



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 공개특허공보(A)**

(11) 공개번호 10-2023-0044033  
(43) 공개일자 2023년03월31일

- |  |  |
|--|--|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)<br/>H01L 21/02 (2006.01) C23C 16/32 (2006.01)<br/>C23C 16/34 (2006.01) C23C 16/507 (2006.01)<br/>C23C 16/515 (2006.01) H01J 37/32 (2006.01)<br/>H01L 21/762 (2006.01)</p> <p>(52) CPC특허분류<br/>H01L 21/02274 (2013.01)<br/>C23C 16/325 (2013.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2023-7009715(분할)</p> <p>(22) 출원일자(국제) 2019년08월20일<br/>심사청구일자 없음</p> <p>(62) 원출원 특허 10-2021-7010976<br/>원출원일자(국제) 2019년08월20일<br/>심사청구일자 2021년04월13일</p> <p>(85) 번역문제출일자 2023년03월21일</p> <p>(86) 국제출원번호 PCT/US2019/047343</p> <p>(87) 국제공개번호 WO 2020/060712<br/>국제공개일자 2020년03월26일</p> <p>(30) 우선권주장<br/>16/132,837 2018년09월17일 미국(US)</p> | <p>(71) 출원인<br/>어플라이드 머티어리얼스, 인코포레이티드<br/>미국 95054 캘리포니아 산타 클라라 바우어스 애브뉴 3050</p> <p>(72) 발명자<br/>시트라, 마르가브 에스.<br/>미국 94536 캘리포니아 프리몬트 엘리스 커먼 4081<br/>타노스, 제드로<br/>미국 95132 캘리포니아 새너 제이 미들보로 서클 2677<br/>(뒷면에 계속)</p> <p>(74) 대리인<br/>특허법인 남앤남</p> |
|--|--|

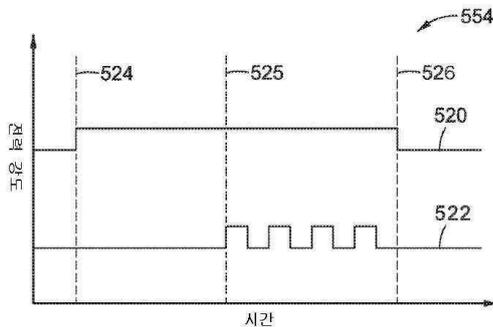
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 유전체 재료를 증착하기 위한 방법들

(57) 요약

본 발명의 실시예들은 반도체 디바이스들을 제조하기 위해 원격 플라즈마 소스 증착과 함께 RF 바이어스 필드들을 사용하여 유전체 재료를 증착하기 위한, 특히 반도체 응용들에서 높은 중횡비들을 갖는 개구들을 채우기 위한 장치 및 방법들을 제공한다. 일 실시예에서, 유전체 재료를 증착하는 방법은, 내부에 기판이 배치된 처리 챔버 내에 가스 혼합물을 제공하는 단계, 원격 플라즈마 소스에서 원격 플라즈마를 형성하고 원격 플라즈마를 처리 챔버에 한정된 내부 처리 영역으로 전달하는 단계, 필드 모드에서 처리 챔버에 RF 바이어스 전력을 인가하는 단계, 및 가스 혼합물 및 원격 플라즈마의 존재 하에 기판 상에 배치된 재료 층에 한정된 개구에 유전체 재료를 형성하는 단계를 포함한다.

대표도



(52) CPC특허분류

*C23C 16/345* (2013.01)

*C23C 16/507* (2013.01)

*C23C 16/515* (2013.01)

*H01J 37/32357* (2013.01)

*H01L 21/02167* (2013.01)

*H01L 21/0217* (2013.01)

*H01L 21/76224* (2013.01)

(72) 발명자

**리, 징이**

미국 95126 캘리포니아 새너 제이 새들 레크 스트

리트 1390 아파트먼트 444

**부흐버거, 더글라스 에이. 주니어**

미국 94550 캘리포니아 리버모어 빈티지 레인 2076

**후아, 종 치앙**

미국 5070 캘리포니아 사라토가 킹 코트 18026

**네마니, 스리니바스 디.**

미국 94087 캘리포니아 쉐니베일 페른 릿지 코트  
504

**이에, 엘리 와이.**

미국 95138 캘리포니아 새너 제이 피스토이아 웨이  
5888

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

내부에 기관이 배치된 처리 챔버 내에 가스 혼합물을 제공하는 단계;

원격 플라즈마 소스에서 원격 플라즈마를 형성하고 상기 원격 플라즈마를 상기 처리 챔버에 한정된 내부 처리 영역으로 전달하는 단계;

펄스 모드에서 상기 처리 챔버에 RF 바이어스 전력을 인가하는 단계; 및

상기 가스 혼합물 및 상기 원격 플라즈마의 존재 하에 상기 기관 상에 배치된 재료 층에 한정된 개구에 유전체 재료를 형성하는 단계를 포함하는,

유전체 재료를 증착하는 방법.

#### 청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 원격 플라즈마는 상기 처리 챔버에 상기 RF 바이어스 전력을 인가하기 전에 형성되는,

유전체 재료를 증착하는 방법.

#### 청구항 3

제1 항에 있어서,

상기 RF 바이어스 전력을 인가하는 것과 함께 상기 원격 플라즈마를 형성하는 단계를 더 포함하는,

유전체 재료를 증착하는 방법.

#### 청구항 4

제1 항에 있어서,

상기 원격 플라즈마를 형성하는 것은,

미리 결정된 시간 기간 동안 상기 원격 플라즈마를 형성하는 것; 및

상기 RF 바이어스 전력을 인가하기 전에 상기 원격 플라즈마를 종료하는 것을 더 포함하는,

유전체 재료를 증착하는 방법.

#### 청구항 5

제1 항에 있어서,

상기 가스 혼합물은 상기 처리 챔버의 측면을 통해 상기 내부 처리 영역으로 공급되는 제1 가스를 포함하는,

유전체 재료를 증착하는 방법.

#### 청구항 6

제5 항에 있어서,

상기 제1 가스는 실리콘 함유 가스를 포함하는,

유전체 재료를 증착하는 방법.

#### 청구항 7

제1 항에 있어서,  
상기 가스 혼합물은 상기 원격 플라즈마 소스를 통해 상기 내부 처리 영역으로 공급되는 제2 가스를 포함하는,  
유전체 재료를 증착하는 방법.

#### 청구항 8

제7 항에 있어서,  
상기 원격 플라즈마는 상기 가스 혼합물로부터의 상기 제2 가스의 존재 하에 상기 원격 플라즈마 소스에서 형성되는,  
유전체 재료를 증착하는 방법.

#### 청구항 9

제8 항에 있어서,  
상기 제2 가스는 질소 함유 가스, 불활성 가스, 탄소 함유 가스 및 산소 함유 가스로 구성된 그룹으로부터 선택되는,  
유전체 재료를 증착하는 방법.

#### 청구항 10

제9 항에 있어서,  
상기 제2 가스는 Ar, He, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, 및 이들의 조합들 중 적어도 하나를 포함하는,  
유전체 재료를 증착하는 방법.

#### 청구항 11

제4 항에 있어서,  
상기 기관 상에 형성된 유전체 재료는 실리콘 질화물 층인,  
유전체 재료를 증착하는 방법.

#### 청구항 12

제3 항에 있어서,  
상기 기관 상에 형성된 유전체 재료는 실리콘 탄화물 층인,  
유전체 재료를 증착하는 방법.

#### 청구항 13

제1 항에 있어서,  
기관 온도를 약 -20℃ 내지 약 200℃로 유지하는 단계를 더 포함하는,  
유전체 재료를 증착하는 방법.

#### 청구항 14

제1 항에 있어서,  
상기 RF 바이어스 전력은 상기 펄스 모드에서 약 210마이크로초 내지 약 100밀리초의 지속기간에 인가되는,  
유전체 재료를 증착하는 방법.

#### 청구항 15

제1 항에 있어서,  
 상기 RF 바이어스 전력은 약 2MHz의 RF 주파수를 갖는,  
 유전체 재료를 증착하는 방법.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] [0001] 본 발명의 실시예들은 일반적으로 증착 중에 RF 바이어스 펄스 제어를 사용하여 유전체 재료를 증착하기 위한 방법들에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 반도체 응용들에서 증착 중에 RF 바이어스 펄스들과 함께 원격 플라즈마 제어를 사용하여 유전체 재료를 증착하기 위한 방법들에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] [0002] 1/2 미크론 이하 및 더 작은 피치들을 신뢰성 있게 생산하는 것은 반도체 디바이스들의 차세대 VLSI(very large scale integration) 및 ULSI(ultra large-scale integration)에 대한 핵심 기술 과제들 중 하나이다. 그러나 회로 기술이 한계들에 부딪힘에 따라, VLSI 및 ULSI 상호 연결 기술의 축소 치수들은 처리 능력들에 추가 요구들을 부과하였다. 기판 상의 게이트 구조들의 신뢰성 있는 형성은 VLSI 및 ULSI 성공에 그리고 개개의 기판들 및 다이의 회로 밀도 및 품질을 향상시키기 위한 지속적인 노력에 중요하다.

[0003] [0003] 포토레지스트 층과 같은 패터닝된 마스크는 일반적으로 에칭 프로세스에 의해 기판 상에 게이트 구조, STI(shallow trench isolation), 바이트 라인들 등과 같은 구조들을 형성하는 데 사용된다. 패터닝된 마스크는 종래 방식으로는 리소그래피 프로세스를 사용하여 원하는 임계 치수들을 갖는 패턴을 포토레지스트 층에 광학적으로 전사함으로써 제작된다. 그런 다음, 포토레지스트 층이 현상되어 포토레지스트의 원하지 않는 부분을 제거함으로써, 나머지 포토레지스트에 개구들을 생성한다.

[0004] [0004] 차세대 디바이스들 및 구조들의 제작을 가능하게 하기 위해, 트랜지스터들의 성능을 향상시키는 데 반도체 칩들의 3D(three dimensional) 적층이 흔히 이용된다. 종래의 2차원 대신 3차원으로 트랜지스터들을 배열함으로써, 다수의 트랜지스터들이 서로 매우 가깝게 IC(integrated circuit)들에 배치될 수 있다. 반도체 칩들의 3D(three dimensional) 적층은 배선 길이들을 줄이고 배선 지연을 낮게 유지한다. 트랜치들의 폭이 계속 축소됨에 따라, 반도체 칩들의 적층을 위해 종횡비(깊이를 폭으로 나눈 값)가 계속 증가한다. 고종횡비 트랜치들의 제조와 관련된 한 가지 과제는 트랜치들에 유전체 재료를 증착하는 동안 공극들의 형성을 피하는 것이다.

[0005] [0005] 트랜치를 채우기 위해, 실리콘 산화물과 같은 유전체 재료 층이 증착된다. 유전체 층은 통상적으로 트랜치의 벽들과 바닥뿐만 아니라 필드를 덮는다. 트랜치가 넓고 얇다면, 트랜치를 완전히 채우기가 상대적으로 쉽다. 그러나 트랜치 종횡비가 증가함에 따라, 트랜치의 개구가 "핀치오프(pinch off)" 되어, 트랜치 내에 공극(예컨대, 결함들)을 형성할 가능성이 더 높아진다.

[0006] [0006] 트랜치 내에 공극을 형성하거나 트랜치 내에서 경계선(seam)들을 형성할 가능성을 줄이기 위해, 최소 결함들로 트랜치를 유전체 재료들로 채우도록 많은 다양한 프로세스 기법들이 개발되었다. 증착 프로세스 중에 열등한 프로세스 제어는 불규칙한 구조 프로파일들 또는 트랜치의 조기 폐쇄를 야기하여, 트랜치를 유전체 재료들로 채우는 동안 트랜치에 공극들 또는 에어 갭을 야기할 것이다.

[0007] [0007] 따라서 최소 결함들로 원하는 프로파일들을 가진 트랜치에 유전체 재료들을 형성하기 위한 증착 프로세스들의 개선들에 대한 필요성이 존재한다.

**발명의 내용**

[0008] [0008] 본 발명의 실시예들은 반도체 디바이스들을 제조하기 위해 원격 플라즈마 소스 증착과 함께 RF 바이어스 펄스들을 사용하여 유전체 재료를 증착하기 위한, 특히 반도체 응용들에서 높은 종횡비들을 갖는 개구들을 채우기 위한 장치 및 방법들을 제공한다. 일 실시예에서, 유전체 재료를 증착하는 방법은, 내부에 기판이 배치된 처리 챔버 내에 가스 혼합물을 제공하는 단계, 원격 플라즈마 소스에서 원격 플라즈마를 형성하고 원격 플라즈마를 처리 챔버에 한정된 내부 처리 영역으로 전달하는 단계, 펄스 모드에서 처리 챔버에 RF 바이어스 전력을 인가하는 단계, 및 가스 혼합물 및 원격 플라즈마의 존재 하에 기판 상에 배치된 재료 층에 한정된 개구에 유전체 재료를 형성하는 단계를 포함한다.

[0009] [0009] 다른 실시예에서, 유전체 재료를 형성하기 위한 방법은, 원격 플라즈마 소스로부터 원격 플라즈마를 형성하고 원격 플라즈마를 처리 챔버의 내부 처리 영역으로 전달하는 단계, 처리 챔버 내에 배치된 기관 지지 부재에 RF 바이어스 전력을 인가하는 단계, 기관 온도를 약 -20℃ 내지 약 200℃로 유지하는 단계, 및 기관 상에 배치된 재료 층에 한정된 개구에 유전체 재료를 형성하는 단계를 포함한다.

[0010] [0010] 또 다른 실시예에서, 유전체 재료를 형성하기 위한 방법은, 기관이 배치되는 처리 챔버의 내부 처리 영역에 공급되는 펄스 모드의 RF 바이어스 전력 및 원격 플라즈마로부터 형성된 유전체 재료에 의해 기관 상에서 5:1보다 높은 중형비를 갖는 개구를 채우는 단계를 포함한다.

**도면의 간단한 설명**

[0011] [0011] 본 발명의 상기 열거된 특징들이 상세히 이해될 수 있는 방식으로 앞서 간략히 요약된 본 발명의 보다 구체적인 설명이 실시예들을 참조로 하여 이루어질 수 있는데, 이러한 실시예들의 일부는 첨부된 도면들에 예시되어 있다. 그러나 첨부된 도면들은 본 발명의 단지 전형적인 실시예들을 도시하는 것이므로 본 발명의 범위를 제한하는 것으로 간주되지 않아야 한다는 것이 주목되어야 하는데, 이는 본 발명이 다른 균등하게 유효한 실시예들을 허용할 수 있기 때문이다.

[0012] 도 1은 본 개시내용의 어떤 실시예에 따른 증착 프로세스를 수행하는 데 이용되는 장치를 도시한다.

[0013] 도 2는 도 1의 장치를 포함하는 처리 툴의 일 실시예의 평면도(top plan view)를 도시한다.

[0014] 도 3은 본 개시내용의 일 실시예를 포함하는 유전체 재료를 형성하기 위한 방법을 예시하는 프로세스 흐름도이다.

[0016] 도 4a - 도 4b는 본 개시내용의 어떤 실시예에 따른 유전체 재료를 증착하기 위한 시퀀스의 일 실시예를 도시한다.

[0017] 도 5a - 도 5c는 본 개시내용의 어떤 실시예에 따라, 도 3의 증착 프로세스 동안 이용된 원격 플라즈마 소스 전력 및 RF 바이어스 전력 제어의 서로 다른 실시예들을 도시한다.

[0018] 이해를 용이하게 하기 위해, 도면들에 대해 공통인 동일한 엘리먼트(element)들을 가리키는 데, 가능한 경우, 동일한 참조 부호들이 사용되었다. 한 실시예의 엘리먼트들 및 특징들은 추가 언급 없이 다른 실시예들에 유리하게 포함될 수 있다는 것이 고려된다.

[0019] 그러나 첨부된 도면들은 본 발명의 단지 예시적인 실시예들을 예시하는 것이므로 본 발명의 범위를 제한하는 것으로 간주되지 않아야 한다는 것이 주목되어야 하는데, 이는 본 발명이 다른 균등하게 유효한 실시예들을 허용할 수 있기 때문이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0012] [0020] 본 발명은 반도체 디바이스들을 위해, 특히 반도체 칩들의 3D(three dimensional) 적층을 위해, 높은 중형비들을 갖는 트렌치에 유전체 재료를 증착하기 위한 방법들을 제공한다. 일 실시예에서, 증착 프로세스는 기관이 배치되는 기관 지지 어셈블리에 공급되는 펄스 모드의 RF 바이어스 전력과 함께 원격 플라즈마를 사용할 수 있다. 증착 프로세스는 챔버 내 RF 소스 전력 발생 없이 수행된다. 원격으로 생성된 원격 플라즈마 및 펄스형 RF 바이어스 전력은 기관으로부터 트렌치에 채우는 유전체 재료에 대해 양호한 겹 충전 능력을 제공하도록 필요에 따라 동시에, 교대로 또는 순차적으로 처리 챔버의 내부 처리 영역에 공급될 수 있다.

[0013] [0021] 도 1은 반도체 응용들을 위해, 특히 양호한 가스 충전 능력으로 유전체 재료를 증착할 수 있는 증착 프로세스를 수행하기 위한 처리 챔버(100)의 단면도이다. 본 명세서에 개시된 교시들과 함께 사용하도록 구성될 수 있는 적합한 처리 챔버들은 예를 들어, California, Santa Clara 소재의 Applied Materials, Inc.로부터 입수할 수 있는 HDP-PRODUCER<sup>®</sup> 또는 C3<sup>®</sup> 처리 챔버를 포함할 수 있다. 처리 챔버(100)는 우수한 마스크 트리밍 및 구조 재성형 프로세스를 가능하게 하는 복수의 특징들을 포함하는 것으로 도시되지만, 다른 처리 챔버들이 본 명세서에 개시된 본 발명의 특징들 중 하나 이상으로부터 이익을 얻도록 구성될 수 있다는 점이 고려된다.

[0014] [0022] 처리 챔버(100)는 처리 챔버 본체(102) 및 처리 챔버 본체(102)에 결합된 원격 플라즈마 소스(104)를 포함한다. 원격 플라즈마 소스(104)는 라디칼들을 생성할 수 있는 임의의 적절한 소스일 수 있다. 원격 플라즈마 소스(104)는 RF(radio frequency) 또는 VHRF(very high radio frequency) CCP(capacitively coupled plasma) 소스, ICP(inductively coupled plasma) 소스, MW(microwave induced) 플라즈마 소스, ECR(electron

cyclotron resonance) 챔버 또는 HDP(high density plasma) 챔버와 같은 원격 플라즈마 소스일 수 있다. 원격 플라즈마 소스(104)는 하나 이상의 가스 소스들(106)을 포함할 수 있고, 원격 플라즈마 소스(104)는 라디칼 도관(108)에 의해 처리 챔버(100)에 결합될 수 있다. 라디칼 형성 가스들일 수 있는 하나 이상의 프로세스 가스들이 하나 이상의 가스 소스들(106)을 통해 원격 플라즈마 소스(104)에 들어갈 수 있다. 하나 이상의 프로세스 가스들은 염소 함유 가스, 불소 함유 가스, 불활성 가스, 산소 함유 가스, 질소 함유 가스, 수소 함유 가스, 또는 이들의 임의의 조합을 포함할 수 있다. 원격 플라즈마 소스(104)에서 생성된 라디칼들은 처리 챔버(100)에 결합된 라디칼 도관(108)을 통해 처리 챔버(100) 내로 이동하여, 처리 챔버(100)에 한정된 내부 처리 영역(151)에 도달한다.

[0015] [0023] 라디칼 도관(108)은 라디칼 공동(110), 상판(114), 덮개 테두리(116) 및 샤워헤드(118)를 또한 포함하는 덮개 어셈블리(112)의 일부이다. 라디칼 도관(108)은 실질적으로 라디칼들에 반응하지 않는 재료를 포함할 수 있다. 예를 들어, 라디칼 도관(108)은 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 사파이어, AlN, Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO 중 하나 이상을 함유하는 세라믹들, AlN, SiO<sub>2</sub>, Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, 양극산화된 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 사파이어 또는 플라스틱들을 포함할 수 있다. 적합한 SiO<sub>2</sub> 재료의 대표적인 예는 석영이다. 라디칼 도관(108)은 라디칼 도관 지지 부재(120) 내에 배치되며 라디칼 도관 지지 부재(120)에 의해 지지될 수 있다. 라디칼 도관 지지 부재(120)는 덮개 테두리(116) 위에 안착되는 상판(114) 상에 배치될 수 있다.

[0016] [0024] 라디칼 공동(110)은 라디칼 도관(108) 아래에 포지셔닝되어 라디칼 도관(108)에 결합되고, 원격 플라즈마 소스(104)에서 생성된 라디칼들은 라디칼 도관(108)을 통해 라디칼 공동(110)으로 이동한다. 라디칼 공동(110)은 상판(114), 덮개 테두리(116) 및 샤워헤드(118)에 의해 한정된다. 선택적으로, 라디칼 공동(110)은 라이너(liner)(122)를 포함할 수 있다. 라이너(122)는 라디칼 공동(110)에 노출되는 상판(114) 및 덮개 테두리(116)의 표면들을 덮을 수 있다. 원격 플라즈마 소스(104)로부터의 라디칼들은 샤워헤드(118)에 배치된 복수의 튜브들(124)을 통과하여 내부 처리 영역(151) 내로 들어간다. 샤워헤드(118)는 복수의 튜브들(124)보다 직경이 더 작은 복수의 개구들(126)을 더 포함한다. 복수의 개구들(126)은 복수의 튜브들(124)과 유체 연통하지 않는 (도시되지 않은) 내부 용적에 연결된다. 유체 혼합물을 처리 챔버(100)의 내부 처리 영역(151) 내에 도입하기 위해 하나 이상의 유체 소스들(119)이 샤워헤드(118)에 결합될 수 있다. 유체 혼합물은 전구체, 포로젠(porogen) 및/또는 캐리어 유체들을 포함할 수 있다. 유체 혼합물은 가스들과 액체들의 혼합물일 수 있다.

[0017] [0025] 처리 챔버(100)는 덮개 어셈블리(112), 챔버 본체(130) 및 기관 지지 어셈블리(132)를 포함할 수 있다. 기관 지지 어셈블리(132)는 적어도 부분적으로는 챔버 본체(130) 내에 배치될 수 있다. 챔버 본체(130)는 처리 챔버(100)의 내부로의 접근을 제공할 슬릿 밸브(135)를 포함할 수 있다. 챔버 본체(130)는 챔버 본체(130)의 내부 표면을 덮는 라이너(134)를 포함할 수 있다. 라이너(134)는, 라이너(134) 내에 형성되어 진공 시스템(140)과 유체 연통하는 펌핑 채널(138) 및 하나 이상의 애퍼처들(136)을 포함할 수 있다. 애퍼처들(136)은 펌핑 채널(138)로의 가스들에 대한 유동 경로를 제공하는데, 이는 처리 챔버(100) 내의 가스들에 대한 출구를 제공한다.

[0018] [0026] 진공 시스템(140)은 진공 포트(142), 밸브(144) 및 진공 펌프(146)를 포함할 수 있다. 진공 펌프(146)는 진공 포트(142)를 통해 펌핑 채널(138)과 유체 연통한다. 애퍼처들(136)은 펌핑 채널(138)이 챔버 본체(130) 내의 내부 처리 영역(151)과 유체 연통할 수 있게 한다. 내부 처리 영역(151)은 샤워헤드(118)의 하부 표면(148) 및 기관 지지 어셈블리(132)의 상부 표면(150)에 의해 한정되고, 내부 처리 영역(151)은 라이너(134)로 둘러싸인다.

[0019] [0027] 기관 지지 어셈블리(132)는 챔버 본체(130) 내에서 처리하기 위한 (도시되지 않은) 기관을 지지할 기관 지지 부재(152)를 포함할 수 있다. 기관은 예를 들어, 300mm와 같은 임의의 표준 웨이퍼 크기일 수 있다. 대안으로, 기관은 300mm보다 클 수 있는데, 이를테면 450mm 이상일 수 있다. 기관 지지 부재(152)는 작동 온도에 따라 알루미늄 질화물(AlN) 또는 알루미늄을 포함할 수 있다. 기관 지지 부재(152)는 기관을 기관 지지 부재(152)에 척킹하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 기관 지지 부재(152)는 정전 척 또는 진공 척일 수 있다.

[0020] [0028] 기관 지지 부재(152)는 챔버 본체(130)의 바닥면에 형성된 중앙에 위치한 개구(158)를 통해 연장되는 샤프트(156)를 통해 리프트 메커니즘(154)에 결합될 수 있다. 리프트 메커니즘(154)은 샤프트(156) 주위로부터의 진공 누설을 막는 벨로우즈(bellows)(160)에 의해 챔버 본체(130)에 유연하게 밀폐될 수 있다. 리프트 메커니즘(154)은 기관 지지 부재(152)가 챔버 본체(130) 내에서 프로세스 포지션과 하부 이송 포지션 간에 수직으로 이동될 수 있게 한다. 이송 포지션은 슬릿 밸브(135)의 개구 약간 아래에 있다. 작동 중에, 기관 표면에서 라디칼 플럭스를 최대화하기 위해 기관(301)과 샤워헤드(118) 간의 간격이 최소화될 수 있다. 예를 들어, 간격이

약 100mm 내지 약 5,000mm일 수 있다. 리프트 메커니즘(154)은 샤프트(156)를 회전시키는 것이 가능할 수 있으며, 이는 결국 기관 지지 부재(152)를 회전시켜, 기관 지지 부재(152) 상에 배치된 기관이 작동 중에 회전되게 한다.

- [0021] [0029] 하나 이상의 가열 엘리먼트들(162) 및 냉각 채널(164)이 기관 지지 부재(152)에 매립될 수 있다. 가열 엘리먼트들(162) 및 냉각 채널(164)은 작동 중에 기관의 온도를 제어하는 데 사용될 수 있다. 가열 엘리먼트들(162)은 하나 이상의 저항성 가열 엘리먼트들과 같은 임의의 적절한 가열 엘리먼트들일 수 있다. 가열 엘리먼트들(162)은 (도시되지 않은) 하나 이상의 전원들에 연결될 수 있다. 가열 엘리먼트들(162)은 다중 구역 가열 또는 냉각에 대해 독립적인 가열 및/또는 냉각 제어를 하도록 개별적으로 제어될 수 있다. 다중 구역 가열 및 냉각에 대해 독립적인 제어를 하는 능력을 통해, 임의의 부여된 프로세스 조건들에서 기관 온도 프로파일이 향상될 수 있다. 냉각수가 냉각 채널(164)을 통해 유동하여 기관을 냉각시킬 수 있다. 기관 지지 부재(152)는 기관의 후면으로 냉각 가스를 유동시키기 위해 상부 표면(150)으로 연장되는 가스 통로들을 더 포함할 수 있다.
- [0022] [0030] RF 소스 전력(143)이 RF 소스 전력 정합 박스(147)를 통해 샤워헤드(118)에 결합될 수 있다. RF 소스 전력(143)은 저주파, 고주파 또는 초고주파일 수 있다. 일 실시예에서, RF 소스 전력(143)은 고밀도 막 층들을 증착하기 위해 고밀도 플라즈마를 생성할 수 있는 고주파 RF 생성기이다. 일례로, RF 소스 전력(143)은 기관 지지 부재(152) 위의 내부 처리 영역(151)에서 생성된 ICP(inductive coupled plasma)를 생성하고 제어할 수 있는 유도 결합 RF 에너지 송신 디바이스의 역할을 할 수 있다. ICP(inductive coupled plasma)를 생성할 때, RF 소스 전력 정합 박스(147)로부터의 동적 임피던스 정합이 제공될 수 있다.
- [0023] [0031] RF 소스 전력(143)에 추가하여, RF 바이어스 전원(145)이 기관 지지 부재(152)에 결합될 수 있다. 기관 지지 부재(152)는 캐소드로서 구성되며, RF 바이어스 전원(145)에 결합되는 전극(163)을 포함한다. RF 바이어스 전원(145)은 기관 지지 부재(152)에 배치된 전극(163)과 챔버 본체(130)의 샤워헤드(118) 또는 천장(상판(114))과 같은 다른 전극 사이에 결합된다. RF 바이어스 전원(145)으로부터 발생된 RF 바이어스 전력은 챔버 본체(130)의 내부 처리 영역(151)에 배치된 가스들로부터 형성된 플라즈마 방전을 여기시키고 지속시킨다.
- [0024] [0032] 한 동작 모드에서, 기관(301)은 처리 챔버(100) 내의 기관 지지 부재(152) 상에 배치된다. 프로세스 가스 및/또는 가스 혼합물이 가스 소스들(106)로부터 샤워헤드(118)를 통해 챔버 본체(130) 내에 도입된다. 진공 펌프(146)는 증착 부산물들을 제거하면서 챔버 본체(130) 내부의 압력을 유지한다.
- [0025] [0033] 제어기(170)는 처리 챔버(100)에 결합되어 처리 챔버(100)의 동작을 제어한다. 제어기(170)는 CPU(central processing unit)(172), 메모리(174), 및 프로세스 시퀀스를 제어하고 가스 소스들(106)로부터의 가스 유동들을 조절하는 데 이용되는 지원 회로(176)를 포함한다. CPU(172)는 산업 환경에서 사용될 수 있는 범용 컴퓨터 프로세서의 임의의 형태일 수 있다. 소프트웨어 루틴들이 메모리(174), 이를테면 랜덤 액세스 메모리, 판독 전용 메모리, 플래시 또는 하드 디스크 드라이브, 또는 다른 형태의 디지털 저장소에 저장될 수 있다. 지원 회로(176)는 종래 방식으로 CPU(172)에 결합되며, 캐시, 클럭 회로들, 입력/출력 시스템들, 전원 공급 장치들 등을 포함할 수 있다. 처리 챔버(100)의 다양한 컴포넌트들과 제어기(170) 간의 양방향 통신들은 다수의 신호 케이블들을 통해 처리된다.
- [0026] [0034] 도 2는 도 1에 예시된 처리 챔버들(100) 중 하나 이상을 포함하는 예시적인 처리 시스템(200)의 개략적인 평면도이며, 처리 시스템(200) 내에 처리 챔버들이 통합 및 포함된다. 일 실시예에서, 처리 시스템(200)은 California, Santa Clara 소재의 Applied Materials, Inc.로부터 상업적으로 입수할 수 있는 CENTURA<sup>®</sup> 통합 처리 시스템일 수 있다. (다른 제조업체들로부터의 처리 시스템들을 포함하는) 다른 처리 시스템들이 본 개시내용으로부터 이익을 얻도록 구성될 수 있다는 점이 고려된다.
- [0027] [0035] 시스템(200)은 진공 밀폐 처리 플랫폼(204), 팩토리 인터페이스(202) 및 시스템 제어기(244)를 포함한다. 처리 플랫폼(204)은 적어도 하나의 처리 챔버(100), 이를테면 도 1에 도시된 처리 챔버들(100) 중 하나, 복수의 처리 챔버들(201, 228, 220, 210), 및 진공 기관 이송 챔버(236)에 결합되는 적어도 하나의 로드락 챔버(222)를 포함한다. 도 2에는 2개의 로드락 챔버들(222)이 도시된다. 팩토리 인터페이스(202)는 로드락 챔버들(222)에 의해 이송 챔버(236)에 결합된다.
- [0028] [0036] 일 실시예에서, 팩토리 인터페이스(202)는 기관들의 이송을 가능하게 하도록 적어도 하나의 도킹 스테이션(208) 및 적어도 하나의 팩토리 인터페이스 로봇(214)을 포함한다. 도킹 스테이션(208)은 하나 이상의 FOUF(front opening unified pod)를 받아들일도록 구성된다. 도 2의 실시예에서는 2개의 FOUF들(206A-B)이 도시된다. 팩토리 인터페이스 로봇(214) - 로봇(214)의 한 단부에 블레이드(216)가 배치됨 - 은 기관을 처리하기

위해 팩토리 인터페이스(202)로부터 로드락 챔버들(222)을 통해 처리 플랫폼(204)으로 이송하도록 구성된다. 선택적으로, 하나 이상의 처리 챔버들(100, 201, 210, 220, 228)은 팩토리 인터페이스(202)의 터미널(226)에 연결되어 FOUF들(206A-B)로부터의 기관의 처리를 가능하게 할 수 있다.

- [0029] [0037] 로드락 챔버들(222) 각각은 팩토리 인터페이스(202)에 결합된 제1 포트 및 이송 챔버(236)에 결합된 제2 포트를 갖는다. 로드락 챔버들(222)은 (도시되지 않은) 압력 제어 시스템에 결합되는데, 압력 제어 시스템은 이송 챔버(236)의 진공 환경과 팩토리 인터페이스(202)의 실질적으로 주위(예컨대, 대기) 환경 사이에서 기관을 통과시키는 것을 가능하게 하도록 로드락 챔버들(222)을 펌프 다운(pump down)하고 통기시킨다.
- [0030] [0038] 이송 챔버(236) 내에는 진공 로봇(230)이 배치된다. 진공 로봇(230)은 로드락 챔버들(222), 증착 챔버(100), 처리 챔버(201) 및 처리 챔버들(201, 210, 220, 228) 사이에서 기관들(301)을 이송할 수 있는 블레이드(234)를 갖는다.
- [0031] [0039] 시스템(200)의 일 실시예에서, 시스템(200)은 도 1에 도시된 (HDP(high density plasma) 챔버와 같은) 처리 챔버(100) 및 다른 처리 챔버들(201, 210, 220, 228)을 포함할 수 있는데, 이러한 챔버들은 증착 챔버, 에칭 챔버, 열 처리 챔버, 또는 반도체 디바이스들의 트렌치에 채워질 양호한 깎 충전 능력을 가진 유전체 재료를 형성하는 것을 도울 수 있는 다른 유사한 타입의 반도체 처리 챔버일 수 있다.
- [0032] [0040] 시스템 제어기(244)는 처리 시스템(200)에 결합된다. 컴퓨팅 디바이스(241)를 포함할 수 있거나 컴퓨팅 디바이스(241) 내에 포함될 수 있는 시스템 제어기(244)는 시스템(200)의 처리 챔버들(100, 201, 210, 220, 228)의 직접 제어를 사용하여 처리 시스템(200)의 동작을 제어한다. 대안으로, 시스템 제어기(244)는 처리 챔버들(100, 201, 210, 220, 228) 및 시스템(200)과 연관된 컴퓨터들(또는 제어기들)을 제어할 수 있다. 작동 시, 시스템 제어기(244)는 또한 시스템(200)의 성능을 최적화하도록 각각의 챔버들 및 처리 챔버들(100)로부터의 데이터 수집 및 피드백을 가능하게 한다.
- [0033] [0041] 위에서 설명한 제어기(170)와 매우 유사한 시스템 제어기(244)는 일반적으로 CPU(central processing unit)(238), 메모리(240) 및 지원 회로들(242)을 포함한다. CPU(238)는 산업 환경에서 사용될 수 있는 범용 컴퓨터 프로세서의 임의의 형태 중 하나일 수 있다. 지원 회로들(242)은 관행대로 CPU(238)에 결합되며, 캐시, 클럭 회로들, 입력/출력 서브시스템들, 전원 공급 장치들 등을 포함할 수 있다. 소프트웨어 루틴들은 CPU(238)를 특수 목적 컴퓨터(제어기)(244)로 변환한다. 소프트웨어 루틴들은 또한, 시스템(200)으로부터 원격 위치된 (도시되지 않은) 제2 제어기에 의해 저장 및/또는 실행될 수 있다.
- [0034] [0042] 도 3은 챔버(100) 또는 다른 적절한 처리 챔버에서 실시될 수 있는 증착 프로세스(300)의 일 실시예의 흐름도이다. 도 4a - 도 4b는 증착 프로세스(300)의 다양한 스테이지들에 대응하는 복합 기관의 일부의 개략적인 단면도들이다. 이 프로세스(300)는 구조들을 위해, 반도체 디바이스들을 위해, 특히 반도체 메모리의 3D(three dimensional) 적층을 위해, 예컨대 5:1보다 높은 고종횡비 피쳐들을 형성하는 데 이용될 수 있다. 대안으로, 이 프로세스(300)는 다른 타입들의 구조들을 에칭하는 데 유리하게 이용될 수 있다.
- [0035] [0043] 프로세스(300)는 동작(302)에서, 도 1에 도시된 증착 챔버(100)와 같은 증착 프로세스 챔버에 기관(301)과 같은 기관을 이송(즉, 제공)함으로써 시작된다. 기관(301)은 실질적으로 평평한 표면, 고르지 않은 표면, 또는 그 위에 구조가 형성되는 실질적으로 평평한 표면을 가질 수 있다. 도 4a에 도시된 실시예에서, 기관(301)은 계면 층(402) 상에 배치된 패터닝된 재료 층(404)을 갖는다. 일 실시예에서, 패터닝된 재료 층(404)은 그 내부에 형성된 개구들(408)을 포함한다. 패터닝된 재료 층(404)은 프론트 엔드 또는 백 엔드 프로세스들에서의 게이트 구조, 접착 구조, 상호 연결 구조, 또는 필요에 따라 임의의 적절한 구조들을 형성하는 데 이용될 수 있다. 일 실시예에서, 패터닝된 재료 층(404)에 대해 이 프로세스(300)가 수행되어, 패터닝된 재료 층(404) 내에 접착 구조를 형성할 수 있다. 기관(301)은 결정질 실리콘(예컨대, Si<100> 또는 Si<111>), 실리콘 산화물, 변형 실리콘, 실리콘 게르마늄, 도핑 또는 비도핑 폴리실리콘, 도핑 또는 비도핑 실리콘 웨이퍼들 및 패터닝된 또는 패터닝되지 않은 웨이퍼들인 SOI(silicon on insulator), 탄소 도핑 실리콘 산화물들, 실리콘 질화물, 도핑 실리콘, 게르마늄, 갈륨 비화물, 유리, 사파이어와 같은 재료일 수 있다. 기관(301)은 200mm, 300mm, 450mm 또는 다른 직경의 웨이퍼들과 같은 다양한 치수들뿐만 아니라 직사각형 또는 정사각형 패들들을 가질 수 있다. 달리 언급되지 않는 한, 본 명세서에서 설명되는 실시예들 및 예들은 200mm 직경, 300mm 직경 또는 450mm 직경의 기관을 갖는 기관들에 대해 수행된다. SOI 구조가 기관(301)에 이용되는 실시예에서, 기관(301)은 실리콘 결정질 기관 상에 배치된 매립 유전체 층을 포함할 수 있다. 본 명세서에 도시된 실시예에서, 기관(301)은 결정질 실리콘 기관일 수 있다.

- [0036] [0044] 일 실시예에서, 계면 층(402)은 유전체 층일 수 있다. 패터닝된 재료 층(404)은 그 내부에 유전체 재료를 증착하기 위해 계면 층(402)의 부분들(410)을 노출시키는 개구들(408)을 갖는다. 본 명세서에서 설명되는 개구들(408)은 트렌치들, 비아들, 개구들 등을 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 패터닝된 재료 층(404)은 금속 함유 재료, 실리콘 함유 재료, 탄소 함유 재료들, 또는 다른 적절한 재료들일 수 있다. 금속 함유 재료들의 적절한 예들은 구리 함유 재료, 알루미늄 함유 재료들, 니켈 함유 재료, 텅스텐 함유 재료, 또는 다른 금속 함유 재료들을 포함한다. 적절한 실리콘 함유 재료들은 실리콘, 실리콘 산화물, 실리콘 질화물, 실리콘 산질화물, 및 이들의 조합들을 포함한다. 적절한 탄소 함유 재료들은 실리콘 탄화물, 비정질 탄소 등을 포함한다. 본 명세서에 도시된 예시적인 실시예에서, 패터닝된 재료 층(404)은 실리콘 층이다.
- [0037] [0045] 계면 층(402)은 필요에 따라 유전체 산화물 층 또는 유전체 질화물 층과 같은 유전체 층일 수 있다. 계면 층(402)은 다수의 층들, 복합 층들 또는 단일 층을 포함할 수 있다. 유전체 층에 대한 다른 적절한 재료들은 비도핑 실리콘 유리(USG), 이블테면 실리콘 산화물 또는 TEOS, 붕소-실리케이트 유리(BSG), 인-실리케이트 유리(PSG), 붕소-인-실리케이트 유리(BPSG), 실리콘 질화물, 비정질 실리콘, 및 이들의 조합들을 포함한다.
- [0038] [0046] 일 실시예에서, 패터닝된 재료 층(404)은 미리 결정된 깊이로 패터닝되어, 도 4a에 도시된 바와 같이, 계면 층(402)의 부분들(410)을 노출시킬 수 있다. 재료 층(404)은 임의의 적절한 패터닝 프로세스에서 에칭 또는 패터닝될 수 있다. 패터닝된 재료 층(404)은 처리 챔버에 인가되는 미리 결정된 RF 전력 레벨과 함께 가스 혼합물을 처리 챔버 내에 공급함으로써 패터닝될 수 있다.
- [0039] [0047] 동작(304)에서, 도 1의 처리 챔버(100)와 같은 처리 챔버에 증착 가스 혼합물이 공급되어, 개구들(408) 내에 (도 4b에 도시된) 유전체 재료(406)를 형성하기 위한 증착 프로세스를 수행한다. 처리 챔버(100)에 공급되는 가스 혼합물은, 개구들(408)에 형성되고 채워질 상이한 타입들의 재료들에 기초하여 달라질 수 있다. 일례로, 형성될 유전체 재료(406)가 실리콘 질화물 층이길 원한다면, 공급되는 증착 가스 혼합물은 적어도 하나의 실리콘 함유 가스, 질소 함유 가스, 또는 선택적으로 불활성 가스를 포함한다. 다른 예에서, 형성될 유전체 재료(406)가 실리콘 산화물 층이길 원한다면, 공급되는 증착 가스 혼합물은 적어도 하나의 실리콘 함유 가스, 산소 함유 가스, 또는 선택적으로 불활성 가스를 포함한다. 다른 예에서, 형성될 유전체 재료(406)가 실리콘 탄화물 층이길 원한다면, 공급되는 증착 가스 혼합물은 적어도 하나의 실리콘 함유 가스, 탄소 함유 가스, 또는 선택적으로 불활성 가스를 포함한다. 또 다른 예에서, 형성될 유전체 재료(406)가 탄화물 층이길 원한다면, 공급되는 증착 가스 혼합물은 적어도 하나의 탄소 함유 가스, 또는 선택적으로 불활성 가스를 포함한다.
- [0040] [0048] 실리콘 함유 가스의 적절한 예들은  $\text{SiH}_4$ , TEOS,  $\text{Si}_2\text{H}_6$  등을 포함한다. 질소 함유 가스의 적절한 예들은  $\text{N}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}_2$  등을 포함한다. 산소 함유 가스의 적절한 예들은  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{O}_3$  등을 포함한다. 탄소 함유 가스의 적절한 예들은  $\text{CO}_2$ , 탄화수소 가스들(이블테면,  $\text{CH}_4$  및  $\text{C}_2\text{H}_6$ ) 등을 포함한다. 불활성 가스의 적절한 예들은 He, Ar 등을 포함한다.
- [0041] [0049] 일부 예들에서, 캐리어 가스들, 이블테면  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2$  등이 또한 필요에 따라 증착 가스 혼합물에 공급될 수 있다.
- [0042] [0050] 일례로, 증착 가스 혼합물은 실리콘 함유 가스, 질소 또는 탄소 함유 가스, 및 Ar 또는  $\text{H}_2$  가스를 포함한다. 하나의 특정 예에서, 증착 가스 혼합물은 유전체 재료(406)로서 실리콘 질화물 층을 증착하기 위해  $\text{SiH}_4$ , Ar 또는 He,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2$  또는  $\text{N}_2$ , 또는 이들의 조합들을 포함한다. 다른 특정 예에서, 증착 가스 혼합물은 유전체 재료(406)로서 실리콘 탄화물 층을 증착하기 위해  $\text{SiH}_4$ , Ar 또는 He,  $\text{CH}_4$  또는  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$  또는  $\text{N}_2$ 를 포함한다. 또 다른 특정 예에서, 증착 가스 혼합물은 유전체 재료(406)로서 실리콘 산화물 층을 증착하기 위해  $\text{SiH}_4$ , Ar 또는 He,  $\text{O}_2$  또는  $\text{NO}_2$ 를 포함한다.
- [0043] [0051] 일 실시예에서, 실리콘 함유 가스는 용적이 약 30sccm 내지 약 500sccm의 유량으로 제어된다. 산소, 탄소 또는 질소 함유 가스는 용적이 약 50sccm 내지 약 2000sccm의 유량으로 제어된다. Ar 또는 He 가스는 용적이 약 250sccm 내지 약 2000sccm의 유량으로 제어된다.
- [0044] [0052] 일 실시예에서, 증착 가스 혼합물로부터의 가스들 중 일부는 가스 소스(106)로부터 원격 플라즈마 소스(104)를 통해 내부 처리 영역(151)으로 공급될 수 있는 한편, 가스들 중 일부는 처리 챔버(100)의 측면, 이블테면 샤워헤드(118) 주위에 측면 방향으로 형성된 유체 소스들(119)을 통해 공급되어 내부 처리 영역(151)으로 전달될 수 있다. 일부 예들에서, 실리콘 함유 가스들과 같은 증착 가스 혼합물로부터의 제1 가스(예컨대, 반응성

전구체들)는 처리 챔버(100)의 측면(예컨대, 유체 소스들(119))으로부터 공급되는 한편, 증착 가스 혼합물로부터 제2 가스(예컨대, 캐리어 가스, 불활성 가스, 탄소 또는 질소 함유 가스들 또는 다른 가스들)는 가스 소스(106)로부터 원격 플라즈마 소스(104)를 통해 내부 처리 영역(151)으로 공급된다. 일례로, 제1 가스는 유체 소스(119)로부터 처리 챔버 내로 공급되는 SiH<sub>4</sub> 가스인 한편, 제2 가스는 가스 소스(106)로부터 원격 플라즈마 소스(104)를 통해 내부 처리 영역(151)으로 공급되는 Ar, He, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, 또는 이들의 조합들 중 적어도 하나이다.

[0045] [0053] 증착 가스 혼합물이 처리 챔버에 공급된 후, 동작(306)에서, 원격 플라즈마 소스(104)에 원격 플라즈마 소스 전력이 인가되어, 원격 플라즈마 소스(104)로부터 내부 처리 영역(151)으로 전달될 원격 플라즈마를 생성한다. 높은 에너지를 제공할 수 있지만 상대적으로 저밀도 가스 라디칼들을 제공할 수 있는, 샤워헤드에 인가되는 종래의 챔버 내 RF 소스 전력과 비교하여, 원격으로 해리된 가스 및/또는 다른 가스들은 고밀도 및 저에너지 원자 종을 제공할 수 있다고 여겨진다. 따라서 측면으로부터, 예컨대 유체 소스들(119)로부터 공급되는 가스들과 함께 특정 활성 가스 종을 갖는 원격 플라즈마 소스를 이용함으로써, 그에 따라 상대적으로 저에너지 원자 종을 갖는 고밀도 가스 종이 내부 처리 영역(151)으로 전달되어, 도 4b에 도시된 바와 같이, 기관(301) 상에 유전체 재료(406)를 형성한다. 원격 플라즈마 소스로부터의 원자 가스 종은 더 높은 수준의 반응성을 가지며, 이는 측면으로부터, 예컨대 유체 소스들(119)로부터 공급되는 반응 가스 전구체들과 보다 효율적이고 느리며 철저하게 반응할 수 있어, 패터닝된 재료 층(404)에 한정된 개구들(408) 내에 유전체 재료(406)를 채우는 양호한 갭 충전 능력을 제공하는 것으로 여겨진다.

[0046] [0054] 처리 챔버 내로 도입된 각각의 가스의 양은 예를 들어, 개구들(408)에 형성될 유전체 재료(406)의 두께(예컨대, 개구들(408)의 높이 또는 기하학적 형상)를 수용하도록 변경 및 조절될 수 있다는 점이 주목된다. 하나 이상의 실시예들에서, 원격 플라즈마 소스(104)로부터 공급되는 가스들은 특정 비율들을 가질 수 있다. 예를 들어, 질소 또는 탄소 함유 가스 대 Ar 가스의 비는 용적이 약 0.2:1 내지 약 2:1로 제어될 수 있다.

[0047] [0055] 일례로, 약 1000와트 내지 약 10000와트, 이를테면 약 2000와트 내지 약 4000와트의 원격 RF 소스 전력이 원격 플라즈마 소스(104)에 공급되어, 내부 처리 영역(151)에 전달될 원격 플라즈마를 생성한다. 원격 플라즈마 소스(104)에 대한 전력이 인가되는 주파수는 약 400kHz이다. 주파수는 약 50kHz 내지 약 2.45GHz 범위일 수 있다. 기관 온도는 약 -20℃ 내지 약 200℃, 이를테면 약 20℃ 내지 약 90℃로 유지된다.

[0048] [0056] 원격 플라즈마 소스(104)로부터 내부 처리 영역(151)으로 원격 플라즈마를 공급하는 동안, 동작(308)에서, 기관 지지 부재(152)에 펄스형 RF 바이어스 전력이 인가되어, 기관 지지 부재(152) 상에 배치된 기관(301)에 RF 바이어스 전력을 발생시킬 수 있다. 기관 지지 부재(152)에 발생된 RF 바이어스 전력은 증착 프로세스 동안 내부 처리 영역(151)에서 플라즈마에 대한 방향성을 제공하는 것을 돕는 데 이용된다는 점이 주목된다. 일 실시예에서, RF 바이어스 전력은 필요에 따라 60MHz 및/또는 2MHz로 제공될 수 있다. 하나의 특정 실시예에서, RF 바이어스 전력은 60MHz로, 2MHz로 또는 400kHz로 제공된다.

[0049] [0057] 일부 예들에서, RF 바이어스 전력은 펄스 모드로 기관 지지 부재(152)에 공급될 수 있다. 펄스 모드로 공급된 RF 바이어스 전력은 기관 지지 어셈블리 상에 배치된 기관(301)에 비교적 약한(mild) RF 전력 레벨을 제공할 수 있어 반응성 종이 비교적 약한 에너지 레벨로 기관(301)을 향해 가속될 수 있다고 여겨진다. 기관 지지 부재(152)에 공급되는 RF 바이어스 전력은 원격 플라즈마 소스(104)로부터 공급되는 원격 플라즈마 전력과 동시에, 함께, 개별적으로, 교대로 또는 순차적으로 있을 수 있다.

[0050] [0058] 도 5a - 도 5c는 증착 프로세스 동안 기관 지지 부재(152)에 공급되는 RF 바이어스 전력의 서로 다른 예들을 도시한다. 도 5a - 도 5c는 시간의 함수로서 플롯팅된, 처리 챔버(100)에 공급되는 전력 강도를 도시한다. 도 5a - 도 5c에 도시된 트레이스 라인들(502, 510, 520)은 원격 플라즈마 소스(104)로부터 공급되는 전력 강도를 보여주는 한편, 트레이스 라인들(504, 512, 522)은 RF 바이어스 전원(145)으로부터 기관 지지 부재(152)로 공급되는 전력 강도를 나타낸다.

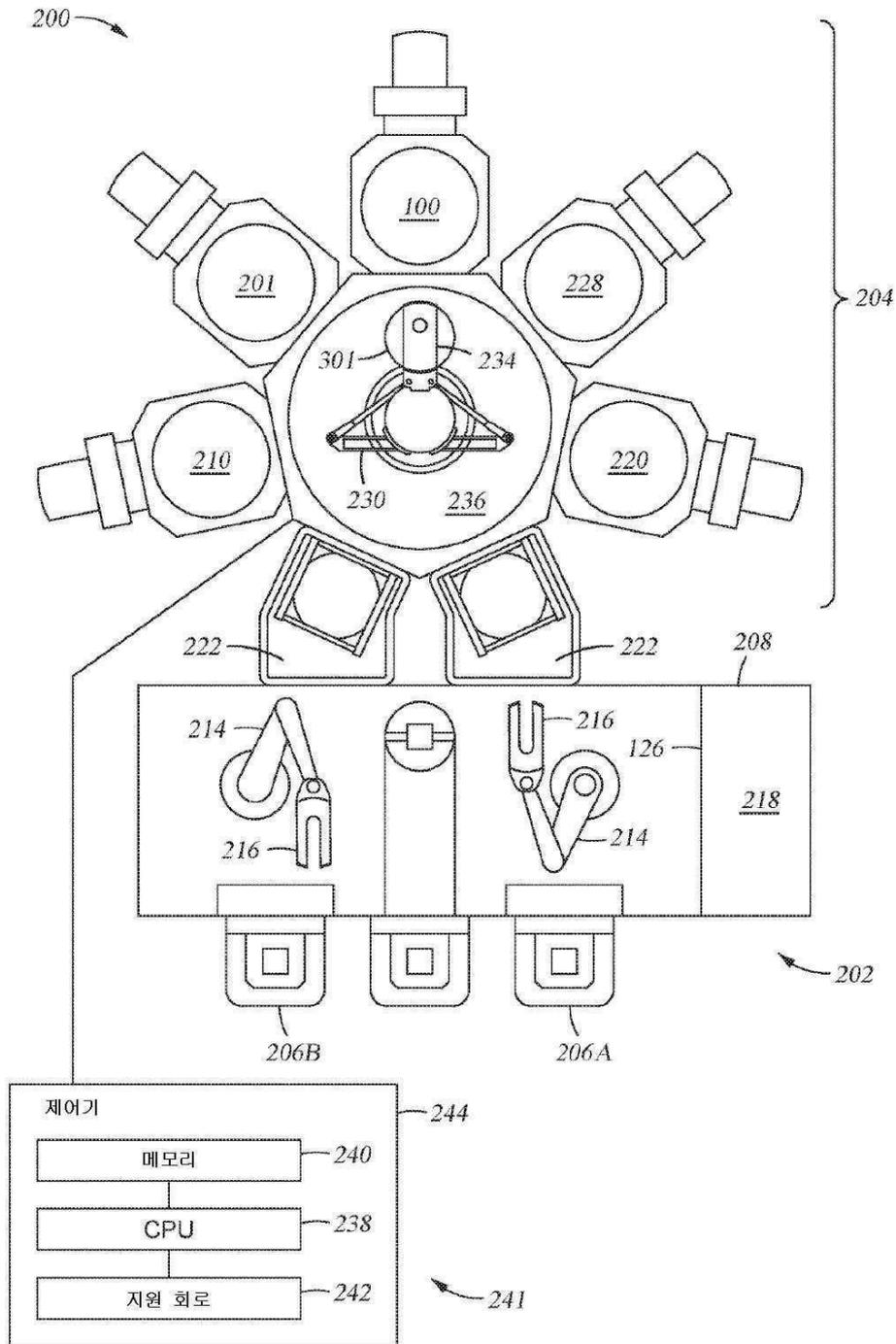
[0051] [0059] 도 5a에 도시된 그래프(550)에서는, 제1 시점(506)에서 제2 시점(508)까지의 미리 결정된 시간 기간 동안 기관 지지 부재(152) 및 기관(301)에 공급되는 RF 바이어스 전력과 함께 원격 플라즈마 소스(104)로부터 원격 플라즈마가 공급된다. 원격 플라즈마 소스(104)로부터의 원격 플라즈마는 연속 모드로 공급되는 한편, 기관 지지 부재(152)에 공급되는 RF 바이어스 전력은 펄스 모드이다. 원격 플라즈마 소스(104)로부터의 원격 플라즈마 및 기관 지지 부재(152)에 공급되는 RF 바이어스 전력은, 재료 층(404)의 개구들(408)에 원하는 두께의 유전체 재료(406)가 채워지는 제2 시점(508)에서 함께 종료(즉, 오프 전환)될 수 있다. 이 예에서, 재료 층(404)에

형성된 유전체 재료(406)는 실리콘 질화물 재료일 수 있다.

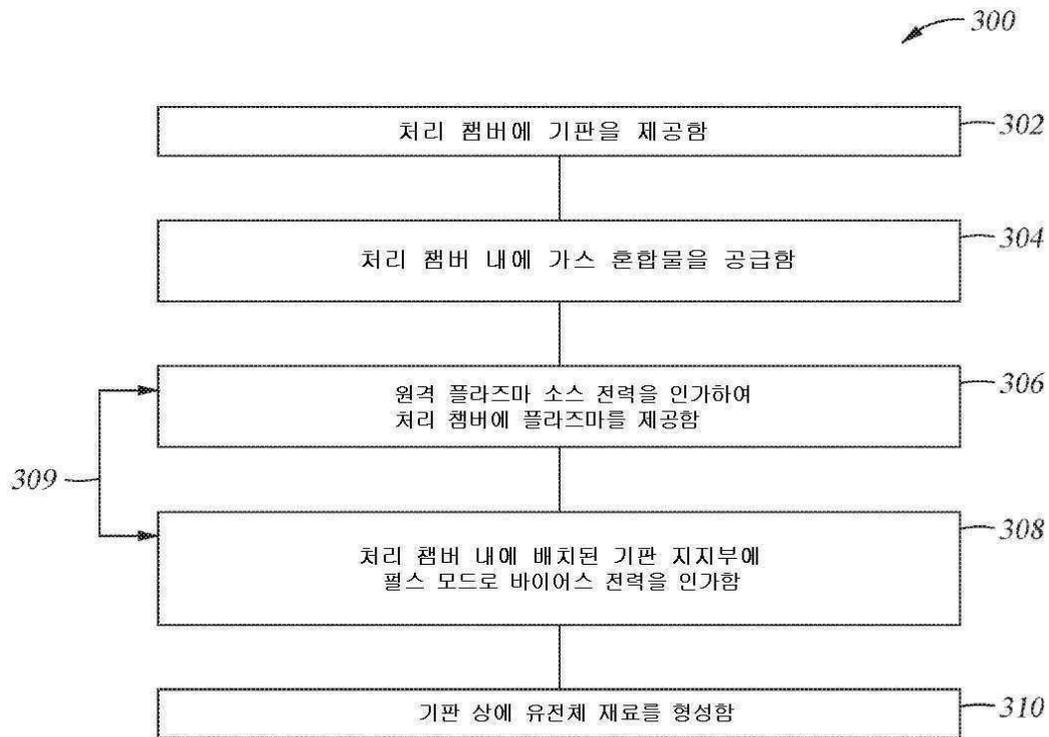
- [0052] [0060] 도 5b에 도시된 그래프(552)에서는, 제1 시점(514)에서 제2 시점(516)까지 원격 플라즈마 소스(104)로부터 원격 플라즈마가 공급된다. 다음에, 원격 플라즈마 소스(104)에 인가된 전력이 제2 시점(516)에서 종료(예컨대, 원격 플라즈마 소스(104)로부터 공급되는 원격 플라즈마가 오프 전환)된 후, 다음에 제2 시점(516)에서 제3 시점(518)까지 펄스 모드로 기관 지지 부재(152)에 RF 바이어스 전력이 공급된다. 펄스 모드로 기관 지지 부재(152)에 공급된 RF 바이어스 전력은, 원하는 두께의 유전체 재료(406)가 재료 층(404)의 개구들(408)에 채워질 때 종료(즉, 오프 전환)될 수 있다. 이 예에서, 재료 층(404)에 형성된 유전체 재료(406)는 실리콘 질화물 재료일 수 있다.
- [0053] [0061] 도 5c에 도시된 그래프(554)에서는, 제1 시점(524)에서 제2 시점(525)까지 원격 플라즈마 소스(104)로부터 원격 플라즈마가 공급된다. 원격 플라즈마 소스(104)로부터의 원격 플라즈마가 여전히 계속 공급되면서, 다음에 제2 시점(525)에서 제3 시점(526)까지 펄스 모드로 기관 지지 부재(152)에 RF 바이어스 전력이 공급된다. 따라서 원격 플라즈마 소스(104)로부터의 원격 플라즈마는 기관 지지 부재(152)에 대한 RF 바이어스 전력과 부분적으로 동시에 공급된다. 원격 플라즈마 소스(104)로부터의 원격 플라즈마 및 펄스 모드로 기관 지지 부재(152)에 공급되는 RF 바이어스 전력은, 원하는 두께의 유전체 재료(406)가 재료 층(404)의 개구들(408)에 채워지는 제3 시점(526)에 함께 종료(즉, 오프 전환)될 수 있다.
- [0054] [0062] 원격 플라즈마 소스(104)로부터의 원격 플라즈마 및 기관 지지 부재(152)에 대한 RF 바이어스 전력의 공급은 필요에 따라 임의의 배열, 임의의 순서 및 임의의 시퀀스로 이루어질 수 있다는 점이 주목된다.
- [0055] [0063] 기관 지지 부재(152)에 공급되는 RF 바이어스 전력은 플라즈마의 전자들, 이온들 및 다른 종들을 개구들(408)의 깊은 단부(예컨대, 계면 층(402)의 노출된 부분들(410))를 향해 가속시키는 것을 도울 수 있다고 여겨진다. RF 바이어스 전력으로부터 발생된 가속은 개구들(408) 내에 유전체 재료(406)를 채우는 동안 갭 충전 능력을 향상시키는 데 도움이 될 수 있다. 게다가, RF 바이어스 전력으로부터 펄스 시간 주기들 및 펄스 전력 강도들을 제어함으로써, 필요에 따라 증착 프로파일, 반응성 종 궤적 및 증착 방향성을 제어하도록, 과도한 에너지 또는 공격적인 반응성 종들이 제거될 수 있다.
- [0056] [0064] 일례로, RF 바이어스 전력은 필요에 따라 60MHz 및/또는 2MHz로 제공될 수 있다. 하나의 특정 실시예에서, RF 바이어스 전력은 약 162MHz, 60MHz 또는 2MHz로 제공된다. 일례로, 2MHz 주파수를 갖는 RF 바이어스 전력은 약 1000와트 내지 약 4000와트, 이를테면 약 1500와트 내지 약 3000와트로 기관 지지 부재(152)에 공급된다. RF 바이어스 전력은 약 210마이크로초 내지 약 100밀리초의 지속기간에 이용될 수 있다. 기관 온도는 약 -20°C 내지 약 200°C, 이를테면 약 20°C 내지 약 90°C로 유지된다.
- [0057] [0065] 도 4b에 도시된 바와 같이, 패터닝된 재료 층(404)의 개구들(408)이 유전체 재료(406)로 채워질 때까지, 도 3의 루프(309)로 표시된 바와 같이, 동작(306)과 동작(308)이 반복적으로(즉, 주기적으로) 수행될 수 있다는 점이 주목된다. 반복된 프로세스들은 양호한 갭 충전 능력으로 유전체 재료(406)를 주기적으로 그리고 점진적으로 증착할 수 있다. 과도하게 공격적인 반응성 종은 상대적으로 더 높은 증착률로 반응하여, 결국 개구들(408)의 조기 폐쇄로 이어져, 개구들(408)을 유전체 재료(406)로 채우는 동안 개구들(408)에 원하지 않는 공극들 또는 에어 갭들을 형성할 수 있다. 점진적 증착은 갭 충전 능력을 개선하고, 재료 층(404)의 개구들(408)에 형성된 유전체 재료(406)의 증착 프로파일을 향상시킨다.
- [0058] [0066] 동작(310)에서, 개구들(408)에 원하는 두께의 유전체 재료(406)가 채워진 후, 다음에는 유전체 재료(406)가 기관(301) 상에 형성된다. 이와 같이, 다음에 프로세스(300)가 종료되고, 처리 챔버에서 기관(301)이 제거될 수 있다.
- [0059] [0067] 양호한 갭 충전 능력을 갖는 증착 프로세스를 이용함으로써, 제조 주기 시간 및 비용을 개선하도록 추가로 처리 프로세스 또는 경화 프로세스가 제거될 수 있다.
- [0060] [0068] 따라서 증착 프로세스 중에 원격 플라즈마 전력 및 RF 바이어스 전력의 적절한 관리에 의해 높은 종횡비와 작은 치수를 갖는 개구에 유전체 재료를 증착하기 위한 방법들이 제공된다. 증착 프로세스 동안 RF 바이어스 전력 및 원격 플라즈마 전력을 서로 다른 공급 모드(예컨대, 연속 모드 또는 펄스 모드)로 교대로, 동시에 또는 부분적으로 동시에 공급함으로써, 양호한 갭 충전 능력을 갖는 증착 프로세스가 얻어진다. 그렇게 함으로써, 특히 반도체 칩의 3D(three dimensional) 적층의 응용들을 위해, 높은 종횡비와 작은 치수를 갖는 개구들에 유전체 재료를 채우기 위한 개선된 증착 프로세스가 얻어진다.
- [0061] [0069] 전술한 내용은 본 발명의 실시예들에 관한 것이지만, 본 발명의 기본 범위를 벗어나지 않으면서 본 발명



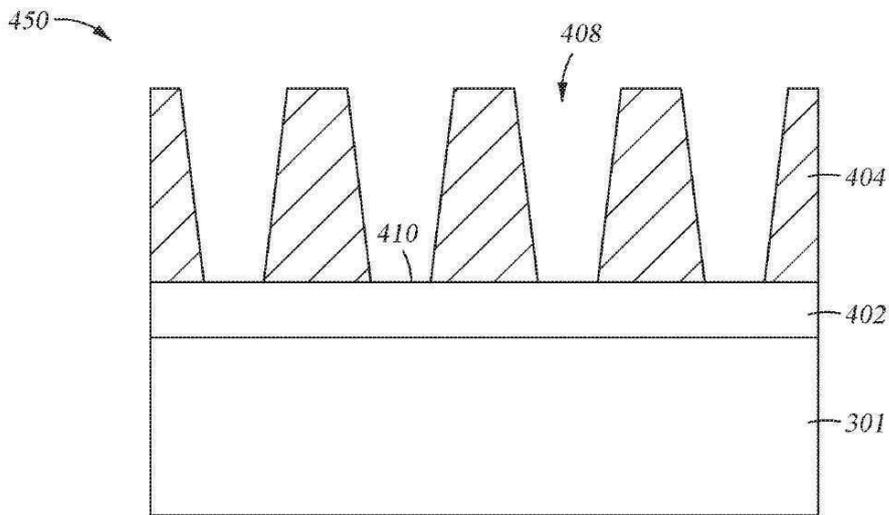
도면2



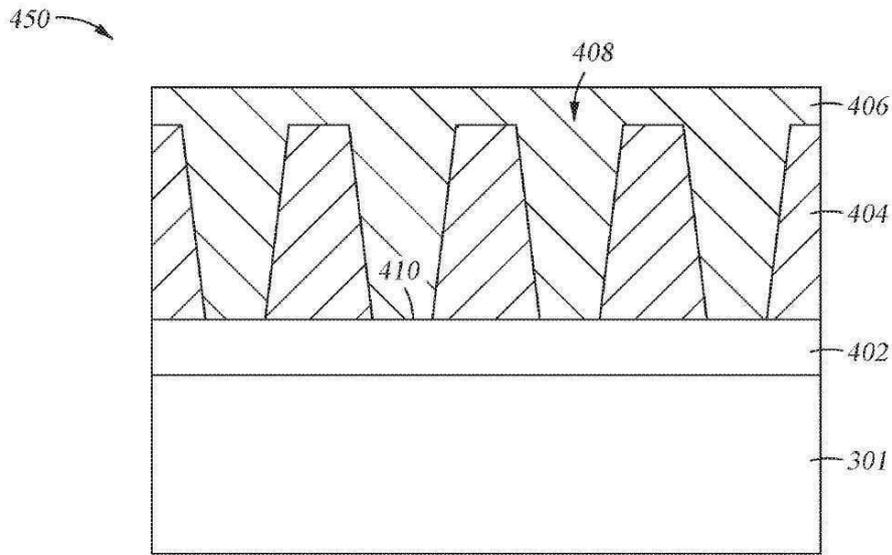
도면3



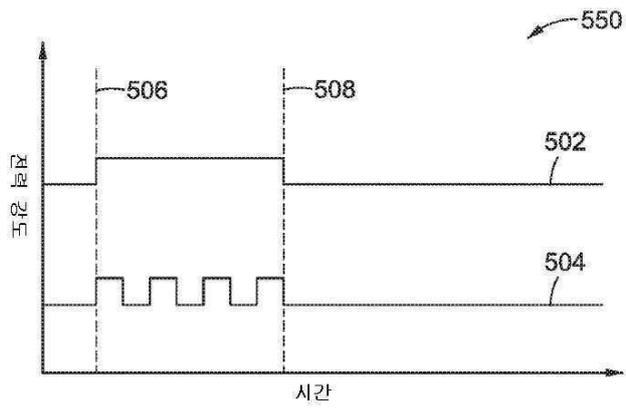
도면4a



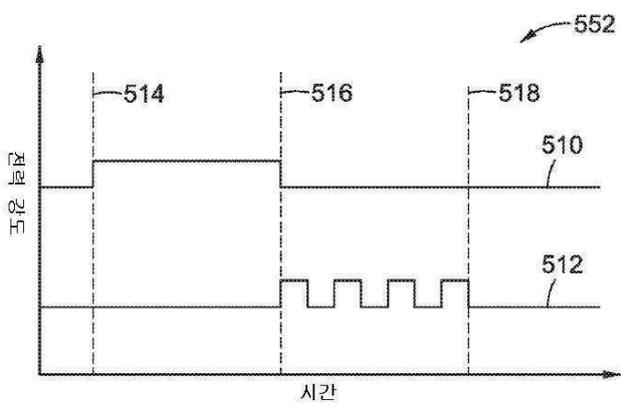
도면4b



도면5a



도면5b



도면5c

