



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2010년10월04일  
 (11) 등록번호 10-0984776  
 (24) 등록일자 2010년09월27일

(51) Int. Cl.  
**H01L 21/3065** (2006.01)  
 (21) 출원번호 10-2008-0073039  
 (22) 출원일자 2008년07월25일  
 심사청구일자 2008년07월25일  
 (65) 공개번호 10-2009-0012169  
 (43) 공개일자 2009년02월02일  
 (30) 우선권주장  
 11/828,568 2007년07월26일 미국(US)  
 (56) 선행기술조사문헌  
 KR1020030083729 A\*  
 US06178919 B1\*  
 US20040083977 A1\*  
 \*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
**어플라이드 머티어리얼스, 인코포레이티드**  
 미국 95054 캘리포니아 산타 클라라 바우어스 애  
 브뉴 3050  
 (72) 발명자  
**라우프, 샤희드**  
 미국 94566 캘리포니아 플레산톤 코르테 파드레  
 6167  
**콜린즈, 케네쓰 에스.**  
 미국 95120 캘리포니아 샌어제이 글랜뷰 드라이브  
 7214  
 (뒷면에 계속)  
 (74) 대리인  
**남상선**

전체 청구항 수 : 총 13 항

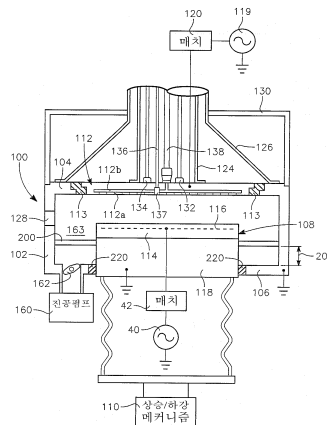
심사관 : 박귀만

**(54) 전기적 우회 요소를 이용하여 감소된 전기적 스큐를 갖는 플라즈마 반응기**

**(57) 요약**

RF 그라운드 귀환 전류 유동이 우회 전류 유동 경로를 제공함에 의해 반응기 챔버의 비대칭 피쳐로부터 멀리 전  
 환된다. 하나의 우회 전류 유동 경로는 챔버 플로어의 펌핑 포트를 피하고, 측벽으로부터 접지된 페데스탈 베이  
 스로 연장하는 전도성 대칭 그릴을 포함한다. 다른 우회 전류 유동 경로는 웨이퍼 슬릿 밸브를 피하고, 슬릿 밸  
 브에 의해 차지된 측벽의 섹션을 브리지하는 전도성 스트랩의 배열을 포함한다.

**대표도 - 도1**



(72) 발명자

**베라, 카를**

미국 95128 캘리포니아 샌어제이 프루츠데일 애브뉴 #6 2100

**라마스와미, 카티크**

미국 95124 캘리포니아 샌어제이 타우니게이트 웨이 1646

**하나와, 히로지**

미국 94086 캘리포니아 씨니베일 스피루스 드라이브 696

**뉴엔, 앤드류**

미국 95132 캘리포니아 샌어제이 호스테터 로드 3148

**샤논, 스티븐 씨.**

미국 94401 캘리포니아 산 마테오 노스 델라웨어 #308 800

**웅, 로렌스**

미국 94539 캘리포니아 프레몬트 파크메도우 코트 45587

**코바야시, 사토루**

미국 94040 캘리포니아 마운틴 뷰 이스트 엘 카미노 빌 #83 870

**데트릭, 트로이 에스.**

미국 94024 캘리포니아 로스 알토스 라벤우드 드라이브 1482

**크루즈, 제임스 피.**

미국 95062 캘리포니아 산타크루즈 트레베단 애브뉴 422

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

플라즈마 반응기로서,

실린더 형태의 측벽, 시일링(ceiling) 및 플로어(floor)를 갖는 진공 챔버;

상기 챔버의 워크피스(workpiece) 지지 페데스탈로서, 상기 페데스탈 및 상기 측벽 사이에 펌핑 고리(pumping annulus)를 형성하고 상기 플로어에 인접한 접지면을 포함하는, 워크피스 지지 페데스탈;

RF 전력 인가장치와 상기 시일링 및 상기 페데스탈 사이에 형성된 프로세스 존;

상기 플로어를 통한 펌핑 포트;

상기 플로어 및 상기 페데스탈의 접지면 사이의 유전체 요소;

상기 펌핑 고리의 환형 전도성 그릴(annular conductive grill)로서, 그릴-대-플로어 갭만큼 상기 플로어 위에 위치하고 상기 측벽으로부터 상기 페데스탈의 상기 접지면으로 전류 경로를 제공하며 상기 챔버의 대칭축에 대해 일반적으로 대칭인, 환형 전도성 그릴;

상기 실린더 형태의 측벽의 원주부를 통한 슬릿 밸브 개구로서, 상기 슬릿 밸브가 상기 실린더 형태의 측벽의 환형 섹션 내부에서 축방향으로 한정되는, 슬릿 밸브 개구;

상기 측벽의 상기 환형 섹션의 축방향 경계에 인접한 상기 실린더 형태의 측벽의 적어도 제 1 유전체 링; 및

상기 실린더 형태의 측벽의 상기 환형 섹션을 우회하는(bypassing) 축방향 전류 경로를 제공하는 전도성 스트랩의 배열을 포함하고,

상기 전도성 스트랩 각각이 한 쌍의 단부를 가지며 일단부는 상기 환형 섹션 위에서 상기 측벽으로 전기적으로 연결되고 타단부는 상기 환형 섹션 아래에서 상기 측벽에 전기적으로 연결되며, 상기 스트랩이 상기 슬릿 밸브 개구로의 접근을 방해하는 것을 막도록 우회되는(routed),

플라즈마 반응기.

### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 페데스탈이 상기 플로어의 중앙 개구를 통해 연장하고, 상기 페데스탈의 상기 접지면이 상기 중앙 개구에 의해 형성된 상기 플로어의 에지를 향하는 상기 페데스탈의 외부 실린더 형태의 표면을 포함하는,

플라즈마 반응기.

### 청구항 3

삭제

### 청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 실린더 형태의 측벽에 있는 제 2 유전체 링을 추가로 포함하고,

상기 제 1 유전체 링이 상기 측벽의 상기 환형 섹션의 상부 축방향 경계에 인접하여 있으며 상기 제 2 유전체 링이 상기 측벽의 상기 환형 섹션의 바닥부 축방향 경계에 인접하여 있는,

플라즈마 반응기.

### 청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 스트랩이 균일한 간격으로 상기 측벽의 원주 주위로 주기적으로 이격되어 있는,  
플라즈마 반응기.

**청구항 6**

제 5 항에 있어서,  
상기 스트랩이 RF 전류에 균일한 인덕턴스를 제공하도록 구성되어 있고,  
상기 슬릿 밸브에 인접한 스트랩이 상기 슬릿 밸브의 둘레 주위로 우회하는 것을 가능하게 할 정도의 충분한 길이이고, 나머지 스트랩은 더 짧은 길이인,  
플라즈마 반응기.

**청구항 7**

제 1 항에 있어서,  
상기 스트랩이 상기 다수의 스트랩 및 상기 페데스탈의 웨이퍼 지지면 사이의 측방향 거리보다 짧은 방위각 거리만큼 상기 측벽의 원주를 따라 서로 이격되어 있는,  
플라즈마 반응기.

**청구항 8**

제 7 항에 있어서,  
상기 방위각 거리가 3배 이상 만큼(by at least a factor of three) 상기 측방향 거리보다 작은,  
플라즈마 반응기.

**청구항 9**

워크피스를 처리하기 위한 플라즈마 반응기로서,  
실린더 형태의 측벽, 시일링 및 플로어를 갖는 진공 챔버;  
상기 챔버의 워크피스 지지 페데스탈로서, 상기 페데스탈 및 상기 측벽 사이에 펌핑 고리를 형성하고 접지면을 포함하는, 워크피스 지지 페데스탈;  
RF 전력 인가장치와 상기 시일링 및 상기 페데스탈 사이에 형성된 프로세스 존;  
상기 플로어를 통한 펌핑 포트와 상기 펌핑 포트에 연결된 진공 펌프;  
상기 실린더 형태의 측벽의 슬릿 밸브 개구; 및  
상기 페데스탈로부터 상기 측벽을 향해 방사상으로 연장하고 상기 페데스탈을 통해 그라운드에 전기적으로 연결된 환형 배플(annular baffle)로서, 상기 프로세스 존의 측방향 위치 및 상기 슬릿 밸브의 측방향 위치 사이의 측방향 위치에 있는, 환형 배플을 포함하고,  
상기 슬릿 밸브가 원형 상부 및 바닥부 경계에 의해 형성된 상기 실린더 형태의 측벽의 측방향 섹션에 포함되며,  
상기 경계 중 하나에 인접한 상기 측벽에 제 1 절연 링을 추가로 포함하는,  
워크피스를 처리하기 위한 플라즈마 반응기.

**청구항 10**

제 9 항에 있어서,  
상기 환형 배플이 중실형(solid)이고 겹을 통해 가스 유동을 허용할 정도로 충분히 큰 겹에 의해 상기 측벽으로

부터 분리된 둘레 에지를 갖는,  
 워크피스를 처리하기 위한 플라즈마 반응기.

**청구항 11**

제 9 항에 있어서,  
 상기 환형 배플이 가스 유동 개구들의 균일한 배열을 포함하고, 상기 배플이 둘레 에지를 가지며, 상기 반응기가 상기 둘레 에지 및 상기 측벽 사이에 결합 장치를 추가로 포함하는,  
 워크피스를 처리하기 위한 플라즈마 반응기.

**청구항 12**

제 11 항에 있어서,  
 상기 결합 장치가,  
 상기 배플의 상기 둘레 에지로부터 측방향으로 연장하는 배플 측방향 플랜지;  
 상기 측벽의 내부면으로부터 방사상으로 내부로 연장하는 환형 쇼울더(shoulder); 및  
 상기 쇼울더로부터 측방향으로 연장하는 측벽 측방향 플랜지를 포함하고,  
 상기 측벽 측방향 플랜지 및 상기 배플 측방향 플랜지가 서로 향하고 있고 RF 주파수에서 갭을 가로질러 용량성 결합이 가능하도록 충분히 작은 갭에 의해 이격되어 있는,  
 워크피스를 처리하기 위한 플라즈마 반응기.

**청구항 13**

제 12 항에 있어서,  
 상기 환형 쇼울더가 상기 슬릿 밸브의 측방향 위치 및 상기 프로세스 존의 측방향 위치 사이의 측방향 위치에 있고, 이에 의해 상기 측벽의 RF 그라운드 귀환 전류 유동을 상기 슬릿 밸브를 함유한 상기 측벽의 측방향 섹션으로부터 전환시키는,  
 워크피스를 처리하기 위한 플라즈마 반응기.

**청구항 14**

삭제

**청구항 15**

제 9 항에 있어서,  
 상기 경계 중 나머지에 인접한 상기 측벽에 제 2 절연 링을 추가로 포함하고, 이에 의해 상기 슬릿 밸브를 포함한 상기 실린더 형태의 측벽의 상기 측방향 섹션을 통한 RF 그라운드 귀환 전류 유동을 막는,  
 워크피스를 처리하기 위한 플라즈마 반응기.

**명세서**

**발명의 상세한 설명**

**기술분야**

[0001] 이 명세서는 플라즈마 반응기에 관한 것이고 특히 반도체 웨이퍼와 같은 워크피스(workpiece)를 처리하기 위한 플라즈마 반응기에 관한 것이다.

**배경기술**

[0002] 플라즈마 반응기는 플라즈마 에칭 프로세스, 플라즈마 증착 프로세스 및 플라즈마 잠입 이온 주입과 같은 다양한 플라즈마 프로세스에서 반도체 웨이퍼와 같은 워크피스를 프로세스 하는데 이용된다. 반도체 소자 피쳐(feature) 크기의 감소는 플라즈마 반응기의 향상을 필요로 하고 플라즈마 처리 결과에서의 불균일성을 감소시키는 처리를 필요로 한다. 예를 들면, 플라즈마 에칭 처리에서, 웨이퍼에 걸쳐 에칭 속도의 방사상 분포는 약 5% 미만으로 성공적으로 감소되었다. 소자 피쳐 크기가 45nm로 계속 수축되고 이후 32nm로 수축되기 때문에, 플라즈마 균일성에서의 추가적인 향상이 필요하다.

**발명의 내용**

[0003] 본 발명의 실시예는 향상된 플라즈마 균일성을 가진 반도체 워크피스(예를 들어 웨이퍼)를 처리하는데 이용될 수 있는 장치 및 방법에 대한 것이다. 일 태양에서, 플라즈마 반응기는 워크피스를 처리하기 위해 제공된다. 이 반응기는 실린더 형태의 측벽, 시일링, 및 플로어를 가진 진공 챔버를 포함한다. 챔버의 워크피스 지지 페데스탈은 페데스탈 및 측벽 사이에 펌핑 고리를 형성하고, 워크피스 지지 페데스탈은 플로어에 인접한 접지면을 갖는다. RF 전력 인가장치는 시일링 및 페데스탈 사이에 형성된 프로세스 존으로 RF 전력을 연결시킨다. 진공 펌프는 플로어를 통해 펌핑 포트를 통해 챔버로 연결된다. 또한, 이 반응기는 플로어 및 페데스탈의 접지면 사이에 유전체 요소를 포함한다. 또한, 이 반응기는 그릴-대-플로어 갭만큼 플로어 위에 위치한(displaced) 펌핑 고리에 환형 전도성 그릴을 포함한다. 이 그릴은 측벽으로부터 페데스탈의 접지면으로 균일한 전류 경로를 제공한다. 이 그릴은 챔버의 대칭축에 대해 일반적으로 대칭적이다.

[0004] 일 실시예에서, 또한 이 반응기는 실린더 형태의 측벽의 원주부를 통해 슬릿 밸브 개구를 추가로 포함하고, 슬릿 밸브는 실린더 형태의 측벽의 환형 섹션 내에서 축방향으로 한정된다. 적어도 제 1 유전체 링은 측벽의 환형 섹션의 축방향 경계에 인접한 실린더 형태의 측벽에 배치된다. 전도성 스트랩의 배열은 실린더 형태의 측벽의 환형 섹션을 우회하는 축방향 전류 경로를 제공한다. 전도성 스트랩의 각각은 단부의 쌍을 가지고, 일 단부는 환형 섹션 위에서 측벽에 전기적으로 연결되며 타단부는 환형 섹션 아래에서 측벽에 전기적으로 연결된다. 일 실시예에서, 스트랩은 슬릿 밸브 개구로의 접근 방해로 우회된다.

[0005] 일 실시예에서, 제 2 유전체 링은 실린더 형태의 측벽에 배치되고, 제 1 유전체 링은 측벽의 환형 섹션의 상부 축방향 경계에 인접하여 있으며 제 2 유전체 링은 측벽의 환형 섹션의 바닥부 축방향 경계에 인접하여 있다. 추가적인 실시예에서, 스트랩은 균일한 간격으로 측벽의 원주 주위로 주기적으로 이격되어 있고, 스트랩은 RF 전류에 균일한 인덕턴스를 공급하도록 구성된다. 슬릿 밸브에 인접한 스트랩은 슬릿 밸브의 둘레 주위로 우회하는 것을 허용할 정도의 충분한 길이를 갖고, 나머지 스트랩은 더 짧은 길이를 갖는다.

**발명의 실시를 위한 구체적인 내용**

[0006] 플라즈마 반응기에서 전기장에서의 방위각 스큐(azimuthal skew)가 3% 미만으로 플라즈마 프로세스 불균일성을 감소시키는 제한 인자일 수 있다는 것을 발견하였다. 이러한 방위각 스큐는 플라즈마 반응기 자체의 비대칭 피쳐(feature)로부터 일어난다. 이러한 비대칭 피쳐는 챔버 벽 및 플로어를 통해 RF 그라운드 귀환 전류에서의 불균일성을 만들 수 있다. 이러한 불균일성은 웨이퍼 표면에서 전기장 분포에서 반영될 수 있고, 이는 프로세스 불균일성에 기여한다. 예를 들면, 일정한 반응기 챔버에서, 챔버는 펌핑 포트를 통해 펌핑 고리의 바닥부에서 비워지고 이 펌핑 포트는 일반적으로 펌핑 고리의 플로어에서의 원형 개구이다. 다른 예는 일정한 반응기 챔버이고, 웨이퍼 슬릿 밸브가 제공되며 실린더 형태의 챔버벽의 웨이퍼 슬릿 밸브는 실린더 형태의 측벽의 원주의 약 1/4 만큼 주위로 연장한다. 이 피쳐는 챔버의 벽 및 전도성 플로어에서의 불연속성을 일으킬 수 있고, 이에 의해 불균일 방식으로 RF 그라운드 귀환 전류가 분포하도록 하며, 웨이퍼 표면에서 전기장에서

방위각 스큐를 일으킨다. 이 스큐는 웨이퍼 상의 플라즈마 처리 결과 1% 내지 2%의 불균일성을 나타낸다.

[0007] 본 발명의 실시예는 전류 유동 경로를 제공하는 것과 관련이 있고, 이에 의해 일 실시예에서 RF 그라운드 귀환 전류 유동은 우회 전류 유동 경로를 제공함에 의해 반응기 챔버의 비대칭 피쳐로부터 멀리 전환된다. 하나의 우회 전류 유동 경로는 챔버 플로어에서 펌핑 포트를 피하고 측벽으로부터 접지된 페데스탈 베이스로 연장하는 전도성 대칭 그릴을 포함한다. 다른 우회 전류 유동 경로는 웨이퍼 슬릿 밸브를 피하고 슬릿 밸브에 의해 차단된 측벽의 섹션을 브리지하는(bridging) 전도성 스트랩의 배열을 포함한다.

[0008] 도 1을 참고하면, 플라즈마 반응기는 실린더 형태의 측벽(102), 시일링(104) 및 플로어(106)에 의해 에워싸인 챔버(100)를 포함한다. 웨이퍼 지지 페데스탈(108)은 플로어를 통해 연장하고 상승 메커니즘(110)에 의해 수직축을 따라 이동 가능할 수 있다. 오버헤드 RF 전력 인가장치는 챔버(100)의 내부로 RF 전력을 연결시킨다. 도 1의 예에서, 오버헤드 RF 전력 인가장치는 시일링(104)의 전극(112)이다. 이 전극(112)은 유전체 링(113)에 의해 시일링(104)으로부터 전기적으로 절연된다. 다른 실시예에서, 오버헤드 RF 전력 인가장치는 측벽(102) 주위에 위치하거나 또는 시일링 위에 있는 코일 안테나(미도시)이다. 웨이퍼 지지 페데스탈(108)은 캐소드 전극(116)을 둘러싸는 상부 유전체 섹션(114) 및 RF 그라운드에 연결된 바닥부 전도성 베이스(118)를 가질 수 있다. RF 플라즈마 전력은 RF 생성기(119)로부터 RF 임피던스 매치(120)를 통해 오버헤드 전극(112)에 가해진다. RF 임피던스 매치(120)는 동축 조정 스텝(coaxial tuning stub)(미도시)일 수 있다. 오버헤드 전극(112)에 대한 RF 주입 구조는 동축적일 수 있고, 이는 중공의 원형 중앙 전도체(124) 및 내부 전도체(124)와 동축에 있는 중공의 원형 외부 전도체(126)를 포함한다. 중공의 중앙 전도체(124)는 오버헤드 전극(112)에 그리고 임피던스 매치(120)의 RF 핫 출력부에 연결된다. 외부 전도체는 RF 그라운드 및 시일링의 접지부에 연결된다. 동축 주입 구조(124, 126)는 동축 조정 스텝과 일체화될 수 있다. 웨이퍼 출력을 촉진하는 슬릿 밸브(128)는 측벽(102)을 통한 얇은 개구로서 형성되고, 이 개구는 도 2의 평면도에서 도시된 것처럼, 측벽(102)의 원주의 약 1/4를 연장한다. RF 전력은 RF 생성기(40)로부터 RF 임피던스 매치(42)를 통해 캐소드 전극(116)에 연결된다. 챔버(100)는 챔버 플로어의 펌핑 포트(162)를 통해 진공 펌프(160)에 의해 비워진다. 펌핑 고리(163)는 웨이퍼 지지 페데스탈(108) 및 측벽(102) 사이에 형성된다.

[0009] 일 실시예에서, 오버헤드 전극(112)으로의 모든 설비 라인들은 전도성 실린더 형태의 중공형 캔(130)에 의해 에워싸이고, 이는 냉각제 입구 라인(132), 냉각제 출구 라인(134), 센서(137)(광학 발광 분광 센서와 같은 센서)에 연결된 광학 센서 라인(136), 및 프로세스 가스 공급 라인(들)(138)을 포함한다. 도 1에서 도시된 실시예에서, 오버헤드 전극(112)은 다수의 가스 분사 오리피스(112a) 및 내부 프로세스 가스 다기관(112b)을 포함하는 가스 분배 샤워헤드이다. 가스 공급 라인(138)은 내부 가스 다기관(112b)에 연결된다. 오버헤드 전극(112)은 내부 냉각제 재킷(미도시)를 가질 수 있고, 여기서 냉각제는 입구(132)로부터 순환하여 출구(134)로 돌아간다. 도 1에서 도시된 실시예에서, 모든 설비 라인(132, 134, 136, 138)은 캔(130) 내부에 있을 뿐만 아니라 중앙 동축 전도체(124) 내부에도 있다.

[0010] 플라즈마 처리 동안, 오버헤드 전극/샤워헤드(112)에 의해 분사된 프로세스 가스는 챔버(100)로 연결된 RF 전력에 의해 이온화되어 시일링 전극(112) 및 웨이퍼 지지대(108) 사이의 프로세스 존에서 플라즈마를 형성한다. 플라즈마로부터의 RF 전류는 플라즈마로부터 측벽(102) 및 상부 전극(112)으로 유동함에 의해 그라운드로 귀환한다. 이 전류는 측벽(102)으로 유동하고 이후 플로어(106)의 둘레로 측벽(102)의 표면을 따라 아래로 그리고 웨이퍼 지지 페데스탈(108)의 접지된 베이스(118)로 플로어(106)를 따라 방사상으로 내부로 유동한다. 도 1 및 2의 반응기는 일반적으로 대칭적이고 따라서 웨이퍼 지지 페데스탈(108) 주위로 균일하거나 또는 대칭적인 프로세스 환경을 향상시키지만, 슬릿 밸브(128) 및 펌핑 포트(162)와 같은 일정한 피쳐는 플로어의 에지로부터 웨이퍼 지지 페데스탈의 접지된 베이스로의 방사상 경로를 따라서 그리고 측벽(102)을 따라서 측방향으로 아래 방향으로의 RF 전류 귀환 경로에서 불연속이다. 이는 전기장 분포를 불균일하게 만들 수 있고, 이러한 불균일성은 챔버의 바닥부에서 뿐만 아니라 페데스탈 상에서 지지되는 웨이퍼의 표면에서 전기장에 영향을 미친다. 이러한 불균일성은 웨이퍼 표면에 걸친 에칭 속도의 분포와 같이 플라즈마 처리 결과에서 2% 불균일성을 유도할 수 있다.

[0011] 일 실시예에서, 완전한 대칭(및 비대칭 불연속을 갖지 않음)을 갖는 상승된 전도성 그릴(200)이 펌핑 고리(163)에 제공된다. 전도성 그릴(200)은 비대칭이 없는 대안적인 전류 경로를 나타냄에 의해 RF 그라운드 귀환 전류 경로에서 방위각 스큐의 소스로서 펌핑 포트(162)의 불연속을 제거할 수 있다. 전도성 그릴(200)은 플로어-대-그릴 갭(201)을 가진 채 플로어(106) 위에서 지지되고, 이 갭은 그릴(200)을 통한 가스 유동이 갭(201) 내부의 펌핑 포트(162)로 매끄럽게 유동하게 할 정도로 충분히 길다. 또한, 갭(201)은 충분히 길어서 RF 생성기(119)의 주파수에서 또는 RF 생성기(40)의 주파수에서 플로어(106) 및 그릴(200) 사이에서의 상당한

용량성 결함을 방지한다.

[0012] 전도성 그릴(200)은 전도성 측벽(102)으로부터 웨이퍼 지지 페데스탈(108)의 접지된 베이스(118)로의 전기적 경로를 제공한다. 도 2에서 도시된 것처럼, 그릴(200)은 원형 전도체(215) 및 전도성 스포크(spoke)(210)의 균일하고 대칭적으로 분포된 패턴을 갖고, 따라서 방위각 스큐, 불균일성 또는 비대칭이 없는 측벽(102)으로부터 그라운드 페데스탈 베이스(118)로의 그라운드 귀환 경로를 제공한다. 일 실시예에서, 모든 그라운드 귀환 전류가 전도성 그릴(200)을 통해 유동하는 것을 보장하기 위해, 전도성 챔버 플로어(106)는 유전체 링(220)에 의해 페데스탈 베이스(118)로부터 전기적으로 절연된다(도 1). 링(220)의 방사상 두께는 RF 생성기(40)의 주파수에서 그리고 RF 생성기(119)의 주파수에서 용량성 결함을 막기에 충분하다. 그릴(200)의 전도체(215) 및 스포크(210)를 구비한 그릴 패턴은 충분히 개방된 공간을 남겨두어 챔버(100)로부터 펌프(160)로의 가스 유동 저항을 최소화한다. 특히, 스포크(210) 및 원형 전도체(215)에 의해 점유된 수평 면적 대 그릴에 의해 점유된 총 면적의 비는 충분히 작아서 그릴(200)을 통한 가스 유동 저항을 최소화한다. 한편, 이 비는 충분히 커서(그릴 공간이 충분히 작음) RF 그라운드 귀환 전류 유동에서의 그릴 패턴이 웨이퍼 표면에서(워크피스 지지 페데스탈(108)의 상부면에서) 전기장에서 그 자체로 분명히 나타나는 것을 막는다. 이를 위해, 스포크(210) 사이의 공간은 그릴(200) 및 웨이퍼 지지 페데스탈(108)의 상부면 사이의 축방향 거리보다 훨씬 작다. 특히, 예를 들면, 스포크(210) 사이의 최대 공간과 그릴(200) 및 페데스탈(108)의 상부 사이의 공간 사이의 비는 약 3 또는 그 초과이다.

[0013] 다른 실시예에서(도 3에서 도시된 것처럼), 슬릿 밸브(128) 위 아래에는 상부 및 하부 절연 링(240, 245)이 측벽(102)에 제공된다. 일 실시예에서, 전기적으로 절연된 측벽 섹션(102a)을 우회하는 전류 경로가 도 4에서 도시된 것처럼 절연된 섹션(102a)을 가로질러 축방향으로 연결된 다수의 전도성 스트랩(230)에 의해 제공된다. 절연 링(240, 245)은 그라운드 귀환 경로 전류 분포에서 방위각 스큐의 소스로서 슬릿 밸브(128)에 의해 나타나는 불연속성을 제거할 수 있다. 전도성 스트랩(230)에 의해 제공된 그라운드 귀환 경로는 슬릿 밸브에 의해 차지된 측벽(102)의 섹션을 우회한다. 이러한 우회 전류 경로는 챔버 주위로 대칭적으로 분포된다. RF 그라운드 귀환 전류는 도 3에서 도시된 것처럼 각각 슬릿 밸브(128)의 측벽 섹션(102a) 위로 그리고 아래로 상부 절연 링(240) 및 하부 절연 링(245)에 의해 슬릿 밸브(128)에 의해 차지된 측벽(102)의 섹션(102a)에서 유동되는 것이 막힌다. 유전체 링(240, 245) 중 적어도 하나 그렇지 않다면 둘 모두가 존재한다. 일 실시예에서, 다수의 전도성 스트랩(230)은 측벽(102) 주위에서 균일한 간격으로 위치하고 도 4에서 도시된 것처럼 균일한 길이, 폭 및 두께를 갖는다. 스트랩(230)은 충분히 길어서 슬릿 밸브(128)와 일치하는 이러한 스트랩(230a, 230b, 230c, 230d)은 경로를 따르고 이 경로는 슬릿 밸브(128)의 전방부를 에워싸며 이로써 도 5에서 도시된 것처럼 웨이퍼의 출입을 방해하지 않는다. 대안적인 실시예에서, 스트랩은 절연된 측벽 섹션(102a)의 축방향 길이와 거의 일치하는 길이를 가지고, 슬릿 밸브(128) 주위로 우회해야만 하는 경우 스트랩(230a-230d)의 예외로 확대되며 이와 상응하게 길어진다. 일 실시예에서, 스트랩 길이에서의 이러한 차이로부터 일어나는 불균일 전류 분포를 피하기 위해, 스트랩은 모두 균일한(또는 거의 균일한) 인덕턴스로 제공된다. 이러한 경우에, 더 긴 스트랩(230a-230d)은 남아 있는(더 짧은) 스트랩과 서로 다른 폭 및 두께를 가지고, 폭 및 두께에서의 이러한 차이는 스트랩의 모든 길이에 대해 동일한 인덕턴스를 제공하도록 선택된다. 이는 이하의 방정식에 따라 이루어지고, 이에 의해 두 개의 서로 다른 두께에 대해 동일한 인덕턴스를 낳는다:

$$L = 0.0002l \left[ \log_e \left( \frac{2l}{B+C} \right) + \frac{1}{2} \right]$$

[0014] 방정식 (1)

[0015] 여기서 L은  $\mu\text{H}$  단위의 인덕턴스이고, l은 cm 단위의 스트랩 길이이며, B는 cm 단위의 스트랩 폭이고, C는 cm 단위의 스트랩 두께이다.

[0016] 인접한 스트랩(230) 사이의 공간(d)은 그라운드 귀환 전류 경로 분포에서의 불연속성을 나타낸다. 일 실시예에서, 스트랩 공간 패턴이 웨이퍼 지지 페데스탈(108) 위에서의 전기장에 유사한 패턴을 부과하는 것을 막기 위해, 스트랩-대-스트랩 공간은 예를 들어 약 3배 만큼 슬릿 밸브(128)의 상부로부터 웨이퍼 페데스탈(108)의 상부로의 거리보다 훨씬 짧다. 인접한 스트랩(230) 사이의 공간은 스트랩(230)의 폭과 주기적으로 이격된 스트랩의 숫자에 의해 결정된다. 스트랩의 숫자는 적어도 4개이고 10개 또는 그 초과만큼 많을 수도 있다. 스트랩 폭은 예를 들어 실린더 형태의 측벽(102)의 원주의 약 1/10일 수 있다.

[0017] 일 실시예에서, 절연 부재(400)(도 3)는 측벽(102) 상에 제공될 수 있다. 절연 부재는 본 실시예에서 슬릿 밸

브(128)를 둘러싼다. 절연 부재(400)는 실린더 형태의 측벽 표면에 결합된 유전체 물질일 수 있다. 일 실시예에서, 절연 부재(400)는 슬릿 밸브에 의해 차지된 측벽 섹션(102a)에 걸친 수축을 막고, 이러한 수축은 슬릿 밸브(128)가 예를 들어 외부 웨이퍼 전달 챔버(미도시)의 포트와 접촉할 때 일어날 수 있다.

[0018] 일 실시예에서, 상승된 전도성 그릴(200) 및 주기적으로 이격된 전도성 스트랩(230)의 배열은 도 3에서 도시된 것처럼 동일한 반응기에 함께 포함된다. 이 조합은 슬릿 밸브(128) 및 펌핑 포트(162)의 RF 그라운드 귀환 전류 경로 불연속성에 기인 가능한 워크피스 전기장에서의 방위각 스큐를 감소시키거나 또는 제거한다. 오버헤드 전극(112)으로 공급된 설비에 기인 가능한 워크피스 전기장에서의 다른 스큐 또는 불균일성은 실린더 형태의 전도성 캔(130) 내부의 모든 이러한 설비 공급 라인을 함유함에 의해 피해진다.

[0019] 다른 실시예에서, 도 6에서 도시된 것처럼, 전도성 챔버벽(102)의 상부는 유전체 측벽부(102')로 대체된다. 도 6에서 도시된 것처럼, 전체 시일링(104)은 유전체 시일링(104')에 의해 대체된다. 유전체 측벽부(102')는 시일링(104')으로부터 플라즈마가 한정되는 경향이 있는 곳 위의 두께로 아래 방향으로 연장한다. 이 피쳐는 RF 그라운드 귀환 전류가 측벽(102) 및 플로어(106)를 통해 이동하는 것을 막을 수 있다. 결과적으로, 슬릿 밸브(128) 및 펌핑 포트(162)의 불연속성은 전기장에 영향을 미치지 않는다. 도 6의 실시예에서, 서로 다른 경로가 워크피스 지지 페데스탈의 외부 전도성 라이너(265)로 접지된 전도성 환형 배플(260)에 의해 플라즈마로부터 RF 그라운드 귀환 전류에 대해 제공된다. 배플(260)은 플라즈마 시스(sheath)와 접촉하는 수준에 있고 플라즈마로부터 RF 그라운드 귀환 전류를 전도할 수 있다. 라이너(265)는 그 자체로 페데스탈 베이스(118)에 접지된다. 배플(260) 및 측벽(102) 사이의 방사상 갭(270)은 가스가 페데스탈 위의 처리 영역으로부터 펌핑 고리(163)로 이동하는 것을 허용한다. 유전체 측벽부(102')는 챔버의 상부 및 바닥부 사이의 전류 유동을 막기 때문에, 외부 동축 전도체(126)는 챔버의 바닥부, 즉 페데스탈 베이스(118)에 접지될 필요가 있다. 이는 외부 동축 전도체(126) 및 접지된 베이스(118) 사이의 동축 케이블의 내부 전도체(164)를 연결시킴에 의해 이루어질 수 있다.

[0020] 더욱 경제적인 접근은 도 1의 전체적으로 전도성인 측벽(102)을 유지하는 것이고 또한 도 6의 배플(260)을 제공하는 것이다. 이러한 조합의 일 구현은 도 7 및 8에서 도시되고, 이 경우 배플(260)은 페데스탈(108) 및 측벽(102) 사이의 적어도 거의 전체 거리로 확대된다. 도 7의 배플(260)은 가스 투과성이고 예를 들면 가스 투과성 그릴로서 형성될 수 있다. 대안적으로 배플(260)의 가스 투과성 피쳐는 배플(260)을 통해 측방향 홀의 배열을 형성함에 의해 구현될 수 있다. 배플(260)의 가스 투과성 특징은 가스가 프로세싱 존으로부터 펌핑 고리(163)로 이동하는 것을 허용한다. 대안적인 구현에서, 플로어(106)는 절연 링(220)에 의해 페데스탈 베이스 플레이트(118)로부터 전기적으로 절연될 수 있고, 이 링(220)은 도 7의 실시예에서 선택적인 피쳐이다. 이는 RF 그라운드 귀환 전류가 플로어(106)로부터 페데스탈(108)의 접지된 베이스(118)로 이동하는 것을 막을 수 있다. 일 실시예에 따르면, 전도성 측벽은 플라즈마로부터 배플(260)로 그라운드 귀환 전류를 전도시킨다. 이를 위해, 배플(260)은 측벽에 전기적으로 연결된다. 일 실시예에서, 이는 전도성 측벽(102)으로부터 배플(260)로의 낮은 임피던스 용량적으로 결합된 경로에 의해 배플(260) 및 측벽(102) 사이에서 기계적 접촉을 필요로 하지 않고 수행된다. 이 피쳐는 금속-온-금속 마찰 없이 워크피스 지지 페데스탈(108)의 위 아래 운동을 가능하게 하고 이에 의해 오염을 막는다. 측벽(102)으로부터 배플(260)로의 용량성 결합은 도 7의 실시예에서 구현되는데, 이는 측벽(102)의 내부면 상의 전도성 레지(ledge; 287) 상에서 지지되는 전도성 측방향 플랜지(285) 및 배플(260)의 둘레의 에지 상에서 지지되는 전도성 측방향 플랜지(280)에 의해 구현된다. 측방향 플랜지(280, 285)는 충분히 작은 갭(290)에 걸쳐 서로 마주보고 이에 의해 RF 생성기(119) 또는 RF 생성기(40)의 주파수에서 매우 낮은 임피던스 용량성 결합을 제공한다. 결과적으로, RF 그라운드 귀환 전류는 챔버(100) 내부의 플라즈마로부터 측벽(102)으로 이동하고 그로부터 배플(260)로 그리고 배플로부터 그라운드 페데스탈 베이스(118)로 이동한다. 링 절연체(220)는 RF 그라운드 귀환 전류가 측벽(102)으로부터 접지된 페데스탈 베이스(118)로 이동하는 것을 막는다. 이러한 방법으로, RF 그라운드 귀환 전류 분포는 슬릿 밸브(128)를 지나서 이동하지 아니하고 펌핑 포트(162)를 지나서 이동하지 아니하며 이에 의해 펌핑 포트(163)의 존재에 의해 그리고 슬릿 밸브(128)의 존재에 의해 영향받지 않게 된다.

[0021] 배플(260)은 슬릿 밸브(128) 위의 위치에서 밀접하게 이격된 플랜지(280, 285)를 통해 측벽(102)에 연결된다. 일 실시예에서, 슬릿 밸브(128)는 배플(26)의 높이 아래의 측벽(102) 부분에 있다. 플라즈마로부터 측벽(102)으로의 RF 그라운드 귀환 전류는 측벽(102)을 따라 아래 방향으로 이동하지만 플랜지-대-플랜지 갭(290)에 걸쳐 배플(260)로 전환되고, 따라서 일반적으로 배플(260)의 높이 아래의 측벽(102)을 통해 이동하지 않는다. 일 실시예에서, RF 그라운드 귀환 전류는 슬릿 밸브(128)를 포함하는 측벽(102)의 하위 환형 섹션을 통해 이동하지 않는다. 결과적으로, 측벽(102)에 대한 배플(260)의 갭(290)에 걸친 결합은 RF 그라운드 귀환 전류가 슬

릿 밸브(128)에 도달하는 것을 막는다. 본 발명의 실시예는 RF 그라운드 귀환 전류 분포에서 방위각 스큐를 생성하는 슬릿 밸브(128)의 경향을 막거나 또는 감소시킨다.

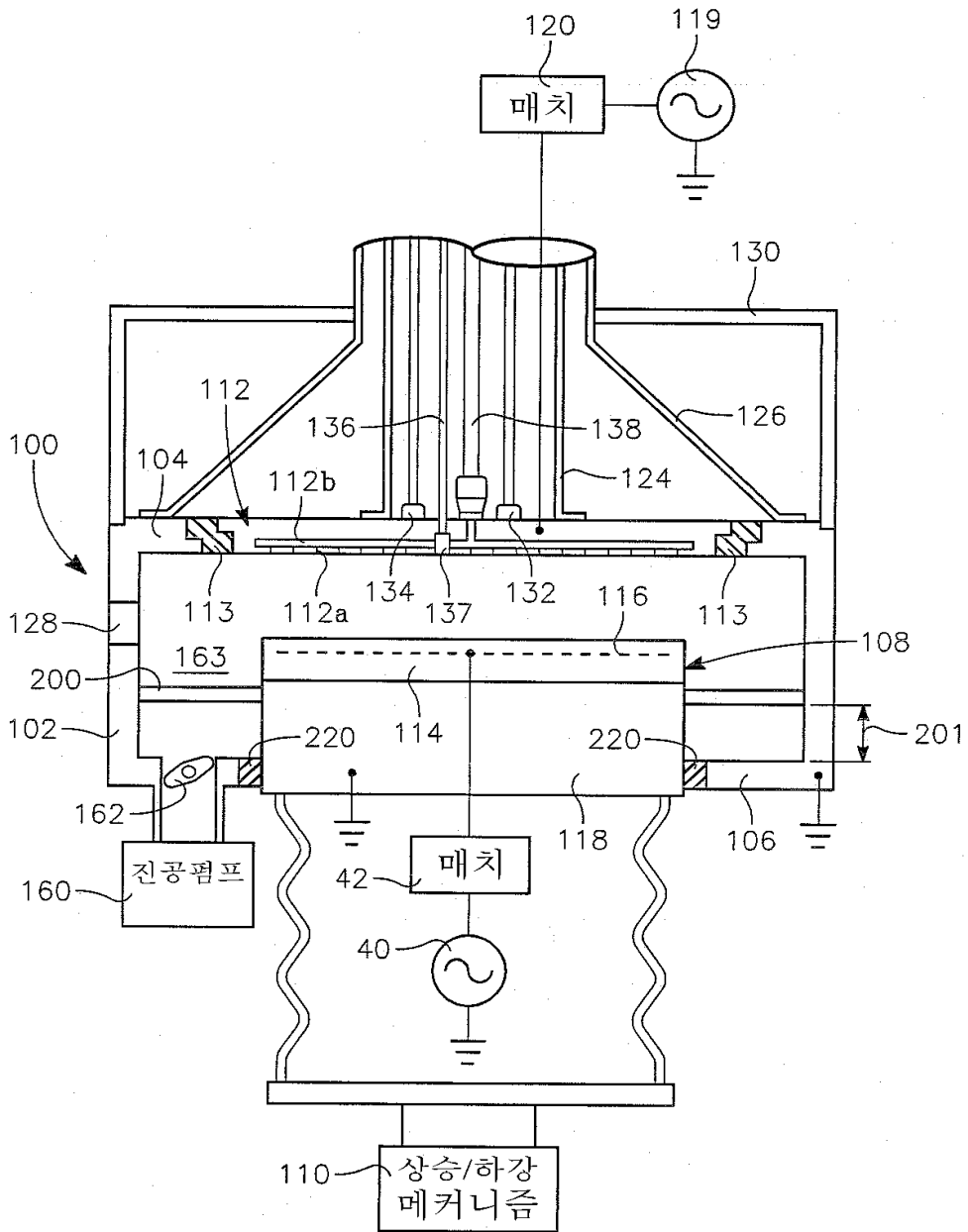
- [0022] 또한, RF 그라운드에서 방위각 스큐를 생성하는 경향은 도 9에서 도시된 거소가 같이 슬릿 밸브(128) 위에 유전체 링(300)을 설치함에 의해 억제될 수 있다. 유전체 링(300)의 존재는 측벽(102)을 따라 아래 방향으로 이동하는 RF 그라운드 귀환 전류가 슬릿 밸브(128)에 의해 나타나는 불연속에 이르는 것을 막는다. 유전체 링(300)은 이러한 불연속이 RF 그라운드 귀환 전류 분포에 영향을 미치는 것을 막는다. 슬릿 밸브 불연속이 전류 분포에 영향을 미치는 것을 막아서 워크피스에서 전기장에 영향을 미치는 것을 막고 플라즈마 처리에서 스큐 또는 불균일성을 막는다.
- [0023] 이전의 내용은 본 발명의 실시예를 위한 것이고, 본 발명의 다른 그리고 추가적인 실시예는 본 발명의 기본적인 범위로부터 벗어나지 아니한 채 고안될 수 있으며, 그 범위는 이하의 청구 범위에 의해 결정된다.

**도면의 간단한 설명**

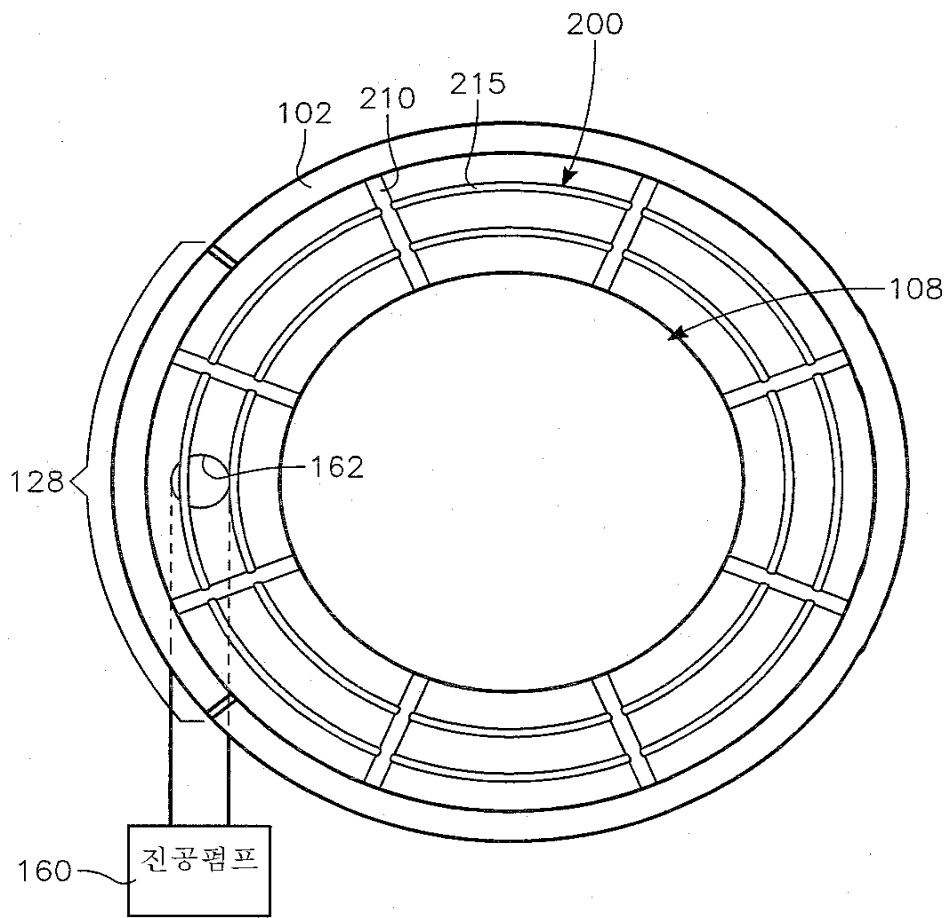
- [0024] 본 발명의 상기 실시예가 더욱 상세하게 이해되고 얻어지도록, 상기에서 간략하게 요약된 본 발명의 특별한 실시예는 첨부된 도면에서 도시된 실시예를 참고할 수 있다. 첨부된 도면은 본 발명의 전형적인 실시예를 도시할 뿐이고 따라서 본 발명의 범위를 제한하는 것은 아니며 본 발명은 다른 동등하게 효과적인 실시예를 허용할 수 있다.
- [0025] 도 1은 플라즈마 반응기 챔버의 플로어 위에 배치된 상승된 전도성 그릴이 있는 실시예를 도시한다.
- [0026] 도 2는 도 1에 대응하는 평면도이다.
- [0027] 도 3은 다수의 전도성 스트랩이 플라즈마 반응기의 슬릿 밸브 주위로 우회 전류 경로를 제공하는 실시예를 도시한다.
- [0028] 도 4는 도 3에 대응하는 평면도이고 도 5는 대응하는 측면도이다.
- [0029] 도 6은 페데스탈 주위에 접지된 전도성 플랜지 및 유전체 챔버 바디를 갖는 다른 실시예에 따른 플라즈마 반응기를 도시한다.
- [0030] 도 7은 측벽에 전기적으로 연결되고 페데스탈 상에 접지된 전도성 플랜지 및 전도성 챔버 바디를 갖는 추가적인 실시예에 따른 플라즈마 반응기를 도시한다.
- [0031] 도 8은 도 7에 대응하는 평면도이다.
- [0032] 도 9는 도 7의 실시예의 변형을 도시하고 이 경우 유전체 링은 측벽에 제공된다.
- [0033] 이해를 돕기 위해, 가능한 도면들에서 공통적인 동일한 요소를 지칭하기 위해 동일한 참조 번호가 이용되었다.

도면

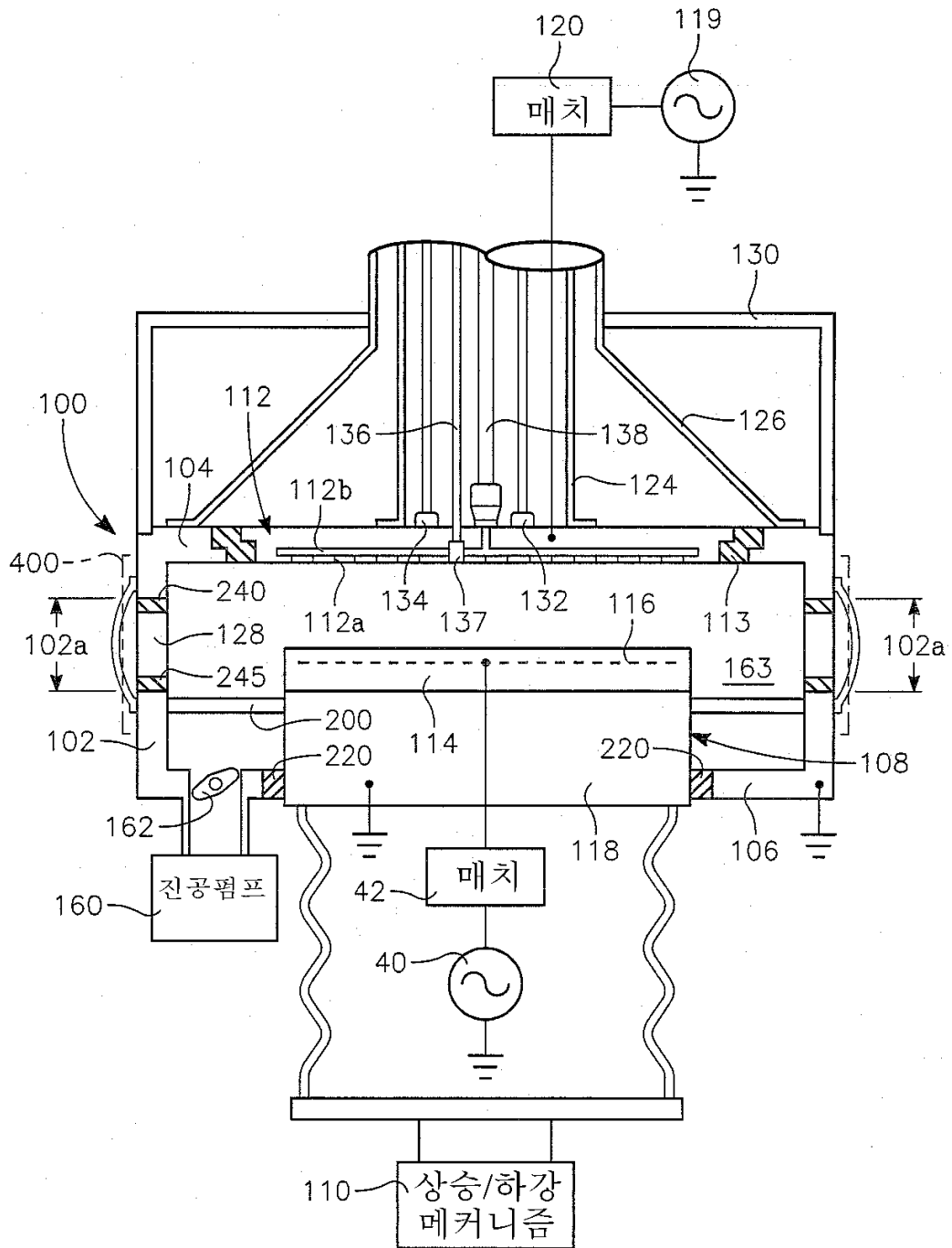
도면1



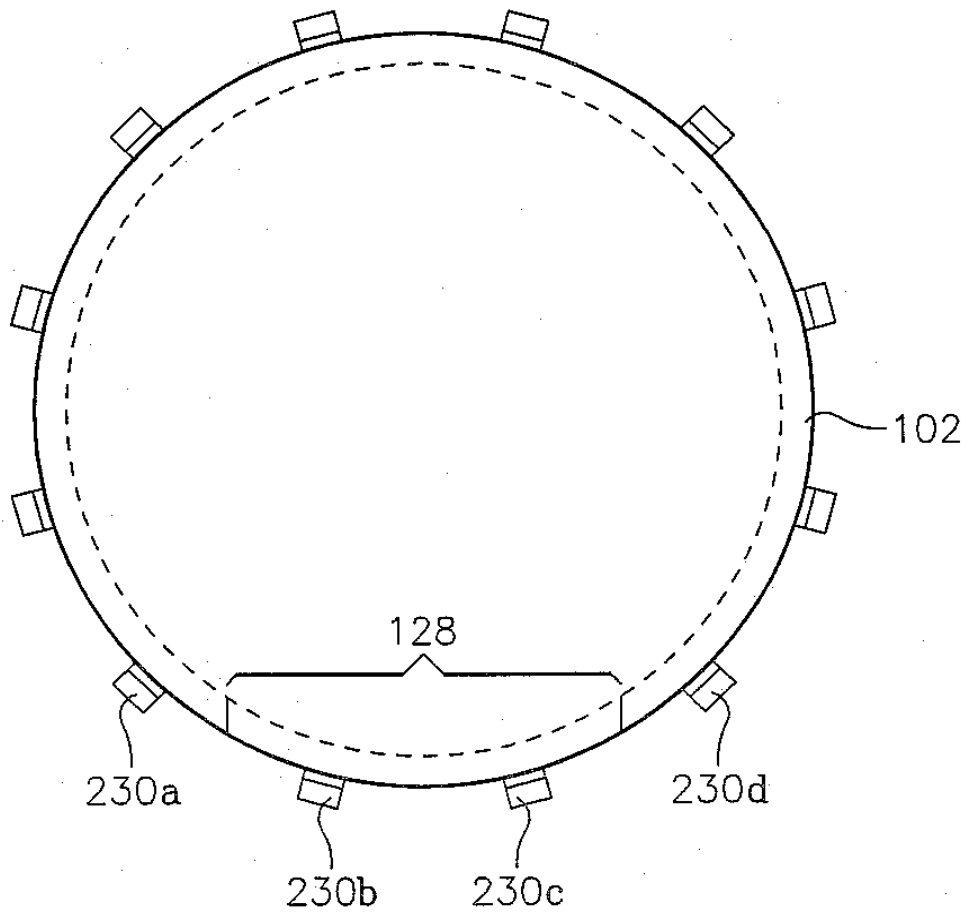
도면2



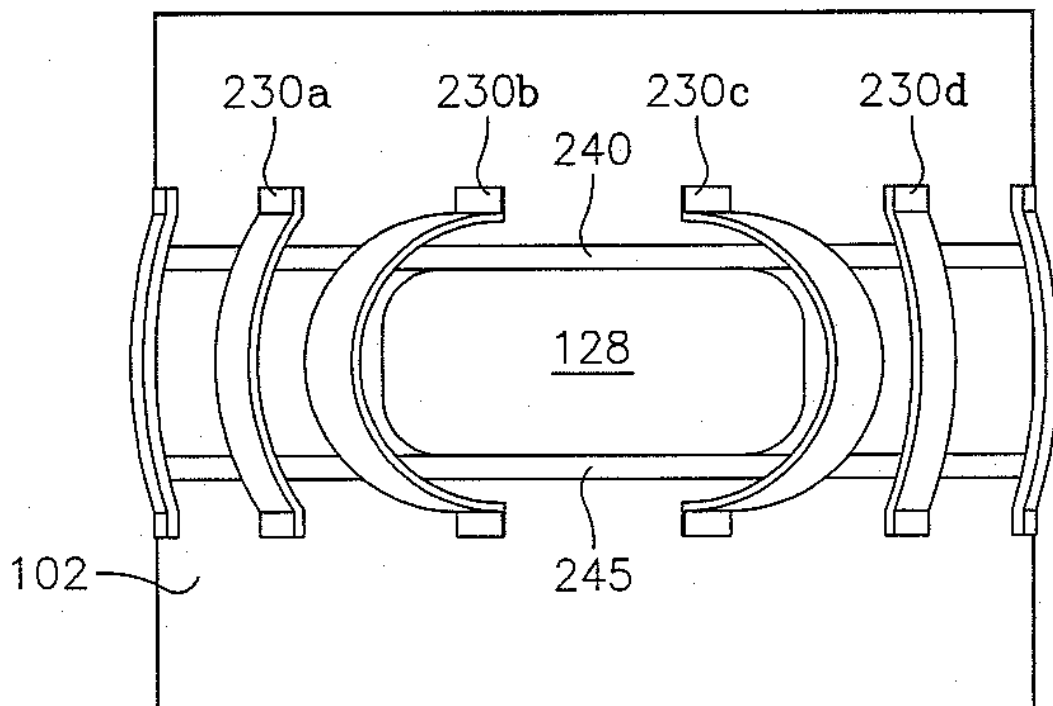
도면3



도면4

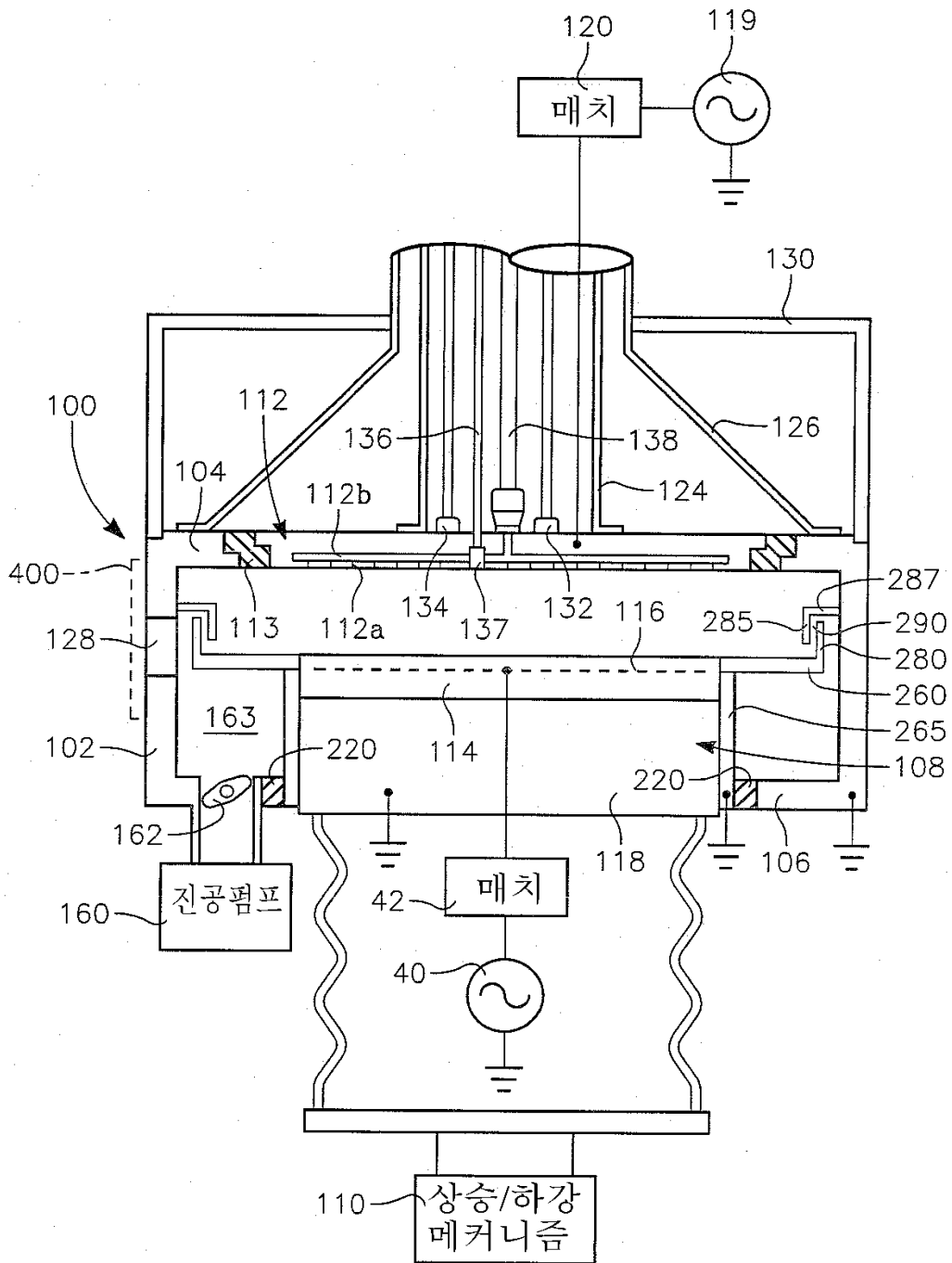


도면5





도면7



도면8

