



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년10월27일
(11) 등록번호 10-2460602
(24) 등록일자 2022년10월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/02 (2006.01) H01J 37/32 (2006.01)
H01L 21/205 (2006.01) H05H 1/46 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 21/02274 (2013.01)
H01J 37/32082 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0077912
(22) 출원일자 2015년06월02일
심사청구일자 2020년06월01일
(65) 공개번호 10-2015-0139461
(43) 공개일자 2015년12월11일
(30) 우선권주장
62/007,350 2014년06월03일 미국(US)
14/458,135 2014년08월12일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
KR1020100125376 A*
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
램 리써치 코포레이션
미국 94538 캘리포니아주 프레몬트 쿠싱 파크웨이 4650
(72) 발명자
카푸어 션널
미국, 워싱턴 98686, 벤쿠버, 노스이스트 28번 코트 13506
리지 칼 에프.
미국, 오리건 97068, 웨스트 린, 존슨 로드 22675
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인인벤싱크

전체 청구항 수 : 총 44 항

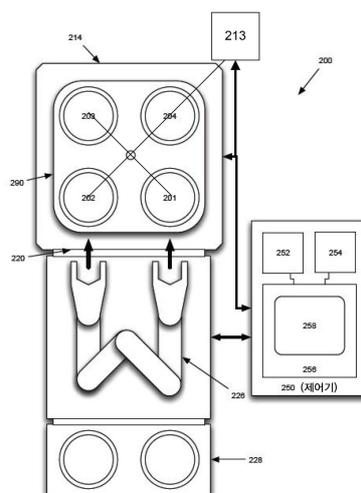
심사관 : 오순영

(54) 발명의 명칭 RF 밸런싱을 사용하는 멀티스테이션 플라즈마 반응기

(57) 요약

RF 전력 주파수 튜닝을 사용하는 멀티스테이션 반도체 증착 동작들을 위한 방법들 및 장치가 개시된다. RF 전력 주파수는 반도체 증착 동작 동안 플라즈마의 측정된 임피던스에 따라 튜닝될 수도 있다. 이 방법들 및 장치의 특정한 구현예들에서, RF 전력 파라미터는 증착 동작 이전 또는 증착 동작 동안 조정될 수도 있다. 반도체 증착 동작들의 특정한 다른 구현예들은 대응하는 상이한 레시피들을 사용하는 복수의 상이한 증착 프로세스들을 포함할 수도 있다. 레시피들은 각각의 레시피 각각에 대한 상이한 RF 전력 파라미터들을 포함할 수도 있다. 각각의 레시피들은 증착 프로세스 각각 이전에 RF 전력 파라미터를 조정할 수도 있다. RF 전력 주파수 튜닝은 증착 프로세스 각각 동안 활용될 수도 있다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

H01J 37/32431 (2013.01)

H01L 21/02315 (2013.01)

H01L 21/205 (2013.01)

H05H 1/46 (2013.01)

(72) 발명자

라보이 애드리언

미국, 오리건 97132, 뉴버그, 코요테 루프 12705

란지네니 야스완쓰

미국, 오리건 97006, 티가드, 사우스웨스트 메이플
우드 드라이브 9367, #케이121

(56) 선행기술조사문헌

US08282983 B1*

US20130040447 A1*

KR1020100041229 A

US7042311 B1

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명세서

청구범위

청구항 1

프로세스 챔버 내의 복수의 스테이션들에서의 플라즈마 보조된 반도체 증착 방법에 있어서,

- a) 복수의 스테이션들 각각에 기관들을 제공하는 단계;
- b) 상기 복수의 스테이션들에서 플라즈마를 생성하도록 RF 전력을 상기 복수의 스테이션들에 분배하는 단계로서, 상기 RF 전력은 스테이션 대 스테이션 (station to station) 편차들을 감소시키도록 조정된 RF 전력 파라미터에 따라 분배되는, 상기 RF 전력을 분배하는 단계;
- c) 상기 RF 전력의 주파수를 튜닝 (tuning) 하는 단계로서,
 - i) 상기 플라즈마의 임피던스를 측정하는 단계,
 - ii) 상기 단계 (i) 에서 측정된 상기 임피던스에 따라, 상기 RF 전력의 상기 주파수에 대한 변화를 결정하는 단계, 및
 - iii) 상기 RF 전력의 상기 주파수를 조정하는 단계를 포함하는, 상기 주파수를 튜닝하는 단계; 및
- d) 스테이션 각각에서 상기 기관 상에 박막을 증착하는 단계를 포함하고, 상기 박막은 단일 ALD 사이클 동안 생성되고, 상기 단계 (a) 내지 상기 단계 (d) 는 새로운 ALD 사이클 동안 매번 반복적으로 수행되고, 그리고 상기 RF 전력 파라미터의 상기 스테이션 대 스테이션 분배는 복수의 ALD 사이클들 동안 변하지 않는, 플라즈마 보조된 반도체 증착 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

- 상기 단계 (b) 동안 스테이션 각각으로 전달된 상기 RF 전력 파라미터를 조정하기 위한 조정을 결정하는 단계를 더 포함하고,
- 상기 조정을 결정하는 단계는, 스테이션 각각에서 RF 전력 파라미터를 측정하는 단계;
- 상기 스테이션 각각에서의 RF 전력 파라미터와 상기 스테이션 각각에 대한 세트 포인트 (set point) 를 비교하는 단계; 및
- 측정치와 세트 포인트 간의 차가 감소되도록 스테이션 각각에서 상기 RF 전력 파라미터를 조정하기 위해 RF 조정에 대한 변화를 결정하는 단계를 포함하는, 플라즈마 보조된 반도체 증착 방법.

청구항 3

프로세스 챔버 내의 복수의 스테이션들에서의 플라즈마 보조된 반도체 증착 방법에 있어서,

- a) 복수의 스테이션들 각각에 기관들을 제공하는 단계;
- b) 상기 복수의 스테이션들에서 플라즈마를 생성하도록 RF 전력을 상기 복수의 스테이션들에 분배하는 단계로서, 상기 RF 전력은 스테이션 대 스테이션 (station to station) 편차들을 감소시키도록 조정된 RF 전력 파라미터에 따라 분배되는, 상기 RF 전력을 분배하는 단계;
- c) 상기 RF 전력의 주파수를 튜닝 (tuning) 하는 단계로서,
 - i) 상기 플라즈마의 임피던스를 측정하는 단계,

ii) 상기 단계 (i) 에서 측정된 상기 임피던스에 따라, 상기 RF 전력의 상기 주파수에 대한 변화를 결정하는 단계, 및

iii) 상기 RF 전력의 상기 주파수를 조정하는 단계를 포함하는, 상기 주파수를 튜닝하는 단계; 및

d) 스테이션 각각에서 상기 기판 상에 박막을 증착하는 단계를 포함하고,

상기 단계 i) 는 상기 RF 전력의 소스에 의해 보여지는 임피던스를 측정하는 단계를 포함하고,

상기 단계 ii) 는 상기 주파수에 대한 변화가, 0의 값을 갖는, 상기 RF 전력의 상기 소스에 의해 보여지는 상기 임피던스의 위상을 발생시키도록, 상기 RF 전력의 상기 주파수에 대한 상기 변화를 결정하는 단계를 포함하는, 플라즈마 보조된 반도체 증착 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 증착 단계 동안 상기 스테이션 각각에서의 RF 전력은 실질적으로 동일한, 플라즈마 보조된 반도체 증착 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 분배된 RF 전력은 고정된 주파수인, 플라즈마 보조된 반도체 증착 방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 고정된 주파수는 미리설정된 주파수인, 플라즈마 보조된 반도체 증착 방법.

청구항 7

프로세스 챔버 내의 복수의 스테이션들에서의 플라즈마 보조된 반도체 증착 방법에 있어서,

a) 복수의 스테이션들 각각에 기판들을 제공하는 단계;

b) 상기 복수의 스테이션들에서 플라즈마를 생성하도록 RF 전력을 상기 복수의 스테이션들에 분배하는 단계로서, 상기 RF 전력은 스테이션 대 스테이션 (station to station) 편차들을 감소시키도록 조정된 RF 전력 파라미터에 따라 분배되는, 상기 RF 전력을 분배하는 단계;

c) 상기 RF 전력의 주파수를 튜닝 (tuning) 하는 단계로서,

i) 상기 플라즈마의 임피던스를 측정하는 단계,

ii) 상기 단계 (i) 에서 측정된 상기 임피던스에 따라, 상기 RF 전력의 상기 주파수에 대한 변화를 결정하는 단계, 및

iii) 상기 RF 전력의 상기 주파수를 조정하는 단계를 포함하는, 상기 주파수를 튜닝하는 단계; 및

d) 스테이션 각각에서 상기 기판 상에 박막을 증착하는 단계를 포함하고,

상기 RF 전력은 고정된 주파수에서 분배되고,

상기 고정된 주파수는 미리설정된 주파수이고,

상기 단계 i) 는 상기 RF 전력의 소스에 의해 보여지는 임피던스를 측정하는 단계를 포함하고,

상기 미리설정된 주파수는, 50 Ω 의 값을 갖는, 상기 RF 전력의 상기 소스에 의해 보여지는 상기 임피던스의 크기를 발생시키도록 계산된 주파수인, 플라즈마 보조된 반도체 증착 방법.

청구항 8

제 5 항에 있어서,

상기 고정된 주파수는 13.56 MHz의 주파수인, 플라즈마 보조된 반도체 증착 방법.

청구항 9

프로세스 챔버 내의 복수의 스테이션들에서의 플라즈마 보조된 반도체 증착 방법에 있어서,

- a) 복수의 스테이션들 각각에 기관들을 제공하는 단계;
- b) 상기 복수의 스테이션들에서 플라즈마를 생성하도록 RF 전력을 상기 복수의 스테이션들에 분배하는 단계로서, 상기 RF 전력은 스테이션 대 스테이션 (station to station) 편차들을 감소시키도록 조정된 RF 전력 파라미터에 따라 분배되는, 상기 RF 전력을 분배하는 단계;
- c) 상기 RF 전력의 주파수를 튜닝 (tuning) 하는 단계로서,
 - i) 상기 플라즈마의 임피던스를 측정하는 단계,
 - ii) 상기 단계 (i) 에서 측정된 상기 임피던스에 따라, 상기 RF 전력의 상기 주파수에 대한 변화를 결정하는 단계, 및
 - iii) 상기 RF 전력의 상기 주파수를 조정하는 단계를 포함하는, 상기 주파수를 튜닝하는 단계; 및
- d) 스테이션 각각에서 상기 기관 상에 박막을 증착하는 단계를 포함하고,

상기 RF 전력의 상기 주파수를 튜닝하는 단계는 10 초 이하의 지속기간 동안 수행되는, 플라즈마 보조된 반도체 증착 방법.

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

제 1 항에 있어서,

상기 단계 (c) 에서의 튜닝은 일 ALD 사이클에서 제 1 RF 전력 주파수를 생성하고 또 다른 ALD 사이클에서 제 2 RF 전력 주파수를 생성하고, 상기 제 1 RF 전력 주파수와 제 2 RF 전력 주파수는 상이한, 플라즈마 보조된 반도체 증착 방법.

청구항 14

복수의 스테이션들에서의 플라즈마 보조된 반도체 증착 방법에 있어서,

상기 복수의 스테이션들 각각에 기관을 제공하는 단계로서, 상기 복수의 스테이션들은 챔버 내에 있는, 상기 기관을 제공하는 단계;

상이한 값들의 본질적 특성들을 갖는 상이한 재료들을 갖는 제 1 층 및 제 2 층을 생성하도록 적어도 제 1 증착 프로세스 및 제 2 증착 프로세스를 수행하는 단계로서,

상기 제 1 증착 프로세스는 RF 전력 파라미터에 대한 제 1 스테이션 대 스테이션 조정을 갖는 제 1 레시피에 따라 수행되고,

상기 제 2 증착 프로세스는 상기 RF 전력 파라미터에 대한 제 2 스테이션 대 스테이션 조정을 갖는 제 2 레시피에 따라 수행되고,

증착 프로세스 각각은,

- a) 상기 복수의 스테이션들에 RF 전력을 분배하는 단계로서, 상기 RF 전력은 스테이션 대 스테

이선 편차들을 감소시키기 위해 조정된 RF 전력 파라미터에 따라 분배되는, 상기 RF 전력을 분배하는 단계;

b) 상기 RF 전력의 주파수를 튜닝하는 단계로서,

i) 플라즈마의 임피던스를 측정하는 단계,

ii) 상기 단계 (i) 에서 측정된 상기 임피던스에 따라, 상기 RF 전력의 상기 주파수에 대한 변화를 결정하는 단계, 및

iii) 상기 RF 전력의 상기 주파수를 조정하는 단계를 포함하는, 상기 RF 전력의 주파수를 튜닝하는 단계; 및

c) 스테이션 각각에서 상기 기관 상에 박막을 증착하는 단계를 포함하고,

상기 제 1 레시피의 상기 RF 전력 파라미터에 대한 상기 제 1 조정은 상기 제 2 레시피의 상기 RF 전력 파라미터에 대한 상기 제 2 조정과는 상이한, 플라즈마 보조된 반도체 증착 방법.

청구항 15

제 14 항에 있어서,

상기 단계 (b) 동안 스테이션 각각으로 전달된 상기 RF 전력 파라미터를 조정하기 위한 조정을 결정하는 단계를 더 포함하고,

상기 조정을 결정하는 단계는,

스테이션 각각에서 RF 전력 파라미터를 측정하는 단계;

상기 스테이션 각각에서의 RF 전력 파라미터와 상기 스테이션 각각에 대한 세트 포인트 (set point) 를 비교하는 단계; 및

측정치와 세트 포인트 간의 차가 감소되도록 스테이션 각각에서 상기 RF 전력 파라미터를 조정하기 위해 RF 조정에 대한 변화를 결정하는 단계를 포함하는, 플라즈마 보조된 반도체 증착 방법.

청구항 16

제 14 항에 있어서,

상기 단계 i) 는 상기 RF 전력의 소스에 의해 보여지는 임피던스를 측정하는 단계를 포함하고,

상기 단계 ii) 는 상기 주파수에 대한 변화가, 0의 값을 갖는, 상기 RF 전력의 상기 소스에 의해 보여지는 상기 임피던스의 위상을 발생시키도록, 상기 RF 전력의 상기 주파수에 대한 상기 변화를 결정하는 단계를 포함하는, 플라즈마 보조된 반도체 증착 방법.

청구항 17

제 14 항에 있어서,

상기 제 1 증착 프로세스 및 제 2 증착 프로세스는 ALD 증착 프로세스들인, 플라즈마 보조된 반도체 증착 방법.

청구항 18

플라즈마 보조된 반도체 증착들을 위한 장치에 있어서,

복수의 증착 스테이션들로서, 증착 스테이션들 각각은 적어도 하나의 웨이퍼 지지부를 포함하고 적어도 하나의 기관을 수용하도록 구성되고, 상기 복수의 증착 스테이션들은 챔버 내에 있는, 상기 복수의 증착 스테이션들;

플라즈마를 생성하고 유지하기 위해 상기 챔버에 RF 전력을 공급하도록 구성된 전력 소스;

플라즈마 임피던스를 측정하도록 구성된 임피던스 센서;

상기 RF 전력의 주파수를 튜닝하도록 구성된 RF 주파수 튜너;

상기 복수의 증착 스테이션들에 분배된 상기 RF 전력을 조정하여, 스테이션 대 스테이션 편차들을 감소시키도록 구성된 하나 이상의 RF 전력 조정기들; 및

하나 이상의 제어기들을 포함하고,

상기 하나 이상의 제어기들, 상기 전력 소스, 상기 임피던스 센서, 상기 RF 주파수 튜너, 및 상기 RF 전력 조정기들은 통신가능하게 연결되고,

상기 제어기는,

상기 RF 전력 주파수를 튜닝하고, 그리고

스테이션 대 스테이션 편차들을 감소시키기 위해 스테이션 각각에 분배된 상기 RF 전력을 조정하도록 상기 하나 이상의 RF 전력 조정기들에 지시하도록 구성되고,

상기 RF 전력 주파수를 튜닝하는 것은,

i) 상기 임피던스 센서에 의해 측정된 상기 플라즈마 임피던스를 통해 상기 플라즈마의 상기 임피던스를 결정하고,

ii) 상기 (i) 에서 측정된 상기 임피던스에 따라, 상기 RF 전력의 상기 주파수에 대한 변화를 결정하고, 그리고

iii) 상기 RF 주파수 튜너를 통해 상기 RF 전력의 상기 주파수를 조정하는 것을 포함하는, 플라즈마 보조된 반도체 증착들을 위한 장치.

청구항 19

제 18 항에 있어서,

상기 ii) 는, 상기 주파수에 대한 변화가, 0의 값을 갖는 상기 임피던스의 위상을 발생시키도록, 상기 RF 전력의 상기 주파수에 대한 상기 변화를 결정하는 것을 포함하는, 플라즈마 보조된 반도체 증착들을 위한 장치.

청구항 20

제 18 항에 있어서,

상기 RF 전력 조정기는, 가변 커패시터들 및 가변 코일 인덕터들로 구성된 그룹으로부터 선택되는, 플라즈마 보조된 반도체 증착들을 위한 장치.

청구항 21

제 18 항에 있어서,

상기 임피던스 센서는 상기 전력 소스에 의해 보여지는 임피던스를 측정하도록 구성되고,

상기 ii) 는 상기 주파수에 대한 변화가, 0의 값을 갖는, 상기 전력 소스에 의해 보여지는 상기 임피던스의 위상을 발생시키도록, 상기 RF 전력의 상기 주파수에 대한 상기 변화를 결정하는 것을 포함하는, 플라즈마 보조된 반도체 증착들을 위한 장치.

청구항 22

제 18 항에 있어서,

상기 공급된 RF 전력은 고정된 주파수인, 플라즈마 보조된 반도체 증착들을 위한 장치.

청구항 23

제 22 항에 있어서,

상기 임피던스 센서는 상기 전력 소스에 의해 보여지는 임피던스를 측정하도록 구성되고,

상기 고정된 주파수는, 50 Ω 의 값을 갖는, 상기 전력 소스에 의해 보여지는 상기 임피던스의 크기를 발생시키도록 계산된 주파수인, 플라즈마 보조된 반도체 증착들을 위한 장치.

청구항 24

제 22 항에 있어서,

상기 고정된 주파수는 13.56 MHz의 주파수인, 플라즈마 보조된 반도체 증착들을 위한 장치.

청구항 25

제 18 항에 있어서,

상기 RF 전력의 상기 주파수를 튜닝하는 것은 10 초 이하의 지속기간 동안 수행되는, 플라즈마 보조된 반도체 증착들을 위한 장치.

청구항 26

플라즈마 보조된 반도체 증착들을 위한 장치에 있어서,

복수의 증착 스테이션들로서, 증착 스테이션들 각각은 적어도 하나의 웨이퍼 지지부를 포함하고 적어도 하나의 기관을 수용하도록 구성되고, 상기 복수의 증착 스테이션들은 챔버 내에 있는, 상기 복수의 증착 스테이션들;

플라즈마를 생성하고 유지하기 위해 상기 챔버에 RF 전력을 공급하도록 구성된 전력 소스;

플라즈마 임피던스를 측정하도록 구성된 임피던스 센서;

상기 RF 전력의 주파수를 튜닝하도록 구성된 RF 주파수 튜너;

상기 복수의 증착 스테이션들에 분배된 상기 RF 전력을 조정하여, 스테이션 대 스테이션 편차들을 감소시키도록 구성된 하나 이상의 RF 전력 조정기들; 및

하나 이상의 제어기들을 포함하고,

상기 하나 이상의 제어기들, 상기 전력 소스, 상기 임피던스 센서, 상기 RF 주파수 튜너, 및 상기 RF 전력 조정기들은 통신가능하게 연결되고,

상기 제어기는,

상이한 값들의 본질적 특성들을 갖는 상이한 재료들을 갖는 제 1 층 및 제 2 층을 생성하도록 적어도 제 1 증착 프로세스 및 제 2 증착 프로세스를 수행하고, 그리고

스테이션 대 스테이션 편차들을 감소시키기 위해 스테이션 각각에 분배된 상기 RF 전력을 조정하도록 상기 하나 이상의 RF 전력 조정기들에 지시하도록 구성되고,

상기 제 1 증착 프로세스는 상기 분배된 RF 전력의 제 1 스테이션 대 스테이션 조정을 갖는 제 1 레시피에 따라 수행되고,

상기 제 2 증착 프로세스는 상기 분배된 RF 전력의 제 2 스테이션 대 스테이션 조정을 갖는 제 2 레시피에 따라 수행되고,

상기 제 1 레시피에 따른 상기 분배된 RF 전력에 대한 상기 제 1 조정은 상기 제 2 레시피에 따른 상기 분배된 RF 전력에 대한 상기 제 2 조정과는 상이한, 플라즈마 보조된 반도체 증착들을 위한 장치.

청구항 27

제 26 항에 있어서,

상기 제어기는 증착 프로세스 각각 동안 상기 RF 전력 주파수를 튜닝하도록, 그리고

복수의 스테이션들에서 플라즈마를 반복적으로 생성하기 위해 상기 복수의 스테이션들에 RF 전력의 분배를 반복적으로 제어하고, 반도체 증착 프로세싱의 단일 ALD 사이클 동안 스테이션 각각에서 상기 기관 상의 박막의 증착을 제어하고, 상기 제 1 증착 프로세스 동안 상기 RF 전력 주파수를 튜닝하도록 더 구성되고,

상기 RF 전력 주파수를 튜닝하는 것은,

i) 상기 임피던스 센서에 의해 측정된 상기 플라즈마 임피던스를 통해 상기 플라즈마의 상기 임피던스를 결정하고,

ii) 상기 (i) 에서 측정된 상기 임피던스에 따라, 상기 RF 전력의 상기 주파수에 대한 변화를

결정하고, 그리고

iii) 상기 RF 주파수 튜너를 통해 상기 RF 전력의 상기 주파수를 조정하는 것을 포함하고,

상기 장치는 ALD 사이클 각각 동안 상기 플라즈마를 점화하고 상기 챔버에 하나 이상의 프로세스 가스들을 일시적으로 전달하도록 구성되고, 복수의 ALD 사이클들 동안 변하지 않는 상기 RF 전력의 스테이션 대 스테이션 분배를 유지하도록 구성되고, 그리고

상기 제어기는 상기 RF 전력 주파수를 튜닝하는 것이 일 ALD 사이클에서 제 1 RF 전력 주파수를 생성하고 또 다른 ALD 사이클에서 제 2 RF 전력 주파수를 생성하도록 구성되고, 상기 제 1 RF 전력 주파수와 제 2 RF 전력 주파수는 상이한, 플라즈마 보조된 반도체 증착들을 위한 장치.

청구항 28

제 26 항에 있어서,

상기 분배된 RF 전력의 상기 제 1 스테이션 대 스테이션 조정은 전압, 전류, 임피던스, 위상, 및 부하 전력 중 하나 이상에 대한 조정이고, 그리고

상기 분배된 RF 전력의 상기 제 2 스테이션 대 스테이션 조정은 상기 전압, 상기 전류, 상기 임피던스, 상기 위상, 및 상기 부하 전력 중 하나 이상에 대한 조정인, 플라즈마 보조된 반도체 증착들을 위한 장치.

청구항 29

제 26 항에 있어서,

상기 장치는 상기 제 1 증착 프로세스 및 상기 제 2 증착 프로세스가 상이한 프로세스 가스들을 사용하도록 구성되는, 플라즈마 보조된 반도체 증착들을 위한 장치.

청구항 30

제 26 항에 있어서,

상기 제 1 레시피 및 상기 제 2 레시피는 레시피 각각에 대한 모든 인스트럭션들이 레시피와 동시에 실행되도록 순차적으로 배치되는, 플라즈마 보조된 반도체 증착들을 위한 장치.

청구항 31

제 26 항에 있어서,

상기 제 1 레시피는 불활성 가스 및 반응물질 가스 중 하나 이상의 플로우 레이트를 설정하기 위한 인스트럭션들; 및 상기 전력 소스의 전력 파라미터를 설정하기 위한 인스트럭션들을 포함하는, 플라즈마 보조된 반도체 증착들을 위한 장치.

청구항 32

제 31 항에 있어서,

상기 제 1 레시피는 상기 제 1 레시피를 수행하기 위한 시간 지연을 더 포함하는, 플라즈마 보조된 반도체 증착들을 위한 장치.

청구항 33

제 26 항 내지 제 32 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 1 층 및 상기 제 2 층은 배리어 층, 핵생성 층, 벌크 층, 상기 핵생성 층의 상단 상의 벌크 층, 캡핑(capping) 층, 및 상기 벌크 층의 상단 상의 캡핑 층 중 하나 이상인, 플라즈마 보조된 반도체 증착들을 위한 장치.

청구항 34

제 26 항 내지 제 32 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제어기는 증착 프로세스 각각 동안의 상기 RF 전력 주파수의 상기 튜닝 동안 스테이션 각각에 전달된 RF 전력 파라미터를 조정하기 위한 조정을 결정하도록 더 구성되고,

상기 조정을 결정하는 것은,

스테이션 각각에서 RF 전력 파라미터를 측정하고,

상기 스테이션 각각에서의 상기 RF 전력 파라미터와 상기 스테이션 각각에 대한 세트 포인트를 비교하고, 그리고

측정치와 세트 포인트 간의 차가 감소되도록 스테이션 각각에서 상기 RF 전력 파라미터를 조정하기 위해 RF 조정기에 대한 변화를 결정하는 것을 포함하는, 플라즈마 보조된 반도체 증착들을 위한 장치.

청구항 35

제 34 항에 있어서,

상기 전력 파라미터는 전압, 전력, 임피던스, 위상, 및 부하 전력 중 하나 이상인, 플라즈마 보조된 반도체 증착들을 위한 장치.

청구항 36

제 26 항 내지 제 32 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 ii) 는 상기 주파수에 대한 변화가, 0의 값을 갖는 상기 임피던스의 위상을 발생시키도록, 상기 RF 전력의 상기 주파수에 대한 상기 변화를 결정하는 것을 포함하는, 플라즈마 보조된 반도체 증착들을 위한 장치.

청구항 37

제 26 항 내지 제 32 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 장치는 ALD 사이클 각각 동안 상기 플라즈마를 점화하고 상기 챔버에 하나 이상의 프로세스 가스들을 일시적으로 전달하도록 구성되는, 플라즈마 보조된 반도체 증착들을 위한 장치.

청구항 38

제 26 항 내지 제 32 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 장치는 상기 복수의 ALD 사이클들 동안 변하지 않는 상기 RF 전력 파라미터의 스테이션 대 스테이션 분배를 유지하도록 구성되는, 플라즈마 보조된 반도체 증착들을 위한 장치.

청구항 39

제 26 항 내지 제 32 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 RF 전력 조정기는 가변 커패시터들 및 가변 코일 인덕터들로 구성된 그룹으로부터 선택되는, 플라즈마 보조된 반도체 증착들을 위한 장치.

청구항 40

제 26 항 내지 제 32 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 임피던스 센서는 상기 전력 소스에 의해 보여지는 임피던스를 측정하도록 구성되고, 상기 ii) 는 상기 주파수에 대한 변화가, 0의 값을 갖는 상기 전력 소스에 의해 보여지는 상기 임피던스의 위상을 발생시키도록, 상기 RF 전력의 상기 주파수에 대한 상기 변화를 결정하는 것을 포함하는, 플라즈마 보조된 반도체 증착들을 위한 장치.

청구항 41

제 26 항에 있어서,

제공된 상기 RF 전력은 고정된 주파수인, 플라즈마 보조된 반도체 증착들을 위한 장치.

청구항 42

제 41 항에 있어서,

상기 임피던스 센서는 상기 전력 소스에 의해 보여지는 임피던스를 측정하도록 구성되고, 상기 고정된 주파수는, 50 Ω의 값을 갖는, 상기 전력 소스에 의해 보여지는 상기 임피던스의 크기를 발생시키도록 계산된 주파수인, 플라즈마 보조된 반도체 증착들을 위한 장치.

청구항 43

제 41 항에 있어서,

상기 고정된 주파수는 2 내지 60 MHz의 주파수인, 플라즈마 보조된 반도체 증착들을 위한 장치.

청구항 44

제 41 항에 있어서,

상기 고정된 주파수는 13.56 MHz의 주파수인, 플라즈마 보조된 반도체 증착들을 위한 장치.

청구항 45

제 26 항에 있어서,

상기 RF 전력은 2 내지 60 MHz의 주파수로 제공되는, 플라즈마 보조된 반도체 증착들을 위한 장치.

청구항 46

제 26 항 내지 제 32 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 RF 전력의 상기 주파수를 튜닝하는 것은 10 초 이하의 지속기간 동안 수행되는, 플라즈마 보조된 반도체 증착들을 위한 장치.

청구항 47

제 26 항 내지 제 32 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 RF 전력의 상기 주파수를 튜닝하는 것은 1 초 이하, 500 ms 이하, 그리고 150 ms 이하 중 하나 이상의 지속기간 동안 수행되는, 플라즈마 보조된 반도체 증착들을 위한 장치.

발명의 설명

배경 기술

[0001] 반도체 디바이스 제작은 반도체 프로세싱 반응기에서 반도체 웨이퍼들을 프로세싱하는 것을 수반한다. 통상적인 프로세스들은 웨이퍼 상에 재료의 증착 및 제거 (즉, 에칭) 을 수반한다. 상업적 규모 제조에서, 웨이퍼 각각은 제조될 특정한 반도체 디바이스의 많은 카피들 (copies) 을 포함하고, 요구되는 대량의 디바이스들을 달성하기 위해 많은 웨이퍼들이 요구된다. 반도체 프로세싱 동작들의 상업적 성공가능성은 프로세스 조건들의 웨이퍼 내 균일성 및 웨이퍼 대 웨이퍼 (wafer-to-wafer) 반복 가능성에 아주 많이 의존한다. 따라서, 주어진 웨이퍼의 부분 각각 및 프로세싱된 웨이퍼 각각이 동일한 프로세싱 조건들에 노출되었다는 것을 보장하기 위한 노력들이 이루어졌다. 프로세싱 조건들에서의 편차는 보통 전체 프로세스 및 제품에서 용납될 수 없는 편차를 발생시키는 증착 레이트 및 에칭 레이트에서의 편차를 유발한다. 프로세스 편차를 최소화하기 위한 기법들 및 장치가 요구된다.

발명의 내용

[0002] 특정한 구현예들에서, 복수의 스테이션들에서의 플라즈마 보조된 반도체 증착 방법이 제공된다. 방법은: a) 복수의 스테이션들 각각에 기관들을 제공하는 단계, b) 복수의 스테이션들에서 플라즈마를 생성하도록, RF 전력을 복수의 스테이션들에 분배하는 단계로서, RF 전력은 스테이션 대 스테이션 (station to station) 편차들을 감소시키도록 조정된 RF 전력 파라미터에 따라 분배되는, RF 전력을 분배하는 단계, c) RF 전력의 주파수를 튜닝 (tuning) 하는 단계, 및 d) 스테이션 각각에서 기관 상에 박막을 증착하는 단계를 포함할 수도 있다. 주파수를

튜닝하는 단계는: i) 플라즈마의 임피던스를 측정하는 단계, ii) 단계 (i) 에서 측정된 임피던스에 따라, RF 전력의 주파수에 대한 변화를 결정하는 단계, 및 iii) RF 전력의 주파수를 조정하는 단계를 포함한다.

- [0003] 일부 이러한 구현예들에서, 방법은 단계 (b) 동안 스테이션 각각으로 전달된 RF 전력 파라미터를 조정하기 위한 조정을 결정하는 단계를 더 포함할 수도 있다. 조정은, 스테이션 각각에서 RF 전력 파라미터를 측정하는 단계, 스테이션 각각에서의 RF 전력 파라미터와 스테이션 각각에 대한 세트 포인트 (set point) 를 비교하는 단계, 및 측정치와 세트 포인트 간의 차가 감소되도록 스테이션 각각에서 RF 전력 파라미터를 조정하기 위해 RF 조정기에 대한 변화를 결정하는 단계를 포함한다.
- [0004] 일부 다른 또는 부가적인 구현예들에서, 단계 (i) 는 RF 전력의 소스에 의해 보여지는 임피던스를 측정하는 단계를 포함하고, 그리고 단계 (ii) 는 주파수에 대한 변화가, 0의 값을 갖는, RF 전력의 소스에 의해 보여지는 임피던스의 위상을 발생시키도록, RF 전력의 주파수에 대한 변화를 결정하는 단계를 포함한다.
- [0005] 일부 다른 또는 부가적인 구현예들에서, 증착 단계 동안 스테이션 각각에서의 RF 전력은 실질적으로 동일할 수도 있다.
- [0006] 일부 다른 또는 부가적인 구현예들에서, 분배된 RF 전력은 고정된 주파수일 수도 있다. 일부 이러한 구현예들에서, 고정된 주파수는 약 13.56 MHz의 주파수일 수도 있다. 일부 다른 또는 부가적인 구현예들에서, 고정된 주파수는 미리설정된 주파수일 수도 있다. 일부 이러한 구현예들에서, 단계 (i) 는 RF 전력의 소스에 의해 보여지는 임피던스를 측정하는 단계를 포함할 수도 있고, 미리설정된 주파수는, 약 50 Ω의 값을 갖는, RF 전력의 소스에 의해 보여지는 임피던스의 크기를 발생시키도록 계산된 주파수일 수도 있다.
- [0007] 일부 다른 또는 부가적인 구현예들에서, RF 전력의 주파수를 튜닝하는 단계는 10 초 이하, 1 초 이하, 500 ms 이하, 또는 150 ms 이하의 지속기간 동안 수행될 수도 있다.
- [0008] 일부 다른 또는 부가적인 구현예들에서, 박막은 단일 ALD 사이클 동안 생성될 수도 있다. 일부 이러한 구현예들에서, 단계 (a) 내지 (d) 는 새로운 ALD 사이클 동안 매번 반복적으로 수행될 수도 있다. 일부 이러한 구현예들에서, RF 전력 파라미터의 스테이션 대 스테이션 분배는 복수의 ALD 사이클들 동안 변하지 않을 수도 있다. 일부 다른 또는 부가적인 구현예들에서, 단계 (c) 에서의 튜닝은 제 1 RF 전력 주파수와 제 2 RF 전력 주파수가 상이하도록, 일 ALD 사이클에서 제 1 RF 전력 주파수를 생성하고 또 다른 ALD 사이클에서 제 2 RF 전력 주파수를 생성할 수도 있다.
- [0009] 특정한 구현예들에서, 복수의 스테이션들에서의 플라즈마 보조된 반도체 증착 방법이 제공될 수도 있다. 방법은: 복수의 스테이션들 각각에 기판을 제공하는 단계로서, 복수의 스테이션들은 챔버 내에 있는, 기판을 제공하는 단계, 및 상이한 값들의 본질적 특성들을 갖는 상이한 재료들을 갖는 제 1 층 및 제 2 층을 생성하도록 적어도 제 1 및 제 2 증착 프로세스를 수행하는 단계를 포함할 수도 있다. 제 1 증착 프로세스는 RF 전력 파라미터에 대한 제 1 스테이션 대 스테이션 조정을 갖는 제 1 레시피에 따라 수행될 수도 있고, 제 2 증착 프로세스는 RF 전력 파라미터에 대한 제 2 스테이션 대 스테이션 조정을 갖는 제 2 레시피에 따라 수행될 수도 있고, 그리고 제 1 레시피의 RF 전력 파라미터에 대한 제 1 조정은 제 2 레시피의 RF 전력 파라미터에 대한 제 2 조정과는 상이할 수도 있다. 증착 프로세스 각각은: a) RF 전력이 스테이션 대 스테이션 편차들을 감소시키기 위해 조정된 RF 전력 파라미터에 따라 분배되도록, 복수의 스테이션들에 RF 전력을 분배하는 단계, b) RF 전력의 주파수를 튜닝하는 단계, 및 c) 스테이션 각각에서 기판 상에 박막을 증착하는 단계를 포함할 수도 있다. 주파수를 튜닝하는 단계는: i) 플라즈마의 임피던스를 측정하는 단계, ii) 단계 (i) 에서 측정된 임피던스에 따라, RF 전력의 주파수에 대한 변화를 결정하는 단계, 및 iii) RF 전력의 주파수를 조정하는 단계를 포함하는, RF 전력의 주파수를 조정하는 단계를 포함할 수도 있다.
- [0010] 일부 이러한 구현예들에서, 방법은, 단계 (b) 동안 스테이션 각각으로 전달된 RF 전력 파라미터를 조정하기 위한 조정을 결정하는 단계를 더 포함할 수도 있다. 조정을 결정하는 단계는, 스테이션 각각에서 RF 전력 파라미터를 측정하는 단계, 스테이션 각각에서의 RF 전력 파라미터와 스테이션 각각에 대한 세트 포인트 (set point) 를 비교하는 단계, 및 측정치와 세트 포인트 간의 차가 감소되도록 스테이션 각각에서 RF 전력 파라미터를 조정하기 위해 RF 조정기에 대한 변화를 결정하는 단계를 더 포함할 수도 있다.
- [0011] 일부 다른 또는 부가적인 구현예들에서, 단계 (i) 는 RF 전력의 소스에 의해 보여지는 임피던스를 측정하는 단계를 포함할 수도 있고, 단계 (ii) 는 주파수에 대한 변화가, 0의 값을 갖는, RF 전력의 소스에 의해 보여지는 임피던스의 위상을 발생시키도록, RF 전력의 주파수에 대한 변화를 결정하는 단계를 포함할 수도 있다.
- [0012] 일부 다른 또는 부가적인 구현예들에서, 제 1 증착 프로세스 및 제 2 증착 프로세스는 ALD 증착 프로세스들일

수도 있다.

- [0013] 특정한 구현예들에서, 플라즈마 보조된 반도체 증착들을 위한 장치가 제공될 수도 있다. 장치는, 복수의 증착 스테이션들, 플라즈마를 생성하고 유지하기 위해 챔버에 RF 전력을 공급하도록 구성된 전력 소스, 플라즈마 임피던스를 측정하도록 구성된 임피던스 센서, RF 전력의 주파수를 튜닝하도록 구성된 RF 주파수 튜너, 복수의 증착 스테이션들에 분배된 RF 전력을 조정하여, 스테이션 대 스테이션 편차들을 감소시키도록 구성된 하나 이상의 RF 전력 조정기들, 및 하나 이상의 제어기들을 포함할 수도 있다. 증착 스테이션들 각각은 적어도 하나의 웨이퍼 지지부를 포함할 수도 있고 적어도 하나의 기관을 수용하도록 구성된다. 복수의 증착 스테이션들은 챔버 내에 있을 수도 있다. 하나 이상의 제어기들, 전력 소스, 임피던스 센서, RF 주파수 튜너, 및 RF 전력 조정기들은 통신가능하게 연결될 수도 있다. 제어기는, RF 전력 주파수를 튜닝하고, 그리고 스테이션 대 스테이션 편차들을 감소시키기 위해 스테이션 각각에 분배된 RF 전력을 조정하도록 하나 이상의 RF 전력 조정기들에 지시하도록 구성될 수도 있다. RF 전력 주파수를 튜닝하는 것은: i) 임피던스 센서에 의해 측정된 플라즈마 임피던스를 통해 플라즈마의 임피던스를 결정하고, ii) 동작 (i) 에서 측정된 임피던스에 따라, RF 전력의 주파수에 대한 변화를 결정하고, 그리고 iii) RF 주파수 튜너를 통해 RF 전력의 주파수를 조정하는 것을 포함할 수도 있다.
- [0014] 일부 이러한 구현예들에서, 동작 (ii) 는 주파수에 대한 변화가, 0의 값을 갖는 임피던스의 위상을 발생시키도록, RF 전력의 주파수에 대한 변화를 결정하는 것을 포함할 수도 있다.
- [0015] 일부 다른 또는 부가적인 구현예들에서, RF 전력 조정기는, 가변 커패시터들 및 가변 코일 인덕터들로부터 선택될 수도 있다.
- [0016] 일부 다른 또는 부가적인 구현예들에서, 임피던스 센서는 전력 소스에 의해 보여지는 임피던스를 측정하도록 구성될 수도 있고, 동작 (ii) 는 주파수에 대한 변화가, 0의 값을 갖는, 전력 소스에 의해 보여지는 임피던스의 위상을 발생시키도록, RF 전력의 주파수에 대한 변화를 결정하는 것을 포함할 수도 있다.
- [0017] 일부 다른 또는 부가적인 구현예들에서, 공급된 RF 전력은 고정된 주파수일 수도 있다. 일부 이러한 구현예들에서, 임피던스 센서는 전력 소스에 의해 보여지는 임피던스를 측정하도록 구성될 수도 있고, 고정된 주파수는, 약 50 Ω의 값을 갖는, 전력 소스에 의해 보여지는 임피던스의 크기를 발생시키도록 계산된 주파수이다. 일부 다른 또는 부가적인 구현예들에서, 고정된 주파수는 약 13.56 MHz의 주파수이다.
- [0018] 일부 다른 또는 부가적인 구현예들에서, RF 전력의 주파수를 튜닝하는 것은 10 초 이하, 1 초 이하, 500 ms 이하, 또는 150 ms 이하의 지속기간 동안 수행될 수도 있다. 특정한 구현예들에서, 플라즈마 보조된 반도체 증착들을 위한 장치가 제공될 수도 있다. 장치는, 복수의 증착 스테이션들, 플라즈마를 생성하고 유지하기 위해 챔버에 RF 전력을 공급하도록 구성된 전력 소스, 플라즈마 임피던스를 측정하도록 구성된 임피던스 센서, RF 전력의 주파수를 튜닝하도록 구성된 RF 주파수 튜너, 복수의 증착 스테이션들에 분배된 RF 전력을 조정하여, 스테이션 대 스테이션 편차들을 감소시키도록 구성된 하나 이상의 RF 전력 조정기들, 및 하나 이상의 제어기들을 포함할 수도 있다. 증착 스테이션들 각각은 적어도 하나의 웨이퍼 지지부를 포함할 수도 있고 적어도 하나의 기관을 수용하도록 구성된다. 복수의 증착 스테이션들은 챔버 내에 있을 수도 있다. 하나 이상의 제어기들, 전력 소스, 임피던스 센서, RF 주파수 튜너, 및 RF 전력 조정기들은 통신가능하게 연결될 수도 있다. 제어기는, 제 1 증착 프로세스는 분배된 RF 전력의 제 1 스테이션 대 스테이션 조정을 갖는 제 1 레시피에 따라 수행되고, 제 2 증착 프로세스는 분배된 RF 전력의 제 2 스테이션 대 스테이션 조정을 갖는 제 2 레시피에 따라 수행되도록, 상이한 값들의 본질적 특성들을 갖는 상이한 재료들을 갖는 제 1 층 및 제 2 층을 생성하기 위해 적어도 제 1 및 제 2 증착 프로세스를 수행하고, 스테이션 대 스테이션 편차들을 감소시키기 위해 스테이션 각각에 분배된 RF 전력을 조정하도록 하나 이상의 RF 전력 조정기들에 지시하도록 구성된다. RF 전력 주파수를 튜닝하는 것은: i) 임피던스 센서에 의해 측정된 플라즈마 임피던스를 통해 플라즈마의 임피던스를 결정하고, ii) 동작 (i) 에서 측정된 플라즈마 임피던스에 따라, RF 전력의 주파수에 대한 변화를 결정하고, 그리고 iii) RF 주파수 튜너를 통해 RF 전력의 주파수를 조정하는 것을 포함할 수도 있다. 제 1 레시피에 따른 분배된 RF 전력에 대한 제 1 조정은 제 2 레시피에 따른 분배된 RF 전력에 대한 제 2 조정과는 상이하다.

도면의 간단한 설명

- [0019] 도 1은 반도체 기관들 상에 막들을 증착하기 위한 기관 프로세싱 장치를 도시한다.
- 도 2는 플라즈마 밸런싱 하드웨어 (plasma balancing hardware) 를 활용할 수도 있는 예시적인 멀티스테이션 기관 프로세싱 장치를 도시한다.

도 3은 RF 주파수 튜닝을 활용하는 RF 전력 소스를 공유하는 복수의 스테이션들을 갖는 예시적인 멀티스테이션 플라즈마 반응기 내의 다양한 컴포넌트들을 도시하는 개략도이다.

도 4a는 RF 주파수 튜닝 및 RF 전력 파라미터 조절을 활용하는 멀티스테이션 증착 프로세스의 프로세스 흐름도이다.

도 4b는 RF 주파수 튜닝을 활용하는 멀티스테이션 증착 프로세스의 프로세스 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020] 이하의 상세한 기술에서, 다수의 구체적인 구현예들이 언급된다. 그러나, 당업자에게 자명한 바와 같이, 본 명세서에 개시된 기법들 및 장치는 이들 구체적인 상세들 없이 또는 대안적인 엘리먼트들 또는 프로세스들을 사용함으로써 실시될 수도 있다. 다른 예들에서, 공지된 프로세스들, 절차들 및 컴포넌트들은 본 개시의 양태들을 불필요하게 모호하게 하지 않도록 상세히 기술되지 않았다.

[0021] 각각 "별개의 (discrete)" 막 두께를 생성하는, 복수의 막 증착 사이클들을 수반하는 반도체 제작 동작들에서, 증착 일관성과 같은, 반도체 기관들 상에서의 박막 증착을 개선시키기 위한 방법들 및 장치들이 본 명세서에 개시된다. ALD (Atomic layer deposition) 는 이러한 막 증착 방법 중 하나이지만, 얇은 막 층들을 만들고 (put down) 순차적인 상황들을 반복하는데 사용된 임의의 기법이 복수의 증착 사이클들을 수반하는 것으로 간주될 수도 있고, 본 명세서에 개시된 방법들 및 장치들은 또한 일반적으로 이러한 멀티사이클 증착 동작들에서 막 두께를 제어하기 위해 사용될 수도 있다.

[0022] 반도체 산업에서 디바이스 및 피처들의 크기가 계속해서 축소됨에 따라 그리고 또한 3D 디바이스 구조체들 (예를 들어, Intel의 Tri-Gate 트랜지스터 아키텍처) 은 IC (integrated circuit) 설계에서 보다 일반적이 됨에 따라, 얇고 컨포멀한 (conformal) 막들 (비-평면형이다라도, 아래에 놓인 구조체의 형상에 대해 균일한 두께를 갖는 재료의 막들) 을 증착하는 능력이 계속해서 중요해질 것이다. ALD는, ALD의 단일 사이클이 재료의 단일 얇은 층을 증착하지만 하고, 두께는 막-형성 화학 반응 자체 전에 기관 표면 상에 흡착할 수도 있는 (즉, 흡착 제한된 층을 형성하는) 하나 이상의 막 전구체 반응물질들의 양으로 제한된다는 사실로 인해 컨포멀한 막들의 증착에 잘 맞춰진, 막 형성 기법이다. 그 후 복수의 "ALD 사이클들"이 목표된 두께의 막을 구축하기 위해 사용될 수도 있고, 층 각각이 얇고 컨포멀하기 때문에, 결과적인 막은 실질적으로 아래에 놓인 디바이스들 구조체의 형상을 따른다. 특정한 실시예들에서, ALD 사이클 각각은 다음의 단계들을 포함한다:

- [0023] 1. 제 1 전구체로의 기관 표면의 노출.
- [0024] 2. 기관이 위치한 반응 챔버의 퍼지.
- [0025] 3. 통상적으로 플라즈마 및/또는 제 2 전구체를 사용하여, 기관 표면 반응의 활성화.
- [0026] 4. 기관이 위치한 반응 챔버의 퍼지.

[0027] ALD 사이클 각각의 지속기간은 통상적으로 25 초보다 작거나 10 초보다 작다. ALD 사이클의 플라즈마 노출 단계 (또는 단계들) 는 1 초 이하의 지속기간과 같은 짧은 지속기간일 수도 있다. 짧은 지속기간으로 인해, 플라즈마 일관성 제어는 프로세스 균일성을 촉진할 수 있다. 플라즈마 임피던스 및 전달된 전력의 편차들은 프로세스 균일성에 영향을 줄 수도 있는 두 인자들이다.

[0028] RF 전력 소스를 공유하는 복수의 프로세싱 스테이션들을 갖는 반도체 툴에서의 멀티사이클 증착 동작들에 사용된 RF 전력을 제어하기 위한 장치 및 방법들이 제공된다. RF 전력의 주파수 및 RF 전력 소스를 공유하는 개별 스테이션들에 인가된 전력이 제어된다.

[0029] 도 1은 반도체 기관들 상에 막들을 증착하기 위한 기관 프로세싱 장치를 도시한다. 도 1의 장치 (100) 는 진공 펌프 (118) 에 의해 진공 하에 유지될 수도 있는 내부 볼륨 내에 단일 기관 홀더 (108) 를 갖는 단일 프로세싱 챔버 (102) 를 갖는다. 또한, (예를 들어) 막 전구체들, 캐리어 가스 및/또는 퍼지 가스 및/또는 프로세스 가스, 2차 반응물질들, 등의 전달을 위해 가스 전달 시스템 (101) 및 샤워헤드 (106) 가 챔버에 유체적으로 커플링된다. 프로세싱 챔버 내에 플라즈마를 생성하기 위한 장비가 또한 도 1에 도시된다. 도 1에 개략적으로 예시된 장치는 반도체 기관들 상에 CVD (chemical vapor deposition) 또는 ALD와 같은 막 증착 동작들을 수행하기 위한 기본적인 장비를 제공한다.

[0030] 간략화를 위해, 프로세싱 장치 (100) 는 저압 환경을 유지하기 위해 프로세스 챔버 바디 (102) 를 갖는 독립된

프로세스 스테이션으로서 도시된다. 그러나, 본 명세서에서 기술될 때 복수의 프로세스 스테이션들이 공통 프로세스 톨 환경 내-예를 들어, 공통 반응 챔버 내-에 포함될 수도 있다는 것이 이해될 것이다. 예를 들어, 도 2는 멀티스테이션 프로세싱 톨의 구현예를 도시한다. 또한, 일부 구현예들에서, 상기에 상세히 논의된 것들을 포함하는, 프로세싱 장치 (100) 의 하나 이상의 하드웨어 파라미터들이 하나 이상의 시스템 제어기들에 의해 프로그래밍적으로 조정될 수도 있다는 것이 이해될 것이다.

[0031] 프로세스 스테이션 (100) 은 분배 샤워헤드 (106) 로 프로세스 가스들을 전달하기 위해 반응물질 전달 시스템 (101) 과 유체적으로 연통한다. 반응물질 전달 시스템 (101) 은 샤워헤드 (106) 로의 전달을 위해 프로세스 가스들을 혼합하고 및/또는 컨디셔닝하기 위한 혼합 용기 (104) 를 포함한다. 하나 이상의 혼합 용기 유입부 밸브들 (120) 은 혼합 용기 (104) 로의 프로세스 가스들의 도입을 제어할 수도 있다.

[0032] 일부 반응물질들은 기화 및 후속하는 프로세싱 챔버 (102) 로의 전달 전에 액체 형태로 저장될 수도 있다. 도 1의 구현예는 혼합 용기 (104) 로 공급될 액체 반응물질을 기화하기 위한 기화 지점 (103) 을 포함한다. 일부 구현예들에서, 기화 지점 (103) 은 가열된 액체 주입 모듈일 수도 있다. 일부 다른 구현예들에서, 기화 지점 (103) 은 가열된 기화기일 수도 있다. 또 다른 구현예들에서, 기화 지점 (103) 은 프로세스 스테이션으로부터 제거될 수도 있다.

[0033] 일부 구현예들에서, 기화 및 프로세싱 챔버 (102) 로의 전달을 위해 액체의 대량 플로우를 제어하기 위해 기화 지점 (103) 의 업스트림에 액체 플로우 제어기 (LFC: liquid flow controller) 가 제공될 수도 있다.

[0034] 샤워헤드 (106) 는 프로세스 스테이션에서 기관 (112) 을 향하여 프로세스 가스들 및/또는 반응물질들 (예를 들어, 막 전구체들) 을 분배하고, 이들의 플로우는 샤워헤드로부터 업스트림에서 하나 이상의 밸브들 (예를 들어, 밸브들 (120, 120A, 105)) 에 의해 제어된다. 도 1에 도시된 구현예에서, 기관 (112) 은 샤워헤드 (106) 아래에 위치되고, 페데스탈 (108) 상에 놓인 것으로 도시된다. 샤워헤드 (106) 는 임의의 적합한 형상을 가질 수도 있고, 기관 (112) 으로 프로세스 가스들을 분배하기 위한 임의의 적합한 수 및 배열의 포트들을 가질 수도 있다.

[0035] 볼륨 (107) 은 샤워헤드 (106) 아래에 위치된다. 일부 구현예들에서, 페데스탈 (108) 은 기관 (112) 을 볼륨 (107) 에 노출시키고 및/또는 볼륨 (107) 의 체적을 가변하기 위해 상승되거나 하강될 수도 있다. 선택적으로, 페데스탈 (108) 은 부분들 증착 프로세스 동안 볼륨 (107) 내의 프로세스 압력, 반응물질 농도, 등을 조절하기 위해 하강되고/되거나 상승될 수도 있다.

[0036] 도 1에서, 샤워헤드 (106) 및 페데스탈 (108) 은 플라즈마에 전력을 공급하기 위해 RF 전원 (power supply)(114) 및 매칭 네트워크 (116) 에 전기적으로 접속된다. 일부 구현예들에서, 플라즈마 에너지는 (예를 들어, 적절한 머신-관독가능 인스트럭션들을 갖는 시스템 제어기를 통해) 프로세스 스테이션 압력, 가스 농도, RF 소스 전력, RF 소스 주파수, 및 플라즈마 전력 펄스 타이밍 중 하나 이상을 제어함으로써 제어될 수도 있다. 예를 들어, RF 전원 (114) 및 매칭 네트워크 (116) 는 라디컬 종의 목표된 조성을 갖는 플라즈마를 형성하기 위해 임의의 적합한 전력에서 동작될 수도 있다. 유사하게, RF 전원 (114) 은 임의의 적합한 주파수의 RF 전력을 제공할 수도 있다.

[0037] 일부 구현예들에서, 플라즈마는 하나 이상의 플라즈마 모니터들에 의해 인시츄 (in-situ) 모니터링될 수도 있다. 일 시나리오에서, 플라즈마 전력은 하나 이상의 전압, 전류 센서들 (예를 들어, VI 프로브들과 같은 부하 센서들) 에 의해 모니터링될 수도 있다. 이러한 센서들의 예들은 MKS VI-Probe-4100 및 350을 포함한다. 이러한 센서들은 전압, 전류, 및 위상차들을 측정할 수도 있다. 특정한 구현예들에서, 센서들은 RF 전원에 전기적으로 접속될 수도 있고 샤워헤드에 또는 샤워헤드 근처에 위치될 수도 있다. 이러한 구현예들에서, RF 전원에 의해 보여지는 임피던스가 플라즈마의 임피던스를 대표할 수도 있다. 또 다른 시나리오에서, 플라즈마 밀도 및/또는 프로세스 가스 농도는 하나 이상의 OES (optical emission spectroscopy) 센서들에 의해 측정될 수도 있다. 일부 구현예들에서, 하나 이상의 플라즈마 파라미터들은 이러한 인시츄 플라즈마 모니터들로부터의 측정치들에 기초하여 프로그래밍적으로 조정될 수도 있다. 예를 들어, 부하 센서는 플라즈마 전력의 프로그래밍적인 제어를 제공하기 위한 피드백 루프에서 사용될 수도 있다. 일부 구현예들에서, 플라즈마 및 다른 프로세스 특징들을 모니터링하기 위해 다른 모니터들이 사용될 수도 있다는 것이 이해될 것이다. 이러한 모니터들은, 이로 제한되는 것은 아니지만, 적외선 (IR) 모니터들, 음향 모니터들, 및 압력 트랜스듀서들을 포함할 수도 있다.

[0038] 일부 구현예들에서, 플라즈마는 IOC (input/output control) 시퀀싱 (sequencing) 인스트럭션들을 통해 제어될 수도 있다. 일 예에서, 플라즈마 활성화에 대한 플라즈마 조건들을 설정하기 위한 인스트럭션들은 프로세스 레

시피의 대응하는 플라즈마 활성화 레시피에 포함될 수도 있다. 일부 경우들에서, 프로세스 레시피들은 프로세스를 위한 모든 인스트럭션들이 이 프로세스와 동시에 실행되도록, 순차적으로 배열될 수도 있다. 일부 구현예들에서, 하나 이상의 플라즈마 파라미터들을 설정하기 위한 인스트럭션들은 플라즈마 프로세스에 선행하는 레시피에 포함될 수도 있다. 예를 들어, 제 1 레시피는 불활성 (예를 들어, 헬륨) 및/또는 반응 가스의 플로우 레이트를 설정하기 위한 인스트럭션들, 플라즈마 생성기를 전력 세트 포인트로 설정하기 위한 인스트럭션들, 및 제 1 레시피에 대한 시간 지연 인스트럭션들을 포함할 수도 있다. 제 2, 후속하는 레시피는 플라즈마 생성기를 인에이블하기 위한 인스트럭션들 및 제 2 레시피에 대한 시간 지연 인스트럭션들을 포함할 수도 있다. 제 3 레시피는 플라즈마 생성기를 디스에이블하기 위한 인스트럭션들 및 제 3 레시피에 대한 시간 지연 인스트럭션들을 포함할 수도 있다. 이들 레시피들은 또한 본 개시의 범위 내의 임의의 방식으로 세분화되고 및/또는 반복될 수도 있다는 것이 이해될 것이다.

[0039] 일부 증착 프로세스들에서, 플라즈마 스트라이킹 (strike) 은 대략 수 초 이상 지속한다. 본 명세서에 기술된 특정한 구현예들에서, 훨씬 짧은 플라즈마 스트라이킹이 프로세싱 사이클 동안 인가될 수도 있다. 이들은 25 ms를 구체적인 예로 갖는, 대략 50 ms보다 작을 수도 있다. 이러한 짧은 RF 플라즈마는 플라즈마의 고속 안정화 및 튜닝을 필요로 한다. 플라즈마의 고속 안정화 및 튜닝을 달성하기 위해, 플라즈마 생성기는 개략 (coarse) 튜닝 컴포넌트 및 미세 (fine) 튜닝 컴포넌트를 포함하는 2-스텝 튜닝 프로세스를 통해 구성될 수도 있다. 개략 튜닝 컴포넌트에서, 임피던스 매칭은 특정한 임피던스로 미리설정될 수도 있다. 개략 튜닝 컴포넌트는, 임피던스의 크기가 예를 들어, 50 Ω의 값이도록, 미리설정될 수도 있다. 특정한 구현예들에서, 개략 튜닝 컴포넌트는 임피던스의 크기에 영향을 주는 조정들로 제한될 수도 있다. 미세 튜닝 컴포넌트에서, RF 주파수는 0의 위상 값과 같은, 목표 값으로 위상을 매칭시키도록 시도하기 위해 기준 (baseline) 주파수로부터 플로팅하게 (float) 허용될 수도 있다. 통상적으로, 고 주파수 플라즈마들이 약 13.56 MHz의 RF 주파수에서 생성된다. 본 명세서에 개시된 다양한 구현예들에서, 주파수는 위상을 목표 값에 매칭시키기 위해 이러한 표준 값과 상이한 값으로 플로팅하게 허용될 수도 있다. 특정한 구현예들에서, 미세 튜닝 컴포넌트는 임피던스의 위상에 영향을 주는 조정들로 제한될 수도 있다. 임피던스 매칭을 미리결정된 임피던스로 고정하는 동안, 주파수가 플로팅하게 허용함으로써, 플라즈마는 훨씬 고속으로 안정화될 수 있다. ALD 또는 ALE (atomic layer etching) 사이클들과 연관된 스트라이킹과 같은, 매우 짧은 플라즈마 스트라이킹들은 플라즈마의 고속 안정화로부터 이익을 얻을 수도 있다.

[0040] 통상적인 증착 사이클의 처음 1 내지 2 ms는 플라즈마의 점화 (ignition) 를 수반한다. 플라즈마의 점화 후에, 플라즈마 위상을 목표 값에 매칭시키기 위해 RF 주파수의 미세 튜닝이 수행된다.

[0041] 상기 기술된 바와 같이, 하나 이상의 스테이션들이 멀티스테이션 기관 프로세싱 툴 내에 포함될 수도 있다. 도 2는 플라즈마 밸런싱 하드웨어를 활용할 수도 있는 예시적인 멀티스테이션 기관 프로세싱 장치를 도시한다. 장비 가격 및 동작 비용들 양자에 대하여 도 2에 도시된 것과 같은 멀티스테이션 프로세싱 장치의 사용을 통해 다양한 효율성들이 달성될 수도 있다. 예를 들어, 모든 4 개의 프로세스 스테이션들에 대해 사용된 프로세스 가스들, 등을 배기시킴으로써 모든 4 개의 프로세스 스테이션들에 대한 단일 고 진공 환경을 생성하도록 단일 진공 펌프가 사용될 수도 있다. 구현예에 따라, 프로세스 스테이션 각각은 가스 전달을 위해 프로세스 스테이션의 고유한 전용 샤워헤드를 가질 수도 있지만, 동일한 가스 전달 시스템을 공유할 수도 있다. 유사하게, 플라즈마 생성기 장비의 특정한 엘리먼트들 (예를 들어, 전원들) 이 프로세스 스테이션들 사이에서 공유될 수도 있지만, 특정한 양태들은 (예를 들어, 샤워헤드들이 플라즈마 생성 전기 전위들을 인가하기 위해 사용된다면) 프로세스 스테이션 특정될 수도 있다. 다시 한번, 이러한 효율성들은 또한 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 또는 16과 같이 프로세싱 챔버 당 보다 많은 수의 또는 보다 적은 수의 프로세스 스테이션들, 또는 반응 챔버 당 보다 많은 프로세스 스테이션들을 사용함으로써 보다 큰 정도 또는 보다 작은 정도로 달성될 수도 있다는 것이 이해될 것이다.

[0042] 도 2의 기관 프로세싱 장치 (200) 는, 복수의 기관 프로세스 스테이션들을 포함하는 단일 기관 프로세싱 챔버 (214) 를 채용하고, 복수의 기관 프로세스 스테이션들 각각은 해당 프로세스 스테이션에서 웨이퍼 홀더 내에 홀딩된 기관에 대해 프로세싱 동작들을 수행하기 위해 사용될 수도 있다. 이러한 특정한 구현예에서, 멀티스테이션 기관 프로세싱 장치 (200) 는 4 개의 프로세스 스테이션들 (201, 202, 203, 및 204) 을 갖는 것으로 도시된다. 다른 유사한 멀티스테이션 프로세싱 장치들이 구현예 및 예를 들어, 병렬 웨이퍼 프로세싱의 목표된 레벨, 사이즈/공간 제약들, 비용 제약들, 등에 따라 보다 많거나 보다 적은 프로세스 스테이션들을 가질 수도 있다. 기관 핸들러 로봇 (226) 및 제어기 (250) 이 또한 도 2에 도시된다.

[0043] 도 2에 도시된 바와 같이, 멀티스테이션 프로세싱 툴 (200) 은 기관 로딩 포트 (220), 및 포트 (228) 를 통해

로딩 포트 (220) 를 통해, 프로세싱 챔버 (214) 내로, 그리고 4 개의 스테이션들 (201, 202, 203, 또는 204) 하나 상으로 로딩된, 기관들을 이동시키도록 구성된 기관 핸들러 로봇 (226) 을 갖는다.

[0044] 도 2에 도시된 프로세싱 챔버 (214) 는 4 개의 스테이션들 (201, 202, 203, 및 204) 을 제공한다. RF 전력은 RF 전력 시스템 (213) 에서 생성되고 스테이션들 (201 내지 204) 각각에 분배된다. RF 전력 시스템은 하나 이상의 RF 전력 소스들, 예를 들어, 고 주파수 (HFRF) 및 저 주파수 (LFRF) 소스, 임피던스 매칭 모듈들, 및 필터들을 포함할 수도 있다. 특정한 구현예에서, 전력 소스는 고 주파수 또는 저 주파수 소스만으로 제한될 수도 있다. 달리 언급되지 않는 한, 기술된 증착 프로세스들은 고 주파수 전력만을 채용한다고 가정한다. RF 전력 시스템의 분배 시스템은 반응기에 대해 대칭이고 고 임피던스를 갖는다. 이러한 대칭 및 임피던스는 대략 동일한 양의 전력이 스테이션 각각에 전달되게 한다. 5 내지 15%의 차수의 RF 전력에서의 작은 차들은, 분배 시스템 컴포넌트들, 스테이션 배열들, 온도 차들, 및 프로세스 조건들의 허용 오차들 (tolerance) 로부터 발생할 수도 있다.

[0045] RF 전력의 작은 차들은 다양한 막 특징들에서 웨이퍼 대 웨이퍼 불균일성 (wafer-to-wafer non-uniformity), 예를 들어, 조성, 두께, 밀도, 가교 결합량, 화학물질, 반응 완료, 스트레스, 굴절률, 유전 상수, 경도 (hardness), 에칭 선택도, 안정성, 기밀성, 등을 유발할 수 있다. 개별 스테이션들에서 플라즈마 전력을 미세 튜닝하고 변화하는 스테이션 상태들에 동적으로 응답하기 위한 능력은 웨이퍼 대 웨이퍼 불균일성을 감소시킬 수도 있다. 본 방법 및 장치는 멀티스테이션 반응기에 제한되지 않고, 본 명세서에 개시된 방법 및 장치는 복수의 프로세싱 영역들이 RF 전력 소스를 공유하는 다른 RF 전력 시스템들에 적용된다는 것을 주의한다.

[0046] 도 2는 또한 프로세싱 챔버 (214) 내의 프로세스 스테이션들 (201, 202, 203, 및 204) 사이에서 기관을 이송하기 위한 기관 이송 디바이스 (290) 의 구현예를 도시한다. 임의의 적합한 기관 이송 디바이스가 채용될 수도 있다는 것이 이해될 것이다. 비제한적인 예들은 웨이퍼 캐로셀들 (wafer carousels) 및 웨이퍼 핸들링 로봇들을 포함한다.

[0047] 도 2는 또한 프로세스 조건들 및 프로세스 툴 (200) 및 이의 프로세스 스테이션들의 하드웨어 상태들을 제어하도록 채용된 시스템 제어기 (250) 의 구현예를 도시한다. 시스템 제어기 (250) 는 하나 이상의 메모리 디바이스들 (256), 하나 이상의 대용량 저장 디바이스들 (254), 및 하나 이상의 프로세서들 (252) 을 포함할 수도 있다. 프로세서 (252) 는 하나 이상의 CPU들, ASIC들, 범용 컴퓨터(들) 및/또는 특수 목적 컴퓨터(들), 하나 이상의 아날로그 및/또는 디지털 입력/출력 연결부(들), 하나 이상의 스텝퍼 모터 제어기 보드(들), 등을 포함할 수도 있다.

[0048] 일부 구현예들에서, 시스템 제어기 (250) 는 프로세스 툴의 개별 프로세스 스테이션들의 동작들을 포함하는, 프로세스 툴 (200) 의 일부 또는 모든 동작들을 제어한다. 시스템 제어기 (250) 는 프로세서 (252) 상에서 머신 판독가능 시스템 제어 인스트럭션들 (258) 을 실행할 수도 있다-일부 구현예들에서, 시스템 제어 인스트럭션들 (258) 은 대용량 저장 디바이스 (254) 로부터 메모리 디바이스 내로 로딩된다. 시스템 제어 인스트럭션들 (258) 은 타이밍, 가스상 및 액체 반응물질들의 혼합, 챔버 및/또는 스테이션 압력, 챔버 및/또는 스테이션 온도, 웨이퍼 온도, 목표 전력 레벨들, RF 전력 레벨들, RF 노출 시간, 기관 페데스탈, 척 및/또는 서셉터 위치, 및 프로세스 툴 (200) 에 의해 수행된 특정한 프로세스의 다른 파라미터들을 제어하기 위한 인스트럭션들을 포함할 수도 있다. 이들 프로세스들은 이로 제한되는 것은 아니지만, 기관들 상의 막의 증착과 관련된 프로세스들을 포함하는, 다양한 타입들의 프로세스들을 포함할 수도 있다. 시스템 제어 인스트럭션들 (258) 은 임의의 적합한 방식으로 구성될 수도 있다. 예를 들어, 다양한 프로세스 툴 컴포넌트 서브루틴들 또는 제어 객체들은 프로세스 툴 컴포넌트들의 동작을 제어하도록 작성될 수도 있다. 시스템 제어 인스트럭션들 (258) 은 임의의 적합한 컴퓨터 판독가능 프로그래밍 언어로 코딩될 수도 있다. 일부 구현예들에서, 시스템 제어 인스트럭션들 (258) 소프트웨어로 구현되고, 다른 구현예들에서, 인스트럭션들은 하드웨어로 구현될 수도 있다-예를 들어, ASIC (application specific integrated circuit) 내에 로직으로서 하드코딩되거나, 다른 구현예들에서, 소프트웨어 및 하드웨어의 조합으로서 구현된다.

[0049] 일부 구현예들에서, 시스템 제어 소프트웨어 (258) 는 상기 기술된 다양한 파라미터들을 제어하기 위한 IOC (input/output control) 시퀀싱 인스트럭션들을 포함할 수도 있다. 예를 들어, 증착 프로세스 또는 프로세스들의 단계 각각은 시스템 제어기 (250) 에 의한 실행을 위한 하나 이상의 인스트럭션들을 포함할 수도 있다. 예를 들어, 1차 막 증착 프로세스를 위한 프로세스 조건들을 설정하기 위한 인스트럭션들이 대응하는 증착 레시피에 포함될 수도 있고, 캠핑 막 증착에 대해서도 유사하다. 일부 구현예들에서, 레시피들은 순차적으로 배열되어, 프로세스를 위한 모든 인스트럭션들이 해당 프로세스와 동시에 실행된다.

- [0050] 시스템 제어기 (250) 와 연관된 대용량 저장 디바이스 (254) 및/또는 메모리 디바이스 (256) 에 저장된 다른 컴퓨터 판독가능 인스트럭션들 및/또는 프로그램들이 일부 구현예들에서 채용될 수도 있다. 프로그램들 또는 프로그램들의 섹션들의 예들은 기관 포지셔닝 프로그램, 프로세스 가스 제어 프로그램, 압력 제어 프로그램, 히터 제어 프로그램, 및 플라즈마 제어 프로그램을 포함한다.
- [0051] 일부 구현예들에서, 시스템 제어기 (250) 와 연관된 사용자 인터페이스가 있을 수도 있다. 사용자 인터페이스는 디스플레이 스크린, 장치의 그래픽적인 소프트웨어 디스플레이 및/또는 프로세스 조건들의 그래픽적인 소프트웨어 디스플레이, 및 포인팅 디바이스들, 키보드들, 터치 스크린들, 마이크로폰들 등의 사용자 입력 디바이스들을 포함할 수도 있다.
- [0052] 일부 구현예들에서, 시스템 제어기 (250) 에 의해 조정된 파라미터들은 프로세스 조건들과 관련될 수도 있다. 비제한적인 예들은 프로세스 가스 조성들 및 플로우 레이트들, 온도들, 압력들, (RF 바이어스 전력 레벨들, 주파수들, 및 노출 시간들과 같은) 플라즈마 조건들, 등을 포함한다. 이들 파라미터들은 사용자 인터페이스를 활용하여 입력될 수도 있는, 레시피의 형태로 사용자에게 제공될 수도 있다.
- [0053] 프로세스들을 모니터링하기 위한 신호들은 다양한 프로세스 툴 센서들로부터 시스템 제어기 (250) 의 아날로그 및/또는 디지털 입력 접속부들에 의해 제공될 수도 있다. 프로세스들을 제어하기 위한 신호들은 프로세스 툴 (200) 의 아날로그 및/또는 디지털 출력 접속부들 상에 출력될 수도 있다. 모니터링될 수도 있는 프로세스 툴 센서들의 비제한적인 예들은 질량 유량 제어기들 (MFC), (압력계들 (manometers) 과 같은) 압력 센서들, 열전대들 (thermocouple), 부하 센서들, OES 센서들, 등을 포함한다. 적절하게 프로그램된 피드백 및 제어 알고리즘들이 프로세스 조건들을 유지하기 위해 이들 센서들로부터의 데이터와 함께 사용될 수도 있다.
- [0054] 시스템 제어기 (250) 는 증착 프로세스들을 구현하기 위한 머신 판독가능 프로그램 인스트럭션들을 제공할 수도 있다. 인스트럭션들은 DC 전력 레벨, RF 바이어스 전력 레벨, RF 전력 파라미터 편차들과 같은 스테이션 대 스테이션 편차들, 주파수 튜닝 파라미터들, 압력, 온도, 등과 같은 다양한 프로세스 파라미터들을 제어할 수도 있다. 인스트럭션들은 본 명세서에 기술된 다양한 실시예들에 따른 막 스택들의 인 시츄 증착을 동작시키기 위한 파라미터들을 제어할 수도 있다.
- [0055] 시스템 제어기는 통상적으로 하나 이상의 메모리 디바이스들 및 장치가 본 명세서에 개시된 프로세스들에 따른 동작들을 수행하도록 머신 판독가능 인스트럭션들을 실행하도록 구성된 하나 이상의 프로세서들을 포함할 것이다. 본 명세서에 개시된 기관 도핑 프로세스들에 따른 동작들을 제어하기 위한 인스트럭션들을 포함하는 머신-판독가능, 비일시적인 매체는 시스템 제어기와 커플링될 수도 있다.
- [0056] 멀티사이클 증착 프로세스들 및 멀티스테이션 반도체 프로세싱 장치들을 위한 다양한 다른 구성들은, 2014년 5월 15일 출원된 미국 특허 가 출원번호 제 61/994,025 호에 기술되고, 본 명세서에 참조로서 인용된다.
- [0057] 도 3은 RF 주파수 튜닝을 활용하는 RF 전력 소스를 공유하는 복수의 스테이션들을 갖는 예시적인 멀티스테이션 플라즈마 반응기 내의 다양한 컴포넌트들을 도시하는 개략도이다. 도시된 바와 같이, 고 주파수 RF 전력 소스 일 수도 있는, RF 전력 소스 (301) 가 분배 네트워크 (321) 를 통해 복수의 스테이션들 (351) 로 분배된다. HFRF는 약 2 내지 60 MHz, 또는 약 13.56 MHz의 주파수를 가질 수도 있다. 다른 구현예들에서, 저 주파수 RF 전력 소스는 고 주파수 RF 전력 소스에 부가하여 또는 고 주파수 RF 전력 소스 대신 사용될 수도 있다. 저 주파수 RF 전력 소스는 약 100 kHz 내지 약 1 MHz, 또는 약 400 kHz의 주파수를 가질 수도 있다. 특정한 상업적으로 입수가능한 RF 전력 소스들은 RF 전력의 주파수를 튜닝하기 위한 능력을 포함한다. 이러한 RF 전력 소스들의 예들은 Advanced Engineer의 Paramount 시리즈, MKS의 SurePower 시리즈, Comdel의 CB, CLX, 및 CDX 시리즈, 및 Huettinger의 TruPlasma 시리즈를 포함한다.
- [0058] RF 전력 소스 (301) 로부터의 전력은, 고정된 매칭 모듈 (303) 을 포함할 수도 있는 임피던스 매칭 시스템을 통해 라우팅될 수도 있다. 고 주파수 RF 전력 소스 및 저 주파수 RF 전력 소스 양자를 포함하는 특정한 구현예들에서, 고역 통과 필터 및/또는 저역 통과 필터가 또한 존재할 수도 있다. 부가적으로, 특정한 구현예들에서, RF 전력 소스로부터의 전력은 자동 매칭 모듈을 통해 라우팅될 수도 있다. 고 주파수 RF 전력 소스에 부가하여 또는 고 주파수 RF 전력 소스 대신 저 주파수 RF 전력 소스를 포함하는 특정한 구현예들에서, 저 주파수 전력은 고정된 매칭 모듈 또는 자동 매칭 모듈을 통해 라우팅될 수도 있다. 특정한 구현예들에서, 자동 매칭 모듈은 RF 전력 주파수를 플라즈마의 부하의 설정된 임피던스와 매칭시키도록 사용될 수도 있다. 다른 구현예들에서, 플라즈마의 부하의 설정된 임피던스와 RF 전력 주파수를 자동으로 매칭하지 않는, 고정된 매칭 모듈이 사용될 수도 있다.

- [0059] 도 3에 도시된 구현예에서, RF 전력 소스 (301) 는 분배 네트워크 (321) 에 연결된다. 분배 네트워크 (321) 는 복수의 스테이션들 (351) 각각에 RF 전력 소스 (301) 에 의해 생성된 RF 전력을 분배할 수도 있다. 분배 네트워크 (321) 는 복수의 스테이션들 (351) 각각에 대한 RF 조정기 (323) 에 연결된다. 복수의 스테이션들 (351) 각각에 대하여, RF 조정기 (323) 가 샤워헤드 (353) 전에 전력 파라미터 센서 (333) 에 연결된다. 전력 파라미터 센서 (333) 는 부하 센서 또는 OES 센서와 같은, 임의의 타입의 이전에 개시된 센서일 수도 있다. RF 전력 소스 (301) 는 RF 제어기 (343) 로부터의 인스트럭션들을 획득하고 스테이션들에 분배된 RF 전력의 주파수를 가변시킬 수도 있다. 인스트럭션들은 하나 이상의 전력 파라미터 센서들 (333) 에 의해 검출된 임피던스에 따른 주파수 조정일 수도 있다. 다른 구현예들에서, 추가적인 센서는 모든 스테이션들 (351) 내의 플라즈마들의 위상을 대표하는 최종 위상을 측정할 수도 있다. 이어서 RF 제어기 (343) 는 추가적인 센서에 의해 측정된 최종 위상에 따라 스테이션에 분배된 RF 전력의 주파수를 가변시킬 수도 있다. 특정한 구현예들에서, RF 제어기 (343) 는, 임피던스의 위상이 0이거나 0에 가깝도록, 인스트럭션들, 예를 들어, RF 전력의 주파수를 가변시키기 위한 코드를 포함할 수도 있다. 도 3에 도시된 구현예에서, RF 제어기 (343) 는 개별 스테이션들의 업스트림에서 RF 전력 소스 (301) 로부터의 RF 전력의 주파수를 가변시킬 수도 있다.
- [0060] RF 조정기 (323) 는 RF 제어기 (343) 에 의해 제어된다. RF 제어기 (343) 는 스테이션 (351) 각각에서 센서들 (333) 로부터의 측정치들에 기초하여 결정된 양만큼 개별 스테이션들에서의 RF 전력을 변화시킬 수도 있다. 특정한 구현예들에서, RF 조정기들 (323) 은 가변 커패시터들일 수도 있다. RF 제어기 (343) 는 가변 커패시터의 커패시턴스를 가변시킬 수 있는 스텝퍼 모터 (미도시) 를 제어할 수도 있다. 커패시턴스를 가변시키기 위해 다른 방식들이 사용될 수도 있다. 예를 들어, RF 조정기들 (323) 은 또한 개별 스위치들을 갖는 커패시터들의 뱅크일 수도 있다. RF 전력은 특정한 값을 갖는 다수의 커패시터들을 활성화 (턴 온) 함으로써 제어될 수도 있다. 예를 들어, 커패시터들은 스테이션에 1 pF, 2 pF, 4 pF, 8 pF, 및 16 pF 션트 (shunt) 커패시턴스를 부가하도록 선택될 수도 있다. 이 예에서, 활성 (턴 온) 및 비활성 (턴 오프) 커패시터들의 모든 조합들은 1 pF 의 분해능 (resolution) 으로 0 pF 내지 31 pF의 범위를 커버한다. 어느 커패시터들을 활성화할 것인지 선택함으로써, 제어기는 스테이션으로의 RF 전력을 변화시킬 수 있다. 이러한 디지털 제어는, 특히 광범위한 커패시턴스가 커버될 필요가 있을 때, 가변 커패시터를 제어하기 위해 스텝퍼 모터를 사용하는 것보다 고속일 수 있다. 공간 이용가능성 및 요구되는 제어량에 따라, 당업자는 특정한 양만큼 RF 전력을 변화시키기 위해 하나 이상의 커패시터들을 사용하여 RF 조정기를 설계할 수 있을 것이다.
- [0061] 다른 구현예들에서, RF 조정기들 (323) 은 가변 코일 인덕터들일 수도 있다. RF 제어기 (343) 는 스테이션에 전달된 RF 전력에 영향을 주기 위해 가변 코일 인덕터들을 제어할 수도 있다. 특정한 구현예들에서, RF 조정기들은 커패시터 및 인덕터들로 제한되지 않는다. 특정한 구현예들에서, 다른 RF 조정기들 (323) 은 RF 전력을 변화시키기 위해, 공진기 회로들 또는 저항성 회로들과 같은, 상이한 메커니즘들을 활용할 수도 있다.
- [0062] 센서들 (333) 은 적어도 하나의 RF 전력 파라미터를 측정한다. 측정된 RF 전력 파라미터는 전압, 전류, 임피던스, 위상, 또는 부하 전력일 수도 있다. 상업적으로 입수가능한 프로브들이 RF 전력 파라미터를 측정하고 RF 제어기 (343) 로 측정치를 제공하도록 사용될 수도 있다. 비-RF 파라미터를 측정하고 이를 RF 제어기 (343) 에 대한 소스 신호로서 사용하는 것 또한 가능하다. 예를 들어, 스테이션 플라즈마 또는 기관 온도 센서들로부터의 광학적 방사는 스테이션 특징들을 측정하고 이들을 조정기 제어기 (343) 에 공급할 수 있다. 광학적 방사 시스템은 스테이션 플라즈마에 의해 방사된 광을 수거하기 위해 스테이션 각각의 근처에 설치될 수도 있다. 기관 온도 센서는 기관 아래에 구축된 원격 적외선 검출 시스템을 사용할 수도 있다. 센서 (333) 는 또한 복수의 RF 전력 파라미터들을 측정할 수도 있고, 또는 특정한 구현예들에서 복수의 센서들은 복수의 RF 전력 파라미터들을 측정하도록 사용될 수도 있다.
- [0063] 일부 구현예들에서, RF 조정기들은 멀티-사이클 ALD 프로세스와 같은, 멀티-단계 프로세스들에 대해 고정된 값 또는 값들의 범위로 설정될 수도 있다. 이러한 구현예들에서, RF 전력 파라미터(들)의 실시간 센싱 및 RF 전력의 스테이션 대 스테이션 분배의 조정 필요성이 거의 없거나 전혀 없다.
- [0064] 스테이션 (351) 각각은 접지된 페데스탈 (357) 과 함께 동작하는 샤워헤드 (353) 를 포함한다. 공급된 전력 및 주파수는 프로세스 가스로부터, 예를 들어, 스테이션 당 약 50 내지 6,000 W의 범위 내의 플라즈마를 생성하기에 충분하다. 전력 레벨들은 구현예에 따라 가변될 수도 있다. RF 전력은 샤워헤드 (353) 를 통해 스테이션 프로세싱 영역에 연결되고 RF 전력이 인가될 때 플라즈마를 생성하거나 유지한다. 플라즈마는 다양한 메커니즘들에 의해 재료가 기관 상에 증착되게 한다. 예를 들어, 플라즈마는 프로세스 가스가 기관 표면 상에서 분해되고 (break down) 반응하게 할 수 있다. 도시된 구현예에서, RF 전류는, 접지 (331) 에 연결된 페데스탈들 (357) 에서 접지된다. 특정한 다른 구현예들에서, RF 전류는 샤워헤드들에서와 같이, 챔버 내의 상이한 위치에

서 접지될 수도 있다.

- [0065] 이전에 기술된 반도체 튜들이 플라즈마 밸런싱을 위해 사용될 수도 있다. 플라즈마 밸런싱은, ALD 및 ALE (atomic layer etching) 와 같은 짧은 사이클 지속기간들을 갖는 멀티-사이클 증착 프로세스에서 특히 유익할 수도 있다. ALE 방법들은 이하의 미국 특허들에서 더 논의되고, 전체가 참조로서 본 명세서에 인용되었다: 명칭이 "ADSORPTION BASED MATERIAL REMOVAL PROCESS"인 미국 특허 제 7,416,989 호; 명칭이 "METHODS OF REMOVING SILICON NITRIDE 및 OTHER MATERIALS DURING FABRICATION OF CONTACTS"인 미국 특허 제 7,977,249 호; 명칭이 "MODULATING ETCH SELECTIVITY AND ETCH RATE OF SILICON NITRIDE THIN FILMS"인 미국 특허 제 8,187,486 호; 명칭이 "ATOMIC LAYER REMOVAL FOR HIGH ASPECT RATIO GAPFILL"인 미국 특허 제 7,981,763 호; 및 명칭이 "ATOMIC LAYER REMOVAL PROCESS WITH HIGHER ETCH AMOUNT"인 미국 특허 제 8,058,179 호.
- [0066] 짧은 사이클 지속기간들을 갖는 멀티-단계 증착 프로세스들의 플라즈마 활성화 단계는 짧을 수도 있다. 플라즈마 활성화 단계의 지속기간은 약 150 ms 미만 (예를 들어, 약 50 ms) 일 수도 있다. 짧은 지속기간들로 인해, 플라즈마 일관성의 제어는 프로세스 균일성에 영향을 준다. 플라즈마 밸런싱은 플라즈마 일관성을 제어하기 위해 사용될 수도 있다.
- [0067] 도 4a는 RF 주파수 튜닝 및 RF 전력 파라미터 조절을 활용하는 멀티스테이션 증착 프로세스의 프로세스 흐름도이다. 도 4a에 기술된 프로세스는, 이전에 기술된 ALD 사이클의 단계 3과 같은, 증착 프로세스들의 다양한 단계들에 적용가능할 수도 있다. 프로세스가 증착 절차의 맥락에서 논의되었지만, 프로세스 엘리먼트들은 임의의 플라즈마 보조된 반도체 프로세스에 적용될 수도 있다.
- [0068] 동작 401에서, 기관이 제공된다. 기관들은 멀티스테이션 튜의 하나 이상의 스테이션들에 제공될 수도 있다. 기관들은, 기관을 갖는 스테이션의 로딩을 통해 제공될 수도 있고 또는 기관이 이전의 사이클로부터와 같이, 이전의 동작으로 인해 스테이션 내에 이미 있을 수도 있다.
- [0069] 기관이 제공된 후, 동작 403에서 가스 플로우가 확립되고 압력이 세트 포인트로 안정화된다. 동작 405는 RF 전력의 생성을 시작한다. RF 전력은 HFRF, LFRF, 또는 HFRF 및 LFRF 모두일 수도 있다. 동작 405 전에, 전극, 통상적으로 샤워헤드와 기관 사이의 임피던스는 개방 회로의 임피던스와 유사하게, 매우 높을 수도 있다. 동작 405에서, RF 전력은 플라즈마를 점화시키기 위해 생성되고 인가될 수도 있다. RF 전력은, 임피던스의 크기가 50 Ω의 저항과 같은, 특정한 저항으로 고정되도록, 인가될 수도 있다. RF 전력은 고정된 주파수로 인가될 수도 있다. 고정된 주파수는 미리결정된 RF 전력의 주파수일 수도 있다. 특정한 다른 구현예들에서, 동작 405에서 생성된 RF 전력의 주파수는 고정된 주파수에 따르지 않을 수도 있다. 이러한 구현예들에서, 동작 405에서의 주파수는 알고리즘들, 사용자 입력, 증착 프로세스의 이전 동작들로부터의 피드백, 등과 같은, 다양한 방식으로 가변될 수도 있다. 특정한 구현예들에서, 동작 405는 5 ms 미만의 기간과 같이, 제한된 지속기간 동안 지속될 수도 있다.
- [0070] 플라즈마가 적절하게 점화된 후, 프로세스는 동작 407로 계속될 수도 있다. 전체 전력이 동작 407로부터 계속 이어서 앞으로 (onward) 전달될 수도 있다. 동작들 407 내지 419는 증착 프로세스의 단계의 남아있는 지속기간 동안 반복된다. 따라서, 도 4a의 프로세스가 ALD 사이클의 단계 3에서 사용되면, 동작들 407 내지 419는 단계 3의 끝까지 반복된다. 동작 407에서, 플라즈마의 임피던스가 측정될 수도 있다. 도 4a에 기술된 프로세스 동안, 프로세싱 스테이션 내에서의 화학 반응들 및 환경 조건들의 변화들은 플라즈마의 임피던스의 변화들로 이어질 수도 있다. 임피던스는 플라즈마들의 임피던스를 측정하기 위해 통상적으로 사용된 임의의 센서에 의해 측정될 수도 있다. 측정된 임피던스는 RF 전력의 소스에 의해 보여지는 임피던스일 수도 있다. RF 전력의 소스에 의해 보여지는 임피던스는 본 명세서의 개시 다른 곳에 기술된 센서들에 의해 측정될 수도 있다. 예를 들어, RF 전력의 소스에 전도성으로 연결된 부하 센서가 RF 전력의 소스에 의해 보여지는 임피던스를 측정할 수도 있다.
- [0071] 동작 408에서, RF 전력의 주파수는 단계 407에서 측정된 임피던스에 따라 튜닝될 수도 있다. 반도체 프로세싱 튜의 특정한 구현예들은 제어기 및 검출된 임피던스들에 RF 전력 주파수들을 매칭하기 위한 연관된 인스트럭션들을 포함할 수도 있다. 인스트럭션들은 플롯들에 기초할 수도 있고, 공식들, 또는 필요한 RF 전력 주파수를 계산하는 다른 방법들에 따를 수도 있다. 예를 들어, RF 전력 주파수는 임피던스의 위상이 가능한 한 0의 값에 가깝도록 튜닝될 수도 있다. 반도체 프로세싱 동안 임피던스가 변화하기 때문에, RF 전력 주파수는 동작 408에서 그에 따라 조정될 수도 있다. 특정한 구현예들에서, 임피던스는 스테이션 각각에서의 임피던스의 평균으로서 측정될 수도 있다. 다른 구현예들은 개별 스테이션 각각에서 임피던스를 측정하기 위한 능력을 포함할 수도 있다. 이전에 언급된 바와 같이, 동작들 407 및 408은 임피던스에서의 변화 가능성으로 인해 증착 프로세스의

끝까지 연속적으로 수행된다.

- [0072] 동작 409에서, RF 전력 파라미터는 스테이션들 간의 편차들을 결정하기 위해 스테이션 각각에서 측정될 수도 있다. RF 전력 파라미터는 스테이션 내에서 플라즈마가 생성된 후에 측정될 수도 있고 스테이션 각각의 동적인 임피던스들을 반영한다. 이 파라미터는 전압, 전류, 임피던스, 위상, 부하 전력, 스테이션으로 전달된 전력, 또는 전술한 것들의 임의의 조합들일 수도 있다.
- [0073] RF 전력 파라미터 측정치들은 동작 411에서 스테이션 각각에 대한 세트 포인트와 비교될 수도 있다. RF 전력 밸런싱의 특정한 구현예들에서, 세트 포인트들은 증착 프로세스의 매 사이클에 대해 동일할 수도 있다. 다른 구현예들에서, 세트 포인트들은 증착 프로세스의 사이클들 사이에서 가변할 수도 있다. 예를 들어, 세트 포인트들은 스테이션 각각으로 전달된 측정된 전력의 평균일 수도 있다. 또 다른 구현예들에서, 세트 포인트들은 스테이션 각각에서 상이할 수도 있다. 이러한 비교는 RF 조정기들을 위한 로컬 제어기, 중앙 제어기, 또는 전체 톨을 위한 시스템 제어부에서 수행될 수도 있다.
- [0074] 공통 RF 소스를 공유하는, 모든 스테이션들에 전달된 총 RF 전력은 RF 생성기에서의 전력 세트 포인트, 플라즈마 부하의 임피던스 및 RF 네트워크의 임피던스에 의존한다. RF 조정기들은 주로 스테이션 대 스테이션 전력 분포에 영향을 준다. 총 전력에 대한 조정기 효과들은 보통 부차적이다. 특정한 경우들에서, 사용된 RF 조정기의 타입에 따라, 일 스테이션에서의 RF 전력의 감소는 다른 스테이션들에서의 RF 전력을 상승시킬 수도 있다. 이들 경우들에서, 제어기는 스테이션-스테이션 RF 전력 상호작용들을 고려하여 조정을 결정하거나 측정치들이 세트 포인트에 대한 문턱값 마진 내에 있을 때까지 조정을 단순히 반복할 수도 있다.
- [0075] 특정한 경우들에서 절대적인 RF 전력 레벨이 목표된다. 이 경우, RF 전력은 스테이션 각각에서 측정될 수 있고, 이어서 2 가지 조정들이 실행된다. 예를 들어, 첫번째로, 생성기 출력부에서의 총 전력은 스테이션 세트 포인트들의 합과 매칭하도록 변화된다. 두번째로, 스테이션 RF 조정기들은 세트 포인트들에 따라 전력을 분할하도록 튜닝된다. 조정들의 순서는 (총 전력 대 분할) 바뀔 수도 있다. 전력 분할이 세트 포인트에 대한 문턱값 마진 내에 있을 때까지 절차가 반복된다.
- [0076] 동작 413에서, 측정된 RF 전력 파라미터 분배가 세트 포인트(들)와 비교될 수도 있다. 차가 문턱값보다 높으면, 스테이션 각각에서의 조정기 변화는 동작 415에서 결정된다. 필요한 조정기 변화는 스테이션별로 (station by station) 가변할 수도 있다. 특정한 스테이션들이 조정기 변화를 전혀 요구하지 않을 수도 있는 반면, 다른 스테이션들은 조정기 변화를 요구할 수도 있다. 이러한 조정기 변화는 RF 제어기 또는 또 다른 제어기에 의해 결정될 수도 있다. 조정될 파라미터 또는 RF 특징은 측정된 RF 전력 파라미터와 상이할 수도 있는 것을 주의한다. 일 예에서, RF 전력은 측정되고 커패시턴스 또는 임피던스는 조정될 수도 있다.
- [0077] 필요한 조정기 변화는, 동작 417에서 스테이션 RF 특징을 조정하기 위해 적용될 수도 있다. 특정한 구현예들에서, 스테이션 임피던스는 동작 417에서 조정기 변화량만큼 조정될 수도 있다. 임피던스 및 스테이션 RF 전력 파라미터는 동작 407로부터 시작시 다시 측정될 수도 있고, RF 전력 주파수 및 전력 파라미터의 조정 사이클들은 증착 프로세스가 종료될 때까지 계속될 수도 있다.
- [0078] 동작 411에서 측정되고 동작 413에서 비교된 전력 파라미터가 수용가능한 범위 내에 있으면, 반도체 프로세싱은 동작 419에서 계속된다. 그 후 프로세스는 증착 프로세스가 종료될 때까지 동작 407로부터 계속될 수도 있다.
- [0079] 다양한 구현예들에서, 동작들 407 내지 419의 시퀀스는 상이한 순서들로 배열될 수도 있다. 예를 들어, 동작 409 (및 아마도 동작들 409 내지 419) 은 동작 407 전에 수행될 수도 있다. 다른 구현예들에서, 동작들 407 및 408은 동작들 409 내지 419와 동시에 수행될 수도 있다. 또 다른 구현예들에서, 측정 동작들 407 및 409는 튜닝 및 조정 동작들 408 및 411 내지 419 전에 수행될 수도 있다.
- [0080] 전력 밸런싱의 맥락에서, 프로세싱 동안 연속적인 RF 전력 제어는 적어도 2 가지 이유들로 필요할 수도 있다. 한가지 가능성은 의도적인 (intentional) RF 전력 곡선을 따르는 것이다. 세트 포인트들은 프로세싱 시퀀스 동안 시간에 따라 가변할 수도 있다. RF 조정기들은 세트 포인트들이 가변함에 따라 특정한 전력 분배를 유지하도록 사용될 수도 있다. 또 다른 가능성에서, 스테이션 RF 전력은 프로세싱 동안 드리프트 (drift) 하는 경향이 있을 수도 있고, 동적 피드백에 기초하여 조정될 필요가 있다.
- [0081] 특정한 구현예들에서, 반도체 프로세싱 동작은 단일 멀티스테이션 반응기에서의 복수의 상이한 증착 프로세스들을 포함할 수도 있다. 복수의 상이한 증착 프로세스들은 상이한 재료들, 특히 아래에 놓인 기판과 접촉하는 배리어층 또는 핵생성층, 핵생성층의 상단 상의 벌크층, 벌크층의 상단 상의 캡핑층, 등과 같은 재료의 특정한 층들을 증착할 수도 있다. 이들 개별 층들은 비교적 유사한 (또는 상이한) 조성들을 가질 수도 있다. 일부 경우

들에서, 상이한 증착 프로세스들은 상이한 프로세스 가스들을 사용할 수도 있다. 반도체 프로세싱 동작이 상이한 증착 프로세스들을 가질 때, 상이한 증착 프로세스들에 대해 상이한 레시피들이 통상적으로 사용된다. 이러한 경우들에서, 개별 스테이션들에 대한 상이한 RF 전력 파라미터 세트 포인트들이 상이한 레시피들을 위해 사용될 수도 있다. 특정한 구현예들에서, 세트 포인트들에서의 차는 상이한 레시피들에 대한 최초 조정기 설정간의 편차들을 발생시킬 것이다. 이러한 최초 조정기 설정들은 증착 프로세스들을 위한 레시피에 포함되거나 증착 프로세스들을 위한 레시피들의 일부일 수도 있다. 상이한 증착 프로세스들의 상이한 레시피들은 상이한 프로세스들의 최초 조정기 설정들의 편차들을 반영할 수도 있다. 이러한 경우들에서, 별개의 프로세스들에 대한 최초 조정기 설정들은 이전 시뮬레이션 또는 테스트 결과들을 통해 결정될 수도 있다. 특정한 구현예들에서, 먼저 생성되고 스테이션들에 분배된 RF 전력 주파수는 개별 레시피들에 대해 상이한 스테이션 당 전력 설정일 수도 있다. 이러한 구현예들에서, RF 조정기들은 본 명세서에 기술된 기법들에 따른 증착 프로세스 동안 더 튜닝될 수도 있다. 특정한 실시예들에서, 최초의 조정기 위치는 증착 프로세스가 복수의 사이클들에 걸쳐 수행될 때 최소의 RF 조정기 튜닝량을 발생시키도록 계산된 조정기 위치일 수도 있다.

[0082] 도 4b는 RF 주파수 튜닝을 활용하는 멀티스테이션 증착 프로세스의 프로세스 흐름도이다. 도 4b는 도 4a와 유사하지만, 도 4a는 증착 프로세스 동안 RF 주파수 튜닝 및 RF 전력 파라미터 조정 양자를 활용하는 프로세스를 기술하는 반면, 도 4b는 증착 프로세스 동안 RF 주파수 튜닝만을 활용하는 프로세스를 기술한다.

[0083] 도 4b의 프로세스 흐름도는 RF 주파수 튜닝을 활용하는 증착 프로세스를 위해 활용된 프로세스일 수도 있다. 특정한 구현예들은 복수의 상이한 증착 프로세스들을 포함하는 반도체 프로세싱 동작의 개별 증착 프로세스를 위해 도 4b에서 예시된 프로세스를 사용할 수도 있다. 복수의 상이한 증착 프로세스들은 본 명세서에 기술된 바와 같이 상이한 재료들을 증착할 수도 있다. 다른 실시예들에서, 단일 증착 프로세스만이 사용된다. 어떤 방식이든, 스테이션 대 스테이션 RF 전력 조정은 고정되고 증착 프로세스 전에 설정될 수도 있다. 통상적으로, 프로세스는 증착 동안 적절한 RF 전력 조정을 결정하기 위해 RF 전력 파라미터의 피드백을 채용하지 않는다.

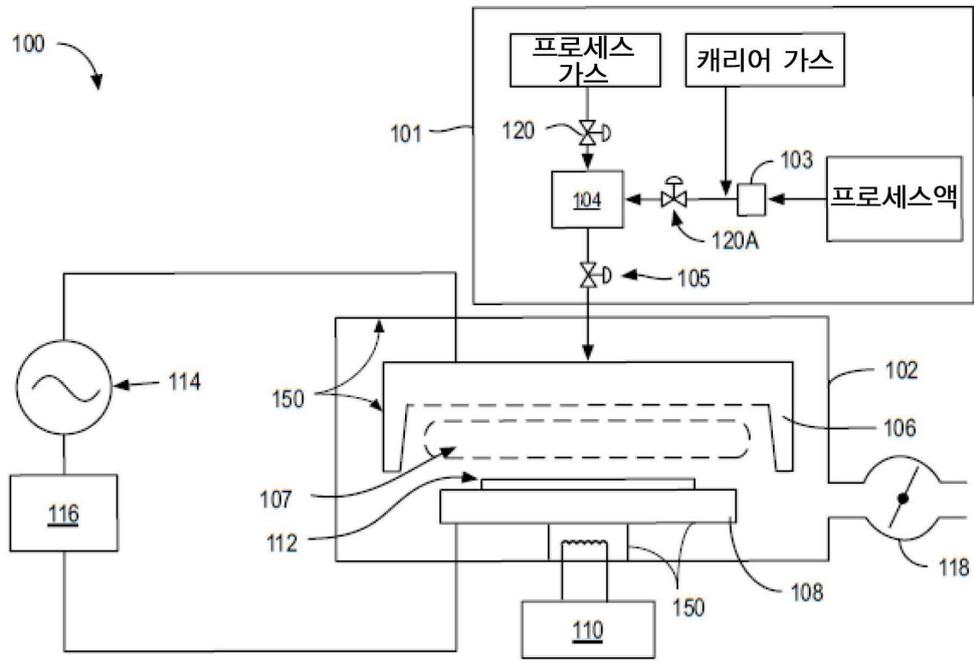
[0084] 도 4b의 프로세스 흐름도 (420) 에서, 동작들 421 및 423은 도 4a의 동작들 401 및 403과 각각 유사하다. 도 4b의 동작 425에서, 복수의 스테이션들에 대한 RF 조정들이 결정된다. 복수의 스테이션들에 대한 RF 조정들은 RF 전력의 생성 및 기관들의 프로세싱 전에 결정된다. RF 조정들은 이력 데이터, 계산, 또는 시행착오를 통해 결정될 수도 있다.

[0085] RF 조정이 동작 425에서 수행된 후, 프로세스는 동작 427로 진행할 수도 있다. 동작들 427, 429, 및 431은 도 4의 동작들 405, 407, 및 408과 각각 유사하다. 동작 433에서, 현재 사이클이 스테이션 각각에 대해 프로세싱되고, 그 후 프로세스가 목표된 수의 사이클들에 대해 반복된다. 목표된 수의 사이클들 각각 동안, 동작들 427, 429 및 431이 반복되어, RF 전력 주파수는 측정된 임피던스 요건들에 따라 연속적으로 튜닝된다. RF 전력 주파수는 본 명세서의 개시 어딘가에 기술된 기법들에 따라 튜닝될 수도 있다.

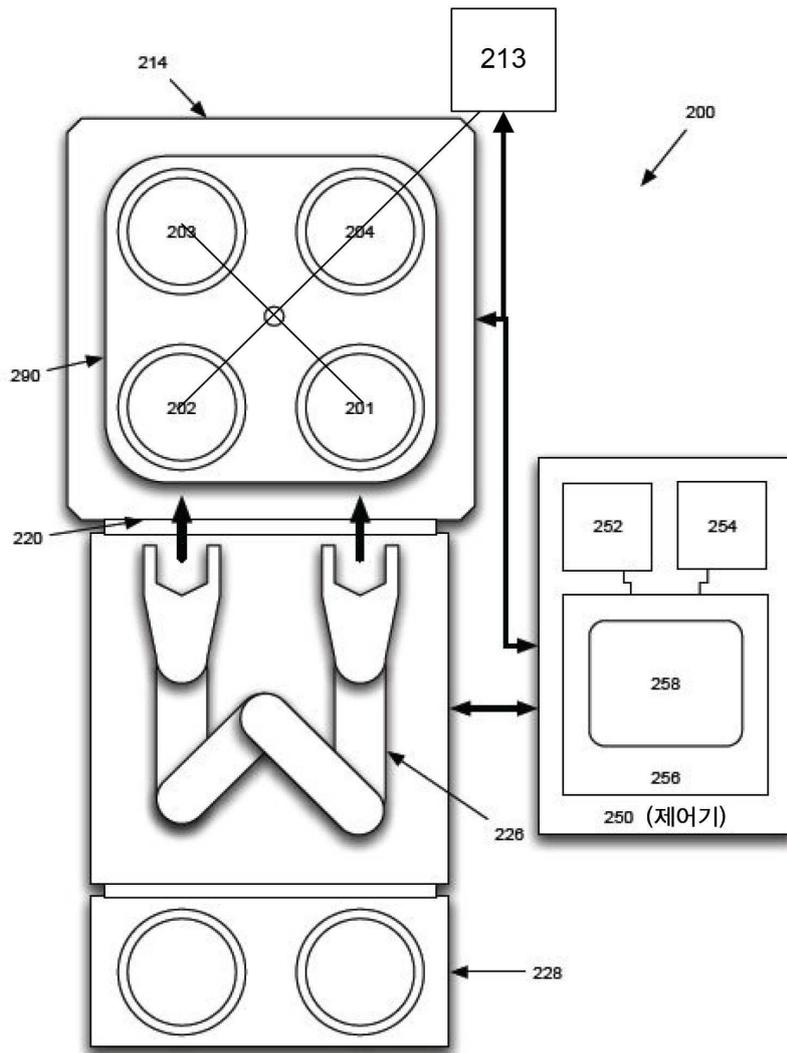
[0086] 멀티스테이션 반도체 프로세싱 장치들에 대한 전력 밸런싱을 위한 다양한 다른 구성들 및 장치들은, 전체가 본 명세서에 참조로서 인용된, 2012년 10월 9일 허여된, 미국 특허 제 8,282,983 호에 기술되었다.

도면

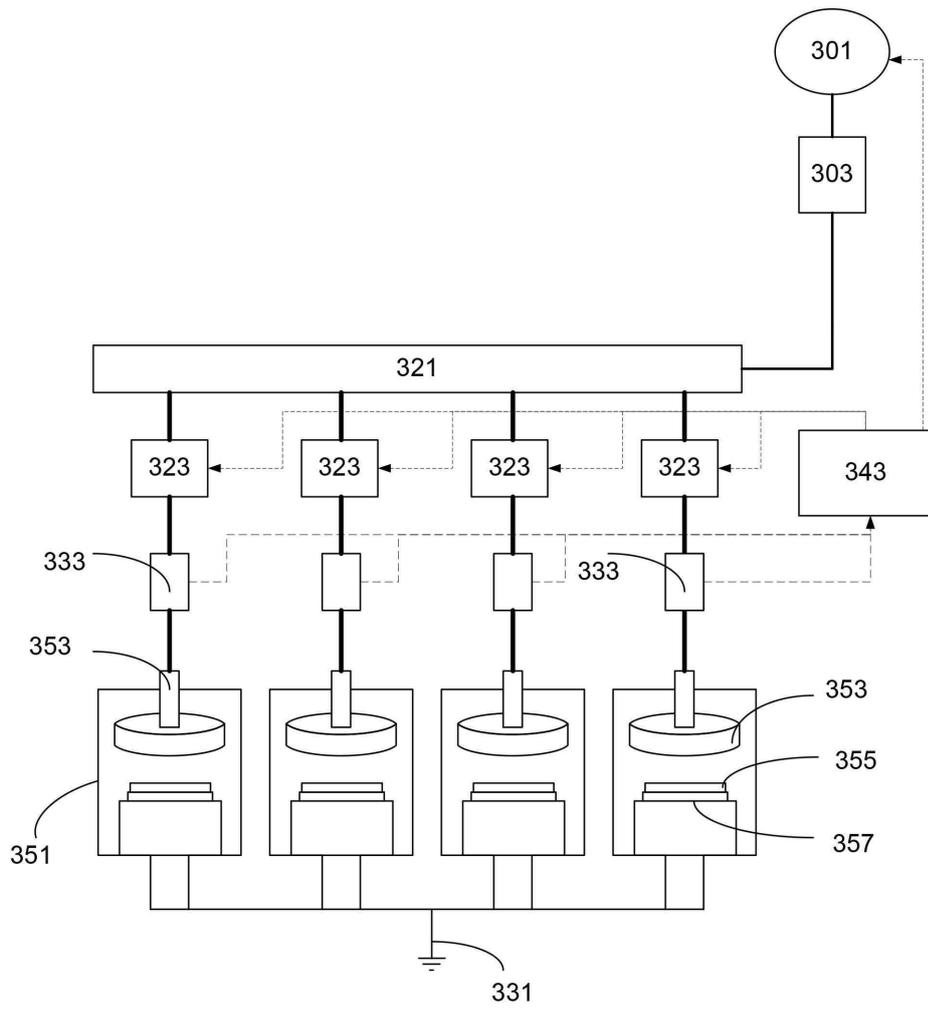
도면1



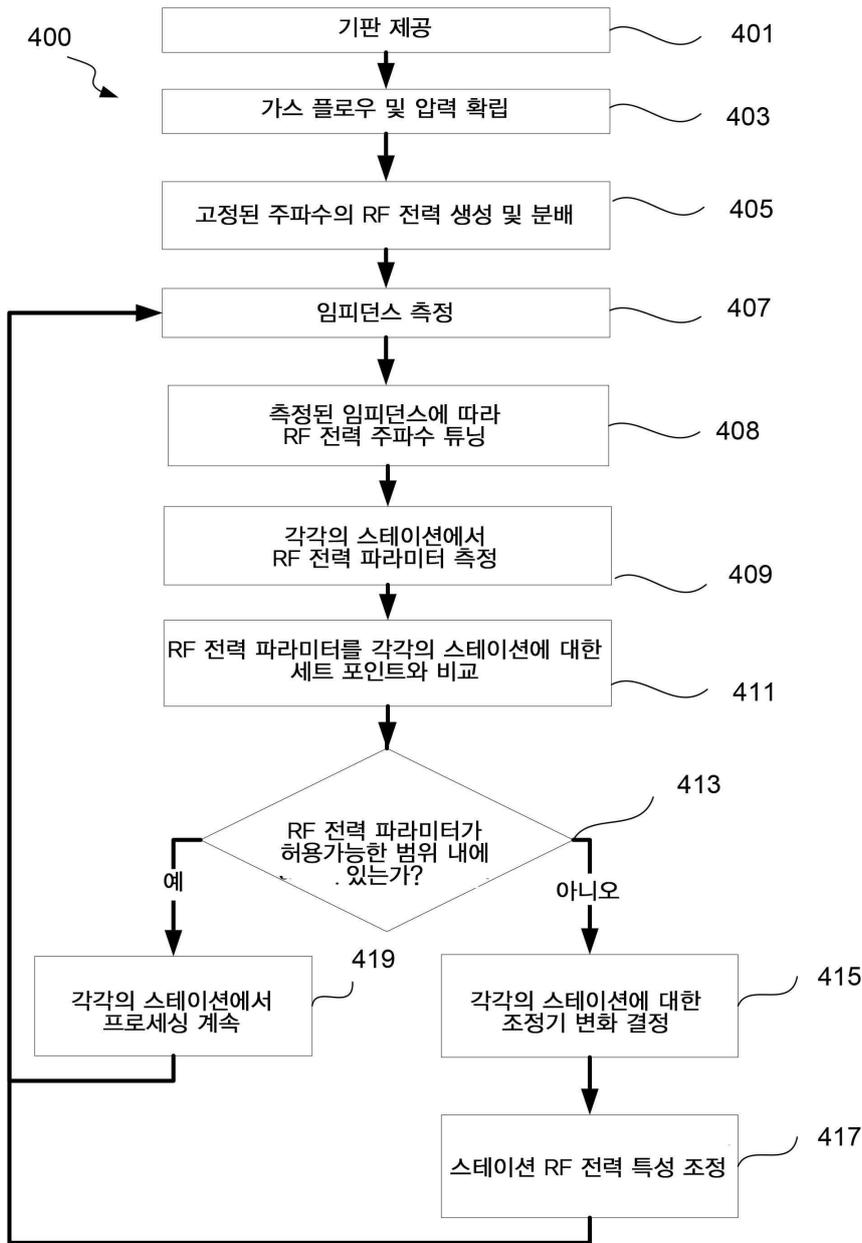
도면2



도면3



도면4a



도면4b

