



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0007873
(43) 공개일자 2020년01월22일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/3065 (2006.01) H01L 21/67 (2006.01)
H05H 1/46 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
H01L 21/3065 (2013.01)
H01L 21/67069 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2019-7036507
- (22) 출원일자(국제) 2018년05월09일
심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2019년12월10일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2018/017959
- (87) 국제공개번호 WO 2018/212040
국제공개일자 2018년11월22일
- (30) 우선권주장
JP-P-2017-097557 2017년05월16일 일본(JP)

- (71) 출원인
도쿄엘렉트론가부시키키가이샤
일본 도쿄도 미나토쿠 아카사카 5초메 3반 1코
- (72) 발명자
다하라 시게루
일본 미야기켄 구로카와군 다이와쵸 테크노 힐즈
1 도쿄엘렉트론 미야기 가부시키키가이샤 내
- (74) 대리인
특허법인태평양

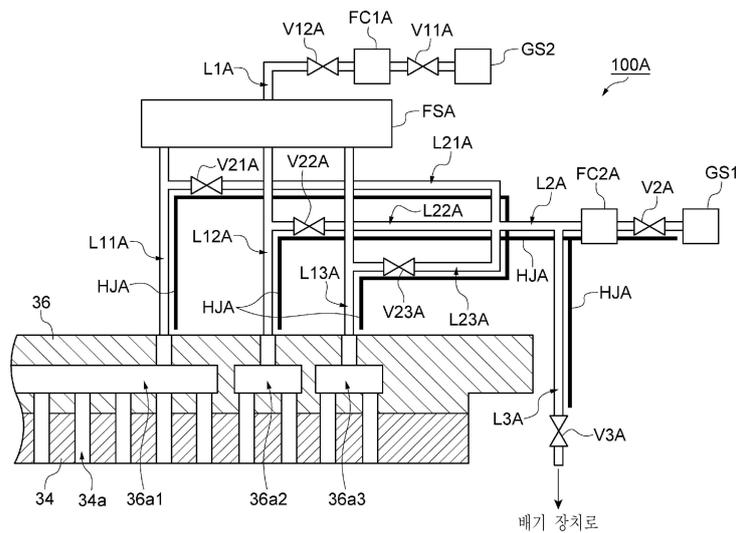
전체 청구항 수 : 총 18 항

(54) 발명의 명칭 플라즈마 처리 장치, 처리 시스템, 및 다공질막을 에칭하는 방법

(57) 요약

일 실시형태의 플라즈마 처리 장치는, 챔버 본체, 스테이지, 가스 공급계, 및 플라즈마 생성부를 구비한다. 챔버 본체는, 그 내부 공간을 챔버로서 제공한다. 스테이지는, 챔버 내에 마련되어 있다. 스테이지에는, 냉매용 유로가 형성되어 있다. 가스 공급계는, 다공질막 내에 있어서 그 모세관 응축이 발생하는 제1 가스, 및 다공질막의 에칭용 제2 가스를 챔버에 공급하도록 구성되어 있다. 플라즈마 생성부는, 챔버에 공급되는 가스의 플라즈마를 생성하도록 구성되어 있다. 가스 공급계는, 제2 가스의 소스를 챔버에 접속시키는 제1 유로, 제1 가스의 소스를 제1 유로에 접속시키는 제2 유로, 및 배기 장치를 제2 유로에 접속시키는 제3 유로를 제공한다.

대표도



(52) CPC특허분류

H01L 21/67098 (2013.01)

H01L 21/67167 (2013.01)

H05H 1/46 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

다공질막을 에칭하기 위한 플라즈마 처리 장치로서,

챔버를 제공하는 챔버 본체와,

상기 챔버 내에 마련된 스테이지이며, 냉매용 유로가 형성된, 상기 스테이지와,

상기 다공질막 내에 있어서 그 모세관 응축이 발생하는 제1 가스, 및 상기 다공질막의 에칭용 제2 가스를 상기 챔버에 공급하기 위한 가스 공급계와,

상기 챔버에 공급되는 가스의 플라즈마를 생성하기 위한 플라즈마 생성부를 구비하고,

상기 가스 공급계는, 상기 제2 가스의 소스를 상기 챔버에 접속시키는 제1 유로, 상기 제1 가스의 소스를 상기 제1 유로에 접속시키는 제2 유로, 및 배기 장치를 상기 제2 유로에 접속시키는 제3 유로를 제공하는,

플라즈마 처리 장치.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 가스 공급계는,

상기 제2 유로 상에 마련된 컨트롤 밸브와,

상기 컨트롤 밸브의 하류에 있어서 상기 제2 유로의 종단을 구획 형성하는 제1 오리피스 부재와,

상기 제2 유로의 상기 종단을 상기 제1 유로에 대하여 개폐하는 제1 개폐 밸브이며, 상기 제1 유로와 상기 제2 유로의 접속 개소에 마련된, 상기 제1 개폐 밸브를 갖는, 플라즈마 처리 장치.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 가스 공급계는,

상기 제3 유로를 부분적으로 구획 형성하는 제2 오리피스 부재와,

상기 제2 오리피스 부재와 상기 배기 장치의 사이에 있어서 상기 제3 유로 상에 마련된 제2 개폐 밸브를 더 갖는, 플라즈마 처리 장치.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 가스 공급계는,

상기 제2 유로 상에 마련된 제1 개폐 밸브와,

상기 제3 유로 상에 마련된 제2 개폐 밸브를 갖는, 플라즈마 처리 장치.

청구항 5

청구항 1 내지 청구항 4 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제1 유로, 상기 제2 유로, 및 상기 제3 유로를 제공하는 배관을 가열하기 위한 히터를 더 구비하는, 플라즈마 처리 장치.

청구항 6

청구항 1 내지 청구항 5 중 어느 한 항에 있어서,

상기 챔버 본체를 가열하는 히터를 더 구비하는, 플라즈마 처리 장치.

청구항 7

청구항 1 내지 청구항 6 중 어느 한 항에 기재된 플라즈마 처리 장치와,

상기 플라즈마 처리 장치의 상기 챔버에 접속 가능하고, 또한 감압 가능한 반송 챔버를 제공하며, 상기 반송 챔버 내에 마련된, 피가공물을 반송하기 위한 반송 장치를 갖는 반송 모듈과,

상기 반송 챔버에 접속 가능한 다른 챔버를 제공하고, 상기 다른 챔버 내에 있어서 피가공물을 가열하도록 구성된 가열 처리 장치를 구비하는, 처리 시스템.

청구항 8

청구항 1 내지 청구항 6 중 어느 한 항에 기재된 플라즈마 처리 장치 또는 청구항 7에 기재된 처리 시스템을 이용하여, 다공질막을 에칭하는 방법으로서, 상기 방법은, 상기 다공질막, 및 상기 다공질막 상에 마련되고 상기 다공질막을 부분적으로 노출시키는 개구를 제공하는 마스크를 갖는 피가공물이, 상기 플라즈마 처리 장치의 상기 챔버 내에 마련된 스테이지 상에 재치된 상태에서 실행되고,

상기 다공질막 내에 있어서 상기 제1 가스의 모세관 응축이 발생하도록, 상기 챔버에 상기 제1 가스를 공급하는 공정이며, 상기 챔버 내에 있어서의 상기 제1 가스의 분압, 또는 상기 제1 가스만이 상기 챔버에 공급될 때의 상기 챔버 내에 있어서의 상기 제1 가스의 압력은, 상기 다공질막 내에서 상기 제1 가스의 모세관 응축이 발생하는 임계 압력보다 높고, 상기 제1 가스의 포화 증기압보다 낮은, 상기 공정과,

상기 다공질막을 에칭하기 위하여, 상기 플라즈마 처리 장치의 상기 챔버 내에 있어서 상기 제2 가스의 플라즈마를 생성하는 공정을 포함하는, 방법.

청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 제1 가스를 공급하는 상기 공정의 실행 전에, 상기 배기 장치에 의하여 상기 제2 유로 내의 가스를 배기하는 공정을 더 포함하는, 방법.

청구항 10

청구항 9에 있어서,

상기 플라즈마 처리 장치는 청구항 2 내지 청구항 4 중 어느 한 항에 기재된 플라즈마 처리 장치이며,

상기 제2 유로 내의 가스를 배기하는 상기 공정의 실행 시에, 상기 제1 개폐 밸브가 폐쇄되는, 방법.

청구항 11

청구항 8에 있어서,

상기 제2 가스의 플라즈마를 생성하는 상기 공정의 실행 후에, 상기 배기 장치에 의하여 상기 제2 유로 내의 가스를 배기하는 공정을 더 포함하는, 방법.

청구항 12

청구항 11에 있어서,

상기 플라즈마 처리 장치는 청구항 2 내지 청구항 4 중 어느 한 항에 기재된 플라즈마 처리 장치이며,

상기 제2 유로 내의 가스를 배기하는 상기 공정의 실행 시에, 상기 제1 개폐 밸브가 폐쇄되는, 방법.

청구항 13

청구항 8 내지 청구항 12 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제1 가스를 공급하는 상기 공정 및 상기 제2 가스의 플라즈마를 생성하는 상기 공정이, 교대로 반복되는,

방법.

청구항 14

청구항 13에 있어서,

상기 제2 가스의 플라즈마를 생성하는 상기 공정에 있어서, 상기 챔버에 대한 상기 제1 가스의 공급이 정지되는, 방법.

청구항 15

청구항 14에 있어서,

상기 제1 가스를 공급하는 상기 공정 및 상기 제2 가스의 플라즈마를 생성하는 상기 공정의 교대의 반복 중에, 상기 제1 가스의 유량이 단계적으로 감소되는, 방법.

청구항 16

청구항 13에 있어서,

상기 제1 가스를 공급하는 상기 공정 및 상기 제2 가스의 플라즈마를 생성하는 상기 공정에 걸쳐, 상기 제1 가스 및 상기 제2 가스가 상기 챔버에 공급되는, 방법.

청구항 17

청구항 16에 있어서,

상기 제2 가스의 플라즈마를 생성하는 상기 공정에 있어서, 상기 챔버에 공급되는 상기 제2 가스의 유량이, 단계적으로 증가되는, 방법.

청구항 18

청구항 8 내지 청구항 12 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제1 가스를 공급하는 상기 공정 및 상기 제2 가스의 플라즈마를 생성하는 상기 공정에 걸쳐, 상기 제1 가스 및 상기 제2 가스가 상기 챔버에 공급되는, 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시의 실시형태는, 플라즈마 처리 장치, 처리 시스템, 및 다공질막을 에칭하는 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 반도체 디바이스와 같은 전자 디바이스에는, 다공질막이 이용되는 경우가 있다. 다공질막으로서는, 예를 들면, SiOCH막과 같은 저유전율 재료로 형성된 막이 이용된다. 이와 같은 전자 디바이스의 제조에 있어서는, 리소그래피에 의하여 포토레지스트에 형성된 미세 패턴을, 필요에 따라 플라즈마 에칭에 의하여 TiN막, SiO₂막, 또는 Si₃N₄막과 같은 막에 전사(轉寫)함으로써 하드 마스크를 형성하고, 당해 패턴을 플라즈마 에칭에 의하여 다공질막에 전사하는 처리가 행해진다.

[0003] 다공질막의 플라즈마 에칭에서는, 플라즈마 처리 장치의 챔버 내에서 에칭용 가스를 여기시킴으로써 라디칼이 생성되지만, 라디칼은 다공질막의 미세 구멍 내에 침입하여 다공질막에 대미지를 줄 수 있다. 따라서, 다공질막 내로의 라디칼의 침입을 억제하는 기술이 필요하다.

[0004] 다공질막 내로의 라디칼의 침입을 억제하는 하나의 기술이 특허문헌 1에 기재되어 있다. 특허문헌 1에 기재된 기술에서는, C₆F₆ 가스, C₇F₈ 가스와 같은 플루오로 카본 가스, 탄화 수소 가스, 또는 산소 함유 탄화 수소 가스가, 모세관 응축에 의하여 다공질막 내에 있어서 액화되어, 액체가 된다. 이와 같이 생성된 액체에 의하여, 플라즈마 에칭 시의 다공질막 내로의 라디칼의 침입이 억제된다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 특허문헌 1: 일본 공개특허공보 2016-207768호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 다공질막 내에 있어서 그 모세관 응축이 발생하는 가스는, 그 압력(또는 분압)이 높아지면, 액화한다. 이 가스는, 플라즈마 처리 장치의 챔버에 접속된 가스 공급계의 유로 내에 있어서 당해 가스의 압력(또는 분압)이 포화 증기압보다 높아지면, 당해 유로 내에 있어서 액화된다. 특히, 당해 가스의 유량 제어를 개시하는 단계에 있어서 당해 가스의 유량이 불안정해졌을 때, 또는 전(前) 스텝의 종료 후에 가스 공급계의 유로 내에서 당해 가스가 체류하고 있을 때에, 의도치 않게, 당해 가스의 압력(또는 분압)이, 가스 공급계의 유로 내에서 상승하여, 포화 증기압을 초과하는 경우가 있다. 따라서, 다공질막 내에 있어서 그 모세관 응축이 발생하는 가스가, 가스 공급계의 유로 내에 있어서 액화하는 것을 억제할 필요가 있다.

과제의 해결 수단

[0007] 일 양태에 있어서는, 다공질막을 에칭하기 위한 플라즈마 처리 장치가 제공된다. 플라즈마 처리 장치는, 챔버 본체, 스테이지, 가스 공급계, 및 플라즈마 생성부를 구비한다. 챔버 본체는, 그 내부 공간을 챔버로서 제공한다. 스테이지는, 챔버 내에 마련되어 있다. 스테이지에는 냉매용 유로가 형성되어 있다. 가스 공급계는, 다공질막 내에 있어서 그 모세관 응축이 발생하는 제1 가스, 및 다공질막의 에칭용 제2 가스를 챔버에 공급하도록 구성되어 있다. 플라즈마 생성부는, 챔버에 공급되는 가스의 플라즈마를 생성하도록 구성되어 있다. 가스 공급계는, 제2 가스의 소스를 챔버에 접속시키는 제1 유로, 제1 가스의 소스를 제1 유로에 접속시키는 제2 유로, 및 배기 장치를 제2 유로에 접속시키는 제3 유로를 제공한다.

[0008] 일 양태에 관한 플라즈마 처리 장치에 의하면, 다공질막 내에서 모세관 응축에 의하여 제1 가스를 액화시켜, 다공질막 내의 액체에 의하여 당해 다공질막을 보호하면서, 제2 가스의 플라즈마에 의하여 다공질막을 에칭할 수 있다. 또, 이 플라즈마 처리 장치에 의하면, 제2 유로 내의 제1 가스를 배기 장치에 의하여 배기하는 것이 가능하다. 또, 배기 장치에 의하여 제2 유로 내의 제1 가스의 압력(또는 분압)을 조정하는 것이 가능하다. 따라서, 이 플라즈마 처리 장치에 의하면, 제1 가스의 압력(또는 분압)이 제2 유로 내에 있어서 높아지는 것이 억제되어, 당해 제1 가스가 제2 유로 내에 있어서 액화되는 것이 억제된다.

[0009] 일 실시형태에 있어서, 가스 공급계는, 컨트롤 밸브, 제1 오리피스 부재, 및 제1 개폐 밸브를 갖는다. 컨트롤 밸브는, 제2 유로 상에 마련되어 있다. 제1 오리피스 부재는, 컨트롤 밸브의 하류에 있어서 제2 유로의 종단을 구획 형성하고 있다. 제1 개폐 밸브는, 제2 유로의 종단을 제1 유로에 대하여 개폐하도록 구성되어 있다. 제1 개폐 밸브는, 제1 유로와 제2 유로의 접속 개소에 마련되어 있다. 이 실시형태에서는, 제1 오리피스 부재와 제1 개폐 밸브의 사이의 유로의 길이가 매우 짧기 때문에, 제1 오리피스 부재와 제1 개폐 밸브의 사이에 고인 가스가, 제1 개폐 밸브를 개방했을 때에, 급격하게 제1 유로에 흐르는 것이 방지된다. 또, 제1 개폐 밸브가 폐쇄되어 있을 때에, 제2 유로를 배기하면서, 컨트롤 밸브에 의하여 그 유량이 제어된 제1 가스를 제2 유로에 공급할 수 있다. 따라서, 챔버에 대한 제1 가스의 공급 시에, 당해 제1 가스의 압력(또는 분압)이 설정된 압력에 단시간에 도달할 수 있다.

[0010] 일 실시형태에 있어서, 가스 공급계는, 제3 유로를 부분적으로 구획 형성하는 제2 오리피스 부재와, 당해 제2 오리피스 부재와 배기 장치의 사이에 있어서 제3 유로 상에 마련된 제2 개폐 밸브를 더 가질 수 있다.

[0011] 일 실시형태에 있어서, 가스 공급계는, 제2 유로 상에 마련된 제1 개폐 밸브와, 제3 유로 상에 마련된 제2 개폐 밸브를 가질 수 있다. 이 실시형태에서는, 제1 개폐 밸브가 개방되면, 제1 가스가 제1 유로를 통하여 챔버에 공급된다. 제2 개폐 밸브가 개방되면, 제2 유로 내의 가스가 배기된다.

[0012] 일 실시형태에서는, 플라즈마 처리 장치는, 제1 유로, 제2 유로, 및 제3 유로를 제공하는 배관을 가열하기 위한 히터를 더 구비한다. 이 실시형태에 의하면, 제1 유로, 제2 유로, 및 제3 유로에 있어서의 제1 가스의 액화를

억제하는 것이 가능하다.

- [0013] 일 실시형태에서는, 플라즈마 처리 장치는, 챔버 본체를 가열하는 히터를 더 구비한다. 이 실시형태에서는, 챔버를 구획 형성하는 벽면에서의 제1 가스의 역화가 억제된다.
- [0014] 다른 양태에 있어서는, 처리 시스템이 제공된다. 처리 시스템은, 상술한 일 양태 및 실시형태 중 어느 하나의 플라즈마 처리 장치, 반송 모듈, 및 가열 처리 장치를 구비한다. 반송 모듈은, 반송 챔버를 제공한다. 반송 챔버는, 플라즈마 처리 장치의 챔버에 접속 가능하고, 또한 감압 가능하다. 반송 모듈은, 피가공물을 반송하기 위한 반송 장치를 갖는다. 반송 장치는, 반송 챔버 내에 마련되어 있다. 가열 처리 장치는, 반송 챔버에 접속 가능한 다른 챔버를 제공한다. 가열 처리 장치는, 당해 다른 챔버 내에 있어서 피가공물을 가열하도록 구성되어 있다. 이 양태의 처리 시스템에 의하면, 플라즈마 처리 장치에 있어서 다공질막이 에칭된 후에, 가열 처리 장치에 있어서 피가공물을 가열함으로써, 다공질막 내의 액체를 제거하는 것이 가능하다.
- [0015] 또 다른 양태에 있어서는, 다공질막을 에칭하는 방법이 제공된다. 이 방법은, 상술한 일 양태 및 실시형태 중 어느 하나의 플라즈마 처리 장치, 또는 상술한 처리 시스템을 이용한다. 이 방법은, 피가공물이 플라즈마 처리 장치의 챔버 내에 마련된 스테이지 상에 재치된 상태에서 실행된다. 피가공물은, 다공질막 및 마스크를 갖는다. 마스크는, 다공질막 상에 마련되어 당해 다공질막을 부분적으로 노출시키는 개구를 제공한다. 이 방법은, (i) 다공질막 내에 있어서 제1 가스의 모세관 응축이 발생하도록, 챔버에 제1 가스를 공급하는 공정이며, 챔버 내에 있어서의 제1 가스의 분압, 또는 제1 가스만이 챔버에 공급될 때의 챔버 내에 있어서의 제1 가스의 압력은, 다공질막 내에서 상기 제1 가스의 모세관 응축이 발생하는 임계 압력보다 높고, 제1 가스의 포화 증기압보다 낮은, 상기 공정과, (ii) 다공질막을 에칭하기 위하여, 플라즈마 처리 장치의 챔버 내에 있어서 제2 가스의 플라즈마를 생성하는 공정을 포함한다.
- [0016] 일 실시형태에 있어서, 방법은, 제1 가스를 공급하는 공정의 실행 전에, 배기 장치에 의하여 제2 유로 내의 가스를 배기하는 공정을 더 포함한다. 이 실시형태에 의하면, 제2 유로 내에서의 제1 가스의 역화가 억제된다. 일 실시형태에 있어서, 제2 유로 내의 가스를 배기하는 공정의 실행 시에, 제1 개폐 밸브가 폐쇄된다.
- [0017] 일 실시형태에 있어서, 방법은, 제2 가스의 플라즈마를 생성하는 공정의 실행 후에, 배기 장치에 의하여 제2 유로 내의 가스를 배기하는 공정을 더 포함한다. 이 실시형태에 의하면, 제2 유로 내에서의 제1 가스의 역화가 억제된다. 일 실시형태에 있어서, 제2 유로 내의 가스를 배기하는 공정의 실행 시에, 제1 개폐 밸브가 폐쇄된다.
- [0018] 일 실시형태에 있어서, 제2 가스의 플라즈마를 생성하는 공정의 실행 기간 중, 제1 가스의 챔버로의 공급이 정지된다.
- [0019] 일 실시형태에 있어서, 제1 가스를 공급하는 공정 및 제2 가스의 플라즈마를 생성하는 공정이, 교대로 반복된다. 일 실시형태의, 제2 가스의 플라즈마를 생성하는 공정에 있어서, 챔버에 대한 제1 가스의 공급이 정지된다. 일 실시형태에 있어서, 제1 가스를 공급하는 공정 및 제2 가스의 플라즈마를 생성하는 공정의 교대의 반복 중에, 제1 가스의 유량이 단계적으로 감소된다. 이 실시형태에 의하면, 다공질막의 에칭에 의하여 당해 다공질막에 형성된 개구의 깊이가 커졌을 때에, 제1 가스의 압력(또는 분압)이 감소된다.
- [0020] 일 실시형태에 있어서, 제1 가스를 공급하는 공정 및 제2 가스의 플라즈마를 생성하는 공정에 걸쳐, 제1 가스 및 제2 가스가 챔버에 공급된다. 일 실시형태의, 제2 가스의 플라즈마를 생성하는 공정에 있어서, 챔버에 공급되는 제2 가스의 유량이, 단계적으로 증가한다.

발명의 효과

- [0021] 이상 설명한 바와 같이, 다공질막 내에 있어서 그 모세관 응축이 발생하는 가스가, 가스 공급계의 유로 내에 있어서 역화하는 것이 억제된다.

도면의 간단한 설명

- [0022] 도 1은, 일 실시형태에 관한 처리 시스템을 나타내는 도이다.
- 도 2는, 피가공물의 일례의 일부 확대 단면도이다.
- 도 3은, 일 실시형태에 관한 플라즈마 처리 장치를 개략적으로 나타내는 도이다.
- 도 4는, 도 3에 나타내는 플라즈마 처리 장치의 가스 공급계의 제1 실시형태를 나타내는 도이다.

도 5는, 도 3에 나타내는 플라즈마 처리 장치의 가스 공급계의 제2 실시형태를 나타내는 도이다.

도 6은, 별도의 실시형태에 관한 플라즈마 처리 장치를 개략적으로 나타내는 도이다.

도 7은, 도 6에 나타내는 플라즈마 처리 장치의 가스 공급계의 실시형태를 나타내는 도이다.

도 8은, 도 7에 나타내는 가스 공급계의 개폐 밸브를 개략적으로 나타내는 단면도이다.

도 9는, 제1 실시형태에 관한 다공질막을 에칭하는 방법의 타이밍 차트이다.

도 10은, 다양한 실시형태에 관한 다공질막을 에칭하는 방법의 실행 중에 얻어지는 피가공물의 일부 확대 단면도이다.

도 11은, 다양한 실시형태에 관한 다공질막을 에칭하는 방법의 실행 중에 얻어지는 피가공물의 일부 확대 단면도이다.

도 12는, 다양한 실시형태에 관한 다공질막을 에칭하는 방법의 실행에 의하여 얻어지는 피가공물의 일부 확대 단면도이다.

도 13은, 제2 실시형태에 관한 다공질막을 에칭하는 방법의 타이밍 차트이다.

도 14는, 제3 실시형태에 관한 다공질막을 에칭하는 방법의 타이밍 차트이다.

도 15는, 제4 실시형태에 관한 다공질막을 에칭하는 방법의 타이밍 차트이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0023] 이하, 도면을 참조하여 다양한 실시형태에 대하여 상세하게 설명한다. 또한, 각 도면에 있어서 동일 또는 상당한 부분에 대해서는 동일한 부호를 붙이는 것으로 한다.

[0024] 도 1은, 일 실시형태에 관한 처리 시스템을 나타내는 도이다. 도 1에 나타내는 처리 시스템(1)은, 제1 가스에 근거하는 액체에 의하여 피가공물의 다공질막을 보호하면서, 당해 다공질막을 에칭하기 위한 시스템이다. 도 2는, 피가공물의 일례의 일부 확대 단면도이다. 도 2에 나타내는 바와 같이, 피가공물(W)은, 하지층(UL), 다공질막(PL), 및 마스크(MK)를 구비하고 있다. 피가공물(W)은, 예를 들면 대략 원반(圓盤) 형상을 가질 수 있다.

[0025] 다공질막(PL)은, 하지층(UL) 상에 마련되어 있다. 다공질막(PL)에는, 다수의 미세 구멍이 형성되어 있다. 미세 구멍은, 수nm, 예를 들면 1nm~2nm의 평균의 폭을 가질 수 있다. 또한, 평균의 폭이란, 각 미세 구멍의 최대폭의 평균값이다. 다공질막(PL)은, 저유전율 재료로 구성된 막이다. 다공질막(PL)은, 저유전율막이며, 예를 들면, 실리콘, 산소, 탄소, 및 수소를 포함하는 막, 즉 SiOCH막일 수 있다. 다공질막(PL)은, 화학 기상(氣相) 성장법 또는 스펀 성막법과 같은 성막법에 의하여 형성될 수 있다.

[0026] 마스크(MK)는, 다공질막(PL) 상에 마련되어 있다. 마스크(MK)는, 일례에서는, 제1 층(L1) 및 제2 층(L2)을 포함할 수 있다. 제1 층(L1)은, 예를 들면 실리콘 산화막이며, 제2 층(L2)은, 예를 들면 TiN막이다. 마스크(MK)는, 개구를 제공하고 있다. 즉, 마스크(MK)에는, 다공질막(PL)에 전사해야 하는 패턴이 형성되어 있다. 마스크(MK)는, 리소그래피 기술, 및 플라즈마 에칭을 이용함으로써 형성될 수 있다.

[0027] 다시 도 1을 참조한다. 처리 시스템(1)은, 받침대(2a~2d), 용기(4a~4d), 로더 모듈(LM), 얼라이너(AN), 로드록 모듈(LL1, LL2), 프로세스 모듈(PM1~PM6), 반송 모듈(TF), 및 제어부(MC)를 구비하고 있다. 또한, 처리 시스템(1)에 있어서의 받침대의 개수, 용기의 개수, 로드록 모듈의 개수는 1 이상의 임의의 개수일 수 있다. 또, 프로세스 모듈의 개수는, 2 이상의 임의의 개수일 수 있다.

[0028] 받침대(2a~2d)는, 로더 모듈(LM)의 일 가장자리를 따라 배열되어 있다. 용기(4a~4d)는 각각, 받침대(2a~2d) 상에 탑재되어 있다. 용기(4a~4d)의 각각은, 예를 들면, FOU(Front Opening Unified Pod)로 칭해지는 용기이다. 용기(4a~4d)의 각각은, 그 내부에 피가공물(W)을 수용하도록 구성되어 있다.

[0029] 로더 모듈(LM)은, 챔버를 제공한다. 로더 모듈(LM)에 의하여 제공되는 챔버의 압력은, 대기압으로 설정된다. 로더 모듈(LM)의 챔버 내에는, 반송 장치(TU1)가 마련되어 있다. 반송 장치(TU1)는, 예를 들면, 다관절 로봇이며, 제어부(MC)에 의하여 제어된다. 반송 장치(TU1)는, 용기(4a~4d)의 각각과 얼라이너(AN)의 사이, 얼라이너(AN)와 로드록 모듈(LL1~LL2)의 각각의 사이, 로드록 모듈(LL1~LL2)의 각각과 용기(4a~4d)의 각각의 사이에서 피가공물(W)을 반송하도록 구성되어 있다. 얼라이너(AN)는, 로더 모듈(LM)에 접속되어 있다. 얼라이너(AN)는, 피가공물

(W)의 위치의 조정(위치의 교정)을 행하도록 구성되어 있다.

- [0030] 로드록 모듈(LL1) 및 로드록 모듈(LL2)의 각각은, 로더 모듈(LM)과 반송 모듈(TF)의 사이에 마련되어 있다. 로드록 모듈(LL1) 및 로드록 모듈(LL2)의 각각은, 예비 감압실을 제공하고 있다.
- [0031] 반송 모듈(TF)은, 로드록 모듈(LL1) 및 로드록 모듈(LL2)에 게이트 밸브를 통하여 접속되어 있다. 반송 모듈(TF)은, 감압 가능한 반송 챔버(TC)를 제공하고 있다. 반송 챔버(TC) 내에는, 반송 장치(TU2)가 마련되어 있다. 반송 장치(TU2)는, 예를 들면, 다관절 로봇이며, 제어부(MC)에 의하여 제어된다. 반송 장치(TU2)는, 로드록 모듈(LL1~LL2)의 각각과 프로세스 모듈(PM1~PM6)의 각각의 사이, 및 프로세스 모듈(PM1~PM6) 중 임의의 2개의 프로세스 모듈의 사이에 있어서, 피가공물(W)을 반송하도록 구성되어 있다.
- [0032] 프로세스 모듈(PM1~PM6)의 각각은, 전용의 기관 처리를 행하도록 구성된 처리 장치이다. 프로세스 모듈(PM1~PM6)의 각각은 챔버를 제공하고 있다. 프로세스 모듈(PM1~PM6)의 각각의 챔버는, 반송 모듈(TF)의 챔버에 게이트 밸브를 통하여 접속되어 있다. 프로세스 모듈(PM1~PM6) 중 하나의 프로세스 모듈은, 플라즈마 처리 장치이다. 프로세스 모듈(PM1~PM6) 중 다른 하나의 프로세스 모듈은, 가열 처리 장치이다. 또한, 이하의 설명에서는, 프로세스 모듈(PM5)이 가열 처리 장치인 것으로 한다. 가열 처리 장치는, 후술하는 바와 같이 다공질막(PL)의 에칭 후에, 그 챔버(PC) 내에 있어서 피가공물(W)을 가열함으로써 다공질막(PL) 내의 액체를 기화시켜, 당해 액체로부터 생성된 기체를 배기하도록 구성되어 있다.
- [0033] 제어부(MC)는, 프로세서, 메모리와 같은 기억 장치, 디스플레이와 같은 표시 장치, 키보드, 마우스와 같은 입출력 장치, 제어 신호의 입출력 인터페이스, 및 통신 장치 등을 구비하는 컴퓨터 장치일 수 있다. 기억 장치에는, 제어 프로그램 및 레시피 데이터가 기억되어 있다. 프로세서는, 제어 프로그램 및 레시피 데이터에 따라 동작하여, 처리 시스템(1)의 각부에 대하여 제어 신호를 송출함으로써, 처리 시스템(1)의 각부를 제어한다.
- [0034] 도 3은, 일 실시형태에 관한 플라즈마 처리 장치를 개략적으로 나타내는 도이다. 도 3에는, 일 실시형태에 관한 플라즈마 처리 장치가, 그 일부가 파단된 상태로 나타나 있다. 도 3에 나타내는 플라즈마 처리 장치(10A)는, 처리 시스템(1)의 플라즈마 처리 장치로서 이용하는 것이 가능하다. 플라즈마 처리 장치(10A)는, 용량 결합형 플라즈마 에칭 장치이다. 즉, 플라즈마 처리 장치(10A)는, 용량 결합 플라즈마를 생성하는 플라즈마 생성부를 구비하고 있다.
- [0035] 플라즈마 처리 장치(10A)는, 챔버 본체(12)를 구비하고 있다. 챔버 본체(12)는, 대략 원통 형상을 갖는다. 챔버 본체(12)는, 그 내부 공간을 챔버(12c)로서 제공하고 있다. 챔버 본체(12)의 내벽면에는, 내(耐)플라즈마성을 갖는 피막이 형성되어 있다. 이 피막은, 알루미늄이트막, 또는 산화 이트륨으로 형성된 막일 수 있다. 챔버 본체(12)는, 접지되어 있다. 챔버 본체(12)의 측벽에는, 개구(12g)가 형성되어 있다. 챔버 본체(12)의 외부로부터 챔버(12c)로의 피가공물(W)의 반입 시, 및 챔버(12c)로부터 챔버 본체(12)의 외부로의 피가공물(W)의 반출 시에, 피가공물(W)은 개구(12g)를 통과한다. 챔버 본체(12)의 측벽에는, 개구(12g)의 개폐를 위하여, 게이트 밸브(14)가 장착되어 있다.
- [0036] 챔버 본체(12)에는 히터(HTC)가 마련되어 있다. 히터(HTC)는, 챔버 본체(12)의 외부에 마련된 히터 전원에 접속되어 있다. 도 3에 나타내는 예에서는, 히터(HTC)는, 챔버 본체(12)의 측벽에 마련되어 있지만, 히터(HTC)는, 후술하는 상부 전극(30) 내에도 마련될 수 있다. 히터(HTC)는, 후술하는 제1 가스가 챔버(12c)를 구획 형성하는 벽면 상에서 액화되는 것을 억제하기 위하여, 챔버 본체(12)를 가열하도록 구성되어 있다.
- [0037] 챔버 본체(12)의 바닥부 상에는, 지지부(15)가 마련되어 있다. 지지부(15)는, 대략 원통 형상을 갖고 있다. 지지부(15)는, 예를 들면, 절연 재료로 구성되어 있다. 지지부(15)는, 챔버(12c) 내에 있어서, 챔버 본체(12)의 바닥부로부터 상방으로 뻗어 있다. 챔버(12c) 내에는, 스테이지(16)가 마련되어 있다. 스테이지(16)는, 지지부(15)에 의하여 지지되어 있다.
- [0038] 스테이지(16)는, 그 위에 재치된 피가공물(W)을 지지하도록 구성되어 있다. 스테이지(16)는, 하부 전극(18) 및 정전 척(20)을 갖고 있다. 하부 전극(18)은, 제1 플레이트(18a) 및 제2 플레이트(18b)를 포함하고 있다. 제1 플레이트(18a) 및 제2 플레이트(18b)는, 예를 들면 알루미늄과 같은 금속으로 구성되어 있으며, 대략 원반 형상을 갖고 있다. 제2 플레이트(18b)는, 제1 플레이트(18a) 상에 마련되어 있으며, 제1 플레이트(18a)에 전기적으로 접속되어 있다.
- [0039] 정전 척(20)은, 제2 플레이트(18b) 상에 마련되어 있다. 정전 척(20)은, 절연층, 및 당해 절연층 내에 마련된 막상(膜狀)의 전극을 갖고 있다. 정전 척(20)의 전극에는, 직류 전원(22)이 스위치(23)를 통하여 전기적으로 접속되어 있다. 정전 척(20)의 전극에는, 직류 전원(22)으로부터 직류 전압이 인가된다. 정전 척(20)의 전극에 직

류 전압이 인가되면, 정전 척(20)은, 정전 인력을 발생시켜, 피가공물(W)을 당해 정전 척(20)으로 끌어당겨, 당해 피가공물(W)을 지지한다. 또한, 정전 척(20) 내에는, 히터가 내장되어 있어도 되고, 당해 히터에는, 챔버 본체(12)의 외부에 마련된 히터 전원이 접속되어 있어도 된다.

- [0040] 제2 플레이트(18b)의 주연부(周緣部) 상에는, 포커스 링(24)이 마련된다. 포커스 링(24)은, 대략 환상(環狀)의 판이다. 포커스 링(24)은, 피가공물(W)의 에지 및 정전 척(20)을 둘러싸도록 배치된다. 포커스 링(24)은, 에칭의 균일성을 향상시키기 위하여 마련되어 있다. 포커스 링(24)은, 예를 들면, 실리콘, 석영과 같은 재료로 형성될 수 있다.
- [0041] 제2 플레이트(18b)의 내부에는, 유로(18f)가 마련되어 있다. 유로(18f)에는, 챔버 본체(12)의 외부에 마련되어 있는 칠러 유닛으로부터, 배관(26a)을 통하여 냉매가 공급된다. 유로(18f)에 공급된 냉매는, 배관(26b)을 통하여 칠러 유닛으로 되돌려진다. 즉, 유로(18f)와 칠러 유닛의 사이에서는, 냉매가 순환된다. 이 냉매의 온도를 제어함으로써, 스테이지(16)(또는 정전 척(20))의 온도 및 피가공물(W)의 온도가 조정된다. 또한, 냉매로서는, 피가공물(W)의 온도를 -60℃ 이상의 온도, 예를 들면 -50℃ 이상 -30℃ 이하의 온도로 설정할 수 있는 일반적인 냉매가 이용된다. 이와 같은 냉매로서는, 예를 들면 갈덴(등록상표)이 예시된다.
- [0042] 플라즈마 처리 장치(10A)에는, 가스 공급 라인(28)이 마련되어 있다. 가스 공급 라인(28)은, 전열 가스 공급 기구로부터의 전열 가스, 예를 들면 He 가스를, 정전 척(20)의 상면과 피가공물(W)의 이면의 사이에 공급한다.
- [0043] 플라즈마 처리 장치(10A)는, 상부 전극(30)을 더 구비하고 있다. 상부 전극(30)은, 스테이지(16)의 상방에 마련되어 있다. 상부 전극(30)은, 부재(32)를 통하여, 챔버 본체(12)의 상부에 지지되어 있다. 상부 전극(30)은, 전극판(34) 및 지지체(36)를 포함할 수 있다. 전극판(34)의 하면은, 챔버(12c)에 접하고 있다. 전극판(34)에는, 복수의 가스 토출 구멍(34a)이 마련되어 있다. 이 전극판(34)은, 실리콘 또는 산화 실리콘과 같은 재료로 형성될 수 있다.
- [0044] 지지체(36)는, 전극판(34)을 착탈 가능하게 지지하는 것이며, 알루미늄과 같은 도전성 재료로 형성되어 있다. 지지체(36)의 내부에는, 가스 확산실(36a1), 가스 확산실(36a2), 및 가스 확산실(36a3)이 마련되어 있다. 가스 확산실(36a1)은, 지지체(36) 내에 있어서 가스 확산실(36a2) 및 가스 확산실(36a3)로부터 분리되어 있다. 가스 확산실(36a1)은, 스테이지(16) 및 피가공물(W)의 중앙 영역의 상방에 마련되어 있다. 연직 방향에서 본 가스 확산실(36a1)의 평면 형상은 대략 원형이다. 가스 확산실(36a2)은, 피가공물(W)의 중앙 영역과 에지 영역의 중간 영역의 상방에 마련되어 있으며, 가스 확산실(36a1)의 외측에서 원주 방향으로 뺀어 있다. 가스 확산실(36a2)은, 지지체(36) 내에 있어서 가스 확산실(36a1) 및 가스 확산실(36a3)로부터 분리되어 있다. 연직 방향에서 본 가스 확산실(36a2)의 평면 형상은, 2개의 동심원의 사이에서 뺀어 떠상이다. 가스 확산실(36a3)은, 피가공물(W)의 에지 영역의 상방에 마련되어 있으며, 가스 확산실(36a2)의 외측에서 원주 방향으로 뺀어 있다. 가스 확산실(36a3)은, 지지체(36) 내에 있어서 가스 확산실(36a1) 및 가스 확산실(36a2)로부터 분리되어 있다. 연직 방향에서 본 가스 확산실(36a3)의 평면 형상은, 2개의 동심원의 사이에서 뺀어 떠상이다. 가스 확산실(36a1), 가스 확산실(36a2), 및 가스 확산실(36a3)은, 후술하는 가스 공급계에 접속되어 있다.
- [0045] 지지부(15)와 챔버 본체(12)의 측벽의 사이에는 배플 부재(48)가 마련되어 있다. 배플 부재(48)는, 예를 들면, 판상의 부재이며, 알루미늄제의 모재(母材)의 표면에 Y₂O₃ 등의 세라믹스를 피복함으로써 형성될 수 있다. 배플 부재(48)에는, 당해 배플 부재(48)를 관통하는 복수의 구멍이 형성되어 있다. 배플 부재(48)의 하방에 있어서, 챔버 본체(12)의 바닥부에는, 배기관(52)을 통하여 배기 장치(50)가 접속되어 있다. 배기 장치(50)는, 압력 조정 밸브와 같은 압력 제어기, 및 터보 분자 펌프와 같은 진공 펌프를 갖고 있으며, 챔버(12c)를 원하는 압력으로 감압할 수 있다.
- [0046] 플라즈마 처리 장치(10A)는, 제1 고주파 전원(62) 및 제2 고주파 전원(64)을 더 구비하고 있다. 제1 고주파 전원(62)은, 플라즈마 생성용의 제1 고주파(고주파 전기 에너지)를 발생시키는 전원이다. 제1 고주파는, 예를 들면 27~100MHz의 범위 내의 주파수를 갖는다. 제1 고주파 전원(62)은, 정합기(63)를 통하여 상부 전극(30)에 접속되어 있다. 정합기(63)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(63)를 통하여 하부 전극(18)에 접속되어 있어도 된다.
- [0047] 제2 고주파 전원(64)은, 피가공물(W)에 이온을 인입하기 위한 제2 고주파(고주파 전기 에너지)를 발생시키는 전원이다. 제2 고주파는, 예를 들면 400kHz~13.56MHz의 범위 내의 주파수를 갖는다. 제2 고주파 전원(64)은, 정합기(65)를 통하여 하부 전극(18)에 접속되어 있다. 정합기(65)는, 제2 고주파 전원(64)의 출력 임피던스와 부하

측(하부 전극(18)측)의 임피던스를 정합시키기 위한 회로를 갖고 있다.

- [0048] 도 4는, 도 3에 나타내는 플라즈마 처리 장치의 가스 공급계의 제1 실시형태를 나타내는 도이다. 도 4에 나타내는 가스 공급계(100A)는, 플라즈마 처리 장치(10A)의 가스 공급계로서 채용될 수 있다. 가스 공급계(100A)는, 제1 가스 및 제2 가스를 챔버(12c)에 공급하도록 구성되어 있다.
- [0049] 제1 가스는, 다공질막(PL) 내에 있어서 그 모세관 응축이 발생하는 가스이다. 제1 가스로서는, C_xF_y 가스(플루오로 카본 가스), $C_xF_yO_z$ 가스(산소 함유 플루오로 카본 가스), C_xH_y 가스(탄화 수소 가스), 또는 $C_xH_yO_z$ 가스(산소 함유 탄화 수소 가스) 등을 이용할 수 있다. 여기에서, x, y, z는 1 이상의 정수이다. C_xF_y 가스로서는, C_6F_6 가스, C_7F_8 가스 등이 예시된다. $C_xF_yO_z$ 가스로서는, $C_{10}F_{22}O_5$ 가스 등이 예시된다. C_xH_y 가스 또는 $C_xH_yO_z$ 가스로서는, 벤젠(C_6H_6), n-부탄올($CH_3(CH_2)_2CH_2OH$), 2-부톡시에탄올($CH_3(CH_2)_3OCH_2CH_2OH$), 2-에톡시에탄올($C_2H_5OCH_2CH_2OH$), 사이클로헥세인(C_6H_{12}), 다이옥세인($OCH_2CH_2OCH_2CH_2$), 에탄올(C_2H_5OH), 아세트산 에틸($CH_3CO_2C_2H_5$), 에틸벤젠($C_2H_5C_6H_5$), 에틸사이클로헥세인($C_6H_{11}C_2H_5$), 메틸에틸케톤($C_2H_5COCH_3$), n-옥테인($CH_3(CH_2)_6CH_3$), 1-프로판올($CH_3CH_2CH_2OH$), 2-프로판올($(CH_3)_2CHOH$), 톨루엔($C_6H_5CH_3$) 등이 예시된다.
- [0050] 제2 가스는, 다공질막(PL)의 에칭용 가스이며, 불소 함유 가스를 포함한다. 제2 가스에 포함되는 불소 함유 가스는, NF_3 가스(3불화 질소 가스), SiF_4 가스, CF_4 가스와 같은 가스, 또는 이들 중 2 이상의 혼합 가스일 수 있다. 제2 가스는, 희가스와 같은 불활성 가스를 더 포함하고 있어도 된다. 희가스는, 예를 들면 He 가스, Ne 가스, Ar 가스, Kr 가스와 같은 임의의 희가스일 수 있다. 제2 가스는, O_2 가스와 같은 산소 함유 가스를 더 포함하고 있어도 된다.
- [0051] 가스 공급계(100A)는, 유로(L1A, L11A, L12A, L13A, L2A, L21A, L22A, L23A, L3A)를 제공하고 있다. 유로(L1A, L11A, L12A, L13A, L2A, L21A, L22A, L23A, L3A)는, 배관에 의하여 제공되어 있다.
- [0052] 유로(L1A, L11A, L12A, L13A)는, 가스 소스(GS2)를 챔버(12c)에 접속하는 제1 유로이다. 가스 소스(GS2)는, 제2 가스의 소스이다. 유로(L1A)의 일단은, 가스 소스(GS2)에 접속되어 있다. 유로(L1A) 상에는, 개폐 밸브(V11A), 개폐 밸브(V12A), 및 유량 제어기(FC1A)가 마련되어 있다. 유량 제어기(FC1A)는, 매스 플로 컨트롤러 또는 압력 제어식의 유량 제어기이며, 개폐 밸브(V11A)와 개폐 밸브(V12A)의 사이에 마련되어 있다. 유로(L1A)의 타단은, 플로 스플리터(FSA)에 접속되어 있다. 플로 스플리터(FSA)는, 유로(L1A)로부터의 가스를 유로(L11A), 유로(L12A), 및 유로(L13A)에 분배하도록 구성되어 있다. 유로(L11A)의 일단, 유로(L12A)의 일단, 및 유로(L13A)의 일단은, 플로 스플리터(FSA)를 통하여 유로(L1A)에 접속되어 있다. 유로(L11A)의 타단, 유로(L12A)의 타단, 유로(L13A)의 타단은 각각, 가스 확산실(36a1), 가스 확산실(36a2), 가스 확산실(36a3)에 접속되어 있다.
- [0053] 유로(L2A, L21A, L22A, L23A)는, 가스 소스(GS1)를 유로(L11A), 유로(L12A), 및 유로(L13A)에 접속하는 제2 유로이다. 가스 소스(GS1)는, 제1 가스의 소스이다. 유로(L2A)의 일단은, 가스 소스(GS1)에 접속되어 있다. 유로(L2A) 상에는, 가스 소스(GS1) 측(상류 측)으로부터 순서대로, 개폐 밸브(V2A) 및 유량 제어기(FC2A)가 마련되어 있다. 유량 제어기(FC2A)는, 매스 플로 컨트롤러 또는 압력 제어식의 유량 제어기이다. 유로(L2A)의 타단에는, 유로(L21A)의 일단, 유로(L22A)의 일단, 및 유로(L23A)의 일단이 접속되어 있다. 유로(L21A)의 타단, 유로(L22A)의 타단, 유로(L23A)의 타단은 각각, 유로(L11A), 유로(L12A), 유로(L13A)에 접속되어 있다. 유로(L21A) 상에는 개폐 밸브(V21A)가 마련되어 있고, 유로(L22A) 상에는 개폐 밸브(V22A)가 마련되어 있으며, 유로(L23A) 상에는 개폐 밸브(V23A)가 마련되어 있다. 개폐 밸브(V21A, V22A, V23A)는, 제2 유로 상에 마련된 제1 개폐 밸브를 구성한다.
- [0054] 유로(L3A)는, 배기 장치를 유로(L2A, L21A, L22A, L23A)에 접속하는 제3 유로이다. 유로(L3A)의 일단은, 유로(L2A)에 접속되어 있다. 유로(L3A) 상에는, 개폐 밸브(V3A)(제2 개폐 밸브)가 마련되어 있다. 유로(L3A)의 타단은, 배기 장치에 접속되어 있다. 이 배기 장치는, 배기 장치(50)여도 되고, 다른 배기 장치여도 된다.
- [0055] 가스 공급계(100A)는, 히터(HJA)를 구비하고 있다. 히터(HJA)는, 가스 공급계(100A)의 배관, 구체적으로는, 제1 가스가 흐르는 유로를 제공하는 배관을 가열하도록 구성되어 있다. 보다 상세하게는, 히터(HJA)는, 유로(L2A), 유로(L21A), 유로(L22A), 유로(L23A), 유로(L21A)와 유로(L11A)와의 접속 개소로부터 그 타단까지의 사이의 유로(L11A), 유로(L22A)와 유로(L12A)와의 접속 개소로부터 그 타단까지의 사이의 유로(L12A), 유로(L23A)와 유로(L13A)와의 접속 개소로부터 그 타단까지의 사이의 유로(L13A), 및 개폐 밸브(V3A)에 대하여 상류 측의 유로

(L3A)를 제공하는 배관에 장착되어 있다. 히터(HJA)는, 예를 들면 히터 재킷이며, 당해 배관에 장착되어 있다. 히터(HJA)는, 히터 전원에 접속되어 있다.

- [0056] 가스 공급계(100A)를 구비하는 플라즈마 처리 장치(10A)에서는, 개폐 밸브(V2A), 개폐 밸브(V21A), 개폐 밸브(V22A), 및 개폐 밸브(V23A)가 개방되면, 제1 가스가 챔버(12c)에 공급된다. 이 제1 가스는, 모세관 응축에 의하여 액화되어, 다공질막(PL) 내에서 액체가 된다. 개폐 밸브(V11A) 및 개폐 밸브(V12A)가 개방되면, 제2 가스가 챔버(12c)에 공급된다. 제2 가스가 챔버(12c)에 공급되고 있을 때에, 제1 고주파가 공급되면, 제2 가스의 플라즈마가 생성된다. 이 제2 가스의 플라즈마로부터의 라디칼, 이온과 같은 활성종에 의하여, 다공질막(PL)이 에칭된다. 다공질막(PL)의 에칭 시에는, 상술의 액체가 다공질막(PL) 내에 충전되어 있으므로, 다공질막(PL) 내로의 라디칼의 침입이 억제된다. 그 결과, 다공질막(PL)의 대미지가 억제된다. 즉, 가스 공급계(100A)를 구비하는 플라즈마 처리 장치(10A)는, 액체에 의하여 당해 다공질막(PL)을 보호하면서, 제2 가스의 플라즈마에 의하여 다공질막(PL)을 에칭할 수 있다.
- [0057] 또, 가스 공급계(100A)를 구비하는 플라즈마 처리 장치(10A)에 의하면, 유로(L2A), 유로(L21A), 유로(L22A), 및 유로(L23A) 내의 제1 가스를 배기 장치에 의하여 배기하는 것이 가능하다. 또, 가스 공급계(100A)를 구비하는 플라즈마 처리 장치(10A)에 의하면, 배기 장치에 의하여, 유로(L2A), 유로(L21A), 유로(L22A), 및 유로(L23A) 내의 제1 가스의 압력(또는 분압)을 조정하는 것이 가능하다. 따라서, 가스 공급계(100A)를 구비하는 플라즈마 처리 장치(10A)에 의하면, 제1 가스의 압력(또는 분압)이 유로(L2A), 유로(L21A), 유로(L22A), 및 유로(L23A) 내에 있어서 높아지는 것이 억제되어, 당해 제1 가스가 유로(L2A), 유로(L21A), 유로(L22A), 및 유로(L23A) 내에 있어서 액화되는 것이 억제된다.
- [0058] 일 실시형태에서는, 히터(HTC)에 의하여 챔버(12c)를 구획 형성하는 벽면 상에서 제1 가스가 액화되는 것이 억제된다. 일 실시형태에서는, 히터(HJA)에 의하여 제1 가스가 흐르는 유로 내에 있어서 당해 제1 가스가 액화되는 것이 억제된다.
- [0059] 도 5는, 도 3에 나타내는 플라즈마 처리 장치의 가스 공급계의 제2 실시형태를 나타내는 도이다. 도 5에 나타내는 가스 공급계(100B)는, 플라즈마 처리 장치(10A)의 가스 공급계로서 채용될 수 있다. 가스 공급계(100B)는, 제1 가스 및 제2 가스를 챔버(12c)에 공급하도록 구성되어 있다.
- [0060] 가스 공급계(100B)는, 유로(L1B, L11B, L12B, L13B, L2B, L3B)를 제공하고 있다. 유로(L1B, L11B, L12B, L13B, L2B, L3B)는, 배관에 의하여 제공되어 있다.
- [0061] 유로(L1B, L11B, L12B, L13B)는, 가스 소스(GS2)를 챔버(12c)에 접속하는 제1 유로이다. 유로(L1B)의 일단은, 가스 소스(GS2)에 접속되어 있다. 유로(L1B) 상에는, 개폐 밸브(V11B), 개폐 밸브(V12B), 및 유량 제어기(FC1B)가 마련되어 있다. 유량 제어기(FC1B)는, 매스 플로 컨트롤러 또는 압력 제어식의 유량 제어기이며, 개폐 밸브(V11B)와 개폐 밸브(V12B)의 사이에 마련되어 있다. 유로(L1B)의 타단은 플로 스플리터(FSB)에 접속되어 있다. 플로 스플리터(FSB)는, 유로(L1B)로부터의 가스를 유로(L11B), 유로(L12B), 및 유로(L13B)에 분배한다. 유로(L11B)의 일단, 유로(L12B)의 일단, 및 유로(L13B)의 일단은, 플로 스플리터(FSB)를 통하여 유로(L1B)에 접속되어 있다. 유로(L11B)의 타단, 유로(L12B)의 타단, 유로(L13B)의 타단은 각각, 가스 확산실(36a1), 가스 확산실(36a2), 가스 확산실(36a3)에 접속되어 있다.
- [0062] 유로(L2B)는, 가스 소스(GS1)를 유로(L1B)에 접속하는 제2 유로이다. 유로(L2B)의 일단은, 가스 소스(GS1)에 접속되어 있다. 유로(L2B) 상에는, 개폐 밸브(V21B), 유량 제어기(FC2B), 및 개폐 밸브(V22B)가 마련되어 있다. 유량 제어기(FC2B)는, 매스 플로 컨트롤러 또는 압력 제어식의 유량 제어기이다. 유로(L2B)의 타단은, 유로(L1B)에 접속되어 있다. 개폐 밸브(V22B)는, 제2 유로 상에 마련된 제1 개폐 밸브를 구성한다.
- [0063] 유로(L3B)는, 배기 장치를 유로(L2B)에 접속하는 제3 유로이다. 유로(L3B)의 일단은, 유로(L2B)에 접속되어 있다. 유로(L3B) 상에는, 개폐 밸브(V3B)(제2 개폐 밸브)가 마련되어 있다. 유로(L3B)의 타단은 배기 장치에 접속되어 있다. 이 배기 장치는, 배기 장치(50)여도 되고, 다른 배기 장치여도 된다.
- [0064] 가스 공급계(100B)는, 히터(HJB)를 구비하고 있다. 히터(HJB)는, 가스 공급계(100B)의 배관, 구체적으로는, 제1 가스가 흐르는 유로를 제공하는 배관을 가열하도록 구성되어 있다. 보다 상세하게는, 히터(HJB)는, 유로(L2B), 유로(L11B), 유로(L12B), 유로(L13B), 유로(L2B)와 유로(L1B)와의 접속 개소로부터 그 타단까지의 사이의 유로(L1B), 및 개폐 밸브(V3B)에 대하여 상류 측의 유로(L3B)를 제공하는 배관에 장착되어 있다. 히터(HJB)는, 예를 들면 히터 재킷이며, 당해 배관에 장착되어 있다. 히터(HJB)는, 히터 전원에 접속되어 있다.
- [0065] 가스 공급계(100B)를 구비하는 플라즈마 처리 장치(10A)에서는, 개폐 밸브(V21B) 및 개폐 밸브(V22B)가 개방되

면, 제1 가스가 챔버(12c)에 공급된다. 이 제1 가스는, 모세관 응축에 의하여 액화되어, 다공질막(PL) 내에서 액체가 된다. 개폐 밸브(V11B) 및 개폐 밸브(V12B)가 개방되면, 제2 가스가 챔버(12c)에 공급된다. 제2 가스가 챔버(12c)에 공급되고 있을 때에, 제1 고주파가 공급되면, 제2 가스의 플라즈마가 생성된다. 이 제2 가스의 플라즈마로부터의 라디칼, 이온과 같은 활성종에 의하여, 다공질막(PL)이 에칭된다. 다공질막(PL)의 에칭 시에는, 상술의 액체가 다공질막(PL) 내에 충전되어 있으므로, 다공질막(PL) 내로의 라디칼의 침입이 억제된다. 그 결과, 다공질막(PL)의 대미지가 억제된다. 즉, 가스 공급계(100B)를 구비하는 플라즈마 처리 장치(10A)는, 액체에 의하여 당해 다공질막(PL)을 보호하면서, 제2 가스의 플라즈마에 의하여 다공질막(PL)을 에칭할 수 있다.

[0066] 또, 가스 공급계(100B)를 구비하는 플라즈마 처리 장치(10A)에 의하면, 유로(L2B) 내의 제1 가스를 배기 장치에 의하여 배기하는 것이 가능하다. 또, 가스 공급계(100B)를 구비하는 플라즈마 처리 장치(10A)에 의하면, 배기 장치에 의하여 유로(L2B) 내의 제1 가스의 압력(또는 분압)을 조정하는 것이 가능하다. 따라서, 가스 공급계(100B)를 구비하는 플라즈마 처리 장치(10A)에 의하면, 제1 가스의 압력(또는 분압)이 유로(L2B) 내에 있어서 높아지는 것이 억제되어, 당해 제1 가스가 유로(L2B) 내에 있어서 액화되는 것이 억제된다.

[0067] 일 실시형태에서는, 히터(HTC)에 의하여 챔버(12c)를 구획 형성하는 벽면 상에서 제1 가스가 액화되는 것이 억제된다. 일 실시형태에서는, 히터(HJB)에 의하여 제1 가스가 흐르는 유로 내에 있어서 당해 제1 가스가 액화되는 것이 억제된다.

[0068] 이하, 다른 실시형태에 관한 플라즈마 처리 장치에 대하여 설명한다. 도 6은, 다른 실시형태에 관한 플라즈마 처리 장치를 개략적으로 나타내는 도이다. 도 6에는, 다른 실시형태에 관한 플라즈마 처리 장치가, 그 일부가 파단된 상태로 나타나 있다. 도 6에 나타내는 플라즈마 처리 장치(10C)는, 처리 시스템(1)의 플라즈마 처리 장치로서 이용하는 것이 가능하다. 여기에서는, 도 6에 나타내는 플라즈마 처리 장치(10C)에 관하여, 플라즈마 처리 장치(10A)와 다른 점을 설명하고, 중복되는 설명은 생략한다. 플라즈마 처리 장치(10C)에서는, 상부 전극(30)의 지지체(36)에 하나의 가스 확산실(36a)이 형성되어 있다. 또한, 플라즈마 처리 장치(10A)의 지지체(36)와 동일하게, 플라즈마 처리 장치(10C)의 지지체(36)에 복수의 가스 확산실이 형성되어 있어도 된다.

[0069] 도 7은, 도 6에 나타내는 플라즈마 처리 장치의 가스 공급계의 실시형태를 나타내는 도이다. 도 6에 나타내는 가스 공급계(100C)는, 플라즈마 처리 장치(10C)의 가스 공급계로서 채용된다. 가스 공급계(100C)는, 유로(L1C)(제1 유로), 유로(L2C)(제2 유로), 및 유로(L3C)(제3 유로)를 제공하고 있다. 유로(L1C), 유로(L2C), 및 유로(L3C)는, 배관에 의하여 제공되어 있다.

[0070] 유로(L1C)의 일단은, 가스 소스(GS2)에 접속되어 있다. 유로(L1C)의 타단은, 가스 확산실(36a)을 통하여 챔버(12c)에 접속되어 있다. 유로(L2C)의 일단은, 가스 소스(GS1)에 접속되어 있다. 유로(L2C)의 타단은, 유로(L1C)에 접속되어 있다. 유로(L3C)의 일단은, 유로(L2C)에 접속되어 있다. 유로(L3C)의 타단은, 배기 장치(50) 또는 다른 배기 장치에 접속되어 있다.

[0071] 유로(L1C) 상에는, 유량 제어기(FC1C)가 마련되어 있다. 유량 제어기(FC1C)는, 매스 플로 컨트롤러 또는 압력 제어식의 유량 제어기이며, 유로(L1C)와 유로(L2C)와의 접속 개소(CP1)와, 가스 소스(GS2)와의 사이에 마련되어 있다. 또한, 유로(L1C) 상, 또한 유량 제어기(FC1C)의 상류 측과 하류 측에는, 1차 및 2차의 개폐 밸브가 마련되어 있어도 된다. 유량 제어기(FC1C)는, 제2 가스의 유량을 제어하도록 구성되어 있다. 구체적으로, 유량 제어기(FC1C)는, 제어부(MC)로부터 부여되는 제2 가스의 목표 유량과 측정된 제2 가스의 유량과의 오차를 저감시키도록, 제2 가스의 유량을 조정한다.

[0072] 유로(L2C)의 하류 측의 중단, 즉, 유로(L2C)의 타단은, 오리피스 부재(OL1)에 의하여 구획 형성되어 있다. 오리피스 부재(OL1)는, 유로(L2C)의 단면적을 당해 유로(L2C)의 중단에 있어서 감소시키고 있다. 유로(L1C)와 유로(L2C)와의 접속 개소(CP1)에는, 개폐 밸브(V2C)(제1 개폐 밸브)가 마련되어 있다. 개폐 밸브(V2C)는, 유로(L2C)의 종단을 유로(L1C)에 대하여 개폐하도록 구성되어 있다. 개폐 밸브(V2C)의 개폐의 타이밍은, 제어부(MC)에 의하여 제어된다. 이 개폐 밸브(V2C)의 상세에 대해서는 후술한다.

[0073] 유로(L2C) 상에는, 컨트롤 밸브(CV)가 마련되어 있다. 컨트롤 밸브(CV)는, 유로(L2C)와 유로(L3C)와의 접속 개소(CP2)와, 가스 소스(GS1)와의 사이에 마련되어 있다. 또한, 유로(L2C) 상, 또한 컨트롤 밸브(CV)의 상류 측에는, 1차의 개폐 밸브가 마련되어 있어도 된다.

[0074] 컨트롤 밸브(CV)는, 제1 가스의 유량을, 제어부(MC)로부터 지정된 유량(목표 유량)으로 제어하도록 구성되어 있다. 컨트롤 밸브(CV)에는, 제어 회로(CN)가 접속되어 있다. 제어 회로(CN)는, 유로(L2C)의 압력 및 온도로부터 당해 유로(L2C)에 있어서의 제1 가스의 유량을 구하고, 구해진 유량과 목표 유량의 사이의 오차를

감소시키도록, 컨트롤 밸브(CV)의 개도를 조정한다. 유로(L2C)의 압력 및 온도는, 압력 검출기(PS) 및 온도 검출기(TS)에 의하여 검출된다. 압력 검출기(PS) 및 온도 검출기(TS)는, 유로(L2C)의 전체 중 컨트롤 밸브(CV)와 오리피스 부재(OL1)의 사이의 부분의 압력 및 온도를 검출한다. 압력 검출기(PS) 및 온도 검출기(TS)가 압력 및 온도를 검출하는 유로(L2C) 내의 개소는, 컨트롤 밸브(CV)보다 오리피스 부재(OL1)에 가까운 개소일 수 있다. 이로써, 제1 가스의 유량 제어의 정밀도가 향상될 수 있다.

[0075] 유로(L3C)는, 부분적으로 오리피스 부재(OL2)에 의하여 구획 형성되어 있다. 오리피스 부재(OL2)는, 당해 오리피스 부재(OL2)가 마련되어 있는 개소에서, 유로(L3C)의 단면적을 감소시키고 있다. 유로(L3C) 상, 또한 오리피스 부재(OL2)의 하류에는, 개폐 밸브(V3C)(제2 개폐 밸브)가 마련되어 있다. 이 개폐 밸브(V3C)의 개폐의 타이밍은, 제어부(MC)에 의하여 제어된다.

[0076] 유로(L1C) 상, 또한 유량 제어기(FC1C)와 접속 개소(CP1)의 사이에는, 인렛 블록(IB1)이 마련되어 있다. 인렛 블록(IB1)의 내부에는, 유로(L1C)의 일부인 유로가 형성되어 있다. 인렛 블록(IB1)은, 그 상류 측의 배관과 그 하류 측의 배관을 결합하고 있다. 챔버(12c)가 대기압에 개방되는 경우에는, 인렛 블록(IB1)은, 그 상류 측의 배관과 그 하류 측의 배관을 서로 분리하도록 구성되어 있다. 또, 유로(L2C) 상, 또한 컨트롤 밸브(CV)와 접속 개소(CP2)의 사이에는, 인렛 블록(IB2)이 마련되어 있다. 인렛 블록(IB2)의 내부에는, 유로(L2C)의 일부인 유로가 형성되어 있다. 인렛 블록(IB2)은, 그 상류 측의 배관과 그 하류 측의 배관을 결합하고 있다. 챔버(12c)가 대기압에 개방되는 경우에는, 인렛 블록(IB2)은, 그 상류 측의 배관과 그 하류 측의 배관을 서로 분리하도록 구성되어 있다.

[0077] 가스 공급계(100C)는, 히터(HJC)를 구비하고 있다. 히터(HJC)는, 가스 공급계(100C)의 배관, 구체적으로는, 제1 가스가 흐르는 유로를 제공하는 배관을 가열하도록 구성되어 있다. 보다 상세하게는, 히터(HJC)는, 유로(L2C), 접속 개소(CP1)에 대하여 하류 측의 유로(L1C), 및 오리피스 부재(OL2)에 대하여 상류 측의 유로(L3C)를 제공하는 배관에 장착되어 있다. 히터(HJC)는, 예를 들면 히터 재킷이며, 당해 배관에 장착되어 있다. 히터(HJC)는, 히터 전원에 접속되어 있다.

[0078] 이하, 개폐 밸브(V2C)에 대하여 상세하게 설명한다. 도 8은, 도 7에 나타내는 가스 공급계의 개폐 밸브를 개략적으로 나타내는 단면도이다. 도 8에 나타내는 바와 같이, 개폐 밸브(V2C)는, 제1 본체부(71) 및 제2 본체부(72)를 구비하고 있다. 제1 본체부(71)와 제2 본체부(72)의 사이에는, 밸브체(74)가 배치되어 있다. 제2 본체부(72)는, 밸브체(74)를 동작시키는 기구를 갖고 있다. 밸브체(74)는, 가요성을 갖는 부재로 형성되어 있다. 밸브체(74)는, 예를 들면, 탄성 부재, 다이어프램, 또는 벨로스일 수 있다.

[0079] 제1 본체부(71)는, 입구(71a)와 출구(71b)의 사이에서 뺀 내부 유로(71c)를 제공하고 있다. 내부 유로(71c)는, 유로(L1C)의 일부를 구성하고 있다. 제1 본체부(71)는, 내부 유로(71g)를 더 제공하고 있다. 내부 유로(71g)는, 유로(L2C)의 일부를 구성하고 있다. 내부 유로(71g)의 중단, 즉, 유로(L2C)의 중단은 오리피스 부재(OL1)에 의하여 구획 형성되어 있다. 제1 본체부(71)의 내부에 있어서, 유로(L1C)(내부 유로(71c))와 유로(L2C)(내부 유로(71g))는 접속 가능해져 있다. 유로(L2C)의 중단은, 밸브체(74)에 의하여, 유로(L1C)에 대하여 개폐된다.

[0080] 일례에 있어서, 제1 본체부(71)는 지지부(71d)를 갖고 있다. 지지부(71d)는, 내부 유로(71c)를 구획 형성하는 내벽으로부터 제2 본체부(72) 측(밸브체(74) 측)으로 돌출되어 있다. 오리피스 부재(OL1)는, 지지부(71d)의 제2 본체부(72) 측(밸브체(74) 측)의 선단 부분에 지지되어 있다. 내부 유로(71g)는, 이 지지부(71d)에 의하여 제공되어 있다. 지지부(71d)의 제2 본체부(72) 측(밸브체(74) 측)의 선단에는, 밸브 시트(75)가 마련되어 있다. 밸브체(74)가 밸브 시트(75) 또는 오리피스 부재(OL1)에 접촉하고 있는 경우에는, 유로(L2C)의 중단이 유로(L1C)에 대하여 폐쇄되어, 유로(L2C)와 유로(L1C)와의 접속이 차단된다. 한편, 밸브체(74)가 밸브 시트(75) 및 오리피스 부재(OL1)로부터 떨어져 있는 경우에는, 유로(L2C)의 중단이 유로(L1C)에 대하여 개방되어, 유로(L2C)가 유로(L1C)에 연통된다.

[0081] 제2 본체부(72)는, 밸브체(74)와 밸브 시트(75)의 사이의 거리를 제어하는 요소를 갖고 있다. 일례에 있어서, 제2 본체부(72)는, 실린더(76), 가압 부재(78), 및 구동부(81)를 갖는다.

[0082] 실린더(76)는, 대략 봉상의 부재이다. 실린더(76)는, 제2 본체부(72)의 내부에 마련되어 있으며, 예를 들면 그 선단 부분(도 8에서는 하단 부분)에 있어서, 밸브체(74)를 지지하고 있다. 실린더(76)는, 돌출부(76a)를 갖는다. 돌출부(76a)는, 실린더(76)가 뺀 방향에 대하여 직교하는 방향으로 돌출되어 있다. 실린더(76)의 내부에는, 유로(76b)가 형성되어 있다. 돌출부(76a)의 측면과 제2 본체부(72)의 내벽면의 사이, 및 돌출부(76a)보

다 하방의 실린더(76)의 측면과 제2 본체부(72)의 내벽면의 사이에는, 시일 부재(79)가 마련되어 있다. 제2 본체부(72)의 내벽면, 실린더(76)의 측면, 돌출부(76a)의 하면, 및 시일 부재(79)에 의하여 공간(82)이 구획 형성되어 있다. 실린더(76)의 유로(76b)는, 공간(82)에 연통되어 있다.

[0083] 가압 부재(78)는, 밸브체(74) 또는 오리피스 부재(OL1)에 대하여 실린더(76)를 가압한다. 이 가압 부재(78)에 의하여, 밸브체(74)가 밸브 시트(75) 또는 오리피스 부재(OL1)에 눌린다. 밸브체(74)가 밸브 시트(75) 또는 오리피스 부재(OL1)에 눌리면, 유로(L1C)와 유로(L2C)와의 접속이 차단된다. 구동부(81)는, 가압 부재(78)에 의하여 실린더(76)가 가압되는 방향과 반대 방향으로, 실린더(76)를 이동시키도록 구성되어 있다. 구동부(81)는, 실린더(76)의 유로(76b)에 공기를 공급하여, 공간(82)에 공기를 충전한다. 공간(82)에 충전된 공기의 압력이 가압 부재(78)의 가압력보다 큰 경우에는, 실린더(76)는, 밸브체(74)를 밸브 시트(75) 및 오리피스 부재(OL1)로부터 떼어내도록, 이동한다. 밸브체(74)가 밸브 시트(75) 및 오리피스 부재(OL1)로부터 떼어내지면, 유로(L2C)는 유로(L1C)에 연통된다.

[0084] 이 가스 공급계(100C)를 구비하는 플라즈마 처리 장치(10C)에서는, 개폐 밸브(V2C)가 개방되면, 제1 가스가 챔버(12c)에 공급된다. 이 제1 가스는, 모세관 응축에 의하여 액화되어, 다공질막(PL) 내에서 액체가 된다. 또, 유로(L1C)를 경유하여 제2 가스가 챔버(12c)에 공급된다. 제2 가스가 챔버(12c)에 공급되고 있을 때에, 제1 고주파가 공급되면, 제2 가스의 플라즈마가 생성된다. 이 제2 가스의 플라즈마로부터의 라디칼, 이온과 같은 활성 종에 의하여, 다공질막(PL)이 에칭된다. 다공질막(PL)의 에칭 시에는, 상술의 액체가 다공질막(PL) 내에 충전되어 있으므로, 다공질막(PL) 내로의 라디칼의 침입이 억제된다. 그 결과, 다공질막(PL)의 대미지가 억제된다. 즉, 가스 공급계(100C)를 구비하는 플라즈마 처리 장치(10C)는, 액체에 의하여 당해 다공질막(PL)을 보호하면서, 제2 가스의 플라즈마에 의하여 다공질막(PL)을 에칭할 수 있다.

[0085] 또, 가스 공급계(100C)를 구비하는 플라즈마 처리 장치(10C)에 의하면, 유로(L2C) 내의 제1 가스를 배기 장치에 의하여 배기하는 것이 가능하다. 또, 가스 공급계(100C)를 구비하는 플라즈마 처리 장치(10C)에 의하면, 배기 장치에 의하여 유로(L2C) 내의 제1 가스의 압력(또는 분압)을 조정하는 것이 가능하다. 따라서, 가스 공급계(100C)를 구비하는 플라즈마 처리 장치(10C)에 의하면, 제1 가스의 압력(또는 분압)이 유로(L2C) 내에 있어서 높아지는 것이 억제되어, 당해 제1 가스가 유로(L2C) 내에 있어서 액화하는 것이 억제된다.

[0086] 일 실시형태에서는, 히터(HTC)에 의하여 챔버(12c)를 구획 형성하는 벽면 상에서 제1 가스가 액화되는 것이 억제된다. 일 실시형태에서는, 히터(HJC)에 의하여 제1 가스가 흐르는 유로 내에 있어서 당해 제1 가스가 액화되는 것이 억제된다.

[0087] 또, 오리피스 부재(OL1)와 개폐 밸브(V2C)의 사이의 유로의 길이가 매우 짧기 때문에, 오리피스 부재(OL1)와 개폐 밸브(V2C)의 사이에 고인 가스가, 개폐 밸브(V2C)를 개방했을 때에, 급격하게 유로(L1C)에 흐르는 것이 방지된다. 또, 개폐 밸브(V2C)가 폐쇄되어 있을 때에, 유로(L2C)를 배기하면서, 컨트롤 밸브(CV)에 의하여 그 유량이 제어된 제1 가스를 유로(L2C)에 공급할 수 있다. 따라서, 챔버(12c)에 대한 제1 가스의 공급 시에, 당해 제1 가스의 압력(또는 분압)이 설정된 압력에 단시간에 도달할 수 있다.

[0088] 이하, 가스 공급계(100C)를 구비하는 플라즈마 처리 장치(10C)를 이용하여, 다공질막을 에칭하는 방법의 몇 개의 실시형태에 대하여 설명한다. 도 9는, 제1 실시형태에 관한 다공질막을 에칭하는 방법의 타이밍 차트이다. 도 9에 있어서, 가로축은 시간을 나타내고 있으며, 세로축은 제2 가스의 유량, 제1 가스의 유량, 컨트롤 밸브(CV)의 개도, 개폐 밸브(V2C)의 개폐, 개폐 밸브(V3C)의 개폐, 및 고주파의 공급을 나타내고 있다. 도 9의 제2 가스의 유량에 관한 타이밍 차트에 있어서, "H"의 레벨은 챔버(12c)에 제2 가스가 공급되고 있는 것을 나타내고 있으며, "L"의 레벨은 챔버(12c)에 제2 가스가 공급되고 있지 않은 것을 나타내고 있다. 도 9의 제1 가스의 유량에 관한 타이밍 차트에 있어서, "L"의 레벨은 챔버(12c)에 제1 가스가 공급되고 있지 않은 것을 나타내고 있으며, "H1", "H2", "H3"의 레벨은 챔버(12c)에 제1 가스가 공급되고 있는 것을 나타내고 있으며, "H3"으로 나타나는 제1 가스의 유량은 "H2"로 나타나는 제1 가스의 유량보다 크고, "H2"로 나타나는 제1 가스의 유량은 "H1"로 나타나는 제1 가스의 유량보다 크다. 도 9의 컨트롤 밸브(CV)의 개도에 관한 타이밍 차트에 있어서, "L"의 레벨은 컨트롤 밸브(CV)가 폐쇄되어 있는 것을 나타내고 있으며, "H1", "H2", "H3"의 레벨은 컨트롤 밸브(CV)가 개방되어 있는 것을 나타내고 있으며, "H3"으로 나타나는 컨트롤 밸브(CV)의 개도는 "H2"로 나타나는 컨트롤 밸브(CV)의 개도보다 크고, "H2"로 나타나는 컨트롤 밸브(CV)의 개도는 "H1"로 나타나는 컨트롤 밸브(CV)의 개도보다 크다. 도 9의 개폐 밸브(V2C)의 개폐에 관한 타이밍 차트에 있어서, "H"의 레벨은 개폐 밸브(V2C)가 개방되어 있는 것을 나타내고 있으며, "L"의 레벨은 개폐 밸브(V2C)가 폐쇄되어 있는 것을 나타내고 있다. 도 9의 개폐 밸브(V3C)의 개폐에 관한 타이밍 차트에 있어서, "H"의 레벨은 개폐 밸브(V3C)가 개방되어 있는 것을 나타

내고 있으며, "L"의 레벨은 개폐 밸브(V3C)가 폐쇄되어 있는 것을 나타내고 있다. 도 9의 고주파의 공급에 관한 타이밍 차트에 있어서, "H"의 레벨은, 제1 고주파 및 제2 고주파가 공급되고 있는 것을 나타내고 있으며, "L"의 레벨은, 제1 고주파 및 제2 고주파의 공급이 정지되어 있는 것을 나타내고 있다. 이하의 설명에서는, 도 9에 더하여, 도 10~도 12를 참조한다. 도 10 및 도 11은, 다양한 실시형태에 관한 다공질막을 에칭하는 방법의 실행 중에 얻어지는 피가공물의 일부 확대 단면도이다. 도 12는, 다양한 실시형태에 관한 다공질막을 에칭하는 방법의 실행에 의하여 얻어지는 피가공물의 일부 확대 단면도이다.

- [0089] 도 9에 나타내는 제1 실시형태의 방법은, 피가공물(W)이 챔버(12c) 내에서 스테이지(16) 상에 재치된 상태에서 실행된다. 또한, 제1 실시형태의 방법, 및 후술하는 제2~제4 실시형태의 방법이 적용되는 피가공물은, 다공질막을 갖는 임의의 피가공물일 수 있다.
- [0090] 제1 실시형태의 방법에서는, 공정 ST11에 있어서, 유로(L2C) 내의 가스가 배기된다. 공정 ST11의 실행 시에는, 컨트롤 밸브(CV), 개폐 밸브(V2C)는 폐쇄되고, 개폐 밸브(V3C)가 개방된다. 이로써, 유로(L2C)가 유로(L3C)를 통하여 배기 장치에 접속되고, 당해 배기 장치에 의하여, 유로(L2C) 내의 가스가 배기된다. 또한, 개폐 밸브(V3C)는, 공정 ST11의 실행의 개시 시점으로부터, 후술하는 공정 ST15의 실행의 종료 시점까지, 계속해서 개방된다.
- [0091] 제1 실시형태의 방법에서는, 공정 ST11의 실행 후, 또한 공정 ST12의 실행 전에, 컨트롤 밸브(CV)가 개방된다. 컨트롤 밸브(CV)는, 공정 ST15의 실행의 개시 시점까지 개방되어 있다.
- [0092] 계속되는 공정 ST12에서는, 다공질막(PL) 내에 있어서 그 모세관 응축을 발생시키도록, 제1 가스가 챔버(12c)에 공급된다. 공정 ST12에서는, 개폐 밸브(V2C)가 개방된다. 이로써, 제1 가스가 유로(L2C) 및 유로(L1C)를 통하여 챔버(12c)에 공급된다. 또한, 제1 실시형태의 방법에서는, 최초로 실행되는 공정 ST12의 개시 시점으로부터 공정 ST15의 개시 시점까지, 제2 가스가 챔버(12c)에 계속적으로 공급된다. 즉, 공정 ST12에서는, 제1 가스와 제2 가스의 혼합 가스가, 챔버(12c)에 공급된다.
- [0093] 공정 ST12에서는, 다공질막(PL) 내에 있어서 제1 가스의 모세관 응축이 발생하도록, 피가공물(W)의 온도, 및 제1 가스의 분압이 설정된다. 피가공물(W)의 온도는, 스테이지(16)에 공급되는 냉매에 의하여 조정된다. 피가공물(W)의 온도는, 상온(25℃)보다 낮고, 상술한 냉매에 의하여 설정할 수 있는 하한 온도, 예를 들면 -60℃ 이상의 온도로 설정된다. 예를 들면, 피가공물(W)의 온도는 -50℃ 이상 -30℃ 이하의 온도로 설정된다. 제1 가스의 분압은, 피가공물(W)의 온도에 있어서, 다공질막(PL) 내에 있어서 제1 가스의 모세관 응축이 발생하는 임계 압력보다 높고, 제1 가스의 포화 증기압보다 낮은 분압으로 설정된다.
- [0094] 공정 ST12에서는, 다공질막(PL) 내에서 제1 가스의 모세관 응축이 발생하여, 제1 가스가 다공질막(PL) 내에서 액화된다. 그 결과, 도 10에 나타내는 바와 같이, 다공질막(PL) 내에는, 영역(SR)이 형성된다. 영역(SR) 내에 있어서, 다공질막(PL)의 미세 구멍은, 제1 가스로부터 생성된 액체로 충전되어 있다.
- [0095] 도 9에 나타내는 바와 같이, 공정 ST12에 계속되는 공정 ST13에 있어서, 개폐 밸브(V2C)가 폐쇄된다. 개폐 밸브(V2C)는, 공정 ST13의 개시 시점으로부터 후속의 공정 ST14의 종료 시점까지 동안, 계속적으로 폐쇄된다. 공정 ST13의 실행에 의하여, 챔버(12c) 내의 가스는 제1 가스와 제2 가스의 혼합 가스로부터 제2 가스로 변경된다. 공정 ST13에서는, 챔버(12c)의 압력이 소정의 압력으로 설정된다. 이 소정의 압력은, 공정 ST14의 실행 시의 챔버(12c)의 압력과 동일한 압력이다. 또, 공정 ST13에서는, 피가공물(W)의 온도가, 공정 ST14의 실행 중의 피가공물(W)의 온도와 동일한 온도, 예를 들면, -50℃ 이상 -30℃ 이하의 온도로 설정된다. 피가공물(W)의 온도는, 스테이지(16)에 공급되는 냉매에 의하여 조정된다.
- [0096] 계속되는 공정 ST14에서는, 챔버(12c) 내에 있어서 제2 가스의 플라즈마가 생성된다. 공정 ST14의 실행 시에는, 챔버(12c)에 대한 제1 가스의 공급은 정지되어 있다. 공정 ST14에서는, 제1 고주파가 상부 전극(30)(또는 하부 전극(18))에 공급되고, 제2 고주파가 하부 전극(18)에 공급된다. 또한, 제1 고주파 및 제2 고주파 중 한쪽은, 공급되지 않아도 된다. 공정 ST14에서는, 챔버(12c)의 압력이 소정의 압력으로 설정된다. 이 소정의 압력은, 예를 들면 300mTorr(40Pa) 이하의 압력이다. 이 소정의 압력은, 100mTorr(13.33Pa) 이하의 압력이어도 된다. 공정 ST14에서는, 피가공물(W)의 온도가, 예를 들면 -50℃ 이상 -30℃ 이하의 온도로 설정된다. 피가공물(W)의 온도는, 스테이지(16)에 공급되는 냉매에 의하여 조정된다. 피가공물(W)의 온도는, 공정 ST14에 있어서 플라즈마로부터 피가공물(W)로의 입열이 발생하기 때문에, 스테이지(16)의 온도보다 약간 높아진다.
- [0097] 공정 ST14에서는, 활성화중, 예를 들면 라디칼에 의하여 다공질막(PL)이 에칭된다. 이로써, 도 11에 나타내는 바와 같이, 마스크(MK)로부터 노출되어 있는 부분에 있어서 다공질막(PL)이 에칭된다. 도 11에 나타내는 바와 같

이, 공정 ST14에서는, 영역(SR) 내에서, 그 표면으로부터 다공질막(PL)이 에칭된다. 공정 ST14의 실행 시에는, 다공질막(PL) 내에는 액체가 충전되어 있으므로, 다공질막(PL) 내로의 라디칼의 침입이 억제된다.

- [0098] 도 9에 나타내는 바와 같이, 공정 ST12~공정 ST14를 포함하는 시퀀스 SQ1은 복수 회 실행되어도 된다. 즉, 공정 ST12와 공정 ST14는 교대로 반복되어도 된다.
- [0099] 제1 실시형태의 방법에서는, 공정 ST12~공정 ST14의 반복 후에, 공정 ST15가 실행된다. 공정 ST15에서는, 유로(L2C) 내의 가스가 배기된다. 공정 ST15의 실행 시에는, 컨트롤 밸브(CV), 개폐 밸브(V2C)는 폐쇄되고, 개폐 밸브(V3C)가 개방된다. 이로써, 유로(L2C)가 유로(L3C)를 통하여 배기 장치에 접속되고, 당해 배기 장치에 의하여, 유로(L2C) 내의 가스가 배기된다. 제1 실시형태의 방법에서는, 이어서, 가열 처리 장치에 있어서 피가공물(W)이 가열된다. 이로써, 다공질막(PL) 내의 액체가 기화되고, 생성된 기체가 배기된다. 이러한 방법의 실행 후에는, 도 12에 나타내는 바와 같이, 하지층(UL)에 이르는 개구가 다공질막(PL)에 형성된다.
- [0100] 제1 실시형태의 방법에서는, 도 9에 나타내는 바와 같이, 공정 ST12~공정 ST14의 반복 중에, 컨트롤 밸브(CV)의 개도가 단계적으로 감소된다. 이로써, 공정 ST12~공정 ST14의 반복 중에, 제1 가스의 유량이 단계적으로 감소된다. 따라서, 다공질막(PL)의 에칭에 의하여 당해 다공질막에 형성된 개구의 깊이가 커졌을 때에, 제1 가스의 분압이 감소된다.
- [0101] 제1 실시형태의 방법에 의하면, 다공질막(PL)을 제1 가스에 근거하는 액체에 의하여 보호하면서, 다공질막(PL)을 에칭하는 것이 가능해진다. 또, 공정 ST11 및 공정 ST15의 실행에 의하여, 유로(L2C) 내에서의 제1 가스의 액화가 억제된다. 또한, 공정 ST12~공정 ST14의 반복 중에, 배기 장치에 의하여 유로(L2C) 내의 제1 가스의 압력이 조정된다. 이로써, 유로(L2C) 내에서의 제1 가스의 액화가 억제된다.
- [0102] 이하, 제2 실시형태의 다공질막을 에칭하는 방법에 대하여 설명한다. 도 13은, 제2 실시형태에 관한 다공질막을 에칭하는 방법의 타이밍 차트이다. 도 13에 나타내는 바와 같이, 제2 실시형태의 방법은, 고주파의 공급의 타이밍에 있어서, 제1 실시형태의 방법과는 다르다.
- [0103] 제2 실시형태의 방법에서는, 공정 ST14의 개시 시점이, 공정 ST12의 실행 기간의 개시 시점과 종료 시점의 사이의 시점이다. 공정 ST14는, 그 개시 시점으로부터, 복수 회의 공정 ST12의 실행 기간의 종료 시점, 또는 1회의 공정 ST12의 실행 기간의 종료 후의 시점까지 계속된다. 공정 ST14의 실행 중에는, 제1 고주파가 상부 전극(30)(또는 하부 전극(18))에 공급되고, 제2 고주파가 하부 전극(18)에 공급된다. 또한, 제1 고주파 및 제2 고주파 중 한쪽은, 공급되지 않아도 된다. 또, 도 13에 나타내는 바와 같이 공정 ST12와 공정 ST14를 포함하는 시퀀스 SQ2가 반복되어도 된다.
- [0104] 이하, 제3 실시형태의 다공질막을 에칭하는 방법에 대하여 설명한다. 도 14는, 제3 실시형태에 관한 다공질막을 에칭하는 방법의 타이밍 차트이다. 도 14에 있어서, 가로축은 시간을 나타내고 있으며, 세로축은 제2 가스의 유량, 제1 가스의 유량, 컨트롤 밸브(CV)의 개폐, 개폐 밸브(V2C)의 개폐, 개폐 밸브(V3C)의 개폐, 및 고주파의 공급을 나타내고 있다. 도 14의 제2 가스의 유량에 관한 타이밍 차트에 있어서, "H"의 레벨은 챔버(12c)에 제2 가스가 공급되고 있는 것을 나타내고 있으며, "L"의 레벨은 챔버(12c)에 제2 가스가 공급되고 있지 않은 것을 나타내고 있다. 도 14의 제1 가스의 유량에 관한 타이밍 차트에 있어서, "L"의 레벨은 챔버(12c)에 제1 가스가 공급되고 있지 않은 것을 나타내고 있으며, "H"의 레벨은 챔버(12c)에 제1 가스가 공급되고 있는 것을 나타내고 있다. 도 14의 컨트롤 밸브(CV)의 개폐에 관한 타이밍 차트에 있어서, "L"의 레벨은 컨트롤 밸브(CV)가 폐쇄되어 있는 것을 나타내고 있으며, "H"의 레벨은 컨트롤 밸브(CV)가 개방되어 있는 것을 나타내고 있다. 도 14의 개폐 밸브(V2C)의 개폐에 관한 타이밍 차트에 있어서, "H"의 레벨은 개폐 밸브(V2C)가 개방되어 있는 것을 나타내고 있으며, "L"의 레벨은 개폐 밸브(V2C)가 폐쇄되어 있는 것을 나타내고 있다. 도 14의 개폐 밸브(V3C)의 개폐에 관한 타이밍 차트에 있어서, "H"의 레벨은 개폐 밸브(V3C)가 개방되어 있는 것을 나타내고 있으며, "L"의 레벨은 개폐 밸브(V3C)가 폐쇄되어 있는 것을 나타내고 있다. 도 14의 고주파의 공급에 관한 타이밍 차트에 있어서, "H"의 레벨은, 제1 고주파 및 제2 고주파가 공급되고 있는 것을 나타내고 있으며, "L"의 레벨은, 제1 고주파 및 제2 고주파의 공급이 정지되어 있는 것을 나타내고 있다.
- [0105] 제3 실시형태의 방법에서는, 공정 ST31에 있어서, 유로(L2C) 내의 가스가 배기된다. 공정 ST31의 실행 시에는, 컨트롤 밸브(CV), 개폐 밸브(V2C)는 폐쇄되고, 개폐 밸브(V3C)가 개방된다. 이로써, 유로(L2C)가 유로(L3C)를 통하여 배기 장치에 접속되고, 당해 배기 장치에 의하여, 유로(L2C) 내의 가스가 배기된다. 또한, 개폐 밸브(V3C)는, 공정 ST31의 실행의 개시 시점으로부터, 후술하는 공정 ST35의 실행의 종료 시점까지 동안, 계속해서 개방된다.

- [0106] 제3 실시형태의 방법에서는, 공정 ST31의 실행 후, 또한 공정 ST32의 실행 전에, 컨트롤 밸브(CV)가 개방된다. 컨트롤 밸브(CV)는, 공정 ST35의 실행의 개시 시점까지 개방되어 있다.
- [0107] 계속되는 공정 ST32에서는, 다공질막(PL) 내에 있어서 그 모세관 응축을 발생시키도록, 제1 가스가 챔버(12c)에 공급된다. 공정 ST32에서는, 개폐 밸브(V2C)가 개방된다. 이로써, 제1 가스가 유로(L2C) 및 유로(L1C)를 통하여 챔버(12c)에 공급된다. 또한, 제3 실시형태의 방법에서는, 공정 ST32의 개시 시점으로부터 공정 ST35의 개시 시점까지, 제2 가스가 챔버(12c)에 계속적으로 공급된다. 즉, 공정 ST32 및 공정 ST34에 걸쳐, 제1 가스와 제2 가스의 혼합 가스가 챔버(12c)에 공급된다. 공정 ST32에서는, 피가공물(W)의 온도 및 제1 가스의 분압은, 공정 ST12에 있어서의 피가공물(W)의 온도 및 제1 가스의 분압과 동일하게 설정된다.
- [0108] 공정 ST34에서는, 제2 가스의 플라즈마(상기 혼합 가스의 플라즈마)가 생성된다. 공정 ST34는, 공정 ST32의 실행 기간의 개시 시점과 종료 시점의 사이의 시점으로부터 개시되어, 공정 ST32의 종료 시점까지 계속된다. 공정 ST34에서는, 제1 고주파가 상부 전극(30)(또는 하부 전극(18))에 공급되고, 제2 고주파가 하부 전극(18)에 공급된다. 또한, 제1 고주파 및 제2 고주파 중 한쪽은, 공급되지 않아도 된다. 공정 ST34에서는, 챔버(12c)의 압력 및 피가공물(W)의 온도는, 공정 ST14에 있어서의 챔버(12c)의 압력 및 피가공물(W)의 온도와 동일하게 설정된다.
- [0109] 계속되는 공정 ST35에서는, 유로(L2C) 내의 가스가 배기된다. 공정 ST35의 실행 시에는, 컨트롤 밸브(CV), 개폐 밸브(V2C)는 폐쇄되고, 개폐 밸브(V3C)가 개방된다. 제3 실시형태의 방법에서는, 이어서, 가열 처리 장치에 있어서 피가공물(W)이 가열된다. 이로써, 다공질막(PL) 내의 액체가 기화되고, 생성된 기체가 배기된다.
- [0110] 제3 실시형태의 방법에서는, 공정 ST32에 있어서 다공질막(PL) 내에서 액체가 생성된다. 또, 공정 ST34에 있어서의 다공질막(PL)의 에칭 중에도 제1 가스에 근거하는 액체가 다공질막(PL)에 보충된다. 따라서, 제3 실시형태의 방법에 의하면, 다공질막(PL)을 제1 가스에 근거하는 액체에 의하여 보호하면서, 다공질막(PL)을 에칭하는 것이 가능해진다. 또, 공정 ST31 및 공정 ST35의 실행에 의하여, 유로(L2C) 내에서의 제1 가스의 액화가 억제된다. 또한, 공정 ST32 및 공정 ST34의 실행 중에, 배기 장치에 의하여 유로(L2C) 내의 제1 가스의 압력이 조정된다. 이로써, 유로(L2C) 내에서의 제1 가스의 액화가 억제된다.
- [0111] 이하, 제4 실시형태의 다공질막을 에칭하는 방법에 대하여 설명한다. 도 15는, 제4 실시형태에 관한 다공질막을 에칭하는 방법의 타이밍 차트이다. 도 15에 있어서, 가로축은 시간을 나타내고 있으며, 세로축은 제2 가스의 유량, 제1 가스의 유량, 컨트롤 밸브(CV)의 개폐, 개폐 밸브(V2C)의 개폐, 개폐 밸브(V3C)의 개폐, 및 고주파의 공급을 나타내고 있다. 도 15의 제2 가스의 유량에 관한 타이밍 차트에 있어서, "H1", "H2"의 레벨은 챔버(12c)에 제2 가스가 공급되고 있는 것을 나타내고 있으며, "H2"로 나타나는 제2 가스의 유량은 "H1"로 나타나는 유량보다 크고, "L"의 레벨은 챔버(12c)에 제2 가스가 공급되고 있지 않은 것을 나타내고 있다. 도 15의 제1 가스의 유량에 관한 타이밍 차트에 있어서, "L"의 레벨은 챔버(12c)에 제1 가스가 공급되고 있지 않은 것을 나타내고 있으며, "H"의 레벨은 챔버(12c)에 제1 가스가 공급되고 있는 것을 나타내고 있다. 도 15의 컨트롤 밸브(CV)의 개폐에 관한 타이밍 차트에 있어서, "L"의 레벨은 컨트롤 밸브(CV)가 폐쇄되어 있는 것을 나타내고 있으며, "H"의 레벨은 컨트롤 밸브(CV)가 개방되어 있는 것을 나타내고 있다. 도 15의 개폐 밸브(V2C)의 개폐에 관한 타이밍 차트에 있어서, "H"의 레벨은 개폐 밸브(V2C)가 개방되어 있는 것을 나타내고 있으며, "L"의 레벨은 개폐 밸브(V2C)가 폐쇄되어 있는 것을 나타내고 있다. 도 15의 개폐 밸브(V3C)의 개폐에 관한 타이밍 차트에 있어서, "H"의 레벨은 개폐 밸브(V3C)가 개방되어 있는 것을 나타내고 있으며, "L"의 레벨은 개폐 밸브(V3C)가 폐쇄되어 있는 것을 나타내고 있다. 도 15의 고주파의 공급에 관한 타이밍 차트에 있어서, "H"의 레벨은, 제1 고주파 및 제2 고주파가 공급되고 있는 것을 나타내고 있으며, "L"의 레벨은, 제1 고주파 및 제2 고주파의 공급이 정지되어 있는 것을 나타내고 있다.
- [0112] 제4 실시형태의 방법에서는, 공정 ST41에 있어서, 유로(L2C) 내의 가스가 배기된다. 공정 ST41의 실행 시에는, 컨트롤 밸브(CV), 개폐 밸브(V2C)는 폐쇄되고, 개폐 밸브(V3C)가 개방된다. 이로써, 유로(L2C)가 유로(L3C)를 통하여 배기 장치에 접속되고, 당해 배기 장치에 의하여, 유로(L2C) 내의 가스가 배기된다. 또한, 개폐 밸브(V3C)는, 공정 ST41의 실행의 개시 시점으로부터, 후술하는 공정 ST45의 실행의 종료 시점까지 동안, 계속해서 개방된다.
- [0113] 제4 실시형태의 방법에서는, 공정 ST41의 실행 후, 또한 공정 ST42의 실행 전에, 컨트롤 밸브(CV)가 개방된다. 컨트롤 밸브(CV)는, 공정 ST45의 실행 개시 시점까지 개방되어 있다.
- [0114] 계속되는 공정 ST42에서는, 다공질막(PL) 내에 있어서 그 모세관 응축을 발생시키도록, 제1 가스가 챔버(12c)에

공급된다. 공정 ST42에서는, 개폐 밸브(V2C)가 개방된다. 이로써, 제1 가스가 유로(L2C) 및 유로(L1C)를 통하여 챔버(12c)에 공급된다. 또한, 제4 실시형태의 방법에서는, 공정 ST42의 개시 시점으로부터 공정 ST45의 개시 시점까지, 제2 가스가 챔버(12c)에 계속적으로 공급된다. 즉, 공정 ST42 및 공정 ST44에 걸쳐, 제1 가스와 제2 가스의 혼합 가스가 챔버(12c)에 공급된다. 공정 ST42에서는, 피가공물(W)의 온도 및 제1 가스의 분압은, 공정 ST12에 있어서의 피가공물(W)의 온도 및 제1 가스의 분압과 동일하게 설정된다.

[0115] 공정 ST44에서는, 제1 가스와 제2 가스의 혼합 가스의 플라즈마가 생성된다. 공정 ST44는, 공정 ST42의 실행 기간의 개시 시점과 종료 시점의 사이의 시점으로부터 개시되어, 공정 ST42의 종료 시점까지 계속된다. 공정 ST44에서는, 제1 고주파가 상부 전극(30)(또는 하부 전극(18))에 공급되고, 제2 고주파가 하부 전극(18)에 공급된다. 또한, 제1 고주파 및 제2 고주파 중 한쪽은, 공급되지 않아도 된다. 공정 ST44에서는, 챔버(12c)의 압력 및 피가공물(W)의 온도는, 공정 ST14에 있어서의 챔버(12c)의 압력 및 피가공물(W)의 온도와 동일하게 설정된다.

[0116] 공정 ST44와, 공정 ST44의 실행 기간에 중복하여 실행되는 공정 ST42는 반복되어도 된다. 반복에 있어서의 공정 ST44의 각각의 실행 기간 중, 제2 가스의 유량은, 유량 제어기(FC1C)에 의하여 단계적으로 증가한다. 구체적으로, 반복에 있어서의 공정 ST44의 각각의 실행 기간은, 기간 T1과 당해 기간 T1에 계속되는 기간 T2를 포함한다. 기간 T2에 있어서의 제2 가스의 유량은, 기간 T1에 있어서의 제2 가스의 유량보다 크다.

[0117] 계속되는 공정 ST45에서는, 유로(L2C) 내의 가스가 배기된다. 공정 ST45의 실행 시에는, 컨트롤 밸브(CV), 개폐 밸브(V2C)는 폐쇄되고, 개폐 밸브(V3C)가 개방된다. 제4 실시형태의 방법에서는, 이어서, 가열 처리 장치에 있어서 피가공물(W)이 가열된다. 이로써, 다공질막(PL) 내의 액체가 기화되고, 생성된 기체가 배기된다.

[0118] 제4 실시형태의 방법에서는, 공정 ST42에 있어서 다공질막(PL) 내에서 액체가 생성된다. 또, 공정 ST44에 있어서의 다공질막(PL)의 에칭 중에도 제1 가스에 근거하는 액체가 다공질막(PL)에 보충된다. 제4 실시형태의 방법에 의하면, 다공질막(PL)을 제1 가스에 근거하는 액체에 의하여 보호하면서, 다공질막(PL)을 에칭하는 것이 가능해진다. 또, 공정 ST41 및 공정 ST45의 실행에 의하여, 유로(L2C) 내에서의 제1 가스의 액화가 억제된다. 또한, 공정 ST42 및 공정 ST44의 실행 중에, 배기 장치에 의하여 유로(L2C) 내의 제1 가스의 압력이 조정된다. 이로써, 유로(L2C) 내에서의 제1 가스의 액화가 억제된다.

[0119] 제1~제4 실시형태의 방법은, 가스 공급계(100A) 또는 가스 공급계(100B)를 갖는 플라즈마 처리 장치(10A)를 이용하여 실행하는 것도 가능하다. 제1~제4 실시형태의 방법의 실행에 있어서 가스 공급계(100A)가 이용되는 경우에는, 개폐 밸브(V2C) 대신에 개폐 밸브(V21A), 개폐 밸브(V22A), 개폐 밸브(V23A)가 이용되고, 개폐 밸브(V3C) 대신에 개폐 밸브(V3A)가 이용되며, 컨트롤 밸브(CV) 대신에 유량 제어기(FC2A) 및 개폐 밸브(V2A)가 이용된다. 제1~제4 실시형태의 방법의 실행에 있어서 가스 공급계(100B)가 이용되는 경우에는, 개폐 밸브(V2C) 대신에 개폐 밸브(V22B)가 이용되고, 개폐 밸브(V3C) 대신에 개폐 밸브(V3B)가 이용되며, 컨트롤 밸브(CV) 대신에 유량 제어기(FC2B) 및 개폐 밸브(V21B)가 이용된다.

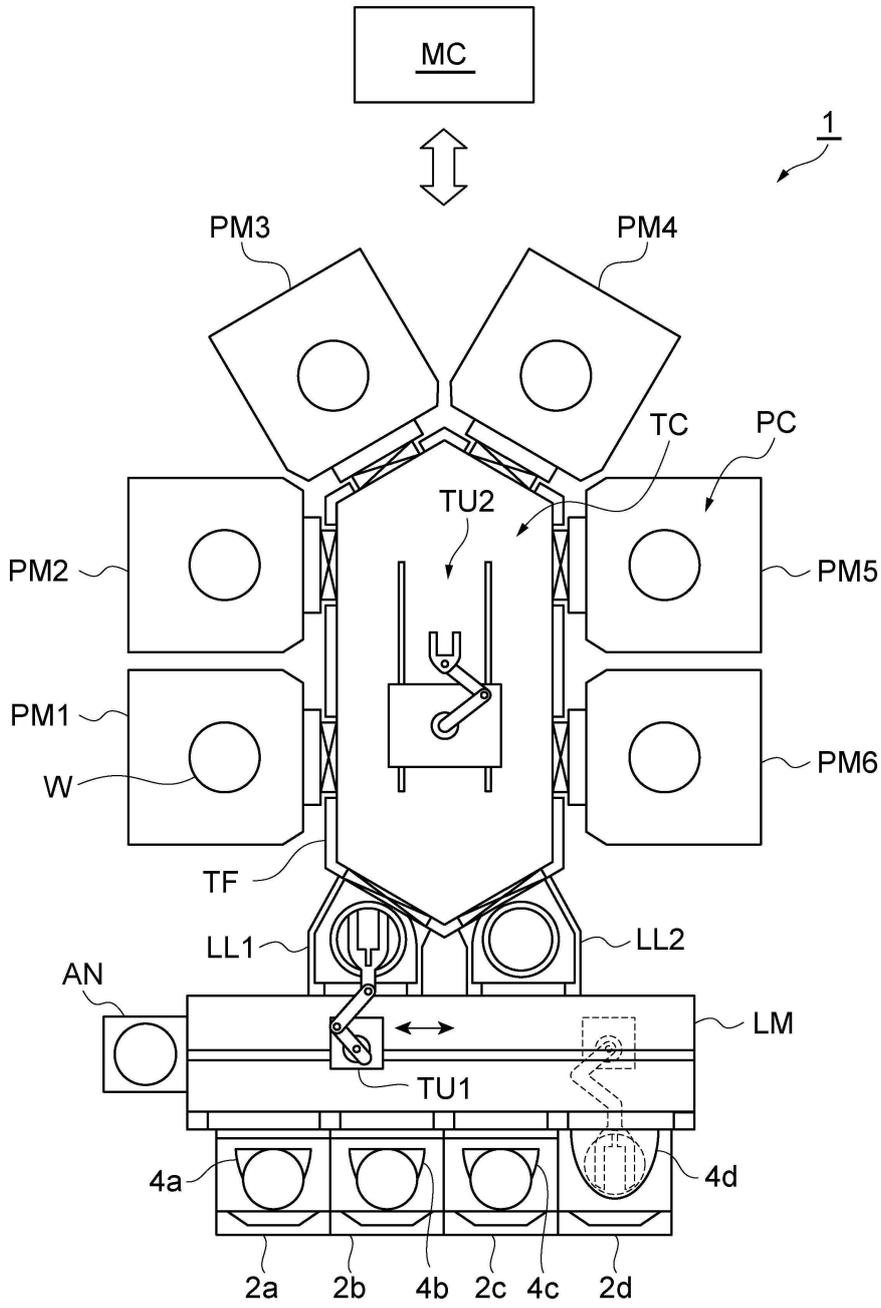
[0120] 이상, 다양한 실시형태에 대하여 설명해 왔지만, 상술한 실시형태에 한정되지 않고 다양한 변형 양태를 구성 가능하다. 예를 들면, 상술한 실시형태의 플라즈마 처리 장치는, 용량 결합형의 플라즈마 처리 장치였지만, 변형 양태의 플라즈마 처리 장치는, 유도 결합형의 플라즈마 처리 장치, 마이크로파와 같은 표면파를 이용하는 플라즈마 처리 장치와 같은 임의의 타입의 플라즈마 처리 장치여도 된다.

부호의 설명

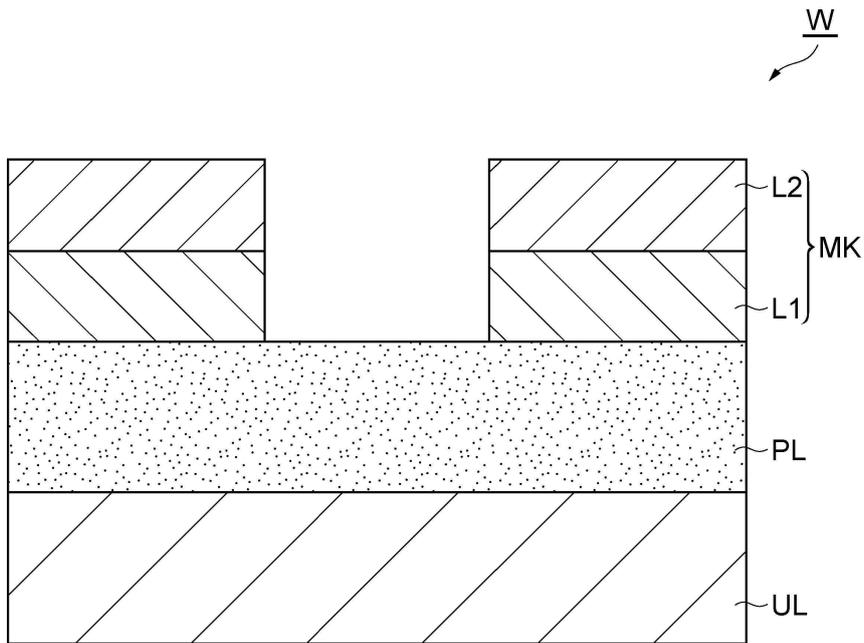
[0121] 1...처리 시스템, TF...반송 모듈, TC...반송 챔버, MC...제어부, 10A, 10C...플라즈마 처리 장치, 12...챔버 본체, 12 c...챔버, 16...스테이지, 18...하부 전극, 18f...유로, 20...정전 척, 30...상부 전극, 50...배기 장치, 62...제1 고주파 전원, 64...제2 고주파 전원, HTC...히터, 100A...가스 공급계, GS1, GS2...가스 소스, L1A, L11A, L12A, L13A...유로(제1 유로), L2A, L21A, L22A, L23A...유로(제2 유로), L3A...유로(제3 유로), V21A, V22A, V23A...개폐 밸브(제1 개폐 밸브), V3A...개폐 밸브(제2 개폐 밸브), HJA...히터, 100B...가스 공급계, L1B, L11B, L12B, L13B...유로(제1 유로), L2B...유로(제2 유로), L3B...유로(제3 유로), V22B...개폐 밸브(제1 개폐 밸브), V3B...개폐 밸브(제2 개폐 밸브), HJB...히터, 100C...가스 공급계, L1C...유로(제1 유로), L2C...유로(제2 유로), L3C...유로(제3 유로), CV...컨트롤 밸브, V2C...개폐 밸브(제1 개폐 밸브), V3C...개폐 밸브(제2 개폐 밸브), OL1...오리피스 부재, OL2...오리피스 부재, HJC...히터, W...피가공물, MK...마스크, PL...다공질막.

도면

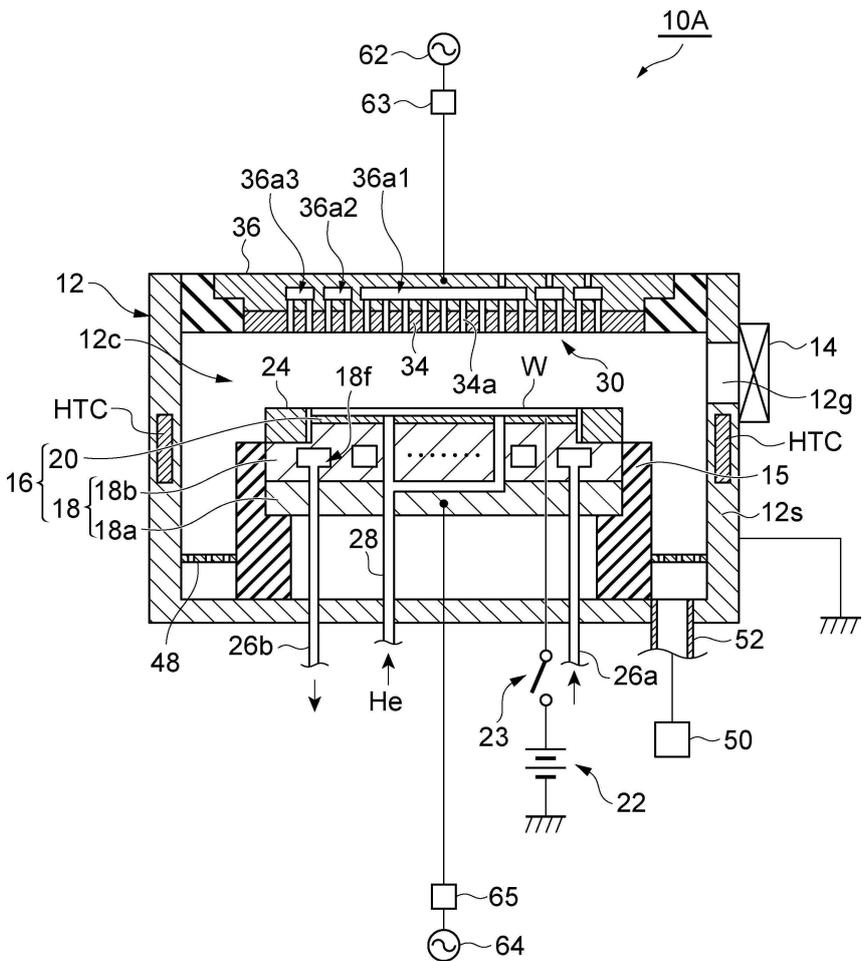
도면1



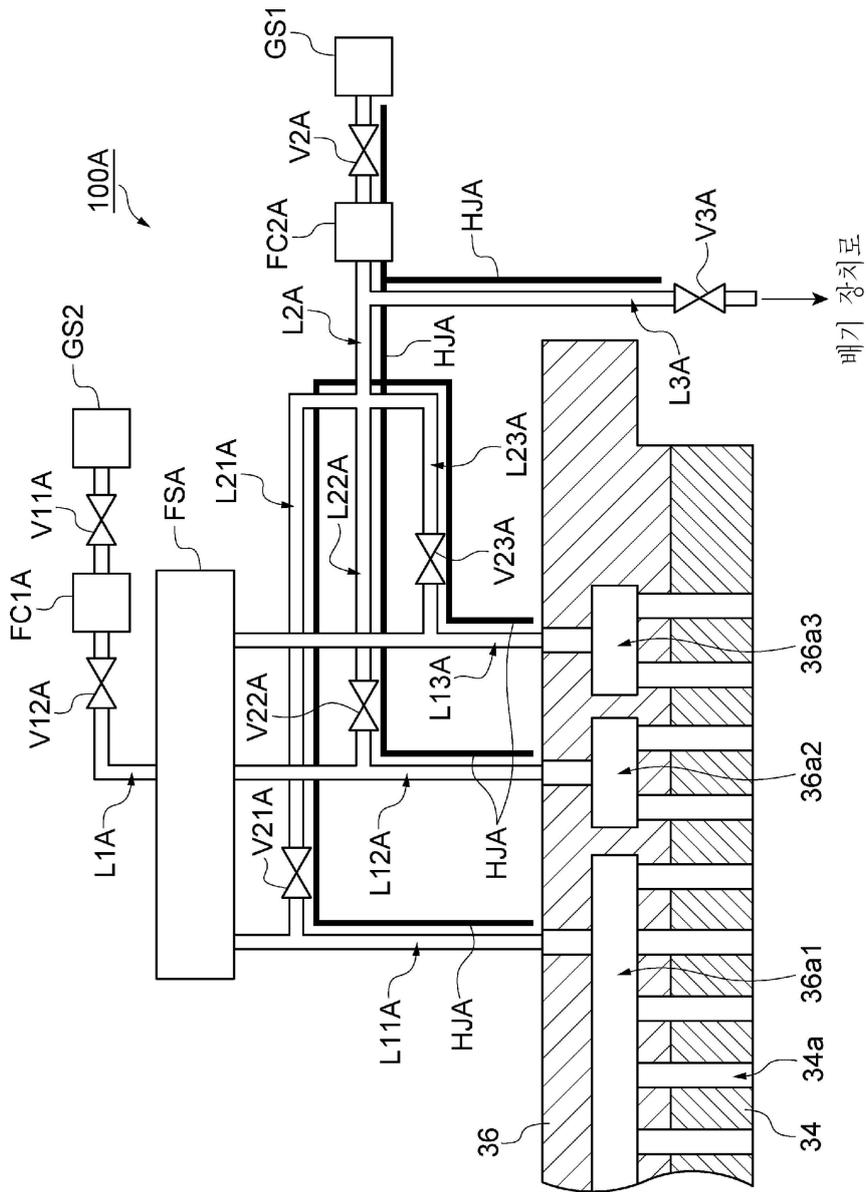
도면2



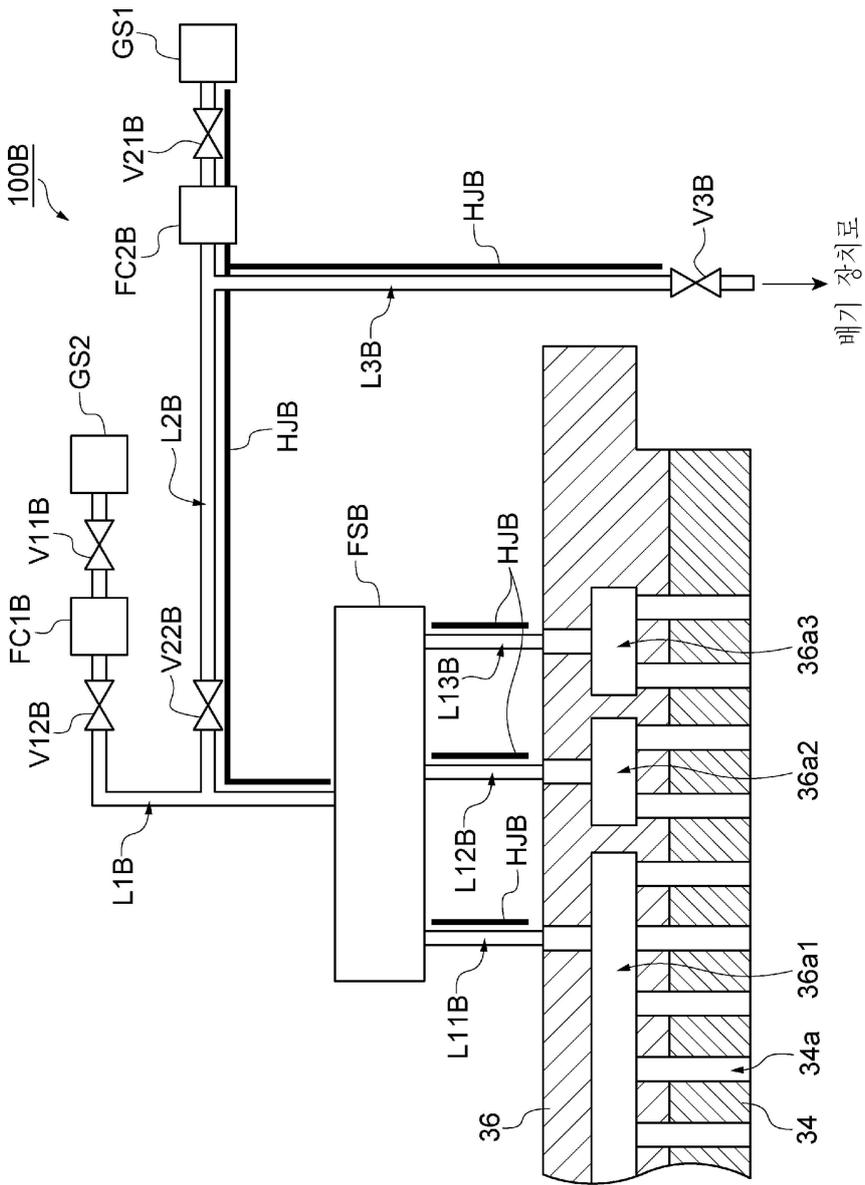
도면3



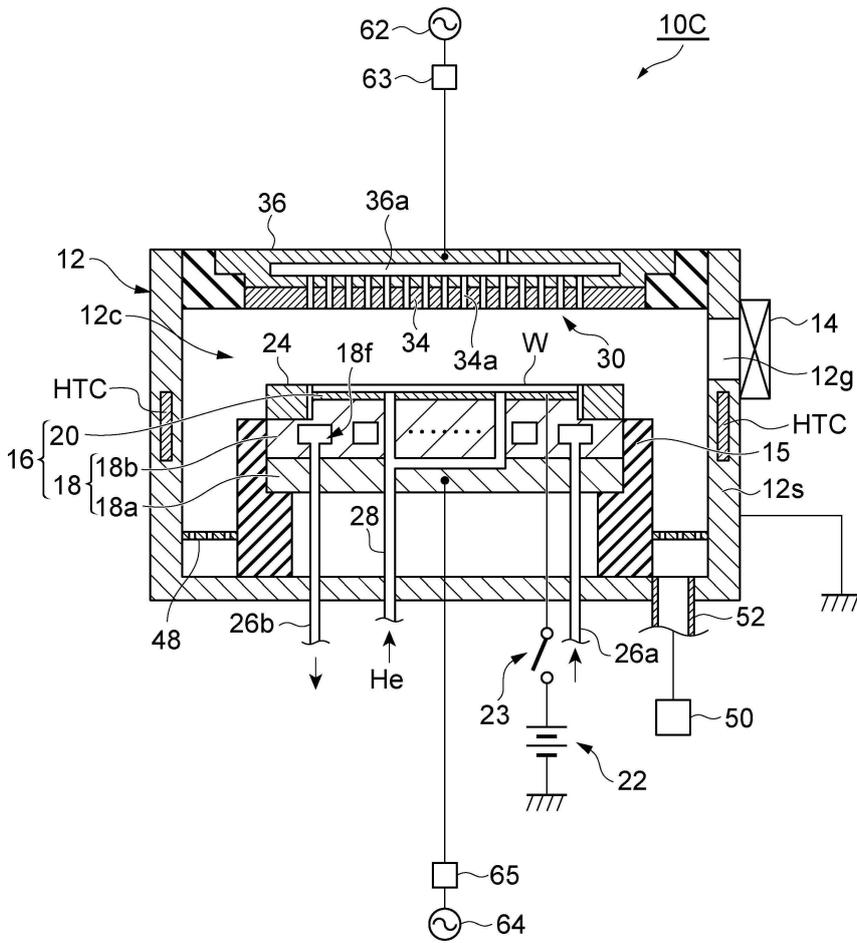
도면4



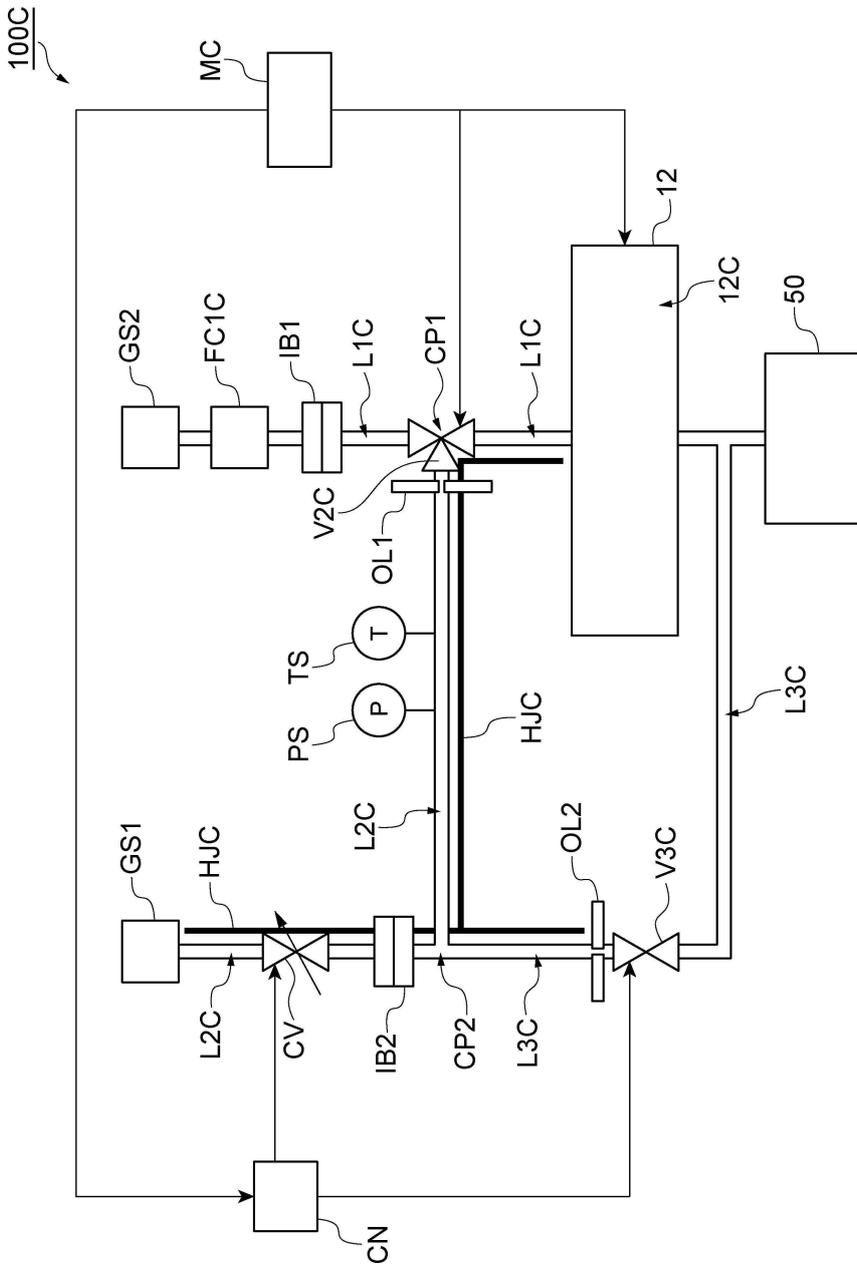
도면5



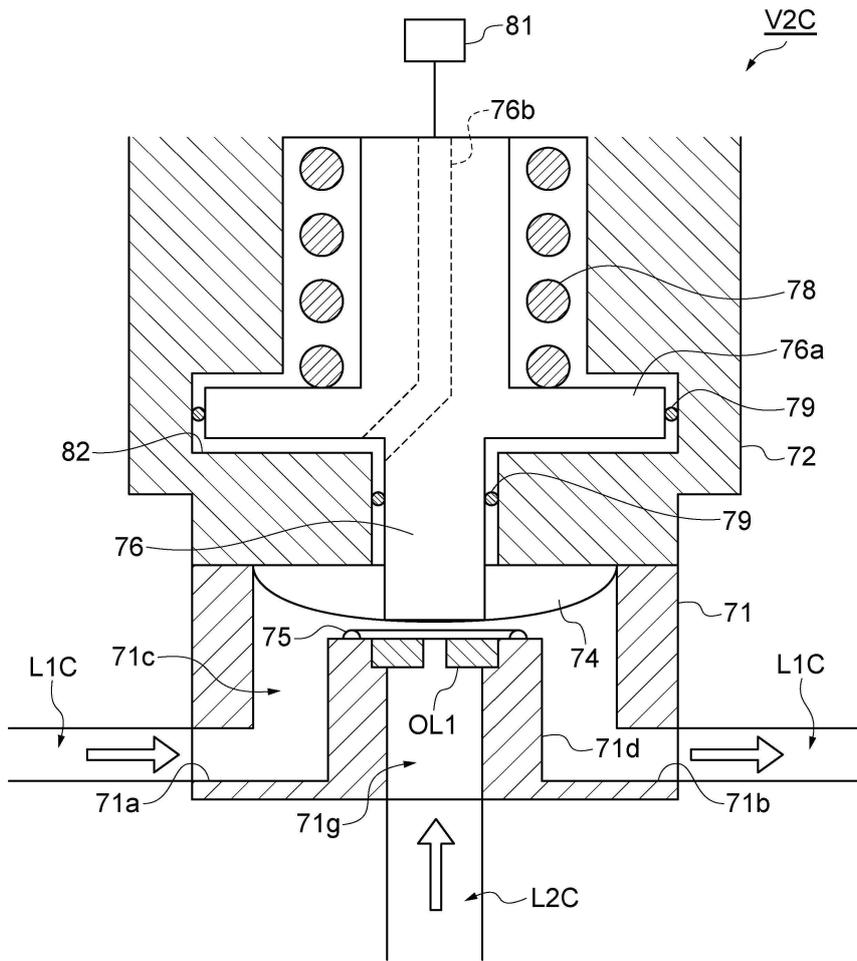
도면6



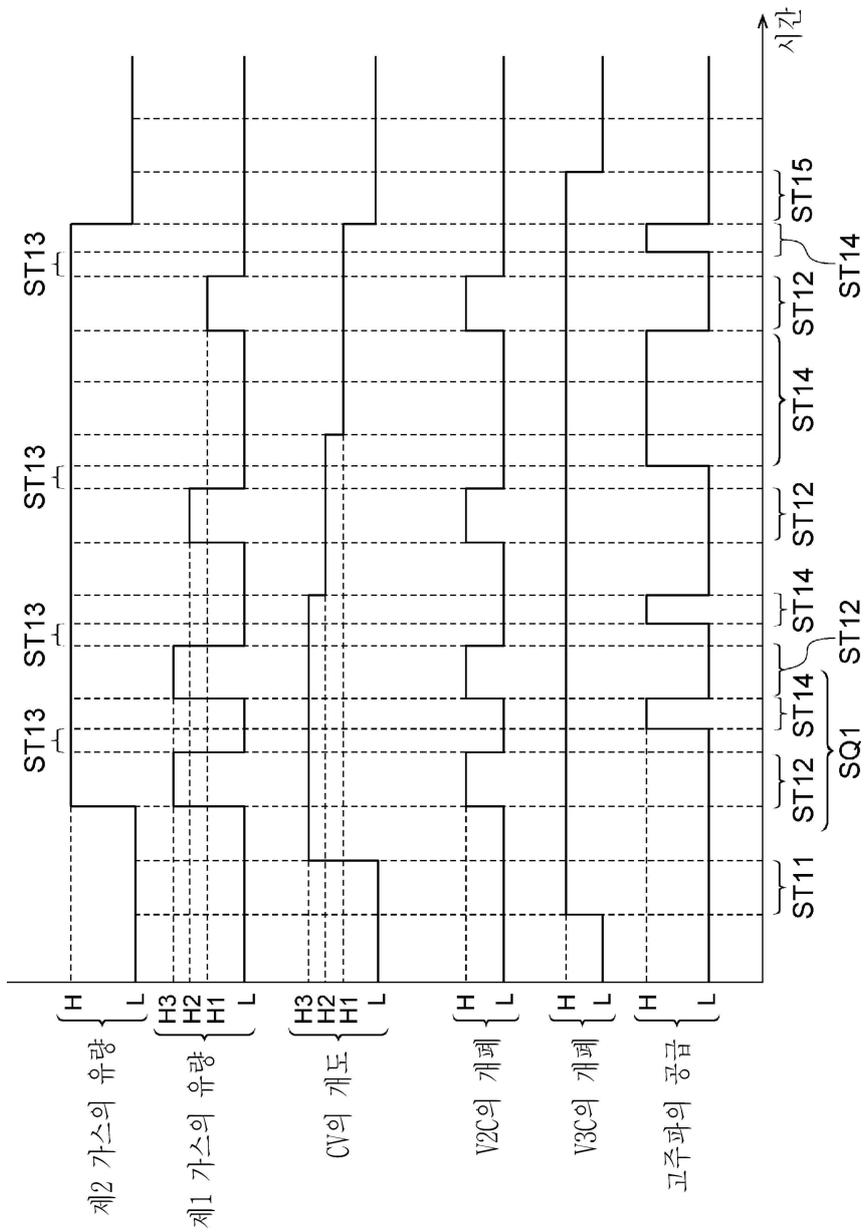
도면7



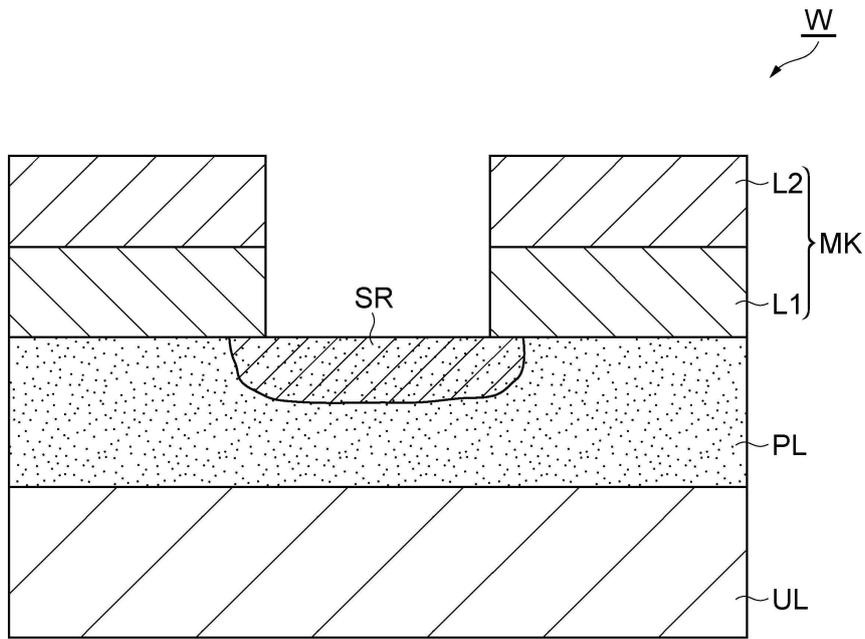
도면8



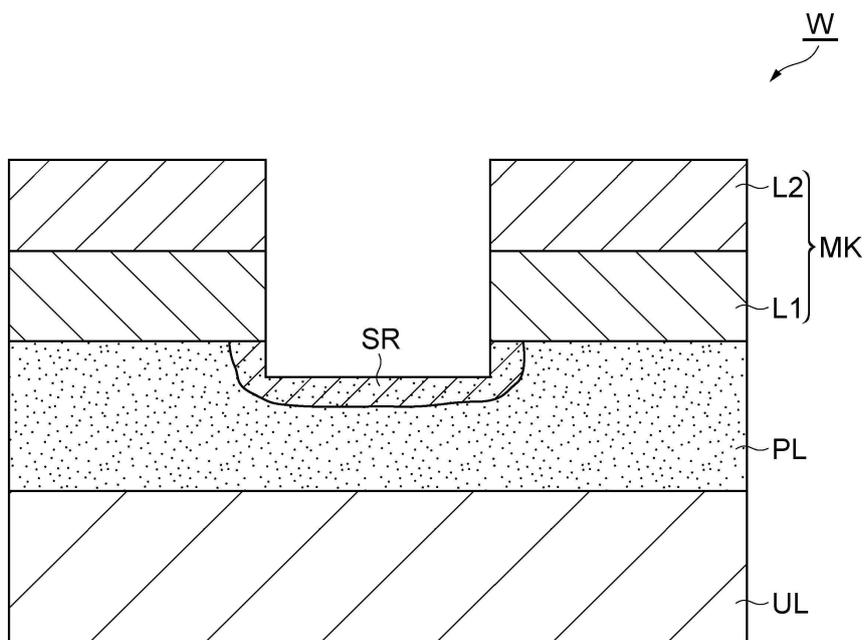
도면9



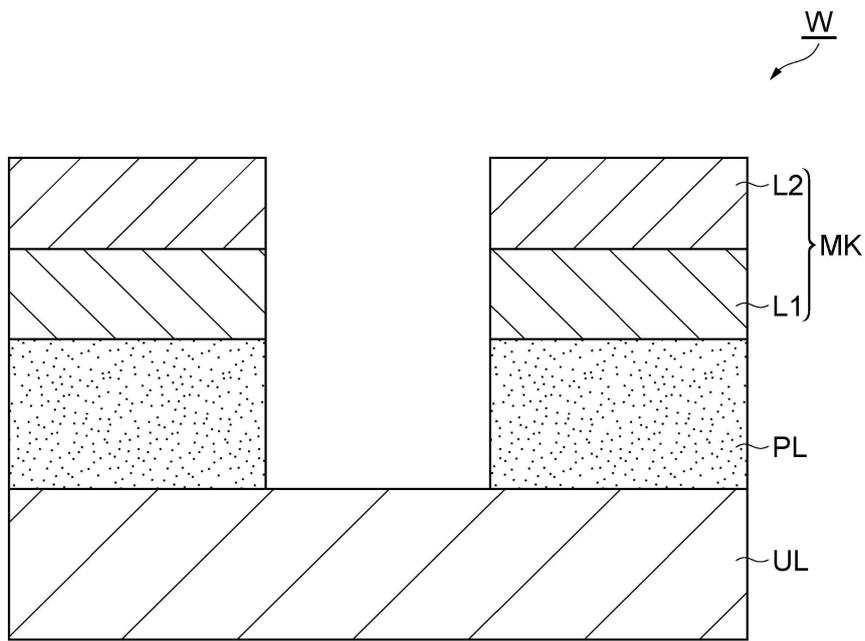
도면10



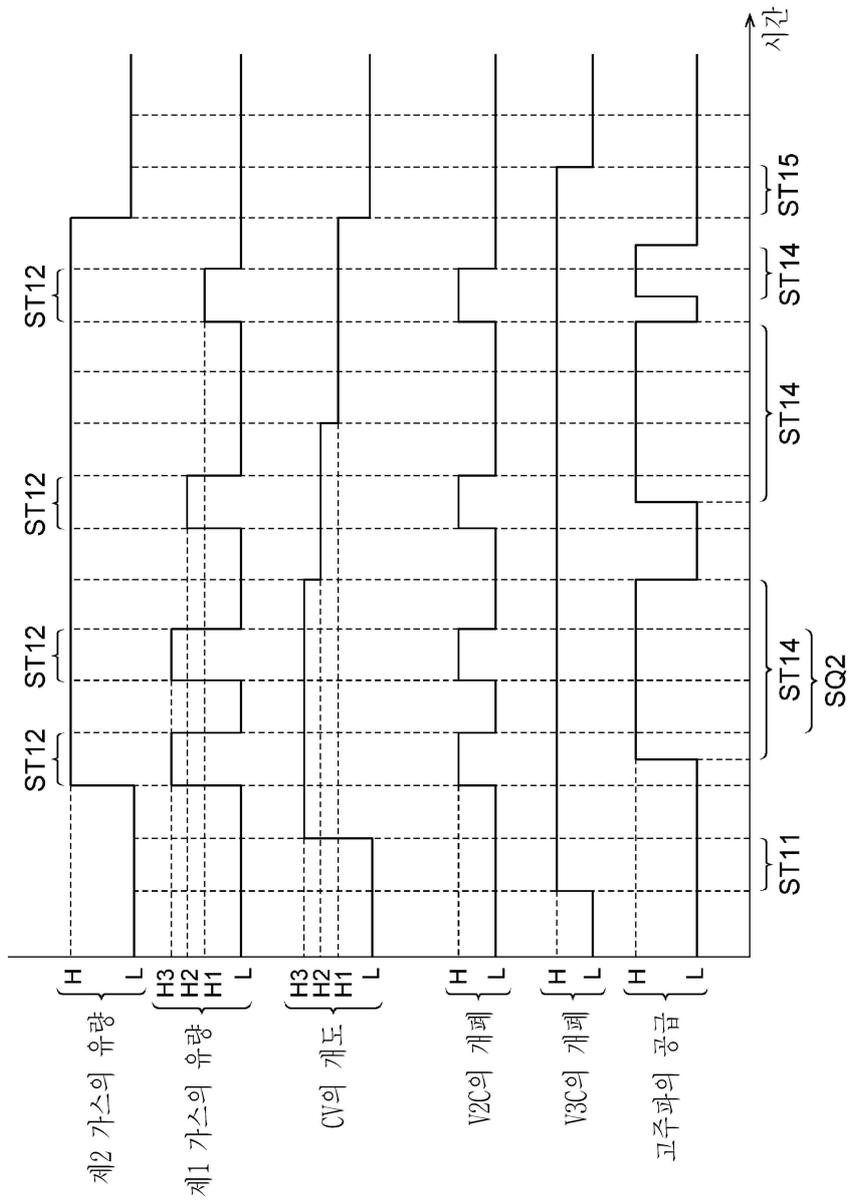
도면11



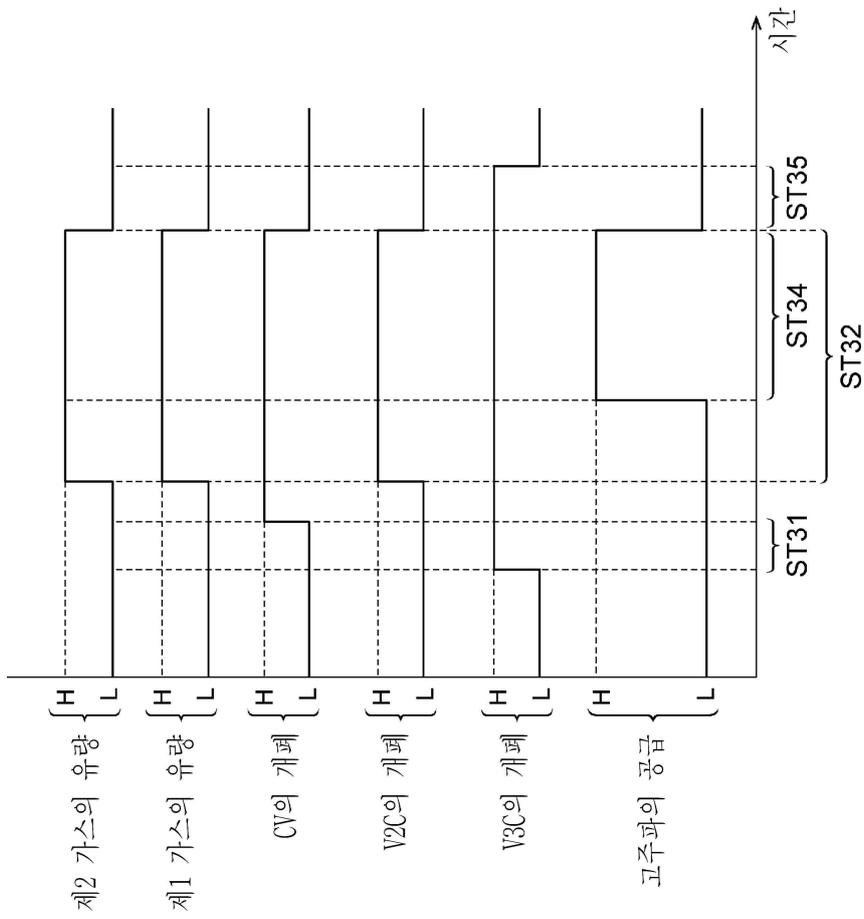
도면12



도면13



도면14



도면15

