



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년03월05일
(11) 등록번호 10-2222902
(24) 등록일자 2021년02월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/3065 (2006.01) H01L 21/02 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-0056641
(22) 출원일자 2014년05월12일
심사청구일자 2019년03월06일
(65) 공개번호 10-2015-0129942
(43) 공개일자 2015년11월23일
(56) 선행기술조사문헌
KR100855002 B1*
KR1020100114187 A*
KR1020120037506 A*
US20090242127 A1
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
삼성전자주식회사
경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)
(72) 발명자
김무진
경기도 수원시 영통구 효원로 363 101동 1104호
(매탄동,매탄위브하늘채아파트)
김봉석
경기도 용인시 기흥구 흥덕2로 126 705동 1402호
(영덕동,흥덕마을7단지흥덕힐스테이트아파트)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인 고려

전체 청구항 수 : 총 20 항

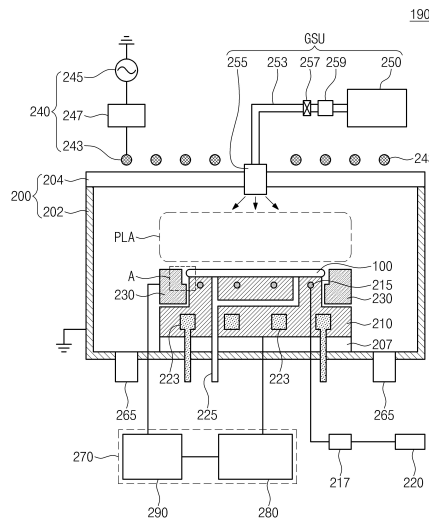
심사관 : 손희수

(54) 발명의 명칭 플라즈마 장비 및 이를 이용한 반도체 소자의 제조 방법

(57) 요약

플라즈마 장비는, 내부 공간을 갖는 공정 챔버, 상기 공정 챔버 내에 배치되고 기판이 로딩되는 상면을 갖는 척, 상기 공정 챔버 내부로 공정 가스를 공급하는 가스 공급 유닛, 상기 척의 상부에 플라즈마를 생성시키기 위한 플라즈마 생성 유닛, 및 상기 척에 DC 펄스 신호를 인가하는 DC 파워 생성기를 포함한다. 상기 직류 펄스 신호의 주기는, 네거티브 펄스를 인가하는 네거티브 펄스 구간, 포지티브 펄스를 인가하는 포지티브 펄스 구간, 및 상기 네거티브 펄스 및 포지티브 펄스가 턴-오프 되는 펄스-오프 구간을 포함한다. 상기 포지티브 펄스 구간은 상기 네거티브 펄스 구간 및 상기 펄스-오프 구간 사이에 있다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

구덕자

경기도 용인시 기흥구 한보라2로14번길 7-19 301호 (보라동)

우제현

경기도 수원시 영통구 삼성로 11 207동 904호 (신동, 래미안영통마크원2단지)

이언주

서울특별시 동작구 동작대로39가길 55 104동 703호 (동작동, 동작동금강KCC아파트)

명세서

청구범위

청구항 1

내부 공간을 갖는 공정 챔버;

상기 공정 챔버 내에 배치되고, 기판이 로딩되는 상면을 갖는 척;

상기 척의 가장자리에 배치되는 외곽 링;

상기 공정 챔버 내부로 공정 가스를 공급하는 가스 공급 유닛;

RF(radio frequency) 파워를 이용하여 상기 척의 상부에 플라즈마를 생성시키는 플라즈마 생성 유닛; 및

상기 척에 직류(direct current, DC) 펄스 신호를 인가하는 DC 파워 생성기(DC power generator)를 포함하되,

상기 직류 펄스 신호의 주기는, 네거티브 펄스를 인가하는 네거티브 펄스 구간(negative pulse duration); 포지티브 펄스를 인가하는 포지티브 펄스 구간(positive pulse duration); 상기 네거티브 펄스 구간 후와 상기 **포지티브** 구간 전의 안정화 구간; 및 상기 포지티브 펄스 구간 후와 상기 네거티브 펄스 구간 전에 상기 네거티브 펄스 및 포지티브 펄스가 턴-오프 되는 펄스-오프 구간(pulse-off duration)을 포함하고,

상기 펄스 오프 구간은 상기 안정화 구간보다 길어 상기 플라즈마의 생성 동안에 형성되는 식각 부산물을 식각 영역으로부터 방출시키고,

상기 DC 파워 생성기는:

상기 척에 연결되어 상기 척에 상기 직류 펄스 신호 중의 제1 직류 펄스 신호를 제공하는 제1 DC 파워 생성기; 및

상기 외곽 링에 연결되어 상기 외곽 링에 상기 제1 직류 펄스 신호의 전압과 다른 전압을 갖는 제2 직류 펄스 신호를 제공하는 제2 DC 파워 생성기를 포함하는 플라즈마 장비.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 안정화 구간의 전압값은 상기 네거티브 펄스의 전압값과, 상기 포지티브 펄스의 전압값 사이인 플라즈마 장비.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 안정화 구간 및 상기 펄스-오프 구간 동안에 접지 전압이 인가되는 플라즈마 장비.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 펄스 오프 구간은 상기 포지티브 펄스 구간보다 긴 플라즈마 장비.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 펄스-오프 구간은 상기 안정화 구간 보다 긴 플라즈마 장비.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 포지티브 펄스의 크기는 상기 네거티브 펄스의 크기보다 작은 플라즈마 장비.

청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 네거티브 펄스 구간은 상기 포지티브 펄스 구간 보다 긴 플라즈마 장비.

청구항 8

청구항 1에 있어서,

상기 DC 파워 생성기는,

상기 네거티브 펄스를 생성하는 네거티브 파워 공급기;

상기 포지티브 펄스를 생성하는 포지티브 파워 공급기; 및

상기 네거티브 펄스 및 상기 포지티브 펄스의 펄스 출력 시간을 조절하여 상기 DC 펄스 신호를 출력하는 펄스 모듈레이터(pulse modulator)를 포함하는 플라즈마 장비.

청구항 9

청구항 8에서,

상기 DC 파워 생성기는,

접지 전압을 생성하는 접지원; 및

상기 네거티브 파워 공급기, 상기 포지티브 파워 공급기, 및 상기 펄스 모듈레이터를 조절하는 컨트롤러(controller)를 더 포함하는 플라즈마 장비.

청구항 10

청구항 9에 있어서,

상기 펄스 모듈레이터는,

상기 네거티브 파워 공급기에 연결된 제1 단자를 갖는 제1 스위치;

상기 포지티브 파워 공급기에 연결된 제1 단자를 갖는 제2 스위치; 및

상기 접지원에 연결된 제1 단자를 갖는 제3 스위치; 및

상기 제1, 제2, 및 제3 스위치들의 제2 단자들에 연결된 출력 단자를 포함하고,

상기 제1, 제2, 및 제3 스위치들은 상기 컨트롤러로부터 수신된 제1, 제2, 및 제3 제어 신호들에 의해 동작되는 플라즈마 장비.

청구항 11

청구항 1에 있어서,

상기 척의 가장자리 상에 배치되어 상기 로딩된 기관을 둘러싸는 외곽 링을 더 포함하되,

상기 외곽 링에는 제2 DC 펄스 신호가 인가되는 플라즈마 장비.

청구항 12

청구항 11에 있어서,

상기 제2 DC 펄스 신호는 상기 척에 인가되는 상기 DC 펄스 신호와 동일한 주기를 갖는 플라즈마 장비.

청구항 13

청구항 1에 있어서,

상기 척은 상기 척의 내부에 배치된 적어도 하나의 도전 핀(conductive pin)을 포함하고,
 상기 적어도 하나의 도전 핀은 상기 로딩된 기관과 접촉되고,
 상기 DC 파워 생성기는 상기 적어도 하나의 도전 핀에 전기적으로 연결된 플라즈마 장비.

청구항 14

내부 공간을 갖는 공정 챔버;
 상기 공정 챔버 내에 배치되고, 기관이 로딩되는 상면을 갖는 척;
 상기 척의 가장자리에 배치되어 상기 로딩된 기관을 둘러싸는 외곽 링;
 상기 공정 챔버 내로 공정 가스를 공급하는 가스 공급 유닛;
 상기 척의 상부에 플라즈마를 생성시키기 위한 플라즈마 생성 유닛; 및
 상기 척에 제1 직류 펄스 신호를 인가하고, 상기 외곽 링에 제2 직류 펄스 신호를 인가하는 DC 파워 생성 유닛을 포함하되,
 상기 제1 및 제2 직류 펄스 신호들의 주기들은, 네거티브 펄스 구간, 상기 네거티브 펄스 구간에 후속되는 포지티브 펄스 구간, 및 상기 포지티브 펄스 구간에 뒤따르는 펄스 오프 구간을 포함하되,
 상기 펄스 오프 구간은 상기 플라즈마의 생성 동안에 형성되어 상기 기관의 상부면 상에 증착되는 식각 부산물을 상기 기관의 식각 영역으로부터 방출시키도록 제어되고,
 상기 제1 직류 펄스 신호와 상기 제2 직류 펄스 신호는 상기 네거티브 펄스 구간 동안에 제 1 네거티브 펄스와 제 2 네거티브 펄스를 각각 포함하고,
 상기 제1 직류 펄스 신호와 상기 제2 직류 펄스 신호는 상기 포지티브 펄스 구간 동안에 제1 포지티브 펄스와 제2 포지티브 펄스를 각각 포함하고,
 상기 제1 직류 펄스 신호와 상기 제2 직류 펄스 신호의 각각은 상기 펄스 오프 구간 동안에 접지 전압을 포함하되,
 상기 제2 직류 펄스 신호는 상기 제1 직류 펄스 신호의 전압보다 작은 전압을 갖는 플라즈마 장비.

청구항 15

청구항 14에 있어서,
 상기 제1 DC 펄스 신호의 상기 주기는 상기 제2 DC 펄스 신호의 상기 주기와 동일하고, 상기 제2 DC 펄스 신호는 상기 제1 DC 펄스 신호에 동기화되는 플라즈마 장비.

청구항 16

청구항 15에 있어서,
 상기 제1 및 제2 DC 펄스 신호들의 상기 같은 주기는 네거티브 펄스 구간, 포지티브 펄스 구간, 및 펄스-오프 구간을 포함하고,
 상기 제1 DC 펄스 신호 및 상기 제2 DC 펄스 신호는 상기 네거티브 펄스 구간 동안에 상기 척 및 상기 외곽 링에 제1 네거티브 펄스 및 제2 네거티브 펄스를 각각 인가하고,
 상기 제1 DC 펄스 신호 및 상기 제2 DC 펄스 신호는 상기 포지티브 펄스 구간 동안에 상기 척 및 상기 외곽 링에 제1 포지티브 펄스 및 제2 포지티브 펄스를 각각 인가하고,
 상기 제1 및 제2 네거티브 펄스들 및 상기 제1 및 제2 포지티브 펄스들은 상기 펄스-오프 구간 동안에 턴-오프되는 플라즈마 장비.

청구항 17

플라즈마가 생성되는 내부 공간을 갖는 챔버;

상기 챔버 내에 배치되고, 기관을 수납하는 상면을 갖는 척;
 상기 척의 가장자리에 배치되는 외곽 링;
 상기 척에 연결되어 RF 파워를 이용하여 상기 챔버 내에 상기 플라즈마를 생성하는 적어도 하나의 전극; 및
 직류 신호를 반복적으로 생성하여 상기 척에 상기 직류 신호를 제공하는 DC 파워 생성 유닛을 포함하되,
 상기 직류 신호는 제1 부분과 제2 부분을 포함하고,
 상기 직류 신호의 상기 제1 부분은 -500V보다 크지 않은 직류 신호이고,
 상기 직류 신호의 상기 제2 부분은 접지 전압이상의 직류 신호이고,
 상기 제2 부분의 구간은 상기 제1 부분의 구간보다 크거나 길고,
 상기 제2 부분의 상기 구간은 상기 플라즈마의 생성 동안에 형성되어 상기 기관의 상부면에 증착되는 식각 부산물을 상기 기관의 식각영역으로부터 방출시키고,
 상기 DC 파워 생성 유닛은:
 상기 척에 연결되어 상기 척에 상기 직류 신호의 제1 직류 신호를 제공하는 제1 DC 파워 생성 유닛; 및
 상기 외곽 링에 연결되어 상기 외곽 링에 상기 제1 직류 신호의 전압과 다른 전압을 갖는 상기 직류 신호의 제2 직류 신호를 제공하는 제2 DC 파워 생성 유닛을 포함하는 플라즈마 장비.

청구항 18

청구항 17에 있어서,
 상기 제2 부분은 포지티브 전압 펄스 부분과, 접지 전압 부분을 포함하는 플라즈마 장비.

청구항 19

청구항 17에 있어서,
 상기 기관의 외주면을 둘러싸도록 상기 척의 상기 상면의 일부에 제공되고, 도전성 물질을 포함하는 링을 더 포함하는 플라즈마 장비.

청구항 20

청구항 19에 있어서,
 상기 제1 직류 신호는 상기 링에 제공되는 플라즈마 장비.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 반도체 제조 공정에 사용되는 플라즈마 장비 및 이를 이용한 반도체 소자의 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 반도체 소자들은 그들의 작은 크기, 다기능, 및/또는 낮은 제조 단가 특성들로 인하여 전자 산업에서 널리 사용되고 있다. 반도체 소자들은 증착 공정들, 이온 주입 공정들, 포토리소그래피 공정들, 및/또는 식각 공정들과 같은 다양한 반도체 제조 공정들을 이용하여 형성된다. 이러한 반도체 제조 공정들 중에서 일부는 플라즈마를 이용하여 수행된다. 반도체 소자들이 고집적화 됨에 따라, 반도체 소자들을 구성하는 패턴들의 크기들이 감소되고 있으며, 패턴들의 종횡비(aspect ratio)가 증가되고 있다. 이러한 패턴들의 크기 감소 및/또는 패턴들의 종횡비의 증가는 플라즈마를 이용하는 반도체 제조 공정들에 영향을 주어, 여러 문제점들을 야기시킬 수 있다. 따라서, 플라즈마를 이용하는 반도체 제조 공정들의 개선이 요구되고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0003] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 여러 공정 인자들을 효과적으로 조절할 수 있는 플라즈마 장비들을 제공하는 데 있다.
- [0004] 본 발명이 이루고자 하는 다른 기술적 과제는 반도체 제조 공정들의 신뢰성을 향상시킬 수 있는 플라즈마 장비들을 제공하는 데 있다.
- [0005] 본 발명이 이루고자 하는 또 다른 기술적 과제는 상기 플라즈마 장비를 이용하는 반도체 소자의 제조 방법을 제공하는 데 있다.
- [0006] 본 발명이 해결하고자 하는 과제들은 이상에서 언급한 과제에 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0007] 본 발명의 일 양태에 따르면, 플라즈마 장비는, 내부 공간을 갖는 공정 챔버; 상기 공정 챔버 내에 배치되고, 기판이 로딩되는 상면을 갖는 척; 상기 공정 챔버 내부로 공정 가스를 공급하는 가스 공급 유닛; 상기 척의 상부에 플라즈마를 생성시키기 위한 플라즈마 생성 유닛; 및 상기 척에 직류(direct current, DC) 펄스 신호를 인가하는 DC 파워 생성기(DC power generator)를 포함할 수 있다. 상기 직류 펄스 신호의 주기는, 네거티브 펄스를 인가하는 네거티브 펄스 구간(negative pulse duration); 포지티브 펄스를 인가하는 포지티브 펄스 구간(positive pulse duration); 및 상기 네거티브 펄스 및 포지티브 펄스가 턴-오프 되는 펄스-오프 구간(pulse-off duration)을 포함할 수 있다. 상기 포지티브 펄스 구간은 상기 네거티브 펄스 구간 및 상기 펄스-오프 구간 사이에 있다.
- [0008] 일 실시예에 있어서, 상기 직류 펄스 신호의 상기 주기는 상기 네거티브 펄스 구간 및 상기 포지티브 펄스 구간 사이에 안정화 구간을 더 포함할 수 있다.
- [0009] 일 실시예에 있어서, 상기 안정화 구간 및 상기 펄스-오프 구간 동안에 접지 전압이 인가될 수 있다.
- [0010] 일 실시예에 있어서, 상기 안정화 구간의 길이는 상기 펄스-오프 구간의 길이와 다를 수 있다.
- [0011] 일 실시예에 있어서, 상기 펄스-오프 구간이 상기 안정화 구간 보다 길 수 있다.
- [0012] 일 실시예에 있어서, 상기 포지티브 펄스의 크기는 상기 네거티브 펄스의 크기보다 작을 수 있다.
- [0013] 일 실시예에 있어서, 상기 네거티브 펄스 구간은 상기 포지티브 펄스 구간 보다 길 수 있다.
- [0014] 일 실시예에 있어서, 상기 DC 파워 생성기는, 상기 네거티브 펄스를 생성하는 네거티브 파워 공급기; 상기 포지티브 펄스를 생성하는 포지티브 파워 공급기; 및 상기 네거티브 펄스 및 상기 포지티브 펄스의 펄스 출력 시간을 조절하여 상기 DC 펄스 신호를 출력하는 펄스 모듈레이터(pulse modulator)를 포함할 수 있다.
- [0015] 일 실시예에 있어서, 상기 DC 파워 생성기는, 접지 전압을 생성하는 접지원; 및 상기 네거티브 파워 공급기, 상기 포지티브 파워 공급기, 및 상기 펄스 모듈레이터를 조절하는 컨트롤러(controller)를 더 포함할 수 있다.
- [0016] 일 실시예에 있어서, 상기 펄스 모듈레이터는, 상기 네거티브 파워 공급기에 연결된 제1 단자를 갖는 제1 스위치; 상기 포지티브 파워 공급기에 연결된 제1 단자를 갖는 제2 스위치; 및 상기 접지원에 연결된 제1 단자를 갖는 제3 스위치; 및 상기 제1, 제2, 및 제3 스위치들의 제2 단자들에 연결된 출력 단자를 포함할 수 있다. 상기 제1, 제2, 및 제3 스위치들은 상기 컨트롤러로부터 수신된 제1, 제2, 및 제3 제어 신호들에 의해 동작될 수 있다.
- [0017] 일 실시예에 있어서, 상기 척의 가장자리 상에 배치되어 상기 로딩된 기판을 둘러싸는 외곽 링을 더 포함할 수 있다. 상기 외곽 링에는 제2 DC 펄스 신호가 인가될 수 있다.
- [0018] 일 실시예에 있어서, 상기 제2 DC 펄스 신호는 상기 척에 인가되는 상기 DC 펄스 신호와 동일한 주기를 가질 수 있다.
- [0019] 일 실시예에 있어서, 상기 척은 상기 척의 내부에 배치된 적어도 하나의 도전 핀(conductive pin)을 포함할 수 있다. 상기 적어도 하나의 도전 핀은 상기 로딩된 기판과 접촉될 수 있으며, 상기 DC 파워 생성기는 상기 적어도 하나의 도전 핀에 전기적으로 연결될 수 있다.

- [0020] 본 발명의 다른 양태에 따르면, 플라즈마 장비는 내부 공간을 갖는 공정 챔버; 상기 공정 챔버 내에 배치되고, 기관이 로딩되는 상면을 갖는 척; 상기 척의 가장자리에 배치되어 상기 로딩된 기관을 둘러싸는 외곽 링; 상기 공정 챔버 내로 공정 가스를 공급하는 가스 공급 유닛; 상기 척의 상부에 플라즈마를 생성시키기 위한 플라즈마 생성 유닛; 및 상기 척에 제1 직류(direct current, DC) 펄스 신호를 인가하고, 상기 외곽 링에 제2 DC 펄스 신호를 인가하는 DC 파워 생성 유닛을 포함할 수 있다.
- [0021] 일 실시예에 있어서, 상기 제1 DC 펄스 신호의 주기는 상기 제2 DC 펄스 신호의 주기와 동일할 수 있으며, 상기 제2 DC 펄스 신호는 상기 제1 DC 펄스 신호에 동기화될 수 있다.
- [0022] 일 실시예에 있어서, 상기 제1 및 제2 DC 펄스 신호들의 상기 같은 주기는 네거티브 펄스 구간, 포지티브 펄스 구간, 및 펄스-오프 구간을 포함할 수 있다. 상기 제1 DC 펄스 신호 및 상기 제2 DC 펄스 신호는 상기 네거티브 펄스 구간 동안에 상기 척 및 상기 외곽 링에 제1 네거티브 펄스 및 제2 네거티브 펄스를 각각 인가할 수 있다. 상기 제1 DC 펄스 신호 및 상기 제2 DC 펄스 신호는 상기 포지티브 펄스 구간 동안에 상기 척 및 상기 외곽 링에 제1 포지티브 펄스 및 제2 포지티브 펄스를 각각 인가할 수 있다. 상기 제1 및 제2 네거티브 펄스들 및 상기 제1 및 제2 포지티브 펄스들은 상기 펄스-오프 구간 동안에 턴-오프 될 수 있다.
- [0023] 본 발명의 또 다른 양태에 따르면, 반도체 소자의 제조 방법은 기관 상에 식각 대상막을 형성하는 것; 및 상기 식각 대상막을 갖는 기관을 공정 챔버 내에 배치된 척 상에 로딩시키는 것; 상기 로딩된 기관 상부에 플라즈마를 생성시키는 것; 상기 척에 인가되는 DC 펄스 신호를 이용하여 상기 식각 대상막의 일부를 식각하는 것을 포함할 수 있다. 상기 DC 펄스 신호의 주기는, 네거티브 펄스를 인가하는 네거티브 펄스 구간; 포지티브 펄스를 인가하는 포지티브 펄스 구간; 및 상기 네거티브 펄스 및 포지티브 펄스가 턴-오프 되는 펄스-오프 구간을 포함할 수 있다. 상기 포지티브 펄스 구간은 상기 네거티브 펄스 구간 및 상기 펄스-오프 구간 사이에 있다.
- [0024] 일 실시예에 있어서, 상기 DC 펄스 신호의 주기는 상기 네거티브 펄스 구간 및 상기 포지티브 펄스 구간 사이의 안정화 구간을 더 포함할 수 있다. 접지 전압이 상기 안정화 구간 및 상기 펄스-오프 구간 동안에 인가될 수 있으며, 상기 안정화 구간의 길이는 상기 펄스-오프 구간의 길이와 다를 수 있다.
- [0025] 일 실시예에 있어서, 상기 식각 대상막은 상기 기관 상에 교대로 적층된 제1 막들 및 제2 막들을 포함할 수 있다.
- [0026] 일 실시예에 있어서, 상기 방법은 상기 식각 대상막을 형성하기 전에 상기 기관 상에 몰드막을 형성하는 것; 및 상기 몰드막을 패터닝하여 홀을 형성하는 것을 더 포함할 수 있다. 상기 식각 대상막은 상기 홀의 내면 상에 콘 포말하게 형성될 수 있다.

발명의 효과

- [0027] 상술된 바와 같이, 상기 척에 인가되는 상기 DC 펄스 신호의 주기는 상기 네거티브 펄스 구간, 상기 포지티브 펄스 구간, 및 상기 펄스-오프 구간을 포함한다. 상기 포지티브 펄스 구간의 상기 포지티브 펄스에 의하여 상기 차징된 기관이 중성화될 수 있다. 또한, 상기 포지티브 펄스 구간의 포지티브 펄스는 전자 온도를 증가시켜 라디칼들을 증가시킬 수 있다. 이로 인하여, 식각률을 증가시키거나 식각선택비를 증가시킬 수 있다. 상기 펄스-오프 구간으로 인하여 패시베이션 효과(passivation effect)를 갖는 식각 부산물들이 마스크로 사용되는 요소 상에 형성되어, 식각 공정의 마진을 향상시킬 수 있다. 또한, 상기 펄스-오프 구간 동안에 식각 영역 내의 식각 부산물들이 상기 식각 영역 밖으로 효과적으로 빠져나갈 수 있다. 이로 인하여, 식각율이 증가될 수 있으며, 원하는 프로파일의 식각 영역을 형성할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0028] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 플라즈마 장비를 보여주는 개략적인 도면이다.
- 도 2는 도 1에 개시된 플라즈마 장비의 척에 인가되는 제1 직류(direct current, DC) 펄스 신호를 보여주는 그래프이다.
- 도 3은 도 1에 개시된 플라즈마 장비에 포함된 제1 DC 파워 생성기의 일 예를 나타내는 개략적인 도면이다.
- 도 4는 도 3의 제1 DC 파워 생성기의 동작을 설명하기 위한 타이밍도이다.
- 도 5a는 도 1에 개시된 플라즈마 장비에서 척에 인가되는 제1 DC 펄스 신호 및 외곽 링에 인가되는 제2 DC 펄스 신호를 나타내는 그래프이다.

도 5b는 도 1의 A 부분의 확대도이다.

도 6은 도 1에 개시된 플라즈마 장비의 제2 DC 파워 생성기의 일 예를 보여주는 개략적인 도면이다.

도 7은 도 1의 플라즈마 장비에 포함된 제1 DC 파워 생성기의 다른 예를 나타내는 개략적인 도면이다.

도 8은 본 발명의 다른 실시예에 따른 플라즈마 장비를 나타내는 개략적인 도면이다.

도 9는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 플라즈마 장비를 나타내는 개략적인 도면이다.

도 10a는 도 1에 개시된 플라즈마 장비에 포함된 외곽 링의 일 실시예를 보여주는 확대된 도면이다.

도 10b는 도 1에 개시된 플라즈마 장비에 포함된 외곽 링의 다른 실시예를 보여주는 확대된 도면이다.

도 10c는 도 1에 개시된 플라즈마 장비에 포함된 외곽 링의 또 다른 실시예를 보여주는 확대된 도면이다.

도 11 내지 도 19는 본 발명의 일 실시예에 따른 반도체 소자의 제조 방법을 나타내는 단면도들이다.

도 20 내지 도 23은 본 발명의 다른 실시예에 따른 반도체 소자의 제조 방법을 나타내는 단면도들이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0029] 이상의 본 발명의 목적들, 다른 목적들, 특징들 및 이점들은 첨부된 도면과 관련된 이하의 바람직한 실시예들을 통해서 쉽게 이해될 것이다. 그러나, 본 발명은 여기서 설명되는 실시예들에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다. 오히려, 여기서 소개되는 실시예는 개시된 내용이 철저하고 완전해질 수 있도록 그리고 당업자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 제공되는 것이다.
- [0030] 본 명세서에서 '및/또는' 이란 표현은 전후에 나열된 구성요소들 중 적어도 하나를 포함하는 의미로 사용된다. 또한, 다른 요소에 '연결된다' 또는 '커플된다'는 표현은 다른 요소에 직접 연결 또는 커플링 되거나, 다른 요소와의 사이에 개재되는 요소가 존재할 수 있다.
- [0031] 또한, 본 명세서의 다양한 실시예들에서 제1, 제2, 제3 등의 용어가 다양한 영역, 막들(또는 층들) 등을 기술하기 위해서 사용되었지만, 이들 영역, 막들(또는 층들)이 이 같은 용어들에 의해서 한정되어서는 안 된다. 이들 용어들은 단지 어느 소정 영역 또는 막(또는 층)을 다른 영역 또는 막(또는 층)과 구별시키기 위해서 사용되었을 뿐이다. 따라서, 어느 한 실시예에의 제1 막(또는 제1 층)으로 언급된 것이 다른 실시예에서는 제2 막(또는 제2 층)로 언급될 수도 있다. 여기에 설명되고 예시되는 각 실시예는 그것의 상보적인 실시예도 포함한다. 명세서 전체에 걸쳐서 동일한 참조번호로 표시된 부분들은 동일한 구성요소들을 나타낸다.
- [0032] 본 명세서에서, 어떤 막(또는 층)이 다른 막(또는 층) 또는 기판 상에 있다고 언급되는 경우에 그것은 다른 막(또는 층) 또는 기판 상에 직접 형성될 수 있거나 또는 그들 사이에 제 3의 막(또는 층)이 개재될 수도 있다. 본 명세서에서 사용되는 용어는 실시예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서, '포함한다'는 표현이 사용된 구성 요소, 단계, 동작 및/또는 소자에, 하나 이상의 다른 구성 요소, 다른 단계, 다른 동작, 및/또는 다른 소자가 존재 또는 추가되는 것이 배제되지 않는다.
- [0033] 본 명세서에서 기술하는 실시 예들은 본 발명의 이상적인 예시도인 단면도 및/또는 평면도들을 참고하여 설명될 것이다. 도면들에 있어서, 구성들의 크기 및 두께 등은 명확성을 위하여 과장된 것이다. 따라서, 제조 기술 및/또는 허용 오차 등에 의해 예시도의 형태가 변형될 수 있다. 본 발명의 실시 예들은 도시된 특정 형태로 제한되는 것이 아니라 제조 공정에 따라 생성되는 형태의 변화도 포함하는 것이다. 예를 들면, 직각으로 도시된 식각 영역은 라운드 지거나 소정 곡률을 가지는 형태일 수 있다. 따라서, 도면에서 예시된 영역들은 개략적인 속성을 가지며, 도면에서 예시된 영역들의 모양은 소자의 영역의 특정 형태를 예시하기 위한 것이며 발명의 범주를 제한하기 위한 것이 아니다.
- [0034] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 플라즈마 장비를 보여주는 개략적인 도면이다.
- [0035] 도 1을 참조하면, 플라즈마 장비(190, plasma apparatus)는 내부 공간을 갖는 공정 챔버(200), 척(210, chuck), 가스 공급 유닛(GSU, gas supply unit), 플라즈마 생성 유닛(240, plasma generating unit), 및 직류(direct current, DC) 파워 생성 유닛(270)을 포함할 수 있다.
- [0036] 일 실시예에서, 상기 공정 챔버(200)는 상기 내부 공간을 정의하는 컨테이너(202, container) 및 상기 컨테이너(202)의 상단을 덮는 상판(204)을 포함할 수 있다. 상기 컨테이너(202)는 챔버 벽부 및 챔버 바닥부를 포함할

수 있다. 일 실시예에서, 상기 상판(203)은 세라믹(ceramic)으로 형성될 수 있다.

- [0037] 상기 척(210)은 상기 공정 챔버(200) 내에 배치될 수 있다. 기판(100)이 상기 척(210)의 상부면 상에 로딩될 수 있다. 소정의 반도체 공정이 상기 공정 챔버(200) 내에서 상기 로딩된 기판(100)에 수행될 수 있다. 상기 기판(100)은, 예컨대, 반도체 웨이퍼(ex, 실리콘 웨이퍼)일 수 있다. 일 실시예에서, 상기 척(210)은 정전 척(electrostatic chuck)일 수 있다. 상기 척(210)은 상기 컨테이너(202)의 상기 챔버 바닥부 상에 배치될 수 있다. 절연체(207)가 상기 척(210)과 상기 챔버 바닥부 사이에 배치되어, 상기 척(210)을 상기 컨테이너(202)로부터 절연시킬 수 있다.
- [0038] 히터(215)가 상기 척(210)의 내부에 배치될 수 있다. 상기 히터(215)는 상기 척(210) 및/또는 상기 로딩된 기판(100)에 소정 온도의 열을 제공할 수 있다. 히터 파워 생성기(220, heater power generator)가 히터 파워를 상기 히터(215)에 인가되어, 상기 히터(215)는 상기 소정 온도의 열을 생성할 수 있다. 예컨대, 상기 히터 파워는 교류 파워(alternating current (AC) power)일 수 있다. 히터 필터(217, heater filter)가 상기 히터(215) 및 상기 히터 파워 생성기(220) 사이에 연결될 수 있다.
- [0039] 척 냉각부(223, chuck cooler)가 상기 척(210) 내부에 배치될 수 있다. 냉각제(coolant)가 상기 척 냉각부(223) 내에 제공되어 상기 척(210)을 냉각시킬 수 있다. 상기 척(210)의 온도는 상기 척 냉각부(223) 및 상기 히터(215)를 이용하여 조절 될 수 있다.
- [0040] 기판 냉각관(225, substrate cooling pipe)이 상기 척(210) 내부에 배치될 수 있다. 냉각 가스가 상기 기판 냉각관(225)을 통하여 상기 로딩된 기판(100)의 후면에 제공될 수 있다. 상기 냉각 가스는 상기 기판(100)의 온도를 일정하게 유지시킬 수 있다. 예컨대, 상기 냉각 가스는 헬륨 가스일 수 있다.
- [0041] 상기 척(210)의 적어도 일부는 도전 물질로 형성되어 전극으로 사용된다. 상기 DC 파워 생성 유닛(270)은 상기 척(210)의 상기 전극으로 사용되는 부분에 전기적으로 접속된다. 상기 DC 파워 생성 유닛(270)의 구체적인 설명은 하술한다.
- [0042] 외곽 링(230)이 상기 척(210)의 가장자리 상에 배치되어 상기 로딩된 기판(100)을 둘러싼다. 상기 외곽 링(230)은 상기 로딩된 기판(100)을 보호할 수 있다. 상기 외곽 링(230)은 상기 로딩된 기판(100)의 가장자리와 인접할 수 있다.
- [0043] 상기 가스 공급 유닛(GSU)은 상기 공정 챔버(200) 내부로 공정 가스를 제공한다. 일 실시예에서, 상기 가스 공급 유닛(GSU)은 공정 가스가 저장된 가스 저장부(250), 상기 공정 챔버(200)과 결합된 가스 공급 포트(255), 및 상기 가스 저장부(250) 및 상기 가스 공급 포트(255) 사이에 연결된 가스 공급관(253)을 포함할 수 있다. 상기 가스 공급 포트(255)는 상기 공정 챔버(200)의 상기 내부 공간을 향하는 노즐(nozzle) 형태 또는 샤워 헤드(shower head) 형태를 가질 수 있다. 상기 가스 공급 유닛(GSU)은 상기 가스 공급관(253)에 장착된 밸브(257, valve) 및/또는 가스 흐름 제어기(259, gas flow controller)를 더 포함할 수 있다.
- [0044] 상기 플라즈마 생성 유닛(240)은 상기 공정 챔버(200) 내에 공급된 공정 가스를 플라즈마(PLA)로 변환시킬 수 있다. 일 실시예에서, 상기 플라즈마 생성 유닛(240)은 플라즈마 파워 생성기(245) 및 상기 플라즈마 파워 생성기(245)에 연결된 안테나 전극(243, antenna electrode)을 포함할 수 있다. 상기 플라즈마 파워 생성기(245)는 플라즈마 파워를 생성하여 상기 안테나 전극(243)에 인가할 수 있다. 예컨대, 상기 플라즈마 파워는 라디오 주파수 파워(radio frequency (RF) power)일 수 있다. 상기 안테나 전극(243)은 페루프 형태 또는 코일형태일 수 있다. 상기 플라즈마(PLA)는 상기 안테나 전극(243)에 인가된 상기 플라즈마 파워에 의해 유도될 수 있다. 이에 더하여, 상기 플라즈마 생성 유닛(240)은 상기 플라즈마 파워 생성기(245) 및 상기 안테나 전극(243) 사이에 연결된 매칭 유닛(247, matching unit)을 더 포함할 수 있다. 상기 플라즈마 파워는 상기 플라즈마 파워 생성기(245)로부터 상기 매칭 유닛(247)을 통하여 상기 안테나 전극(243)에 전달될 수 있다. 상기 매칭 유닛(247)은 상기 플라즈마 파워의 전달 효율을 증가시킬 수 있다. 하지만, 본 발명은 상술된 플라즈마 생성 유닛(240)에 한정되지 않는다. 즉, 상기 플라즈마 생성 유닛(240)은 플라즈마를 생성시키는 다른 형태로 구현될 수도 있다.
- [0045] 배기 포트(265, exhaust port)가 상기 컨테이너(202)의 상기 챔버 바닥부에 장착될 수 있다. 상기 소정의 반도체 공정으로부터 발생하는 부산물 및/또는 공정 가스의 잔여물이 상기 배기 포트(265)를 통하여 배치될 수 있다. 도시하지 않았지만, 상기 배기 포트(265)는 배기 범프에 연결될 수 있다.
- [0046] 상기 DC 파워 생성 유닛(270)은 상기 척(210)에 특정 주기를 갖는 제1 직류(DC) 펄스 신호를 제공한다. 상기 제

1 DC 펄스 신호를 도 2의 그래프를 참조하여 구체적으로 설명한다.

- [0047] 도 2는 도 1에 개시된 플라즈마 장비의 척에 인가되는 상기 제1 DC 펄스 신호를 보여주는 그래프이다.
- [0048] 도 1 및 도 2를 참조하면, 상기 제1 DC 펄스 신호의 주기(T)는 제1 네거티브 펄스(NP1, negative pulse)를 인가하는 네거티브 펄스 구간(ND, negative pulse duration), 제1 포지티브 펄스(PP1, positive pulse)를 인가하는 포지티브 펄스 구간(PD, positive pulse duration), 및 상기 제1 네거티브 펄스(NP1) 및 상기 제1 포지티브 펄스(PP1)이 턴-오프 되는 펄스-오프 구간(FD, pulse-off duration)을 포함할 수 있다. 상기 포지티브 펄스 구간(PD)은 상기 네거티브 펄스 구간(ND) 및 상기 펄스-오프 구간(FD) 사이에 있다. 이에 더하여, 상기 제1 DC 펄스 신호의 상기 주기(T)는 상기 네거티브 펄스 구간(ND) 및 상기 포지티브 펄스 구간(PD) 사이의 안정화 구간(SD, stable duration)을 더 포함할 수 있다. 접지 전압(즉, 0V)이 상기 안정화 구간(SD) 및 상기 펄스-오프 구간(FD)에 상기 척(210)에 인가될 수 있다. 일 실시예에서, 상기 제1 DC 펄스 신호의 상기 주기(T)는 100Hz 내지 300kHz의 범위를 가질 수 있다.
- [0049] 일 실시예에서, 상기 플라즈마 장비(190)는 건식 식각 장비일 수 있다. 하지만, 본 발명은 여기에 한정되지 않는다. 상기 플라즈마 장비(190)는 상기 플라즈마(PLA)를 사용하는 다른 반도체 장비들 중에 하나일 수도 있다. 이하에서, 설명의 편의를 위하여, 상기 건식 식각 장비인 상기 플라즈마 장비(190)를 예로 설명한다.
- [0050] 상기 제1 네거티브 펄스(NP1)가 상기 네거티브 펄스 구간(ND) 동안에 상기 척(210)에 인가되어, 상기 플라즈마(PLA)의 양 이온들이 상기 로딩된 기판(100)에 제공된다. 이로 인하여, 상기 기판(100)은 양으로 충전(charging)될 수 있다. 상기 접지 전압이 상기 안정화 구간(SD) 동안 상기 척(210)에 인가될 수 있다. 상기 안정화 구간(SD) 동안 상기 플라즈마(PLA) 및 상기 양 이온들이 안정화될 수 있다. 상기 안정화 구간(SD) 후에, 상기 제1 포지티브 펄스(PP1)이 상기 포지티브 펄스 구간(PD) 동안 상기 척(210)에 인가된다. 상기 플라즈마(PLA)의 전자들 및 음 이온들이 상기 제1 포지티브 펄스(PP1)에 의해 상기 로딩된 기판(100)으로 제공될 수 있다. 이로 인하여, 상기 충전된 기판(100)이 중성화될 수 있다. 또한, 상기 전자들로 인하여 전자 온도(electron temperature)가 증가될 수 있다. 상기 증가된 전자 온도에 의하여 라디칼들(radicals)이 증가될 수 있다. 이로 인하여, 식각률을 증가시킬 수 있으며, 물질들간의 식각 선택비를 증가시킬 수 있다.
- [0051] 상기 펄스-오프 구간(FD)에서 상기 라디칼들의 특성들을 제어 할 수 있다. 일 실시예에서, 상기 펄스-오프 구간(FD) 동안에 상기 라디칼들은 패시베이션 효과를 유발하는 식각 부산물들을 생성시킬 수 있다. 이러한 식각 부산물들은 식각 공정 동안에 식각 마스크로 사용되는 요소를 보호하여, 식각 공정의 마진이 향상될 수 있다. 일 실시예에서, 상기 펄스-오프 구간(FD)의 시간 길이가 증가함에 따라, 상기 식각 부산물들의 양이 증가될 수 있다. 하지만, 본 발명은 여기에 한정되지 않는다. 다른 실시예에서, 상기 펄스-오프 구간(FD) 동안 상기 식각 부산물들의 양은 실질적으로 일정할 수도 있다.
- [0052] 또한, 소정의 중형비를 갖는 식각 영역을 식각할 때, 상기 식각 영역 내에서 생성된 식각 부산물들이 상기 펄스-오프 구간(FD) 동안에 상기 식각 영역 밖으로 효과적으로 빠져나갈 수 있다. 상기 식각 영역 내에서 생성된 식각 부산물들은 식각 공정을 저하시키거나 상기 식각 영역의 프로파일을 열화시킬 수 있다. 하지만, 상기 식각 영역내의 식각 부산물들이 상기 펄스-오프 구간(FD)으로 인하여 상기 식각 영역 밖으로 용이하게 빠져나감으로써, 식각율이 증가될 수 있으며, 원하는 프로파일의 식각 영역을 형성할 수 있다.
- [0053] 상기 제1 네거티브 펄스(NP1)의 크기(N1)는 상기 제1 포지티브 펄스(PP1)의 크기(P1)와 다를 수 있다. 일 실시예에서, 상기 제1 포지티브 펄스(PP1)의 크기(P1)는 상기 제1 네거티브 펄스(NP1)의 크기(N1) 보다 작을 수 있다. 예컨대, 상기 제1 포지티브 펄스(PP1)의 크기(P1)는 상기 제1 네거티브 펄스(NP1)의 크기(N1)의 0.1% 내지 30%의 범위를 가질 수 있다. 특히, 상기 제1 포지티브 펄스(PP1)의 크기(P1)는 상기 제1 네거티브 펄스(NP1)의 크기(N1)의 1% 내지 10%의 범위를 가질 수 있다. 일 실시예에서, 상기 제1 네거티브 펄스(NP1)의 크기(N1)는 50V 내지 10KV의 범위를 가질 수 있다. 상기 제1 포지티브 펄스(PP1)의 크기(P1)는 20V 내지 2KV의 범위를 가질 수 있다.
- [0054] 상기 제1 네거티브 펄스 구간(ND)의 길이는 상기 제1 포지티브 펄스 구간(PD)의 길이와 다를 수 있다. 일 실시예에서, 상기 제1 네거티브 펄스 구간(ND)은 상기 제1 포지티브 펄스 구간(PD) 보다 길 수 있다. 일 실시예에서, 상기 제1 네거티브 펄스 구간(ND)의 길이는 1 μ s 내지 200 μ s의 범위를 가질 수 있으며, 상기 제1 포지티브 펄스 구간(PD)의 길이는 1 μ s 내지 150 μ s의 범위를 가질 수 있다.
- [0055] 상기 펄스-오프 구간(FD)의 길이는 상기 안정화 시간(SD)의 길이와 다르다. 일 실시예에서, 상기 펄스-오프 구간(FD)이 상기 안정화 시간(SD) 보다 길 수 있다. 이와는 달리, 상기 펄스-오프 구간(FD)이 상기 안정화 시간

(SD) 보다 짧을 수도 있다. 일 실시예에서, 상기 안정화 구간(SD)의 길이는 $1\mu\text{s}$ 내지 $30\mu\text{s}$ 의 범위를 가질 수 있다. 상기 펄스-오프 구간(FD)의 길이는 100ns 내지 9.5ms 의 범위를 가질 수 있다.

[0056] 상술된 바와 같이, 상기 척(210)에 인가되는 상기 제1 DC 펄스 신호의 주기(T)는 상기 네거티브 펄스 구간(ND), 상기 포지티브 펄스 구간(PD), 및 상기 펄스-오프 구간(FD)을 포함한다. 상기 포지티브 펄스 구간(PD) 동안에 상기 제1 포지티브 펄스(PP1)에 의하여 상기 차징된 기관(100)이 중성화될 수 있다. 또한, 상기 포지티브 펄스 구간(PD)의 상기 제1 포지티브 펄스(PP1)는 전자 온도를 증가시켜 상기 라디칼들을 증가시킬 수 있다. 이로 인하여, 식각률을 증가시키거나 식각선택비를 증가시킬 수 있다. 이에 더하여, 상기 펄스-오프 구간(FD)으로 인하여 상기 라디칼들의 특성을 조절할 수 있다.

[0057] 상기 제1 DC 펄스 신호의 효과를 확인하기 위한 실험들을 수행하였다. 제1 실험에서, 상기 네거티브 펄스 구간(ND)의 길이는 $120\mu\text{s}$ 이었으며, 상기 제1 네거티브 펄스(NP1)의 크기는 560V 이었다. 상기 포지티브 펄스 구간(PD)의 길이는 $40\mu\text{s}$ 이었으며, 상기 제1 포지티브 펄스(PP1)의 크기는 100V 이었다. 상기 포지티브 펄스 구간(PD)이 적용되지 않은 경우에 전자 온도는 약 2.3eV 이었다. 이와는 달리, 상기 포지티브 펄스 구간(PD)이 적용된 경우에 전자 온도는 약 2.6eV 이었다. 즉, 상기 포지티브 펄스 구간(PD)에 의하여 상기 전자 온도가 증가하는 것을 알 수 있다.

[0058] 제2 실험에서 시료 1 및 시료 2를 준비하였다. 상기 시료 1에는 300V 의 제1 포지티브 펄스(PP1)가 $40\mu\text{s}$ 의 포지티브 펄스 구간(PD) 동안 적용되었으며, 상기 시료 2에는 상기 제1 포지티브 펄스(PP1)가 적용되지 않았다. 상기 시료 1에서 폴리실리콘에 대한 산화물의 식각 선택비는 약 2.8이었으며, 상기 시료 2에서 폴리실리콘에 대한 산화물의 식각 선택비는 약 2.5 이었다. 상기 제1 포지티브 펄스(PP1)의 적용으로 상기 식각 선택비가 증가하였음을 알 수 있다. 또한, 상기 시료 1에서 산화물의 식각율은 약 $1290\text{\AA}/\text{min}$ 이었으며, 상기 시료 2에서 산화물의 식각율은 $932\text{\AA}/\text{min}$ 이었다. 즉, 상기 포지티브 펄스(PP1)의 적용으로 식각율이 증가하였음을 알 수 있다.

[0059] 계속해서, 도 1을 참조하면, 상기 DC 파워 생성 유닛(270)은 상기 제1 DC 펄스 신호를 상기 척(210)에 인가하는 제1 DC 파워 생성기(280)를 포함할 수 있다. 이에 더하여, 상기 DC 파워 생성 유닛(270)은, 상기 외곽 링(230)에 제2 DC 펄스 신호를 인가하는 제2 DC 파워 생성기(290)를 더 포함할 수 있다. 상기 제2 DC 파워 생성기(290) 및 상기 제2 DC 펄스 신호의 자세한 내용은 후술한다.

[0060] 상기 제1 DC 파워 생성기(280)의 일 예를 도 3을 참조하여 구체적으로 설명한다. 도 3은 도 1에 개시된 플라즈마 장비에 포함된 제1 DC 파워 생성기의 일 예를 나타내는 개략적인 도면이다.

[0061] 도 1, 도 2, 및 도 3을 참조하면, 상기 제1 DC 파워 생성기(280)는 상기 제1 네거티브 펄스(NP1)를 생성하는 제1 네거티브 파워 공급기(285n) 및 상기 제1 포지티브 펄스(PP1)를 생성하는 제1 포지티브 파워 공급기(285p)를 포함한다. 상기 제1 포지티브 파워 공급기(285p)는 상기 제1 네거티브 파워 공급기(285n)로부터 독립적으로 배치된다. 상기 제1 DC 파워 생성기(280)는 상기 제1 네거티브 펄스(NP1) 및 상기 제1 포지티브 펄스(PP1)의 펄스 출력 시간을 조절하는 제1 펄스 모듈레이터(287, pulse modulator)를 더 포함한다. 또한, 상기 제1 DC 파워 생성기(280)는 상기 접지 전압을 생성하는 제1 접지원(283), 및 상기 공급기들(285n, 285p) 및 상기 제1 펄스 모듈레이터(287)를 조절하는 제1 컨트롤러(282)를 더 포함할 수 있다.

[0062] 일 실시예에서, 상기 제1 펄스 모듈레이터(287)는 제1, 제2, 및 제3 스위치들(SW1, SW2, SW3)을 포함할 수 있다. 상기 제1, 제2, 및 제3 스위치들(SW1, SW2, SW3)의 제1 단자들은 상기 제1 네거티브 파워 공급기(285n), 상기 제1 포지티브 파워 공급기(285p), 및 상기 제1 접지원(283)에 각각 연결될 수 있다. 상기 제1, 제2, 및 제3 스위치들(SW1, SW2, SW3)의 제2 단자들은 상기 제1 펄스 모듈레이터(287)의 출력 단자(288)에 연결될 수 있다. 상기 제1 컨트롤러(282)는 제1, 제2, 및 제3 제어 신호들(C1, C2, C3)을 상기 제1, 제2, 및 제3 스위치들(SW1, SW2, SW3)에 제공하여 상기 제1 DC 펄스 신호를 상기 출력 단자(288)를 통하여 출력할 수 있다. 상기 제1 DC 파워 생성기(280)의 동작을 도 4를 참조하여 좀더 구체적으로 설명한다.

[0063] 도 4는 도 3의 제1 DC 파워 생성기의 동작을 설명하기 위한 타이밍도이다.

[0064] 도 1 내지 도 4를 참조하면, 상기 제1 DC 파워 생성기(280)가 상기 제1 DC 펄스 신호를 출력하는 동안에, 상기 제1 네거티브 파워 공급기(285n) 및 상기 제1 포지티브 공급기(285p)는 상기 제1 네거티브 펄스(NP1) 및 상기 제1 포지티브 펄스(PP1)를 계속 출력 할 수 있다. 상기 제1 컨트롤러(282)는 상기 네거티브 펄스 구간(ND) 동안에 상기 제1 제어 신호(C1)를 상기 제1 스위치(SW1)에 제공하여, 상기 제1 스위치(SW1)가 턴-온 된다. 이때, 상기 제2 및 제3 제어 신호들(C2, C3)은 차단되어 상기 제2 및 제3 스위치들(SW2, SW3)은 턴-오프 된다. 이로써, 상기 제1 네거티브 펄스(NP1)가 상기 네거티브 펄스 구간(ND) 동안에 상기 제1 네거티브 파워 공급기(285n)로부터

터 상기 제1 스위치(SW1) 및 상기 출력 단자(288)를 통하여 상기 척(210)에 인가될 수 있다.

- [0065] 상기 제1 컨트롤러(282)는 상기 안정화 구간(SD) 동안에 상기 제3 제어 신호(C3)를 상기 제3 스위치(SW3)에 제공하여, 상기 제3 스위치(SW3)가 턴-온 된다. 이때, 상기 제1 및 제2 제어 신호들(C1, C2)은 차단되어 상기 제1 및 제2 스위치들(SW1, SW2)은 턴-오프 된다. 이로써, 상기 접지 전압이 상기 안정화 구간(SD) 동안에 상기 제1 접지 원(283)로부터 상기 제3 스위치(SW3) 및 상기 출력 단자(288)를 통하여 상기 척(210)에 인가될 수 있다.
- [0066] 상기 제1 컨트롤러(282)는 상기 포지티브 펄스 구간(PD) 동안에 상기 제2 제어 신호(C2)를 상기 제2 스위치(SW2)에 제공하여, 상기 제2 스위치(SW2)가 턴-온 된다. 이때, 상기 제1 및 제3 제어 신호들(C1, C3)은 차단되어 상기 제1 및 제3 스위치들(SW1, SW3)은 턴-오프 된다. 이로써, 상기 제1 포지티브 펄스(PP1)가 상기 포지티브 펄스 구간(PD) 동안에 상기 제1 포지티브 파워 공급기(285p)로부터 상기 제2 스위치(SW2) 및 상기 출력 단자(288)를 통하여 상기 척(210)에 인가될 수 있다.
- [0067] 상기 제1 컨트롤러(282)는 상기 펄스-오프 구간(FD) 동안에 상기 제3 제어 신호(C3)를 상기 제3 스위치(SW3)에 제공하여, 상기 제3 스위치(SW3)가 턴-온 된다. 이때, 상기 제1 및 제2 제어 신호들(C1, C2)은 차단되어 상기 제1 및 제2 스위치들(SW1, SW2)은 턴-오프 된다. 이로써, 상기 접지 전압이 상기 펄스-오프 구간(FD) 동안에 상기 제1 접지 원(283)로부터 상기 제3 스위치(SW3) 및 상기 출력 단자(288)를 통하여 상기 척(210)에 인가될 수 있다.
- [0068] 한편, 상술된 바와 같이, 상기 외곽 링(230)에는 상기 제2 DC 펄스 신호가 인가될 수 있다. 이때, 상기 제2 DC 펄스 신호의 주기는 상기 제1 DC 펄스 신호의 주기(T)와 동일하다. 상기 제1 및 제2 DC 펄스 신호들은 상기 척(210) 및 외곽 링(230)에 동시에 인가된다. 즉, 상기 제2 DC 펄스 신호는 상기 제1 DC 펄스 신호에 동기화된다. 상기 제2 DC 펄스 신호를 도 5를 참조하여 좀더 구체적으로 설명한다.
- [0069] 도 5a는 도 1에 개시된 플라즈마 장비에서 척에 인가되는 제1 DC 펄스 신호 및 외곽 링에 인가되는 제2 DC 펄스 신호를 나타내는 그래프이다. 도 5b는 도 1의 A부분의 확대도이다.
- [0070] 도 1, 도 5a, 및 도 5b를 참조하면, 상기 제2 DC 펄스 신호는 상기 네거티브 펄스 구간(ND) 동안에 제2 네거티브 펄스(NP2)를 상기 외곽 링(230)에 인가할 수 있다. 상기 제2 DC 펄스 신호는 상기 포지티브 펄스 구간(PD) 동안에 제2 포지티브 펄스(PP2)를 상기 외곽 링(230)에 인가할 수 있다. 상기 안정화 구간(SD) 및 상기 펄스-오프 구간(FD)에 상기 제2 DC 펄스 신호는 상기 접지 전압을 상기 외곽 링(230)에 인가할 수 있다.
- [0071] 상기 제2 DC 펄스 신호가 상기 외곽 링(230)에 인가됨으로써, 상기 로딩된 기관(100)의 가장 자리에 집중되는 전계가 완화되어, 상기 로딩된 기관(100)의 공정 균일도(예컨대, 식각물의 균일도)가 향상될 수 있다.
- [0072] 만약, 상기 외곽 링(230)에 상기 제2 DC 펄스 신호가 인가되지 않으면, 도 5b에 개시된 바와 같이, 상기 제1 네거티브 펄스(NP1)가 상기 척(210)에 인가되는 동안에 제1 전계(10)가 상기 로딩된 기관(100)의 가장자리에 집중될 수 있다. 이로써, 상기 로딩된 기관(100)의 가장자리의 전계의 세기가 상기 로딩된 기관(100)의 중앙부의 전계의 세기 보다 클 수 있다. 그 결과, 상기 로딩된 기관(100)의 상기 가장자리의 식각율이 상기 로딩된 기관(100)의 중앙부의 식각율 보다 높을 수 있다. 즉, 상기 로딩된 기관(100)의 식각율이 불균일할 수 있다. 하지만, 본 발명의 실시예에 따르면, 상기 제1 DC 펄스 신호에 동기화된 상기 제2 DC 펄스 신호가 외곽 링(230)에 인가된다. 이로 인하여, 상기 제1 네거티브 펄스(NP1)가 상기 척(210)에 인가되는 동안에, 상기 제2 네거티브 펄스(NP2)가 상기 외곽 링(230)에 인가된다. 상기 제2 네거티브 펄스(NP2)는 상기 외곽 링(230)으로 향하는 제2 전계(20)를 형성한다. 상기 제2 전계(20)는 상기 제1 네거티브 펄스(NP1)에 의해 상기 기관(100)의 가장 자리에 집중된 상기 제1 전계(10)의 적어도 일부를 상쇄시킬 수 있다. 이로 인하여, 상기 기관(100)의 가장자리의 전계가 도 5b의 실선(30)과 같이 완화되어, 상기 기관(100)의 상기 가장자리의 식각율을 감소시킬 수 있다. 결과적으로, 상기 로딩된 기관(100)의 식각율의 균일도를 향상시킬 수 있다.
- [0073] 일 실시예에서, 상기 제2 네거티브 펄스(NP2)의 크기(N2)는 상기 제1 네거티브 펄스(NP1)의 크기(N1)와 다르거나, 및/또는 상기 제2 포지티브 펄스(PP2)의 크기(P2)는 상기 제1 포지티브 펄스(PP1)의 크기(P1)와 다를 수 있다. 이 경우에, 상기 제2 DC 펄스 신호는 상기 제2 DC 파워 생성기(290)에 의하여 상기 외곽 링(230)에 공급될 수 있다. 상기 제2 DC 파워 생성기(290)는 상기 제1 DC 파워 생성기(280)와 동기화되어, 상기 제1 및 제2 DC 펄스 신호들을 동시에 출력할 수 있다. 상기 제2 DC 파워 생성기(290)를 도 6을 참조하여 구체적으로 설명한다.
- [0074] 도 6은 도 1에 개시된 플라즈마 장비의 제2 DC 파워 생성기의 일 예를 보여주는 개략적인 도면이다.
- [0075] 도 1, 도 5a, 및 도 6을 참조하면, 상기 제2 DC 파워 생성기(290)는 상기 제2 네거티브 펄스(NP2)를 생성하는

제2 네거티브 파워 공급기(295n), 상기 제2 포지티브 펄스(PP2)를 생성하는 제2 포지티브 파워 공급기(295p), 및 상기 제2 네거티브 펄스(NP2) 및 상기 제2 포지티브 펄스(PP2)의 펄스 출력 시간을 조절하는 제2 펄스 모듈레이터(297)를 포함할 수 있다. 이에 더하여, 상기 제2 DC 파워 생성기(290)는 상기 접지 전압을 생성하는 제2 접지원(293), 및 상기 공급기들(295n, 295p) 및 상기 제2 펄스 모듈레이터(297)를 조절하는 제2 컨트롤러(292)를 더 포함할 수 있다.

[0076] 일 실시예에서, 상기 제2 펄스 모듈레이터(297)는 제1, 제2, 및 제3 스위치들(SWa, SWb, SWc)을 포함할 수 있다. 상기 제1, 제2, 및 제3 스위치들(SWa, SWb, SWc)의 제1 단자들은 상기 제2 네거티브 파워 공급기(295n), 상기 제2 포지티브 파워 공급기(295p), 및 상기 제2 접지원(293)에 각각 연결될 수 있다. 상기 제1, 제2, 및 제3 스위치들(SWa, SWb, SWc)의 제2 단자들은 상기 제2 펄스 모듈레이터(297)의 출력 단자(298)에 연결될 수 있다. 상기 제2 컨트롤러(292)는 제1, 제2, 및 제3 제어 신호들(CA, CB, CC)을 상기 제1, 제2, 및 제3 스위치들(SWa, SWb, SWc)에 제공하여 상기 제2 DC 펄스 신호를 상기 출력 단자(298)를 통하여 출력할 수 있다. 상기 제2 DC 파워 생성기(290)의 동작 방법은 도 3 및 도 4를 참조하여 설명한 상기 제1 DC 파워 생성기(280)의 동작 방법과 동일할 수 있다.

[0077] 한편, 다른 실시예에서, 상기 제2 네거티브 펄스(NP2)의 크기(N2)는 상기 제1 네거티브 펄스(NP1)의 크기(N1)와 동일할 수 있으며, 상기 제2 포지티브 펄스(PP2)의 크기(P2)는 상기 제1 포지티브 펄스(PP1)의 크기(P1)와 동일할 수 있다.

[0078] 상기 제1 DC 파워 생성기(280)는 다른 형태를 가질 수도 있다. 이를 도 7을 참조하여 설명한다. 도 7은 도 1의 플라즈마 장비에 포함된 제1 DC 파워 생성기의 다른 예를 나타내는 개략적인 도면이다.

[0079] 도 7을 참조하면, 제1 DC 파워 생성기(280a)의 제1 펄스 모듈레이터(287a)는 4개의 단자들을 갖는 스위치 형태를 가질 수 있다. 좀 더 구체적으로, 상기 제1 펄스 모듈레이터(287a)는 하나의 출력 단자(288) 및 3개의 선택 입력 단자들(286)을 포함할 수 있다. 상기 3개의 선택 입력 단자들(286)은 상기 제1 네거티브 파워 공급기(285n), 상기 제1 포지티브 파워 공급기(285p), 및 상기 제1 접지원(283)에 각각 연결될 수 있다. 상기 제1 펄스 모듈레이터(287a)는 상기 제1 컨트롤러(282)의 제어 신호에 의해 상기 선택 입력 단자들(286)에 선택적으로 스위칭 되어, 도 2에 개시된 상기 구간들(ND, SD, PD, FD)을 갖는 제1 DC 펄스 신호를 출력할 수 있다. 상기 제1 DC 파워 생성기(280a)의 다른 구성 요소들은 도 3의 제1 DC 파워 생성기(280)의 대응되는 요소들과 동일할 수 있다.

[0080] 한편, 상기 도 6의 제2 DC 파워 생성기(290)의 제2 펄스 모듈레이터(297)도 상기 제1 펄스 모듈레이터(287a)와 같은 형태를 가질 수 있다.

[0081] 도 8은 본 발명의 다른 실시예에 따른 플라즈마 장비를 나타내는 개략적인 도면이다. 본 실시예에서, 상술된 실시예와 동일한 구성 요소들에 대한 설명은 설명의 편의를 위해 생략하거나 간략히 설명한다.

[0082] 도 8을 참조하면, 본 실시예에 따른 플라즈마 장비(191)에서, 상기 척(210)은 적어도 하나의 도전 핀(300, conductive pin)을 더 포함할 수 있다. 상기 도전 핀(300)은 상기 척(210)의 내부에 배치될 수 있다. 상기 도전 핀(300)은 상기 로딩된 기판(100)에 접촉될 수 있다. 상기 제1 DC 파워 생성기(280)는 상기 도전 핀(300)에 전기적으로 접속될 수 있다. 이로써, 상기 제1 DC 파워 생성기(280)는 상기 제1 DC 펄스 신호를 상기 도전 핀(300)을 통하여 상기 기판(100)에 인가할 수 있다. 이에 더하여, 상기 제1 DC 파워 생성기(280)는 상기 척(210)의 전극으로 사용되는 부분에도 전기적으로 접속될 수도 있다.

[0083] 도 9는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 플라즈마 장비를 나타내는 개략적인 도면이다. 본 실시예에서, 상술된 실시예와 동일한 구성 요소들에 대한 설명은 설명의 편의를 위해 생략하거나 간략히 설명한다.

[0084] 도 9를 참조하면, 본 실시예에 따른 플라즈마 장비(192)에서, DC 파워 생성 유닛(270a)은 하나의 DC 파워 생성기(280)를 가질 수 있다. 상기 하나의 DC 파워 생성기(280)가 상기 제1 DC 펄스 신호 및 상기 제2 DC 펄스 신호를 상기 척(210) 및 상기 외곽 링(230)에 각각 제공할 수 있다. 이 경우에, 상기 제1 DC 펄스 신호의 상기 제1 네거티브 펄스의 크기는 상기 제2 DC 펄스 신호의 상기 제2 네거티브 펄스의 크기와 동일할 수 있으며, 상기 제1 DC 펄스 신호의 상기 제1 포지티브 펄스의 크기는 상기 제2 DC 펄스 신호의 상기 제2 포지티브 펄스의 크기와 동일할 수 있다.

[0085] 한편, 상기 제2 DC 펄스 신호가 상기 외곽 링(230)에 제공됨으로, 상기 외곽 링(230)의 적어도 일부는 도전 물질로 형성된다. 일 실시예에서, 상기 외곽 링(230)의 전체가 도전 물질로 형성될 수 있다. 이 경우에, 상기 외곽 링(230)의 노출된 표면 상에 보호 층이 형성될 수 있다. 상기 보호 층은 상기 외곽 링(230)의 노출된 표면을

상기 플라즈마 공정 시에 상기 플라즈마(PLA)로부터 보호할 수 있다. 필요에 따라 상기 보호층은 생략될 수도 있다. 상기 보호 층은, 예를 들어, 절연 물질(예를 들어, 이트륨 산화물 및/또는 알루미늄 산화물)로 형성될 수 있다. 이와는 달리, 상기 보호 층이 생략될 수도 있다.

- [0086] 다른 실시예에서, 상기 외곽 링(230)의 일부가 도전 물질로 형성될 수 있다. 다시 말해서, 상기 외곽 링(230)은 도전 물질로 형성된 일부 및 절연 물질로 형성된 다른 부분을 포함할 수 있다. 이를 도 10a, 도 10b, 및 도 10c를 참조하여 설명한다.
- [0087] 도 10a는 도 1에 개시된 플라즈마 장비에 포함된 외곽 링의 일 실시예를 보여주는 확대된 도면이다.
- [0088] 도 10a를 참조하면, 본 실시예에 따른 외곽 링(230)은 도전 물질로 형성된 도전 링(70)을 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 도전 링(70)은 금속(예컨대, 알루미늄)으로 형성될 수 있다. 상기 제2 DC 펄스 신호는 상기 도전 링(70)에 제공되어, 상기 기판(100)의 가장자리에 집중된 상기 전계를 완화시킬 수 있다. 로딩된 기판(100)의 가장자리 부분은 상기 도전 링(70)과 이격될 수 있다.
- [0089] 상기 도전 링(70)은 지지부(80, supporting part) 상에 배치될 수 있다. 상기 도전 링(70)은 상기 척(210)에 인접한 제1 측벽 및 상기 제1 측벽에 대향된 제2 측벽을 가질 수 있다. 상기 도전 링(70)은 상기 척(210)으로부터 이격될 수 있다. 일 실시예에서, 상기 도전 링(70)은 상기 척(210)의 가장자리 부분의 상부면 상으로 연장된 돌출부를 가질 수 있다. 일 실시예에서, 상기 척(210)의 가장자리 부분의 상부면은 상기 척(210)의 중앙부의 상부면 보다 낮을 수 있다. 상기 도전 링(70)의 돌출부는 상기 척(210)의 가장자리 부분의 낮은 상부면 상에 배치될 수 있다. 상기 도전 링(70)의 돌출부도 상기 척(210)과 이격될 수 있다.
- [0090] 이와는 달리, 다른 실시예에서, 상기 도전 링(70)의 상기 제1 측벽은 상기 척(210)과 접촉될 수 있다. 상기 척(210)의 상기 도전 링(70)과 접촉된 부분은 절연 물질로 형성되어, 상기 도전 링(70)을 상기 척(210)으로부터 전기적으로 절연시킬 수 있다.
- [0091] 상기 지지부(80)의 적어도 일부는 절연 물질로 형성될 수 있다. 예컨대, 상기 지지부(80)는 알루미늄 산화물(예컨대, Al_2O_3) 및 이트륨 산화물(예컨대, Y_2O_3) 중에 적어도 하나를 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 상기 지지부(80)는 복수의 부품들로 구성될 수 있다. 이와는 달리, 상기 지지부(80)는 일체형일 수도 있다. 상기 지지부(80)의 형태는 도 10a에 개시된 형태에 한정되지 않는다. 상기 지지부(80)의 형태는 다양하게 변형될 수 있다.
- [0092] 직류(DC) 전달 도전체(75, a direct current (DC) transmitting conductor)가 상기 도전 링(70)에 연결될 수 있다. 상기 DC 전달 도전체(75)는 상기 도전 링(70) 아래에 위치하는 상기 지지부(80)를 관통할 수 있다. 상기 제2 DC 펄스 신호는 상기 DC 전달 도전체(75)를 통하여 상기 도전 링(70)에 인가될 수 있다. 다시 말해서, 상기 DC 전달 도전체(75)는 도 1 또는 도 8에 개시된 상기 제2 DC 파워 생성기(290) 또는 도 9에 개시된 DC 파워 생성기(280)에 전기적으로 접속될 수 있다.
- [0093] 일 실시예에서, 상기 도전 링(70)은 오목한 영역(73)을 포함할 수 있으며, 상기 DC 전달 도전체(75)는 상기 오목한 영역(73) 내에 삽입될 수 있다. 상기 DC 전달 도전체(75)는 상기 오목한 영역(73)의 내면의 적어도 일부와 접촉될 수 있다. 일 실시예에서, 상기 DC 전달 도전체(75)는 핀(pin) 형태를 가질 수 있다. 하지만, 본 발명은 여기에 한정되지 않는다. 다른 실시예에서, 상기 DC 전달 도전체(75)는 평면적 관점에서 바 형태 또는 라인 형태를 가질 수도 있다. 상기 DC 전달 도전체(75)는 예컨대, 알루미늄과 같은 금속으로 형성될 수 있다.
- [0094] 내부 측면 절연체(82, inner side insulator)가 상기 도전 링(70)의 상기 제2 측벽을 덮을 수 있다. 상기 도전 링(70)의 상기 제2 측벽은 상기 내부 측면 절연체(82)에 의해 상기 플라즈마 공정 시에 상기 플라즈마(PLA)로부터 보호될 수 있다. 상기 내부 측면 절연체(82)는 아래로 연장되어, 상기 지지부(80)의 일 측면을 덮을 수 있다. 상기 내부 측면 절연체(82)는 상기 도전 링(70) 및 상기 지지부(80)에 인접한 내측벽 및 상기 내측벽에 대향된 외측벽을 가질 수 있다. 상기 내부 측면 절연체(82)는, 예컨대, 알루미늄 산화물(예컨대, Al_2O_3) 및 이트륨 산화물(예컨대, Y_2O_3) 중에 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0095] 외부 측면 절연체(84, outer side insulator)가 상기 내부 측면 절연체(82)의 상기 외측벽의 적어도 일부를 덮을 수 있다. 예컨대, 상기 외부 측면 절연체(84)는 상기 내부 측면 절연체(82)의 상기 외측벽의 아랫부분을 덮을 수 있다. 상기 외부 측면 절연체(84)는, 예컨대, 알루미늄 산화물(예컨대, Al_2O_3) 및 이트륨 산화물(예컨대, Y_2O_3) 중에 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0096] 절연 링(86, insulating ring)이 상기 외부 측면 절연체(84)의 상부면 상에 배치될 수 있다. 일 실시예에서, 상

기 절연 링(86)은 상기 내부 측면 절연체(82)의 상기 외측벽의 윗부분을 덮을 수 있다. 이에 더하여, 상기 절연 링(86)은 연장되어 상기 내부 측면 절연체(82)의 상부면을 덮을 수 있다. 더 나아가, 상기 절연 링(86)은 더 연장되어 상기 도전 링(70)의 일부를 덮을 수 있다. 이로써, 상기 절연 링(86)은 상기 도전 링(70)을 고정시킬 수 있다. 상기 절연 링(86)은, 예컨대, 석영(quartz)으로 형성될 수 있다.

[0097] 보호 층(77, protecting layer)이 상기 도전 링(70)의 상부면 상에 형성될 수 있다. 상기 보호 층(77)은 상기 플라즈마 공정 시에 상기 도전 링(70)의 상부면을 상기 플라즈마(PLA)로부터 보호할 수 있다. 상기 보호 층(77)은 코팅법(coating method)에 의해 형성될 수 있다. 일 실시예에서, 상기 보호 층(77)은 연장되어 상기 도전 링(70)과 상기 절연 링(86) 사이에 배치될 수 있다. 상기 보호 층(77)은 절연 물질로 형성될 수 있다. 예컨대, 상기 보호 층(77)은 알루미늄 산화물(예컨대, Al_2O_3) 및 이트륨 산화물(예컨대, Y_2O_3) 중에 적어도 하나를 포함할 수 있다. 상기 기판(100)의 가장자리 부분은 상기 보호 층(77)과 이격될 수 있다.

[0098] 도 10b는 도 1에 개시된 플라즈마 장비에 포함된 외곽 링의 다른 실시예를 보여주는 확대된 도면이다.

[0099] 도 10b를 참조하면, 본 실시예에 따른 외곽 링(230a)은 도 10a의 보호 층(77)을 대신하여 커버 링(90, cover ring)을 포함할 수 있다. 상기 커버 링(90)은 상기 도전 링(70)의 상부면을 덮을 수 있다. 상기 커버 링(90)이 플라즈마 공정 시에 플라즈마로부터 상기 도전 링(70)의 상부면을 보호할 수 있다. 상기 커버 링(90)은 절연 물질로 형성될 수 있다. 예컨대, 상기 커버 링(90)은 석영(quartz)로 형성될 수 있다. 일 실시예에서, 상기 커버 링(90)의 일부는 상기 척(210)의 가장자리의 상부면 상에 배치될 수 있다. 상기 커버 링(90)은 상기 외곽 링(230a)으로부터 분리 가능하다. 이로써, 상기 커버 링(90)이 플라즈마에 의해 손상되는 경우에, 상기 커버 링(90)은 새로운 커버 링으로 교체할 수 있다. 본 실시예에서, 상기 도전 링(70)은 도 10a에 개시된 돌출부를 포함하지 않을 수 있다.

[0100] 상기 외곽 링(230a)의 다른 구성들은 도 10a의 외곽 링(230)의 대응되는 것들과 실질적으로 동일할 수 있다.

[0101] 도 10c는 도 1에 개시된 플라즈마 장비에 포함된 외곽 링의 또 다른 실시예를 보여주는 확대된 도면이다.

[0102] 도 10c를 참조하면, 본 실시예에 따른 외곽 링(230b)은 도 10a의 상기 보호 층(77)을 포함하지 않을 수 있다. 즉, 상기 외곽 링(230b)의 상기 도전 링(70)은 노출된 상부면을 가질 수 있다. 상기 외곽 링(230b)의 다른 구성들은 도 10a의 외곽 링(230)의 대응되는 것들과 실질적으로 동일할 수 있다.

[0103] 도 10a, 도 10b, 및 도 10c의 외곽 링들(230, 230a, 230b)은 도 8의 플라즈마 장비(191) 또는 도 9의 플라즈마 장비(192)에도 적용될 수 있다.

[0104] 다음으로, 반도체 소자의 제조 방법들을 도면들을 참조하여 설명한다.

[0105] 도 11 내지 도 19는 본 발명의 일 실시예에 따른 반도체 소자의 제조 방법을 나타내는 단면도들이다.

[0106] 도 11을 참조하면, 몰드막(510)이 기판(500) 상에 형성될 수 있다. 상기 몰드막(510)은 교대로 그리고 반복적으로 적층된 제1 막들(505) 및 제2 막들(507)을 포함할 수 있다. 상기 제2 막들(507)은 절연 물질로 형성될 수 있다. 상기 제1 막들(505)은 상기 제2 막들(507)에 대하여 식각 선택비를 갖는 물질로 형성될 수 있다. 예컨대, 상기 제2 막들(507)은 실리콘 산화막들로 형성될 수 있으며, 상기 제1 막들(505)은 실리콘 질화막들로 형성될 수 있다. 상기 몰드막(510)은 상기 제1 막들(505)의 최하부의 것과 상기 기판(500) 사이에 형성된 버퍼 절연막(503)을 더 포함할 수 있다. 상기 버퍼 절연막(503)은 실리콘 산화막을 형성될 수 있다.

[0107] 하드마스크막(520)이 상기 몰드막(510)에 상에 형성될 수 있다. 상기 하드마스크막(520)은 단일층 구조 또는 다층 구조를 가질 수 있다. 일 실시예에서, 상기 하드마스크막(520)은 차례로 적층된 제1 내지 제4 하드마스크막들(512, 514, 516, 518)을 포함할 수 있다. 상기 제1 하드마스크막(512)은 상기 제2 막들(507)에 대하여 식각 선택비를 갖는 물질로 형성될 수 있다. 예컨대, 상기 제1 하드마스크막(512)은 실리콘막(예컨대, 비정질 실리콘막)으로 형성될 수 있다. 상기 제2 하드마스크막(514)은 실리콘 산화막으로 형성될 수 있다. 상기 제3 하드마스크막(516)은 주 하드마스크막으로서 기능할 수 있다. 예컨대, 상기 제3 하드마스크막(516)은 비정질 탄소막으로 형성될 수 있다. 상기 제4 하드마스크막(518)은 반사 방지막의 기능을 수행할 수 있다. 예컨대, 상기 제4 하드마스크막(518)은 실리콘 산화질화막으로 형성될 수 있다.

[0108] 포토리소그래피 공정을 수행하여 개구부들(527)을 갖는 포토레지스트 패턴(525, photoresist pattern)을 상기 하드마스크막(520) 상에 형성할 수 있다. 상기 개구부들(527)은 상기 하드마스크막(520)의 일부분들을 각각 노

출시될 수 있다.

- [0109] 도 12를 참조하면, 상기 포토레지스트 패턴(525)을 식각 마스크로 사용하여 상기 하드마스크막(520)을 식각하여 상기 몰드막(510)을 노출시킬 수 있다. 이어서, 상기 하드마스크막(520)을 식각 마스크로 사용하여 상기 몰드막(510)을 식각하여 상기 기관(500)을 노출시키는 수직 홀들(530)을 형성할 수 있다. 일 실시예에서, 잔존하는 포토레지스트 패턴(525)은 상기 하드마스크막(520)을 식각한 후 및 상기 몰드막(510)을 식각하기 전에 제거될 수 있다. 다른 실시예에서, 상기 잔존하는 포토레지스트 패턴(525)은 상기 수직 홀들(530)을 형성하는 동안에 제거될 수도 있다.
- [0110] 상기 몰드막(510)을 식각하는 공정은 상술된 플라즈마 장비들(190, 191, 192) 중에 하나로 수행될 수 있다. 이 경우에, 상기 몰드막(510)은 식각 대상막에 해당할 수 있다. 이하, 도 1의 플라즈마 장비(190)를 이용하여 상기 몰드막(510)을 식각하는 공정을 예로 설명한다.
- [0111] 도 1 및 도 12를 참조하면, 상기 몰드막(510)을 갖는 기관(500)을 상기 척(210)의 상부면에 로딩시킬 수 있다. 상기 가스 공급 유닛(GSU)을 이용하여 공정 가스(예컨대, 식각 가스)를 상기 공정 챔버(200) 내로 공급할 수 있다. 예컨대, 상기 공정 가스는 CF₄, C₄F₆, C₄F₈, COS, CHF₃, HBr, SiCl₄, O₂, N₂, H₂, NF₃, SF₆, He, 또는 Ar 중에서 적어도 하나를 포함할 수 있다. 플라즈마(PLA)가 상기 플라즈마 생성 유닛(240)에 의해 상기 공정 챔버(200) 내에 생성될 수 있다. 상기 제1 DC 파워 생성기(280)으로부터 상기 제1 DC 펄스 신호가 상기 척(210)에 인가되어, 상기 몰드막(510)을 식각할 수 있다. 일 실시예에서, 상기 몰드막(510)이 식각될 때, 상기 제2 DC 펄스 신호가 상기 외곽 링(230)에 인가될 수 있다. 상기 수직 홀들(530)을 형성한 후에, 상기 기관(500)을 상기 공정 챔버(200)로부터 언로딩할 수 있다.
- [0112] 상기 수직 홀들(530)의 형성 후에, 하드마스크막(520a)은 상기 제1 및 제2 하드마스크막들(512, 514) 및 제3 하드마스크막의 잔여 부분(516r)을 포함할 수 있다.
- [0113] 도 13을 참조하면, 상기 제3 하드마스크막의 잔여 부분(516r)을 제거하여 상기 제2 하드마스크막(514)을 노출시킬 수 있다. 이어서, 데이터 저장막(533), 제1 반도체막(535), 및 보호막(537)을 상기 기관(500) 상에 차례로 형성할 수 있다. 상기 데이터 저장막(533), 제1 반도체막(535), 및 보호막(537)의 각각은 상기 기관(500) 상에 상기 수직 홀들(530)의 내면들 상에 실질적으로 균일한 두께로 형성될 수 있다. 상기 저장막(533), 제1 반도체막(535), 및 보호막(537)은 상기 수직 홀(530)의 부분적으로 채운다.
- [0114] 일 실시예에서, 상기 데이터 저장막(533)은 차례로 적층된 제1 블로킹 절연막, 전하 저장막, 및 터널 절연막을 포함할 수 있다. 상기 터널 절연막은, 예컨대, 실리콘 산화막으로 형성될 수 있다. 상기 전하 저장막은, 예컨대, 트랩 사이트들을 갖는 트랩 절연막 또는 도전성 나노 도트들을 포함하는 절연막을 포함할 수 있다. 상기 제1 블로킹 절연막은 상기 전하 저장막의 에너지 밴드 갭 보다 큰 에너지 밴드 갭을 갖는 절연 물질을 포함할 수 있다. 예컨대, 상기 제1 블로킹 절연막은 실리콘 산화막을 포함할 수 있다.
- [0115] 상기 제1 반도체막(535)은 반도체 물질(예컨대, 실리콘)으로 형성될 수 있다. 상기 제1 반도체막(535)은 비정질 또는 결정질 상태일 수 있다. 상기 제1 반도체막(535)은 언도프트 상태 또는 상기 기관(500)과 동일한 타입의 도펀트로 도핑될 수 있다. 상기 보호막(537)은 후속의 식각 공정에서 상기 제1 반도체막(535)을 보호할 수 있다. 상기 보호막(537)은, 예컨대, 실리콘 산화막을 포함할 수 있다.
- [0116] 도 14를 참조하면, 상기 보호막(537), 제1 반도체막(535), 및 데이터 저장막(533)을 연속적으로 식각하여 상기 기관(500)을 노출시킬 수 있다. 이때, 데이터 저장 패턴(533a), 제1 반도체 패턴(535a), 및 보호 패턴(537a)이 상기 수직 홀(530)의 내측벽 상에 차례로 형성될 수 있다. 상기 패턴들(533a, 535a, 537a)의 각각은, 예컨대, 상단 및 하단이 오픈된 실린더 형태를 가질 수 있다.
- [0117] 상기 막들(537, 535, 533)의 식각 공정은 건식 식각 공정으로 수행할 수 있다. 즉, 상기 막들(537, 535, 533)의 식각 공정은 상술된 본 발명의 실시예에 따른 플라즈마 장비(190, 191, 또는 192)를 이용하여 수행될 수 있다. 이 경우에, 상기 막들(537, 535, 533)의 적어도 하나는 식각 대상막에 해당할 수 있다. 도 1의 플라즈마 장비(190)를 이용하는 상기 식각 공정을 예로 설명한다.
- [0118] 도 1, 도 2 및 도 14를 참조하면, 상기 막들(537, 535, 533)을 갖는 기관(500)을 상기 척(210) 상에 로딩하고, 상기 가스 공급 유닛(GSU)을 이용하여 식각 가스를 상기 공정 챔버(200) 내로 주입한다. 상기 플라즈마 생성 유닛(240)에 의해 플라즈마(PLA)가 상기 공정 챔버(200) 내에 생성되고, 상기 제1 DC 파워 생성기(280)에 의해 상기 제1 DC 펄스 신호를 상기 척(210)에 인가한다. 이로써, 상기 막들(537, 535, 533)을 식각할 수 있다. 일 실

시에에서, 상기 보호막(537)이 상기 제1 반도체막(535)과 다른 물질로 형성되고 상기 제1 반도체막(535)이 상기 데이터 저장막(533)과 다른 물질로 형성됨으로써, 상기 보호막(537)을 식각한 후에 다른 종류의 식각 가스를 공급하여 상기 제1 반도체막(535)을 식각할 수 있다. 이어서, 또 다른 종류의 식각 가스를 공급하여 상기 데이터 저장막(533)을 식각할 수 있다.

[0119] 상기 수직 홀(530)의 바닥면 상에 위치한 상기 막들(537, 535, 533)은 좁은 공간(즉, 상기 수직 홀(530)) 내에 배치되고, 상기 제2 하드마스크막(514) 상에 위치한 상기 막들(537, 535, 533) 보다 낮다. 이로써, 상기 수직 홀(530)의 바닥면 상의 상기 막들(537, 535, 533)을 식각하는 것이 어려울 수 있다. 하지만, 상술된 상기 제1 DC 펄스 신호에 의해 수직 홀(530)의 바닥면 상의 상기 막들(537, 535, 533)은 쉽게 식각될 수 있다. 또한, 상기 제1 DC 펄스 신호의 상기 포지티브 펄스(PP1)의 크기 및/또는 상기 펄스-오프 구간(FD)을 조절하여 상기 제1 및 제2 하드마스크막들(512, 514)의 잔존량을 증가시킬 수 있다. 다시 말해서, 상기 포지티브 펄스(PP1)의 크기 및/또는 상기 펄스-오프 구간(FD)을 조절하여 상기 하드마스크막들(512, 514) 상에서 식각 부산물들(예컨대, 폴리머)의량을 증가시킬 수 있다. 상기 식각 부산물들은 패시베이션 효과를 유발시킬 수 있다. 결과적으로, 상기 수직 홀(530)의 바닥면 상의 상기 막들(537, 535, 533)은 쉽게 식각하는 반면에, 상기 하드마스크막들(512, 514)의 잔존량을 증가시켜 식각 공정의 마진을 향상시킬 수 있다.

[0120] 본 발명에 따른 상기 펄스-오프 구간(FD)의 효과를 확인하기 위한 실험을 수행하였다. 실험을 위해 제1 시료 및 제2 시료를 준비하였다. 상기 제1 및 제2 시료들의 각각은 기판 상에 형성된 몰드막, 상기 몰드막을 관통하는 수직 홀, 및 상기 수직 홀 내 및 상기 몰드막 상에 콘포말하게 형성된 제1 내지 제3 막들을 포함하도록 형성하였다. 상기 제1, 제2, 및 제3 막들은 각각 실리콘 산화막, 라이너 폴리 실리콘막, 및 실리콘 산화막이었다. 상기 몰드막의 윗부분은 마스크 폴리실리콘막으로 형성되었다. 상기 제1 시료의 상기 제1 내지 제3 막들은 일반적인 RF 백 바이어스를 이용하는 제1 이방성 식각 공정으로 식각 하였으며, 상기 시료 2의 제1 내지 제3 막들은 본 발명의 상기 제1 DC 펄스 신호를 이용하는 제2 이방성 식각 공정으로 식각 하였다. 상기 이방성 식각 공정들 전에, 상기 제1 및 제2 시료들의 상기 마스크 폴리실리콘막들의 두께들은 동일하였다. 상기 이방성 식각 공정들 후에, 상기 제1 및 제2 시료들의 수직홀들은 모두 오픈되었다. 상기 제1 이방성 식각 공정 후에, 상기 제1 시료의 마스크 폴리실리콘막의 잔존부의 두께는 약 780Å 이었다. 이와 대조적으로, 상기 제2 이방성 식각 공정 후에, 상기 제2 시료의 마스크 폴리실리콘막의 잔존부의 두께는 약 1460Å 이었다. 즉, 본 발명에 따른 상기 제1 DC 펄스 신호를 사용한 상기 제2 시료의 마스크 폴리실리콘막의 잔존부가 상기 일반적인 RF 백 바이어스를 사용한 상기 제1 시료의 것 보다 두껍다. 이는 본 발명의 상기 제1 DC 펄스 신호의 상기 펄스-오프 구간(FD)이 상기 마스크 폴리실리콘막 상에서 식각 부산물들의량을 증가시킨 것에 기인할 수 있다.

[0121] 한편, 상기 제1 DC 펄스 신호를 상기 척(210)에 인가할 때, 상기 제2 DC 펄스 신호를 상기 외곽 링(230)에 인가하여 식각의 균일도를 향상시킬 수 있다.

[0122] 상기 막들(537, 535, 533)을 식각하여 상기 패턴들(537a, 535a, 533a)을 형성한 후에, 상기 기판(500)을 상기 공정 챔버(200)로부터 언로딩할 수 있다.

[0123] 도 15를 참조하면, 상기 보호 패턴(537a)을 등방성 식각 공정(예컨대, 습식 식각 공정)으로 제거할 수 있다. 이로써, 상기 제1 반도체 패턴(535a)이 노출될 수 있다.

[0124] 상기 기판(500) 상에 제2 반도체막을 콘포말하게 형성하고, 상기 수직 홀(530)을 채우는 충전 절연막을 상기 제2 반도체막 상에 형성할 수 있다. 상기 충전 절연막 및 상기 제2 반도체막을 평탄화시키어, 제2 반도체 패턴(540) 및 충전 절연 패턴(545)이 상기 수직 홀(530) 내에 형성될 수 있다. 상기 제2 반도체막 및 상기 충전 절연막을 평탄화시킬 때, 상기 제1 및 제2 하드마스크막들(512, 514)도 평탄화되어 제거될 수 있다. 상기 제2 반도체 패턴(540)은 상기 제1 반도체 패턴(535a) 및 상기 기판(500)에 접촉될 수 있다. 이로써, 상기 제1 반도체 패턴(535a)은 상기 제2 반도체 패턴(540)을 통하여 상기 기판(500)에 전기적으로 접촉될 수 있다. 상기 제1 및 제2 반도체 패턴들(535a, 540)은 수직 채널 패턴을 구성할 수 있다.

[0125] 도 16을 참조하면, 상기 몰드막(510)을 패터닝하여 트렌치들(550) 및 상기 트렌치들(550) 사이의 몰드 패턴(510a)을 형성할 수 있다. 상기 몰드막(510)의 패터닝 공정에 포함된 식각 공정은 상술된 플라즈마 장비들(190, 191, 192) 중에 하나로 수행될 수 있다. 상기 몰드 패턴(510a)은 교대로 그리고 반복적으로 적층된 제1 패턴들(505a) 및 제2 패턴들(507a)을 포함할 수 있다. 또한, 상기 몰드 패턴(510a)은 상기 제1 패턴들(505a) 중의 최하부의 것과 기판(500) 사이에 배치된 버퍼 절연 패턴(503a)을 포함할 수 있다. 상기 트렌치들(550)은 상기 제1 및 제2 패턴들(505a, 507a)의 측벽들을 노출시킬 수 있다.

- [0126] 도 17을 참조하면, 상기 트렌치들(550)에 노출된 상기 제1 패턴들(505a)을 제거하여 빈 영역들(555)을 형성할 수 있다. 이때, 상기 제1 패턴들(505a)은 상기 제2 패턴들(507a)에 대하여 식각 선택성을 가짐으로써, 상기 제2 패턴들(507a)은 잔존된다. 상기 빈 영역들(555)은 상기 제2 패턴들(507a) 사이에 형성될 수 있다. 상기 제1 패턴들(505a)은 등방성 식각 공정으로 제거될 수 있다.
- [0127] 도 18을 참조하면, 제2 블로킹 절연막(557)이 상기 빈 영역들(555)의 내면들 상에 콘포말하게 형성될 수 있으며, 도전막이 상기 제2 블로킹 절연막(557) 상에 형성될 수 있다. 상기 도전막은 상기 빈 영역들(555)을 채울 수 있다. 상기 빈 영역들(555) 외부의 상기 도전막을 제거하여 전극 패턴들(560)을 상기 빈 영역들(555) 내에 각각 형성할 수 있다. 상기 전극 패턴들(560)은 게이트 전극들로 사용될 수 있다. 상기 빈 영역들(555) 외부의 상기 제2 블로킹 절연막(557)은 도시된 바와 같이 제거될 수도 있다. 상기 전극 패턴들(560)은 도핑된 반도체 물질 및/또는 금속 함유 물질(ex, 금속 및/또는 도전성 금속 질화물 등)을 포함할 수 있다. 상기 제2 블로킹 절연막(557)은 상기 터널 절연막에 보다 높은 유전 상수를 갖는 고유전 물질을 포함할 수 있다. 예컨대, 상기 제2 블로킹 절연막(557)은 하프늄 산화물 및/또는 알루미늄 산화물과 같은 절연성 금속 산화물을 포함할 수 있다.
- [0128] 도 19를 참조하면, 도펀트들을 상기 트렌치들(550) 아래의 기판(500) 내에 주입하여 공통 소오스 영역들(CSL)을 형성할 수 있다. 소자 분리 패턴들(565)이 상기 트렌치들(550)을 각각 채우도록 형성될 수 있다.
- [0129] 층간 절연막(570)이 상기 기판(500) 상에 형성될 수 있으며, 콘택 플러그들(575)이 상기 층간 절연막(570)을 관통하도록 형성될 수 있다. 상기 콘택 플러그들(575)은 상기 수직 채널 패턴들의 상단들에 각각 접속될 수 있다. 비트 라인(580)이 상기 층간 절연막(570) 상에 형성될 수 있다. 상기 비트 라인(580)은 상기 콘택 플러그들(575)를 통하여 상기 수직 채널 패턴들의 상단들에 전기적으로 접속될 수 있다.
- [0130] 도 20 내지 도 23은 본 발명의 다른 실시예에 따른 반도체 소자의 제조 방법을 나타내는 단면도들이다.
- [0131] 도 20을 참조하면, 층간 절연막(605)이 기판(600) 상에 형성될 수 있으며, 콘택 플러그들(610)이 상기 층간 절연막(605)을 관통하도록 형성될 수 있다. 식각 정지막(615) 및 몰드막(620)이 상기 층간 절연막(605) 및 상기 콘택 플러그들(610) 상에 차례로 형성될 수 있다. 상기 식각 정지막(615)은 상기 몰드막(620)과 식각 선택비를 갖는 절연 물질로 형성될 수 있다. 예컨대, 상기 식각 정지막(615)은 실리콘 질화막으로 형성될 수 있으며, 상기 몰드막(620)은 실리콘 산화막으로 형성될 수 있다.
- [0132] 개구부들(630)을 갖는 마스크막(625)이 상기 몰드막(625) 상에 형성될 수 있다. 상기 몰드막(620)은 식각 대상막에 해당할 수 있다.
- [0133] 도 21을 참조하면, 상기 마스크막(625)을 식각 마스크로 사용하여 상기 몰드막(625)을 식각하여 홀들(635)을 형성할 수 있다. 상기 홀들(635)의 형성을 위한 상기 몰드막(625)의 식각 공정은 상술된 플라즈마 장비들(190, 191, 192) 중에서 어느 하나로 수행할 수 있다. 상기 식각 공정 후에, 상기 홀들(635)은 상기 식각 정지막(615)을 노출시킬 수 있다. 상기 홀들(635) 아래의 상기 식각 정지막(615)을 제거하여 상기 콘택 플러그들(610)을 노출시킬 수 있다.
- [0134] 도 22를 참조하면, 상기 마스크막(625)이 제거될 수 있다. 하부 전극막이 상기 홀들(635)을 갖는 기판(600) 상에 콘포말하게 형성될 수 있으며, 충전막이 상기 하부 전극막 상에 형성되어 상기 홀들(635)을 채울 수 있다. 상기 충전막 및 상기 하부 전극막을 상기 몰드막(620)이 노출될 때까지 평탄화시키어 상기 각 홀(635) 내에 하부 전극(640) 및 충전 패턴(645)을 형성할 수 있다. 상기 하부 전극(640)은 실린더 형태를 가질 수 있다. 이와는 달리, 상기 충전막이 생략되고, 상기 하부 전극막이 상기 홀들(635)을 채울 수 있다. 이 경우에, 상기 하부 전극(640)은 필라 형태를 가질 수 있다.
- [0135] 도 23을 참조하면, 상기 충전 패턴(645) 및 상기 몰드막(620)을 제거하여 상기 하부 전극(640)의 표면을 노출시킬 수 있다. 캐패시터 유전막(650)이 상기 하부 전극(640)의 노출된 표면 상에 형성될 수 있으며, 상부 전극(660)이 상기 캐패시터 유전막(650) 상에 형성되어 상기 하부 전극(640)의 표면을 덮을 수 있다. 상기 하부 및 상부 전극들(640, 660) 및 상기 캐패시터 유전막(650)은 캐패시터를 구성할 수 있다.
- [0136] 상술된 본 발명의 실시예들에 따른 플라즈마 장비들의 응용은 상술된 반도체 제조 방법들에 한정되지 않는다. 즉, 본 발명의 실시예들에 따른 플라즈마 장비들은 플라즈마를 이용하는 다양한 반도체 제조 공정들에 적용될 수 있다.

[0137]

이상, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 실시예들을 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들에는 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 따라서, 본 발명의 범위는 첨부되는 청구범위들 및 그 등가물로부터 허용 가능한 해석의 가장 넓은 범위로 결정되어야 한다.

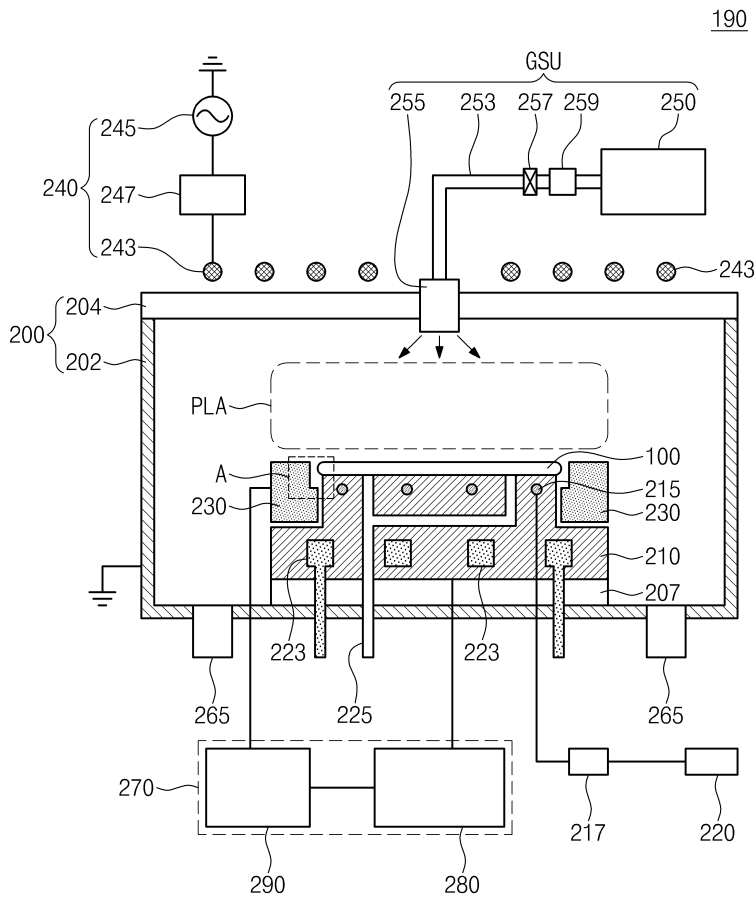
부호의 설명

[0138]

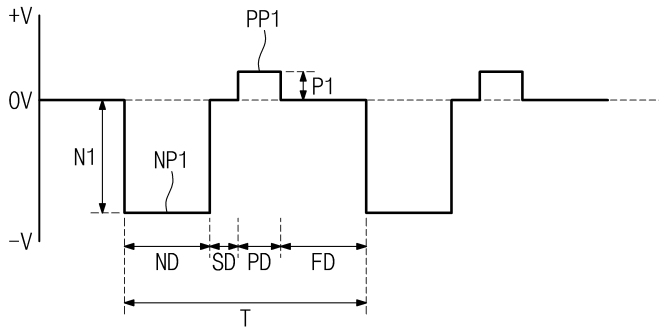
- 200: 공정 챔버
- 210: 척
- 230: 외곽 링
- 240: 플라즈마 생성 유닛
- 250: 가스 공급 유닛
- PLA: 플라즈마
- 270: DC 파워 생성 유닛
- 280: 제1 DC 파워 생성기
- 290: 제2 DC 파워 생성기
- T: DC 펄스 신호의 주기
- ND: 네거티브 펄스 구간
- SD: 안정화 구간
- PD: 포지티브 펄스 구간
- FD: 펄스-오프 구간
- NP1, NP2: 네거티브 펄스들
- PP1, PP2: 포지티브 펄스들

도면

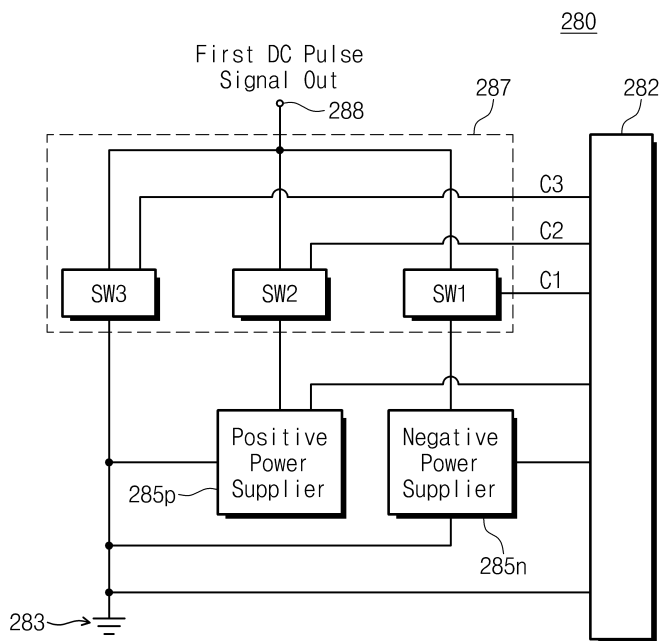
도면1



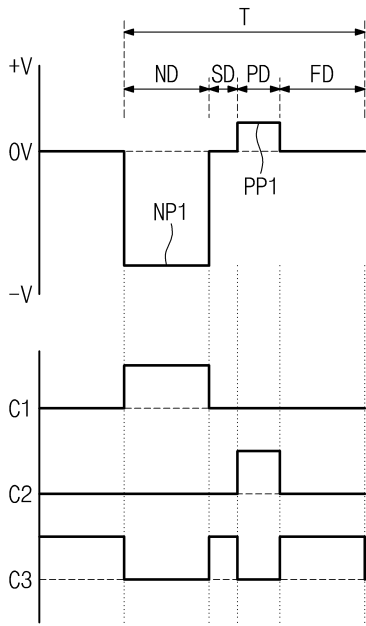
도면2



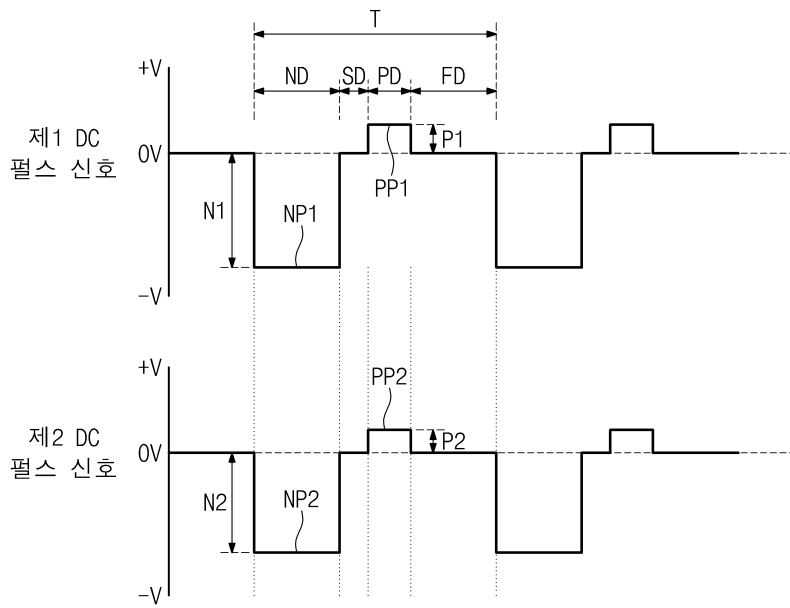
도면3



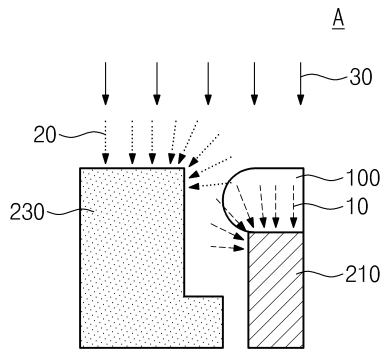
도면4



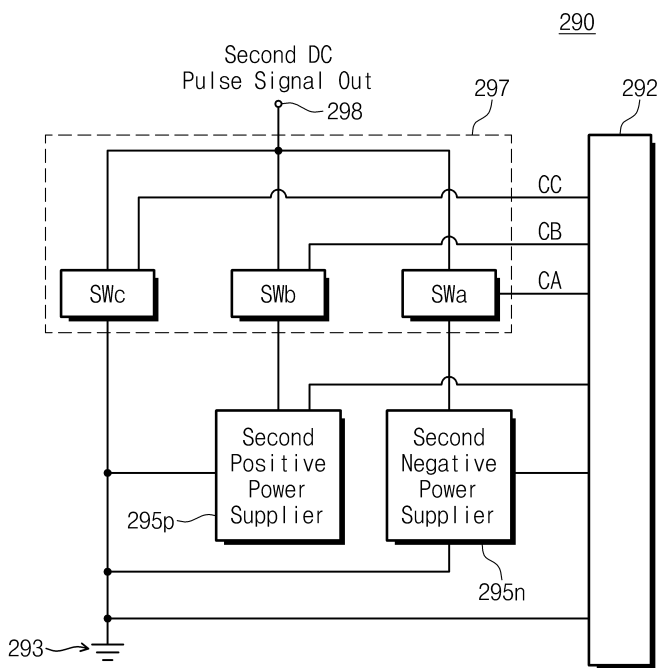
도면5a



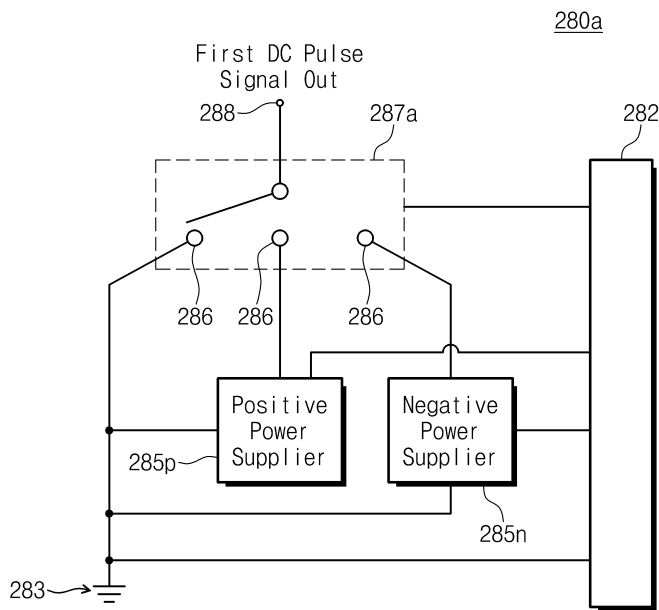
도면5b



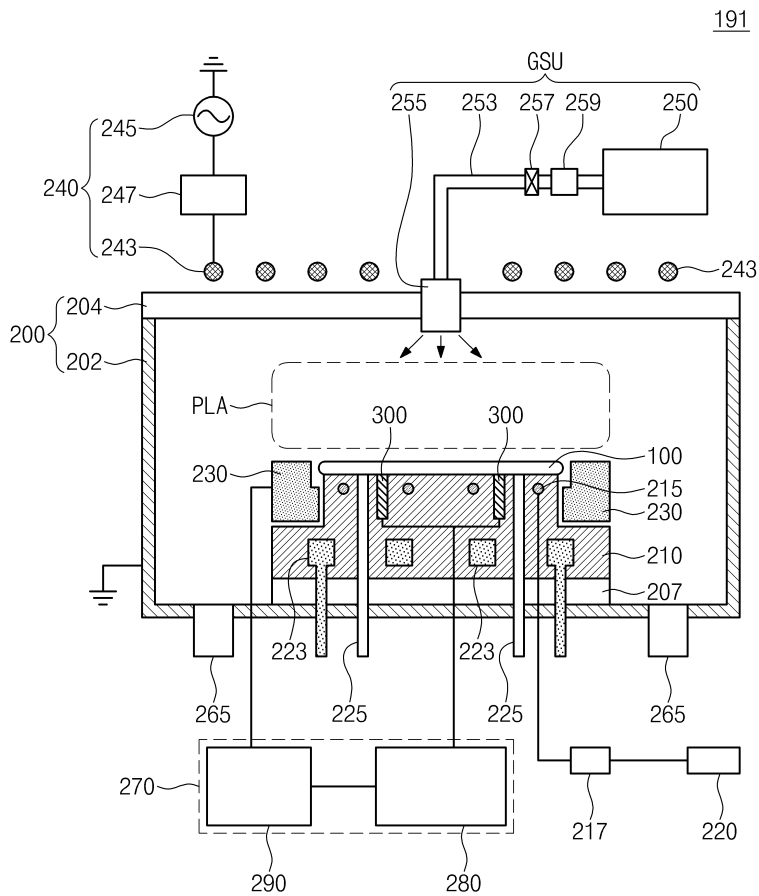
도면6



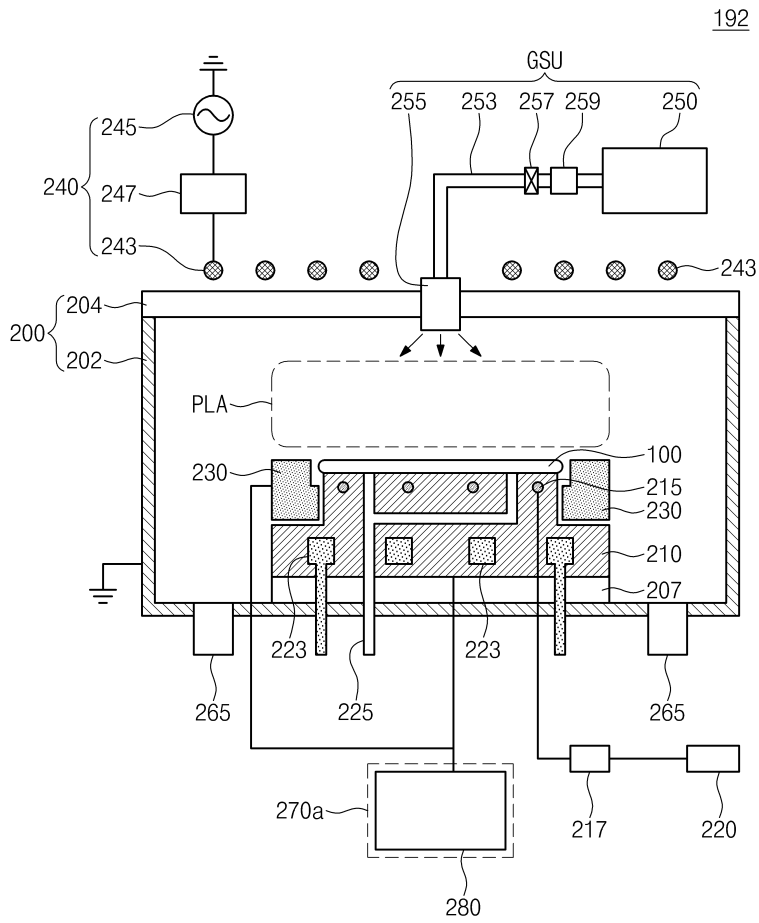
도면7



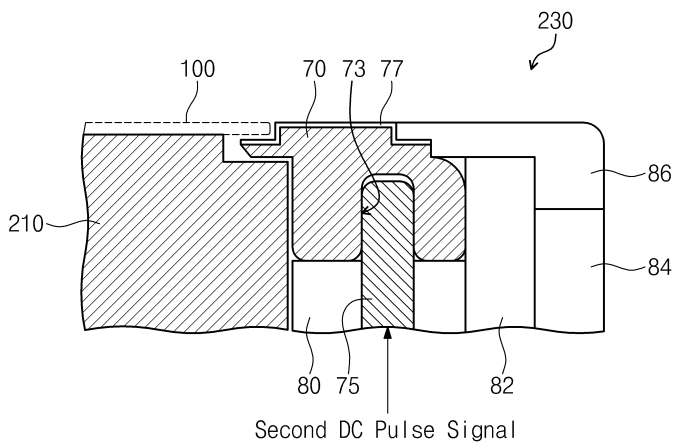
도면8



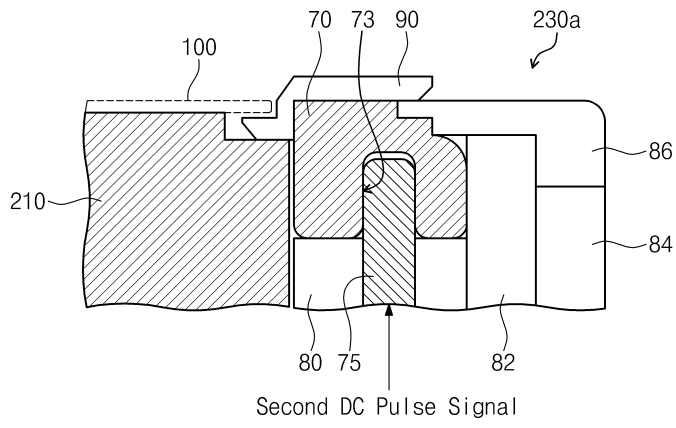
도면9



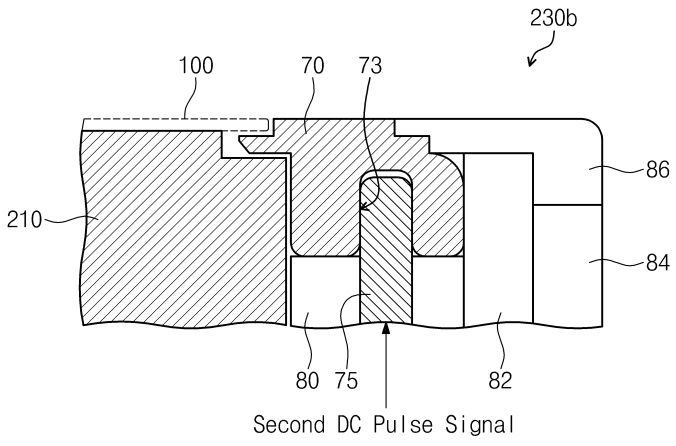
도면10a



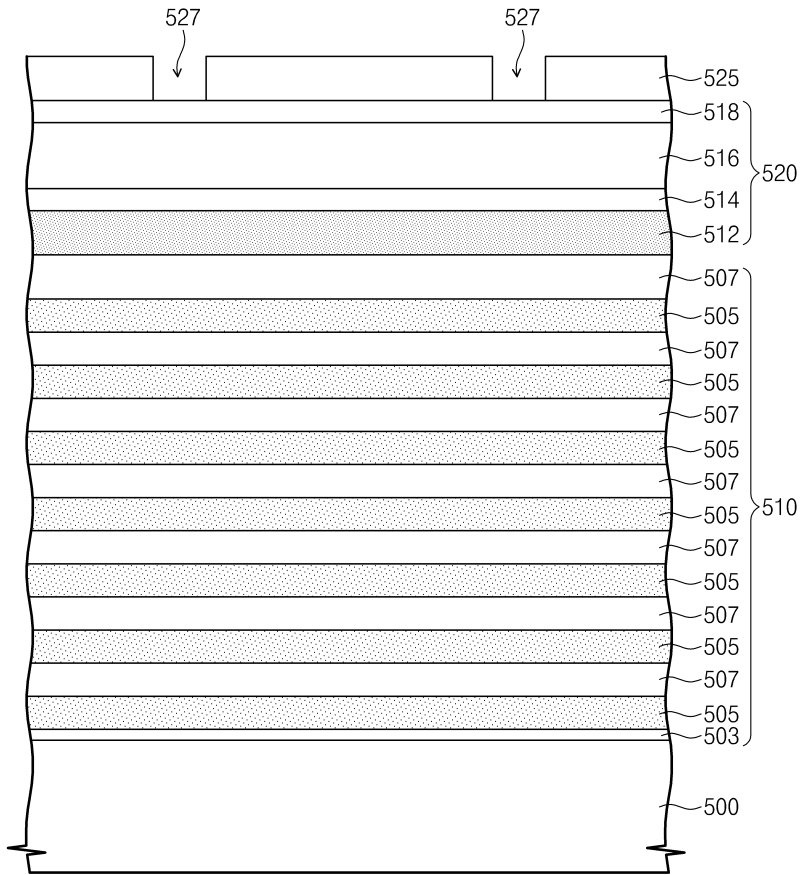
도면10b



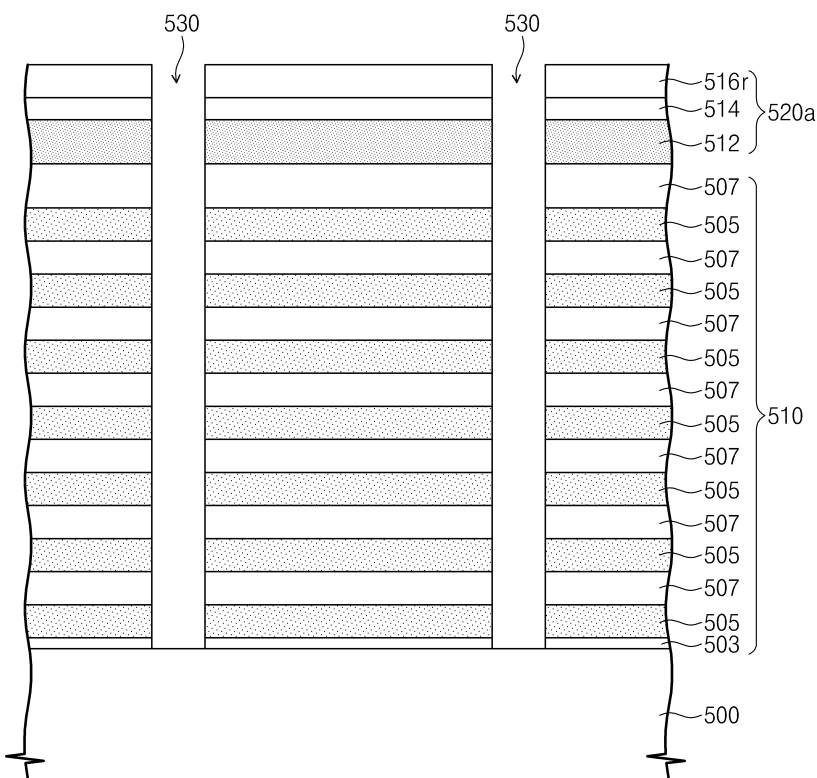
도면10c



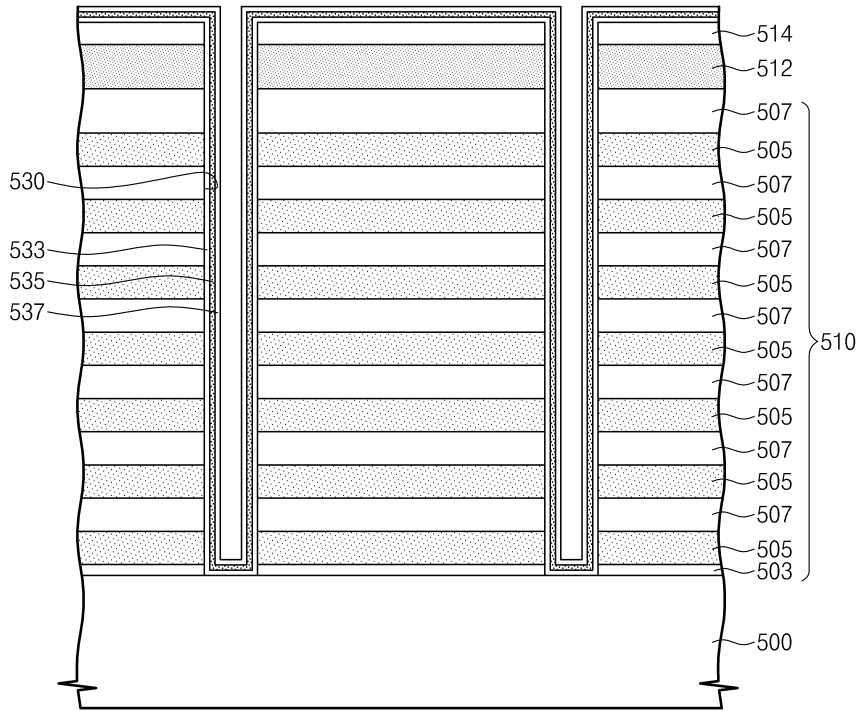
도면11



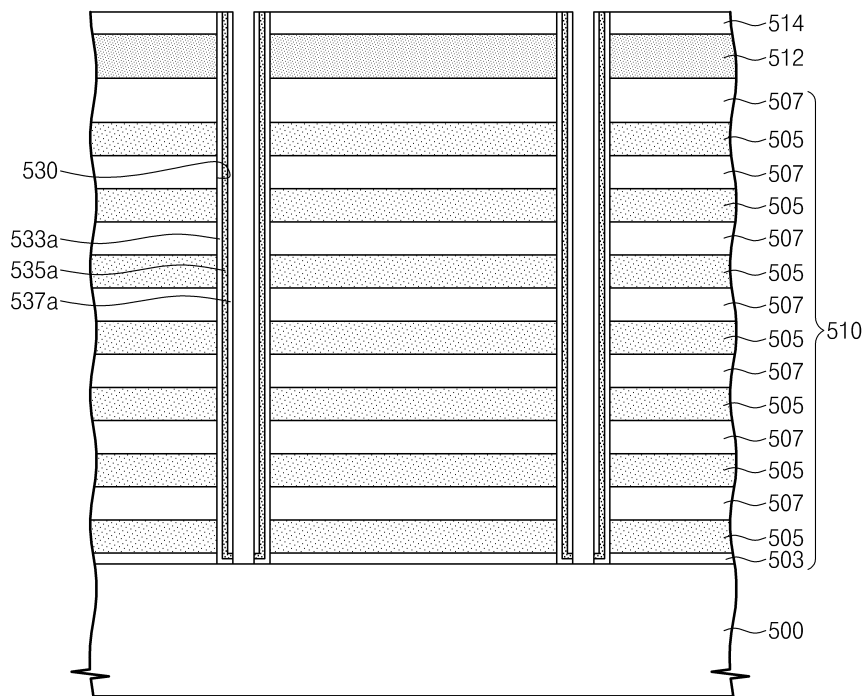
도면12



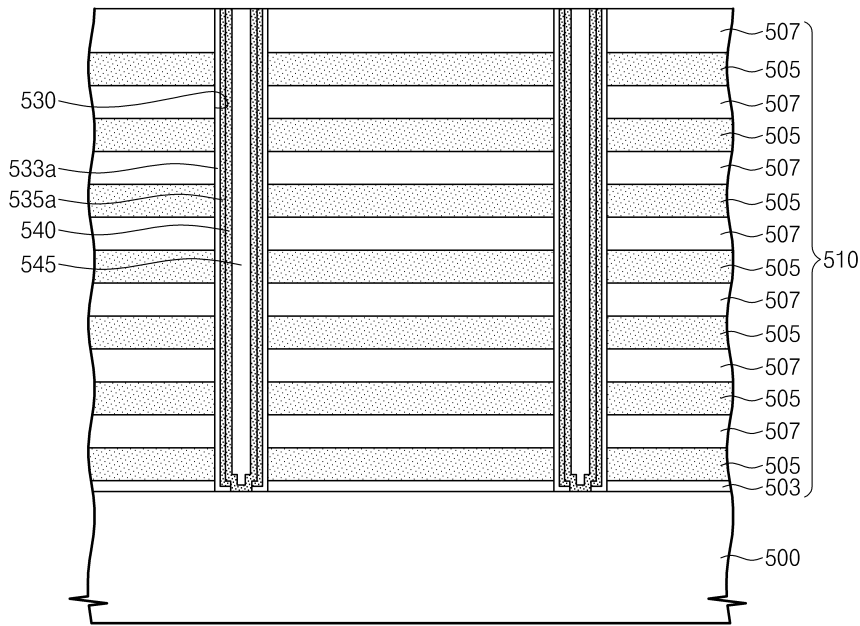
도면13



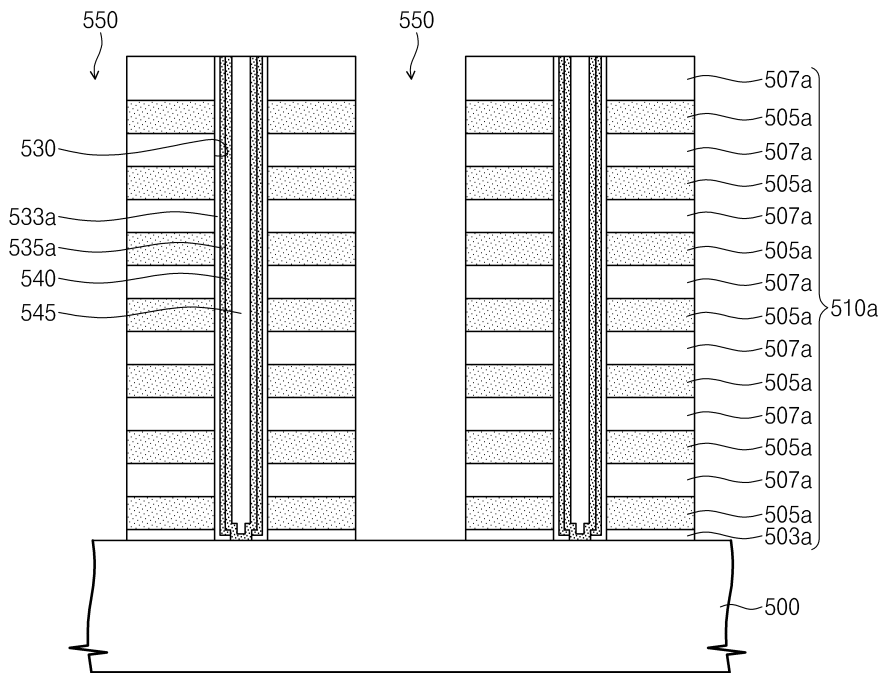
도면14



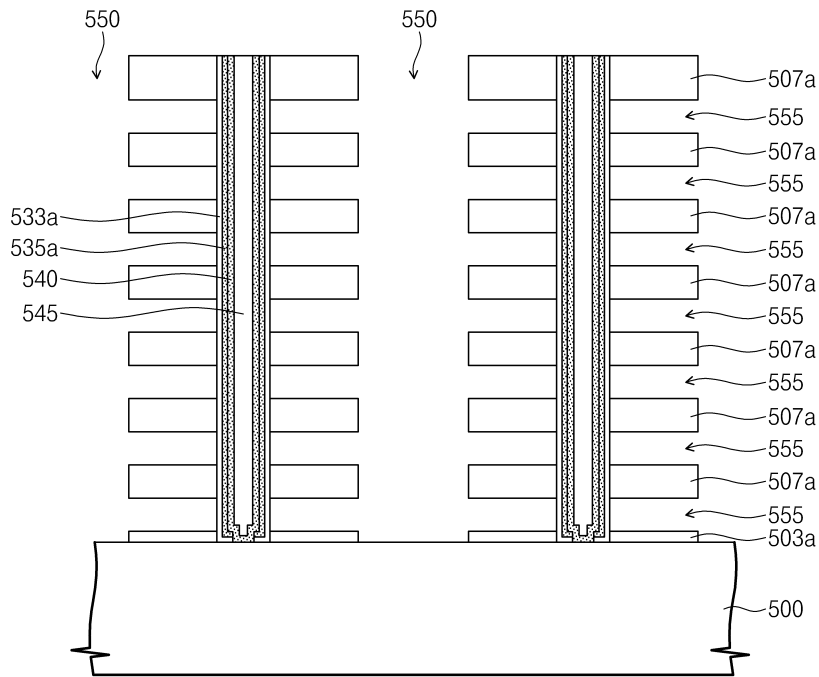
도면15



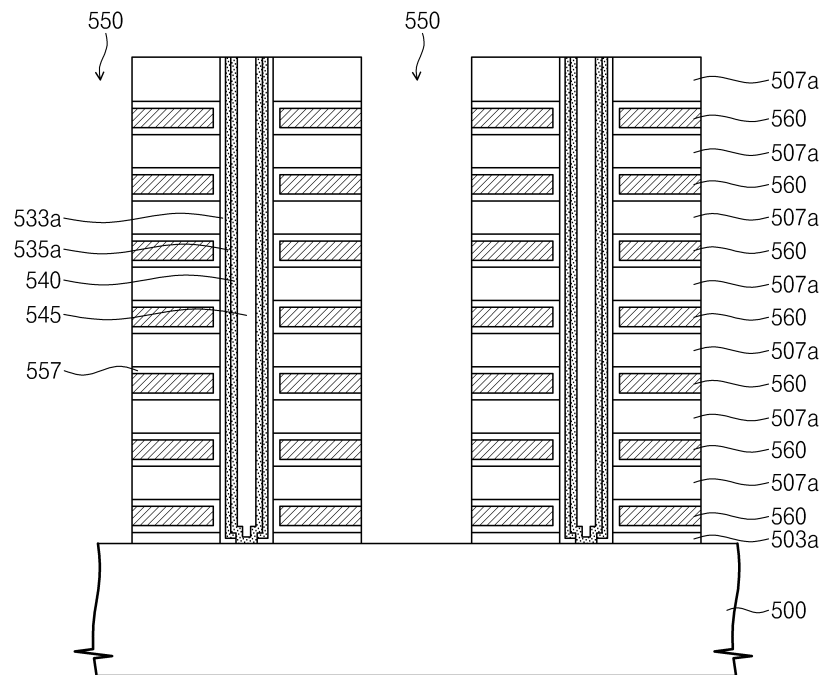
도면16



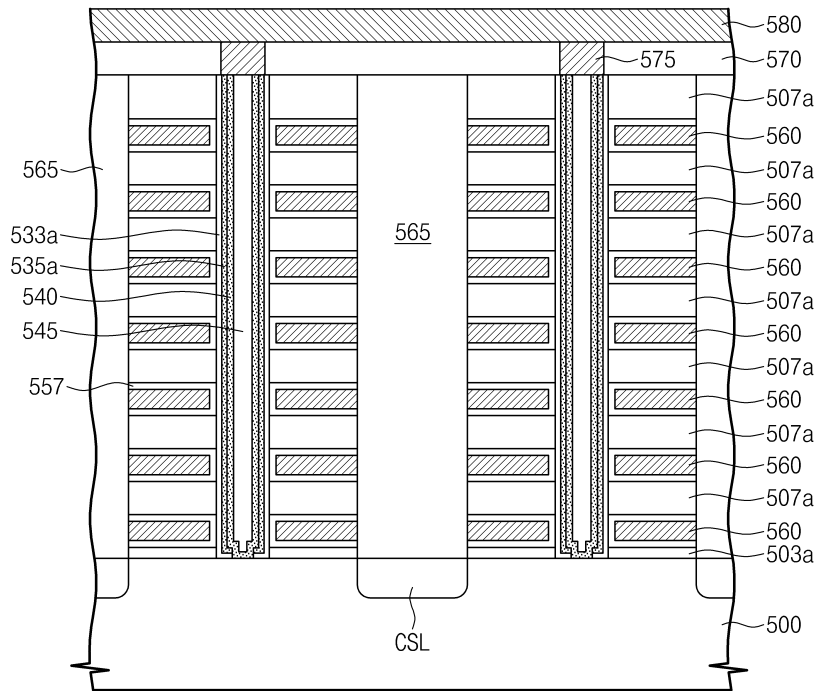
도면17



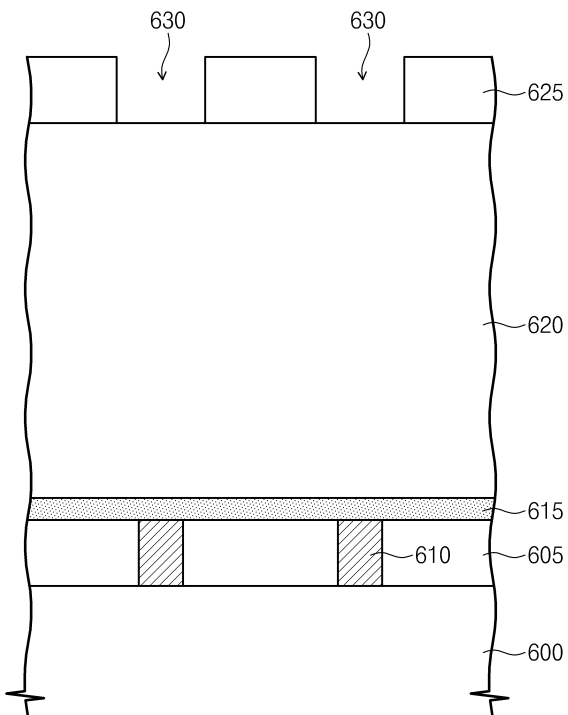
도면18



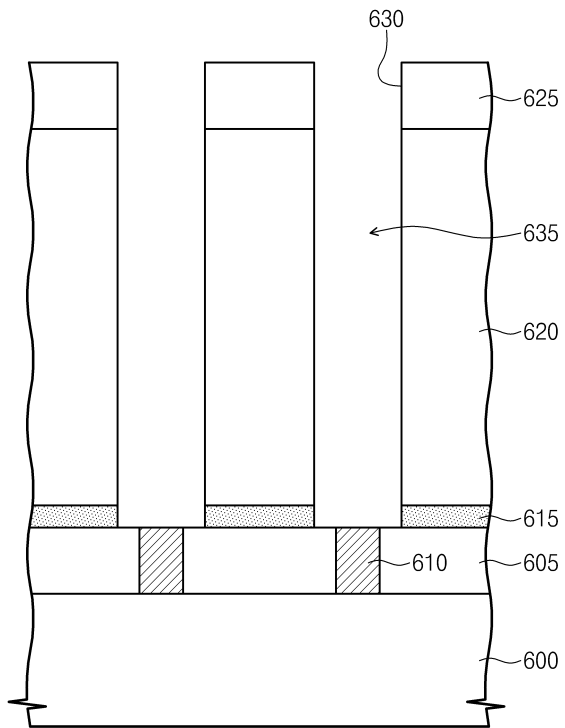
도면19



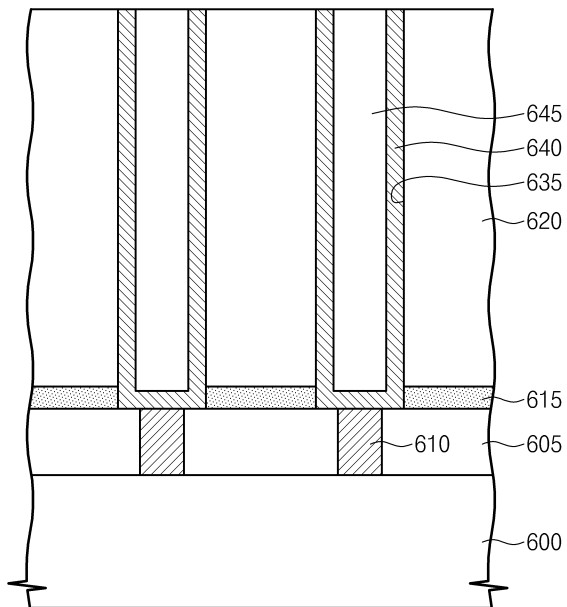
도면20



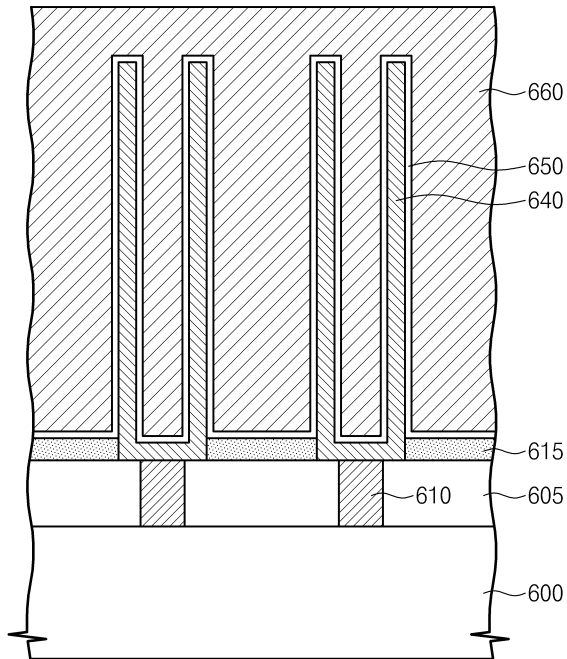
도면21



도면22



도면23



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 1

【변경전】

내부 공간을 갖는 공정 챔버;

상기 공정 챔버 내에 배치되고, 기판이 로딩되는 상면을 갖는 척;

상기 척의 가장자리에 배치되는 외곽 링;

상기 공정 챔버 내부로 공정 가스를 공급하는 가스 공급 유닛;

RF(radio frequency) 파워를 이용하여 상기 척의 상부에 플라즈마를 생성시키는 플라즈마 생성 유닛; 및

상기 척에 직류(direct current, DC) 펄스 신호를 인가하는 DC 파워 생성기(DC power generator)를 포함하되,

상기 직류 펄스 신호의 주기는, 네거티브 펄스를 인가하는 네거티브 펄스 구간(negative pulse duration); 포지티브 펄스를 인가하는 포지티브 펄스 구간(positive pulse duration); 상기 네거티브 펄스 구간 후와 상기 포지티브 구간 전의 안정화 구간; 및 상기 포지티브 펄스 구간 후와 상기 네거티브 펄스 구간 전에 상기 네거티브 펄스 및 포지티브 펄스가 턴-오프 되는 펄스-오프 구간(pulse-off duration)을 포함하고,

상기 펄스 오프 구간은 상기 안정화 구간보다 길어 상기 플라즈마의 생성 동안에 형성되는 식각 부산물을 식각 영역으로부터 방출시키고,

상기 DC 파워 생성기는:

상기 척에 연결되어 상기 척에 상기 직류 펄스 신호 중의 제1 직류 펄스 신호를 제공하는 제1 DC 파워 생성기; 및

상기 외곽 링에 연결되어 상기 외곽 링에 상기 제1 직류 펄스 신호의 전압과 다른 전압을 갖는 제2 직류 펄스 신호를 제공하는 제2 DC 파워 생성기를 포함하는 플라즈마 장비.

【변경후】

내부 공간을 갖는 공정 챔버;

상기 공정 챔버 내에 배치되고, 기판이 로딩되는 상면을 갖는 척;

상기 척의 가장자리에 배치되는 외곽 링;

상기 공정 챔버 내부로 공정 가스를 공급하는 가스 공급 유닛;

RF(radio frequency) 파워를 이용하여 상기 척의 상부에 플라즈마를 생성시키는 플라즈마 생성 유닛; 및

상기 척에 직류(direct current, DC) 펄스 신호를 인가하는 DC 파워 생성기(DC power generator)를 포함하되,

상기 직류 펄스 신호의 주기는, 네거티브 펄스를 인가하는 네거티브 펄스 구간(negative pulse duration); 포지티브 펄스를 인가하는 포지티브 펄스 구간(positive pulse duration); 상기 네거티브 펄스 구간 후와 상기 **포지티브** 구간 전의 안정화 구간; 및 상기 포지티브 펄스 구간 후와 상기 네거티브 펄스 구간 전에 상기 네거티브 펄스 및 포지티브 펄스가 턴-오프 되는 펄스-오프 구간(pulse-off duration)을 포함하고,

상기 펄스 오프 구간은 상기 안정화 구간보다 길어 상기 플라즈마의 생성 동안에 형성되는 식각 부산물을 식각 영역으로부터 방출시키고,

상기 DC 파워 생성기는:

상기 척에 연결되어 상기 척에 상기 직류 펄스 신호 중의 제1 직류 펄스 신호를 제공하는 제1 DC 파워 생성기; 및

상기 외곽 링에 연결되어 상기 외곽 링에 상기 제1 직류 펄스 신호의 전압과 다른 전압을 갖는 제2 직류 펄스 신호를 제공하는 제2 DC 파워 생성기를 포함하는 플라즈마 장비.