



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0036345
(43) 공개일자 2019년04월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01J 37/32 (2006.01)

(52) CPC특허분류
H01J 37/32532 (2013.01)
H01J 37/32174 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2017-0125462
(22) 출원일자 2017년09월27일
심사청구일자 없음

(71) 출원인

삼성전자주식회사

경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)

(72) 발명자

남상기

경기도 성남시 분당구 정자일로 248, 613동 2405호

임성용

서울특별시 송파구 올림픽로34길 24-1, 501호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

박영우

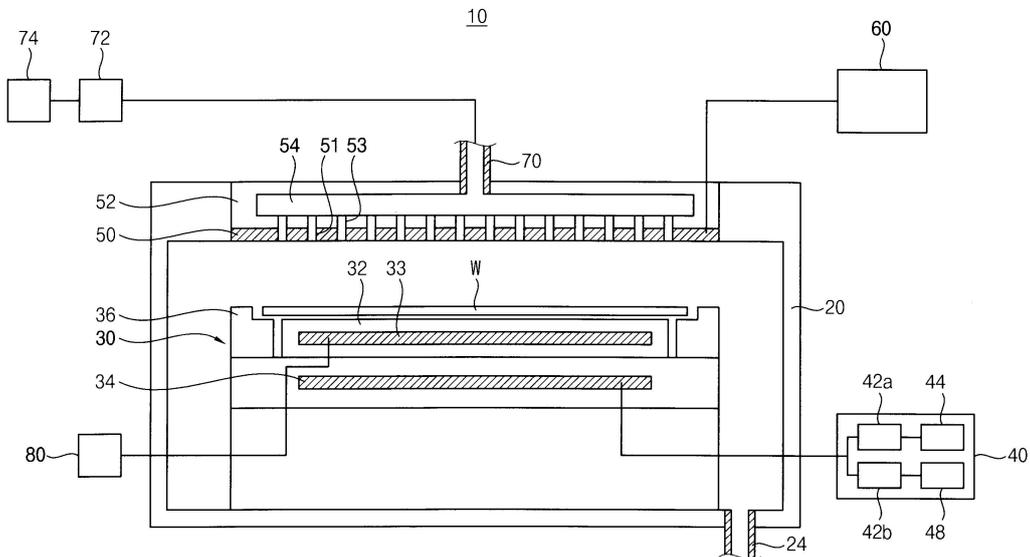
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 플라즈마 처리 장치 및 플라즈마 처리 방법

(57) 요약

플라즈마 처리 장치는 기판을 처리하기 위한 공간을 제공하는 챔버, 상기 챔버 내부에서 상기 기판을 지지하며 하부 전극을 갖는 기판 스테이지, 상기 챔버 내부에 상기 하부 전극과 대향하도록 배치되는 상부 전극, 상기 하부 전극에 정현파 파워를 인가하여 상기 챔버 내에 플라즈마를 형성하기 위한 정현파 파워 소스를 구비하는 제1 파워 공급부, 및 상기 상부 전극에 비정현파 파워를 인가하여 전자 빔을 생성하기 위한 제2 파워 공급부를 포함한다.

대표도



(52) CPC특허분류

H01J 37/3244 (2013.01)

(72) 발명자

유범진

경기도 화성시 동탄중심상가1길 18, 1803호

선종우

경기도 화성시 동탄반석로 41, 611동 1104호

한규희

경기도 성남시 분당구 판교로 50, 109동 1002호

허광엽

경기도 용인시 기흥구 서천서로20번길 8-1, 202호

한제우

경기도 화성시 동탄면 동탄신리천로1길 74, 1907동
1301호

명세서

청구범위

청구항 1

기관을 처리하기 위한 공간을 제공하는 챔버;

상기 챔버 내부에서 상기 기관을 지지하며, 하부 전극을 갖는 기관 스테이지;

상기 챔버 내부에 상기 하부 전극과 대향하도록 배치되는 상부 전극;

상기 하부 전극에 정현파 파워를 인가하여 상기 챔버 내에 플라즈마를 형성하기 위한 정현파 파워 소스를 구비하는 제1 파워 공급부; 및

상기 상부 전극에 비정현파 파워를 인가하여 전자 빔을 생성하기 위한 제2 파워 공급부를 포함하는 플라즈마 처리 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 상부 전극은 상기 기관의 중앙부에 대향하도록 배치되는 제1 상부 전극 및 상기 제1 상부 전극과 절연되며 상기 기관의 가장자리에 대향하도록 배치된 제2 상부 전극을 포함하는 플라즈마 처리 장치.

청구항 3

제 2 항에 있어서, 상기 제1 상부 전극은 원형 형상의 제1 플레이트를 포함하고 상기 제2 상부 전극은 상기 제1 플레이트를 둘러싸는 환형 형상의 제2 플레이트를 포함하는 플라즈마 처리 장치.

청구항 4

제 2 항에 있어서, 상기 제2 파워 공급부는 상기 제1 상부 전극에 제1 정현파 파워를 인가하고 상기 제2 상부 전극에 상기 제1 정현파 파워에 대해 기 설정된 비율을 갖는 제2 정현파 파워를 인가하는 플라즈마 처리 장치.

청구항 5

제 2 항에 있어서, 상기 제1 및 제2 상부 전극들에 인가되는 파워의 비율은 가변되는 플라즈마 처리 장치.

청구항 6

제 2 항에 있어서, 상기 제1 상부 전극은 관통 형성되어 상기 챔버 내부로 가스를 공급하기 위한 복수 개의 제1 분사 홀들을 갖는 플라즈마 처리 장치.

청구항 7

제 6 항에 있어서, 상기 제2 상부 전극은 관통 형성되어 상기 챔버 내부로 가스를 공급하기 위한 복수 개의 제2 분사 홀들을 갖는 플라즈마 처리 장치.

청구항 8

제 1 항에 있어서, 상기 챔버 내부로 가스를 공급하기 위한 샤워 헤드를 더 포함하고,

상기 샤워 헤드는 상기 상부 전극을 지지하며 상기 가스를 확산시켜 상기 상부 전극의 분사 홀들을 통해 상기 가스를 분사시키기 위한 전극 지지 플레이트를 포함하는 플라즈마 처리 장치.

청구항 9

제 8 항에 있어서, 상기 전극 지지 플레이트는 내부에 가스 확산실을 포함하고, 상기 가스 확산실에는 상기 분사 홀들과 연통된 가스 통로들이 형성된 플라즈마 처리 장치.

청구항 10

제 8 항에 있어서, 상기 상부 전극은 상기 기관의 중앙부에 대향하도록 배치되는 제1 상부 전극 및 상기 제1 상부 전극과 절연되며 상기 기관의 가장자리에 대향하도록 배치된 제2 상부 전극을 포함하고,

상기 전극 지지 플레이트는 상기 제1 상부 전극을 지지하며 상기 가스를 확산시켜 상기 제1 상부 전극의 제1 분사 홀들을 통해 상기 가스를 분사시키기 위한 제1 전극 지지 플레이트를 포함하는 플라즈마 처리 장치.

청구항 11

제 10 항에 있어서, 상기 제1 전극 지지 플레이트는 내부에 제1 가스 확산실을 포함하고, 상기 제1 가스 확산실에는 상기 제1 분사 홀들과 연통된 제1 가스 통로들이 형성된 플라즈마 처리 장치.

청구항 12

제 10 항에 있어서, 상기 전극 지지 플레이트는 상기 제2 상부 전극을 지지하는 제2 전극 지지 플레이트를 더 포함하는 플라즈마 처리 장치.

청구항 13

제 12 항에 있어서, 상기 제2 전극 지지 플레이트는 내부에 제2 가스 확산실을 포함하고, 상기 제2 가스 확산실에는 상기 제2 상부 전극의 제2 분사 홀들과 연통된 제2 가스 통로들이 형성된 플라즈마 처리 장치.

청구항 14

제 1 항에 있어서, 상기 제1 파워 공급부는 상기 하부 전극에 비정현파 파워를 인가하기 위한 비정현파 파워 소스를 더 포함하는 플라즈마 처리 장치.

청구항 15

제 14 항에 있어서, 상기 제1 파워 공급부는 상기 정현파 파워 소스로부터의 정현파 파워 및 상기 비정현파 파워 소스로부터의 비정현파 파워를 상기 하부 전극에 동시에 또는 선택적으로 인가하기 위한 스위칭부를 더 포함하는 플라즈마 처리 장치.

청구항 16

제 15 항에 있어서, 상기 스위칭부는 상기 정현파 파워 소스와 상기 하부 전극 사이에 설치되어 상기 정현파 파워의 공급을 스위칭하는 제1 스위칭부 및 상기 비정현파 파워 소스와 상기 하부 전극 사이에 설치되어 상기 비정현파 파워의 공급을 스위칭하는 제2 스위칭부를 포함하는 플라즈마 처리 장치.

청구항 17

기관을 처리하기 위한 공간을 제공하는 챔버;

상기 챔버 내부에서 상기 기관을 지지하며, 하부 전극을 갖는 기관 스테이지;

상기 하부 전극 상부에서 상기 기관의 제1 영역과 대향하도록 배치되는 제1 상부 전극 및 상기 제1 상부 전극과 절연되며 상기 기관의 제2 영역과 대향하도록 배치되는 제2 상부 전극;

상기 하부 전극에 정현파 파워를 인가하여 상기 챔버 내에 플라즈마를 형성하기 위한 정현파 파워 소스를 구비하는 제1 파워 공급부; 및

상기 제1 및 제2 상부 전극들에 비정현파 파워를 각각 인가하기 위한 제2 파워 공급부를 포함하는 플라즈마 처리 장치.

청구항 18

제 16 항에 있어서, 상기 제2 파워 공급부는 상기 제1 상부 전극에 제1 정현파 파워를 인가하고 상기 제2 상부 전극에 상기 제1 정현파 파워에 대해 기 설정된 비율을 갖는 제2 정현파 파워를 인가하는 플라즈마 처리 장치.

청구항 19

제 17 항에 있어서, 상기 제1 파워 공급부는 상기 하부 전극에 비정현파 파워를 인가하기 위한 비정현파 파워

소스를 더 포함하는 플라즈마 처리 장치.

청구항 20

제 17 항에 있어서, 상기 제1 파워 공급부는 상기 정현파 파워 소스로부터의 상기 정현파 파워 및 상기 비정현파 파워 소스로부터의 상기 비정현파 파워를 상기 하부 전극에 동시에 또는 선택적으로 인가하기 위한 스위칭부를 더 포함하는 플라즈마 처리 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 플라즈마 처리 장치 및 플라즈마 처리 방법에 관한 것이다. 보다 자세하게, 본 발명은 플라즈마를 이용하여 기판 상의 식각 대상막을 식각하기 위한 플라즈마 처리 장치 및 이를 이용한 플라즈마 처리 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 많은 형태의 반도체 장치들은 플라즈마-기반 에칭 기술을 사용하여 제조될 수 있다. 예를 들면, 정전 용량형 플라즈마 식각 장치 등과 같은 플라즈마 식각 장치는 챔버 내부에 플라즈마를 생성하여 식각 공정을 수행할 수 있다. 그러나, 고종횡비의 홀을 식각할 때, 웨이퍼에 양이온들이 대전되어 수직 식각이 어렵고, 웨이퍼 전체 영역에 걸쳐 플라즈마 밀도를 정밀하게 제어하기 어려운 문제가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0003] 본 발명의 일 과제는 식각 프로파일의 제어성을 향상시킬 수 있는 플라즈마 처리 장치를 제공하는 데 있다.

[0004] 본 발명의 다른 과제는 상술한 플라즈마 처리 장치를 이용하여 수행되는 플라즈마 처리 방법을 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0005] 상기 본 발명의 일 과제를 달성하기 위한 예시적인 실시예들에 따른 플라즈마 처리 장치는 기판을 처리하기 위한 공간을 제공하는 챔버, 상기 챔버 내부에서 상기 기판을 지지하며 하부 전극을 갖는 기판 스테이지, 상기 챔버 내부에 상기 하부 전극과 대향하도록 배치되는 상부 전극, 상기 하부 전극에 정현파 파워를 인가하여 상기 챔버 내에 플라즈마를 형성하기 위한 정현파 파워 소스를 구비하는 제1 파워 공급부, 및 상기 상부 전극에 비정현파 파워를 인가하여 전자 빔을 생성하기 위한 제2 파워 공급부를 포함한다.

[0006] 상기 본 발명의 일 과제를 달성하기 위한 예시적인 실시예들에 따른 플라즈마 처리 장치는 기판을 처리하기 위한 공간을 제공하는 챔버, 상기 챔버 내부에서 상기 기판을 지지하며 하부 전극을 갖는 기판 스테이지, 상기 하부 전극 상부에서 상기 기판의 제1 영역과 대향하도록 배치되는 제1 상부 전극 및 상기 제1 상부 전극과 절연되며 상기 기판의 제2 영역과 대향하도록 배치되는 제2 상부 전극, 상기 하부 전극에 정현파 파워를 인가하여 상기 챔버 내에 플라즈마를 형성하기 위한 정현파 파워 소스를 구비하는 제1 파워 공급부, 및 상기 제1 및 제2 상부 전극들에 비정현파 파워를 각각 인가하기 위한 제2 파워 공급부를 포함한다.

[0007] 상기 본 발명의 다른 과제를 달성하기 위한 예시적인 실시예들에 따른 플라즈마 처리 방법에 있어서, 챔버 내의 하부 전극이 구비된 기판 스테이지 상에 기판을 로딩한다. 상기 하부 전극에 정현파 파워를 인가하여 상기 챔버 내에 플라즈마를 형성한다. 상기 하부 전극과 대향하도록 배치된 상부 전극에 비정현파 파워를 인가하여 전자 빔을 형성한다. 상기 기판 상의 식각 대상막을 식각한다.

발명의 효과

[0008] 예시적인 실시예들에 따르면, 플라즈마 처리 장치는 챔버 내에 정현파 파워가 인가되는 하부 전극을 갖는 기판 스테이지 및 비정현파 파워가 인가되는 상부 전극을 포함할 수 있다. 상기 상부 전극은 서로 다른 크기의 비정

현과 파워들이 인가되는 적어도 2개의 제1 및 제2 상부 전극들을 포함할 수 있다.

- [0009] 상기 상부 전극에 상기 비정현과 파워가 인가되면, 식각 공정 중에 상기 상부 전극에 증착되는 폴리머와 같은 절연 물질에 관계없이 일정한 에너지를 갖는 전자 빔이 생성되고, 상기 전자 빔은 기관으로 조사되어 양 이온들을 중성화시켜 고종횡비의 홀을 형성하기 위한 수직 식각 성능을 향상시킬 수 있다.
- [0010] 또한, 상기 상부 전극에 인가되는 비정현과 파워를 조절하여 원하는 크기의 에너지를 갖는 전자 빔을 형성함으로써, 플라즈마의 밀도를 증가시킬 수 있다.
- [0011] 더욱이, 기관 영역별로 나누어진 상기 제1 및 제2 상부 전극들에 비정현과 파워를 독립적으로 인가하여 서로 다른 크기의 전자 빔들을 형성함으로써, 플라즈마 산포를 제어할 수 있다.
- [0012] 다만, 본 발명의 효과는 상기 언급한 효과에 한정되는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위에서 다양하게 확장될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0013] 도 1은 예시적인 실시예들에 따른 플라즈마 처리 장치를 나타내는 블록도이다.
- 도 2는 도 1의 플라즈마 처리 장치의 제1 파워 공급부에 의해 생성되는 정현과 파워 신호를 나타내는 그래프이다.
- 도 3은 도 1의 플라즈마 처리 장치의 제2 파워 공급부에 의해 생성되는 비정현과 파워 신호를 나타내는 그래프이다.
- 도 4는 도 1의 플라즈마 처리 장치의 챔버 내에 형성된 플라즈마 및 전자 빔을 나타내는 도면이다.
- 도 5는 도 1의 플라즈마 처리 장치의 제1 파워 공급부를 나타내는 블록도이다.
- 도 6은 도 5의 제1 파워 공급부에 의해 생성되는 정현과 파워와 비정현과 파워의 복합 신호를 나타내는 그래프이다.
- 도 7은 예시적인 실시예들에 따른 플라즈마 처리 장치를 나타내는 블록도이다.
- 도 8은 도 7의 플라즈마 처리 장치의 제1 상부 전극 및 제2 상부 전극을 나타내는 평면도이다.
- 도 9는 도 7의 플라즈마 처리 장치의 챔버 내에 형성된 플라즈마 및 전자 빔을 나타내는 도면이다.
- 도 10은 예시적인 실시예들에 따른 플라즈마 처리 장치를 나타내는 블록도이다.
- 도 11은 도 10의 플라즈마 처리 장치의 제1 상부 전극 및 제2 상부 전극을 나타내는 평면도이다.
- 도 12는 예시적인 실시예들에 따른 플라즈마 처리 방법을 나타내는 순서도이다.
- 도 13는 예시적인 실시예들에 따른 반도체 장치의 패턴 형성 방법을 나타내는 단면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0014] 이하, 첨부한 도면들을 참조하여, 본 발명의 바람직한 실시예를 보다 상세하게 설명하고자 한다.
- [0015] 도 1은 예시적인 실시예들에 따른 플라즈마 처리 장치를 나타내는 블록도이다. 도 2는 도 1의 플라즈마 처리 장치의 제1 파워 공급부에 의해 생성되는 정현과 파워 신호를 나타내는 그래프이다. 도 3은 도 1의 플라즈마 처리 장치의 제2 파워 공급부에 의해 생성되는 비정현과 파워 신호를 나타내는 그래프이다. 도 4는 도 1의 플라즈마 처리 장치의 챔버 내에 형성된 플라즈마 및 전자 빔을 나타내는 도면이다. 도 5는 도 1의 플라즈마 처리 장치의 제1 파워 공급부를 나타내는 블록도이다. 도 6은 도 5의 제1 파워 공급부에 의해 생성되는 정현과 파워와 비정현과 파워의 복합 신호를 나타내는 그래프이다.
- [0016] 도 1 내지 도 6을 참조하면, 플라즈마 처리 장치(10)는 챔버(20), 하부 전극(34)을 갖는 기관 스테이지(30), 상부 전극(50), 제1 파워 공급부(40) 및 제2 파워 공급부(60)를 포함할 수 있다. 또한, 플라즈마 처리 장치(10)는 가스 공급부, 배기부를 더 포함할 수 있다.
- [0017] 예시적인 실시예들에 있어서, 플라즈마 처리 장치(10)는 용량 결합형 플라즈마(CCP, capacitively coupled plasma) 챔버 내에 배치된 반도체 웨이퍼(W)와 같은 기관 상의 식각 대상막을 식각하기 위한 장치일 수 있다.

하지만, 이에 제한되지는 않는다. 여기서, 상기 기판은 반도체 기판, 유리 기판 등을 포함할 수 있다.

- [0018] 챔버(20) 내부에는 상기 기판을 지지하기 위한 기판 스테이지(30)가 배치될 수 있다. 예를 들면, 기판 스테이지(30)는 웨이퍼(W)를 지지하기 위한 서셉터로서의 역할을 수행할 수 있다. 기판 스테이지(30)는 상부에 웨이퍼(W)를 정전 흡착력으로 유지하기 위한 정전 전극(33)을 갖는 지지 플레이트(32)를 포함할 수 있다. 정전 전극(33)은 온-오프(ON-OFF)되는 스위치(도시되지 않음)를 거쳐 직류 전원(80)으로부터 공급되는 직류 전압에 의해, 정전력으로 웨이퍼(W)를 흡착 및 유지할 수 있다.
- [0019] 기판 스테이지(30)는 지지 플레이트(32) 하부에 원판 형상의 하부 전극(34)을 포함할 수 있다. 하부 전극(34)은 구동부(도시되지 않음)에 의해 상하로 이동 가능하도록 설치될 수 있다. 기판 스테이지(30)는 지지 플레이트(32)의 둘레를 따라 웨이퍼(W)의 가장자리 영역을 지지하는 포커스 링(36)을 포함할 수 있다. 포커스 링(36)은 링 형상을 가질 수 있다.
- [0020] 도면에 도시되지는 않았지만, 기판 스테이지(30)는 내부에 히터, 복수 개의 유로들이 형성될 수 있다. 상기 히터는 전원과 전기적으로 연결되어 지지 플레이트(32)를 통해 웨이퍼(W)를 가열시킬 수 있다. 상기 히터는 나선 형상의 코일을 포함할 수 있다. 상기 유로는 열 전달 가스가 순환하는 통로로 제공될 수 있다. 상기 유로는 지지 플레이트(32) 내부에 나선 형상으로 형성될 수 있다.
- [0021] 챔버(20)의 측벽에는 웨이퍼(W)의 출입을 위한 게이트(도시되지 않음)가 설치될 수 있다. 상기 게이트를 통해 웨이퍼(W)가 상기 기판 스테이지 상으로 로딩 및 언로딩될 수 있다.
- [0022] 상기 배기부는 챔버(20)의 하부에 설치된 배기 포트(24)에 배기관을 통해 연결될 수 있다. 상기 배기부는 터보 분자 펌프와 같은 진공 펌프를 포함하여 챔버(20) 내부의 처리 공간을 원하는 진공도의 압력으로 조절할 수 있다. 또한, 챔버(20) 내에 발생된 공정 부산물들 및 잔여 공정 가스들을 배기 포트(24)를 통하여 배출될 수 있다.
- [0023] 상부 전극(50)은 하부 전극(34)과 대향하도록 기판 스테이지(30) 상부에 배치될 수 있다. 상부 전극(50)과 하부 전극(34) 사이의 챔버 공간은 플라즈마 발생 영역으로 사용될 수 있다. 상부 전극(50)은 기판 스테이지(30) 상의 웨이퍼(W)를 향하는 면을 가질 수 있다.
- [0024] 상부 전극(50)은 챔버(20) 상부에서 절연 차폐 부재(도시되지 않음)에 의해 지지될 수 있다. 상부 전극(50)은 챔버(20) 내부로 가스를 공급하기 위한 샤워 헤드의 일부로서 제공될 수 있다. 상부 전극(50)은 원형 형상의 전극 플레이트를 포함할 수 있다. 상부 전극(50)은 관통 형성되어 챔버(20) 내부로 가스를 공급하기 위한 복수 개의 분사 홀들(51)을 가질 수 있다.
- [0025] 구체적으로, 상기 샤워 헤드는 상부 전극(50)을 지지하며 상기 가스를 확산시켜 상부 전극(50)의 분사 홀들(51)을 통해 상기 가스를 분사시키기 위한 전극 지지 플레이트(52)를 포함할 수 있다. 전극 지지 플레이트(52)는 내부에 가스 확산실(54)을 포함하고, 가스 확산실(54)에는 분사 홀들(51)과 연통된 가스 통로들(53)이 형성될 수 있다. 상부 전극(50)은 전극 지지 플레이트(52)의 하부면에 탈착 가능하도록 설치될 수 있다. 전극 지지 플레이트(52)는 알루미늄과 같은 도전 물질을 포함하고, 수냉 구조를 가질 수 있다.
- [0026] 상기 가스 공급부는 가스 공급 엘리먼트들로서, 가스 공급관(70), 유량 제어기(72) 및 가스 공급원(74)을 포함할 수 있다. 가스 공급관(70)은 전극 지지 플레이트(52)의 가스 확산실(54)과 연결되고, 유량 제어기(72)는 가스 공급관(70)을 통하여 챔버(20) 내부로 유입되는 가스의 공급 유량을 제어할 수 있다. 예를 들면, 가스 공급원(74)은 복수 개의 가스 탱크들을 포함하고, 유량 제어기(72)는 상기 가스 탱크들에 각각 대응하는 복수 개의 질량 유량 제어기들(MFC, mass flow controller)을 포함할 수 있다. 상기 질량 유량 제어기들은 상기 가스들의 공급 유량들을 각각 독립적으로 제어할 수 있다.
- [0027] 예시적인 실시예들에 있어서, 제1 파워 공급부(40)는 하부 전극(34)에 정현파 파워를 인가하여 챔버(20) 내에 플라즈마를 형성할 수 있다. 제2 파워 공급부(60)는 상부 전극(50)에 비정현파 파워를 인가하여 전자 빔을 형성할 수 있다.
- [0028] 도 2에 도시된 바와 같이, 하부 전극(34)에 인가된 파워 신호는 정현파의 전압 파형을 가질 수 있다. 예를 들면, 상기 정현파 파워는 약 27 MHz 내지 2.45 GHz의 주파수 범위와 약 100W 내지 1000W의 파워 범위를 갖는 RF 파워로 생성될 수 있다.
- [0029] 도 3에 도시된 바와 같이, 상부 전극(50)에 인가된 파워 신호는 비정현파의 전압 파형을 가질 수 있다. 상기 제 2 바이어스 전력 신호는 DC 펄스부(S) 및 램프부(R)를 가질 수 있다. 램프부(R)는 상기 보상 전류에 의해 변조

된 부분으로서, 램프부(R)는 DC 펄스부(P)의 최대값에서 최소값으로 떨어질 때 시간에 따라 완만하게 감소하는 파형, 즉 음의 기울기를 가질 수 있다.

- [0030] 도 4에 도시된 바와 같이, 정현파 파워가 하부 전극(34)에 인가되면 챔버(20) 내에 플라즈마(P)가 형성되고, 비정현파 파워가 상부 전극(50)에 인가되면 일정 에너지를 갖는 전자 빔(B)이 생성될 수 있다. 상부 전극(50)으로부터 발생된 전자 빔(B)은 시스(sheath)를 지나 가속되고 하부 전극(34) 상에 놓여진 웨이퍼(W)로 조사될 수 있다.
- [0031] 상부 전극(50)에 비정현파 파워가 인가되면, 식각 공정 중에 상부 전극(50)에 증착되는 폴리머와 같은 절연 물질에 관계없이 일정한 에너지를 갖는 전자 빔(B)이 생성되고, 웨이퍼(W)로 조사된 전자 빔(B)은 양 이온들을 중성화시켜 고중형비의 홀을 형성하기 위한 식각 프로파일의 제어성을 향상시킬 수 있다. 또한, 상부 전극(50)에 인가되는 비정현파 파워를 조절하여 원하는 크기의 에너지를 갖는 전자 빔(B)을 형성함으로써, 플라즈마(P)의 밀도를 증가시킬 수 있다.
- [0032] 예시적인 실시예들에 있어서, 제1 파워 공급부(40)는 하부 전극(34)에 정현파 파워 및 비정현파 파워를 선택적으로 또는 동시에 인가할 수 있다.
- [0033] 도 5에 도시된 바와 같이, 제1 파워 공급부(40)는 하부 전극(34)에 정현파 파워를 인가하기 위한 정현파 파워 소스(44) 및 하부 전극(34)에 비정현파 파워를 인가하기 위한 비정현파 파워 소스(48)를 포함할 수 있다.
- [0034] 또한, 제1 파워 공급부(40)는 정현파 파워 소스(44)로부터의 상기 정현파 파워 및 비정현파 파워 소스(48)로부터의 상기 비정현파 파워를 하부 전극(34)에 동시에 또는 선택적으로 인가하기 위한 스위칭부를 더 포함할 수 있다. 상기 스위칭부는 정현파 파워 소스(44)와 하부 전극(34) 사이에 설치되어 상기 정현파 파워의 공급을 스위칭하는 제1 스위칭부(42a) 및 비정현파 파워 소스(48)와 하부 전극(34) 사이에 설치되어 상기 비정현파 파워의 공급을 스위칭하는 제2 스위칭부(42b)를 포함할 수 있다.
- [0035] 예를 들면, 정현파 파워 소스(44)는 고주파(RF) 신호를 발생시키는 RF 전원(46) 및 RF 전원(46)에서 발생된 RF 신호의 임피던스를 매칭하는 RF 정합기(45)를 포함할 수 있다. 정현파 파워 소스(44)는 정현파 파워 라인을 통해 하부 전극(34)에 전기적으로 연결될 수 있다. 제1 스위칭부(42a)는 상기 정현파 파워 라인에 설치될 수 있다. 제1 스위칭부(42a)는 핀 다이오드(PIN diode)를 포함할 수 있다.
- [0036] 비정현파 파워 소스(48)는 비정현파 파워 라인을 통해 하부 전극(34)에 전기적으로 연결될 수 있다. 제2 스위칭부(42b)는 상기 비정현파 파워 라인에 설치될 수 있다. 제2 스위칭부(42a)는 양방향 스위치(bidirectional switch) 또는 진공 릴레이(vacuum relay)를 포함할 수 있다.
- [0037] 제1 스위칭부(42a)가 온(ON) 되고 제2 스위칭부(42b)가 오프(OFF) 되면, 정현파 파워가 하부 전극(34)에 인가될 수 있다. 제1 스위칭부(42a)가 오프(OFF)되고 제2 스위칭부(42b)가 온(ON)되면, 비정현파 파워가 하부 전극(34)에 인가될 수 있다. 제1 및 제2 스위칭부들(42a, 42b)이 온(ON) 되면, 도 6에서와 같이, 상기 정현파 파워와 상기 비정현파 파워의 복합 신호가 하부 전극(34)에 인가될 수 있다.
- [0038] 상기 비정현파 파워가 하부 전극(34)에 인가되면 웨이퍼(W) 표면에 원하는 분포의 이온 에너지를 형성할 수 있다. 예를 들면, 하부 전극(34)에 비정현파 파워를 인가하여 웨이퍼(W) 표면에 형성되는 이온 에너지를 제어할 수 있다.
- [0039] 도 7은 예시적인 실시예들에 따른 플라즈마 처리 장치를 나타내는 블록도이다. 도 8은 도 7의 플라즈마 처리 장치의 제1 상부 전극 및 제2 상부 전극을 나타내는 평면도이다. 도 9는 도 7의 플라즈마 처리 장치의 챔버 내에 형성된 플라즈마 및 전자 빔을 나타내는 도면이다. 상기 플라즈마 처리 장치는 제1 및 제2 상부 전극들을 제외하고는 도 1 내지 도 6을 참조로 설명한 플라즈마 처리 장치와 실질적으로 동일하거나 유사하다. 이에 따라, 동일한 구성요소들에 대해서는 동일한 참조부호들로 나타내고, 또한 동일한 구성요소들에 대한 반복 설명은 생략한다.
- [0040] 도 7 내지 도 9를 참조하면, 플라즈마 처리 장치(11)의 상부 전극은 기판 스테이지(30) 상부에서 웨이퍼(W)의 제1 영역과 대향하도록 배치되는 제1 상부 전극(50a) 및 웨이퍼(W)의 제2 영역과 대향하도록 배치되는 제2 상부 전극(50a)을 포함할 수 있다. 플라즈마 처리 장치(11)의 제2 파워 공급부(60)는 제1 상부 전극(50a)에 제1 정현파 파워를 인가하고 제2 상부 전극(50b)에 상기 제1 정현파 파워에 대해 기 설정된 비율을 갖는 제2 정현파 파워를 인가할 수 있다.
- [0041] 예시적인 실시예들에 있어서, 제1 상부 전극(50a)은 챔버(20) 내부로 가스를 공급하기 위한 샤워 헤드의 일부로

서 제공될 수 있다. 상기 샤워 헤드는 제1 상부 전극(50a)을 지지하는 전극 지지 플레이트(52)를 포함할 수 있다.

- [0042] 도 8에 도시된 바와 같이, 제1 상부 전극(50a)은 웨이퍼(W)의 중앙부에 대향하도록 원형 형상의 제1 전극 플레이트를 포함하고, 제2 상부 전극(50b)은 웨이퍼(W)의 가장자리에 대향하도록 환형 형상의 제2 전극 플레이트를 포함할 수 있다. 제1 상부 전극(50a)과 제2 상부 전극(50b)은 서로 절연될 수 있다. 예를 들면, 제1 상부 전극(50a)과 제2 상부 전극(50b) 사이에는 유전체 링 부재(90)가 배치될 수 있다.
- [0043] 제1 상부 전극(50a)은 관통 형성되어 챔버(20) 내부로 가스를 공급하기 위한 복수 개의 분사 홀들(51)을 가질 수 있다. 전극 지지 플레이트(52)는 내부에 가스 확산실(54)을 포함하고, 가스 확산실(54)에는 분사 홀들(51)과 연통된 가스 통로들(53)이 형성될 수 있다. 제1 상부 전극(50a)은 전극 지지 플레이트(52)의 하부면에 탈착 가능하도록 설치될 수 있다. 따라서, 상기 샤워 헤드는 가스 확산실(54)을 통해 확산된 가스를 제1 상부 전극(50a)의 분사 홀들(51)을 통해 챔버(20) 내부로 분사시킬 수 있다.
- [0044] 예시적인 실시예들에 있어서, 상기 제1 및 제2 비정현파 파워들은 시 설정된 비율을 갖도록 조정될 수 있다. 예를 들면, 제2 파워 공급부(60)는 제1 상부 전극(50a)에 상기 제1 정현파를 인가하기 위한 제1 정현파 파워 소스를 포함하고 제2 상부 전극(50b)에 상기 제2 정현파를 인가하기 위한 제2 정현파 파워 소스를 포함할 수 있다. 상기 제1 및 제2 정현파 파워 소스들은 서로 독립적으로 제1 및 제2 상부 전극들(50a, 50b)에 비정현파 파워들을 각각 인가할 수 있다.
- [0045] 도 9에 도시된 바와 같이, 상기 제1 비정현파 파워가 제1 상부 전극(50a)에 인가되면 제1 에너지를 갖는 제1 전자 빔(B1)이 생성되고, 상기 제2 비정현파 파워가 제2 상부 전극(50b)에 인가되면 제2 에너지를 갖는 제2 전자 빔(B2)이 생성될 수 있다. 웨이퍼(W) 영역별로 상기 제1 및 제2 전자 빔들의 에너지를 독립적으로 제어함으로써, 플라즈마 산포를 제어할 수 있다. 예를 들면, 웨이퍼(W)의 중앙부 영역과 가장자리 영역으로 각각 다른 에너지를 갖는 전자 빔들을 조사함으로써, 웨이퍼(W) 중앙부 영역과 가장자리 영역 상부의 플라즈마 밀도 및 시스(sheath) 두께를 서로 다르게 제어할 수 있다.
- [0046] 도 10은 예시적인 실시예들에 따른 플라즈마 처리 장치를 나타내는 블록도이다. 도 11은 도 10의 플라즈마 처리 장치의 제1 상부 전극 및 제2 상부 전극을 나타내는 평면도이다. 상기 플라즈마 처리 장치는 제2 상부 전극을 제외하고는 도 7 내지 도 9를 참조로 설명한 플라즈마 처리 장치와 실질적으로 동일하거나 유사하다. 이에 따라, 동일한 구성요소들에 대해서는 동일한 참조부호들로 나타내고, 또한 동일한 구성요소들에 대한 반복 설명은 생략한다.
- [0047] 도 10 및 도 11을 참조하면, 플라즈마 처리 장치(12)의 상부 전극은 기판 스테이지(30) 상부에서 웨이퍼(W)의 제1 영역과 대향하도록 배치되는 제1 상부 전극(50a) 및 웨이퍼(W)의 제2 영역과 대향하도록 배치되는 제2 상부 전극(50b)을 포함할 수 있다. 플라즈마 처리 장치(11)의 제2 파워 공급부(60)는 제1 상부 전극(50a)에 제1 정현파 파워를 인가하고 제2 상부 전극(50b)에 상기 제1 정현파 파워에 대해 시 설정된 비율을 갖는 제2 정현파 파워를 인가할 수 있다.
- [0048] 예시적인 실시예들에 있어서, 제1 및 제2 상부 전극들(50a, 50b)은 챔버(20) 내부로 가스를 공급하기 위한 샤워 헤드의 일부로서 제공될 수 있다. 상기 샤워 헤드는 제1 상부 전극(50a)을 지지하는 제1 전극 지지 플레이트(52a) 및 제2 상부 전극(50b)을 지지하는 제2 전극 지지 플레이트(52b)를 포함할 수 있다.
- [0049] 도 10에 도시된 바와 같이, 제1 상부 전극(50a)은 웨이퍼(W)의 중앙부에 대향하도록 원형 형상의 제1 전극 플레이트를 포함하고, 제2 상부 전극(50b)은 웨이퍼(W)의 가장자리에 대향하도록 환형 형상의 제2 전극 플레이트를 포함할 수 있다. 제1 상부 전극(50a)과 제2 상부 전극(50b)은 서로 절연될 수 있다. 예를 들면, 제1 상부 전극(50a)과 제2 상부 전극(50b) 사이에는 유전체 링 부재(90)가 배치될 수 있다.
- [0050] 제1 상부 전극(50a)은 관통 형성되어 챔버(20) 내부로 가스를 공급하기 위한 복수 개의 제1 분사 홀들(51a)을 가질 수 있다. 제1 전극 지지 플레이트(52a)는 내부에 제1 가스 확산실(54a)을 포함하고, 제1 가스 확산실(54a)에는 제1 분사 홀들(51a)과 연통된 제1 가스 통로들(53a)이 형성될 수 있다. 제1 상부 전극(50a)은 제1 전극 지지 플레이트(52a)의 하부면에 탈착 가능하도록 설치될 수 있다.
- [0051] 제2 상부 전극(50b)은 관통 형성되어 챔버(20) 내부로 가스를 공급하기 위한 복수 개의 제2 분사 홀들(51b)을 가질 수 있다. 제2 전극 지지 플레이트(52b)는 내부에 제2 가스 확산실(54b)을 포함하고, 제2 가스 확산실(54b)에는 제2 분사 홀들(51b)과 연통된 제2 가스 통로들(53b)이 형성될 수 있다. 제2 상부 전극(50b)은 제2 전극 지지 플레이트(52b)의 하부면에 탈착 가능하도록 설치될 수 있다. 제1 가스 통로(53a)는 원통 형상을 가지고,

제2 가스 통로(53b)는 환형 형상을 가질 수 있다.

- [0052] 제1 가스 확산실(54a)은 제1 가스 공급관(70a)과 연결되고, 제2 가스 확산실(54b)은 제2 가스 공급관(70b)과 연결될 수 있다. 유량 제어기는 제1 및 제2 가스 공급관들(70a, 70b)을 통하여 챔버(20) 내부로 유입되는 가스의 공급 유량을 제어할 수 있다. 이에 따라, 챔버(20)의 중앙부 및 가장자리에서 생성되는 플라즈마의 양도 선택적으로 조절할 수 있다.
- [0053] 본 실시예에서는, 샤워 헤드가 2개의 상부 전극들과 2개의 전극 지지 플레이트들을 갖는 것으로 예시되었다. 다른 실시예들로서, 샤워 헤드는 3개 이상의 상부 전극들과 3개 이상의 전극 지지 플레이트들을 가질 수 있다.
- [0054] 이하에서는, 도 1의 플라즈마 처리 장치를 이용한 기판을 처리하는 방법에 대하여 설명하기로 한다.
- [0055] 도 12는 예시적인 실시예들에 따른 플라즈마 처리 방법을 나타내는 순서도이다.
- [0056] 도 1 및 도 12를 참조하면, 챔버(20) 내에 기판을 로딩한 후(S100), 챔버(20) 내에 공정 가스를 공급할 수 있다(S110).
- [0057] 먼저, 반도체 웨이퍼(W)를 챔버(20) 내의 기판 스테이지(30)의 지지 플레이트(32) 상에 로딩할 수 있다. 가스 공급관(70)으로부터 공정 가스(예를 들면, 식각 공정 가스)를 챔버(20) 내에 도입하고, 배기 포트(24)에 연결된 배기부를 통해 챔버(20) 내의 압력을 기 설정된 값으로 조정할 수 있다.
- [0058] 이어서, 기판 스테이지(30)의 하부 전극(34)에 정현파 파워를 인가하여 챔버(20) 내에 플라즈마를 형성하고(S120), 상부 전극(50)에 비정현파 파워를 인가하여 전자 빔을 형성하고(S130), 웨이퍼(W) 상의 식각 대상막에 식각 공정을 수행할 수 있다(S140).
- [0059] 제1 파워 공급부(40)는 하부 전극(34)에 정현파 파워를 인가하여 챔버(20) 내에 플라즈마를 형성할 수 있다. 하부 전극(34)에 인가된 파워 신호는 정현파의 전압 파형을 가질 수 있다. 예를 들면, 소정의 주파수(예를 들면, 13.56 MHz)를 갖는 고주파 전력이 하부 전극(34)에 인가되면, 하부 전극(34)에 의해 유도된 전자기장이 챔버(20) 내로 분사된 소스 가스로 인가되어 플라즈마가 생성될 수 있다.
- [0060] 제2 파워 공급부(60)는 상부 전극(50)에 비정현파 파워를 인가하여 전자 빔을 형성할 수 있다. 상부 전극(50)에 인가된 파워 신호는 비정현파의 전압 파형을 가질 수 있다. 상기 제2 바이어스 전력 신호는 DC 펄스부(S) 및 램프부(R)를 가질 수 있다. 램프부(R)는 상기 보상 전류에 의해 변조된 부분으로서, 램프부(R)는 DC 펄스부(P)의 최대값에서 최소값으로 떨어질 때 시간에 따라 완만하게 감소하는 파형, 즉 음의 기울기를 가질 수 있다.
- [0061] 상기 비정현파 파워가 상부 전극(50)에 인가되면 일정 에너지를 갖는 전자 빔이 생성될 수 있다. 상부 전극(50)으로부터 발생된 전자 빔은 시스(sheath)를 지나 가속되고 하부 전극(34) 상에 놓여진 웨이퍼(W)로 조사될 수 있다.
- [0062] 상부 전극(50)에 비정현파 파워가 인가되면, 식각 공정 중에 상부 전극(50)에 증착되는 폴리머와 같은 절연 물질에 관계없이 일정한 에너지를 갖는 전자 빔이 생성되고, 웨이퍼(W)로 조사된 전자 빔은 양 이온들을 중성화시켜 고종횡비의 홀을 형성하기 위한 수직 식각 성능을 향상시킬 수 있다. 또한, 상부 전극(50)에 인가되는 비정현파 파워를 조절하여 원하는 크기의 에너지를 갖는 전자 빔을 형성함으로써, 플라즈마의 밀도를 증가시킬 수 있다.
- [0063] 예시적인 실시예들에 있어서, 제1 파워 공급부(40)는 하부 전극(34)에 정현파 파워 및 비정현파 파워를 선택적으로 또는 동시에 인가할 수 있다.
- [0064] 상기 비정현파 파워가 하부 전극(34)에 인가되면 웨이퍼(W) 표면에 원하는 분포의 이온 에너지를 형성할 수 있다. 예를 들면, 하부 전극(34)에 비정현파 파워를 인가하여 웨이퍼(W) 표면에 형성되는 이온 에너지를 제어할 수 있다.
- [0065] 이하에서는, 도 12의 플라즈마 처리 방법을 이용하여 반도체 장치의 패턴을 형성하는 방법에 대하여 설명하기로 한다.
- [0066] 도 13는 예시적인 실시예들에 따른 반도체 장치의 패턴 형성 방법을 나타내는 단면도이다.
- [0067] 도 13을 참조하면, 식각 대상막(120) 상에 포토레지스트 패턴(130)을 형성한 후, 포토레지스트 패턴(130)을 식각 마스크로 사용하여 식각 대상막(120) 상에 식각 공정을 수행할 수 있다.
- [0068] 먼저, 포토레지스트 패턴(130)이 형성된 기판(100)을 도 1의 플라즈마 처리 장치(10)의 챔버(20) 내로 로딩한

후, 기관(100) 상에 공정 가스를 공급할 수 있다. 샤워 헤드로부터 공정 가스(예를 들면, 식각 공정 가스)를 챔버(20) 내에 도입하고, 배기부에 의해 챔버(20) 내의 압력을 기 설정된 값으로 조정할 수 있다.

- [0069] 이어서, 하부 전극(34)에 정현파 파워를 인가하여 챔버(20) 내에 플라즈마를 형성하고, 상부 전극(50)에 비정현파 파워를 인가한 후, 상기 식각 공정을 수행할 수 있다.
- [0070] 상기 정현파 파워가 하부 전극(34)에 인가되면 챔버(20) 내에 플라즈마가 형성되고, 상기 비정현파 파워가 상부 전극(50)에 인가되면 일정 에너지를 갖는 전자 빔이 생성될 수 있다. 상부 전극(50)으로부터 발생된 전자 빔은 시스(sheath)를 지나 가속되고 하부 전극(34) 상에 놓여진 기관(100)으로 조사될 수 있다.
- [0071] 기관(100)으로 조사된 전자 빔은 양 이온들을 중성화시켜 고종횡비의 홀(122)을 형성하기 위한 수직 식각 성능을 향상시킬 수 있다. 또한, 상부 전극(50)에 인가되는 비정현파 파워를 조절하여 원하는 크기의 에너지를 갖는 전자 빔을 형성함으로써, 플라즈마(P)의 밀도를 증가시킬 수 있다.
- [0072] 상술한 바와 같이, 상부 전극(50)에 비정현파 파워를 인가하여 원하는 크기의 에너지를 갖는 전자 빔을 형성하고 기관 상으로 조사시킬 수 있다. 상기 기관 상으로 조사된 전자들은 양 이온들을 중성화시켜 양 이온들의 직진성을 향상시켜 원하는 고종횡비의 홀을 형성할 수 있다.
- [0073] 예시적인 실시예들에 따른 플라즈마 처리 장치 및 플라즈마 처리 방법을 이용하여 형성된 반도체 소자는 컴퓨팅 시스템과 같은 다양한 형태의 시스템들에 사용될 수 있다. 상기 반도체 소자는 fin FET, DRAM, VNAND 등을 포함할 수 있다. 상기 시스템은 컴퓨터, 휴대용 컴퓨터, 랩톱 컴퓨터, 개인휴대단말기, 태블릿, 휴대폰, 디지털 음악 재생기 등에 적용될 수 있다.
- [0074] 이상에서는 본 발명의 실시예들을 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허 청구의 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

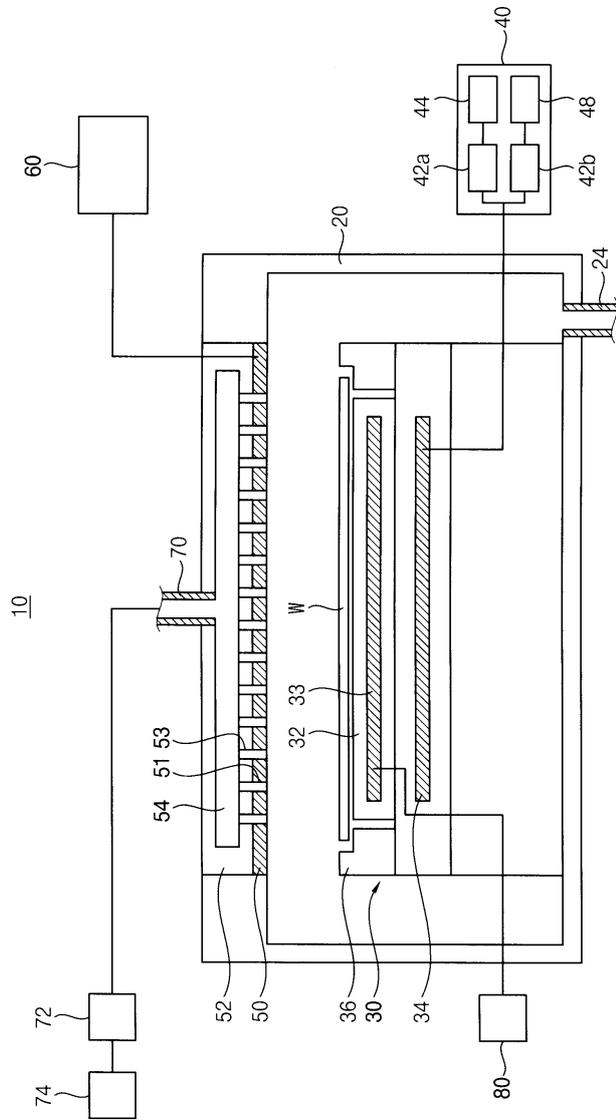
부호의 설명

- [0075] 10, 11, 12: 플라즈마 처리 장치 20: 챔버
- 24: 배기 포트 30: 기관 스테이지
- 32: 지지 플레이트 33: 정전 전극
- 34: 하부 전극 36: 포커스 링
- 40: 제1 파워 공급부 42a: 제1 스위칭부
- 42b: 제2 스위칭부 44: 정현파 파워 소스
- 45: RF 정합기 46: RF 전원
- 8: 비정현파 파워 소스 50: 상부 전극
- 50a: 제1 상부 전극 50b: 제2 상부 전극
- 51: 분사 홀 51a: 제1 분사 홀
- 51b: 제2 분사 홀 52: 전극 지지 플레이트
- 52a: 제1 전극 지지 플레이트 52b: 제2 전극 지지 플레이트
- 53: 가스 통로 53a: 제1 가스 통로
- 53b: 제2 가스 통로 54: 가스 확산실
- 54a: 제1 가스 확산실 54b: 제2 가스 확산실
- 60: 제2 파워 공급부 70: 가스 공급관
- 70a: 제1 가스 공급관 70b: 제2 가스 공급관
- 72: 유량 제어기 74: 가스 공급원

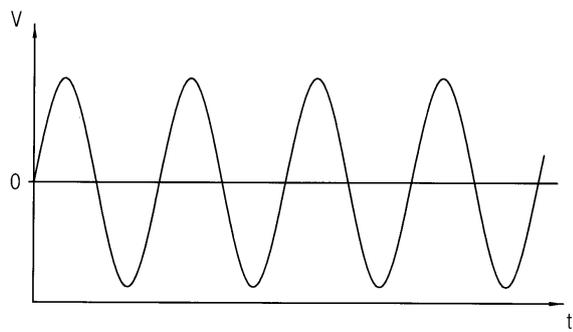
80: 직류 전원 90: 유전체 링 부재

도면

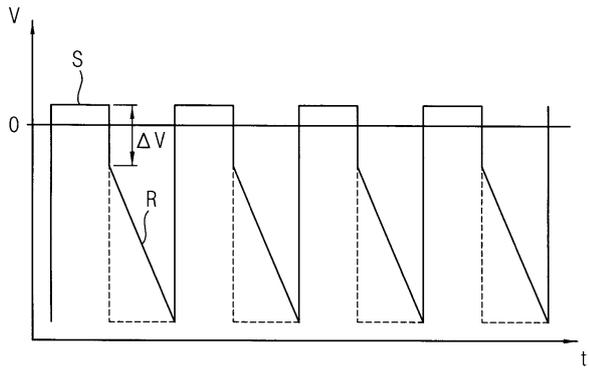
도면1



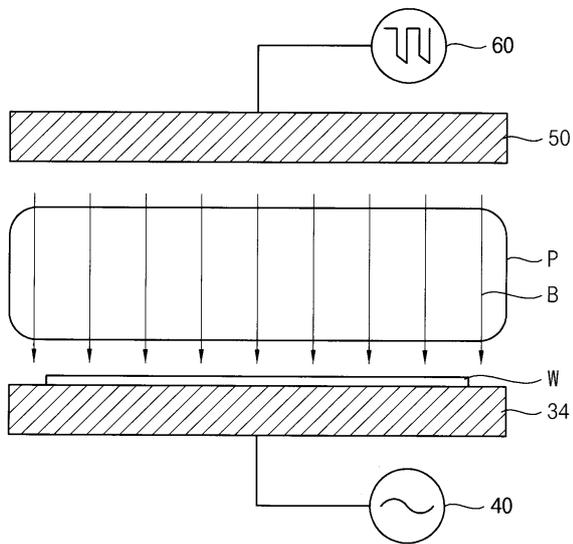
도면2



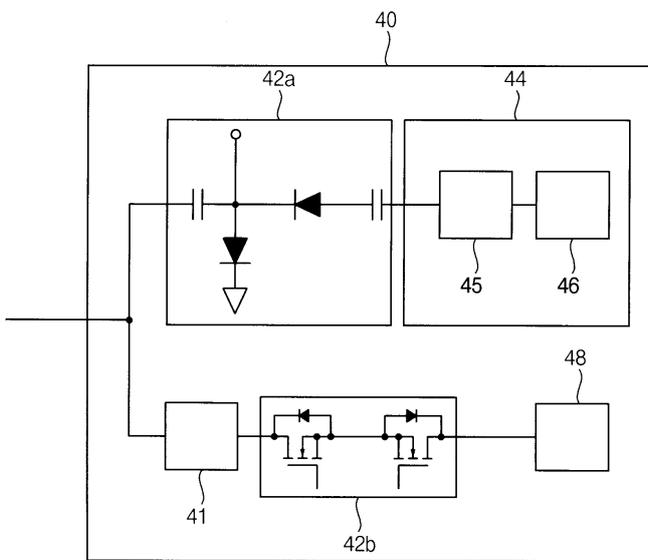
도면3



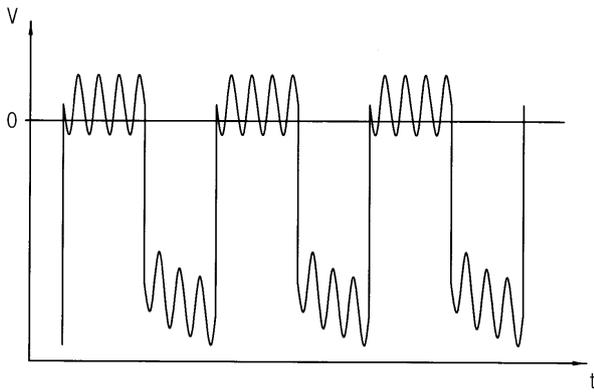
도면4



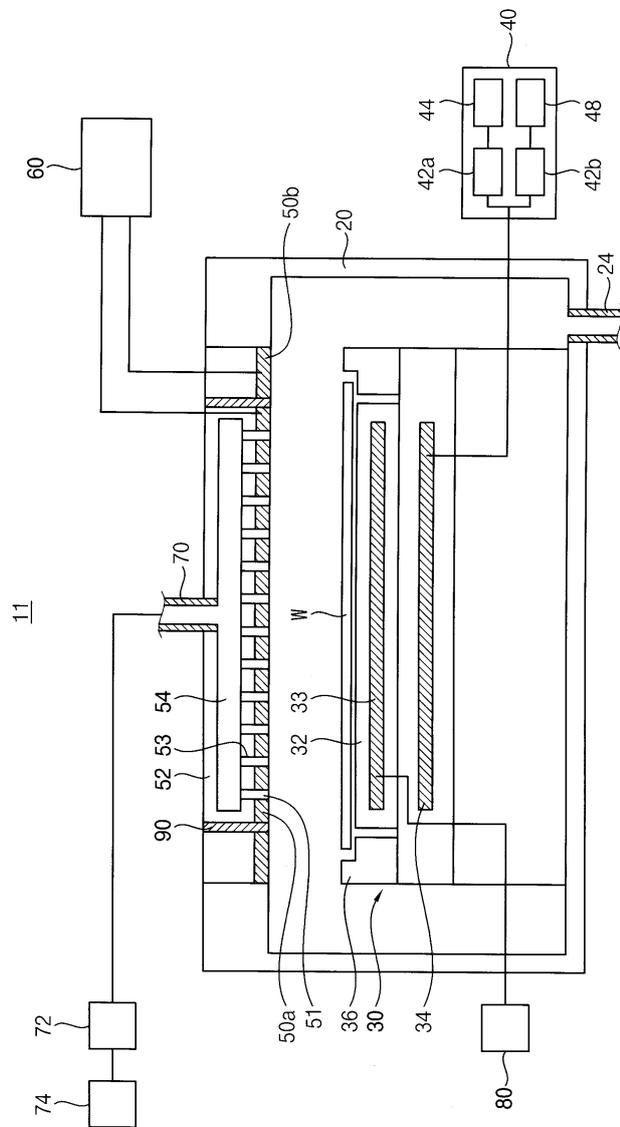
도면5



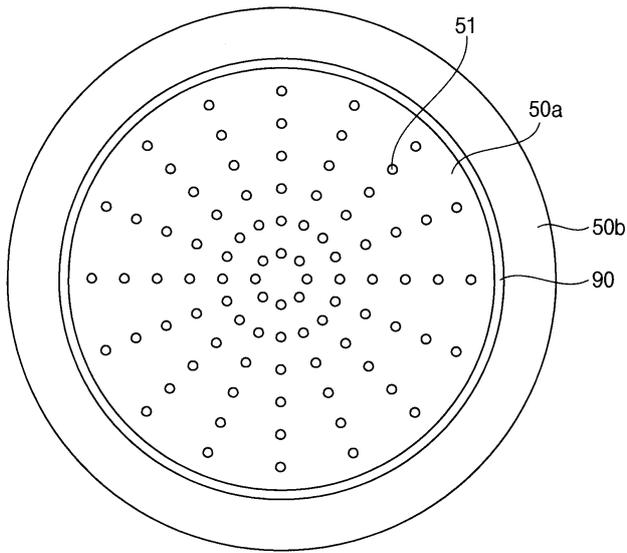
도면6



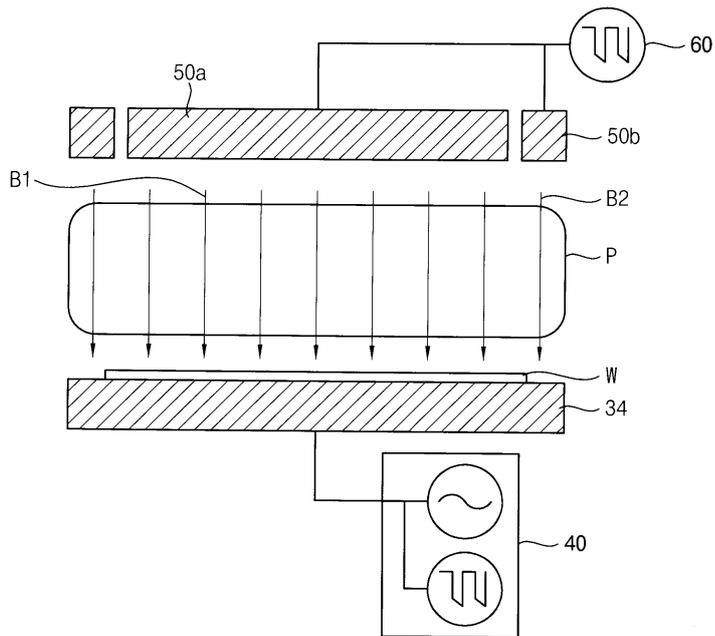
도면7



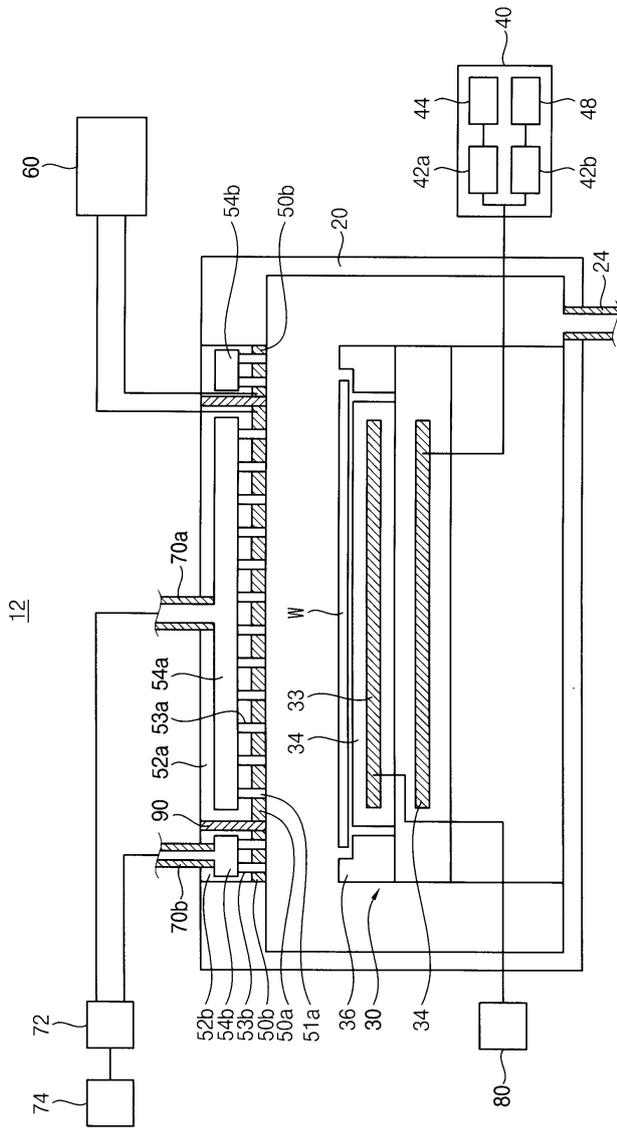
도면8



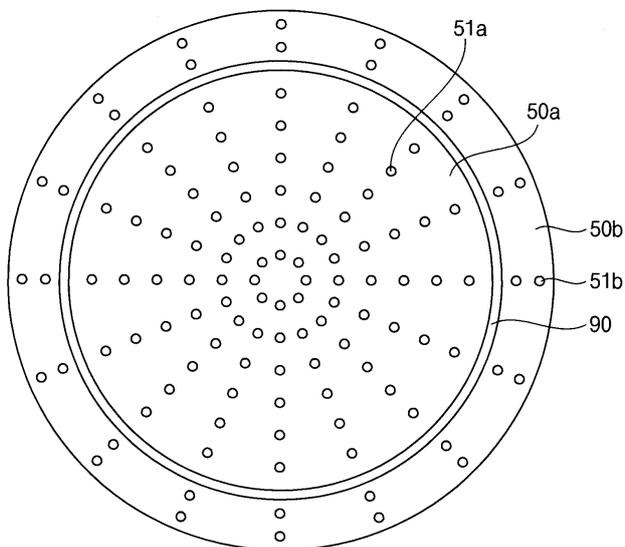
도면9



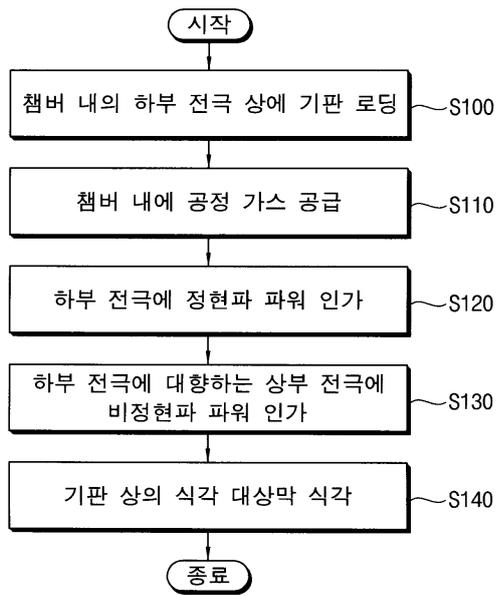
도면10



도면11



도면12



도면13

