(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년02월27일
(11) 등록번호 10-2773473
(24) 등록일자 2025년02월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01J 37/32 (2006.01) *B23Q 3/15* (2006.01)
H01L 21/67 (2006.01) *H01L 21/683* (2006.01)
H02N 13/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01J 37/32642 (2013.01)
B23Q 3/15 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0036800
(22) 출원일자 2020년03월26일
심사청구일자 2023년01월25일
(65) 공개번호 10-2021-0120291
(43) 공개일자 2021년10월07일
(56) 선행기술조사문헌
CN105990085 A*
(뒷면에 계속)
전체 청구항 수 : 총 14 항

(73) 특허권자
삼성전자주식회사
경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)
(72) 발명자
송인철
경기도 화성시 병점2로 78, 404동 402호
토모야스 마사유키
경기도 성남시 분당구 정자일로 121, 103동 2802호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
박영우

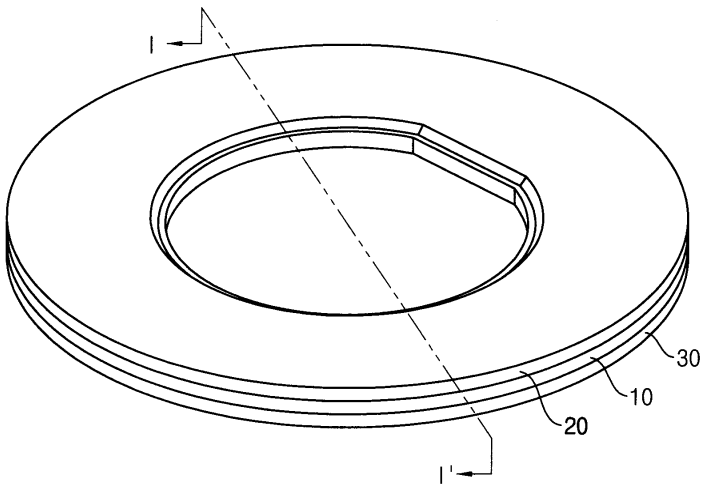
심사관 : 이병수

(54) 발명의 명칭 **포커스 링 및 이를 구비하는 기판 고정용 척 어셈블리와 플라즈마 처리장치**

(57) 요 약

포커스 링 및 이를 구비하는 척 어셈블리와 플라즈마 처리장치를 개시한다. 포커스 링은 척 어셈블리의 주변부 상면에 배치되어 처리대상 기판을 둘러싸도록 위치하고, 제1 비저항 및 제1 두께를 갖는 제1 도전막, 제1 도전막 상에 제1 두께보다 큰 제2 두께를 갖도록 적층되고 제1 비저항보다 높은 제2 비저항을 갖는 제2 도전막 및 제1 도전막의 하면 및 제2 도전막의 상면 중의 어느 하나에 배치되는 유전막을 포함한다. 기판 상부와 포커스 링 상부의 에너지 차이를 최소화하여 플라즈마 밀도의 균일성을 높일 수 있다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
H01J 37/32715 (2013.01)
H01L 21/67069 (2013.01)
H01L 21/6833 (2013.01)
H02N 13/00 (2013.01)
(72) 발명자
윤홍민
경기도 화성시 동탄광역환승로 73
임지현
서울특별시 강동구 천호대로170길 63, 401호

(56) 선행기술조사문헌
KR1020040093043 A*
US20210104383 A1
US20210296098 A1
JP2014053481 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명 세 서

청구범위

청구항 1

삭제

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

상면에 기판을 고정하고 유전물질로 구성되는 척 유전판;

상기 척 유전판을 지지하고 도전성 물질로 구성되어 적어도 하나의 고주파 전원이 인가되는 도전성 몸체;

상기 기판을 둘러싸도록 상기 도전성 몸체의 주변부 상면에 배치되어 상기 기판을 둘러싸고, 서로 다른 저항을 갖는 다수의 도전막을 구비하는 도전성 복합막 및 상기 도전성 복합막의 상면 및 하면의 어느 하나에 위치하는 링 유전막을 구비하는 포커스 링; 및

상기 도전성 몸체를 지지하는 절연판을 포함하고,

상기 링 유전막은 하기 식 (1)에 의해 결정되는 두께를 갖는 기판 고정용 척 어셈블리.

$$t_3 = \frac{\varepsilon_3}{\varepsilon_c}\left(\left(\frac{r_3}{r_c}\right)^2 - 1\right)t_c \quad \text{--------(1)}$$

(여기서, t_3는 상기 링 유전막의 두께, t_c는 상기 척 유전판의 두께, ε_3는 상기 링 유전막의 유전율, ε_c는 상기 척 유전판의 유전율, r_3는 상기 도전성 몸체의 중심으로부터 상기 링 유전막의 반경, 그리고 r_c는 상기 도전성 몸체의 중심으로부터 상기 척 유전판의 반경을 각각 나타낸다)

청구항 6

삭제

청구항 7

제5항에 있어서, 상기 링 유전막은 알루미나(alumina), 석영(quartz) 및 이트륨 산화물(Y203) 및 이들의 복합물 중의 어느 하나를 포함하는 기판 고정용 척 어셈블리.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 척 유전판은 상기 링 유전막과 동일한 물질로 구성되는 기판 고정용 척 어셈블리.

청구항 9

제7항에 있어서, 상기 도전성 복합막은 제1 비저항 및 제1 두께를 갖는 제1 도전막 및 상기 제1 도전막 상에 상

기 제1 두께보다 큰 제2 두께를 갖도록 적층되고 상기 제1 비저항보다 높은 제2 비저항을 갖는 제2 도전막을 포함하는 기판 고정용 척 어셈블리.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 제1 도전막은 하기 식 (2)에 의해 결정되어 상기 기판보다 크거나 같은 두께를 갖는 기판 고정용 척 어셈블리.

$$t_1 = t_w\sqrt{\frac{\rho_1}{\rho_w}}(\text{단}, \rho_1 \geq \rho_w) \text{-----(2)}$$

(여기서, t_1은 상기 제1 도전막의 두께, t_w는 상기 기판의 두께, ρ_1은 제1 도전막의 비저항, ρ_w는 상기 기판의 비저항을 각각 나타낸다.)

청구항 11

제9항에 있어서, 상기 고주파 전원은 상기 기판 및 상기 포커스 링을 각각 투과하여 플라즈마를 생성하고 하기의 식(3) 및 식(4)에 의해 수득되는 제1 전송신호 및 제2 전송신호를 포함하고, 상기 제1 도전막은 컴퓨터 시뮬레이션에 의해 비저항 및 두께에 따라 상기 제1 전송신호와 상기 제2 전송신호의 차이인 전송신호 차이를 최소화하는 극소 비저항 및 극소 두께를 상기 제1 비저항 및 상기 제1 두께로 각각 갖는 기판 고정용 척 어셈블리,

이때,

$$S_{1x}(z,t) = S_0 e^{-\alpha_1 z}\cos(\omega t - \beta_1 z) \text{ ----- (3)}$$

$$S_{2x}(z,t) = S_0 e^{-\alpha_2 z}\cos(\omega t - \beta_2 z) \text{ ---- (4)}$$

(단, z는 상기 기판 및 상기 포커스 링을 관통하는 높이방향을 따른 변수, x는 상기 기판 및 상기 포커스 링의 상면에서의 반경방향을 따른 변수, t는 상기 고주파 전원이 인가된 시점 이후의 임의의 시간, ω는 상기 고주파 전원의 각속도, α_1 및 α_2는 각각 상기 척 유전판 및 상기 기판을 관통하여 상기 고주파 전원을 전송하는 제1 전송선로 및 상기 포커스 링을 관통하여 상기 고주파 전원을 전송하는 제2 전송선로의 감쇄계수, β_1 및 β_2는 각각 상기 제1 및 제2 전송선로의 위상계수이다.)

청구항 12

제11항에서, 상기 컴퓨터 시뮬레이션은 상기 제1 도전막의 두께 별로 수득한 상기 전송신호 차이와 상기 제1 도전막의 비저항 사이의 그래프로 주어지고, 상기 극소 비저항 및 상기 극소 두께는 상기 그래프에서 극소점을 특정하는 기판 고정용 척 어셈블리.

청구항 13

제9항에 있어서, 상기 제2 도전막은 하기 식 (5)에 의해 결정되는 두께를 갖는 기판 고정용 척 어셈블리.

$t_2=T-(t_1+t_3)$ ----- (5)

(단, t_1은 상기 제1 도전막의 두께이고 T는 상기 포커스 링의 두께이다.)

청구항 14

제5항에 있어서, 상기 척 유전판은 내부에 정전기력에 의해 상기 기판을 고정하는 고정전극을 포함하는 기판 고정용 척 어셈블리.

청구항 15

제5항에 있어서, 상기 도전성 몸체는 알루미늄으로 구성되는 기판 고정용 척 어셈블리.

청구항 16

처리공간을 구비하는 공정챔버;

상기 공정챔버의 상부에 배치되어 소스가스를 공급하는 소스 공급 어셈블리;

상기 공정챔버의 하부에 배치되어 처리대상 기판을 고정하는 척 어셈블리; 및

고주파 전원을 상기 척 어셈블리로 인가하여 상기 소스가스를 플라즈마로 생성하고 가속하는 파워 공급부를 포함하고,

상기 척 어셈블리는,

상면에 상기 기판을 고정하고 유전물질로 구성되는 척 유전판;

상기 척 유전판을 지지하고 도전성 물질로 구성되어 적어도 하나의 상기 고주파 전원이 인가되는 도전성 몸체; 그리고

상기 기판을 둘러싸도록 상기 도전성 몸체의 주변부 상면에 배치되고 서로 다른 저항을 갖는 다수의 도전막으로 구성되는 도전성 복합막 및 상기 도전성 복합막의 상면 및 하면의 어느 하나에 위치하는 링 유전막을 구비하는 포커스 링을 포함하고,

상기 링 유전막은 하기 식 (6)에 의해 결정되는 두께를 갖는 플라즈마 처리장치.

$$t_3 = \frac{\varepsilon_3}{\varepsilon_c}\left(\left(\frac{r_3}{r_c}\right)^2 - 1\right)t_c \quad \text{----- (6)}$$

(여기서, t_3는 상기 링 유전막의 두께, t_c는 상기 척 유전판의 두께, ε_3는 상기 링 유전막의 유전율, ε_c는 상기 척 유전판의 유전율, r_3는 상기 도전성 몸체의 중심으로부터 측정된 상기 링 유전막의 반경, 그리고 r_c 상기 도전성 몸체의 중심으로부터 측정된 상기 척 유전판의 반경을 각각 나타낸다.)

청구항 17

삭제

청구항 18

제16항에 있어서, 상기 도전성 복합막은 제1 비저항 및 제1 두께를 갖는 제1 도전막 및 상기 제1 도전막 상에 상기 제1 두께보다 큰 제2 두께를 갖도록 적층되고 상기 제1 비저항보다 높은 제2 비저항을 갖는 제2 도전막을 포함하는 플라즈마 처리장치.

청구항 19

제18항에 있어서, 상기 제1 도전막은 하기 식 (7)에 의해 결정되어 상기 기판보다 크거나 같은 두께를 갖는 플라즈마 처리장치.

$$t_1 = t_w\sqrt{\frac{\rho_1}{\rho_w}} \text{ (단, } \rho_1 \geq \rho_w\text{)} \quad \text{---- (7)}$$

(여기서, t_1은 상기 제1 도전막의 두께, t_w는 상기 기판의 두께, ρ_1은 제1 도전막의 비저항, ρ_w는 상기 기판의 비저항을 각각 나타낸다.)

청구항 20

제18항에 있어서, 상기 고주파 전원은 상기 기판 및 상기 포커스 링을 각각 투과하여 상기 처리공간에서 플라즈마를 생성하고, 하기의 식(8) 및 식 (9)에 의해 수득되는 제1 전송신호 및 제2 전송신호를 포함하고, 상기 제1 도전막은 컴퓨터 시뮬레이션에 의해 비저항 및 두께에 따라 상기 제1 전송신호와 상기 제2 전송신호의 차이인 전송신호 차이를 최소화하는 극소 비저항 및 극소 두께를 상기 제1 비저항 및 상기 제1 두께로 각각 갖는 플라즈마 처리장치,

이때,

$$S_{1x}(z,t) = S_0 e^{-\alpha_1 z}\cos(\omega t - \beta_1 z) \quad \text{----- (8)}$$

$$S_{2x}(z,t) = S_0 e^{-\alpha_2 z}\cos(\omega t - \beta_2 z) \quad \text{----- (9)}$$

(단, z는 상기 기판 및 상기 포커스 링을 관통하는 높이방향을 따른 변수, x는 상기 기판 및 상기 포커스 링의 상면에서의 반경방향을 따른 변수, t는 상기 고주파 전원이 인가된 시점 이후의 임의의 시간, ω는 상기 고주파 전원의 각속도, α_1 및 α_2는 각각 상기 척 유전판 및 상기 기판을 관통하여 상기 고주파 전원을 전송하는 제1 전송선로 및 상기 포커스 링을 관통하여 상기 고주파 전원을 전송하는 제2 전송선로의 감쇄계수, β_1 및 β_2는 각각 상기 제1 및 제2 전송선로의 위상계수이다.)

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 포커스 링과 이를 구비하는 기판 고정용 척 어셈블리 및 플라즈마 처리장치에 관한 것으로서, 보다 상세하게는, 플라즈마 생성용 고주파 전원이 척 어셈블리에 인가되는 플라즈마 식각용 포커스 링과 이를 구비하는 척 어셈블리 및 플라즈마 식각장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 플라즈마 식각공정에서 균일한 식각을 위해 충분한 균일한 플라즈마 밀도가 요구된다. 이에 따라, 척 어셈블리에 고정되어 식각대상 기판의 주변부를 둘러싸도록 배치되어 플라즈마를 기판의 상부로 집중시키는 포커스 링(focus ring)이 널리 이용되고 있다.

[0003] 그러나, 기판이 위치하는 척의 중앙부인 기판 영역과 포커스 링이 위치하는 척의 주변부인 링 영역에서 고주파 전원의 전송선로로 기능하는 유전막과 도전막의 적층체는 서로 다른 물성과 형상으로 구성되는 것이 일반적이므로, 플라즈마 형성용 고주파 전원이 척 어셈블리로 인가되는 경우 각 영역에서의 신호의 시간지연과 감쇄량이 상이한 것이 일반적이다. 플라즈마 식각공정 중이 마모량을 고려하여 포커스 링의 두께가 기판보다 크게 제작되므로, 포커스 링의 총 감쇄량이 기판의 그것보다 크게 형성되어 고주파 전원에 의해 플라즈마 공간에 형성되는 전기장 세기는 기판 영역보다 링 영역에서 작게 형성된다. 이에 따라, 플라즈마 공간에 형성되는 플라즈마의 세기가 링 영역에서 감소하여 기판의 주변부에 식각불량이 빈번하게 발생하고 있다.

[0004] 따라서, 플라즈마 형성용 고주파 전원이 척 어셈블리로 인가되는 경우, 링 영역과 기판 영역에서 전기장 세기의 차이를 최소화 할 수 있는 새로운 포커스 링에 대한 필요성이 증가하고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명의 실시예들은 상술한 바와 같은 문제점을 개선하기 위해 제안된 것으로서, 본 발명의 목적은 저저항막 및 고저항막이 적층된 복합 도전막 및 유전막을 구비하는 포커스 링을 제공하는 것이다.

[0006] 본 발명의 다른 목적은 상기한 바와 같은 포커스 링을 구비하여 링 영역과 기판 영역에서의 총 감쇄량의 차이를 최소화하여 링 영역과 기판 영역 사이의 전기장 세기를 최소화 할 수 있는 플라즈마 식각용 척 어셈블리를 제공하는 것이다.

[0007] 본 발명의 또 다른 목적은 상기한 바와 같은 척 어셈블리를 구비하는 플라즈마 처리장치를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일실시예에 따른 포커스 링은 제1 비저항 및 제1 두께를 갖는 제1 도전막, 상기 제1 도전막 상에 상기 제1 두께보다 큰 제2 두께를 갖도록 적층되고 상기 제1 비저항보다 높은 제2 비저항을 갖는 제2 도전막, 및 상기 제1 도전막의 하면 및 상기 제2 도전막의 상면 중의 어느 하나에 배치되는 유전막을 포함하고 처리대상 기판을 둘러싸는 링 형상을 갖는다.

[0009] 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 다른 실시예에 의한 척 어셈블리는 상면에 기판을 고정하고 유전물질로 구성되는 척 유전판, 상기 척 유전판을 지지하고 도전성 물질로 구성되어 적어도 하나의 고주파 전원이 인가되는 도전성 몸체, 상기 기판을 둘러싸도록 상기 도전성 몸체의 주변부 상면에 배치되어 상기 기판을 둘러싸고, 서로 다른 저항을 갖는 다수의 도전막을 구비하는 도전성 복합막 및 상기 도전성 복합막의 상면 및 하면의 어느 하나에 위치하는 링 유전막을 구비하는 포커스 링, 및 상기 도전성 몸체를 지지하는 절연판을 포함한다.

[0010] 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 또 다른 실시예에 의한 플라즈마 처리장치는 처리공간을 구비하는 공정챔버, 상기 공정챔버의 상부에 배치되어 소스가스를 공급하는 소스 공급 어셈블리, 상기 공정챔버의 하부에 배치되어 처리대상 기판을 고정하는 척 어셈블리, 및 고주파 전원을 상기 척 어셈블리로 인가하여 상기 소스가스를 플라즈마로 생성하고 가속하는 파워 공급부를 포함한다.

[0011] 이때, 상기 척 어셈블리는 상면에 상기 기판을 고정하고 유전물질로 구성되는 척 유전판, 상기 척 유전판을 지지하고 도전성 물질로 구성되어 적어도 하나의 상기 고주파 전원이 인가되는 도전성 몸체, 및 상기 기판을 둘러싸도록 상기 도전성 몸체의 주변부 상면에 배치되고 서로 다른 저항을 갖는 다수의 도전막으로 구성되는 복합 도전막 및 상기 복합 도전막의 상면 및 하면의 어느 하나에 위치하는 링 유전막을 구비하는 포커스 링을 포함한다.

발명의 효과

[0012] 본 발명에 의한 포커스 링 및 이를 구비하는 기판 고정용 척 어셈블리 및 플라즈마 식각장치에 의하면, 유전막과 작은 비저항과 두께를 갖는 제1 도저막 및 큰 비저항과 두께를 갖는 제2 도전막이 적층된 복합 도전막으로 구성된 포커스 링을 제공한다.

[0013] 유전막은 기판 하부에 위치하는 유전판과 동일한 커패시터를 갖도록 두께와 유전율이 설정되고 제1 도전막은 기판을 투과하는 고주파 전원의 감쇄량에 근접한 감쇄량을 갖도록 설정된 두께와 비저항을 갖는다. 제1 도전막의 상부에는 제1 도전막을 투과한 고주파 전원이 추가적인 감쇄없이 투과할 수 있도록 큰 비저항을 갖는 제2 저항막을 배치한다.

[0014] 이에 따라, 척 어셈블리에서 기판의 상부와 포커스 링의 상부에서 플라즈마 생성용 에너지의 차이를 최소화하여 플라즈마 균일성을 높이고 기판의 주변부에 대한 플라즈마 처리에 대한 공정불량을 방지할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0015] 도 1은 본 발명의 일실시예에 의한 포커스 링을 나타내는 사시도이다.

도 2는 도 1에 도시된 포커스 링과 처리대상 기판과의 배치관계를 나타내는 단면도이다.

도 3은 도 2에 도시된 포커스 링의 변형 실시예를 나타내는 도면이다.

도 4는 도 1 및 도 2에 도시된 포커스 링을 구비하고 처리대상 기판을 고정하는 척 어셈블리를 나타내는 구성도이다.

도 5는 도 4에 도시된 척 유전판과 링 유전막을 배치관계를 나타내는 평면도이다.

도 6a는 제1 전송신호가 투과하는 기판의 전송선로를 나타내는 모식도이다.

도 6b는 제2 전송신호가 투과하는 포커스 링의 전송선로를 나타내는 모식도이다.

도 7은 고주파 전원이 인가된 후 기판을 투과한 제1 전송신호와 포커스 링을 투과한 제2 전송신호의 세기차이를 제1 도전막의 비저항과 두께별로 나타낸 그래프이다.

도 8은 본 발명의 일실시예에 따라 도 4에 도시한 척 어셈블리를 구비하는 플라즈마 처리장치를 나타내는 구성도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 이하, 첨부한 도면들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예들을 상세히 설명한다.

[0017] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 본문에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용하였다.

[0018] 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다.

[0019] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0020] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0021] 도 1은 본 발명의 일실시예에 의한 포커스 링을 나타내는 사시도이며, 도 2는 도 1에 도시된 포커스 링과 처리대상 기판과의 배치관계를 나타내는 단면도이다. 도 2는 도 1에 도시된 포커스 링을 I-I' 방향을 따라 절단한 단면도이다.

[0022] 도 1 및 도 2를 참조하면, 본 발명의 일실시예에 의한 포커스 링(90)은 제1 비저항(ρ_1) 및 제1 두께(t1)를 갖는 제1 도전막(10), 상기 제1 도전막(10) 상에 상기 제1 두께(t1)보다 큰 제2 두께(t2)를 갖도록 적층되고 상기 제1 비저항(ρ_1)보다 높은 제2 비저항(ρ_2)을 갖는 제2 도전막(20) 및 상기 제1 도전막(10)의 하면 및 상기 제2 도전막(20)의 상면 중의 어느 하나에 배치되는 유전막(30)을 포함한다. 이때, 상기 포커스 링(90)은 처리대상 기판(W)을 둘러싸는 링 형상으로 제공된다.

[0023] 본 실시예의 경우, 상기 유전막(30)은 제1 도전막(10)의 하부에 배치되어 유전막(30), 제1 유전막(10) 및 제2 유전막(20)이 차례대로 적층된 포커스 링(90)을 제공하며, 플루오린화 염소(chlorine fluoride, CxFy)를 소스가스로 이용하는 플라즈마 식각공정에 적절한 포커스 링으로 제공될 수 있다.

[0024] 본 실시예의 경우, 상기 포커스 링(90)의 하부에서 고주파 전원이 인가되어 상기 포커스 링(90) 및 상기 처리대상 기판(W)을 투과하여 기판(W) 및 포커스 링(90)의 상부에서 플라즈마를 형성하게 된다. 따라서, 포커스 링(90)을 통하여 전송된 고주파 전원은 기판(W)의 주변부(E)와 포커스 링(90)의 상부에 플라즈마를 형성하고 기판(W)을 통하여 전송된 고주파 전원은 기판의 주변부(E)를 제외한 나머지 기판(W)의 상부에 플라즈마를 형성한다. 편의상, 기판의 주변부(E)를 제외한 나머지 영역을 중앙부(C)라 칭한다.

[0025] 상기 제1 도전막(10)은 상기 기판(W)을 투과하는 고주파 저항의 감쇄량(attenuation intensity)과 실질적으로 동일한 감쇄량을 갖도록 제1 두께(t1) 및 제1 비저항(ρ_1)을 갖는다. 또한, 상기 제2 도전막(20)은 제1 도전막(10)을 투과한 고주파 전원이 실질적으로 감쇄없이 투과할 수 있을 정도의 제2 두께(t2) 및 제2 비저항(ρ_2)을

갖는다.

[0026] 예를 들면, 제2 비저항(ρ_2)은 제1 비저항(ρ_1)의 약 10배 내지 100배의 범위를 갖도록 설정될 수 있으며, 제1 비저항(ρ_1)은 기판(W)을 투과하는 고주파 전원의 총 감쇄량과 실질적으로 동일한 감쇄량을 갖는 비저항으로 설정될 수 있다. 예시적으로, 상기 제1 비저항(ρ_1)은 약 10Ωcm 내지 약 100Ωcm 미만의 범위를 갖도록 설정할 수 있다.

[0027] 제2 도전막(20)은 제1 도전막(10)의 상면에 적층되어 상기 고주파 전원은 제1 도전막(10) 및 제2 도전막(20)을 차례대로 투과하여 포커스 링(90)의 상부영역으로 전송된다.

[0028] 이때, 상기 제2 도전막(20)은 제1 도전막(10)보다 충분히 큰 비저항을 갖는 도전성 물질로 구성되어 제1 도전막(10)을 투과한 고주파 전원을 실질적으로 감쇄없이 투과시킬 수 있다. 이에 따라, 기판(W)을 투과한 고주파 전원의 세기와 포커스 링(90)을 투과한 고주파 전원의 세기의 차이를 최소화 할 수 있다.

[0029] 특히, 제2 도전막(20)은 포커스 링(90)을 이용한 플라즈마 식각공정이 진행되는 동안 플라즈마에 직접 노출된다. 이에 따라, 플라즈마에 의한 내식성이 우수한 도전성 물질로 구성된다.

[0030] 따라서, 제1 도전막(10)은 플라즈마 공정이 진행되는 동안에도 제2 도전막(20)에 커버되어 플라즈마에 직접적으로 노출되지 않는다. 이에 따라, 반복되는 플라즈마 식각공정에 의해서도 두께손실이 발생하지 않는다. 제2 도전막(20)은 실질적으로 감쇄없이 고주파 전원을 투과할 수 있으므로 상기 포커스 링(90)을 투과하는 고주파 전원의 감쇄량을 일정하게 유지할 수 있다. 이에 따라, 상기 제1 도전막(20) 및 제2 도전막(30)은 포커스 링의 감쇄량을 조절하는 도전성 복합막(50)으로 기능하게 된다.

[0031] 본 실시예의 경우, 상기 제1 도전막(10)은 약 10Ωcm의 비저항을 갖는 도핑 실리콘(Si)으로 구성되고 제2 도전막(20)은 약 1,000 내지 10,000Ωcm의 비저항을 갖는 도핑 실리콘 카바이드(SiC)로 구성될 수 있다.

[0032] 그러나, 제1 및 제2 도전막(10.20)이 실리콘과 실리콘 카바이드외의 다른 도전성 물질로 구성될 수 있음은 자명하다. 플라즈마 식각환경에 적절한 고온 내마모성과 내식성이 우수하고 열 충격에 의해 파티클이 발생하지 않아 식각공정 불량을 방지할 수 있다면 다양한 도전성 물질로 상기 제2 도전막(20)을 구성할 수 있음은 자명하다.

[0033] 제1 도전막(10)의 두께는 제1 비저항(ρ_1)과 결합되어 기판(W)을 투과하는 고주파 전원의 감쇄량과 동일한 감쇄량을 갖도록 설정된다. 특히, 제1 도전막(10)이 기판(W)과 동일한 물질로 구성되는 경우 상기 기판(W)과 동일한 두께로 제공될 수 있다.

[0034] 제2 도전막(20)의 두께는 포커스 링(90)의 총 두께(T)에서 상기 제1 도전막(10) 및 후술하는 유전막(30)의 두께를 제외한 나머지 두께로 결정된다.

[0035] 본 실시예의 경우, 상기 포커스 링(90)은 약 3mm 내지 6mm의 두께를 갖는다. 포커스 링(90)의 두께는 플라즈마 공정의 특성과 장비특성에 따라 고유하게 설정된다. 이에 따라, 상기 제1 도전막(10) 및 유전막(30)의 두께가 특정되면 제2 도전막(20)의 두께도 결정될 수 있다.

[0036] 상기 유전막(30)은 고주파 전원이 포커스 링(90)을 투과하는 경우 기판(W)을 투과하는 고주파 전원과 위상차를 최소화하도록 제공된다.

[0037] 후술하는 바와 같이 포커스 링(90)의 하부에서 인가되는 고주파 전원은 기판(W)과 기판(W) 하부의 유전체를 투과하므로 고주파 전원이 인가된 RC회로로 모델링 할 수 있다. 이에 따라, 상기 기판(W)을 투과하는 고주파 전원은 기판(W)의 저항(R)과 유전체의 커패시턴스(C)에 의해 시간지연이 발생하여 기판(W) 및 포커스 링(90)의 상면으로 전송되는 전송신호는 인가된 고주파 전원과는 시간지연에 의한 위상차를 갖게 된다.

[0038] 이때, 상기 전송신호의 위상차는 저항 성분과 커패시턴스 성분에 의해 복합적으로 결정되지만, 위상차는 저항성분보다 커패시턴스 성분에 훨씬 더 큰 영향을 받으므로 기판 영역과 링 영역의 커패시턴스를 일치시켜 커패시턴스 성분에 의한 위상차를 동일하게 설정할 수 있다.

[0039] 이에 따라, 상기 포커스 링(90) 상부의 전송신호가 기판(W) 상부의 전송신호와 완전히 동일한 위상차를 갖는 것은 아니지만, 커패시턴스가 상이한 경우와 비교하여 포커스 링(90)과 기판(W) 상부의 전송신호 차이를 최소화 할 수 있다.

[0040] 본 실시예의 경우, 상기 유전막(30)은 후술하는 바와 같이 기판 하부의 유전체와 동일한 커패시턴스를 갖도록 제3 두께(t3)를 갖게 된다.

[0041] 따라서, 상기 포커스 링(90)은 제1 내지 제3 두께(t1, t2, t3)의 합으로 구성되는 총 두께(T)를 갖게 된다. 상술한 바와 같이 본 발명의 일실시예에 의한 포커스 링(90)은 약 3㎜ 내지 6㎜의 총 두께(T)를 갖도록 설정된다.

[0042] 예를 들면, 상기 유전막(30)은 유전막은 알루미나(Al_2O_3), 산화 이트륨(Y_2O_3), 알루미늄 질화물(AlN), 석영(quartz) 및 이들의 합성물 중의 어느 하나로 구성될 수 있다.

[0043] 제1 도전막(10)과 제2 도전막(20)은 접착층을 매개하지 않고 직접 접합하여 상기 복합 도전막(50)으로 형성할 수 있다.

[0044] 예를 들면, 제1 도전막(10)과 제2 도전막(20)을 서로 밀착시킨 상태에서 녹는점 이하의 온도로 가열하면서 제1 도전막(10)과 제2 도전막(20)의 탄성변형의 범위 내에서 압력을 인가한다. 이에 따라, 제1 도전막(10)과 제2 도전막(20)의 접합면 사이에서 일어나는 원자의 상호확산을 통하여 단일한 복합 도전막(50)으로 형성할 수 있다(확산접합).

[0045] 이와 달리, 제1 도전막(10) 및 제2 도전막(20)의 표면을 이온충격과 플라즈마 조사에 의해 활성화 시켜 각 도전막의 고체표면의 고유한 용접에너지를 접합에너지로 이용할 수 있다(상온접합). 특히, 제1 도전막(10)과 제2 도전막(20)의 표면의 활성화되어 자체의 용접에너지로 접합할 수 있으므로 상온 또는 저온에서도 복합 도전막(50)을 형성할 수 있다.

[0046] 상기 상온접합 공정은 도체와 세라믹의 접합에도 활용되므로, 상기 복합 도전막(50)과 유전막(30)도 상온접합 공정에 의해 접합할 수 있다.

[0047] 이와 달리, 접착제를 이용하여 제1 도전막(10), 제2 도전막(20) 및 유전막(30)을 접합할 수도 있다. 이때, 상기 접착제는 제1 도전막(10), 제2 도전막(20) 및 유전막(30) 사이의 열전달을 용이하게 수행할 수 있도록 열전도 특성이 우수한 물질로 구성된다. 따라서, 플라즈마 처리공정이 수행되는 동안 고온을 제1 도전막(10), 제2 도전막(20) 및 유전막(30)에 균일하게 분산시킬 수 있다.

[0048] 이때, 상기 접착제로 인가되는 고주파 전원의 위상손실을 최소화하도록 접착제의 두께와 유전율을 결정할 수 있다. 따라서, 접착제가 배치되는 경우에는 고주파 전원의 전송손실 분석이 더욱 복잡해 질 수 있다.

[0049] 도 3은 도 2에 도시된 포커스 링의 변형 실시예를 나타내는 도면이다. 도 3에 도시된 변형 포커스 링(91)은 유전막(30)이 도전성 복합막(50)의 상부에 배치되어 플라즈마와 직접 접촉한다는 점을 제외하고는 도 2에 도시된 포커스 링과 실질적으로 동일한 구성을 갖는다. 이에 따라, 도 3에서 도 2와 동일한 구성요소에 대해서는 동일한 참조부호를 사용하고 동일한 구성요소에 대한 더 이상의 상세한 설명은 생략한다.

[0050] 도 3을 참조하면, 변형 포커스 링(91)은 도전성 복합막(50)의 상면에 유전막(30)이 배치되어 제1 도전막(10), 제2 도전막(20) 및 유전막(30)이 차례대로 적층된다.

[0051] 상기 기판(W)에 대한 플라즈마 식각공정의 특성에 따라 고온과 열 충격에 대한 충분한 저항이 필요한 경우에는 도 2에 도시된 바와 같이 실리콘 카바이드(SiC)와 같은 제2 도전막(20)을 플라즈마 공간으로 노출하지만, 고온과 열충격에 대한 저항보다는 내식성이 크게 요구되는 공정에서는 석영(quartz)이나 알루미나(Al_2O_3)와 같은 세라믹으로 구성된 유전막(30)이 플라즈마 공간으로 노출되도록 구성할 수 있다.

[0052] 본 실시예의 경우, 상기 포커스 링(90)의 유전막(30)이 제2 도전막(20)의 상면으로 배치된 경우를 예시하고 있지만, 플라즈마 공정의 특성에 따라 언급한 바와 같은 세라믹으로 구성될 수도 있음은 자명하다.

[0053] 이때, 유전막(30)으로 제공되는 물질의 커패시턴스와 내식성이나 고온강도와 같은 물성에 따라 최상부에 위치하는 유전막(30)의 두께는 다양하게 결정될 수 있다.

[0054] 예를 들면, 플라즈마 소스가스로 염소(Cl2)나 브롬화수소(HBr, bromide hydrogen)를 이용하는 식각공정의 경우 상대적으로 작은 비용과 우수한 가공 용이성을 갖는 석영으로 상기 유전막(30)을 구성할 수 있다.

[0055] 본 발명의 일실시예에 의한 포커스 링에 의하면, 상기 고주파 전원이 기판(W)을 통하여 전송되어 기판의(W)의 상부에 플라즈마를 형성하는 전송신호와 포커스 링(90, 91)을 통하여 전송되어 포커스 링의 상부에 플라즈마를 형성하는 전송신호의 에너지 차이를 최소화하여 기판(W)의 중앙부(C)와 주변부(E)에서의 플라즈마 밀도차이를 최소화할 수 있다. 따라서, 상기 기판(W)에 대한 식각 균일도를 높일 수 있다.

[0056] 도 4는 도 1 및 도 2에 도시된 포커스 링을 구비하고 처리대상 기판을 고정하는 척 어셈블리를 나타내는 구성도이다.

[0057] 도 4를 참조하면, 본 발명의 일실시예에 의한 척 어셈블리(500)는 상면에 기판(W)을 고정하고 유전물질로 구성되는 척 유전판(100), 상기 척 유전판(100)을 지지하고 도전성 물질로 구성되어 적어도 하나의 고주파 전원이 인가되는 도전성 몸체(200), 상기 기판(W)을 둘러싸도록 상기 도전성 몸체(200)의 주변부 상면에 배치되고, 서로 다른 저항을 갖는 다수의 도전막을 구비하는 도전성 복합막(50) 및 상기 도전성 복합막의 상면(51) 및 하면(52)의 어느 하나에 위치하는 링 유전막(30)을 구비하는 포커스 링(300) 및 상기 도전성 몸체(200)를 지지하는 절연판(400)을 포함한다.

[0058] 예를 들면, 상기 척 유전판(100)은 접착제와 같은 접착수단에 의해 하부에 배치되는 몸체(200)에 접착되는 원판 형상의 벌크형 유전체(dielectric body)로 제공된다. 상기 척 유전판(100)은 알루미나(Al_2O_3), 알루미늄 질화물(AlN), 이트륨 산화물(Y2O3)과 같은 세라믹으로 구성될 수 있다.

[0059] 상기 척 유전판(100)의 상면에는 플라즈마 처리공정이 수행될 기판(W)이 배치된다. 예를 들면, 상기 기판(W)은 반도체 소자용 미세패턴을 형성하기 위한 웨이퍼나 평판 표시장치용 미세패턴을 형성하기 위한 유리기판을 포함할 수 있다.

[0060] 상기 척 유전판(100)에는 기판을 고정하는 고정수단(securing member, SM)이 제공된다. 예를 들면, 상기 고정수단(SM)은 척 유전판(100)의 내부에 배치되고 외부의 직류 전원(DS)과 연결되어 직류전원에 의해 생성되는 정전기력에 의해 상기 기판(W)을 고정하는 고정전극으로 구성될 수 있다. 이에 따라, 상기 척 어셈블리(500)는 정천척(ESC) 구조물로 구성될 수 있다. 상기 하부전극은 원형 패턴과 고리형 패턴의 조합, 원형 패턴, 혹은 2개의 반원형 패턴이 합쳐진 형태 등으로 다양하게 구성될 수 있다.

[0061] 상기 고정수단(SM)은 전극뿐만 아니라 클램프와 같은 기계적 마찰력에 의해 기판의 주변부를 고정하는 고정 구조물로 제공될 수도 있다. 이때, 상기 척 어셈블리(500)는 마찰 척 구조물로 구성될 수 있다.

[0062] 도시되지는 않았지만, 상기 척 유전판(100)의 내부에는 상기 기판(W)을 일정한 온도로 유지하기 위한 히터전극(미도시)이 더 배치될 수 있다. 상기 히터전극은 히터전원과 전기적으로 연결되어 주울열을 발생시키고 상기 주울열은 기판(W)으로 전달되어 기판을 일정한 온도로 유지시킨다. 상기 히터전극은 상기 디스크 형상을 갖는 유전판(100)의 중심축을 기준으로 동심원형 혹은 나선형의 패턴으로 배치된다.

[0063] 일실시예로서, 상기 도전성 몸체(200)는 알루미늄(Al), 타이타늄(Ti), 스테인레스 스틸(stainless steel), 텅스텐(W), 혹은 이들의 합금 중의 어느 하나를 포함하는 도전성 금속으로 제공된다. 본 실시예의 경우, 상기 도전성 몸체(200)는 디스크 형상을 갖는 유전판(100)을 지지하도록 디스크 형상으로 제공된다. 그러나, 도전성 몸체(200)는 척 어셈블리(500)의 구조와 플라즈마 처리장치의 특성에 따라 다양한 형상을 가질 수 있다.

[0064] 예를 들면, 상기 몸체(200)는 중심부가 가장자리 보다 높게 위치하도록 단차를 구비한다. 이에 따라, 몸체(200)의 상면은 척 유전판(100)의 하면에 대응하는 면적을 갖고 척 유전판(100)과 접촉하며, 상기 몸체(200)의 단차면(201)에는 상기 포커스 링(300)이 위치한다.

[0065] 상기 몸체(200)로 고주파 전원이 상기 기판(W) 및 포커스 링(300)을 투과하여 전송된다. 이에 따라, 상기 기판(W)의 상부에 플라즈마가 생성되어 기판(W)으로 유도된다. 상기 고주파 전원은 플라즈마를 생성하는 제1 고주파 전원(HF1)과 상기 플라즈마의 하전입자를 기판(W)으로 유도하는 제2 고주파 전원(HF2을 포함한다.

[0066] 상기 제1 고주파 전원은 약 10MHz 내지 100MHz 미만의 주파수를 갖는 교류전원으로 구성되어 기판의 상부로 공급되는 소스가스를 플라즈마로 형성하기 위한 에너지를 제공한다. 본 실시예의 경우, 상기 고주파 전원은 13.56MHz의 주파수를 갖는 라디오 주파수(radio frequency, RF) 전원으로 구성된다. 제2 고주파 전원(HF2)은 약 1MHz 내지 10MHz 미만의 주파수를 갖는 교류전원으로 구성되어 플라즈마를 구성하는 하전입자를 기판(W)을 향하여 가속시킨다. 이에 따라, 상기 기판(W)에 대한 플라즈마 처리가 수행된다.

[0067] 몸체(200)로 인가된 고주파 전원은 상기 몸체(200)의 중심부에서는 척 유전판(100) 및 기판(W)의 중앙부(C)를 따라 전송되어 제1 전송신호(TS1)로 전송되고 상기 몸체(200)의 주변부에서는 링 유전막(30) 및 복합 유전막(50)을 따라 전송되어 제2 전송신호(TS2)로 전송된다. 상기 제1 및 제2 전송신호(TS1, TS2)는 각각 기판의 중앙부(C)와 주변부(E)에서 플라즈마를 생성하고 기판의 주변부(E)에서 생성된 플라즈마는 상기 포커스 링(300)에 의해 기판(W)의 상면으로 집중된다.

[0068] 따라서, 상기 척 유전판(100) 및 기판(W)의 적층체는 몸체(200)로부터 제1 전송신호(TS1)를 전송하는 전송라인으로 기능하고, 상기 링 유전막(30) 및 복합 도전막(50)은 제2 전송신호(TS2)를 전송하는 전송라인으로 기능하게 된다.

[0069] 상기 전송라인은 유전체와 도전체의 적층구조를 가지므로 상기 고주파 전원은 직렬 RC회로를 통해 상부로 전송된다. 이에 따라, 상기 고주파 전원은 상기 전송라인의 감쇄계수만큼 감쇄되어 제1 및 제2 전송신호로 전송된다.

[0070] 종래의 포커스 링은 플라즈마 공정에서의 마모량을 고려하여 기판(W)보다 높게 형성된다. 따라서, 포커스 링을 통하여 전송된 제2 전송신호는 제1 전송신호보다 신호세기가 작아져서 생성되는 플라즈마 세기의 편차를 초래한다.

[0071] 상기 포커스 링(300)은 유전막(30)과 서로 다른 비저항을 갖는 한 쌍의 도전성 복합막(50)으로 구성하여, 제2 전송신호의 세기를 제1 전송신호로 근접시킬 수 있다. 이에 따라, 상기 제1 및 제2 전송신호 사이의 세기 차이를 최소화할 할 수 있다. 본 실시예에서 상기 포커스 링(300)은 도 1 및 도 2에 도시된 포커스 링(90)과 실질적으로 동일한 구성을 갖는다. 이에 따라, 도 4에서 도 1 및 도 2와 동일한 구성요소에 대해서는 동일한 참조부호를 이용하고 중복되는 설명은 생략한다. 다만, 유전막에 대해서는 척 유전판(100)과 대응하도록 링 유전막으로 명명한다.

[0072] 일반적으로 RC회로를 통과하는 교류전원은 저항의 전송손실과 저항 및 커패시턴스의 시간지연에 의해 에너지 손실을 수반하게 된다. 이때, 저항에 의한 전송손실은 전송선로의 표피영역에서 발생하는 도체손실로 나타나고, 커패시터에 의한 에너지 손실은 저항 및 커패시터에서의 위상차로 나타난다.

[0073] 본 실시예에서는 제1 전송신로를 구성하는 척 유전판(100)과 제2 전송선로를 구성하는 링 유전막(30)이 실질적으로 동일한 커패시턴스를 갖도록 설정한다.

[0074] 교류전송에서의 에너지 손실은 시간지연보다는 도체손실에 의한 것이 훨씬 크고 시간지연은 저항성분에 의한 시간지연보다는 커패시터 성분에 의한 시간지연이 훨씬 크다는 고려하여 척 유전판(100)과 링 유전막(30)의 커패시턴스를 실질적으로 동일하게 설정한다.

[0075] 제1 전송선로 및 제2 전송선로에서 커패시턴스가 동일하다면, 위상차는 저항성분에 의해서만 발생하고 저항성분에 의한 위상차는 커패시턴스에 의한 위상차보다는 무시할 수 있으므로 저항성분에 의한 위상차는 무시하고 도체손실만 고려하여 실험적으로 제1 전송신호와 제2 전송신호의 세기차이를 최소화 하는 도전성 복합막(50)의 저항특성을 제시한다.

[0076] 도 5는 도 4에 도시된 척 유전판과 링 유전막의 배치관계를 나타내는 평면도이다.

[0077] 도 5를 참조하면, 링 유전막(30)은 몸체(200)의 단차면(201)에 위치하여 디스크 형상을 갖는 척 유전판(100)을 둘러싸는 링 형상으로 배치된다. 이에 따라, 링 유전막(30)과 척 유전판(100) 사이의 간격을 무시하면 척 유전판(100)은 r_c의 반경을 갖고 링 유전막(30)은 r_c보다 큰 r_3의 반경을 갖는다고 가정할 수 있다.

[0078] 척 유전판(100)이 t_c의 두께와 ε_c의 유전율 및 A_c의 표면적을 갖고, 링 유전막(30)이 t_3의 두께와 의 유전율을 갖고 A_3의 표면적을 갖는다면, 척 유전판(100)과 링 유전막(30)의 커패시턴스(C_c, C_3)는 각각 식(1) 및 (2)를 통하여 수득할 수 있다.

$$C_c = \varepsilon_c \frac{A_c}{t_c} = \varepsilon_c \frac{\pi r_c^2}{t_w}$$

[0079] ----- (1)

$$C_3 = \varepsilon_3 \frac{A_3}{t_3} = \varepsilon_3 \frac{\pi (r_3^2 - r_c^2)}{t_3}$$

[0080] ---- (2)

[0081] 따라서, 척 유전판(100)의 커패시턴스(C_c)와 링 유전막(30)의 커패시턴스(C_3)가 일치하는 조건을 만족하는 링 유

전막(30)의 두께는 식(3)을 통해 수득할 수 있다.

$$t_3 = \frac{\varepsilon_3}{\varepsilon_c}((\frac{r_3}{r_c})^2 - 1)t_c \text{-------(3)}$$

[0082]

[0083] 척 유전판(100)과 링 유전막(30)이 동일한 물질로 구성되는 경우, 유전막(30)의 두께는 척 유전판(100)보다 작은 두께를 갖도록 형성된다.

[0084] 예를 들면, 상기 링 유전막(30)은 루미나(alumina), 석영(quartz) 및 이트륨 산화물(Y2O3) 및 이들의 복합물 중의 어느 하나로 구성될 수 있다.

[0085] 도 6a는 제1 전송신호가 투과하는 기판의 전송선로를 나타내는 모식도이고 도 6b는 제2 전송신호가 투과하는 포커스 링의 전송선로를 나타내는 모식도이다.

[0086] 도 6a 및 도 6b를 참조하면, 상기 몸체(200)로 인가된 고주파 전원(S0)은 기판의 중심부(C)에서 적층된 척 유전판(100) 및 기판(W)으로 구성되는 제1 전송선로(TL1)를 투과하여 기판(W)의 상면으로 전송되고 기판의 주변부(E)에서 링 유전막(30)과 복합성 도전막(50)으로 구성되는 제2 전송선로(TL2)를 투과하여 포커스 링(300)의 상면으로 전송된다.

[0087] 고주파 전원이 RC 회로를 구성하는 제1 및 제2 전송선로(TL1, TL2)를 투과하는 경우의 신호세기는 다음의 식(4) 및 식(5)와 같이 주어진다.

$$S_{1x}(z,t) = S_0 e^{-\alpha_1 z}\cos(\omega t - \beta_1 z)$$

[0088] ----- (4)

$$S_{2x}(z,t) = S_0 e^{-\alpha_2 z}\cos(\omega t - \beta_2 z)$$

[0089] ----- (5)

[0090] 이때, z방향은 척 어셈블리의 높이 방향이며 x방향은 전송선로의 반경방향으로서 표피깊이(skin depth) 내부의 임의의 위치는 x좌표로 표시할 수 있다. t는 고주파 전원이 인가된 시점 이후의 임의의 시간이며, ω는 고주파 전원의 각속도이다. 또한, α_1 및 α_2는 각각 제1 및 제2 전송선로(TL1, TL2)의 감쇄계수이며, β_1 및 β_2는 각각 제1 및 제2 전송선로(TL1, TL2)의 위상계수이다.

[0091] 비록 전송손실은 척 어셈블리의 높이방향(=전송선로의 길이방향) 뿐만 아니라 척 어셈블리의 반경방향(=전송선로의 반경방향)으로도 발생하지만, 플라즈마 생성을 위한 전기장의 세기는 높이방향을 따라 발생하는 전송손실에 큰 영향을 받으므로 반경방향의 전송손실은 무시한다.

[0092] 척 유전판(100)과 링 유전막(30)의 커패시턴스를 동일하게 설정하여 식(4) 및 식 (5)에서 위상계수의 영향을 무시할 경우, 제1 및 제2 전송신호(S1, S2)는 선로의 저항성분이 갖는 감쇠계수에 의해 결정된다.

[0093] 따라서, 제1 및 제2 전송선로(TL1, TL2)의 감쇄계수(α_1, α_2)가 동일하다면 제1 및 제2 전송신호의 세기차이를 최소화 할 수 있다.

[0094] 일반적으로 감쇄계수는 아래의 식(6)과 같이 주어진다.

$$\alpha = B\sqrt{\frac{f}{\rho}} = B\sqrt{\frac{\omega}{2\pi\rho}}$$

[0095] ----- (6)

[0096] 이때, B는 전송선로의 유전율 및 투자율에 따라 결정되는 상수이며, f는 고주파 전원의 주파수, ω는 고주파 전원의 각속도 및 ρ는 전송선로를 구성하는 저항체의 비저항이다.

[0097] 제1 및 제2 전송선로로 인가되는 고주파 전원의 주파수는 동일하므로, 제1 및 제2 전송선로의 감쇄계수는 저항체의 비저항에 제곱근에 반비례한다.

[0098] 따라서, 충분히 큰 비저항을 갖는 물질로 포커스 링의 도전체를 구성한다면, 포커스 링의 감쇄율을 충분히 감소시켜 제2 전송신호(S2)의 세기를 제1 전송신호(S1)의 세기에 근접시킬 수 있다.

[0099] 포커스 링(300)은 기판(W)보다 큰 두께를 갖고 기판(W)보다 높게 위치할 것이 요구되지만, 높은 비저항을 갖는 물질로 포커스 링을 형성하는 경우 제조공정의 특성에 따라 포커스 링 전체를 통하여 균일한 비저항을 갖도록 형성하는 것이 어렵다.

[0100] 이에 따라, 상기 포커스 링(300)의 도전체는 상대적으로 작은 비저항을 갖고 작은 두께를 갖는 제1 도전막(10)과 충분히 큰 비저항을 갖고 큰 두께를 갖는 제2 도전막(20)이 적층된 복합 도전막(50)으로 제공된다.

[0101] 제1 도전막(10)은 작은 비저항과 큰 감쇄율에 의해 고주파 전원의 도체손실을 유발하지만, 제2 도전막(20)은 큰 비저항과 작은 감쇄율에 의해 제1 도전막(10)을 투과한 전송신호를 실질적으로 감쇄없이 전송할 수 있다.

[0102] 이에 따라, 척 유전판(100) 및 링 유전막(30)에서의 신호감쇄를 무시한다면, 제1 및 제2 전송선로의 신호감쇄는 기판(W)과 제1 도전막(10)에서 발생한다. 고주파 전원은 척 어셈블리(500)의 두께방향(z)을 따라 전송하므로 상기 기판(W)과 제1 도저막(10)에서의 총 감쇄량은 식(7) 및 식(8)에 의해 결정된다.

[0103] $$t_w\alpha_w = t_w B_w\sqrt{\frac{f}{\rho_w}} \quad \text{---- (7)}$$

[0104] $$t_1\alpha_1 = t_1 B_1\sqrt{\frac{f}{\rho_1}} \quad \text{---- (8)}$$

[0105] 따라서, 제1 전송선로(TL1)의 저항성분인 기판(W)에 의한 총 감쇄량과 제2 전송선로(TL2)의 저항성분인 제1 도전막(10)에 의한 총 감쇄량이 일치하도록 결정할 수 있다 이에 따라, 제1 도전막(10)의 비저항(ρ_1)과 두께(t_1)는 식(9)에 따라 결정할 수 있다.

[0106] $$t_1 = t_w\sqrt{\frac{\rho_1}{\rho_w}} \quad \text{---- (9)}$$

[0107] 따라서, 제1 도전막(10)으로 사용하고자 하는 물질의 비저항이 특정되면, 식(9)에 의해 제1 도전막(10)의 두께를 결정할 수 있다. 이에 따라, 식(9)에 의해 결정되는 두께로 제1 도전막(10)을 배치하는 경우, 제1 전송신호(S10)와 제2 전송신호(S2)의 세기 차이를 최소화 할 수 있다.

[0108] 이때, 제2 도전막(20)은 제1 도전막(10) 보다 충분히 큰 비저항을 구비하여 실질적인 감쇄없이 신호를 전송할 수 있도록 구성한다. 예를 들면, 제2 도전막(20)은 비저항이 제1 도전막(10)의 비저항보다 약 100배 내지 1000배 정도 큰 물질로 구성한다. 이에 따라, 제2 전송신호(S2)의 세기는 제1 도전막(10)에 의해 감쇄된 신호의 세기와 실질적으로 동일하게 형성된다.

[0109] 링 유전막(30)의 두께(t3)는 식(3)에 의해 결정되고, 제1 도전막(10)의 두께(t1)는 식(9)에 의해 결정되므로, 제2 도전막(t2)의 두께는 식(10)가 같이 결정된다. 이때, 포커스 링(300)의 전체 두께(T)는 플라즈마 처리공정의 공정조건 및 플라즈마 처리장치의 챔버조건 등에 따라 설계단계에서 이미 특정된다.

[0110] $$t_2 = T - (t_1 + t_3) \quad \text{----- (10)}$$

[0111] 본 실시예의 경우, 기판(W)은 실리콘 웨이퍼를 포함하고 상기 제1 도전막(10)은 실리콘으로 구성된다. 이에 따라, 제1 도전막(10)은 기판(W)과 동일한 두께를 갖도록 제공된다. 제2 도전막(20)은 실리콘 카바이드(SiC)와 같은 고저항 도전체로 구성하여 상기 포커스 링(300)의 총 두께(T)가 약3㎜ 내지 6㎜의 범위를 가질 수는 있는 두께로 제공된다.

[0112] 식 (9)에 의해 결정되는 제1 도전막(10)의 두께는 전송선로의 반경방향으로의 전송손실이나 저항선분에 의한 위

상차 등을 무시하고 이상적으로 모델링된 회로에서 결정되는 것이므로 실제 제2 전송신호의 세기와 일정한 오차를 가질 수 있다.

[0113] 이에 따라, 상기 제1 도전막(10)의 두께와 비저항을 식(4) 및 식(5)를 이용하여 시뮬레이션으로 결정하여 제1 및 제2 전송신호의 세기차이를 더욱 정교하게 줄일 수 있다.

[0114] 도 7은 고주파 전원이 인가된 후 기판(W)을 투과한 제1 전송신호(S1)와 포커스 링(300)을 투과한 제2 전송신호(S2)의 세기차이를 제1 도전막의 비저항과 두께별로 나타낸 그래프이다. 도 7은 제1 도전막(10)의 특정한 두께(t1)에 대하여 비저항을 달리하면서 제1 및 제2 전송신호(S1, S2)의 세기차이의 변화를 나타낸 그래프이다.

[0115] 제1 도전막(10)의 두께(t1)는 각각 2㎜, 3㎜, 4㎜인 3가지의 상황에 대하여 각각 제1 및 제2 전송신호(S1, S2)와 비저항의 관계를 컴퓨터 시뮬레이션으로 수득하였다. 이때, 제1 도전막(10)의 투자율과 유전율은 동일한 것으로 가정하였다. 도 7에 도시된 그래프는 기판(W)이 실리콘 웨이퍼인 경우의 제1 전송신호(S1)와 투자율 및 유전율이 동일한 물질의 비저항을 달리하면서 서로 다른 두께에 대한 세기차이를 나타낸 것이다.

[0116] 도 7에 나타난 바와 같이, 제1 도전막(10)의 각 두께에서 전송신호의 세기차이는 일정한 비저항에서 최소차이를 갖는 것을 알 수 있다. 제1 두께(t1)가 2㎜인 경우는 제1 극소점(minimal point, MP1)에서 전송신호의 세기차이가 가장 작으며, 제1 두께(t1)가 3㎜인 경우는 제2 극소점(minimal point, MP2)에서 전송신호의 세기차이가 가장 작다. 마찬가지로, 제1 두께(t1)가 4㎜인 경우는 제3 극소점(minimal point, MP3)에서 전송신호의 세기차이가 가장 작다. 각 극소점에서의 전송신호의 세기차이는 제1 두께(t1)가 가장 작은 2㎜에서 가장 작게 검출된다.

[0117] 이에 따라, 도 7의 그래프를 통하여 전송신호의 차이를 최소화하는 비저항과 두께인 극소 비저항과 극소 두께를 동시에 수득할 수 있다. 상기 극소 비저항과 극소 두께를 제1 도전막(10)의 제1 비저항 및 제1 두께로 각각 설정한다. 본 시뮬레이션에서는, 제1 및 제2 전송신호(S1, S2)의 세기차이가 최소인 제1 도전막(10)의 두께(t1)는 2㎜이며, 비저항(ρ_1)은 25Ω㎝임을 확인할 수 있다.

[0118] 상기 컴퓨터 시뮬레이션에서는 기판(W)을 투과한 제1 전송신호(S1)와 포커스 링(300)을 투과한 제2 전송신호(S2)의 세기를 각각 연산하여 산술적인 차이를 검출하는 것이므로, 식(9)를 유도하기 위해 무시한 전송손실 및 위상손실은 도 7의 전송신호 차이에는 모두 반영된다.

[0119] 이에 따라, 식(9)에 의해 수득한 제1 도전막(10)의 두께보다 컴퓨터 시뮬레이션에 의해 수득한 두께 및 비저항에 의해 제1 및 제2 전송신호(S1,S2) 사이의 세기차이를 더욱 정교하게 줄일 수 있다.

[0120] 식(3)에 의해 링 유전막(30)의 두께(t3)를 결정하고 도 7을 이용하여 제1 도전막(10)의 두께인 제1 두께(t1)를 결정한 후 식(10)에 의해 제2 도전막의 두께(t2)를 결정할 수 있다.

[0121] 상기 몸체(200)의 하부에는 절연판(400)이 배치되어 상기 몸체(200)를 지지한다. 상기 절연판(400)은 몸체(200)에 대응하는 면적을 갖고 몸체(200) 전체를 커버하도록 배치되어 하부의 접지판(미도시)과 분리된다. 이에 따라, 도전물질로 이루어진 몸체(200)를 외부로부터 전기적으로 분리한다. 이때, 상기 절연판(400)은 다양한 물질과 형상을 통하여 상기 몸체(200)와의 사이에 형성되는 커패시터를 저하시키도록 제공된다.

[0122] 예를 들면, 상기 절연판(400)은 단일한 절연체로 구성되거나 유전상수가 서로 다른 2 이상의 막질을 구비하는 복합막 구조물로 제공될 수 있다. 이에 따라, 상기 절연판(400)을 통한 누설전류를 최소화함으로써 기판(W) 상에 형성되는 플라즈마의 밀도 균일성을 높일 수 있다.

[0123] 상기 절연판(400)으로부터 연장하여 몸체(200)와 포커스 링(300)의 측면을 둘러싸는 차폐 링(SR)이 배치된다.

[0124] 상기 차폐 링(SR)은 저유전 물질로 구성되어 상기 차폐 링(SR)과 몸체(200) 사이의 임피던스(impedance)를 증가시켜 상기 몸체(200)으로 공급된 고주파 전원이 척 어셈블리(500)의 측부를 통하여 손실되는 것을 방지할 수 있다. 이에 따라, 고주파 전원이 기판(W) 및 포커스 링(300)으로만 전송되도록 유도할 수 있다. 예를 들면, 상기 차폐 링(SR)은 석영(quartz), 실리콘 카바이드(SiC) 및 실리콘 산화물(SiO2)과 같이 유전율이 5이하인 물질로 구성 할 수 있다.

[0125] 또한, 상기 차폐 링(SR)은 몸체(200)와 포커스 링(300)을 둘러싸도록 배치되어 플라즈마 공정이 진행되는 동안 플라즈마나 잔류 소스가스 기타 파티클로부터 몸체(200)와 포커스 링(300)이 손상되는 것을 방지할 수 있다.

[0126] 도시하지는 않았지만, 상기 척 어셈블리(500)는 절연판(400)의 하부에 절연판과 동일한 형상으로 제공되는 접지판(미도시)을 더 구비할 수 있다. 상기 고주파 전원은 접지판을 관통하는 파워라인을 통하여 몸체(200)로 인가

된다.

[0127] 본 실시예에서는 상기 포커스 링(300)은 링 유전막(30)이 제1 도전막(10)의 하부에 배치되는 것을 개시하고 있지만, 플라즈마 공정의 특성에 따라 도 3에 도시된 바와 같이 링 유전막(10)이 제2 도전막(20)의 상부에 배치될 수도 있음은 자명하다.

[0128] 상술한 바와 같은 척 어셈블리에 의하면, 이론적 또는 실험적 방법으로 고주파 전원이 기판을 투과한 제1 전송신호와 포커스 링을 투과한 제2 전송신호의 차이를 최소화할 수 있다. 이에 따라, 기판(W)의 상부와 포커스 링(300)의 상부에 형성되는 플라즈마의 밀도차이를 최소화 할 수 있다. 이에 따라, 상기 기판(W)의 중앙부(C)에 대한 주변부(E)에서의 식각 균일도를 높일 수 있다.

[0129] 도 8은 본 발명의 일실시예에 따라 도 4에 도시한 척 어셈블리를 구비하는 플라즈마 처리장치를 나타내는 구성도이다. 도 8에서, 도 4와 동일한 구성요소에 대해서는 동일한 참조부호를 사용하고 동일한 구성요소에 대한 더 이상의 상세한 설명은 생략한다.

[0130] 도 8을 참조하면, 본 발명의 일실시예에 의한 플라즈마 처리장치(1000)는 처리공간(PS)을 구비하는 공정챔버(600), 상기 공정챔버(600)의 상부에 배치되어 플라즈마 처리를 위한 소스가스(G)를 공급하는 소스 공급 어셈블리(700), 상기 공정챔버(600)의 하부에 배치되어 처리대상 기판(W)을 고정하는 척 어셈블리(500) 및 고주파 전원(HF)을 상기 척 어셈블리(500)로 인가하여 상기 소스가스를 플라즈마로 생성하고 가속하는 파워 공급부(800)를 포함한다.

[0131] 이때, 상기 척 어셈블리(500)는 도 4를 참조하여 설명한 척 어셈블리(500)와 실질적으로 동일한 구성을 갖는다. 이에 따라, 상기 척 어셈블리(500)는 상면에 상기 기판(W)을 고정하고 유전물질로 구성되는 척 유전판(100), 상기 척 유전판(100)을 지지하고 도전성 물질로 구성되어 적어도 하나의 상기 고주파 전원이 인가되는 도전성 몸체(200), 상기 기판(W)을 둘러싸도록 상기 도전성 몸체(200)의 주변부 상면에 배치되어 상기 기판(W)을 둘러싸고, 서로 다른 저항을 갖는 다수의 도전막(10,20)을 구비하는 도전성 복합막(50) 및 상기 도전성 복합막의 상면 및 하면의 어느 하나에 위치하는 링 유전막(30)을 구비하는 포커스 링(300)을 포함한다.

[0132] 일실시예로서, 상기 공정 챔버(600)는 플라즈마 공정조건에 충분한 정도의 강도와 강성을 갖고 내부에 플라즈마 처리공정을 수행하는 처리공간(process space, PS)을 구비하는 밀폐형 입체 구조물로 제공된다.

[0133] 본 실시예의 경우, 상기 공정챔버는 바닥(601)과 이에 대향하는 천정(602) 및 상기 바닥(601)과 천정(602) 사이에 배치되는 다수의 측부(603)를 구비한다.

[0134] 상기 측부(603)에는 처리대상 기판(W)을 로딩하거나 처리완료된 기판을 언로딩하기 위한 게이트(610)가 구비되고, 상기 바닥(601)에는 기판(W)을 고정하는 척 어셈블리(500)가 배치된다.

[0135] 척 어셈블리(500) 바닥(601)의 중앙부에 배치되고 척 어셈블리 (500) 주변부의 바닥에는 플라즈마 처리공정의 부산물이나 잔류가스를 배출하는 다수의 배출 홀(DH)이 제공된다.

[0136] 바닥(601)의 하부에는 배출 홀(DH)을 통하여 배출되는 상기 부산물 및 잔류가스를 수집하는 수집용기(900)가 배치된다. 수집용기(900)의 일측에는 상기 부산물 및 잔류가스를 배출하기 위한 펌프 구조물(910)이 배치될 수 있다. 본 실시예의 경우, 상기 펌프 구조물(910)은 유압조절 밸브(V) 및 진공펌프(P)로 구성될 수 있다.

[0137] 본 실시예의 경우, 상기 공정챔버(600)는 일체형 하우징으로 구성되어 게이트(610)를 통하여 기판(W)이 로딩/언로딩 되는 구조를 개시하고 있지만, 이는 예시적인 것이며 플라즈마 처리장치의 특성에 따라 다양한 구조로 구성될 수 있음은 자명하다.

[0138] 예를 들면, 상기 공정챔버(600)는 분리된 하우징으로 구성될 수도 있다. 예를 들면, 공정챔버(600)는 선택적으로 결합할 수 있는 상부 하우징 및 하부 하우징으로 구분되어 기판의 로딩/언로딩하는 경우에는 상부 하우징과 하부 하우징이 분리되어 처리공간(PS)이 노출되고 플라즈마 처리공정이 진행되는 동안에는 서로 결합되어 처리공간(PS)을 외부로부터 밀폐할 수 있다.

[0139] 본 실시예의 경우, 상기 플라즈마 처리공정은 소스가스를 플라즈마로 형성하여 상기 기판(W)에 대한 식각공정을 포함한다. 그러나, 척 어셈블리(500)의 주변부 상면에 포커스 링이 배치되고 상기 플라즈마를 형성하기 위한 고주파 전원이 상기 척 어셈블리(500)로 인가된다면, 식각공정뿐만 아니라 다양한 플라즈마 처리공정이 수행될 수 있음은 자명하다.

[0140] 일실시예로서, 상기 소스공급 어셈블리(700)는 바닥(601)에 위치하는 척 어셈블리(500)와 대향하도록 천정(60

2)에 배치된다.

[0141] 예를 들면, 상기 소스공급 어셈블리(700)는 다수의 공급 홀(SH)을 구비하여 소스가스(G)를 처리공간(PS)으로 공급하는 소스가스 분사기(710), 상기 소스가스 분사기(710)로 소스가스(G)를 공급하는 소스라인(720) 및 상기 소스라인(720)과 연결되도록 공정챔버(600)의 외부에 위치하는 소스탱크(730)로 구성된다.

[0142] 상기 소스가스 분사기(710)는 척 어셈블리(500)에 구비된 기판(W)과 대향하도록 천정(602)에 고정되고 상기 기판(W)을 충분히 커버할 수 있도록 기판(W)보다 큰 사이즈를 갖는 입체형상으로 제공된다.

[0143] 상기 소스가스 분사기(710)의 상부는 소스라인(720)과 연결되어 상기 소스가스(G)가 소스탱크(730)로부터 공급되고 하부에는 공급된 소스가스(G)를 처리공간(PS)으로 균일하게 분사하는 다수의 공급 홀(SH)들이 배치된다. 따라서, 상기 소스가스(G)는 소스라인(720)을 통하여 소스가스 분사기(710)의 내부로 공급되고 다수의 공급 홀(SH)을 통하여 처리공간으로 균일하게 공급된다.

[0144] 본 실시예의 경우, 상기 소스가스 분사기(710)는 상기 기판(W)을 충분히 커버할 수 있는 사이즈를 갖는 샤워헤드로 제공된다.

[0145] 상기 소스가스(G)는 플라즈마 처리공정의 특성에 따라 다양하게 제공될 수 있다. 예를 들면, 플루오린화 염소(chlorine fluoride, CxFy),염소(Cl2), 브롬화수소(HBr, bromide hydrogen) 등을 포함할 수 있다.

[0146] 상기 척 어셈블리(500)는 공정챔버(600)의 바닥(601)에 소스가스 분사기(710)와 대향하도록 배치되어 척 어셈블리(500)와 소스가스 분사기(710) 사이에 플라즈마가 형성되는 처리공간(PS)을 형성한다.

[0147] 상기 척 어셈블리(500)는 상면에 처리대상 기판(W)을 고정하고 상기 처리공간(PS)으로 분사된 소스가스를 플라즈마로 형성하기 위한 고주파 전원(HF)을 전송한다.

[0148] 이때, 척 어셈블리(500)의 상면 주변부에서 기판(W)을 둘러싸도록 배치된 포커스 링(300)은 상대적으로 작은 비저항과 두께를 갖는 제1 도전막(10)과 상대적으로 큰 비저항과 두께를 갖는 제2 도전막(20)이 적층된 복합 도전막(50)과 복합 도전막(50)의 상부 또는 하부에 위치하는 링 유전막(30)을 구비한다.

[0149] 이에 따라, 기판(W)을 투과하여 전송된 고주파 전원인 제1 전송신호(TS1)와 포커스 링(300)을 투과하여 전송된 고주파 전원인 제2 전송신호(TS2)의 세기차이를 최소화 할 수 있다.

[0150] 상기 제1 전송신호(TS1) 및 제2 전송신호(TS2)는 기판(W)의 상부에서 소스가스를 플라즈마로 생성하기 위한 에너지를 제공하므로, 기판의 중심부(E)에서 형성되는 플라즈마와 포커스 링(300)과 인접한 기판의 주변부에서 생성되는 플라즈마의 밀도차이를 최소화 할 수 있다.

[0151] 상기 파워 공급부(800)는 척 어셈블리(500)의 몸체(200)와 연결되도록 공정챔버(600)의 외부에 배치된다.

[0152] 예를 들면, 상기 파워 공급부(800)는 상기 소스가스(G)를 플라즈마로 생성하기 위한 제1 고주파 전원(HF1)을 생성하여 몸체(200)로 인가하는 제1 파워소스(810), 상기 플라즈마의 하전입자를 기판(W)을 향하여 가속하는 제2 고주파 전원(HF2)을 생성하여 몸체(200)로 인가하는 제2 파워소스(820) 및 기판(W)을 고정하는 고정전극으로 직류전원(DC)을 생성하여 인가하는 제3 파워소스(830)를 포함한다.

[0153] 상기 제1 파워소스(810)는 제1 교류 발생기(811)와 제1 임피던스 정합기(impedance matcher, 813)를 포함한다. 제1 교류 발생기(811)는 제1 고주파 전원(HF1)을 생성하고 제1 임피던스 정합기(impedance matcher, 813)는 몸체(200)와 제1 교류 발생기(811)의 임피던스를 일치시키기 위한 트랜스포머(transformer) 및 다양한 정합회로를 구비한다.

[0154] 제1 고주파 전원(HF1)은 약 10MHz 내지 100MHz 미만의 교류신호를 포함한다. 상기 제1 고주파 전원(HF1)은 척 유전판(100) 및 기판(W)을 투과하면서 감쇄하여 제1 전송신호(TS1)로 처리공간으로 전송되고, 링 유전막(30), 제1 도전막(10) 및 제2 도전막(30)으로 구성된 포커스 링(300)을 투과하면서 감쇄하여 제2 전송신호(TS1)로 처리공간으로 전송된다.

[0155] 이때, 상기 링 유전막(30)의 유전율과 두께 및 제1 도전막(10)의 비저항과 두께를 조절하여 제1 전송신호와 제2 전송신호의 차이를 최소화할 수 있다.

[0156] 상기 제1 고주파 전원(HF1)에 의해 소스가스(G)는 해리되어 소스 가스의 활성이온이나 라디칼로 구성되는 플라즈마로 형성된다. 본 실시예에서 상기 플라즈마는 기판(W) 상에 형성된 막질을 식각하기 위한 식각용 플라즈마로 기능할 수 있다.

[0157] 상기 제2 파워소스(820)는 제2 교류 발생기(821)와 제2 임피던스 정합기(impedance matcher, 823)를 포함한다. 제2 교류 발생기(821)는 제2 고주파 전원(HF2)을 생성하고 제2 임피던스 정합기(impedance matcher, 813)는 몸체(200)와 제2 교류 발생기(821)의 임피던스를 일치시키기 위한 트랜스포머(transformer) 및 다양한 정합회로를 구비한다.

[0158] 제2 고주파 전원(HF2)은 제1 고주파 전원(HF1)의 주파수보다 약 10배 내지 100배만큼 작은 주파수를 갖는 교류신호를 생성한다. 예를 들면, 상기 제2 고주파 전원(HF1)은 약 1MHz 내지 10MHz 미만의 주파수를 갖는 교류신호를 포함한다.

[0159] 제1 고주파 전원(HF1)에 의해 처리공간에 형성된 플라즈마의 하전입자는 제2 고주파 전원(HF2)에 의해 기판(W)으로 가속되어 기판(W)에 대한 플라즈마 처리공정이 수행된다.

[0160] 이때, 상기 제2 고주파 전원(HF2)도 기판(W) 및 포커스 링(300)을 투과하면서 감쇄되어 서로 다른 세기를 갖는 전송신호로 형성될 수 있다. 그러나, 식(6)에 나타난 바와 같이 교류전원의 감쇄계수는 주파수의 제곱근에 비례하므로 제1 고주파 전원(HF1)의 감쇄계수와 비교하여 무시할 수 있다. 이에 따라, 기판(W)의 중앙부(C)와 주변부(E)에서 하전입자의 가속도는 균일하게 유지될 수 있다.

[0161] 상기 제3 파워소스(830)는 기판(W)을 고정하기 위한 고정수단(SM)인 전극으로 직류전원을 인가하여 정전기력을 생성하고 상기 기판(W)은 고정전극의 정전기력에 의해 척 어셈블리(500)의 상부에 고정된다.

[0162] 선택적으로, 포커스 링(300)의 복합 도전막(50)과 연결되는 제4 파워소스(840)를 더 포함할 수 있다.

[0163] 예를 들면, 상기 유전막(30)을 관통하여 제1 도전막(10)과 접촉하는 전극라인(미도시)을 더 배치하고 상기 전극라인을 통하여 상기 제1 도전막(10)에 직류전압(DCV)을 인가할 수 있다.

[0164] 제2 고주파 전원(HF2)에 의해 플라즈마의 하전입자가 기판으로 가속될 때, 상기 포커스 링(300)의 제1 도전막(10)으로 직류전압(DCV)을 인가하여 가속되는 하전입자의 직진성을 개선할 수 있다. 이에 따라, 기판의 경사식각에 의한 식각불량을 용이하게 방지할 수 있다.

[0165] 본 실시예에서는 제1 도전막(10)에 직류전압(DCV)이 인가되는 것을 개시하고 있지만, 하전입자의 직진성을 개선할 수 있다면 제2 도전막(20)에도 인가될 수 있음은 자명하다. 마찬가지로, 상기 직류전압(DCV)은 제1 및 제2 도전막(10, 20)에 동시에 인가될 수도 있다.

[0166] 이에 따라, 플라즈마를 생성하기 위한 제1 고주파 전원(HF1)이 기판과 포커스 링을 투과하는 동안 발생하는 전송손실의 차이를 최소화한다. 이에 따라, 기판의 중앙부와 주변부에서 플라즈마를 생성하는 신호의 세기차이를 최소화하여 플라즈마 밀도를 균일하게 생성할 수 있다. 이에 따라, 기판(W)에 대한 식각 균일도를 높일 수 있다.

[0167] 상술한 바와 같은 본 발명의 일실시예에 의한 포커스 링 및 이를 구비하는 기판 고정용 척 어셈블리 및 플라즈마 처리장치에 의하면, 유전막과 작은 비저항과 두께를 갖는 제1 도저막 및 큰 비저항과 두께를 갖는 제2 도전막이 적층된 복합 도전막으로 구성된 포커스 링을 제공한다.

[0168] 유전막은 기판 하부에 위치하는 유전판과 동일한 커패시터를 갖도록 두께와 유전율이 설정되고 제1 도전막은 기판을 투과하는 고주파 전원의 감쇄량에 근접한 감쇄량을 갖도록 설정된 두께와 비저항을 갖는다. 제1 도전막의 상부에는 제1 도전막을 투과한 고주파 전원이 추가적인 감쇄없이 투과할 수 있도록 큰 비저항을 갖는 제2 저항막을 배치한다.

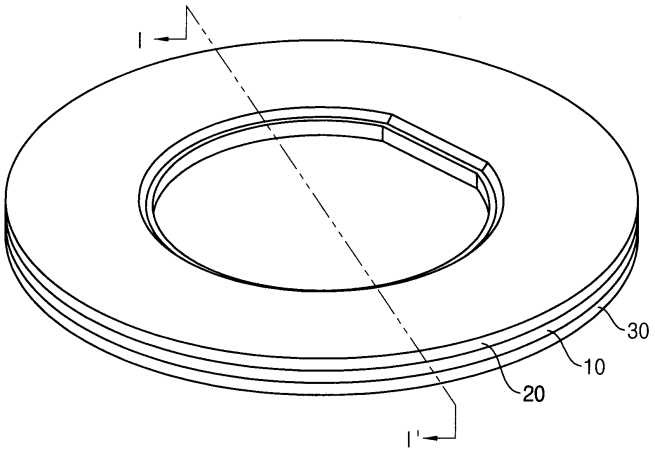
[0169] 이에 따라, 척 어셈블리에서 기판의 상부와 포커스 링의 상부에서 플라즈마 생성용 에너지의 차이를 최소화하여 플라즈마 균일성을 높이고 기판의 주변부에 대한 플라즈마 처리에 대한 공정불량을 방지할 수 있다.

[0170] 특히, 대구경 웨이퍼에 대해 플라즈마 공정을 수행하는 경우, 웨이퍼의 중앙부와 주변부에 대한 증착속도나 식각속도를 균일하게 유지함으로써 웨이퍼 주변부에 대한 수율을 현저하게 향상할 수 있다.

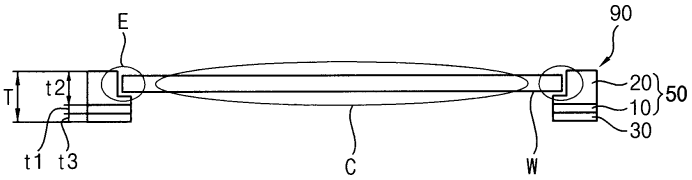
[0171] 상기에서는 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허 청구 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

도면

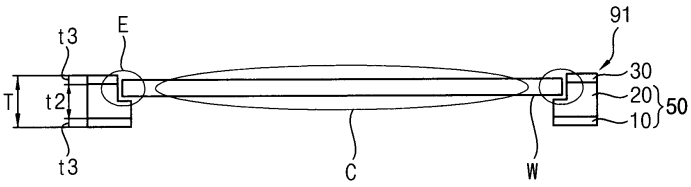
도면1



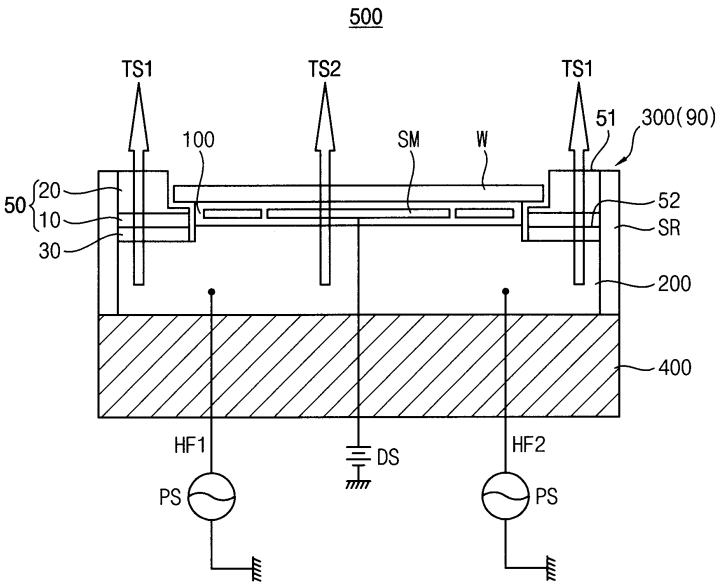
도면2



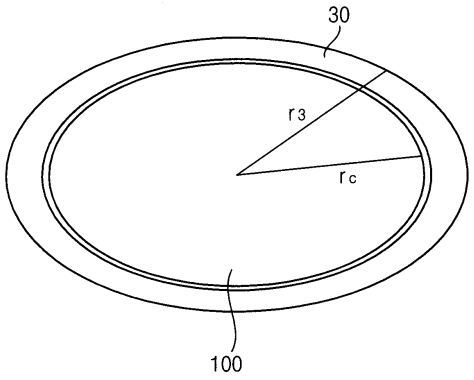
도면3



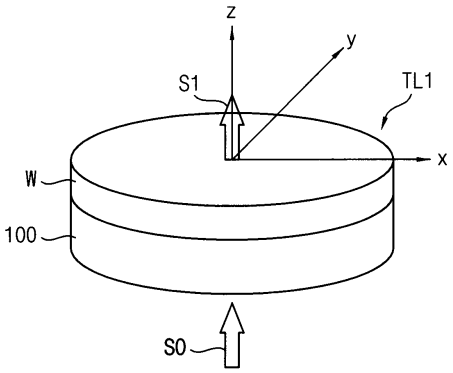
도면4


500
TS1
TS2
TS1
100
SM
W
51
300(90)
50
20
10
30
52
SR
200
400
HF1
DS
HF2
PS
PS

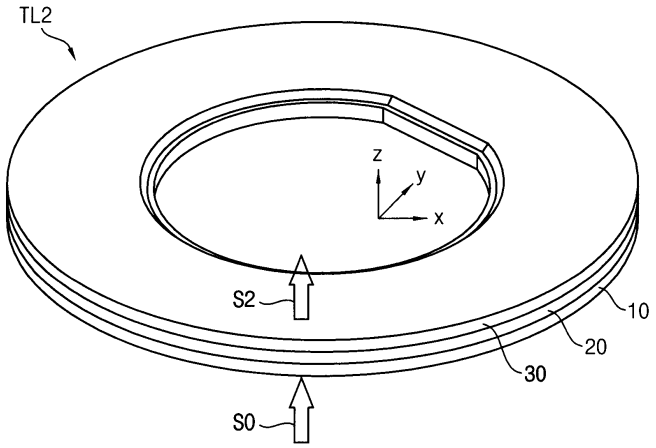
도면5


30
r3
rc
100

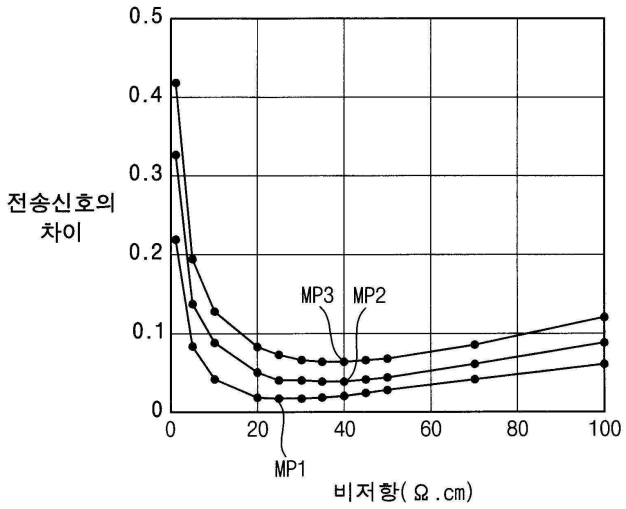
도면6a


z
y
S1
TL1
x
W
100
S0

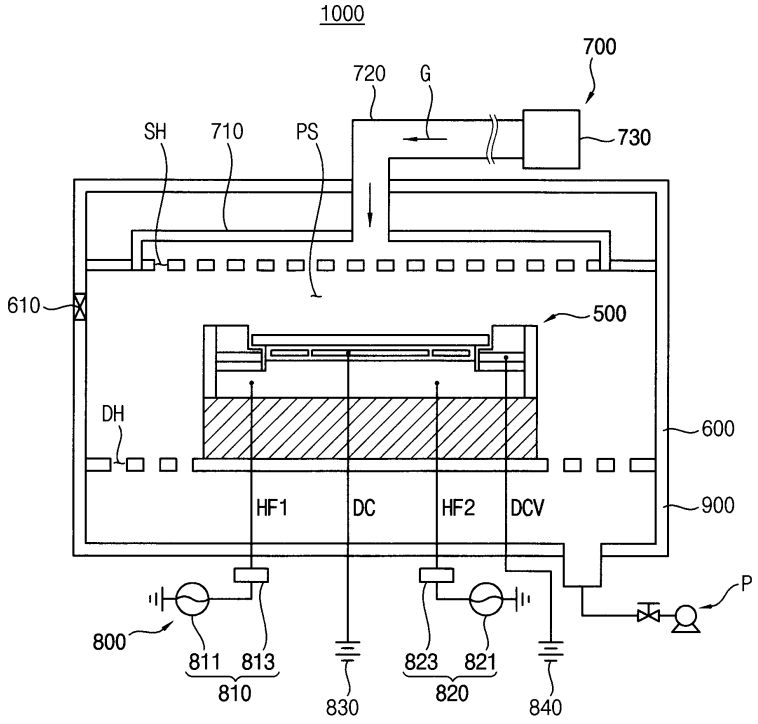
도면6b


TL2
z
y
x
S2
10
20
30
S0

도면7


0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
전송신호의
차이
MP3
MP2
MP1
0
20
40
60
80
100
비저항(Ω.cm)

도면8


1000
700
720
G
SH
710
PS
730
610
500
DH
600
HF1
DC
HF2
DCV
900
P
800
811
813
810
830
823
821
820
840