



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0159564
(43) 공개일자 2023년11월21일

- | | |
|--|--|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 H01J 37/32 (2006.01) C23C 16/452 (2006.01)
 C23C 16/455 (2006.01) C23C 16/509 (2006.01)
 C23C 16/56 (2006.01) H01L 21/02 (2006.01)
 H01L 21/67 (2006.01) H01L 21/683 (2006.01)</p> <p>(52) CPC특허분류
 H01J 37/32174 (2013.01)
 C23C 16/452 (2013.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2023-7036106</p> <p>(22) 출원일자(국제) 2022년02월04일
 심사청구일자 없음</p> <p>(85) 번역문제출일자 2023년10월20일</p> <p>(86) 국제출원번호 PCT/US2022/015222</p> <p>(87) 국제공개번호 WO 2022/203767
 국제공개일자 2022년09월29일</p> <p>(30) 우선권주장
 17/208,719 2021년03월22일 미국(US)</p> | <p>(71) 출원인
 어플라이드 머티어리얼스, 인코포레이티드
 미국 95054 캘리포니아 산타 클라라 바우어스 애브뉴 3050</p> <p>(72) 발명자
 탄노스, 제쓰로
 미국 95054-3299 캘리포니아 산타 클라라 바우어스 애브뉴 3050
 시틀라, 바르가브 스리다르
 미국 94085 캘리포니아 서니베일 이스트 아르크 애비뉴 974
 (뒷면에 계속)</p> <p>(74) 대리인
 특허법인 남앤남</p> |
|--|--|

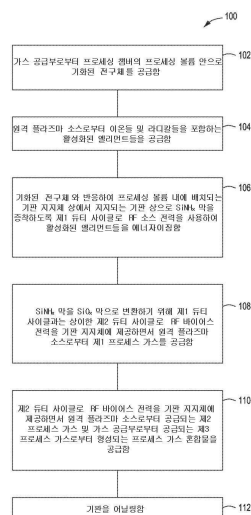
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 **기관을 프로세싱하기 위한 방법들 및 장치**

(57) 요약

기관을 프로세싱하기 위한 방법들 및 장치가 본원에서 제공된다. 예를 들면, 방법은, 기화된 전구체를 프로세싱 볼륨 안으로 공급하는 단계, 원격 플라즈마 소스로부터 이온들 및 라디칼들을 포함하는 활성화된 엘리먼트들을 공급하는 단계, 기화된 전구체와 반응하여 프로세싱 볼륨 내에 배치되는 기관 상으로 SiNH_x 막을 증착하도록 제1 듀티 사이클로 RF 소스 전력을 사용하여 활성화된 엘리먼트들을 에너지이징하는 단계, SiNH_x 막을 SiO_x 막으로 변환하기 위해 제1 듀티 사이클과는 상이한 제2 듀티 사이클로 RF 바이어스 전력을 기관 지지체에 제공하면서 원격 플라즈마 소스로부터 제1 프로세스 가스를 공급하는 단계, 제2 듀티 사이클로 RF 바이어스 전력을 기관 지지체에 제공하면서 원격 플라즈마 소스로부터 공급되는 제2 프로세스 가스 및 가스 공급부로부터 공급되는 제3 프로세스 가스로부터 형성되는 프로세스 가스 혼합물을 공급하는 단계, 및 기관을 어닐링하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H01J 37/32357 (2013.01)
H01J 37/32449 (2013.01)
H01J 37/32724 (2013.01)
H01L 21/02164 (2013.01)
H01L 21/02211 (2013.01)
H01L 21/02274 (2013.01)
H01L 21/67103 (2013.01)
H01L 21/67109 (2013.01)
H01L 21/6831 (2013.01)

(72) 발명자

네마니, 스리니바스 디.

미국 94085 캘리포니아 서니베일 이스트 아르크 애비뉴 974 엠에스 81235

이에, 엘리

미국 94085 캘리포니아 서니베일 이스트 아르크 애비뉴 974

러빈츠, 조슈아 앨런

미국 94085 캘리포니아 서니베일 이스트 아르크 애비뉴 974

첸, 에리카

미국 95054 캘리포니아 산타 클라라 스콧 볼러바드 3330 엠/에스 0608

아스라니, 소렘 선제이

미국 94085 캘리포니아 서니베일 이스트 아르크 애비뉴 974 에이엠에이티 빌딩 81 데스크 넘버 1
쥬08-03

베키아리스, 니콜라스

미국 94085 캘리포니아 서니베일 이스트 아르크 애비뉴 974 어플라이트 머티어리얼스 빌딩 81

부흐베르거, 주니어 더글라스 아서

미국 95054 캘리포니아 서니베일 이스트 아르크 애비뉴 974

명세서

청구범위

청구항 1

기판을 프로세싱하기 위한 방법으로서,

기화된 전구체를 가스 공급부로부터 프로세싱 챔버의 프로세싱 볼륨 안으로 공급하는 단계;

원격 플라즈마 소스로부터 이온들 및 라디칼들을 포함하는 활성화된 엘리먼트들을 공급하는 단계;

상기 기화된 전구체와 반응하여 상기 프로세싱 볼륨 내에 배치되는 기판 지지체 상에서 지지되는 기판 상으로 SiNH_x 막을 증착하도록 제1 듀티 사이클로 RF 소스 전력을 사용하여 상기 활성화된 엘리먼트들을 에너지징하는 단계;

상기 SiNH_x 막을 SiO_x 막으로 변환하기 위해 상기 제1 듀티 사이클과는 상이한 제2 듀티 사이클로 RF 바이어스 전력을 상기 기판 지지체에 제공하면서 상기 원격 플라즈마 소스로부터 제1 프로세스 가스를 공급하는 단계;

상기 제2 듀티 사이클로 RF 바이어스 전력을 상기 기판 지지체에 제공하면서 상기 원격 플라즈마 소스로부터 공급되는 제2 프로세스 가스 및 상기 가스 공급부로부터 공급되는 제3 프로세스 가스로부터 형성되는 프로세스 가스 혼합물을 공급하는 단계; 및

상기 기판을 어닐링하는 단계를 포함하는,

기판을 프로세싱하기 위한 방법.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 제1 듀티 사이클은 약 10 % 내지 약 100 %이고, 상기 제2 듀티 사이클은 약 0.1 % 내지 약 20 %이며, 상기 제2 듀티 사이클의 온 타임은 약 1 Hz 내지 약 20 Hz의 펄싱 주파수(pulsing frequency)를 갖는,

기판을 프로세싱하기 위한 방법.

청구항 3

제1 항에 있어서,

상기 기판을 어닐링하는 단계는 상기 기판을 약 500 °C의 온도까지 가열하는 단계를 포함하는,

기판을 프로세싱하기 위한 방법.

청구항 4

제1 항에 있어서,

상기 RF 소스 전력 및 상기 RF 바이어스 전력을, 각각, 샤워헤드에 그리고 상기 기판 지지체에 동시에 제공하는 단계를 더 포함하는,

기판을 프로세싱하기 위한 방법.

청구항 5

제1 항에 있어서,

폐루프형 가스 프로세스 체계에서 상기 RF 소스 전력 및 상기 RF 바이어스 전력을 순차적으로 제공하는 단계를 더 포함하는,

기판을 프로세싱하기 위한 방법.

청구항 6

제1 항에 있어서,
상기 기관 지지체를 회전시키는 단계를 더 포함하는,
기관을 프로세싱하기 위한 방법.

청구항 7

제1 항에 있어서,
상기 활성화된 엘리먼트들을 공급하면서 상기 기관의 온도를 약 -20°C 내지 약 90°C 에서 유지하는 단계를 더 포함하는,
기관을 프로세싱하기 위한 방법.

청구항 8

제1 항에 있어서,
상기 활성화된 엘리먼트들을 공급하면서 약 10 mTorr 내지 5 Torr의 압력을 유지하는 단계를 더 포함하는,
기관을 프로세싱하기 위한 방법.

청구항 9

제1 항에 있어서,
상기 프로세싱 챔버는 플라즈마 강화 화학적 기상 증착 챔버인,
기관을 프로세싱하기 위한 방법.

청구항 10

제1 항에 있어서,
상기 RF 소스 전력은 약 100 W이고, 상기 RF 바이어스 전력은 약 500 W 내지 약 2500 W인,
기관을 프로세싱하기 위한 방법.

청구항 11

제1 항에 있어서,
상기 원격 플라즈마 소스로부터 상기 활성화된 엘리먼트들을 공급하는 단계는 암모니아 라디칼들, H_2 라디칼들,
또는 아르곤 이온들 중 적어도 하나를 공급하는 단계를 포함하는,
기관을 프로세싱하기 위한 방법.

청구항 12

제1 항에 있어서,
상기 제1 프로세스 가스를 공급하는 단계는 산화물을 공급하는 단계를 포함하는,
기관을 프로세싱하기 위한 방법.

청구항 13

제1 항에 있어서,
상기 제2 프로세스 가스 및 상기 제3 프로세스 가스를 공급하는 것은, 각각, 아르곤 및 헬륨을 공급하는 것을 포함하는,
기관을 프로세싱하기 위한 방법.

청구항 14

제1 항 내지 제13 항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 기화된 전구체를 공급하는 단계는 트리실릴아민을 공급하는 단계를 포함하는,
기관을 프로세싱하기 위한 방법.

청구항 15

프로세서에 의해 실행될 때 기관을 프로세싱하기 위한 방법을 수행하는 명령어들이 저장되어 있는 비일시적 컴퓨터 판독 가능 저장 매체로서,

상기 방법은,

기화된 전구체를 가스 공급부로부터 프로세싱 챔버의 프로세싱 볼륨 안으로 공급하는 단계;

원격 플라즈마 소스로부터 이온들 및 라디칼들을 포함하는 활성화된 엘리먼트들을 공급하는 단계;

상기 기화된 전구체와 반응하여 상기 프로세싱 볼륨 내에 배치되는 기관 지지체 상에서 지지되는 기관 상으로 SiNH_x 막을 증착하도록 제1 듀티 사이클로 RF 소스 전력을 사용하여 상기 활성화된 엘리먼트들을 에너지이징하는 단계;

상기 SiNH_x 막을 SiO_x 막으로 변환하기 위해 상기 제1 듀티 사이클과는 상이한 제2 듀티 사이클로 RF 바이어스 전력을 상기 기관 지지체에 제공하면서 상기 원격 플라즈마 소스로부터 제1 프로세스 가스를 공급하는 단계;

상기 제2 듀티 사이클로 RF 바이어스 전력을 상기 기관 지지체에 제공하면서 상기 원격 플라즈마 소스로부터 공급되는 제2 프로세스 가스 및 상기 가스 공급부로부터 공급되는 제3 프로세스 가스로부터 형성되는 프로세스 가스 혼합물을 공급하는 단계; 및

상기 기관을 어닐링하는 단계를 포함하는,

명령어들이 저장되어 있는 비일시적 컴퓨터 판독 가능 저장 매체.

청구항 16

제15 항에 있어서,

상기 제1 듀티 사이클은 약 10 % 내지 약 100 %이고, 상기 제2 듀티 사이클은 약 0.1 % 내지 약 20 %이며, 상기 제2 듀티 사이클의 온 타임은 약 1 Hz 내지 약 20 Hz의 펄싱 주파수를 갖는,

명령어들이 저장되어 있는 비일시적 컴퓨터 판독 가능 저장 매체.

청구항 17

제15 항에 있어서,

상기 기관을 어닐링하는 단계는 상기 기관을 약 500 °C의 온도까지 가열하는 단계를 포함하는,

명령어들이 저장되어 있는 비일시적 컴퓨터 판독 가능 저장 매체.

청구항 18

제15 항에 있어서,

상기 RF 소스 전력 및 상기 RF 바이어스 전력을, 각각, 상기 원격 플라즈마 소스에 그리고 상기 기관 지지체에 동시에 제공하는 것을 더 포함하는,

명령어들이 저장되어 있는 비일시적 컴퓨터 판독 가능 저장 매체.

청구항 19

제15 항 내지 제18 항 중 어느 한 항에 있어서,

페루프형 가스 프로세스 체계에서 상기 RF 소스 전력 및 상기 RF 바이어스 전력을 순차적으로 제공하는 것을 더

포함하는,

명령어들이 저장되어 있는 비일시적 컴퓨터 판독 가능 저장 매체.

청구항 20

기판을 프로세싱하기 위한 화학적 기상 증착 챔버로서,

상기 화학적 기상 증착 챔버의 프로세싱 볼륨 내에 배치되는 기판 지지체;

상기 화학적 기상 증착 챔버에 커플링되며 상기 프로세싱 볼륨 내의 샤워헤드에 활성화된 엘리먼트들을 제공하도록 구성되는 원격 플라즈마 소스;

상기 샤워헤드에 커플링되며 제1 듀티 사이클로 RF 소스 전력을 제공하도록 구성되는 RF 소스 전력;

상기 기판 지지체에 커플링되며 상기 제1 듀티 사이클과는 상이한 제2 듀티 사이클로 RF 바이어스 전력을 상기 기판 지지체에 제공하도록 구성되는 RF 바이어스 전력 소스;

상기 화학적 기상 증착 챔버에 커플링되며 상기 프로세싱 볼륨 내에 배치되는 상기 샤워헤드에 프로세스 가스를 공급하도록 구성되는 가스 공급부; 및

컨트롤러를 포함하고,

상기 컨트롤러는,

상기 가스 공급부로부터 상기 화학적 기상 증착 챔버의 상기 프로세싱 볼륨 안으로 기화된 전구체를 공급하도록;

상기 원격 플라즈마 소스로부터 이온들 및 라디칼들을 포함하는 활성화된 엘리먼트들을 공급하도록;

상기 기화된 전구체와 반응하여 상기 프로세싱 볼륨 내에 배치되는 상기 기판 지지체 상에서 지지되는 기판 상으로 SiNH_x 막을 증착하도록 상기 제1 듀티 사이클로 RF 소스 전력을 사용하여 상기 활성화된 엘리먼트들을 에너지화하도록;

상기 SiNH_x 막을 SiO_x 막으로 변환하기 위해 상기 제2 듀티 사이클로 RF 바이어스 전력을 상기 기판 지지체에 제공하면서 상기 원격 플라즈마 소스로부터 제1 프로세스 가스를 공급하도록;

상기 제2 듀티 사이클로 RF 바이어스 전력을 상기 기판 지지체에 제공하면서 상기 원격 플라즈마 소스로부터 공급되는 제2 프로세스 가스 및 상기 가스 공급부로부터 공급되는 제3 프로세스 가스로부터 형성되는 프로세스 가스 혼합물을 공급하도록; 그리고

상기 기판을 어닐링하도록 구성되는,

기판을 프로세싱하기 위한 화학적 기상 증착 챔버.

발명의 설명

기술 분야

[0001]

[0001] 본 개시내용의 실시예들은 일반적으로 기판을 프로세싱하기 위한 방법들 및 장치에 관한 것이며, 더 구체적으로는, 인시튜(in-situ) 플라즈마 처리들을 사용하여 갭 충전 SiO 막을 형성하도록 구성되는 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002]

[0002] 갭 충전 SiO 막을 위한 종래의 방법들 및 장치는, 예를 들면, 플랫폼 요건들을 충족하기 위한 안정적인 SiO 막을 개발하기 위해 증기 프로세스들 및/또는 하나 이상의 다단계 프로세스들을 사용한다. 예를 들면, 일부 방법들은 하나 이상의 증착 방법들(예를 들면, 화학적 기상 증착, DED 노(furnace) 등)를 사용하여 SiO 막을 증착하는데, 하나 이상의 다른 프로세스들, 예컨대, 증기 어닐 또는 복잡한 다단계 접근법(예를 들면, 자외선(ultraviolet; UV) 경화, 화학적 기계적 연마(chemical mechanical polish; CMP), 플라즈마 처리 등)이 후속된다. 그러나, 그러한 방법들은 구조적 이슈들(예를 들면, 라인 굴곡)을 가지며, 불량한 갭 충전(예를 들면, 다공성(seam)들/공극(void)들)을 제공하고, 매우 복잡하고 비용이 많이 들 수 있으며, 낮은 스루풋을 가지며,

종종 열 예산을 초과한다.

발명의 내용

- [0003] 기판을 프로세싱하기 위한 방법들 및 장치가 본원에서 제공된다. 일부 실시예들에서, 기판을 프로세싱하기 위한 방법은, 기화된 전구체를 가스 공급부로부터 프로세싱 챔버의 프로세싱 볼륨 안으로 공급하는 것, 원격 플라즈마 소스로부터 이온들 및 라디칼들을 포함하는 활성화된 엘리먼트들을 공급하는 것, 기화된 전구체와 반응하여 프로세싱 볼륨 내에 배치되는 기판 지지체 상에서 지지되는 기판 상으로 SiNH_x 막을 증착하도록 제1 듀티 사이클로 RF 소스 전력을 사용하여 활성화된 엘리먼트들을 에너지이징하는 것, SiNH_x 막을 SiO_x 막으로 변환하기 위해 제1 듀티 사이클과는 상이한 제2 듀티 사이클로 RF 바이어스 전력을 기판 지지체에 제공하면서 원격 플라즈마 소스로부터 제1 프로세스 가스를 공급하는 것, 제2 듀티 사이클로 RF 바이어스 전력을 기판 지지체에 제공하면서 원격 플라즈마 소스로부터 공급되는 제2 프로세스 가스 및 가스 공급부로부터 공급되는 제3 프로세스 가스로부터 형성되는 프로세스 가스 혼합물을 공급하는 것, 및 기판을 어닐링하는 것을 포함한다.
- [0004] 적어도 일부 실시예들에 따르면, 비일시적 컴퓨터 판독 가능 저장 매체는, 프로세서에 의해 실행될 때 기판을 프로세싱하기 위한 방법을 수행하는 명령어들을 저장하고 있다. 방법은, 기화된 전구체를 가스 공급부로부터 프로세싱 챔버의 프로세싱 볼륨 안으로 공급하는 것, 원격 플라즈마 소스로부터 이온들 및 라디칼들을 포함하는 활성화된 엘리먼트들을 공급하는 것, 기화된 전구체와 반응하여 프로세싱 볼륨 내에 배치되는 기판 지지체 상에서 지지되는 기판 상으로 SiNH_x 막을 증착하도록 제1 듀티 사이클로 RF 소스 전력을 사용하여 활성화된 엘리먼트들을 에너지이징하는 것, SiNH_x 막을 SiO_x 막으로 변환하기 위해 제1 듀티 사이클과는 상이한 제2 듀티 사이클로 RF 바이어스 전력을 기판 지지체에 제공하면서 원격 플라즈마 소스로부터 제1 프로세스 가스를 공급하는 것, 제2 듀티 사이클로 RF 바이어스 전력을 기판 지지체에 제공하면서 원격 플라즈마 소스로부터 공급되는 제2 프로세스 가스 및 가스 공급부로부터 공급되는 제3 프로세스 가스로부터 형성되는 프로세스 가스 혼합물을 공급하는 것, 및 기판을 어닐링하는 것을 포함한다.
- [0005] 적어도 일부 실시예들에 따르면, 기판을 프로세싱하기 위한 화학적 기상 증착 챔버는, 화학적 기상 증착 챔버의 프로세싱 볼륨 내에 배치되는 기판 지지체, 화학적 기상 증착 챔버에 커플링되며 프로세싱 볼륨 내의 샤워헤드에 활성화된 엘리먼트들을 제공하도록 구성되는 원격 플라즈마 소스, 샤워헤드에 커플링되며 제1 듀티 사이클로 RF 소스 전력을 제공하도록 구성되는 RF 소스 전력, 기판 지지체에 커플링되며 제1 듀티 사이클과는 상이한 제2 듀티 사이클로 RF 바이어스 전력을 기판 지지체에 제공하도록 구성되는 RF 바이어스 전력 소스, 화학적 기상 증착 챔버에 커플링되며 프로세싱 볼륨 내에 배치되는 샤워헤드에 프로세스 가스를 공급하도록 구성되는 가스 공급부, 및 컨트롤러를 포함하고, 컨트롤러는, 가스 공급부로부터 화학적 기상 증착 챔버의 프로세싱 볼륨 안으로 기화된 전구체를 공급하도록, 원격 플라즈마 소스로부터 이온들 및 라디칼들을 포함하는 활성화된 엘리먼트들을 공급하도록, 기화된 전구체와 반응하여 프로세싱 볼륨 내에 배치되는 기판 지지체 상에서 지지되는 기판 상으로 SiNH_x 막을 증착하도록 제1 듀티 사이클로 RF 소스 전력을 사용하여 활성화된 엘리먼트들을 에너지이징하도록, SiNH_x 막을 SiO_x 막으로 변환하기 위해 제2 듀티 사이클로 RF 바이어스 전력을 기판 지지체에 제공하면서 원격 플라즈마 소스로부터 제1 프로세스 가스를 공급하도록, 제2 듀티 사이클로 RF 바이어스 전력을 기판 지지체에 제공하면서 원격 플라즈마 소스로부터 공급되는 제2 프로세스 가스 및 가스 공급부로부터 공급되는 제3 프로세스 가스로부터 형성되는 프로세스 가스 혼합물을 공급하도록, 그리고 기판을 어닐링하도록 구성된다.
- [0006] 본 개시내용의 다른 그리고 추가적인 실시예들이 아래에서 설명된다.

도면의 간단한 설명

- [0007] 위에서 간략히 요약되고 아래에서 더 상세히 논의되는 본 개시내용의 실시예들은 첨부된 도면들에 묘사된 본 개시내용의 예시적인 실시예들을 참조하여 이해될 수 있다. 그러나, 첨부된 도면들은 본 개시내용의 단지 전형적인 실시예들을 예시하는 것이므로 범위를 제한하는 것으로 간주되지 않아야 하는데, 이는 본 개시내용이 다른 균등하게 유효한 실시예들을 허용할 수 있기 때문이다.
- [0008] 도 1은 본 개시내용의 적어도 일부 실시예들에 따른 기판을 프로세싱하는 방법의 플로우차트이다.
- [0009] 도 2는 본 개시내용의 적어도 일부 실시예들에 따른 장치의 다이어그램이다.

[0010] 도 3은 본 개시내용의 적어도 일부 실시예들에 따른 프로세싱 챔버의 단면도이다.

[0011] 이해를 용이하게 하기 위해, 도면들에 대해 공통인 동일한 엘리먼트들을 지정하기 위해 가능한 경우 동일한 참조 번호들이 사용되었다. 도면들은 실적으로 그려지지 않으며, 명확성을 위해 단순화될 수 있다. 일 실시예의 엘리먼트들 및 피쳐들은 추가의 언급없이 다른 실시예들에 유익하게 통합될 수 있다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0008] [0012] 기판을 프로세싱하기 위한 방법들 및 장치의 실시예들이 본원에서 제공된다. 예를 들면, 본원에서 설명되는 방법들 및 장치는 SiNH_x 를 SiO_x 결합들로 변환하여 증착 챔버에서 SiO 네트워크를 형성하고 SiO 막을 조밀화하기 위해 인시튜 O_2 기반의 처리를 사용한다. 종래의 방법들 및 장치와 비교할 때, 본원에서 설명되는 방법들 및 장치는, 예를 들면, SiO 막을 변환하고 안정화하는 데, 유동성을 개선하고 공극/등각성 이슈들을 회피하기 위해 저온 SiO 변환을 사용한다. 그리고 처리 조건들을 변경하는 것에 의해 막 조성 튜닝 가능성을 제공하는 데 필요한 더 적은 수의 챔버들에 기인하여, 저비용 및 높은 스루풋을 제공한다.
- [0009] [0013] 도 1은, 본 개시내용의 적어도 일부 실시예들에 따른, 기판을 프로세싱하기 위한 방법(100)의 플로우차트이고, 도 2는, 본 개시내용의 적어도 일부 실시예들에 따른, 방법(100)을 실행하기 위해 사용될 수 있는 도구(200)(또는 장치)이다.
- [0010] [0014] 방법(100)은 물리적 기상 증착(physical vapor deposition; PVD), 화학적 기상 증착(chemical vapor deposition; CVD), 예컨대 플라즈마 강화 CVD(plasma-enhanced CVD; PECVD), 유동 가능 CVD(flowable CVD; FCVD), 및/또는 원자 층 증착(atomic layer deposition; ALD), 예컨대 플라즈마 강화 ALD(plasma-enhanced ALD; PEALD) 또는 열 ALD(예를 들면, 플라즈마 형성 없음) 중 하나 이상을 위해 구성되는 임의의 적절한 프로세싱 챔버들, 어닐 챔버들, 사전 세정 챔버들, 습식 에칭 또는 건식 에칭 챔버들, 또는 CMP 챔버들을 포함하는 도구(200) 내에서 수행될 수 있다. 본원에서 개시되는 본 발명의 방법들을 수행하기 위해 사용될 수 있는 예시적인 프로세싱 시스템들은 미국 캘리포니아주 산타클라라(Santa Clara) 소재의 Applied Materials, Inc.로부터 상업적으로 입수 가능하다. 다른 제조사들로부터의 것들을 비롯한, 다른 프로세싱 챔버들도 본원에서 제공되는 교시들과 관련하여 적절하게 또한 사용될 수 있다.
- [0011] [0015] 도구(200)는 독립형 구성으로 또는 클러스터 도구, 예를 들면, 도 2와 관련하여 하기에서 설명되는 통합형 도구의 일부로서 제공될 수 있는 개개의 프로세싱 챔버들에서 구체화될 수 있다. 통합형 도구의 예들은 미국 캘리포니아주 산타클라라 소재의 Applied Materials, Inc.로부터 입수 가능하다. 본원에서 설명되는 방법들은 적절한 프로세싱 챔버들이 커플링된 다른 클러스터 도구들을 사용하여, 또는 다른 적절한 프로세싱 챔버들에서 실시될 수 있다. 예를 들면, 일부 실시예들에서, 본 발명의 방법들은 프로세싱 단계들 사이에서 진공 중단(vacuum break)들이 제한되도록 또는 전혀 없도록 통합형 도구에서 수행될 수 있다. 예를 들면, 감소된 진공 중단들은 기판의 부분들의 오염(예를 들면, 산화)을 제한하거나 또는 방지할 수 있다.
- [0012] [0016] 통합형 도구는 프로세싱 플랫폼(201)(진공 밀폐 프로세싱 플랫폼), 팩토리 인터페이스(204), 및 컨트롤러(202)를 포함한다. 프로세싱 플랫폼(201)은 이송 챔버(203)(진공 기관 이송 챔버)에 동작 가능하게 커플링되는 214A, 214B, 214C, 및 214D와 같은 다수의 프로세싱 챔버들을 포함한다. 팩토리 인터페이스(204)는 하나 이상의 로드 락 챔버들(도 2에서 도시되는 206A 및 206B와 같은 두 개의 로드 락 챔버들)에 의해 이송 챔버(203)에 동작 가능하게 커플링된다.
- [0013] [0017] 일부 실시예들에서, 팩토리 인터페이스(204)는 도킹 스테이션(207), 하나 이상의 반도체 기판들(웨이퍼들)의 전달을 용이하게 하기 위한 팩토리 인터페이스 로봇(238)을 포함한다. 도킹 스테이션(207)은 하나 이상의 전면 개방형 통합 포트(front opening unified pod; FOUP)들을 수용하도록 구성된다. 205A, 205B, 205C, 및 205D와 같은 네 개의 FOUP들이 도 2의 실시예에서 도시되어 있다. 팩토리 인터페이스 로봇(238)은 206A 및 206B와 같은 로드 락 챔버들을 통해 팩토리 인터페이스(204)로부터 프로세싱 플랫폼(201)으로 기판들을 전달하도록 구성된다. 로드 락 챔버들(206A 및 206B) 각각은 팩토리 인터페이스(204)에 커플링되는 제1 포트 및 이송 챔버(203)에 커플링되는 제2 포트를 구비한다. 로드 락 챔버(206A 및 206B)는 이송 챔버(203)의 진공 환경과 팩토리 인터페이스(204)의 실질적으로 주위의(예를 들면, 대기의) 환경 사이에서 기판들을 전달하는 것을 용이하게 하기 위해 로드 락 챔버들(206A 및 206B)을 펌프 다운하고(pump down) 배출하는 압력 제어 시스템(도시되지 않음)에 커플링된다. 이송 챔버(203)는 이송 챔버(203) 내에 배치되는 진공 로봇(242)을 구비한다. 진공 로봇(242)은 로드 락 챔버(206A 및 206B)와 프로세싱 챔버들(214A, 214B, 214C, 및 214D) 사이에서 기판들

(221)을 이송할 수 있다.

- [0014] [0018] 일부 실시예들에서, 프로세싱 챔버들(214A, 214B, 214C, 및 214D)은 이송 챔버(203)에 커플링된다. 프로세싱 챔버들(214A, 214B, 214C, 및 214D)은 적어도 ALD 챔버, CVD 챔버, PVD 챔버, e 빔 증착 챔버, 전기 도금, 무전해(electroplating, electroless; EEP) 증착 챔버, 사전 세정 챔버, 습식 에칭 챔버, 건식 에칭 챔버, 어닐 챔버, 및/또는 본원에서 설명되는 방법들을 수행하는 데 적절한 다른 챔버를 포함한다.
- [0015] [0019] 일부 실시예들에서, 하나 이상의 옵션 사항의 서비스 챔버들(216A 및 216B로서 도시됨)이 이송 챔버(203)에 커플링될 수 있다. 서비스 챔버들(216A 및 216B)은 다른 기관 프로세스들, 예컨대 가스 제거(degassing), 본딩, 화학적 기계적 연마(CMP), 웨이퍼 절단(cleaving), 에칭, 플라즈마 다이싱, 배향, 기관 계측, 냉각 등을 수행하도록 구성될 수 있다.
- [0016] [0020] 컨트롤러(202)는 프로세싱 챔버들(214A, 214B, 214C, 및 214D)의 직접적인 제어를 사용하여, 또는 대안적으로, 프로세싱 챔버들(214A, 214B, 214C, 및 214D) 및 도구(200)와 연관되는 컴퓨터들(또는 컨트롤러들)을 제어하는 것에 의해, 도구(200)의 동작을 제어한다. 동작에서, 컨트롤러(202)는 도구(200)의 성능을 최적화하기 위해 개개의 챔버들 및 시스템들로부터의 데이터 수집 및 피드백을 가능하게 한다. 컨트롤러(202)는 중앙 프로세싱 유닛(230), 메모리(234), 및 지원 회로(232)를 일반적으로 포함한다. 중앙 프로세싱 유닛(230)은 산업 환경에서 사용될 수 있는 임의의 형태의 범용 컴퓨터 프로세서일 수 있다. 지원 회로(232)는 통상적으로 중앙 프로세싱 유닛(230)에 커플링되고, 캐시, 클록 회로들, 입력/출력 서브시스템들, 전력 공급부들 등을 포함할 수 있다. 소프트웨어 루틴들, 예컨대 상기에서 설명되는 바와 같은 프로세싱 방법들은 메모리(234)(예를 들면, 명령어들이 저장된 비일시적 컴퓨터 판독 가능 저장 매체)에 저장될 수 있으며, 중앙 프로세싱 유닛(230)에 의해 실행될 때, 중앙 프로세싱 유닛(230)을 컨트롤러(특수 목적 컴퓨터)로 변환할 수 있다. 소프트웨어 루틴들은 도구(200)로부터 원격적으로 로케이팅되는 제2 컨트롤러(도시되지 않음)에 의해 또한 저장 및/또는 실행될 수 있다.
- [0017] [0021] 도 3은 본 개시내용의 적어도 일부 실시예들에 따른 프로세싱 챔버(300)의 단면도이다. 프로세싱 챔버(300)는 도구(200)의 개개의 프로세싱 챔버 중 하나일 수 있다. 예를 들면, 프로세싱 챔버(300)는 하나 이상의 플라즈마 증착 프로세스들을 수행하도록 구성될 수 있다. 적어도 일부 실시예들에서, 프로세싱 챔버(300)는 PECVD 및/또는 ALD를 수행하도록 구성될 수 있다. 본원에서 개시되는 교시들과 함께 사용하도록 구성될 수 있는 적절한 프로세싱 챔버들은, 예를 들면, 미국 캘리포니아(CA) 소재의 Applied Materials, Inc.로부터 입수 가능한 프로세싱 챔버들을 포함한다.
- [0018] [0022] 프로세싱 챔버(300)는 프로세싱 볼륨(306)을 둘러싸는 챔버 본체(302) 및 덮개(304)를 포함한다. 챔버 본체(302)는 전형적으로 알루미늄, 스테인리스 스틸 또는 다른 적절한 재료로부터 제조된다. 챔버 본체(302)는 일반적으로 측벽들(308) 및 저부(310)를 포함한다. 기관 지지 액세스 포트(도시되지 않음)는 일반적으로 측벽(308)에서 정의되고 프로세싱 챔버(300)로부터 기관(303)의 진입 및 진출을 용이하게 하기 위해 슬릿 밸브에 의해 선택적으로 밀봉된다. 배기 포트(326)가 챔버 본체(302)에서 정의되고 프로세싱 볼륨(306)을, 퍼지 스테이션(purge station)으로서 또한 기능할 수 있는 펌프 시스템(328)에 커플링한다. 펌프 시스템(328)은 프로세싱 챔버(300)의 프로세싱 볼륨(306)의 압력을 배출하고 조절하기 위해 활용되는 하나 이상의 펌프들 및 스로틀 밸브들을 일반적으로 포함한다. 실시예들에서, 펌프 시스템(328)은 프로세싱 볼륨(306) 내부의 압력을, 프로세스 필요들에 따라, 전형적으로 약 1 mTorr 내지 약 500 mTorr 사이, 약 5 mTorr 내지 약 100 mTorr 사이, 약 5 mTorr 내지 50 mTorr 사이, 또는 약 10 mTorr 내지 약 5 Torr 사이의 동작 압력들에서 유지하도록 구성된다.
- [0019] [0023] 일부 실시예들에서, 프로세싱 챔버(300)는 플라즈마 프로세싱을 위해 용량적으로 커플링된 RF 에너지를 활용할 수 있거나, 또는 일부 실시예들에서, 프로세싱 챔버(300)는 플라즈마 프로세싱을 위해 유도적으로 커플링된 RF 에너지를 사용할 수 있다. 일부 실시예들에서, 원격 플라즈마 소스(377)(예를 들면, 마이크로파)는 프로세스들 사이에서 프로세싱 챔버(300)를 프로세싱하기 위해 또는 세정하기 위해 프로세싱 볼륨(306)에 진입하기 이전에 원격 플라즈마로부터 가스 혼합물의 분리를 용이하게 하기 위해 가스 패널에 옵션 사항으로 커플링될 수 있다. 원격 플라즈마 소스(377)는 활성화된 엘리먼트들(예를 들면, 이온들, 라디칼들, 또는 중성물(neutral)들)을 프로세싱 챔버(300)에 공급할 수 있다. 예를 들면, 적어도 일부 실시예들에서, 활성화된 엘리먼트들은 암모니아, 아르곤, 산소(O₂), 헬륨 중 적어도 하나로부터 형성될 수 있다. 예를 들면, 적어도 일부 실시예들에서, 활성화된 엘리먼트들은 암모니아 라디칼들 또는 아르곤 이온들일 수 있다.
- [0020] [0024] RF 소스 전력(343)이 매칭 네트워킹(341)을 통해 샤워헤드 어셈블리(330)에 커플링된다. RF 소스 전력(343)은 전형적으로 약 5000 W까지, 예를 들면, 약 100 W 내지 약 5000 W 사이, 또는 1000 W 내지 3000 W

사이, 또는 약 1500 W를 옵션 사항으로 약 50 kHz 내지 약 200 MHz의 범위 내의, 예를 들면, 약 13.56 MHz의 튜닝 가능한 주파수에서 생성할 수 있다. RF 소스 전력(343)은 프로세싱 동안 듀티 사이클(예를 들면, 제1 듀티 사이클)에서 동작할 수 있다. 듀티 사이클은 펄스식의 경우의 약 10 % 내지 연속적인 경우의 약 100 %일 수 있다.

[0021] [0025] 가스 패널(358)은 프로세싱 챔버(300)에 커플링되고 하나 이상의 프로세스 및/또는 세정 가스들을 프로세싱 볼륨(306)에 제공하기 위해 하나 이상의 질량 유량 컨트롤러(mass flow controller)들(357)을 포함한다. 유입구 포트들(332', 332'', 332''')은 가스들이 가스 패널(358)로부터 프로세싱 챔버(300)의 프로세싱 볼륨(306)으로 전달되는 것을 허용하기 위해 덮개(304)에 제공된다. 실시예들에서, 가스 패널(358)은 산소(O_2), 아르곤과 같은 불활성 가스, 헬륨(또는 다른 희가스(noble gas)), 질소(N_2), 수소(H_2) 또는 가스 혼합물 예컨대 탄소 4불화물(CF_4), 옥타플루오로시클로부탄 또는 퍼플루오로시클로부탄(C_4F_8), 트리플루오로메탄(CHF_3), 육불화황(SF_6), 실리콘 테트라플루오라이드 또는 테트라플루오로실란(SiF_4), 전구체, 예컨대 트리실릴아민(trisilylamine; TSA) 등을 유입구 포트들(332', 332'', 332''')을 통해 프로세싱 챔버(300)의 내부 볼륨(306) 안으로 제공하도록 적응된다. 적어도 일부 실시예들에서, 가스 패널(358)로부터 제공되는 프로세스 가스는 산소 가스와 같은 산화제를 포함하는 프로세스 가스를 적어도 포함한다. 실시예들에서, 산화제를 포함하는 프로세스 가스는 불활성 가스 예컨대 아르곤 또는 헬륨을 더 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 프로세스 가스는 수소와 같은 환원제를 포함하고 불활성 가스 예컨대 아르곤, 또는 다른 가스들 예컨대 질소 또는 헬륨과 혼합될 수 있다. 일부 실시예들에서, 염소 가스는 단독으로, 또는 질소, 헬륨, 아르곤과 같은 불활성 가스 중 적어도 하나와 조합하여, 제공될 수 있다. 산소 함유 가스의 비제한적 예들은 O_2 , 이산화탄소(CO_2), H_2O , 아산화질소(N_2O), 이산화질소(NO_2), 오존(O_3) 등 중 하나 이상을 포함한다. 질소 함유 가스의 비제한적 예들은 N_2 , 암모니아(NH_3) 등을 포함한다. 염소 함유 가스의 비제한적 예들은 염화수소(HCl), 염소(Cl_2), 사염화탄소(CCl_4) 등을 포함한다. 실시예들에서, 샤워헤드 어셈블리(330)가 덮개(304)의 내부 표면(314)에 커플링된다. 샤워헤드 어셈블리(330)는, 가스들이 프로세싱 챔버(300)에서 프로세싱되고 있는 기관(303)의 표면(예를 들면, 중앙(center), 중간(middle), 측면)에 걸쳐 사전 정의된 분포로 샤워헤드 어셈블리(330)를 통해 유입구 포트들(332', 332'', 332''')로부터 프로세싱 챔버(300)의 프로세싱 볼륨(306) 안으로 흐르는 것을 허용하는 복수의 어퍼처들을 포함한다.

[0022] [0026] 하나의 실시예에서, 샤워헤드 어셈블리(330)는 프로세싱 챔버(300)의 프로세싱 볼륨(306) 안으로 흐르는 가스의 별개의 제어를 허용하는 복수의 구역들을 가지고 구성된다. 샤워헤드 어셈블리(330)는 기관 지지체(348)의 기관 지지체 표면을 향해 프로세스 가스를 지향시키도록 구성되는 최상부 전달 가스 노즐(335)을 포함한다. 따라서, 최상부 전달 가스 노즐(335)은 유입구 포트들(332', 332'')을 통해 가스 패널(358)에 개별적으로 커플링되는, 중앙의 흐름 제어(center flow control)를 위해 구성되는 중앙 흐름 유출구(center flow outlet; 336) 및 중간 흐름 제어(middle flow control)를 위해 구성되는 중간 흐름 유출구(middle flow outlet; 334)를 포함한다. 추가적으로, 하나 이상의 측면 전달 가스 노즐들이 챔버 본체(302)를 통해 연장될 수 있고 기관 지지체(348)의 측면 표면을 향해 프로세스 가스를 지향시키도록 구성될 수 있다. 예를 들면, 적어도 일부 실시예들에서, 측면 전달 가스 노즐(333)은 유입구 포트(332''')를 통해 가스 패널(358)에 개별적으로 커플링되는 측면 흐름 제어를 위해 구성되는 측면 흐름 유출구들(337)을 포함할 수 있다. 덮개(304) 상에 배치되는 중앙 흐름 유출구(334) 및 중간 흐름 유출구(336)와는 달리, 측면 흐름 유출구들(337)은 프로세싱 챔버의 측벽들(308)의 내부를 따라 일반적으로 원형의 방식으로 배치된다. 중앙 흐름 유출구(334) 및 중간 흐름 유출구(336)는 기관의 중앙 구역 및 중간 구역(예를 들면, 중앙과 가장자리 사이)을 실질적으로 에칭하기 위해 프로세스 가스를 제공하도록 구성되며, 프로세싱 챔버의 측벽들(308)의 내부를 따라 배치되는 측면 흐름 유출구들(337)은 기관의 가장자리 영역(또는 둘레)을 실질적으로 에칭하기 위해 프로세스 가스를 제공하도록 구성된다.

[0023] [0027] 기관 지지체(348)는 샤워헤드 어셈블리(330)와 같은 가스 분배 어셈블리 아래에서 프로세싱 챔버(300)의 프로세싱 볼륨(306) 내에서 배치된다. 예를 들면, 기관 지지체(348)는 기관이 샤워헤드 어셈블리(330) 약 3 인치 아래에 있도록 샤워헤드 어셈블리(330) 아래에 배치될 수 있다. 기관 지지체(348)는 프로세싱 동안 기관(303)을 유지한다. 기관 지지체(348)는 기관 지지체(348)로부터 기관(303)을 들어올리도록 그리고 종래의 방식으로 로봇(도시되지 않음)을 사용한 기관(303)의 교환을 용이하게 하도록 구성되는 기관 지지체를 관통하여 배치되는 복수의 리프트 핀들(도시되지 않음)을 일반적으로 포함한다. 내부 라이너(318)는 기관 지지체(348)의

주변부를 밀접하게 둘러쌀 수 있다.

- [0024] [0028] 기관 지지체(348)는 장착 플레이트(362), 베이스(364) 및 정전 척(366)을 포함한다. 장착 플레이트(362)는 챔버 본체(302)의 저부(310)에 커플링되고, 유틸리티들, 예컨대, 다른 것들 중에서도, 유체들, 전력 라인들 및 센서 리드(sensor lead)들을 베이스(364) 및 정전 척(366)으로 라우팅하기 위한 통로들을 포함한다. 정전 척(366)은 샤워헤드 어셈블리(330) 아래에서 기관(303)을 유지하기 위한 클램핑 전극(380)을 포함한다. 정전 척(366)은, 종래에 공지되어 있는 바와 같이, 척킹 전력 소스(382)에 의해 구동되어, 기관(303)을 척 표면에 유지하는 정전기력을 발생시킨다. 대안적으로, 기관(303)은 클램핑, 진공, 또는 중력에 의해 기관 지지체(348)에 유지될 수 있다. 적어도 일부 실시예들에서, 기관 지지체(348)는 회전 가능할 수 있다.
- [0025] [0029] 베이스(364) 또는 정전 척(366)은 기관 지지체(348)의 측면 온도 프로파일을 제어하기 위해 히터(376) (예를 들면, 적어도 하나의 옵션 사항의 임베딩된 히터), 적어도 하나의 옵션 사항의 임베딩된 아이솔레이터(374) 및 복수의 도관들(368, 370)을 포함할 수 있다. 복수의 도관들(368, 370)은 자신을 통해 온도 조절 유체를 순환시키는 유체 소스(372)에 유체 흐름 가능하게 커플링된다. 히터(376)는 전력 소스(378)에 의해 조절된다. 복수의 도관들(368, 370) 및 히터(376)는 베이스(364)의 온도, 정전 척(366)의 가열 및/또는 냉각, 그리고 궁극적으로는, 그 상에 배치되는 기관(303)의 온도 프로파일을 제어하기 위해 활용된다. 정전 척(366) 및 베이스(364)의 온도는 복수의 온도 센서들(390, 392)을 사용하여 모니터링될 수 있다. 정전 척(366)은, 정전 척(366)의 표면을 지지하는 기관 지지체 받침대에서 형성되며 열 전달(또는 후면) 가스, 예컨대 헬륨(He)의 소스에 유체 흐름 가능하게 커플링되는 복수의 가스 통로들(도시되지 않음), 예컨대 홈(groove)들을 더 포함할 수 있다. 동작에서, 후면 가스는 정전 척(366)과 기관(303) 사이의 열 전달을 향상시키기 위해 제어된 압력에서 가스 통로들 안으로 제공된다. 실시예들에서, 기관의 온도는 약 -20 °C 내지 약 450 °C에서 유지될 수 있다. 예를 들면, 적어도 일부 실시예들에서, 기관은 약 -20 °C 내지 약 90 °C에서 유지될 수 있다.
- [0026] [0030] 기관 지지체(348)는 캐소드로서 구성되고, RF 바이어스 전력 소스(384) 및 RF 바이어스 전력 소스(386)에 커플링되는 클램핑 전극(380)을 포함한다. RF 바이어스 전력 소스(384) 및 RF 바이어스 전력 소스(386)는 기관 지지체(348)에 배치되는 클램핑 전극(380)과 다른 전극, 예컨대 챔버 본체(302)의 샤워헤드 어셈블리(330)(또는 덮개(304)) 사이에 커플링된다. RF 바이어스 전력은 챔버 본체(302)의 프로세싱 영역 내에 배치되는 가스들로부터 형성되는 플라즈마 방전을 여기시키고 유지한다.
- [0027] [0031] RF 바이어스 전력 소스(384) 및 RF 바이어스 전력 소스(386)는 매칭 회로(388)를 통해, 기관 지지체(348)에 배치되는 클램핑 전극(380)에 커플링된다. RF 바이어스 전력 소스(384) 및 RF 바이어스 전력 소스(386)에 의해 생성되는 신호는 프로세싱 챔버(300)와 같은 플라즈마 프로세싱 챔버에서 제공되는 가스 혼합물을 이온화하기 위해 단일의 피드를 통해 매칭 회로(388)를 통해 기관 지지체(348)로 전달되고, 따라서 예칭, 증착 또는 다른 플라즈마 강화 프로세스를 수행하는 데 필요한 이온 에너지를 제공한다. RF 바이어스 전력 소스(384) 및 RF 바이어스 전력 소스(386)는 약 50 kHz 내지 약 200 MHz(예를 들면, 2 MHz)의 주파수 및 약 0 와트 내지 약 2500 와트의 전력을 갖는 RF 신호를 일반적으로 생성할 수 있다. 플라즈마의 특성들을 제어하기 위해 추가적인 바이어스 전력(389)이 클램핑 전극(380)에 커플링될 수 있다. 추가적으로, RF 바이어스 전력 소스(384) 및 RF 바이어스 전력 소스(386)는 RF 소스 전력(343)이 동작하는 듀티 사이클보다 훨씬 더 작은 듀티 사이클(예를 들면, 제2 듀티 사이클)에서 동작할 수 있다. 예를 들면, RF 바이어스 전력 소스(384) 및 RF 바이어스 전력 소스(386)는 약 0.1 % 내지 약 20 %의 듀티 사이클로 동작할 수 있다. 적어도 일부 실시예들에서, RF 바이어스 전력 소스(384) 및 RF 바이어스 전력 소스(386)의 듀티 사이클의 온 타임(on time)은 약 1 Hz 내지 약 20 Hz의 펄싱 주파수(pulsing frequency)를 갖는다.
- [0028] [0032] 컨트롤러(350)(예를 들면, 컨트롤러(202)와 유사함)는 프로세싱 챔버(300)의 동작을 제어하기 위해 프로세싱 챔버(300)에 커플링된다. 컨트롤러(350)는 중앙 프로세싱 유닛(352), 메모리(354)(예를 들면, 비일시적 컴퓨터 판독 가능 저장 매체), 및 프로세스 시퀀스를 제어하고 가스 패널(358)로부터의 가스 흐름들을 조절하기 위해 활용되는 지원 회로(356)를 포함한다. 중앙 프로세싱 유닛(352)은 산업 환경에서 사용될 수 있는 임의의 형태의 범용 컴퓨터 프로세서일 수 있다. 소프트웨어 루틴들(예를 들면, 저장되는 실행 가능 명령어들)은 메모리(354), 예컨대 랜덤 액세스 메모리, 리드 온리 메모리, 플로피, 또는 하드 디스크 드라이브, 또는 다른 형태의 디지털 스토리지에 저장될 수 있다. 지원 회로(356)는 종래에는 중앙 프로세싱 유닛(352)에 커플링되고 캐시, 클록 회로들, 입력/출력 시스템들, 전력 공급부들 등을 포함할 수 있다. 컨트롤러(350)와 프로세싱 챔버(300)의 다양한 컴포넌트들 사이의 양방향 통신들은 수많은 신호 케이블들을 통해 핸들링된다.
- [0029] [0033] 계속해서 도 1을 참조하면, 102에서, 방법(100)은 가스 공급부로부터 프로세싱 챔버의 프로세싱 볼륨 안

으로 기화된 전구체를 공급하는 단계를 포함한다. 예를 들면, 가스 패널(358)은, 기관(예를 들면, 기관(303)) 상에 갭 충전 막(예를 들면, 유동성 실리콘 막, 예컨대 SiO_x)을 증착하기(성장시키기) 위해, 하나 이상의 기화된 전구체들을 프로세싱 챔버(300)(예를 들면, 프로세싱 챔버들(214A-214D) 중 하나)의 프로세싱 볼륨(306) 안으로 공급할 수 있다. 적어도 일부 실시예들에서, 가스 패널(358)은 실리아잔형 막(siliazane-like film)(SiNH_x)을 형성하기 위해 트리실릴아민(TSA)을 포함하는 기화된 전구체를 공급할 수 있다.

[0030] [0034] 다음으로, 104에서, 방법(100)은 원격 플라즈마 소스로부터 이온들 및 라디칼들을 포함하는 활성화된 엘리먼트들을 공급하는 단계를 포함한다. 예를 들면, 원격 플라즈마 소스(377)는 아르곤, 수소(H_2), 암모니아(NH_3) 및/또는 산소(O_2)를 포함하는 하나 이상의 활성화된 엘리먼트들을 공급할 수 있다. 예를 들면, 적어도 일부 실시예들에서, 활성화된 엘리먼트들은 암모니아 라디칼들(NH_x), H_2 라디칼들, 및 아르곤 이온들 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0031] [0035] 다음으로, 106에서, 방법(100)은 기화된 전구체와 반응하여 프로세싱 볼륨 내에 배치되는 기관 지지체 상에서 지지되는 기관 상으로 막을 증착하도록 제1 듀티 사이클로 RF 소스 전력을 사용하여 활성화된 엘리먼트들을 에너지이정하는 단계를 포함한다. 예를 들면, 암모니아 라디칼들은 (예를 들면, 원격 플라즈마 소스로부터의) 아르곤 이온들을 통해 에너지를 공급받을 수 있고 기화된 전구체(예를 들면, TSA)와 반응하게 될 수 있다. 암모니아 라디칼들과 기화된 전구체 사이의 반응은 유동성 폴리실라잔 기반의 막(SiNH_x)을 기관 상으로 증착시킨다. 106 동안, RF 소스 전력(343)은 약 100 W 내지 약 5000 W일 수 있다. 예를 들면, 적어도 일부 실시예들에서, RF 소스 전력(343)은 약 100 W일 수 있고 약 50 kHz 내지 약 200 MHz의 범위 내의(예를 들면, 13.56 MHz) 튜닝 가능한 주파수에 있을 수 있다. 추가적으로, RF 소스 전력(343)은 펄스식의 경우의 약 10 % 내지 연속적인 경우의 약 100 %의 듀티 사이클로 작동할 수 있다. 또한, 106에서, 기관의 온도는 약 -20°C 내지 약 90°C 에서 유지될 수 있다. 적어도 일부 실시예들에서, 기관의 온도는 약 20°C , 예를 들면, 약 실온에서 유지될 수 있다. 더구나, 106에서, 프로세싱 챔버의 프로세싱 볼륨 내의 압력은 약 10 mTorr 내지 5 Torr의 압력에서 유지될 수 있다.

[0032] [0036] 다음으로, 108에서, 방법(100)은 제1 듀티 사이클과는 상이한 제2 듀티 사이클로 RF 바이어스 전력을 기관 지지체에 제공하면서 원격 플라즈마 소스로부터 제1 프로세스 가스를 공급하는 단계를 포함한다. 예를 들면, 원격 플라즈마 소스(377)는 프로세싱 챔버(300)의 프로세싱 볼륨(306)에 하나 이상의 산소 함유 가스들을 공급할 수 있다. 적어도 일부 실시예들에서, 하나 이상의 산소 함유 가스들은 O_2 일 수 있다. O_2 는, SiNH_x 를 SiO_x 로 변환하여, 예를 들면, 기관 상에 SiO_x 네트워크들을 형성하기 위해, 프로세싱 볼륨(306)에 공급될 수 있다. 추가적으로, 108에서, RF 바이어스 전력 소스(384)는 약 0.1 % 내지 약 20 %의 듀티 사이클로 동작할 수 있고, 약 500 W 내지 약 2500 W(예를 들면, 약 2000 W)의 전력 레벨에서, 그리고 약 1 Hz 내지 약 20 Hz의 펄싱 주파수에서 동작할 수 있다. 108에서, RF 소스 전력 및 RF 바이어스 전력은, 각각, 샤워헤드(330)(또는 덮개(304)) 및 기관 지지체(348)에 동시에 제공될 수 있다.

[0033] [0037] 다음으로, 110에서, 방법(100)은 제2 듀티 사이클로 RF 바이어스 전력을 기관 지지체에 제공하면서 원격 플라즈마 소스로부터 공급되는 제2 프로세스 가스 및 가스 공급부로부터 공급되는 제3 프로세스 가스로부터 형성되는 프로세스 가스 혼합물을 공급하는 단계를 포함한다. 예를 들면, 원격 플라즈마 소스(377)는 하나 이상의 불활성 가스(희가스)들을 공급할 수 있다. 적어도 일부 실시예들에서, 원격 플라즈마 소스(377)는 아르곤을 공급할 수 있다. 유사하게, 가스 패널(358)은 하나 이상의 불활성 가스들을 또한 공급할 수 있다. 적어도 일부 실시예들에서, 가스 패널(358)은 헬륨을 공급할 수 있다. 대안적으로 또는 추가적으로, 원격 플라즈마 소스(377) 및 가스 패널(358) 각각은 제2 프로세스 가스 및 제3 프로세스 가스 둘 모두를 공급하도록 구성될 수 있다. 다른 불활성 가스들도 또한 사용될 수 있다. 발명자들은, 제1 듀티 사이클로 샤워헤드에 RF 소스 전력을 그리고 제2 듀티 사이클로 기관 지지체에 RF 바이어스 전력을 동시에 제공하면서 110에서 가스 혼합물을 공급하는 것이 SiO_x 막 조밀화 및 안정화를 촉진하고, 이것이, 하기에서 설명되는 바와 같이, SiO_x 막이 증착 이후 높은 온도/압력 어닐 프로세스들을 견디는 것을 돕는다는 것을 확인하였다. 적어도 일부 실시예들에서, 하나 이상의 추가적인 가스들이 108 및 110 동안 또한 제공될 수 있다. 예를 들면, 하나 이상의 수소 함유 가스들이 제공될 수 있다. 적어도 일부 실시예들에서, O_2 가 108에서 공급되는 동안 및/또는 프로세스 가스 혼합물이 110에서 공급되는 동안 H_2 가 제공될 수 있다.

[0034] [0038] 적어도 일부 실시예들에서, RF 소스 전력 및 RF 바이어스 전력은 페루프형 가스 프로세스 체계에서 순차

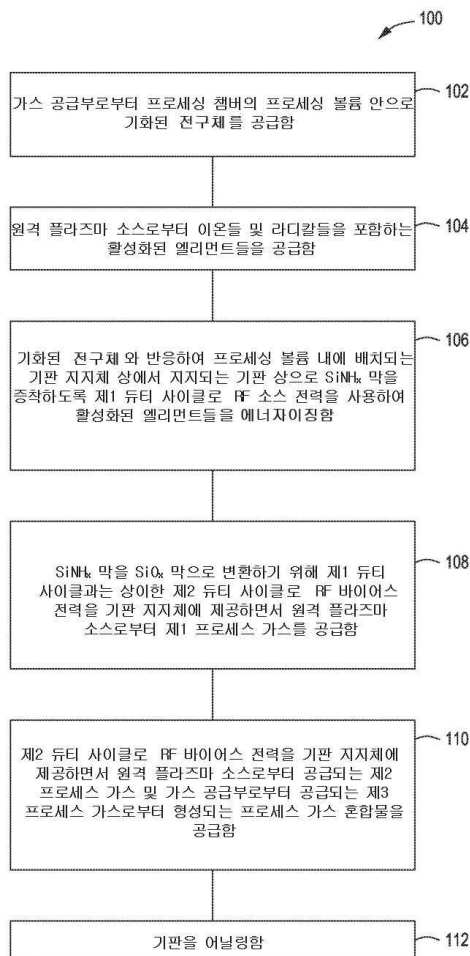
적으로 제공될 수 있다. 예를 들면, 적어도 일부 실시예들에서, 110 이후, 102-110은 소망되는 두께의 SiO_x 막이 달성될 때까지 필요에 따라 (예를 들면, 순환 모드에서) 반복될 수 있다. 그 목적을 위해, 프로세스 파라미터들, 예컨대 사이클당 두께 및 처리 조건들(예를 들면, 소스/바이어스 전력, 펄싱 주파수, 듀티 사이클, 프로세스 가스, 온도, 압력, 가동 시간 등)은 SiO_x 막 조성을 튜닝하도록 변경될 수 있다. 또한, 균일한 SiO_x 막을 획득하는 것을 용이하게 하기 위해, 기판 지지체(348)는 102-110 중 임의의 것 동안 회전될 수 있다. 예를 들면, 108 및 110 동안 기판 지지체(348)는 회전될 수 있다.

[0035] [0039] SiO_x 막 품질은, SiO_x 막의 전체 두께 전반에 걸친 수소 함량을 감소시키고 굴절률을 증가시키는 데 도움이 되는 높은 온도/압력 어닐에 의해 추가로 개선될 수 있다. 따라서, 112에서, 방법(100)은 기판을 어닐링하는 것을 포함한다. 예를 들면, 110 이후, 도구(200)의 이송 챔버(203) 내에 배치되는 진공 로봇(242)은, 기판을 어닐링하기 위해, 기판(303)을 프로세싱 챔버(300)(예를 들면, 프로세싱 챔버(214A))로부터 다른 프로세싱 챔버들 중 하나 이상(예를 들면, 프로세싱 챔버(214B))으로 이송할 수 있다. 적어도 일부 실시예들에서, 기판을 어닐링하는 것은 기판을 약 500 °C의 온도에서 유지하는 것, 프로세싱 챔버(214B)의 프로세싱 볼륨을 약 10 mTorr 내지 약 37500 Torr(70 Bar(바))의 압력에서 유지하는 것, 및 하나 이상의 프로세스 가스들, 예를 들면, Ar, CO_2 , D_2 , H_2 , N_2 , 및 O_2 를 어닐링 동안 프로세싱 볼륨에 공급하는 것을 포함한다.

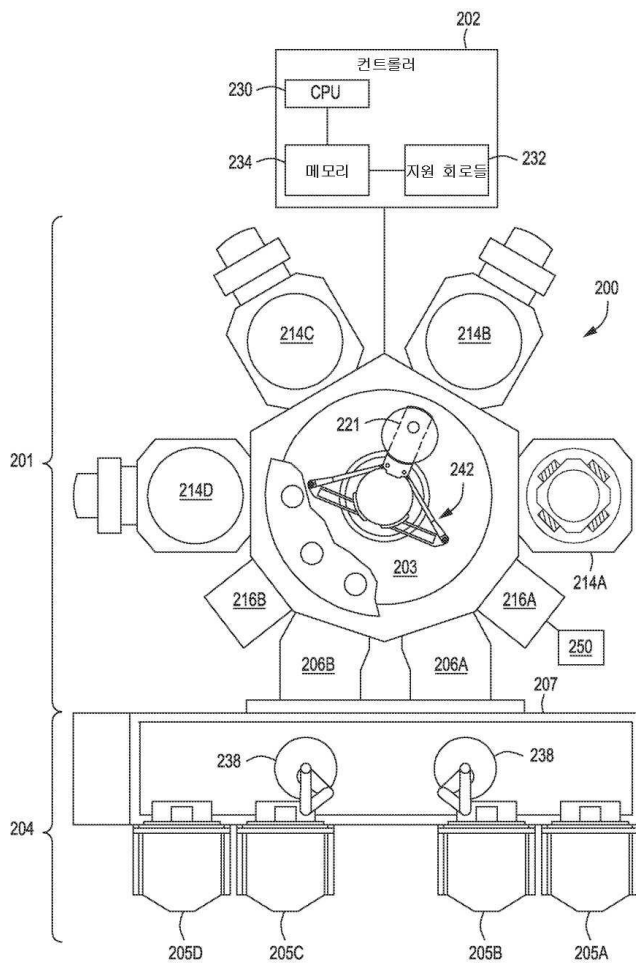
[0036] [0040] 전술한 바가 본 개시내용의 실시예들에 관한 것이지만, 본 개시내용의 다른 그리고 추가적인 실시예들이, 본 개시내용의 기본적인 범위를 벗어나지 않으면서 안출될 수 있다.

도면

도면1



도면2



도면3

