



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년06월27일
(11) 등록번호 10-1872076
(24) 등록일자 2018년06월21일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/02 (2006.01) *H01L 21/205* (2006.01)
H01L 21/3065 (2006.01) *H01L 21/683* (2006.01)
H05H 1/46 (2006.01)

(52) CPC특허분류
H01L 21/02315 (2013.01)
H01L 21/0234 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2015-0154315
(22) 출원일자 2015년11월04일
 심사청구일자 2016년03월10일
(65) 공개번호 10-2016-0053812
(43) 공개일자 2016년05월13일
(30) 우선권주장
 JP-P-2014-225230 2014년11월05일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문현
 JP2012209468 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
도쿄엘렉트론가부시키가이샤
일본 도쿄도 미나토구 아카사카 5초메 3반 1고

(72) 발명자
야마와쿠 준
일본 야마나시켄 니라사키시 후지이쵸 기타게죠
2381-1 도쿄엘렉트론야마나시가부시키가이샤 내
마츠도 다쓰오
일본 야마나시켄 니라사키시 호사카쵸 미즈자와
650 도쿄엘렉트론야마나시가부시키가이샤 내
고시미즈 치시오
일본 야마나시켄 니라사키시 호사카쵸 미즈자와
650 도쿄엘렉트론야마나시가부시키가이샤 내

(74) 대리인
제일특허법인

제일특허법인

전체 청구항 수 : 총 7 항

심사관 : 오준철

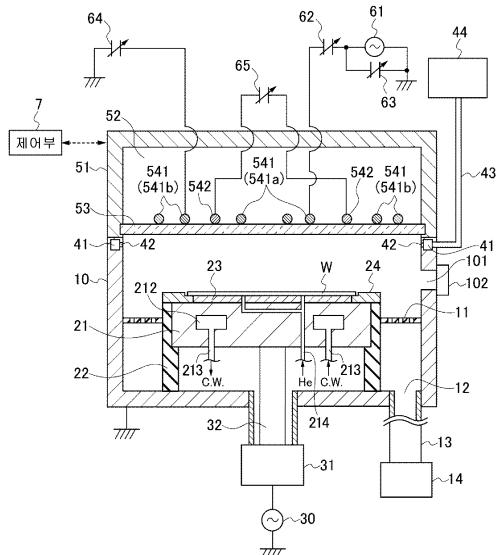
(54) 발명의 명칭 플라즈마 처리 장치

(57) 요약

(과제) 피처리 기판에 대하여 플라즈마 처리를 행하는 플라즈마 처리 장치에 있어서, 플라즈마 밀도의 면 내 분포를 조정할 수 있는 기술을 제공한다.

(해결 수단) 처리 용기(1) 내의 탑재대(21)상에 탑재된 피처리 기판 Ⅵ에 대하여, 처리 가스를 플라즈마화하여 처리(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



리를 행하는 플라즈마 처리 장치는, 유도 결합에 의해 처리 가스를 플라즈마화하는 플라즈마 발생부를 구비한다. 플라즈마 발생부의 제 1 고주파 안테나(541)는, 양단에 개방단을 갖고, 고주파의 주파수에 대응하는 공진 주파수를 갖는 소용돌이 코일로 이루어지고, 그 중앙부에 고주파의 공급점과, 콘덴서(64)를 통해서 접지점을 구비한다. 제 2 고주파 안테나(542)는, 소용돌이 코일로 이루어지고, 제 1 고주파 안테나(541)를 구성하는 고주파 안테나 소자(541a, 541b)의 사이에 배치된다. 임피던스 조정부(62~65)는, 양 고주파 안테나 소자(541a, 541b)에 서로 상이한 공진 주파수를 갖게 한다.

(52) CPC특허분류

H01L 21/205 (2013.01)

H01L 21/3065 (2013.01)

H01L 21/683 (2013.01)

H05H 1/46 (2013.01)

H01L 2021/60187 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

처리 용기 내에서 피처리 기판에 대하여 플라즈마 처리를 행하는 플라즈마 처리 장치에 있어서,
 상기 처리 용기 내에 마련되고, 피처리 기판이 탑재되는 탑재대와,
 상기 처리 용기 내에 처리 가스를 공급하는 처리 가스 공급부와,
 상기 처리 용기 내의 진공 배기를 행하는 배기부와,
 상기 탑재대에 대향하여 유전체창을 개재하여 배치되고, 처리 용기 내에 공급된 처리 가스를 유도 결합에 의해
 플라즈마화하기 위한 고주파 안테나를 구비한 플라즈마 발생부와,
 상기 고주파 안테나가 배치되는 공간을 둘러싸는 실드 부재
 를 구비하고,
 상기 플라즈마 발생부는,
 내측과 외측에 개방단(開放端)을 갖는 소용돌이 코일로 이루어지고, 이를 개방단의 사이의 선로의 중앙부에, 고
 주파 전원으로부터 공급되는 고주파의 공급점과, 콘덴서를 통해서 접지점을 구비하고, 상기 고주파의
 주파수에 대응하는 공진 주파수를 갖고, 상기 내측 또는 외측의 한쪽의 개방단으로부터, 상기 고주파의 공급점
 까지의 소용돌이 코일로 이루어지는 제 1 고주파 안테나 소자와, 상기 한쪽과는 별도의 다른 쪽의 개방단으로부
 터, 상기 접지점까지의 소용돌이 코일로 이루어지는 제 2 고주파 안테나 소자를 더 구비하는 제 1 고주파 안테
 나와,
 상기 제 1 고주파 안테나를 상면측으로부터 보았을 때, 상기 제 1 고주파 안테나 소자와 상기 제 2 고주파 안테
 나 소자의 사이에 배치된 면 형상의 소용돌이 코일로 이루어지는 제 2 고주파 안테나와,
 상기 제 2 고주파 안테나의 양단에 접속된 가변 콘덴서 및 상기 제 2 고주파 안테나 소자에 접속된 콘덴서를 포
 함하고, 상기 고주파 전원으로부터 제 1 고주파 안테나측을 보았을 때의 회로의 공진 주파수를 조정하기 위한
 임피던스 조정부
 를 구비하고,
 상기 고주파 전원으로부터 제 1 고주파 안테나측을 보았을 때의 회로는, 고주파의 주파수를 바꾸어 갔을 때에,
 상기 임피던스 조정부의 조정에 따른 제 1 공진 주파수 및 제 2 공진 주파수가 나타나도록 구성되어 있으며,
 상기 제 1 고주파 안테나 소자의 단부인 공급점과 상기 제 2 고주파 안테나 소자의 단부인 접지점 사이가 상기
 제 1 고주파 안테나의 소용돌이 코일의 일부를 구성하는 도선인 접속부에 의해 접속되어 있는
 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 고주파 안테나 소자와, 제 2 고주파 안테나 소자는, $\{\lambda (\lambda \text{는 고주파의 파장})/4\} + \{n (n \text{은 자연수}) \lambda /2\}$ 에 단축률을 곱한 선로 길이를 갖는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 장치.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 임피던스 조정부는, 가변 콘텐서군을 포함하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 장치.

청구항 4

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 제 2 고주파 안테나는, 상기 제 1 고주파 안테나와 동일한 높이 위치에 배치되어 있는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 장치.

청구항 5

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 제 2 고주파 안테나는, 상기 제 1 고주파 안테나와 상이한 높이 위치에 배치되어 있는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 장치.

청구항 6

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 제 1 공진 주파수와 상기 제 2 공진 주파수가 서로 상이한 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 장치.

청구항 7

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 임피던스 조정부는 상기 제 1 고주파 안테나와 상기 실드 부재 사이의 거리를 변경하는 수단을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은, 처리 가스를 여기시켜 피처리 기관에 대하여 처리를 행하는 플라즈마 처리 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 반도체 제조 프로세스의 하나로서 처리 가스를 플라즈마화하여 에칭, 성막 처리 등을 행하는 플라즈마 처리가 있다. 예컨대 매엽식(枚葉式)의 플라즈마 처리 장치에 있어서는, 그 처리 종별에 따라, 기관의 면 방향에 있어서의 플라즈마 밀도 분포를 적절한 것으로 조정할 수 있도록 하는 것이 요구되고 있다. 이 요구는 구체적으로는 처리 용기 내의 구조에 근거하는 경우나 후처리에 있어서의 기관 면 내의 처리의 불균일에 대응하는 경우 등이 있고, 이 때문에, 플라즈마 밀도 분포를 기관의 면 내 전체에서 균일하게 처리하는 것에 한하지 않고, 기관의 중앙부와 주연부의 사이에서 플라즈마 밀도 분포에 차이를 두는 것 등도 들 수 있다.

[0003] 플라즈마 처리 장치에 있어서의 플라즈마의 발생 수법의 하나로서는, 예컨대 안테나에 고주파 전력을 공급하고, 처리 용기 내에 유도 전계를 발생시켜 처리 가스를 여기시키는 수법이 있다. 예컨대 특히 문헌 1에는, 고주파를 출력하는 고주파 안테나로서 코일 형상의 내측 안테나와, 내측 안테나와 동심이 되는 코일 형상의 외측 안테나를 마련하고, 각 안테나를 각각 고주파의 1/2 파장의 주파수로 공진시키는 구성이 기재되어 있다. 이 플라즈마 처리 장치에 의하면, 각 안테나에 의해 각각 원형 전장(電場)이 형성되기 때문에, 플라즈마의 밀도의 면 내 분포를 세밀하게 조정할 수 있지만, 내측 안테나와 외측 안테나에 각각 고주파 전원을 마련할 필요가 있다.

[0004] 또한, 특히 문헌 2에는, 플라즈마를 발생시키기 위한 평면 코일 형상의 RF 안테나와, 이 RF 안테나와 전자 유도에 의해 결합 가능한 위치에, RF 안테나가 발생시키는 RF 자계에 대하여 전자계적인 보정을 하기 위한 플로팅 코일을 마련한 플라즈마 처리 장치가 기재되어 있다. 그렇지만, 특히 문헌 2에는, 공통의 고주파 전원에 대하-

여 서로 병렬로 접속된 모노폴 안테나에 대한 고주파 전력의 분배를 조정하는 기술은 개시되어 있지 않다.

[0005] (선행 기술 문헌)

[0006] (특허 문헌)

[0007] (특허 문헌 1) 일본 특허 제 5227245호 공보 : 단락 0055~0062, 도 3~6

[0008] (특허 문헌 2) 일본 특허 공개 2011-119659호 공보 : 단락 0045, 도 1, 2

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 이와 같은 사정을 감안하여 이루어진 것이고, 그 목적은, 고주파 안테나를 이용하여 플라즈마를 발생시켜, 피처리 기판에 대하여 처리를 행하는 플라즈마 처리 장치에 있어서, 플라즈마 밀도의 면 내 분포를 조정할 수 있는 기술을 제공하는 것에 있다.

과제의 해결 수단

[0010] 본 발명과 관련되는 플라즈마 처리 장치는, 처리 용기 내에서 피처리 기판에 대하여 플라즈마 처리를 행하는 플라즈마 처리 장치에 있어서, 상기 처리 용기 내에 마련되고, 피처리 기판이 탑재되는 탑재대와, 상기 처리 용기 내에 처리 가스를 공급하는 처리 가스 공급부와, 상기 처리 용기 내의 진공 배기를 행하는 배기부와, 상기 탑재대에 대향하여 유전체창을 개재하여 배치되고, 처리 용기 내에 공급된 처리 가스를 유도 결합에 의해 플라즈마화하기 위한 고주파 안테나를 구비한 플라즈마 발생부와, 상기 고주파 안테나가 배치되는 공간을 둘러싸는 실드부재를 구비하고, 상기 플라즈마 발생부는, 내측과 외측에 개방단을 갖는 소용돌이 코일로 이루어지고, 이를 개방단의 사이의 선로의 중앙부에, 고주파 전원으로부터 공급되는 고주파의 공급점과, 콘덴서를 통해서 접지되는 접지점을 구비하고, 상기 고주파의 주파수에 대응하는 공진 주파수를 갖고, 상기 내측 또는 외측의 한쪽의 개방단으로부터, 상기 고주파의 공급점까지의 소용돌이 코일로 이루어지는 제 1 고주파 안테나 소자와, 상기 한쪽과는 별도의 다른 쪽의 개방단으로부터, 상기 접지점까지의 소용돌이 코일로 이루어지는 제 2 고주파 안테나 소자를 더 구비하는 제 1 고주파 안테나와, 상기 제 1 고주파 안테나를 상면측으로부터 보았을 때, 상기 제 1 고주파 안테나 소자와 상기 제 2 고주파 안테나 소자의 사이에 배치된 면 형상의 소용돌이 코일로 이루어지는 제 2 고주파 안테나와, 상기 제 2 고주파 안테나의 양단에 접속된 가변 콘덴서 및 상기 제 2 고주파 안테나 소자에 접속된 콘덴서를 포함하고, 상기 고주파 전원으로부터 제 1 고주파 안테나측을 보았을 때의 회로의 공진 주파수를 조정하기 위한 임피던스 조정부를 구비하고, 상기 고주파 전원으로부터 제 1 고주파 안테나측을 보았을 때의 회로는, 고주파의 주파수를 바꾸어 갔을 때에, 상기 임피던스 조정부의 조정에 따른 제 1 공진 주파수 및 제 2 공진 주파수가 나타나도록 구성되어 있는 것을 특징으로 한다.

[0011] 상기 플라즈마 처리 장치는 이하의 특징을 구비하고 있더라도 좋다.

[0012] (a) 상기 제 1 고주파 안테나 소자와, 제 2 고주파 안테나 소자는, $\{\lambda (\lambda \text{는 고주파의 파장})/4\} + \{n (n \text{은 자연수}) \lambda/2\}$ 에 단축률을 곱한 선로 길이를 갖는 것.

[0013] (b) 상기 임피던스 조정부는, 가변 콘덴서군을 포함하는 것.

[0014] (c) 상기 제 2 고주파 안테나는, 상기 제 1 고주파 안테나와 동일한 높이 위치에 배치되어 있는 것. 또는 상기 제 2 고주파 안테나는, 상기 제 1 고주파 안테나와 상이한 높이 위치에 배치되어 있는 것.

발명의 효과

[0015] 제 1 고주파 안테나를 구성하는 제 1, 제 2 고주파 안테나 소자의 사이에 제 2 고주파 안테나를 배치하고, 이들의 안테나 소자가 서로 상이한 공진 주파수를 갖도록, 임피던스 조정부를 이용하여 조절하는 것에 의해, 각 고주파 안테나 소자에 공급되는 고주파 전력의 분배를 변화시킬 수 있다. 이 결과, 처리 용기 내에 형성되는 플라즈마 밀도 분포를 변화시켜, 웨이퍼 W의 처리의 진행을 면 내에서 조정할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0016] 도 1은 본 발명의 실시의 형태와 관련되는 플라즈마 처리 장치의 종단 측면도이다.

도 2는 상기 플라즈마 처리 장치에 마련되어 있는 플라즈마 발생부의 모식도이다.

도 3은 흡수 코일을 구비하지 않는 헬리컬 안테나의 설명도이다.

도 4는 상기 플라즈마 발생부의 변형예를 나타내는 모식도이다.

도 5는 플라즈마 발생부의 주파수 특성도이다.

도 6은 플라즈마 발생부를 이용하여 발생시킨 플라즈마의 밀도 분포를 나타내는 설명도이다.

도 7은 플라즈마 발생부를 이용하여 발생시킨 플라즈마의 상태를 나타내는 설명도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0017]

본 발명의 실시의 형태에 있어서의 플라즈마 처리 장치에 대하여 설명한다. 도 1에는, 퍼처리 기판인 웨이퍼 W의 에칭을 행하는 플라즈마 에칭 장치에, 본 발명의 플라즈마 처리 장치를 적용한 예를 나타내고 있다.

[0018]

플라즈마 에칭 장치는, 접지된 알루미늄이나 스테인리스 등의 도전체로 이루어진 처리 용기(10)를 구비하고, 처리 용기(10)의 측면에는 게이트 밸브(102)에 의해서 개폐되고, 웨이퍼 W의 반입출구(101)가 마련되어 있다.

[0019]

처리 용기(10)의 저면측의 중앙부에는, 처리 대상의 웨이퍼 W가 탑재되는 탑재대와, 플라즈마 중의 이온의 인입용(바이어스용)의 전극을 겹하는 원판 형상의 서셉터(21)가 마련되어 있다. 서셉터(21)는, 절연체로 이루어지는 원통 형상의 서셉터 지지부(22)에 의해 지지됨과 아울러, 급전봉(32) 및 정합기(31)를 통해서 바이어스용의 고주파 전원(30)이 접속되어 있다. 고주파 전원(30)으로부터는, 예컨대 13.56MHz의 고주파 전력이 공급된다.

[0020]

서셉터(21)의 상면에는, 웨이퍼 W를 정전 흡착력으로 유지하기 위한 정전 척(23)이 마련되고, 정전 척(23)의 외주측에는, 웨이퍼 W의 주위를 둘러싸는 포커스 링(24)이 마련되어 있다.

[0021]

또한 서셉터(21)의 내부에는, 냉매, 예컨대 냉각수(C. W.)를 통류시켜 웨이퍼 W의 온도 제어를 행하기 위한 냉매 유로(212)가 마련되어 있다. 냉매 유로(212)는, 배관(213)을 통해서 도시하지 않는 칠러 유닛과 접속되고, 해당 칠러 유닛으로부터 온도 조절된 냉각수가 공급된다. 또한 서셉터(21)의 내부에는, 정전 척(23)과 웨이퍼 W의 사이에, 전열 가스로서 예컨대 He 가스를 공급하기 위한 가스 공급로(214)가 마련되어 있다. 가스 공급로(214)는 정전 척(23)을 관통하고, 그 말단은 정전 척(23)의 상면에 개구하고 있다.

[0022]

이들에 더하여, 서셉터(21)에는, 서셉터(21)를 상하 방향으로 관통하고, 정전 척(23)의 상면으로부터 드나들면서 외부의 반송 암(도시하지 않음)과의 사이에서 웨이퍼 W의 수수를 행하기 위한 도시하지 않는 승강 펀이 마련되어 있다.

[0023]

또한 서셉터(21)의 주위와 처리 용기(10)의 내벽의 사이에는, 다수의 펀치 구멍이 형성된 펀칭 플레이트로 이루어지는 고리 형상의 배플판(11)이 마련되어 있다. 이 배플판(11)의 아래쪽에 위치하는 처리 용기(10)의 저면에는 배기구(12)가 형성되고, 배기구(12)는 배기관(13)을 통해서 진공 배기 기구(14)에 접속되어 있다. 이를 배기구(12)나 배기관(13), 진공 배기 기구(14)는, 본 실시의 형태의 배기부를 구성한다.

[0024]

그 다음, 반입출구(101)의 위쪽의 처리 용기(10)의 측벽 내에는, 해당 측벽의 둘레 방향을 따라서 처리 가스 공급로(41)가 형성되어 있다. 처리 가스 공급로(41)가 형성되어 있는 영역의 처리 용기(10)의 내벽면에는, 해당 처리 가스 공급로(41)에 연통하는 복수의 처리 가스 공급 구멍(42)이, 서로 간격을 두고 형성되고 있다. 또한 상기 처리 가스 공급로(41)에는, 처리 가스 공급관(43)을 통해서, 예컨대 CF₄ 가스나 C₄F₈ 가스, 염소 가스 등의 예칭 가스인 처리 가스를 공급하기 위한 처리 가스 공급 기구(44)가 접속되어 있다. 처리 가스 공급로(41), 처리 가스 공급 구멍(42), 처리 가스 공급관(43)이나 처리 가스 공급 기구(44)는, 본 실시의 형태의 처리 가스 공급부에 상당한다.

[0025]

처리 용기(10)의 천판 부분에는, 예컨대 석영판 등의 유전체로 구성된 유전체창(53)이 기밀(氣密)로 마련되어 있다. 유전체창(53)의 위쪽의 공간은, 도전체로 이루어진 용기인 실드 박스(51)에 의해 덮이고, 이를 유전체창(53)과 실드 박스(51)로 둘러싸인 공간은, 플라즈마 발생용의 안테나(541, 542)를 수용하는 안테나실(52)이 된다. 처리 용기(10) 위에 배치된 실드 박스(51)는, 해당 처리 용기(10)를 통해서 접지되어 있다.

[0026]

이하, 도 2를 참조하면서, 처리 가스를 플라즈마화하는 안테나(541, 542)를 구비한 플라즈마 발생부의 구성에 대하여 설명한다.

- [0027] 제 1 고주파 안테나인 헬리컬 안테나(541)는, 동일 평면 내에서 도선을 소용돌이 형상(도 2의 예에서는 상면측으로부터 보아 반시계방향)으로 감아서 이루어지는 면 형상의 소용돌이 코일로 구성된다.
- [0028] 도 3(a), (b)를 참조하면서 상기 헬리컬 안테나(541)의 구성, 및 작용의 개략에 대하여 설명하여 둔다. 도 3(a)는 후술하는 임피던스 조정용의 가변 콘덴서(62~64)를 생략한 헬리컬 안테나(541)의 모식도를 나타내고 있다.
- [0029] 헬리컬 안테나(541)는, 소용돌이 코일의 내측 부분을 이루는 내측 안테나 소자(541a)와, 상면측으로부터 보았을 때 내측 안테나 소자(541a)의 외측에 배치되고, 상기 소용돌이 코일의 외측 부분을 이루는 외측 안테나 소자(541b)를 접속한 구조로 되어 있다.
- [0030] 내측 안테나 소자(541a)의 내종단(內終端)을 일단부(一端部)라고 부를 때, 해당 일단부는 개방단(開放端)으로 되어 있는 한편, 외측 안테나 소자(541b)와 접속되는 타단부(他端部)측에는 고주파 전원(61)이 접속되어 있다. 이것에 비하여 외측 안테나 소자(541b)의 외주단(外周端)을 일단부라고 부를 때, 해당 일단부는 개방단으로 되어 있는 한편, 내측 안테나 소자(541a)와 접속되는 타단부측은 접지되어 있다(도 3에 있어서는, 실드 박스(51)를 통해서 접지된 상태를 나타내고 있다).
- [0031] 이들 내측 안테나 소자(541a), 외측 안테나 소자(541b)는, 고주파 전원(61)으로부터 인가되는 주파수 f 의 고주파의 파장 λ 에 대하여, $[(\lambda/4)+n \cdot (\lambda/2)]$, 단, n 은 0을 포함하는 자연수」의 선로 길이를 갖고 있다. 또, 도 2나 도 3(a) 등에 있어서는, 도시의 편의상, 내측 안테나 소자(541a)와 외측 안테나 소자(541b)의 선로 길이가 상이하게 보이지만, 실제로는 상술한 요건을 만족시키는 선로 길이로 되어 있다.
- [0032] 또한, 내측 안테나 소자(541a)와 외측 안테나 소자(541b)의 타단부측끼리는, 소용돌이 코일의 일부를 구성하는 도선인 접속부(541c)를 통해서 접속되어 있다.
- [0033] 상술한 구성을 구비한 헬리컬 안테나(541)에 대하여, 고주파 전원(61)으로부터 파장 λ 의 고주파를 인가하면, 내측 안테나 소자(541a)와 실드 박스(51)의 사이, 외측 안테나 소자(541b)와 실드 박스(51)의 사이에 각각 용량 결합 C가 발생한다. 이 결과, 고주파 전원(61)으로부터 공급되는 고주파 전력의 파장 λ (주파수 f)의 근방에 공진 주파수를 갖고, 고주파 전원(61)에 대하여 별별 접속된 모노폴 안테나가 구성된다(도 3(b)), 동 도면에는 $n=0$ 인 경우($\lambda/4$)를 나타내고 있다).
- [0034] 여기서, 실제의 안테나 소자(541a, 541b)의 선로 길이는, 염밀하게 $\lambda/4$ 의 값과 일치하고 있지 않더라도 좋다. 안테나 설계에 있어서, 모노폴 안테나의 선로 길이는, 전자파의 파장에 대하여 단축률을 곱한 값으로 설정된다. 본 실시의 형태에 있어서, 단축률은, 소용돌이 코일의 감는 방법이나 안테나 소자(541a, 541b)가 배치되는 주위의 상황의 영향을 받아 변화한다. 따라서, 본 실시의 형태에 있어서 안테나 소자(541a, 541b)가 「 $\lambda/4$ 에 대응하는 선로 길이를 갖는다」란, 단축률의 영향을 고려하여 선로 길이가 대략 $\lambda/4$ 로 설정된 결과, 안테나 소자(541a, 541b)가, 파장 λ 에 대응하는 공진 주파수를 갖고 있는 경우를 포함하고 있다.
- [0035] 여기서, 내측 안테나 소자(541a), 외측 안테나 소자(541b)와, 접지판을 이루는 실드 박스(51)의 거리(예컨대 실드 박스(51)의 천판과의 거리) h 는, 모노폴 안테나인 내측 안테나 소자(541a), 외측 안테나 소자(541b)의 단축률을 조정하는 변수가 된다. 따라서, 이 거리 h 를 조절하는 것에 의해, 내측 안테나 소자(541a), 외측 안테나 소자(541b)의 공진 주파수를 변화시킬 수 있다.
- [0036] 또한, 고주파 전원(61)과 접지단의 사이에 배치되는 접속부(541c)의 선로 길이는, 반사율을 조정하는 변수가 된다. 따라서, 접속부(541c)는, 정합 회로로서의 역할을 하고 있다.
- [0037] 그리고, 진공 배기된 처리 용기(10) 내에 처리 가스를 공급하고, 고주파 전원(61)으로부터 헬리컬 안테나(541)(내측 안테나 소자(541a), 외측 안테나 소자(541b))에 고주파 전력을 인가하면, 공진 주파수로 내측 안테나 소자(541a), 외측 안테나 소자(541b)에 효율적으로 고주파 전력이 공급된다. 이 결과, 유전체창(53)을 통해서 처리 용기(10) 내에 고주파 자계가 형성되고, 이 자계의 형성에 수반하여 유기(誘起)되는 고주파 전계에 의해 처리 가스가 플라즈마화한다.
- [0038] 이상에 설명한 관점에 있어서, 헬리컬 안테나(541)는 본 실시의 형태의 제 1 고주파 안테나를 구성한다. 또한 내측 안테나 소자(541a)는, 제 1 고주파 안테나 소자를 구성하고, 외측 안테나 소자(541b)는 제 2 고주파 안테나 소자를 구성하고 있다.
- [0039] 이상에 설명한 구성을 의하면, 별별 접속된 모노폴 안테나로서 헬리컬 안테나(541)를 작용시켜, 처리 용기(10) 내에 플라즈마를 형성할 수 있다. 한편, 헬리컬 안테나(541)에 있어서는 내측 안테나 소자(541a) 및 외측 안테

나 소자(541b)로의 고주파 전력의 분배비가 고정되어 버리므로, 서셉터(21) 위에 탑재된 웨이퍼 W에 대하여, 플라즈마 밀도의 분포를 조절할 수 없다.

[0040] 여기서 발명자들은, 병렬 접속된 모노폴 안테나인 내측 안테나 소자(541a), 외측 안테나 소자(541b)의 사이에, 전기적으로 뜬 상태의 흡수 안테나(흡수 코일)(542)를 배치하고, 임피던스 조정을 행하는 것에 의해, 이들 내측 안테나 소자(541a), 외측 안테나 소자(541b)로의 고주파 전력의 분배를 변화시키는 것이 가능하게 되는 것을 찾아냈다.

[0041] 이하, 흡수 안테나(542) 및 임피던스 조정용의 가변 콘덴서군을 구비하는 플라즈마 발생부의 구성에 대하여 도 2를 참조하면서 설명한다.

[0042] 도 2에 나타내는 바와 같이, 본 예의 헬리컬 안테나(541)에 있어서는, 고주파 전원(61)에 접속된 내측 안테나 소자(541a)의 타단부와, 접지된 외측 안테나 소자(541b)의 타단부가, 소용돌이의 지름 방향으로 어긋난 위치에 배치되어 있다. 이 결과, 내측 안테나 소자(541a)와 외측 안테나 소자(541b)는, 지름 방향으로 떨어진 위치에 배치되고, 그 사이에는 흡수 안테나(542)를 배치하기 위한 스페이스가 형성된다. 그리고, 이들의 타단부끼리는, 상기 지름 방향으로 연장되는 선로부를 갖는 접속부(541c)에 의해 접속되어 있다.

[0043] 고주파 전원(61)은, 예컨대 중심 주파수가 27MHz 이고, 임피던스 조정에 따라 $\pm 1\text{MHz}$ 의 범위에서 주파수를 변화시킬 수 있다. 또한 고주파 전원(61)측에는, 고주파 전원(61)과 내측 안테나 소자(541a)의 사이에 직렬로 접속된 제 1 가변 콘덴서(62), 및 고주파 전원(61)의 접지단과 제 1 가변 콘덴서(62)의 사이에, 고주파 전원(61)과 병렬로 접속된 제 2 가변 콘덴서(63)가 마련되어 있다.

[0044] 또한, 외측 안테나 소자(541b)의 타단은, 도 3(a)에 나타낸 실드 박스(51) 대신에, 가변 콘덴서로 이루어지는 제 3 가변 콘덴서(64)를 통해서 접지되어 있다.

[0045] 이상에 설명한 제 1~제 3 가변 콘덴서(62~64)(가변 콘덴서군)는, 본 실시의 형태의 임피던스 조정부를 구성하고 있다. 본 예에 있어서는, 임피던스 조정부를 구성하는 제 1~제 3 가변 콘덴서(62~64)는, 주로 반사 조정용의 정합 회로로서 이용된다.

[0046] 상기 고주파 전원(61)의 중심 주파수의 파장 λ 에 대응하여, 각 안테나 소자(541a, 541b)는, $\lambda/4$ 에 대응하는 선로 길이를 구비한다. 안테나 소자(541a, 541b)의 권수(卷數)는, 각 안테나 소자(541a, 541b)의 배치 영역의 면적 등에 따라서, 적절히, 조정하더라도 좋다.

[0047] 이상의 설명을 정리하여 두면, 헬리컬 안테나(541)는 내측과 외측에 개방단을 갖고, 고주파 전원(61)으로부터 공급되는 고주파의 주파수에 대응하는 공진 주파수를 갖는 소용돌이 코일로 구성된다. 그리고 고주파 전원(61)으로부터의 고주파의 공급점과, 제 3 가변 콘덴서(64)를 통해서 접지되는 접지점은, 2개의 개방단의 사이의 선로의 중앙부에 마련되어 있다.

[0048] 또한 헬리컬 안테나(541)를 상면측으로부터 보았을 때, 내측의 개방단으로부터 고주파의 공급점까지의 내측 안테나 소자(541a)는 제 1 고주파 안테나 소자에 상당하고, 외측의 개방단으로부터 접지점까지의 외측 안테나 소자(541b)는 제 2 고주파 안테나 소자에 상당한다.

[0049] 또, 제 1, 제 2 고주파 안테나 소자의 배치는, 이 예로 한정되는 것은 아니다. 예컨대, 도 2에 있어서 고주파의 공급점과 접지점을 바꾸고, 외측의 개방단으로부터 고주파의 공급점까지의 외측 안테나 소자(541b)를 제 1 고주파 안테나 소자, 내측의 개방단으로부터 접지점까지의 내측 안테나 소자(541a)를 제 2 고주파 안테나 소자로 하더라도 좋다.

[0050] 지름 방향으로 떨어진 위치에 배치된 내측 안테나 소자(541a), 외측 안테나 소자(541b)의 사이에는, 이들의 안테나 소자(541a, 541b)로의 고주파 전력의 분배를 조절하기 위한 제 2 고주파 안테나인 흡수 안테나(542)가 배치되어 있다. 흡수 안테나(542)는, 동일 평면 내에서 도선을 등근 고리 형상으로 감아서 이루어지는 고리 형상 코일로 구성된다.

[0051] 상술한 흡수 안테나(542)를 구성하는 고리 형상 코일의 일단 및 타단은, 해당 고리 형상 코일의 중심으로부터의 거리가 거의 동일하게 되도록 구성되어 있다.

[0052] 단, 본 실시의 형태에 있어서 흡수 안테나(542)로서 이용 가능한 코일은, 권수가 1인 고리 형상 코일로 한정되는 것은 아니다. 권수가 1보다 큰 소용돌이 형상(예컨대 상면측으로부터 보아 시계방향)으로 도선을 감아서 이루어지는 면 형상의 소용돌이 코일을 이용하더라도 좋다.

- [0053] 본 발명에 있어서의 「면 형상의 소용돌이 코일」에는, 권수가 1인 고리 형상 코일 및 권수가 1보다 큰 소용돌이 코일의 양쪽을 포함하고 있다.
- [0054] 흡수 안테나(542)의 일단 및 타단은, 공통의 제 4 가변 콘덴서(65)에 접속되어 있다. 그리고, 이들 흡수 안테나(542) 및 제 4 가변 콘덴서(65)에 의해 형성되는 회로는, 흡수 안테나(542) 및 제 3 가변 콘덴서(64)를 포함하는 회로와는 회로상의 접점을 갖지 않고, 전기적으로 뜯 상태로 되어 있다. 제 4 가변 콘덴서(65)는 플라즈마 발생부의 임피던스 조정부의 일부를 구성하고 있다. 본 예에 있어서는, 임피던스 조정부를 구성하는 제 4 가변 콘덴서(65)는, 주로 공진 주파수 조정용으로 이용된다.
- [0055] 상술한 구성을 구비한 플라즈마 발생부에 있어서, 임피던스 조정부를 이루는 제 1~제 4 가변 콘덴서(62~65)의 각 용량을 적절히 조절하고, 공통의 고주파 전원(61)으로부터 공급되는 고주파 전력의 주파수를 변화시켜 가면, 서로 상이한 2개의 공진 주파수가 나타나는 것을 알았다(후술하는 실시예 참조). 이들의 공진 주파수가 나타나는 위치는, 임피던스 조정부의 각 용량의 설정에 의해 조정할 수 있다.
- [0056] 이들의 공진 주파수에 대하여, 내측 안테나 소자(541a), 외측 안테나 소자(541b)에 공급되는 고주파 전력의 손실을 적게 하는 관점에서는, 공진 주파수간의 주파수 차이를 작게 하는 것이 바람직하다. 또한, 각 내측 안테나 소자(541a), 외측 안테나 소자(541b)로의 고주파 전력의 분배비는, 예컨대 접속부(541c)에 있어서의 반사율을 조정하는 것에 의해 제어할 수 있다. 또한, 흡수 안테나(542)에 마련된 제 4 가변 콘덴서(65)는, 흡수 안테나(542)에 흐르는 전류의 크기나 흐르는 방향을 조정하는 역할을 한다. 내측 안테나 소자(541a)와 외측 안테나 소자(541b)에 있어서는, 전류의 크기에 약간의 차이가 있기 때문에, 흡수 안테나(542)에 흐르는 전류와의 상호 작용에 의해, 이들의 안테나 소자(541a, 541b)에 의해 형성되는 플라즈마 밀도 분포를 변화시킬 수도 있다.
- [0057] 이상에 말한 흡수 안테나(542)를 이용하면, 공통의 고주파 전원(61)에 접속된 헬리컬 안테나(541)를 구성하는 내측 안테나 소자(541a), 외측 안테나 소자(541b), 및 흡수 안테나(542)에 대하여 분배되는 고주파 전력을 변화시켜, 처리 용기(10) 내에 형성되는 플라즈마 밀도 분포를 조절할 수 있다.
- [0058] 여기서, 고주파 전원(61)으로부터 공급된 고주파 전력이 내측 안테나 소자(541a), 외측 안테나 소자(541b), 및 흡수 안테나(542)에 분배되는 원리의 상세는 분명하지 않지만, 내측 안테나 소자(541a)와 흡수 안테나(542)의 사이나, 외측 안테나 소자(541b)와 흡수 안테나(542)의 사이에 용량 결합이 형성되는 결과는 아닐까 생각된다.
- [0059] 또 실험 결과에서도 설명하는 바와 같이, 2개의 공진 주파수 중, 어느 공진 주파수가 2개의 안테나 소자(541a, 541b)의 어느 쪽에 대응하는 것인지를 특정할 수 없다.
- [0060] 예컨대, 고주파 전원(61)으로부터 주파수 $27 \pm 1 MHz$ 의 고주파 전력을 공급할 때, 제 1~제 4 가변 콘덴서(62~65) (임피던스 조정부)의 각 용량을 조정하는 것에 의해, 2개의 공진 주파수가 나타나는 위치를 조절하는 것이 가능하게 된다. 이들의 가변 콘덴서(62~65)의 조정법으로서는, 흡수 안테나(542)측의 제 4 가변 콘덴서(65)의 용량을 변화시켜 공진 주파수를 변화시키면서, 제 1~제 3 가변 콘덴서(62~64)에서 반사를 조절하는 예를 들 수 있다.
- [0061] 또한 여기서, 2개의 공진 주파수가 나타나는 위치를 조정하는 것이 가능하면, 임피던스 조정부의 구성은 상술한 예로 한정되지 않는다. 예컨대 헬리컬 안테나(541)(내측 안테나 소자(541a), 외측 안테나 소자(541b))와 실드 박스(51)의 거리를 바꾸는 것에 의해 양자 사이의 용량이 바뀌므로, 이들의 거리를 변화시키는 것에 의해 2개의 공진 주파수를 조정하더라도 좋다. 그 경우에는, 승강 기구를 포함하는 헬리컬 안테나(541)의 높이 조정 기구를 마련하여 이들의 거리를 변화시키더라도 좋다. 또한, 실드 박스(51)에 전기적으로 접속된 승강 기구를 갖는 플레이트를 부설하고, 해당 플레이트와 헬리컬 안테나(541)의 거리를 변화시키더라도 좋다.
- [0062] 플라즈마 에칭 장치의 설명으로 돌아오면, 도 1에 나타내는 바와 같이 플라즈마 에칭 장치는, 전체의 동작을 통괄 제어하는 제어부(7)와 접속되어 있다. 제어부(7)는 도시하지 않는 CPU와 기억부를 구비한 컴퓨터로 이루어지고, 기억부에는 플라즈마 에칭 장치의 작용, 즉 처리 용기(10) 내로의 웨이퍼 W의 반입출이나 진공 배기, 처리 가스의 공급량 조절이나, 고주파 전원(61)으로부터의 고주파 전력의 공급, 임피던스 조정부의 용량 설정 등의 동작에 대한 스텝(명령)군이 편성된 프로그램이 기록되어 있다. 이 프로그램은, 예컨대 하드 디스크, 콤팩트 디스크, 마그넷 옵티컬 디스크, 메모리 카드 등의 기억 매체에 저장되고, 거기로부터 컴퓨터에 인스톨된다.
- [0063] 이상의 구성을 구비한 플라즈마 에칭 장치의 작용에 대하여 설명한다.
- [0064] 예컨대 처리 용기(10)에 인접하여 마련된 진공 반송실 내의 반송 암에 의해, 반입출구(101)를 통해서 처리 대상의 웨이퍼 W가 처리 용기(10) 내에 반입되면, 도시하지 않는 승강 편을 상승시켜, 반송 암으로부터 승강 편에

웨이퍼 W를 받는다. 처리 용기(10) 내로부터 반송 암이 퇴피하면, 게이트 밸브(102)가 닫히고, 또한 승강 펀을 강하시켜 정전 척(23)에 웨이퍼 W가 탑재된다.

[0065] 정전 척(23)에 직류 전력을 공급하면, 웨이퍼 W가 흡착 유지된다. 이때, 냉매 유로(212)에는 온도 조절된 냉각 수가 통류하고 있고, 가스 공급로(214)로부터 웨이퍼 W의 이면에 공급된 전열 가스를 통해서 웨이퍼 W의 온도 조정이 실행된다. 또한, 처리 용기(10) 내는, 진공 배기 기구(14)에 의해 배기구(12)를 통해서 진공 배기가 행해진다.

[0066] 처리 용기(10) 내가 소정의 압력이 되면, 진공 배기 기구(14)에 의한 진공 배기를 계속하면서, 처리 가스 공급 기구(44)로부터 처리 용기(10) 내에 처리 가스를 공급한다. 또한, 고주파 전원(61)으로부터 헬리컬 안테나(541)에 고주파 전력을 공급한다. 또한, 서셉터(21)에 대해서는, 고주파 전원(30)으로부터 바이어스용의 고주파 전력을 공급한다.

[0067] 헬리컬 안테나(541)에 고주파 전력을 공급하면, 흡수 안테나(542)의 작용을 받으면서 내측 안테나 소자(541a)와 외측 안테나 소자(541b)에 전력이 분배되고, 유전체창(53)을 통해서, 이들 내측 안테나 소자(541a), 외측 안테나 소자(541b), 흡수 안테나(542)의 아래쪽에 ICP 플라즈마가 형성된다.

[0068] 이때, 고주파 전원(61)으로부터 헬리컬 안테나(541)에 공급되는 고주파 전력의 주파수, 제 1~제 4 가변 콘덴서(62~65)의 용량은, 처리 레시피 등에 의해 미리 설정되어 있다. 이 결과, 내측 안테나 소자(541a), 외측 안테나 소자(541b), 및 흡수 안테나(542)의 아래쪽에는, 이들의 설정값에 대응한 소망하는 플라즈마 밀도 분포가 형성되고, 해당 플라즈마 밀도 분포에 대응하여, 처리 가스의 이온 등의 활성종의 농도 분포가 형성된다.

[0069] 이렇게 하여 얻어진 활성종이, 바이어스 전력의 작용에 의해, 서셉터(21)상의 웨이퍼 W로 끌어들여져, 웨이퍼 W의 표면에 도달하여 에칭 처리가 실행된다. 이때, 상술한 플라즈마 밀도 분포에 대응하는 활성종의 공급 농도 분포가 형성되어 있는 것에 의해, 웨이퍼 W의 면 내에서 에칭 처리의 진행 정도를 변화시킬 수 있다.

[0070] 또, 내측 안테나 소자(541a), 외측 안테나 소자(541b), 및 흡수 안테나(542)에 의해 형성되는 플라즈마 밀도 분포는, 웨이퍼 W의 면 내에서 불균일하게 되도록 조절하는 경우로 한정되지 않는다. 예컨대, 모노폴 안테나를 병렬 접속한, 내측 안테나 소자(541a), 외측 안테나 소자(541b)에 의해 형성되는 ICP 플라즈마의 플라즈마 밀도가 웨이퍼 W의 중앙부측과 외주측의 사이에서 불균일하게 되는 경우에, 흡수 안테나(542)를 이용하여 각 플라즈마 소자(541a, 541b) 사이의 고주파 전력의 분배를 조절하는 것에 의해, 내측 안테나 소자(541a), 외측 안테나 소자(541b)만을 이용한 경우의 플라즈마 밀도 분포의 불균일함을 해소하여, 웨이퍼 W의 면 내에서 균일한 처리를 행하더라도 좋은 것은 물론이다.

[0071] 소정의 시간만큼 웨이퍼 W의 에칭 처리를 실행하면, 처리 가스 공급 구멍(42)으로부터의 처리 가스의 공급, 및 고주파 전원(61, 30)으로부터의 고주파 전력의 공급을 정지한다. 그러한 후, 처리 용기(10) 내의 압력 조정을 행하고, 그 다음에 게이트 밸브(102)를 열어 반입시와는 반대의 순서로 반송 암에 웨이퍼 W를 수수하고, 처리 후의 웨이퍼 W를 처리 용기(10)로부터 반출한다.

[0072] 본 실시의 형태와 관련되는 플라즈마 에칭 장치(플라즈마 처리 장치)에 의하면 이하의 효과가 있다. 헬리컬 안테나(제 1 고주파 안테나)(541)를 구성하는 내측 안테나 소자(541a)와 외측 안테나 소자(541b)의 사이에 흡수 안테나(제 2 고주파 안테나)(542)를 배치하고, 이들의 안테나 소자(541a, 541b)가 서로 상이한 공진 주파수를 갖도록, 임피던스 조정부를 이용하여 조절하는 것에 의해, 각 고주파 안테나 소자(541a, 541b)에 공급되는 고주파 전력의 분배를 변화시킬 수 있다. 이 결과, 처리 용기(10) 내에 형성되는 플라즈마 밀도 분포를 변화시켜, 웨이퍼 W의 처리의 진행을 면 내에서 조정할 수 있다.

[0073] 여기서 헬리컬 안테나(541)(내측 안테나 소자(541a), 외측 안테나 소자(541b))와 흡수 안테나(542)는, 동일한 높이 위치에 배치하는 경우로 한정되지 않는다. 예컨대 도 4에 나타내는 바와 같이, 헬리컬 안테나(541)의 위쪽에 흡수 안테나(542)를 배치하더라도 좋고, 도 4에 나타내는 예와는 반대로 헬리컬 안테나(541)의 아래쪽에 흡수 안테나(542)를 배치하더라도 좋다. 이와 같이, 헬리컬 안테나(541)와 흡수 안테나(542)를 상하로 비키게 하여, 서로 간섭하지 않고 배치하는 경우에는, 흡수 안테나(542)를 배치하는 스페이스를 마련하는 것도 필수는 아니다. 예컨대 내측 안테나 소자(541a), 외측 안테나 소자(541b)의 각 타단부가 지름 방향으로 어긋나는 일 없이, 접속부(541c)를 통해서 연속적으로 접속된 소용돌이 코일로 이루어지는 헬리컬 안테나(541)의 위쪽, 또는 아래쪽에 흡수 안테나(542)를 배치하더라도 좋다.

[0074] 또한, 흡수 안테나(542)를 헬리컬 안테나(541)의 아래쪽에 배치하는 경우에는, 유전체창(53)과 실드 박스(51)로 둘러싸인 안테나실(52) 내에 흡수 안테나(542)를 마련하는 것은 필수의 요건이 아니고, 예컨대 처리 용기(10)

내에 흡수 안테나(542)를 배치하더라도 좋다. 이 경우에는, 흡수 안테나(542)와 동일한 재료로 이루어지는 도전체, 또는 석영이나 알루미나 등의 유전체, 불소 수지나 방향족 폴리에테르케톤 수지(예컨대 PEEK(polyetheretherketone)) 등의 수지로 이루어진 커버 내에 흡수 안테나(542)를 수용하더라도 좋다. 이때, 전위가 높은 부분에서의 이상 방전의 발생을 억제하기 위해, 커버 내는 유전체나 수지를 충전하는 것이 바람직하다. 이 예에 있어서는, 헬리컬 안테나(541)를 수용하는 금속제의 처리 용기(10)도 실드 박스로서의 기능을 하고 있다.

[0075] 여기서, 도 1~3을 이용하여 설명한 각 실시의 형태에 있어서는, 면 형상의 소용돌이 코일에 의해, 헬리컬 안테나(541)나 흡수 안테나(542)를 구성한 실시의 형태에 대하여 설명했지만, 이들의 안테나(541, 542)를 구성하는 소용돌이 코일은 면 형상으로 한정되지 않는다.

[0076] 다른 예를 들면, 축선 방향으로 연장되는, 피치 나사선 형상의 소용돌이 코일로 구성되는 내측 안테나 소자(541a)를 마련하고, 이 내측 안테나 소자(541a)의 외주축을 둘러싸도록 하여, 동일하게 피치 나사선 형상의 외측 안테나 소자(541b)를 이중관 형상으로 배치한다. 그리고 내측 안테나 소자(541a)측에 마련된 고주파의 공급점과, 외측 안테나 소자(541b)측에 마련된 접지점의 사이를 접속부(541c)에서 접속하여 헬리컬 안테나(541)를 구성한다.

[0077] 이와 같이, 내외 이중관 형상으로 배치된 내측 안테나 소자(541a)와 외측 안테나 소자(541b)의 사이의 공간에, 피치 나사선 형상의 소용돌이 코일에 의해 구성된 흡수 안테나(542)가 삽입된다. 이 흡수 안테나(542)에 있어서, 제 4 가변 콘덴서(65)는, 축 방향으로 연장되는 피치 나사선의 일단과 타단의 사이를 연결하는 위치에 마련된다.

[0078] 또한 도 1에 있어서는, 본 발명의 플라즈마 발생부를 플라즈마 에칭 장치에 적용한 실시의 형태에 대하여 설명했지만, 해당 플라즈마 발생부를 이용 가능한 플라즈마 처리 장치는, 에칭 처리를 행하는 것으로 한정되지 않는 것은 물론이다. 예컨대, 산소 가스 등의 처리 가스를 플라즈마에 의해 활성화시켜, 웨이퍼 W에 형성된 레지스트막을 제거하는 플라즈마 애싱 장치나, 플라즈마에 의해 활성화시킨 성막 가스(처리 가스)를 웨이퍼 W의 표면에서 반응시켜 CVD(Chemical Vapor Deposition)나 ALD(Atomic Layer Deposition) 등의 성막을 행하는 플라즈마 성막 장치 등에도, 본 발명의 플라즈마 발생부는 적용할 수 있다.

[0079] (실시예)

[0080] (실험 1)

[0081] 도 1, 도 2를 이용하여 설명한 플라즈마 발생부를 이용하여, 고주파 전원(61)으로부터 공급하는 고주파 전력의 주파수를 변화시켜 공진 주파수를 조사했다.

A. 실험 조건

[0083] 권수 2, 공진 주파수가 27MHz가 되는 선로 길이를 갖는 내측 안테나 소자(541a)와 외측 안테나 소자(541b)를 구비한 헬리컬 안테나(541)를 이용하여, 실드 박스(51) 내의 동일한 높이 위치에 헬리컬 안테나(541)와 흡수 안테나(542)를 배치했다. 제 1~제 4 가변 콘덴서(62~65)의 용량을 소정의 값으로 고정한 조건 아래에서 고주파 전원(61)으로부터 공급되는 고주파 전력의 주파수를 10~60MHz의 범위에서 변화시켜, 고주파 전원(61)측으로부터 본 회로의 반사율을 관측했다.

B. 실험 결과

[0085] 실험 결과를 도 5에 나타낸다. 도 5의 가로축은 고주파 전력의 주파수, 세로축은 고주파 전원(61)측으로부터 본 고주파 전력의 반사율을 나타내고 있다. 도 5에 의하면, 내측 안테나 소자(541a), 외측 안테나 소자(541b)의 공진 주파수인 27MHz의 근방의 2부분에, 반사율이 급격하게 작아지는 주파수가 관찰되었다. 이들은 내측 안테나 소자(541a), 외측 안테나 소자(541b)를 포함하는 회로의 공진 주파수이다. 이들 공진 주파수가 발생하는 위치는, 각 가변 콘덴서(62~65)의 용량에 따라서 여러 가지로 변화하고, 어느 공진 주파수가 2개의 고주파 안테나 소자(541a, 541b)의 어느 쪽에 대응하는 것인지 특정할 수 없다. 또, 30MHz보다 고주파 영역에 나타나고 있는 반사율의 작은 저하는, 주변 회로의 고정 파라미터 사이에서의 공진의 영향이라고 생각되고, 헬리컬 안테나(541), 흡수 안테나(542)를 이용한 ICP 플라즈마 형성의 관점에 있어서는 무시할 수 있다.

[0086] (실험 2)

[0087] 실험 1과 동일한 플라즈마 발생부를 이용하여, 제 4 가변 콘덴서(65)의 용량을 변화시켰을 때에 내측 안테나 소

자(541a), 외측 안테나 소자(541b) 및 흡수 안테나(542)에 의해 형성되는 ICP 플라즈마의 상태를 관찰했다.

[0088] A. 실험 조건

[0089] 흡수 안테나(542)에 마련된 제 4 가변 콘덴서(65)의 용량을 점차 크게 하는 한편, 고주파 전원(61)으로부터 본 반사율이 작아지도록, 제 1~제 3 가변 콘덴서(62~64)의 용량을 조절하여 플라즈마의 상태를 관찰했다. 이때, 고주파 전원(61)으로부터 공급되는 고주파 전력의 주파수는, $27 \pm 1\text{MHz}$ 정도의 범위에서 변화했다. 플라즈마의 상태의 관찰은, 플라즈마 밀도 분포의 계측, 및 사진 촬영(육안)에 의해 행했다.

[0090] B. 실험 결과

[0091] 도 6에 웨이퍼 W의 지름 방향으로 본 플라즈마 밀도의 분포를 나타낸다. 도 6의 가로축은, 웨이퍼 W의 중심에 대응하는 위치로부터의 지름 방향의 거리를 나타내고, 세로축은 전자 밀도 Ne를 전자 밀도의 최대값 NeMax로 규격화한 값을 나타내고 있다. 도 6에 있어서, 검은색 원의 플롯은, 흡수 안테나(542)측의 제 4 가변 콘덴서(65)의 용량(C4)이 가장 작고, 별표의 플롯의 제 4 가변 콘덴서(65)의 용량은 가장 크고, 십자표의 플롯의 제 4 가변 콘덴서(65)의 용량은 앞 두 조건의 중간 상태로 되어 있다. 또한, 도 7(a)~(c)에 나타낸 사진에 있어서는, 도 7(a)는 제 4 가변 콘덴서(65)의 용량이 가장 작고, 도 7(b)가 중간 정도이다. 또한, 도 7(c)는 다른 가변 콘덴서(62~64)의 조정과 맞추어, 플라즈마를 넓힌 상태를 탐색한 결과로 되어 있다. 또, 도 6과 도 7의 사이에서, 제 4 가변 콘덴서(65)의 용량 등, 실험 조건은 동일하지 않다.

[0092] 도 6에 나타낸 결과에 의하면, 제 4 가변 콘덴서(65)의 용량을 크게 함에 따라, 규격화 전자 밀도가 높은 영역이 웨이퍼 W의 주연부측으로 이동하는 한편, 중앙부측에서는 규격화 전자 밀도가 점차 작아지고 있다. 이 경향은, 사진 촬영의 결과에 있어서도 관찰되고, 제 4 가변 콘덴서(65)의 용량을 크게 함에 따라, 플라즈마의 발광 영역이 주연부측으로 이동하는 한편, 중앙부측의 플라즈마는 약해(어두워)지고 있는 것을 알 수 있다.

[0093] 이와 같이, 고주파 전원(61)에 병렬로 접속된 모노폴 안테나를 구성하는 내측 안테나 소자(541a), 외측 안테나 소자(541b)의 사이에 전기적으로 뜯 상태의 흡수 안테나(542)를 배치한 것에 의해, 2개의 공진 주파수를 갖는 회로를 구성하는 플라즈마 발생부를 이용하는 것에 의해, 고주파 전원(61)이 1개밖에 없는 경우에도 플라즈마 밀도 분포를 조정하는 것이 가능한 것을 확인할 수 있었다.

부호의 설명

[0094] W : 웨이퍼

10 : 처리 용기

12 : 배기구

14 : 진공 배기 기구

21 : 서셉터

44 : 처리 가스 공급 기구

51 : 실드 박스

53 : 유전체창

541 : 헬리컬 안테나

541a : 내측 안테나 소자

541b : 외측 안테나 소자

541c : 접속부

542 : 흡수 안테나

61 : 고주파 전원

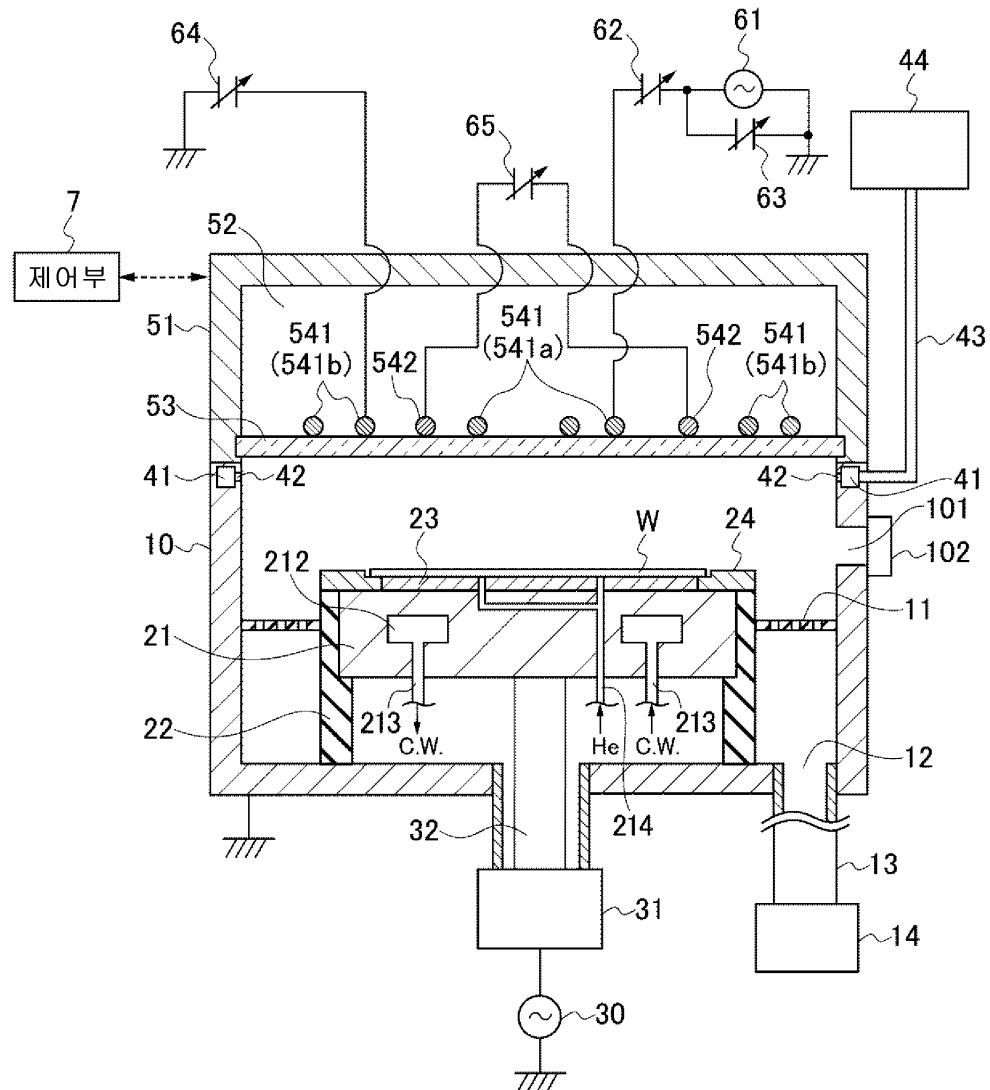
62 : 제 1 가변 콘덴서

63 : 제 2 가변 콘덴서

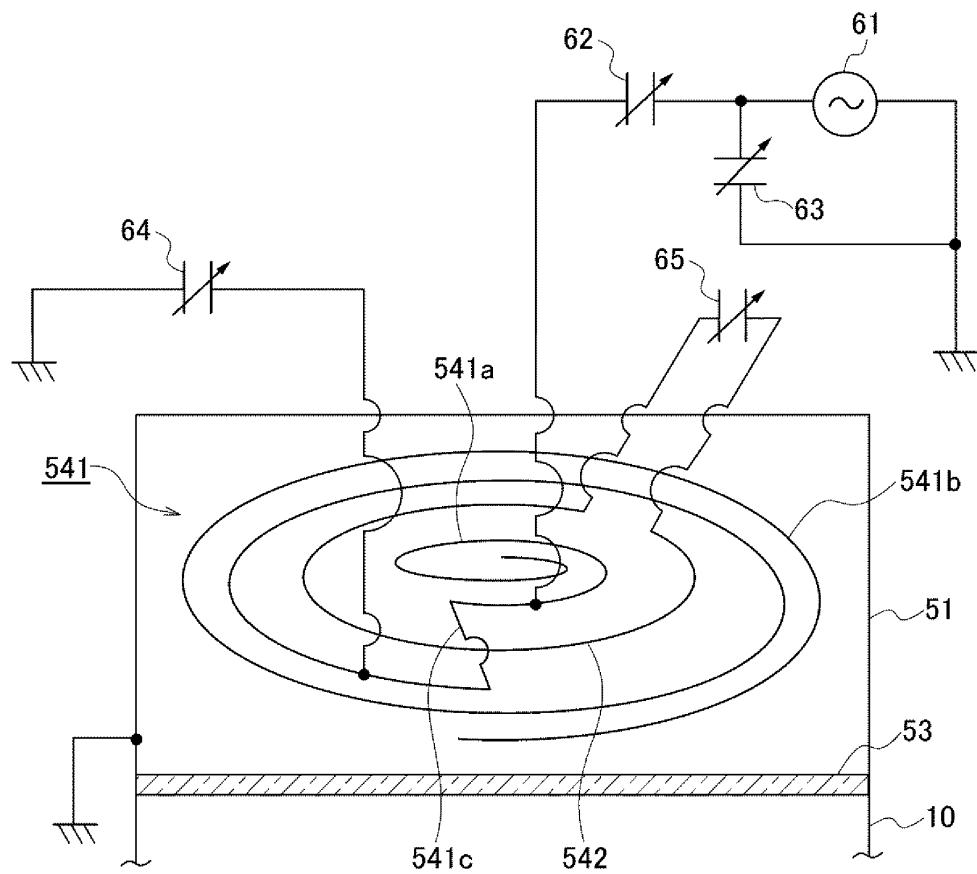
64 : 제 3 가변 콘덴서

65 : 제 4 가변 콘덴서

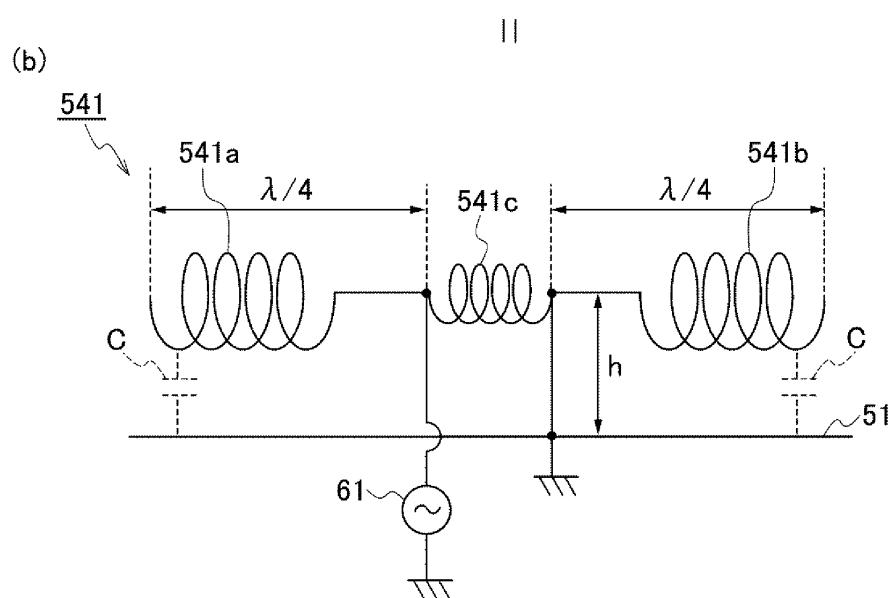
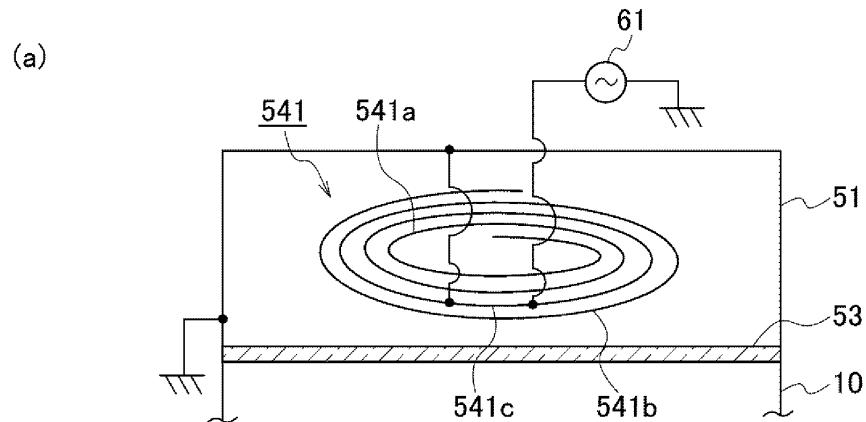
7 : 제어부

도면**도면1**

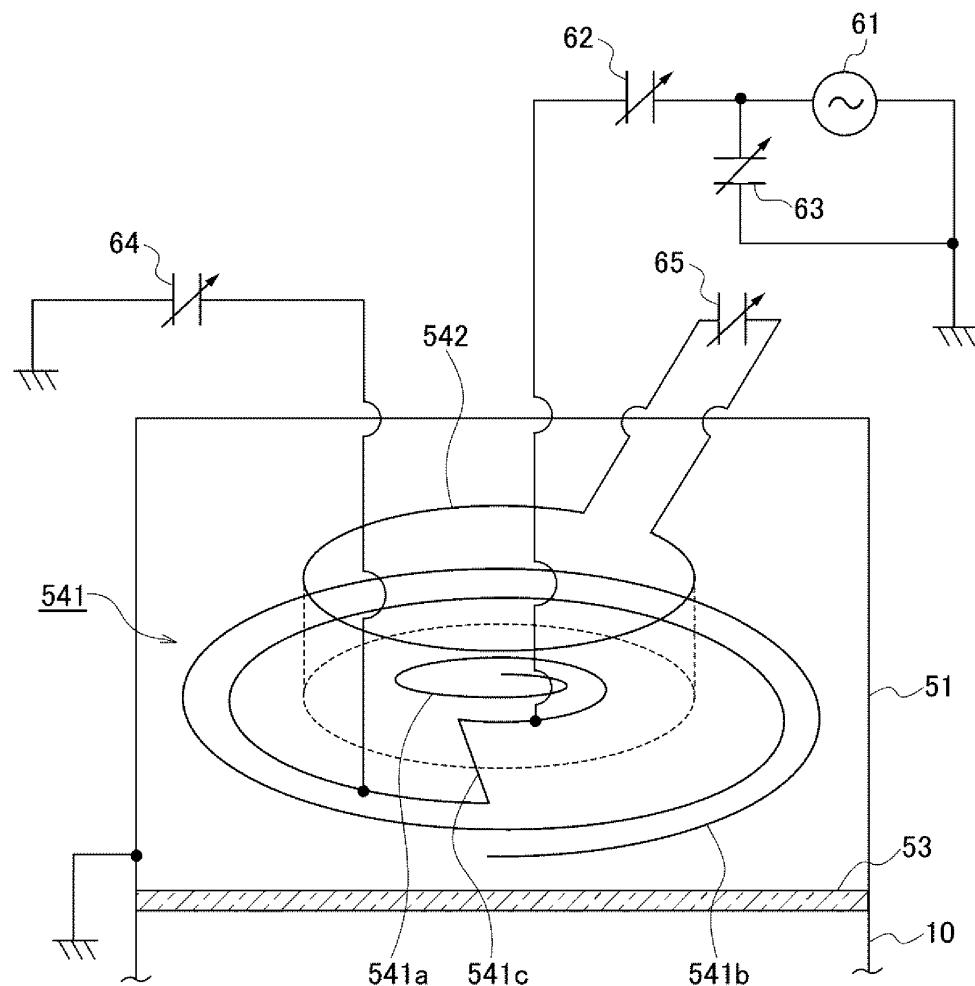
도면2



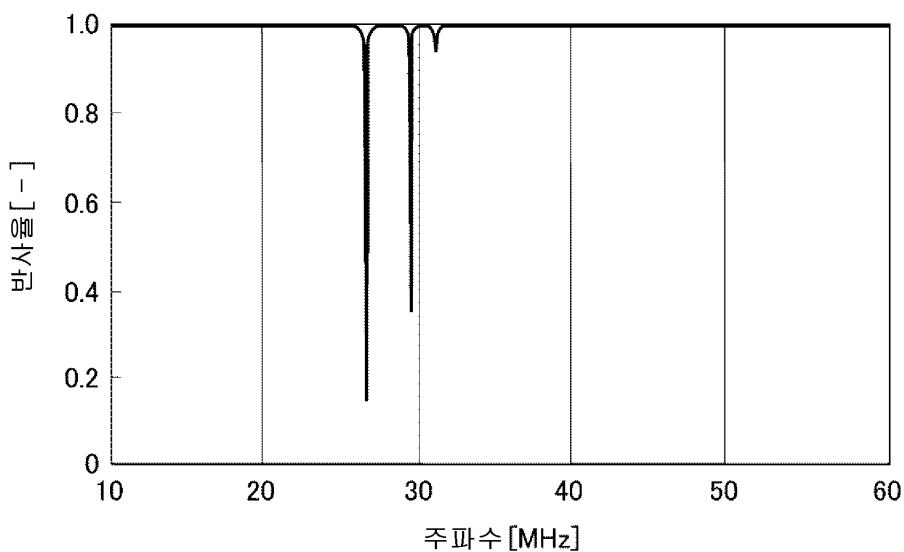
도면3



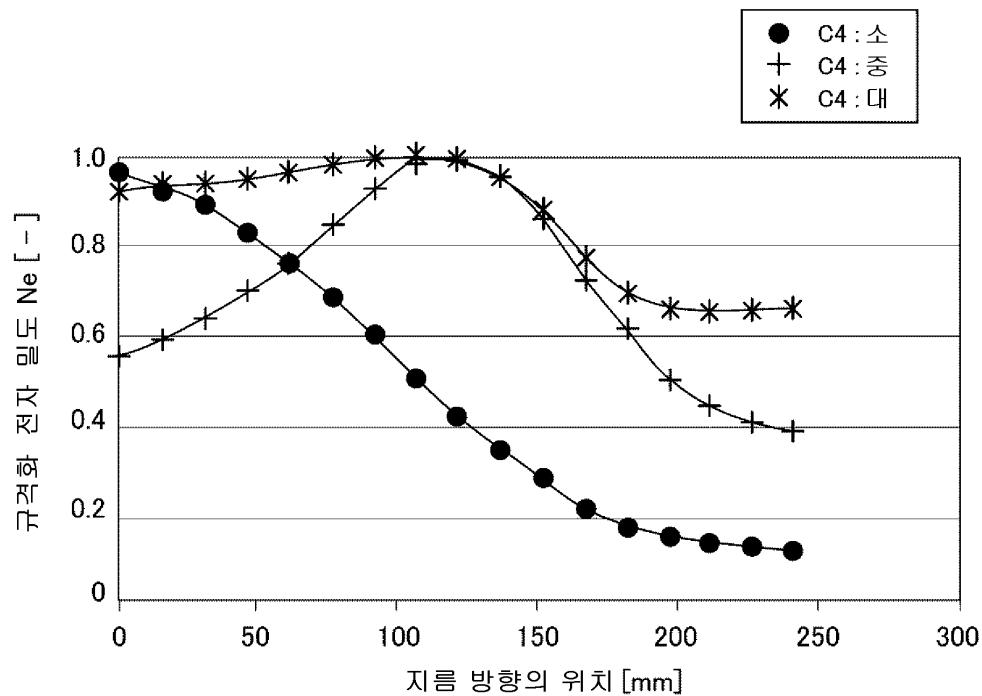
도면4



도면5

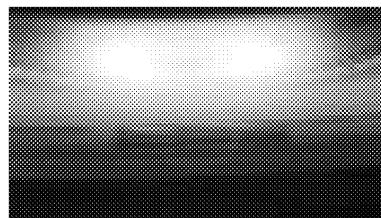


도면6

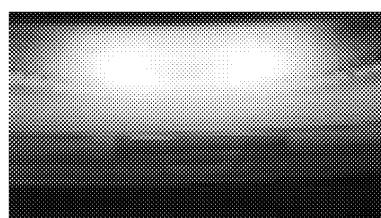


도면7

(a) C4 : 소



(b) C4 : 중



(c) 플라즈마 확대 조건

