



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년06월27일

(11) 등록번호 10-2679358

(24) 등록일자 2024년06월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01J 37/32 (2006.01) *H01L 21/683* (2006.01)

(52) CPC특허분류
H01J 37/32724 (2013.01)
H01J 37/32174 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2019-0039562

(22) 출원일자 2019년04월04일
 심사청구일자 2022년01월04일

(65) 공개번호 10-2019-0117378

(43) 공개일자 2019년10월16일

(30) 우선권주장
 JP-P-2018-073872 2018년04월06일 일본(JP)

(56) 선행기술조사문헌
 US20140231389 A1*
 JP08017808 A
 JP2010010236 A
 US20040188021 A1

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
도쿄엘렉트론가부시키키가이사
 일본 도쿄도 미나토쿠 아카사카 5쵸메 3반 1고

(72) 발명자
고시미즈 치시오
 일본 981-3629 미야기켄 구로카와군 다이와쵸 테
 크노 힐즈 1 도쿄 엘렉트론 미야기 가부시키키가이
 샤 나이

(74) 대리인
김태홍, 김진희

전체 청구항 수 : 총 15 항

심사관 : 이병수

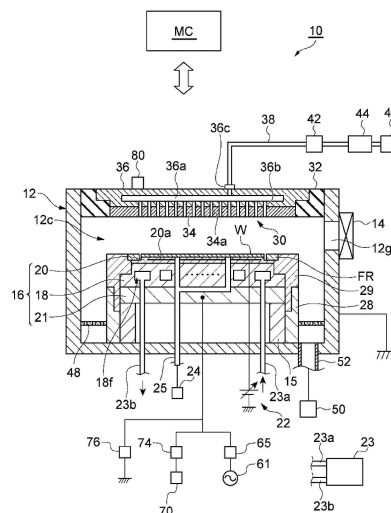
(54) 발명의 명칭 플라즈마 처리 장치 및 플라즈마 처리 방법

(57) 요약

본 발명은 정전 척에 인가하는 전압을 최적의 값으로 설정하는 것을 가능하게 하는 것을 과제로 한다.

플라즈마 처리 장치는 챔버 본체, 스테이지, 가스 공급 기구, 직류 전원, 고주파 전원 및 컨트롤러를 구비한다. 가스 공급 기구는 정전 척의 상면에 전열 가스를 공급하도록 구성된다. 컨트롤러는 직류 전원을 제어하도록 구성된다. 컨트롤러는 플라즈마에 따라 발생하는 자기 바이어스 전압의 절대값이 커질수록 작은 값을 출력하는 제1 함수의 출력과, 가스 공급 기구에 의해 정전 척의 상면에 공급되는 전열 가스의 압력이 커질수록 큰 값을 출력하는 제2 함수의 출력을 결합하여 도출되는 전압을, 정전 척에 인가하도록 직류 전원을 제어한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H01J 37/32449 (2013.01)

H01L 21/6833 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

플라즈마 처리 장치로서,
 챔버를 제공하도록 구성된 챔버 본체와,
 상기 챔버 내에 마련되며, 기판을 유지하도록 구성된 정전 척을 갖는 스테이지와,
 상기 기판이 그 위에 유지된 상기 정전 척의 상면에 전열 가스를 공급하도록 구성된 가스 공급 기구와,
 상기 정전 척에 전압을 인가하도록 구성된 직류 전원과,
 상기 챔버 내의 가스의 플라즈마를 생성하기 위한 고주파를 상기 챔버 내에 마련된 전극에 공급하도록 구성된 고주파 전원과,
 상기 플라즈마에 따라 발생하는 자기 바이어스 전압을 측정하도록 구성된 자기 바이어스 전압 측정기와,
 상기 플라즈마 처리 장치의 전반적인 동작을 제어하도록 기억 장치에 기억된 제어 프로그램을 실행하는 컨트롤러
 를 구비하고,

상기 컨트롤러는, 상기 플라즈마에 따라 발생하는 자기 바이어스 전압의 절대값이 커질수록 작은 값을 출력하는 제1 함수의 출력과, 상기 기판의 플라즈마 처리 동안 상기 가스 공급 기구에 의해 상기 정전 척의 상기 상면에 공급되는 상기 전열 가스의 압력이 커질수록 큰 값을 출력하는 제2 함수의 출력을 결합시켜 도출되는 전압을, 상기 정전 척에 인가하도록, 상기 자기 바이어스 전압의 자기 절대값과 상기 기판의 자기 플라즈마 처리 동안의 자기 전열 가스의 자기 압력에 기초하여 상기 직류 전원을 제어하도록 구성되고,
 상기 컨트롤러는, 상기 제1 함수의 출력, 상기 제2 함수의 출력, 및 상기 제1 함수와 상기 제2 함수의 출력의 결합을 산출하도록 구성되는 것인, 플라즈마 처리 장치.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 정전 척에 유지된 피가공물의 온도, 또는 상기 피가공물의 온도와 상관이 있는 온도를 검출하는 검출기를 구비하고,
 상기 컨트롤러는 상기 검출기에 의해 검출된 온도에 기초하여, 상기 직류 전원에 의한 전압 인가 타이밍을 제어하도록 구성되는 것인, 플라즈마 처리 장치.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 컨트롤러는 상기 고주파 전원에 의해 상기 전극에 상기 고주파가 인가된 후에 있어서, 상기 검출기에 의해 검출된 온도가 미리 정해진 온도 임계값 이상이 되는 제1 타이밍, 상기 피가공물의 온도가 미리 정해진 온도 임계값 이상이 되는 예상 시간이 경과한 제2 타이밍, 또는 상기 제1 타이밍 및 상기 제2 타이밍 중 어느 쪽인가 빠른 쪽의 타이밍이 되었을 때에, 상기 정전 척으로의 전압의 인가가 개시되도록 상기 직류 전원을 제어하도록 구성되는 것인, 플라즈마 처리 장치.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 컨트롤러는 상기 직류 전원에 의한 전압 인가와 동일한 타이밍에 또는 미리 정해진 시간 경과 후에 상기 전열 가스의 공급이 개시되도록, 상기 가스 공급 기구를 제어하도록 구성되는 것인, 플라즈마 처리 장치.

청구항 5

제2항에 있어서, 상기 컨트롤러는 상기 고주파 전원에 의해 상기 전극에 상기 고주파가 인가된 후로서, 또한 상

기 직류 전원에 의한 전압 인가가 개시된 후로서, 상기 검출기에 의해 검출된 온도가 미리 정해진 온도 임계값 이상이 되는 제3 타이밍, 상기 피가공물의 온도가 미리 정해진 온도 임계값 이상이 되는 예상 시간이 경과한 제4 타이밍, 또는 상기 제3 타이밍 및 상기 제4 타이밍 중 어느 하나의 빠른 쪽의 타이밍이 되었을 때에, 상기 전열 가스의 공급이 개시되도록 상기 가스 공급 기구를 제어하도록 구성되는 것인, 플라즈마 처리 장치.

청구항 6

제2항에 있어서, 상기 컨트롤러는 상기 전열 가스의 압력이 상기 전열 가스의 공급이 개시된 이후 시간 경과와 함께 점차 증대하여 목표 압력에 가까워지도록 상기 가스 공급 기구를 제어하도록 구성되는 것인, 플라즈마 처리 장치.

청구항 7

제1항 또는 제6항에 있어서, 상기 컨트롤러는 상기 전열 가스의 압력이 미리 정해진 전열 가스 임계값 이하가 되도록 상기 가스 공급 기구를 제어하도록 구성되는 것인, 플라즈마 처리 장치.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 컨트롤러는 상기 전열 가스의 압력이 시간 경과에 따라 증대하도록 상기 가스 공급 기구를 제어하도록 구성되는 것인, 플라즈마 처리 장치.

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 컨트롤러는 또한, 다음 식에 의해 표현되는 결합을 행하여 도출된 전압이 상기 정전 척에 인가되도록 상기 직류 전원을 제어하도록 구성되는 것인, 플라즈마 처리 장치.

$$V = \alpha \cdot f(|V_{dc}|) + \beta \cdot f(P)$$

여기서, V_{dc} 는 자기 바이어스 전압, $f(|V_{dc}|)$ 는 제1 함수, P 는 전열 가스의 압력, $f(P)$ 는 제2 함수, α 및 β 는 정수임.

청구항 10

제3항 또는 제5항에 있어서, 상기 온도 임계값은 레시피 데이터로서 미리 기억된 상기 피가공물의 목표 온도에 미리 정해진 정수를 곱하여 얻은 값인, 플라즈마 처리 장치.

청구항 11

제1항에 있어서, 상기 컨트롤러는 상기 전열 가스의 상기 압력이 하나 이상의 중간 목표 압력에 가까워지도록 상기 가스 공급 기구를 단계적으로 제어하도록 구성되는 것이고,

상기 제1 함수는 상기 자기 바이어스 전압이 발생하는 전 기간에 걸쳐 단조 감소 함수인 것인, 플라즈마 처리 장치.

청구항 12

플라즈마 처리 장치로서,

챔버와,

상기 챔버 내에 마련되며, 기판을 유지하도록 구성된 정전 척으로서, 상기 정전 척은, 가스 공급 라인을 갖는, 정전 척과,

상기 가스 공급 라인을 통해 상기 정전 척과 상기 정전 척 상의 기판 사이의 공간에 전열 가스를 공급하도록 구성된 가스 공급 기구와,

상기 정전 척에 전압을 인가하도록 구성된 직류 전원과,

상기 챔버 내에서 플라즈마를 생성하도록 구성된 플라즈마 생성부와,

상기 플라즈마에 따라 발생하는 자기 바이어스 전압을 측정하도록 구성된 자기 바이어스 전압 측정기와,

상기 가스 라인을 통해 공급되는 상기 전열 가스의 압력을 검출하도록 구성된 압력 검출기와,

상기 자기 바이어스 전압 측정기의 출력과 상기 압력 검출기의 출력에 기초하여 상기 정전 척에 인가되는 상기 전압을 결정하도록 구성된 컨트롤러

를 구비하는, 플라즈마 처리 장치.

청구항 13

제12항에 있어서, 상기 컨트롤러는, 상기 자기 바이어스 전압이 커질수록 상기 전압이 작아지도록, 상기 전압을 결정하는 것인, 플라즈마 처리 장치.

청구항 14

제12항 또는 제13항에 있어서, 상기 컨트롤러는, 상기 전열 가스의 압력이 커질수록 상기 전압이 커지도록, 상기 전압을 결정하는 것인, 플라즈마 처리 장치.

청구항 15

제12항 또는 제13항에 있어서, 상기 자기 바이어스 전압 측정기는, 상기 플라즈마 생성부로부터 상기 챔버에 고주파를 인가하는 라인 상에 마련되는 것인, 플라즈마 처리 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시의 실시형태는 플라즈마 처리 장치 및 플라즈마 처리 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 전자 디바이스의 제조에 있어서는, 기판의 가공을 위해 플라즈마 처리가 행해진다. 플라즈마 처리에 있어서는, 플라즈마 처리 장치가 이용된다. 플라즈마 처리 장치는 일반적으로, 챔버 본체, 스테이지 및 고주파 전원을 구비한다. 챔버 본체는 그 내부 공간을 챔버로서 제공한다. 스테이지는 챔버 내에 마련된다. 스테이지는 하부 전극 및 정전 척을 갖는다. 정전 척은 하부 전극 상에 마련된다. 하부 전극에는 고주파(Radio Frequency) 전원이 접속된다.

[0003] 플라즈마 처리에 있어서는, 플라즈마로부터의 입열에 의해 피가공물의 온도가 상승한다. 이 때문에, 플라즈마 처리 장치는 피가공물을 냉각하는 냉각 기구를 가지고 있다. 예컨대, 정전 척은 흡착되어 있는 피가공물을 향하여 개구하는 복수의 전열 가스 공급 구멍을 갖는다. 정전 척은 피가공물을 유지하며, 전열 가스 공급 구멍으로부터 전열 가스를 피가공물의 이면에 공급함으로써, 피가공물의 온도 상승을 억제할 수 있다. 이러한 플라즈마 처리 장치는 예컨대 특허문헌 1에 기재되어 있다. 특허문헌 1의 장치는 정전 척에 인가되는 전압을 점진 변화시키면서 상승시키는 경우, 전열 가스 공급 구멍으로부터 공급되는 전열 가스의 압력을 제어함으로써, 정전 척의 흡착면으로부터 피가공물이 떨어지고자 하는 힘이 정전 척의 정전기력을 상회하지 않도록 제어한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0004] (특허문헌 0001) 특허문헌 1: 일본 특허 공개 제2011-198838호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 그런데, 피가공물을 플라즈마 처리할 때, 피가공물의 영역마다 온도가 상이한 경우가 있다. 영역마다 온도가 상이한 경우, 플라즈마 처리가 불균일해진다. 또한, 프로세스에 의해 냉각 능력이 변화하는 경우가 있다. 냉각 능

력이 변화한 경우, 피가공물마다, 또는 복수의 피가공물에 대하여, 균일한 플라즈마 처리를 할 수 없다.

[0006] 본 기술분야에 있어서는, 피가공물에서의 플라즈마 처리 시에 정전 척 상의 피가공물의 온도 제어를 적절하게 행하는 것이 요구된다.

과제의 해결 수단

[0007] 일양태에 있어서는 플라즈마 처리 장치가 제공된다. 플라즈마 처리 장치는 챔버 본체, 스테이지, 가스 공급 기구, 직류 전원, 고주파 전원 및 컨트롤러를 구비한다. 챔버 본체는 챔버를 제공한다. 스테이지는 챔버 내에 마련되며, 정전 척을 갖는다. 가스 공급 기구는 정전 척의 상면에 전열 가스를 공급하도록 구성된다. 직류 전원은 정전 척에 전압을 인가하도록 구성된다. 고주파 전원은 챔버 내의 가스의 플라즈마를 생성하기 위한 고주파를 챔버 내에 마련된 전극에 공급하도록 구성된다. 컨트롤러는 직류 전원을 제어하도록 구성된다. 컨트롤러는 플라즈마에 따라 발생하는 자기 바이어스 전압의 절대값이 커질수록 작은 값을 출력하는 제1 함수의 출력과, 가스 공급 기구에 의해 정전 척의 상면에 공급되는 전열 가스의 압력이 커질수록 큰 값을 출력하는 제2 함수의 출력을 결합시켜 도출되는 전압을, 정전 척에 인가하도록 직류 전원을 제어한다.

[0008] 일양태에 따른 플라즈마 처리 장치에서는, 직류 전원에 의해, 제1 함수의 출력과 제2 함수의 출력을 결합시켜 도출되는 전압이, 정전 척에 인가된다. 제1 함수는 자기 바이어스 전압의 절대값이 커질수록 작은 값을 출력하는 함수이다. 자기 바이어스 전압의 절대값이 커질수록 정전 척으로의 흡착력이 증대한다. 이 플라즈마 처리 장치는 자기 바이어스 전압의 절대값의 증가에 따라 정전 척에 인가되는 전압을 감소시킴으로써, 정전 척으로의 흡착력이 자기 바이어스 전압의 절대값의 증가에 따라 증가하는 것을 회피할 수 있다. 또한, 이 플라즈마 처리 장치는 자기 바이어스 전압의 감소에 따라 정전 척에 인가되는 전압을 증가시킴으로써, 정전 척으로의 흡착력이 자기 바이어스 전압의 감소에 따라 감소하는 것을 회피할 수 있다. 자기 바이어스 전압은 프로세스 조건에 따라 변화한다. 즉, 이 플라즈마 처리 장치는 어떤 프로세스 조건으로부터 상이한 프로세스 조건으로 천이하였을 때에, 정전 척으로의 흡착력이 크게 변동하는 것을 회피할 수 있다. 따라서, 이 플라즈마 처리 장치는 연속하는 프로세스 실행 시에 있어서 정전 척으로의 흡착력을 안정화시킬 수 있다. 또한, 정전 척에 인가되는 전압은 제2 함수의 출력을 이용하여 설정된다. 제2 함수는 전열 가스의 압력이 커질수록 큰 값을 출력하는 함수이다. 전열 가스의 압력은 피가공물을 정전 척으로부터 이격시키는 방향으로 작용한다. 이 플라즈마 처리 장치는 전열 가스의 압력의 증가 및 감소에 따라 정전 척에 인가되는 전압을 증가 및 감소시킴으로써, 피가공물이 정전 척으로부터 이격하지 않는 범위가 되도록 정전 척에 인가되는 전압을 설정할 수 있다. 이와 같이, 일양태에 따른 플라즈마 처리 장치는 제1 함수 및 제2 함수의 출력을 결합시켜 전압을 도출하고 있기 때문에, 정전 척에 인가하는 전압을 최적의 값으로 설정할 수 있다. 일양태에 따른 플라즈마 처리 장치는 정전 척에 인가하는 전압을 최적의 값으로 설정함으로써, 피가공물에서의 플라즈마 처리 시에 정전 척상의 피가공물의 온도 제어를 적절하게 행할 수 있다.

[0009] 일 실시형태에 있어서, 플라즈마 처리 장치는 정전 척에 유지된 피가공물의 온도, 또는 피가공물의 온도와 상관이 있는 온도를 검출하는 검출기를 구비하고, 컨트롤러는 검출기에 의해 검출된 온도에 기초하여, 직류 전원에 의한 전압 인가 타이밍을 제어하여도 좋다. 이 경우, 이 플라즈마 처리 장치는 피가공물의 온도에 따른 타이밍에 피가공물을 정전 척에 흡착시킬 수 있다.

[0010] 일 실시형태에 있어서, 컨트롤러는 고주파 전원에 의해 전극에 고주파가 인가된 후에 있어서, 검출기에 의해 검출된 온도가 미리 정해진 온도 임계값 이상이 되는 제1 타이밍, 피가공물의 온도가 미리 정해진 온도 임계값 이상이 되는 예상 시간이 경과한 제2 타이밍, 또는 제1 타이밍 및 제2 타이밍 중 어느 하나의 빠른 쪽의 타이밍이 되었을 때에, 정전 척으로의 전압의 인가가 개시되도록 직류 전원을 제어하여도 좋다. 이 경우, 고주파 전원에 의해 하부 전극에 고주파가 인가된 타이밍에 정전 척에 전압을 인가하는 경우와 비교하여, 이 플라즈마 처리 장치는 피가공물의 온도가 목표 온도에 도달하기까지의 시간을 단축할 수 있다. 따라서, 이 플라즈마 처리 장치는 온도의 응답성을 향상시킬 수 있다.

[0011] 일 실시형태에 있어서, 컨트롤러는 직류 전원에 의한 전압 인가와 동일한 타이밍에 또는 미리 정해진 시간 경과 후에 전열 가스의 공급이 개시되도록, 가스 공급 기구를 더욱 제어하여도 좋다. 이 경우, 플라즈마 처리 장치는 전열 가스의 압력에 의해 피가공물이 정전 척으로부터 이격하는 것을 억제하면서, 온도 조절을 개시할 수 있다.

[0012] 일 실시형태에 있어서, 컨트롤러는 고주파 전원에 의해 전극에 고주파가 인가된 후로서, 또한 직류 전원에 의한 전압 인가가 개시된 후에 있어서, 검출기에 의해 검출된 온도가 미리 정해진 온도 임계값 이상이 되는 제3 타이밍, 피가공물의 온도가 미리 정해진 온도 임계값 이상이 되는 예상 시간이 경과한 제4 타이밍, 또는 제3 타이밍

및 제4 타이밍 중 어느 하나의 빠른 쪽의 타이밍이 되었을 때에, 전열 가스의 공급이 개시되도록 가스 공급 기구를 더욱 제어하여도 좋다. 이 경우, 고주파 전원에 의해 하부 전극에 고주파가 인가된 타이밍에 전열 가스의 공급을 개시하는 경우와 비교하여, 이 플라즈마 처리 장치는 피가공물의 온도가 목표 온도에 도달하기까지의 시간을 단축할 수 있다. 따라서, 이 플라즈마 처리 장치는 온도의 응답성을 향상시킬 수 있다.

[0013] 일 실시형태에 있어서, 컨트롤러는 전열 가스의 압력이 시간 경과와 함께 증대하도록 가스 공급 기구를 더욱 제어하여도 좋다. 이 경우, 이 플라즈마 처리 장치는 한번에 목표 압력이 되도록 전열 가스의 압력을 제어하는 경우와 비교하여, 급격하게 전열 가스의 압력이 증대하는 것을 회피할 수 있기 때문에, 전열 가스의 압력에 의해 피가공물이 정전 척으로부터 이격하는 것을 회피할 수 있다.

[0014] 일 실시형태에 있어서, 컨트롤러는 전열 가스의 압력이 미리 정해진 전열 가스 임계값 이하가 되도록 가스 공급 기구를 더욱 제어하여도 좋다. 이 경우, 이 플라즈마 처리 장치는 전열 가스의 압력에 의해 피가공물이 정전 척으로부터 이격하는 것을 회피할 수 있다.

[0015] 다른 양태에 있어서는 플라즈마 처리 방법이 제공된다. 방법은 플라즈마 처리 장치로 실행된다. 플라즈마 처리 장치는 챔버 본체, 스테이지, 가스 공급 기구, 직류 전원, 고주파 전원 및 컨트롤러를 구비한다. 챔버 본체는 챔버를 제공한다. 스테이지는 챔버 내에 마련되며, 정전 척을 갖는다. 가스 공급 기구는 정전 척의 상면에 전열 가스를 공급하도록 구성된다. 직류 전원은 정전 척에 전압을 인가하도록 구성된다. 고주파 전원은 챔버 내의 가스의 플라즈마를 생성하기 위한 고주파를 챔버 내에 마련된 전극에 공급하도록 구성된다. 방법은 결정하는 공정과, 인가하는 공정을 포함한다. 결정하는 공정에서는, 플라즈마에 따라 발생하는 자기 바이어스 전압의 절대값이 커질수록 작은 값을 출력하는 제1 함수의 출력과, 가스 공급 기구에 의해 정전 척의 상면에 공급되는 전열 가스의 압력이 커질수록 큰 값을 출력하는 제2 함수의 출력을 결합시켜, 정전 척에 인가되는 전압이 결정된다. 인가하는 공정에서는, 결정하는 공정에서 결정된 전압이 정전 척에 인가된다. 다른 양태에 따르면, 일양태에 따른 플라즈마 처리 장치와 동일한 효과를 가져온다.

발명의 효과

[0016] 이상 설명한 바와 같이, 피가공물에의 플라즈마 처리 시에 정전 척 상의 피가공물의 온도 제어를 적절하게 행하는 것이 가능해진다.

도면의 간단한 설명

[0017] 도 1은 일 실시형태에 따른 플라즈마 처리 장치를 개략적으로 나타내는 도면이다.
 도 2는 도 1에 나타내는 스테이지와 포커스 링의 일부 확대 단면도이다.
 도 3은 도 1에 나타내는 플라즈마 처리 장치에 있어서 채용 가능한 자기 바이어스 전압 측정기의 일례를 나타내는 도면이다.
 도 4는 기판 온도의 시간 의존성을 나타내는 그래프이다.
 도 5는 일 실시형태에 따른 플라즈마 처리 방법을 나타내는 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] 이하, 도면을 참조하여 여러 가지의 실시형태에 대해서 상세하게 설명한다. 또한, 각 도면에 있어서 동일 또는 상당하는 부분에 대해서는 동일한 부호를 붙이는 것으로 한다.

[0019] [플라즈마 처리 장치의 개요]

[0020] 도 1은 일 실시형태에 따른 플라즈마 처리 장치를 개략적으로 나타내는 도면이다. 도 1에 나타내는 바와 같이, 플라즈마 처리 장치의 일례는 용량 결합형의 플라즈마 처리 장치(10)이다. 플라즈마 처리 장치(10)는 챔버 본체(12)를 구비한다. 챔버 본체(12)는 대략 원통 형상을 갖는다. 챔버 본체(12)는 그 내부 공간을 챔버(12c)로서 제공한다. 챔버 본체(12)는 예컨대 알루미늄으로 구성된다. 챔버 본체(12)는 접지 전위에 접속된다. 챔버 본체(12)의 내벽면, 즉, 챔버(12c)를 구획하는 벽면에는, 내플라즈마성을 갖는 막이 형성된다. 이 막은 양극 산화 처리에 의해 형성된 막, 또는 산화이트륨으로 형성된 막이라고 하는 세라믹제의 막일 수 있다. 또한, 챔버 본체(12)의 측벽에는 통로(12g)가 형성된다. 기판(W)이 챔버(12c)에 반입될 때, 또한 기판(W)이 챔버(12c)로부터 반출될 때에, 기판(W)은 통로(12g)를 통과한다. 이 통로(12g)의 개폐를 위해, 게이트 밸브(14)가 챔버 본체(12)의

측벽을 따라 마련된다.

- [0021] 챔버(12c) 내에서는, 지지부(15)가 챔버 본체(12)의 바닥부로부터 상방으로 연장된다. 지지부(15)는 대략 원통 형상을 가지고 있고, 알루미늄이나 세라믹이나 석영이라고 하는 절연 재료로 형성된다. 지지부(15) 상에는 스테이지(16)가 탑재되어 있고, 스테이지(16)는 지지부(15)에 의해 지지된다. 스테이지(16)는 챔버(12c) 내에 있어서 기판(W)을 지지하도록 구성된다. 스테이지(16)는 정전 척(20)을 포함한다. 일 실시형태에 있어서, 스테이지(16)는 전극 플레이트(21) 및 하부 전극(18)을 더 포함한다. 전극 플레이트(21)는 알루미늄이라고 하는 도전성 재료로 형성되어 있고, 대략 원반 형상을 갖는다. 하부 전극(18)은 전극 플레이트(21) 상에 마련된다. 하부 전극(18)은 알루미늄이라고 하는 도전성 재료로 형성되어 있고, 대략 원반 형상을 갖는다. 하부 전극(18)은 전극 플레이트(21)에 전기적으로 접속된다.
- [0022] 하부 전극(18) 내에는 유로(18f)가 마련된다. 유로(18f)는 열 교환 매체용의 유로이다. 열 교환 매체로서는, 액형의 냉매, 또는 그 기화에 의해 하부 전극(18)을 냉각하는 냉매(예컨대, 프론)가 이용된다. 유로(18f)에는 챔버 본체(12)의 외부에 마련된 칠러 유닛(23)으로부터 배관(23a)을 통해 열 교환 매체가 공급된다. 유로(18f)에 공급된 열 교환 매체는 배관(23b)을 통해 칠러 유닛(23)에 복귀된다. 칠러 유닛(23)은 배관(23b)을 통해 칠러 유닛(23)에 복귀된 냉매의 온도를 검출하여, 배관(23a)에 공급하는 냉매의 온도를 조절한다. 이와 같이, 유로(18f)에는, 그 유로(18f)와 칠러 유닛(23) 사이에서 순환하도록, 열 교환 매체가 공급된다.
- [0023] 정전 척(20)은 하부 전극(18) 상에 마련된다. 정전 척(20)은 절연체로 형성된 본체와, 그 본체 내에 마련된 막형의 전극(22a)을 갖는다. 정전 척(20)의 전극(22a)에는 제1 직류 전원(22)이 전기적으로 접속된다. 제1 직류 전원(22)은 일례로서 가변 직류 전원이다. 제1 직류 전원(22)은 예컨대 0~5 kV의 전압을 전극(22a)에 인가한다. 제1 직류 전원(22)으로부터 정전 척(20)의 전극에 전압이 인가된 경우, 정전 척(20) 상에 배치된 기판(W)(피가공물의 일례)과 정전 척(20) 사이에서 정전 인력이 발생한다. 발생한 정전 인력에 의해, 기판(W)은 정전 척(20)에 유인되고, 그 정전 척(20)에 의해 유지된다.
- [0024] 플라즈마 처리 장치(10)에는 가스 공급 라인(25)이 마련된다. 가스 공급 라인(25)은 가스 공급 기구(24)로부터의 전열 가스, 예컨대 He 가스를, 정전 척(20)의 상면과 기판(W)의 이면(하면) 사이에 공급한다. 전열 가스는 예컨대 10~200 Torr의 압력으로 공급된다. 가스 공급 라인(25)에는 공급되는 전열 가스의 압력을 검출하는 검출기가 배치된다.
- [0025] 챔버 본체(12)의 바닥부로부터는, 통형부(28)가 상방으로 연장되어 있다. 통형부(28)는 지지부(15)의 외주를 따라 연장되어 있다. 통형부(28)는 도전성 재료로 형성되어 있고, 대략 원통 형상을 가지고 있다. 통형부(28)는 접지 전위에 접속되어 있다. 통형부(28) 상에는 절연부(29)가 마련되어 있다. 절연부(29)는 절연성을 가지고, 예컨대 석영이라고 하는 세라믹으로 형성되어 있다. 절연부(29)는 대략 원통 형상을 가지고 있고, 전극 플레이트(21)의 외주, 하부 전극(18)의 외주 및 정전 척(20)의 외주를 따라 연장되어 있다.
- [0026] 챔버 본체(12)의 바닥부로부터는, 통형부(28)가 상방으로 연장된다. 통형부(28)는 지지부(15)의 외주를 따라 연장된다. 통형부(28)는 도전성 재료로 형성되어 있고, 대략 원통 형상을 갖는다. 통형부(28)는 접지 전위에 접속된다. 통형부(28) 상에는 절연부(29)가 마련된다. 절연부(29)는 절연성을 가지고, 예컨대 석영이라고 하는 세라믹으로 형성된다. 절연부(29)는 대략 원통 형상을 가지고, 전극 플레이트(21)의 외주, 하부 전극(18)의 외주 및 정전 척(20)의 외주를 따라 연장된다.
- [0027] 정전 척(20)의 외주 영역 상에는, 포커스 링(FR)이 배치된다. 포커스 링(FR)은 대략 환형 판형상을 가지고, 예컨대 실리콘으로 형성된다. 포커스 링(FR)은 기판(W)의 엣지를 둘러싸도록 배치된다. 도 2는 도 1에 나타내는 스테이지와 포커스 링의 일부 확대 단면도이다. 도 2에 나타내는 바와 같이, 일 실시형태에서는, 포커스 링(FR)은 도체(20b)를 통해 하부 전극(18)에 전기적으로 접속되어 있다. 도체(20b)는 정전 척(20)을 관통하고 있다.
- [0028] 플라즈마 처리 장치(10)는 상부 전극(30)을 더 구비한다. 상부 전극(30)은 스테이지(16)의 상방에 마련된다. 상부 전극(30)은 부재(32)와 함께 챔버 본체(12)의 상부 개구를 폐쇄한다. 부재(32)는 절연성을 갖는다. 상부 전극(30)은 이 부재(32)를 통해 챔버 본체(12)의 상부에 지지된다. 후술하는 바와 같이, 고주파 전원(61)이 하부 전극(18)에 전기적으로 접속되어 있는 경우에는, 상부 전극(30)은 접지 전위에 접속된다.
- [0029] 상부 전극(30)은 천장판(34) 및 지지체(36)를 포함한다. 천장판(34)의 하면은 챔버(12c)를 구획한다. 천장판(34)에는 복수의 가스 토출 구멍(34a)이 마련된다. 복수의 가스 토출 구멍(34a)의 각각은 천장판(34)을 판 두께 방향(연직 방향)으로 관통한다. 이 천장판(34)은 예컨대 실리콘으로 형성된다. 또는, 천장판(34)은 알루미늄제의 소재의 표면에 내플라즈마성의 막을 마련한 구조를 가질 수 있다. 이 막은 양극 산화 처리에 의해 형성된

막, 또는 산화이트륨으로 형성된 막이라고 하는 세라믹제의 막일 수 있다.

- [0030] 지지체(36)는 천장판(34)을 착탈 가능하게 지지하는 부품이다. 지지체(36)는 예컨대 알루미늄이라고 하는 도전성 재료로 형성될 수 있다. 지지체(36)의 내부에는 가스 확산실(36a)이 마련되어 있다. 가스 확산실(36a)로부터는, 복수의 가스 구멍(36b)이 하방으로 연장된다. 복수의 가스 구멍(36b)은 복수의 가스 토출 구멍(34a)에 각각 연통한다. 지지체(36)에는 가스 확산실(36a)에 가스를 유도하는 가스 도입구(36c)가 형성되어 있고, 이 가스 도입구(36c)에는 가스 공급관(38)이 접속된다.
- [0031] 가스 공급관(38)에는 밸브군(42) 및 유량 제어기군(44)을 통해, 가스 소스군(40)이 접속된다. 가스 소스군(40)은 복수의 가스 소스를 포함한다. 밸브군(42)은 복수의 밸브를 포함하고 있고, 유량 제어기군(44)은 복수의 유량 제어기를 포함한다. 유량 제어기군(44)의 복수의 유량 제어기의 각각은, 매스 플로우 컨트롤러 또는 압력 제어식의 유량 제어기이다. 가스 소스군(40)의 복수의 가스 소스는 각각, 밸브군(42)의 대응의 밸브 및 유량 제어기군(44)의 대응의 유량 제어기를 통해, 가스 공급관(38)에 접속된다. 플라즈마 처리 장치(10)는 가스 소스군(40)의 복수의 가스 소스 중 선택된 1 이상의 가스 소스로부터의 가스를, 개별로 조정된 유량으로, 챔버(12c)에 공급하는 것이 가능하다.
- [0032] 통형부(28)와 챔버 본체(12)의 측벽 사이에는 배플 플레이트(48)가 마련된다. 배플 플레이트(48)는 예컨대, 알루미늄제의 모재에 산화이트륨 등의 세라믹을 피복함으로써 구성될 수 있다. 이 배플 플레이트(48)에는 다수의 관통 구멍이 형성된다. 배플 플레이트(48)의 하방에 있어서는, 배기관(52)이 챔버 본체(12)의 바닥부에 접속된다. 이 배기관(52)에는 배기 장치(50)가 접속된다. 배기 장치(50)는 자동 압력 제어 밸브라고 하는 압력 제어기 및 터보 분자 펌프 등의 진공 펌프를 가지고 있어, 챔버(12c)를 감압할 수 있다.
- [0033] 플라즈마 처리 장치(10)는 고주파 전원(61)을 더 구비한다. 고주파 전원(61)은 플라즈마 생성용의 고주파를 발생하는 전원이다. 고주파는 27~100 MHz의 범위 내의 주파수, 예컨대 60 MHz의 주파수를 갖는다. 고주파 전원(61)은 정합기(65) 및 전극 플레이트(21)를 통해, 하부 전극(18)에 접속된다. 정합기(65)는 고주파 전원(61)의 출력 임피던스와 부하측[하부 전극(18)측]의 임피던스를 정합시킨다. 또한, 고주파 전원(61)은 정합기(65)를 통해 상부 전극(30)에 접속되어 있어도 좋다.
- [0034] 플라즈마 처리 장치(10)는 제2 직류 전원(70)을 더 구비한다. 제2 직류 전원(70)은 포커스 링(FR)에 인가되는 부극성의 직류 전압을 발생하는 전원이다. 제2 직류 전원(70)은 고주파 필터(74)를 통해 하부 전극(18)에 전기적으로 접속되어 있다. 일 실시형태에서는, 하부 전극(18)은 포커스 링(FR)에 전기적으로 접속되어 있다. 따라서, 제2 직류 전원(70)은 고주파 필터(74) 및 하부 전극(18)을 통해, 포커스 링(FR)에 전기적으로 접속되어 있다.
- [0035] 일 실시형태에서는, 플라즈마 처리 장치(10)는 자기 바이어스 전압 측정기(76)를 더 구비하고 있다. 도 3은 도 1에 나타내는 플라즈마 처리 장치에 있어서 채용 가능한 자기 바이어스 전압 측정기의 일례를 나타내는 도면이다. 자기 바이어스 전압 측정기(76)는 하부 전극(18)의 자기 바이어스 전압[또는, 기관(W)의 자기 바이어스 전압]을 측정하도록 구성되어 있다. 일 실시형태에서는, 도 3에 나타내는 바와 같이, 자기 바이어스 전압 측정기(76)는 저항체(76a), 저항체(76b) 및 전압 센서(76c)를 가지고 있다. 저항체(76a)와 저항체(76b)는 단자(76t)와 그랜드 사이에서 직렬 접속되어 있다. 단자(76t)는 하부 전극(18)과 정합기(65) 사이의 노드에 접속된다. 노드의 전압은 제2 직류 전원(70)으로부터의 직류 전압이 포커스 링(FR)에 인가되고 있지 않을 때에, 하부 전극(18)의 자기 바이어스 전압과 대략 동전압이 된다. 자기 바이어스 전압 측정기(76)는 이러한 노드에 있어서의 전압을 분압하여, 분압된 전압을 측정함으로써, 자기 바이어스 전압을 측정할 수 있다.
- [0036] 일 실시형태에서는, 플라즈마 처리 장치(10)는 온도 측정기(80)를 더 구비한다. 일례로서, 상부 전극(30)에는 온도 측정기(80)가 마련된다. 온도 측정기(80)는 정전 척(20)에 유지된 기관(W)의 온도를 검출하는 검출기이다. 온도 측정기(80)는 기관(W)을 투과하는 파장을 갖는 측정광을, 상부 전극(30)에 형성된 측정창을 통해, 정전 척(20)에 유지된 기관(W)의 표면에 출사한다. 온도 측정기(80)는 기관(W)의 표면 및 이면으로부터의 반사광의 광간섭에 기초하여, 기관(W)의 온도를 검출한다. 온도 측정기(80)는 하부 전극(18)측으로부터 기관(W)의 이면을 향하여 측정광을 출사하여도 좋다.
- [0037] 플라즈마 처리 장치(10)는 주제어부(MC)(컨트롤러의 일례)를 더 구비할 수 있다. 주제어부(MC)는 프로세서, 기억 장치, 입력 장치, 표시 장치 등을 구비하는 컴퓨터이고, 플라즈마 처리 장치(10)의 각 부를 제어한다. 구체적으로, 주제어부(MC)는 기억 장치에 기억되어 있는 제어 프로그램을 실행하여, 그 기억 장치에 기억되어 있는 레시피 데이터에 기초하여 플라즈마 처리 장치(10)의 각 부를 제어한다. 이에 의해, 플라즈마 처리 장치(10)는

레시피 데이터에 의해 지정된 프로세스를 실행한다.

- [0038] [주제어부의 제어]
- [0039] [정전 척으로의 공급 전압]
- [0040] 주제어부(MC)는 제1 직류 전원(22)을 제어하도록 구성된다. 주제어부(MC)는 제1 직류 전원(22)을 제어함으로써, 정전 척(20)의 전극(22a)에 공급되는 전압(V)을 제어한다. 이에 의해, 주제어부(MC)는 정전 척(20)의 정전 인력을 제어한다. 정전 척(20)의 전극(22a)에 공급되는 전압이 높을수록, 정전 인력은 커진다. 따라서, 정전 척(20)의 전극(22a)에 공급되는 전압이 높을수록, 정전 척(20)에의 흡착력이 커진다.
- [0041] 주제어부(MC)는 제1 함수의 출력과 제2 함수의 출력을 결합시켜, 정전 척(20)의 전극(22a)에 공급되는 전압을 결정한다.
- [0042] 제1 함수는 자기 바이어스 전압의 절대값이 커질수록 작은 값을 출력하는 함수이다. 제1 함수는 자기 바이어스 전압의 절대값을 파라미터로 하여, 정전 인력을 조정하기 위한 값을 출력하는 함수이다. 제1 함수는 일례로서 단조 감소 함수이다. 제1 함수는 특별히 차수는 한정되지 않고, 1차 함수여도 좋고, 2차 함수여도 좋다. 제1 함수는 단항식이어도 좋고, 다항식이어도 좋다. 제1 함수는 테이블을 참조하는 함수여도 좋고, 경험칙으로부터 유도된 함수여도 좋다.
- [0043] 플라스마가 생성되면, 기관(W)에는 자기 바이어스 전압이 인가된다. 자기 바이어스 전압은 플라스마에 따라 발생하고, 프로세스 조건에 따라 변화한다. 자기 바이어스 전압의 절대값이 커질수록, 기관(W)을 정전 척(20)에 끌어당기는 힘이 커진다. 이 때문에, 자기 바이어스 전압의 절대값이 커질수록, 정전 척(20)에의 흡착력이 커진다. 이 때문에, 주제어부(MC)는 제1 함수를 이용하여 자기 바이어스 전압의 변동에 따른 흡착력의 변동을 상쇄한다. 구체적으로는, 주제어부(MC)는 자기 바이어스 전압 측정기(76)에 의해 검출된 자기 바이어스 전압을 제1 함수에 입력한다. 주제어부(MC)는 제1 함수로부터 자기 바이어스 전압의 변동을 반영시킨 출력을 얻는다. 제1 함수의 결과를 이용함으로써, 자기 바이어스가 변화한 경우라도, 안정된 흡착력을 실현한다.
- [0044] 제2 함수는 전열 가스의 압력이 커질수록 큰 값을 출력하는 함수이다. 제2 함수는 전열 가스의 압력을 파라미터로 하여, 정전 인력을 조정하기 위한 값을 출력하는 함수이다. 제2 함수는 일례로서 단조 증가 함수이다. 제2 함수는 특별히 차수는 한정되지 않고, 1차 함수여도 좋고, 2차 함수여도 좋다. 제2 함수는 단항식이어도 좋고, 다항식이어도 좋다. 제2 함수는 테이블을 참조하는 함수여도 좋고, 경험칙으로부터 유도된 함수여도 좋다.
- [0045] 기관(W)에 공급되는 전열 가스는 기관(W)의 이면에 공급되기 때문에, 기관(W)을 정전 척(20)으로부터 이격시키는 방향으로 힘이 작용한다. 이하에서는, 이 힘을 이격력이라고 한다. 프로세스 조건에 따라 플라스마 입열은 변화한다. 플라스마 입열이 변화하는 경우, 기관(W)의 온도 변화를 억제하기 위해, 전열 가스의 압력을 변화시킨다. 즉, 프로세스 조건에 따라 이격력이 변화한다. 제2 함수는 전열 가스의 압력을 파라미터로 하여, 이격력보다 큰 흡착력이 되도록, 정전 인력을 조정하기 위한 값을 출력한다. 구체적으로는, 주제어부(MC)는 가스 공급 라인(25)에 배치된 검출기에 의해 검출된 압력을 제2 함수에 입력한다. 주제어부(MC)는 제2 함수로부터 전열 가스의 압력의 변동을 반영시킨 출력을 얻는다. 제2 함수의 결과를 이용함으로써, 전열 가스의 압력이 변화된 경우라도, 기관(W)이 정전 척으로부터 이격하는 것을 억제한다.
- [0046] 주제어부(MC)는 제1 함수의 출력과 제2 함수의 출력을 결합한다. 결합이란, 조합하는 것이다. 결합은 예컨대, 합산, 적산, 곱셈 등의 연산이다. 일례로서, 주제어부(MC)는 이하의 결합을 행하여, 정전 척(20)의 전극(22a)에 공급되는 전압(V)을 결정한다.
- [0047]
$$V = \alpha \cdot f(|V_{dc}|) + \beta \cdot f(P)$$
- [0048] 여기서, $f(|V_{dc}|)$ 는 제1 함수이고, V_{dc} 는 자기 바이어스 전압이다. $f(P)$ 는 제2 함수이고, P 는 전열 가스의 압력이다. α , β 는 정수이다. 주제어부(MC)는 상기 결합으로 얻어진 전압(V)을, 정전 척(20)에 인가하도록 제1 직류 전원(22)을 제어한다.
- [0049] [전압 인가 타이밍]
- [0050] 주제어부(MC)는 정전 척(20)에 유지된 기관(W)의 온도에 기초하여, 제1 직류 전원(22)에 의한 전압 인가 타이밍을 제어하도록 구성된다. 주제어부(MC)는 온도 측정기(80)에 의해 검출된 기관(W)의 온도를 취득하여, 제어에 이용한다.
- [0051] 구체적인 일례로서, 주제어부(MC)는 고주파 전원(61)에 의해 하부 전극(18)에 고주파(RF)가 인가된 후로서, 온

도 측정기(80)에 의해 검출된 온도가 미리 정해진 온도 임계값 이상이 되는 제1 타이밍이 되었을 때에, 정전 척(20)에의 전압(V)의 인가가 개시되도록 제1 직류 전원(22)을 제어한다. 온도 임계값은 기관(W)의 목표 온도에 기초하여 설정될 수 있다. 기관(W)의 목표 온도는 프로세스 조건에 의해 설정되어, 레시피 데이터로서 기억되어 있다. 일례로서, 온도 임계값은 기관(W)의 목표 온도에 미리 정해진 정수를 곱한 값이 채용된다. 미리 정해진 정수는 예컨대, 0.8~1.0의 범위로 설정될 수 있다. 이와 같이, 주제어부(MC)는 고주파의 ON 타이밍과, 정전 척(20)에 공급되는 전압의 ON 타이밍을 어긋나게 한다.

[0052] 주제어부(MC)는 고주파 전원(61)에 의해 하부 전극(18)에 고주파(RF)가 인가된 후로서, 기관(W)의 온도가 미리 정해진 온도 임계값 이상이 되는 예상 시간이 경과한 제2 타이밍이 되었을 때에, 정전 척(20)에의 전압(V)의 인가가 개시되도록 제1 직류 전원(22)을 제어하여도 좋다. 예상 시간은 시뮬레이션이나 사전 운전 등에 의해 얻어진 데이터에 기초하여 미리 설정될 수 있다.

[0053] 주제어부(MC)는 전술한 제1 타이밍 및 제2 타이밍 중 어느 하나의 빠른 쪽의 타이밍이 되었을 때에, 정전 척(20)에의 전압(V)의 인가가 개시되도록 제1 직류 전원(22)을 제어하여도 좋다.

[0054] 이와 같이, 주제어부(MC)는 제1 타이밍, 제2 타이밍, 또는 이들의 조합에 기초하여, 고주파의 ON 타이밍과, 정전 척(20)에 공급되는 전압의 ON 타이밍을 어긋나게 하여도 좋다.

[0055] 주제어부(MC)는 기관(W)의 온도와 상관이 있는 온도에 기초하여 제1 직류 전원(22)에 의한 전압 인가 타이밍을 제어하도록 구성되어도 좋다. 기관(W)의 온도와 상관이 있는 온도란, 정전 척(20)의 온도, 배관(23b)을 통해 칠러 유닛(23)에 복귀되는 열 교환 매체의 온도, 포커스 링(FR)의 온도, 상부 전극(30)의 온도 등이다. 이들 온도를 검출하는 검출기의 일례는, 온도 측정기(80)와 같은 광 간섭계여도 좋고, 구성 부품에 매립된 온도 센서여도 좋다.

[0056] [전열 가스의 압력]

[0057] 주제어부(MC)는 전열 가스의 압력이 미리 정해진 전열 가스 임계값 이하가 되도록, 가스 공급 기구(24)를 더욱 제어하여도 좋다. 전열 가스 임계값은 전열 가스의 최대 압력을 정의하는 값이며, 미리 정해진다. 최대 압력이 설정됨으로써, 기관(W)에 상정 이상의 이격력이 작용하는 것을 회피한다.

[0058] [전열 가스의 압력 공급]

[0059] 주제어부(MC)는 일례로서, 전열 가스의 압력이 시간 경과와 함께 증대하도록 가스 공급 기구를 더욱 제어한다. 주제어부(MC)는 레시피 데이터의 목표 압력에 서서히 근접하도록 전열 가스의 압력을 증대시킨다. 목표 압력은 미리 전열 가스 임계값 이하로 설정되어도 좋다. 주제어부(MC)는 예컨대, 목표 압력에 도달하기까지의 몇 개의 압력을 중간 목표 압력으로 설정하고, 미리 정해진 시간 간격으로 중간 목표 압력을 달성하도록 단계적으로 압력을 제어한다. 또는, 주제어부(MC)는 압력의 증가 최대값을 설정하고, 증가 최대값을 넘지 않는 범위에서, 레시피 데이터에 근접하도록 하여도 좋다.

[0060] [전열 가스의 공급 타이밍]

[0061] 주제어부(MC)는 정전 척(20)에 유지된 기관(W)의 온도에 기초하여, 가스 공급 기구(24)에 의한 전열 가스의 공급 타이밍을 제어하도록 구성된다. 주제어부(MC)는 온도 측정기(80)에 의해 검출된 기관(W)의 온도를 취득하여, 제어에 이용한다.

[0062] 구체적인 일례로서, 주제어부(MC)는 고주파 전원(61)에 의해 하부 전극(18)에 고주파가 인가된 후로서, 또한 제1 직류 전원(22)에 의한 전압 인가가 개시된 후에 있어서, 온도 측정기(80)에 의해 검출된 온도가 미리 정해진 온도 임계값 이상이 되는 제3 타이밍이 되었을 때에, 전열 가스의 공급이 개시되도록 가스 공급 기구(24)를 제어한다. 온도 임계값은 기관(W)의 목표 온도에 기초하여 설정될 수 있다. 기관(W)의 목표 온도는 프로세스 조건에 의해 설정되어, 레시피 데이터로서 기억되어 있다. 일례로서, 온도 임계값은 기관(W)의 목표 온도에 미리 정해진 정수를 곱한 값이 채용된다. 미리 정해진 정수는 예컨대, 0.8~1.0의 범위로 설정될 수 있다. 이와 같이, 주제어부(MC)는 고주파의 ON 타이밍과, 전열 가스 공급의 ON 타이밍을 어긋나게 한다.

[0063] 온도 임계값은 정전 척(20)에의 전압 인가 타이밍을 판정하기 위한 온도 임계값과 동일하여도 좋다. 이 경우, 정전 척(20)에의 전압 인가 타이밍과 전열 가스의 공급 타이밍이 동기한다. 즉, 주제어부(MC)는 제1 직류 전원(22)에 의한 전압 인가와 동일한 타이밍에 전열 가스의 공급이 개시되도록 가스 공급 기구(24)를 제어하여도 좋다. 또는, 주제어부(MC)는 제1 직류 전원(22)에 의한 전압 인가로부터 미리 정해진 시간 경과 후에 전열 가스의

공급이 개시되도록, 가스 공급 기구(24)를 제어하여도 좋다.

- [0064] 주제어부(MC)는 고주파 전원(61)에 의해 하부 전극(18)에 고주파(RF)가 인가된 후로서, 또한 제1 직류 전원(22)에 의한 전압 인가가 개시된 후에 있어서, 기관(W)의 온도가 미리 정해진 온도 임계값 이상이 되는 예상 시간이 경과한 제4 타이밍이 되었을 때에, 전열 가스의 공급이 개시되도록 가스 공급 기구(24)를 제어하여도 좋다. 예상 시간은 시뮬레이션이나 사전 운전 등에 의해 얻어진 데이터에 기초하여 미리 설정될 수 있다.
- [0065] 주제어부(MC)는 전술한 제3 타이밍 및 제4 타이밍 중 어느 하나의 빠른 쪽의 타이밍이 되었을 때에, 전열 가스의 공급이 개시되도록 가스 공급 기구(24)를 제어하여도 좋다.
- [0066] 이와 같이, 주제어부(MC)는 제1 직류 전원(22)에 의한 전압 인가의 타이밍, 전술한 제3 타이밍, 제4 타이밍, 또는 이들의 조합에 기초하여, 고주파의 ON 타이밍과, 전열 가스 공급의 ON 타이밍을 어긋나게 하여도 좋다.
- [0067] [온도에 기초한 제어의 일례]
- [0068] 도 4는 기관 온도의 시간 의존성을 나타내는 그래프이다. 도 4에 나타내는 기관 온도(T1)는 고주파 인가 전에 있어서의 기관 온도이다. 즉, 기관 온도(T1)는 플라스마 생성 전의 기관 온도이다. 기관 온도(T3)는 레시피 데이터로 정의된 목표 온도이다. 시각(t1)은 고주파가 인가된 타이밍이다. 시각(t5)에 있어서 플라스마 처리가 종료한다.
- [0069] 시각(t1)에 있어서, 고주파의 인가 타이밍과 동시에, 정전 척(20)에의 전압 공급과 전열 가스의 공급을 개시한 경우, 도면 중의 파선으로 나타내는 그래프가 된다. 이 경우, 목표 온도에 도달하는 시간은 시각(t4)이다. 이 때문에, 시각(t4)으로부터 시각(t5)까지의 기간(H2)이 기관 온도(T3)를 유지할 수 있는 기간이 된다. 이하, 이러한 제어를 동시 ON 제어라고 한다.
- [0070] 주제어부(MC)는 일례로서, 고주파 전원(61)에 의해 하부 전극(18)에 고주파가 인가된 시각(t1) 후로서, 온도 측정기(80)에 의해 검출된 기관 온도가 온도 임계값(T2) 이상이 된 시각(t2)에 있어서, 정전 척(20)에의 전압 인가와 전열 가스의 공급을 개시한다. 이 경우, 도면 중의 실선으로 나타내는 그래프가 된다. 시각(t1) 경과 후도 플라스마 입열은 있지만, 전열 가스의 공급이 되지 않아 전열 가스에 의해 기관(W)이 냉각되지 않기 때문에, 실선 그래프로 나타내는 바와 같이 승온 스피드가 동시 ON 제어보다 빨라진다. 이 때문에, 목표 온도에 도달하는 시각은 동시 ON 제어보다 빠른 시각(t3)이 된다. 시각(t3)부터 시각(t5)까지의 기간(H1)이 기관 온도(T3)를 유지할 수 있는 기간이 된다. 이와 같이, 고주파의 인가타이밍[시각(t1)]보다 뒤의 시각(t2)에, 정전 척(20)에의 전압 인가와 전열 가스의 공급을 개시함으로써, 프로세스의 목표 온도를 유지할 수 있는 기간을 길게 확보할 수 있다. 또한, 온도 제어의 응답성을 향상시킬 수 있다.
- [0071] [플라스마 처리 방법의 일례]
- [0072] 도 5는 일실시형태에 따른 플라스마 처리 방법을 나타내는 흐름도이다. 도 5에 나타내는 흐름도는 주제어부(MC)에 의해 실행된다.
- [0073] 주제어부(MC)는 제1 판정 공정(단계 S10)으로서, 고주파가 인가되었는지의 여부를 판정한다. 예컨대, 주제어부(MC)는 고주파 인가의 제어 신호를 고주파 전원(61)에 출력하였는지의 여부의 로그 데이터를 확인한다.
- [0074] 제1 판정 공정(단계 S10)에 있어서, 고주파가 인가되었다고 판정된 경우, 주제어부(MC)는 제2 판정 공정(단계 S12)으로서, 온도 측정기(80)에 의해 검출된 온도가 온도 임계값 이상인지의 여부를 판정한다.
- [0075] 제2 판정 공정(단계 S12)에 있어서, 온도 측정기(80)에 의해 검출된 온도가 온도 임계값 이상이라고 판정된 경우에는, 주제어부(MC)는 전압 결정 공정(단계 S14)으로서, 정전 척(20)에 인가되는 전압을 결정한다. 주제어부(MC)는 제1 함수의 출력 및 제2 함수의 출력을 결합하여, 전압을 도출한다.
- [0076] 계속해서, 주제어부(MC)는 전압 인가 공정(단계 S16)으로서, 전압 결정 공정(단계 S14)에서 결정된 전압을 인가한다. 주제어부(MC)는 기관(W)의 온도에 기초하여, 전압 인가 타이밍을 결정한다. 그리고, 주제어부(MC)는 결정된 전압 인가 타이밍에, 전압 결정 공정(단계 S14)에서 결정된 전압을 인가한다.
- [0077] 계속해서, 주제어부(MC)는 전열 가스 공급 공정(단계 S18)으로서, 전열 가스를 공급한다. 주제어부(MC)는 기관(W)의 온도에 기초하여, 전열 가스 공급 타이밍을 결정한다. 그리고, 주제어부(MC)는 결정된 전열 가스 공급 타이밍에, 전열 가스를 공급한다.
- [0078] 전열 가스 공급 공정(단계 S18)이 완료한 경우, 제1 판정 공정(단계 S10)에 있어서 고주파가 인가되지 않았다고

판정된 경우, 또는 제2 판정 공정(단계 S12)에 있어서, 온도 측정기(80)에 의해 검출된 온도가 온도 임계값 이상이 아니라고 판정된 경우에는, 주제어부(MC)는 동작을 종료한다.

[0079] 또한, 전압 결정 공정(단계 S14), 전압 인가 공정(단계 S16), 전열 가스 공급 공정(단계 S18)은 도 5에 나타내는 순서에서의 실행에 한정되지 않는다. 예컨대, 전열 가스 공급 공정(단계 S18), 전압 결정 공정(단계 S14), 전압 인가 공정(단계 S16)의 순서로 실행하여도 좋고, 전압 결정 공정(단계 S14), 전열 가스 공급 공정(단계 S18), 전압 인가 공정(단계 S16)의 순서로 실행하여도 좋고, 전압 인가 공정(단계 S16)과 전열 가스 공급 공정(단계 S18)을 병행하여 행하여도 좋다.

[0080] [실시형태의 정리]

[0081] 최근의 프로세스 조건의 다양화에 따라, 높은 고주파 전력으로 기판(W)을 플라즈마 처리하는 경우가 있다. 고주파 전력이 높아질수록 플라즈마로부터의 입열은 커지기 때문에, 기판(W)의 온도 상승을 억제하기 위해서는 전열 가스를 보다 많이 공급할 필요가 있다. 이 때문에, 정전 척(20)의 정전 인력을 크게 설정하고, 전열 가스의 압력은 기판 온도에 따라 변동시키는 것이 생각된다. 그러나, 정전 척(20)의 정전 인력을 지나치게 크게 설정하면, 열 팽창한 기판(W)이 정전 척(20)의 표면을 연마할 우려가 있다. 연마에 의해 정전 척(20)의 표면 상태가 변화한 경우, 기판(W)과 정전 척의 실질적인 접촉 면적이 변화한다. 그 결과, 열 전달률이 변화하기 때문에, 전열 가스의 냉각 효율이 변화한다. 이 때문에, 정전 척(20)의 표면 상태의 변화는 프로세스 처리의 안정성에 영향을 부여할 우려가 있다.

[0082] 플라즈마 처리 장치(10)에서는, 제1 직류 전원(22)에 의해, 제1 함수 $[f(|V_{dc}|)]$ 의 출력과 제2 함수 $[f(P)]$ 의 출력을 결합시켜 도출되는 전압(V)이, 정전 척(20)에 인가된다. 플라즈마 처리 장치(10)는 자기 바이어스 전압(V_{dc})의 절대값의 증가에 따라 정전 척(20)에 인가되는 전압(V)을 감소시킴으로써, 정전 척(20)에의 흡착력이 자기 바이어스 전압(V_{dc})의 절대값의 증가에 따라 증가하는 것을 회피할 수 있다. 또한, 플라즈마 처리 장치(10)는 자기 바이어스 전압(V_{dc})의 감소에 따라 정전 척(20)에 인가되는 전압(V)을 증가시킴으로써, 정전 척(20)에의 흡착력이 자기 바이어스 전압(V_{dc})의 감소에 따라 감소하는 것을 회피할 수 있다. 자기 바이어스 전압(V_{dc})은 프로세스 조건에 따라 변화한다. 즉, 플라즈마 처리 장치(10)는 어떤 프로세스 조건으로부터 다른 프로세스 조건으로 천이하였을 때에, 정전 척(20)에의 흡착력이 크게 변동하는 것을 회피할 수 있다. 따라서, 플라즈마 처리 장치(10)는 연속하는 프로세스 실행 시에 있어서 정전 척(20)에의 흡착력을 안정화시킬 수 있다. 또한, 정전 척(20)에 인가되는 전압(V)은, 제2 함수 $[f(P)]$ 의 출력을 이용하여 설정된다. 제2 함수 $[f(P)]$ 는 전열 가스의 압력(P)이 커질수록 큰 값을 출력하는 함수이다. 전열 가스의 압력(P)은 기판(W)을 정전 척(20)으로부터 이격시키는 방향으로 작용한다. 플라즈마 처리 장치(10)는 전열 가스의 압력(P)의 증가 및 감소에 따라 정전 척(20)에 인가되는 전압(V)을 증가 및 감소시킴으로써, 기판(W)이 정전 척(20)으로부터 이격하지 않는 범위가 되도록 정전 척(20)에 인가되는 전압(V)을 설정할 수 있다. 이와 같이, 플라즈마 처리 장치(10)는 제1 함수 $[f(|V_{dc}|)]$ 및 제2 함수 $[f(P)]$ 의 출력을 결합시켜 전압(V)을 도출하고 있기 때문에, 정전 척(20)에 인가하는 전압(V)을 최적의 값으로 설정할 수 있다. 플라즈마 처리 장치(10)는 정전 척(20)에 인가하는 전압을 최적의 값으로 설정함으로써, 기판(W)에의 플라즈마 처리 시에 정전 척(20) 상의 기판(W)의 온도 제어를 적절하게 행할 수 있다. 플라즈마 처리 장치(10)는 전열 가스의 압력이 높고, 또한 전압(V)이 커질수록, 기판(W)의 면 내부 온도의 균일성을 향상시킬 수 있다.

[0083] 플라즈마 처리 장치(10)는 정전 척(20)에 유지된 기판(W)의 온도, 또는 기판(W)의 온도와 상관이 있는 온도[예컨대, 정전 척(20)의 온도, 배관(23b)을 통해 흘러 유닛(23)에 복귀되는 열 교환 매체의 온도, 포커스 링(FR)의 온도, 상부 전극(30)의 온도]에 기초하여 제1 직류 전원(22)에 의한 전압 인가 타이밍을 제어하기 때문에, 기판(W)의 온도에 따른 타이밍에 기판(W)을 정전 척(20)에 흡착시킬 수 있다.

[0084] 플라즈마 처리 장치(10)는 고주파 전원(61)에 의해 하부 전극(18)에 고주파가 인가된 타이밍[예컨대 시각(t_1)]보다 뒤에, 정전 척(20)에 전압(V)을 인가한다. 이 때문에, 플라즈마 처리 장치(10)는 고주파 전원(61)에 의해 하부 전극(18)에 고주파가 인가된 타이밍[예컨대 시각(t_1)]에 정전 척(20)에 전압(V)을 인가하는 경우와 비교하여, 기판(W)의 온도가 목표 온도[예컨대 기판 온도(T_3)]에 도달하기까지의 시간을 단축할 수 있다. 따라서, 플라즈마 처리 장치(10)는 온도의 응답성을 향상시킬 수 있다. 또한, 플라즈마 처리 장치(10)는 고주파 전원(61)에 의해 하부 전극(18)에 고주파가 인가된 타이밍[예컨대 시각(t_1)]에 정전 척(20)에 전압(V)을 인가하는 경우와 비교하여, 승온하면서 기판(W)을 유지하는 시간을 짧게 할 수 있기 때문에, 기판(W)의 열 팽창에 의한 정전 척(20)의 마모를 억제할 수 있다.

[0085] 플라즈마 처리 장치(10)는 제1 직류 전원(22)에 의한 전압 인가와 동일한 타이밍에 또는 미리 정해진 시간 경과

후에 전열 가스의 공급이 개시되도록, 가스 공급 기구(24)를 더욱 제어함으로써, 전열 가스의 압력에 의해 기관(W)이 정전 척(20)으로부터 이격하는 것을 억제하면서, 온도 조절을 개시할 수 있다.

[0086] 플라즈마 처리 장치(10)는 고주파 전원(61)에 의해 하부 전극(18)에 고주파가 인가된 타이밍[예컨대 시각(t1)]보다 뒤로서, 또한 제1 직류 전원(22)에 의한 전압 인가가 개시된 후에 있어서, 전열 가스를 공급한다. 이 때문에, 플라즈마 처리 장치(10)는 고주파 전원(61)에 의해 하부 전극(18)에 고주파가 인가된 타이밍[예컨대 시각(t1)]에 전열 가스의 공급을 개시하는 경우와 비교하여, 기관(W)의 온도가 목표 온도[예컨대 기관 온도(T3)]에 도달하기까지의 시간을 단축할 수 있다. 따라서, 플라즈마 처리 장치(10)는, 온도의 응답성을 향상시킬 수 있다. 또한, 플라즈마 처리 장치(10)는 고주파 전원(61)에 의해 하부 전극(18)에 고주파가 인가된 타이밍[예컨대 시각(t1)]에 전열 가스의 공급을 개시하는 경우와 비교하여, 승온하면서 기관(W)을 유지하는 시간을 짧게 할 수 있기 때문에, 기관(W)의 열 팽창에 의한 정전 척(20)의 마모를 억제할 수 있다.

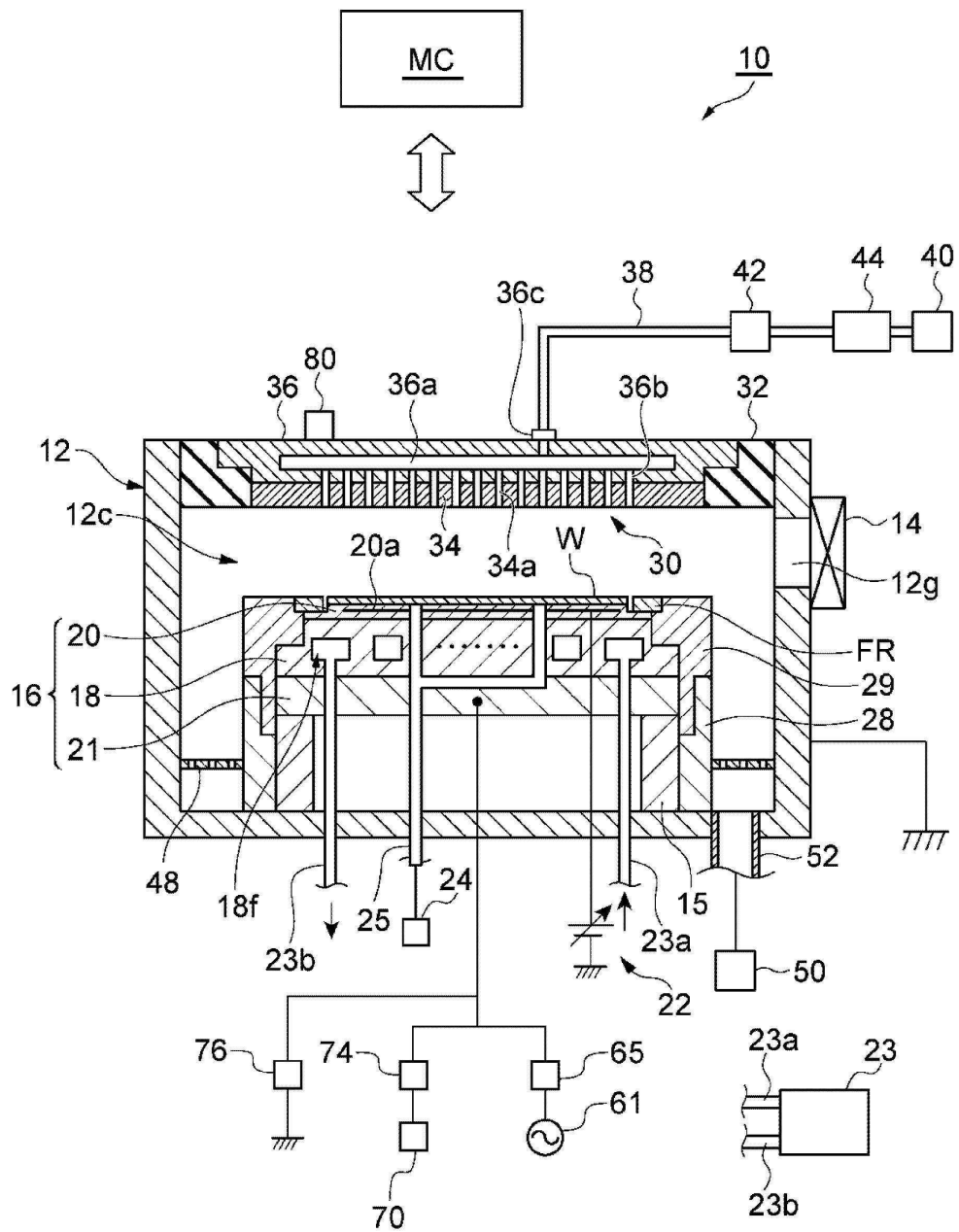
[0087] 플라즈마 처리 장치(10)는 전열 가스의 압력(P)이 시간 경과와 함께 증대하도록 가스 공급 기구(24)를 더욱 제어하기 때문에, 한번에 목표 압력이 되도록 전열 가스의 압력(P)을 제어하는 경우와 비교하여, 급격하게 전열 가스의 압력(P)이 증대하는 것을 회피할 수 있기 때문에, 전열 가스의 압력(P)에 의해 기관(W)이 정전 척(20)으로부터 이격하는 것을 회피할 수 있다.

[0088] 플라즈마 처리 장치(10)는 전열 가스의 압력(P)이 미리 정해진 전열 가스 임계값 이하가 되도록 가스 공급 기구(24)를 더욱 제어하기 때문에, 전열 가스의 압력(P)에 의해 기관(W)이 정전 척(20)으로부터 이격하는 것을 회피할 수 있다.

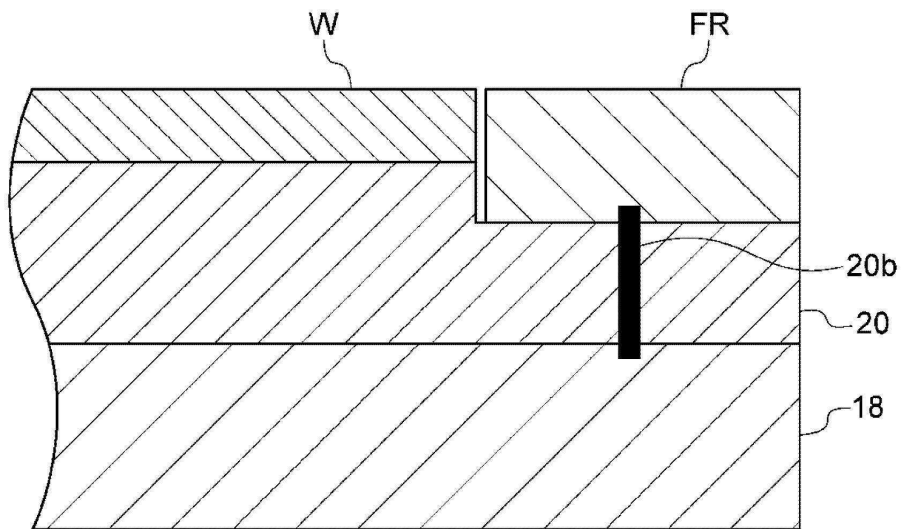
[0089] 이상, 여러 가지의 실시형태에 대해서 설명해 왔지만, 전술한 실시형태에 한정되는 일없이 여러 가지의 변형 양태를 구성 가능하다. 예컨대, 전술한 여러 가지의 실시형태에 따른 플라즈마 처리 장치는 용량 결합형의 플라즈마 처리 장치이다. 변형 양태에 있어서의 플라즈마 처리 장치는 유도 결합형의 플라즈마 처리 장치여도 좋다.

도면

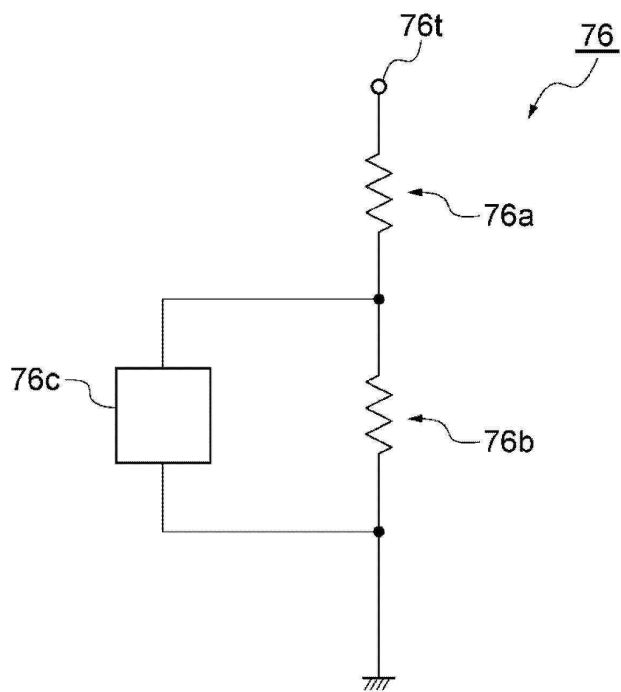
도면1



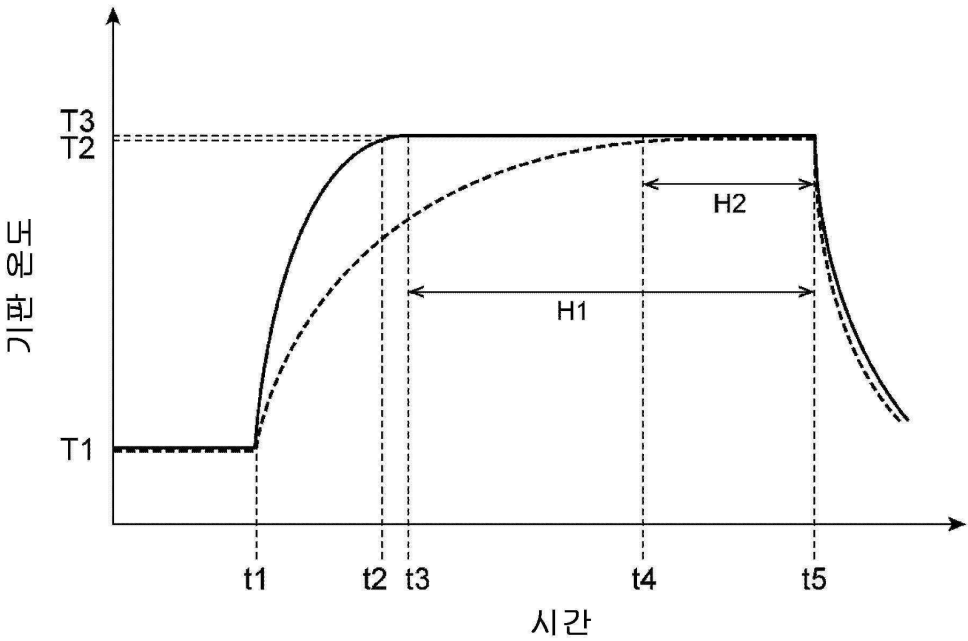
도면2



도면3



도면4



도면5

