(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0004231
(43) 공개일자 2019년01월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01J 37/32 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01J 37/32642 (2013.01)
H01J 37/32183 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0076328
(22) 출원일자 2018년07월02일
심사청구일자 2018년07월02일
(30) 우선권주장
201710533117.X 2017년07월03일 중국(CN)

(71) 출원인
어드밴스드 마이크로 패브리케이션 이큅먼트 인코퍼레이티드, 상하이
중국, 상하이 201201, 푸동, 진키아오 엑스포트 프로세싱 존 (사우스 아리아), 188 타이후아 로드
(72) 발명자
자오, 쿠이
중국, 상하이 201201, 푸동, 진키아오 엑스포트 프로세싱 존 (사우스 아리아), 188 타이후아 로드
리우, 션지엔
중국, 상하이 201201, 푸동, 진키아오 엑스포트 프로세싱 존 (사우스 아리아), 188 타이후아 로드
니, 투치앙
중국, 상하이 201201, 푸동, 진키아오 엑스포트 프로세싱 존 (사우스 아리아), 188 타이후아 로드
(74) 대리인
특허법인씨엔에스

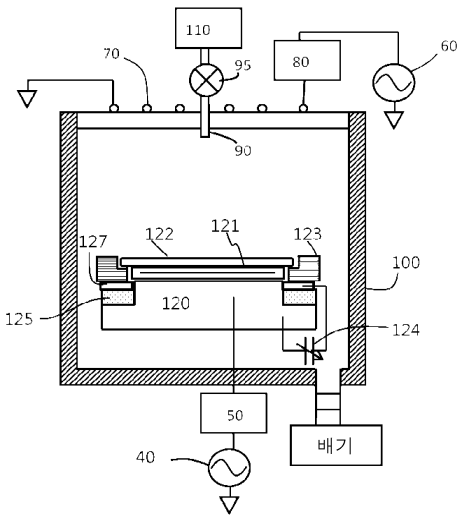
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 **저주파 RF 전력의 분포 조절 기능을 갖는 플라즈마 반응기 및 이에 적용되는 방법**

(57) 요 약

본 발명은 저주파 RF 전력의 분포 조절 기능을 갖는 플라즈마 반응기로서, 내부에 도전 베이스를 갖추고 도전 베이스는 제1 정합기를 통하여 저주파의 RF공급원과 연결하고, 도전 베이스 상에 ESC을 포함하고 ESC의 상부 표면에 가공 될 기판을 고정하고, 커플링 링이 도전 베이스의 주위를 둘러싸고 포커싱 링이 상기 커플링 링의 상방향에 설치되며, 상기 포커싱 링이 상기 ESC을 둘러싸고 플라즈마 프로세싱 과정중에 플라즈마에 노출되는 반응 챔버; 상기 커플링 링의 위에 위치한 고리형 전극; 및 도전 연결부를 포함하되, 상기 도전 연결부는 적어도 도선을 포함하고, 제1 단자는 상기 도전 베이스와 연결되거나 상기 도전 베이스와 전기 결합된 도전부와 연결되고, 제 2 단자는 고리형 전극과 연결되고 가변 임피던스가 상기 도선에 직렬연결 되어 있다.

대 표 도 - 도2a



(52) CPC특허분류
H01J 37/32495 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

저주파 RF 전력의 분포 조절 기능을 갖는 플라즈마 반응기로서,

내부에 도전 베이스를 갖추고 상기 도전 베이스는 제1 정합기를 통하여 저주파의 RF공급원과 연결하고, 상기 도전 베이스 상에 ESC (electrostatic chuck) 을 포함하고 ESC의 상부 표면에 가공될 기판을 고정하고, 커플링 링이 상기 도전 베이스의 주위를 둘러싸고 포커싱 링이 상기 커플링 링의 상방향에 설치되며, 상기 포커싱 링이 상기 ESC을 둘러싸고 플라즈마 프로세싱 과정중에 플라즈마에 노출되는 반응 챔버;

상기 커플링 링의 위에 위치한 고리형 전극; 및

도전 연결부를 포함하되,

상기 도전 연결부는 적어도 도선을 포함하고, 제1 단자는 상기 도전 베이스와 연결되거나 상기 도전 베이스와 전기 결합된 도전부와 연결되고, 제 2 단자는 고리형 전극과 연결되고 가변 임피던스가 상기 도선에 직렬연결된 플라즈마 반응기.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 도전 베이스의 주변 하부에 단차부가 포함되고 상기 도전부는 상기 단차부의 상부에 위치하며 상기 커플링 링은 절연재질로 제조되어 상기 도전부의 상부에 설치하고, 상기 도전 베이스의 외측벽에는 적어도 한층의 플라즈마 부식에 견디는 절연재료층을 포함하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 반응기.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 고리형 전극은 상기 포커싱 링의 하부에 위치하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 반응기.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 포커싱 링은 절연재질로 제조되고 상기 고리형 전극이 상기 포커싱 링의 내부에 설치되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 반응기.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 고리형 전극이 상기 커플링 링의 내부의 상반부에 설치하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 반응기.

청구항 6

저주파 RF 전력의 분포 조절 기능을 갖는 플라즈마 반응기로서,

내부에 도전 베이스를 갖추고 상기 도전 베이스는 제1 정합기를 통하여 저주파의 RF공급원과 연결하고, 상기 도전 베이스 위에는 ESC을 포함하고 상기 ESC의 상부 표면에 가공될 기판을 고정하고, 커플링 링이 도전 베이스의 주위를 둘러싸고 포커싱 링이 상기 커플링 링의 위에 설치되어 상기 포커싱 링이 상기 ESC을 둘러싸고 플라즈마 프로세싱 과정중에 플라즈마에 노출되며, 상기 포커싱 링은 도체 또는 반도체 재질로 만들어지는 반응 챔버; 및

적어도 하나의 도선을 포함하되,

상기 도선의 제1 단자는 상기 도전 베이스와 연결되거나 상기 도전 베이스와 전기 결합된 도전부와 연결되고, 상기 도선의 제 2 단자는 상기 포커싱 링과 연결되며, 가변 임피던스가 상기 도선에 직렬연결되는 플라즈마 반응기.

청구항 7

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 저주파 RF공급원에서 13MHz보다 낮은 RF주파수를 출력하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 반응기.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 저주파 RF공급원에서 2MHz보다 낮은 RF주파수를 출력하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 반응기.

청구항 9

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 플라즈마 반응기에 공기 흡입구와 고주파 RF공급원을 포함하고, 상기 고주파 RF공급원이 고주파 RF 전력을 상기 반응 챔버에 출력하여 상기 반응 챔버에 공급되는 반응 기체를 플라즈마로 생산되게 하고 고주파 RF공급원에서 13MHz보다 높은 주파수를 공급하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 반응기.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 반응 챔버의 상부에는 유전체 창을 포함하고, 유도 코일이 상기 유전체 창의 상부에 위치하며, 상기 고주파 RF공급원은 제2 정합기를 통하여 상기 유도 코일에 RF 전력을 전송하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 반응기.

청구항 11

제9항에 있어서,

상기 반응 챔버의 상부에는 상부 전극을 포함하고 상기 반응 기체는 상기 상부 전극을 통하여 반응 챔버에 전송되며 상기 고주파 RF공급원이 베이스 또는 상부 전극에 연결되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 반응기.

청구항 12

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 가변 임피던스는 가변 캐패시턴스 및 가변 인덕턴스 중 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 반응기.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 가변 인피던스는 상기 베이스의 하방향에 위치하고 상기 반응 챔버의 하부는 압력격벽을 포함하고 상기 가변 인피던스는 상기 압력격벽의 하방향의 대기환경에 위치하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 반응기.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 반응 챔버의 벽은 접지된 금속으로 구성되고, 상기 접지된 금속은 전기장 차폐공간을 만들며, 상기 가변 인피던스는 상기 전기장 차폐공간의 내부에 위치하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 반응기.

청구항 15

제2항에 있어서,

상기 플라즈마 부식에 견디는 절연재료층은 산화 알루미늄 또는 산화 이트륨으로 구성하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 반응기.

청구항 16

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 커플링 링은 산화 알루미늄 또는 산화 규소로 만들어지는 것을 특징으로 하는 플라즈마 반응기.

청구항 17

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 플라즈마 반응기의 도전 연결부는 복수개 도선 갈래를 포함하고, 각 도선 갈래의 한 단자는 상기 고리형 전극에 연결되고, 복수개 도선 갈래는 고리형 전극의 부동한 구역에 연결하며 각 도선 갈래의 다른 한 단자는 상기 가변 임피던스에 직렬연결되며 상기 가변 임피던스를 통하여 도전 베이스 또는 도전부에 연결되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 반응기.

청구항 18

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 플라즈마 반응기는 복수개 도선 갈래를 포함하고 상기 복수개 도선 갈래는 상기 포커싱 링의 아래에 균일하게 분포되고, 각 도선 갈래의 제1 단자는 상기 고리형 전극에 연결되고 다른 한 단자는 상기 도전 베이스 또는 상기 도전부에 연결되며, 각 도선 갈래에 각각의 가변 임피던스를 직렬연결하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 반응기.

청구항 19

제18항에 있어서,

상기 고리형 전극은 복수개 원호형 모양의 도전 판으로 구성되어 각각의 원호형 모양의 도전 판 사이에 간격 또는 격리 부품이 있어 각각의 원호형 모양의 도전 판 사이에 전기적 격리를 하고 상기 복수개 도선 갈래의 제1

단자는 각각 상기 복수개 원호형 모양의 도전 판에 연결되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 반응기.

청구항 20

기판 주변 구역의 에칭 효과를 검측하여, 상기 기판 주변에서 에칭된 구멍의 틸팅(tilting) 정도가 사전 설정된 각도 범위 내이면 기판 에칭 효과 검측 절차를 계속 진행하고, 상기 기판 주변에서 에칭된 구멍의 틸팅 정도가 사전 설정된 각도의 범위 밖에 있으면 가변 임피던스를 조절하는 절차를 진행하는 기판 에칭 효과의 모니터링 단계; 및

상기 가변 임피던스의 임피던스 파라미터를 조절하여 상기 기판 주변에 인가되는 포커싱 링의 저주파 RF 전력을 변경하고, 다시 기판 에칭 효과의 모니터링 절차로 돌아가는 가변 임피던스 조절 단계를 포함하는,

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항의 플라즈마 반응기에 적용되는 저주파 RF 전력의 분포 조절 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 반도체 가공 기술에 관한 것으로서, 구체적으로 저주파로 생성한 RF 전력의 분포를 조절하는 기능을 갖는 플라즈마 반응기에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 반도체 칩은 점차 광범위하게 각종 전자설비에 사용되고 있다. 그 중 반도체 칩의 가공 과정은 대량의 플라즈마 프로세싱 장치가 필요한데 이러한 장치는 가공될 기판에 대하여 플라즈마 식각(Etch), CVD(Chemical VaporDeposition)등 공정 프로세싱을 진행한다. 도1a는 전형적인 플라즈마 식각에 사용되는 프로세싱 장치를 도시한다. 이 장치는 반응 챔버(10)를 포함하고, 반응 챔버의 상부에는 유전체 창이 포함되고 유전체 창의 상방에 유도 코일(7)이 설치되고 유도 코일(7)은 RF 정합기(matcher)(8)를 통하여 고주파(13MHz 이상)의 RF 전력 공급부(6)와 연결되고, 적어도 하나의 반응 기체 공급원(11)을 포함하여 밸브(95)와 기체 주입기(injector)(90)를 통하여 반응 기체를 반응 챔버로 전송하고 플라즈마를 생성하여 기판에 대하여 식각 프로세싱을 진행한다. 반응 챔버(10) 내부의 하부는 베이스(20)를 포함하며 베이스는 바이어스 RF 정합기를 통하여 바이어스 RF 공급원(4)에 연결되고, 그 중에 바이어스 RF 공급원에서 나오는 RF 저주파는 일반적으로 2MHz보다 작다. 반응 챔버(10)의 하부에 배기장치가 포함 되어 기체를 배출하여 반응 챔버의 저기압을 유지하고, 밸브(3)를 통하여 챔버 내부의 기압을 조절할 수 있다. 베이스(20)는 일반적으로 알루미늄 합금재질로 표면을 양극 산화(anodic oxidation)하거나 알루미늄 합금재질의 표면에 절연성이 있는 내부식 재료층을 코팅하여 반응 챔버 내부의 식각 기체로 인한 부식을 방지하여 입자 공해(Particle contamination)등과 같은 문제를 방지한다. 베이스의 상부 표면에 ESC(electrostatic chuck)(21)이 설치되어 기판(22)을 고정시키고, 베이스의 주변 하부에 돌출된 단차부가 포함되어 그 위에 커플링 링(25)이 설치되어 커플링 링(25)의 재질과 형태 및 사이즈를 선택하여 기판의 주변 구역에서 커플링된 RF 전력의 분포를 변경할 수 있다. 커플링 링(25)의 상부에 포커싱 링(23)을 설치하여 포커싱 링(23)의 안쪽 면이 기판(22)를 둘러싸면서 꽉 끼게 설치하고 포커싱 링(23)의 상부 표면은 플라즈마 가스에 노출된다. 플라즈마 프로세싱 과정에서 바이어스 RF 전력은 기판의 윗 표면과 포커싱 링의 윗 표면에 생성된 쉬스(sheath)층의 두께를 공제하고, 쉬스 층의 두께는 플라즈마에서 이온 입자가 기판에 발사되는 에너지와 방향을 결정한다. 만약 기판 주변 구역과 포커싱 링의 쉬스 층이 비연속적으로 분포되어 있다면 기판 주변 구역에서 식각속도와 식각방향(edge tilting)이 기판의 중심구역과 다르게 되어 기판가공의 균일성이 떨어져 최종적인 칩 완성률에 영향을 끼치게 된다.

[0003] 포커싱 링(23)은 장기적으로 식각 가스가 가득 찬 플라즈마 챔버 안에 놓여 있기 때문에 일정한 시간동안 플라즈마 프로세싱을 마치면 포커싱 링(23)의 표면 재질이 부식되어 있으므로 포커싱 링의 윗 표면의 높이가 따라서 낮아지게 되고, 낮아진 높이는 기판 주변 구역의 쉬스 층의 분포와 형태에 중대한 영향을 끼친다. 이렇게 장시간 작업 중에 생기는 플라즈마 프로세싱 추이(drift) 효과를 없애기 위하여 대응하는 보상장치를 설계하는 등의 방법이 필요하다. 종래 기술에서 커플링 링(25) 또는 포커싱 링의 내부를 비운 고리형(Annular cavity) 형태로 설계하여 절연액체를 이 고리형 내부에 주입시켜 절연액체의 양 또는 성분을 조절하여 바이어스 RF 전력이 포커싱 링의 상방에 분포하는 전력크기를 변경하여 포커싱 링의 높이의 변화로 인해 초래되는 플라즈마 프로세싱 추이효과를 보상해 준다. 이러한 방법은 반응 챔버의 내부에 절연액체 공급회로를 설치해야 하고 부품 내부의 기

밀성 성능도 확보해야 하는 상황에서 내부를 비운 고리형 모양을 만들어야 하기 때문에 절연액체의 액위(liquid level)도 측량하기 어려워 공정에서 사용할때 부품의 구조가 더 복잡해 지고 비용도 많이 들면서 전기장의 분포에 대하여 정확하고 미세한 조절을 하기 어렵다. 그리고 어떠한 종래 기술에서는 반응 챔버의 내부에 기계적 구동장치를 설치하여 커플링 링(25)을 구동하거나 포커싱 링(23)을 구동하여 미약하게 상하로 움직이게 하여 기판의 주변 구역의 전기장 분포를 변경하게 한다. 하지만 이런 방법은 구동부품으로 인한 입자 공해 문제를 일으킬 수 있게 되고 커플링 링(25)과 포커싱 링(23)의 정확한 위치확정도 큰 문제를 일으킬 수 있게 되며 심지어 1mm 정도의 오차로도 기판에 불균형한 프로세싱 효과가 나타난다. 전술한 2 가지 종래 기술에서 각각의 문제점이 있을 뿐만 아니라 한 가지 중대한 결점이 더 존재한다. 전술한 방법은 포커싱 링(23)에 커플링 된 낮은 RF의 전력에 대한 영향이 매우 낮다, 다시 말하면 큰 폭으로 조절해야만 전력분배 조절이 가능하다는 점이다. 도1b를 보면 저주파로 생성한 RF 전력P0은 베이스(20)를 지나 기판(22)사이에 등가 캐패시턴스 (Equivalent capacitance)C11과 커플링된 P1'전력을 기판에 보내고, 동시에 베이스(20)를 지나 커플링 링(25)과 포커싱 링(23)의 등가 캐패시턴스C12와 커플링된 P2'전력을 포커싱 링(25)에 보낸다. 그 중에서 C12의 값이 매우 작고 조절하기 어려워 P2'가 P1'보다 매우 작고 그 비율도 조절하기 어렵다. C12의 값을 증가하기 위하여 알루미늄, 탄화 규소와 같은 도전성이 좋은 재질로 커플링 링(25)을 만들 수 있지만 이런 방법은 일정한 시간만 보상이 가능하겠지만 포커싱 링의 부식으로 인한 플라즈마 프로세싱 효과 추이는 동적으로 보상할 수 없다.

[0004] 따라서 업계에서는 새로운 조절장치를 개발하여 저주파 RF 전력이 기판 중심과 주변 구역에서 RF 전력의 분포를 미세하고 정밀하게 조절하여 기판에 대한 플라즈마 프로세싱 공정의 균일성을 개선할 필요가 있다. 바람직하게, 이러한 조절장치는 구조가 간단하고 가격이 저렴하면서 각종 플라즈마 프로세싱 장치에 사용될 수 있어야 한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명은 플라즈마 반응기를 통하여 간단하고 효과적으로 기판의 주변 구역의 RF 전력을 조절하여 포커싱 링을 장시간으로 사용하였을 때 소모로 인해 발생하는 기판 주변의 에칭 틸팅 효과를 보상하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0006] 전술한 목적을 달성하기 위한 구체적인 수단으로 본 발명자 저주파 RF 전력 분포 조절 기능을 갖는 플라즈마 반응기는 내부에 도전 베이스를 갖추고 도전 베이스는 제1 정합기를 통하여 저주파의 RF공급원과 연결하고, 도전 베이스 상에 ESC을 포함하고 ESC의 상부 표면에 가공 될 기판을 고정하고, 커플링 링이 도전 베이스의 주위를 둘러싸고 포커싱 링이 상기 커플링 링의 상방향에 설치되며, 상기 포커싱 링이 상기 ESC을 둘러싸고 플라즈마 프로세싱 과정중에 플라즈마에 노출되는 반응 챔버; 상기 커플링 링의 위에 위치한 고리형 전극; 및 도전 연결부를 포함하되, 상기 도전 연결부는 적어도 도선을 포함하고, 제1 단자는 상기 도전 베이스와 연결되거나 상기 도전 베이스와 전기 결합된 도전부와 연결되고, 제 2 단자는 고리형 전극과 연결되고 가변 임피던스가 상기 도선에 직렬연결된다.

[0007] 그 중에서 상기 저주파 RF공급원에서 13MHz보다 낮은 RF주파수를 출력하고 바람직하게는 상기 저주파 RF공급원에서 2MHz보다 낮은 RF주파수를 출력한다.

[0008] 상기 플라즈마 반응기에 공기 흡입구와 고주파 RF공급원을 포함하고, 고주파 RF공급원이 고주파 RF 전력을 반응 챔버에 출력하여 반응 챔버에 공급되는 반응기체를 플라즈마로 생산되게 하고 고주파 RF공급원에서 13MHz보다 높은 주파수를 공급 한다.

[0009] 본 발명은 캐패시턴스로 커플링한 플라즈마 반응 챔버(CCP)에 적용되며 CCP 반응 챔버의 상부에는 상부 전극을 포함하고 반응기체는 상기 상부 전극을 통하여 반응 챔버로 전송한다. 상기 고주파 RF 공급원은 상기 베이스에 연결하거나 상부 전극에 연결한다. 또한 본 발명은 유도 코일로 커플링된 플라즈마 반응 챔버(ICP)에 적용되며, ICP 반응 챔버의 상부에는 유전체 창을 포함하고 유도 코일이 유전체 창의 위에 있으며 상기 고주파 RF 공급원은 제2 정합기를 통하여 상기 유도 코일에 RF 전력을 인가한다.

[0010] 본 발명에서 가변 캐패시턴스는 상기 베이스의 하방향에 위치하여 있고 바람직하게는 상기 반응 챔버의 하부에는 압력격벽을 포함하고 가변 캐패시턴스는 상기 압력격벽의 아래의 대기환경에 위치한다. 상기 반응 챔버의 벽은 접지된 금속으로 구성되어 상기 접지된 금속은 전기장 차폐공간을 만들고, 상기 가변 캐패시턴스는 전기장 차폐공간의 내부에 위치한다.

[0011] 그 중에서 상기 도전 베이스의 외측벽의 플라즈마 부식에 견디는 절연재료층은 산화 알루미늄 또는 산화 이트륨으로 구성되고, 상기 커플링 링은 산화 알루미늄 또는 산화 규소로 구성된다.

[0012] 상기 플라즈마 반응기의 도전 연결부는 복수개 도선 갈래를 포함하고 각 도선 갈래는 포커싱 링의 아래에 균일하게 분포되어 복수개 도선 갈래의 한 단자는 상기 고리형 전극에 연결하고 다른 한 단자는 공용 가변 캐패시턴스에 연결한다. 또는 복수개 도선 갈래는 포커싱 링의 아래에 균일하게 분포되고 복수개 도선 갈래의 한 단자는 상기 고리형 전극에 연결하고 다른 한 단자는 베이스에 연결하며 각 도선 갈래에 각각 가변 캐패시턴스를 직렬연결한다. 그리고 상기 고리형 전극은 복수개 원호형 모양의 도전 판으로 구성되어 각각의 원호형 모양의 도전 판 사이에 간격이 있거나 또는 격리 부품이 있어 각각의 원호형 모양의 도전 판 사이에 전기적 격리를 하고 상기 복수개 도선 갈래의 제1 단자는 각각 상기 복수개 원호형 모양의 도전 판에 연결하여 전체 기판의 주변의 고리형 구역을 구분하여 쉬스 층의 두께를 독립적으로 조절하는 것을 실현한다.

발명의 효과

도면의 간단한 설명

[0013] 도1a는 종래 기술인 플라즈마 프로세싱 장치 구조를 나타낸다.

도1b는 종래 기술인 플라즈마 프로세싱 장치의 저주파로 생성한 RF 전력의 분포를 나타낸다.

도2a는 본 발명에 의한 플라즈마 프로세싱 장치 구조를 나타낸다.

도2b는 본 발명에 의한 플라즈마 프로세싱 장치의 저주파로 생성한 RF 전력의 분포를 나타낸다.

도3은 본 발명에 의한 플라즈마 프로세싱 장치의 다른 일 실시예를 나타낸다.

도4는 본 발명에 의한 플라즈마 프로세싱 장치의 제3 실시예를 나타낸다.

도5는 본 발명에 의한 플라즈마 프로세싱 장치의 제4 실시예를 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0014] 다음의 상세한 설명에서 도2를 인용하여 본 발명의 실시예를 설명한다.

[0015] 발명자의 연구에 따르면 고주파의 RF 전력이 베이스(120)에 인가될 때 RF 전력이 쉽게 포커싱 링에 커플링되는 것을 발견할 수 있다. 왜냐하면 고주파 신호에 있어서 베이스(120) 표면의 얇은(몇십 마이크로미터) 절연 내부식층과 커플링 링(125)의 임피던스가 너무 작기 때문이다. 하지만 저주파 RF 신호에 있어서 비교적 저주파는 같은 절연 내부식층과 커플링 링(125)에 대하여 큰 임피던스를 생성하게 된다. 이 임피던스로 인하여 저주파 RF 전력이 포커싱 링(123)에 아주 적게 커플링되어 각종 수단을 통하여 커플링 링과 포커싱 링의 유전 상수(permittivity constant)와 위치를 조절한다 할 지라도 최종적으로 조절할 수 있는 범위는 여전히 국한되어 있다. 왜냐하면 베이스(120)의 측벽의 절연 내부식층이 빠지면 안되고 커플링 링도 통상적으로 절연재료를 사용하여, 예로 산화 알루미늄 또는 산화 규소로 제조하여, 기존 하드웨어 구조로써는 저주파 RF 전력을 기판 주변의 포커싱 링(123)에 조절이 가능하게 분배하는 것이 불가능하다. 그 중에 커플링 링도 고 도전 재질로 만들 수 있다. 하지만 이러한 커플링 링은 짧은 시간 안에만 비교적 좋은 에칭 효과를 줄 수 있지만 시간이 길어지면 포커싱 링의 손실에 인한 프로세싱 추이 효과를 보상할 수가 없다. 또한 고 도전 재질인 커플링 링이 저주파 RF 전력의 분포에 영향을 끼칠뿐만 아니라 고주파 RF 전력의 분포에도 영향을 끼쳐 플라즈마 농도(plasma density)의 분포에 영향을 끼친다. 때문에 포커싱 링의 쉬스 층의 두께를 조절하다가 오히려 플라즈마 농도의 분포를 불균형하게 만들어 전체적인 플라즈마 프로세싱 효과를 개선할 수가 없다. 포커싱 링(123)은 통상적으로 석영, 산화 알루미늄과 같은 절연재료 또는 탄화 규소, 규소와 같은 반도체 재질로 조성하여 플라즈마 프로세싱 과정중에 생기는 입자 공해와 같은 문제를 방지하는 동시에 충분한 도전성도 가져다 준다.

[0016] 이러한 발견을 바탕으로 본 발명은 도2a와 같은 새로운 플라즈마 반응 챔버를 사용하며, 그 기본적인 구조는 도1a에 나타낸 현재 기술과 같지만 주요한 차별점은 저주파 RF 전력을 도전 연결부를 이용하여, 전형적으로 도선을 도전 연결부로 사용하여, 상기 도선이 직접적으로 커플링 링의 상부와 연결하고 포커싱 링의 하부와 연결하는 동시에 도선에 가변 캐패시턴스(124)를 직렬연결한다. 도2a와 같이 고리형 전극(127)은 커플링 링(125)의 윗쪽에 설치하고 포커싱 링은 고리형 전극에 설치하고, 도선의 제1 단자는 고리형 전극(127)에 직접 연결하고 다

른 한 단자는 베이스(120)에 직접 연결하고, 도선의 중간에 가변 캐패시턴스(124)를 직렬연결하여 가변 캐패시턴스(124)의 값을 조절하여 포커싱 링에 인가되는 저주파 RF 전력을 조절한다. 고리형 전극(127)은 임이의 도전 재질로 제조 된다. 예로 알루미늄, 흑연과 같이 도전성이 양호한 재질이면 모두 가능하다. 본 발명에서 가변 캐패시턴스는 도전 베이스(120)의 하방향에 있는 진공 공간에 설치하고 바람직하게는 가변 캐패시턴스(124)를 반응 챔버 내부의 압력격벽(Airtight baffle)의 하방향에 있는 대기환경에 설치하고, 도선의 2개 단자가 압력격벽을 지나기만 하면 되어, 대기환경에 설치한 가변 캐패시턴스는 쉽게 열을 발산하고 점검도 쉬워진다. 반응 챔버의 벽(100)은 접지된 금속으로 조성되어 접지된 금속으로 전기장 차폐공간을 만들어 본 발명의 가변 캐패시턴스(124)가 전기장 차폐공간 안에만 있으면 압력격벽의 하방향에 있는 대기환경에 놓여 있더라도 가변 캐패시턴스(124)가 외부환경에 저주파 전기장을 발산하는 것을 방지할 수 있다. 진공 반응 챔버 내부에 액체가 드나드는 파이프와 기계적 구동장치를 설치하는 현재 기술과 비교하면 본 발명의 가변 캐패시턴스는 체적이 작을 뿐만 아니라 원가가 낮고, 설치가 간단하다.

[0017] 도2b는 본 발명의 회로도와 RF 전력의 분포도를 나타낸다. 본 발명에서 중심 기판에 커플링 된 등가 캐패시턴스(C21)는 여전히 크기 때문에 주요한 전력이 기판에 커플링 될수 있고 베이스(120)를 통해 측벽의 절연 내부식층과 커플링 링(125)에서 포커싱 링(123)까지 등가 캐패시턴스(C22)는 여전히 작아 큰 RF 전력은 전달할 수 없다. 가변 캐패시턴스(124)는 기존의 커플링 방식을 통하여 RF 전력을 전달하는 것이 아니고 직접적으로 전기적 연결 방식을 통하여 베이스(120)의 RF 전력을 직접 포커싱 링(123)의 밑표면으로 전달하기 때문에 저주파 RF 전력에 중대한 영향을 끼치는 커플링 임피던스를 방지하였다. 그 중에서 가변 캐패시턴스(124)는 수요에 따라 값의 범위를 조절하여 간단한 캐패시턴스 값의 조절로 포커싱 링(123)에 인가하는 저주파 RF 전력을 효과적으로 조절할 수 있다. 반응 챔버가 초기화 상태에 있을 때 가변 캐패시턴스도 초기값 상태에 있고 긴 시간의 플라즈마 프로세싱을 거친 뒤 기판의 주변 구역에서 프로세싱 효과가 중심구역과 다르면 컨트롤러가 설정된 변수에 따라서 자동적으로 캐패시턴스의 값을 변경하여 더 많은 저주파 RF 전력이 기판의 주변 구역의 포커싱 링에 인가되게 하여 포커싱 링 근처의 쉬스 층을 조절하여 기판 주변으로 부터 포커싱 링의 상부까지 같은 높이의 쉬스 층을 가지게 하여 에칭 균일성을 개선한다. 그 중에서 프로세싱 효과중에 제일 전형적인 것은 기판 주변 구역에서 에칭 구멍의 틸팅 정도고, 포커싱 링의 상부 표면의 소모로 높이가 낮아지면 상응한 주변 구역의 쉬스 층도 낮아져 기판의 주변 구역의 에칭 구멍에서 안쪽 방향으로의 틸팅 정도가 발생한다. 계속하여 기판의 프로세싱 효과를 검측하여 프로세싱 균일성 효과가 다시 한번 설정 값을 초과할 때 검측한 값을 따라 다시 한번 가변 캐패시턴스의 값을 조절한다. 이렇게 하면 본 발명은 장기간 포커싱 링을 바꾸지 않은 정황에서 가변 캐패시턴스의 값만 변경하여 액체 파이프와 기계적 구동장치도 없이 장기간 플라즈마 프로세싱 효과를 안정하게 유지할 수 있다.

[0018] 본 발명은 도1-2에 나타낸 유도 코일로 커플링된 플라즈마 반응 챔버(ICP) 외에 캐패시턴스로 커플링된 플라즈마 반응 챔버(CCP)에도 적용할 수 있다. 캐패시턴스 커플링 프로세싱 장치의 반응 챔버의 상부는 유전체 창이 아니라 도전 상부 전극이고, 상부 전극은 납작한 모양의 샤워 꼭지(showerhead) 모양으로 반응기체는 상부 전극을 통하여 하부의 프로세싱 구역으로 전달한다. 고주파 RF 전력(13MHz이상, 예로 27MHz 또는 60MHz 등)이 하부 전극인 베이스(120)로 전달될 수 있고 이 때에 상부 전극은 접지되어 있거나 상기 고주파 RF 전력을 상부 전극에 전송할 수 있다. 캐패시턴스로 커플링된 플라즈마 반응기에서 커플링 링과 포커싱 링의 유전율(dielectric constant)은 고주파와 저주파로 생성한 RF 전력의 분포에 같은 영향을 준다. 본 발명에서 설계한 도전 노정(conductive path)에서 고주파 RF 전력을 주요하게 커플링 방식으로 RF 전력을 포커싱 링(123)에 전송할 수 있고, 저주파의 전력의 일부는 커플링 링(125)를 통하여 포커싱 링(123)에 전송할 수 있고 그 외의 조절 가능한 전력은 직접 전기연결을 통하여 저주파 RF 전력을 포커싱 링(123)에 전송할 수 있다. 그러므로 본 발명은 단독으로 고주파와 저주파를 조절 및 제어하는 기능을 가지고 있어 기판의 중심으로부터 주변까지의 플라즈마 농도 분포(고주파 전력을 주도)와 쉬스 층의 분포(저주파 전력을 주도)를 더 정확하게 조절할 수 있다.

[0019] 본 발명은 종래 기술에서 기존 커플링 링에 저주파 RF 전력을 커플링하는 것 외에 구조가 간단한 전력 조절이 가능한 저주파 RF 전력 공급회로를 보충 설치하여 하부 전극이 커플링 링을 통하여 포커싱 링에 커플링된 캐패시턴스C22와 본 발명에서 첨가한 가변 캐패시턴스(124)와 함께 포커싱 링에 분배된 저주파 RF 전력의 크기를 결정한다. 여기에서 바람직하게 절연재료로 커플링 링을 만들어 C22가 작아져 가변 캐패시턴스(124)를 추가함으로 캐패시턴스의 조절 범위가 더 커지게 된다. 만약 커플링 링(125)를 고 도전 재질로 만들어도 본 발명의 효과를 실현할 수 있다. 다만 C22와 가변 캐패시턴스(124)의 등가 캐패시턴스의 조절 범위가 달라질 뿐이다.

[0020] 절연재료(dielectric material) 층은 저주파 RF 신호에 대한 임피던스가 매우 커, 플라즈마의 부식에 견디는 얇은 층(Al2O3, Y2O3 등으로 조성)이라 하더라도 저주파 RF 전력이 기판의 주변의 포커스링에 커플링 된 전력에 선명한 영향을 끼친다. 베이스(120)의 측벽의 절연층이 커플링 링의 재질 두께, 성분과 다를 때에 RF 주파수도

대응되게 달라진다. 특히 두께가 더 두껍거나 커플링 링의 유전율이 더 클 때 저주파에서 더 고주파의 RF 전력이 포커싱 링에 유효하게 전송될 수 없다. 그러므로 본 발명에서 저주파 RF 신호는 통상적으로 2Mhz보다 작다. 특히 1Mhz보다 작은 400KHz를 예로 들면 더 명확하다. 하지만 장소의 수요에 따라서 2Mhz보다 큰 13Mhz RF신호라고 하더라도 본 발명의 도선으로 전기적 연결을 하는 구조를 사용하여 저주파 RF 전력이 유효하게, 또한 조절이 가능하게 포커싱 링에 인가할 수 있다.

[0021] 도3은 본 발명의 다른 실시예를 나타낸다. 그 기본 구조는 도2에서 나타낸 제1 실시예와 같은데 주요한 차별점은 가변 캐패시턴스(124)가 도선을 통하여 하부 전극(120)에 연결하는 것 외에 하부 전극(120)의 단차부의 상부 표면의 위에 있고 커플링 링(125)의 아래에 있는 도전 재질로 만들어진 도전부(129)와 연결하여 하부 전극의 저주파 RF 전력이 커플링을 통하여 단차부의 상부 표면에 있는 절연재료층을 건너 뛰어 도전부(129)에 인가하고 다시 도선과 가변 캐패시턴스(124)를 통하여 저주파 전력을 고리형 전극(127)에 인가한다. 그 중에 도전부는 고리형이거나 복수개 분리된 도체로 만들어져 하부 전극의 측벽을 둘러쌀 수 있다. 플라즈마 반응기에서 하부 전극에 인가하는 전기장은 위로 향하는 방향으로 반응 챔버의 상부와 커플링하기 때문에 현재 기술에서 하부 전극으로부터 가로로 포커싱 링(123)에 커플링 된 캐패시턴스C12가 아주 작고 본 발명에서 도전부(129)는 수평방향으로 연장된 도체이고 하부 전극의 단차부에서 위로 향하는 전기장이 단차부의 상부 표면의 절연 내부식 재료층을 대량으로 경과하여 도전부에 도착하기 때문에 등가 캐패시턴스는 현재 기술의 C12보다 상당히 크다. 그러므로 본 발명의 제2 실시예에서는 단차부의 상부 표면에 전기장으로 커플링된 도전부(129)를 설치하여 저주파 전기장을 커플링 링(125)의 위에 있는 고리형 전극(127)에 인가하여 기판 주변 구역의 저주파 RF 전력의 크기를 조절한다.

[0022] 본 발명의 도선의 아래 단자는 직접 베이스(120)에 전기적 연결하거나 베이스의 상기 도전부(129)에 커플링할 수 있다. 또한, 도선의 상부 단자는 커플링 링(125)과 포커싱 링(123)사이에 놓인 고리형 전극과 연결하거나, 고리형 전극은 커플링 링(125)에 매입하거나 도5에 나타낸 실시예와 같이 절연재료로 만들어진 커플링 링(125)의 상반부에 매입한다. 비록 하부 전극(120)에서 커플링 링에 커플링된 등가 캐패시턴스는 도2에 나타낸 가변 캐패시턴스(124)의 값보다 작지만 도1에 나타낸 종래 기술에서의 C12의 값보다 많이 크기 때문에 본 발명의 목적을 실현할 수 있다. 도4에서 나타낸 실시예와 같이 포커싱 링(123')이 반도체 또는 도체재료(규소, 탄화규소, 알루미늄 등)를 사용하여 제조될 때 포커싱 링(123') 자체는 본 발명의 고리형 전극으로 사용될 수 있어 이럴 때 도선의 상부 단자는 포커싱 링(123')에 직접 연결할 수 있다.

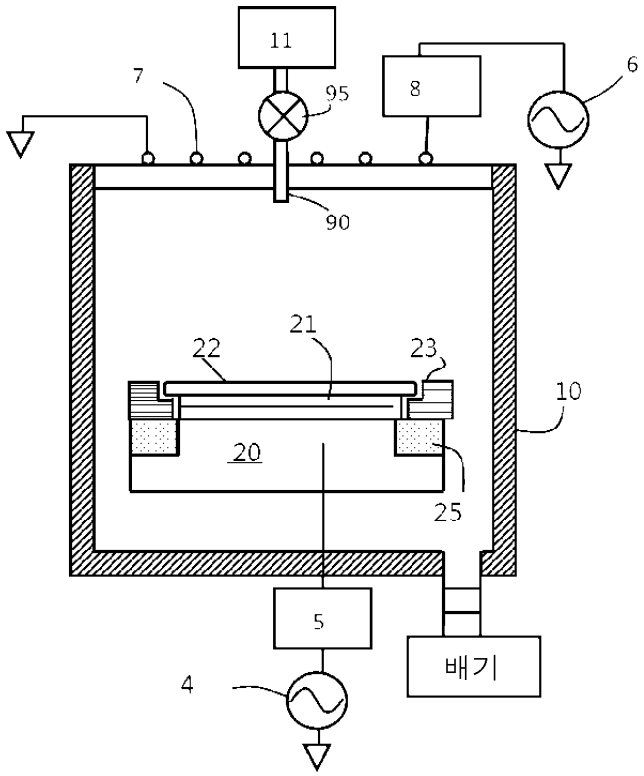
[0023] 이 외에 본 발명에서 상기 도전 연결부는 복수개 도선 갈래로 조성될 수 있고 바람직하게는 베이스의 외변에 균일하게 대칭으로 분포한 복수개 도선 갈래로 분포되어 복수개 도선 갈래에서 각 도선 갈래는 인접한 도선 갈래와 같은 거리를 보유하고 고리형 전극의 동한 구역에 연결한다. 아래에는 3개의 도선 갈래를 예로 본 발명의 기타 실시예에 대하여 설명하면, 각 도선 갈래의 한 단자는 고리형 전극에 연결하고 다른 한 단자는 가변 캐패시턴스에 공동으로 연결하여 가변 캐패시턴스에 연결한 도선을 통하여 베이스에 연결한다. 또는 각 도선 갈래의 두개 단자는 베이스와 고리형 전극에 연결하고 3개 도선 갈래에 3개 독립으로 조절이 가능한 가변 캐패시턴스를 직렬연결하여 이 3개 캐패시턴스를 조절하여 저주파 전력이 3개 도선 갈래를 통하여 고리형 전극에 균일하게 분배하게 한다. 또한 고리형 전극을 3개 원호형 모양의 도전판으로 분리하여 고리형 전극을 공동으로 에워싸고 각각의 원호형 모양의 도전판 사이에 간격 또는 격리부품을 설치하여 상호 전기적 격리를 진행하고 독립적으로 상기 3개 가변 캐패시턴스를 통하여 구역을 구분하여 포커싱 링의 상이한 구역에서 쉬스 층의 두께를 조절하여 기판 주변 구역의 부분적인 쉬스 층의 불균형 문제를 해결할 수 있다.

[0024] 본 발명에서 기술한 가변 캐패시턴스는 최적의 실시예지만 기타 저주파 RF 전력을 조절하는 임이의 가변 임피던스 장치, 예로 가변 유도 코일, 캐패시턴스로 조성한 혼합회로 또는 기타 부품으로 조성된 전기회로는 임피던스의 조절기능을 실현할 수 있어 이러한 치환는 공지된 상식이므로 일일이 예를 들지 않기로 한다.

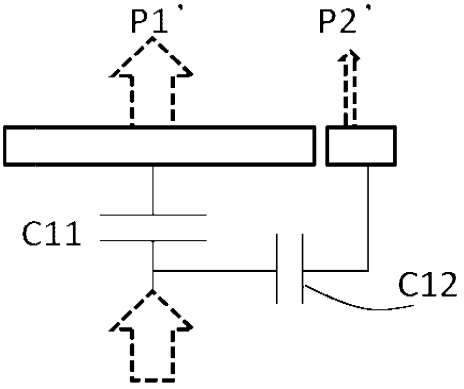
[0025] 본 발명은 전술한 구현예을 통하여 상세한 설명을 하였지만 상기의 상세한 설명에서 언급되는 형태로만 한정되는 것은 아님을 잘 이해할 수 있을 것이다. 본 발명이 속한 기술분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 잘 알 수 있을 것이다. 그러므로 본 발명은 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

도면

도면1a

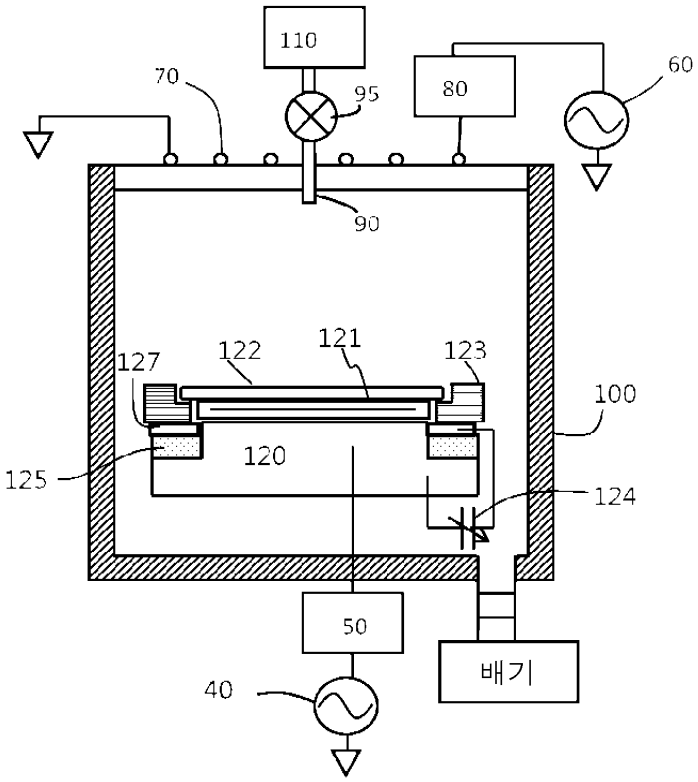


도면1b

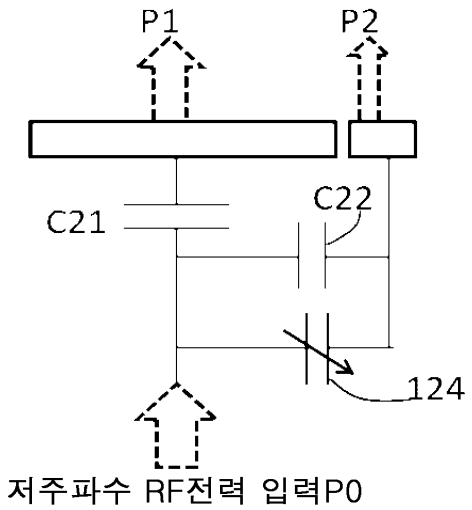


저주파수 RF전력 입력P0

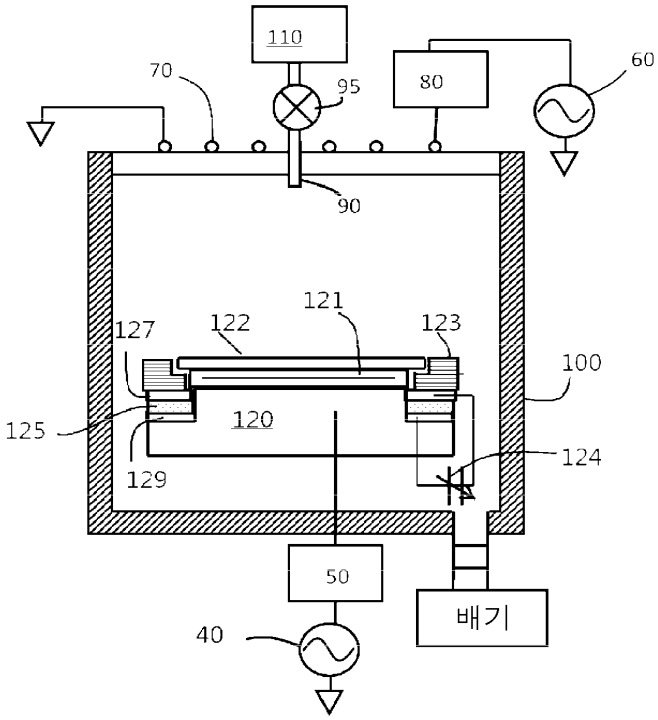
도면2a


110
70
95
80
60
90
127
122
121
123
100
120
125
124
50
40
배기

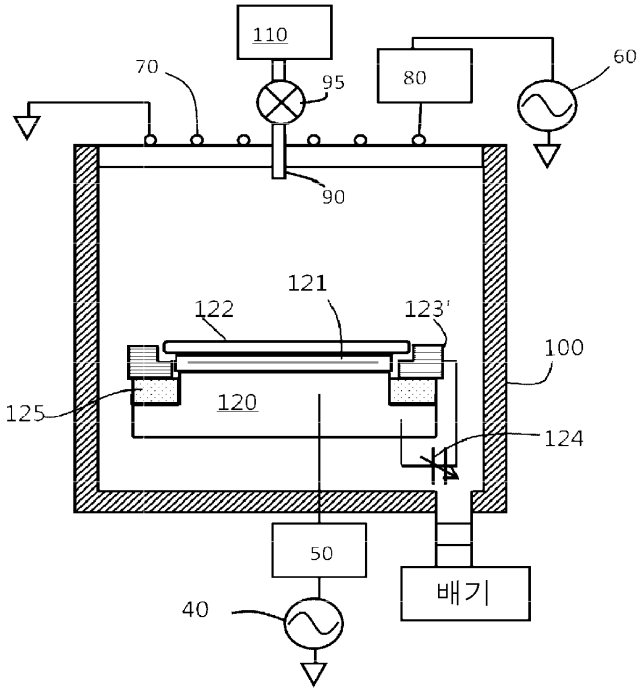
도면2b


P1
P2
C21
C22
124
저주파수 RF전력 입력P0

도면3


110
70
95
80
60
90
121
127
122
123
100
125
120
124
129
50
배기
40

도면4


110
70
95
80
60
90
121
122
123'
100
125
120
124
50
배기
40

도면5

