



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자	2025년05월20일
(11) 등록번호	10-2810325
(24) 등록일자	2025년05월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01J 37/32 (2006.01)

(52) CPC특허분류

H01J 37/32623 (2013.01)

H01J 37/32091 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2020-0004218

(22) 출원일자 2020년01월13일

심사청구일자 2022년10월17일

(65) 공개번호 10-2020-0091811

(43) 공개일자 2020년07월31일

(30) 우선권주장

JP-P-2019-009476 2019년01월23일 일본(JP)

(56) 선행기술조사문헌

KR1020130108315 A*

KR1020140105455 A*

JP2010219491 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

도쿄엘렉트론가부시키가이샤

일본 도쿄도 미나토쿠 아카사카 5쵸메 3반 1고

(72) 발명자

아오키 유스케

일본 미야기켄 구로카와군 다이와쵸 테크노 힐즈
1 도쿄엘렉트론 미야기 가부시키가이샤 내

모리키타 신야

일본 미야기켄 구로카와군 다이와쵸 테크노 힐즈
1 도쿄엘렉트론 미야기 가부시키가이샤 내

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인 태평양

전체 청구항 수 : 총 4 항

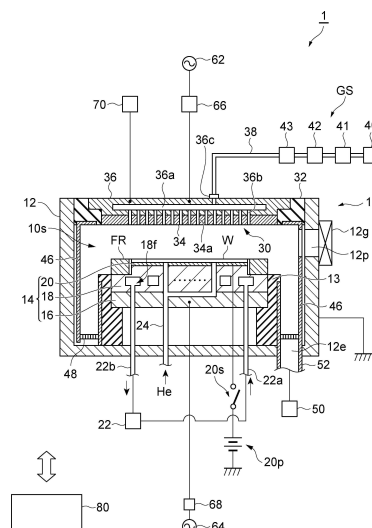
심사관 : 이병수

(54) 발명의 명칭 플라즈마 처리 장치 및 플라즈마 처리 방법

(57) 요약

예시적 실시형태에 관한 플라즈마 처리 장치는, 챔버, 기관 지지기, 상부 전극, 고주파 전원, 및 직류 전원 장치를 구비한다. 기관 지지기는, 하부 전극을 포함한다. 하부 전극은, 챔버 내에 마련되어 있다. 상부 전극은, 기관 지지기의 상방에 마련되어 있다. 고주파 전원은, 챔버 내에서 플라즈마를 생성한다. 직류 전원 장치는, 상부 전극에 전기적으로 접속되어 있다. 직류 전원 장치는, 펄스상의 음극성 직류 전압을 주기적으로 발생시키도록 구성되어 있다. 직류 전원 장치의 출력 전압은, 음극성의 직류 전압과 제로 볼트의 사이에서 교대로 전환된다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H01J 37/32532 (2013.01)

(72) 발명자

도바나 도시카츠

일본 미야기켄 구로카와군 다이와쵸 테크노 힐즈 1
도쿄엘렉트론 미야기 가부시키키가이샤 내

다카타 후미야

일본 미야기켄 구로카와군 다이와쵸 테크노 힐즈 1
도쿄엘렉트론 미야기 가부시키키가이샤 내

명세서

청구범위

청구항 1

챔버와,

상기 챔버 내에 마련된 하부 전극을 포함하는 기관 지지기와,

상기 기관 지지기의 상방에 마련된 상부 전극과,

상기 챔버 내에서 플라즈마를 생성하기 위한 고주파 전원과,

상기 상부 전극에 전기적으로 접속된 직류 전원 장치를 구비하고,

상기 직류 전원 장치는, 펄스상의 음극성 직류 전압을 상기 상부 전극에 주기적으로 인가하도록 구성되어 있으며,

상기 직류 전원 장치의 출력 전압은, 반복되는 주기의 각각에 있어서의 제1 기간에서는, 상기 펄스상의 음극성 직류 전압이고, 상기 주기의 각각에 있어서의 나머지의 제2 기간에서는 제로 볼트이고,

상기 주기의 역수인 주파수는 400kHz 이상, 1MHz이하인, 플라즈마 처리 장치.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 주기에 있어서 제1 기간이 차지하는 비율은, 20% 이상, 60% 이하인, 플라즈마 처리 장치.

청구항 3

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 직류 전원 장치로부터의 에너지를 전달하는 회로의 그라운드 전극은, 챔버의 도전성의 벽부뿐인, 플라즈마 처리 장치.

청구항 4

청구항 1 또는 청구항 2에 기재된 플라즈마 처리 장치를 이용한 플라즈마 처리 방법으로서,

상기 챔버 내에서 플라즈마를 생성하기 위하여 상기 고주파 전원으로부터 고주파 전력을 공급하는 공정과,

상기 플라즈마의 생성 중에 상기 직류 전원 장치로부터 주기적으로 상기 펄스상의 음극성 직류 전압을 상기 상부 전극에 인가하는 공정을 포함하고,

상기 직류 전원 장치의 출력 전압은, 반복되는 주기의 각각에 있어서의 제1 기간에서는, 상기 펄스상의 음극성 직류 전압이며, 상기 주기의 각각에 있어서의 나머지의 제2 기간에서는 제로 볼트인, 플라즈마 처리 방법.

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

발명의 설명

기술 분야

본 개시의 예시적 실시형태는, 플라즈마 처리 장치 및 플라즈마 처리 방법에 관한 것이다.

[0001]

배경 기술

- [0002] 전자 디바이스의 제조에서는, 플라즈마 처리 장치가 이용되고 있다. 플라즈마 처리 장치의 일종으로서, 용량 결합형의 플라즈마 처리 장치가 알려져 있다. 용량 결합형의 플라즈마 처리 장치는, 챔버, 상부 전극, 및 하부 전극을 포함한다. 하부 전극은, 재치대의 일부를 구성하고, 챔버 내에 마련되어 있다. 상부 전극은, 하부 전극의 상방에 마련되어 있다. 용량 결합형의 플라즈마 처리 장치에서는, 상부 전극 또는 하부 전극에 고주파 전력이 공급됨으로써, 챔버 내의 가스가 여기되어, 플라즈마가 생성된다. 재치 대상의 기판은, 생성된 플라즈마로부터의 화학종에 의하여 처리된다.
- [0003] 용량 결합형의 플라즈마 처리 장치는, 직류 전원을 구비하고, 챔버 내에서 플라즈마가 생성되어 있을 때에 상부 전극에 직류 전원으로부터의 음극성의 직류 전압을 인가하도록 구성되어 있는 경우가 있다. 이와 같은 직류 전원을 구비하는 플라즈마 처리 장치에서는, 상부 전극에 공급된 직류 전류를 챔버 내의 플라즈마 공간을 통하여 받는 그라운드 블록을 챔버 내에 마련할 필요가 있다. 그라운드 블록을 구비한 플라즈마 처리 장치는, 일본 특허공개공보 2006-270019호에 기재되어 있다.

발명의 내용

- [0004] 본 개시는, 상부 전극에 음극성의 직류 전압을 인가하도록 구성된 플라즈마 처리 장치에 있어서 프로세스의 변동을 억제하는 기술을 제공한다.
- [0005] 하나의 예시적 실시형태에 있어서, 플라즈마 처리 장치가 제공된다. 플라즈마 처리 장치는, 챔버, 기판 지지기, 상부 전극, 고주파 전원, 및 직류 전원 장치를 구비한다. 기판 지지기는, 하부 전극을 포함한다. 하부 전극은, 챔버 내에 마련되어 있다. 상부 전극은, 기판 지지기의 상방에 마련되어 있다. 고주파 전원은, 챔버 내에서 플라즈마를 생성한다. 직류 전원 장치는, 상부 전극에 전기적으로 접속되어 있다. 직류 전원 장치는, 펄스상(pulse狀)의 음극성 직류 전압을 주기적으로 발생시키도록 구성되어 있다. 직류 전원 장치의 출력 전압은, 반복되는 주기의 각각에 있어서의 제1 기간에서는, 펄스상의 음극성 직류 전압이다. 직류 전원 장치의 출력 전압은, 주기의 각각에 있어서의 나머지의 제2 기간에서는, 제로 볼트이다.
- [0006] 상기 예시적 실시형태에 의하면, 상부 전극에 음극성의 직류 전압을 인가하도록 구성된 플라즈마 처리 장치에 있어서의 프로세스의 변동을 억제하는 것이 가능해진다.

도면의 간단한 설명

- [0007] 도 1은, 하나의 예시적 실시형태에 관한 플라즈마 처리 장치를 개략적으로 나타내는 도이다.
- 도 2는, 도 1에 나타내는 플라즈마 처리 장치의 직류 전원 장치의 구성의 일례를 나타내는 도이다.
- 도 3은, 하나의 예시적 실시형태에 관한 플라즈마 처리 장치를 이용하여 실행되는 플라즈마 처리의 타이밍 차트이다.
- 도 4는, 다른 예시적 실시형태에 관한 플라즈마 처리 장치를 개략적으로 나타내는 도이다.
- 도 5는, 하나의 예시적 실시형태에 관한 플라즈마 처리 방법의 흐름도이다.
- 도 6은, 제1 실험에서 구한 예칭 레이트의 분포 및 제2 실험에서 구한 예칭 레이트의 분포를 나타내는 그래프이다.
- 도 7a는 제3 실험에서 구한 직류 전류를 나타내는 그래프이며, 도 7b는 제4 실험에서 구한 직류 전류를 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0008] 이하, 다양한 예시적 실시형태에 대하여 설명한다.
- [0009] 하나의 예시적 실시형태에 있어서, 플라즈마 처리 장치가 제공된다. 플라즈마 처리 장치는, 챔버, 기판 지지기, 상부 전극, 고주파 전원, 및 직류 전원 장치를 구비한다. 기판 지지기는, 하부 전극을 포함한다. 하부 전극은, 챔버 내에 마련되어 있다. 상부 전극은, 기판 지지기의 상방에 마련되어 있다. 고주파 전원은, 챔버 내에서 플라즈마를 생성한다. 직류 전원 장치는, 상부 전극에 전기적으로 접속되어 있다. 직류 전원 장치는, 펄스상의 음극성 직류 전압을 주기적으로 발생시키도록 구성되어 있다. 직류 전원 장치의 출력 전압은, 반복되는 주기의 각

각에 있어서의 제1 기간에서는, 펄스상의 음극성 직류 전압이다. 직류 전원 장치의 출력 전압은, 주기의 각각에 있어서의 나머지의 제2 기간에서는, 제로 볼트이다.

- [0010] 상기 실시형태에서는, 상부 전극에 인가되는 직류 전압이 음극성의 직류 전압과 제로 볼트의 사이에서 변화한다. 즉, 직류 전원 장치로부터의 에너지는, 직류 결합이 아니라, 용량 결합에 의하여 전달된다. 따라서, 직류 전원 장치로부터의 에너지 전달에 대한 플라즈마 처리 장치의 부품의 전기적 특성의 영향이 억제된다. 따라서, 상부 전극에 음극성의 직류 전압을 인가하도록 구성된 플라즈마 처리 장치에 있어서의 프로세스의 변동을 억제하는 것이 가능해진다.
- [0011] 하나의 예시적 실시형태에 있어서, 상기 주기의 역수(逆數)인 주파수는, 400kHz 이상이어도 된다. 하나의 예시적 실시형태에 있어서, 주파수는, 1MHz 이하여도 된다. 하나의 예시적 실시형태에서는, 주기에 있어서 제1 기간이 차지하는 비율은, 20% 이상, 60% 이하여도 된다.
- [0012] 하나의 예시적 실시형태에 있어서, 직류 전원 장치로부터의 에너지를 전달하는 회로의 그라운드 전극은, 챔버의 도전성의 벽부만이어도 된다.
- [0013] 다른 예시적 실시형태에 있어서, 플라즈마 처리 방법이 제공된다. 이 플라즈마 처리 방법은, 상술한 다양한 예시적 실시형태 중 어느 하나의 플라즈마 처리 장치를 이용하여 실행된다. 플라즈마 처리 방법은, 챔버 내의 가스로부터 플라즈마를 형성하기 위하여 고주파 전원으로부터 고주파 전력을 공급하는 공정을 포함한다. 플라즈마 처리 방법은, 플라즈마의 생성 중에 직류 전원 장치로부터 주기적으로 펄스상의 음극성 직류 전압을 상부 전극에 인가하는 공정을 포함한다. 직류 전원 장치의 출력 전압은, 반복되는 주기의 각각에 있어서의 제1 기간에서는, 펄스상의 음극성 직류 전압이며, 주기의 각각에 있어서의 나머지의 제2 기간에서는, 제로 볼트이다.
- [0014] 이하, 도면을 참조하여 다양한 예시적 실시형태에 대하여 상세하게 설명한다. 또한, 각 도면에 있어서 동일 또는 상당한 부분에 대해서는 동일한 부호를 붙이는 것으로 한다.
- [0015] 도 1은, 하나의 예시적 실시형태에 관한 플라즈마 처리 장치를 개략적으로 나타내는 도이다. 도 1에 나타내는 플라즈마 처리 장치(1)는, 용량 결합형 플라즈마 처리 장치이다. 플라즈마 처리 장치(1)는, 챔버(10)를 구비하고 있다. 챔버(10)는, 그 중에 내부 공간(10s)을 제공하고 있다.
- [0016] 챔버(10)는, 챔버 본체(12)를 포함하고 있다. 챔버 본체(12)는, 대략 원통 형상을 갖고 있다. 내부 공간(10s)은, 챔버 본체(12)의 내측에 제공되어 있다. 챔버 본체(12)는, 알루미늄과 같은 도체로 형성되어 있다. 챔버 본체(12)는, 접지되어 있다. 챔버 본체(12)의 내벽면에는, 내(耐)부식성을 갖는 막이 형성되어 있다. 내부식성을 갖는 막은, 산화 알루미늄, 산화 이트륨과 같은 세라믹으로 형성된 막일 수 있다.
- [0017] 챔버 본체(12)의 측벽에는, 통로(12p)가 형성되어 있다. 기판(W)은, 내부 공간(10s)과 챔버(10)의 외부와의 사이에서 반송될 때에, 통로(12p)를 통과한다. 통로(12p)는, 게이트 밸브(12g)에 의하여 개폐 가능하게 되어 있다. 게이트 밸브(12g)는, 챔버 본체(12)의 측벽을 따라 마련되어 있다.
- [0018] 챔버 본체(12)의 바닥부 상에는, 지지부(13)가 마련되어 있다. 지지부(13)는, 절연 재료로 형성되어 있다. 지지부(13)는, 대략 원통 형상을 갖고 있다. 지지부(13)는, 내부 공간(10s) 내에서, 챔버 본체(12)의 바닥부로부터 상방으로 뻗어 있다. 지지부(13)는, 기판 지지기(14)를 지지하고 있다. 기판 지지기(14)는, 챔버(10) 내, 즉 내부 공간(10s) 내에서, 기판(W)을 지지하도록 구성되어 있다.
- [0019] 기판 지지기(14)는, 하부 전극(18) 및 정전 척(20)을 갖고 있다. 하부 전극(18) 및 정전 척(20)은, 챔버(10) 내에 마련되어 있다. 기판 지지기(14)는, 전극 플레이트(16)를 추가로 가질 수 있다. 전극 플레이트(16)는, 예를 들면 알루미늄과 같은 도체로 형성되어 있으며, 대략 원반(圓盤) 형상을 갖고 있다. 하부 전극(18)은, 전극 플레이트(16) 상에 마련되어 있다. 하부 전극(18)은, 예를 들면 알루미늄과 같은 도체로 형성되어 있으며, 대략 원반 형상을 갖고 있다. 하부 전극(18)은, 전극 플레이트(16)에 전기적으로 접속되어 있다.
- [0020] 정전 척(20)은, 하부 전극(18) 상에 마련되어 있다. 정전 척(20)의 상면의 위에는, 기판(W)이 재치된다. 정전 척(20)은, 본체 및 전극을 갖는다. 정전 척(20)의 본체는, 유전체로 형성되어 있다. 정전 척(20)의 전극은, 막 형상의 전극이며, 정전 척(20)의 본체 내에 마련되어 있다. 정전 척(20)의 전극은, 스위치(20s)를 통하여 직류 전원(20p)에 접속되어 있다. 정전 척(20)의 전극에 직류 전원(20p)으로부터의 전압이 인가되면, 정전 척(20)과 기판(W)의 사이에서 정전 인력이 발생한다. 발생한 정전 인력에 의하여, 기판(W)은, 정전 척(20)으로 끌어 당겨져, 정전 척(20)에 의하여 유지된다.
- [0021] 기판 지지기(14) 상에는, 예지 링(FR)이 배치된다. 예지 링(FR)은, 한정되는 것은 아니지만, 실리콘, 탄화 실리

콘, 또는 석영으로 형성될 수 있다. 챔버(10) 내에 있어서 기관(W)의 처리가 행해질 때는, 기관(W)은, 정전 척(20) 상이며, 또한 에지 링(FR)에 의하여 둘러싸인 영역 내에 배치된다.

[0022] 하부 전극(18)의 내부에는, 유로(18f)가 마련되어 있다. 유로(18f)에는, 칠러 유닛(22)으로부터 배관(22a)을 통하여 열교환 매체(예를 들면 냉매)가 공급된다. 칠러 유닛(22)은, 챔버(10)의 외부에 마련되어 있다. 유로(18f)에 공급된 열교환 매체는, 배관(22b)을 통하여 칠러 유닛(22)으로 되돌려진다. 플라즈마 처리 장치(1)에서는, 정전 척(20) 상에 배치된 기관(W)의 온도가, 열교환 매체와 하부 전극(18)과의 열교환에 의하여 조정된다.

[0023] 플라즈마 처리 장치(1)는, 가스 공급 라인(24)을 추가로 구비할 수 있다. 가스 공급 라인(24)은, 전열 가스(예를 들면 He 가스)를, 정전 척(20)의 상면과 기관(W)의 이면의 사이의 간극에 공급한다. 전열 가스는, 전열 가스 공급 기구로부터 가스 공급 라인(24)에 공급된다.

[0024] 플라즈마 처리 장치(1)는, 상부 전극(30)을 추가로 구비하고 있다. 상부 전극(30)은, 기관 지지기(14)의 상방에 마련되어 있다. 상부 전극(30)은, 부재(32)를 통하여, 챔버 본체(12)의 상부에 지지되어 있다. 부재(32)는, 절연성을 갖는 재료로 형성되어 있다. 상부 전극(30)과 부재(32)는, 챔버 본체(12)의 상부 개구를 폐쇄하고 있다.

[0025] 상부 전극(30)은, 천판(34) 및 지지체(36)를 포함할 수 있다. 천판(34)의 하면은, 내부 공간(10s) 측의 하면이며, 내부 공간(10s)을 구획 형성하고 있다. 천판(34)은, 실리콘 함유 재료로 형성되어 있다. 천판(34)은, 예를 들면 실리콘 또는 탄화 실리콘으로 형성되어 있다. 천판(34)에는, 복수의 가스 토출 구멍(34a)이 형성되어 있다. 복수의 가스 토출 구멍(34a)은, 천판(34)을 그 판두께 방향으로 관통하고 있다.

[0026] 지지체(36)는, 천판(34)을 착탈 가능하게 지지한다. 지지체(36)는, 알루미늄과 같은 도전성 재료로 형성된다. 지지체(36)의 내부에는, 가스 확산실(36a)이 마련되어 있다. 지지체(36)에는, 복수의 가스 구멍(36b)이 형성되어 있다. 복수의 가스 구멍(36b)은, 가스 확산실(36a)로부터 하방으로 뻗어 있다. 복수의 가스 구멍(36b)은, 복수의 가스 토출 구멍(34a)에 각각 연통되어 있다. 지지체(36)에는, 가스 도입구(36c)가 형성되어 있다. 가스 도입구(36c)는, 가스 확산실(36a)에 접속되어 있다. 가스 도입구(36c)에는, 가스 공급관(38)이 접속되어 있다.

[0027] 가스 공급관(38)에는, 밸브군(41), 유량 제어기군(42), 및 밸브군(43)을 통하여, 가스 소스군(40)이 접속되어 있다. 가스 소스군(40), 밸브군(41), 유량 제어기군(42), 및 밸브군(43)은, 가스 공급부(GS)를 구성하고 있다. 가스 소스군(40)은, 복수의 가스 소스를 포함하고 있다. 가스 소스군(40)의 복수의 가스 소스는, 복수의 가스의 소스를 포함하고 있다. 밸브군(41) 및 밸브군(43)의 각각은, 복수의 개폐 밸브를 포함하고 있다. 유량 제어기군(42)은, 복수의 유량 제어를 포함하고 있다. 유량 제어기군(42)의 복수의 유량 제어기의 각각은, 매스 플로 컨트롤러 또는 압력 제어식의 유량 제어기이다. 가스 소스군(40)의 복수의 가스 소스의 각각은, 밸브군(41)의 대응의 개폐 밸브, 유량 제어기군(42)의 대응의 유량 제어기, 및 밸브군(43)의 대응의 개폐 밸브를 통하여, 가스 공급관(38)에 접속되어 있다.

[0028] 플라즈마 처리 장치(1)에서는, 챔버 본체(12)의 내벽면을 따라, 실드(46)가 착탈 가능하게 마련되어 있다. 실드(46)는, 지지부(13)의 외주(外周)에도 마련되어 있다. 실드(46)는, 챔버 본체(12)에 플라즈마 처리의 부생물이 부착되는 것을 방지한다. 실드(46)는, 예를 들면 알루미늄으로 형성된 부재의 표면에 내부식성을 갖는 막을 형성함으로써 구성된다. 내부식성을 갖는 막은, 산화 이트륨과 같은 세라믹으로 형성된 막일 수 있다.

[0029] 지지부(13)와 챔버 본체(12)의 측벽과의 사이에는, 배플 플레이트(48)가 마련되어 있다. 배플 플레이트(48)는, 예를 들면 알루미늄으로 형성된 부재의 표면에 내부식성을 갖는 막을 형성함으로써 구성된다. 내부식성을 갖는 막은, 산화 이트륨과 같은 세라믹으로 형성된 막일 수 있다. 배플 플레이트(48)에는, 복수의 관통 구멍이 형성되어 있다. 배플 플레이트(48)의 하방이며, 또한 챔버 본체(12)의 바닥부에는, 배기구(12e)가 마련되어 있다. 배기구(12e)에는, 배기관(52)을 통하여 배기 장치(50)가 접속되어 있다. 배기 장치(50)는, 압력 조정 밸브 및 터보 분자 펌프와 같은 진공 펌프를 갖고 있다.

[0030] 플라즈마 처리 장치(1)는, 제1 고주파 전원(62) 및 제2 고주파 전원(64)을 추가로 구비하고 있다. 제1 고주파 전원(62)은, 제1 고주파 전력을 발생시키는 전원이다. 제1 고주파 전력은, 일례에서는, 플라즈마의 생성에 적절한 주파수를 갖는다. 제1 고주파 전력의 주파수는, 예를 들면 27MHz~100MHz의 범위 내의 주파수이다. 제1 고주파 전원(62)은, 정합기(66)를 통하여 상부 전극(30)에 접속되어 있다. 정합기(66)는, 제1 고주파 전원(62)의 출력 임피던스와 부하 측(상부 전극(30) 측)의 임피던스를 정합시키기 위한 회로를 갖고 있다. 또한, 제1 고주파 전원(62)은, 정합기(66)를 통하여, 하부 전극(18)에 접속되어 있어도 된다.

[0031] 제2 고주파 전원(64)은, 제2 고주파 전력을 발생시키는 전원이다. 제2 고주파 전력은, 제1 고주파 전력의 주파수보다 낮은 주파수를 갖는다. 제2 고주파 전력은, 기관(W)에 이온을 인입하기 위한 바이어스용 고주파 전력으

로서 이용될 수 있다. 제2 고주파 전력의 주파수는, 예를 들면 400kHz~40MHz의 범위 내의 주파수이다. 제2 고주파 전원(64)은, 정합기(68) 및 전극 플레이트(16)를 통하여 하부 전극(18)에 접속되어 있다. 정합기(68)는, 제2 고주파 전원(64)의 출력 임피던스와 부하 측(하부 전극(18) 측)의 임피던스를 정합시키기 위한 회로를 갖고 있다.

[0032] 플라즈마 처리 장치(1)는, 직류 전원 장치(70)를 추가로 구비하고 있다. 직류 전원 장치(70)는, 상부 전극(30)에 전기적으로 접속되어 있다. 직류 전원 장치(70)는, 펄스상의 음극성 직류 전압을 주기적으로 발생시키도록 구성되어 있다. 도 2는, 도 1에 나타내는 플라즈마 처리 장치의 직류 전원 장치의 구성의 일례를 나타내는 도이다. 도 3은, 하나의 예시적 실시형태에 관한 플라즈마 처리 장치를 이용하여 실행되는 플라즈마 처리의 타이밍 차트이다. 도 3에 있어서, 가로축은 시간을 나타내고 있다. 도 3에 있어서 세로축은, 챔버(10) 내에 공급되는 가스의 유량, 고주파 전력(제1 고주파 전력 및/또는 제2 고주파 전력)의 공급, 및 직류 전압을 나타내고 있다. 도 3에 있어서, 고주파 전력이 고레벨인 것은, 고주파 전력이 공급되고 있는 것을 나타내고 있다. 도 3에 있어서, 고주파 전력이 저레벨인 것은, 고주파 전력이 공급되고 있지 않은 것을 나타내고 있다. 이하, 도 1과 함께, 도 2 및 도 3을 참조한다.

[0033] 일 실시형태에 있어서, 직류 전원 장치(70)는, 가변 직류 전원(70a) 및 스위칭 디바이스(70b)를 갖는다. 가변 직류 전원(70a)은, 음극성의 직류 전압을 연속적으로 발생시키도록 구성되어 있다. 가변 직류 전원(70a)이 출력하는 음극성의 직류 전압의 레벨은, 후술하는 제어부(80)에 의하여 제어될 수 있다. 스위칭 디바이스(70b)는, 그 도통(導通) 상태의 전환에 의하여, 가변 직류 전원(70a)과 상부 전극(30)의 사이의 접속 및 차단을 전환한다. 스위칭 디바이스(70b)의 도통 상태의 전환은, 제어부(80)에 의하여 제어되어도 된다.

[0034] 상술한 바와같이, 직류 전원 장치(70)의 출력 전압은, 반복되는 주기(PT)의 각각에 있어서의 제1 기간(P1)에서는, 펄스상의 음극성 직류 전압이다. 일 실시형태에 있어서는, 주기(PT) 내의 제1 기간(P1)에서는, 가변 직류 전원(70a)과 상부 전극(30)을 서로 접속하도록, 스위칭 디바이스(70b)의 도통 상태가 전환된다. 직류 전원 장치(70)의 출력 전압은, 주기(PT)의 각각에 있어서의 나머지의 제2 기간(P2)에서는, 제로 볼트이다. 일 실시형태에 있어서는, 주기(PT) 내의 제2 기간(P2)에서는, 가변 직류 전원(70a)과 상부 전극(30)을 서로 차단하도록, 스위칭 디바이스(70b)의 도통 상태가 전환된다.

[0035] 일 실시형태에 있어서, 주기(PT)의 역수인 주파수(f)는, 400kHz 이상일 수 있다. 일 실시형태에 있어서, 주파수(f)는, 1MHz 이하일 수 있다. 주파수(f)가 1MHz 이하인 경우에는, 챔버(10) 내에서의 라디칼의 생성에 대한 이온의 거동의 독립 제어성이 높아진다. 일 실시형태에 있어서, 주기(PT)에 있어서 제1 기간(P1)이 차지하는 비율(즉, 펄스상의 음극성 직류 전압의 듀티비)은, 20% 이상, 60% 이하일 수 있다.

[0036] 플라즈마 처리 장치(1)는, 제어부(80)를 추가로 구비하고 있다. 제어부(80)는, 프로세서, 메모리와 같은 기억부, 입력 장치, 표시 장치, 신호의 입출력 인터페이스 등을 구비하는 컴퓨터일 수 있다. 제어부(80)는, 플라즈마 처리 장치(1)의 각 부를 제어한다. 제어부(80)에서는, 오퍼레이터가, 플라즈마 처리 장치(1)를 관리하기 위하여 커맨드의 입력 조작 등을 입력 장치를 이용하여 행할 수 있다. 또, 제어부(80)에서는, 표시 장치에 의하여, 플라즈마 처리 장치(1)의 가동 상황을 가시화하여 표시할 수 있다. 또한, 제어부(80)의 기억부에는, 제어 프로그램 및 레시피 데이터가 저장되어 있다. 제어 프로그램은, 플라즈마 처리 장치(1)로 각종 처리를 실행하기 위하여, 제어부(80)의 프로세서에 의하여 실행된다. 제어부(80)의 프로세서가, 제어 프로그램을 실행하고, 레시피 데이터에 따라 플라즈마 처리 장치(1)의 각 부를 제어함으로써, 후술하는 실시형태의 플라즈마 처리 방법이 플라즈마 처리 장치(1)로 실행된다.

[0037] 플라즈마 처리 장치(1)에서는, 상부 전극(30)에 인가되는 직류 전압이 음극성의 직류 전압과 제로 볼트의 사이에서 변화한다. 즉, 직류 전원 장치(70)로부터의 에너지는, 직류 결합이 아니라, 용량 결합에 의하여 전달된다. 따라서, 직류 전원 장치(70)로부터의 에너지 전달에 대한 플라즈마 처리 장치(1)의 부품의 전기적 특성의 영향이 억제된다. 따라서, 상부 전극(30)에 음극성의 직류 전압을 인가하도록 구성된 플라즈마 처리 장치에 있어서의 프로세스의 변동을 억제하는 것이 가능해진다.

[0038] 이하, 도 4를 참조하여, 다른 예시적 실시형태에 관한 플라즈마 처리 장치에 대하여 설명한다. 도 4는, 다른 예시적 실시형태에 관한 플라즈마 처리 장치를 개략적으로 나타내는 도이다. 도 4에 나타내는 플라즈마 처리 장치(1B)는, 플라즈마 처리 장치(1)의 구성 요소와 동일한 구성 요소에 더하여, 그라운드 전극(72)을 구비하고 있다. 그라운드 전극(72)은, 챔버(10) 내에 마련되어 있으며, 접지되어 있다. 플라즈마 처리 장치(1B)에서는, 직류 전원 장치(70)로부터의 에너지를 전달하는 회로는, 상부 전극(30), 내부 공간(10s)에 형성되는 플라즈마, 및 그라운드 전극(72)으로 구성되어 있다. 한편, 플라즈마 처리 장치(1)에서는, 직류 전원 장치(70)로부터의 에

너지를 전달하는 회로는, 상부 전극(30), 내부 공간(10s)의 플라즈마(PL)(도 2 참조), 및 챔버(10)의 도전성의 벽부(즉, 챔버 본체(12))로 구성되어 있다. 즉, 플라즈마 처리 장치(1)에서는, 직류 전원 장치(70)로부터의 에너지를 전달하는 회로의 그라운드 전극은, 챔버(10)의 도전성의 벽부(즉, 챔버 본체(12))만이다.

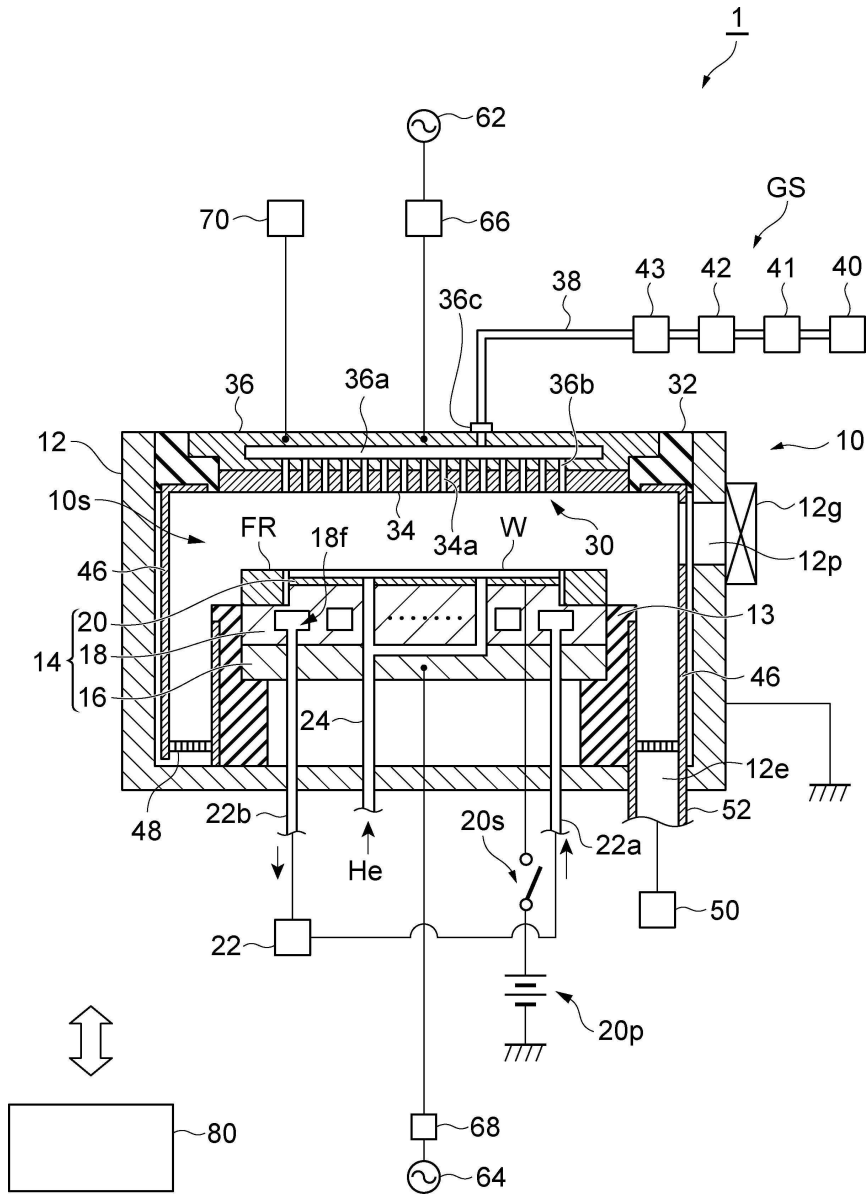
- [0039] 일 실시형태에서는, 그라운드 전극(72)은, 상부 전극(30)의 주위에 있어서, 부재(32)의 하면에 접하도록 마련되어 있다. 혹은, 그라운드 전극(72)은, 상부 전극(30)의 주위에 있어서, 실드(46)에 접하도록 마련되어 있다. 그라운드 전극(72)은, 예를 들면 링 형상을 가질 수 있다.
- [0040] 상술한 바와 같이, 직류 전원 장치(70)로부터의 에너지는, 직류 결합이 아니라, 용량 결합에 의하여 전달된다. 따라서, 직류 전원 장치(70)로부터의 에너지 전달에 대한 플라즈마 처리 장치(1)의 부품의 전기적 특성의 영향이 억제된다. 따라서, 상부 전극(30)에 음극성의 직류 전압을 인가하도록 구성된 플라즈마 처리 장치에 있어서의 프로세스의 변동을 억제할 수 있다는 효과는, 그라운드 전극(72)의 유무에 의존하지 않고 얻어진다.
- [0041] 이하, 도 3과 함께 도 5를 참조하여, 하나의 예시적 실시형태에 관한 플라즈마 처리 방법에 대하여 설명한다. 도 5는, 하나의 예시적 실시형태에 관한 플라즈마 처리 방법의 흐름도이다. 이하, 도 5에 나타내는 플라즈마 처리 방법(이하, "방법 MT"라고 함)에 대하여, 그것이 플라즈마 처리 장치(1) 또는 플라즈마 처리 장치(1B)를 이용하여 실행되는 경우를 예로서 설명한다.
- [0042] 방법 MT는, 처리되어야 할 기판(W)이 챔버(10) 내에서 정전 척(20)에 의하여 유지된 상태에서 실행된다. 방법 MT에서는, 도 3에 나타내는 바와 같이, 챔버(10) 내로의 가스의 도입이 개시된다. 챔버(10) 내에 가스를 공급하기 위하여, 제어부(80)는, 가스 공급부(GS)를 제어한다. 또, 챔버(10) 내의 압력을 지정된 압력으로 설정하도록, 제어부(80)에 의하여 배기 장치(50)가 제어된다.
- [0043] 그리고, 도 3 및 도 5에 나타내는 바와 같이, 가스의 공급이 개시된 후에, 공정 ST1이 실행된다. 공정 ST1에서는, 고주파 전력, 즉 제1 고주파 전력 및/또는 제2 고주파 전력의 공급이 개시된다. 공정 ST1의 실행을 위하여, 제어부(80)는, 제1 고주파 전원(62) 및/또는 제2 고주파 전원(64)을 제어한다.
- [0044] 이어지는 공정 ST2에서는, 직류 전원 장치(70)에 의하여, 펄스상의 음극성 직류 전압이 주기적으로 상부 전극(30)에 인가된다. 상술한 바와 같이, 직류 전원 장치(70)의 출력 전압은, 반복되는 주기(PT)의 각각에 있어서의 제1 기간(P1)에서는, 펄스상의 음극성 직류 전압이다. 직류 전원 장치(70)의 출력 전압은, 주기(PT)의 각각에 있어서의 나머지의 제2 기간(P2)에서는, 제로 볼트이다. 공정 ST2의 실행을 위하여, 직류 전원 장치(70)는, 제어부(80)에 의하여 제어될 수 있다.
- [0045] 이상, 다양한 예시적 실시형태에 대하여 설명해 왔지만, 상술한 예시적 실시형태에 한정되지 않고, 다양한 추가, 생략, 치환, 및 변경이 이루어져도 된다. 또, 다른 실시형태에 있어서의 요소를 조합하여 다른 실시형태를 형성하는 것이 가능하다.
- [0046] 이하, 플라즈마 처리 장치(1) 및 플라즈마 처리 장치(1B)의 평가를 위하여 행한 실험에 대하여 설명한다. 또한, 본 개시는 이하에 설명하는 실험에 의하여 한정되는 것은 아니다.
- [0047] (제1 실험 및 제2 실험)
- [0048] 제1 실험 및 제2 실험에서는, 실리콘 산화막을 갖는 샘플을 준비했다. 샘플은, 직경 300mm의 원반 형상을 갖고 있었다. 제1 실험에서는, 플라즈마 처리 장치(1)를 이용하여 샘플의 실리콘 산화막의 플라즈마 에칭을 행했다. 제2 실험에서는, 플라즈마 처리 장치(1B)를 이용하여 샘플의 실리콘 산화막의 플라즈마 에칭을 행했다. 이하, 제1 실험 및 제2 실험의 조건을 나타낸다.
- [0049] <제1 실험 및 제2 실험의 조건>
- [0050] · 챔버(10) 내의 압력: 13.3Pa
- [0051] · CF₄ 가스의 유량: 50sccm
- [0052] · Ar 가스의 유량: 600sccm
- [0053] · 제1 고주파 전력: 60MHz, 1000W
- [0054] · 제2 고주파 전력: 40MHz, 550W
- [0055] · 펄스상의 음극성 직류 전압의 주파수(f): 400kHz

- [0056] · 펄스상의 음극성 직류 전압의 듀티비: 50%
- [0057] · 펄스상의 음극성 직류 전압: -900V
- [0058] 제1 실험 및 제2 실험의 각각에서는, 샘플의 직경 상의 복수의 측정 위치에서 실리콘 산화막의 에칭 레이트를 구했다. 그 결과를 도 6에 나타낸다. 도 6에 있어서 가로축은 측정 위치를 나타내고 있다. 측정 위치는, 샘플의 중심으로부터의 직경 방향의 거리(mm)로 나타나 있다. 음의 거리로 나타나는 측정 위치는, 양의 거리로 나타나는 측정 위치에 대하여 샘플의 중심을 기준으로 하여 반대 측의 위치이다. 도 6에 있어서, 세로축은 에칭 레이트를 나타내고 있다. 도 6에 나타내는 바와 같이, 플라즈마 처리 장치(1)를 이용한 제1 실험에 있어서의 에칭 레이트의 분포는, 플라즈마 처리 장치(1B)를 이용한 제2 실험에 있어서의 에칭 레이트의 분포와 대략 일치하고 있었다. 따라서, 직류 전원 장치로부터 펄스상의 음극성 직류 전압을 주기적으로 상부 전극에 인가함으로써, 직류 전원 장치로부터의 에너지 전달에 대한 플라즈마 처리 장치의 부품의 전기적 특성의 영향이 억제되는 것이 확인되었다.
- [0059] (제3 실험 및 제4 실험)
- [0060] 제3 실험 및 제4 실험에서는, 플라즈마 처리 장치(1B)를 이용하여 제1 공정과 제2 공정을 교대로 실행했다. 제1 공정에서는, 챔버(10)의 내벽면에 막을 형성하도록 플라즈마 지원 CVD에 의한 성막(成膜)을 행했다. 제2 공정에서는, 챔버(10) 내에서 처리 가스의 플라즈마를 생성했다. 또한, 제3 실험의 제2 공정에서는, 펄스상의 음극성 직류 전압을 상부 전극(30)에 주기적으로 인가했다. 제4 실험의 제2 공정에서는, 음극성의 직류 전압을 상부 전극(30)에 연속적으로 인가했다. 이하, 제3 실험 및 제4 실험에 있어서의 제1 공정 및 제2 공정의 각각의 조건을 나타낸다.
- [0061] <제3 실험 및 제4 실험의 제1 공정의 조건>
- [0062] · 챔버(10) 내의 압력: 2.7Pa
- [0063] · SiCl_4 가스의 유량: 5sccm
- [0064] · O_2 가스의 유량: 50sccm
- [0065] · Ar 가스의 유량: 800sccm
- [0066] · 제1 고주파 전력: 60MHz, 1000W
- [0067] · 제2 고주파 전력: 40MHz, 0W
- [0068] · 처리 시간: 30초
- [0069] <제3 실험의 제2 공정의 조건>
- [0070] · 챔버(10) 내의 압력: 6.7Pa
- [0071] · H_2 가스의 유량: 100sccm
- [0072] · Ar 가스의 유량: 800sccm
- [0073] · 제1 고주파 전력: 60MHz, 300W
- [0074] · 제2 고주파 전력: 40MHz, 0W
- [0075] · 펄스상의 음극성 직류 전압의 주파수(f): 400kHz
- [0076] · 펄스상의 음극성 직류 전압의 듀티비: 50%
- [0077] · 펄스상의 음극성 직류 전압: -900V
- [0078] · 처리 시간: 30초
- [0079] <제4 실험의 제2 공정의 조건>
- [0080] · 챔버(10) 내의 압력: 6.7Pa
- [0081] · H_2 가스의 유량: 100sccm

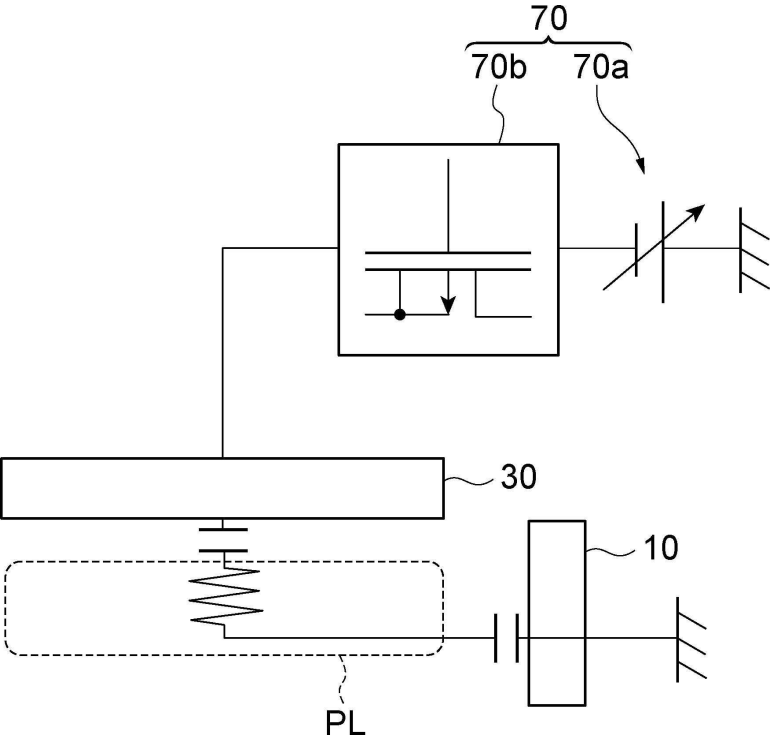
- [0082] · Ar 가스의 유량: 800sccm
- [0083] · 제1 고주파 전력: 60MHz, 300W
- [0084] · 제2 고주파 전력: 40MHz, 0W
- [0085] · 음극성의 직류 전압: -900V
- [0086] · 처리 시간: 30초
- [0087] 제3 실험 및 제4 실험에서는, 제1 공정 및 제2 공정의 각각의 실행 중에 상부 전극(30)에 흐르는 직류 전류를 측정했다. 그 결과를 도 7a 및 도 7b에 나타낸다. 도 7a에 있어서, 가로축은 시간을 나타내고 있으며, 세로축은 제3 실험에 있어서 상부 전극(30)에 흐른 직류 전류를 나타내고 있다. 도 7b에 있어서, 가로축은 시간을 나타내고 있으며, 세로축은 제4 실험에 있어서 상부 전극(30)에 흐른 직류 전류를 나타내고 있다. 도 7b에 나타내는 바와 같이, 제2 공정에 있어서 직류 전압을 연속적으로 상부 전극(30)에 인가한 제4 실험에서는 제1 공정과 제2 공정의 반복 횟수의 증가에 따라, 제2 공정에서 상부 전극(30)에 흐르는 직류 전류가 크게 변동하고 있었다. 한편, 도 7a에 나타내는 바와 같이, 제2 공정에 있어서 펄스상의 음극성 직류 전압을 주기적으로 상부 전극(30)에 인가한 제3 실험에서는 제1 공정과 제2 공정의 반복 횟수에 거의 의존하지 않으며, 제2 공정에서 상부 전극(30)에 흐르는 직류 전류가 안정되어 있었다. 따라서, 직류 전원 장치로부터 펄스상의 음극성 직류 전압을 주기적으로 상부 전극에 인가함으로써, 직류 전원 장치로부터의 에너지 전달에 대한 플라즈마 처리 장치의 부품의 전기적 특성의 영향이 억제되는 것이 확인되었다.
- [0088] 이상의 설명으로부터, 본 개시의 다양한 실시형태는, 설명의 목적으로 본 명세서에서 설명되어 있으며, 본 개시의 범위 및 주지로부터 벗어나지 않고 다양한 변경을 할 수 있는 것이 이해될 것이다. 따라서, 본 명세서에 개시한 다양한 실시형태는 한정하는 것을 의도하고 있지 않으며, 진정한 범위와 취지는, 첨부한 특허청구의 범위에 의하여 나타난다.

도면

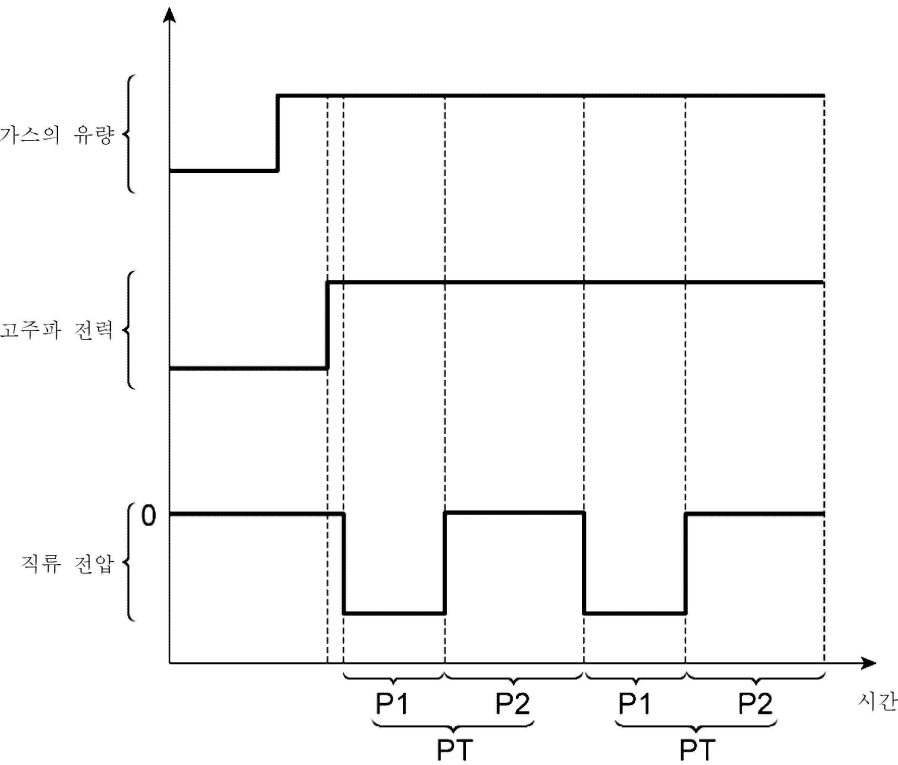
도면1



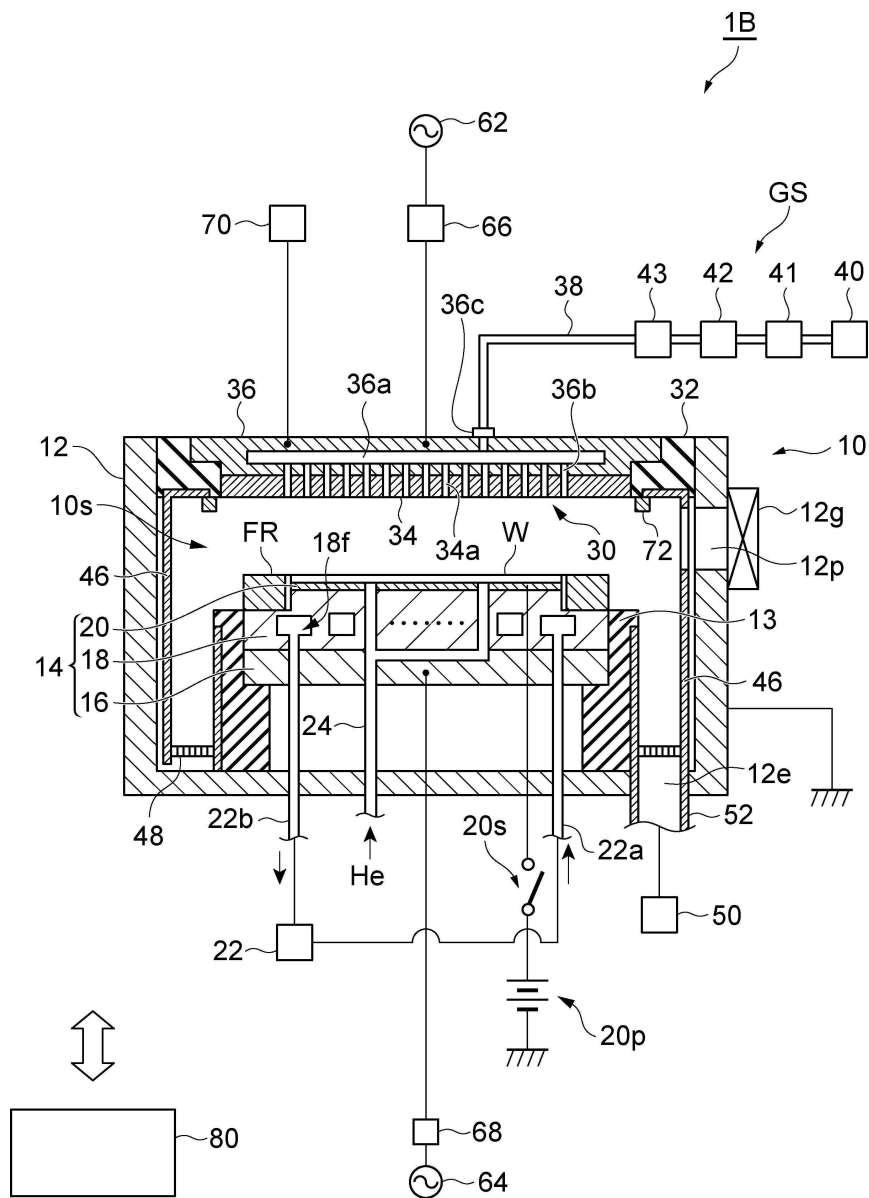
도면2



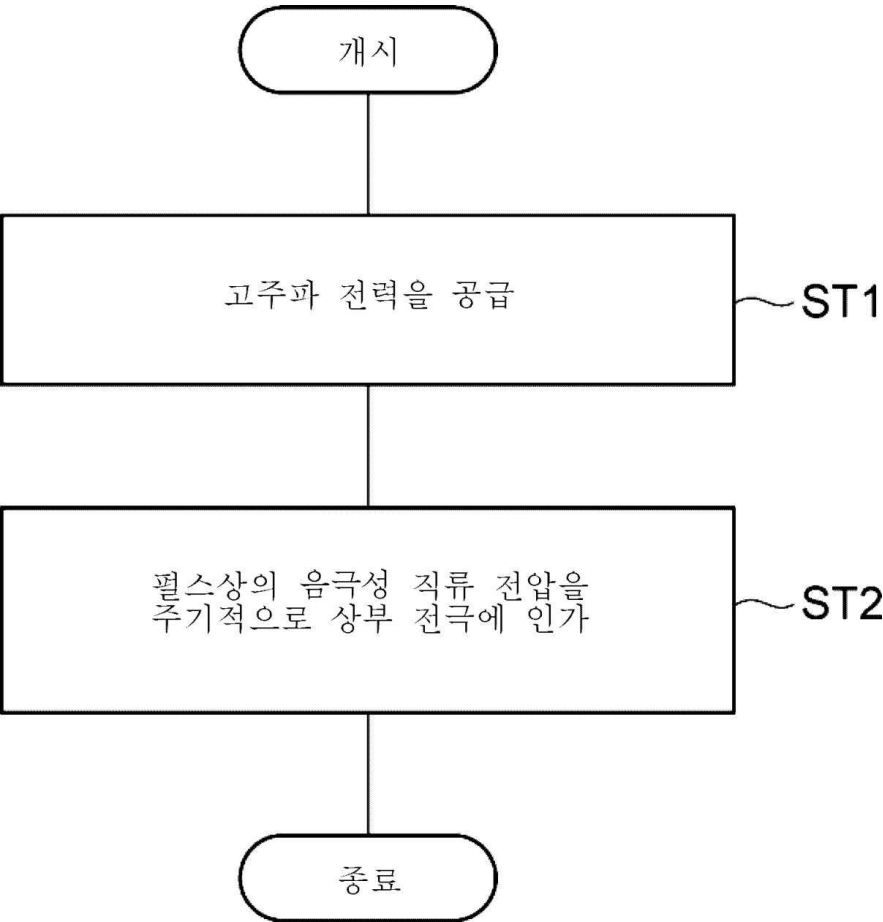
도면3



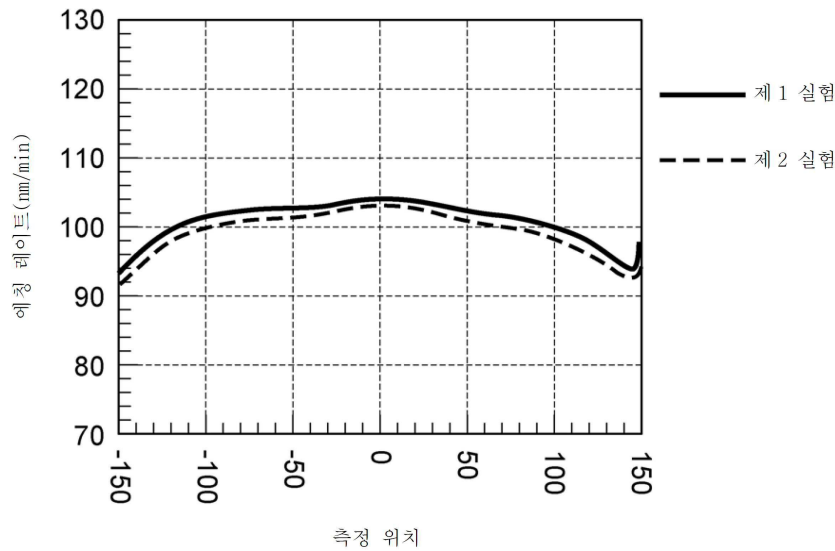
도면4



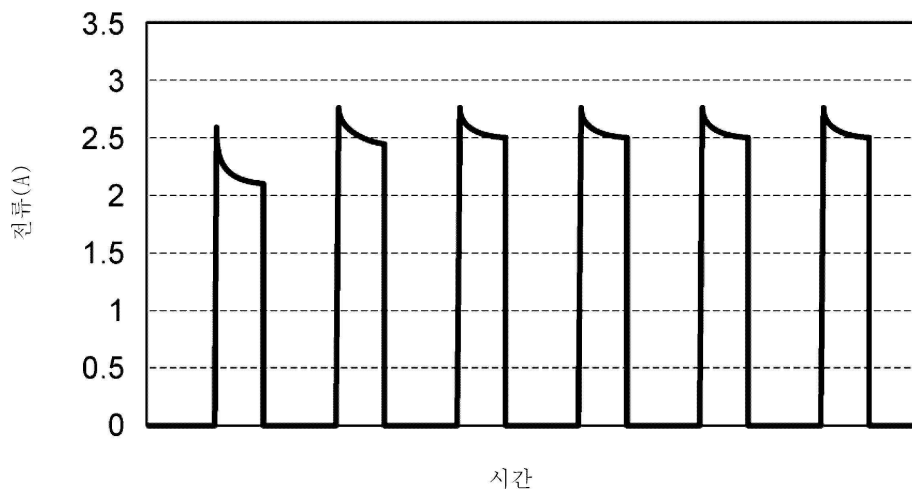
도면5



도면6



도면7a



도면7b

