



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년01월18일  
(11) 등록번호 10-1810087  
(24) 등록일자 2017년12월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H01L 21/324 (2017.01) H01L 21/31 (2006.01)  
H01L 21/67 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
H01L 21/324 (2013.01)  
H01L 21/31 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2015-0150159  
(22) 출원일자 2015년10월28일  
심사청구일자 2017년05월25일  
(65) 공개번호 10-2016-0052357  
(43) 공개일자 2016년05월12일  
(30) 우선권주장  
62/072,217 2014년10월29일 미국(US)  
14/577,943 2014년12월19일 미국(US)  
(56) 선행기술조사문헌  
KR1020060039923 A  
KR1020120125623 A

(73) 특허권자  
어플라이드 머티어리얼스, 인코포레이티드  
미국 95054 캘리포니아 산타 클라라 바우어스 애  
브뉴 3050  
(72) 발명자  
리앙, 정메이  
미국 95120 캘리포니아 새너제이 마운틴 콰일 씨  
클 1256  
이, 정찬  
미국 94086 캘리포니아 씨니베일 리드 애비뉴  
1066 #19  
순, 영  
미국 95131 캘리포니아 새너제이 버치메도우 레인  
1444  
(74) 대리인  
특허법인 남앤드남

전체 청구항 수 : 총 20 항

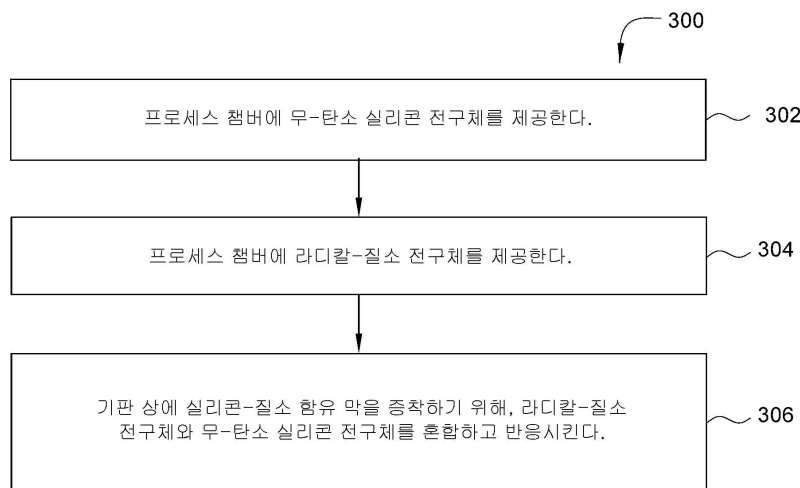
심사관 : 이석주

(54) 발명의 명칭 유동성 막 경화 침투 깊이 개선 및 용력 튜닝

(57) 요약

유동성 유전체 층을 증착하고 경화시키기 위한 방법들이 본원에서 개시된다. 방법들은, 유동성 유전체 층을 형성하는 단계, 산소-함유 가스에 유동성 유전체 층을 침지시키는 단계, 챔버를 퍼징하는 단계, 및 UV 복사로 층을 경화시키는 단계를 포함할 수 있다. 산소-함유 가스 사전-소크(pre-soak) 후에 층을 경화시킴으로써, UV 조사 동안에, 층이 더 완전히 경화될 수 있다.

대표도 - 도3



(52) CPC특허분류

*H01L 21/67098* (2013.01)

*H01L 21/67207* (2013.01)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

층을 증착하는 방법으로서,

기관 상에 유동성 유전체 층을 형성하는 단계 - 상기 기관은 프로세싱 챔버의 프로세싱 구역에 위치됨 -;

상기 기관 및 상기 프로세싱 구역에 산소-함유 가스를 전달하는 단계 - 상기 유동성 유전체 층은, 시간의 기간 동안, 상기 산소-함유 가스에 침지되어(immersed), 소킹된(soaked) 유전체 층이 생성되고, 상기 유동성 유전체 층의 조기 경화를 피하면서 상기 산소-함유 가스가 상기 유동성 유전체 층 내로 침투함 -;

상기 시간의 기간 후에, 상기 프로세싱 구역으로부터 상기 산소-함유 가스를 퍼징(purging)하는 단계; 및

상기 산소-함유 가스를 퍼징하는 단계 이후에 상기 소킹된 유전체 층을 UV 복사에 노출시키는 단계

를 포함하며,

상기 UV 복사는 상기 소킹된 유전체 층을 적어도 부분적으로 경화시키는,

층을 증착하는 방법.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 유동성 유전체 층은 실리콘 및 질소 함유 층인,

층을 증착하는 방법.

#### 청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 산소-함유 가스는, 원자 산소( $O$ ), 오존( $O_3$ ), 분자 산소( $O_2$ ), 질소-산화물들, 물( $H_2O$ ), 또는 이들의 조합들을 포함하는,

층을 증착하는 방법.

#### 청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 기관의 온도는 섭씨 150 도 미만에서 유지되는,

층을 증착하는 방법.

#### 청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 프로세싱 구역에서의 압력은 100 Torr 초과에서 유지되는,

층을 증착하는 방법.

#### 청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 소킹된 유전체 층을 UV 복사에 노출시키기 전에 상기 기관이 제 2 프로세싱 챔버에 전달되는,

층을 증착하는 방법.

## 청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 산소-함유 가스는, 기관 표면적의 제곱 mm 당 3.1 sccm 내지 10.6 sccm의 유량으로, 상기 기관 및 상기 프로세싱 구역에 전달되는,

층을 증착하는 방법.

## 청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 유동성 유전체 층을 형성하는 단계는,

상기 프로세싱 구역에 무-탄소 실리콘 전구체를 제공하는 단계;

상기 프로세싱 구역에 라디칼-질소 전구체를 제공하는 단계; 및

상기 기관 상에 유동성 유전체 층을 증착하기 위해, 상기 무-탄소 실리콘 전구체와 상기 라디칼-질소 전구체를 혼합하고 반응시키는 단계

를 포함하는,

층을 증착하는 방법.

## 청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 소킹된 유전체 층은 비활성 가스 분위기에서 UV 복사에 노출되는,

층을 증착하는 방법.

## 청구항 10

기관을 프로세싱하기 위한 방법으로서,

프로세스 챔버에서 기관의 기관 표면 상에 2.5 미만의 유전 상수를 갖는 유동성 유전체 층을 증착하는 단계 — 상기 기관 표면은 기관 표면적을 가짐 —;

소킹된 유전체 층을 생성하기 위해 기관 표면적의 제곱 mm 당 3.1 sccm 내지 10.6 sccm의 유량으로, 상기 프로세스 챔버 내로 산소-함유 가스를 유동시키는 단계 — 상기 유동성 유전체 층의 조기 경화를 피하면서 상기 산소-함유 가스가 상기 유동성 유전체 층 내로 침투함 —;

상기 프로세스 챔버 내로의 상기 산소-함유 가스의 유동을 종료시키는 단계;

UV 프로세싱 챔버로 상기 기관을 이송하는 단계; 및

상기 소킹된 유전체 층을 상기 UV 프로세싱 챔버 내의 UV 복사에 노출시키는 단계

를 순차적으로 포함하는,

기관을 프로세싱하기 위한 방법.

## 청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 유동성 유전체 층은 실리콘 및 질소 함유 층인,

기관을 프로세싱하기 위한 방법.

## 청구항 12

제 10 항에 있어서,

상기 산소-함유 가스는, 원자 산소(O), 오존(O<sub>3</sub>), 분자 산소(O<sub>2</sub>), 질소-산화물들, 물(H<sub>2</sub>O), 또는 이들의 조합들을 포함하는,

기관을 프로세싱하기 위한 방법.

#### 청구항 13

제 10 항에 있어서,

상기 기관의 온도는 섭씨 150 도 미만에서 유지되는,

기관을 프로세싱하기 위한 방법.

#### 청구항 14

제 10 항에 있어서,

상기 프로세스 챔버의 프로세싱 구역에서의 압력은 100 Torr 초과에서 유지되는,

기관을 프로세싱하기 위한 방법.

#### 청구항 15

제 10 항에 있어서,

상기 기관을 이송하기 전에, 상기 프로세스 챔버로부터 상기 산소-함유 가스를 퍼징하는 단계를 더 포함하는,

기관을 프로세싱하기 위한 방법.

#### 청구항 16

제 10 항에 있어서,

상기 소킹된 유전체 층은 비활성 가스 분위기에서 UV 복사에 노출되는,

기관을 프로세싱하기 위한 방법.

#### 청구항 17

제 10 항에 있어서,

상기 소킹된 유전체 층을 증착하는 단계는,

상기 프로세스 챔버에 무-탄소 실리콘 전구체를 제공하는 단계;

상기 프로세스 챔버에 라디칼-질소 전구체를 제공하는 단계; 및

상기 기관 상에 상기 소킹된 유전체 층을 증착하기 위해, 상기 무-탄소 실리콘 전구체와 상기 라디칼-질소 전구체를 혼합하고 반응시키는 단계

를 포함하는,

기관을 프로세싱하기 위한 방법.

#### 청구항 18

층을 증착하는 방법으로서,

프로세스 챔버에 무-탄소 실리콘 전구체를 제공하는 단계 — 상기 프로세스 챔버는 기관이 내부에 위치한 프로세싱 구역을 포함하고, 상기 기관은 기관 표면적을 갖는 기관 표면을 가짐 —;

상기 프로세스 챔버에 라디칼-질소 전구체를 제공하는 단계;

상기 기관 표면 상에 유동성 실리콘-및-질소 함유 층을 증착하기 위해, 상기 무-탄소 실리콘 전구체와 상기 라디칼-질소 전구체를 혼합하고 반응시키는 단계 — 상기 유동성 실리콘-및-질소 함유 층은 2.5 미만의 유전 상수를 가짐 —;

기관 표면적의 제곱 mm 당 3.1 sccm 내지 10.6 sccm의 유량으로, 상기 기관 및 상기 프로세스 챔버 상의 상기 유동성 실리콘-및-질소 함유 층에 산소-함유 가스를 전달하는 단계 - 상기 유동성 실리콘-및-질소 함유 층은, 소킹된 실리콘-및-질소 함유 층을 생성하기 위해, 시간의 기간 동안, 상기 산소-함유 가스에 침지되고, 상기 산소-함유 가스는 오존( $O_3$ )을 포함하고, 상기 유동성 실리콘-및 질소 함유 층의 조기 경화를 피하면서 상기 산소-함유 가스가 상기 유동성 실리콘-및-질소 함유 층 내로 침투함 -;

비활성 가스를 사용하여, 상기 프로세싱 구역으로부터 상기 산소-함유 가스를 퍼징하는 단계; 및

상기 산소-함유 가스를 퍼징하는 단계 이후에 상기 소킹된 실리콘-및-질소 함유 층을 UV 복사에 노출시키는 단계

를 포함하며,

상기 UV 복사는 유동성 유전체 층을 적어도 부분적으로 경화시키는,

층을 증착하는 방법.

### 청구항 19

제 18 항에 있어서,

상기 기관의 온도는 섭씨 150 도 미만에서 유지되는,

층을 증착하는 방법.

### 청구항 20

제 18 항에 있어서,

상기 프로세싱 구역 내의 압력은 100 Torr 보다 더 크게 유지되는,

층을 증착하는 방법.

## 발명의 설명

## 기술 분야

[0001] 본 개시의 실시예들은 일반적으로, 유동성 층들에서 UV 침투(penetration)를 증가시키는 것에 관한 것이다. 더 구체적으로, 본원에서 설명되는 실시예들은 일반적으로, 경화 효율을 증가시키기 위해 유동성 층을 전 처리하기 위한 방법들에 관한 것이다.

## 배경 기술

[0002] 반도체 디바이스 기하형상들(geometries)은 수십년 전의 이들의 도입 이래로 사이즈가 극적으로 감소되어 왔다. 현대의 반도체 제조 장비는 일상적으로, 28 nm 및 그 미만만큼 작은 기하형상들을 갖는 디바이스들을 생산하기 위해 사용되고, 한층 더 작은 기하형상들을 갖는 디바이스들을 생산하기 위해, 새로운 장비 설계들이 계속 개발 및 구현되고 있다. 디바이스 기하형상들이 감소됨에 따라, 디바이스 성능에 대한 상호연결 캐패시턴스의 영향이 증가된다. 상호연결 캐패시턴스를 감소시키기 위해, 통상적으로 실리콘 산화물로 형성되었던 층-간 재료들이, 더 낮은 유전 상수 재료들(저 k 재료들)을 사용하여 형성되고 있다. 사용되었던 몇몇 저 k 재료들은, 플루오르화 실리콘 산화물(fluorinated silicon oxide), 탄화 실리콘 산화물(carbonated silicon oxide), 및 다양한 폴리머들 및 에어로겔(aerogel)들을 포함한다. 이러한 저 k 재료들의 사용은 종종, 심각한 신뢰성, 제조성(manufacturability), 및/또는 통합(integration) 문제(challenge)들을 제시한다.

[0003] 수년 간, 유전체 재료가 갭의 상단을 막게 하는 것을 피하거나, 또는 형성된 공극(void) 또는 시임(seam)을 "치유(heal)"하기 위해, 다수의 기법들이 개발되어 왔다. 우선, 하나의 접근법은, 스핀하는(spinning) 기관 표면에 액상으로 도포될 수 있는 고도로 유동적인 전구체 재료들이었다(예컨대, 스핀 온 글래스(spin on glass) 증착 기법들). 이러한 유동성 전구체들은, 공극들 또는 약한 시임들을 형성하지 않으면서, 매우 작은 기관 갭들 내로 유동할 수 있고, 그 매우 작은 기관 갭들을 충전(fill)할 수 있다. 그러나, 이러한 고도로 유동적인 재료들이 증착되면, 이들은 고체 유전체 재료로 하드닝(harden)되어야만 한다.

[0004] 다수의 경우들에서, 유동성 재료들을 위한 하드닝 프로세스는, 퍼니스 컨버전(furnace conversion) 및 치밀화(densification) 전에, 막 내로 재료들을 추가로 가교(crosslink)시키기 위해, UV 광들 하에서의 비-열적 경화를 포함한다. UV 노출에 의해, 막 밀도 및 Si-Si 결합들이 증가된다. 표면이 UV 복사와 접촉하게 되는, 막의 최초의 구역이기 때문에, 막의 광학 특성은 우선 표면에서 변화된다. 표면 층에 대해 반사율 및 흡광 계수가 증가되고, 이는 벌크 막에서 UV 세기를 감소시키거나 또는 블로킹(block)한다.

[0005] 따라서, UV 경화 프로세스를 더 우수하게 제어하기 위한 디바이스들 및 방법들이 바람직하다.

### 발명의 내용

[0006] 본원에서 개시되는 실시예들은 유동성 유전체 층을 증착하는 방법들을 포함한다. 일 실시예에서, 층을 증착하는 방법은, 기관 상에 유동성 유전체 층을 형성하는 단계 - 기관은 프로세스 챔버의 프로세싱 구역에 위치됨 -; 기관 및 프로세싱 구역에 산소-함유 가스를 전달하는 단계 - 유동성 유전체 층은, 시간의 기간 동안, 산소-함유 가스에 침지되어(immersed), 소킹된(soaked) 유전체 층이 생성됨 -; 시간의 기간 후에, 프로세싱 구역으로부터 산소-함유 가스를 퍼징(purging)하는 단계; 및 소킹된 유전체 층을 UV 복사에 노출시키는 단계를 포함할 수 있으며, 여기에서, UV 복사는 소킹된 유전체 층을 적어도 부분적으로 경화시킨다.

[0007] 다른 실시예에서, 기관을 프로세싱하기 위한 방법은, 프로세스 챔버에서 기관의 기관 표면 상에 약 2.5 미만의 유전 상수를 갖는 유동성 유전체 층을 증착하는 단계 - 기관 표면은 기관 표면적을 가짐 -; 기관 표면적의 제곱 mm 당 약 3.1 sccm 내지 약 10.6 sccm의 유량으로, 프로세스 챔버 내로 산소-함유 가스를 유동시키는 단계; UV 프로세싱 챔버 내로의 산소-함유 가스의 유동을 종료시키는 단계; 자외선(UV) 프로세싱 챔버로 기관을 이송하는 단계; 및 유동성 유전체 층을 UV 복사에 노출시키는 단계를 순차적으로 포함할 수 있다.

[0008] 다른 실시예에서, 층을 경화시키는 방법은, 프로세스 챔버에 무-탄소 실리콘 전구체를 제공하는 단계 - 프로세스 챔버는 기관이 내부에 위치한 프로세싱 구역을 포함하고, 기관은 기관 표면적을 갖는 기관 표면을 가짐 -; 프로세스 챔버에 라디칼-질소 전구체를 제공하는 단계; 기관 표면 상에 유동성 실리콘-및-질소 함유 층을 증착하기 위해, 무-탄소 실리콘 전구체와 라디칼-질소 전구체를 혼합하고 반응시키는 단계 - 유동성 실리콘-및-질소 함유 층은 약 2.5 미만의 유전 상수를 가짐 -; 기관 표면적의 제곱 mm 당 약 3.1 sccm 내지 약 10.6 sccm의 유량으로, 기관 및 프로세스 챔버에 산소-함유 가스를 전달하는 단계 - 유동성 실리콘-및-질소 함유 층은, 시간의 기간 동안, 산소-함유 가스에 침지되고, 산소-함유 가스는 오존(O<sub>3</sub>)을 포함함 -; 비활성 가스를 사용하여, 프로세싱 구역으로부터 산소-함유 가스를 퍼징하는 단계; 및 유동성 실리콘-및-질소 함유 층을 UV 복사에 노출시키는 단계를 포함할 수 있으며, 여기에서, UV 복사는 유동성 유전체 층을 적어도 부분적으로 경화시킨다.

### 도면의 간단한 설명

[0009] 본 개시의 상기 열거된 특징들이 상세히 이해될 수 있는 방식으로, 앞서 간략히 요약된 본 개시의 보다 구체적인 설명이 실시예들을 참조로 하여 이루어질 수 있는데, 이러한 실시예들의 일부는 첨부된 도면들에 예시되어 있다. 그러나, 첨부된 도면들은 본 개시의 단지 전형적인 실시예들을 도시하는 것이므로 본 개시의 범위를 제한하는 것으로 간주되지 않아야 한다는 것이 주목되어야 하는데, 이는 본 개시가 다른 균등하게 유효한 실시예들을 허용할 수 있기 때문이다.

[0010] 도 1은, 일 실시예에 따른 프로세싱 시스템의 일 실시예의 부감도이다.

[0011] 도 2는, 일 실시예에 따른 프로세스 챔버의 일 실시예의 개략적인 단면도이다.

[0012] 도 3은, 일 실시예에 따른, 유동성 층을 증착하는 방법의 블록도이다.

[0013] 도 4는, 일 실시예에 따른, 유동성 층을 경화시키는 방법의 블록도이다.

[0014] 이해를 용이하게 하기 위하여, 도면들에 대해 공통인 동일한 엘리먼트들을 지시하기 위해 가능한 경우에 동일한 참조 번호들이 사용되었다. 부가적으로, 일 실시예의 엘리먼트들은 본원에서 설명되는 다른 실시예들에서의 활용을 위해 유리하게 적응될 수 있다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0015] 유전체 층을 형성하는 방법이 설명된다. 방법은 우선, 기관 상에 초기-유동성 층을 증착한다. 그

후에, 초기-유동성 층은, UV 경화에 의한 치밀화 전에, 산소-함유 가스 사전-소크(pre-soak)에 노출된다. UV 경화 프로세스 동안에, 표면의 광학 흡광도(optical absorbance)는, 아래놓인 부분들로의 UV 침투가 감소되도록 변화될 수 있다. 사전 소크 프로세스는 이러한 광학 흡광도 변화를 감소시켜서, 증착된 층의 더 최적의 경화를 허용한다.

[0011] [0016] 유동성 층은, SOG(spin-on glass), SOD(spin-on dielectric), eHARP 프로세스( $H_2O$ -TEOS- $O_3$ ), SACVD, 또는 유동성 CVD 프로세스, 예컨대 라디칼-컴포넌트 CVD와 같은 프로세스에 의해 증착될 수 있다. 유동성 막들은, 비-유동성 막들과 비교하여, 감소된 밀도 및 상승된 에칭 레이트를 가질 수 있다. 본원에서 설명되는 고 밀도 플라즈마 처리들은, 예컨대, 3 내지 5로부터 3 월씬 아래로의, 습식 에칭 레이트 비율의 극적인 감소를 가능하게 하는 것으로 발견되었다.

[0012] [0017] 본원에서 설명되는 예들은, 라디칼-컴포넌트 CVD 실라잔 막, 즉 실리콘-질소-및-수소-함유 층의 증착, 결과적인 막들의 UV 경화를 개선하는 것으로 발견된 산소-함유 사전-소크, 및 후속 UV 처리에 집중될 것이다. 몇몇 실시예들에서, 막들은 실리콘, 수소, 및 질소를 포함할 수 있다. 추가적인 실시예들에서, 막들은 실리콘, 탄소, 산소, 수소, 및 질소를 포함할 수 있다.

[0013] [0018] 본원에서 설명되는 실시예들에 따라 유동성 층들을 증착하기 위해 사용될 수 있는 프로세싱 챔버들은, 다른 타입들의 챔버들 중에서, HDP-CVD(high-density plasma chemical vapor deposition) 챔버들, PECVD(plasma enhanced chemical vapor deposition) 챔버들, SACVD(sub-atmospheric chemical vapor deposition) 챔버들, 및 열 화학 기상 증착 챔버들을 포함할 수 있다. 특정 예들은, 캘리포니아, 산타클라라의 Applied Materials, Inc.로부터 입수가 가능한, CENTURA ULTIMA® HDP-CVD 챔버들/시스템들, 및 PRODUCER® PECVD 챔버들/시스템들을 포함한다.

[0014] [0019] 집적 회로 칩들을 생성하기 위한 더 큰 제조 시스템들에, 프로세싱 챔버들이 포함될 수 있다. 도 1은, 증착, 베이킹, 및 경화 챔버들의 하나의 그러한 시스템(100)을 도시한다. 도면에서, 한 쌍의 FOU들(front opening unified pods)(102)이 기관들(예컨대, 300 mm 직경의 웨이퍼들)을 공급하며, 이러한 기관들은 로봇식 암들(104)에 의해 수용되고(received), 프로세싱 챔버들(108a, 108b, 108c, 108d, 108e, 및 108f) 중 하나 내에 배치되기 전에 저압 홀딩 영역(106) 내에 배치된다. 홀딩 영역(106)으로부터 프로세싱 챔버들(108a, 108b, 108c, 108d, 108e, 및 108f)로 그리고 그 역으로 기관 웨이퍼들을 운반하기 위해, 제 2 로봇식 암(110)이 사용될 수 있다.

[0015] [0020] 프로세싱 챔버들(108a, 108b, 108c, 108d, 108e, 및 108f)은, 기관 웨이퍼 상에서의 유동성 유전체 막의 증착, 어닐링, 경화, 및/또는 에칭을 위한 하나 또는 그 초과인 시스템 컴포넌트들을 포함할 수 있다. 일 구성에서, 2개의 쌍들의 프로세싱 챔버(예컨대, 108c와 108d, 및 108e와 108f)는 기관 상에 유동성 유전체 재료를 증착하기 위해 사용될 수 있고, 제 3 쌍의 프로세싱 챔버들(예컨대, 108a와 108b)은 증착된 유전체를 어닐링하기 위해 사용될 수 있다. 다른 구성에서, 동일한 2개의 쌍들의 프로세싱 챔버들(예컨대, 108c와 108d, 및 108e와 108f)은 기관 상에서의 유동성 유전체 막의 증착 및 어닐링 양자 모두를 행하도록 구성될 수 있는 한편, 제 3 쌍의 챔버들(예컨대, 108a와 108b)은 증착된 막의 UV 또는 E-빔 경화를 위해 사용될 수 있다. 또 다른 구성에서, 모든 3개의 쌍들의 챔버들(예컨대, 108a, 108b, 108c, 108d, 108e, 및 108f)은, 기관 상에서의 유동성 유전체 막의 증착 및 경화를 행하도록 구성될 수 있다. 또 다른 구성에서, 2개의 쌍들의 프로세싱 챔버들(예컨대, 108c와 108d, 및 108e와 108f)은 유동성 유전체의 증착, 및 UV 또는 E-빔 경화 양자 모두를 행하기 위해 사용될 수 있는 한편, 제 3 쌍의 프로세싱 챔버들(예컨대, 108a와 108b)은 유전체 막을 어닐링하기 위해 사용될 수 있다. 상이한 실시예들에서, 설명되는 프로세스들 중 임의의 하나 또는 그 초과는 도시된 제조 시스템으로부터 분리된 챔버(들) 상에서 수행될 수 있다.

[0016] [0021] 부가하여, 프로세스 챔버들(108a, 108b, 108c, 108d, 108e, 및 108f) 중 하나 또는 그 초과는 습식 처리 챔버로서 구성될 수 있다. 이러한 프로세스 챔버들은 수분을 포함하는 분위기에서 유동성 유전체 막을 가열하는 것을 포함한다. 따라서, 시스템(100)의 실시예들은, 증착된 유전체 막에 대해 습식 및 건식 어닐링들 양자 모두를 수행하기 위해, 습식 처리 챔버들로서 프로세싱 챔버들(108a와 108b)을 포함할 수 있고, 어닐링 프로세싱 챔버들로서 프로세싱 챔버들(108c와 108d)을 포함할 수 있다.

[0017] [0022] 도 2는, 일 실시예에 따른 기관 프로세싱 챔버(200)이다. 원격 플라즈마 시스템(210)은 가스를 프로세싱할 수 있고, 그 가스는 그 후에, 가스 유입구 어셈블리(211)를 통해 이동한다. 가스 유입구 어셈블리(211) 내에서 2개의 별개의 가스 공급 채널들을 볼 수 있다. 제 1 채널(212)은 원격 플라즈마 시스템(210)을 통과하는 가스를 운반하고, 제 2 채널(213)은 원격 플라즈마 시스템(210)을 바이패스(bypass)한다. 덮개(221)와 샤워



헤드(253)가 이들 사이의 절연 링(224)과 함께 도시되어 있으며, 절연 링은 AC 전위가 샤워헤드(253)에 대하여 덮개(221)에 인가되게 허용한다. 프로세스 가스는 제 1 채널(212)을 통해 챔버 플라즈마 구역(220) 내로 이동하고, 원격 플라즈마 시스템(210)과 조합하여 또는 단독으로 챔버 플라즈마 구역(220)에서 플라즈마에 의해 여기될 수 있다. 챔버 플라즈마 구역(220) 및/또는 원격 플라즈마 시스템(210)의 조합은 본원에서 원격 플라즈마 시스템이라고 지칭될 수 있다. 아르곤 및 산소-함유 가스는, 원격 플라즈마 시스템에 의해, 아르곤 및 산소-함유 플라즈마 유출물들로 변환될 수 있다. 샤워헤드(253)는 샤워헤드(253) 아래의 기관 프로세싱 구역(270)으로부터 챔버 플라즈마 구역(220)을 분리시킨다. 샤워헤드(253)는 챔버 플라즈마 구역(220)에 존재하는 플라즈마가 기관 프로세싱 구역(270) 내의 가스들을 직접적으로 여기시키는 것을 피하게 허용하고, 여전히, 플라즈마 유출물들과 같은 여기된 종이 챔버 플라즈마 구역(220)으로부터 기관 프로세싱 구역(270) 내로 이동하게 허용한다.

[0018] [0023] 샤워헤드(253)는, 플라즈마 구역(220) 내에서 생성된, 아르곤 및 산소-함유 플라즈마 유출물들과 같은 플라즈마 유출물들이, 샤워헤드(253)의 두께를 관통(traverse)하는 복수의 스루 홀(through hole)들(256)을 통과함으로써, 기관 프로세싱 구역(270) 내로 이동하게 허용하는 듀얼-존 샤워헤드일 수 있다. 각각의 스루 홀(256)은 플라즈마 구역(220)을 향하는 개구(250)를 가질 수 있고, 개구(250)는 스루 홀(256)의 직경보다 더 작은 직경을 가질 수 있다. 샤워헤드(253)는 또한, 하나 또는 그 초과와 빈 볼륨들(hollow volumes)(251)을 가지며, 이러한 볼륨들은 증기 또는 가스의 형태의 전구체(예컨대, 탄소-함유 전구체 가스)로 충전될 수 있고, 작은 홀들(255)을 통해 기관 프로세싱 구역(270) 내로 통하지만, 플라즈마 구역(220) 내로는 직접적으로 통하지 않는다.

[0019] [0024] 도시된 예에서, 샤워헤드(253)는 산소, 수소, 질소를 함유하는 프로세스 가스들, 및/또는 챔버 플라즈마 구역(220)에서 플라즈마에 의해 여기될 시의 그러한 프로세스 가스들의 플라즈마 유출물들을 (스루 홀들(256)을 통해) 분배할 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 제 1 채널(212)을 통해 챔버 플라즈마 구역(220) 및/또는 원격 플라즈마 시스템(210) 내로 도입되는 프로세스 가스는, 산소( $O_2$ ), 오존( $O_3$ ),  $N_2O$ ,  $NO$ ,  $NO_2$ ,  $NH_3$ ,  $N_2H_4$ 를 포함하는  $N_xH_y$ , 실란, 디실란, TSA, 및 DSA 중 하나 또는 그 초과를 함유할 수 있다. 프로세스 가스는 또한, 헬륨, 아르곤, 질소( $N_2$ ) 등과 같은 캐리어 가스를 포함할 수 있다. 제 2 채널(213)은 또한, 프로세스 가스, 캐리어 가스, 및/또는 성장하는 또는 증착-직후의 막으로부터 원하지 않는 컴포넌트를 제거하기 위해 사용되는 막-경화 가스를 전달할 수 있다. 플라즈마 유출물들은 프로세스 가스의 이온화된 또는 중성의 유도체들을 포함할 수 있으며, 또한, 본원에서는, 도입되는 프로세스 가스의 원자 성분들을 참조(referring)하여, 라디칼-산소 전구체들 및/또는 라디칼-질소 전구체라고 지칭될 수 있다.

[0020] [0025] 스루 홀들(256)의 수는 약 60 내지 약 2000 개일 수 있다. 스루 홀들(256)은 다양한 형상들을 가질 수 있으나, 가장 용이하게는 원형으로 제조된다. 개구(250)의 직경은 약 0.5 mm 내지 약 20 mm, 또는 약 1 mm 내지 약 6 mm일 수 있다. 또한, 스루 홀들(256)의 단면 형상을 자유롭게 선택할 수 있으며, 단면 형상은 원뿔형, 원통형 또는 이 두가지 형상들의 조합으로 제조될 수 있다. 기관 프로세싱 구역(270) 내로 가스를 도입하기 위해 사용되는 작은 홀들(255)의 수는, 상이한 실시예들에서, 약 100 내지 약 5000 개, 또는 약 500 내지 약 2000 개일 수 있다. 작은 홀들(255)의 직경은 약 0.1 mm 내지 약 2 mm일 수 있다.

[0021] [0026] 도 3은, 본원에서 설명되는 실시예들에 따른, 실리콘 질화물 막과 같은 유동성 막을 제조하는 방법들(300)에서의 선택된 단계들을 나타내는 흐름도이다. 방법(300)은, 302에서, 반응 챔버에 무-탄소 실리콘 전구체를 제공하는 단계를 포함한다. 무-탄소 실리콘 전구체는, 예컨대, 다른 종류들의 실리콘 전구체들 중에서, 실리콘-및-질소 전구체, 실리콘-및-수소 전구체, 또는 실리콘-질소-및-수소 함유 전구체일 수 있다. 이러한 전구체들의 특정 예들은, 다른 실릴-아민들 중에서,  $H_2N(SiH_3)$ ,  $HN(SiH_3)_2$ , 및  $N(SiH_3)_3$ 와 같은 실릴-아민들을 포함할 수 있다. 이러한 실릴-아민들은, 캐리어 가스들, 반응성 가스들, 또는 양자 모두로서 작용할 수 있는 부가적인 가스들과 혼합될 수 있다. 부가적인 가스들의 예들은, 다른 가스들 중에서,  $H_2$ ,  $N_2$ ,  $NH_3$ ,  $He$ , 및  $Ar$ 을 포함할 수 있다. 무-탄소 실리콘 전구체들의 예들은 또한, 실란( $SiH_4$ )을 단독으로 포함할 수 있거나, 또는 다른 실리콘-함유 가스들(예컨대,  $N(SiH_3)_3$ ), 수소-함유 가스들(예컨대,  $H_2$ ), 및/또는 질소-함유 가스들(예컨대,  $N_2$ ,  $NH_3$ )과 혼합된 실란( $SiH_4$ )을 포함할 수 있다. 무-탄소 실리콘 전구체들은 또한, 디실란, 트리실란, 고차(higher-order) 실란들, 및 염소화 실란(chlorinated silane)들을 단독으로 포함할 수 있거나, 또는 서로 또는 이전에 언급된 무-탄소 실리콘 전구체들과 조합하여 포함할 수 있다.

[0022] [0027] 실리콘-전구체는 무-탄소인 것에 더하여 무-산소일 수 있다. 산소의 부재(lack)는, 전구체들로부터 형

성되는 실리콘-밋-질소 층에서 실라놀(Si-OH) 기들의 농도를 더 낮춘다. 증착된 막에서의 과도한 실라놀 모이어티들(moieties)은, 증착된 층으로부터 수산기(-OH) 모이어티들을 제거하는 증착 후 단계들 동안에, 다공도(porosity) 및 수축을 증가시킬 수 있다.

[0023] [0028] 304에서, 라디칼-질소 전구체가 또한, 반응 챔버에 제공된다. 라디칼-질소 전구체는, 더 안정적인 질소 전구체로부터 반응 챔버 외부에서 생성되었던 질소-라디칼 함유 종이다. 예컨대,  $\text{NH}_3$  및/또는 히드라진( $\text{N}_2\text{H}_4$ )과 같은 비교적 안정적인 질소 전구체가, 라디칼-질소 전구체를 형성하기 위해, 반응 챔버 외부의 플라즈마 유닛에서 활성화될 수 있고, 그 후에, 그 라디칼-질소 전구체는 반응 챔버 내로 운반된다. 상이한 실시예들에서, 안정적인 질소 전구체는 또한,  $\text{NH}_3$  &  $\text{N}_2$ ,  $\text{NH}_3$  &  $\text{H}_2$ ,  $\text{NH}_3$  &  $\text{N}_2$  &  $\text{H}_2$ , 및  $\text{N}_2$  &  $\text{H}_2$ 를 포함하는 혼합물일 수 있다. 히드라진이 또한,  $\text{N}_2$  및  $\text{H}_2$ 를 갖는 혼합물들에서  $\text{NH}_3$ 와 조합하여 또는 그 대신에 사용될 수 있다. 생성된 라디칼-질소 전구체는, N, NH,  $\text{NH}_2$  등 중 하나 또는 그 초과일 수 있고, 또한, 플라즈마에서 형성된 이온화된 종을 동반할 수 있다.

[0024] [0029] 일반적으로 말하면, 질소를 포함하지 않는 라디칼 전구체가 또한, 실리콘-밋-질소-함유 층이 형성되게 허용할 것이다. 라디칼 전구체는, 원격 플라즈마 구역에 전술한 전구체들과 함께 공급되는 질소를 포함하는 경우에, 라디칼-질소 전구체일 수 있다. 라디칼 전구체는, 증착 기판(예컨대, 반도체 웨이퍼) 상에 실리콘-밋-질소 층을 증착하기 위해 전구체들이 혼합하고 반응하는 증착 구역으로부터 파티셔닝된, 반응 챔버의 섹션에서 생성된다. 라디칼 전구체가 라디칼-질소 전구체인 실시예에서, 안정적인 질소 전구체가 원격 플라즈마 구역 내로 유동되고, 플라즈마에 의해 여기된다. 안정적인 질소 전구체 (및 라디칼-질소 전구체)는 또한, 수소( $\text{H}_2$ ), 질소( $\text{N}_2$ ), 아르곤, 헬륨 등과 같은 캐리어 가스를 동반할 수 있다. 개시된 실시예들에서, (부가적인 비활성 캐리어 가스들을 갖는 또는 갖지 않는) 본질적으로 질소( $\text{N}_2$ )로 구성된 입력 가스로부터 형성되는 라디칼-질소 전구체가 또한, 유익한 막들을 생성하는 것으로 발견되었다. 실리콘-함유 전구체가 질소를 포함하는 실시예들에서, 라디칼-질소 전구체는 또한, (선택적으로, 비활성 캐리어 가스들 및) 본질적으로 수소( $\text{H}_2$ )로 구성된 입력 가스로부터 형성되는 라디칼 전구체로 대체될 수 있다.

[0025] [0030] 306에서, 반응 챔버에서, 기판 상에 실리콘-밋-질소 함유 막을 증착하기 위해, 무-탄소 실리콘 전구체와 라디칼-질소 전구체가 혼합하고 반응한다. 실시예들에서, 증착된 실리콘-밋-질소-함유 막은 몇몇 레시피 조합들에 따라 등각적으로 증착될 수 있다. 다른 실시예들에서, 증착된 실리콘-밋-질소 함유 막은, 종래의 실리콘 질화물( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) 막 증착 기법들과 다르게, 유동성 특성들을 갖는다. 형성의 유동성 성질은, 막이 기판의 증착 표면 상의 좁은 갭들, 트렌치들, 및 다른 구조들 내로 유동하게 허용한다.

[0026] [0031] 유동성은, 무-탄소 실리콘 전구체와 라디칼-질소 전구체들을 혼합시키는 것으로부터 기인하는 다양한 특성들로 인한 것일 수 있다. 이러한 특성들은, 짧은 사슬 폴리실라잔 폴리머들의 존재 및/또는 증착된 막에서의 상당한 수소 컴포넌트를 포함할 수 있다. 이러한 짧은 사슬들은, 막의 형성 동안에 그리고 그 후에, 더 밀도가 높은 유전체 재료를 형성하기 위해, 성장되고 네트워킹(network)한다. 예컨대, 증착된 막은 실라잔-타입의 Si-NH-Si 백본(backbone)(즉, Si-N-H 막)을 가질 수 있다. 실리콘 전구체 및 라디칼-질소 전구체 양자 모두가 무-탄소인 경우에, 증착된 실리콘-밋-질소 함유 막이 또한, 실질적으로 무-탄소이다. 당연히, "무-탄소"는, 반드시, 막에 소량의 탄소조차도 없는 것을 의미하는 것은 아니다. 증착된 실리콘-밋-질소 전구체에 도달하는 전구체 재료들에 탄소 오염물들이 존재할 수 있다. 그러나, 이러한 탄소 불순물들의 양은, 탄소 모이어티를 갖는 실리콘 전구체(예컨대, TEOS, TMDSO 등)에서 발견될 양보다 훨씬 더 적다.

[0027] [0032] 도 4는, 실시예에 따른, 유동성 유전체 층을 경화시키기 위한 방법(400)을 개시한다. 방법(400)은, 402에서, 기판 상에 유동성 유전체 층을 형성하는 단계 - 기판은 프로세스 챔버의 프로세싱 구역에 위치됨 -; 404에서, 기판 및 프로세싱 구역에 산소-함유 가스를 전달하는 단계 - 유동성 유전체 층은, 시간의 기간 동안, 산소-함유 가스에 침지되어, 소킹된 유전체 층이 생성됨 -; 406에서, 시간의 기간 후에, 프로세싱 구역으로부터 산소-함유 가스를 퍼징하는 단계; 및 408에서, 소킹된 유전체 층을 UV 복사에 노출시키는 단계를 포함하며, UV 복사는 소킹된 유전체 층을 적어도 부분적으로 경화시킨다. 방법(400)은, 경화 전에, 산소 풍부 분위기에서 유동성 층을 사전 소킹함으로써, 유동성 층의 더 완전한 경화를 허용한다. 사전 소킹은, UV 경화 프로세스 동안에, 층의 표면에서의 굴절률(RI)의 증가를 방지함으로써, UV 경화의 깊이를 증가시킨다.

[0028] [0033] 방법(400)은, 402에서, 기판 상에 유동성 유전체 층을 형성하는 것으로 시작된다. 기판은 우선 프로세스 챔버의 프로세싱 구역에 위치된다. 프로세스 챔버는 위에서 도 2를 참조하여 설명된 바와 같은 프로세스 챔

버릴 수 있다. 기판은, 다른 것들 중에서, 금속, 플라스틱, 유기 재료, 실리콘, 유리, 석영, 또는 폴리머 재료들의 얇은 시트일 수 있다. 일 실시예에서, 기판은, 실리콘-함유 층이 위에 증착될 실리콘 기판이다. 다른 실시예들에서, 기판은 도핑된 또는 다르게 변형된 실리콘 기판일 수 있다. 기판은, 기판 상에 형성된 디바이스 컴포넌트들(예컨대, 트랜지스터들)의 구조 및 간격을 위한 복수의 갭들을 가질 수 있다. 갭들은, 1:1 보다 상당히 더 큰(예컨대, 5:1 또는 그 초과, 6:1 또는 그 초과, 7:1 또는 그 초과, 8:1 또는 그 초과, 9:1 또는 그 초과, 10:1 또는 그 초과, 11:1 또는 그 초과, 12:1 또는 그 초과 등), 높이 대 폭(즉, H/W)의 종횡비(AR)를 정의하는, 높이 및 폭을 가질 수 있다. 다수의 경우들에서, 높은 AR은, 약 90 nm 내지 약 22 nm 또는 그 미만의 범위에 있는(예컨대, 약 90 nm, 65 nm, 45 nm, 32 nm, 22 nm, 16 nm 등) 작은 갭 폭들로 인한 것이다.

[0029] [0034] 유동성 실리콘-및-질소 함유 층과 같은 유동성 유전체 층이 기판 상에 증착될 수 있다. 층이 유동적이기 때문에, 층은, 충전 재료의 중심 주위에서 공극들 또는 약한 시임들을 생성하지 않으면서, 높은 종횡비들을 갖는 갭들을 충전할 수 있다. 예컨대, 유동성 재료는, 갭이 완전히 충전되기 전에 갭의 상단을 조기에 막아서 갭의 중간에 공극을 남길 가능성이 더 적다.

[0030] [0035] 404에서, 산소-함유 가스가 기판 및 프로세싱 구역에 전달되어, 산소-함유 가스 분위기가 생성된다. 그 후에, 증착된 실리콘-및-질소 함유 층이 산소-함유 가스 분위기에서 사전-소킹될 수 있다. 산소-함유 가스는, 원자 산소(O), 분자 산소(O<sub>2</sub>), 오존(O<sub>3</sub>), 질소-산화물들(NO, NO<sub>2</sub> 등), 및 이들의 조합들의 형태로 실질적으로 순수한 산소를 포함할 수 있다. 분위기는 또한, 수소 과산화물(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) 또는 스팀(H<sub>2</sub>O)과 산소의 조합을 함유할 수 있다. 예컨대, 증착된 실리콘-및-질소 층은 스팀(H<sub>2</sub>O) 및 오존(O<sub>3</sub>)을 함유하는 분위기에서 사전-소킹될 수 있다.

[0031] [0036] 유동성 유전체 층이, 시간의 기간 동안, 산소-함유 가스에 침지되어, 소킹된 유전체 층이 생성된다. 유동성 유전체 층을 갖는 기판은, 기판의 썬열 버짓(thermal budget)의 초과 또는 조기 경화를 피하면서 유동성 유전체 층 내로의 산소-함유 가스의 침투를 허용하는 압력 및 온도에서 유지된다. 하나 또는 그 초과들의 실시예들에서, 온도는, 섭씨 약 150 도 미만, 예컨대 섭씨 약 100 도 미만이다. 예컨대, 온도는 섭씨 약 10 도 내지 섭씨 약 60 도일 수 있다. 하나 또는 그 초과들의 실시예에서, 압력은, 100 Torr 초과, 예컨대 200 Torr 초과이다. 예컨대, 압력은 약 500 Torr 내지 600 Torr일 수 있다. 산소-함유 가스는, 300 mm 직경의 원형 기판에 대해, 약 3 slm 내지 약 10 slm의 유량으로 전달될 수 있다. 일 실시예에서, 산소-함유 가스는, 기판의 노출된 표면(또한, 증착 표면이라고 지칭됨) 상에서 측정하여, 기판 표면적의 제곱 mm 당 약 3.1 sccm 내지 약 10.6 sccm의 유량으로 전달된다.

[0032] [0037] 위에서 언급된 바와 같이, 유동성 유전체 층은, 시간의 기간 동안, 산소-함유 가스에 침지된다. 시간의 기간은, 유동성 유전체 층에서의 그리고 분위기에서의 산소-함유 가스의 교환 레이트가 평형에 도달하기에 충분한 시간 기간일 수 있다. 일 실시예에서, 시간의 기간은, 약 300 초 미만, 예컨대 약 40 초 내지 약 240 초이다.

[0033] [0038] 실시예들은 상이한 온도들, 압력들, 및 분위기들을 갖는 다수의 사전-소크 스테이지들을 포함할 수 있다. 예컨대, 제 1 사전-소크 스테이지는, 스팀(H<sub>2</sub>O)을 포함하는 분위기에서 더 낮은 제 1 온도에서 수행될 수 있는 한편, 제 2 사전-소크 스테이지는, 실질적으로 수증기가 없는 건조 산소-함유 분위기에서 더 높은 제 2 온도에서 수행될 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 다수의 사전-소크 스테이지들은, 산소-함유 분위기를 사용하지 않는 하나 또는 그 초과들의 사전-소크 스테이지들을 포함한다. 예컨대, 제 3 사전-소크 스테이지는 또한, 비-산소 함유 분위기(예컨대, 건조 N<sub>2</sub>, He, Ar 등)에서 실시될 수 있다. 사전-소크가 완료된 후에, 유동성 유전체 층은 또한, 소킹된 유전체 층이라고 지칭될 수 있다.

[0034] [0039] 406에서, 시간의 기간 후에, 프로세싱 구역으로부터 산소-함유 가스가 퍼질 수 있다. 퍼지는 프로세스 챔버에 비활성 가스를 전달하는 것을 포함할 수 있다. 비활성 가스는, 산소-함유 가스, 기판, 및/또는 유동성 유전체 층과 반응적이지 않은 임의의 가스들을 포함한다. 비활성 가스들은 N<sub>2</sub>, Ar, He, 또는 이들의 조합들을 포함할 수 있다. 이러한 프로세스 동안에, 온도 및 압력은 위에서 설명된 바와 같이 유지될 수 있다.

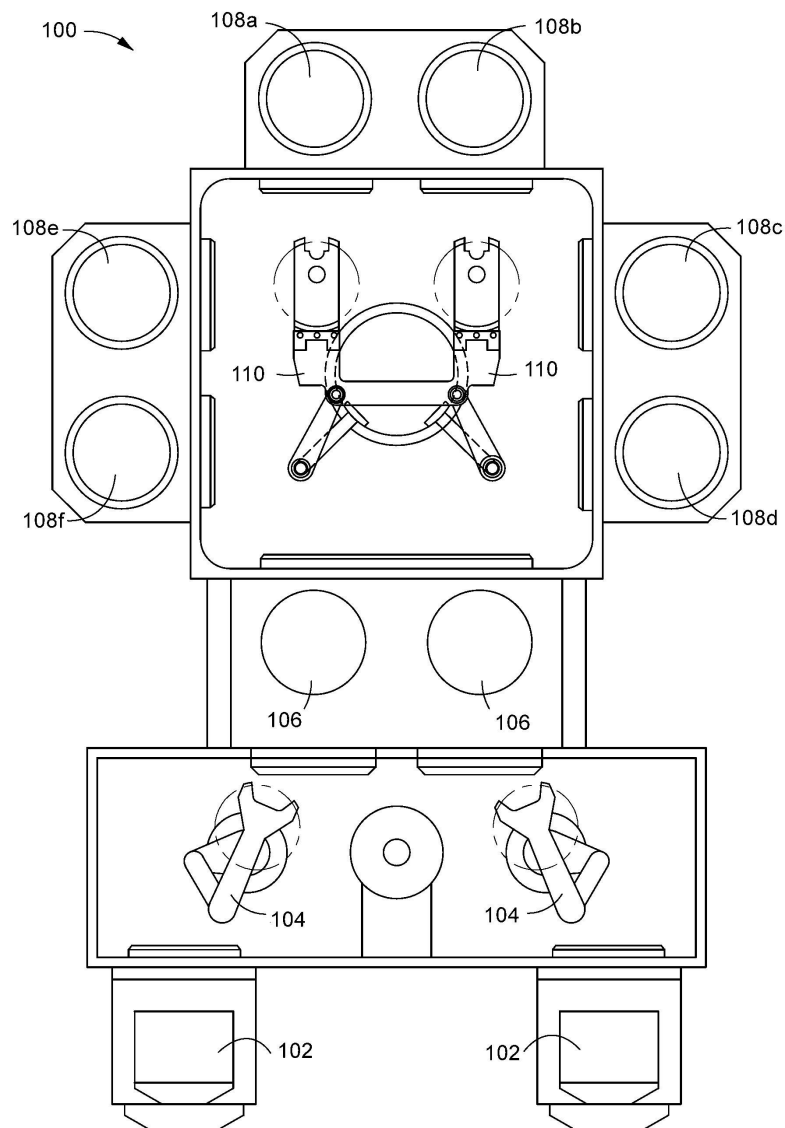
[0035] [0040] 408에서, 소킹된 유전체 층이 UV 복사에 노출된다. UV 복사는 소킹된 유전체 층을 적어도 부분적으로 경화시킨다. 경화 스테이지는 소킹된 유전체 층을 UV 복사에 노출시키는 것을 수반한다. 증착 기판은 경화를 위해 기판 프로세싱 구역에 남아 있을 수 있거나, 또는 기판은, UV 복사가 도입되는 상이한 챔버로 이송될 수 있다. UV 복사는, 소킹된 유전체 층에서, 사전-소크 프로세스 동안에 형성된 Si-O, 자유 산소-함유 가스, 실리

콘, 및 질소 사이의 가교를 생성한다.

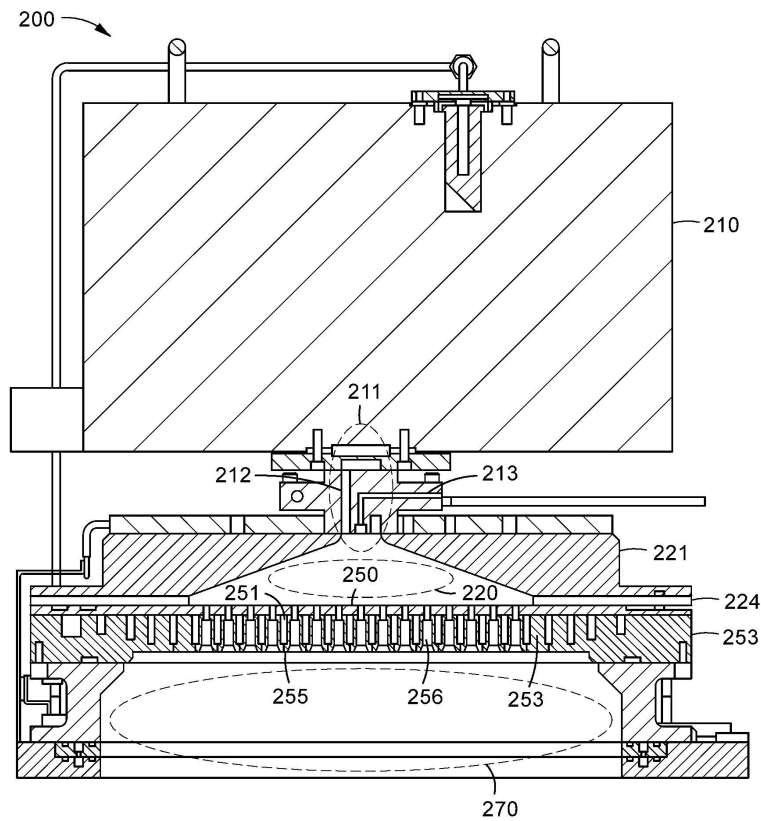
- [0036] [0041] 유동성 유전체 층의 UV 경화 동안에, UV 복사는 우선, 층의 최상단 부분을 경화시키는 것으로 생각된다. 경화 프로세스 동안에, 최상단 부분은 굴절률이 변화되어, UV의 추가적인 침투를 방지함과 동시에, 유동성 유전체 층에서 응력을 증가시킨다. 소킹된 유전체 층에서의 이전에 형성된 Si-O 결합들은 유동성 유전체 층의 최상단 부분에서의 굴절률의 변화를 방지하여, 경화 침투를 증가시키고, 따라서, 경화의 깊이를 증가시킨다. 다른 방식으로 말하면, RI는, 산소-함유 가스에서의 사전-소크를 받지 않은 유동성 유전체 층에 비하여, 소킹된 유전체 층에서 더 균일하게 유지된다.
- [0037] [0042] 이전에 설명된 실시예들은 다수의 이점들을 갖는다. 산소-함유 가스 사전-소크로 처리된 유동성 유전체 층들은, 낮은 온도의 UV 복사 경화를 사용하여 완전히 경화되는 능력을 유지하면서, 높은 종횡비 피쳐들에 증착되기 위한 유동성을 갖는다. 따라서, 이러한 방법은, 높은 종횡비 피쳐들 및 낮은 씨멀 버짓을 갖는 디바이스들 상의 우수한 충전을 달성하기 위해 사용될 수 있다. 추가로, 소킹된 유전체 층은, 기존의 유동성 유전체 층 증착 방법들과 비교하여 새로운 인장/압축 응력 조절(modulation)을 허용한다. 전술한 이점들은 예시적이고, 제한적이지 않다. 모든 실시예들이 모든 이점들을 가질 필요는 없다.
- [0038] [0043] 전술한 바가 개시된 장치, 방법들, 및 시스템들의 실시예들에 관한 것이지만, 개시된 장치, 방법들, 및 시스템들의 다른 그리고 추가적인 실시예들이, 본 개시의 기본적인 범위로부터 벗어나지 않고 고안될 수 있고, 본 개시의 범위는 다음의 청구항들에 의해 결정된다.

도면

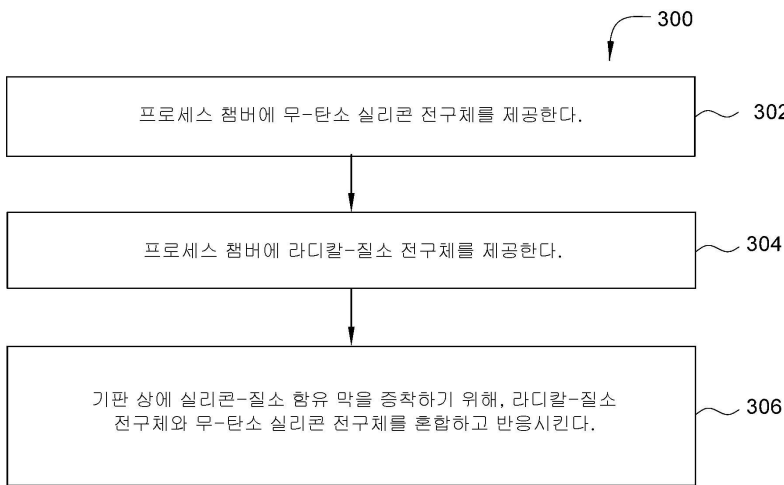
도면1



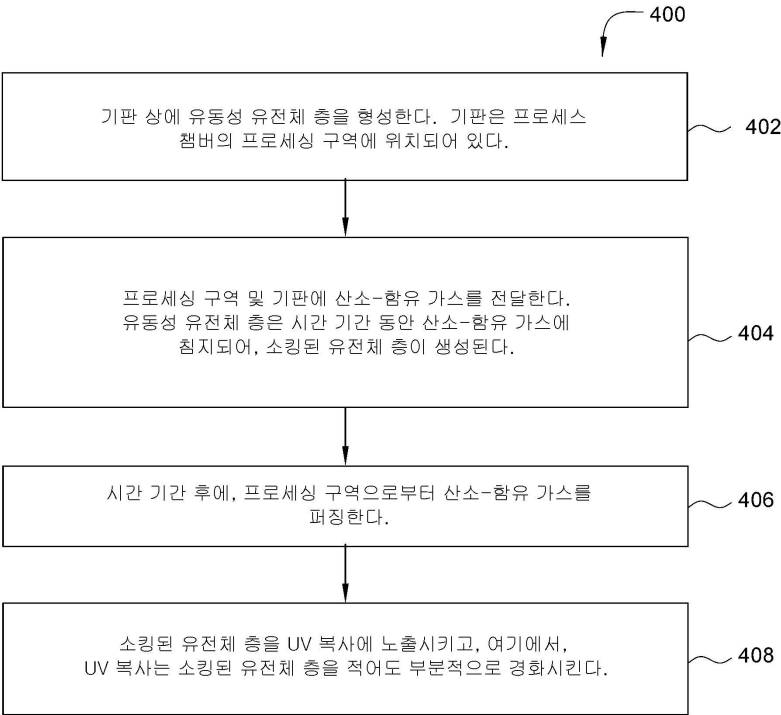
도면2



도면3



도면4



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 14

【변경전】

상기 프로세싱 구역

【변경후】

상기 프로세스 챔버의 프로세싱 구역

【직권보정 2】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 10

【변경전】

상기 프로세싱 챔버

【변경후】

상기 프로세스 챔버