(19)대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) 。Int. Cl.[7]
H01L 21/205
G02F 1/13
C23C 14/54
H05H 1/46

(11) 공개번호 10-2005-0088438
(43) 공개일자 2005년09월06일

(21) 출원번호 10-2005-7011022
(22) 출원일자 2005년06월16일
번역문 제출일자 2005년06월16일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2003/016007
국제출원일자 2003년12월12일
(87) 국제공개번호 WO 2004/056159
국제공개일자 2004년07월01일

(30) 우선권주장 JP-P-2002-00363988 2002년12월16일 일본(JP)
JP-P-2002-00363989 2002년12월16일 일본(JP)
JP-P-2003-00014718 2003년01월23일 일본(JP)

(71) 출원인 도꾸리쯔교세이호징 가가꾸 기쥬쯔 신꼬 기꼬
일본 사이따마껭 가와구찌시 혼쵸 4쵸메 1방 8고
에베 아키노리
일본국 교토후 교토시 우쿄쿠 사이인시미즈쵸 12-1 프리오레 교토사이인 402
미야케 쇼지
일본국 오사카후 스이타시 아오바오카미나미 8반 피-505

(72) 발명자 미야케 쇼지
일본국 오사카후 스이타시 아오바오카미나미 8반 피-505
에베 아키노리
일본국 교토후 교토시 우쿄쿠 사이인시미즈쵸 12-1 프리오레 교토사이인 402
쇼지 다츠오
일본국 아이치켄 나고야시 미즈호쿠 쇼게츠쵸 2-45 메종 쇼게츠202
세츠하라 유이치
일본국 오사카후 미노오시 오노하라 히가시 3-11-15-245

(74) 대리인 특허법인맥

심사청구 : 없음

(54) 플라즈마 생성장치, 플라즈마 제어방법 및 기판 제조방법

요약

본 발명은 공간적으로 균일하고 고밀도의 플라즈마를 생성할 수 있는 플라즈마 생성장치를 제공하는 것을 목적으로 하여 이루어진 것이다. 이와 같은 목적은, 다음과 같이 구성함으로써 달성된다. 진공용기(11)의 측벽에 복수의 안테나(16)가 설치되고, 3~4개의 안테나(16)에 대하여 1개의 고주파 전원이, 판 형상(板狀) 도체(plate-shaped conductor; 19)를 개재하여 병렬로 접속된다. 각 안테나(16)의 도체의 길이는, 진공용기 내에 생성되는 유도전자파의 파장의 1/4보다도 짧다. 안

테나 도체의 길이를 이와 같이 함으로써, 정재파(定在波)가 생기는 것을 막고, 그로써 진공용기의 플라즈마의 균일성이 손상되는 것을 막을 수 있다. 또한, 판 형상 도체(19)를 이용함으로써 효율좋게 방열할 수 있기 때문에 임피던스의 상승을 억제할 수 있다.

명세서

기술분야

본 발명은, 플라즈마를 이용하여 피처리기판의 표면에 퇴적처리 또는 에칭처리를 행하여 반도체 등의 기판을 제조하기 위한 플라즈마 생성장치에 관한 것이다. 특히, 큰 면적에 걸쳐서 균일하게 플라즈마를 발생시킴으로써, 큰 면적의 기판을 제조하는 기술에 관한 것이다.

배경기술

근년, 아몰퍼스 실리콘막을 이용한 TFT(박막 트랜지스터)-LCD보다도 고휘도의 화상을 표시할 수 있는 폴리실리콘 TFT-LCD가 주목받고 있다. 폴리실리콘 TFT-LCD에서는, 우선, 유리기판 상에 폴리실리콘 박막을 형성한 폴리실리콘 기판을 제조한다. 이 폴리실리콘 기판 상을 다수의 2차원 배열된 화소영역으로 구분하고, 각 화소영역에 박막 트랜지스터(TFT)를 형성하여 LCD용 기판으로 한다. 큰 화면의 폴리실리콘 TFT-LCD를 제조하기 위해서는, 높은 품질, 특히 높은 평탄성(平坦性)을 가지는 폴리실리콘 기판이 필요하게 된다.

폴리실리콘 기판은 고효율의 태양전지용 기판으로서도 주목받고 있으며, 수요 및 응용의 확대에 수반하여 그 대(大)면적화가 요구되고 있다. 또한, 일반 반도체 디바이스용 기판에 대해서도, 단결정 사이즈를 넘는 큰 면적의 것에 대해서는, 퇴적에 의한 기판을 사용하지 않을 수 없다.

이들 분야에서 이용되는 기판을 제조하기 위해서, 플라즈마를 이용한 처리가 행하여진다. 플라즈마를 이용한 처리에는, 토대가 되는 피처리기판의 표면에 기판의 원료를 퇴적시키는 처리, 및, 피처리기판 표면을 에칭하는 처리 등이 포함된다. 기판의 대형화에 수반하여, 플라즈마처리를 행하는 장치도 대형화할 필요가 있지만, 그때의 가장 큰 문제는, 플라즈마처리의 불균일성이다. 이것을 해소하기 위해서는, 기판 전면(全面)에 걸쳐서 플라즈마 밀도를 가능한 한 균일하게 할 필요가 있다. 한편, 생산성의 관점에서는, 플라즈마 밀도를 높이고, 그로써 퇴적속도나 에칭레이트를 높일 것이 요구된다.

플라즈마를 생성하는 방법에는, ECR(전자 사이클로트론 공명; Electron Cyclotron Resonance) 플라즈마 방식, 마이크로파 플라즈마 방식, 유도결합형 플라즈마 방식, 용량결합형 플라즈마 방식 등이 있다. 이 중 유도결합형 플라즈마 방식은, 안테나가 되는 유도코일에 고주파전압을 인가하여, 플라즈마 생성장치의 내부에 유도전자계를 생성하여, 이에 의하여 플라즈마를 생성하는 것이다. 이 구성에 의하면, 상기 플라즈마 장치에 요구되는 요건의 하나인 고밀도의 플라즈마를 생성할 수 있다. 한편, 플라즈마 밀도는 안테나로부터의 거리에 의존하므로, 상기 또 하나의 요건인 플라즈마 밀도의 균일성에 대해서는 안테나의 형상이나 위치 등의 구성을 강구함으로써 향상하는 것이 도모되고 있다. 예컨대, 일본국 특허공개 2000-058297호 공보(이하, 「특허문헌 1」이라고 한다)에는, 플라즈마 생성실의 천정의 외측에 설치한 평판 형상의 코일로부터 고주파를 도입하여, 플라즈마 밀도의 균일성을 향상시키는 것이 기재되어 있다.

이와 같은 구성에 있어서 기판의 대(大)면적화를 도모하고자 하면, 플라즈마 생성실 천정의 기계적 강도를 확보하기 위해서 천정의 벽을 충분히 두껍게 하지 않으면 안된다. 그러나, 특허문헌 1의 장치에서는 플라즈마 생성실의 외측에 안테나가 배치되어 있기 때문에, 안테나로부터 방사되는 유도전자계가 벽에 있어서 감쇠하여, 플라즈마 생성실 내의 유도전자계의 강도를 충분히 얻는 것이 곤란하다. 즉, 특허문헌 1에 기재된 방법에서는, 플라즈마 밀도의 균일성에 대해서는 일정한 향상이 보이지만, 플라즈마 밀도를 충분히 높게 하는 것은 곤란하다.

그에 반하여 본원발명자들은 일본국 특허공개 2001-035967호 공보(「특허문헌 2」)에 있어서, 고주파 안테나를 플라즈마 생성실 내부에 설치하는 것, 복수의 안테나를 설치하는 것, 및 주회(周回)하지 않는 형상의 안테나를 이용하는 것을 제안하고 있다.

이 구성에 의하면, 플라즈마 생성실의 벽이 장해가 되지 않으므로, 유도전자계가 감쇠하지 않고 플라즈마 생성실 내에 방사되어, 플라즈마 밀도를 충분히 높게 할 수 있다. 또한, 균등하게 배치된 복수의 안테나로부터 유도전자계가 방사되므로, 그 균일성이 향상하고, 그에 따라 플라즈마 밀도의 균일성을 향상시킬 수 있다. 더욱이, 내부 안테나는 큰 전압이 인가되면 이상(異常)방전을 발생하기 쉽지만, 복수의 안테나를 설치함으로써 개개의 안테나의 인턱턴스가 작아져서, 이상방전이 생

기지 않는다. 주회하지 않는 형상의 안테나를 이용하는 것도, 안테나의 인덕턴스를 작게 하여 이상방전을 억제하는데 기여한다. 이들 효과에 의해서, 큰 면적의 피처리기판에 대한 퇴적처리나 에칭처리가 가능해진다. 이하, 특허문헌 2에 기재된 복수의 안테나를 설치하는 구성을 「멀티 안테나 방식」이라고 부른다.

금후 더욱 큰 면적의 기판을 처리하기 위해서는, 플라즈마 밀도의 강도를 충분히 확보하면서, 보다 균일성이 높은 플라즈마 상태를 생성하는 것이 요구된다. 이를 위해서는, 상기 멀티 안테나 방식에 있어서도, 각 안테나의 형상・위치 등이나 안테나 사이의 관계 등, 현재 고려되고 있지 않은 파라미터를 검토하는 것이 필요하다. 또한, 안테나로부터 방사되는 유도전자계의 정재파가 형성되면, 그에 따라 플라즈마의 균일성이 손상된다. 더욱이, 유도전자계의 강도는 고주파 안테나로부터의 거리에 의존하므로, 멀티 안테나 방식을 이용하여도 여전히, 기판 중앙 부근의 플라즈마 밀도는 기판 바깥둘레부(外緣部) 부근의 그것보다도 낮아진다. 기판면적이 작은 경우에는 기판 중앙 부근과 기판 바깥둘레부 부근과의 플라즈마 밀도의 차이는 허용범위에 들지만, 기판면적이 커지면 그 차이는 무시할 수 없게 된다. 또한, 에칭이나 퇴적의 속도 등은, 이온종(種)이나 래디컬종(種)에 의해서도 다르므로, 생성되는 이온종이나 라디컬종의 종류도 고려할 필요가 있다.

본 발명은 이와 같은 과제를 해결하기 위해서 이루어진 것으로서, 그 목적으로 하는 바는, 공간적으로 균일하고 고밀도의 플라즈마를 생성할 수 있고, 생성되는 이온종이나 래디컬종의 종류를 제어할 수 있는 플라즈마 생성장치를 제공하는 것에 있다.

발명의 상세한 설명

상기 과제를 해결하기 위해서 이루어진 본 발명에 관련된 플라즈마 생성장치는,

(a) 진공용기와,

(b) 상기 진공용기 내에 설치된, 피(被)처리기판을 올려놓는 기판대(基板臺)와,

(c) 상기 진공용기 내에, 상기 기판대에 대략 평행하게 배열된 복수개의 고주파 안테나,

를 구비하는 것을 특징으로 한다.

또한, 본 발명에 관련되는 플라즈마 생성장치에는, 상기 구성에 더하여, 더욱 이하 (1)~(5) 중 어느 하나 또는 복수의 구성을 겸비하는 것이 바람직하다.

(1) 상기 안테나가 상기 고주파의 1/4 파장의 길이보다도 짧은 도체로 이루어진다.

(2) 상기 복수의 안테나에 병렬로 접속되는 판 형상(板狀) 도체(plate-shaped conductor)를 가진다. 더욱이, 안테나에 전력을 공급하는 전원과 판 형상 도체와의 접속점과, 각각의 안테나와 판 형상 도체와의 접속점과의 거리가 고주파의 1/4 파장의 길이보다도 짧다.

(3) 상기 기판대의 목적(target) 영역에 대응하는 위치의 안테나의 애스펙트비가 그 목적 영역에 있어서의 목적 플라즈마 밀도 또는 플라즈마 전자 에너지에 따른 값으로 설정되어 있다. 여기서 「애스펙트비」란, 안테나의, 내벽에 수직인 방향의 길이를 내벽에 평행한 방향의 길이로 나눈 값을 말한다.

(4) 안테나의 전극이 상기 기판대에 대략 평행하게 늘어서도록 배열되고, 1세트 또는 복수 세트의 인접 안테나의 인접 전극끼리는 동일 극성이다.

(5) 상기 안테나에 임피던스 소자가 접속되어 있고, 바람직하게는 그 임피던스 소자는 그 임피던스가 가변이다.

우선, 본 발명에 관련된 플라즈마 생성장치의 기본구성에 대하여 설명한다. 본 발명에 관련된 플라즈마 생성장치는, 그 내부가 플라즈마 생성실로 이루어지는 진공용기를 가진다. 진공용기 내부는 진공펌프에 의해서 소정 진공도로 유지된다. 이 진공용기 내부에, 피처리기판을 올려놓는 기판대를 설치한다.

진공용기 내에 고주파 안테나를 복수개 설치한다. 이들 안테나의 한쪽 전극을 별도 설치되는 전원에 접속하고, 다른쪽 전극은 접지한다. 이 안테나는, 예컨대 진공용기의 측벽이나 천정벽 등에 설치할 수 있다. 또한, 이들 복수의 안테나를 기판대에 대략 평행하게 배열한다.

이들 안테나에 전원으로부터 고주파 전력이 공급되면, 각 안테나로부터 유도전자계가 방사되고, 그에 따라 플라즈마 생성된다. 이때, 본 발명의 장치에서는 안테나가 기판대에 대략 평행하게 배열되어 있으므로, 기판대로부터의 각 안테나의 높이가 대략 같아져서, 안테나로부터의 에너지가 공간적으로 집중하여 투입되므로, 고밀도의 플라즈마를 생성할 수 있다.

또한, 평면 형상의 안테나를 이용함으로써, 평면 형상의 영역에 집중하여 안테나로부터의 에너지가 투입되므로, 입체적인 형상의 안테나를 이용하는 경우보다도 고밀도의 플라즈마를 생성할 수 있다.

안테나의 도체를 진공용기 내에 배치하면, 생성되는 플라즈마에 안테나 표면이 노출되어, 도체가 열화한다. 이를 방지하기 위해서, 안테나의 표면을 절연체로 피복하는 것이 바람직하다. 이 피복은 또한, 안테나의 도체와 플라즈마의 정전결합을 억제하고, 그에 따라, 이상(異常)방전이나 플라즈마의 흐트러짐을 막는 역할도 가진다. 이 피복에 대해서는 상기 특허문헌 2에 상세하게 기재되어 있다.

다음으로, 상기 (1)의 구성을 가지는 플라즈마 생성장치에 대하여 설명한다. 이 장치에서는, 안테나를 구성하는 도체의 길이를, 공급되는 고주파 전력의 1/4 파장의 길이보다도 짧게 한다. 도체는 선 형상(線狀)의 것에 한정되지 않고, 예컨대 판 형상(板狀)의 것이어도 전류가 흐르는 방향의 길이가 고주파의 파장의 1/4보다도 짧으면 된다. 이와 같은 구성으로 함으로써, 도체표면에 정재파가 생기는 것을 막을 수 있고, 그에 따라 진공용기 내의 플라즈마의 균일성이 손상되는 것을 막을 수 있다.

다음으로, 상기 (2)의 구성을 가지는 플라즈마 생성장치에 대하여 설명한다. 상기 기본구성에 있어서, 복수의 안테나를 병렬로 판 형상 도체에 접속한다. 이 판 형상 도체를 개재하여 전원으로부터 안테나에 고주파 전력을 공급한다. 안테나로 고주파 전력이 효율좋게 공급되기 위해서는, 전원과 안테나 사이의 접속부에 있어서의 임피던스가 작아지도록 할 필요가 있다. 이 접속에 판 형상 도체를 이용하고, 그 판 형상 도체의 폭을 충분히 넓게 함으로써, 이 접속부의 임피던스를 작게 억제할 수 있다. 또한, 전력공급에 의해서 접속부의 도체의 온도가 상승하면 전기저항이 증가하는데, 판 형상도체를 이용함으로써, 효율좋게 방열할 수 있기 때문에 임피던스의 상승을 억제할 수 있다.

또한, (2)의 구성에 있어서, 안테나에 전력을 공급하는 전원과 판 형상 도체의 접속점과, 각각의 안테나와 판 형상 도체의 접속점의 양 접속점 사이에서 정재파가 생기면, 그 정재파에 의해서, 전원과 판 형상 도체의 접속점에 있어서, 판 형상 도체에 투입되는 고주파 전력의 크기가 제약된다. 그래서, 양 접속점 사이의 거리를 고주파의 1/4 파장의 길이보다도 짧게 함으로써, 판 형상 도체에 정재파가 생기는 것을 막아, 소정의 고주파 전력을 투입할 수 있도록 된다. 더욱이, 안테나 도체의 길이와 상기 양 접속점 사이 거리와의 합을 고주파 전력의 1/4 파장의 길이보다도 짧게 하는 것이 바람직하다.

다음으로, 상기 (3)의 구성을 가지는 플라즈마 생성장치에 대하여 설명한다. 이 구성에 있어서는, 종래 고려되고 있지 않았던 안테나의 애스펙트비에 착안한다. 본원발명자들은, 그 안테나가 지향하는 영역(안테나의 설치부로부터 내벽에 수직인 방향에 있는 영역)의 플라즈마 전자 에너지나 플라즈마 밀도가 애스펙트비에 의존하는 것을 발견하였다. 예컨대, 안테나에 인가하는 고주파전압을 일정하게 한 경우, 애스펙트비를 크게 할수록, 그 안테나가 지향하는 영역의 플라즈마 전자 에너지가 높아진다. 그 이유는 다음과 같이 생각할 수 있다. 애스펙트비를 크게 하면, 안테나의 지향방향에 생기는 유도전계가 커진다. 안테나 근방에 생성된 플라즈마 전자가, 이 전위차에 의해서 지향방향으로 강하게 가속되므로, 그 방향에 있는 영역의 플라즈마 전자 에너지가 높아진다.

플라즈마 전자 에너지의 크기에 따라서, 플라즈마 전자와 충돌하여 그 영역에 생성되는 이온종이나 래디컬종은 다른 것이 된다. 또한, 이온종이나 래디컬종의 차이에 의해서 에칭레이트 등이 다르다. 그 때문에, 에칭레이트 등을 제어하고자 하는 영역(목적 영역)을 지향하는 안테나의 애스펙트비를 다양한 값으로 설정함으로써 플라즈마 전자의 에너지를 조절하여, 목적 영역에 생성되는 이온종이나 래디컬종을 제어하여, 그곳에 있어서의 에칭레이트 등을 제어할 수 있다.

상기 (3)의 구성을 가지는 장치에 있어서는, 전자(電子)에너지의 제어를, 진공용기 내 전체의 전자(電子)온도를 낮은 상태로 유지한 채 행할 수 있다. 그 때문에, 에칭이나 퇴적에 기여하지 않는 시스(sheath) 부분의 전위를 상승시키지 않고, 목적 영역의 전자에너지만을 제어할 수 있다.

또한, 애스펙트비를 크게 함으로써, 가속된 플라즈마 전자가 플라즈마화되지 않고 남아 있는 원료가스 분자에 충돌하여 더욱 플라즈마 생성을 촉진한다. 이로써, 목적 영역의 플라즈마 밀도를 높게 할 수 있다.

다만, 애스펙트비는, 사각형(矩形)이나 원형(圓形) 등의 평면 형상의 안테나에서는 상기와 같이 안테나의, 내벽에 수직인 방향의 길이를 내벽에 평행한 방향의 길이로 나눈 값으로 정의되지만, 입체적 형상을 가지는 안테나에서는, 기판대에 평행한 면에의 사영(射影)에 있어서의, 내벽에 수직인 방향의 길이를 내벽에 평행한 방향의 길이로 나눈 값으로 정의된다.

이하에, ⑶의 구성을 가지는 장치에 있어서, 플라즈마 전자 에너지나 플라즈마 밀도를 제어하는 예에 대하여 서술한다. 목적 영역을 지향하는 안테나의 애스펙트비를, 그 영역에 있어서의 플라즈마 전자 에너지나 플라즈마 밀도 등의 목적치에 따라서 설정한다. 예컨대, 진공용기 내 전체의 플라즈마 밀도를 높이는 경우에는, 모든 안테나의 애스펙트비를 크게 하면 좋다. 또한, 진공용기 내의 일부 영역의 플라즈마 전자 에너지나 플라즈마 밀도를 높이는 경우에는, 목적 영역을 지향하는 안테나의 애스펙트비를 다른 안테나의 애스펙트비보다도 크게 한다. 다만, 1개의 안테나 뿐만 아니라, 복수개의 안테나의 애스펙트비를 조정하여도 좋다. 더욱이, 진공용기 내의 일부 영역의 플라즈마 전자 에너지나 플라즈마 밀도를 낮게 하기 위하여, 그 영역을 지향하는 안테나의 애스펙트비를 다른 안테나의 애스펙트비보다도 작게 하여도 좋다. 이로써 플라즈마 전자 에너지나 플라즈마 밀도를 보다 높은 자유도로 제어할 수 있다.

진공용기 내의 일부 영역의 플라즈마 밀도를 높이는 적합한 예는, 종래의 멀티 안테나 방식의 장치에서는 바깥둘레부보다도 플라즈마 밀도가 낮아져 있었던 기판대 중앙부근 영역의 플라즈마 밀도를 높이기 위해서 이용하는 방법이다. 중앙부근을 지향하는 안테나의 애스펙트비를 다른 안테나의 애스펙트비보다도 크게 함으로써, 플라즈마 생성실 전체에 걸쳐서 플라즈마 밀도의 균일성을 개선할 수 있다. 이와 같이 밀도의 균일성을 개선한 플라즈마를 이용하여 피처리기판에 퇴적처리 또는 에칭처리를 행함으로써, 큰 면적에 걸쳐서 균일성이 높은 기판을 제조할 수 있다.

진공용기 내의 일부 영역의 플라즈마 밀도를 제어한다고 하는 방법은, 예컨대, 뭔가의 이유에 의해서 평탄하지 않은 부분이 생긴 기판에 대하여, 그 부분의 플라즈마 밀도를 제어하여, 퇴적속도 또는 에칭속도가 다른 부분의 그것과는 다르도록 하여 수정하는 경우에 이용할 수 있다.

다음으로, 상기 ⑷의 구성을 가지는 플라즈마 생성장치에 대하여 설명한다. 상기와 마찬가지로 복수개의 안테나를 진공용기 내에 설치할 때에, 안테나의 전극을 기판대에 대략 평행하게 늘어서도록 배열하고, 인접 안테나의 인접 전극끼리 동일 극성이 되도록 한다. 즉, 인접 전극을 공히 고주파 전원에 접속하던가, 또는 공히 접지한다.

예컨대, 한쪽 전극에 고주파 전원을 접속하고 다른쪽 전극을 접지한 안테나를, 그들 접속을 포함하여 그대로 평행이동하도록 복수개 설치한 경우, 인접 안테나의 인접 전극 사이의 극성은 다른 것이 된다. 그에 반하여, 안테나 자체는 평행이동시켜서 고주파 전원 및 접지의 접속은 인접 안테나와는 반대가 되도록 안테나를 복수개 설치한 경우, 인접 안테나의 인접 전극끼리 동일 극성이 된다.

인접 안테나의 인접 전극의 극성이 다르면, 유도전자계를 생성하기 위해서 각 안테나에 고주파전압을 인가할 때에, 인접 전극 사이에 의도하지 않은 고주파전압이 인가되어, 그 부분만 국소적으로 플라즈마 밀도가 높아진다. 그 때문에, 예컨대 기판대 중앙부 등의, 그 인접 전극 사이 이외의 개소의 플라즈마 밀도가 낮아진다. 그에 반하여 상기 ⑷의 구성에 의하면, 인접 안테나의 인접 전극끼리를 동일 극성으로 하므로, 각 안테나에 고주파전압을 인가했을 때에도 그 인접 전극 사이는 항상 등전위이고 고주파전압이 인가되지 않는다. 그 때문에, 그 인접 전극 사이에 국소적인 고 플라즈마 밀도영역이 형성되지 않아서, 플라즈마 밀도가 균일화된다. 또한, 플라즈마 밀도의 균일성을 악화시키지 않고 인접 안테나 사이의 거리를 좁게 하여 안테나의 설치 밀도를 높게 할 수 있기 때문에, 전체적으로 플라즈마 밀도를 높게 할 수 있다. 더욱이, 극성을 동일하게 하는 전극을 적절하게 선택함으로써, 플라즈마 밀도의 분포를 제어할 수 있다.

다음으로, 상기 ⑸의 구성을 가지는 플라즈마 생성장치에 대하여 설명한다. 이 구성에 있어서는, 각 안테나에, 안테나의 전압 또는 전류를 조절하기 위한 임피던스 소자를 접속한다. 각 안테나를 고주파 전원에 접속할 때에는, 전형적으로는, 코스트 상의 이유 등에 의해서 고주파 전원 1개당 복수개의 안테나를 병렬로 접속하지만, 1개의 안테나에 1개의 고주파 전원을 접속하여도 좋다.

1개의 고주파 전원으로부터 복수개의 안테나에 고주파 전력을 공급하는 경우, 고주파 전원과 안테나를 접속하는 도체의 형상이나 길이, 혹은 온도분포 등에 의해서, 각 안테나에 공급되는 고주파 전력이 안테나마다 다르게 된다. 상기 접속용 도체가 판 형상 도체인 경우에는, 특히 온도분포의 영향이 현저하게 된다. 그래서, 본 발명의 플라즈마 생성장치에서는, 각 임피던스 소자의 임피던스값을 조절함으로써, 각 안테나에 공급되는 고주파 전력의 차이가 작아지도록 한다. 이로써, 진공용기 내에 생성되는 플라즈마의 밀도의 균일성이 향상한다.

예컨대, 상기 판 형상 도체를 이용하여 복수개의 안테나를 고주파 전원에 병렬로 접속한 경우, 표면으로부터의 방열의 영향에 의해서, 판 형상 도체의 온도는 중앙 부근보다도 끝(端) 부근 쪽이 낮아진다. 그 때문에, 판 형상 도체의 끝 부근에 접속한 안테나와 고주파 전원 사이의 임피던스값이, 중앙부근에 접속한 안테나 - 고주파 전원 사이의 그것보다도 작아진다. 그래서, 판 형상 도체의 끝 부근의 안테나에 접속한 임피던스 소자의 임피던스값을 크게 한다. 이로써, 각 안테나 - 고주파 전원 사이의 임피던스값의 차이가 작아져서, 각 안테나에 공급되는 고주파 전력을 평준화할 수 있다.

또한, 뭔가의 요인에 의해서 진공영역 내의 일부영역의 플라즈마 밀도가 상승 또는 하강한 경우에, 그 영역을 지향하는 안테나의 임피던스 소자의 임피던스값을 조절함으로써, 그 영역의 플라즈마 밀도를 다른 영역의 값에 가깝게 할 수 있다. 이는, 복수개의 안테나를 1개의 고주파 전원에 병렬로 접속한 경우에 한정되지 않고, 1개의 고주파 전원에 안테나를 1개만 접속한 경우에도 적용가능하다.

일부 안테나에만 임피던스 소자를 접속하여 그 안테나의 전압 또는 전류를 조절하여도 좋다. 예컨대, 복수의 안테나 중, 일부 안테나에는 임피던스 소자를 설치하지 않고 항상 최대 전력을 공급하고, 다른 안테나에 대해서는 임피던스 소자를 설치하여 그 값을 조절함으로써 전력공급을 제한한다.

안테나에 접속하는 임피던스 소자에는, 임피던스값이 고정의 것과 가변의 것 중 어느 것을 이용하여도 좋다. 고정 임피던스 소자는, 예컨대 각 안테나와 고주파 전원 사이의 임피던스 값이 이미 명확하고, 그 값에 재현성이 있는 경우에 이용할 수 있다. 한편, 가변 임피던스 소자는, 상기 경우에 더하여, 안테나 - 고주파 전원 사이의 임피던스값이 미지(未知)인 경우, 온도 등의 조건에 따라 다른 경우, 시간변화하는 경우 등에도 이용할 수 있다. 다양한 조건 및 그들 변화에 따라서 가변 임피던스 소자의 임피던스값을 조절함으로써, 생성되는 플라즈마의 밀도를 균일하게 할 수 있다.

이 가변 임피던스 소자의 임피던스값의 조절은, 진공용기 내부의 플라즈마의 상태를 모니터하고, 그것을 피드백하여 행하는 것이 바람직하다. 이로써, 판 형상 도체의 온도변화에 수반하는, 플라즈마 밀도의 시간변화에 대응할 수 있다. 그 때문에, 본 발명의 플라즈마 생성장치에, 더욱이, 플라즈마의 상태를 나타낼 수 있는 파라미터를 측정하는 측정부와, 그 파라미터를 근거로 각 가변 임피더스 소자의 임피던스값을 설정하는 제어부를 설치하는 것이 바람직하다. 측정부는 플라즈마 밀도를 직접 측정하는 것이어도 좋지만, 보다 측정이 용이한, 각 안테나의 전류 또는 전압을 측정함으로써, 생성되는 플라즈마의 밀도를 간접적으로 측정하는 것이어도 좋다.

측정부는, 예컨대 이하와 같이 구성된다. 안테나의 근방에 픽업 코일을 배치하여, 이 픽업 코일에 유기(誘起)되는 유도기전력을 측정함으로써, 각 안테나의 전류를 용이하게 측정할 수 있다. 또한, 안테나의 근방에 커패시터를 배치하여, 이 커패시터에 유출입하는 전류를 측정함으로써, 각 안테나의 전압을 용이하게 측정할 수 있다. 안테나를 구성하는 도체의 단부(端部)를 진공용기의 외부에 돌출시킴으로써, 그 단부의 근방, 즉 진공용기의 외측에 픽업 코일이나 커패시터를 배치할 수 있다. 이로써, 픽업 코일이나 커패시터가 플라즈마에 침식되지 않고 안테나의 전류나 전압을 측정할 수 있다.

생성되는 플라즈마의 밀도는 안테나에 투입되는 전력에 비례하므로, 플라즈마 밀도를 보다 정확하게 측정하기 위해서는, 안테나의 전류 또는 전압의 한쪽만을 측정하기보다도, 그 양쪽, 즉 안테나에 투입되는 전력을 측정하는 것이 보다 바람직하다. 그를 위해서는, 상기 방법으로 얻어지는 안테나 전류의 신호와 안테나 전압의 신호를 승산(乘算)하면 좋다. 이 승산은, 예컨대 양자를 합성하는 신호합성기(믹서)를 이용하여 행할 수 있다. 신호합성기에서 얻어진 신호에는 고주파성분이 포함되므로, 로우 패스 필터에 의해서 고주파성분을 제거하는 것이 바람직하다. 이렇게 하여 얻어진 신호는 안테나에 투입되는 전력에 비례한다.

이상 서술한 각 구성의 어느 것에 있어서도, 복수개의 안테나 각각을 1 또는 복수의 안테나로 이루어지는 복수의 그룹으로 나누어, 각각의 그룹에 있어서 고주파 전력이 각각의 안테나에 병렬로 공급되도록 하는 것이 바람직하다. 이와 같은 구성으로 함으로써, 모든 안테나에 하나의 고주파 전원으로부터 전력을 공급하기보다도 고주파 전원에의 부하가 저감되고, 그로써, 생성되는 플라즈마 밀도를 높게 할 수 있다.

또한, 이상 서술한 각 구성의 플라즈마 생성장치에 의해서, 종래보다 균일하고 고밀도인 플라즈마 상태를 실현할 수 있으므로, 이 장치를 이용하여 퇴적처리나 에칭처리를 행함으로써, 종래보다도 표면이 평탄한 기판을 효율좋게 제조할 수 있다.

도면의 간단한 설명

도 1은, 본 발명에 관련된 플라즈마 생성장치의 제1실시예의 연직(鉛直)방향의 단면도.

도 2는, 제1실시예의 플라즈마 생성장치의 측면도.

도 3은, 제1실시예의 플라즈마 생성장치의 평면도.

도 4는, 제1실시예의 플라즈마 생성장치에 있어서 측정된, 진공용기 중심부의 플라즈마의 상태를 나타낸 그래프.

도 5는, 제1실시예의 플라즈마 생성장치에 있어서 측정된, 진공용기 내의 플라즈마 밀도 분포를 나타낸 도면.

도 6은, 위상조정기능을 가지는 플라즈마 생성장치의 예를 나타낸 개략구성도.

도 7은, 고주파 전원 사이의 위상차를 변화시켰을 때의 플라즈마 밀도의 변화를 나타낸 그래프.

도 8은, 안테나 도체의 측벽방향의 길이 및 안테나의 개수가 다른 플라즈마 생성장치의 예를 나타낸 평면도.

도 9는, 안테나 도체의 측벽방향의 길이 및 안테나의 개수의 차이에 의한 플라즈마 전위 및 플로팅 전위의 진폭의 차이를 나타낸 그래프.

도 10은, 본 발명에 관련된 플라즈마 생성장치의 제2실시예의 평면도.

도 11은, 애스펙트비가 다른 복수 종류의 안테나를 나타낸 모식도.

도 12는, 제2실시예 및 비교예의 플라즈마 생성장치의 진공용기 중앙에 있어서의 플라즈마 밀도를 나타낸 그래프.

도 13은, 제2실시예 및 비교예의 플라즈마 생성장치의 진공용기 중앙에 있어서의 전자 에너지 분포를 나타낸 그래프.

도 14는, 안테나마다의 애스펙트비를 다른 것으로 한 플라즈마 생성장치의 일례를 나타낸 평면도.

도 15는, 도 14의 플라즈마 생성장치 및 비교예의 장치의 플라즈마 밀도 분포를 나타낸 도면.

도 16은, 본 발명에 관련된 플라즈마 생성장치의 제3실시예의 평면도.

도 17은, 인접 안테나 사이의 간극 및 그 사이에 있어서의 전위차에 대한 설명도.

도 18은, 제3실시예 및 비교예의 플라즈마 생성장치의 진공용기 중앙에 있어서의 플라즈마 밀도를 나타낸 그래프.

도 19는, 제3실시예 및 비교예의 플라즈마 생성장치에 의해서 생성되는 플라즈마 밀도의 공간 분포를 나타낸 그래프.

도 20은, 본 발명에 관련된 플라즈마 생성장치의 제4실시예의 평면도.

도 21은, 임피던스 소자의 일례를 나타낸 도면.

도 22는, 제4실시예의 플라즈마 생성장치의 연직방향의 단면도.

도 23은, 다이오드 브리지 회로의 일례를 나타낸 도면.

도 24는, 제4실시예의 생성장치에 의해서 생성되는 플라즈마 밀도의 공간 분포를 나타낸 그래프.

실시예

<제1실시예>

도 1에 본 발명에 관련된 플라즈마 생성장치의 제1실시예의 연직(鉛直)방향의 단면도를, 도 2에 그 장치의 측면도를, 도 3에 그 장치의 평면도를, 각각 나타낸다.

진공용기(11)의 내부가 본 플라즈마 생성장치의 플라즈마 생성실이 된다. 진공용기(11) 내부는 도 3에 나타낸 바와 같이 평면형상이 사각형(矩形)(장방형)으로서, 그 장변의 길이는 1300㎜, 단변의 길이는 1000㎜이다. 진공용기(11)에는 진공펌프(미도시)가 접속되어, 진공용기(11) 내부가 소정의 진공도로 유지된다. 진공용기(11) 내에 피처리기판(13)을 올려놓기 위한, 장변 94㎝, 단변 76㎝의 사각형의 평면 형상 기판대(14)를 설치한다. 기판대(14)는, 그 하부에 설치한 승강부(14a)에 의해서 승강가능하게 되어 있다. 또한, 진공용기(11)의 하측부에는 피처리기판(13)을 넣고 빼기 위한 기판출입구(12)를 설치한다.

진공용기(11) 내 상부에는, 내벽을 따라서 수평으로 진공용기(11) 내를 1주분 주회(周回)하는 주회부와, 진공용기(11) 외부에 접속하는 접속부로 이루어지는 가스 파이프(15)를 설치한다. 이 가스 파이프(15) 주회부의 표면에는, 다수의 구멍을, 진공용기(11) 내에 균등하게 가스를 도입하기 위해서 적절한 분포로 배치한다. 다만, 본 실시예와 같은 진공용기(11) 내를 주회하는 가스 파이프(15) 대신에, 진공용기의 측벽 또는/및 천정벽을 관통하는 짧은 파이프를 설치하여도 좋다. 이 경우, 진공용기(11) 내에 균등하게 가스를 도입하기 위해서 복수의 파이프를 측벽 또는/및 천정벽에 적절한 분포로 배치하는 것이 바람직하다.

진공용기(11)의 4개의 측벽 중 그 수평방향을 긴 쪽의 2면에는 4개씩, 짧은 쪽의 2면에는 3개씩 등간격으로 고주파 안테나(16)를 설치한다(도 3 참조). 어느 안테나(16)도 기판대(14)로부터의 높이는 180㎜이다. 각 안테나(16)의 2개의 전극 중, 한쪽을 후술하는 바와 같이 고주파 전원(18)에 접속하고, 다른쪽을 접지한다. 예컨대 각 안테나의 접지측 전극을 진공용기(11)의 측벽에 접속하고, 이 측벽을 접지함으로써 접지측 전극을 접지할 수 있다. 또한, 고주파 전원(18)측의 전극에, 접지로부터 부유(플로팅)시키는 고정 또는 가변의 블록킹 컨덴서(blocking condenser)를 삽입하도록 하여도 좋다. 본 실시예에서는, 고주파 전원(18)으로부터 공급되는 전력의 주파수는 13.56㎒이다.

안테나(16) 전극 사이의 도체의 길이는 450㎜로서, 안테나(16)에 인가되는 고주파의 파장(10,000～15,000㎜)의 1/4보다도 짧다. 이로써, 정재파가 발생하여 플라즈마의 균일성이 손상되는 일이 없다.

안테나(16)의 도체 중 진공용기(11) 내에 있는 부분은, 그 표면이 절연체로 피복되어 있다. 또한, 고주파 안테나(16)의 형상은 U자형이고, 이와 같이 주회하지 않는 안테나를 이용함으로써 안테나의 인덕턴스가 저감된다. 여기서 서술한, 절연체로 피복된 안테나 및 주회하지 않는 안테나에 대해서는, 특허문헌 2에 상세하게 설명되어 있다.

본 실시예에서는 하나의 고주파 전원(18)에, 하나의 진공용기 측벽에 설치한 3개 또는 4개의 안테나를 병렬로 접속한다. 각 안테나(16)와 고주파 전원(18)의 접속에는, 도 2에 나타낸 바와 같이, 판 형상 도체(19)를 이용한다. 이 판 형상 도체(19)는, 진공용기(11)의 외측벽을 따르도록 설치되고, 예컨대 동판(銅板)으로 이루어진다. 고주파 전원(18)을 임피던스 정합기(17)를 개재하여 동판의 1점(고주파 전력 공급점(20))에 접속함과 함께, 안테나(16)의 한쪽 전극(도 2 중의 ○)을 동판에 접속한다. 다만, 도 2 중의 ●는 접지측의 전극을 나타낸다. 동판에 접속된 각 안테나(16)의 전극과 고주파 전력 공급점(20)의 거리는, 안테나(16)에 인가되는 고주파의 파장의 1/4보다도 짧다. 동판의 폭을 넓게 함으로써, 이 거리를 길게 할 수 있다.

본 실시예의 플라즈마 생성장치의 동작을 설명한다. 승강부(14a)를 동작시켜서 기판대(14)를 강하시킨다. 피처리기판(13)을 기판출입구(12)로부터 진공용기(11) 내에 넣고, 기판대(14) 상에 올려놓은 후, 기판대(14)를 소정 위치까지 상승시킨다. 진공용기 내를 소정 압력까지 감압한 후, 플라즈마의 원료가스를 소정 가스압(gas pressure)으로 가스 파이프(15)에 도입하고, 4대의 고주파 전원(18)으로부터 소정 고주파 전력을 각 고주파 안테나(16)에 공급한다. 이로써, 복수의 고주파 안테나(16)로부터 각각 생성되는 유도전계에 의해서, 플라즈마가 생성된다.

이하, 제1실시예의 플라즈마 생성장치에 있어서 생성되는 플라즈마 밀도나 플라즈마 전자(電子) 에너지에 대하여 실험결과를 이용하여 설명한다.

도 4에, 제1실시예의 플라즈마 생성장치에 있어서, 아르곤(Ar) 플라즈마(Ar가스유량: 50ccm, 가스압: 0.66Pa 및 1.33Pa로 각각 측정)를 생성하고, 진공용기(11)의 중심부(천정벽의 내측면으로부터 연직 하측으로 160㎜의 위치)의 플라즈마상태에 대하여 랭뮤어 탐침법(Langmuir probe method)을 이용하여 측정한 결과를 나타낸다. 도 4(a)에 나타낸 데이터는, 플라즈마 전위(Vp) 및 플로팅 전위(Vf)를, 전체 안테나(16)에 공급되는 고주파 전력의 합계치를 바꾸면서 측정한 것이다. (b)에 나타낸 데이터는, 플라즈마 이온 밀도(Ni), 플라즈마 전자 밀도(Ne) 및 플라즈마 전자 에너지(Te)를 상기 고주파 전력의 합계치를 바꾸면서 측정한 것이다. 플라즈마 전위(Vp) 및 플로팅 전위(Vf)는, 공급되는 전력의 증가에 따라서

감소하고, 플라즈마 이온 밀도(Ni), 플라즈마 전자 밀도(Ne) 및 플라즈마 전자 에너지(Te)는 전력의 증가에 따라서 증가한다. 또한, 도 4로부터 알 수 있는 바와 같이, 제1실시예의 플라즈마 생성장치에 의해서, 각종 플라즈마 프로세스에 적합한 1×10^{11} 이상의 고(高)플라즈마 밀도로 20V 이하의 저(低)플라즈마 전위의 플라즈마를 생성할 수 있다.

도 5에, 진공용기(11) 내의 천정벽의 내측면으로부터 연직 하측으로 195㎜의 높이에 있어서의 플라즈마 밀도의 평면 분포(플라즈마의 균일성)를 측정한 결과를 나타낸다. 여기서는, 랭뮤어 탐침법에 의해서 얻어진 이온 포화 전류 밀도에 의해서 평가를 행한다. 이온 포화 전류 밀도는 플라즈마 이온 밀도에 대응한다. (a)는, 제1실시예의 플라즈마 생성장치에 설치된 4개의 고주파 전원(18)으로부터 각각 1000W씩의 전력을 공급한 경우의 측정결과이다. 한편, (b)는, 4개의 안테나에 접속된 고주파 전원(18)으로부터는 1300W, 3개의 안테나에 접속된 고주파 전원(18)으로부터는 700W의 전력을 공급한 경우의 측정결과이다. 따라서, 공급되는 전력의 합계는 (a), (b) 어느 경우도 4000W이다. (a)보다도 (b) 쪽이 플라즈마 밀도의 평균 분포의 균일성이 높다. 특히, 도 (b) 중에 나타낸 그리드 B, 2, D, 4로 둘러싸이는 영역에서는 플라즈마 밀도가 거의 균일하게 되어 있다. 이와 같이, 안테나에 공급되는 전력을 전원마다 조정함으로써, 플라즈마 밀도 분포를 제어할 수 있다.

도 6에, 고주파 전원마다 고주파 전력의 위상을 조정하는 기능을 가지는 플라즈마 생성장치의 구성을 나타낸다. 이 장치에서는, 각 고주파 전원(18a～18d)에 대응하여 배치한 임피던스 정합기(19)의 출력측에 파형검출기(또는 위상검출기)(21)를 설치한다. 파형검출기(21)는 안테나(16)에 공급되는 고주파 전력의 파형을 수시 취득하여, 그 파형신호를 위상조정기(22)로 보낸다. 위상조정기(22)는 이 파형신호로부터 각 고주파 전원(18) 사이의 위상차를 검출하고, 그 결과에 근거하여, 미리 설정된 위상차가 되도록 각 고주파 전원(18)에 위상제어신호를 송신한다. 각 고주파 전원(18)은 고주파 전력의 위상을 조정하여 출력한다.

도 7에, 도 6의 플라즈마 생성장치에 있어서 고주파 전원 사이의 위상차를 변화시켰을 때의 플라즈마 밀도의 변화를 측정한 결과를 나타낸다. 도 7의 종축은 진공용기의 중심 부근의 측정점에 있어서의 플라즈마 전자 밀도(Ne)이다. 횡축은 고주파 전원(18a-18b, 18b-18c, 18c-18d) 사이의 위상차를 나타낸다. 측정결과로부터, 위상차가 커질수록 플라즈마 밀도가 증가하는 것을 알 수 있다. 이는, 안테나 사이의 위상이 다름에 의해서, 그들 안테나 사이에서 전자가 가속되고, 그 결과, 플라즈마 밀도가 증가한 것이라고 생각된다. 이와 같은 전자가속의 강도는 안테나의 형상이나 안테나 사이 거리, 가스압, 진공용기(11)의 사이즈 등의 다양한 요인에 의해서 변화한다고 생각되므로, 플라즈마 밀도가 가장 높아지도록 위상차를 적절하게 조정한다.

도 8에, 제1실시예의 플라즈마 생성장치에 있어서, 안테나 도체의 측벽방향의 길이(a)를 길게 함과 함께, 안테나의 개수를 줄인 예를 나타낸다. (a)는 길이(a)가 도 3의 그것의 1.56배인 안테나(23a)를 진공용기의 장변측 내벽에 2개씩, 동일하게 1.27배인 안테나(24a)를 단변측 내벽에 2개씩, 각각 설치한 것이다. (b)는 길이(a)가 도 3의 그것의 2.67배인 안테나(23b)를 진공용기의 장변측 내벽에 1개씩, 동일하게 2.20배인 안테나(24b)를 단변측 내벽에 1개씩, 각각 설치한 것이다. 이들 구성에 있어서는, 안테나 도체의 길이를 길게 함으로써 안테나 자체의 인덕턴스가 커짐과 함께, 안테나의 개수가 줄어듦으로써 안테나 1개당 공급되는 고주파 전력이 커진다.

도 9에, 도 3 및 도 8 (a), (b)의 장치에 대하여 플라즈마 전위 및 플로팅 전위의 진폭을 측정한 결과를 나타낸다. 안테나의 도체를 길게 하고, 전원당 안테나의 개수를 적게 할수록, 플라즈마 전위 및 플로팅 전위의 진폭이 커진다. 이는, 안테나의 임피던스가 높아지는 것과, 전원당 안테나의 개수가 적어짐으로써, 안테나의 전위가 높아진 것에 기인한다고 생각된다. 이와 같이 플라즈마 전위 및 플로팅 전위의 진폭이 커지는 것은, 플라즈마 프로세스 중의 이온 데미지를 크게 하는 원인이 되지만, 그 한편에서 수소나 헬륨 등의 이온화 에너지가 높은 가스 플라즈마를 생성하는 경우에는 유효하다.

<제2실시예>

제2실시예에서는, 안테나의 애스펙트비에 착안한 플라즈마 생성장치의 구성에 대하여 설명한다.

도 10에 제2실시예의 평면도를 나타낸다. 이 플라즈마 생성장치는, 제1실시예의 장치의 구성 중, 안테나(26)의 애스펙트비만을 변경한 것이다. 그 때문에, 도 10에는, 제1실시예와 동일 구성요소에 대해서는 도 3과 동일 부호를 붙였다. 고주파 전원의 개수나, 각 고주파 전원에 접속되는 안테나의 개수도 제1실시예와 동일하다. 이 도면의 장치에서는, 모든 안테나(26)의 애스펙트비를, 도 11(a)에 나타낸 바와 같이 2 (종:횡 = 2:1)로 하였다. 그리고, 제1실시예의 안테나(16)의 애스펙트비는, 도 11(b)에 나타낸 바와 같이 1 (종:횡 = 1:1)이다. 제2실시예의 안테나(26)의 도체가 둘러싸는 영역의 면적(S)은, 제1실시예의 안테나(16)의 그것과 동일하게 하였다.

이하, 제2실시예의 플라즈마 생성장치에 있어서 생성되는 플라즈마 밀도나 플라즈마 전자 에너지에 대하여 실험결과를 이용하여 설명한다. 여기서는 애스펙트비의 변화에 의한 효과를 보기 위해서, 모든 고주파 안테나의 애스펙트비를 2 (본 실시예, 도 11(a)의 안테나), 1 (제1실시예, 도 11(b)의 안테나) 및 0.5 (도 11(c)의 안테나)로 구비한 3종류의 플라즈마 생성장치에 대하여 측정을 행하였다. 애스펙트비가 1인 고주파 안테나의 1변의 길이는 15㎝이다. 이 실험에 있어서는, 진공용기 내에 아르곤가스를 1.33Pa의 가스압까지 공급하고, 각 고주파 안테나에 주파수 13.56㎒의 고주파 전력을 공급하여 아르곤 플라즈마를 생성하였다. 또한, 플라즈마 밀도의 측정에는 랭뮤어 탐침법을 이용하였다.

도 12에, 이들 3종류의 플라즈마 생성장치에 대하여, 기판대 중앙의 바로 위의, 고주파 안테나와 동일 높이에 있어서의 플라즈마 밀도를 측정한 결과를 나타낸다. 여기서, 종축은 로그(對數) 스케일(logarithmic scale)로 나타낸 플라즈마 밀도이고, 횡축은 각 고주파 전원이 공급하는 고주파 전력의 크기이다. 고주파 전력을 동일하게 한 경우, 애스펙트비가 2인 고주파 안테나를 이용한 본 실시예의 장치 쪽이, 애스펙트비가 1 및 0.5인 고주파 안테나를 이용한 장치보다도 높은 플라즈마 밀도를 얻을 수 있다.

도 13에, 도 12와 동일하게 3종의 장치에 대하여, 기판대 중앙 바로 위에 있어서의 플라즈마 전자의 에너지 분포를 측정한 결과를 나타낸다. 각 고주파 전원이 공급하는 고주파 전력의 크기는 2000W로 하였다. 고주파 전력 이외의 파라미터는, 도 12에 나타낸 측정시의 파라미터와 동일하다. 종축은 로그 스케일이다. 애스펙트비가 2인 장치에 있어서, 애스펙트비가 그 이외의 값인 장치보다도, 10~18eV의 에너지를 가지는 플라즈마 전자가 증가하고 있다. 이 고(高)에너지의 전자는, 고주파 안테나에 발생하는 전위차에 의해서 가속되어 생성되는 전자이다. 애스펙트비에 의해서 이 전자가 생성되어 날아오는 방향이 변화한다. 본 실시예의 U자형 고주파 안테나에 있어서는, 고(高)에너지 전자는 고주파 안테나의 길이방향으로 생성되므로, 애스펙트비가 2인 경우에는, 애스펙트비가 1이나 0.5인 경우보다도 고(高)에너지 전자가 많이 존재하게 된다.

또한, 도 13의 결과는 고주파 안테나의 애스펙트비를 바꿈으로써 플라즈마 중의 전자 에너지를 제어할 수 있음을 나타내고 있다. 이로써, 이온종(種)이나 래디컬종(種)의 플라즈마 프로세스에 있어서 중요한 인자를 제어할 수도 있다.

다음으로, 도 14의 평면도에 나타낸 바와 같이, 안테나마다의 애스펙트비를 다른 것으로 한 예에 대하여 설명한다. 도 14에 나타낸 플라즈마 생성장치에서는, 진공용기(11)의 장변측 측벽에 설치한 4개의 고주파 안테나 중 중앙의 2개의 고주파 안테나, 및 단변측 측벽에 설치한 3개의 고주파 안테나 중 중앙의 1개의 고주파 안테나(예컨대 고주파 안테나 (26a))의 애스펙트비를 2로 하고, 진공용기(11)의 4코너에 가까운 고주파 안테나(예컨대 고주파 안테나(26b))의 애스펙트비를 1로 한다. 이것은, 목적 영역인 기판대의 중심 부근의 플라즈마 밀도를 크게 하기 위해서, 그곳을 지향하는 고주파 안테나의 애스펙트비를 크게 한 것이다.

도 15(a)에, 도 14의 장치를 이용하여 고주파 안테나와 동일 높이에 있어서의 플라즈마 밀도의 공간 분포를 측정한 결과를 나타낸다. 아울러, 제2실시예에 대한 비교예로서 도 15(b)에, 모든 고주파 안테나의 애스펙트비를 1로 한 장치에 대하여 마찬가지의 측정을 행한 결과를 나타낸다. 여기서는, 각 고주파 전원이 공급하는 고주파 전력의 크기를 1000W로 하고, 그 이외의 플라즈마 생성조건은 상기 제2실시예의 조건과 동일하게 하였다. 도 15로부터, 도 14의 장치에서는, 중심부의 플라즈마 밀도가 비교예의 그것보다도 높아지는 것에 반하여, 바깥둘레부의 플라즈마 밀도가 높아지는 것이 억제되고, 그 결과, 비교예의 장치보다도 플라즈마 밀도의 균일성이 개선되어 있는 것을 알 수 있다.

<제3실시예>

제3실시예에서는, 인접 안테나의 인접 전극끼리의 극성에 착안한 플라즈마 생성장치의 구성에 대하여 설명한다.

도 16에 제3실시예의 평면도를 나타낸다. 제1실시예와 동일 구성요소에 대해서는 도 3과 동일 부호를 붙였다. 고주파 전원의 개수나, 각 고주파 전원에 접속하는 안테나의 개수는 제1실시예와 동일하다. 이 플라즈마 생성장치는, 제1실시예의 장치의 구성 중, 각 고주파 안테나(16)의 전극의 극성만을 변경한 것이다. 구체적으로는, 동일 측벽에 설치된 3개 또는 4개의 안테나로 이루어지는 안테나군(群) 내에서는, 인접하는 고주파 안테나끼리에 있어서 인접 전극끼리를 동일극성으로 한다. 예컨대 안테나군(31a)에서는, 인접하는 고주파 안테나(16a)와 고주파 안테나(16b)에 있어서는 서로 인접하는 측의 전극을 함께 임피던스 정합기(17) - 고주파 전원(18)에 접속하고, 고주파 안테나(16b)와 고주파 안테나(16c)에 있어서는 서로 인접하는 측의 전극을 함께 접지한다.

도 17(b)에 나타낸 바와 같이, 인접하는 고주파 안테나끼리에 있어서 서로 근접하는 측의 단자를 반대극성으로 한 경우에는, 인접 안테나 사이의 간극(32)에 있어서 인접 전극 사이에 전위차가 발생한다. 이 때문에, 이 간극(32)에 있어서의 플라

즈마 농도가 다른 위치보다도 높아진다. 또한, 그에 수반하여 다른 위치의 플라즈마 농도가 저하한다. 그에 대비하여, 제3실시예의 장치에서는 인접 안테나끼리의 인접 전극을 동일극성으로 함으로써, 간극(32)에 있어서의 인접 전극 사이에 전위차가 발생하지 않는다. 이 때문에, 이 간극(32)에 있어서 단자간 전위차의 존재에 의해서 플라즈마 농도가 상승함을 막아, 기타 부분의 플라즈마 농도가 저하하는 것을 막을 수 있다.

이하에, 제3실시예의 플라즈마 생성장치에 있어서 생성되는 플라즈마의 농도를 측정한 결과를 나타낸다. 이 실험에 있어서는, 진공용기 내에 아르곤가스를 1.33Pa의 가스압까지 공급하고, 각 고주파 안테나에 주파수 13.56㎒의 고주파 전력을 공급하여 아르곤 플라즈마를 생성하였다. 그밖의 조건은 각 측정의 설명시에 나타낸다. 또한, 플라즈마 밀도의 측정에는 랭뮤어 탐침법을 이용하였다.

도 18에, 제3실시예의 플라즈마 생성장치에 대하여, 고주파 안테나와 동일 높이로서 기판대 중앙의 바로 위에 있어서 플라즈마 밀도를 측정한 결과를 나타낸다. 이 도면에는 아울러, 비교를 위해서 인접 전극끼리를 반대극성으로 한 플라즈마 생성장치에 대한 측정결과를 나타낸다. 여기서, 종축은 로그 스케일로 나타낸 플라즈마 전자 밀도이고, 횡축은 각 고주파 전원이 공급하는 고주파 전력의 크기이다. 고주파 전력의 값이 어느 경우도, 본 실시예의 장치 쪽이 비교예의 장치보다도 높은 플라즈마 밀도를 얻을 수 있다. 특히, 고주파 전력이 1200W～2500W인 경우, 본 실시예의 플라즈마 밀도는 비교예의 플라즈마 밀도의 약 2배가 된다.

도 19에, 플라즈마 밀도의 공간 분포를 측정한 결과를 나타낸다. 그때의 측정조건은 이하와 같다. 고주파 전력은, 도 16에 나타낸 1세트의 안테나군(31b)에만 공급한다. 고주파 전원이 공급하는 고주파 전력의 크기는 1500W이다. 플라즈마 밀도의 측정점인 도 19의 횡축은, 안테나군(31b)을 설치한 측벽에 평행하게 13㎝ 떨어진 직선 위의 위치를 나타낸다. 도 19로부터, 비교예의 플라즈마 생성장치에 있어서는, 단부(端部)의 플라즈마 밀도가 중심 부근의 플라즈마 밀도보다도 낮아져서, 플라즈마 밀도의 공간 분포의 치우침이 보여진다. 그에 반하여 본 실시예의 플라즈마 생성장치에 있어서는, 플라즈마 밀도의 공간 분포의 치우침이 비교예의 플라즈마 생성장치에 있어서의 그것보다도 작아져서, 플라즈마 밀도 분포의 균일성이 개선된다.

<제4실시예>

제 4실시예에서는, 안테나에 임피던스 소자가 접속된 플라즈마 생성장치의 구성에 대하여 설명한다.

도 20에 제4실시예의 평면도를 나타낸다. 제1실시예와 동일 구성요소에 대해서는 도 3과 동일 부호를 붙였다. 고주파전원의 개수나, 각 고주파전원에 접속되는 안테나의 개수는 제1실시예와 동일하다. 이 플라즈마 생성장치는, 제1실시예의 장치의 구성에 있어서, 각 고주파 안테나(16)의 한쪽 전극과 임피던스 정합기(17) 사이에 임피던스 소자(41)를 접속한다. 임피던스 소자(41)로서, 예컨대 도 21에 나타낸 바와 같은 가변 인덕턴스 코일(42)을 이용할 수 있다. 다만, 가변 인덕턴스 코일(42)의 인덕턴스값의 조절은 수동으로 행하여도 좋지만, 후술하는 피드백 제어를 행하는 경우에는 드라이버(43)를 설치하여 자동으로 행하는 것이 바람직하다. 다만, 본 실시예에서는 임피던스 소자(41)를 안테나(16)의 고주파 전원(20)측 전극에 접속하였지만, 임피던스 소자(41)를 접지측 전극에 접속하여도 좋다.

또한, 제4실시예에서는, 도 22의 연직방향 단면도에 나타낸 바와 같이 픽업 코일(44) 및 커패시터(45)를 설치한다. 고주파 안테나(16)의 일부가 진공용기(11)의 외부로 돌출하도록 설치되어 있으므로, 픽업 코일(44) 및 커패시터(45)는, 플라즈마에 의해서 침식되지 않도록, 그 돌출부의 근방에 설치하면 좋다. 픽업 코일(44)은 전류측정용이므로, 고주파 안테나(16)의 접지측, 고주파 전원에의 접속측 중 어느 쪽에 설치하여도 좋다. 각 픽업 코일(44) 및 커패시터(45)에는 각각, 픽업 코일(44) 또는 커패시터(45)로부터의 교류신호를 직류신호로 변환하기 위하여, 도 23에 나타낸 바와 같은 브리지 회로(46)를 접속한다. 브리지 회로 대신에 교류신호를 검파하여 직류신호를 출력하는 검파기를 이용하여도 좋다. 더욱이, 이들 신호를 입력하여 임피던스 소자(41)의 임피던스값을 설정하기 위한 신호를 출력하는 제어부(47)를 설치한다(도 20).

본 실시예의 플라즈마 생성장치에서는, 예컨대 동판(銅板, 19)에 온도분포가 발생하는 등의 원인에 의해서 플라즈마 밀도에 분포가 발생한 경우에, 각 임피던스 소자(41)의 임피던스값을 조절하여 각 고주파 안테나(16)에 공급되는 전력을 적절한 값으로 함으로써, 플라즈마의 밀도를 균일화한다. 여기서, 발생하는 플라즈마 밀도 분포에 재현성이 있고, 각 임피던스 소자에 있어서 설정할 임피던스값이 실험 등에 의해서 명확한 경우에는, 고정 임피던스 소자를 이용하면 좋다. 또한, 플라즈마 밀도 분포가, 사용하는 가스나 공급하는 전력 등의 조건에 의해서 다르지만 동일 조건 하에서는 재현성이 있는 경우에는, 가변 임피던스 소자를 이용하여 그 조건에 따른 임피던스값을 설정하면 좋다. 더욱이, 조건에 의한 플라즈마 밀도 분포의 차이나 재현성이 명확하지 않은 경우에는, 플라즈마 밀도 분포를 피드백하여 가변 임피던스 소자의 임피던스값의 조절을 행한다.

상기 피드백 제어는, 이하와 같이 행한다. 각 안테나에 설치한 픽업 코일(44)로부터의 전류의 신호 및/또는 커패시터(45)로부터의 전압의 신호가 제어부(47)에 입력된다. 어느 안테나에 있어서의 이들 신호의 어느 하나, 혹은 이들의 곱으로 이루어지는 전력의 신호가 소정 값 이상이 되었을 때, 즉 그 안테나 주위의 플라즈마 밀도가 소정 값 이상이 되었을 때, 제어부(47)는 그 안테나에 접속된 임피던스 소자(41)에 설치한 드라이버(43)에, 그 소자의 임피던스값을 크게 하기 위한 신호를 출력한다. 한편, 안테나에 있어서의 전류 등의 신호가 소정 값 이하인 경우에는, 제어부(47)는 드라이버(43)에 임피던스값을 작게 하는 신호를 출력하다. 제어부(47)로부터의 이들 신호를 받은 드라이버(43)는, 그 임피던스 소자의 임피던스값을 소정 값으로 설정한다. 이로써, 그 임피던스 소자의 주위의 플라즈마 밀도를 소정 범위 내로 제어할 수 있다.

이하에, 본 실시예의 플라즈마 생성장치를 이용하여 생성한 플라즈마의 밀도 분포를 측정한 실험에 대하여 설명한다. 이 실험에 있어서는, 도 20에 있어서 파선으로 둘러싸인 3개의 안테나(A, B, C)에만 고주파 전력을 공급하고, 이들 안테나를 설치한 진공용기 측면으로부터 13㎝ 떨어진 직선 위의 플라즈마 밀도 분포를, 랭뮤어 탐침법을 이용하여 측정하였다. 여기서 생성된 플라즈마는 아르곤 플라즈마로서, 아르곤가스를 1.33Pa의 가스압까지 공급한 후, 3개의 안테나(A, B, C)에 접속한 1개의 고주파 전원으로부터 2000W, 13.56㎒의 고주파 전력을 공급하였다.

픽업 코일(44)로부터의 신호에 따라서 임피던스 소자의 임피던스값을 조절함으로써, 3개의 안테나(A, B, C)를 흐르는 전류의 크기의 비가 1 : 1.2 : 1, 2 : 1 : 2 및 3 : 1 : 3의 3가지 상태를 만들고, 각각의 경우에 대하여 플라즈마 밀도 분포를 측정하였다. 이들의 측정결과를 도 24에 나타낸다. 3개의 고주파 안테나의 각 전류가 거의 같은, 전류비 1 : 1.2 : 1의 경우에는, 중앙 부근의 플라즈마 밀도가 높고, 바깥둘레부의 그것이 낮아져 있다. 이에 반하여, 양단(兩端)의 고주파 안테나의 전류를 크게 한 전류비 2 : 1 : 2의 경우에는, 중앙 부근의 플라즈마 밀도가 저하하는 한편, 바깥둘레부의 그것이 상승하여, 플라즈마 밀도의 균일성이 개선되어 있는 것을 알 수 있다. 더욱이 양단의 고주파 안테나의 전류를 크게 하여 전류비 3 : 1 : 3으로 한 경우에는, 전류비 1 : 1.2 : 1의 경우와는 역으로, 중앙 부근의 플라즈마 밀도가 낮아져 버린다.

다만, 이 플라즈마 밀도 분포를 최적으로 하는 전류비는, 플라즈마 가스의 종류나 압력, 고주파 전원의 공급전력 등의 조건에 따라 다르다. 그 때문에, 임피던스 소자의 임피던스값은, 이 전류비가 그들 조건에 따른 최적의 값이 되도록 적절하게 조절한다.

상기 각 실시예에 있어서는 모두 진공용기의 평면형상을 사각형으로 하였지만, 원형 등의 다른 형상으로 하여도 좋다. 또한, 상기 각 실시예에 있어서는 안테나를 진공용기의 측벽에 설치하였지만, 안테나의 일부 또는 전부를 진공용기의 천정벽에 설치하여도 좋다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

(a) 진공용기와,

(b) 상기 진공용기 내에 설치된, 피(被)처리기판을 올려놓는 기판대(基板臺)와,

(c) 상기 진공용기 내에, 상기 기판대에 대략 평행하게 배열된 복수개의 고주파 안테나,

를 구비하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 생성장치.

청구항 2.

청구항 1에 있어서,

상기 안테나가 진공용기의 측벽 혹은 천정벽 또는 그들 양쪽에 배열되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 생성장치.

청구항 3.

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 안테나가 상기 고주파 안테나에 공급되는 고주파 전력의 1/4 파장의 길이보다도 짧은 도체로 이루어지는 것을 특징으로 하는 플라즈마 생성장치.

청구항 4.

청구항 1 내지 청구항 3 중 어느 한 항에 있어서,

상기 복수의 안테나에 병렬로 접속되는 판 형상(板狀) 도체(plate-shaped conductor)를 가지는 것을 특징으로 하는 플라즈마 생성장치.

청구항 5.

청구항 4에 있어서,

안테나에 전력을 공급하는 전원과 판 형상 도체의 접속점과, 각각의 안테나와 판 형상 도체의 접속점의 양 접속점 사이의 거리가 고주파의 1/4 파장의 길이보다도 짧은 것을 특징으로 하는 플라즈마 생성장치.

청구항 6.

청구항 3 내지 청구항 5 중 어느 한 항에 있어서,

상기 안테나 도체의 길이와 상기 접속점 사이 거리와의 합이 고주파 전력의 1/4 파장의 길이보다도 짧은 것을 특징으로 하는 플라즈마 생성장치.

청구항 7.

청구항 1 내지 청구항 6 중 어느 한 항에 있어서,

상기 각 그룹에 공급되는 고주파 전력의 위상을 검출하는 위상검출기와 그 고주파 전력의 위상을 조정하는 위상조정기를 구비하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 생성장치.

청구항 8.

청구항 1 내지 청구항 7 중 어느 한 항에 있어서,

상기 기판대(基板臺)의 목적 영역에 대응하는 위치의 안테나의 애스펙트비가 그 목적 영역에 있어서의 목적 플라즈마 밀도 또는 플라즈마 전자 에너지에 따른 값으로 설정되어 있는 것을 특징으로 하는 플라즈마 생성장치.

청구항 9.

청구항 8에 있어서,

상기 목적 영역에 있어서의 목적 플라즈마 밀도 또는 전자 에너지를 높이기 위해서, 대응 안테나의 애스펙트비를 다른 안테나의 애스펙트비보다도 큰 값으로 한 것을 특징으로 하는 플라즈마 생성장치.

청구항 10.

청구항 9에 있어서,

상기 영역이 상기 기판대의 중심을 포함하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 생성장치.

청구항 11.

청구항 1 내지 청구항 10 중 어느 한 항에 있어서,

안테나의 전극이 상기 기판대에 대략 평행하게 늘어서도록 배열되고, 1세트 또는 복수 세트의 인접 안테나의 인접 전극끼리 동일 극성인 것을 특징으로 하는 플라즈마 생성장치.

청구항 12.

청구항 11에 있어서,

모든 안테나에 있어서, 인접 안테나의 인접 전극끼리를 동일 극성으로 하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 생성장치.

청구항 13.

청구항 1 내지 청구항 12 중 어느 한 항에 있어서,

상기 안테나에 임피던스 소자가 접속되어 있는 것을 특징으로 하는 플라즈마 생성장치.

청구항 14.

청구항 13에 있어서,

복수개의 안테나가 1개의 고주파 전원에 병렬로 접속되어 있는 것을 특징으로 하는 플라즈마 생성장치.

청구항 15.

청구항 13에 있어서,

1개의 안테나가 1개의 고주파 전원에 접속되어 있는 것을 특징으로 하는 플라즈마 생성장치.

청구항 16.

청구항 13 내지 청구항 15 중 어느 한 항에 있어서,

상기 임피던스 소자의 임피던스가 가변(可變)인 것을 특징으로 하는 플라즈마 생성장치.

청구항 17.

청구항 16에 있어서,

상기 임피던스 소자가 가변 인덕턴스 코일인 것을 특징으로 하는 플라즈마 생성장치.

청구항 18.

청구항 16 또는 청구항 17에 있어서,

각각의 안테나의 전압 또는 전류를 측정하는 측정부와, 그 측정부에서 얻어진 전압 또는 전류의 값에 의해서 상기 가변 임피던스값을 설정하는 제어부를 구비하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 생성장치.

청구항 19.

청구항 18에 있어서,

상기 측정부가, 안테나의 근방에 배치되고 그 안테나의 전류를 검출하는 픽업 코일을 구비하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 생성장치.

청구항 20.

청구항 18 또는 청구항 19에 있어서,

상기 측정부가, 안테나의 근방에 배치되고 그 안테나에 인가되는 전압을 검출하는 커패시터를 구비하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 생성장치.

청구항 21.

청구항 18 내지 청구항 20 중 어느 한 항에 있어서,

상기 측정부가, 검출된 고주파 전류 또는 전압의 신호를 직류전류 또는 전압의 신호로 변환하는 브리지회로 혹은 검파기를 구비하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 생성장치.

청구항 22.

청구항 18 내지 청구항 20 중 어느 한 항에 있어서,

상기 측정부가, 안테나의 전류의 신호와 전압의 신호를 합성하는 신호합성기와, 상기 합성신호의 고주파성분을 제거하는 로우 패스 필터를 구비하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 생성장치.

청구항 23.

청구항 1 내지 청구항 22 중 어느 한 항에 있어서,

상기 안테나의 표면이 절연체로 피복되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 생성장치.

청구항 24.

청구항 1 내지 청구항 23 중 어느 한 항에 있어서,

상기 안테나의 진공용기 내에 있어서의 형상이 평면형인 것을 특징으로 하는 플라즈마 생성장치.

청구항 25.

청구항 1 내지 청구항 24 중 어느 한 항에 있어서,

상기 복수개의 안테나 각각이 1 또는 복수의 안테나로 이루어지는 복수의 그룹으로 나누어지고, 각각의 그룹에 있어서 고주파 전력이 각각의 안테나에 병렬로 공급되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 생성장치.

청구항 26.

진공용기 내에, 진공용기의 측벽 혹은 천정벽 또는 양쪽으로부터, 피처리기판을 올려놓는 기판대에 대략 평행하게 배열된 복수개의 고주파 안테나를 구비하는 플라즈마 생성장치에 있어서, 상기 안테나에 공급되는 고주파 전력을 조정함으로써 진공용기 내에 형성되는 플라즈마의 상태를 제어하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 제어방법.

청구항 27.

청구항 26에 있어서,

상기 진공용기 내에 있어서의 상기 안테나의 길이를 조정함으로써 플라즈마 상태를 제어하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 제어방법.

청구항 28.

청구항 26 또는 청구항 27에 있어서,

상기 안테나에 공급되는 고주파 전력의 위상차를 조정함으로써 플라즈마 상태를 제어하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 제어방법.

청구항 29.

청구항 26 내지 청구항 28 중 어느 한 항에 있어서,

상기 기판대의 목적 영역에 대응하는 위치의 안테나의 애스펙트비를 그 목적 영역에 있어서의 목적 플라즈마 밀도 혹은 플라즈마 전자 에너지 또는 그 목적 영역에 생성하는 이온종(種) 혹은 래디컬종(種)에 따른 값으로 설정하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 제어방법.

청구항 30.

청구항 29에 있어서,

상기 목적 영역에 있어서의 목적 플라즈마 밀도 또는 전자 에너지를 높이기 위해서, 대응 고주파 안테나의 애스펙트비를 다른 안테나의 애스펙트비보다도 크게 하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 제어방법.

청구항 31.

청구항 30에 있어서,

상기 목적 영역이 상기 기판대의 중심을 포함하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 제어방법.

청구항 32.

청구항 26 내지 청구항 31 중 어느 한 항에 있어서,

1세트 또는 복수 세트의 인접 안테나의 인접 전극끼리를 동일 극성으로 함으로써, 상기 플라즈마 생성장치 내의 플라즈마 밀도 분포를 제어하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 제어방법.

청구항 33.

청구항 32에 있어서,

모든 안테나에 있어서, 인접 안테나의 인접 전극끼리를 동일 극성으로 하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 제어방법.

청구항 34.

청구항 26 내지 청구항 33 중 어느 한 항에 있어서,

각각의 안테나에 임피던스 소자를 접속하고, 각 임피던스 소자의 임피던스값을 조절함으로써 그 진공용기 내의 플라즈마 밀도 분포를 제어하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 제어방법.

청구항 35.

청구항 34에 있어서,

상기 임피던스 소자의 임피던스값이 가변이고, 각각의 고주파 안테나의 전압, 전류 또는 그 쌍방을 측정하여, 얻어진 전압, 전류 또는 그들의 곱의 값에 의해서 그 가변 임피던스값을 제어하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 제어방법.

청구항 36.

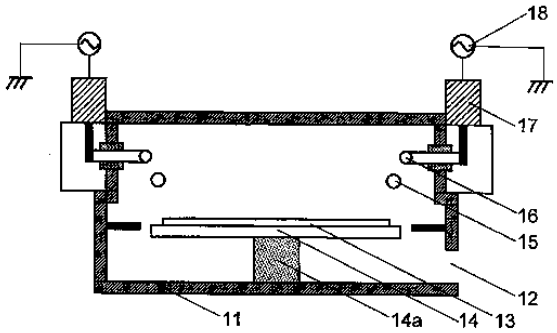
청구항 1 내지 청구항 25에 기재된 플라즈마 생성장치 또는 청구항 26 내지 청구항 35에 기재된 플라즈마 제어방법에 의해서 원료의 플라즈마를 생성하고, 그 원료를 퇴적시키는 것을 특징으로 하는 기판 제조방법.

청구항 37.

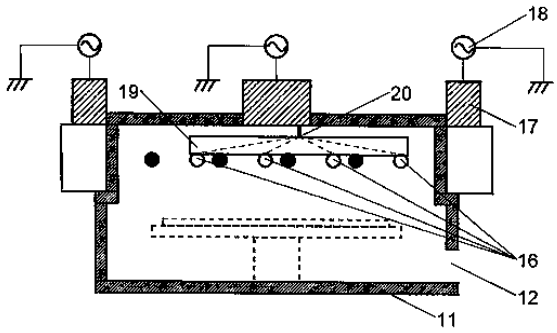
청구항 1 내지 청구항 25에 기재된 플라즈마 생성장치 또는 청구항 26 내지 청구항 35에 기재된 플라즈마 제어방법에 의해서 생성되는 플라즈마를 이용하여 에칭처리를 행하는 것을 특징으로 하는 기판 제조방법.

도면

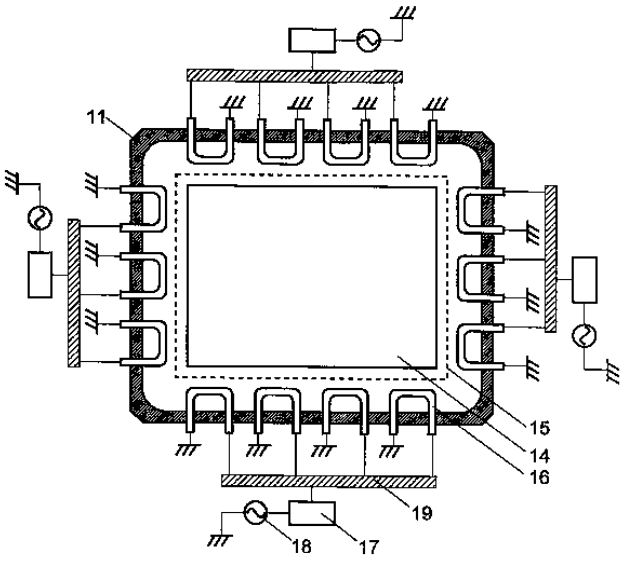
도면1



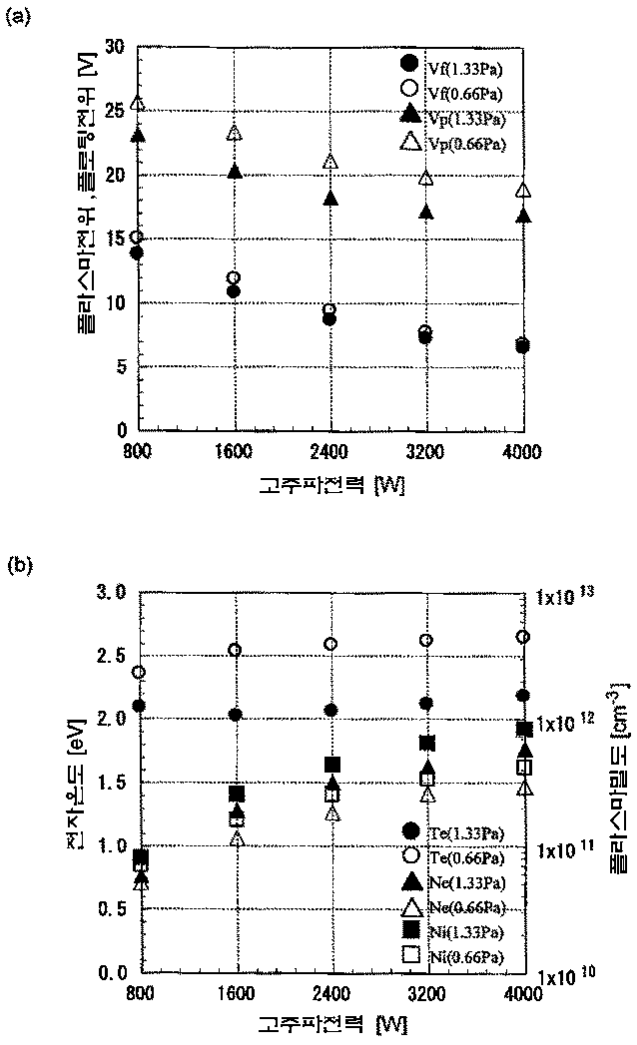
도면2



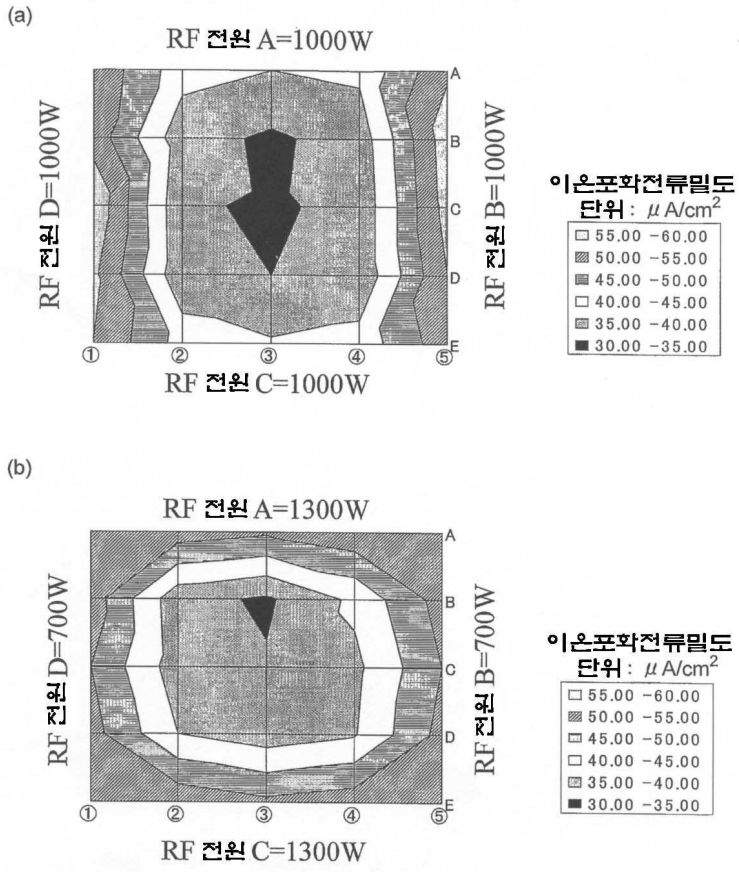
도면3


11
15
14
16
19
18
17

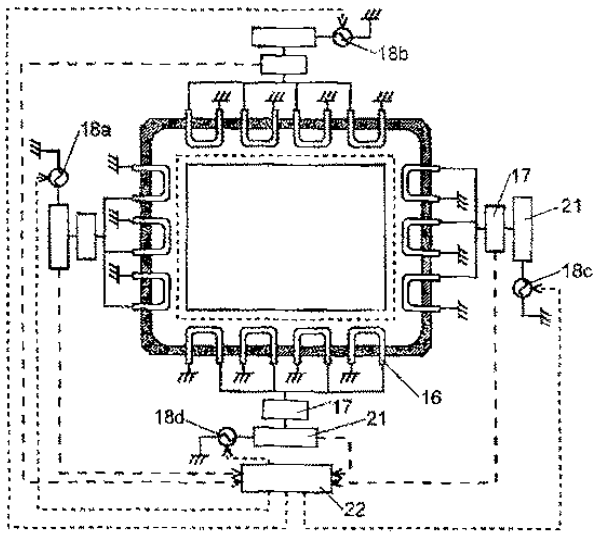
도면4


(a)
플라스마전위, 플로팅전위 [V]
고주파전력 [W]
Vf(1.33Pa)
Vf(0.66Pa)
Vp(1.33Pa)
Vp(0.66Pa)
(b)
전자온도 [eV]
플라스마밀도 [cm-3]
고주파전력 [W]
Te(1.33Pa)
Te(0.66Pa)
Ne(1.33Pa)
Ne(0.66Pa)
Ni(1.33Pa)
Ni(0.66Pa)

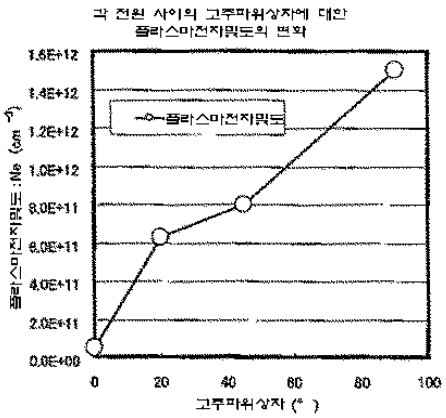
도면5


(a)
RF 전원 A=1000W
RF 전원 D=1000W
RF 전원 B=1000W
RF 전원 C=1000W
A
B
C
D
E
①
②
③
④
⑤
이온포화전류밀도
단위 : μA/cm²
55.00 -60.00
50.00 -55.00
45.00 -50.00
40.00 -45.00
35.00 -40.00
30.00 -35.00
(b)
RF 전원 A=1300W
RF 전원 D=700W
RF 전원 B=700W
RF 전원 C=1300W
이온포화전류밀도
단위 : μA/cm²
55.00 -60.00
50.00 -55.00
45.00 -50.00
40.00 -45.00
35.00 -40.00
30.00 -35.00

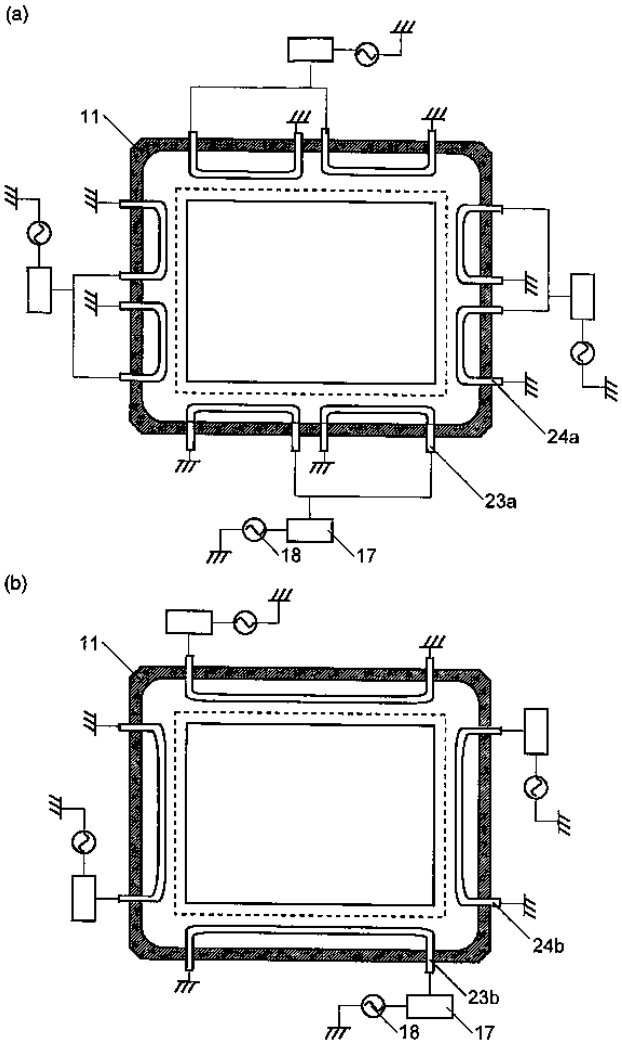
도면6


18b
18a
17
21
18c
16
18d
17
21
22

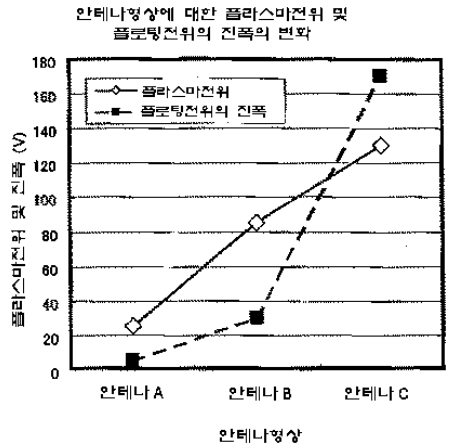
도면7


각 전원 사이의 고주파위상차에 대한
플라스마전자밀도의 변화
플라스마전자밀도
1.6E+12
1.4E+12
1.2E+12
1.0E+12
8.0E+11
6.0E+11
4.0E+11
2.0E+11
0.0E+00
0
20
40
60
80
100
고주파위상차 (°)

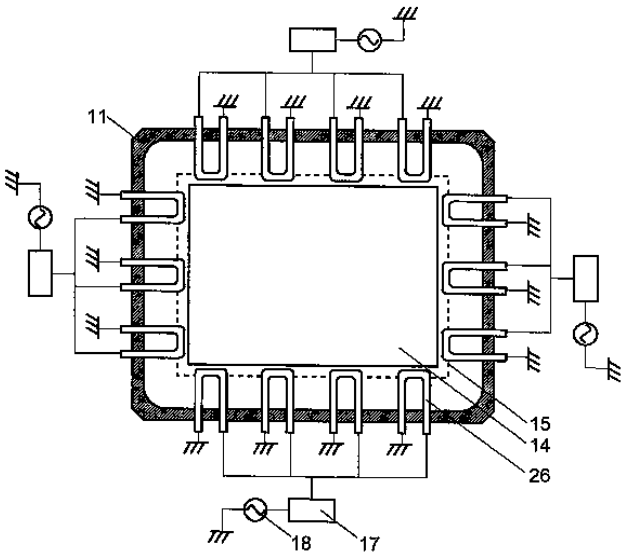
도면8


(a)
11
24a
23a
18
17
(b)
11
24b
23b
18
17

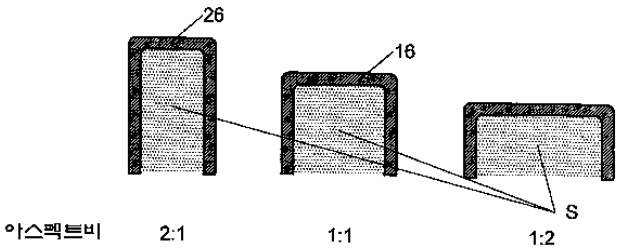
도면9



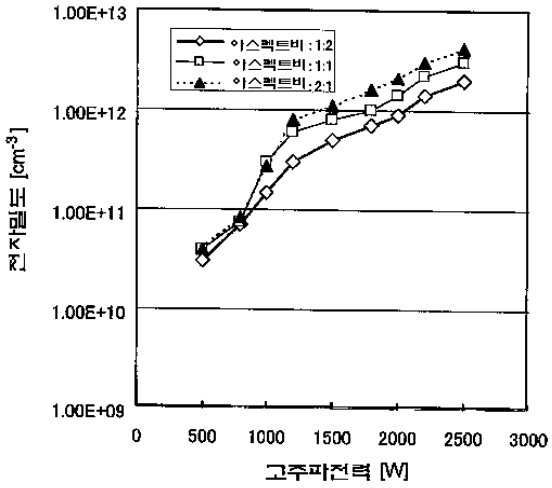
도면10



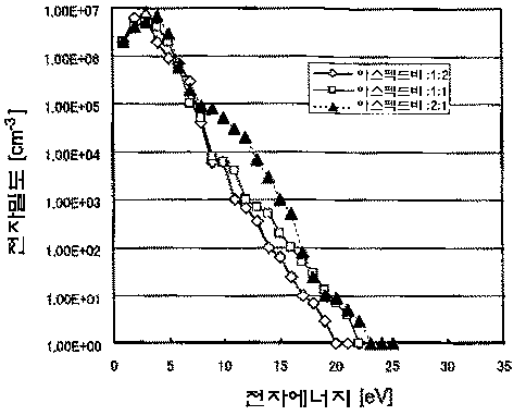
도면11



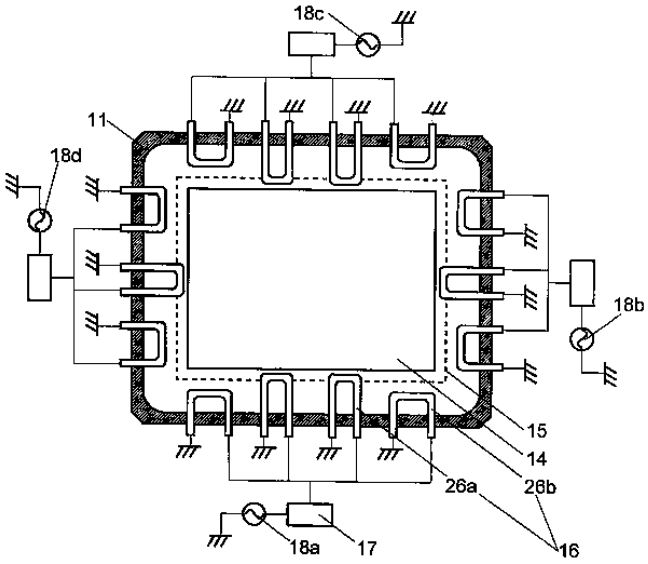
도면12


1.00E+13
1.00E+12
1.00E+11
1.00E+10
1.00E+09
전자밀도 [cm-3]
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
고주파전력 [W]
아스펙트비 : 1:2
아스펙트비 : 1:1
아스펙트비 : 2:1

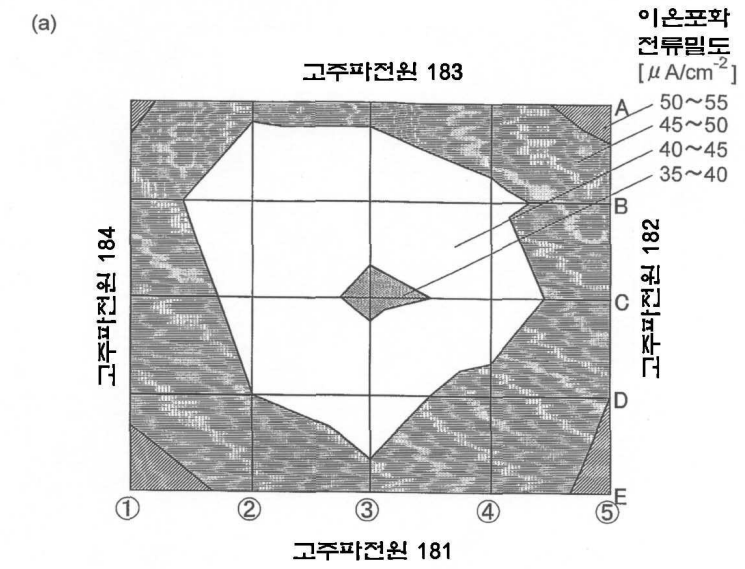
도면13

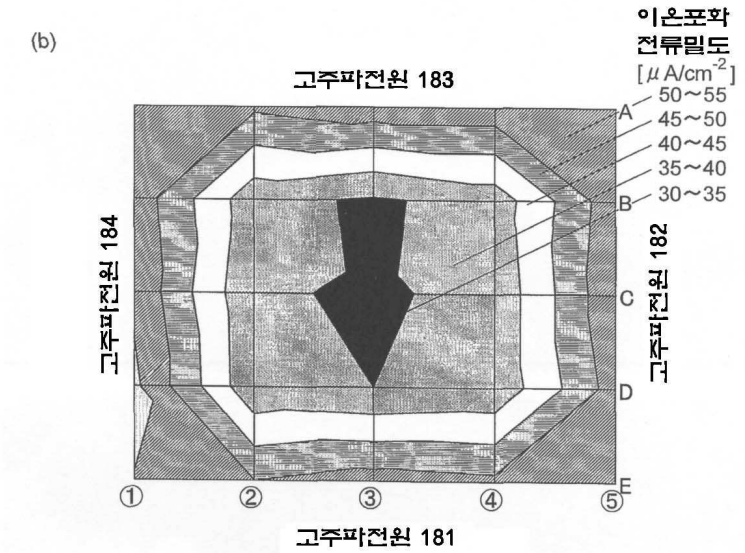

1.00E+07
1.00E+06
1.00E+05
1.00E+04
1.00E+03
1.00E+02
1.00E+01
1.00E+00
전자밀도 [cm-3]
0
5
10
15
20
25
30
35
전자에너지 [eV]
아스펙트비 : 1:2
아스펙트비 : 1:1
아스펙트비 : 2:1

도면14

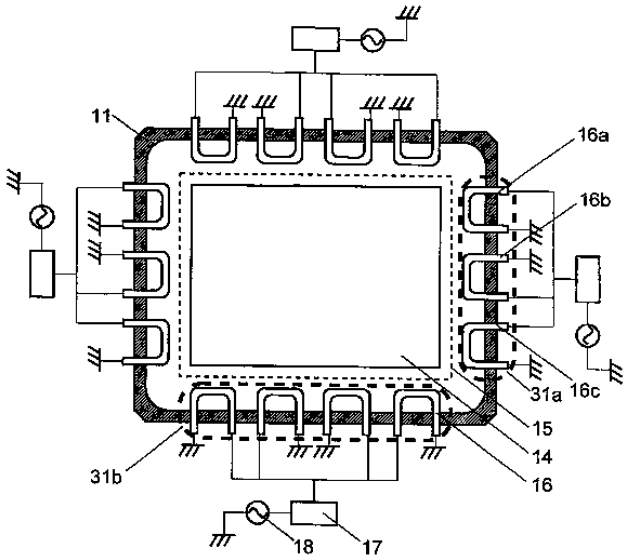


도면15

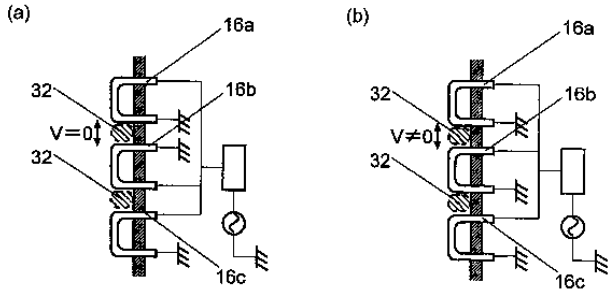

(a)
이온포화
전류밀도
[μA/cm-2]
고주파전원 183
50~55
45~50
40~45
35~40
A
B
C
D
E
고주파전원 184
고주파전원 182
①
②
③
④
⑤
고주파전원 181


(b)
이온포화
전류밀도
[μA/cm-2]
고주파전원 183
50~55
45~50
40~45
35~40
30~35
A
B
C
D
E
고주파전원 184
고주파전원 182
①
②
③
④
⑤
고주파전원 181

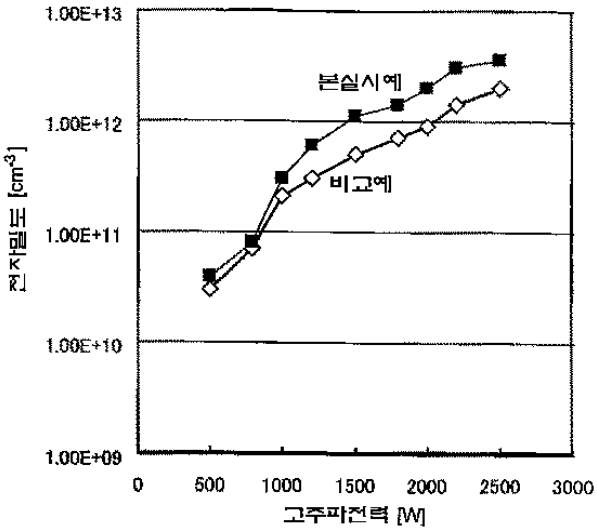
도면16


11
16a
16b
31a
16c
15
14
16
31b
18
17

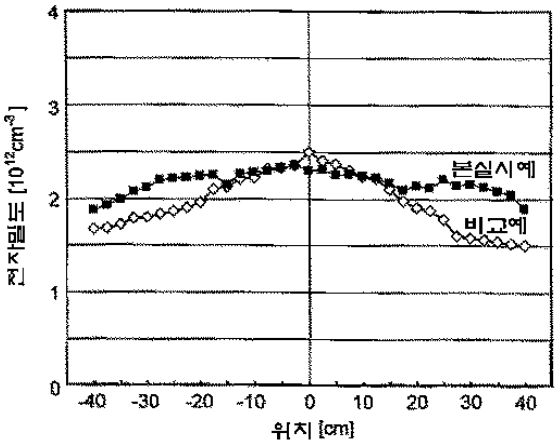
도면17


(a)
16a
32
16b
V=0
32
16c
(b)
16a
32
16b
V≠0
32
16c

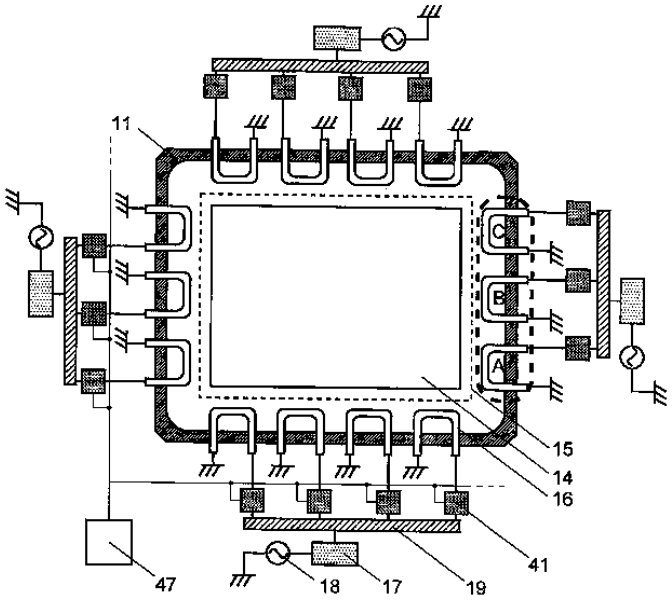
도면18


1.00E+13
1.00E+12
1.00E+11
1.00E+10
1.00E+09
전자밀도 [cm-3]
본실시예
비고예
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
고주파전력 [W]

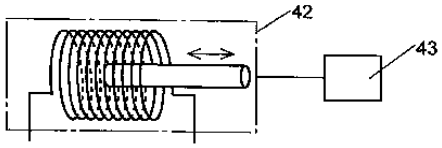
도면19


4
3
2
1
0
전자밀도 [10^12cm^-3]
본실시예
비고예
-40
-30
-20
-10
0
10
20
30
40
위치 [cm]

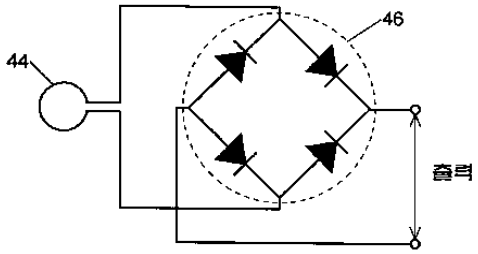
도면20



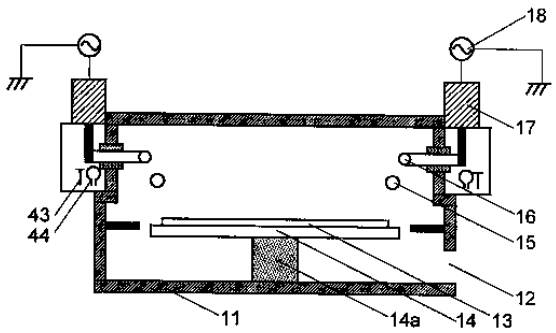
도면21



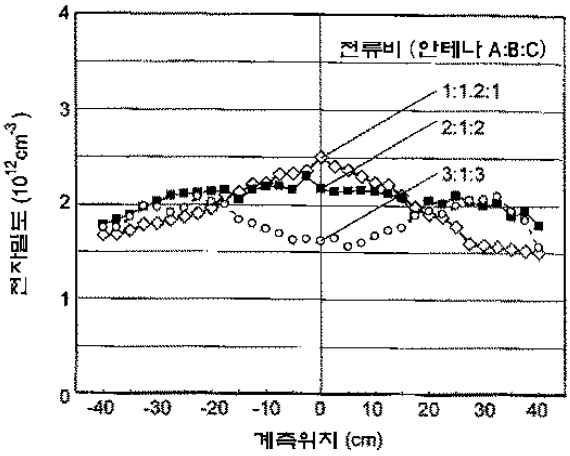
도면22



도면23


18
17
16
15
12
13
14
14a
11
43
44

도면24


전류비 (안테나 A:B:C)
1:1.2:1
2:1:2
3:1:3
전자밀도 ($10^{12}cm^{-3}$)
계측위치 (cm)
0
1
2
3
4
-40
-30
-20
-10
0
10
20
30
40