



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0040655
(43) 공개일자 2025년03월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01J 37/32 (2006.01) H01L 21/311 (2006.01)
H01L 21/67 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01J 37/32146 (2013.01)
H01J 37/32155 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2025-7003686
(22) 출원일자(국제) 2023년07월06일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2025년02월05일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2023/025154
(87) 국제공개번호 WO 2024/014398
국제공개일자 2024년01월18일
(30) 우선권주장
JP-P-2022-113747 2022년07월15일 일본(JP)

(71) 출원인
도쿄엘렉트론가부시키키가이샤
일본 도쿄도 미나토쿠 아카사카 5초메 3반 1코
(72) 발명자
왕 탕쿠에이
일본 9813629 미야기 구로카와군 다이와초 테크노
힐스 1 도쿄 엘렉트론 미야기 가부시키키가이샤 내
오하시 데츠야
일본 9813629 미야기 구로카와군 다이와초 테크노
힐스 1 도쿄 엘렉트론 미야기 가부시키키가이샤 내
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
장수길, 김성환, 성재동

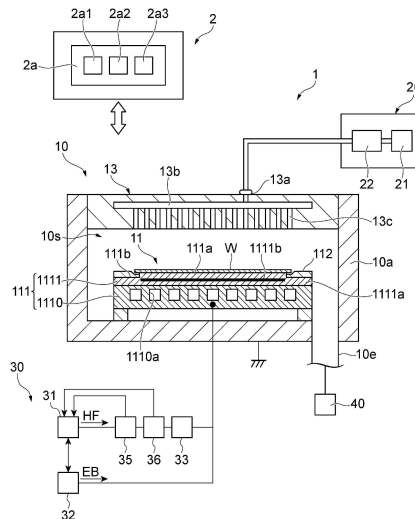
전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 발명의 명칭 플라스마 처리 장치 및 플라스마 처리 방법

(57) 요약

개시되는 플라스마 처리 장치에서는, 제어부가, 사이클의 반복을 초래한다. 사이클은, 챔버 내에서 가스로부터 플라스마를 생성하기 위해, 고주파 전원으로부터 소스 고주파 전력의 펄스를 공급하는 공정과, 바이어스 전원으로부터 기판 지지부에 전기 바이어스의 펄스를 공급하는 공정을 포함한다. 전기 바이어스의 펄스는, 1MHz 이하의 바이어스 주파수에서 주기적으로 발생하는 직류 전압 펄스를 포함한다. 사이클의 반복 주파수는, 5kHz 이상이다. 전기 바이어스의 펄스 개시 타이밍은, 소스 고주파 전력의 펄스 정지 타이밍과 동시이거나 해당 정지 타이밍보다 빠르다. 전기 바이어스의 펄스 정지 타이밍은, 소스 고주파 전력의 펄스 정지 타이밍보다 늦다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

H01J 37/32174 (2013.01)

H01L 21/31116 (2013.01)

H01L 21/31144 (2013.01)

H01L 21/67069 (2013.01)

H01J 2237/334 (2013.01)

(72) 발명자

우라카와 마사후미

일본 9813629 미야기 구로카와군 다이와쵸 테크노
힐스 1 도쿄 엘렉트론 미야기 가부시키키가이샤 내

모리키타 신야

일본 9813629 미야기 구로카와군 다이와쵸 테크노
힐스 1 도쿄 엘렉트론 미야기 가부시키키가이샤 내

명세서

청구범위

청구항 1

챔버와,

상기 챔버 내에 마련된 기관 지지부와,

상기 챔버 내에서 플라스마를 생성하기 위해 소스 고주파 전력을 공급하도록 구성된 고주파 전원과,

상기 기관 지지부에 전기적으로 결합된 바이어스 전원과,

상기 고주파 전원 및 상기 바이어스 전원을 제어하도록 구성된 제어부

를 구비하고,

상기 제어부는,

(i) 상기 챔버 내에서 가스로부터 플라스마를 생성하기 위해, 상기 고주파 전원으로부터 상기 소스 고주파 전력의 펄스를 공급하는 공정과,

(ii) 상기 바이어스 전원으로부터 상기 기관 지지부에 전기 바이어스의 펄스를 공급하는 공정

을 포함하는 사이클의 반복을 초래하도록 구성되어 있고,

상기 전기 바이어스의 펄스는, 1MHz 이하의 바이어스 주파수에서 주기적으로 발생하는 직류 전압 펄스를 포함하고,

상기 사이클의 반복 주파수인 펄스 주파수는, 5kHz 이상이며,

상기 제어부는, 상기 사이클 내에서,

상기 (ii)에서의 상기 전기 바이어스의 상기 펄스의 개시 타이밍을, 상기 (i)에서의 상기 소스 고주파 전력의 상기 펄스의 개시 타이밍보다 늦고, 또한, 상기 (i)에서의 상기 소스 고주파 전력의 상기 펄스의 정지 타이밍과 동시이거나 해당 정지 타이밍보다 빠른 타이밍으로 설정하고,

상기 (ii)에서의 상기 전기 바이어스의 상기 펄스의 정지 타이밍을, 상기 소스 고주파 전력의 상기 펄스의 상기 정지 타이밍보다 늦은 타이밍으로 설정하도록 구성되어 있는,

플라스마 처리 장치.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 제어부는,

(a) 상기 기관 지지부 상의 기관에 퇴적물을 형성하기 위해, 상기 챔버 내에 퇴적성을 갖는 처리 가스가 공급되어 있고, 또한, 상기 전기 바이어스의 공급이 정지되어 있는 상태에서, 상기 고주파 전원으로부터 상기 소스 고주파 전력을 공급하는 공정과,

(b) 플라스마로부터 이온을 상기 퇴적물에 공급함으로써 상기 퇴적물을 개질하기 위해, 상기 소스 고주파 전력의 파워 레벨을 상기 (a)에서의 해당 파워 레벨로부터 변경하고, 또한, 상기 전기 바이어스를 공급하는 공정

을 또한 초래하도록 구성되어 있고,

상기 제어부는, 상기 (a) 및 상기 (b) 후에, 상기 사이클의 상기 반복을 초래하도록 구성되어 있는, 플라스마 처리 장치.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 제어부는, 상기 (a), 상기 (b), 그리고 상기 (i) 및 상기 (ii)를 포함하는 상기 사이클의

반복을 포함하는 다른 사이클의 반복을 초래하도록 또한 구성되어 있는, 플라스마 처리 장치.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 제어부는, 상기 다른 사이클에 있어서, 상기 (i) 및 상기 (ii)를 포함하는 상기 사이클 후에, 상기 소스 고주파 전력 및 상기 전기 바이어스가 정지되어 있는 상태에서, 상기 챔버의 배기를 행하는 공정을 또한 초래하도록 구성되어 있는, 플라스마 처리 장치.

청구항 5

제2항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제어부는, 상기 (b)에서의 상기 소스 고주파 전력의 상기 파워 레벨을 상기 (a)에서의 해당 파워 레벨보다 낮은 레벨로 설정하도록 구성되어 있는, 플라스마 처리 장치.

청구항 6

제2항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제어부는, 상기 (ii)에서의 상기 직류 전압 펄스의 부의 전압 레벨의 절댓값을 상기 (b)에서의 상기 직류 전압 펄스의 부의 전압 레벨의 절댓값보다 크게 하도록 구성되어 있는, 플라스마 처리 장치.

청구항 7

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제어부는, 상기 (i)에서의 상기 소스 고주파 전력의 공급과 상기 (ii)에서의 상기 전기 바이어스의 공급이 동시에 행해지는 기간에 있어서, 부하로부터의 상기 소스 고주파 전력의 반사 정도를 억제하도록 상기 직류 전압 펄스의 파형 주기 내에서 상기 소스 고주파 전력의 소스 주파수를 변경하도록 구성되어 있는, 플라스마 처리 장치.

청구항 8

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 직류 전압 펄스는, 부의 직류 전압 펄스이며, 상기 (ii)에서 100V 이상의 절댓값을 갖는, 플라스마 처리 장치.

청구항 9

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 펄스 주파수는, 10kHz 이상인, 플라스마 처리 장치.

청구항 10

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 바이어스 주파수는, 400kHz 이하인, 플라스마 처리 장치.

청구항 11

플라스마 처리 장치의 챔버 내에서 기관 지지부 상에 기관을 준비하는 공정이며, 해당 기관은 막 및 해당 막 상에 마련된 마스크를 포함하는 해당 공정과,

상기 막을 에칭하기 위해서 사이클의 반복을 행하는 공정

을 포함하고,

상기 사이클은,

(i) 상기 챔버 내에서 가스로부터 플라스마를 생성하기 위해, 고주파 전원으로부터 소스 고주파 전력의 펄스를 공급하는 공정과,

(ii) 바이어스 전원으로부터 상기 기관 지지부에 전기 바이어스의 펄스를 공급하는 공정

을 포함하고,

상기 전기 바이어스의 펄스는, 1MHz 이하의 바이어스 주파수에서 주기적으로 발생하는 직류 전압 펄스를 포함하고,

상기 사이클의 반복 주파수인 펄스 주파수는, 5kHz 이상이며,

상기 사이클 내에서,

상기 (ii)에서의 상기 전기 바이어스의 상기 펄스의 개시 타이밍은, 상기 (i)에서의 상기 소스 고주파 전력의 상기 펄스의 개시 타이밍보다 늦고, 또한, 상기 (i)에서의 상기 소스 고주파 전력의 상기 펄스의 정지 타이밍과 동시이거나 해당 정지 타이밍보다 빠르고,

상기 (ii)에서의 상기 전기 바이어스의 상기 펄스의 정지 타이밍은, 상기 소스 고주파 전력의 상기 펄스의 상기 정지 타이밍보다 늦은,

플라스마 처리 방법.

청구항 12

제11항에 있어서, (a) 상기 기판 지지부 상의 상기 기판에 퇴적물을 형성하기 위해, 상기 챔버 내에 퇴적성을 갖는 처리 가스가 공급되어 있고, 또한, 상기 전기 바이어스의 공급이 정지되어 있는 상태에서, 상기 고주파 전원으로부터 상기 소스 고주파 전력을 공급하는 공정과,

(b) 플라스마로부터 이온을 상기 퇴적물에 공급함으로써 상기 퇴적물을 개질하기 위해, 상기 소스 고주파 전력의 파워 레벨을 상기 (a)에서의 해당 파워 레벨로부터 변경하고, 또한, 상기 전기 바이어스를 공급하는 공정을 또한 포함하고,

상기 (a) 및 상기 (b) 후에, 상기 사이클의 상기 반복이 행해지는, 플라스마 처리 방법.

청구항 13

챔버와,

상기 챔버 내에 마련된 기판 지지부와,

상기 챔버 내에서 플라스마를 생성하기 위해 소스 고주파 전력을 공급하도록 구성된 고주파 전원과,

상기 기판 지지부에 전기적으로 결합된 바이어스 전원과,

상기 고주파 전원 및 상기 바이어스 전원을 제어하도록 구성된 제어부

를 구비하고,

상기 제어부는,

(a) 상기 챔버 내에 퇴적성을 갖는 처리 가스가 공급되어 있고, 또한, 상기 바이어스 전원으로부터 상기 기판 지지부에의 전기 바이어스의 공급이 정지되어 있는 상태에서, 상기 고주파 전원으로부터 상기 소스 고주파 전력을 공급하는 공정과,

(b) 상기 소스 고주파 전력의 파워 레벨을 상기 (a)에서의 해당 파워 레벨로부터 변경하고, 또한, 상기 전기 바이어스를 공급하는 공정

을 초래하도록 구성되고, 또한, 상기 (a) 및 상기 (b) 후에,

(i) 상기 고주파 전원으로부터 상기 소스 고주파 전력의 펄스를 공급하는 공정과,

(ii) 상기 바이어스 전원으로부터 상기 기판 지지부에 상기 전기 바이어스의 펄스를 공급하는 공정

을 포함하는 사이클의 반복을 초래하도록 구성되어 있고,

상기 제어부는, 상기 사이클 내에서,

상기 (ii)에서의 상기 전기 바이어스의 상기 펄스의 개시 타이밍을, 상기 (i)에서의 상기 소스 고주파 전력의 상기 펄스의 개시 타이밍보다 늦고, 또한, 상기 (i)에서의 상기 소스 고주파 전력의 상기 펄스의 정지 타이밍과 동시이거나 해당 정지 타이밍보다 빠른 타이밍으로 설정하고,

상기 (ii)에서의 상기 전기 바이어스의 상기 펄스의 정지 타이밍을, 상기 소스 고주파 전력의 상기 펄스의 상기 정지 타이밍보다 늦은 타이밍으로 설정하도록 구성되어 있는,

플라스마 처리 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시의 예시적 실시 형태는, 플라스마 처리 장치 및 플라스마 처리 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 플라스마 처리 장치가, 기관의 막의 에칭에 사용되고 있다. 플라스마 처리 장치는, 챔버, 기관 지지부, 소스 고주파 전원 및 바이어스 고주파 전원을 구비한다. 기관 지지부는, 챔버 내에 마련되어 있다. 소스 고주파 전원은, 챔버 내에서 가스로부터 플라스마를 생성하기 위해 소스 고주파 전력을 공급한다. 바이어스 고주파 전원은, 기관 지지부 상의 기관에 플라스마로부터 이온을 인입하기 위해, 바이어스 고주파 전력을 기관 지지부에 공급한다. 이러한 플라스마 처리 장치는, 하기 특허문헌 1에 기재되어 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0003] (특허문헌 0001) 일본 특허 공개 제2000-173993호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 개시는, 에칭 레이트와 기관에 형성되는 개구의 수직성을 높이는 기술을 제공한다.

과제의 해결 수단

[0005] 하나의 예시적 실시 형태에서, 플라스마 처리 장치가 제공된다. 플라스마 처리 장치는, 챔버, 기관 지지부, 고주파 전원, 바이어스 전원 및 제어부를 구비한다. 기관 지지부는, 챔버 내에 마련되어 있다. 고주파 전원은, 챔버 내에서 플라스마를 생성하기 위해 소스 고주파 전력을 공급하도록 구성되어 있다. 바이어스 전원은, 기관 지지부에 전기적으로 결합되어 있다. 제어부는, 고주파 전원 및 바이어스 전원을 제어하도록 구성되어 있다. 제어부는, 사이클의 반복을 초래한다. 사이클은, 챔버 내에서 가스로부터 플라스마를 생성하기 위해, 고주파 전원으로부터 소스 고주파 전력의 펄스를 공급하는 공정 (i)과, 바이어스 전원으로부터 기관 지지부에 전기 바이어스의 펄스를 공급하는 공정 (ii)를 포함한다. 전기 바이어스의 펄스는, 1MHz 이하의 바이어스 주파수에서 주기적으로 발생하는 직류 전압 펄스를 포함한다. 사이클의 반복 주파수인 펄스 주파수는, 5kHz 이상이다. 제어부는, 사이클 내에서, 공정 (ii)에서의 전기 바이어스의 펄스 개시 타이밍을, 공정 (i)에서의 소스 고주파 전력의 펄스 개시 타이밍보다 늦게, 또한, 공정 (i)에서의 소스 고주파 전력의 펄스 정지 타이밍과 동시이거나 해당 정지 타이밍보다 빠른 타이밍으로 설정한다. 제어부는, 사이클 내에서, 공정 (ii)에서의 전기 바이어스의 펄스 정지 타이밍을, 소스 고주파 전력의 펄스 정지 타이밍보다 늦은 타이밍으로 설정한다.

발명의 효과

[0006] 하나의 예시적 실시 형태에 따르면, 에칭 레이트와 기관에 형성되는 개구의 수직성을 높이는 것이 가능해진다.

도면의 간단한 설명

[0007] 도 1은 플라스마 처리 시스템의 구성예를 설명하기 위한 도면이다.

도 2는 용량 결합형 플라스마 처리 장치의 구성예를 설명하기 위한 도면이다.

도 3은 하나의 예시적 실시 형태에 관한 플라스마 처리 방법의 흐름도이다.

도 4는 도 3에 나타내는 플라스마 처리 방법의 공정 STc의 상세 예를 도시하는 도면이다.

도 5의 (a) 내지 도 5의 (d) 각각은, 도 3에 나타내는 플라스마 처리 방법의 각 공정에 관련하는 일례의 기관의 부분 확대 단면도이다.

도 6은 하나의 예시적 실시 형태에 관한 플라스마 처리 방법에 관련하는 타이밍 차트이다.

도 7의 (a) 및 도 7의 (b) 각각은, 하나의 예시적 실시 형태에 관한 플라스마 처리 방법에 관련하는 타이밍 차트이다.

도 8은 하나의 예시적 실시 형태에 관한 플라스마 처리 방법에 관련하는 타이밍 차트이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0008] 이하, 도면을 참조하여 다양한 예시적 실시 형태에 대해서 상세하게 설명한다. 또한, 각 도면에 있어서 동일하거나 또는 상당하는 부분에 대해서는 동일한 부호를 부여하기로 한다.

[0009] 도 1은 플라스마 처리 시스템의 구성예를 설명하기 위한 도면이다. 일 실시 형태에서, 플라스마 처리 시스템은, 플라스마 처리 장치(1) 및 제어부(2)를 포함한다. 플라스마 처리 시스템은, 기관 처리 시스템의 일례이며, 플라스마 처리 장치(1)는, 기관 처리 장치의 일례이다. 플라스마 처리 장치(1)는, 플라스마 처리 챔버(10), 기관 지지부(11) 및 플라스마 생성부(12)를 포함한다. 플라스마 처리 챔버(10)는, 플라스마 처리 공간을 갖는다. 또한, 플라스마 처리 챔버(10)는, 적어도 하나의 처리 가스를 플라스마 처리 공간에 공급하기 위한 적어도 하나의 가스 공급구와, 플라스마 처리 공간으로부터 가스를 배출하기 위한 적어도 하나의 가스 배출구를 갖는다. 가스 공급구는, 후술하는 가스 공급부(20)에 접속되고, 가스 배출구는, 후술하는 배기 시스템(40)에 접속된다. 기관 지지부(11)는, 플라스마 처리 공간 내에 배치되고, 기관을 지지하기 위한 기관 지지면을 갖는다.

[0010] 플라스마 생성부(12)는, 플라스마 처리 공간 내에 공급된 적어도 하나의 처리 가스로부터 플라스마를 생성하도록 구성된다. 플라스마 처리 공간에서 형성되는 플라스마는, 용량 결합 플라스마(CCP: Capacitively Coupled Plasma), 유도 결합 플라스마(ICP: Inductively Coupled Plasma), ECR 플라스마(Electron-Cyclotron-Resonance Plasma), 헬리콘파 여기 플라스마(HWP: Helicon Wave Plasma), 또는 표면파 플라스마(SWP: Surface Wave Plasma) 등이어도 된다.

[0011] 제어부(2)는, 본 개시에서 설명되는 다양한 공정을 플라스마 처리 장치(1)에 실행시키는 컴퓨터 실행 가능한 명령을 처리한다. 제어부(2)는, 여기서 설명되는 다양한 공정을 실행하도록 플라스마 처리 장치(1)의 각 요소를 제어하게 구성될 수 있다. 일 실시 형태에서, 제어부(2)의 일부 또는 모두가 플라스마 처리 장치(1)에 포함되어도 된다. 제어부(2)는, 처리부(2a1), 기억부(2a2) 및 통신 인터페이스(2a3)를 포함해도 된다. 제어부(2)는, 예를 들어 컴퓨터(2a)에 의해 실현된다. 처리부(2a1)는, 기억부(2a2)로부터 프로그램을 읽어내고, 읽어내진 프로그램을 실행함으로써 다양한 제어 동작을 행하도록 구성될 수 있다. 이 프로그램은, 미리 기억부(2a2)에 저장되어 있어도 되고, 필요할 때, 매체를 통해서 취득되어도 된다. 취득된 프로그램은, 기억부(2a2)에 저장되고, 처리부(2a1)에 의해 기억부(2a2)로부터 읽어내져서 실행된다. 매체는, 컴퓨터(2a)에 관독 가능한 다양한 기억 매체여도 되고, 통신 인터페이스(2a3)에 접속되어 있는 통신 회선이어도 된다. 처리부(2a1)는, CPU(Central Processing Unit)여도 된다. 기억부(2a2)는, RAM(Random Access Memory), ROM(Read Only Memory), HDD(Hard Disk Drive), SSD(Solid State Drive), 또는 이들의 조합을 포함해도 된다. 통신 인터페이스(2a3)는, LAN(Local Area Network) 등의 통신 회선을 통해서 플라스마 처리 장치(1)와의 사이에서 통신해도 된다.

[0012] 이하에, 플라스마 처리 장치(1)의 일례로서의 용량 결합형 플라스마 처리 장치의 구성예에 대해서 설명한다. 도 2는, 용량 결합형 플라스마 처리 장치의 구성예를 설명하기 위한 도면이다.

[0013] 용량 결합형 플라스마 처리 장치(1)는, 플라스마 처리 챔버(10), 가스 공급부(20), 전원 시스템(30) 및 배기 시스템(40)을 포함한다. 또한, 플라스마 처리 장치(1)는, 기관 지지부(11) 및 가스 도입부를 포함한다. 가스 도입부는, 적어도 하나의 처리 가스를 플라스마 처리 챔버(10) 내에 도입하도록 구성된다. 가스 도입부는, 샤워 헤드(13)를 포함한다. 기관 지지부(11)는, 플라스마 처리 챔버(10) 내에 배치된다. 샤워 헤드(13)는, 기관 지지부(11)의 상방에 배치된다. 일 실시 형태에서, 샤워 헤드(13)는, 플라스마 처리 챔버(10)의 천장부(ceiling)의 적어도 일부를 구성한다. 플라스마 처리 챔버(10)는, 샤워 헤드(13), 플라스마 처리 챔버(10)의 측벽(10a) 및 기관 지지부(11)에 의해 규정된 플라스마 처리 공간(10s)을 갖는다. 플라스마 처리 챔버(10)는 접지된다. 기관 지지부(11)는, 플라스마 처리 챔버(10)의 하우징과는 전기적으로 절연된다.

[0014] 기관 지지부(11)는, 본체부(111) 및 링 어셈블리(112)를 포함한다. 본체부(111)는, 기관(W)을 지지하기 위한 중앙 영역(111a)과, 링 어셈블리(112)를 지지하기 위한 환상 영역(111b)을 갖는다. 웨이퍼는 기관(W)의 일례이

다. 본체부(111)의 환상 영역(111b)은, 평면으로 보아 본체부(111)의 중앙 영역(111a)을 둘러싸고 있다. 기관(W)은, 본체부(111)의 중앙 영역(111a) 상에 배치되고, 링 어셈블리(112)는, 본체부(111)의 중앙 영역(111a) 상의 기관(W)을 둘러싸도록 본체부(111)의 환상 영역(111b) 상에 배치된다. 따라서, 중앙 영역(111a)은, 기관(W)을 지지하기 위한 기관 지지면이라고도 불리고, 환상 영역(111b)은, 링 어셈블리(112)를 지지하기 위한 링 지지면이라고도 불린다.

[0015] 일 실시 형태에서, 본체부(111)는, 베이스(1110) 및 정전 척(1111)을 포함한다. 베이스(1110)는, 도전성 부재를 포함한다. 정전 척(1111)은, 베이스(1110) 상에 배치된다. 정전 척(1111)은, 세라믹 부재(1111a)와 세라믹 부재(1111a) 내에 배치되는 정전 전극(1111b)을 포함한다. 세라믹 부재(1111a)는, 중앙 영역(111a)을 갖는다. 일 실시 형태에서, 세라믹 부재(1111a)는, 환상 영역(111b)도 갖는다. 또한, 환상 정전 척이나 환상 절연 부재와 같은, 정전 척(1111)을 둘러싸는 다른 부재가 환상 영역(111b)을 가져도 된다. 이 경우, 링 어셈블리(112)는, 환상 정전 척 또는 환상 절연 부재 상에 배치되어도 되고, 정전 척(1111)과 환상 절연 부재의 양쪽 위에 배치되어도 된다.

[0016] 링 어셈블리(112)는, 1개 또는 복수의 환상 부재를 포함한다. 일 실시 형태에서, 1개 또는 복수의 환상 부재는, 1개 또는 복수의 에지 링과 적어도 하나의 커버링을 포함한다. 에지 링은, 도전성 재료 또는 절연 재료로 형성되고, 커버링은, 절연 재료로 형성된다.

[0017] 또한, 기관 지지부(11)는, 정전 척(1111), 링 어셈블리(112) 및 기관 중 적어도 하나를 타깃 온도로 조절하도록 구성되는 온도 조절 모듈을 포함해도 된다. 온도 조절 모듈은, 히터, 전열 매체, 유로(1110a), 또는 이들의 조합을 포함해도 된다. 유로(1110a)에는, 브라인이나 가스나 같은 전열 유체가 흐른다. 일 실시 형태에서, 유로(1110a)가 베이스(1110) 내에 형성되고, 1개 또는 복수의 히터가 정전 척(1111)의 세라믹 부재(1111a) 내에 배치된다. 또한, 기관 지지부(11)는, 기관(W)의 이면과 중앙 영역(111a)의 사이의 간극에 전열 가스를 공급하도록 구성된 전열 가스 공급부를 포함해도 된다.

[0018] 샤워 헤드(13)는, 가스 공급부(20)로부터의 적어도 하나의 처리 가스를 플라스마 처리 공간(10s) 내에 도입하도록 구성된다. 샤워 헤드(13)는, 적어도 하나의 가스 공급구(13a), 적어도 하나의 가스 확산실(13b) 및 복수의 가스 도입구(13c)를 갖는다. 가스 공급구(13a)에 공급된 처리 가스는, 가스 확산실(13b)을 통과해서 복수의 가스 도입구(13c)로부터 플라스마 처리 공간(10s) 내에 도입된다. 또한, 샤워 헤드(13)는, 적어도 하나의 상부 전극을 포함한다. 또한, 가스 도입부는, 샤워 헤드(13)에 더하여, 측벽(10a)에 형성된 1개 또는 복수의 개구부에 설치되는 1개 또는 복수의 사이드 가스 주입부(SGI: Side Gas Injector)를 포함해도 된다.

[0019] 가스 공급부(20)는, 적어도 하나의 가스 소스(21) 및 적어도 하나의 유량 제어기(22)를 포함해도 된다. 일 실시 형태에서, 가스 공급부(20)는, 적어도 하나의 처리 가스를, 각각에 대응하는 가스 소스(21)로부터 각각에 대응하는 유량 제어기(22)를 통해서 샤워 헤드(13)에 공급하도록 구성된다. 각 유량 제어기(22)는, 예를 들어 매스 플로 컨트롤러 또는 압력 제어식 유량 제어기를 포함해도 된다. 또한, 가스 공급부(20)는, 적어도 하나의 처리 가스의 유량을 변조 또는 펄스화하는 적어도 하나의 유량 변조 디바이스를 포함해도 된다.

[0020] 배기 시스템(40)은, 예를 들어 플라스마 처리 챔버(10)의 저부에 마련된 가스 배출구(10e)에 접속될 수 있다. 배기 시스템(40)은, 압력 조정 밸브 및 진공 펌프를 포함해도 된다. 압력 조정 밸브에 의해, 플라스마 처리 공간(10s) 내의 압력이 조정된다. 진공 펌프는, 터보 분자 펌프, 드라이 펌프 또는 이들의 조합을 포함해도 된다.

[0021] 전원 시스템(30)은, 고주파 전원(31) 및 바이어스 전원(32)을 포함한다. 고주파 전원(31)은, 일 실시 형태의 플라스마 생성부(12)를 구성한다. 고주파 전원(31)은, 소스 고주파 전력(HF)을 발생시키도록 구성되어 있다. 소스 고주파 전력(HF)은, 소스 주파수를 갖는다. 즉, 소스 고주파 전력(HF)은, 그 주파수가 소스 주파수인 사인파와 형상의 파형을 갖는다. 소스 주파수는, 10MHz 내지 150MHz의 범위 내의 주파수일 수 있다. 고주파 전원(31)은, 정합기(33)를 통해서 고주파 전극에 전기적으로 접속되어 있어, 소스 고주파 전력(HF)을 고주파 전극에 공급하도록 구성되어 있다. 고주파 전극은, 기관 지지부(11) 내에 마련되어 있어도 된다. 고주파 전극은, 베이스(1110)의 도전성 부재 또는 세라믹 부재(1111a) 내에 마련된 적어도 하나의 전극이어도 된다. 혹은, 고주파 전극은, 상부 전극이어도 된다. 소스 고주파 전력(HF)이 고주파 전극에 공급되면, 챔버(10) 내의 가스로부터 플라스마가 생성된다.

[0022] 정합기(33)는, 가변 임피던스를 갖는다. 정합기(33)의 가변 임피던스는, 소스 고주파 전력(HF)의 부하로부터의 반사를 저감하도록 설정된다. 정합기(33)는, 예를 들어 제어부(2)에 의해 제어될 수 있다.

- [0023] 바이어스 전원(32)은, 기관 지지부(11)에 전기적으로 결합되어 있다. 바이어스 전원(32)은, 기관 지지부(11) 내의 바이어스 전극에 전기적으로 접속되어 있어, 전기 바이어스(EB)를 바이어스 전극에 공급하도록 구성되어 있다. 바이어스 전극은, 베이스(1110)의 도전성 부재 또는 세라믹 부재(1111a) 내에 마련된 적어도 하나의 전극이어도 된다. 바이어스 전극은, 고주파 전극과 공통이어도 된다. 전기 바이어스(EB)가 바이어스 전극에 공급되면, 플라스마로부터의 이온이 기관(W)에 끌려 당겨진다.
- [0024] 전기 바이어스(EB) 및 그 펄스(EBP)(도 6 참조)는, 1MHz 이하의 바이어스 주파수에서 주기적으로 발생하는 직류 전압 펄스(PV)(도 7 참조)를 포함한다. 즉, 전기 바이어스(EB) 및 그 펄스(EBP)는, 바이어스 주파수의 역수의 시간 간격(파형 주기 CY)으로 주기적으로 발생하는 직류 전압 펄스(PV)로 구성된다. 바이어스 주파수는, 400kHz 이하여도 된다. 또한, 이하에서는, 전기 바이어스(EB)의 레벨에 대해서 기술하는 경우가 있다. 전기 바이어스(EB)의 레벨은, 직류 전압 펄스(PV)의 부전압 레벨의 절댓값이다. 또한, 전기 바이어스(EB)의 레벨이제로인 것은, 전기 바이어스(EB)의 바이어스 전극에의 공급이 정지되어 있는 것을 의미한다.
- [0025] 이하, 도 1 및 도 2와 함께, 도 3 내지 도 7을 참조하여, 하나의 예시적 실시 형태에 관한 플라스마 처리 방법에 대해서 설명한다. 또한, 제어부(2)에 의한 플라스마 처리 장치(1)의 각 부의 제어에 대해서도 설명한다. 도 6, 도 7의 (a) 및 도 7의 (b)에는, 소스 고주파 전력(HF) 및 전기 바이어스(EB)의 타이밍 차트가 나타내져 있다.
- [0026] 도 3에 나타내는 플라스마 처리 방법(이하, 「방법 MT」라고 함)은, 플라스마 처리 장치(1)를 사용하여 행해질 수 있다. 방법 MT는, 공정 STc를 포함한다. 방법 MT는, 공정 STp, 공정 STa 및 공정 STb를 더 포함하고 있어도 된다. 방법 MT는, 공정 STD를 더 포함하고 있어도 된다. 공정 STa, 공정 STb, 공정 STc 및 공정 STD는, 제어부(2)에 의한 플라스마 처리 장치(1)의 각 부의 제어에 의해 차례될 수 있다.
- [0027] 공정 STp에서는, 챔버(10) 내에서 기관 지지부(11) 상에 기관(W)이 준비된다. 기관(W)은, 기관 지지부(11) 상에 적재되어, 정전 척(1111)에 의해 보유 지지된다. 일례의 기관(W)은, 도 5의 (a)에 도시하는 바와 같이, 막(EF)(Etch Film) 및 마스크(MK)를 포함한다. 막(EF)은, 유전체막이다. 막(EF)은, 예를 들어 산화실리콘으로 형성된다. 마스크(MK)는, 막(EF) 상에 마련되어 있다. 마스크(MK)는, 공정 STc에서 막(EF)이 마스크(MK)에 대해 선택적으로 에칭되도록 선택된 재료로 형성된다. 마스크(MK)는, 예를 들어 유기 재료로 형성된다. 기관(W)은, 하지 영역(UR)을 또한 갖고 있어도 된다. 막(EF)은, 하지 영역(UR) 상에 마련된다.
- [0028] 공정 STa에서는, 도 5의 (b)에 도시하는 바와 같이, 기관 지지부(11) 상의 기관(W)에 퇴적물(DP)이 형성된다. 이 때문에, 공정 STa에서는, 챔버(10) 내에 처리 가스가 공급되고, 또한, 전기 바이어스(EB)의 바이어스 전극에의 공급이 정지되어 있는 상태에서, 소스 고주파 전력(HF)이 고주파 전극에 공급된다.
- [0029] 공정 STa에서 사용되는 처리 가스는, 퇴적성을 갖는다. 공정 STa에서 사용되는 처리 가스는, 불소 및 탄소를 포함하는 가스 성분을 포함하고 있어도 된다. 이 가스 성분은, C_4F_8 가스와 같은 플루오로카본 가스여도 된다. 이 가스 성분은, 플루오로카본 가스에 더하여, 혹은 플루오로카본 가스 대신에, 하이드로플루오로카본 가스를 포함하고 있어도 된다. 처리 가스는, 질소 가스, 산소 함유 가스(예를 들어 산소 가스) 및 희가스(예를 들어, Ar 가스) 중 1개 이상을 더 포함하고 있어도 된다.
- [0030] 공정 STa에서, 제어부(2)는, 처리 가스를 챔버(10) 내에 공급하도록 가스 공급부(20)를 제어한다. 공정 STa에서, 제어부(2)는, 챔버(10) 내의 압력을 지정된 압력으로 조정하도록 배기 시스템(40)을 제어한다. 공정 STa에서, 제어부(2)는, 전기 바이어스(EB)의 바이어스 전극에의 공급을 정지하도록 바이어스 전원(32)을 제어하고, 소스 고주파 전력(HF)을 고주파 전극에 공급하도록 고주파 전원(31)을 제어한다. 도 6에 도시하는 바와 같이, 제어부(2)는, 공정 STa에서의 소스 고주파 전력(HF)의 파워 레벨을 파워 레벨 L_{HFa} 로 설정한다.
- [0031] 도 3 및 도 6에 도시하는 바와 같이, 공정 STb는, 공정 STa 후에 행해진다. 공정 STb에서는, 챔버(10) 내에서 처리 가스로부터 생성된 플라스마로부터의 이온을 퇴적물(DP)에 공급함으로써, 도 5의 (c)에 도시하는 바와 같이, 퇴적물(DP)로부터 개질된 퇴적물(MDP)이 형성된다. 이 때문에, 공정 STb에서는, 소스 고주파 전력(HF)이 고주파 전극에 공급되고, 전기 바이어스(EB)가 바이어스 전극에 공급된다. 공정 STb에서의 소스 고주파 전력(HF)의 파워 레벨은, 도 6에 도시하는 바와 같이, 공정 STa에서의 소스 고주파 전력(HF)의 파워 레벨 L_{HFa} 로부터 변경되어, 파워 레벨 L_{HFb} 로 설정된다. 파워 레벨 L_{HFb} 는, 파워 레벨 L_{HFa} 보다 작아도 된다.
- [0032] 공정 STb에서 플라스마를 생성하기 위해 사용되는 처리 가스는, 공정 STa에서 사용되는 상술한 처리 가스와 동일할 수 있다. 공정 STb에서, 제어부(2)는, 처리 가스를 챔버(10) 내에 공급하도록 가스 공급부(20)를 제어한

다. 공정 STb에서, 제어부(2)는, 챔버(10) 내의 압력을 지정된 압력으로 조정하도록 배기 시스템(40)을 제어한다. 공정 STb에서, 제어부(2)는, 전기 바이어스(EB)를 바이어스 전극에 공급하도록 바이어스 전원(32)을 제어한다. 공정 STb에서, 제어부(2)는, 소스 고주파 전력(HF)을 고주파 전극에 공급하도록 고주파 전원(31)을 제어한다. 도 6에 도시하는 바와 같이, 제어부(2)는, 공정 STb에서의 소스 고주파 전력(HF)의 파워 레벨을 파워 레벨 L_{HFb} 로 설정한다. 제어부(2)는, 공정 STb에서의 전기 바이어스(EB)의 레벨을 레벨 L_{EBb} 로 설정한다.

[0033] 도 3 및 도 6에 도시하는 바와 같이, 공정 STc는, 공정 STb 후에 행해진다. 공정 STc에서는, 막(EF)을 에칭하기 위해, 사이클 CA가 반복된다. 도 4에 도시하는 바와 같이, 사이클 CA는, 공정 STc1 및 공정 STc2를 포함한다.

[0034] 공정 STc1에서는, 챔버(10) 내에서 에칭 가스로부터 플라스마를 생성하기 위해, 소스 고주파 전력(HF)이 고주파 전원(31)으로부터 고주파 전극에 공급된다. 에칭 가스는, 공정 STa 및/또는 공정 STb에서 사용되는 처리 가스와 동일한 처리 가스여도 된다. 혹은, 에칭 가스는, 막(EF)을 선택적으로 에칭하도록 선택된 다른 가스여도 된다. 도 6에 도시하는 바와 같이, 공정 STc1에서의 소스 고주파 전력(HF)의 펄스(HFP)의 파워 레벨은, 파워 레벨 L_{HFc} 로 설정된다. 파워 레벨 L_{HFc} 는, 파워 레벨 L_{HFa} 보다 작아도 되고, 파워 레벨 L_{HFb} 보다 커도 된다.

[0035] 공정 STc2에서는, 에칭 가스로부터 생성된 플라스마로부터 이온을 기판(W)에 인입하기 위해, 전기 바이어스(EB)의 펄스가 바이어스 전원(32)으로부터 바이어스 전극에 공급된다. 도 6에 도시하는 바와 같이, 공정 STc2에서의 전기 바이어스(EB)의 펄스(EBP) 레벨은, 레벨 L_{EBc} 로 설정된다. 레벨 L_{EBc} 는, 레벨 L_{EBb} 보다 커도 된다. 즉, 공정 STc2에서의 직류 전압 펄스(PV)의 부의 전압 레벨의 절댓값은, 공정 STb에서의 직류 전압 펄스(PV)의 부의 전압 레벨의 절댓값보다 커도 된다. 공정 STc2에서의 직류 전압 펄스(PV)의 부의 전압 레벨의 절댓값은, 100V 이상 또는 1000V 이상이어도 된다.

[0036] 계속되는 공정 STJA에서는, 정지 조건이 충족되는지 여부가 판정된다. 정지 조건은, 사이클 CA가 행해진 횟수가 소정 횟수에 달하고 있을 경우에 충족된다. 공정 STJA에서 정지 조건이 충족되지 않았다고 판정된 경우에는, 사이클 CA가 다시 행해진다. 공정 STJA에서 정지 조건이 충족되었다고 판정된 경우에는, 공정 STc가 종료된다.

[0037] 또한, 사이클 CA의 반복 주파수인 펄스 주파수, 즉 사이클 CA의 시간 길이의 역수는, 5kHz 이상이다. 펄스 주파수는, 10kHz 이상 또는 20kHz 이상이어도 된다.

[0038] 공정 STc1 및 공정 STc2에서, 제어부(2)는, 챔버(10) 내에 에칭 가스를 공급하도록 가스 공급부(20)를 제어한다. 공정 STc1 및 공정 STc2 각각에서, 제어부(2)는, 챔버(10) 내의 압력을 지정된 압력으로 조정하도록 배기 시스템(40)을 제어한다. 공정 STc1에서, 제어부(2)는, 소스 고주파 전력(HF)의 펄스(HFP)를 고주파 전극에 공급하도록 고주파 전원(31)을 제어한다. 제어부(2)는, 공정 STc1에서의 펄스(HFP)의 파워 레벨을 파워 레벨 L_{HFc} 로 설정한다. 또한, 사이클 CA 내의 공정 STc1의 기간 이외의 기간에서는, 소스 고주파 전력(HF)의 공급은 정지될 수 있다. 공정 STc2에서, 제어부(2)는, 전기 바이어스(EB)의 펄스(EBP)를 바이어스 전극에 공급하도록 바이어스 전원(32)을 제어한다. 제어부(2)는, 공정 STc2에서의 펄스(EBP)의 레벨을 레벨 L_{EBc} 로 설정한다. 또한, 사이클 CA 내의 공정 STc2의 기간 이외의 기간에서는, 전기 바이어스(EB)의 공급은 정지될 수 있다.

[0039] 도 7의 (a) 및 도 7의 (b)에 도시하는 바와 같이, 제어부(2)는, 사이클 CA 내의 공정 STc2에서의 펄스(EBP)의 개시 타이밍 t_{EBPS} 를, 사이클 CA 내의 공정 STc1에서의 펄스(HFP)의 개시 타이밍 t_{HFPs} 보다 늦은 타이밍으로 설정한다. 도 7의 (a)에 도시하는 바와 같이, 제어부(2)는, 사이클 CA 내의 공정 STc2에서의 펄스(EBP)의 개시 타이밍 t_{EBPS} 를, 사이클 CA 내의 공정 STc1에서의 펄스(HFP)의 정지 타이밍 t_{HFPE} 와 동일한 타이밍으로 설정한다. 혹은, 도 7의 (b)에 도시하는 바와 같이, 제어부(2)는, 사이클 CA 내의 공정 STc2에서의 펄스(EBP)의 개시 타이밍 t_{EBPS} 를, 사이클 CA 내의 공정 STc1에서의 펄스(HFP)의 정지 타이밍 t_{HFPE} 보다 빠른 타이밍으로 설정한다. 또한, 제어부(2)는, 사이클 CA 내의 공정 STc2에서의 펄스(EBP)의 정지 타이밍 t_{EBPE} 를, 사이클 CA 내의 공정 STc1에서의 펄스(HFP)의 정지 타이밍 t_{HFPE} 보다 늦은 타이밍으로 설정한다.

[0040] 도 3 및 도 6에 도시하는 바와 같이, 공정 STd는, 공정 STc 후에 행해진다. 공정 STd에서는, 공정 STc에서 생성된 에칭 부생성물이 챔버(10)로부터 배기된다. 공정 STd에서, 제어부(2)는, 챔버(10)의 배기를 행하도록 배기 시스템(40)을 제어한다. 공정 STd에서, 제어부(2)는, 소스 고주파 전력(HF)의 공급을 정지하도록 고주파 전원(31)을 제어한다. 공정 STd에서, 제어부(2)는, 전기 바이어스(EB)의 공급을 정지하도록 바이어스 전원(32)을

제어한다.

- [0041] 일 실시 형태에서, 방법 MT는, 도 3에 도시한 바와 같이, 공정 STa, 공정 STb 및 공정 STc를 포함하는 사이클 CB의 반복을 포함하고 있어도 된다. 사이클 CB는, 공정 STd를 더 포함하고 있어도 된다. 이 경우에는, 공정 STJB에서, 정지 조건이 충족되는지 여부가 판정된다. 정지 조건은, 사이클 CB가 행해진 횟수가 소정 횟수에 달하고 있을 경우에 충족된다. 공정 STJB에서 정지 조건이 충족되지 않았다고 판정된 경우에는, 사이클 CB가 다시 행해진다. 공정 STJB에서 정지 조건이 충족되었다고 판정된 경우에는, 방법 MT가 종료된다.
- [0042] 방법 MT에서는, 막(EF)이 공정 STc의 에칭에 의해 에칭되고, 도 5의 (d)에 도시하는 바와 같이, 마스크(MK)의 패턴이 막(EF)에 전사된다.
- [0043] 상술한 바와 같이, 사이클 CA에서의 전기 바이어스(EB)의 펄스(EBP)의 개시 타이밍 t_{EBPS} 는, 사이클 CA 내의 소스 고주파 전력(HF)의 펄스(HFP)의 정지 타이밍 t_{HFPE} 와 동시이거나 정지 타이밍 t_{HFPE} 보다 빠르다. 또한, 사이클 CA의 반복 주파수, 즉 펄스 주파수는, 5kHz 이상이다. 따라서, 공정 STc1에서 생성된 플라스마의 이온을 실행시키지 않고, 당해 이온을 공정 STc2에서 기관(W)에 공급할 수 있다. 따라서, 방법 MT에 의하면, 막(EF)의 에칭 레이트가 높아진다.
- [0044] 또한, 방법 MT에서는, 1MHz 이하의 바이어스 주파수에서 주기적으로 발생하는 직류 전압 펄스(PV)가 전기 바이어스(EB)의 펄스(EBP)로서 사용된다. 따라서, 공정 STc2에서, 전기 바이어스(EB)에 의해 에칭 가스의 헤리가 억제되어, 기관(W) 상에 과잉으로 퇴적물이 형성되는 것이 억제된다. 또한, 공정 STc2에서, 단색화된 높은 에너지를 갖는 이온이 기관(W)에 공급된다. 따라서, 공정 STc의 에칭에 의해, 막(EF)에 높은 수직성을 갖는 오목부가 형성된다.
- [0045] 또한, 공정 STb에서는, 비교적 높은 에너지의 이온이 퇴적물(DP)에 공급되어, 퇴적물(DP)로부터 불필요한 원소(예를 들어, 불소)가 추출된다. 따라서, 공정 STb에서 얻어지는 퇴적물(MDP)에 있어서는, 높은 결합 에너지를 갖는 결합(예를 들어, 탄소간 결합)이 많이 형성될 수 있다. 마스크(MK)는, 이와 같이 개질된 퇴적물(MDP)에 의해, 공정 STc의 에칭으로부터 보호된다. 따라서, 방법 MT에 의하면, 에칭에 의한 마스크(MK)의 감소를 억제하는 것이 가능해진다.
- [0046] 이하, 도 8을 참조한다. 도 8에는 전기 바이어스(EB)와 소스 고주파 전력(HF)의 소스 주파수의 타이밍 차트가 나타내져 있다. 공정 STc1의 일부 기간 및 공정 STb에서는, 소스 고주파 전력(HF)의 공급과 전기 바이어스(EB)의 공급이 동시에 행해진다. 소스 고주파 전력(HF)의 공급과 전기 바이어스(EB)의 공급이 동시에 행해지는 중복 기간 내에서는, 부하로부터의 소스 고주파 전력(HF)의 반사 정도를 억제하도록, 소스 고주파 전력(HF)의 소스 주파수가 변경되어도 된다. 구체적으로는, 소스 주파수가, 중복 기간 내의 직류 전압 펄스(PV)의 파형 주기 CY 내에서, 도 8에 도시하는 바와 같이 변경되어도 된다.
- [0047] 도 8에 도시하는 바와 같이, 파형 주기 CY는, 복수의 위상 기간 SP로 분할되어도 된다. 소스 주파수는, 중복 기간 내의 파형 주기 CY 내의 각 위상 기간 SP에서의 소스 고주파 전력(HF)의 반사 정도를 저감하도록 설정된다. 중복 기간 내의 파형 주기 CY 내의 복수의 위상 기간 SP 각각을 위한 소스 주파수는, 제어부(2)에 의해 고주파 전원(31)에 지정되어도 된다.
- [0048] 중복 기간 내의 파형 주기 CY 내의 복수의 위상 기간 SP 각각을 위한 소스 주파수는, 미리 준비된 당해 복수의 위상 기간 SP 각각을 위한 복수의 주파수를 포함하는 주파수 세트를 사용하여 설정되어도 된다. 혹은, 선행하는 2개 이상의 파형 주기 CY 내의 동일한 위상 기간 SP(n)에서 다른 소스 주파수를 사용함으로써 얻어지는 소스 고주파 전력(HF)의 반사 정도로부터, 반사 정도를 최소화하도록 결정된 소스 주파수가, 후속의 위상 기간 SP(n)에서 사용되어도 된다. 또한, 위상 기간 SP(n)은, 파형 주기 CY 내의 복수의 위상 기간 SP 중, n번째의 위상 기간을 나타낸다.
- [0049] 소스 고주파 전력(HF)의 반사 정도를 결정하기 위해, 플라스마 처리 장치(1)는, 도 2에 도시하는 바와 같이, 센서(35) 및/또는 센서(36)를 더 구비하고 있어도 된다. 센서(35)는, 소스 고주파 전력(HF)의 부하로부터의 반사파의 파워 레벨 Pr을 측정하도록 구성되어 있다. 센서(35)는, 예를 들어 방향성 결합기를 포함한다. 방향성 결합기는, 고주파 전원(31)과 정합기(33)의 사이에 마련되어 있어도 된다. 또한, 센서(35)는, 소스 고주파 전력(HF)의 진행파의 파워 레벨 Pf를 또한 측정하도록 구성되어 있어도 된다. 센서(35)에 의해 측정된 반사파의 파워 레벨 Pr은, 제어부(2)에 통지된다. 이에 더하여, 진행파의 파워 레벨 Pf가 센서(35)로부터 제어부(2)에 통지되어도 된다.

- [0050] 센서(36)는, 전압 센서 및 전류 센서를 포함한다. 센서(36)는, 고주파 전원(31)과 고주파 전극을 서로 접속하는 급전로에서의 전압 V_{RF} 및 전류 I_{RF} 를 측정하도록 구성되어 있다. 소스 고주파 전력(HF)은, 이 급전로를 경유해서 고주파 전극에 공급된다. 센서(36)는, 고주파 전원(31)과 정합기(33)의 사이에 마련되어 있어도 된다. 전압 V_{RF} 및 전류 I_{RF} 는, 제어부(2)에 통지된다.
- [0051] 제어부(2)는, 복수의 위상 기간 SP 각각에서의 측정값으로부터 대푯값을 생성한다. 측정값은, 센서(35)에 의해 취득되는 반사파의 파워 레벨 Pr이어도 된다. 측정값은, 소스 고주파 전력(HF)의 출력 파워 레벨에 대한 반사파의 파워 레벨 Pr의 비의 값(즉, 반사율)이어도 된다. 측정값은, 복수의 위상 기간 SP 각각에서 센서(36)에 의해 취득되는 전압 V_{RF} 와 전류 I_{RF} 의 위상차 θ 여도 된다. 측정값은, 복수의 위상 기간 SP 각각에서의 고주파 전원(31)의 부하측 임피던스(Z)여도 된다. 임피던스(Z)는, 센서(36)에 의해 취득되는 전압 V_{RF} 와 전류 I_{RF} 로부터 결정된다. 대푯값은, 복수의 위상 기간 SP 각각에서의 당해 측정값의 평균값 또는 최댓값이어도 된다. 제어부(2)는, 복수의 위상 기간 SP 각각에서의 대푯값을, 소스 고주파 전력(HF)의 반사 정도를 나타내는 값으로서 사용하여, 소스 주파수를 결정할 수 있다. 또한, 반사 정도 및 소스 주파수는, 고주파 전원(31)에 의해 결정되어도 된다.
- [0052] 이상, 다양한 예시적 실시 형태에 대해서 설명해 왔지만, 상술한 예시적 실시 형태에 한정되지 않고, 다양한 추가, 생략, 치환 및 변경이 이루어져도 된다. 또한, 다른 실시 형태에서의 요소를 조합해서 다른 실시 형태를 형성하는 것이 가능하다.
- [0053] 여기서, 본 개시에 포함되는 다양한 예시적 실시 형태를, 이하의 [E1] 내지 [E13]에 기재한다.
- [0054] [E1]
- [0055] 챔버와,
- [0056] 상기 챔버 내에 마련된 기관 지지부와,
- [0057] 상기 챔버 내에서 플라스마를 생성하기 위해 소스 고주파 전력을 공급하도록 구성된 고주파 전원과,
- [0058] 상기 기관 지지부에 전기적으로 결합된 바이어스 전원과,
- [0059] 상기 고주파 전원 및 상기 바이어스 전원을 제어하도록 구성된 제어부
- [0060] 를 구비하고,
- [0061] 상기 제어부는,
- [0062] (i) 상기 챔버 내에서 가스로부터 플라스마를 생성하기 위해, 상기 고주파 전원으로부터 상기 소스 고주파 전력의 펄스를 공급하는 공정과,
- [0063] (ii) 상기 바이어스 전원으로부터 상기 기관 지지부에 전기 바이어스의 펄스를 공급하는 공정
- [0064] 을 포함하는 사이클의 반복을 초래하도록 구성되어 있고,
- [0065] 상기 전기 바이어스의 펄스는, 1MHz 이하의 바이어스 주파수에서 주기적으로 발생하는 직류 전압 펄스를 포함하고,
- [0066] 상기 사이클의 반복 주파수인 펄스 주파수는, 5kHz 이상이며,
- [0067] 상기 제어부는, 상기 사이클 내에서,
- [0068] 상기 (ii)에서의 상기 전기 바이어스의 상기 펄스의 개시 타이밍을, 상기 (i)에서의 상기 소스 고주파 전력의 상기 펄스의 개시 타이밍보다 늦고, 또한, 상기 (i)에서의 상기 소스 고주파 전력의 상기 펄스의 정지 타이밍과 동시이거나 해당 정지 타이밍보다 빠른 타이밍으로 설정하고,
- [0069] 상기 (ii)에서의 상기 전기 바이어스의 상기 펄스의 정지 타이밍을, 상기 소스 고주파 전력의 상기 펄스의 상기 정지 타이밍보다 늦은 타이밍으로 설정하도록 구성되어 있는,
- [0070] 플라스마 처리 장치.
- [0071] [E2]

- [0072] 상기 제어부는,
- [0073] (a) 상기 기관 지지부 상의 기관에 퇴적물을 형성하기 위해, 상기 챔버 내에 퇴적성을 갖는 처리 가스가 공급되어 있고, 또한, 상기 전기 바이어스의 공급이 정지되어 있는 상태에서, 상기 고주파 전원으로부터 상기 소스 고주파 전력을 공급하는 공정과,
- [0074] (b) 플라스마로부터 이온을 상기 퇴적물에 공급함으로써 상기 퇴적물을 개질하기 위해, 상기 소스 고주파 전력의 파워 레벨을 상기 (a)에서의 해당 파워 레벨로부터 변경하고, 또한, 상기 전기 바이어스를 공급하는 공정을 또한 초래하도록 구성되어 있고,
- [0075] 상기 제어부는, 상기 (a) 및 상기 (b) 후에, 상기 사이클의 상기 반복을 초래하도록 구성되어 있는,
- [0076] [E1]에 기재된 플라스마 처리 장치.
- [0078] [E3]
- [0079] 상기 제어부는, 상기 (a), 상기 (b), 그리고 상기 (i) 및 상기 (ii)를 포함하는 상기 사이클의 반복을 포함하는 다른 사이클의 반복을 초래하도록 또한 구성되어 있는, [E2]에 기재된 플라스마 처리 장치.
- [0080] [E4]
- [0081] 상기 제어부는, 상기 다른 사이클에 있어서, 상기 (i) 및 상기 (ii)를 포함하는 상기 사이클 후에, 상기 소스 고주파 전력 및 상기 전기 바이어스가 정지되어 있는 상태에서, 상기 챔버의 배기를 행하는 공정을 또한 초래하도록 구성되어 있는, [E3]에 기재된 플라스마 처리 장치.
- [0082] [E5]
- [0083] 상기 제어부는, 상기 (b)에서의 상기 소스 고주파 전력의 상기 파워 레벨을 상기 (a)에서의 해당 파워 레벨보다 낮은 레벨로 설정하도록 구성되어 있는, [E2] 내지 [E4] 중 어느 한 항에 기재된 플라스마 처리 장치.
- [0084] [E6]
- [0085] 상기 제어부는, 상기 (ii)에서의 상기 직류 전압 펄스의 부의 전압 레벨의 절댓값을 상기 (b)에서의 상기 직류 전압 펄스의 부의 전압 레벨의 절댓값보다 크게 하도록 구성되어 있는, [E2] 내지 [E5] 중 어느 한 항에 기재된 플라스마 처리 장치.
- [0086] [E7]
- [0087] 상기 제어부는, 상기 (i)에서의 상기 소스 고주파 전력의 공급과 상기 (ii)에서의 상기 전기 바이어스의 공급이 동시에 행해지는 기간에 있어서, 부하로부터의 상기 소스 고주파 전력의 반사 정도를 억제하도록 상기 직류 전압 펄스의 파형 주기 내에서 상기 소스 고주파 전력의 소스 주파수를 변경하도록 구성되어 있는, [E1] 내지 [E6] 중 어느 한 항에 기재된 플라스마 처리 장치.
- [0088] [E8]
- [0089] 상기 직류 전압 펄스는, 부의 직류 전압 펄스이며, 상기 (ii)에서 100V 이상의 절댓값을 갖는, [E1] 내지 [E7] 중 어느 한 항에 기재된 플라스마 처리 장치.
- [0090] [E9]
- [0091] 상기 펄스 주파수는, 10kHz 이상인, [E1] 내지 [E8] 중 어느 한 항에 기재된 플라스마 처리 장치.
- [0092] [E10]
- [0093] 상기 바이어스 주파수는, 400kHz 이하인, [E1] 내지 [E9] 중 어느 한 항에 기재된 플라스마 처리 장치.
- [0094] [E11]
- [0095] 플라스마 처리 장치의 챔버 내에서 기관 지지부 상에 기관을 준비하는 공정이며, 해당 기관은 막 및 해당 막 상에 마련된 마스크를 포함하는 해당 공정과,
- [0096] 상기 막을 에칭하기 위해서 사이클의 반복을 행하는 공정을
- [0097] 포함하고,

- [0098] 상기 사이클은,
- [0099] (i)상기 챔버 내에서 가스로부터 플라스마를 생성하기 위해, 고주파 전원으로부터 소스 고주파 전력의 펄스를 공급하는 공정과,
- [0100] (ii) 바이어스 전원으로부터 상기 기관 지지부에 전기 바이어스의 펄스를 공급하는 공정
- [0101] 을 포함하고,
- [0102] 상기 전기 바이어스의 펄스는, 1MHz 이하의 바이어스 주파수에서 주기적으로 발생하는 직류 전압 펄스를 포함하고,
- [0103] 상기 사이클의 반복 주파수인 펄스 주파수는, 5kHz 이상이며,
- [0104] 상기 사이클 내에서,
- [0105] 상기 (ii)에서의 상기 전기 바이어스의 상기 펄스의 개시 타이밍은, 상기 (i)에서의 상기 소스 고주파 전력의 상기 펄스의 개시 타이밍보다 늦고, 또한, 상기 (i)에서의 상기 소스 고주파 전력의 상기 펄스의 정지 타이밍과 동시이거나 해당 정지 타이밍보다 빠르고,
- [0106] 상기 (ii)에서의 상기 전기 바이어스의 상기 펄스의 정지 타이밍은, 상기 소스 고주파 전력의 상기 펄스의 상기 정지 타이밍보다 늦은,
- [0107] 플라스마 처리 방법.
- [0108] [E12]
- [0109] (a) 상기 기관 지지부 상의 상기 기관에 퇴적물을 형성하기 위해, 상기 챔버 내에 퇴적성을 갖는 처리 가스가 공급되어 있고, 또한, 상기 전기 바이어스의 공급이 정지되어 있는 상태에서, 상기 고주파 전원으로부터 상기 소스 고주파 전력을 공급하는 공정과,
- [0110] (b) 플라스마로부터 이온을 상기 퇴적물에 공급함으로써 상기 퇴적물을 개질하기 위해, 상기 소스 고주파 전력의 파워 레벨을 상기 (a)에서의 해당 파워 레벨로부터 변경하고, 또한, 상기 전기 바이어스를 공급하는 공정
- [0111] 을 또한 포함하고,
- [0112] 상기 (a) 및 상기 (b) 후에, 상기 사이클의 상기 반복이 행해지는,
- [0113] [E11]에 기재된 플라스마 처리 방법.
- [0114] [E13]
- [0115] 챔버와,
- [0116] 상기 챔버 내에 마련된 기관 지지부와,
- [0117] 상기 챔버 내에서 플라스마를 생성하기 위해 소스 고주파 전력을 공급하도록 구성된 고주파 전원과,
- [0118] 상기 기관 지지부에 전기적으로 결합된 바이어스 전원과,
- [0119] 상기 고주파 전원 및 상기 바이어스 전원을 제어하도록 구성된 제어부
- [0120] 를 구비하고,
- [0121] 상기 제어부는,
- [0122] (a) 상기 챔버 내에 퇴적성을 갖는 처리 가스가 공급되어 있고, 또한, 상기 바이어스 전원으로부터 상기 기관 지지부에의 전기 바이어스의 공급이 정지되어 있는 상태에서, 상기 고주파 전원으로부터 상기 소스 고주파 전력을 공급하는 공정과,
- [0123] (b) 상기 소스 고주파 전력의 파워 레벨을 상기 (a)에서의 해당 파워 레벨로부터 변경하고, 또한, 상기 전기 바이어스를 공급하는 공정
- [0124] 을 초래하도록 구성되고, 또한, 상기 (a) 및 상기 (b) 후에,
- [0125] (i) 상기 고주파 전원으로부터 상기 소스 고주파 전력의 펄스를 공급하는 공정과,

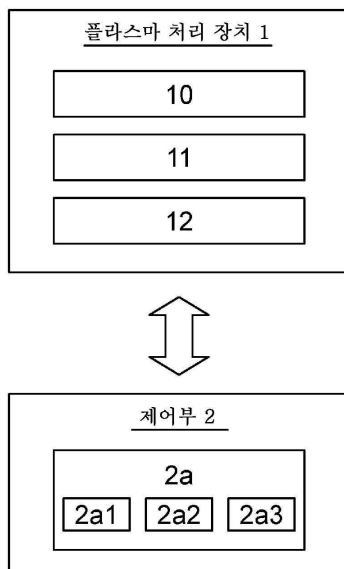
- [0126] (ii) 상기 바이어스 전원에서부터 상기 기판 지지부에 상기 전기 바이어스의 펄스를 공급하는 공정을 포함하는 사이클의 반복을 초래하도록 구성되어 있고,
- [0127] 상기 제어부는, 상기 사이클 내에서,
- [0128] 상기 (ii)에서의 상기 전기 바이어스의 상기 펄스의 개시 타이밍을, 상기 (i)에서의 상기 소스 고주파 전력의 상기 펄스의 개시 타이밍보다 늦고, 또한, 상기 (i)에서의 상기 소스 고주파 전력의 상기 펄스의 정지 타이밍과 동시이거나 해당 정지 타이밍보다 빠른 타이밍으로 설정하고,
- [0129] 상기 (ii)에서의 상기 전기 바이어스의 상기 펄스의 정지 타이밍을, 상기 소스 고주파 전력의 상기 펄스의 상기 정지 타이밍보다 늦은 타이밍으로 설정하도록 구성되어 있는,
- [0130] 플라스마 처리 장치.
- [0131]
- [0132] 이상의 설명으로부터, 본 개시의 다양한 실시 형태는, 설명의 목적으로 본 명세서에서 설명되어 있으며, 본 개시의 범위 및 주지로부터 이탈하지 않고 다양한 변경을 이룰 수 있음이 이해될 것이다. 따라서, 본 명세서에 개시한 다양한 실시 형태는 한정하는 것을 의도하고 있지 않으며, 참된 범위와 주지는, 첨부부의 특허 청구 범위에 의해 나타내진다.

부호의 설명

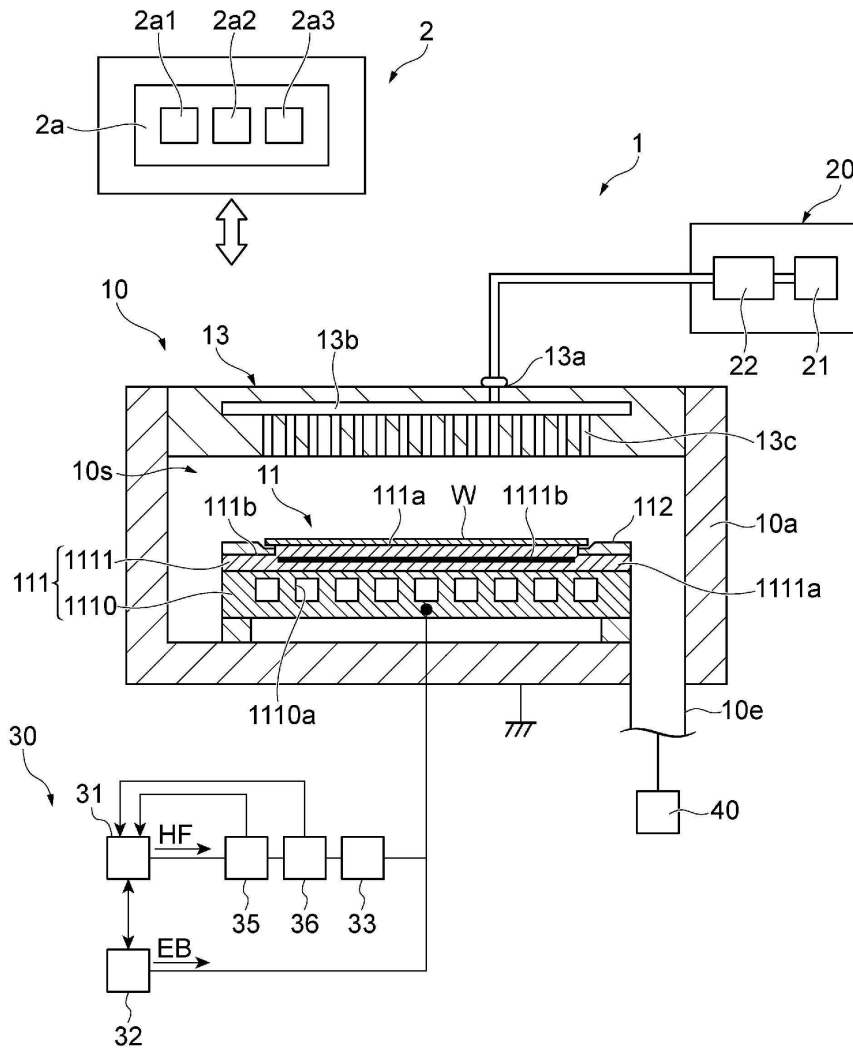
- [0133] 1: 플라스마 처리 장치
- 2: 제어부
- 10: 챔버
- 11: 기판 지지부
- 31: 고주파 전원
- 32: 바이어스 전원
- HF: 소스 고주파 전력
- EB: 전기 바이어스

도면

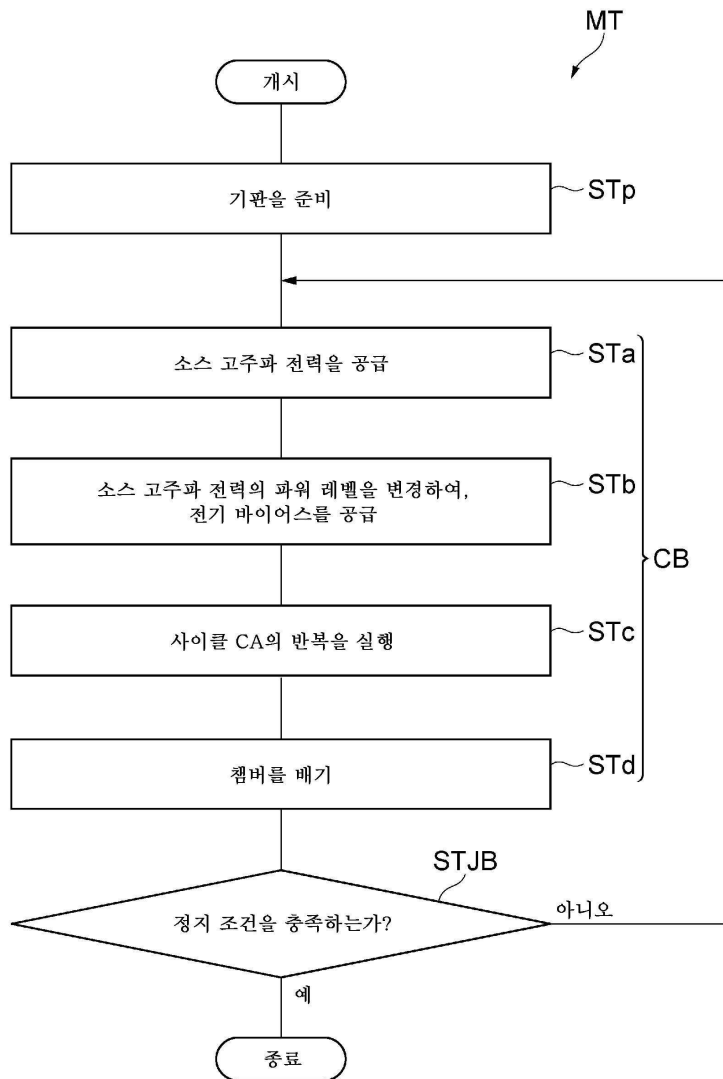
도면1



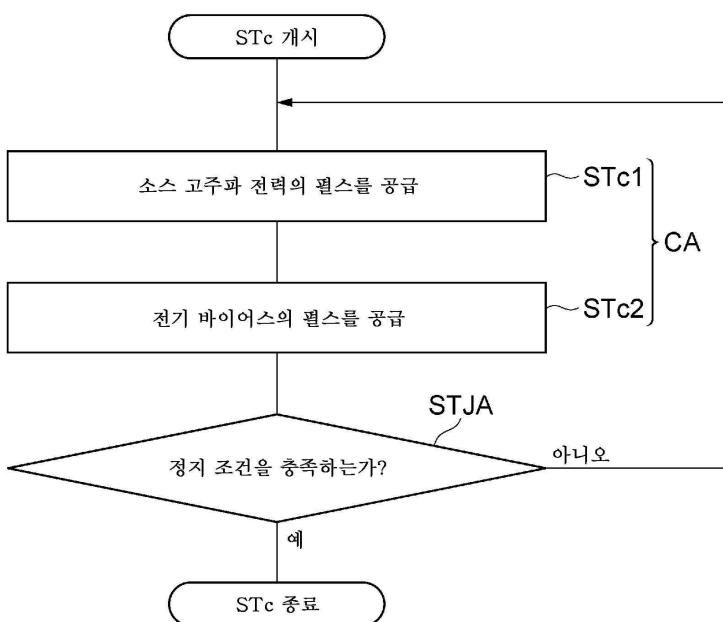
도면2



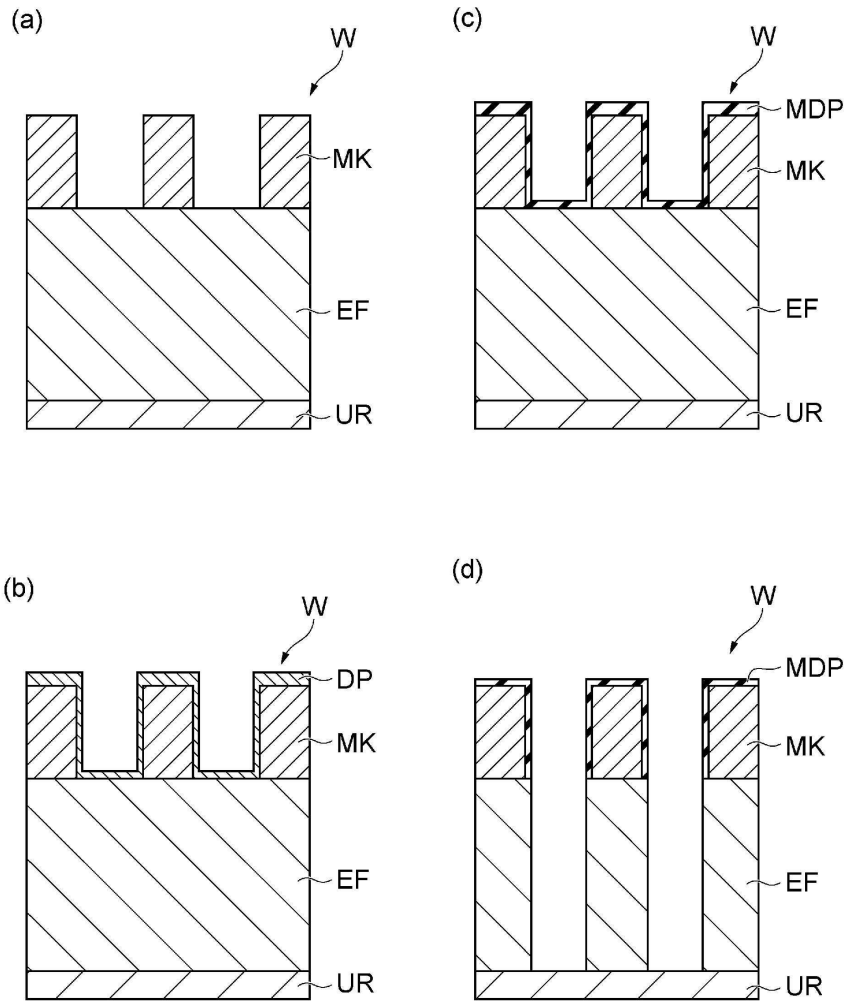
도면3



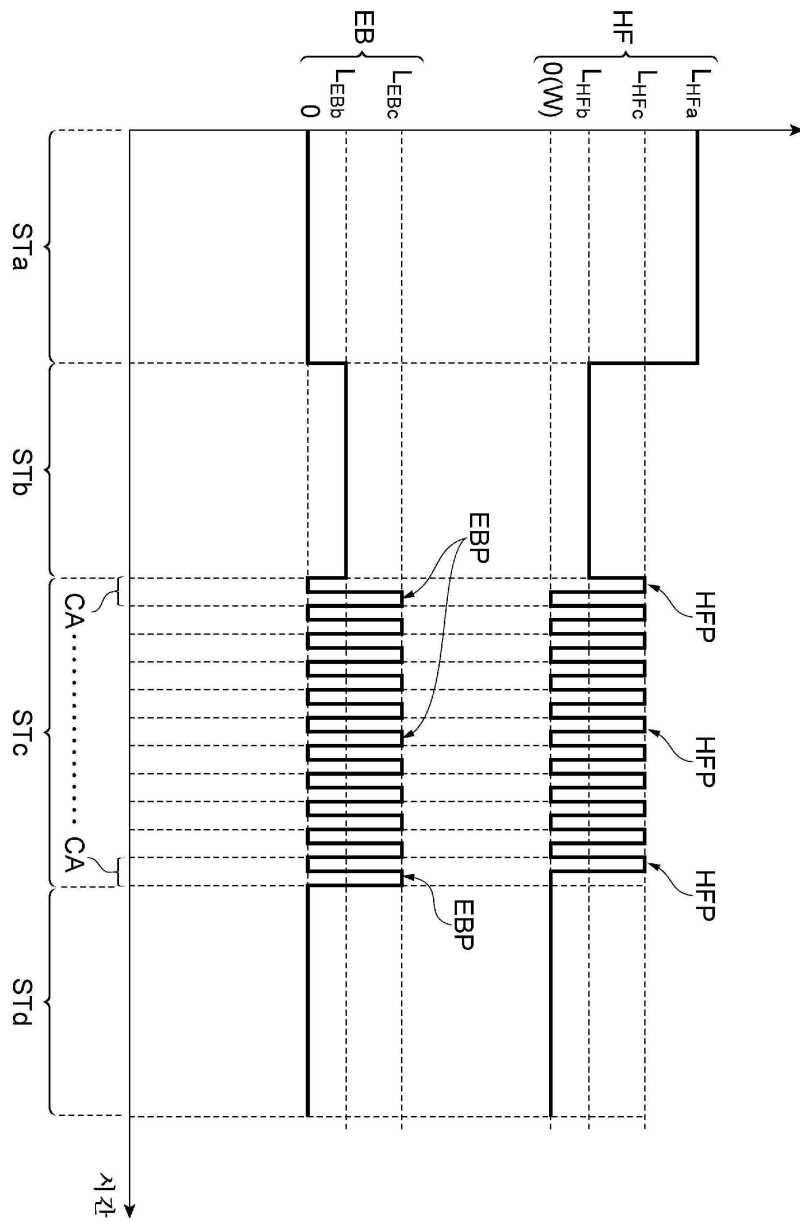
도면4



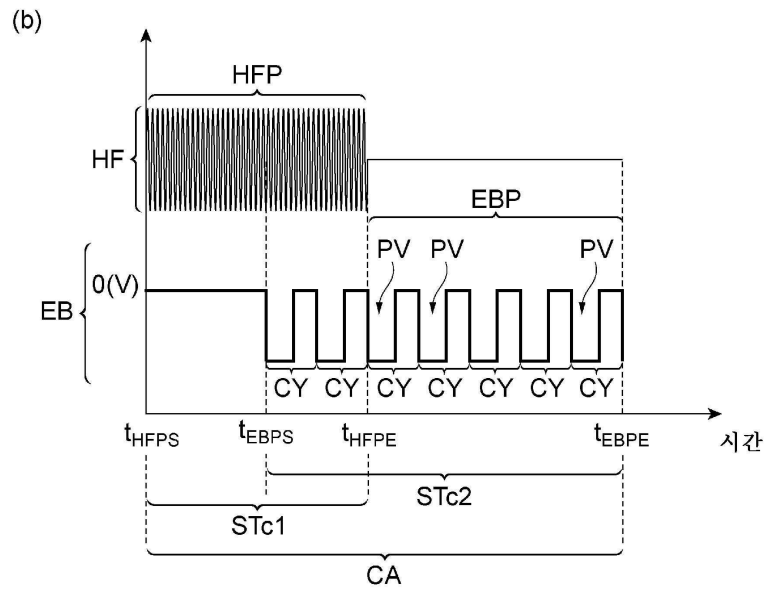
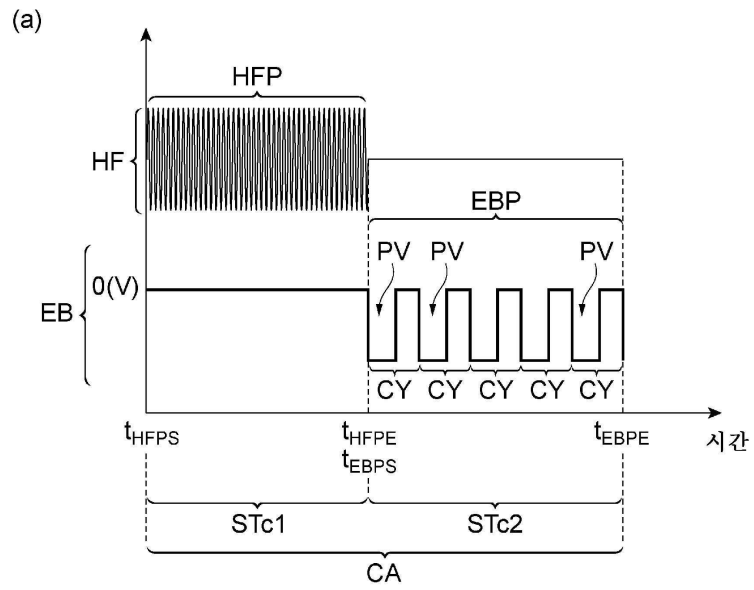
도면5



도면6



도면7



도면8

