



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0122894
(43) 공개일자 2010년11월23일

(51) Int. Cl.

H05H 1/46 (2006.01) H01L 21/31 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2010-7007491

(22) 출원일자(국제출원일자) 2009년03월13일

심사청구일자 없음

(85) 번역문제출일자 2010년04월06일

(86) 국제출원번호 PCT/JP2009/054922

(87) 국제공개번호 WO 2009/113680

국제공개일자 2009년09월17일

(30) 우선권주장

JP-P-2008-065635 2008년03월14일 일본(JP)

(71) 출원인

도쿄엘렉트론가부시키키가이샤

일본 도쿄도 미나토구 아카사카 5초메 3반 1고

(72) 발명자

우에다 아츠시

일본 효고켄 아마가사키시 후소초 1-8 도쿄엘렉트론 에이티 가부시키키가이샤 나이

아다치 히카루

일본 효고켄 아마가사키시 후소초 1-8 도쿄엘렉트론 에이티 가부시키키가이샤 나이

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

신정건, 김태홍

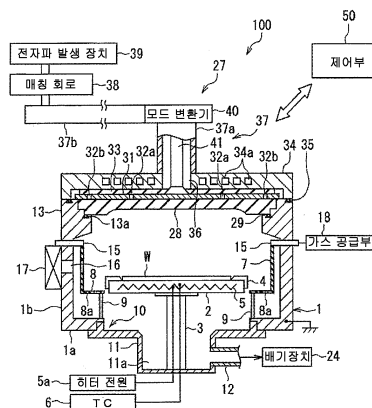
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 평면 안테나 부재, 및 이것을 구비한 플라즈마 처리 장치

(57) 요약

본 발명은 플라즈마 처리 장치의 처리 용기 내에 전자파 발생원에서 발생한 전자파를 도입하는 평면 안테나 부재로서, 도전성 재료로 이루어지는 평판형 기재와, 상기 평판형 기재에 형성된, 전자파를 방사하는 복수의 관통구를 구비하고, 상기 관통구는, 상기 평면 안테나 부재의 중심에 그 중심이 겹쳐지는 원의 둘레 상에 배열된 복수의 제1 관통구와, 상기 제1 관통구의 외측에 상기 원과 동심원 형상으로 배열된 복수의 제2 관통구를 포함하고 있으며, 상기 평면 안테나 부재의 중심으로부터 상기 제1 관통구의 중심까지의 거리(L1)와, 상기 평면 안테나 부재의 반경(r)의 비(L1/r)가, 0.35 ~ 0.5의 범위이고, 상기 평면 안테나 부재의 중심으로부터 상기 제2 관통구의 중심까지의 거리(L2)와, 상기 평면 안테나 부재의 반경(r)의 비(L2/r)가, 0.7 ~ 0.85의 범위인 것을 특징으로 하는 평면 안테나 부재이다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

티안 카이중

일본 효고켄 아마가사키시 후소초 1-8 도쿄엘렉트론 기쥬츠켄큐쇼 가부시킴가이샤 나이

후쿠다 요시노리

일본 효고켄 아마가사키시 후소초 1-8 도쿄엘렉트론 에이티 가부시킴가이샤 나이

혼고 도시아키

일본 효고켄 아마가사키시 후소초 1-8 도쿄엘렉트론 기쥬츠켄큐쇼 가부시킴가이샤 나이

요시오카 마사오

일본 효고켄 아마가사키시 후소초 1-8 도쿄엘렉트론 에이티 가부시킴가이샤 나이

특허청구의 범위

청구항 1

플라즈마 처리 장치의 처리 용기 내에 전자파 발생원에서 발생한 전자파를 도입하는 평면 안테나 부재로서,
도전성 재료로 이루어지는 평판형 기재와,

상기 평판형 기재에 형성된, 전자파를 방사하는 복수의 관통구를 구비하고,

상기 관통구는, 상기 평면 안테나 부재의 중심에 그 중심이 겹쳐지는 원의 둘레 상에 배열된 복수의 제1 관통구와, 상기 제1 관통구의 외측에 상기 원과 동심원 형상으로 배열된 복수의 제2 관통구를 포함하며,

상기 평면 안테나 부재의 중심으로부터 상기 제1 관통구의 중심까지의 거리(L1)와, 상기 평면 안테나 부재의 반경(r)의 비(L1/r)는, 0.35 ~ 0.5의 범위이고,

상기 평면 안테나 부재의 중심으로부터 상기 제2 관통구의 중심까지의 거리(L2)와, 상기 평면 안테나 부재의 반경(r)의 비(L2/r)는, 0.7 ~ 0.85의 범위인 것을 특징으로 하는 평면 안테나 부재.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 거리(L1)를 반경으로 하고 상기 제1 관통구의 중심을 지나는 제1 원과, 상기 거리(L2)를 반경으로 하고 상기 제2 관통구의 중심을 지나는 제2 원에 대하여 동심원 형상이며, 그 제1 원의 원주와 그 제2 원의 원주 사이의 직경 방향의 중간점을 지나는 제3 원에 대해서, 그 반경(L3)과 상기 반경(r)의 비(L3/r)는, 0.5 ~ 0.7의 범위인 것을 특징으로 하는 평면 안테나 부재.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 거리(L2) 및 상기 거리(L1)의 차분(L2-L1)과 상기 평면 안테나 부재의 반경(r)의 비[(L2-L1)/r]는, 0.2 ~ 0.5의 범위인 것을 특징으로 하는 평면 안테나 부재.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제1 관통구 및 상기 제2 관통구는, 모두 가늘고 긴 형상이고,

상기 제1 관통구의 길이 방향에 대하여, 상기 제2 관통구의 길이 방향이 이루는 각도는, 85° ~ 95°의 범위인 것을 특징으로 하는 평면 안테나 부재.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 평면 안테나 부재의 중심과 상기 제1 관통구의 중심을 연결하는 직선에 대하여, 그 제1 관통구의 길이 방향이 이루는 각도는, 30° ~ 50°의 범위인 것을 특징으로 하는 평면 안테나 부재.

청구항 6

제4항 또는 제5항에 있어서, 상기 평면 안테나 부재의 중심과 상기 제2 관통구의 중심을 연결하는 직선에 대하여, 그 제2 관통구의 길이 방향이 이루는 각도는, 130° ~ 150°의 범위인 것을 특징으로 하는 평면 안테나 부재.

청구항 7

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 평면 안테나 부재의 중심으로부터 상기 제1 관통구의 중심까지를 연결하는 직선과, 상기 평면 안테나 부재의 중심으로부터 상기 제2 관통구의 중심까지를 연결하는 직선이 이루는 각도는, 8° ~ 15°의 범위인 것을 특징으로 하는 평면 안테나 부재.

청구항 8

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 전자파 발생원에서 발생되는 전자파의 주파수는, 800 MHz ~ 1000 MHz의 범위인 것을 특징으로 하는 평면 안테나 부재.

청구항 9

피처리체를 수용하는 탈기 가능한 처리 용기와,

상기 처리 용기 내에 가스를 공급하는 가스 도입부와,

상기 처리 용기 내부를 감압 배기하는 배기 장치와,

상기 처리 용기의 상부의 개구부에 기밀하게 장착되고, 상기 처리 용기 내에 플라스마를 생성하기 위한 전자파를 투과시키는 투과판과,

상기 투과판 위에 배치되고, 상기 전자파를 상기 처리 용기 내에 도입하는 평면 안테나 부재와,

상기 평면 안테나 부재를 상방으로부터 덮는 커버 부재와,

상기 커버 부재를 관통하여 설치되고, 전자파 발생원에서 발생된 800 MHz ~ 1000 MHz의 범위의 전자파를 상기 평면 안테나 부재에 공급하는 도파관을 구비하며,

상기 평면 안테나 부재는,

도전성 재료로 이루어지는 평판형 기재와,

상기 평판형 기재에 형성된, 전자파를 방사하는 복수의 관통구를 가지며,

상기 관통구는, 원형 형상으로 배열된 복수의 제1 관통구와, 상기 제1 관통구의 외측에 동심원 형상으로 배열된 복수의 제2 관통구를 포함하며,

상기 평면 안테나 부재의 중심으로부터 상기 제1 관통구의 중심까지의 거리(L1)와, 상기 평면 안테나 부재의 반경(r)의 비(L1/r)는, 0.35 ~ 0.5의 범위이고,

상기 평면 안테나 부재의 중심으로부터 상기 제2 관통구의 중심까지의 거리(L2)와, 상기 평면 안테나 부재의 반경(r)의 비(L2/r)는, 0.7 ~ 0.85의 범위인 것을 특징으로 하는 플라스마 처리 장치.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 거리(L1)를 반경으로 하고 상기 제1 관통구의 중심을 지나는 제1 원과, 상기 거리(L2)를 반경으로 하고 상기 제2 관통구의 중심을 지나는 제2 원에 대하여 동심원 형상이며, 그 제1 원의 원주와 그 제2 원의 원주 사이의 직경 방향의 중간점을 지나는 제3 원에 대해서, 그 반경(L3)과 상기 반경(r)의 비(L3/r)는, 0.5 ~ 0.7의 범위인 것을 특징으로 하는 플라스마 처리 장치.

청구항 11

제9항 또는 제10항에 있어서, 상기 거리(L2) 및 상기 거리(L1)의 차분(L2-L1)과 상기 평면 안테나 부재의 반경(r)의 비[(L2-L1)/r]는, 0.2 ~ 0.5의 범위인 것을 특징으로 하는 플라스마 처리 장치.

청구항 12

제9항 내지 제11항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제1 관통구 및 상기 제2 관통구는, 모두 가늘고 긴 형상이고,

상기 제1 관통구의 길이 방향에 대하여, 상기 제2 관통구의 길이 방향이 이루는 각도는, 85° ~ 95°의 범위인 것을 특징으로 하는 플라스마 처리 장치.

청구항 13

제12항에 있어서, 상기 평면 안테나 부재의 중심과 상기 제1 관통구의 중심을 연결하는 직선에 대하여, 그 제1 관통구의 길이 방향이 이루는 각도는, 30° ~ 50°의 범위인 것을 특징으로 하는 플라스마 처리 장치.

청구항 14

제12항 또는 제13항에 있어서, 상기 평면 안테나 부재의 중심과 상기 제2 관통구의 중심을 연결하는 직선에 대하여, 그 제2 관통구의 길이 방향이 이루는 각도는, 130° ~ 150°의 범위인 것을 특징으로 하는 플라스마 처리 장치.

청구항 15

제9항 내지 제14항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 평면 안테나 부재의 중심으로부터 상기 제1 관통구의 중심까지를 연결하는 직선과, 상기 평면 안테나 부재의 중심으로부터 상기 제2 관통구의 중심까지를 연결하는 직선이 이루는 각도는, $8^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 의 범위인 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 장치.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은, 피처리체를 플라즈마 처리하는 처리 용기에 미리 정해진 주파수의 전자파를 유도하기 위해서 이용되는 평면 안테나 부재, 및 그 평면 안테나 부재를 구비한 플라즈마 처리 장치에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 반도체 웨이퍼 등의 피처리체에 대하여 산화 처리나 질화 처리 등의 플라즈마 처리를 행하는 플라즈마 처리 장치로서, 복수의 슬롯을 갖는 평면 안테나를 이용해서 처리 용기 내에 예컨대 주파수 2.45 GHz의 마이크로파를 도입하여 플라즈마를 생성시키는 방식의 플라즈마 처리 장치가 알려져 있다(예컨대, 일본 특허 공개 평성 제11-260594호 공보, 일본 특허 공개 제2001-223171호 공보). 이러한 마이크로파 플라즈마 처리 장치에서는, 높은 플라즈마 밀도를 갖는 플라즈마를 생성시킴으로써, 챔버 내에서 표면과 플라즈마를 형성하는 것이 가능하다.

[0003] 상술한 방식의 플라즈마 처리 장치에서는, 챔버 내의 압력을 높게 해 가면, 플라즈마 밀도가 저하되는 경향이 있다. 플라즈마 밀도가 낮아지면, 2.45 GHz의 마이크로파의 각주파수(角周波數)보다도 플라즈마의 각주파수 쪽이 작아져 버려, 표면과 플라즈마를 안정적으로 유지할 수 없게 된다. 예컨대, 챔버 내 압력이 133.3 Pa 이상인 조건에서 플라즈마 처리를 행하는 경우, 플라즈마 밀도가 충분히 상승되지 않고, 표면과 플라즈마가 컷오프되어, 표면과 플라즈마가 아닌 통상의 벌크 플라즈마가 되어 버리는 경우가 있다.

[0004] 차세대 이후의 디바이스 개발을 위해, 예컨대 3차원 디바이스 가공이나 미세화에 대한 대응을 도모하기 위해서는, 정밀한 처리가 가능한 비교적 높은 압력 조건하에서, 처리율의 향상이나 웨이퍼면 내에서의 처리의 균일성을 실현해 갈 필요가 있다. 이를 위해서는, 플라즈마의 제어성을 향상시켜, 플라즈마 밀도가 낮아지는 비교적 높은 압력 조건이라도, 컷오프가 없는 표면과 플라즈마를 안정적으로 유지할 수 있도록 할 필요가 있다. 표면과 플라즈마를 안정적으로 유지할 수 있도록 하기 위한 하나의 대책으로서, 전자파의 주파수를 낮추는 것이 고려된다. 예컨대, 주파수가 2.45 GHz보다도 낮은 주파수의 전자파를 이용함으로써, 비교적 높은 압력 조건이라도 안정적으로 표면과 플라즈마를 유지할 수 있을 가능성이 있다.

[0005] 그러나, 전자파를 효율적으로 챔버 내부로 유도하기 위한 평면 안테나의 구조(슬롯 패턴 등)는, 전자파의 주파수에 따라 상이하다. 종래 기술의 평면 안테나(슬롯 패턴 등)는, 주파수 2.45 GHz의 마이크로파를 챔버 내에 도입할 목적으로 최적으로 배치 구성한 것이며, 종래의 마이크로파의 주파수보다도 낮은 예컨대 1 GHz 전후 정도의 주파수의 전자파에 적합한 평면 안테나에 관한 구조면(슬롯 패턴)의 검토는 충분히 이루어져 있지 않다. 애당초, 1 GHz 이하의 비교적 낮은 주파수의 전자파를 사용하는 플라즈마 처리 장치에는, 표면과 플라즈마의 생성이 어렵기 때문에, 평면 안테나 자체가 사용되고 있지 않았다는 사정이 있다.

[0006] 일반적으로, 전자파의 주파수를 낮추면, 그 파장이 길어진다. 이러한 점에서, 2.45 GHz의 주파수의 마이크로파를 유도하는 경우에 비하여, 1 GHz 정도의 주파수의 전자파를 유도하는 경우에는, 평면 안테나의 슬롯의 길이나 슬롯의 간격을 크게 하는 것이 고려된다. 그러나, 이론적으로 계산된 슬롯의 길이나 배치에 기초하여 제작된 평면 안테나를 이용해서 플라즈마를 형성해도, 안정적으로 표면과 플라즈마를 형성할 수 있다고는 할 수 없다. 예컨대, 최근에는, 300 mm 웨이퍼의 처리에 대응할 수 있도록 플라즈마 처리 장치가 대형화되어 있고, 450 mm 웨이퍼에 대한 대응도 요구되고 있다. 이에 따라, 평면 안테나도 대직경화되고 있다. 예컨대 300 mm 웨이퍼를 처리하기 위한 평면 안테나는, 직경이 500 mm 부근에도 이른다. 450 mm 웨이퍼의 경우에는, 평면 안테나가 더 대형화되어, 직경이 600 mm ~ 700 mm 정도에 이른다. 이와 같이 대형의 평면 안테나에서는, 슬롯의 길이나 배치를 계산상 얻어지는 최적값으로 설정하더라도, 실제 장치에서 행해도, 안정적으로 표면과 플라즈마를 유지하는 것은 곤란하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은, 상기 실정을 감안하여 이루어진 것으로, 그 제1 목적은, 종래의 마이크로파의 주파수보다도 낮은 주파수의 전자파를 챔버 내에 효율적으로 도입할 수 있는 평면 안테나를 제공하는 것이다. 또한, 본 발명의 제2 목적은, 종래의 마이크로파의 주파수보다도 낮은 주파수의 전자파를 이용하고, 대형의 기판을 처리하는 경우라도, 플라스마의 제어성이 높아, 챔버 내에서 안정적으로 표면과 플라스마를 형성할 수 있는 플라스마 처리 장치를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명은, 플라스마 처리 장치의 처리 용기 내에 전자파 발생원에서 발생한 전자파를 도입하는 평면 안테나 부재로서, 도전성 재료로 이루어지는 평판형 기재(基材)와, 상기 평판형 기재에 형성된, 전자파를 방사하는 복수의 관통구를 구비하고, 상기 관통구는, 상기 평면 안테나 부재의 중심에 그 중심이 겹쳐지는 원의 둘레 상에 배열된 복수의 제1 관통구와, 상기 제1 관통구의 외측에 상기 원과 동심원 형상으로 배열된 복수의 제2 관통구를 포함하고 있으며, 상기 평면 안테나 부재의 중심으로부터 상기 제1 관통구의 중심까지의 거리(L1)와, 상기 평면 안테나 부재의 반경(r)의 비(L1/r)가, 0.35 ~ 0.5의 범위이고, 상기 평면 안테나 부재의 중심으로부터 상기 제2 관통구의 중심까지의 거리(L2)와, 상기 평면 안테나 부재의 반경(r)의 비(L2/r)가, 0.7 ~ 0.85의 범위인 것을 특징으로 하는 평면 안테나 부재이다.

[0009] 본 발명에 따른 평면 안테나 부재에 따르면, 평면 안테나 부재의 중심으로부터 제1 관통구의 중심까지의 거리(L1)와 평면 안테나 부재의 반경(r)의 비(L1/r)를 0.35 ~ 0.5의 범위로 하고, 평면 안테나 부재의 중심으로부터 제2 관통구의 중심까지의 거리(L2)와 평면 안테나 부재의 반경(r)의 비(L2/r)를 0.7 ~ 0.85의 범위로 함으로써, 전자파 발생 장치에서 발생하는 전자파의 주파수를 종래의 마이크로파의 주파수보다 낮은 800 MHz ~ 1000 MHz로 한 경우라도, 반사파의 발생을 억제할 수 있고, 그 전자파를 챔버 내에 효율적으로 도입할 수 있다. 따라서, 챔버 내에서 표면과 플라스마를 안정적으로 유지할 수 있고, 기판의 대형화에 대한 대응도 가능해진다.

[0010] 상기 거리(L1)를 반경으로 하고 상기 제1 관통구의 중심을 지나는 제1 원과, 상기 거리(L2)를 반경으로 하고 상기 제2 관통구의 중심을 지나는 제2 원에 대하여 동심원 형상이며, 그 제1 원의 원주와 그 제2 원의 원주 사이의 직경 방향의 중간점을 지나는 제3 원에 대해서, 그 반경(L3)과 상기 반경(r)의 비(L3/r)가, 0.5 ~ 0.7의 범위인 것이 바람직하다.

[0011] 또한, 상기 거리(L2) 및 상기 거리(L1)의 차분(L2-L1)과 상기 평면 안테나 부재의 반경(r)의 비[(L2-L1)/r]가, 0.2 ~ 0.5의 범위인 것이 바람직하다.

[0012] 또한, 상기 제1 관통구 및 상기 제2 관통구는, 모두 가늘고 긴 형상이고, 상기 제1 관통구의 길이 방향에 대하여, 상기 제2 관통구의 길이 방향이 이루는 각도는, 85° ~ 95°의 범위인 것이 바람직하다. 이 경우, 또한, 상기 평면 안테나 부재의 중심과 상기 제1 관통구의 중심을 연결하는 직선에 대하여, 그 제1 관통구의 길이 방향이 이루는 각도는, 30° ~ 50°의 범위인 것이 바람직하다. 또한, 상기 평면 안테나 부재의 중심과 상기 제2 관통구의 중심을 연결하는 직선에 대하여, 그 제2 관통구의 길이 방향이 이루는 각도는, 130° ~ 150°의 범위인 것이 바람직하다.

[0013] 또한, 상기 평면 안테나 부재의 중심으로부터 상기 제1 관통구의 중심까지를 연결하는 직선과, 상기 평면 안테나 부재의 중심으로부터 상기 제2 관통구의 중심까지를 연결하는 직선이 이루는 각도가, 8° ~ 15°의 범위인 것이 바람직하다.

[0014] 또한, 상기 전자파 발생원에서 발생하는 전자파의 주파수는, 800 MHz ~ 1000 MHz의 범위인 것이 바람직하다.

[0015] 또는, 본 발명은, 피처리체를 수용하는 탈기 가능한 처리 용기와, 상기 처리 용기 내에 가스를 공급하는 가스 도입부와, 상기 처리 용기 내부부를 감압 배기하는 배기 장치와, 상기 처리 용기의 상부의 개구부에 기밀하게 장착되고, 상기 처리 용기 내에 플라스마를 생성하기 위한 전자파를 투과시키는 투과판과, 상기 투과판 위에 배치되고, 상기 전자파를 상기 처리 용기 내에 도입하는 평면 안테나 부재와, 상기 평면 안테나 부재를 상방으로부터 덮는 커버 부재와, 상기 커버 부재를 관통하여 설치되고, 전자파 발생원에서 발생된 800 MHz ~ 1000 MHz의 범위의 전자파를 상기 평면 안테나 부재에 공급하는 도파관을 구비하며, 상기 평면 안테나 부재는, 도전성 재료로 이루어지는 평판형 기재와, 상기 평판형 기재에 형성된, 전자파를 방사하는 복수의 관통구를 가지며, 상기 관통구는, 원형 형상으로 배열된 복수의 제1 관통구와, 상기 제1 관통구의 외측에 동심원 형상으로 배열된 복수의 제2 관통구를 포함하며, 상기 평면 안테나 부재의 중심으로부터 상기 제1 관통구의 중심까지의 거리(L1)와, 상

기 평면 안테나 부재의 반경(r)의 비($L1/r$)가, 0.35 ~ 0.5의 범위이고, 상기 평면 안테나 부재의 중심으로부터 상기 제2 관통구의 중심까지의 거리($L2$)와, 상기 평면 안테나 부재의 반경(r)의 비($L2/r$)가, 0.7 ~ 0.85의 범위인 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 장치이다.

[0016] 본 발명에 따른 플라즈마 처리 장치에 따르면, 전자파 발생원에서 발생하는 전자파의 주파수를 종래의 마이크로파의 주파수보다 낮은 800 MHz ~ 1000 MHz의 범위로 설정함으로써, 예컨대 2.45 GHz의 마이크로파를 사용하는 경우와 비교하여, 보다 높은 압력 범위까지 컷오프 밀도 이상의 플라즈마 밀도를 유지할 수 있다. 따라서, 본 발명에 따른 플라즈마 처리 장치에 따르면, 비교적 높은 압력 조건이라도, 충분한 처리율이나 웨이퍼면 내에서의 처리의 균일성을 확보할 수 있고, 높은 정밀도가 필요한 3차원 디바이스의 가공이나 미세 가공에 대한 대응도 가능해진다.

[0017] 본 발명에서도, 상기 거리($L1$)를 반경으로 하고 상기 제1 관통구의 중심을 지나는 제1 원과, 상기 거리($L2$)를 반경으로 하고 상기 제2 관통구의 중심을 지나는 제2 원에 대하여 동심원 형상이며, 그 제1 원의 원주와 그 제2 원의 원주 사이의 직경 방향의 중간점을 지나는 제3 원에 대해서, 그 반경($L3$)과 상기 반경(r)의 비($L3/r$)가, 0.5 ~ 0.7의 범위인 것이 바람직하다.

[0018] 또한, 상기 거리($L2$) 및 상기 거리($L1$)의 차분($L2-L1$)과 상기 평면 안테나 부재의 반경(r)의 비($(L2-L1)/r$)가, 0.2 ~ 0.5의 범위인 것이 바람직하다.

[0019] 또한, 상기 제1 관통구 및 상기 제2 관통구는, 모두 가늘고 긴 형상이고, 상기 제1 관통구의 길이 방향에 대하여, 상기 제2 관통구의 길이 방향이 이루는 각도는, $85^\circ \sim 95^\circ$ 의 범위인 것이 바람직하다. 이 경우, 또한, 상기 평면 안테나 부재의 중심과 상기 제1 관통구의 중심을 연결하는 직선에 대하여, 그 제1 관통구의 길이 방향이 이루는 각도는, $30^\circ \sim 50^\circ$ 의 범위인 것이 바람직하다. 또한, 상기 평면 안테나 부재의 중심과 상기 제2 관통구의 중심을 연결하는 직선에 대하여, 그 제2 관통구의 길이 방향이 이루는 각도는, $130^\circ \sim 150^\circ$ 의 범위인 것이 바람직하다.

[0020] 또한, 상기 평면 안테나 부재의 중심으로부터 상기 제1 관통구의 중심까지를 연결하는 직선과, 상기 평면 안테나 부재의 중심으로부터 상기 제2 관통구의 중심까지를 연결하는 직선이 이루는 각도가, $8^\circ \sim 15^\circ$ 의 범위인 것이 바람직하다.

발명의 효과

[0021] 본 발명에 의하면, 종래의 마이크로파의 주파수보다도 낮은 주파수의 전자파를 챔버 내에 효율적으로 도입할 수 있는 평면 안테나를 제공할 수 있고, 종래의 마이크로파의 주파수보다도 낮은 주파수의 전자파를 이용하고, 대형의 기판을 처리하는 경우라도, 플라즈마의 제어성이 높아, 챔버 내에서 안정적으로 표면과 플라즈마를 형성할 수 있는 플라즈마 처리 장치를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0022] 도 1은 본 발명의 제1 실시형태에 따른 플라즈마 처리 장치를 도시하는 개략 단면도이다.

도 2는 본 발명의 제1 실시형태에 따른 평면 안테나판의 주요부의 평면도이다.

도 3은 도 2의 평면 안테나판에서의 슬롯의 확대도이다.

도 4는 도 1의 플라즈마 처리 장치의 제어 계통의 개략 구성을 도시하는 블록도이다.

도 5는 플라즈마의 컷오프 밀도의 압력 의존 모델을 설명하기 위한 그래프이다.

도 6은 본 발명의 제2 실시형태에 따른 평면 안테나판의 주요부의 평면도이다.

도 7은 도 6의 평면 안테나판에서의 슬롯의 확대도이다.

도 8은 본 발명의 제3 실시형태에 따른 평면 안테나판의 주요부의 평면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0023] [제1 실시형태]

[0024] 이하, 본 발명의 실시형태에 대해서, 도면을 참조하여 상세히 설명한다. 도 1은 본 발명의 제1 실시형태에 따른 플라즈마 처리 장치(100)의 개략 구성을 모식적으로 도시하는 단면도이다. 또한, 도 2는 도 1의 플라즈마

처리 장치(100)에 이용된, 본 발명의 제1 실시형태에 따른 평면 안테나판(평면 안테나 부재)을 도시하는 주요부 평면도이고, 도 3은 그 평면 안테나판에서의 관통구로서의 슬롯의 확대도이다. 또한, 도 4는 도 1의 플라즈마 처리 장치(100)에서의 제어 계통의 개략 구성의 일례를 도시하는 블록도이다.

- [0025] 플라즈마 처리 장치(100)는, 복수의 슬롯 형상의 관통구(구멍)를 갖는 평면 안테나판, 특히 RLSA(Radial Line Slot Antenna; 레이디얼 라인 슬롯 안테나)에 의해 처리 용기 내에 전자파를 도입하여 플라즈마를 발생시킴으로써, 고밀도이며 저전자 온도의 플라즈마를 발생시키는 플라즈마 처리 장치로서 구성된다. 플라즈마 처리 장치(100)에서는, $10^{10}/\text{cm}^3 \sim 10^{13}/\text{cm}^3$ 의 플라즈마 밀도이고, 0.5 eV $\sim$ 2 eV 이하의 저전자 온도를 갖는 플라즈마에 의한 처리를 할 수 있다. 따라서, 플라즈마 처리 장치(100)는, 각종 반도체 장치의 제조 과정에서 적합하게 이용할 수 있다.
- [0026] 플라즈마 처리 장치(100)는, 주요한 구성으로서, 기밀하게 구성된 챔버(처리 용기)(1)와, 챔버(1) 내에 가스를 공급하는 가스 공급부(18)와, 챔버(1) 내부를 감압 배기하기 위한 배기 장치(24)와, 챔버(1)의 상부에 형성되어 챔버(1) 내에 전자파를 도입하는 전자파 도입부(27)와, 평면 안테나판(31)과, 이들 플라즈마 처리 장치(100)의 각 구성부를 제어하는 제어부(50)를 구비한다. 또한, 가스 공급부(18), 배기 장치(24) 및 전자파 도입부(27)는, 챔버(1) 내에서 플라즈마를 생성시키는 플라즈마 생성 수단을 구성한다.
- [0027] 챔버(1)는, 접지된 대략 원통 형상의 용기에 의해 형성된다. 또한, 챔버(1)는, 각통(角筒) 형상의 용기에 의해 형성되어도 된다. 챔버(1)는, 알루미늄 등의 금속 재질로 이루어지는 바닥벽(1a)과 측벽(1b)을 갖는다.
- [0028] 챔버(1)의 내부에는, 피처리체인 실리콘 웨이퍼(이하, 간단히 「웨이퍼」라고 기재함)(W)를 수평으로 지지하기 위한 배치대(2)가 설치된다. 배치대(2)는, 열전도성이 높은 재질, 예컨대 AlN 등의 세라믹스에 의해 구성된다. 이 배치대(2)는, 배기실(11)의 바닥부 중앙으로부터 상방으로 연장되는 원통형의 지지 부재(3)에 의해 지지된다. 지지 부재(3)는, 예컨대 AlN 등의 세라믹스에 의해 구성된다.
- [0029] 또한, 배치대(2)에는, 그 외측 가장자리부를 커버하며, 웨이퍼(W)를 가이드하기 위한 커버 링(4)이 설치된다. 이 커버 링(4)은, 예컨대 석영, AlN, Al_2O_3 , SiN 등의 재질로 구성된 환형 부재이다. 단, 커버 링(4)은, 배치대(2)의 표면 전체면을 덮도록 배치되어도 된다.
- [0030] 또한, 배치대(2)에는, 온도 조절 기구로서의 저항 가열형 히터(5)가 매립되어 있다. 이 히터(5)는, 히터 전원(5a)으로부터 급전됨으로써, 배치대(2)를 가열하고, 그 열에 의해 피처리 기판인 웨이퍼(W)를 균일하게 가열하도록 되어 있다.
- [0031] 또한, 배치대(2)에는, 열전대(TC)(6)가 배치된다. 이 열전대(6)에 의해 온도를 계측함으로써, 웨이퍼(W)의 가열 온도를 예컨대 실온으로부터 900℃까지의 범위에서 제어할 수 있게 되어 있다.
- [0032] 또한, 배치대(2)에는, 웨이퍼(W)를 지지하여 승강시키기 위한 웨이퍼 지지핀(도시하지 않음)이 설치된다. 각 웨이퍼 지지핀은, 배치대(2)의 표면에 대하여 돌출되거나 들어갈 수 있도록 설치된다.
- [0033] 챔버(1)의 내주에는, 석영으로 이루어지는 원통형의 라이너(7)가 설치된다. 또한, 배치대(2)의 외주측에는, 챔버(1) 내부를 균일하게 배기하기 위해서, 다수의 배기 구멍(8a)을 갖는 석영체의 배플 플레이트(8)가 환형으로 설치되어 있다. 이 배플 플레이트(8)는, 복수의 지주(9)에 의해 지지된다. 또한, 플라즈마 처리 장치(100)를 플라즈마 CVD 장치로서 사용하는 경우에는, 라이너(7) 및 배플 플레이트(8)는 배치하지 않아도 된다.
- [0034] 챔버(1)의 바닥벽(1a)의 대략 중앙부에는, 챔버(1) 내의 분위기를 배출하는 개구부(10)가 형성된다. 이 개구부(10)를 덮도록 연통되고 하방을 향하여 돌출되는 배기실(11)이 형성된다. 이 배기실(11)에는, 배기관(12)이 접속되어 있고, 그 배기관(12)에 배기 장치(24)가 접속되어 있어, 챔버(1) 내부를 균등하게 배기할 수 있도록 되어 있다.
- [0035] 챔버(1)의 상부의 개구부에는, 챔버(1)를 개폐시키는 환형의 덮개 프레임(리드)(13)이 배치된다. 덮개 프레임(13)의 내주부는, 내측(챔버 내 공간)을 향하여 돌출되며, 투과판(28)을 지지하는 환형의 지지부(13a)를 형성한다.
- [0036] 챔버(1)의 상부[측벽(1b)]에는, 가스 도입부(15)가 형성된다. 이 가스 도입부(15)는, 처리 가스(산소 함유 가스나 플라즈마 여기용 가스)를 공급하는 가스 공급부(18)에 가스 배관을 통해 접속되어 있다. 또한, 가스 도입부(15)는, 챔버(1) 내부로 돌출되는 노즐 형상, 또는 복수의 가스 구멍을 갖는 샤워 형상으로 형성해도 된다.
- [0037] 또한, 챔버(1)의 측벽(1b)에는, 플라즈마 처리 장치(100)와 이것에 인접하는 반송실(도시하지 않음) 사이에서

웨이퍼(W)를 반입출하기 위한 반입출구(16)와, 이 반입출구(16)를 개폐하는 게이트 밸브(17)가 설치된다.

- [0038] 가스 공급부(18)는, 예컨대, 플라즈마 여기용 Ar, Kr, Xe, He 등의 희가스나, 산화 처리에서의 산소 함유 가스 등의 산화성 가스, 질화 처리에서의 질소 함유 가스, 성막(成膜)용 가스 등의 처리 가스 등을 공급하는 가스 공급원(도시하지 않음)을 갖는다. 또한, CVD 처리의 경우에는, 원료 가스, 챔버 내 분위기를 치환할 때에 이용하는 N₂, Ar 등의 퍼지 가스, 챔버(1) 내부를 클리닝할 때에 이용하는 ClF₃, NF₃ 등의 클리닝 가스 등을 공급하는 가스 공급원을 설치할 수도 있다. 각 가스 공급원은, 도시하지 않은 매스 플로우 컨트롤러 및 개폐 밸브를 구비하여, 공급되는 가스의 전환이나 유량 등을 제어할 수 있도록 되어 있다.
- [0039] 배기 장치(24)는, 예컨대 터보 분자 펌프 등의 고속 진공 펌프를 구비한다. 상술한 바와 같이, 배기 장치(24)는, 배기관(12)을 통해 챔버(1)의 배기실(11)에 접속된다. 배기 장치(24)를 작동시킴으로써, 챔버(1) 내의 가스는, 배기실(11)의 공간(11a) 내부로 균일하게 흐르고, 또한 공간(11a)으로부터 배기관(12)을 통해 외부로 배기된다. 이에 따라, 챔버(1) 내부를 예컨대 0.133 Pa까지 고속으로 감압할 수 있게 되어 있다.
- [0040] 다음으로, 전자파 도입부(27)의 구성에 대해서 설명한다. 전자파 도입부(27)는, 주요한 구성으로서, 투과관(28), 평면 안테나판(31), 지파관(漕波板;33), 커버 부재(34), 도파관(37), 매칭 회로(38) 및 전자파 발생 장치(39)를 구비한다.
- [0041] 전자파를 투과시키는 투과관(28)은, 덮개 프레임(13)에 있어서 내주측으로 돌출된 지지부(13a) 상에 배치되어 있다. 투과관(28)은, 유전체, 예컨대 석영이나 Al₂O₃, AlN 등의 세라믹스로 구성된다. 이 투과관(28)과 지지부(13a) 사이는, 밀봉 부재(29)를 통해 기밀하게 밀봉되어 있다. 따라서, 챔버(1) 내부는 기밀하게 유지된다.
- [0042] 평면 안테나판(31)은, 투과관(28)의 상방에 있어서, 배치대(2)와 대향하도록 설치된다. 평면 안테나판(31)은, 원판 형상을 이루고 있다. 또한, 평면 안테나판(31)의 형상은, 원판 형상에 한정되지 않고, 예컨대 사각판 형상이어도 된다. 이 평면 안테나판(31)은, 덮개 프레임(13)의 상단에 결합되어 접지된다.
- [0043] 평면 안테나판(31)은, 예컨대 도 2 및 도 3에 도시하는 바와 같이, 원판형의 기재(31a)와, 이 기재(31a)에 미리 정해진 패턴으로 관통 형성된 쌍을 이루는 다수의 슬롯[32(32a, 32b)]을 갖는다. 기재(31a)는, 예컨대 표면이 금 또는 은 도금된 구리판, 알루미늄판, 니켈판 등의 도체판에 의해 구성된다. 전자파 방사 구멍으로서 기능하는 개개의 슬롯(32)은, 가늘고 긴 형상을 이루고 있으나, 슬롯(32)의 코너부에서는, 전계가 집중되어, 이상 방전을 일으키기 쉬워진다. 이 때문에, 가늘고 긴 슬롯(32)의 양단의 코너부는, 둥그스름한 형상으로 가공되어 있다. 또한, 슬롯(32)은, 평면 안테나판(31)의 중심(O_A)측 위치에, 중심(O_A)과 겹쳐지는 중심을 갖는 원의 둘레 상에 둘레 방향으로 배열된 복수의 제1 슬롯(32a)과, 이들 제1 슬롯(32a)을 둘러싸도록 외측에 배열된 복수의 제2 슬롯(32b)을 포함하고 있다. 제1 슬롯(32a)과 제2 슬롯(32b)은, 쌍을 이루어 동심원 형상으로 배열된다. 평면 안테나판(31)에서의 슬롯(32)의 배치에 대해서는, 이후에 상세히 기술한다.
- [0044] 평면 안테나판(31) 위에는, 진공보다도 큰 유전율을 갖는 재료로 이루어지는 지파관(33)이 설치된다. 지파관(33)은, 평면 안테나판(31)을 덮도록 배치된다. 지파관(33)의 재료로서는, 예컨대, 석영, 폴리테트라플루오로에틸렌 수지, 폴리이미드 수지 등을 들 수 있다. 이 지파관(33)은, 진공 중에서 전자파의 파장이 길어지는 것을 고려하여, 전자파의 파장을 짧게 해서 플라즈마를 조정하는 기능을 갖고 있다.
- [0045] 또한, 평면 안테나판(31)과 투과관(28) 사이, 또한, 지파관(33)과 평면 안테나판(31) 사이는, 각각 접촉시켜도 되고 이격시켜도 되지만, 정재파의 발생을 억제하는 관점에서는, 접촉시키는 것이 바람직하다.
- [0046] 챔버(1)의 상부에는, 평면 안테나판(31) 및 지파관(33)을 덮도록, 도파로를 형성하는 기능도 갖는 도체로 이루어지는 커버 부재(34)가 설치된다. 커버 부재(34)는, 예컨대 알루미늄이나 스테인리스강, 구리 등의 금속 재료의 도체에 의해 형성된다. 덮개 프레임(13)의 상단과 커버 부재(34)는, 전자파가 외부로 누설되지 않도록, 도전성을 갖는 스카피얼 실드 링 등의 밀봉 부재(35)에 의해 밀봉된다. 또한, 커버 부재(34)에는, 냉각수 유로(34a)가 형성된다. 이 냉각수 유로(34a)에 냉각수를 통류시킴으로써, 커버 부재(34), 지파관(33), 평면 안테나판(31), 투과관(28) 및 덮개 프레임(13)을 냉각할 수 있도록 되어 있다. 이 냉각 기구에 의해, 커버 부재(34), 지파관(33), 평면 안테나판(31), 투과관(28) 및 덮개 프레임(13)이, 플라즈마의 열에 의해 변형·파손되는 것이 방지된다. 또한, 덮개 프레임(13), 평면 안테나판(31) 및 커버 부재(34)는 접지된다.
- [0047] 커버 부재(34)의 상벽(천장부)의 중앙에는, 개구부(36)가 형성되어 있고, 이 개구부(36)에 도파관(37)의 하단이 접속된다. 도파관(37)의 타단측에는, 매칭 회로(38)를 통해, 전자파를 발생하는 전자파 발생 장치(39)가 접속된다. 전자파 발생 장치(39)에서 발생하는 전자파의 주파수로서는, 후술하는 이유에 의해, 종래의 마이크로파

의 주파수보다 낮은 주파수, 예컨대 800 MHz ~ 1000 MHz의 범위가 바람직하게 이용된다. 특히 915 MHz가 바람직하다.

- [0048] 도파관(37)은, 상기 커버 부재(34)의 개구부(36)로부터 상방으로 연장되는 단면 원형 형상의 동축 도파관(37a)과, 이 동축 도파관(37a)의 상단부에 모드 변환기(40)를 통해 접속된 수평 방향으로 연장되는 직사각형 도파관(37b)을 갖고 있다. 모드 변환기(40)는, 직사각형 도파관(37b) 내부로 TE 모드로 전파하는 전자파를 TEM 모드로 변환하는 기능을 갖는다.
- [0049] 동축 도파관(37a)의 중심에는 내부 도체(41)가 연장되어 있다. 이 내부 도체(41)는, 그 하단부에 있어서, 평면 안테나판(31)의 중심에 접속 고정된다. 이러한 구조에 의해, 전자파는, 동축 도파관(37a)의 내부 도체(41)를 통해 평면 안테나판(31)에 방사상으로 효율적으로 균일하게 전파된다.
- [0050] 이상과 같은 구성의 전자파 도입 기구(27)에 의해, 전자파 발생 장치(39)에서 발생된 전자파가, 도파관(37)을 통해 평면 안테나판(31)에 전파되고, 또한 투과판(28)을 통해 챔버(1) 내에 도입되도록 되어 있다.
- [0051] 플라즈마 처리 장치(100)의 각 구성부는, 제어부(50)에 접속되어 있고, 그 제어부(50)에 의해 제어되는 구성으로 되어 있다. 제어부(50)는, 도 4에 도시한 바와 같이, CPU를 구비한 프로세스 컨트롤러(51)와, 이 프로세스 컨트롤러(51)에 접속된 사용자 인터페이스(52) 및 기억부(53)를 구비한다. 프로세스 컨트롤러(51)는, 플라즈마 처리 장치(100)에 있어서, 예컨대 온도, 가스 유량, 압력, 전자파 출력 등의 프로세스 조건에 관계되는 각 구성부[예컨대, 히터 전원(5a), 가스 공급부(18), 배기 장치(24), 전자파 발생 장치(39) 등]를 통괄하여 제어하는 제어 수단이다.
- [0052] 사용자 인터페이스(52)는, 공정 관리자가 플라즈마 처리 장치(100)를 관리하기 위해서 커맨드의 입력 조작 등을 행하기 위한 키보드나, 플라즈마 처리 장치(100)의 가동 상황을 가시화하여 표시하기 위한 디스플레이 등을 갖는다. 또한, 기억부(53)에는, 플라즈마 처리 장치(100)에서 실행되는 각종 처리를 프로세스 컨트롤러(51)의 제어로 실현하기 위한 제어 프로그램(소프트웨어)이나, 처리 조건 데이터 등이 기록된 레시피가 보존되어 있다.
- [0053] 그리고, 필요에 따라, 사용자 인터페이스(52)로부터의 지시 등에 따라 임의의 레시피가 기억부(53)로부터 호출되고 프로세스 컨트롤러(51)에 실행됨으로써, 프로세스 컨트롤러(51)의 제어하, 플라즈마 처리 장치(100)의 챔버(1) 내에서 원하는 처리가 행해진다. 또한, 상기 제어 프로그램이나 처리 조건 데이터 등의 레시피는, 컴퓨터 판독 가능한 기억 매체, 예컨대 CD-ROM, 하드 디스크, 플래시 디스크, 플래시 메모리, DVD, 블루레이 디스크 등에 저장된 상태의 것을 이용할 수 있으나, 다른 장치로부터 예컨대 전용 회선을 통해 수신 전송되는 것을 온라인 이용할 수도 있다.
- [0054] 이와 같이 구성된 플라즈마 처리 장치(100)에서는, 800℃ 이하의 저온에서 기판 상에 즉시 플라즈마를 생성해도 하지막(下地膜) 등에 대한 손상이 없는 플라즈마 처리를 행할 수 있다. 또한, 플라즈마 처리 장치(100)는, 대구경이어도 플라즈마의 균일성이 우수하기 때문에, 대구경의 기판에 대하여 프로세스의 균일성을 실현할 수 있다.
- [0055] 여기서, 다시 도 2 및 도 3을 참조하면서, 평면 안테나판(31)에서의 슬롯(32)의 배치에 대해서 설명한다. 플라즈마 처리 장치(100)에서는, 전자파 발생 장치(39)에서 발생된 예컨대 915 MHz의 전자파가, 동축 도파관(37a)을 통해 평면 안테나판(31)의 중앙부에 공급되고, 평면 안테나판(31)과 커버 부재(34)에 의해 구성되는 편평 도파로를 방사상으로 전파해 간다. 이 전파 경로 도중에 슬롯(32)을 배치함으로써, 그 슬롯(32)의 개구로부터 전자파를 균일하게 효율적으로 하방의 챔버(1) 내 공간을 향하여 방사시킬 수 있게 된다. 본 실시형태에서는, 예컨대 16개의 제1 슬롯(32a)이, 평면 안테나판(31)의 원주 방향으로 균등하게 배치된다. 제1 슬롯(32a)과 쌍을 이루는 제2 슬롯(32b)도, 16개가 평면 안테나판(31)의 원주 방향으로 균등하게 배치되어 있다.
- [0056] 또한, 반사파의 발생을 억제하여 챔버(1) 내부로의 전자파의 도입 효율을 향상시킬 목적으로, 평면 안테나판(31)의 중심(O_A)[기재(基材)(31a)의 중심과 동일]으로부터 제1 슬롯(32a)의 중심(O_{32a})까지의 거리(L1)와 평면 안테나판(31)의 반경(r)의 비(L1/r)는, 0.35 ~ 0.5의 범위이다. 이 비(L1/r)가 0.35 미만 또는 0.5 초과하면, 각 슬롯으로부터의 전자파의 도입에서의 전력 효율이 나빠지는 것이 확인되었다.
- [0057] 또한, 평면 안테나판(31)의 중심(O_A)으로부터 제2 슬롯(32b)의 중심(O_{32b})까지의 거리(L2)와 평면 안테나판(31)의 반경(r)의 비(L2/r)는, 0.7 ~ 0.85의 범위이다. 이 비(L2/r)가 0.7 미만 또는 0.85 초과하면, 각 슬롯으로부터의 전자파의 도입에서의 전력 효율이 나빠지는 것이 확인되었다.
- [0058] 거리(L1)와 반경(r)의 비(L1/r) 및 거리(L2)와 반경(r)의 비(L2/r)는, 지파판(33)에 의해 조정된 전자파의 파장

(λg)에 따라 어느 정도 결정할 수 있으나, 계산값과 현실적으로 유효한 범위는 반드시 일치하지 않는다. 그래서, 본 발명자들은, 비($L1/r$) 및 비($L2/r$)를 상기 범위로 하는 것이 유효한 것을 발견하였다.

[0059] 또한, 평면 안테나판(31)과 동심이며 반경이 거리($L1$)이고 제1 슬롯(32a)의 중심(O_{32a})을 지나는 원을 C1로 하고, 평면 안테나판(31)과 동심이며 반경이 거리($L2$)이고 제2 슬롯(32b)의 중심(O_{32b})을 지나는 원을 C2로 한 경우에, 평면 안테나판(31)과 동심이며 평면 안테나판(31)의 중심(O_A)으로부터 원(C1)과 원(C2)의 원주의 직경 방향의 중간점(M)까지의 거리($L3$)를 반경으로 한 원(C3)에 대해서, 그 거리($L3$)와 평면 안테나판(31)의 반경(r)의 비($L3/r$)가, 0.5 ~ 0.7의 범위인 것이, 챔버(1) 내부로의 전자파의 도입 효율(전력 효율)을 향상시키는 관점에서 바람직한 것이 확인되었다. 그 비($L3/r$)를 상기 범위로 규정함으로써, 반사파의 발생이 억제되고, 전자파가 효율적으로 챔버(1) 내에 공급되어 높은 전력 효율로 안정된 플라즈마를 형성할 수 있는 것이 확인되었다.

[0060] 또한, 거리($L2$) 및 거리($L1$)의 차분($L2-L1$)과 평면 안테나판(31)의 반경(r)의 비[($L2-L1$)/ r]는, 0.2 ~ 0.5의 범위인 것이 챔버(1) 내부로의 전자파의 도입 효율(전력 효율)을 향상시키는 관점에서 바람직한 것이 확인되었다. 그 비[($L2-L1$)/ r]를 상기 범위로 규정함으로써, 반사파의 발생이 억제되고, 전자파가 효율적으로 챔버(1) 내에 공급되어 높은 전력 효율로 안정된 플라즈마를 형성할 수 있는 것이 확인되었다.

[0061] 또한, 「평면 안테나판(31)의 반경(r)」이란, 기재(31a) 상에서 평면 안테나로서 유효하게 기능하는 원형의 영역의 반경을 의미한다. 예컨대, 평면 안테나판(31)을 덮개 프레임(13)의 상단에 나사 등의 고정 수단으로 고정하는 경우에는, 기재(31a)의 둘레 가장자리부에 나사 구멍 등이 형성된 결합 영역(도시하지 않음, 둘레 가장자리단으로부터 3 mm ~ 20 mm 정도)이 필요하다. 고정의 목적으로 마련되는 그 결합 영역은, 안테나로서의 기능을 발휘하지 않는 부분이다. 따라서, 이러한 결합 영역을 포함하지 않도록, 평면 안테나판(31)의 반경(r)이 규정(인식)된다.

[0062] 다음으로, 평면 안테나판(31)에서의 슬롯(32)의 배치 각도에 대해서 설명한다. 동측 도파관(37a)으로부터 평면 안테나판(31)의 중심에 전파되는 전자파에 의해, 도체로 이루어지는 평면 안테나판(31)의 기재(31a) 상에 표면 전류가 발생한다. 이 표면 전류는, 평면 안테나판(31)의 직경 방향 외측을 향하여 방사상으로 흐르지만, 도중에 슬롯(32)에 의해 차단된다. 그리고, 슬롯(32)의 가장자리에 전하가 유기(誘起)된다. 이와 같이 유기된 전하가 전자계를 발생시킨다. 이 전자계가, 슬롯(32) 및 투과관(28)을 통해, 하방의 챔버(1) 내 공간을 향하여 방사된다. 이 때문에, 슬롯(32)의 길이 방향이 표면 전류의 방향[평면 안테나판(31)의 직경 방향]과 일치하는 경우에는, 챔버(1) 내부로의 전자계의 방사는 발생하기 어려워진다.

[0063] 이상의 점에서, 챔버(1) 내에 균일하게 효율적으로 전자계를 도입하기 위해서는, 슬롯(32)의 배치 각도도 중요한 요소이다. 본 실시형태에서는, 평면 안테나판(31)의 중심(O_A)과 제1 슬롯(32a)의 중심(O_{32a})을 연결하는 직선에 대하여, 그 제1 슬롯(32a)의 길이 방향이 이루는 각도($\theta 1$)는, 30° ~ 50°의 범위인 것이 바람직하다. 그 각도($\theta 1$)를 30° ~ 50°의 범위로 규정함으로써, 반사파의 발생이 억제되고, 전자계가 균일하게 효율적으로 챔버(1) 내에 공급 생성되어 안정된 플라즈마를 형성할 수 있는 것이 확인되었다. 이 각도($\theta 1$)가 30° 미만에서는, 평면 안테나판(31)의 직경 방향으로 전파하는 파(波)의 효율이 저하되고, 50°를 초과하면, 평면 안테나판(31)의 둘레 방향으로 전파하는 파의 효율이 저하된다.

[0064] 상술한 내용과 동일한 이유로부터, 평면 안테나판(31)의 중심(O_A)과 제2 슬롯(32b)의 중심(O_{32b})을 연결하는 직선에 대하여, 그 제2 슬롯(32b)의 길이 방향이 이루는 각도($\theta 2$)는, 130° ~ 150°의 범위인 것이 바람직하다. 그 각도($\theta 2$)를 130° ~ 150°의 범위로 규정함으로써, 반사파의 발생이 억제되고, 전자계가 균일하게 효율적으로 챔버(1) 내에 공급되어 높은 전력 효율로 안정된 플라즈마를 형성할 수 있는 것이 확인되었다. 이 각도($\theta 2$)가 130° 미만에서는, 평면 안테나판(31)의 둘레 방향으로 전파하는 파의 효율이 저하되고, 150°를 초과하면, 평면 안테나판(31)의 직경 방향으로 전파하는 파의 효율이 저하된다.

[0065] 또한, 평면 안테나판(31)의 중심(O_A)으로부터 제1 슬롯(32a)의 중심(O_{32a})까지를 연결하는 직선과, 평면 안테나판(31)의 중심(O_A)으로부터 제2 슬롯(32b)의 중심(O_{32b})까지를 연결하는 직선이 이루는 각도($\theta 3$)는, 8° ~ 15°의 범위인 것이 바람직하다. 그 각도($\theta 3$)를 8° ~ 15°의 범위로 규정함으로써, 반사파의 발생이 억제되고, 전자계가 균일하게 효율적으로 챔버(1) 내에 공급되어 높은 전력 효율로 안정된 플라즈마를 형성할 수 있는 것이 확인되었다. 그 각도($\theta 3$)가 상기 범위 밖에서는, 각 슬롯으로부터의 전자파의 방사 효율이 저하된다.

[0066] 또한, 제1 슬롯(32a)의 길이 방향과 제2 슬롯(32b)의 길이 방향이 이루는 각도($\theta 4$)는, 대략 직각이

바람직하고, 예컨대 $85^\circ \sim 95^\circ$ 의 범위로 할 수 있다.

[0067] 이상과 같이, 각 각도(θ_1 , θ_2 , θ_3 및 θ_4)를 적합하게 조정함으로써, 슬롯(32)을 통해, 전자계를 균일하게 높은 효율로 챔버(1) 내에 도입할 수 있다. 또한, 평면 안테나판(31)의 중심(O_A)으로부터 서로 인접하는 제1 슬롯(32a)의 중심(O_{32a})으로 각각 연장되는 2개의 직선이 이루는 각도는, 제1 슬롯(32a)의 배치수에 따라, 예컨대 균등해지도록, 적절하게 설정할 수 있다. 평면 안테나판(31)의 중심(O_A)으로부터 서로 인접하는 제2 슬롯(32b)의 중심(O_{32b})으로 각각 연장되는 2개의 직선이 이루는 각도에 대해서도 동일하다.

[0068] 또한, 도 3에 도시하는 바와 같이, 제1 슬롯(32a)의 길이와, 제2 슬롯(32b)의 길이는, 모두 동일하다[슬롯 길이(L4)]. 또한, 제1 슬롯(32a)의 폭과, 제2 슬롯(32b)의 폭은, 모두 동일하다[슬롯 폭(W1)]. 슬롯 길이와 슬롯 폭의 비($L4/W1$)는, 방사 효율(전자파 도입의 전력 효율)을 높이는 관점에서, 1 ~ 26의 범위가 바람직하다. 또한, 슬롯 길이(L4)는, 예컨대 40 mm ~ 80 mm의 범위로 할 수 있다. 또한, 슬롯 폭(W1)은, 예컨대 3 mm ~ 40 mm의 범위로 할 수 있다.

[0069] 또한, 지파관(33)의 재질이 석영인 경우의 지파관(33)의 두께와, 평면 안테나판(31)의 제1 슬롯(32a) 및 제2 슬롯(32b)의 직경 방향의 위치[비($L1/r$) 및 비($L2/r$)]의 관계에 대해서는, 석영의 유전율에 의한 파장 단축과 석영 내에서의 정재파의 주기성을 고려하여, 정재파의 파장으로 설정하는 것이 바람직하다.

[0070] 다음으로, 본 실시형태에 따른 플라즈마 처리 장치(100)를 이용한 플라즈마 처리의 순서의 일례에 대해서 설명한다. 여기서는, 처리 가스로서 산소를 함유하는 가스를 이용하여, 웨이퍼 표면을 플라즈마 산화 처리하는 경우를 예로 든다.

[0071] 먼저, 예컨대 사용자 인터페이스(52)로부터, 플라즈마 처리 장치(100)로 플라즈마 산화 처리를 행하도록, 지령이 입력된다. 이 지령을 받아, 프로세스 컨트롤러(51)는, 기억부(53)에 보존된 레시피를 판독한다. 그리고, 그 레시피에 기초하는 조건으로 플라즈마 산화 처리가 실행되도록, 프로세스 컨트롤러(51)로부터 플라즈마 처리 장치(100)의 각 엔드 디바이스, 예컨대 가스 공급부(18), 배기 장치(24), 전자파 발생 장치(39), 히터 전원(5a) 등에 제어 신호가 송출된다.

[0072] 그리고, 게이트 밸브(17)가 개방되고, 반입출구(16)로부터 웨이퍼(W)가 챔버(1) 내에 반입되어, 배치대(2) 상에 배치된다. 다음으로, 챔버(1) 내부가 감압 배기되면서, 가스 공급부(18)로부터, 비활성 가스 및 산소 함유 가스가 미리 정해진 유량으로 각각 가스 도입부(15)를 통해 챔버(1) 내에 도입된다. 또한, 배기량 및 가스 공급량이 조정되어, 챔버(1) 내부가 미리 정해진 압력으로 조절된다.

[0073] 다음으로, 전자파 발생 장치(39)의 파워를 온(입력)으로 하여, 전자파(800 MHz ~ 1000 MHz)를 발생시킨다. 그리고, 종래의 마이크로파의 주파수보다도 낮은 주파수, 예컨대 915 MHz의 전자파가, 매칭 회로(38)를 통해 도파관(37)으로 유도된다. 도파관(37)으로 유도된 전자파는, 직사각형 도파관(37b) 및 동축 도파관(37a)을 순차적으로 통과하여, 내부 도체(41)를 통해 평면 안테나판(31)에 공급된다. 전자파는, 직사각형 도파관(37b) 내에서는 TE 모드로 전파한다. 이 TE 모드의 전자파는, 모드 변환기(40)에서 TEM 모드로 변환되어, 동축 도파관(37a) 내부를 평면 안테나판(31)을 향하여 전파해 간다. 그리고, 그 전자파는, 평면 안테나판(31)에 관통 형성된 구멍인 슬롯(32)으로부터, 투과관(28)을 통해, 챔버(1) 내에서의 웨이퍼(W)의 상방 공간으로 방사된다. 전자파 출력(전력)은, 전자파(전자계)를 효율적으로 공급한다는 관점에서, 평면 안테나판(31)의 면적 1 cm²당의 파워 밀도로서, 0.41 W/cm² ~ 4.19 W/cm²의 범위인 것이 바람직하다. 전자파 출력은, 예컨대 500 W ~ 5000 W 정도의 범위에서, 목적에 따라, 상기 범위의 파워 밀도가 되도록 선택할 수 있다.

[0074] 평면 안테나판(31)으로부터 투과관(28)을 경유하여 챔버(1)로 방사되는 전자파에 의해, 챔버(1) 내에서 균일하게 전자계가 형성되어, 비활성 가스 및 산소 함유 가스가 각각 플라즈마화된다. 전자계에 의해 여기되는 그 플라즈마는, 전자계가 평면 안테나판(31)의 다수의 슬롯(32)으로부터 방사됨으로써, $10^9/\text{cm}^3 \sim 10^{13}/\text{cm}^3$ 의 고밀도이며, 웨이퍼(W) 근방에서는 대략 1.5 eV 이하의 저전자 온도의 플라즈마가 된다. 이렇게 하여 형성되는 고밀도 플라즈마는, 하지막에의 이온 등에 의한 플라즈마 손상이 적은 것이다. 그리고, 플라즈마 중의 활성종, 예컨대 라디칼이나 이온의 작용에 의해, 웨이퍼(W)의 실리콘 표면이 산화되어 실리콘 산화막 SiO₂의 박막이 형성된다. 또한, 산소 함유 가스를 대신하여 질소 가스를 이용함으로써, 실리콘의 질화 처리가 가능하다. 또한, 성막(成膜) 원료 가스를 이용함으로써, 플라즈마 CVD법에 의한 성막을 행할 수도 있다.

[0075] 프로세스 컨트롤러(51)로부터 플라즈마 처리를 종료시키는 제어 신호가 송출되면, 전자파 발생 장치(39)의 파워

가 오프(차단)되어, 플라즈마 산화 처리가 종료된다. 다음으로, 가스 공급부(18)로부터의 처리 가스의 공급이 정지되고, 챔버 내부가 탈기된다. 그리고, 웨이퍼(W)가 챔버(1) 내부로부터 배출되어, 1장의 웨이퍼(W)에 대한 플라즈마 처리가 종료된다.

[0076] 플라즈마 처리 장치(100)에서는, 본원 발명에 따른 평면 안테나판(31)의 슬롯 패턴을, 전자파 발생 장치(39)에서 발생하는 전자파의 주파수를 종래의 마이크로파의 주파수보다 낮은 800 MHz ~ 1000 MHz의 범위(바람직하게는 915 MHz)로 적용 가능하게 설정하고 있다. 이와 같이, 플라즈마 생성용 전자파로서 주파수가 800 MHz ~ 1000 MHz의 범위인 것을 사용함으로써, 예컨대 종래의 2.45 GHz의 주파수의 마이크로파를 사용하는 경우와 비교하여, 표면과 플라즈마가 컷오프되는 플라즈마 밀도(컷오프 밀도)가 저하되어, 보다 높은 압력 조건까지 높은 전력 효율로 안정적으로 플라즈마를 균일하게 생성할 수 있다.

[0077] 도 5는 플라즈마 처리 장치(100)에서 행해지는 플라즈마 처리의 처리 압력과 플라즈마의 전자 밀도의 관계를 도시하고 있다. 처리 압력이 높아짐에 따라, 플라즈마의 전자 밀도는 저하되고, 컷오프 밀도에 있어서 전자 밀도는 급격하게 감소한다. 여기서, 2.45 GHz의 마이크로파 플라즈마의 컷오프 밀도는, 약 $7.5 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ 이지만, 915 MHz의 전자파 플라즈마의 컷오프 밀도는, 약 $1.0 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ 이다. 또한, 도 5에 도시한 바와 같이, 2.45 GHz의 마이크로파 플라즈마에 비하여, 915 MHz의 전자파 플라즈마에서는, 보다 높은 압력 조건까지 컷오프 밀도 이상의 플라즈마 밀도를 유지할 수 있다.

[0078] 또한, 본 실시형태의 평면 안테나판(31)에서는, 평면 안테나판(31)의 중심(O_A)으로부터 내측의 제1 슬롯(32a)의 중심(O_{32a})까지의 거리(L1)와 평면 안테나판(31)의 반경(r)의 비(L1/r)를 0.35 ~ 0.5의 범위로 하고, 평면 안테나판(31)의 중심(O_A)으로부터 외측의 제2 슬롯(32b)의 중심(O_{32b})까지의 거리(L2)와 평면 안테나판(31)의 반경(r)의 비(L2/r)를 0.7 ~ 0.85의 범위로 했기 때문에, 전자파 발생 장치(39)에서 발생하는 전자파의 주파수를 800 MHz ~ 1000 MHz라고 하는 범위로 해도, 반사파의 발생을 억제할 수 있고, 챔버(1) 내에 효율적으로 전자파를 도입할 수 있다. 따라서, 챔버 내에서 표면과 플라즈마를 균일하게 안정적으로 유지할 수 있다.

[0079] 또한, 본 실시형태의 평면 안테나판(31)에서는, 평면 안테나판(31)의 중심(O_A)과 제1 슬롯(32a)의 중심(O_{32a})을 연결하는 직선에 대하여, 그 제1 슬롯(32a)의 길이 방향이 이루는 각도(θ_1)를 $30^\circ \sim 50^\circ$ 의 범위로 하고, 평면 안테나판(31)의 중심(O_A)과 제2 슬롯(32b)의 중심(O_{32b})을 연결하는 직선에 대하여, 그 제2 슬롯(32b)의 길이 방향이 이루는 각도(θ_2)를 $130^\circ \sim 150^\circ$ 의 범위로 하고 있으며, 또한, 평면 안테나판(31)의 중심(O_A)으로부터 제1 슬롯(32a)의 중심(O_{32a})까지를 연결하는 직선과 평면 안테나판(31)의 중심(O_A)으로부터 제2 슬롯(32b)의 중심(O_{32b})까지를 연결하는 직선이 이루는 각도(θ_3)를 $8^\circ \sim 15^\circ$ 의 범위로 하고, 제1 슬롯(32a)의 길이 방향과 제2 슬롯(32b)의 길이 방향이 이루는 각도(θ_4)를 대략 직각 예컨대 $85^\circ \sim 95^\circ$ 의 범위로 하고 있다. 이들 각도(θ_1 , θ_2 , θ_3 및 θ_4)가, 상기 범위로 규정됨으로써, 슬롯(32)을 통해 전자파를 높은 전력 효율로 챔버(1) 내에 도입함으로써 적합하게 플라즈마를 생성할 수 있다.

[0080] 이상과 같이, 본 실시형태의 평면 안테나판(31)에 따르면, 슬롯(32a, 32b)의 배치를 상술한 바와 같이 고안함으로써, 종래의 마이크로파의 주파수보다도 낮은 800 MHz ~ 1000 MHz의 범위(바람직하게는 915 MHz)의 주파수의 전자파를 챔버(1) 내에 효율적으로 도입할 수 있다. 따라서, 종래의 2.45 GHz의 마이크로파를 사용하는 경우와 비교하여, 보다 높은 압력 조건이라도, 플라즈마 처리 장치(100)의 챔버(1) 내에서 표면과 플라즈마를 균일하게 안정적으로 유지할 수 있다. 그리고, 이러한 플라즈마 처리 장치(100)를 이용함으로써, 비교적 높은 압력 조건에서, 처리물의 향상이나 웨이퍼면 내에서의 처리의 균일성을 실현할 수 있어, 높은 정밀도가 필요한 3차원 디바이스 가공이나 미세 가공 및 대구경에 대한 대응을 도모할 수 있다.

[0081] [제2 실시형태]

[0082] 다음으로, 도 6 및 도 7을 참조하면서, 본 발명의 제2 실시형태에 따른 평면 안테나판(61)에 대해서 설명한다. 도 6은 제2 실시형태에 따른 평면 안테나판(61)의 주요부를 도시하는 평면도이고, 도 7은 평면 안테나판(61)에서의 슬롯을 확대하여 도시하는 평면도이다. 본 실시형태에 따른 평면 안테나판(61)은, 제1 실시형태에 따른 평면 안테나판(31)과 마찬가지로, 플라즈마 처리 장치(100)에 사용되는 것이다.

[0083] 평면 안테나판(61)은, 원판형의 기재(61a)와, 이 기재(61a)에 미리 정해진 패턴으로 관통 형성된 쌍을 이루는 다수의 슬롯[62(62a, 62b)]을 갖고 있다. 평면 안테나판(61)에서는, 각 슬롯(62)의 폭(W2)이 크게 형성되어, 슬롯(62)의 배치수가 적어지고 있는 점을 제외하면, 제1 실시형태의 평면 안테나판(31)과 동일한 구성을 갖고

있다. 따라서, 이하의 설명에서는, 제1 실시형태와의 차이점을 중심으로 설명하고, 동일한 구성에는 동일한 부호를 붙이고 설명을 생략한다.

[0084] 기재(61a)에 형성된 개개의 슬롯(62)은, 약간 폭이 넓고 가늘고 긴 형상이다. 슬롯(62)은, 평면 안테나판(61)의 중심(O_A)에 가까운 위치에 둘레 방향으로 배열된 복수의 제1 슬롯(62a)과, 이들 제1 슬롯(62a)을 둘러싸도록 외측에 배열된 복수의 제2 슬롯(62b)을 포함한다. 제1 슬롯(62a)과 제2 슬롯(62b)은, 동심원 형상으로 배열된다.

[0085] 제1 슬롯(62a)과 제2 슬롯(62b)은 쌍을 이루고 있고, 각 8개씩이 평면 안테나판(61)의 동심원 형상으로 균등하게 배치된다. 여기서, 평면 안테나판(61)의 중심(O_A)[기재(61a)의 중심과 동일]으로부터 제1 슬롯(62a)의 중심(O_{62a})까지의 거리(L1)와 평면 안테나판(61)의 반경(r)의 비($L1/r$)는, 0.35 ~ 0.5 범위이다. 또한, 평면 안테나판(61)의 중심(O_A)으로부터 제2 슬롯(62b)의 중심(O_{62b})까지의 거리(L2)와 평면 안테나판(61)의 반경(r)의 비($L2/r$)는, 0.7 ~ 0.85의 범위이다. 비($L1/r$) 및 비($L2/r$)를 상기 범위로 규정한 이유에 대해서는, 제1 실시형태와 동일하다.

[0086] 또한, 평면 안테나판(61)과 동심이며 반경이 거리(L1)이고 제1 슬롯(62a)의 중심(O_{62a})을 지나는 원을 C1로 하고, 평면 안테나판(61)과 동심이며 반경이 거리(L2)이고 제2 슬롯(62b)의 중심(O_{62b})을 지나는 원을 C2로 한 경우에, 평면 안테나판(61)과 동심이며 평면 안테나판(61)의 중심(O_A)으로부터 원(C1)과 원(C2)의 원주의 직경 방향의 중간점(M)까지의 거리(L3)를 반경으로 한 원(C3)에 대해서, 그 거리(L3)와 평면 안테나판(61)의 반경(r)의 비($L3/r$)가, 0.5 ~ 0.7의 범위인 것이 바람직하다. 그 비($L3/r$)를 0.5 ~ 0.7의 범위로 규정함으로써, 반사파의 발생이 억제되고, 전자파가 효율적으로 슬롯으로부터 도입되어, 챔버(1) 내에 균일하게 안정된 플라즈마를 형성할 수 있다.

[0087] 또한, 거리(L2) 및 거리(L1)의 차분($L2-L1$)과 평면 안테나판(61)의 반경(r)의 비[($L2-L1$)/r]는, 0.2 ~ 0.5의 범위인 것이 바람직하다. 그 비[($L2-L1$)/r]를 상기 범위로 규정함으로써, 반사파의 발생이 억제되고, 전자파가 효율적으로 슬롯으로부터 도입되어, 챔버(1) 내에 균일하게 안정된 플라즈마를 형성할 수 있다.

[0088] 또한, 도 6에 도시한 각도($\theta 1$, $\theta 2$, $\theta 3$ 및 $\theta 4$)의 범위(및 그 범위로 설정된 이유)는, 모두, 제1 실시형태와 동일하다.

[0089] 본 실시형태의 평면 안테나판(61)에서는, 도 7에 도시한 바와 같이, 제1 슬롯(62a)의 길이와, 제2 슬롯(62b)의 길이는, 모두 동일하다[슬롯 길이($L4$)]. 또한, 제1 슬롯(62a)의 폭과, 제2 슬롯(62b)의 폭도, 모두 동일하다[슬롯 폭($W2$)]. 슬롯 길이와 슬롯 폭의 비($L4/W2$)는, 평면 안테나판(61)에 있어서 각 슬롯으로부터의 전자파의 방사 효율(전력 효율)을 높이는 관점에서, 1 ~ 26의 범위로 하는 것이 바람직하다. 또한, 슬롯 길이($L4$)는, 예컨대 40 mm ~ 80 mm의 범위, 슬롯 폭($W2$)은, 예컨대 3 mm ~ 40 mm의 범위로 할 수 있으나, 본 실시형태에서는, 제1 실시형태의 평면 안테나판(31)과 비교하여, 슬롯 폭($W2$)의 비율이 커지도록 설정하였다. 이에 따라, 슬롯(62)에 의한 관통구의 면적이 커져, 평면 안테나판(61)의 슬롯(62)을 통해 전자파를 효율적으로 챔버(1) 내에 도입시킬 수 있다.

[0090] 본 실시형태에서의 그 외의 구성, 작용 및 효과는, 제1 실시형태와 동일하다.

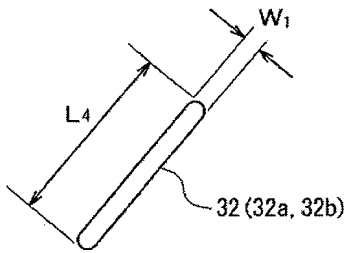
[0091] [제3 실시형태]

[0092] 다음으로, 도 8을 참조하면서, 본 발명의 제3 실시형태에 따른 평면 안테나판(71)에 대해서 설명한다. 도 8은 제3 실시형태에 따른 평면 안테나판(71)의 주요부를 도시하는 평면도이다. 본 실시형태에 따른 평면 안테나판(71)은, 제1 실시형태에 따른 평면 안테나판(31)과 마찬가지로, 플라즈마 처리 장치(100)에 사용되는 것이다. 평면 안테나판(71)은, 외주측에 배치된 슬롯의 수가 많이 형성된 점을 제외하고, 제2 실시형태의 평면 안테나판(61)과 동일한 구성을 갖는다. 따라서, 이하의 설명에서는, 제2 실시형태와의 차이점을 중심으로 설명하고, 동일한 구성에는 동일한 부호를 붙이고 설명을 생략한다.

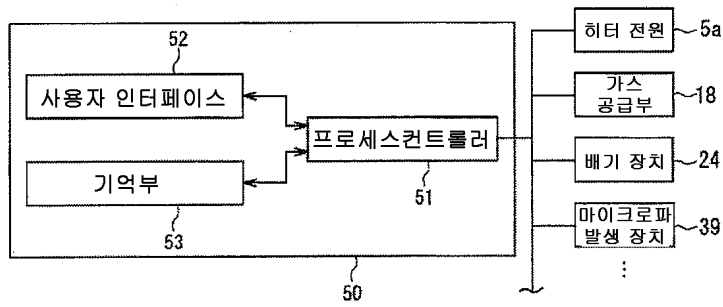
[0093] 평면 안테나판(71)은, 원판형의 기재(71a)와, 이 기재(71a)에 미리 정해진 패턴으로 관통 형성된 다수의 슬롯[72(72a, 72b1, 72b2)]을 갖는다. 슬롯(72)은, 평면 안테나판(71)의 중심(O_A)에 가까운 위치에 둘레 방향으로 배열된 복수의 제1 슬롯(72a)과, 이들 제1 슬롯(72a)을 둘러싸도록 외측에 배열된 복수의 제2 슬롯(72b1) 및 제3 슬롯(72b2)을 포함한다.

- [0094] 제1 슬롯(72a)과 제2 슬롯(72b1) 및 제3 슬롯(72b2)은, 동심원 형상으로 배열된다. 또한, 제1 슬롯(72a)과 제2 슬롯(72b1)은, 쌍을 이루고 있다. 한편, 제3 슬롯(72b2)은, 제1 슬롯(72a)과는 쌍을 이루고 있지 않은 비쌍(不對) 슬롯이다. 제1 슬롯(72a)은, 평면 안테나판(71)의 원주 방향으로 8개 균등하게 배치된다. 외주측의 슬롯 중 제1 슬롯(72a)과 쌍을 이루는 제2 슬롯(72b1)도, 평면 안테나판(71)의 원주 방향으로 8개 균등하게 배치된다.
- [0095] 한편, 제2 슬롯(72b1) 및 제3 슬롯(72b2)은, 각 8개씩(합계 16개)가, 평면 안테나판(71)의 원주 방향으로 균등하게 배치된다. 제2 슬롯(72b1)과 제3 슬롯(72b2)은, 1개 간격으로 교대로 배치되어 있다. 평면 안테나판(71)에서는, 제2 슬롯(72b1)에 더하여 제3 슬롯(72b2)을 배치함으로써, 평면 안테나판(71)에서의 관통구의 면적이, 제2 실시형태의 평면 안테나판(61)보다도, 더 증대되어 있다. 따라서, 전자파를 더 효율적으로 챔버(1) 내에 도입시킬 수 있다.
- [0096] 본 실시형태의 평면 안테나판(71)에서도, 평면 안테나판(71)의 중심(O_A)[기재(71a)의 중심과 동일]으로부터 제1 슬롯(72a)의 중심(O_{72a})까지의 거리($L1$)와 평면 안테나판(71)의 반경(r)의 비($L1/r$)는, 0.35 ~ 0.5의 범위이다. 또한, 평면 안테나판(71)의 중심(O_A)으로부터 제2 슬롯(72b1), 제3 슬롯(72b2)의 중심(O_{72b1} , O_{72b2})까지의 거리($L2$)와 평면 안테나판(71)의 반경(r)의 비($L2/r$)는, 0.7 ~ 0.85의 범위이다. 비($L1/r$) 및 비($L2/r$)를 상기 범위로 규정한 이유에 대해서는, 제1 실시형태와 동일하다. 상기 범위로 규정함으로써, 반사파의 발생이 억제되고, 전자파가 효율적으로 챔버(1) 내에 공급되어 안정된 플라즈마를 형성할 수 있다.
- [0097] 또한, 평면 안테나판(71)과 동심이며 반경이 거리($L1$)이고 제1 슬롯(72a)의 중심(O_{72a})을 지나는 원을 C1로 하고, 평면 안테나판(71)과 동심이며 반경이 거리($L2$)이고 제2 슬롯(72b1)의 중심(O_{72b1})을 지나는 원을 C2로 한 경우에, 평면 안테나판(71)과 동심이며 평면 안테나판(71)의 중심(O_A)으로부터 원(C1)과 원(C2)의 원주의 직경 방향의 중간점(M)까지의 거리($L3$)를 반경으로 한 원(C3)에 대해서, 그 거리($L3$)와 평면 안테나판(71)의 반경(r)의 비($L3/r$)가, 0.5 ~ 0.7의 범위인 것이 바람직하다. 그 비($L3/r$)를 0.5 ~ 0.7의 범위로 규정함으로써, 반사파의 발생이 억제되고, 전자파가 효율적으로 챔버(1) 내에 공급되어 안정된 플라즈마를 형성할 수 있다.
- [0098] 또한, 거리($L2$) 및 거리($L1$)의 차분($L2-L1$)과 평면 안테나판(71)의 반경(r)의 비[($L2-L1$)/ r]는, 0.2 ~ 0.5의 범위인 것이 바람직하다. 그 비[($L2-L1$)/ r]를 상기 범위로 규정함으로써, 반사파의 발생이 억제되고, 전자파가 효율적으로 챔버(1) 내에 공급되어 안정된 플라즈마를 형성할 수 있다.
- [0099] 또한, 도 8에 도시한 각도($\theta 1$, $\theta 2$, $\theta 3$ 및 $\theta 4$)의 범위(및 그 범위로 설정된 이유)는, 모두, 제1 실시형태와 동일하다.
- [0100] 또한, 본 실시형태에서의 제1 슬롯(72a), 제2 슬롯(72b1), 및 제3 슬롯(72b2)의 길이 및 폭의 범위, 및 그 범위로 규정되는 이유는, 모두 제2 실시형태와 동일하다.
- [0101] 본 실시형태에서의 그 외의 구성, 작용 및 효과는, 제1 실시형태와 동일하다.
- [0102] 이상, 본 발명의 실시형태에 대해서 기술하였으나, 본 발명은 상기 실시형태에 제약되는 것은 아니며, 여러 가지 변형이 가능하다. 예컨대, 본 발명에 따른 슬롯 패턴을 갖는 평면 안테나판(31)을 구비한 플라즈마 처리 장치(100)는, 플라즈마 산화 처리 장치, 플라즈마 질화 처리 장치, 플라즈마 CVD 처리 장치, 플라즈마 에칭 처리 장치, 플라즈마 애싱 처리 장치 등에 적용할 수 있다. 또한, 본 발명에 따른 평면 안테나판을 구비한 플라즈마 처리 장치는, 피처리체로서 반도체 웨이퍼를 처리하는 경우에 한정되지 않고, 예컨대 액정 디스플레이 장치나 유기 EL 디스플레이 장치 등의 평판 디스플레이 장치용 기판을 피처리체로 하는 플라즈마 처리 장치에도 적용할 수 있다.
- [0103] 또한, 각 슬롯의 평면 형상에 대해서도, 상기 실시형태에서 나타난 형상에 한정되는 것은 아니며, 예컨대 원형, 타원형, 정사각형, 직사각형 등의 형상을 채용할 수 있다.

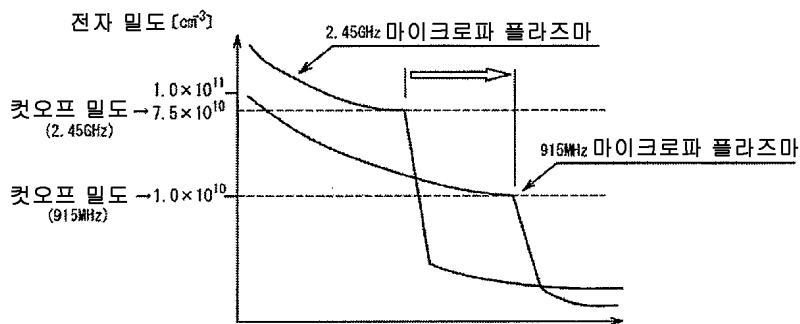
도면3



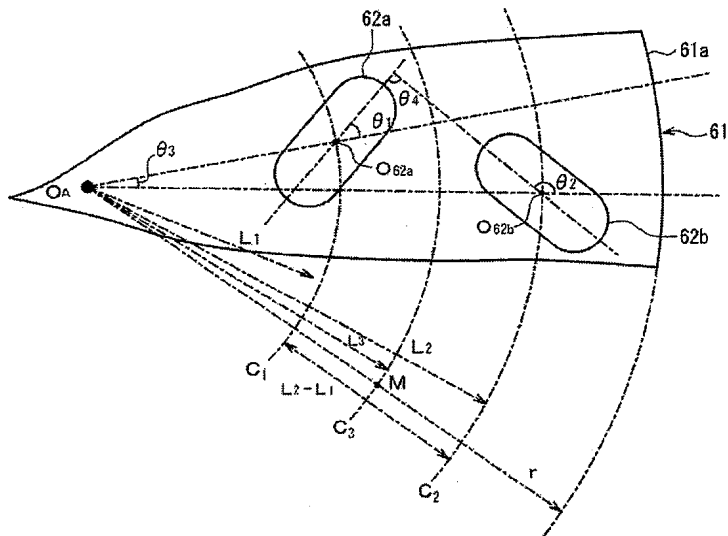
도면4



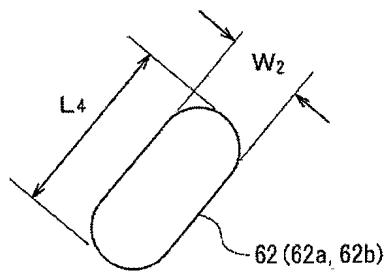
도면5



도면6



도면7



도면8

