

(19)대한민국특허청(KR)

(12) 공개특허공보(A)

(51) 。 Int. Cl.⁸*H01L 21/3065* (2006.01)*H01J 37/32* (2006.01)

(11) 공개번호

10-2006-0013386

(43) 공개일자

2006년02월09일

(21) 출원번호 10-2005-7021083

(22) 출원일자 2005년11월05일

번역문 제출일자 2005년11월05일

(86) 국제출원번호 PCT/US2004/013707

(87) 국제공개번호

WO 2004/102638

국제출원일자 2004년04월29일

국제공개일자

2004년11월25일

(30) 우선권주장

10/431,030

2003년05월06일

미국(US)

(71) 출원인

램 리써치 코퍼레이션

미국 94538 캘리포니아주 프레몬트 쿠싱 파크웨이 4650

(72) 발명자

로웬하트 피터

미국 94566 캘리포니아주 플레전튼 셀레나 코트 5602

스리니바산 무쿰드

미국 94555 캘리포니아주 프리몬트 스프링필드 코먼 3836

피셔 안드레아스

미국 94552 캘리포니아주 카스트로 밸리 마운틴 레슨 드라이브18989

(74) 대리인

특허법인코리아나

심사청구 : 없음

(54) 좁은 갭 용량성 커플링된 반응기의 R F 펄스

요약

웨이퍼 상에 층의 플라즈마 에칭을 제공하는 장치가 제공된다. 용량성 커플링된 프로세스 챔버가 제공된다. 가스 소스는 용량성 커플링된 프로세스 챔버와 유동성 접속되어 있다. 제 1 전극은 프로세스 챔버 내에 제공된다. 제 2 전극은 제 1 전극로부터 이격되어 대향한다. 제 1 무선 주파수 전원은 제 1 및 제 2 전극들 중 적어도 하나에 전기적으로 접속되고, 제 1 무선 주파수 전원은 무선 주파수 전력을 제공한다. 제 2 무선 주파수 전원은 제 1 및 제 2 전극들 중 적어도 하나에 전기적으로 접속되고, 제 2 무선 주파수 전원은 무선 주파수 전력을 제공한다. 제 1 변조 제어기는 제 1 무선 주파수 전원의 제어된 변조를 제공하도록, 상기 제 1 무선 주파수 전원에 접속된다.

대표도

도 1

색인어

RF 펄스, 용량성 커플링된 반응기

명세서

발명의 배경**1. 발명의 기술분야**

본 발명은 기판 상의 층을 에칭함으로써 반도체 웨이퍼 상에 구조 (structure) 를 제공하는 방법 및 장치에 관한 것이다.

2. 관련된 기술의 설명

반도체 플라즈마 에칭 애플리케이션에서, 플라즈마 에칭기는 일반적으로 마스크 패턴을 웨이퍼 상에 소망하는 박막 및/또는 필름스택 (filmstack; 도체 또는 유전성 절연체) 의 회로 및 선 패턴을 전사하는데 사용된다. 이는 마스크 패턴의 개방된 영역에서 마스크 재료 밑에 필름 (및 필름스택) 을 에칭시켜 제거함으로써 달성된다. 반응기 또는 프로세스 챔버로도 불리는 진공관 (vacuum enclosre) 에 수용되는 반응 혼합물로부터 플라즈마를 발생시킴으로써 발생된 화학적 활성 종 및 전기적 충전된 입자 (이온) 에 의해, 이 에칭 반응이 시작된다. 또한, 이온은 가스 혼합물과 웨이퍼 재료 사이에 생성된 전기장을 통하여 웨이퍼 재료로 가속되어서, 이등방성 (anisotropic) 에칭으로 불리는 방식으로 이온 경로의 방향을 따라 에칭 재료의 방향성 제거를 발생시킬 수도 있다. 에칭 스텝의 종료 시에, 마스크 재료는 스트립핑함으로써 제거되어, 원래 의도된 마스크 패턴의 측면 패턴의 복제물을 그 위치에 남길 수 있다.

유도성 커플링된 플라즈마 디바이스에서, 필싱된 또는 변조된 RF 전원을 사용하는 것이 알려져 있다. 이러한 필싱은 전자 온도가 펄스의 오프 (off) 기간 동안에 급격하게 떨어지게 하여서, 평균 전자 온도를 낮아지게 한다고 여겨진다. RF 오프 기간 동안에, 전자 온도가 급격하게 이격되어 있는 때, 이온이 전자보다 더 질량이 크고 따라서 전자보다 더 느리게 이동하기 때문에 플라즈마 이온 밀도가 더 느린 속도로 이격되어 있다. 따라서, 이 프로세스들은 평균 전자 온도를 크게 낮추는 반면에, 평균 플라즈마 밀도를 대략적으로 변화없이 유지할 수 있다. 이는 전자 셰이딩 (shading) 효과를 줄여서, 반도체 디바이스 피쳐 (feature) 에 대한 전자 손상을 줄일 수 있다. 이러한 프로세스는 단일 RF 주파수를 필싱할 수도 있다.

발명의 요약

상술한 바를 달성하기 위해 본 발명의 목적에 따르면, 웨이퍼 상에 층의 플라즈마 에칭을 제공하는 장치가 제공된다. 용량성 커플링된 프로세스 챔버가 제공된다. 가스 소스는 용량성 커플링된 프로세스 챔버와 유동성 접속되어 있다. 제 1 전극은 프로세스 챔버 내에 제공된다. 제 2 전극은 제 1 전극로부터 이격되어 대향한다. 제 1 무선 주파수 전원은 제 1 및 제 2 전극들 중 적어도 하나에 전기적으로 접속되고, 제 1 무선 주파수 전원은 150 kHz 내지 10 kHz 사이의 무선 주파수 전력을 제공한다. 제 2 무선 주파수 전원은 제 1 및 제 2 전극들 중 적어도 하나에 전기적으로 접속되고, 제 2 무선 주파수 전원은 12 kHz 내지 200 MHz 사이의 무선 주파수 전력을 제공한다. 제 1 변조 제어기는 1 kHz 내지 100 kHz 사이의 주파수에서 제 1 무선 주파수 전원의 제어된 변조를 제공하도록, 상기 제 1 무선 주파수 전원에 접속된다.

본 발명의 또 다른 실시형태에 있어서, 웨이퍼 상에 층의 플라즈마 에칭을 제공하는 장치가 제공된다. 용량성 커플링된 프로세스 챔버가 제공된다. 가스 소스가 용량성 커플링된 프로세스 챔버와 유동성 접속되어 있다. 제 1 전극은 프로세스 챔버 내에 제공된다. 제 2 전극은 제 1 전극으로부터 이격되어 대향하며, 제 2 전극은 제 1 전극으로부터 이격되어 갭 (gap) 을 형성하고, 웨이퍼는 제 1 전극과 제 2 전극 사이에 탑재 가능하고, 갭 크기에 대한 웨이퍼 직경의 애스펙트 비 (aspect ratio) 는 6:1 내지 60:1 이다. 제 1 주파수에서 전력 신호를 제공하는 제 1 무선 주파수 전원은 제 1 및 제 2 전극들 중 적어도 하나에 전기적으로 접속된다. 제 1 주파수와 다른 제 2 주파수에서 전력 신호를 제공하는 제 2 무선 주파수 전원은 제 1 및 제 2 전극들 중 적어도 하나에 전기적으로 접속된다. 제 1 변조 제어기는, 1 kHz 내지 100 kHz 사이의 주파수에서 제 1 무선 주파수 전원의 제어된 변조를 제공하도록, 제 1 무선 주파수 전원에 접속된다. 제 2 변조 제어기는, 1 kHz 내지 100 kHz 사이의 주파수에서 제 2 무선 주파수 전원의 제어된 변조를 제공하도록, 제 2 무선 주파수 전원에 접속된다.

본 발명의 또 다른 실시형태에 있어서, 웨이퍼 상에 층을 에칭하는 방법이 제공된다. 웨이퍼는 용량성 커플링된 프로세스 챔버 내에 배치된다. 에칭 가스가 프로세스 챔버에 제공된다. 용량성 커플링된 제 1 무선 주파수 신호가 프로세스 챔버에 제공된다. 제 1 무선 주파수 신호가 변조된다. 용량성 커플링된 제 2 무선 주파수 신호가 프로세스 챔버에 제공된다. 제 2 무선 주파수 신호가 변조된다.

본 발명의 이러한 그리고 다른 특징들은 발명의 상세한 설명에서 다음의 도면과 관련하여, 보다 상세하게 설명된다.

도면의 간단한 설명

본 발명은 첨부된 도면들의 형태로 제한되지 않고, 예시로서 도시되었으며, 비슷한 도면 부호는 유사한 구성요소를 지시한다.

도 1 은 본 발명의 바람직한 실시형태에서 사용될 수도 있는 용량성 커플링된 프로세스 챔버의 개략도이다.

도 2 는 본 발명의 바람직한 실시형태를 사용할 수도 있는 프로세스의 흐름도이다.

도 3 은 F^+/CF_2^+ 대 변조 주파수의 집중률 그래프이다.

바람직한 실시형태의 상세한 설명

본 발명은 첨부된 도면에서 도시된 바와 같이, 몇몇 바람직한 실시형태들과 관련하여 상세하게 설명된다. 아래의 설명에서, 많은 구체적인 세목은 본 발명의 완벽한 이해를 제공하기 위해 설명된다. 다만, 당업자에게 본 발명은 이러한 구체적인 세목들의 일부 또는 전부 없이도 실시될 수 있다는 것은 명백하다. 다른 예를 들면, 널리 공지된 프로세스 단계들 및/또는 구조는 본 발명을 불필요하게 모호하게 하지 않기 위해 상세하게 설명하지 않았다.

에칭 프로세스 도중에, 에칭 혼합물 가스들은 다양한 종들로 분리된다. 예를 들면, C_4F_8 과 O_2 의 에칭 화학 반응을 이용하여 에칭 플라즈마에서 CF_2^+ 및 F^+ 의 이온들로 분해할 수도 있다. F^+ 는 포토레지스트 (photoresist) 를 에칭하는 경향이 있을 수도 있다. 따라서, 에칭 선택도를 증가시키기 위해서, 더 많은 CF_2^+ 와 더 적은 F^+ 를 산출하도록 C_4F_8 를 분해하는 것이 바람직하다. 그러므로, 플라즈마에서 발생된 결과 종들의 비율을 제어하는 것이 바람직할 것이다.

도 1 은 본 발명의 바람직한 실시형태에서 사용될 수도 있는 용량성 커플링된 프로세스 챔버 (100) 의 개략도이다. 이 실시형태에서, 플라즈마 프로세스 챔버 (100) 는 가둠 링 (confinement ring) 들 (102), 상부 전극 (104), 하부 전극 (108), 가스 소스 (110), 및 배출 펌프 (120) 를 포함한다. 플라즈마 프로세스 챔버 (100) 내에, 기판 웨이퍼 (180) 는 하부 전극 (108) 위에 위치된다. 하부 전극 (108) 은 기판 웨이퍼 (180) 를 고정하기 위해 적당한 기판 척킹 (chucking) 메카니즘 (예를 들면, 정전기적, 기계적 클램핑 등) 와 일체화된다. 프로세스 챔버 천정 (top) 은 하부 전극 (108) 과 대향하여 배치된 상부 전극 (104) 와 일체화된다. 상부 전극 (104), 하부 전극 (108), 및 가둠 링들 (102) 은 수용된 플라즈마 볼륨 (140; plasma volume) 을 규정한다. 가스는 가스 소스 (11) 에 의해 가스 입구 (143) 를 통하여 수용된 플라즈마 볼륨으로 공급되고, 배출 펌프 (120) 에 의해 수용된 플라즈마 볼륨으로부터 가둠 링들 (102) 와 배출구를 통하여 배출된다. 배출 펌프 (120) 는 플라즈마 프로세스 챔버 용 가스 출구를 형성한다.

제 1 RF 소스 (144) 및 제 2 RF 소스 (148) 는 하부 전극 (108) 에 전기적으로 접속된다. 제 1 RF 소스 (144) 는 150 kHz 내지 10 MHz 사이의 주파수를 가지는 무선 주파수 전력을 제공한다. 바람직하게는, 이 주파수는 약 2 MHz 이다. 제 2 RF 소스 (148) 은 12 MHz 내지 200 MHz 사이의 주파수를 가진 무선 주파수 전력을 제공한다. 바람직하게는, 이 주파수는 약 27 MHz 이다. 바람직하게는, 제 2 RF 소스 (148) 로부터의 주파수는 제 1 RF 소스 (144) 로부터의 주파수의 적어도 10 배이다. 제 1 펄스 변조 제어기 (133) 는 제 1 RF 소스 (144) 에 제어 가능하게 접속된다. 제 1 펄스 변조 제어기 (133) 는 1 kHz 내지 100 kHz 사이의 주파수에서 제 1 RF 소스 신호를 변조할 수 있다. 제 2 펄스 변조 제어기 (135) 는 제 2 RF 소스 (148) 에 제어 가능하게 접속된다. 제 2 펄스 변조 제어기 (135) 는 1 kHz 내지 100 kHz 사이의 주파수에서 제 2 RF 소스 신호를 변조할 수 있다. 이 실시형태에서, 상부 전극 (104) 은 접지된다. 제어기 (137) 는 제 1 펄스 변조 제어기 (133), 제 2 펄스 변조 제어기 (134), 배출 펌프 (120), 및 가스 소스 (110) 에 제어 가능하게 접속될 수 있다. 또한, 제어기 (137) 는, 제 1 및 제 2 RF 소스들 (144, 148) 과 같은 다른 디바이스들에 제어 가능하게 접속될 수도 있다. 챔버 벽들 (152; chamber wall) 은 가둠 링 (102), 상부 전극 (104), 및 하부 전극 (108) 이 배치된 플라즈마 인크로저 (plasma enclosure) 를 규정한다.

바람직한 실시형태에서, 300 mm 웨이퍼를 프로세싱하기 위해, 상부 전극 (104) 와 하부 전극 (108) 사이의 갭 (gap) 이 약 2 cm 이다. 따라서, 이 실시형태에서, 대략 하부 전극 (108) 의 직경인, 프로세싱될 웨이퍼 (180) 의 직경 대 상부 전극과 하부 전극 사이의 거리의 애스펙트 비는 300 mm : 2 cm, 즉 15:1 이다. 바람직하게는, 처리될 웨이퍼의 직경과 전극 갭 간의 애스펙트 비는 6:1 내지 60:1 사이이다. 더욱 바람직하게는, 애스펙트 비는 10:1 내지 40:1 사이이다. 결과적으로, 이 프로세스 챔버는 전극들 사이에서 매우 좁은 갭을 가진다. 이러한 애스펙트 비들은, 외장 (sheath) 이 벌크 (bulk) 플라즈

마의 상당한 파편 (fraction) 이 되도록, 깎들을 사용한다. 바람직하게는, 상부 전극과 하부 전극 사이의 깎은 8 cm 보다 작다. 보다 바람직하게는, 상부 전극과 하부 전극 사이의 깎은 약 0.5 내지 4 cm 사이이다. 가장 바람직하게는, 상부 전극과 하부 전극 사이의 깎은 약 2 cm 이다.

도 2 는 본 발명의 바람직한 실시형태를 사용할 수도 있는 프로세스의 흐름도이다. 작동 중에, 패터닝된 마스크를 가지는 웨이퍼 (180) 가 프로세스 챔버 (100) 내에 위치된다 (단계 204). 이 실시형태에서, 웨이퍼 (180) 는 하부 전극 (108) 에 의해 지지된다. 에칭 가스 혼합물은 가스 소스 (110) 에 의해 플라즈마 볼륨 (140) 으로 제공된다 (단계 206). 이 실시예에서, 웨치퍼 위와 포토레지스트 마스트 아래에 유전체 층을 에칭하기 위해, 아르곤, C_4F_8 , 산소, 및 다른 성분 가스들의 에칭 가스 화학 반응이 사용될 수도 있다. 그 다음, 변조된 제 1 및 제 2 RF 전력들은 에칭 가스들로부터 형성된 플라즈마를 생성하고 유지하도록 제공된다 (단계 208). 플라즈마는 마스크 아래의 층을 에칭하는데 사용된다 (단계 210).

이론에 의해 얇매이길 바라지 않는다면, 용량성 커플링된 프로세스 챔버에서 RF 전력의 변조가 플라즈마의 외장에서 변화를 일으킨다는 것이 믿어진다. 몇몇 시스템들에서 이러한 변화는 오직 플라즈마 볼륨의 작은 부분 (portion) 에만 영향을 미칠 수 있다. 발명의 프로세스 챔버는 얇은 전극 깎과 높은 애스펙트 비로 정의되는, 얇은 플라즈마 볼륨을 가져서, 변조에 의해 영향을 받는 외장이 플라즈마 볼륨의 상당부 (significant part) 를 형성한다. 결과적으로, 변조는 플라즈마 볼륨의 상당부에 대해 독립적으로 중 분리 및 실패 대 발생 비율을 제어하는데 사용될 수 있다.

도 3 은 F^+/CF_2^+ 대 더 높은 RF 소스의 변조 주파수의 집중률의 그래프이다. 변조 주파수가 증가하면 F^+/CF_2^+ 의 비율이 감소하고 변조 주파수가 비율을 제어하는데 사용될 수 있다는 것을 그래프가 개략적으로 나타낸다. 이것은, 발명이 플라즈마 볼륨의 상당한 부분에서의 가스들의 분리 비율을 제어하는데 사용될 수 있는 방법의 실시예이다.

플라즈마 실패 대 발생 비율은 이온 및 전자의 개수 및 그 에너지와 같은 다양한 요인들에 의존한다. 변조는 이러한 다양한 요인들을 변경하는데 사용될 수 있다. 위에서 논의한 바와 같이, 이러한 변조는 주로 외장 영역에 영향을 미칠수도 있다. 본 발명이 볼륨의 상당부인 외장 영역을 제공하기 때문에, 변조는 플라즈마의 상당한 볼륨에 영향을 미치는데 사용될 수 있다.

플라즈마 밸크의 볼륨이 상당한 량 변화될 때, 플라즈마에서의 발생-실패 밸런스 (balance) 가 바뀐다. 밸런스에서의 변화는 전자 온도 (및 그로 인한 플라즈마 중 분열/분리) 와 같은 플라즈마 파라미터들을 변경하는 것으로 알려져 있다.

또한, 발명은 에칭의 유형에 따라 에칭을 맞추는데 사용될 수 있는 부가된 제어를 제공한다. 예를 들면, 높은 애스펙트 비 접촉 (contact) 의 에칭에서, 많은 외장이 에칭에 높은 에너지 이온들을 제공하도록 요구된다. 펄스 변조 제어기들은 높은 외장 포텐셜 (potential) 에 알맞은 변조 주파수를 가지며, 심지어 연속과 작동 도중에 달성될 수 있는 보다 펄스-온 (pulse-on) 도중에 증가된 즉시 더 낮은 주파수 전력을 허용할 것이다. 대신에 트랜치 (trench) 가 낮은 -k 유전체에서 에칭될 것이라면, 이온 충격 (bombardment) 은 줄어들어야 하고 따라서 외장은 줄어들어야 한다. 이것은 웨이퍼 외장을 전형적으로 제어하는 낮은 주파수를 변조함으로써 달성될 수도 있으며, 낮은 이온 에너지의 보다 미세한 조정 (tuning) 을 허용할 수 있다.

또한, 변조는 외장에 영향을 받은 볼륨의 퍼센트 (percentage) 를 변화하는데 사용될 수도 있다. 그러므로, 본 발명은 에칭 바이어스, 외장, 및 분리 화학 반응을 제어하기 위해, 별도의 제어를 제공할 수 있다. 제어기는 RF 전원의 변조가 동기화하거나 서로 독립적으로 변조되도록 할 수 있다.

다른 실시형태에서는, 다른 RF 전원 및 전극 구성이 사용될 수도 있다. 예를 들면, 또 다른 실시형태는 제 1 및 제 2 RF 소스들을 상부 전극에 접속시킬 수도 있다.

다른 에칭의 장점은 좁은 플라즈마 볼륨을 가지고 이중의 RF 소스들의 변조를 허용하는 발명의 장치로부터 알 수 있다.

본 발명은 여러 바람직한 실시형태와 관련하여 설명되었지만, 이 발명의 범위에 포함되는 대체, 치환, 변형 및 다양한 대체 균등물이 있다. 본 발명의 방법들 및 장치들을 구현하는 많은 대체의 방법들이 있다. 따라서, 첨부되는 청구의 범위는 본 발명의 진정한 사상 및 범위에 포함되는 대체, 치환, 변형 및 다양한 대체 균등물과 같은 모두를 포함하는 것으로 해석되어야 한다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

웨이퍼 상에 층의 플라즈마 에칭을 제공하는 장치로서,

용량성 커플링된 프로세스 챔버;

상기 용량성 커플링된 프로세스 챔버와 유동성 접속된 가스 소스;

상기 프로세스 챔버 내의 제 1 전극;

상기 제 1 전극로부터 이격되어 대향하는 제 2 전극;

상기 제 1 및 제 2 전극들 중 적어도 하나에 전기적으로 접속된 제 1 무선 주파수 전원으로서, 상기 제 1 무선 주파수 전원은 150 kHz 내지 10 MHz 사이의 무선 주파수 전력을 제공하는, 제 1 무선 주파수 전원;

상기 제 1 및 제 2 전극들 중 적어도 하나에 전기적으로 접속된 제 2 무선 주파수 전원으로서, 상기 제 2 무선 주파수 전원은 12 MHz 내지 200 MHz 사이의 무선 주파수 전력을 제공하는, 제 2 무선 주파수 전원; 및

1 kHz 내지 100 kHz 사이의 주파수에서 상기 제 1 무선 주파수 전원의 제어된 변조를 제공하도록, 상기 제 1 무선 주파수 전원에 접속된 제 1 변조 제어기를 포함하는, 장치.

청구항 2.

제 1 항에 있어서,

상기 웨이퍼는 직경을 가지고,

상기 제 1 전극과 상기 제 2 전극 사이의 간격이 상기 웨이퍼의 상기 직경에 대해 1:10 내지 1:40 의 비율을 가지도록, 상기 제 2 전극이 상기 제 1 전극으로부터 이격되어 있는, 장치.

청구항 3.

제 1 항 내지 제 2 항 중 어느 한 항에 있어서,

약 1 kHz 내지 약 100 kHz 사이의 주파수에서 상기 제 2 무선 주파수 전원의 제어된 변조를 제공하도록, 상기 제 2 무선 주파수 전원에 접속된 제 2 변조 제어기를 더 포함하는, 장치.

청구항 4.

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 2 전극은 상기 제 1 전극으로부터 8 cm 보다 작게 이격되어 있는, 장치.

청구항 5.

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 2 무선 주파수는 상기 제 1 무선 주파수의 10 배보다 큰, 장치.

청구항 6.

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 프로세스 챔버 내에 플라즈마 볼륨을 수용하는 적어도 하나의 가둠 링 (confinement ring) 을 더 포함하는, 장치.

청구항 7.

제 1 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 1 변조 제어기와 상기 제 2 변조 제어기에 제어 가능하게 접속된 제어기를 더 포함하는, 장치.

청구항 8.

웨이퍼 상에 층의 플라즈마 에칭을 제공하는 장치로서,

용량성 커플링된 프로세스 챔버;

상기 용량성 커플링된 프로세스 챔버와 유동성 접속된 가스 소스;

상기 프로세스 챔버 내의 제 1 전극;

상기 제 1 전극으로부터 이격되어 대향하는 제 2 전극으로서, 상기 제 2 전극은 상기 제 1 전극으로부터 이격되어 갭 (gap) 을 형성하고, 상기 웨이퍼는 상기 제 1 전극과 상기 제 2 전극 사이에 탑재 가능하고, 갭 크기에 대한 웨이퍼 직경의 애스펙트 비 (aspect ratio) 는 6:1 내지 60:1 인, 제 2 전극;

상기 제 1 및 제 2 전극들 중 적어도 하나에 전기적으로 접속된, 제 1 주파수에서 전력 신호를 제공하는 제 1 무선 주파수 전원;

상기 제 1 및 제 2 전극들 중 적어도 하나에 전기적으로 접속된, 상기 제 1 주파수와 다른 제 2 주파수에서 전력 신호를 제공하는 제 2 무선 주파수 전원;

약 1 kHz 내지 약 100 kHz 사이의 주파수에서 상기 제 1 무선 주파수 전원의 제어된 변조를 제공하도록, 상기 제 1 무선 주파수 전원에 접속된 제 1 변조 제어기; 및

1 kHz 내지 100 kHz 사이의 주파수에서 상기 제 2 무선 주파수 전원의 제어된 변조를 제공하도록, 상기 제 2 무선 주파수 전원에 접속된 제 2 변조 제어기를 포함하는, 장치.

청구항 9.

제 8 항에 있어서,

상기 제 2 전극은 상기 제 1 전극으로부터 8 cm 보다 작게 이격되어 있는, 장치.

청구항 10.

제 8 항 내지 제 9 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 2 무선 주파수는 상기 제 1 무선 주파수의 10 배보다 큰, 장치.

청구항 11.

제 8 항 내지 제 10 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 프로세스 챔버 내에 플라즈마 볼륨을 수용하는 적어도 하나의 가둠 링을 더 포함하는, 장치.

청구항 12.

제 8 항 내지 제 11 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 1 변조 제어기와 상기 제 2 변조 제어기에 제어 가능하게 접속된 제어기를 더 포함하는, 장치.

청구항 13.

웨이퍼 상에 층을 에칭하는 방법으로서,

상기 웨이퍼를 용량성 커플링된 프로세스 챔버 내에 배치하는 단계;

에칭 가스를 상기 프로세스 챔버에 제공하는 단계;

용량성 커플링된 제 1 무선 주파수 신호를 상기 프로세스 챔버에 제공하는 단계;

상기 제 1 무선 주파수 신호를 변조하는 단계;

용량성 커플링된 제 2 무선 주파수 신호를 상기 프로세스 챔버에 제공하는 단계; 및

상기 제 2 무선 주파수 신호를 변조하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 14.

제 13 항에 있어서,

상기 제 2 무선 주파수는 상기 제 1 무선 주파수의 10 배보다 큰, 방법.

청구항 15.

제 13 항 내지 제 14 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 1 주파수를 변조하는 단계는 1 kHz 내지 100 kHz 사이의 주파수에서 상기 제 1 주파수를 변조하고,

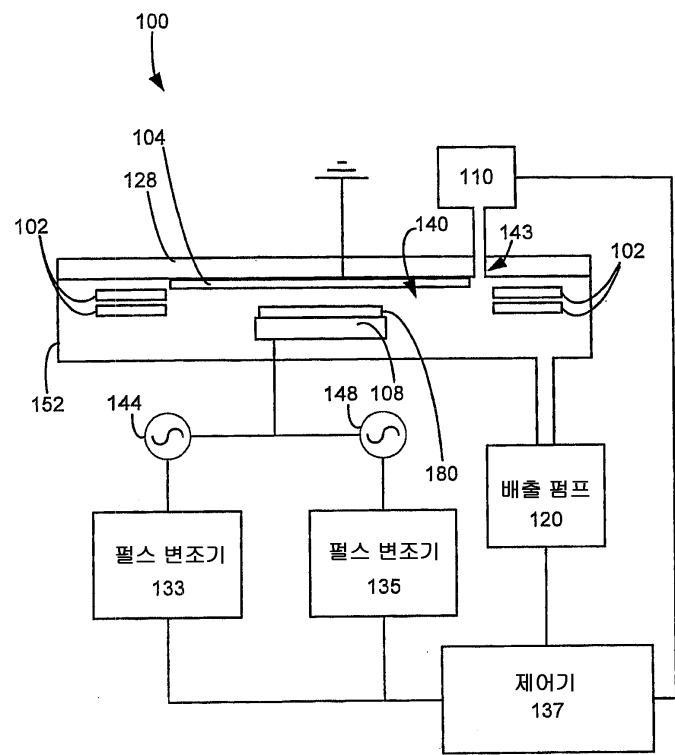
상기 제 2 주파수를 변조하는 단계는 1 kHz 내지 100 kHz 사이의 주파수에서 상기 제 2 주파수를 변조하는, 방법.

청구항 16.

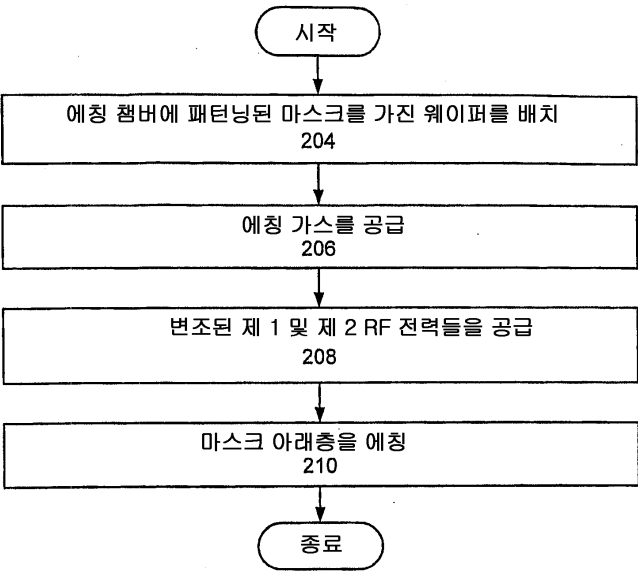
제 13 항 내지 제 15 항 중 어느 한 항에 기재된 방법으로 형성된 반도체 디바이스.

도면

도면1



도면2



도면3

