



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년01월03일
(11) 등록번호 10-2749255
(24) 등록일자 2024년12월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01J 37/32 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01J 37/32256 (2013.01)
H01J 37/3222 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-7016706
(22) 출원일자(국제) 2020년12월24일
심사청구일자 2021년06월01일
(85) 번역문제출일자 2021년06월01일
(65) 공개번호 10-2021-0134602
(43) 공개일자 2021년11월10일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2020/048422
(87) 국제공개번호 WO 2021/220551
국제공개일자 2021년11월04일
(30) 우선권주장
PCT/JP2020/017927 2020년04월27일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
JP2003188152 A
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
주식회사 히타치하이테크
일본국 도쿄도 미나토쿠 토라노몬 1초메 17방 1고
(72) 발명자
다무라 히토시
일본국 도쿄도 미나토쿠 도라노몬 1-17-1 주식회
사 히타치하이테크 내
이케다 노리히코
일본국 도쿄도 미나토쿠 도라노몬 1-17-1 주식회
사 히타치하이테크 내
쉬 첸펀
일본국 도쿄도 미나토쿠 도라노몬 1-17-1 주식회
사 히타치하이테크 내
(74) 대리인
문두현

전체 청구항 수 : 총 13 항

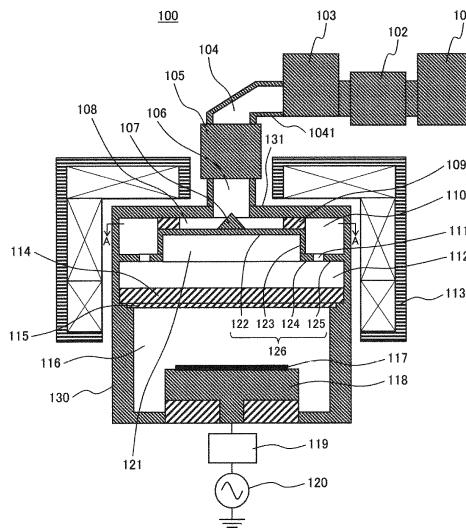
심사관 : 홍종선

(54) 발명의 명칭 **플라스마 처리 장치**

(57) 요약

내부에서 기판을 플라스마 처리하는 플라스마 처리실을 구비하고 이 플라스마 처리실의 내부를 진공으로 배기 가능한 진공 챔버와, 이 진공 챔버에 원형 도파관을 통해서 마이크로파 전력을 공급하는 마이크로파 전력 공급부를 구비한 플라스마 처리 장치에 있어서, 진공 챔버는, 원형 도파관과 접속해서 원형 도파관으로부터 전반된 마이크로파 전력을 받아들이는 평행 평판 선로부와, 평행 평판 선로부의 외주에 배치되어 평행 평판 선로부로부터 전반된 마이크로파 전력을 받아들이는 링 공진기부와, 이 링 공진기부에 형성된 슬롯 안테나로부터 방사된 마이크로파 전력을 받아들이는 공동부와, 이 공동부와 플라스마 처리실을 분리하는 마이크로파 도입창을 구비하고, 평행 평판 선로부는, 링 공진기부와 의 경계 부분에, 평행 평판 선로부로부터 링 공진기부에 전반하는 마이크로파의 위상을 조정하는 위상 조정부를 가지고 구성되었다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H01J 37/32229 (2013.01)

H01J 37/32311 (2013.01)

H01J 37/32669 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌

JP2007035411 A*

JP2012049353 A*

KR1019960043012 A

KR1020020088413 A

KR1020040047850 A*

KR1020040062870 A

KR1020160114508 A

US06172321 B2

US20040045674 A1

US20050087304 A1

JP2007035412 A*

JP2012044035 A*

JP2012190899 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명세서

청구범위

청구항 1

시료가 플라스마 처리되는 처리실과, 플라스마를 생성하기 위한 마이크로파의 고주파 전력을 공급하는 고주파 전원과, m 을 2 이상의 정수로 했을 경우, 단면이 원형인 원형 도파관을 통해서 전반(傳搬)된 상기 마이크로파의 모드가 상기 m 개의 파장분의 마이크로파를 방위각 방향으로 갖는 모드로 되도록 상기 전반된 마이크로파를 공진하는 링 공진기와, 상기 처리실의 위쪽에 배치되고, 상기 전반된 마이크로파를 상기 처리실에 투과시키는 유전체창을 구비하는 플라스마 처리 장치에 있어서,

상기 원형 도파관은, 평행 평판 선로부를 통해서 상기 마이크로파를 상기 링 공진기에 전반하고,

상기 평행 평판 선로부는, 상면 및 하면이 원형이고, 상기 링 공진기에 전반하는 상기 마이크로파의 위상을 소정의 위상으로 하는 위상 조정기를 구비하고,

상기 링 공진기는, 원주 방향을 따라 배치된 복수 개의 도체판을 구비하는 것을 특징으로 하는 플라스마 처리 장치.

청구항 2

시료가 플라스마 처리되는 처리실과, 플라스마를 생성하기 위한 마이크로파의 고주파 전력을 공급하는 고주파 전원과, m 을 2 이상의 정수로 했을 경우, 단면이 원형인 원형 도파관을 통해서 전반(傳搬)된 상기 마이크로파의 모드가 상기 m 개의 파장분의 마이크로파를 방위각 방향으로 갖는 모드로 되도록 상기 전반된 마이크로파를 공진하는 링 공진기와, 상기 처리실의 위쪽에 배치되고, 상기 전반된 마이크로파를 상기 처리실에 투과시키는 유전체창을 구비하는 플라스마 처리 장치에 있어서,

상기 원형 도파관은, 평행 평판 선로부를 통해서 상기 마이크로파를 상기 링 공진기에 전반하고,

상기 평행 평판 선로부는, 상면 및 하면이 원형이고, 상기 링 공진기에 전반하는 상기 마이크로파의 위상을 소정의 위상으로 하는 위상 조정기를 구비하고,

상기 링 공진기는, 상기 m 개의 파장분의 마이크로파를 방위각 방향으로 갖는 모드의 전체에 대해서 표면이 수직으로 되도록 배치된 복수의 판을 구비하고,

상기 판의 재료는, 소정의 도전율의 재료인 것을 특징으로 하는 플라스마 처리 장치.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 평행 평판 선로부는, 하나이고,

상기 위상 조정기는, 유전체에 의해 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 플라스마 처리 장치.

청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 위상 조정기는, 상기 평행 평판 선로부와 상기 링 공진기의 접속 개소에 배치되어 있는 것을 특징으로 하는 플라스마 처리 장치.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 위상 조정기의 개수는, 4개인 것을 특징으로 하는 플라스마 처리 장치.

청구항 6

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 평행 평판 선로부는, 상기 원형 도파관으로부터 전반된 상기 마이크로파의 반사를 억제하는 금속제의 정합용 부재를 구비하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 장치.

청구항 7

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 링 공진기에 의해 공진된 상기 마이크로파를 방사하는 개구부를 갖는 슬롯 안테나가 상기 링 공진기에 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 장치.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 개구부는, 원환(圓環) 형상의 개구부인 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 장치.

청구항 9

제7항에 있어서,

상기 개구부는, 방사상으로 배치된 복수의 개구부인 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 장치.

청구항 10

제7항에 있어서,

상기 개구부는, 원주 방향으로 배치된 복수의 원호 형상의 개구부인 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 장치.

청구항 11

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 평행 평판 선로부의 상면과 상기 평행 평판 선로부의 하면을 단락하는 도전성의 기둥이 상기 위상 조정기의 인근에 배치되어 있는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 장치.

청구항 12

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 소정의 위상은, 상기 링 공진기와 상기 평행 평판 선로부의 접촉면에 있어서의 상기 마이크로파의 전자계 분포의 부정합을 저감시키는 위상인 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 장치.

청구항 13

제5항에 있어서,

상기 처리실 내에 자장을 형성하는 자장 형성 기구를 더 구비하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 장치.

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

발명의 설명

기술분야

[0001] 본 발명은, 전자파에 의해 플라스마를 발생시키는 플라스마 처리 장치에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 반도체 집적 회로 소자의 생산에 플라스마 처리 장치가 사용되고 있다. 소자의 성능 향상과 코스트 저감을 위해, 소자의 미세화가 진전되어 왔다. 종래에는 소자의 2차원적인 미세화에 의해, 1매의 피처리 기판으로부터 제조할 수 있는 소자 수가 증가해 소자 1개당의 제조 코스트가 내려감과 동시에, 배선 길이 단축 등의 효과로 성능 향상도 도모되어 왔다. 그러나 반도체 소자의 치수가 원자의 치수에 가까운 나노미터 오더로 되면, 2차원적인 미세화의 난이도가 현저하게 높아져, 신재료나 3차원적인 소자 구조의 적용 등, 대응이 이루어지고 있다. 이러한 구조 변경에 의해, 제조의 난이도는 증가해, 제조 코스트의 증대가 심각한 문제로 되고 있다.

[0003] 제조 도중의 반도체 집적 회로 소자에 미소한 이물이나 오염 물질이 부착하면, 치명적인 결함으로 되는 경우가 많기 때문에, 반도체 집적 회로 소자는 이물이나 오염 물질을 배제하고 온도나 습도를 최적으로 제어한 클린룸 내에서 제조되는 경우가 많다. 소자의 미세화에 수반해, 제조에 필요한 클린룸의 청정도는 높아지고, 클린룸의 건설이나 유지 운용에 막대한 비용이 필요해진다. 따라서, 클린룸 공간을 효율적으로 이용해서 생산하는 것이 요구된다. 이 관점에서, 반도체 제조 장치는 소형화와 저코스트화가 엄격히 요구되고 있다.

[0004] 전자파에 의해 플라스마를 발생시키는 플라스마 처리 장치에 있어서, 정자계(靜磁界)를 플라스마 처리실에 가한 장치가 널리 사용되고 있다. 정자계에 의해 플라스마의 손실을 억제할 수 있는 것 외, 플라스마 분포의 제어도 가능해지는 이점이 있기 때문이다. 또한 전자파와 정자계의 상호 작용을 사용함으로써, 통상은 플라스마 발생이 곤란한 운전 조건에서도 발생 가능하게 할 수 있는 효과가 있다. 특히 플라스마 발생용 전자파로서 마이크로파를 사용하고, 전자의 사이클로트론 운동의 주기와 마이크로파의 주파수를 일치시키는 정자계를 사용하면, 전자 사이클로트론 공명(Electron Cyclotron Resonance, 이하 ECR이라 칭함) 현상이 일어나는 것이 알려져 있다. ECR이 일어나는 영역에서 주로 플라스마가 발생하므로, 정자계의 분포를 조절함으로써 플라스마 발생 영역의 제어가 가능해지는 것 외, ECR 현상에 의해 플라스마 생성 가능한 조건을 넓게 확보할 수 있는 효과가 있다.

[0005] 플라스마 처리 중의 피처리 기판에 고주파를 인가하고, 플라스마 중의 이온을 피처리 기판 표면에 끌어들임으로써 플라스마 처리의 고속화나 처리 품질의 향상을 도모하는 RF 바이어스 기술이 사용되고 있다. 예를 들면 플라스마 에칭 처리의 경우, 피처리 기판의 피처리면에 수직으로 이온이 입사하기 때문에, 에칭이 피처리 기판의 수직 방향으로만 진행되는 이방성의 가공이 달성된다.

[0006] 상기한 과제나 기술 동향에 대응한 종래예로서, 특허문헌 1에 기재되어 있는 플라스마 처리 장치에서는, 처리실 주위에 정자계를 가하기 위한 전자석을 구비하고 있어, 처리실 내에 정자계를 가할 수 있다. 또한 당해 전자석은 다단의 전자석으로 구성되어 있어, 각 전자석에 공급하는 전류값을 조정함으로써, 처리실 내의 정자계 분포를 조정할 수 있다.

[0007] 특허문헌 1에서는, 플라스마 발생용의 전자파로서 주파수 2.45GHz의 마이크로파를 사용하고 있고, 이것을 원편파(圓偏波) 발생기에 의해, 원편파화해서 장치의 중심축 상에 배치한 원형 도파관을 사용해, 장치에 공급하고 있다. 당해 원형 도파관의 출력단은 분기 회로에 접속되고, 당해 분기 회로는 균등한 각도로 배치된 복수의 도파관으로 구성되어 있다. 실시예에서는 분기 회로로서 90도마다 균등한 각도로 4분기된 사각형 도파관을 사용하고 있다. 또한 분기 회로의 복수의 도파관으로서 링 공진기를 여진(勵振)하고 있다. 링 공진기의 처리실측에는 슬롯 안테나가 설치되고, 링 공진기 내에서는 공진 모드로 형성된 전자계에 따라서, 당해 슬롯 안테나로부터 처리실로 마이크로파가 방사된다.

[0008] 특허문헌 1의 처리실 내의 정자계는 상기한 전자석으로 원하는 분포로 제어되고, 투입되는 마이크로파와 상호 작용해서, 처리실 내에 플라스마를 생성한다. 이 전자석에 의해, ECR을 일으키는 정자계를 처리실 내에 생성함과 함께, 분포를 조정해서 플라스마의 확산을 제어할 수 있다.

[0009] 전술한 바와 같이, 특허문헌 1의 원형 도파관 내에는 원편파화된 마이크로파가 투입되고 있고, 이것에 의해, 링 공진기 내에는 진행파가 여진된다. 이 링 공진기 내에는 방위각 방향으로 1사이클로 복수 파장의 전자파가 여진되지만, 정재파(定在波)가 여진된 경우에는, 정재파의 복, 절에 대응한 방위각 방향의 불균일이 고정된 위치에 존재하게 된다. 공진기 내에 진행파를 여진함으로써, 시간적으로 방위각 방향으로 균일한 전자파가 여진되

게 된다.

선행기술문헌

특허문헌

[0010] (특허문헌 0001) 일본국 특허공개 제2012-190899호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0011] 일반적으로 플라스마는 플라스마 처리실 벽면에서 손실되는 경우가 많아, 벽면 부근에서는 밀도가 낮고, 벽면으로부터 떨어진 중심 부근에서 밀도가 높아지는 경향이 있다. 그 결과, 피처리 기관 상의 플라스마 밀도가 불균분포로 되기 쉬운 경향이 있어, 플라스마 처리의 균일성이 문제가 되는 경우가 있다.
- [0012] 플라스마는 자력선에 따르는 방향으로 확산하기 쉽지만, 자력선과 수직인 방향으로 확산이 억제되는 성질이 있다. 또한 ECR면 등의 위치를 조정해서 플라스마 발생 영역의 제어가 가능하다. 이와 같이 정자계에 의해 플라스마의 확산과 생성 영역을 조정함으로써 플라스마의 분포를 조정할 수 있다.
- [0013] 그러나 정자계에 의한 플라스마 밀도 분포의 조정 수단만으로는 원하는 조정폭이 얻어지지 않는 경우가 있어, 거듭 추가의 조정 수단이 요망되고 있다.
- [0014] 예를 들면 에칭 처리의 경우, 가공하는 막 두께가 성막 장치의 특성에 따라서, 예를 들면 처리 기관의 중앙에서 두껍고 외주측에서 얇은 경우, 반대로 중앙에서 얇고 외주측에서 두꺼운 경우가 있을 수 있다. 이러한 성막 장치 기인의 불균일을 에칭 처리로 보정해서, 전체적으로 균일한 가공을 실시하고자 할 경우가 있다. 이와 같이 피처리 기관 상에서의 플라스마 밀도 분포를 원하는 분포로 조정하는 것이 요망되는 경우가 있다.
- [0015] 일반적으로 에칭 속도가 균일하면, 반응 생성물은 피처리 기관 각 부로부터 균일하게 생성해 방출된다. 그 결과, 피처리 기관의 중심부에서는 반응 생성물 밀도가 높고, 외주부에서는 밀도가 낮아진다. 반응 생성물이 피처리 기관에 재부착하면, 에칭이 저해되어 에칭 속도가 저하한다. 반응 생성물이 피처리 기관에 재부착할 확률은, 피처리 기관의 온도나 처리실의 압력, 피처리 기관의 표면 상태 등, 많은 파라미터에 영향 받는다. 따라서 피처리 기관의 면내에서 균일한 에칭 처리를 얻기 위해서는, 피처리 기관 상의 플라스마 밀도 분포를 일부러 불균일하게 조정하지 않으면 안 되는 경우가 있다.
- [0016] 상기에 나타내는 바와 같이 피처리 기관 상에서의 플라스마 밀도 분포를 용이하게 제어할 수 있는 플라스마 처리 장치가 요망되고 있다.
- [0017] 링 공진기를 사용함으로써, 중심 부근에서 낮고 외주 부근에서 높은 전자계 분포를 얻을 수 있고, 또한 이것에 의해 중심에서 낮고 외주부에서 높은 플라스마 밀도 분포를 얻을 수 있다. 플라스마가 확산해서 중심 부근에서 높은 밀도 분포로 되기 쉬운 성질을 고려하면, 피처리 기관 상에서 균일한 플라스마로 하기 위해서는, 플라스마 생성 영역에서는 중심에서 낮고 외주부에서 높은 밀도 분포로 조정하는 것이 필수로 된다.
- [0018] 특허문헌 1에서는 링 공진기를 4개의 방위각 방향으로 균등하게 배치한 도파관으로 여진하고 있다. 그러나 이 경우, 4개소 있는 도파관의 접속부에 기인한 링 공진기 내 전자계의 불균일이 생기고, 이것에 의한 플라스마 분포의 불균일이 현재화하는 경우가 있었다. 또한 분기 등의 구조가 복잡하기 때문에, 제조 코스트나 장치간 차등이 문제로 되는 경우가 있어, 심플한 여진 구조가 바람직하다.
- [0019] 본 발명은, 상기한 종래기술의 과제를 해결해서, 링 공진기를 단순한 구조로 균일하게 여진하는 것을 가능하게 하는 플라스마 처리 장치를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0020] 상기한 과제를 해결하기 위해, 본 발명에서는, 내부에서 기관을 플라스마 처리하는 플라스마 처리실을 구비하고 이 플라스마 처리실의 내부를 진공으로 배기 가능한 진공 챔버와, 이 진공 챔버에 원형 도파관을 통해서 마이크로로파 전력을 공급하는 마이크로로파 전력 공급부를 구비한 플라스마 처리 장치에 있어서, 진공 챔버는, 원형 도파관과 접속해서 원형 도파관으로부터 전반(傳搬)된 마이크로로파 전력을 받아들이는 평행 평판 선로부와, 평행 평

관 선로부의 외주에 배치되어 평행 평판 선로부로부터 전반된 마이크로파 전력을 받아들이는 링 공진기부와, 이 링 공진기부에 형성된 슬롯 안테나로부터 방사된 마이크로파 전력을 받아들이는 공동부와, 이 공동부와 플라스마 처리실을 분리하는 마이크로파 도입창을 구비하고, 평행 평판 선로부는, 링 공진기부와와와와의 경계 부분에, 평행 평판 선로부로부터 링 공진기부에 전반하는 마이크로파의 위상을 조정하는 위상 조정부를 가지고 구성했다.

[0021] 또한, 상기한 과제를 해결하기 위해, 본 발명에서는, 내부에서 기판을 플라스마 처리하는 플라스마 처리실을 구비하고 이 플라스마 처리실의 내부를 진공으로 배기 가능한 진공 챔버와, 진공 챔버의 중심축 상에 배치된 단면이 원형인 원형 도파관과, 진공 챔버 측에서 원형 도파관의 출력단에 접속되어 원형 도파관으로부터 전반된 마이크로파 전력의 전반 방향이 진공 챔버의 중심축에 대해서 수직인 평행 평판 선로부와, 평행 평판 선로부의 외주에 접속해서 평행 평판 선로부로부터 전반된 마이크로파 전력을 진공 챔버의 중심축에 대해서 방위각 방향으로 복수 과장으로 공진시킴과 함께, 이 공진시킨 마이크로파 전력을 방사하는 슬롯 안테나가 형성된 링 공진기부와, 이 링 공진기부에 형성된 슬롯 안테나로부터 방사된 마이크로파 전력을 받아들이는 공동부와, 이 공동부와 플라스마 처리실을 분리하는 마이크로파 도입창을 구비해서 구성했다.

발명의 효과

[0022] 본 발명에 따르면, 단순한 구조로 링 공진기 내의 전자계 분포를 원하는 공진 모드로 정밀하게 조정할 수 있고, 플라스마 분포의 편향의 원인이 되는 불필요한 전자계 분포를 억제할 수 있기 때문에, 균일성이 좋은 플라스마 처리를 피처리 기판 상에 실시할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0023] 도 1은 실시예 1에 따른 마이크로파 플라스마 에칭 장치의 개략의 구성을 설명하는 측면의 단면도.
 도 2는 실시예 1에 따른 마이크로파 플라스마 에칭 장치의 도 1에 있어서의 A-A 단면 화살표 방향에서 본 도면.
 도 3a는 실시예 1에 따른 마이크로파 플라스마 에칭 장치에 있어서의 평행 평판 선로의 변형예를 나타내는 도 1에 있어서의 A-A 단면 화살표 방향에서 본 도면에 상당하는 단면도.
 도 3b는 실시예 1에 따른 마이크로파 플라스마 에칭 장치에 있어서의 평행 평판 선로의 다른 변형예를 나타내는 도 1에 있어서의 A-A 단면 화살표 방향에서 본 도면에 상당하는 단면도.
 도 4는 실시예 2의 마이크로파 플라스마 에칭 장치의 평행 평판 선로 부근의 횡단면도.
 도 5는 실시예 3의 마이크로파 플라스마 에칭 장치의 평행 평판 선로 부근의 횡단면도.
 도 6a는 실시예 4의 마이크로파 플라스마 에칭 장치의 개략의 구성을 나타내는 측면의 단면도.
 도 6b는 실시예 4의 마이크로파 플라스마 에칭 장치의 도 6a에 있어서의 B-B 단면 화살표 방향에서 본 도면.
 도 7은 실시예 4의 변형예를 나타내는 마이크로파 플라스마 에칭 장치의 원형 도파관 부근의 종단면도.
 도 8은 실시예 4의 마이크로파 플라스마 에칭 장치의 도 6a의 B-B 단면 화살표 방향에서 본 도면에 상당하는 본 실시예의 변형예에 따른 링 공진기의 도체판의 평면도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0024] 본 발명은, 전자파에 의해 플라스마를 발생시키는 플라스마 처리 장치에 있어서, 마이크로파 전력의 분포를 조정함으로써, 처리실 내에 생성되는 플라스마의 분포를 제어할 수 있도록 해서, 고품질인 플라스마 처리를 가능하게 한 것이다.

[0025] 본 건 발명은, 마이크로파 ECR 플라스마 처리 장치에 있어서, m개의 과장분의 전자파를 방위각 방향으로 갖는 모드로 공진하는 링 공진기와, 링 공진기의 중심축과 동축에 배치된 도파관과, 이 도파관으로부터 전반된 전자파를 링 공진기에 전반하는 평행 평판 선로를 구비한 것에 의해, 여진점을 증가시켜서 링 공진기 내를 균등하게 여진할 수 있도록 해서, 생성되는 플라스마의 축 대칭성을 향상시킴과 함께, 마이크로파 전력 손실을 저감하는 것을 가능하게 한 것이다. 또한 구조를 단순화한 것에 의해, 장치간 차(기차)도 저감할 수 있도록 한 것이다.

[0026] 링 공진기를 사용함으로써 처리실 내에 여진하는 전자계 분포는 중심에서 낮고, 외주부에서 높은 링 형상의 분포로 조정할 수 있다. 따라서 처리실 내에서 링 형상으로 플라스마를 생성하기 쉽다. 한편, 전술한 바와 같이 처리실 벽면에서의 플라스마 손실의 효과 및 플라스마 확산의 효과에 의해, 벽면 부근의 플라스마 밀도가 저하

해서 중심 부근에서 높은 밀도 분포를 취하기 쉬운 경향도 있다.

- [0027] 이것에 대해서 본 발명에서는, 처리실 벽면과 링 공진기에 의한 링 형상 플라스마 생성 분포의 위치 관계를 조정해서, 웨이퍼 상에서 균일한 플라스마 분포를 얻을 수 있게 했다.
- [0028] 또한, 본 발명은, 대략 축 대칭인 플라스마 처리 장치의 중심축 상에 배치된 단면이 원형인 원형 도파관, 피처리 기관이 플라스마 처리되는 플라스마 처리실, 원형 도파관의 출력단에 접속된 평행 평판 선로, 이 평행 평판 선로 내의 마이크로파 전반 방향이 중심축에 수직이고 방위각 방향으로 복수 파장으로 공진하는 링 공진기, 이 링 공진기의 플라스마 처리실측에 링 공진기 내의 전자파를 플라스마 처리실에 방사하기 위한 안테나를 구비하고, 평행 평판 선로의 출력단이 당해 링 공진기와 접속되고, 평행 평판 선로와 링 공진기의 접속면에서 균등하게 링 공진기를 여진함으로써, 웨이퍼 상에서 균일한 플라스마 분포를 얻을 수 있도록 한 것이다.
- [0029] 이하에, 본 발명의 실시형태를 도면에 의거해서 상세히 설명한다. 본 실시형태를 설명하기 위한 모든 도면에 있어서 동일 기능을 갖는 것은 동일한 부호를 부여하도록 하고, 그 반복 설명은 원칙적으로 생략한다.
- [0030] 단, 본 발명은 이하에 나타내는 실시형태의 기재 내용으로 한정해서 해석되는 것은 아니다. 본 발명의 사상 내지 취지로부터 이탈하지 않는 범위에서, 그 구체적인 구성을 변경할 수 있는 것은 당업자이면 용이하게 이해된다.
- [0031] [실시예 1]
- [0032] 본 발명을 사용한 플라스마 처리 장치의 예로서 도 1에 의해 마이크로파 플라스마 에칭 장치(100)를 설명한다.
- [0033] 도 1은 마이크로파 플라스마 에칭 장치(100) 전체의 종단면도를 나타낸다. 도 1에 나타난 구성에 있어서, 101은 마이크로파의 발진기(마이크로파 전원), 102는 아이솔레이터, 103은 자동 정합기, 1041은 직사각형 도파관, 104는 원구형(圓矩形) 변환기, 105는 원편파 발생기, 106은 원형 도파관, 107은 정합용 블록, 108은 평행 평판 선로, 109는 위상 조정 수단, 110은 링 공진기, 111은 슬롯 안테나, 112는 공동부, 121은 내측 공동부, 126은 내측 공동부(121)를 형성하는 내측 공동 형성부, 122는 내측 공동 형성부(126)의 상면부, 123은 내측 공동 형성부(126)의 측면부, 124는 내측 공동 형성부(126)의 내측 가장자리부, 125는 내측 공동 형성부(126)의 외측 가장자리부이다.
- [0034] 113은 정자계 발생 장치, 114는 마이크로파 도입창, 115는 샤워 플레이트, 116은 플라스마 처리실, 117은 피처리 기관, 118은 기관 전극, 119는 자동 정합기, 120은 RF 바이어스 전원, 130은 진공 챔버이다.
- [0035] 도 1에 나타난 구성에서는, 플라스마 처리실(116)에 가스를 공급하는 가스 공급계, 플라스마 처리실(116)의 내부를 진공으로 배기하는 진공 배기 수단, 마이크로파의 발진기(101)나 자동 정합기(103), 정자계 발생 장치(113), RF 바이어스 전원(120) 등을 제어하는 제어부의 도시를 생략하고 있다.
- [0036] 상기한 구성에 있어서, 마이크로파의 발진기(101)로부터 출력된 주파수 2.45GHz의 마이크로파는 아이솔레이터(102), 자동 정합기(103)를 통해서 원구형 변환기(104)로 직사각형 도파관(1041)에 의해 전반된다. 마이크로파의 발진기(101)로서 마그네트론을 사용하였다. 원구형 변환기(104)는 마이크로파의 진행 방향을 90도 굽히는 코너도 겹쳐서, 장치 전체의 소형화를 도모하고 있다.
- [0037] 원구형 변환기(104)의 하부에는 원편파 발생기(105)가 접속되고, 직선 편파로 입사한 마이크로파를 원편파로 변환하고 있다. 또한 원편파 발생기(105)의 플라스마 처리실(116) 측에는, 플라스마 처리실(116)을 구성하는 진공 챔버(130)의 대략 중심축 상에 설치된 원형 도파관(106)이 있어, 원편파화된 마이크로파가 전반된다.
- [0038] 원형 도파관(106)의 종단부에는 정합용 블록(107)을 통해서, 내측 공동 형성부(126)의 상면부(122)와 진공 챔버(130)의 상면인 상측 도체(131) 사이에 끼워져 형성된 평행 평판 선로(108)가 접속되어 있다. 원형 도파관(106)과 평행 평판 선로(108)는 직교해 있고, 원형 도파관(106)으로부터 평행 평판 선로(108)에 전반된 마이크로파 전력은, 그 진행 방향을 변화시킨다.
- [0039] 정합용 블록(107)은, 원형 도파관(106)과 평행 평판 선로(108)의 접속부에서의 마이크로파 전력의 반사를 억제하는 기능을 가지는 도전율이 높은 금속제의 블록이고, 본 실시예에서는 원추형으로 했다.
- [0040] 평행 평판 선로(108)는, 진공 챔버(130)의 상부 측면에서, 내측 공동 형성부(126)의 측면부(123)와, 내측 가장자리부(124), 및 외측 가장자리부(125) 사이에 끼인 공간에 의해 형성되는 링 공진기(110)에 접속되어 있고, 원형 도파관(106)으로부터 전반된 마이크로파 전력을 링 공진기(110) 내에 공급한다.
- [0041] 평행 평판 선로(108) 내에는, 링 공진기(110)와의 경계부 부근에, 위상 조정 수단(109)이 장하(裝荷)되어 있다.

이 위상 조정 수단(109)은, 링 공진기(110)와 평행 평판 선로(108)의 접속면에서의 마이크로파 전자계 분포의 부정합을 저감하는 역할을 한다. 위상 조정 수단(109)에 의해, 링 공진기(110)와 평행 평판 선로(108)의 접속면에서의 마이크로파 전자계 분포의 부정합을 저감함으로써, 링 공진기(110) 내에 원하는 공진 모드를 여진시킬 수 있다.

- [0042] 본 실시예에서는 위상 조정 수단(109)으로서 유전체제의 블록을 사용했다. 위상 조정 수단(109)은 이것으로 한정되는 것은 아니며, 다른 구조, 예를 들면 평행 평판 선로(108)의 내면에 돌기를 형성한 스테브, 홈이나 선 형상의 돌기부를 형성한 구조를 사용해도 된다.
- [0043] 링 공진기(110)의 하부에는 마이크로파 방사 수단으로서 슬롯 안테나(111)가 설치되어 있고, 슬롯 안테나(111)의 하부에는 공동부(112)가 있다. 슬롯 안테나(111)는, 내측 공동 형성부(126)의 내측 가장자리부(124)의 외주면과, 외측 가장자리부(125)의 내주면 사이에 끼인 공간에 의해 형성된다.
- [0044] 링 공진기(110)의 내부에서 원하는 공진 모드로 여진되어 전자계 분포를 갖는 마이크로파를, 이 슬롯 안테나(111)로부터 하부의 공동부(112)에 방사한다. 링 공진기(110)의 내측에는 내측 공동 형성부(126)의 상면부(122)와 측면부(123)로 형성되는 내측 공동부(121)가 설치되어 있고, 공동부(112)와 함께 슬롯 안테나(111)로부터 방사되는 마이크로파의 전자계 분포를 조정하는 작용을 갖는다.
- [0045] 공동부(112)의 하부는, 마이크로파 도입창(114)과 샤워 플레이트(115)로 플라즈마 처리실(116)과 칸막이되어 있다. 마이크로파 도입창(114), 샤워 플레이트(115)는 마이크로파의 손실이 작고, 이물 발생 등 플라즈마 처리에 악영향을 미치지 어려운 재질로서 석영을 사용하였다.
- [0046] 링 공진기(110)의 내측의 내측 공동부(121)는, 공동부(112)와 함께 슬롯 안테나(111)로부터 방사되는 마이크로파의 전자계 분포를 조정하는 역할을 갖는다. 샤워 플레이트(115)의 하부에는 플라즈마 처리실(116)이 있어, 방사된 마이크로파 전력에 의해 플라즈마를 생성한다.
- [0047] 플라즈마 처리실(116)에는 도시하고 있지 않은 가스 공급계, 및 도시하고 있지 않은 진공 배기계가 접속되고, 플라즈마 처리에 적합한 가스 분위기, 압력으로 제어되어 있다. 플라즈마 처리실(116)과 공동부(112) 사이는 마이크로파 도입창(114)으로 칸막이되고, 공동부(112) 측은 대기압의 상태이고, 플라즈마 처리실(116) 측은 내부가 배기되어, 진공의 상태가 유지된다.
- [0048] 처리 가스는, 마이크로파 도입창(114)과 샤워 플레이트(115) 사이의 도시하지 않은 미세한 간극에 도시하고 있지 않은 가스 공급계로부터 공급되고, 샤워 플레이트(115)에 설치된 도시하지 않은 미세한 복수의 공급 구멍을 통해서, 플라즈마 처리실(116)의 내부에 공급된다.
- [0049] 플라즈마 처리실(116)의 내부에는, 피처리 기관(117)을 재치(載置)하기 위한 기관 전극(118)이 플라즈마 처리실(116)과 전기적으로 절연된 상태로 설치되어 있다. 기관 전극(118)에는 RF 바이어스 전원(120)이 자동 정합기(119)를 통해서 접속되어, 피처리 기관(117)에 RF 바이어스를 인가할 수 있다.
- [0050] 플라즈마 처리실(116)의 주위에는 정자계를 인가하기 위한 정자계 발생 장치(113)가 설치되어 있다. 본 실시예에서는 정자계 발생 장치(113)는 다단의 솔레노이드 코일로 구성되어 있고, 도시하지 않은 복수의 직류 전원으로 공급되는 직류 전류를 조정하는 것에 의해, 플라즈마 처리실(116) 내에 인가하는 정자계의 분포를 조정할 수 있다. 정자계 발생 장치(113)를 대체해서, 또는, 정자계 발생 장치(113)와 함께 정자계를 발생시키는 수단으로서, 영구 자석이나 자성체를 병용해도 된다.
- [0051] 도 2에, 도 1에 있어서의 A-A 단면 화살표 방향에서 본 도면, 즉 평행 평판 선로(108) 부근의 횡단면도를 나타낸다. 전술한 바와 같이, 평행 평판 선로(108) 내에는 위상 조정 수단(109)으로서, 유전체제의 블록이 장하되어 있다. 특허문헌 1에서는 4개의 사각형 도파관에서 링 공진기를 여진하고 있지만, 본 실시예에서는 도 2에 나타내는 바와 같이, 위상 조정 수단(109)을 구비한 평행 평판 선로(108)에서 여진하고 있다. 도 2에 나타낸 구성에 있어서는, 4개의 위상 조정 수단(109)은 등간격으로 배치되고, 4개의 위상 조정 수단(109)의 각각의 원주 방향의 폭은, 인접하는 위상 조정 수단(109)의 간격의 폭과 같은 치수로 형성되어 있다.
- [0052] 링 공진기(110) 내의 전자계는, 특허문헌 1에 기재되어 있는 것과 마찬가지로 방위각 방향으로 5파장분으로 공진하는 모드(이하, TM51 모드라 칭함)를 사용하고 있다. 또한 중심축 상의 원형 도파관(106)도 특허문헌 1에 기재되어 있는 것과 마찬가지로, 최저차 모드의 TE11 모드를 사용하고 있다. TE11 모드는 방위각 방향의 1사이클, 360도에서 위상이 360도 변화하고, 링 공진기의 TM51 모드에서는 방위각 방향의 1사이클 360도에서 위상이 360도×5파장분 변화한다. 따라서, 특허문헌 1의 도 5에 기재되어 있는 바와 같이 90도마다의 4개소에서, TE11

모드와 TM51 모드의 전자파의 위상이 일치해 있고, 이들 4개소를 사용해서 링 공진기를 여진하고 있다.

- [0053] 이것에 대해서 본 실시예에서는, 위상 조정 수단(109)을 포함하지 않는 4개소의 접속부(도 2의 인접하는 위상 조정 수단(109) 사이에 끼인 영역(201, 202, 203, 204))에서 TE11 모드와 TM51 모드의 위상이 일치한다.
- [0054] 한편, 위상 조정 수단(109)으로서 4개의 유전체 블록을 사용하고 있지만, 일반적으로 굴절율 n의 물질 내에서 전자파의 파장은, 진공 중 또는 대기 중에 비해, 1/n의 길이로 단축되는 것이 알려져 있다. 본 실시예에서는 위상 조정 수단(109)으로서 4개의 유전체 블록의 재질로서 석영을 사용하였다. 석영의 굴절율은 2 정도인 것이 알려져 있고, 석영 중의 전자파의 파장은 대략 반분으로 단축된다.
- [0055] 평행 평판 선로(108) 내를 전반하는 마이크로파에 대해서도 위상 조정 수단(109)으로서의 유전체 블록 내에서 파장이 단축되고, 유전체 블록을 통과하지 않는 마이크로파에 비해, 위상이 변화한다. 위상의 변화량을, 링 공진기(110)와 평행 평판 선로(108)의 접속면(도 2에 있어서, 내측 공동 형성부(126)의 측면부(123)의 상부)에 있어서 TM51 모드와 TE11 모드의 전자파가 대략 일치하도록 조정함으로써, 링 공진기의 TM51 모드를 정밀하게 여진할 수 있다. 이 경우, 전술한 위상 조정 수단(109)을 포함하지 않는 4개소의 접속부에 부가해, 위상 조정 수단(109)을 포함하는 개소의 접속부 4개소를 부가한 8개소에서 TE11 모드와 TM51 모드의 위상을 합친 것에 상당한다.
- [0056] 특허문헌 1 기재의 도파관에서 마찬가지로의 8개소에서 위상을 합치려고 하면, 8분기한 도파관에서 각각 위상을 조정할 필요가 있어, 구조가 복잡해지는 결점이 있다. 또한 특허문헌 1의 4개소의 도파관에 의해 여진하는 방법에서는, 전술한 바와 같이 도파관 접속부에 기인한 불균일이 생겨 원하는 TM51 모드로부터의 편차가 커지는 결점이 있다.
- [0057] 이에 반해, 도 2를 사용해서 설명한 본 실시예에서는, 방위각 방향으로 원환(圓環) 형상의 슬롯 안테나(111)를 형성한 예를 설명했지만, 원환 형상의 슬롯 안테나(111)를 대체해서, 도 3a에 나타내는 바와 같은, 내측 공동 형성부(126)의 내측 가장자리부(124)와 외측 가장자리부(125)에 상당하는 가장자리부(127)에 방사상으로 다수 형성된 슬롯 안테나(301), 또는, 도 3b에 나타내는 바와 같은 내측 공동 형성부(126)의 내측 가장자리부(124)와 외측 가장자리부(125)에 상당하는 가장자리부(128)에 복수의 동심원 상에 원호 형상의 복수의 슬롯 안테나(302) 등, 다른 형상의 안테나를 사용해도 된다.
- [0058] 본 실시예에 따르면, 여진점을 증가시킨 것에 의해, 링 공진기(110)의 내부를 보다 균등하게 공진할 수 있게 했으므로, 생성되는 플라즈마의 축 대칭성을 향상시킬 수 있게 되었다.
- [0059] 또한, 본 실시예에 따르면, 특허문헌 1에 기재된 복수 도파로에의 분기 구조를 평행 평판 선로(108)로 단순화함으로써 마이크로파 전력의 손실을 저감할 수 있음과 함께, 제조 코스트나 장치간 차를 저감할 수 있게 되었다.
- [0060] 또한, 본 실시예에 따르면, 평행 평판 선로(108)와 링 공진기(110)의 접속면에서 균등하게 링 공진기(110)가 여진되도록 한 것에 의해, 링 공진기(110) 내의 전자계 분포의 균일한 여진이 이루어지게 되었다.
- [0061] 또한 본 실시예에 따르면, 평행 평판 선로(108) 내에 위상 조정 수단(109)을 설치함으로써, 링 공진기(110) 내의 공진 전자계와 평행 평판 선로(108)의 접속면에서의 전자계를 보다 정밀하게 일치시키는 것을 가능하게 해, 링 공진기(110)의 균일한 여진이 이루어지게 되었다.
- [0062] 또한 본 실시예에 따르면, 원편파 발생기(105)를 사용해서 원형 도파관(106)에 원편파를 투입함으로써, 링 공진기(110) 내에 진행파를 여진해서, 이 링 공진기(110) 내의 정재파 발생을 억제해, 균일한 플라즈마 생성을 행할 수 있게 되었다.
- [0063] 또한 본 실시예에 따르면, 위상 조정 수단에 의한 위상 조정을 상세히 행하는 것에 의해 원형 도파관에 직선 편파가 투입된 경우에도 링 공진기 내에 진행파를 여진할 수 있게 되었다.
- [0064] [실시예 2]
- [0065] 제2 실시예로서, 도 1에 있어서의 A-A 단면 화살표 방향에서 본 도면에 상당하는 도 4로서, 위상 조정 수단(109)에 부가해 리지(401)를 부가한 경우의 평행 평판 선로(108) 부근의 횡단면도를 나타낸다. 평행 평판 선로(108) 부근을 제외한 장치 구성은 도 1에 나타내는 제1 실시예와 마찬가지로이므로 상위점만을 도 4를 사용해서 설명한다.
- [0066] 도 4에 나타낸 본 실시예에 따른 평행 평판 선로(108) 부근의 구성에 있어서, 각 위상 조정 수단(109)에 인접해서 리지(401)를 부가하고 있다. 리지(401)는 평행 평판 선로(108)를 형성하는 내측 공동 형성부(126)의 상면부

(122)와 진공 챔버(130)의 상면인 상측 도체(131)를 접촉하는 도전성의 기둥으로 구성되어 있다.

- [0067] 슬롯 안테나로서 도 2에 나타내는 바와 같은, 내측 공동 형성부(126)의 내측 가장자리부(124)와 내측 공동 형성부(126)의 외측 가장자리부(125) 사이에 형성된 원환 형상의 슬롯 안테나(111)를 사용하면, 슬롯 안테나(111)의 내측 도체판인 내측 공동 형성부(126)의 내측 가장자리부(124)와 외측 도체판인 외측 가장자리부(125)가 접촉하지 않고, 평행 평판 선로(108)의 하측 도체인 상면부(122)가 위상 조정 수단(109)만에 의해 상측 도체와 고정되는 구조로 된다. 리지(401)를 사용함으로써 평행 평판 선로(108)의 상하 도체판을 안정하게 유지할 수 있다.
- [0068] 일반적으로, 도파로 내에서 행로 길이 차가 1/4파장의 위치를 위상차 90도에서 여진함으로써, 진행파를 여진할 수 있다. 이 방법을 사용해서, 예를 들면 방위각 방향으로 5파장분의 모드로 공진하는 링 공진기 내에 진행파를, 링 공진기의 중심축 상에 설치한 TE11 모드의 원형 도파관에 의해 여진하는 경우를 생각할 수 있다.
- [0069] 링 공진기 내의 1/4파장에 상당하는 방위각 차는 18도로 된다. 원형 도파관의 TE11 모드는 도파관 단면에서 방위각 방향으로 1파장분의 360도 위상 변화를 나타내는 모드이므로, 방위각 차 18도에 대해, 원형 도파관의 TE11 모드의 위상차는 18도로 된다. 위상차 18도의 여진원에서 90도의 위상차를 갖게 하기 위해서는, 차감의 위상차 72도를 부여하면 된다. 이 72도의 위상차를 부여하는데 파장 단축 효과를 갖는 유전체를 사용할 수 있다. 방위각 18도의 증가마다 72도의 위상차를 부여함으로써, 링 공진기 내에 진행파를 여진할 수 있는 것을 알 수 있다.
- [0070] 본 실시예에 따르면, 실시예 1에서 설명한 효과에 부가해서, 평행 평판 선로(108) 내에 도체판간을 단락하는 리지(401)를 사용한 구조를 설치함으로써, 평행 평판 선로(108)를 안정하게 유지해 균일하게 링 공진기(110)를 여진할 수 있게 되었다.
- [0071] [실시예 3]
- [0072] 제3 실시예로서, 도 5에, 도 1에 있어서의 A-A 단면 화살표 방향에서 본 도면에 상당하는 평행 평판 선로(108) 부근의 횡단면도만을 나타낸다. 도 1, 2에 나타내는 제1 실시예와의 상위점만을 도 5를 사용해서 설명한다.
- [0073] 전술한 바와 같이, 링 공진기(110)의 복수의 위치를 소정의 위상차로 여진함으로써, 링 공진기(110) 내에 진행파를 여진할 수 있다. 제1 실시예, 제2 실시예에서는, 위상 조정 수단(109)이 4개의 유전체 블록으로 구성되어 있었다. 이에 반해, 본 실시예에서는 위상 조정 수단(510)으로서 도 5에 나타내는 바와 같이, 내측에 특수한 형상의 개구부(501)를 갖는 원반 형상의 유전체를 사용하고 있다.
- [0074] 전술한 바와 같이, 유전체 층을 전반하는 전자파는 굴절율에 따라 파장이 단축되고, 행로 길이에 따라 위상이 변화한다. 본 실시예에 따른 위상 조정 수단(510)은, 방위각 0도 이상 90도 미만에서 방위각의 증가에 수반해, 단면이 511로 표시되는 바와 같은, 중심으로부터의 반경이 단조(單調)로 감소하는 바와 같은 구멍 형상으로 한다. 마찬가지로 90도 이상 180도 미만, 180도 이상 270도 미만, 270도 이상 360도 미만도 방위각의 증가에 수반해, 각각 단면이 512, 513, 514로 표시되는 바와 같은, 중심으로부터의 반경이 마찬가지로 단조 감소하는 구멍 형상으로 한다. 또한 방위각이 90도 떨어진 위치의 반경이 같아지도록, 단면(511, 512, 513, 514)이 형성되어 있다.
- [0075] 원형 도파관(106)의 TE11 모드로 여진되어 평행 평판 선로(108)의 각 방위각 방향으로 전반한 마이크로파는, 상기 형상의 위상 조정 수단(510)에 의해 위상이 제어되어, 링 공진기(110)와의 접촉면에 도달한다. 반경의 단조 감소의 정도를 조정함으로써 접촉면에서의 위상을 정밀하게 링 공진기(110)의 TM51 모드에 대응한 진행파에 근사시킬 수 있다. 이것에 의해, 링 공진기(110) 내에 진행파를 여진할 수 있다. 이 경우, 원형 도파관(106) 내에 장하한 원편파 발생기(105)를 생략할 수 있다. 또한, 원편파 발생기(105)를 생략하지 않고 병용함으로써, 진행파의 발생을 보다 넓은 플라즈마 발생 조건 범위에서 행할 수 있다.
- [0076] 본 실시예에 따르면, 실시예 1에서 설명한 것과 마찬가지로 효과를 얻을 수 있다.
- [0077] 이상, 방위각 방향으로 5파장분의 모드로 공진하는 링 공진기를 예로 설명했지만, 다른 공진 모드로 공진하는 링 공진기를 사용해도 된다.
- [0078] [실시예 4]
- [0079] 제4 실시예로서, 링 공진기(110)의 내부에, 불필요한 모드의 전계를 제거하기 위한 도체판을 삽입한 구성을 갖는 마이크로파 플라즈마 에칭 장치(600)의 예에 대해, 도 6a 내지 도 8을 사용해서, 도 1, 2에서 설명한 제1 실시예와의 상위점만을 설명한다.

- [0080] 본 실시예에 따른 도 6a 내지 도 8에 나타난 마이크로파 플라즈마 에칭 장치(600)에 있어서, 실시예 1에서 도 1 내지 도 3b를 사용해서 설명한 마이크로파 플라즈마 에칭 장치(100)의 구성과 같은 것에는 같은 번호를 부여하고, 설명을 생략한다. 또, 도 6a에 나타난 마이크로파 플라즈마 에칭 장치(600)에 있어서는, 도 1의 마이크로파 플라즈마 에칭 장치(100)와 마찬가지로, 배기계의 표시를 생략하고 있다.
- [0081] 제1 실시예에서 설명한 구성의 마이크로파 플라즈마 에칭 장치(100)를 사용해서 압력이나 마이크로파 전력 등의 플라즈마 생성 조건을 바꿔서 실험을 행하면, 웨이퍼 상의 에칭 속도 분포에 비(非)축대칭성이 나타나는 경우가 있었다. 그 원인을 검토하면, 링 공진기 내의 전자계 분포에 원하는 모드 이외에 불필요한 모드가 혼입해 있는 것을 알 수 있었다.
- [0082] 따라서 불필요한 모드를 억제하는 구조를 검토해, 그 결과 얻은 구조를 도 6a, 도 6b에 나타낸다. 도 6a는 본 실시예에 따른 마이크로파 플라즈마 에칭 장치(600)의 개략의 구성을 나타내는 측면의 단면도, 도 6b는 도 6a의 B-B 단면 화살표 방향에서 본 도면을 나타낸다.
- [0083] 본 실시예에 있어서의 마이크로파 플라즈마 에칭 장치(600)에서는, 실시예 1에서 설명한 도 1의 마이크로파 플라즈마 에칭 장치(100)의 링 공진기(110) 내에 불필요한 모드의 전계를 제거하기 위한 도체판으로 형성한 판(601)을 복수 개, 등간격으로 방사상으로 장하한 구성을 특징으로 한다. 도 6a에 나타내는 바와 같이, 도체판으로서의 판(601)에 의해, 링 공진기(110)가 상하로 상부 공진실(1101)과 하부 공진실(1102)로 2분할되어 있다.
- [0084] 도 6a의 높이 방향을 판(601)의 두께로 한다. 도 6b에 나타내는 바와 같이, 판(601)을 링 공진기(110)의 중심축에 대해 방사상으로 등간격으로 배치하고, 인접하는 판(601) 사이는, 상부 공진실(1101)과 하부 공진실(1102)이 연통해 있다.
- [0085] 또한, 도체판인 판(601)은 마이크로파에 대해 손실이 작은 높은 도전을 재료로서 알루미늄제의 것을 사용했다. 또한 표면을 도전율이 높은 은이나 금으로 도금 처리를 실시함으로써 손실을 더 저감할 수 있다.
- [0086] 일반적으로 전자계 중에 완전 도체를 장하하면, 완전 도체면에 대해 전계 성분이 수직으로 되는 것이 알려져 있다. 즉 원래의 전계 분포에 대해, 완전 도체면을 수직으로 장하한 경우는 원래의 전계 분포에 영향을 주지 않는다. 한편, 완전 도체면에 대해 평행한 전계 성분이 존재할 경우, 완전 도체의 표면에서 전계 성분이 단락해 표면에 평행한 전계 성분이 제로로 되기 때문에, 원래의 전계 분포를 변화시키게 된다.
- [0087] 이 성질을 이용해서, 원하는 전자계 분포에 대해 전계에 수직으로 완전 도체판을 장하하면, 원하는 전자계 분포에 영향을 주지 않고, 완전 도체판에 평행한 전계 성분을 가지는 모드를 억제할 수 있다.
- [0088] 본 실시예의 경우, 링 공진기(110)의 내부에 있어서의 원하는 모드의 전계는 도 6a에서 세로 방향의 성분만을 가지는 전계이다. 따라서, 이것과 수직인 표면을 갖는 완전 도체판을 링 공진기(110)의 내부에 장하하면, 원하는 모드에 영향을 주지 않고, 당해 완전 도체판의 표면에 평행한 성분을 가지는 모드를 억제(저감)할 수 있다. 완전 도체판은 높은 도전을 재료로 모의한다. 도전율이 높은 재료를 사용할수록 원하는 모드에 대한 전력 손실은 저감할 수 있다.
- [0089] 또 마이크로파 등의 고주파에서는, 도전율이 높은 재질의 내부에 전자계가 침입할 수 없고, 표면에만 전자계가 존재하는 것이 알려져 있으며, 표피 효과라 불린다. 따라서 도체판으로서의 판(601)의 표면의 도전율이 중요하며, 판(601)의 표면에만 높은 도전율의 재료로 피복하는 등의 수단을 사용해도 된다.
- [0090] 즉, 본 변형예에서는, 도 6a에 나타난 마이크로파 플라즈마 에칭 장치(600)에 있어서의 도체판으로서의 판(601)을 알루미늄제의 높은 도전율의 재료로 형성해서, 도 6b에 나타내는 바와 같이 등간격으로 복수 개 배치한 구성으로 했다. 이러한 구성으로 하는 것에 의해, 링 공진기(110)의 하부의 슬롯 안테나(111)로부터 공동부(112)에 방사되는 마이크로파를 원하는 모드로 하는 것을 가능하게 했다. 이것에 의해, 플라즈마 처리실(116)의 내부에 원하는 분포를 갖는 플라즈마를 발생시켜, 피처리 기판(117)에 대한 플라즈마 처리의 균일성을 향상할 수 있게 했다.
- [0091] 마이크로파 플라즈마 에칭 장치(600)를 본 실시예에 나타난 바와 같은 구성으로 하는 것에 의해, 마이크로파 전원(101)에서 발진되고, 평행 평판 선로(108)를 전반해서 링 공진기(110)에 공급된 마이크로파 전력은, 링 공진기(110)의 상부 공진실(1101)과 하부 공진실(1102) 사이에서 공진할 때에, 판(601)의 표면에 대해서 평행한 성분을 갖는 전계 성분이 판(601)의 표면에서 단락해서 소멸한다. 그 결과, 링 공진기(110)의 내부에서 공진되는 마이크로파는, 주로 판(601)에 수직인 전계 성분을 갖는 원하는 모드로 된다.
- [0092] 링 공진기(110)에서 이러한 원하는 모드의 전계를 형성한 상태에서, 링 공진기(110)의 하부에 형성한 원환 형상

의 슬롯 안테나(111)로부터, 실시예 1에서 설명한 바와 같이, 마이크로파를 공동부(112)에 방사한다.

- [0093] 또, 링 공진기(110)의 슬롯 안테나(111)를 대체해서, 도 3a에 나타난 슬롯 안테나(301) 또는 도 3b에 나타난 슬롯 안테나(302)를 사용해도 된다.
- [0094] 또한, 평행 평판 선로(108)의 구성으로서, 실시예 2에서 설명한 도 4에 나타난 바와 같은 위상 조정 수단(109)에 리지(401)를 추가한 구성, 또는, 위상 조정 수단(109)을 실시예 3에서 도 5를 사용해서 설명한 위상 조정 수단(510)으로 치환한 구성으로 해도 된다.
- [0095] 여기에서, 일반적으로 마이크로파의 전송 경로 중에 불연속부가 있으면, 그 장소에서 반사파가 발생해 전송되는 전력이 저하한다. 본 실시예에 의한 마이크로파 플라즈마 에칭 장치(600)에 있어서, 이상적으로는, 마이크로파 전원(101)으로부터 부하인 플라즈마 발생 영역이 형성되는 플라즈마 처리실(116)까지의 마이크로파 전력의 전송 경로에 있어서 불연속부를 최대한 없애서 마이크로파 전력을 전송하는 것이 바람직하다.
- [0096] 그러나, 링 공진기(110)의 내부에 장하한 판(601) 같이, 전자계 분포를 제어하는 것 등을 목적으로 불연속부를 만들지 않으면 안 되는 경우가 있다. 마이크로파 전송 경로 중에 이러한 불연속부를 설치한 경우, 이 불연속부에 기인한 전송 전력의 저하가 우려된다. 특히 본 실시예와 같이 복잡한 구조일 경우에는, 반사파의 억제가 중요해진다.
- [0097] 반사파의 억제에는, 반사파에 대해 진폭이 같고 위상이 반전한 파를 중첩시킴으로써 반사파를 없애는 방법이 유효하며, 다양한 구조가 실용화되어 있다. 예를 들면 사각형 도파관 계에서의 반사파 억제에 3스터브 정합기가 사용되는 경우가 많다. 사각형 도파관 내에 3개의 스텐브라 불리는 삽입 길이 가변의 도체봉을 설치하고, 각 스텐브의 삽입 길이를 조정해, 원래의 반사파를 없앨 수 있다.
- [0098] 본 실시예에 있어서, 링 공진기(110)의 내부에 판(601)을 장하함으로써 반사파의 증대가 우려될 경우, 이 반사파를 없애기 위한 불연속부를 도파관 내에 설치함으로써, 실효적으로 반사파를 억제할 수 있다. 도 7에는, 원형 도파관(106)의 도중에 불연속부(701)를 설치한 예를 나타낸다.
- [0099] 실시예 1에서 나타난 바와 같이, 원형 도파관(106) 내를 전반하는 전자파는 원편파 발생기(105)에 의해, 원편파 화되어 있다. 본 실시예에 따른 불연속부(701)는, 원형 도파관(106)의 도중에 설치되어 있고, 원형 도파관(106)보다도 내경을 확대한 원형 도파관으로 구성했다.
- [0100] 원형 도파관으로 구성한 불연속부(701)의 내경과 길이, 원형 도파관(106)과의 접속 위치를 조정함으로써, 불연속부(701)에 의해 생기는 반사파의 크기와 위상을 조정하여, 판(601)에 기인한 반사파를 없앨 수 있다. 또한 판(601) 이외의 구조에 기인한 반사파(예를 들면, 위상 조정 수단(109)에 의해 발생하는 반사파)를 포함시켜 없애도록 해도 된다.
- [0101] 불연속부(701)는, 원형 도파관(106)의 내부를 전반하는 원편파를 저해하지 않도록 비축대칭성을 갖지 않는 구조로 할 필요가 있으며, 본 실시예에서는 원형 도파관(106)보다도 내경을 확대한 원형 도파관으로 했다. 다른 구조로서 원형 도파관(106)보다도 내경을 축소한 원형 도파관을 사용해도 된다.
- [0102] 도 8에, 본 실시예에 있어서의 마이크로파 플라즈마 에칭 장치의 도 6a의 B-B 단면 화살표 방향에서 본 도면에 상당하는 링 공진기의 도체판의 변형예의 평면도를 나타낸다. 도 6a 및 도 6b에서 설명한 구성과 같은 것에 대해서는 같은 부품 번호를 부여하고 설명을 생략한다. 본 변형예에 있어서도 도 6b에서 설명한 도체판의 판(601)을 복수 구비하고 있지만, 도 8에 있어서는, 복수의 슬릿(611과 612)의 구성을 알기 쉽게 하기 위해, 도 6b에서 설명한 도체판의 판(601)의 표시를 생략하고 있다.
- [0103] 도 8에 나타난 본 변형예에서는, 도 6b에서 설명한 링 공진기(110)의 내측 공동 형성부(126)의 내측 가장자리부(124)와 외측 가장자리부(125)를 대체해 하면부(610)를 구비해서 구성했다. 본 변형예에서는, 이 하면부(610)에 도 6b에서 설명한 링 공진기(110)의 하부에 형성한 원환 형상의 슬롯 안테나(111)를, 복수의 내측 슬릿(611)과 외측 슬릿(612)으로 형성했다.
- [0104] 이와 같이, 도 6b에서 설명한 원환 형상의 슬롯 안테나(111)를 대체해, 도 8에 나타난 바와 같은 복수의 내측 슬릿(611)과 외측 슬릿(612)을 형성하도록 해도 된다.
- [0105] 본 실시예에 따르면, 원하는 모드의 전계로 형성된 마이크로파를 슬롯 안테나(111)로부터 공동부(112)에 방사할 수 있게 했으므로, 플라즈마 처리실(116)의 내부에, 축 대칭인 플라즈마를 발생시킬 수 있고, 링 공진기(110)의 내부에 복수의 판(601)을 장하하지 않은 경우와 비교해서, 피처리 기관(117)의 처리의 균일성을 향상시킬 수 있

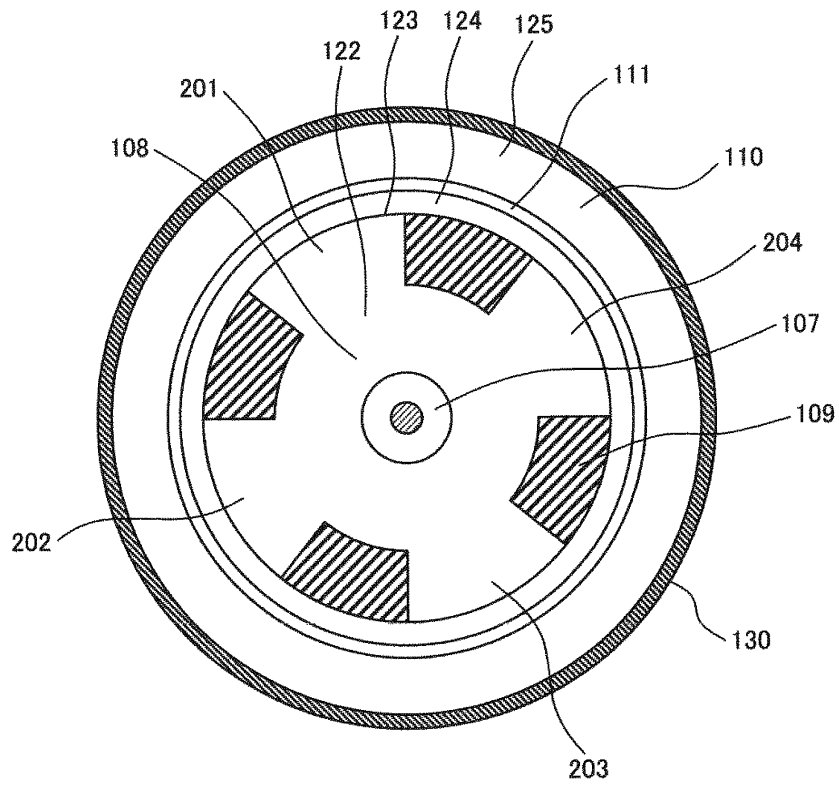
다.

- [0106] 또한, 평행 평판 선로(108)와 접속하는 원형 도파관(106)에 불연속부(701)를 마련한 판(601)에 기인한 반사파를 저감하는 구성으로 한 것에 의해, 반사파에 의해 전송 전력이 저감되는 것을 방지하고, 링 공진기(110)의 내부에 판(601)을 장하하는 것에 의해 에너지 효율이 저하하는 것을 방지할 수 있다.
- [0107] 또, 본 실시예에서 설명한 불연속부(701)는, 실시예 1에서 설명한 도 1의 마이크로파 플라즈마 에칭 장치(100)에도 적용하는 것이 가능하다. 이 경우, 도 1에 나타난 구성에 있어서, 원형 도파관(106)의 중간 부분에 불연속부(701)를 부착한다. 이것에 의해, 위상 조정 수단(109) 등에 의해 발생하는 반사파를 저감할 수 있다.
- [0108] 이상, 본 발명자에 의해 이루어진 발명을 실시예에 의거해 구체적으로 설명했지만, 본 발명은 상기 실시예로 한정되는 것은 아니며, 그 요지를 일탈하지 않는 범위에서 각종 변경 가능한 것은 물론이다. 예를 들면, 상기한 실시예는 본 발명을 알기 쉽게 설명하기 위해 상세히 설명한 것이고, 반드시 설명한 모든 구성을 구비하는 것으로 한정되는 것은 아니다. 또한, 각 실시예의 구성의 일부에 대해, 다른 구성의 추가·삭제·치환을 하는 것이 가능하다.

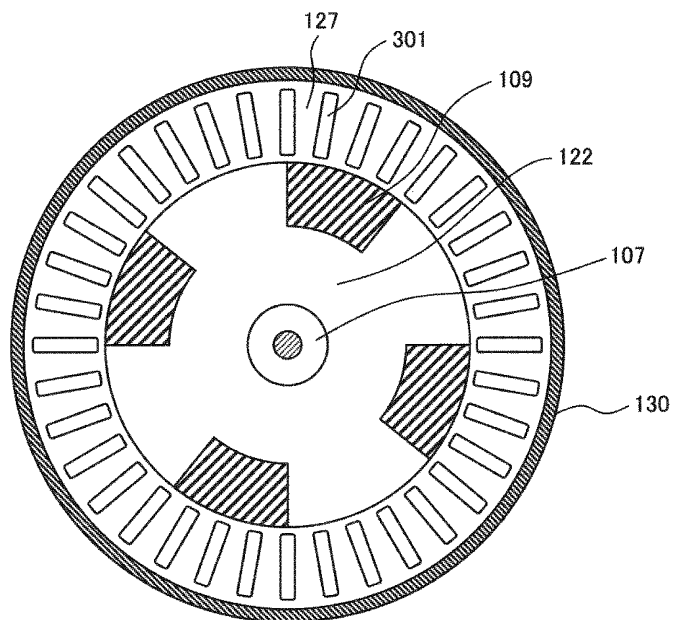
부호의 설명

- [0109] 100 : 마이크로파 플라즈마 에칭 장치
- 101 : 마이크로파의 발진기
- 102 : 아이솔레이터
- 103 : 자동 정합기
- 104 : 원구형 변환기
- 105 : 원편파 발생기
- 106 : 원형 도파관
- 107 : 정합용 블록
- 108 : 평행 평판 선로
- 109 : 위상 조정 수단
- 110 : 링 공진기
- 111 : 슬롯 안테나
- 112 : 공동부
- 113 : 정자계 발생 장치
- 114 : 마이크로파 도입창
- 115 : 샤워 플레이트
- 116 : 플라즈마 처리실
- 117 : 피처리 기관
- 118 : 기관 전극
- 121 : 내측 공동부
- 130 : 진공 챔버
- 301 : 방사상의 슬롯 안테나
- 302 : 원호 형상의 슬롯 안테나
- 401 : 리지
- 510 : 위상 조정 수단
- 601 : 판
- 701 : 불연속부

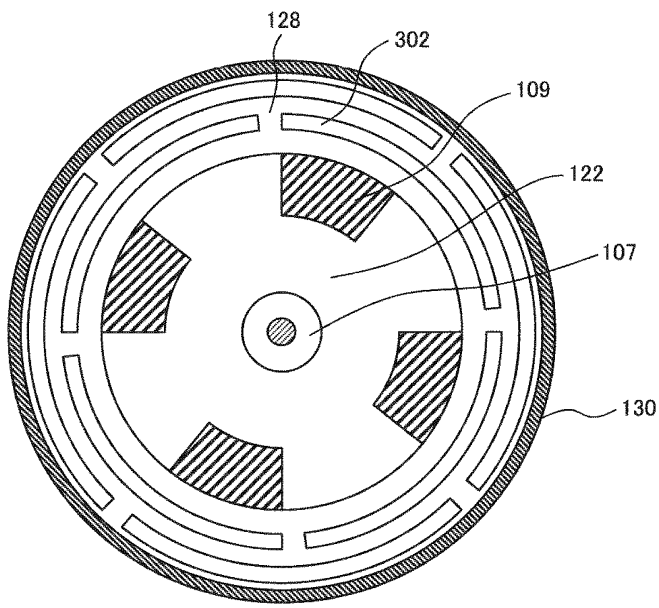
도면2



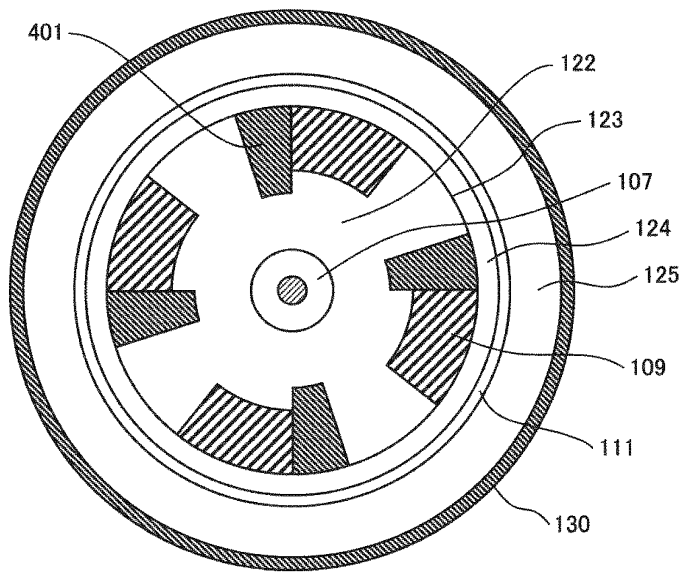
도면3a



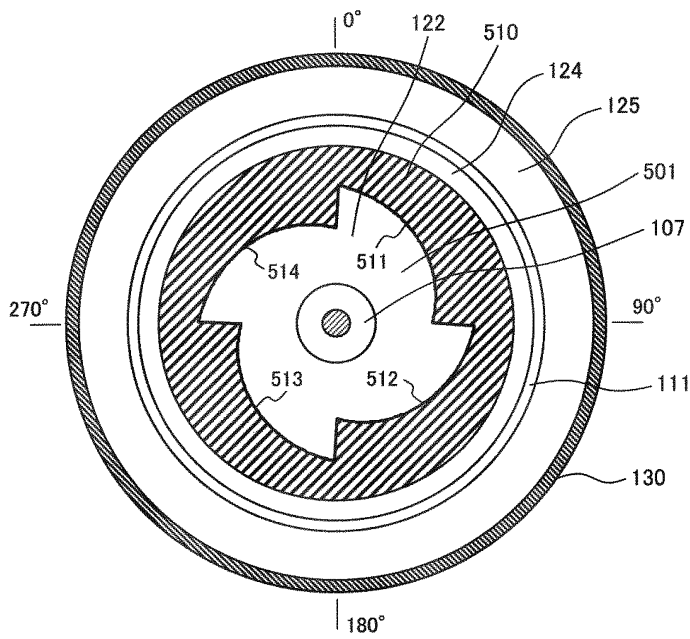
도면3b



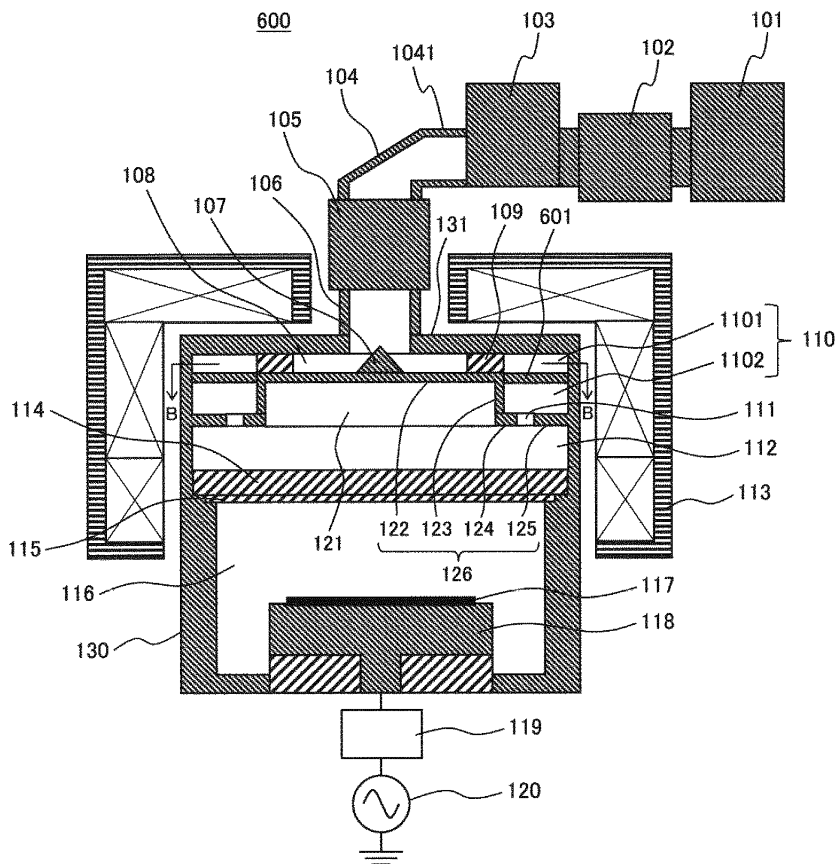
도면4



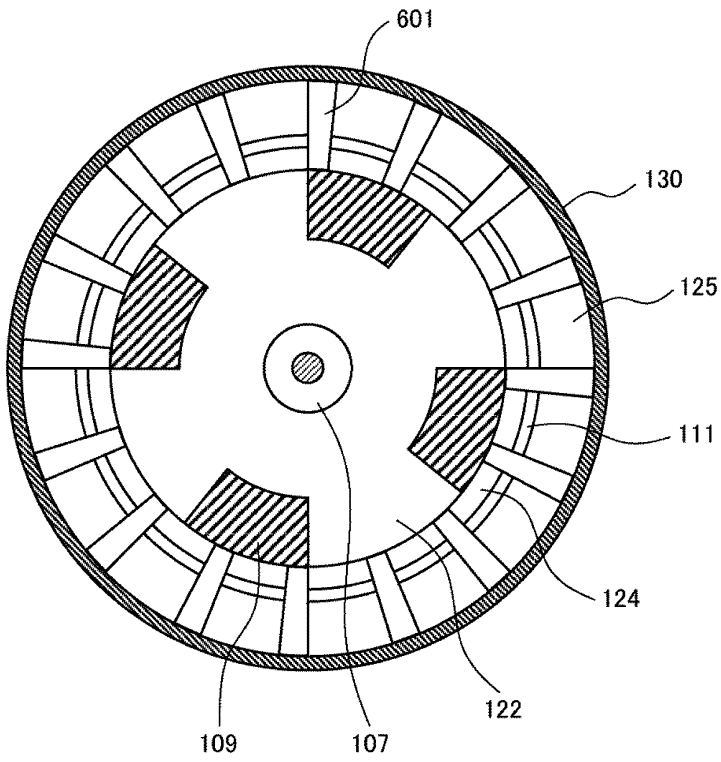
도면5



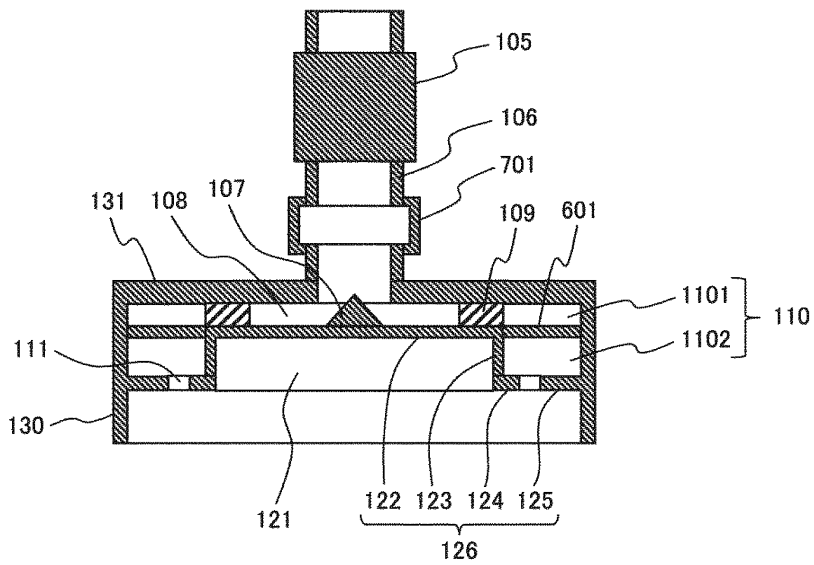
도면6a



도면6b



도면7



도면8

