



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2009년02월19일
 (11) 등록번호 10-0884414
 (24) 등록일자 2009년02월11일

(51) Int. Cl.
H01J 37/32 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2003-7014926
 (22) 출원일자 2003년11월17일
 심사청구일자 2007년05월08일
 번역문제출일자 2003년11월17일
 (65) 공개번호 10-2004-0005968
 (43) 공개일자 2004년01월16일
 (86) 국제출원번호 PCT/US2002/015427
 국제출원일자 2002년05월14일
 (87) 국제공개번호 WO 2002/93616
 국제공개일자 2002년11월21일
 (30) 우선권주장
 09/859,091 2001년05월16일 미국(US)
 (56) 선행기술조사문헌
 US6074518*
 US9178919*
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
램 리서치 코포레이션
 미합중국, 캘리포니아 94538-6401, 프레몬트, 쿠
 싱 파크웨이 4650
 (72) 발명자
벤징, 데이빗더블유.
 미국, 캘리포니아95118-1212, 산호세, 폭스위디아비
 뉴1203
캣코다얀, 바마크
 미국, 캘리포니아94611, 오클랜드, 아파트7, 호우스트
 리트4328
 (74) 대리인
강명구, 강석용

전체 청구항 수 : 총 41 항

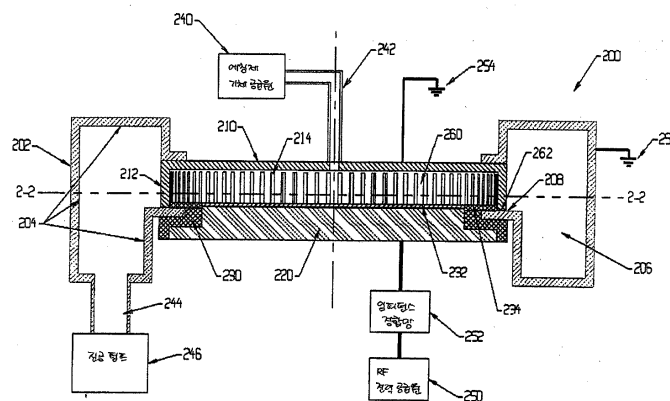
심사관 : 김성훈

(54) 애노드형 플라즈마 반응기 및 방법

(57) 요약

본 발명에 따른 플라즈마 공정 장치는 플라즈마 챔버, 제 1 전극, 제 2 전극, 그리고 플라즈마 플라즈마 한정 수단을 포함한다. 플라즈마 플라즈마 한정 수단은 다수의 슬롯을 가지며 제 1 전극에 전기적으로 연결된다. 플라즈마 한정 수단은 공정 기체 흐름을 최대한으로 원활하게 하면서 전극간 공간 내에 플라즈마를 한정시키는 기능을 한다. 전극간 공간 내에서 공정 기체에 전기장을 가함으로써 플라즈마가 발생될 때, 플라즈마 한정 수단은 전극간 공간으로부터 기체 흐름을 크게 제한하지 않으면서 전극간 공간에 플라즈마를 전기적으로 한정시킨다.

대표도



특허청구의 범위

청구항 1

플라즈마 공정 장치로서, 이 장치는,

- 접지부,
- 접지부에 연결된 진공 챔버,
- 접지부에 연결된 진공 챔버 내측에 면하는 평면형 표면을 가진, 진공 챔버 내에 배치되는 제 1 전극,
- 제 1 전극에 평행하면서 제 1 전극에 인접하게 배치되는 평면형 표면을 가진, 진공 챔버의 제 2 전극,
- 제 2 전극에 연결된 전력 공급원, 그리고
- 진공 챔버 내에서 제 1, 2 전극의 둘레를 따라 위치하는 플라즈마 한정 수단으로서, 상기 플라즈마 한정 수단은 제 1, 2 전극 사이의 모든 공간을 둘러싸고, 상기 플라즈마 한정 수단은 다수의 슬롯들을 가진 장막(shroud)을 포함하며, 각각의 슬롯은 제 1, 2 전극의 평면형 표면들 사이에서 뻗어가는 형태를 취하여서 제 1, 2 전극 사이의 공간으로부터 외부로 빠져나가는 기체 흐름을 원활하게 하며, 상기 장막이 접지부에 전기적으로 연결되는 것을 특징으로 하는 상기 플라즈마 한정 수단

을 포함하며, 이때, 상기 제 1 전극을 통해 공급되는 공정 기체가 상기 플라즈마 한정 수단의 다수의 슬롯을 통해 배출되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 공정 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 플라즈마 한정 수단이 제 1 전극의 단일부(unitary part)를 포함하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 공정 장치.

청구항 3

제 1 항에 있어서, 상기 플라즈마 한정 수단이 제 1 전극의 통합부(integrated part)를 포함하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 공정 장치.

청구항 4

제 1 항에 있어서, 상기 플라즈마 한정 수단이 제 2 전극에 인접하게 위치하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 공정 장치.

청구항 5

제 1 항에 있어서, 상기 플라즈마 한정 수단의 슬롯들이 수평 슬롯을 포함하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 공정 장치.

청구항 6

제 1 항에 있어서, 상기 플라즈마 한정 수단의 슬롯들이 수직 슬롯을 포함하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 공정 장치.

청구항 7

제 1 항에 있어서, 상기 플라즈마 한정 수단이 제 2 전극에 대해 조절가능하게 위치하여, 플라즈마 한정 수단이 제 2 전극의 평면형 표면에 가깝게, 또는 멀리 이동될 수 있는 것을 특징으로 하는 플라즈마 공정 장치.

청구항 8

에칭 장치로서, 이 장치는,

- 접지부,

- 접지부에 연결된 플라즈마 챔버,
- 플라즈마 챔버에 연결된 진공 펌프,
- 플라즈마 챔버에 연결된 공정 기체 소스,
- 플라즈마 챔버 내측에 면하면서 접지부에 연결되는 평면형 표면을 가진 제 1 전극,
- 제 1 전극에 평행하게 면하는 평면형 표면을 가진 제 2 전극,
- 제 2 전극에 연결된 전력 공급원,
- 제 1, 2 전극 사이에 배치되는 전극간 영역, 그리고,
- 플라즈마 챔버 내에서 둘러싸여 제 1 전극에 전기적으로 연결된 플라즈마 한정 수단으로서, 상기 플라즈마 한정 수단은 전극간 영역을 완전히 둘러싸며, 진공 펌프 입력부에서 종료되는 유체 경로와 전극간 영역 사이의 기체 흐름을 촉진시키도록 설정된 다수의 슬롯과, 전기장을 전극간 영역으로 한정시키도록 하는 전도부를 가지는 플라즈마 한정 수단

을 포함하고, 이때, 각각의 슬롯은 전극간 영역 사이에서 뺀어가는 형태를 취하며, 상기 제 1 전극을 통해 공급되는 공정 기체가 상기 플라즈마 한정 수단의 다수의 슬롯을 통해 배출되는 것을 특징으로 하는 예칭 장치.

청구항 9

제 8 항에 있어서, 플라즈마 한정 수단의 슬롯들이 수직 슬롯을 포함하는 것을 특징으로 하는 예칭 장치.

청구항 10

제 8 항에 있어서, 플라즈마 한정 수단의 슬롯들이 수평 슬롯을 포함하는 것을 특징으로 하는 예칭 장치.

청구항 11

제 8 항에 있어서, 상기 플라즈마 한정 수단이 플라즈마 한정 수단 내에 플라즈마를 한정하도록 설정되는 것을 특징으로 하는 예칭 장치.

청구항 12

제 8 항에 있어서, 상기 플라즈마 한정 수단이 제 1 전극에 기계적으로 연결되는 것을 특징으로 하는 예칭 장치.

청구항 13

제 8 항에 있어서, 상기 플라즈마 한정 수단이 제 1 전극의 단일부(unitary part)를 포함하는 것을 특징으로 하는 예칭 장치.

청구항 14

제 8 항에 있어서, 상기 플라즈마 한정 수단이 전극간 영역과 나머지 챔버 공간 사이의 기체 흐름을 제한하지 않으면서 전극간 영역에 플라즈마를 한정시키도록 설정되는 것을 특징으로 하는 예칭 장치.

청구항 15

제 8 항에 있어서, 유체 경로는 내측 챔버 벽과 배기 포트에 의해 추가적으로 형성되는 것을 특징으로 하는 예칭 장치.

청구항 16

제 8 항에 있어서, 상기 플라즈마 한정 수단이 제 1 전극의 가장자리 주위로 위치하는 것을 특징으로 하는 예칭 장치.

청구항 17

제 8 항에 있어서, 상기 플라즈마 한정 수단이 제 1, 2 전극의 가장자리 주위로 위치하는 것을 특징으로 하는

에칭 장치.

청구항 18

제 8 항에 있어서, 상기 슬롯들이 균일한 단면을 가지는 것을 특징으로 하는 에칭 장치.

청구항 19

제 8 항에 있어서, 상기 슬롯들이 균일하지 않은 단면을 가지는 것을 특징으로 하는 에칭 장치.

청구항 20

제 8 항에 있어서, 상기 전력 공급원이 RF(Radio Frequency) 전력 공급원인 것을 특징으로 하는 에칭 장치.

청구항 21

제 8 항에 있어서, 상기 전력 공급원은 서로 다른 RF 정격을 가진 두개의 RF 전력 공급원인 것을 특징으로 하는 에칭 장치.

청구항 22

제 21 항에 있어서, 두 RF 전력 공급원의 주파수 정격이 2MHz 및 27 MHz인 것을 특징으로 하는 에칭 장치.

청구항 23

제 8 항에 있어서, 제 1 전극의 표면이 실리콘으로 만들어지는 것을 특징으로 하는 에칭 장치.

청구항 24

제 23 항에 있어서, 상기 실리콘의 전기저항이 0 오옴/cm보다 크고 1 오옴/cm보다 작은 것을 특징으로 하는 에칭 장치.

청구항 25

제 8 항에 있어서, 제 1 전극 표면이 탄화규소(SiC)로 만들어지는 것을 특징으로 하는 에칭 장치.

청구항 26

제 25 항에 있어서, 상기 탄화규소(SiC)의 전기저항이 0 오옴/cm보다 크고 1 오옴/cm보다 작은 것을 특징으로 하는 에칭 장치.

청구항 27

에칭 장치로서, 이 장치는,

- 접지부,
- 접지부에 연결된 플라즈마 챔버,
- 플라즈마 챔버에 연결된 진공 펌프,
- 플라즈마 챔버에 연결된 공정 기체 소스,
- 플라즈마 챔버 내측에 면하는 표면을 가진 제 1 전극,
- 제 1 전극에 평행하면서 인접하게 플라즈마 챔버 내측에 면하는 표면을 가진 제 2 전극,
- 제 1 전극에 연결된 제 1 전력 공급원,
- 제 2 전극에 연결된 제 2 전력 공급원,
- 제 1, 2 전극 사이에 배치되는 전극간 영역, 그리고
- 플라즈마 챔버 내에서 둘러싸여 접지부에 전기적으로 연결된 플라즈마 한정 수단으로서, 상기 플라즈마 한정 수단은 전극간 영역을 완전히 둘러싸며, 진공 펌프와 전극간 영역 사이의 기체 흐름을 촉진시키도록 설정된 다

수의 슬롯과, 전기장을 전극간 영역으로 한정시키도록 하는 전도부를 가지는 것을 특징으로 하는 플라즈마 한정 수단

을 포함하며, 이때, 상기 다수의 슬롯은 전극간 영역 사이에서 뺀어가는 형태를 취하며, 상기 제 1 전극을 통해 공급되는 공정 기체가 상기 다수의 슬롯을 통해 배출되는 것을 특징으로 하는 에칭 장치.

청구항 28

제 27 항에 있어서, 상기 에칭 장치는 진공 라인을 추가로 포함하고, 이때, 상기 플라즈마 한정 수단은 전극간 영역을 진공 라인으로부터 이격시키도록 제 2 전극에 인접하게 배치되는 환상 장치를 포함하는 것을 특징으로 하는 에칭 장치.

청구항 29

제 27 항에 있어서, 상기 플라즈마 한정 수단의 슬롯들이 수직 슬롯들을 포함하는 것을 특징으로 하는 에칭 장치.

청구항 30

제 27 항에 있어서, 상기 플라즈마 한정 수단의 슬롯들이 수평 슬롯들을 포함하는 것을 특징으로 하는 에칭 장치.

청구항 31

제 27 항에 있어서, 상기 플라즈마 한정 수단이 전극간 영역에 플라즈마를 전기적으로 한정시키도록 설정되는 것을 특징으로 하는 에칭 장치.

청구항 32

제 27 항에 있어서, 상기 플라즈마 한정 수단이 플라즈마 챔버에 기계적으로 연결되는 것을 특징으로 하는 에칭 장치.

청구항 33

제 27 항에 있어서, 상기 플라즈마 한정 수단은 전극간 영역과 나머지 챔버 공간 사이의 기체 흐름을 제한하지 않으면서 플라즈마를 한정시키도록 설정되는 것을 특징으로 하는 에칭 장치.

청구항 34

제 27 항에 있어서, 상기 슬롯들이 균일한 단면을 가지는 것을 특징으로 하는 에칭 장치.

청구항 35

제 27 항에 있어서, 상기 슬롯들이 균일하지 않은 단면을 가지는 것을 특징으로 하는 에칭 장치.

청구항 36

제 27 항에 있어서, 상기 제 1 전력 공급원 또는 제 2 전력 공급원이 두개 이상의 RF 전력 공급원을 가지는 것을 특징으로 하는 에칭 장치.

청구항 37

제 27 항에 있어서, 상기 제 1, 2 전력 공급원이 서로 다른 RF 주파수로 튜닝된 두개의 RF 전력 공급원을 포함하는 것을 특징으로 하는 에칭 장치.

청구항 38

제 36 항에 있어서, 상기 제 1 전력 공급원이 27 MHz로 튜닝되고 제 2 전력 공급원이 2 MHz로 튜닝되는 것을 특징으로 하는 에칭 장치.

청구항 39

기관 공정 방법으로서, 이 방법은,

- 플라즈마 챔버 내에서 기관 지지체 상에 기관을 위치시키는 단계로서, 이때, 기체 흐름에 대한 저항없이 기관 위 전극간 영역 내에 플라즈마를 전기적으로 한정시키도록 플라즈마 한정 수단이 설정되며, 상기 플라즈마 한정 수단은 기관 위 전극간 영역을 완전히 둘러싸고 접지부에 연결되는 것을 특징으로 하는 단계,
- 진공 펌프를 통해 플라즈마 챔버를 진공화하는 단계,
- 공급 라인을 통해 전극간 영역에 공정 기체를 제공하고, 이때, 공정 기체는 전극간 영역으로부터 플라즈마 한정 수단을 통해 이동하도록 기계적으로 유도되는 단계, 그리고
- 전기장을 전극간 영역에 가함으로서 공정 기체를 플라즈마로 여기시키는 단계

를 포함하며, 이때, 상기 플라즈마 한정 수단은 속이 빈 원통 형태의 전도성 벽을 포함하고, 상기 전도성 벽에 구성되는 다수의 슬롯들은 전극간 영역 사이에서 뻗어가는 형태를 취하며, 공급 라인을 통해 제공된 공정 기체는 상기 다수의 슬롯을 통해 배출되는 것을 특징으로 하는 기관 공정 방법.

청구항 40

삭제

청구항 41

제 39 항에 있어서, 기관 노출면으로부터 실리콘(Si) 또는 실리콘카바이드(SiC)를 에칭하는 단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 기관 공정 방법.

청구항 42

제 39 항에 있어서, 기관 노출면에 실리콘(Si) 또는 실리콘카바이드(SiC)를 증착하는 단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 기관 공정 방법.

명세서

기술분야

<1> 본 발명은 집적 회로 제작에 관한 것으로서, 특히, 표면으로부터 물질을 제거하는 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경기술

<2> 플라즈마에 노출시킴으로서 웨이퍼 상에 증착되는 필름으로부터, 또는 웨이퍼 표면으로부터 물질을 제거하는 반도체 웨이퍼 공정에 건식 에칭 공정이 사용될 수 있다. 플라즈마는 전기적으로 중성이며, 부분적으로 이온화된 상태이다. 에칭 반응기는 플라즈마를 생성할 뿐 아니라, 필름 표면이나 웨이퍼 상에서 발생하는 화학적/물리적 반응을 제어할 수 있다. 에칭 처리를 통해, 부분적으로 회로 요소들을 만드는 프로파일 및 크기를 형성하도록 에칭 영역의 필름 표면이나 웨이퍼로부터 물질이 제거된다.

<3> 공지된 플라즈마 반응기에서, 웨이퍼에 인접한 공간에서 플라즈마가 형성되어, 반응기 챔버 총 볼륨 대부분이나 모두를 채우도록 확장된다. 플라즈마는 플라즈마가 접촉하는 모든 표면과 반응한다. 웨이퍼에 인접한 공간 바깥쪽에서는 플라즈마와 벽간의 반응이 불필요한 결과를 발생시킬 수 있다. 가령, 벽 물질의 스퍼터링이나, 보다 흔한 것으로는 벽이나 벽 근처에 증착물이 생길 수 있다. 벽이 계속되는 공정에 따라 벽 증착물의 두께가 증가하므로, 벽 증착물은 오염 입자를 생성하면서 벗겨져 나갈 수 있다. 추가적으로, 벽 증착물이 벽 자체와는 다른 전기적 및 화학적 성질을 가지기 때문에, 증착물은 플라즈마가 벽에 반응하는 방식을 변화시킬 수 있고, 시간에 따라 플라즈마 성질에도 변화를 일으킬 수 있다. 따라서 벽 증착물은 주기적으로 제거되어야 한다. 원위치식 (in-situ) 플라즈마 세정이 선호되지만, 일부 플라즈마-벽 상호작용의 저에너지로 인해 이 세정 방식이 어렵거나 매우 느린 경우가 자주 있다. 따라서, 반응기의 수작업 세정이 필요한 경우가 잦으며, 이는 비용을 발생시키며 시스템 생산성을 저하시킨다.

<4> 도 1은 기존 플라즈마 반응기의 측면 단면도이다. 이 장치는 반응기나 챔버(100)를 형성하는 챔버 하우징(110)을 이용한다. 하우징(110) 위에는 제 1 전극(112)이 위치한다. 도시되는 바와 같이, 제 1 전극(112)과 하우징(110)은 접지부(134)에 전기적으로 연결된다. 제 2 전극(114)이 하우징(110) 하부에 배치되며, 상부 전극(112)

에 평행하면서 반대편에 놓인다. 제 2 전극(114)은 절연체 고리(116)에 의해 하우징(110)으로부터 전기적으로 고립된다. 에칭될 기판이나 웨이퍼(118)는 고정(clamping) 장치나 냉각 장치로 설정되는 제 2 전극(114)의 내측면에 위치한다. 웨이퍼(118)는 퀴츠(quartz)같은 절연 물질로 만들어지는 박판(120)으로 둘러싸인다.

<5> 에칭제 기체는 에칭제 기체 공급원(122)과 공급 라인(124)에 의해 반응기(100)에 공급된다. 공급 라인(124)은 포트를 통해 제 1 전극(112)을 따라 반응기(100)에 연결되어, 에칭제 기체를 반응기(100) 내부로 운반한다. 진공 펌프(128)에 의해 반응기(100) 내에 저압이 유지되며, 진공 펌프(128)는 진공 라인(126)을 통해 반응기(100)에 연결된다. RF 전력 공급원(130)과 임피던스 정합망(132)을 이용하여 RF 전력이 제 2 전극(114)에 공급된다. 반응기(100) 내에서 에칭제 기체가 적절한 저압으로 유지되고, 적절한 RF 전력이 제 2 전극(114)에 공급될 때, 제 1 전극(112)과 제 2 전극(114) 사이의 전극간 공간(146)에 플라즈마가 형성되어, 제 1 전극 및 제 2 전극(112, 114) 바깥쪽의 공간(142)으로 퍼져나간다. 이 공간(142) 내의 플라즈마 기체는 챔버 하우징(110)의 노출 내벽(144)과 상호작용할 수 있다.

<6> 웨이퍼(118)에 인접한 부분에 플라즈마를 국한시키려는 시도도 있다. 일부 공지 장치들은 도 2에서처럼 두 평행 디스크 전극 사이 전극간 공간(146) 근처에 두개 이상의 환상 고리(150)를 이용한다. 여러개의 환상 고리(150)가 도 1의 반응기(100)에 추가되어, 그 둘레에 대하여 상부 전극(112)과 하부 전극(114) 사이의 공간을 채운다. 환상 고리(150)는 퀴츠같은 비-전도체로 만들어지며, 고리간에 작은 간격(152)이 존재한다. 이 간격은 전극간 공간(146)으로부터 외측 공간(148)까지 기체가 흐를 수 있게 하고, 진공 펌프(128)까지 기체가 흐를 수 있게 한다. 이 간격(152)은 충분히 좁고 환상 고리(150)의 폭은 충분히 넓어서, 작은 간격(152)을 통한 기체 흐름에 상당한 손실이 있다. 이 기체 흐름 손실은 전극간 공간(146)과 외측 공간(148) 사이에 압력차를 생성한다. 전극간 공간(146) 내에서 생성된 플라즈마는 외측 공간(148)에 존재하는 초저압과 좁은 간격(152)으로 인해 전극간 공간(146)에 국한된다.

<7> 상기 플라즈마 국한식 접근법은 공정 윈도우가 제한된다는 점에서 문제점이 있다. 저압의 플라즈마 동작 환경에서 (가령, 60 mTorr 미만), 환상 고리(150)의 효력은 유익한 압력 강하를 항상 구축하지 못할 수 있다. 추가적으로, 플라즈마가 국한되는 사례에서, 환상 고리(150)에 의해 생성되는 적은 기체 흐름은 이용할 수 있는 기체 유량을 제한한다.

발명의 상세한 설명

<8> 플라즈마가 웨이퍼 근처의 공간에 국한될 수 있는 경우, 처리 안정성 및 반복성이 개선되고, 시스템 관리 부담이 적어지는 등 여러 장점이 있다. 따라서, 웨이퍼 근처의 공간에 플라즈마를 국한시키면서도 유량 및 압력을 크게 제한하지 않는 방법 및 장치가 필요하다.

실시예

<19> 하기 설명되는 발명의 장치 및 방법에 대한 선호되는 실시예는 웨이퍼 근처의 공간에 플라즈마를 한정시키면서 플라즈마가 반응하는 표면적을 최소화시킨다. 선호되는 실시예는 전극간 공간에서부터 외부로 높은 기체 흐름을 제공한다. 선호되는 장치 및 방법은 챔버의 플라즈마 영역에 전기장을 국한시키는 국한 방법을 이용한다. 선호되는 장치 및 방법은 여러 플라즈마 공정 시스템의 개별적 일부분일 수도 있고, 여러 플라즈마 공정 시스템 내에 통합될 수도 있다. 선호되는 장치 및 방법은 플라즈마-벽 상호작용을 최소화시키고, 시스템 관리 부담을 감소시키며, 처리 안정성을 개선시키고, 시스템간 변화를 감소시킨다.

<20> 도 3 및 4에 따르면, 장치는 반응기나 챔버(200)를 형성하는 챔버 하우징(202)을 이용하는 것이 바람직하다. 챔버 하우징(202) 윗부분의 내측부에는 제 1 전극(210)이 배치된다. 한가지 선호 실시예에서, 제 1 전극(210)은 디스크 형태를 취하며 1 오옴/cm 미만의 전기저항을 가지는 실리콘(Si)이나 탄화규소(SiC)로 만들어질 수 있다. 제 1 전극(210)과 챔버 하우징(202)은 접지부(254)에 연결된다. 챔버 하우징(202) 하부에 제 2 전극(220)이 배치되며, 제 1 전극(210)에 평행하게 반대편에 놓인다. 제 2 전극(220)이 디스크 형태를 취하는 것이 바람직하다. 대안의 실시예에서, 제 1, 2 전극(210, 220)은 여러 다른 형태를 가정할 수 있고, 여러 다른 물질로 만들어질 수 있다. 제 1, 2 전극(210, 220)간 거리는 수동으로 또는 자동으로 조정될 수 있는 것이 바람직하다. 또한 제 2 전극(220)이 절연체 고리(230)에 의해 챔버 하우징(202)으로부터 전기적으로 절연되는 것이 바람직하며, 절연체 고리(230)는 퀴츠(SiO₂)나 알루미나(Al₂O₃)같은 비전도성 고체 물질로 만들어진다. 에칭될 기판이나 웨이퍼(232)는 제 2 전극(220)의 내면이나 표면에서 지지되며, 제 2 전극(220)은 상기 내면에 웨이퍼(232)를 고정시키기 위한 고정 수단 및 웨이퍼(232) 온도를 제어하기 위한 제어 수단으로 기능하는 것이 바람직하다.

다. 이러한 고정 및 온도 제어 수단은 웨이퍼(232)와 제 2 전극(220)간 열전도도를 개선시키도록 웨이퍼(232)와 제 2 전극(220) 사이에 배열되는 헬륨(He) 기체와 함께 사용되는 액체 냉각식 및 정전 고정식 제 2 전극(220)을 포함할 수 있다. 퀴츠(SiO₂)같은 절연체 물질로 만들어지는 포커스 고리(focus ring)(234)가 웨이퍼(232) 주변에 설정된다. 대안의 실시예에서, 포커스 고리(234)는 두개의 동심 인접 고리로 만들어질 수 있다. 즉, 실리콘(Si)이나 탄화규소(SiC)로 만든 내측 고리와 퀴츠(SiO₂)로 만든 외측 고리로 구성될 수 있다. 또하나의 실시예에서는, 포커스 고리(234)가 여러 다른 형태를 취할 수 있고 여러 다른 물질로 만들어질 수 있다.

- <21> 에칭제 기체가 에칭제 기체 공급원(240) 및 공급 라인(242)을 통해 챔버(200)에 공급된다. 공급 라인(242)은 제 1 전극(210)을 통과하는 한개 이상의 포트를 통해 챔버(200)에 연결되는 것이 바람직하다. 그래서, 에칭제 기체가 전극간 공간(260)에 균일하게 퍼질 수 있다. 기체들은 진공 펌프(246)에 의해 챔버(200)로부터 배출되고 따라서 진공 압력이 유지된다. 진공 펌프(246)가 진공 라인(244)에 의해 반응기에 연결되는 것이 바람직하다. 임피던스 정합망(252)을 통해 제 2 전극(220)에 연결되는 RF 전력 공급원(250)에 의해 제 2 전극(220)에 RF 전력이 공급되는 것이 바람직하다.
- <22> 제 1 전극(210)의 바깥쪽 변부는 하향으로 굽어져, 전극간 공간(260)에 대해 원통형 벽이나 "장막(shroud)"(212)을 형성한다. 장막(212)은 챔버(200)의 상부 변부(208)나 포커스 고리(234)의 면에 인접한 하부면 부분(262)을 가진다. 장막(212)의 하부면(262)은 챔버(200)의 상부 변부(208)와 전기적 연결을 구축한다. 이러한 전기적 연결은, RF 전력 공급원(250)으로부터 챔버(200)의 벽(204)을 통해 접지부(254)까지 이어지는 전도 경로에 비교할 때, RF 전력 공급원(250)으로부터 접지부(254)까지 더 짧은 RF 전도 경로를 생성한다. 장막(212)은 바깥쪽 챔버 공간(206) 내의 전기장 및 자기장을 최소화시키고, 플라즈마 국한을 개선시킨다.
- <23> 장막(212)은 장막(212)을 통과하는 다수의 구멍이나 수직 슬롯(214)을 가지며, 전극간 공간(260) 내의 에칭제 기체가 배출되게 한다. 수직 슬롯(214)은 수직 방향을 취하며, 그 폭은 0.8~3.0 mm 이다. 대안의 선호되는 실시예에서, 수직 슬롯(214)은 여러 다른 형태를 가정할 수 있고 여러 다른 폭을 가질 수 있다.
- <24> 수직 슬롯(214)의 수, 형태, 크기와 장막(212)의 두께는 전극간 공간(260) 내의 요망 기체 유량이나 기체 잔류 시간을 얻을 수 있도록 선택된다. 또한 플라즈마 국한 해제를 방해하는 방식으로 선택된다. 선호되는 실시예에서, 수직 슬롯(214)은 폭 2.5 mm, 전극간 간격 20 mm로 된 180개의 수직 슬롯을 포함한다. 장막(212)의 벽 두께는 6 mm이다. 다른 실시예에서는 구멍의 크기, 수, 형태가 변할 수 있고, 장막(212)의 두께도 마찬가지로 변할 수 있다.
- <25> 전극간 공간(260) 내에서 에칭제 기체가 적절한 압력 수준에 놓이고 제 2 전극(220)에 적절한 RF 전력이 공급되면, 전극간 공간(260) 내에 플라즈마가 형성된다. 플라즈마는 장막(212)에 의해 국한되고, 플라즈마-표면 상호작용은 비교적 작은 영역으로 제한된다. 200 mm 웨이퍼를 에칭할 수 있는 실시예에서, 장막(212)은 14~25 mm 범위 내의 높이를 가진다. 장막(212) 내경은 220 mm이고 외경은 235 mm이다. 수직 슬롯(214)은 2.0 mm의 폭과 12~24 mm의 길이를 가지며, 2.0도 단위로 이격된다. 위 실시예들에서, 제 1 전극(210)과 단일 장막(212)은 실리콘(Si)이나 탄화규소(SiC)로 구성된다. 더욱이, 3000 와트 27 MHz RF 전력이 3000W 2 MHz RF 전력과 함께 사용되었다. 200 mm 또는 300 mm 웨이퍼를 에칭할 수 있는 상기 실시예들을 포함한 또다른 실시예에서, 수직 슬롯의 폭, 직경, 크기, 장막(212)을 만드는 데 사용될 수 있는 물질은 변할 수 있다. 더욱이, 주파수 및 RF 전력 레벨도 역시 변할 수 있다.
- <26> 동작시에, 웨이퍼(232)는 도 5의 단계 502에서처럼 제 2 전극(220)의 내면에 위치한다. 챔버(200)가 진공처리된다(504). 웨이퍼 고정 고리나 정전 차지(electrostatic charge)같은 고정 수단이 웨이퍼(232)를 제 2 전극(220)에 고정시킨다. 공정 기체가 기체 공급원(240)을 통해 공급된다(506). 공정 기체는 기체 공급 라인(242)과 분배 장치(가령, 샤워헤드)를 통해 전극간 공간(260)에 유입된다. 전극간 공간(260) 압력 선택은 기체 제거 속도나 공정 기체 유입 속도를 제어함으로써 얻을 수 있다. 기계식 진공 펌프(가령, 터보펌프)같은 펌프는 전극간 공간(260)으로부터 배출 포트 및 진공 라인(244)을 통해 공정 기체를 제거한다.
- <27> RF 전력이 제 2 전극(220)에 공급되어, 전극간 공간(260)에 고에너지 전기장을 생성하고 플라즈마를 발생시킨다(508). 그후, 플라즈마는 웨이퍼(232) 노출면과 반응한다(510). 도 5에 도시되는 단계들은 순서가 바뀔 수 있고, 추가적인 단계들이 포함될 수도 있다.
- <28> 장막(212)은 전극간 공간(260) 내에 형성되는 전기장을 차단시키며, 외부 챔버 공간(206)으로 전기장이 투과하는 것을 방지한다. 장막(212) 내의 수직 슬롯(214)에 의해 공정 기체가 전극간 공간(260)과 진공 라인(244) 사이에 최소 압력 손실로 흐르게 되며, 따라서, 낮은 처리 압력에서 높은 유속을 얻을 수 있다.

- <29> 일부 실시예에서, 장막(212)은 웨이퍼(232) 부근의 전기장을 효과적으로 수정하며 공정을 수정한다. 일부 산화물 에칭 장치에서, 장막(212)은 웨이퍼(232) 바깥쪽 변부에서 에칭 속도를 증가시킨다. 본 실시예의 한가지 장점은 웨이퍼(232) 사이에서 에칭 속도가 균일하다는 것이다.
- <30> 장막(212)이 전극간 공간(260)의 둘레 근처에서 전기장을 종료시키고 기체 흐름에 제한된 저항을 보이는 경우, 장막(212)은 상기 기능을 얻도록 하는 구조물을 포함한다. 따라서, 장막(212)은 수직 슬롯(214)만을 가지는 봉쇄 구조물에 제한되지 않는다. 대안의 실시예에서, 장막(212)은 제 1, 2 전극(210, 220)의 내면에 평행한 수평 슬롯을 포함한다. 장막(212)은, 전극간 공간(260)으로부터 진공 라인(244)까지 공정 기체를 흐르게하는 (균일하거나 균일하지 않은 단면을 가진) 구멍, 슬롯, 간격, 채널 등의 어떤 적절한 배열 및 조합을 포함할 수도 있다. 장막(212)이 최대 기체 유량을 얻을 수 있는 것이 바람직하다. 더욱이, 장막(212)이 접지 전위에 놓이기 때문에, 제 1 전극(210) 크기는 전극간 공간(260) 내에 형성되는 플라즈마의 전기적 상태를 변경시키지 않으면서 감소될 수 있다.
- <31> 상술한 내용으로부터, 장막(212)이 제 1 전극(210)의 단일 부분일 수 있고, 제 1 전극(210)과 분리될 수도 있으나, 제 1 전극(210)에 전기적으로 연결된다는 것을 알 수 있다. 장막(212)이 이동식인 것이 바람직하다. 즉, 이 장치 및 방법이 동작 중임에도 장막(212)이 제 2 전극(220)에 대해 수동이나 자동으로 상승하거나 하강될 수 있는 것이 바람직하다. 도 6에서처럼, 장막(212)은 제 1 전극(210)과 물리적으로 이격되고 플레이트(217)에 기계적 및 전기적으로 연결된다. 세 개 이상의 리프트 핀(218)이 플레이트(217) 주위로 동등하게 부착되고 장막(212)의 상승 및 하강을 돕는다. 6개 이상의 유연한 전기전도 스트랩(strap)(219)이 플레이트(217)와 챔버(200) 사이에 전기적 접점을 제공한다. 선호되는 실시예에서, 장막(212)이 최저점 위치로 이동하면, 장막(212)의 저면(216)이 챔버(200)의 상부면(208)과 기계적 및 전기적 접촉을 형성한다. 이 접점은, RF 전력 공급원(250)으로부터 챔버(200)의 벽(204)을 포함하는 접지부(254)까지의 RF 역방향 경로에 비교할 때, RF 전력 공급원(250)으로부터 접지부(254)까지 더 짧은 RF 역방향 경로를 생성한다. 접지부(254)를 향한 이렇게 짧은 전도 경로는 바깥쪽 챔버 공간에서의 전자기장 강도를 최소화시키고 플라즈마 국한을 개선시킨다.
- <32> 도 7에서처럼, 장막(212)은 제 1 전극(210)과 물리적으로 이격되어 제 2 전극(220) 근처에서 챔버(200)의 하부 절반에 전기적 및 기계적으로 연결된다. 장막(212) 저면(216)은 전도성 고리(213)에 기계적 및 전기적으로 연결된다. 전도성 고리(213)는 챔버(200)의 상부면(208)에 기계적 및 전기적으로 연결된다.
- <33> 도 8은 독립적으로 RF 전력이 공급되는 두개의 전극을 포함한 플라즈마 반응기 내에 포함된 장막(450)의 대안의 실시예 도면이다. 이러한 반응기는 "트라이오드(triodes)"라 불리기도 한다. 즉, 2개의 RF 전극과 한개의 접지면을 가진다. 도 8, 9, 10을 참고할 때, 트라이오드 반응기(400)는 챔버(402), 상부 전극(410), 하부 전극(420)으로 구성된다. 챔버(402)는 접지부(440)에 전기적으로 연결된다. 상부 전극(410)은 상부 절연체 고리(414)에 의해 챔버(402)로부터 전기적으로 절연된다. 상부 전극(410)은 챔버(402) 내면에 전기적 및 기계적으로 연결되는 실리콘(Si), 탄화규소(SiC), 또는 그 외 다른 적절한 물질로 된 플레이트(412)를 가진다. 상부 전극(410)은 임피던스 정합망(446)을 통해 RF 전력 공급원(444)에 연결된다.
- <34> 하부 전극(420)은 하부 절연체 고리(422)에 의해 챔버(402)로부터 전기적으로 절연되며, 상술한 바 있는 하부 전극(420) 내면에 위치하는 기판이나 웨이퍼(424)의 전기적 기계적 고정 및 냉각을 위한 수단을 포함한다. 절연 물질로 만들어지는 포커스 고리(426)는 웨이퍼(424) 주변에 위치한다. RF 전력이 하부 전극(420)에 RF 전력 공급원(440)과 임피던스 정합망(442)에 의해 공급된다.
- <35> 에칭제 기체 공급원(430)과 공급 라인(432)을 이용하여 반응기(400)에 에칭제 기체가 공급된다. 공급 라인(432)은 상부 전극(410)을 통과하는 한개 이상의 포트를 통해 반응기(400)에 연결되어, 에칭제 기체가 전극간 공간(460)에 균일하게 전달된다. 기체들은 반응기(400)로부터 배출되며, 진공 펌프(434)에 의해 챔버(402) 내에서 진공 레벨이 유지된다. 진공 펌프(434)는 진공 라인(436)을 통해 반응기(400)에 연결된다.
- <36> 장막(450)은 하부 전극(420) 둘레의 환상 공간에 위치하며, 장막(450)이 챔버(402)의 하부 절반 내에 위치하는 공간(404)과 전극간 공간(460) 사이에 장벽을 형성한다. 장막(450)은 장막(450) 내측 둘레 및 외측 둘레 부분에서 챔버(402)에 전기적 및 기계적으로 연결된다. 장막(450)은 다수의 슬롯이나 구멍(452)을 포함하며, 이 구멍(452)을 통해 공정 기체가 용이하게 이동할 수 있으나, 그 크기는 플라즈마 공간(460) 내에 형성되는 모든 전기장을 효과적으로 차단하기에 충분하여야 한다. 그래서, 챔버(402) 하부(404)에 어떤 전기장도 실질적으로 존재하지 않도록 한다. 이 슬롯(452)의 폭은 0.8~3.0 mm이고, 장막(450)의 두께는 6~12 mm이다. 슬롯(452)의 방향은 반경방향으로, 원주 방향으로, 또는 그 외 다른 적절한 방향으로 뻗어갈 수 있다.

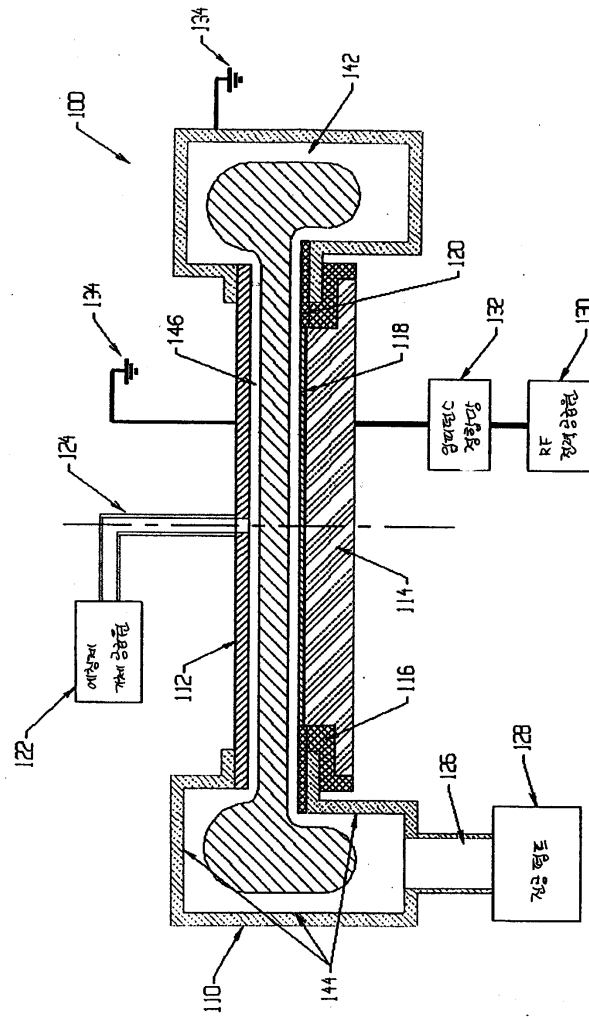
<37> 도 9와 10에서처럼, 반경방향 및 원주방향으로 각각 뻗어가는 장막(450) 슬롯이 커버 플레이트(454)의 방사형 슬롯 및 원주형 슬롯(456)과 각각 정렬된다. 도 9와 10에서처럼, 장막(450)은 커버 플레이트(454)의 단일체일 수 있고, 일부 실시예에서는 장막(450)과 커버 플레이트(454)가 별개의 구성요소일 수 있다. 커버 플레이트(454)의 슬롯(456)은 장막(450)의 슬롯(452)과 정렬된다. 커버 플레이트(454)는 실리콘(Si), 탄화규소(SiC), 또는 그 외 다른 적절한 물질로 만든다.

도면의 간단한 설명

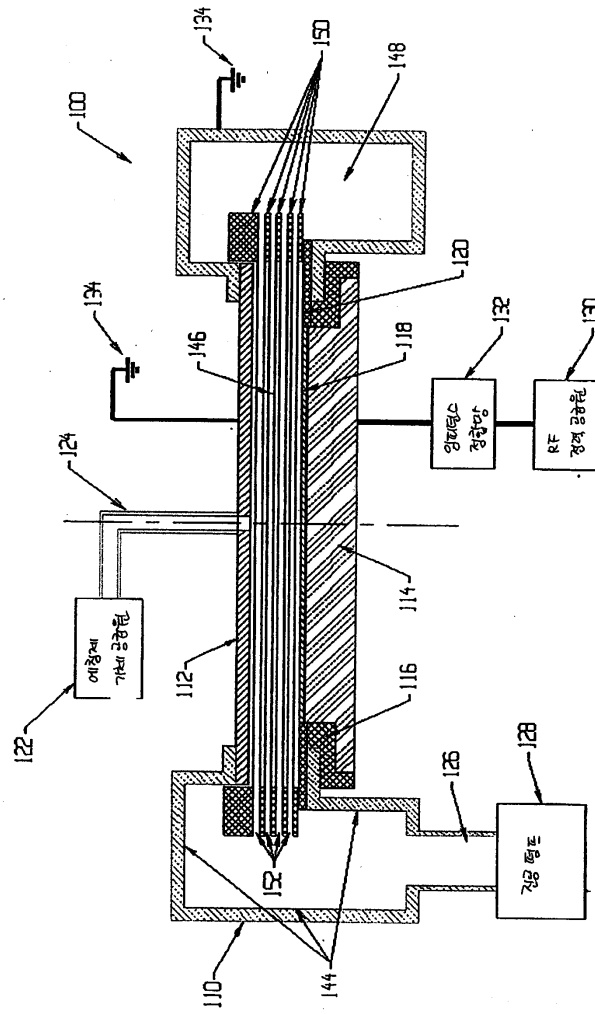
- <9> 도 1은 공지 기술 반응기의 측면 단면도.
- <10> 도 2는 제 2 공지 기술 반응기의 측면 단면도.
- <11> 도 3은 선호되는 실시예의 측면 단면도.
- <12> 도 4는 도 3의 라인 2-2를 따라 취한 평면 단면도.
- <13> 도 5는 도 3의 순서도.
- <14> 도 6은 또하나의 선호되는 실시예의 측면 단면도.
- <15> 도 7은 다른 하나의 선호되는 실시예의 측면 단면도.
- <16> 도 8은 또다른 선호되는 실시예의 측면 단면도.
- <17> 도 9는 도 8의 라인 A-A를 따라 취한 평면 단면도.
- <18> 도 10은 도 8의 선호 실시예의 라인 A-A를 따라 취한 평면 단면도.

도면

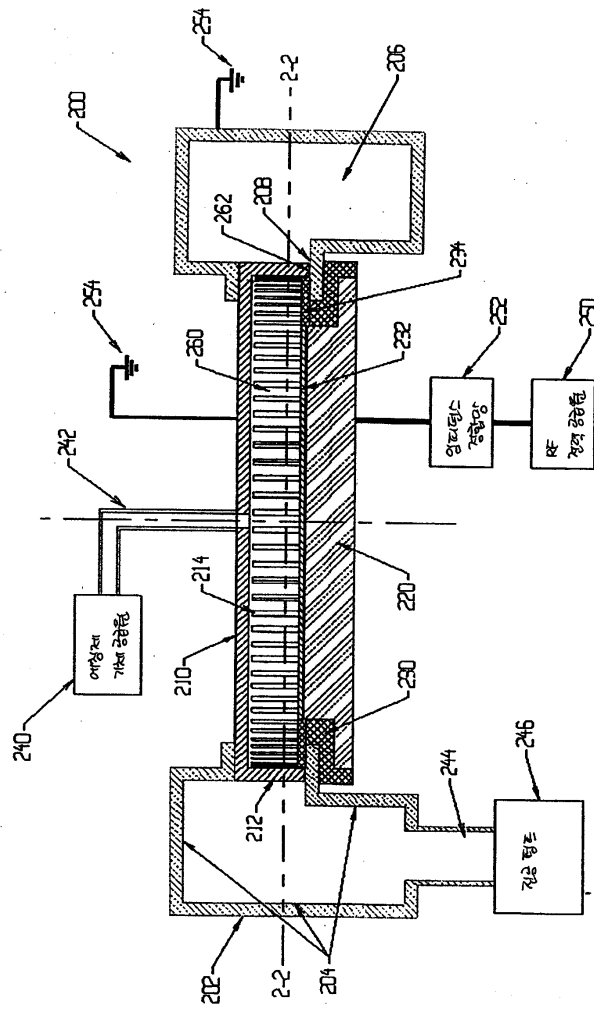
도면1



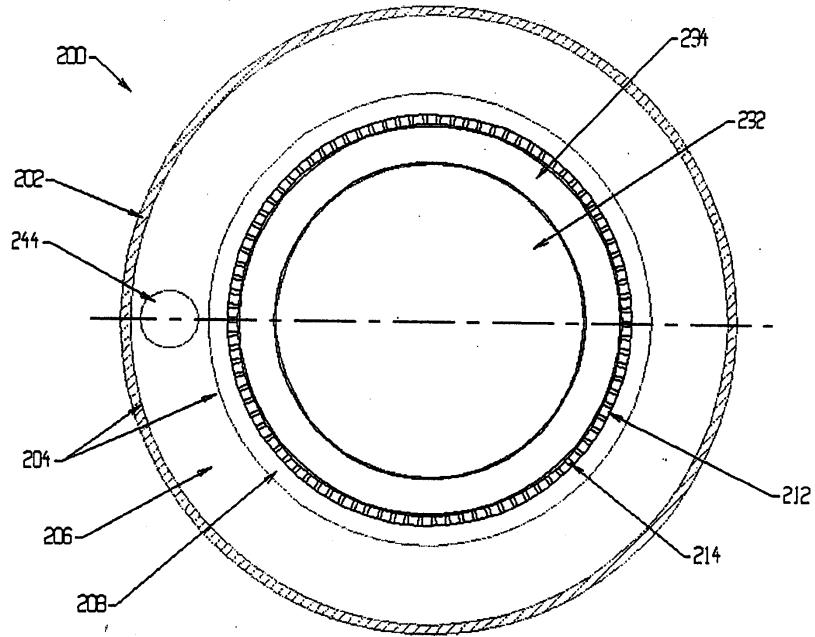
도면2



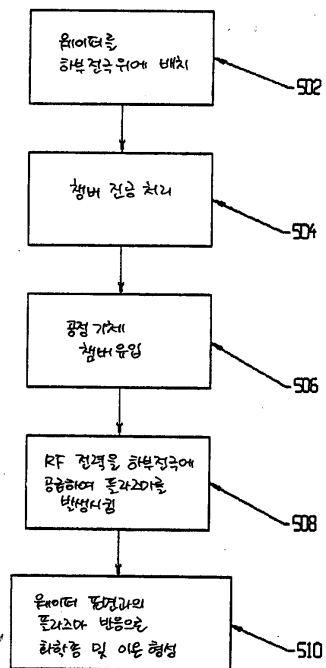
도면3



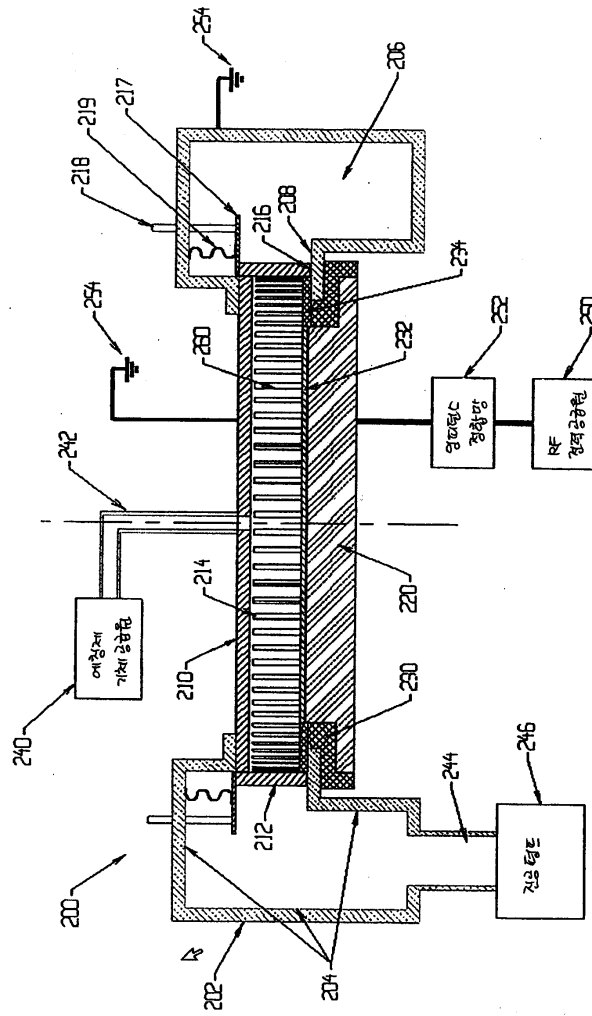
도면4



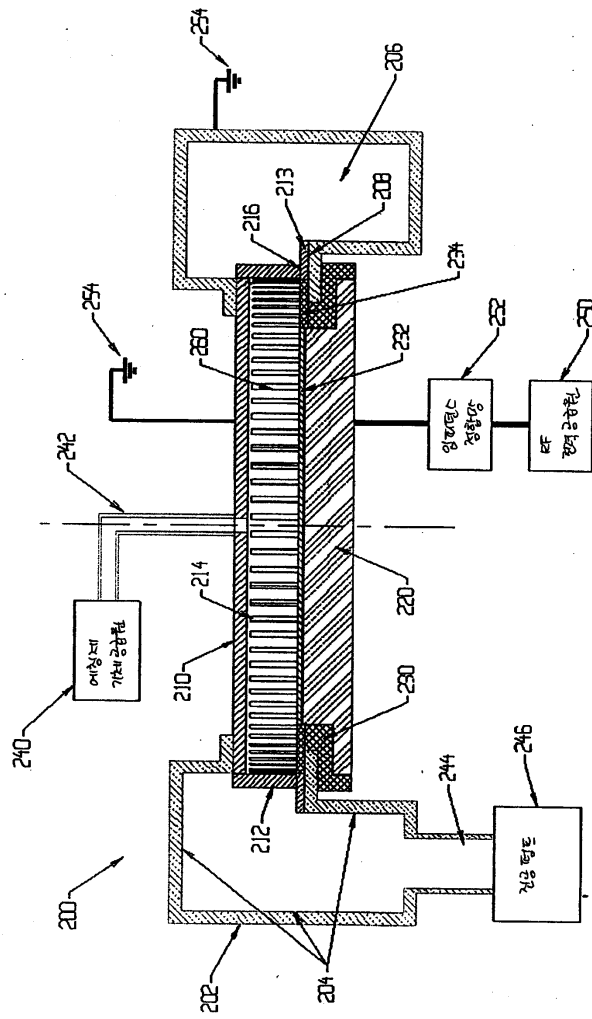
도면5



도면6



도면7



도면10

