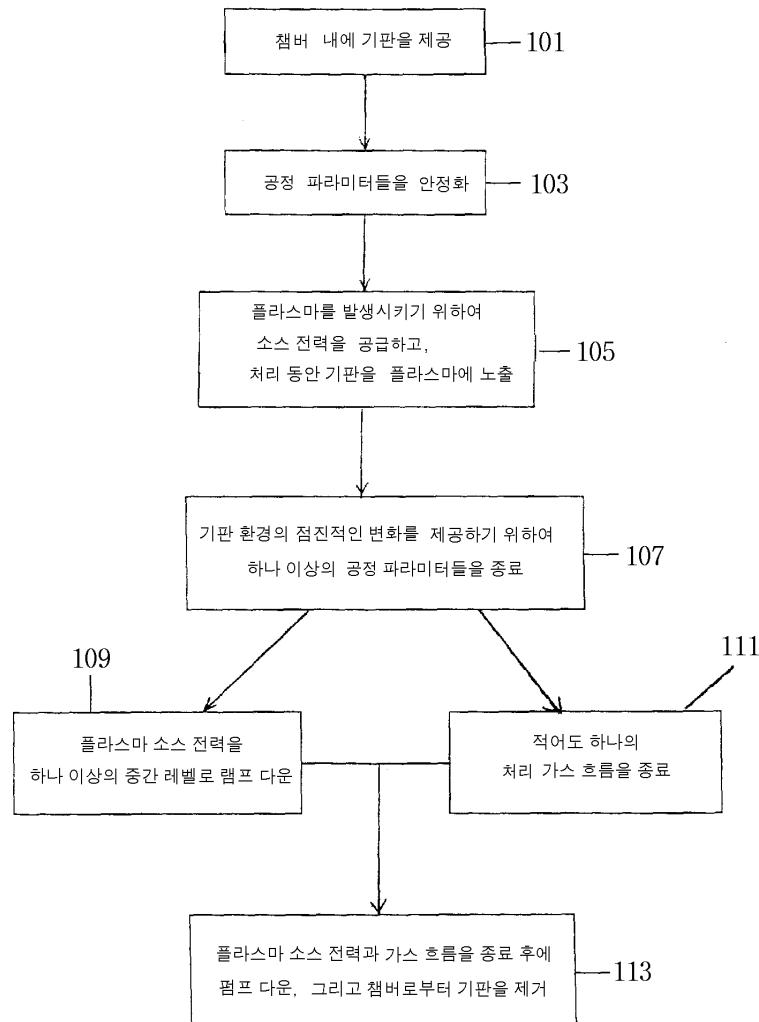
- <73> 본 발명의 방법 및 디바이스는 플라즈마 생성에 사용되는 플라즈마 소스 전력의 증착후 램프 다운을 복수 단계 또는 연속 방식으로 하나 이상의 중간 레벨로 전력을 감소시킴으로써, 증착과 에칭 공정을 포함하는 플라즈마 처리의 결과로 발생할 수 있는 디바이스 손상을 야기하는 기판에서의 플라즈마가 초래한 손상을 감소시킨다.

### 도면의 간단한 설명

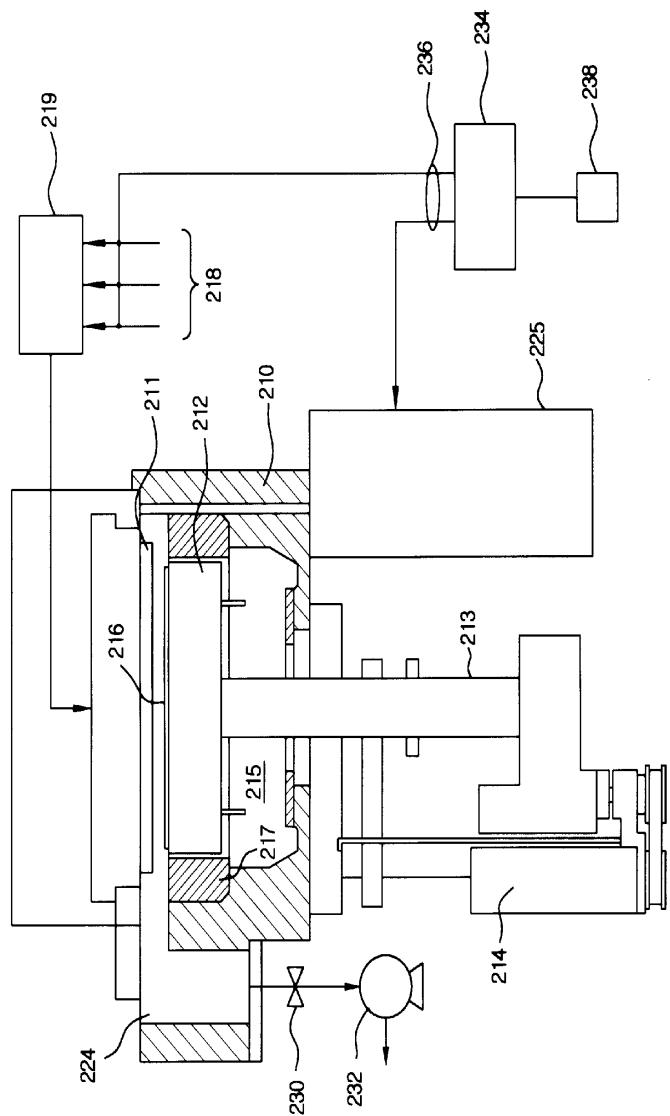
- <1> 본 발명은 첨부된 도면과 함께 상세한 설명에 의하여 더 용이하게 이해될 수 있다.
- <2> 도 1은 본 발명의 실시예를 포함하는 방법을 도시하는 공정 흐름도이다.
- <3> 도 2는 본 발명의 실시예에 적합한 디바이스의 개략적인 도면이다.
- <4> 도 3a-b는 플라즈마 처리를 수행하는 기판의 개략적인 부분 단면도를 도시한다.
- <5> 이해를 돋기위하여, 가능한, 도면에 공통하는 동일 부재를 지시하는 동일 참조 번호가 사용되었다.
- <6> \*도면의 주요부분에 대한 부호의 설명\*
- |     |            |            |
|-----|------------|------------|
| <7> | 210 : 공정챔버 | 211 : 매니폴드 |
| <8> | 216 : 기판   | 306 : 피쳐   |
| <9> | 310 : 플라즈마 |            |

## 도면

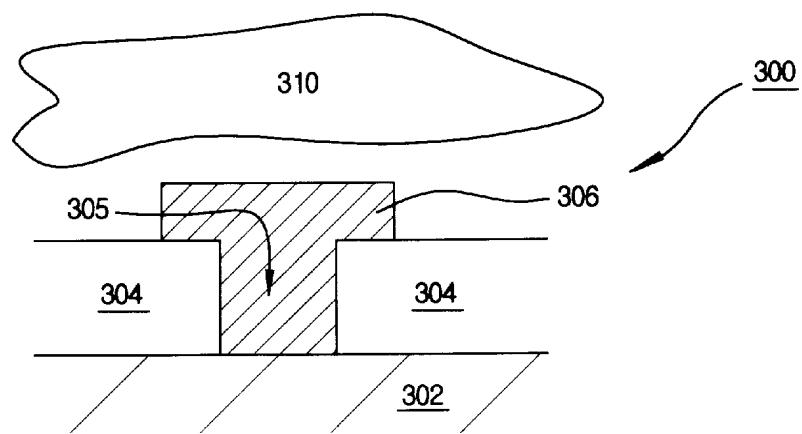
## 도면1



도면2



도면3a



도면3b

