



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0153992
(43) 공개일자 2024년10월24일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/67 (2006.01) F25D 3/10 (2006.01)
H01J 37/32 (2006.01) H01L 21/311 (2006.01)
H01L 21/687 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
H01L 21/67109 (2013.01)
F25D 3/10 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2024-7028191
- (22) 출원일자(국제) 2022년02월25일
심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2024년08월22일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2022/007982
- (87) 국제공개번호 WO 2023/162161
국제공개일자 2023년08월31일

- (71) 출원인
도쿄엘렉트론가부시키키가이샤
일본 도쿄도 미나토쿠 아카사카 5초메 3반 1코
다이요 닛산 가부시키키가이샤
일본국 도쿄도 시나가와구 고야마 1초메 3반 26코
- (72) 발명자
요코이 마사히코
일본 9813629 미야기켄 쿠로카와군 다이와쵸 테크
노 힐즈 1 도쿄엘렉트론 미야기 가부시키키가이샤
내
다나카 코키
일본 9813629 미야기켄 쿠로카와군 다이와쵸 테크
노 힐즈 1 도쿄엘렉트론 미야기 가부시키키가이샤
내
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인
특허법인에이아이피

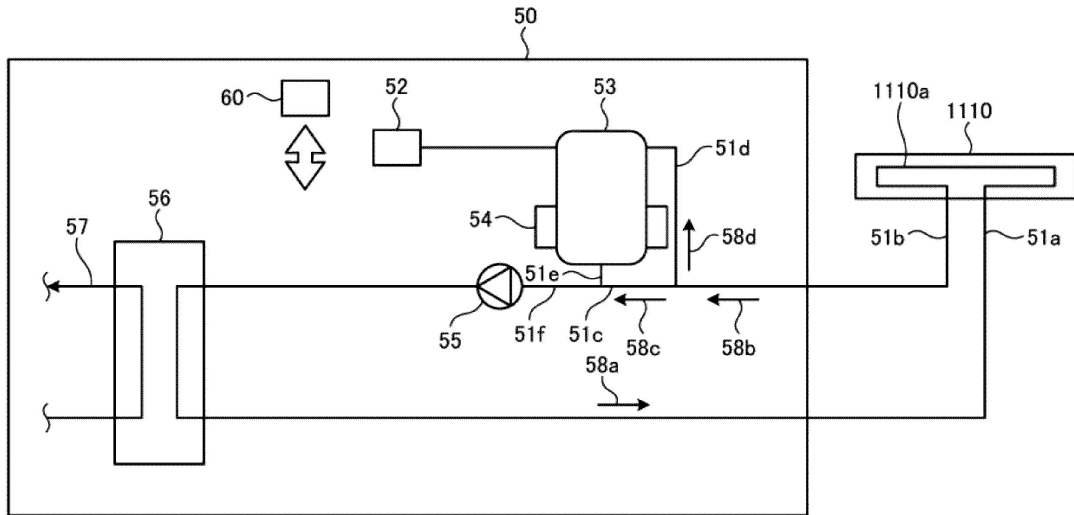
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 온도 조절 시스템, 온도 조절 방법, 기관 처리 방법 및 기관 처리 장치

(57) 요약

온도 조절 시스템은, 플라즈마 처리 챔버 내의 부재를 냉각하는 온도 조절 시스템으로서, 상온 상압에서 가스 상태인 온도 조절 매체를 응축하는 응축기와, 응축기에서 응축한 온도 조절 매체를 냉각하는 열교환기와, 열교환기에 의해 냉각된 온도 조절 매체에 의한 열 교환으로 부재를 냉각하는 온도 조절부와, 온도 조절 매체를 순환시키는 펌프를 구비한다.

대표도



(52) CPC특허분류

H01J 37/32724 (2013.01)

H01L 21/31116 (2013.01)

H01L 21/31144 (2013.01)

H01L 21/67069 (2013.01)

H01L 21/68714 (2013.01)

(72) 발명자

토무라, 마주

일본 9813629 미야기켄 쿠로카와군 다이와쵸 테크
노 힐즈 1 도쿄엘렉트론 미야기 가부시키키가이샤 내

키하라, 요시히데

일본 9813629 미야기켄 쿠로카와군 다이와쵸 테크
노 힐즈 1 도쿄엘렉트론 미야기 가부시키키가이샤 내

요네쿠라, 마사히로

일본 도쿄 1428558 시나가와구 코야마 1 초메 3-26
다이요 닛산 가부시키키가이샤 내

명세서

청구범위

청구항 1

플라즈마 처리 챔버 내의 부재를 냉각하는 온도 조절 시스템으로서,
C3F8 및 C3H2F4 중 적어도 하나를 포함하는 온도 조절 매체를 응축하는 응축기와,
상기 응축기에서 응축한 상기 온도 조절 매체를 냉각하는 열교환기와,
상기 열교환기에 의해 냉각된 상기 온도 조절 매체에 의한 열교환으로 상기 부재를 -150°C 이상, -50°C 이하로 냉각하는 온도 조절부와,
상기 온도 조절 매체를 순환시키는 펌프를 구비하는,
온도 조절 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,
상기 온도 조절 매체의 점도는, $6\text{ mPa}\cdot\text{sec}$ 이하인, 온도 조절 시스템.

청구항 3

플라즈마 처리 챔버 내의 부재를 냉각하는 온도 조절 시스템으로서,
상온 상압에서 가스 상태인 온도 조절 매체를 응축하는 응축기와,
상기 응축기에서 응축한 상기 온도 조절 매체를 냉각하는 열교환기와,
상기 열교환기에 의해 냉각된 상기 온도 조절 매체에 의한 열교환으로 상기 부재를 -150°C 이상, -50°C 이하로 냉각하는 온도 조절부와,
상기 온도 조절 매체를 순환시키는 펌프를 구비하는,
온도 조절 시스템.

청구항 4

상온 상압에서 가스 상태인 온도 조절 매체를 이용하여 플라즈마 처리 챔버 내의 부재를 냉각하는 온도 조절 시스템으로서,
응축한 상기 온도 조절 매체를 냉각하는 열교환기와,
상기 열교환기에 의해 냉각된 상기 온도 조절 매체에 의한 열교환으로 상기 부재를 냉각하는 온도 조절부와,
상기 온도 조절 매체를 순환시키는 펌프를 구비하는,
온도 조절 시스템.

청구항 5

제3항 또는 제4항에 있어서,
상기 온도 조절부에서 열교환한 상기 온도 조절 매체는, 온도 조절 매체를 응축하는 응축기에서 다시 응축 액화되는, 온도 조절 시스템.

청구항 6

제3항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 온도 조절 매체는, 상기 열교환기에서 소정의 온도로 냉각되는, 온도 조절 시스템.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 온도 조절 매체는, 상기 소정 온도에서의 점도가 $6 \text{ mPa} \cdot \text{sec}$ 이하인, 온도 조절 시스템.

청구항 8

제6항 또는 제7항에 있어서,

상기 온도 조절 매체는, 상기 소정의 온도 및 대기압 이상의 평형 상태에서 액상인, 온도 조절 시스템.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 온도 조절 매체는, 상기 온도 조절부 내의 유로에 기상을 포함하는 것을 허용하는, 온도 조절 시스템.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 온도 조절 매체는 C3F8 또는 C3H2F4인, 온도 조절 시스템.

청구항 11

제6항 내지 제10항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 소정의 온도는 -150°C 이상, -50°C 이하의 범위의 온도인, 온도 조절 시스템.

청구항 12

제3항 내지 제11항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 열교환기는, 냉매와의 열교환에 의해 상기 온도 조절 매체를 냉각하는, 온도 조절 시스템.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 냉매는 액체 질소인, 온도 조절 시스템.

청구항 14

제3항 내지 제13항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 부재는 기관 탑재대인, 온도 조절 시스템.

청구항 15

제3항 내지 제14항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 부재에 대한 입열은 1 kW 이상인, 온도 조절 시스템.

청구항 16

플라즈마 처리 챔버 내의 부재를 냉각하는 온도 조절 방법으로,

- a) 상온 상압에서 가스 상태인 온도 조절 매체를 응축기에서 응축하는 공정과,
- b) 상기 응축기에서 응축한 상기 온도 조절 매체를 열교환기에서 냉각하는 공정과,
- c) 상기 열교환기에 의해 냉각된 상기 온도 조절 매체를, 상기 부재를 냉각하는 온도 조절부에 공급하는 공정과,

- d) 상기 온도 조절부에서, 상기 온도 조절 매체에 의한 열교환으로 상기 부재를 냉각하는 공정과,
- e) 상기 온도 조절부에서의 열교환 후의 상기 온도 조절 매체를 상기 응축기로 되돌리는 공정과,
- f) 상기 a) 내지 상기 e)를 반복하는 공정을 갖는, 온도 조절 방법.

청구항 17

플라즈마 처리 챔버 내에, 실리콘 산화막을 포함하는 실리콘 함유막과, 상기 실리콘 함유막 상에 마스크를 갖는 기판을 제공하는 공정과,

상기 기판이 탑재되는 기판 지지부의 온도를 제어하는 공정과,

불화 수소 가스, 플루오로카본 가스 및 하이드로플루오로카본 가스로 이루어진 그룹에서 선택되는 적어도 1종의 탄소 함유 가스를 포함하는 제1 처리 가스로서, 불활성 가스를 제외한 상기 제1 처리 가스 중에서 상기 불화 수소 가스의 유량이 가장 많은 상기 제1 처리 가스로부터 생성한 플라즈마에 의해, 상기 실리콘 함유막을 에칭하는 공정을 가지고,

상기 기판 지지부의 온도를 제어하는 공정은,

- a) C3F8 및 C3H2F4로 이루어진 그룹에서 선택되는 적어도 하나를 포함하는 온도 조절 매체를 응축기에서 응축하는 공정과,
 - b) 상기 응축기에서 응축한 상기 온도 조절 매체를 열교환기에서 냉각하는 공정과,
 - c) 상기 열교환기에 의해, -150℃이상, -50℃이하로 냉각된 상기 온도 조절 매체를, 상기 기판 지지부를 냉각하는 온도 조절부에 공급하는 공정과,
 - d) 상기 온도 조절부에서, 상기 온도 조절 매체에 의한 열교환으로 상기 기판 지지부를 냉각하는 공정과,
 - e) 상기 온도 조절부에서의 열교환 후의 상기 온도 조절 매체를 상기 응축기로 되돌리는 공정과,
 - f) 상기 a) 내지 상기 e)를 반복하는 공정을 포함하는,
- 기판 처리 방법.

청구항 18

기판 처리 장치로서,

내부에 기판이 탑재되는 기판 지지부를 구비하는 플라즈마 처리 챔버와,

상기 기판 지지부를 온도 조절하는 온도 조절 시스템과,

제어부를 가지며,

상기 제어부는, 상기 플라즈마 처리 챔버 내에, 실리콘 산화막을 포함하는 실리콘 함유막과, 상기 실리콘 함유막 상에 마스크를 갖는 상기 기판을 제공하도록 상기 기판 처리 장치를 제어하도록 구성되고,

상기 제어부는, 상기 기판이 탑재되는 기판 지지부의 온도를 제어하도록 상기 온도 조절 시스템을 제어하도록 구성되고,

상기 제어부는, 불화 수소 가스, 플루오로카본 가스 및 하이드로플루오로카본 가스로 이루어진 그룹에서 선택되는 적어도 1종의 탄소 함유 가스를 포함하는 제1 처리 가스로서, 불활성 가스를 제외한 상기 제1 처리 가스 중에 상기 불화 수소 가스의 유량이 가장 많은 상기 제1 처리 가스로부터 생성한 플라즈마에 의해, 상기 실리콘 함유막을 에칭하도록 상기 기판 처리 장치를 제어하도록 구성되고,

상기 제어부가 상기 온도 조절 시스템을 제어할 때,

상기 제어부는, a) C3F8 및 C3H2F4로 이루어진 그룹에서 선택되는 적어도 하나를 포함하는 온도 조절 매체를 응축기에서 응축하도록 상기 온도 조절 시스템을 제어하도록 구성되고,

상기 제어부는, b) 상기 응축기에서 응축한 상기 온도 조절 매체를 열교환기에서 냉각하도록 상기 온도 조절 시스템을 제어하도록 구성되고,

상기 제어부는, c) 상기 열교환기에 의해 -150°C 이상, -50°C 이하로 냉각된 상기 온도 조절 매체를, 상기 기관 지지부를 냉각하는 온도 조절부에 공급하도록 상기 온도 조절 시스템을 제어하도록 구성되고,

상기 제어부는, d) 상기 온도 조절부에서, 상기 온도 조절 매체에 의한 열교환으로 상기 기관 지지부를 냉각하도록 상기 온도 조절 시스템을 제어하도록 구성되고,

상기 제어부는, e) 상기 온도 조절부에서의 열교환 후의 상기 온도 조절 매체를 상기 응축기로 되돌리도록 상기 온도 조절 시스템을 제어하도록 구성되고,

상기 제어부는, 상기 a) 내지 상기 e)를 반복하도록 상기 온도 조절 시스템을 제어하도록 구성되는, 기관 처리 장치.

청구항 19

플라즈마 처리 챔버 내에, 실리콘 산화막을 포함하는 실리콘 함유막과, 상기 실리콘 함유막 상에 마스크를 갖는 기관을 제공하는 공정과,

상기 기관이 탑재되는 기관 지지부의 온도를 제어하는 공정과,

인 함유 가스 및 불화 수소를 함유하는 처리 가스로부터 생성한 플라즈마에 의해, 상기 실리콘 함유막을 에칭하는 공정을 가지고,

상기 기관 지지부의 온도를 제어하는 공정은,

a) 상온 상압에서 가스 상태인 온도 조절 매체를 응축기에서 응축하는 공정과,

b) 상기 응축기에서 응축한 상기 온도 조절 매체를 열교환기에서 냉각하는 공정과,

c) 상기 열교환기에 의해, -150°C 이상, -50°C 이하로 냉각된 상기 온도 조절 매체를, 상기 기관 지지부를 냉각하는 온도 조절부에 공급하는 공정과,

d) 상기 온도 조절부에서, 상기 온도 조절 매체에 의한 열교환으로 상기 기관 지지부를 냉각하는 공정과,

e) 상기 온도 조절부에서의 열교환 후의 상기 온도 조절 매체를 상기 응축기로 되돌리는 공정과,

f) 상기 a) 내지 상기 e)를 반복하는 공정을 포함하는,

기관 처리 방법.

청구항 20

기관 처리 장치로서,

내부에 기관이 탑재되는 기관 지지부를 구비하는 플라즈마 처리 챔버와,

상기 기관 지지부를 온도 조절하는 온도 조절 시스템과,

제어부를 가지고,

상기 제어부는, 플라즈마 처리 챔버 내에, 실리콘 산화막을 포함하는 실리콘 함유막과, 상기 실리콘 함유막 상에 마스크를 갖는 기관을 제공하도록 상기 기관 처리 장치를 제어하도록 구성되고,

상기 제어부는, 상기 기관이 탑재되는 기관 지지체의 온도를 제어하도록 상기 온도 조절 시스템을 제어하도록 구성되고,

상기 제어부는, 인 함유 가스 및 불화 수소를 함유하는 처리 가스로부터 생성한 플라즈마에 의해, 상기 실리콘 함유막을 에칭하도록 상기 기관 처리 장치를 제어하도록 구성되고,

상기 제어부가 상기 온도 조절 시스템을 제어할 때,

상기 제어부는, a) 상온 상압에서 가스 상태인 온도 조절 매체를 응축기에서 응축하도록 상기 온도 조절 시스템을 제어하도록 구성되고,

상기 제어부는, b) 상기 응축기에서 응축한 상기 온도 조절 매체를 열교환기에서 냉각하도록 상기 온도 조절 시

시스템을 제어하도록 구성되고,

상기 제어부는 c) 상기 열교환기에 의해 -150°C 이상, -50°C 이하로 냉각된 상기 온도 조절 매체를, 상기 기관 지지부를 냉각하는 온도 조절부에 공급하도록 상기 온도 조절 시스템을 제어하도록 구성되고,

상기 제어부는, d) 상기 온도 조절부에서, 상기 온도 조절 매체에 의한 열교환으로 상기 기관 지지부를 냉각하도록 상기 온도 조절 시스템을 제어하도록 구성되고,

상기 제어부는, e) 상기 온도 조절부에서의 열교환 후의 상기 온도 조절 매체를 상기 응축기로 되돌리도록 상기 온도 조절 시스템을 제어하도록 구성되고,

상기 제어부는, f) 상기 a) 내지 상기 e)를 반복하도록 상기 온도 조절 시스템을 제어하도록 구성되는, 기관 처리 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시는 온도 조절 시스템, 온도 조절 방법, 기관 처리 방법 및 기관 처리 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 기관 처리 장치에서는 온도 조절 매체를 펌프에 의해 탑재대 내의 유로로 순환시키는 냉각기에 의해 온도가 이루어진다. 예를 들어 에칭 프로세스에서는, 냉각기에 의해 냉각된 온도 조절 매체를 탑재대 내의 유로로 순환시켜, 탑재대와 웨이퍼 사이에 흐르는 열 전달용 가스를 통해 웨이퍼의 온도를 제어하는 것이 제안되어 있다(특허문헌 1).

선행기술문헌

특허문헌

[0003] (특허문헌 0001) 일본특허공개 2003-347283호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 개시는 저온 영역에서 사용할 수 있는 온도 조절 시스템, 온도 조절 방법, 기관 처리 방법 및 기관 처리 장치를 제공한다.

과제의 해결 수단

[0005] 본 개시의 일 양태에 따른 온도 조절 시스템은, 플라즈마 처리 챔버 내의 부재를 냉각하는 온도 조절 시스템으로서, 상온 상압에서 가스 상태인 온도 조절 매체를 응축 액화하는 응축기와, 응축기에서 응축 액화한 온도 조절 매체를 냉각하는 열교환기와, 열교환기에 의해 냉각된 온도 조절 매체에 의한 열 교환으로 부재를 냉각하는 온도 조절부와, 온도 조절 매체를 순환시키는 펌프를 구비한다.

발명의 효과

[0006] 본 개시에 따르면 저온 영역에서 사용할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0007] 도 1은 본 개시의 제1 실시형태의 플라즈마 처리 시스템의 일례를 나타낸 도면이다.

도 2는 제1 실시형태의 온도 조절 시스템의 일례를 나타낸 도면이다.

도 3은 각 온도 조절 매체의 점도 특성의 일례를 나타낸 그래프이다.

도 4는 각 온도 조절 매체의 증기압의 특성의 일례를 나타낸 그래프이다.

도 5는 제1 실시형태의 온도 조절 처리의 일례를 나타낸 흐름도이다.

도 6은 제2 실시형태의 기관 처리의 일례를 나타낸 흐름도이다.

도 7은 제2 실시형태에서 제공되는 기관의 일례를 나타낸 부분 확대 단면도이다.

도 8은 도 6에 나타낸 기관 처리 방법을 실행한 후의 기관의 일례를 나타낸 부분 확대 단면도이다.

도 9는 제2 실시형태의 기관 처리 방법에 관한 타이밍 차트의 일례이다.

도 10은 제3 실시형태의 기관 처리의 일례를 나타낸 흐름도이다.

도 11은 제3 실시형태에서 제공되는 기관의 일례를 나타낸 부분 확대 단면도이다.

도 12(a)는 도 10에 나타낸 기관 처리 방법이 적용된 일례의 기관의 부분 확대 단면도이고, 도 12(b)는 인을 포함하지 않는 처리 가스로 형성된 플라즈마에 의해 에칭된 일례의 기관의 부분 확대 단면도이다.

도 13은 제3 실시형태의 기관 처리 방법에 관한 타이밍 차트의 일례이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0008] 이하에서는, 개시하는 온도 조절 시스템, 온도 조절 방법, 기관 처리 방법 및 기관 처리 장치의 실시형태를, 도면에 기초하여 상세히 설명한다. 아울러 이하의 실시형태에 의해 개시 기술이 한정되지는 않는다.
- [0009] 근래 들어 산화 실리콘이나 질화 실리콘 등의 실리콘계 재료에 대해, 불화 수소의 저온 물리 흡착에 의한 고속 에칭이 행해지고 있다. 그러나 현재의 냉각기 성능으로는, 플라즈마에 의한 입열로 인해 이러한 온도에 도달하기 어렵다. 또한 기존의 온도 조절 매체에서는, 저온 영역에서 점도가 증가하여 온도 조절 매체를 순환시키는 펌프의 부하가 높아질 수 있다. 뿐만 아니라 온도 조절 매체의 점도가 증가하면, 냉각에 필요한 유량을 흐르게 하기가 어려워진다. 따라서 사용 온도대에서의 온도 조절 매체의 점도 증가를 억제하는 것이 기대되고 있다.
- [0010] 또한 온도 조절 매체는 플라즈마에 의한 입열에 의해 드라이 아웃되는 경우가 있다. 이 경우, 온도 조절부의 유로의 하방에 액상(液相)의 온도 조절 매체가 쌓이며, 상방은 기상(氣相)이 된다. 예를 들어 기관 지지부를 냉각하는 경우 상면으로부터의 입열을 냉각하므로, 드라이 아웃이 발생하면 냉각 성능이 저하된다. 이로 인해 온도 조절 매체의 증기압은 충분히 낮아야한다. 따라서 플라즈마로부터의 입열에 의한 온도 조절 매체의 온도 상승을 고려한 증기압이 충분히 낮은 온도 조절 매체가 기대되고 있다. 즉, 사용 온도대에서의 온도 조절 매체의 점도 증가를 억제하고 또한 사용 온도대에서의 온도 조절 매체의 증기압이 충분히 낮을 것이 기대되고 있다. 바꿔 말하면, 온도 조절 시스템은 저온 영역에서 사용할 수 있을 것이 기대되고 있다.
- [0011] (제1 실시형태)
- [0012] [플라즈마 처리 시스템의 구성]
- [0013] 이하에서는 플라즈마 처리 장치의 구성예에 대해 설명한다. 도 1은 본 개시의 제1 실시형태의 플라즈마 처리 시스템의 일례를 나타낸 도면이다. 도 1에 나타낸 것처럼 플라즈마 처리 시스템은, 용량 결합형 플라즈마 처리 장치(1) 및 제어부(2)를 포함한다. 용량 결합형 플라즈마 처리 장치(1)는, 플라즈마 처리 챔버(10), 가스 공급부(20), 전원(30) 및 배기 시스템(40)을 포함한다. 또한 플라즈마 처리 장치(1)는, 기관 지지부(11) 및 가스 도입부를 포함한다. 가스 도입부는, 적어도 하나의 처리 가스를 플라즈마 처리 챔버(10) 내로 도입하도록 구성된다. 가스 도입부는 샤워 헤드(13)를 포함한다. 기관 지지부(11)는 플라즈마 처리 챔버(10) 내에 배치된다. 샤워 헤드(13)는 기관 지지부(11)의 상방에 배치된다. 일 실시형태에서 샤워 헤드(13)는, 플라즈마 처리 챔버(10)의 천장부(ceiling)의 적어도 일부를 구성한다. 플라즈마 처리 챔버(10)는, 샤워 헤드(13), 플라즈마 처리 챔버(10)의 측벽(10a) 및 기관 지지부(11)로 규정된 플라즈마 처리 공간(10s)을 갖는다. 플라즈마 처리 챔버(10)는, 적어도 하나의 처리 가스를 플라즈마 처리 공간(10s)으로 공급하기 위한 적어도 하나의 가스 공급구와, 플라즈마 처리 공간(10s)으로부터 가스를 배출하기 위한 적어도 하나의 가스 배출구를 갖는다. 플라즈마 처리 챔버(10)는 접지된다. 샤워 헤드(13) 및 기관 지지부(11)는, 플라즈마 처리 챔버(10)의 하우징과 전기적으로 절연된다.
- [0014] 기관 지지부(11)는, 본체부(111) 및 링 어셈블리(112)를 포함한다. 본체부(111)는, 기관(W)을 지지하기 위한 중앙 영역(111a)과, 링 어셈블리(112)를 지지하기 위한 고리형 영역(111b)을 갖는다. 웨이퍼는 기관(W)의 일례이다. 본체부(111)의 고리형 영역(111b)은, 평면에서 볼 때 본체부(111)의 중앙 영역(111a)을 둘러싸고 있다. 기

관(W)은, 본체부(111)의 중앙 영역(111a) 상에 배치되고, 링 어셈블리(112)는 본체부(111)의 중앙 영역(111a) 상의 기관(W)을 둘러싸도록 본체부(111)의 고리형 영역(111b) 상에 배치된다. 따라서 중앙 영역(111a)은 기관(W)을 지지하기 위한 기관 지지면이라고 불리기도 하며, 고리형 영역(111b)은 링 어셈블리(112)를 지지하기 위한 링 지지면이라고 불리기도 한다.

[0015] 일 실시형태에서 본체부(111)는, 베이스(1110) 및 정전 척(1111)을 포함한다. 베이스(1110)는 도전성 부재를 포함한다. 베이스(1110)의 도전성 부재는 하부 전극으로서 기능할 수 있다. 정전 척(1111)은 베이스(1110) 상에 배치된다. 정전 척(1111)은 세라믹 부재(1111a)와 세라믹 부재(1111a) 내에 배치되는 정전 전극(1111b)을 포함한다. 세라믹 부재(1111a)는 중앙 영역(111a)을 갖는다. 일 실시형태에서 세라믹 부재(1111a)는 또한 고리형 영역(111b)을 갖는다. 아울러 고리형 정전 척이나 고리형 절연 부재와 같은, 정전 척(1111)을 둘러싸는 다른 부재가 고리형 영역(111b)을 가질 수도 있다. 이 경우, 링 어셈블리(112)는 고리형 정전 척 또는 고리형 절연 부재 상에 배치될 수도 있고, 정전 척(1111)과 고리형 절연 부재 상에 모두 배치될 수도 있다. 또한 후술하는 RF(Radio Frequency) 전원(31) 및/또는 DC(Direct Current) 전원(32)에 결합되는 적어도 하나의 RF/DC 전극이 세라믹 부재(1111a) 내에 배치될 수도 있다. 이 경우, 적어도 하나의 RF/DC 전극이 하부 전극으로서 기능한다. 후술하는 바이어스 RF 신호 및/또는 DC 신호가 적어도 하나의 RF/DC 전극에 공급되는 경우, RF/DC 전극은 바이어스 전극이라고도 불린다. 아울러 베이스(1110)의 도전성 부재와 적어도 하나의 RF/DC 전극은 복수의 하부 전극으로서 기능할 수도 있다. 또한 정전 전극(1111b)이 하부 전극으로서 기능할 수도 있다. 따라서 기관 지지부(11)는 적어도 하나의 하부 전극을 포함한다.

[0016] 링 어셈블리(112)는, 하나 또는 복수의 고리형 부재를 포함한다. 일 실시형태에서 하나 또는 복수의 고리형 부재는, 하나 또는 복수의 엣지 링과 적어도 하나의 커버 링을 포함한다. 엣지 링은 도전성 재료 또는 절연 재료로 형성되며, 커버 링은 절연 재료로 형성된다.

[0017] 또한 기관 지지부(11)는, 정전 척(1111), 링 어셈블리(112) 및 기관 중 적어도 하나를 타겟 온도로 조절하도록 구성되는 온도 조절 모듈을 포함할 수도 있다. 온도 조절 모듈은, 히터, 열 전달 매체, 유로(1110a), 또는 이들의 조합을 포함할 수도 있다. 유로(1110a)에는, 염수나 가스나 같은 열 전달 유체가 흐른다. 일 실시형태에서는 유로(1110a)가 베이스(1110) 내에 형성되며, 하나 또는 복수의 히터가 정전 척(1111)의 세라믹 부재(1111a) 내에 배치된다. 예를 들면 유로(1110a)에는, 후술하는 온도 조절 시스템(50)이 배관(51a, 51b)을 통해 접속되어, 온도 조절 매체가 공급된다. 또한 기관 지지부(11)는, 기관(W)의 이면과 중앙 영역(111a) 사이의 간극에 열 전달 가스를 공급하도록 구성된 열 전달 가스 공급부를 포함할 수도 있다.

[0018] 샤워 헤드(13)는, 가스 공급부(20)로부터 적어도 하나의 처리 가스를 플라즈마 처리 공간(10s) 내로 도입하도록 구성된다. 샤워 헤드(13)는, 적어도 하나의 가스 공급구(13a), 적어도 하나의 가스 확산실(13b) 및 복수의 가스 도입구(13c)를 갖는다. 가스 공급구(13a)에 공급된 처리 가스는, 가스 확산실(13b)을 통과하여 복수의 가스 도입구(13c)로부터 플라즈마 처리 공간(10s) 내로 도입된다. 또한 샤워 헤드(13)는, 적어도 하나의 상부 전극을 포함한다. 아울러 가스 도입부는, 샤워 헤드(13)에 추가로, 측벽(10a)에 형성된 하나 또는 복수의 개구부에 장착되는 하나 또는 복수의 사이드 가스 주입부(SGI: Side Gas Injector)를 포함할 수도 있다.

[0019] 가스 공급부(20)는, 적어도 하나의 가스 소스(21) 및 적어도 하나의 유량 제어기(22)를 포함할 수도 있다. 일 실시형태에서 가스 공급부(20)는, 적어도 하나의 처리 가스를, 각각에 대응되는 가스 소스(21)로부터 각각에 대응되는 유량 제어기(22)를 통해 샤워 헤드(13)로 공급하도록 구성된다. 각 유량 제어기(22)는 예를 들면 질량 유량 제어기 또는 압력 제어식 유량 제어기를 포함할 수도 있다. 또한 가스 공급부(20)는, 적어도 하나의 처리 가스의 유량을 변조 또는 펄스화하는 하나 또는 그 이상의 유량 변조 디바이스를 포함할 수도 있다.

[0020] 전원(30)은, 적어도 하나의 임피던스 정합 회로를 통해 플라즈마 처리 챔버(10)에 결합되는 RF 전원(31)을 포함한다. RF 전원(31)은, 적어도 하나의 RF 신호(RF 전력)를, 적어도 하나의 하부 전극 및/또는 적어도 하나의 상부 전극에 공급하도록 구성된다. 이에 따라, 플라즈마 처리 공간(10s)에 공급된 적어도 하나의 처리 가스로부터 플라즈마가 형성된다. 따라서 RF 전원(31)은, 플라즈마 처리 챔버(10)에서 하나 또는 그 이상의 처리 가스로부터 플라즈마를 생성하도록 구성되는 플라즈마 생성부의 적어도 일부로서 기능할 수 있다. 또한 바이어스 RF 신호를 적어도 하나의 하부 전극에 공급함으로써, 기관(W)에 바이어스 전위가 발생하여, 형성된 플라즈마 중의 이온 성분을 기관(W)으로 인입할 수가 있다.

[0021] 일 실시형태에서 RF 전원(31)은, 제1 RF 생성부(31a) 및 제2 RF 생성부(31b)를 포함한다. 제1 RF 생성부(31a)는, 적어도 하나의 임피던스 정합 회로를 통해 적어도 하나의 하부 전극 및/또는 적어도 하나의 상부 전극에 결합되어, 플라즈마 생성용의 소스 RF 신호(소스 RF 전력)를 생성하도록 구성된다. 일 실시형태에서 소스 RF 신호

는, 10 MHz 내지 150 MHz 범위의 주파수를 갖는다. 일 실시형태에서 제1 RF 생성부(31a)는, 상이한 주파수를 갖는 복수의 소스 RF 신호를 생성하도록 구성될 수도 있다. 생성된 하나 또는 복수의 소스 RF 신호는, 적어도 하나의 하부 전극 및/또는 적어도 하나의 상부 전극에 결합된다.

[0022] 제2 RF 생성부(31b)는, 적어도 하나의 임피던스 정합 회로를 통해 적어도 하나의 하부 전극에 결합되어, 바이어스 RF 신호(바이어스 RF 전력)를 생성하도록 구성된다. 바이어스 RF 신호의 주파수는, 소스 RF 신호의 주파수와 같을 수도 있고 다를 수도 있다. 일 실시형태에서 바이어스 RF 신호는, 소스 RF 신호의 주파수보다 낮은 주파수를 갖는다. 일 실시형태에서 바이어스 RF 신호는, 100 kHz 내지 60 MHz 범위의 주파수를 갖는다. 일 실시형태에서 제2 RF 생성부(31b)는, 상이한 주파수를 갖는 복수의 바이어스 RF 신호를 생성하도록 구성될 수도 있다. 생성된 하나 또는 복수의 바이어스 RF 신호는, 적어도 하나의 하부 전극에 공급된다. 또한 다양한 실시형태에서, 소스 RF 신호 및 바이어스 RF 신호 중 적어도 하나가 펄스화될 수도 있다.

[0023] 또한 전원(30)은, 플라즈마 처리 챔버(10)에 결합되는 DC 전원(32)을 포함할 수도 있다. DC 전원(32)은 제1 DC 생성부(32a) 및 제2 DC 생성부(32b)를 포함한다. 일 실시형태에서 제1 DC 생성부(32a)는, 적어도 하나의 하부 전극에 접속되어, 제1 DC 신호를 생성하도록 구성된다. 생성된 제1 바이어스 DC 신호는, 적어도 하나의 하부 전극에 인가된다. 일 실시형태에서 제2 DC 생성부(32b)는, 적어도 하나의 상부 전극에 접속되어, 제2 DC 신호를 생성하도록 구성된다. 생성된 제2 DC 신호는, 적어도 하나의 상부 전극에 인가된다.

[0024] 다양한 실시형태에서는 제1 및 제2 DC 신호 중 적어도 하나가 펄스화될 수도 있다. 이 경우, 전압 펄스의 시퀀스가 적어도 하나의 하부 전극 및/또는 적어도 하나의 상부 전극에 인가된다. 전압 펄스는 직사각형, 사다리꼴, 삼각형 또는 이들 조합의 펄스 파형을 가질 수도 있다. 일 실시형태에서는, DC 신호로부터 전압 펄스의 시퀀스를 생성하기 위한 파형 생성부가, 제1 DC 생성부(32a)와 적어도 하나의 하부 전극 사이에 접속된다. 따라서 제1 DC 생성부(32a) 및 파형 생성부는, 전압 펄스 생성부를 구성한다. 제2 DC 생성부(32b) 및 파형 생성부가 전압 펄스 생성부를 구성하는 경우, 전압 펄스 생성부는 적어도 하나의 상부 전극에 접속된다. 전압 펄스는 양의 극성을 가질 수도 있고 음의 극성을 가질 수도 있다. 또한 전압 펄스의 시퀀스는, 1주기 내에 하나 또는 복수의 양극성 전압 펄스와 하나 또는 복수의 음극성 전압 펄스를 포함할 수도 있다. 아울러 제1 및 제2 DC 생성부(32a, 32b)는, RF 전원(31)에 추가로 설치될 수도 있고, 제1 DC 생성부(32a)가 제2 RF 생성부(31b) 대신 설치될 수도 있다.

[0025] 배기 시스템(40)은, 예를 들면 플라즈마 처리 챔버(10)의 바닥부에 설치된 가스 배출구(10e)에 접속될 수 있다. 배기 시스템(40)은, 압력 조정 밸브 및 진공 펌프를 포함할 수도 있다. 압력 조정 밸브에 의해 플라즈마 처리 공간(10s) 내의 압력이 조정된다. 진공 펌프는 터보 분자 펌프, 드라이 펌프 또는 이들의 조합을 포함할 수도 있다.

[0026] 온도 조절 시스템(50)은, 베이스(1110)의 유로(1110a)에 배관(51a, 51b)을 통해 온도 조절 매체를 공급하여, 본체부(111)의 중앙 영역(111a) 상에 배치되는 기관(W)을 타겟 온도(소정의 온도)로 조절한다. 아울러 타겟 온도는, 정전 척(1111), 링 어셈블리(112) 등의 온도여도 무방하다. 온도 조절 시스템(50)은, 유로(1110a)에 흐르는 온도 조절 매체와, 도시하지 않은 히터 등을 제어함으로써, 기관(W)이 소정의 온도, 예를 들면 -70°C가 되도록 제어한다.

[0027] 제어부(2)는, 본 개시에서 설명하는 각종 공정을 플라즈마 처리 장치(1)에 실행시키는 컴퓨터로 실행 가능한 명령을 처리한다. 제어부(2)는, 여기에서 설명하는 각종 공정을 실행하도록 플라즈마 처리 장치(1)의 각 요소를 제어하도록 구성될 수 있다. 일 실시형태에서 제어부(2)의 일부 또는 전부는 플라즈마 처리 장치(1)에 포함될 수도 있다. 제어부(2)는 처리부(2a1), 기억부(2a2) 및 통신 인터페이스(2a3)를 포함할 수도 있다. 제어부(2)는 예를 들면 컴퓨터(2a)에 의해 실현된다. 처리부(2a1)는, 기억부(2a2)로부터 프로그램을 관독하여, 관독된 프로그램을 실행함으로써 각종 제어 동작을 수행하도록 구성될 수 있다. 이 프로그램은 미리 기억부(2a2)에 저장되어 있을 수도 있고, 필요한 때에 매체를 통해 취득될 수도 있다. 취득된 프로그램은 기억부(2a2)에 저장되며, 처리부(2a1)에 의해 기억부(2a2)로부터 관독되어 실행된다. 매체는 컴퓨터(2a)로 관독 가능한 각종 기억 매체일 수도 있고, 통신 인터페이스(2a3)에 접속되어 있는 통신 회선일 수도 있다. 처리부(2a1)는 CPU(Central Processing Unit)일 수도 있다. 기억부(2a2)는 RAM(Random Access Memory), ROM(Read Only Memory), HDD(Hard Disk Drive), SSD(Solid State Drive), 또는 이들의 조합을 포함할 수도 있다. 통신 인터페이스(2a3)는 LAN(Local Area Network) 등의 통신 회선을 통해 플라즈마 처리 장치(1) 간에 통신할 수도 있다.

[0028] [온도 조절 시스템(50)의 상세]

- [0029] 다음으로 도 2를 이용하여 온도 조절 시스템(50)의 상세에 대해 설명한다. 도 2는, 제1 실시형태의 온도 조절 시스템의 일례를 나타낸 도면이다. 도 2에 나타낸 것처럼 온도 조절 시스템(50)은, 가스 공급부(52)와, 응축기(53)와, 냉각 재킷(54)과, 펌프(55)와, 열교환기(56)를 갖는다. 또한 온도 조절 시스템(50)은 제어부(2)로부터의 지시에 따라, 가스 공급부(52)~열교환기(56)의 각부를 제어하는 제어부(60)를 갖는다.
- [0030] 가스 공급부(52)는, 상온 상압에서 가스 상태인 온도 조절 매체를 응축기(53)에 공급한다. 가스 공급부(52)는, 예를 들면 C3F8, C3H2F4 등의 가스를 온도 조절 매체로서 응축기(53)에 공급한다.
- [0031] 응축기(53)는, 가스 공급부(52)로부터 공급된 가스 상태인 온도 조절 매체를 응축 액화한다. 응축기(53)는, 예를 들면 기밀 상태의 탱크로, 냉각 재킷(54)에서 응축기(53)가 냉각됨으로써, 응축기(53) 내부의 온도 조절 매체가 액화된다. 응축기(53)에서는, 예를 들면 내부의 압력을 대기압보다 높게 함으로써, 온도 조절 매체가 대기압에서의 끓는점보다 높은 온도에서 액화된다. 아울러 냉각 재킷(54)의 성능이, 대기압에서도 온도 조절 매체의 끓는점 이하까지 냉각 가능하다면, 응축기(53) 내의 압력은 대기압이어도 된다.
- [0032] 펌프(55)는, 응축기(53)에서 액화된 액상의 온도 조절 매체를 열교환기(56) 및 베이스(1110)의 유로(1110a)로 순환시킨다. 아울러 펌프(55)는, 온도 조절 매체를 순환시킬 때의 유량을, 예를 들면 15 L/min 이상으로 할 수 있다.
- [0033] 열교환기(56)는, 응축기(53)에서 액화된 액상의 온도 조절 매체를 냉각한다. 열교환기(56)는, 예를 들면 액체 질소, 액체 헬륨 등의 냉매에 의해 온도 조절 매체를 소정의 온도까지 냉각한다. 소정의 온도는, 예를 들면 -50℃ 내지 -150℃의 범위의 온도로 할 수 있다. 열교환기(56)에는, 도시하지 않은 냉매 공급원으로부터 배관(57)에 의해 냉매가 공급된다. 열교환기(56)는, 펌프(55)측의 배관(51f)으로부터 유입되는 온도 조절 매체를 냉매에 의해 소정의 온도까지 냉각하여 배관(51a)으로 공급한다.
- [0034] 배관(51a)은, 온도 조절 시스템(50)으로부터 온도 조절 매체가 유출되는 측의 배관으로, 열교환기(56)의 출구측에 접속된다. 배관(51b)은, 온도 조절 시스템(50)에 온도 조절 매체가 유입되는 측의 배관으로, 온도 조절 시스템(50) 내에서 배관(51c)과 배관(51d)으로 분기된다. 배관(51c)은, 배관(51b) 내를 흐르는 온도 조절 매체 중, 액체인 온도 조절 매체를 펌프(55)로 순환시키는 배관이다. 배관(51d)은, 응축기(53)의 상부에 접속되어, 배관(51b) 내를 흐르는 온도 조절 매체 중, 기화된 가스(기상이 된 온도 조절 매체)를 응축기(53)의 상부로 되돌리는 배관이다. 응축기(53)의 하부에 접속되는 배관(51e)은, 배관(51c)과 합류하여 배관(51f)이 된다. 즉, 배관(51f)에는 액상의 온도 조절 매체가 흐른다. 배관(51f)은, 펌프(55)를 통해 열교환기(56)에 접속된다. 즉, 액상의 온도 조절 매체는, 배관(51a), 유로(1110a), 배관(51b), 배관(51c), 배관(51f), 펌프(55), 열교환기(56)로 구성된 유로를 순환한다. 또한 순환하는 액상의 온도 조절 매체의 압력은, 대기압 이상이 된다.
- [0035] 온도 조절 매체는 우선 응축기(53)에서 응축 액화되어, 배관(51e)을 통해 배관(51f)에 공급된다. 배관(51f)의 액상 온도 조절 매체는, 펌프(55)에 의해 열교환기(56)로 보내진다. 액상 온도 조절 매체는, 화살표(58a)로 나타낸 것처럼 열교환기(56)로부터 배관(51a)을 통과하여 유로(1110a)로 공급된다. 유로(1110a)에서는, 온도 조절 매체에 의한 열교환으로 베이스(1110)가 냉각된다. 또한 베이스(1110)가 냉각됨으로써 정전 칩(1111)이 냉각되고, 정전 칩(1111)의 중앙 영역(111a) 상에 배치되는 기관(W)이 냉각된다. 이 때, 유로(1110a)에서의 열교환에 의해, 온도 조절 매체는 기상을 포함할 수도 있다. 즉, 열교환 후의 온도 조절 매체는, 베이스(1110) 내의 유로(1110a)에 기상을 포함하는 것을 허용한다. 또한 베이스(1110)는, 열교환기(56)에 의해 냉각된 온도 조절 매체에 의한 열교환으로 부재(정전 칩(1111), 기관(W))를 냉각하는 온도 조절부의 일례이다.
- [0036] 여기서, 온도의 제어 대상인 기관(W)의 온도에 대해 고찰한다. 기관(W)에는, 플라즈마로부터 입열됨과 함께, 정전 칩(1111) 및 베이스(1110)를 통해 온도 조절 매체로 열이 방출된다. 이 때 열 방출은 온도 조절 매체의 유량과 온도 차이에 비례하기 때문에, 기관(W)의 온도는 온도 조절 매체의 유량에 반비례한다. 예를 들어 플라즈마를 생성하는 RF 전력이 2 kW인 경우, 온도 조절 매체의 유량이 3 m³/h이면, 기관(W)의 온도는 -92℃로 구할 수 있다. 상술한 조건으로부터, 본 실시형태의 온도 조절 매체(C3F8 또는 C3H2F4)는, 플라즈마를 생성하는 RF 전력이 1 kW 이상이라도, 온도 조절 매체의 유량을 증가시킴으로써 기관(W)의 온도를 소정의 온도(예를 들면 -50℃ 이하)로 할 수 있다. 또한 본 실시형태의 온도 조절 매체(C3F8 또는 C3H2F4)는, 후술하는 것처럼 증기압이 충분히 작기 때문에 드라이 아웃에 의한 냉각 성능의 저하를 억제할 수 있다.
- [0037] 열교환 후의 온도 조절 매체는, 화살표(58b)로 나타낸 것처럼 유로(1110a)에서 배관(51b)으로 유출된다. 배관(51b)을 흐르는 온도 조절 매체 중 액상의 온도 조절 매체는, 화살표(58c)로 나타낸 것처럼 배관(51c, 51f)을 경유하여 펌프(55)로 유입된다. 또한 기화로 인해 감소한 분량에 대응하는 액상의 온도 조절 매체가, 배관(51

e)을 통해 응축기(53)로부터 공급된다. 한편, 배관(51b)을 흐르는 온도 조절 매체 중 기상의 온도 조절 매체는, 배관(51d)을 경유하여 응축기(53)의 상부로 복귀한다. 온도 조절 매체는 이러한 사이클을 반복함으로써 온도 조절 시스템(50)과 베이스(1110) 사이를 순환한다.

[0038] [온도 조절 매체의 물성]

[0039] 다음으로 도 3 및 도 4를 이용하여 온도 조절 매체의 물성에 대해 설명한다. 도 3은 각 온도 조절 매체의 점도 특성의 일례를 나타낸 그래프이다. 도 3에 나타낸 그래프(200)는, 각 온도 조절 매체의 점도($\text{mPa} \cdot \text{sec}$)를 세로축으로, 온도($^{\circ}\text{C}$)를 가로축으로 한 그래프이다. 그래프(201)는, C3F8의 점도를 나타낸 그래프이다. 그래프(202)는, C3H2F4(R1234yf)의 점도를 나타낸 그래프이다. 그래프(203)는, 종래의 일반적인 염수의 점도를 나타낸 그래프이다. 선(204)은, 냉매로서 사용할 때의 점도의 상한값($6 \text{ mPa} \cdot \text{sec}$)을 나타낸 선이다. 선(205)은, 냉매로서 사용하는 온도의 일례로서 -70°C 를 나타낸 선이다. 영역(206)은 냉매로서 사용하는 소정의 온도 범위와 점도의 상한값으로 규정되는 영역이다.

[0040] 본 실시형태에서는, 냉매로서 사용하는 소정의 온도 범위가 -50°C 내지 -150°C 이므로, 이 온도 범위에서 그래프가 영역(206) 내에 있어야 한다. 그래프(201, 202)는, 소정의 온도 범위에서 영역(206) 내에 위치하기 때문에, C3F8 및 C3H2F4는 온도 조절 매체로서 적합하다는 것을 알 수 있다. 한편, 그래프(203)는, 소정의 온도 범위에서 일부가 영역(206) 내를 통과하지만, -70°C 이하의 온도에서는 영역(206) 외가 되어, 점도가 조건을 만족하지 않으며, 종래의 일반적인 염수는 본 실시형태에서 온도 조절 매체로서 적합하지 않다는 것을 알 수 있다.

[0041] 도 4는 각 온도 조절 매체의 증기압 특성의 일례를 나타낸 그래프이다. 도 4에 나타낸 그래프(210)는, 각 온도 조절 매체의 증기압(Pa)을 세로축으로, 온도($^{\circ}\text{C}$)를 가로축으로 한 그래프이다. 그래프(211)는, C3F8의 증기압을 나타낸 그래프이다. 그래프(212)는, C3H2F4(R1234yf)의 증기압을 나타낸 그래프이다. 그래프(213)는, 종래의 일반적인 염수의 증기압을 나타낸 그래프이다. 선(214)은, 냉매로서 사용할 때의 증기압의 하한값(표준 대기압: 1013.25 hPa)을 나타낸 선이다. 영역(215)은, 냉매로서 사용하는 소정의 온도 범위와 증기압의 하한값으로 규정되는 영역이다.

[0042] 본 실시형태에서는, 냉매로서 사용하는 소정의 온도 범위가 -50°C 내지 -150°C 이므로, 이 온도 범위에서 영역(215)이 액상의 범위에 포함되어야 한다. 그래프(211, 212)는, 소정의 온도 범위에서 영역(215)이 액상의 범위에 포함되기 때문에, C3F8 및 C3H2F4는 온도 조절 매체로서 적합하다는 것을 알 수 있다. 즉, C3F8 및 C3H2F4는, 소정의 온도 및 대기압 이상의 평형 상태에서 액상이다. 덧붙여 온도 조절 매체는, 순환 중에 유체로서 흐르는 비평형 상태에서는 기상을 포함해도 무방하다. 또한 그래프(213)는, 소정의 온도 범위에서 영역(215)이 액상의 범위에 포함되기 때문에, 종래의 일반적인 염수도 증기압에 관해서는 온도 조절 매체의 조건을 만족한다. 즉, 도 3 및 도 4의 그래프(200, 210)로부터 알 수 있듯이, 점도 및 증기압 조건 모두에서 온도 조절 매체로서 적합한 것은, C3F8 및 C3H2F4이다. 즉, 그래프(200)의 영역(206) 내에 위치하고, 그래프(210)의 영역(215)이 액상의 범위에 포함되는 온도 조절 매체를 사용함으로써, 사용 온도대에서의 온도 조절 매체의 점도 증가를 억제할 수 있다. 또한 C3F8 및 C3H2F4는, 플라즈마로부터의 입열에 의한 온도 조절 매체의 온도 상승분을 고려한 증기압이 충분히 낮은 온도 조절 매체이다. 아울러 온도 조절 매체는, 그 점도 및 증기압이 각각 그래프(200)의 영역(206) 내에 위치하고, 그래프(210)의 영역(215)이 액상의 범위에 포함되면, 상술한 C3F8 및 C3H2F4로 한정되지 않으며, 다른 물질일 수도 있다.

[0043] [온도 조절 방법]

[0044] 계속해서 제1 실시형태의 온도 조절 처리에 대해 설명한다. 도 5는 제1 실시형태의 온도 조절 처리의 일례를 나타낸 흐름도이다.

[0045] 제1 실시형태의 온도 조절 처리에서는 우선, 온도 조절 시스템(50)의 제어부(60)는 제어부(2)로부터 온도 조절 처리 개시가 지시되면, 가스 공급부(52)로부터 응축기(53)로, 상온 상압에서 가스 상태인 온도 조절 매체의 공급을 개시시킨다. 제어부(60)는, 응축기(53)에서 가스 상태인 온도 조절 매체를 응축 액화시킨다(단계 S1).

[0046] 제어부(60)는, 펌프(55)를 작동시켜 온도 조절 매체를 열교환기(56)로 순환시키고, 열교환기(56)에서 온도 조절 매체를 냉각시킨다(단계 S2). 제어부(60)는, 열교환기(56)에 의해 냉각된 온도 조절 매체를 부재(정전 척(1111), 기관(W))를 냉각하는 온도 조절부인 베이스(1110)에 공급시킨다(단계 S3). 제어부(60)는 온도 조절 매체를 순환시킴으로써, 베이스(1110)에서 온도 조절 매체에 의해 부재를 냉각시키고(단계 S4), 열교환 후의 온도 조절 매체를 응축기(53)로 되돌리도록 제어한다(단계 S5).

[0047] 제어부(60)는, 제어부(2)로부터 온도 조절 처리를 종료하라는 지시가 있었는지의 여부, 즉 온도 조절 처리를 종

료할지의 여부를 판정한다(단계 S6). 제어부(60)는, 온도 조절 처리를 종료하지 않는다고 판정한 경우(단계 S6: No), 단계 S1로 되돌아간다. 한편, 제어부(60)는 온도 조절 처리를 종료한다고 판정한 경우(단계 S6: Yes), 온도 조절 처리를 종료한다.

[0048] (제2 실시형태)

[0049] 다음으로 제1 실시형태의 온도 조절 방법을 이용한 기관 처리 방법을 제2 실시형태로서 설명한다. 아울러 제2 실시형태의 기관 처리 장치의 구성은 제1 실시형태와 동일하기 때문에, 그 중복되는 구성 및 동작의 설명은 생략한다.

[0050] [기관 처리 방법]

[0051] 도 6 내지 도 9를 이용하여 상술한 온도 조절 방법을 이용한 기관 처리 방법에 대해 설명한다. 도 6은 제2 실시형태의 기관 처리의 일례를 나타낸 흐름도이다. 도 6에 나타난 기관 처리 방법은, 실리콘을 함유하는 막을 에칭하기 위해 실행된다. 본 기관 처리 방법은, 예를 들면 3차원 구조를 갖는 NAND 플래시 메모리의 제조에 이용할 수 있다. 본 기관 처리 방법은 플라즈마 처리 시스템을 이용하여 실행된다.

[0052] 제어부(2)는, 플라즈마 처리 챔버(10) 내에 기관(W1)이 제공되도록 플라즈마 처리 장치(1)를 제어한다(단계 S11). 기관(W1)은 정전 척(1111) 상에 탑재되고, 정전 척(1111)에 의해 유지된다.

[0053] 도 7은 제2 실시형태에서 제공되는 기관의 일례를 나타낸 부분 확대 단면도이다. 도 7에 나타난 기관(W1)은, 베이스층(UL), 막(SF1) 및 마스크(MSK)를 갖는다. 베이스층(UL)은 다결정 실리콘으로 이루어진 층일 수 있다. 막(SF1)은 베이스층(UL) 상에 설치된다. 막(SF1)은 실리콘을 함유한다. 막(SF1)은, 하나 이상의 실리콘 산화막 및 하나 이상의 실리콘 질화막을 포함하는 적층막일 수 있다. 도 7에 나타난 예에서 막(SF1)은, 복수의 실리콘 산화막(IL1) 및 복수의 실리콘 질화막(IL2)을 포함하는 다층막이다. 복수의 실리콘 산화막(IL1) 및 복수의 실리콘 질화막(IL2)은 교대로 적층된다. 아울러 막(SF1)은, 실리콘을 포함하는 또 다른 단층막 또는 실리콘을 포함하는 또 다른 다층막일 수도 있다. 막(SF1)이 단층막인 경우, 막(SF1)은 예를 들면 SiO₂, SiOF, 또는 SiCOH 등으로 형성되는 저 유전율막 또는 폴리실리콘막일 수 있다. 혹은 막(SF1)이 다층막인 경우, 막(SF1)은 예를 들면 하나 이상의 실리콘 산화막 및 하나 이상의 폴리실리콘막을 포함하는 적층막일 수 있다.

[0054] 마스크(MSK)는 막(SF1) 상에 설치된다. 마스크(MSK)는, 막(SF1)에 홀 등의 스페이스를 형성하기 위한 패턴을 갖는다. 마스크(MSK)는, 예를 들면 하드 마스크일 수 있다. 마스크(MSK)는, 예를 들어 탄소 함유 마스크 및/또는 금속 함유 마스크일 수 있다. 탄소 함유 마스크는, 예를 들면 스펀 온 카본, 탄화 텅스텐, 아몰퍼스 카본, 및 탄화 붕소로 이루어진 그룹에서 선택되는 적어도 1종으로 형성된다. 금속 함유 마스크는, 질화 티타늄, 산화 티타늄 및 텅스텐으로 이루어진 그룹에서 선택된 적어도 1종으로 형성된다. 혹은 마스크(MSK)는, 예를 들어 붕화 규소, 질화 붕소, 또는 탄화 붕소 등으로 형성되는 붕소 함유 마스크일 수도 있다.

[0055] 제어부(2)는 온도 조절 시스템(50)을 제어하고, 기관 지지부(11)(정전 척(1111), 기관(W1))의 온도가 소정의 온도가 되도록 온도 조절 처리를 개시한다(단계 S12). 즉, 제어부(2)는, 제1 실시형태의 온도 조절 처리를 실행하도록 온도 조절 시스템(50)의 제어부(60)에 대해 지시한다. 아울러 온도 조절 처리는 제1 실시형태와 마찬가지로 그 설명을 생략한다.

[0056] 제어부(2)는, 온도 조절 처리에 의해 기관(W1)이 소정의 온도가 되면, 기관(W1)을 에칭하는 공정을 실행하도록 플라즈마 처리 장치(1)를 제어한다(단계 S13). 단계 S13에서는, 플라즈마 처리 챔버(10) 내에서 제1 처리 가스로부터 플라즈마가 생성된다. 단계 S13에서는, 이 플라즈마로부터의 화학종에 의해 막(SF1)이 에칭된다.

[0057] 단계 S13에서 사용되는 제1 처리 가스는 불화 수소 가스를 포함한다. 불화 수소 가스의 유량은, 불활성 가스를 제외한 제1 처리 가스에 포함되는 또 다른 가스의 유량보다 많다. 구체적으로 단계 S13에서의 불화 수소 가스의 유량은, 불활성 가스를 제외한 제1 처리 가스의 전체 유량에 대해 70 부피% 이상, 80 부피% 이상, 85 부피% 이상, 90 부피% 이상 또는 95 부피% 이상으로 할 수 있다. 아울러 막(SF1)에 보잉 등의 형상 이상이 발생하는 것을 억제한다는 관점에서, 탄소 함유 가스 등을 첨가하는 경우, 불화 수소 가스의 유량은 불활성 가스를 제외한 제1 처리 가스의 전체 유량에 대해, 100 부피% 미만, 99.5 부피% 이하, 98 부피% 이하 또는 96 부피% 이하로 할 수 있다. 일례에서 불화 수소 가스의 유량은, 불활성 가스를 제외한 제1 처리 가스의 전체 유량에 대해, 70 부피% 이상 96 부피% 이하로 조정된다. 불활성 가스를 제외한 제1 처리 가스 중의 불화 수소 가스의 유량을 이러한 범위로 제어함으로써, 마스크(MSK)의 에칭을 억제하면서도 높은 에칭 속도로 막(SF1)을 에칭할 수 있다. 그 결과, 마스크의 에칭에 대한 실리콘 함유막의 에칭의 선택비를 5 이상으로 할 수가 있다. 이 때문에, 3차원 구조를 갖는 NAND 플래시 메모리와 같은 높은 중형비가 요구되는 프로세스에서도, 실효성이 있는 속도로 막

(SF1)을 예칭할 수 있다. 또한 이러한 높은 선택비로 인해, 탄소 함유 가스 등의 퇴적성 가스의 첨가량을 억제할 수 있기 때문에, 마스크(MSK)가 폐색되는 리스크를 저감할 수 있을 뿐만 아니라, 플라즈마 처리 챔버(10) 내의 클리닝 시간을 50 % 이하로 단축할 수 있다. 그 결과, 기관 처리의 처리량/스루풋을 대폭으로 향상시킬 수 있게 된다. 한편, 불화 수소 가스의 유량이 불활성 가스를 제외한 제1 처리 가스에 포함되는 또 다른 가스의 유량 이하인 경우에는, 선택비를 충분히 개선할 수 없는 경우가 있다. 아울러 불활성 가스를 제외한 제1 처리 가스의 전체 유량은, 챔버 용적에 따라 적절히 조정하면 되며, 일례에서는 100 sccm 이상으로 할 수 있다

[0058] 제1 처리 가스는, 불화 수소 가스 이외에 탄소 함유 가스를 포함할 수도 있다. 또한 불화 수소 가스 및 탄소 함유 가스와 더불어, 산소 함유 가스 및 할로젠 함유 가스로 이루어진 그룹에서 선택되는 적어도 1종을 포함할 수도 있다.

[0059] 제1 처리 가스가 탄소 함유 가스를 포함하는 경우, 마스크 표면에 탄소를 포함하는 퇴적물이 형성되기 때문에, 마스크의 예칭에 대한 실리콘 함유막의 예칭 선택비를 더욱 개선할 수가 있다. 탄소 함유 가스는, 예를 들면 플루오로카본 가스, 하이드로플루오로카본 가스, 및 하이드로카본 가스로 이루어진 그룹에서 선택되는 적어도 1종을 포함한다. 플루오로카본 가스로는, 예를 들면 CF₄, C₂F₂, C₂F₄, C₃F₈, C₄F₆, C₄F₈ 또는 C₅F₈을 사용할 수 있다. 하이드로플루오로카본 가스로는, 예를 들면 CHF₃, CH₂F₂, CH₃F, C₂HF₅, C₂H₂F₄, C₂H₃F₃, C₂H₄F₂, C₃HF₇, C₃H₂F₂, C₃H₂F₆, C₃H₂F₄, C₃H₃F₅, C₄H₅F₅, C₄H₂F₆, C₅H₂F₁₀, c-C₅H₃F₇ 또는 C₃H₂F₄를 사용할 수 있다. 하이드로카본 가스로는, 예를 들면 CH₄, C₂H₆, C₃H₆, C₃H₈ 또는 C₄H₁₀을 사용할 수 있다. 탄소 함유 가스는, 상기 이외에 CO 및/또는 CO₂를 포함할 수도 있다. 일례에서는 탄소 함유 가스로서, 탄소수가 2 이상인 플루오로카본 가스 및/또는 하이드로플루오로카본 가스를 사용할 수 있다. 탄소수가 2 이상인 플루오로카본 가스 및/또는 하이드로플루오로카본 가스를 사용한 경우, 보잉 등의 형상 이상을 효과적으로 억제할 수 있다. 아울러 탄소수가 3 이상인 플루오로카본 가스 및/또는 하이드로플루오로카본 가스를 사용함으로써, 형상 이상을 더욱 더 억제할 수 있다. 탄소수가 3 이상인 플루오로카본 가스로서는, 예를 들어 C₄F₈을 사용할 수 있다. 탄소수가 3 이상인 하이드로플루오로카본 가스는, 불포화 결합을 포함할 수도 있고, 1 이상의 CF₃기를 포함할 수도 있다. 탄소수가 3 이상인 하이드로플루오로카본 가스로는, 예를 들어 C₃H₂F₄ 또는 C₄H₂F₆을 사용할 수 있다.

[0060] 제1 처리 가스가 산소 함유 가스를 포함하는 경우, 예칭 시의 마스크의 폐색을 억제할 수 있다. 산소 함유 가스로서, 예를 들면 O₂, CO, CO₂, H₂O 또는 H₂O₂로 이루어진 그룹에서 선택되는 적어도 1종을 사용할 수 있다.

[0061] 제1 처리 가스가 할로젠 함유 가스를 포함하는 경우, 예칭 형상을 제어할 수 있다. 할로젠 함유 가스로는, 예를 들면 SF₆, NF₃, XeF₂, SiF₄, IF₇, ClF₅, BrF₅, AsF₅, NF₅, PF₃, PF₅, POF₃, BF₃, HPF₆, WF₆ 등의 탄소를 포함하지 않는 불소 함유 가스, Cl₂, SiCl₂, SiCl₄, CC₁₄, BC₁₃, PC₁₃, PC₁₅, POC₁₃ 등의 염소 함유 가스, HBr, CBr₂F₂, C₂F₅Br, PBr₃, PBr₅, POBr₃ 등의 브롬 함유 가스, HI, CF₃I, C₂F₅I, C₂F₇I, IF₅, IF₇, I₂, PI₃ 등의 요오드 함유 가스로 이루어진 그룹에서 선택되는 적어도 1종을 사용할 수 있다.

[0062] 상기 이외에 제1 처리 가스는, 측벽 보호 효과가 있는 가스, 예를 들면 COS 등의 황 함유 가스, P₄O₁₀, P₄O₈, P₄O₆, PH₃, Ca₃P₂, H₃PO₄, Na₃PO₄ 등의 인 함유 가스, B₂H₆ 등의 붕소 함유 가스를 포함할 수도 있다. 아울러 측벽 보호 효과가 있는 인 함유 가스에는, 상술한 PF₃, PF₅ 등의 불화 인 가스, PC₁₃, PC₁₅ 등의 염화 인 가스를 포함하는 할로젠화 인 가스도 포함된다.

[0063] 본 개시의 제2 실시형태에서 제1 처리 가스는, 불화 수소 및 플루오로카본 가스 및 하이드로플루오로카본 가스로 이루어진 그룹에서 선택된 적어도 1종의 탄소 함유 가스를 포함한다. 탄소 함유 가스는 상술한 플루오로카본 가스일 수도 있고, 또는 상술한 하이드로플루오로카본 가스일 수도 있다. 플루오로카본 가스는 C₄F₈일 수 있다. 또한 하이드로플루오로카본 가스는 C₃H₂F₄ 및 C₄H₂F₆로 이루어진 그룹에서 선택되는 적어도 1종일 수 있다.

[0064] 제2 실시형태에서 제1 처리 가스는, 산소 함유 가스 및 할로젠 함유 가스로 이루어진 그룹에서 선택되는 적어도 1종을 추가로 포함할 수도 있다. 이 경우 할로젠 함유 가스는, 불소 이외의 할로젠 원소를 함유하는 할로젠 함유 가스 및 탄소를 포함하지 않는 불소 함유 가스로 이루어진 그룹에서 선택되는 적어도 1종일 수 있다.

[0065] 제2 실시형태에서는, 첨가 가스로서 측벽 보호 효과가 있는 황 함유 가스, 인 함유 가스 및 붕소 함유 가스로 이루어진 그룹에서 선택되는 적어도 1종을 추가로 포함할 수도 있다.

[0066] 이들 가스중 이외에 제1 처리 가스는, 불활성 가스를 포함할 수도 있다. 불활성 가스로는, 질소 가스 이외에 Ar, Kr 및 Xe 등의 희가스를 사용할 수 있다. 그러나 제1 처리 가스는, 이들 불활성 가스를 제외한 제1 처리 가스의 전체 유량에 대한 불화 수소 가스의 유량이 상술한 비율이 되도록 제어한다.

[0067] 단계 S13을 실행하기 위해 제어부(2)는, 상술한 처리 가스를 플라즈마 처리 챔버(10) 내에 공급하도록 가스 공

급부(20)를 제어한다. 단계 S13을 실행하기 위해 제어부(2)는, 플라즈마 처리 챔버(10) 내에 공급되는 처리 가스에서 불화 수소 가스의 유량이 당해 처리 가스의 전체 유량의 70 부피% 이상이 되도록 가스 공급부(20)를 제어한다. 단계 S13을 실행하기 위해 제어부(2)는, 플라즈마 처리 챔버(10) 내의 압력이 지정된 압력이 되도록 배기 시스템(40)을 제어한다. 단계 S13을 실행하기 위해 제어부(2)는, 플라즈마 처리 챔버(10) 내에서 처리 가스로부터 플라즈마를 생성하기 위해 제1 고주파 전력 및/또는 제2 고주파 전력을 공급하도록 전원(30)의 각부, 예를 들면 제1 RF 생성부(31a) 및/또는 제2 RF 생성부(31b)를 제어한다.

[0068] 단계 S13에서 제2 RF 생성부(31b)는, 플라즈마로부터 이온을 기관(W)으로 끌어들이기 위해 5 W/cm^2 이상의 제2 고주파 전력(즉, 바이어스용 고주파 전력)을 기관 지지부(11)에 공급할 수도 있다. 5 W/cm^2 이상의 제2 고주파 전력에 의해, 플라즈마로부터의 이온이, 예칭에 의해 형성되는 막(SF1)의 스페이스(예를 들면 도 8에 나타낸 스페이스(SP))의 바닥부에 충분히 도달할 수 있다.

[0069] 아울러 바이어스용 고주파 전력 대신에, 고주파 이외의 펄스 전압을 기관 지지부(11)에 공급할 수도 있다. 여기서 펄스 전압은, 펄스 전원으로로부터 공급되는 펄스 형태의 전압이다. 펄스 전원은, 전원 자체가 펄스파를 공급하도록 구성될 수도 있고, 펄스 전원의 하류 측에 전압을 펄스화하기 위한 디바이스를 구비할 수도 있다. 일례에서 펄스 전압은, 기관(W1)에 음의 전위가 발생하도록 기관 지지부(11)에 공급된다. 펄스 전압은 음극성 직류 전압의 펄스일 수 있다. 또한 펄스 전압은 직사각형파의 펄스일 수도 있고, 삼각파의 펄스일 수도 있고, 임펄스일 수도 있고, 또는 그 밖의 전압 파형의 펄스를 가질 수도 있다.

[0070] 도 9는 제2 실시형태의 기관 처리 방법에 관한 타이밍 차트의 일례이다. 도 9에서 가로축은 시간을 나타낸다. 도 9에서 세로축은 제1 처리 가스의 공급 상태, 제1 고주파 전력(HF)의 레벨 및 펄스 전압의 레벨을 나타낸다. 도 9에서 제1 처리 가스는, 플라즈마 처리 챔버(10) 내에 주기적으로 공급된다. 또한 제1 고주파 전력의 펄스 및 펄스 전압은, 기관 지지부(11)에 주기적으로 공급된다. 또한 제1 고주파 전력(HF)의 펄스가 공급되는 기간, 펄스 전압이 공급되는 기간 및 제1 처리 가스가 공급되는 기간은 동기된다. 아울러 제1 처리 가스는, 플라즈마 처리 챔버(10) 내에 연속적으로 공급될 수도 있다.

[0071] 도 9에서 제1 고주파 전력(HF)의 'L'레벨은, 제1 고주파 전력(HF)이 공급되지 않거나 또는 제1 고주파 전력(HF)의 전력 레벨이 'H'로 표시되는 전력 레벨보다 낮음을 나타낸다. 펄스 전압의 'L'레벨은, 펄스 전압이 기관 지지부(11)에 인가되지 않거나, 또는 펄스 전압의 레벨이 'H'로 표시되는 레벨보다 낮음을 나타낸다. 또한 제1 처리 가스의 공급 상태의 'ON'은, 제1 처리 가스가 플라즈마 처리 챔버(10) 내에 공급되고 있는 것을 나타내며, 제1 처리 가스의 공급 상태의 'OFF'는, 플라즈마 처리 챔버(10) 내로 제1 처리 가스가 공급되는 것이 정지되었음을 나타낸다. 여기서는 펄스 전압의 전압 레벨이 L인 기간을 'L 기간', 펄스 전압의 전압 레벨이 H인 기간을 'H 기간'이라고 한다.

[0072] H 기간에서의 펄스 전압의 주파수(제1 주파수)는 100 kHz 내지 3.2 MHz로 제어될 수 있다. 일례에서 제1 주파수는 400 kHz로 제어된다. 또한 이 경우, 1주기 내에서 펄스 전압의 레벨이 H가 되는 기간이 차지하는 비율을 나타낸 듀티비(제1 듀티비)는 50% 이하일 수도 있고 30% 이하일 수도 있다.

[0073] 또한 주기적으로 공급되는 펄스 전압의 주파수, 즉 H 기간의 주기를 규정하는 주파수(제2 주파수)는, 1 kHz 내지 200 kHz 또는 5 Hz 내지 100 kHz로 설정할 수 있다. 또한 이 경우, 1주기 내에서 H 기간이 차지하는 비율을 나타낸 듀티비(제2 듀티비)는 50% 내지 90% 일 수 있다.

[0074] 아울러 제2 실시형태에서는, 제1 고주파 전력(HF)의 펄스가 공급되는 기간, 펄스 전압이 공급되는 기간 및 제1 처리 가스가 공급되는 기간이 동기되는 경우에 대해 설명했으나, 이들은 동기되지 않아도 무방하다.

[0075] 단계 S13에서 정전 척(1111)의 온도는, 저온, 예를 들면 $-50 \text{ }^\circ\text{C}$ 이하로 조정함으로써, 기관 표면의 에천트(etchant)의 흡착이 촉진되기 때문에, 예칭 레이트를 향상시킬 수 있다. 아울러 제1 처리 가스가 인 함유 가스를 포함하는 경우, 제1 처리 가스 중의 인 함유 가스의 비율에 따라 정전 척(1111)의 온도를 조정하도록 할 수도 있다.

[0076] 단계 S13의 실행이 종료되면, 제2 실시형태의 기관 처리 방법은 종료된다. 도 8은, 도 6에 나타낸 기관 처리 방법을 실행한 후의 기관의 일례를 나타낸 부분 확대 단면도이다. 제2 실시형태의 기관 처리 방법의 실행에 의해, 도 8에 나타낸 것처럼, 막(SF1)에 예를 들면 베이스층(UL)까지 도달하는 스페이스(SP)가 형성된다. 이와 같이 온도 조절 시스템(50)은, 저온 영역의 프로세스에서 정전 척(1111) 및 기관(W1)을 소정 온도로 제어할 수 있다.

[0077] (제3 실시형태)

- [0078] 다음으로 제1 실시형태의 온도 조절 방법을 이용한 또 다른 기판 처리 방법을 제3 실시형태로서 설명한다. 아울러 제3 실시형태의 기판 처리 장치의 구성은 제1 실시형태와 마찬가지로 그 중복되는 구성 및 동작의 설명은 생략한다.
- [0079] [기판 처리 방법]
- [0080] 도 10 내지 도 13을 이용하여 상술한 온도 조절 방법을 이용하는 또 다른 기판 처리 방법에 대해 설명한다. 도 10은 제3 실시형태의 기판 처리의 일례를 나타낸 흐름도이다. 도 10에 나타낸 기판 처리 방법은 실리콘 함유막을 갖는 기판에 적용된다. 제3 실시형태의 기판 처리 방법에서는 실리콘 함유막이 에칭된다.
- [0081] 도 11은 제3 실시형태에서 제공되는 기판의 일례를 나타낸 부분 확대 단면도이다. 도 11에 나타낸 기판(W2)은, DRAM(Dynamic Random Access Memory), 3D-NAND와 같은 디바이스의 제조에 이용 가능하다. 기판(W2)은 실리콘 함유막(SF2)을 갖는다. 기판(W2)은 베이스 영역(UR)을 추가로 가질 수도 있다. 실리콘 함유막(SF2)은 베이스 영역(UR) 상에 설치될 수 있다.
- [0082] 실리콘 함유막(SF2)은 실리콘 함유 유전체막일 수 있다. 실리콘 함유 유전체막은, 실리콘 산화막 또는 실리콘 질화막을 포함할 수 있다. 실리콘 함유 유전체막은, 실리콘을 함유하는 막이라면 또 다른 막종을 갖는 막이어도 무방하다. 또한 실리콘 함유막(SF2)은, 실리콘막(예를 들면 다결정 실리콘막)을 포함할 수도 있다. 또한 실리콘 함유막(SF2)은, 실리콘 질화막, 다결정 실리콘막, 탄소 함유 실리콘막, 및 저 유전율막 중 적어도 하나를 포함할 수도 있다. 탄소 함유 실리콘막은, SiC 막 및/또는 SiOC 막을 포함할 수 있다. 저 유전율막은, 실리콘을 함유하고 층간 절연막으로서 사용될 수 있다. 또한 실리콘 함유막(SF2)은, 서로 상이한 막종을 갖는 두 개 이상의 실리콘 함유막을 포함할 수도 있다. 두 개 이상의 실리콘 함유막은, 실리콘 산화막 및 실리콘 질화막을 포함할 수도 있다. 실리콘 함유막(SF2)은, 예를 들면 교대로 적층된 하나 이상의 실리콘 산화막 및 하나 이상의 실리콘 질화막을 포함하는 다층막일 수도 있다. 실리콘 함유막(SF2)은, 교대로 적층된 복수의 실리콘 산화막 및 복수의 실리콘 질화막을 포함하는 다층막일 수도 있다. 혹은 두 개 이상의 실리콘 함유막은, 실리콘 산화막 및 실리콘막을 포함할 수도 있다. 실리콘 함유막(SF2)은, 예를 들면 교대로 적층된 하나 이상의 실리콘 산화막 및 하나 이상의 실리콘막을 포함하는 다층막일 수도 있다. 실리콘 함유막(SF2)은, 교대로 적층된 복수의 실리콘 산화막 및 복수의 다결정 실리콘막을 포함하는 다층막일 수도 있다. 혹은, 두 개 이상의 실리콘 함유막은, 실리콘 산화막, 실리콘 질화막, 및 실리콘막을 포함할 수도 있다.
- [0083] 기판(W2)은 마스크(MK)를 추가로 가질 수도 있다. 마스크(MK)는 실리콘 함유막(SF2) 상에 설치된다. 마스크(MK)는, 후술하는 기판 처리 방법의 단계 S23에서 실리콘 함유막(SF2)의 에칭 레이트보다 낮은 에칭 레이트를 갖는 재료로 형성된다. 마스크(MK)는 유기 재료로 형성될 수 있다. 즉, 마스크(MK)는 탄소를 함유할 수도 있다. 마스크(MK)는, 예를 들면 아몰퍼스카본막, 포토레지스트막, 또는 스핀 온 카본막(SOC막)으로 형성될 수 있다. 혹은 마스크(MK)는, 실리콘 함유 반사 방지막과 같은 실리콘 함유막으로 형성될 수도 있다. 혹은 마스크(MK)는, 질화 티타늄, 텅스텐, 탄화 텅스텐과 같은 금속 함유 재료로 형성된 금속 함유 마스크일 수도 있다. 마스크(MK)는 3 μm 이상의 두께를 가질 수 있다.
- [0084] 마스크(MK)는 패터닝된다. 즉, 마스크(MK)는 기판 처리 방법의 단계 S23에서 실리콘 함유막(SF2)에 전사되는 패턴을 갖는다. 마스크(MK)의 패턴이 실리콘 함유막(SF2)에 전사되면, 실리콘 함유막(SF2)에는 홀 또는 트렌치와 같은 개구(오픈부)가 형성된다. 단계 S23에서 실리콘 함유막(SF2)에 형성되는 개구의 종횡비는 20 이상일 수 있고, 30 이상, 40 이상, 또는 50 이상일 수도 있다. 아울러 마스크(MK)는 라인&스페이스 패턴을 가질 수도 있다.
- [0085] 도 10의 설명으로 되돌아간다. 이하에서는, 제3 실시형태의 기판 처리 방법에 대해, 그것이 플라즈마 처리 시스템을 이용하여 도 11에 나타낸 기판(W2)에 적용되는 경우를 예로 들어 설명한다. 플라즈마 처리 시스템을 이용하는 경우에는, 제어부(2)에 의해 플라즈마 처리 장치(1)의 각부를 제어함으로써, 플라즈마 처리 장치(1)에서 기판 처리 방법이 실행될 수 있다. 이하의 설명에서는, 기판 처리 방법을 실행하기 위한 제어부(2)에 의한 플라즈마 처리 장치(1)의 각부의 제어에 대해서도 설명한다.
- [0086] 이하의 설명에서는, 도 10과 더불어 도 12(a), 도 12(b), 및 도 13을 참조한다. 도 12(a)는, 도 10에 나타낸 기판 처리 방법이 적용된 일례의 기판의 부분 확대 단면도이며, 도 12(b)는, 인을 포함하지 않는 처리 가스로 형성된 플라즈마에 의해 에칭된 일례의 기판의 부분 확대 단면도이다. 도 13은, 제3 실시형태의 기판 처리 방법에 관한 타이밍 차트의 일례이다. 도 13에서 가로축은 시간을 나타낸다. 도 13에서 세로축은 고주파 전력(HF)의 전력 레벨, 전기 바이어스 레벨, 및 처리 가스의 공급 상태를 나타낸다. 고주파 전력(HF)의 'L'레벨은, 고주파 전력(HF)이 공급되지 않거나 또는 고주파 전력(HF)의 전력 레벨이 'H'로 표시되는 전력 레벨보다 낮음을

나타낸다. 전기 바이어스의 'L'레벨은, 전기 바이어스가 하부 전극에 인가되지 않았거나, 전기 바이어스의 레벨이 'H'로 표시되는 레벨보다 낮음을 나타낸다. 또한 처리 가스의 공급 상태의 'ON'은, 처리 가스가 플라즈마 처리 챔버(10) 내에 공급되고 있는 것을 나타내며, 처리 가스의 공급 상태의 'OFF'는, 플라즈마 처리 챔버(10) 내로 처리 가스가 공급되는 것이 정지되었음을 나타낸다.

[0087] 도 10에 나타난 것처럼 제어부(2)는, 플라즈마 처리 챔버(10) 내에 기관(W2)이 제공되도록 플라즈마 처리 장치(1)를 제어한다(단계 S21). 기관(W2)은 정전 척(1111) 상에 탑재되고, 정전 척(1111)에 의해 유지된다.

[0088] 제어부(2)는, 온도 조절 시스템(50)을 제어하고, 기관 지지부(11)(정전 척(1111), 기관(W1))의 온도가 소정의 온도가 되도록 온도 조절 처리를 개시한다(단계 S22). 즉, 제어부(2)는, 제1 실시형태의 온도 조절 처리를 실행하도록, 온도 조절 시스템(50)의 제어부(60)에 대해 지시한다. 덧붙여 온도 조절 처리는, 제1 실시형태와 마찬가지로 그러므로 그 설명을 생략한다.

[0089] 제어부(2)는, 온도 조절 처리에 의해 기관(W2)이 소정의 온도가 되면, 단계 SP를 실행하도록 플라즈마 처리 장치(1)를 제어한다. 단계 SP에서는 기관(W2)에 대한 플라즈마 처리가 실행된다. 단계 SP에서는 플라즈마 처리 챔버(10) 내에서 처리 가스로부터 플라즈마가 생성된다. 제3 실시형태의 기관 처리 방법은 단계 S23을 포함한다. 단계 S23은, 단계 SP의 실행 중에 진행된다. 제3 실시형태의 기관 처리 방법은, 단계 S24를 추가로 포함할 수 있다. 단계 S24는 단계 SP의 실행 중에 진행된다. 단계 S23과 단계 S24는 동시에 발생할 수도 있고, 서로 독립적으로 진행될 수도 있다.

[0090] 단계 S23에서 실리콘 함유막(SF2)은, 단계 SP에서 플라즈마 처리 챔버(10) 내에서 처리 가스로부터 생성된 플라즈마로부터의 화학종에 의해 에칭된다. 단계 S24에서는 보호막(PF)이, 단계 SP에서 플라즈마 처리 챔버(10) 내에서 처리 가스로부터 생성된 플라즈마로부터의 화학종에 의해 기관(W2) 상에 형성된다. 보호막(PF)은, 실리콘 함유막(SF2)에 형성된 개구를 획정하는 측벽면 상에 형성된다.

[0091] 단계 SP에서 사용되는 처리 가스는 할로젠 원소 및 인을 포함한다. 처리 가스에 포함되는 할로젠 원소는 불소일 수 있다. 처리 가스는 적어도 하나의 할로젠 함유 분자를 포함할 수 있다. 처리 가스는, 적어도 하나의 할로젠 함유 분자로서, 플루오로카본 또는 하이드로플루오로카본 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 플루오로카본은, 예를 들면 CF₄, C₃F₈, C₄F₆, 또는 C₄F₈ 중 적어도 하나이다. 하이드로플루오로카본은, 예를 들면 CH₂F₂, CHF₃, 또는 CH₃F 중 적어도 하나이다. 하이드로플루오로카본은 두 개 이상의 탄소를 포함할 수도 있다. 하이드로플루오로카본은 예를 들면 세 개의 탄소, 또는 네 개의 탄소를 포함할 수도 있다.

[0092] 처리 가스는 적어도 하나의 인 함유 분자를 포함할 수 있다. 인 함유 분자는 십산화 사인(P₄O₁₀), 팔산화 사인(P₄O₈), 육산화 사인(P₄O₆)과 같은 산화물일 수도 있다. 십산화 사인은, 오산화 이인(P₂O₅)으로 불리기도 한다. 인 함유 분자는, 삼불화 인(PF₃), 오불화 인(PF₅), 삼염화 인(PCl₃), 오염화 인(PCl₅), 삼브롬화 인(PBr₃), 오브롬화 인(PBr₅), 요오드화 인(PI₃)과 같은 할로젠화물일 수 있다. 즉, 인 함유 분자는, 할로젠 원소로서 불소를 함유할 수도 있다. 혹은 인 함유 분자는, 할로젠 원소로서 불소 이외의 할로젠 원소를 포함할 수도 있다. 인 함유 분자는, 불화 포스포릴(POF₃), 염화 포스포릴(POCl₃), 브롬화 포스포릴(POBr₃)과 같은 할로젠화 포스포릴일 수도 있다. 인 함유 분자는, 포스핀(PH₃), 인화 칼슘(Ca₃P₂ 등), 인산(H₃PO₄), 인산 나트륨(Na₃PO₄), 핵사플루오로인산(HPF₆) 등일 수도 있다. 인 함유 분자는, 플루오로포스핀류(HxPFy)일 수도 있다. 여기서, x와 y의 합은 3 또는 5이다. 플루오로포스핀류의 예로는, HPF₂, H₂PF₃을 들 수 있다. 처리 가스는, 적어도 하나의 인 함유 분자로서, 상기 인 함유 분자 중 하나 이상의 인 함유 분자를 포함할 수 있다. 예를 들어 처리 가스는, 적어도 하나의 인 함유 분자로서, PF₃, PCl₃, PF₅, PCl₅, POCl₃, PH₃, PBr₃, 또는 PBr₅ 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 아울러 처리 가스에 포함되는 각 인 함유 분자는, 그것이 액체 또는 고체인 경우, 가열 등에 의해 기화되어 플라즈마 처리 공간(10s) 내로 공급될 수 있다.

[0093] 단계 SP에서 사용되는 처리 가스는, 탄소 및 수소를 추가로 포함할 수도 있다. 처리 가스는 수소를 포함하는 분자로서 H₂, 불화 수소(HF), 탄화 수소(C_xH_y), 하이드로플루오로카본(CH_xF_y), 또는 NH₃ 중 적어도 하나를 포함할 수도 있다. 탄화 수소는 예를 들어 CH₄ 또는 C₃H₆이다. 여기서 x와 y는 각각 자연수이다. 처리 가스는 탄소를 포함하는 분자로서, 플루오로카본 또는 탄화 수소(예를 들면 CH₄)를 포함할 수도 있다. 처리 가스는 산소를 추가로 포함할 수도 있다. 처리 가스는 예를 들면 O₂를 포함할 수도 있다. 혹은 처리 가스는 산소를 포함하지 않을 수도 있다.

[0094] 일 실시형태에서 처리 가스는, 인 함유 가스, 불소 함유 가스, 및 수소 함유 가스를 포함한다. 수소 함유 가스는, 불화 수소(HF), H₂, 암모니아(NH₃), 및 탄화 수소로 이루어진 그룹에서 선택된 적어도 하나를 함유한다. 인

함유 가스는, 상술한 인 함유 분자 중 적어도 하나를 포함한다. 불소 함유 가스는, 플루오로카본 가스 및 탄소를 함유하지 않는 불소 함유 가스로 이루어진 그룹에서 선택되는 적어도 하나의 가스를 포함한다. 플루오로카본 가스는, 상술한 플루오로카본을 함유하는 가스이다. 탄소를 함유하지 않는 불소 함유 가스는, 예를 들면 삼불화 질소 가스(NF₃ 가스) 또는 육불화 황 가스(SF₆ 가스)이다. 또한 처리 가스는, 하이드로플루오로카본 가스를 추가로 포함할 수도 있다. 하이드로플루오로카본 가스는, 상술한 하이드로플루오로카본의 가스이다. 또한 처리 가스는, 불소 이외의 할로젠 원소를 함유하는 할로젠 함유 가스를 추가로 포함할 수도 있다. 할로젠 함유 가스는, 예를 들면 Cl₂ 가스 및/또는 HBr 가스이다.

[0095] 일례의 처리 가스는, 인 함유 가스, 플루오로카본 가스, 수소 함유 가스, 및 산소 함유 가스(예를 들면 O₂ 가스)를 포함하거나, 실질적으로 이들로 이루어진다. 다른 일례의 처리 가스는, 인 함유 가스, 탄소를 함유하지 않는 불소 함유 가스, 플루오로카본 가스, 수소 함유 가스, 하이드로플루오로카본 가스, 및 불소 이외의 할로젠 원소를 함유하는 할로젠 함유 가스를 포함하거나, 실질적으로 이들로 이루어진다.

[0096] 다른 실시형태에서 처리 가스는, 상술한 인 함유 가스, 상술한 불소 함유 가스, 상술한 하이드로플루오로카본 가스, 및 상술한 불소 이외의 할로젠 원소를 함유하는 할로젠 함유 가스를 포함하거나, 실질적으로 이들로 이루어진다.

[0097] 일 실시형태에서 처리 가스는, 제1 가스 및 제2 가스를 포함할 수 있다. 제1 가스는 인을 함유하지 않는 가스이다. 즉, 제1 가스는 처리 가스에 포함되는 인 함유 가스 이외의 모든 가스이다. 제1 가스는 할로젠 원소를 포함할 수 있다. 제1 가스는 상술한 적어도 하나의 할로젠 함유 분자의 가스를 포함할 수 있다. 제1 가스는 탄소 및 수소를 추가로 포함할 수도 있다. 제1 가스는, 상술한 수소를 포함하는 분자의 가스 및/또는 탄소를 포함하는 분자의 가스를 추가로 포함할 수도 있다. 제1 가스는 산소를 추가로 포함할 수도 있다. 제1 가스는 O₂ 가스를 포함할 수도 있다. 혹은 제1 가스는 산소를 포함하지 않을 수도 있다. 제2 가스는 인을 함유하는 가스이다. 즉, 제2 가스는 상술한 인 함유 가스이다. 제2 가스는, 상술한 적어도 하나의 인 함유 분자의 가스를 포함할 수도 있다.

[0098] 단계 SP에서 사용되는 처리 가스에서, 제1 가스의 유량에 대한 제2 가스의 유량의 비인 유량비는, 0보다 크고, 0.5 이하로 설정될 수도 있다. 유량비는 0.075 이상 0.3 이하로 설정될 수도 있다. 유량비는 0.1 이상 0.25 이하로 설정될 수도 있다.

[0099] 도 13에 나타난 것처럼 단계 SP에서는, 플라즈마 처리 챔버(10) 내에 처리 가스가 공급된다. 단계 SP에서는, 플라즈마 처리 챔버(10) 내의 가스의 압력이 지정된 압력으로 설정된다. 단계 SP에서, 플라즈마 처리 챔버(10) 내의 가스의 압력은 5 mTorr(0.65 Pa) 이상, 100 mTorr(13.3 Pa) 이하의 압력으로 설정될 수 있다. 또한 단계 SP에서는, 플라즈마 처리 챔버(10) 내에서 처리 가스로부터 플라즈마를 생성하기 위해 고주파 전력(HF)이 공급된다. 도 13에 실선으로 나타난 것처럼, 단계 SP에서는 고주파 전력(HF)의 연속파가 공급될 수도 있다. 단계 SP에서는, 고주파 전력(HF) 대신에 고주파 전력(LF)이 사용될 수도 있다. 단계 SP에서는, 고주파 전력(HF) 및 전기 바이어스 모두가 공급될 수도 있다. 도 13에 실선으로 나타난 것처럼 단계 SP에서는, 전기 바이어스의 연속파가 하부 전극에 인가될 수도 있다. 고주파 전력(HF)의 전력 레벨은 2 kW 이상, 10 kW 이하의 레벨로 설정될 수 있다. 전기 바이어스로서 고주파 전력(LF)이 사용되는 경우에는, 고주파 전력(LF)의 전력 레벨은 2 kW 이상의 레벨로 설정될 수 있다. 고주파 전력(LF)의 전력 레벨은 10 kW 이상의 레벨로 설정될 수도 있다.

[0100] 단계 SP를 실행하기 위해 제어부(2)는, 처리 가스를 플라즈마 처리 챔버(10) 내에 공급하도록 가스 공급부(20)를 제어한다. 또한 제어부(2)는, 플라즈마 처리 챔버(10) 내의 가스의 압력을 지정된 압력으로 설정하도록 배기 시스템(40)을 제어한다. 또한 제어부(2)는, 고주파 전력(HF), 고주파 전력(LF), 또는 고주파 전력(HF) 및 전기 바이어스를 공급하도록 전원(30)의 각부, 예를 들면 제1 RF 생성부(31a) 및 제2 RF 생성부(31b)를 제어한다.

[0101] 단계 S23을 실행하기 위해 제어부(2)는, 처리 가스를 플라즈마 처리 챔버(10) 내에 공급하도록 가스 공급부(20)를 제어한다. 또한 제어부(2)는, 플라즈마 처리 챔버(10) 내의 가스의 압력을 지정된 압력으로 설정하도록 배기 시스템(40)을 제어한다. 또한 제어부(2)는, 고주파 전력(HF), 고주파 전력(LF), 또는 고주파 전력(HF) 및 전기 바이어스를 공급하도록 전원(30)의 각부, 예를 들면 제1 RF 생성부(31a) 및 제2 RF 생성부(31b)를 제어한다.

[0102] 제3 실시형태의 기관 처리 방법에서, 단계 S23(또는 단계 SP)의 개시 시의 기관(W2)의 온도는 -50°C이하의 온도로 설정될 수도 있다. 이와 같은 온도로 기관(W2)의 온도가 설정되면, 단계 S23에서의 실리콘 함유막(SF2)의 에칭 레이트가 높아진다. 단계 S23의 개시 시의 기관(W2)의 온도를 설정하기 위해, 상술한 것처럼 제어부(2)는 온도 조절 시스템(50)을 제어할 수 있다.

- [0103] 단계 S23에서는 실리콘 함유막(SF2)이 처리 가스로부터 생성된 플라즈마로부터의 할로겐 화학종에 의해 에칭된다. 제3 실시형태에서는, 실리콘 함유막(SF2)의 전체 영역 중 마스크(MK)에서 노출된 부분이 에칭된다(도 12(a) 참조).
- [0104] 처리 가스가 인 함유 분자로서 PF3와 같이 인과 할로겐 원소를 함유하는 분자를 포함하는 경우에는, 이러한 분자로부터 유래하는 할로겐 화학종은, 실리콘 함유막(SF2)의 에칭에 기여한다. 따라서 PF3과 같이 인과 할로겐 원소를 함유하는 인 함유 분자는, 단계 S23에서 실리콘 함유막(SF2)의 에칭 레이트를 높인다.
- [0105] 단계 S24에서는 보호막(PF)이, 단계 S23의 에칭에 의해 실리콘 함유막(SF2)에 형성된 개구를 확장하는 측면면 상에 형성된다(도 12(a) 참조). 보호막(PF)은, 단계 SP에서 플라즈마 처리 챔버(10) 내에서 처리 가스로부터 생성된 플라즈마로부터의 화학종에 의해 형성된다. 단계 S24는, 단계 S23과 동시에 진행할 수 있다. 도 12(a)에 나타난 것처럼, 일 실시형태에서 보호막(PF)은, 그 두께가 실리콘 함유막(SF2)에 형성된 개구의 깊이 방향을 따라 감소하도록 형성될 수도 있다.
- [0106] 보호막(PF)은, 실리콘 및 단계 SP에서 사용되는 처리 가스에 포함되는 인을 포함한다. 일 실시형태에서 보호막(PF)은, 처리 가스에 포함되는 탄소 및/또는 수소를 추가로 포함할 수도 있다. 일 실시형태에서 보호막(PF)은, 처리 가스에 포함되거나 실리콘 함유막(SF2)에 포함되는 산소를 추가로 포함할 수도 있다. 일 실시형태에서 보호막(PF)은, 인과 산소의 결합을 포함할 수도 있다.
- [0107] 일 실시형태에서 상술한 처리 가스의 플라즈마는, 불화 수소로부터 생성된 플라즈마를 포함한다. 일 실시형태에서 처리 가스로부터 생성된 플라즈마에 포함되는 화학종 중 불화 수소가 가장 많을 수도 있다. 인 함유 가스(상술한 인 함유 분자를 포함하는 가스)로부터 생성되는 인 화학종이 기판(W2)의 표면에 존재하는 상태에서는, 불화 수소, 즉 에천트가 기판(W2)에 흡착되는 것이 촉진된다. 즉, 인 함유 가스로부터 생성되는 인 화학종이 기판(W2)의 표면에 존재하는 상태에서는, 개구(오목부)의 바닥으로 에천트 공급이 촉진되어, 실리콘 함유막(SF2)의 에칭 레이트가 높아진다.
- [0108] 또한 처리 가스에 인이 포함되어 있지 않으면, 도 12(b)에 나타난 것처럼 실리콘 함유막(SF2)은, 가로 방향으로 에칭된다. 그 결과, 실리콘 함유막(SF2)에 형성되는 개구의 폭이 일부에서 넓어진다. 예를 들어, 실리콘 함유막(SF2)에 형성되는 개구의 폭은 마스크(MK)의 근방에서 부분적으로 넓어진다.
- [0109] 한편, 제3 실시형태의 기판 처리 방법에서는, 보호막(PF)이 에칭에 의해 실리콘 함유막(SF2)에 형성된 개구를 확장하는 측면면 상에 형성된다. 이 보호막(PF)에 의해 측면면이 보호되면서, 실리콘 함유막(SF2)이 에칭된다. 따라서, 제3 실시형태의 기판 처리 방법에 따르면, 실리콘 함유막(SF2)의 플라즈마 에칭 시 가로 방향의 에칭을 억제하는 것이 가능해진다.
- [0110] 일 실시형태에서, 단계 SP가 계속되는 기간, 즉 단계 SP에서 처리 가스로부터 플라즈마가 생성되는 기간 중에, 단계 S23과 단계 S24를 각각 포함하는 하나 이상의 사이클이 순차적으로 실행될 수도 있다. 단계 SP에서는 둘 이상의 사이클이 순차적으로 실행될 수도 있다.
- [0111] 일 실시형태에서는 도 13에 파선으로 나타난 것처럼, 상술한 전기 바이어스의 펄스파가 단계 SP에서 제2 RF 생성부(31b)로부터 하부 전극에 인가될 수도 있다. 즉, 처리 가스로부터 생성된 플라즈마가 플라즈마 처리 챔버(10) 내에 존재할 때, 전기 바이어스의 펄스파가 제2 RF 생성부(31b)로부터 하부 전극으로 인가될 수도 있다. 이 실시형태에서 단계 S23의 실리콘 함유막(SF2)의 에칭은, 주로 전기 바이어스의 펄스파의 주기 내의 H 기간 동안 발생한다. 또한 단계 S24의 보호막(PF) 형성은, 주로 전기 바이어스의 펄스파의 주기 내의 L 기간에서 발생한다.
- [0112] 아울러 전기 바이어스가 고주파 전력(LF)인 경우에는, 전기 바이어스의 펄스파의 주기 내의 H 기간 동안, 고주파 전력(LF)의 전력 레벨은 2 kW 이상의 레벨로 설정될 수 있다. 전기 바이어스의 펄스파의 주기 내의 H 기간 동안, 고주파 전력(LF)의 전력 레벨은 10 kW 이상의 레벨로 설정될 수도 있다.
- [0113] 일 실시형태에서는 도 13에 파선으로 나타난 것처럼, 상술한 고주파 전력(HF)의 펄스파가 단계 SP에서 공급될 수도 있다. 고주파 전력(HF)의 펄스파의 주기 내의 H 기간 동안, 고주파 전력(HF)의 전력 레벨은 1 kW 이상, 10 kW 이하의 레벨로 설정될 수 있다. 도 13에 나타내듯이 고주파 전력(HF)의 펄스파의 주기는, 전기 바이어스의 펄스파의 주기와 동기될 수도 있다. 도 13에 나타내듯이 고주파 전력(HF)의 펄스파의 주기에서의 H 기간은, 전기 바이어스의 펄스파의 주기에서의 H 기간과 동기될 수도 있다. 혹은 고주파 전력(HF)의 펄스파의 주기에서의 H 기간은, 전기 바이어스의 펄스파의 주기에서의 H 기간과 동기되지 않을 수도 있다. 고주파 전력(HF)의 펄스파

의 주기에서의 H 기간의 시간 길이는, 전기 바이어스의 펄스파의 주기에서의 H 기간의 시간 길이와 동일할 수도 있고, 상이할 수도 있다.

- [0114] 이상과 같이 각 실시형태에 따르면, 온도 조절 시스템(50)은, 플라즈마 처리 챔버(10) 내의 부재(정전 척(1111), 기관(W))를 냉각하는 온도 조절 시스템으로, C3F8 및 C3H2F4 중 적어도 하나를 포함하는 온도 조절 매체를 응축하는 응축기(53)와, 응축기(53)에서 응축한 온도 조절 매체를 냉각하는 열교환기(56)와, 열교환기(56)에 의해 냉각된 온도 조절 매체에 의한 열교환으로 부재를 -150°C 이상, -50°C 이하로 냉각하는 온도 조절부(베이스(1110))와, 온도 조절 매체를 순환시키는 펌프(55)를 구비한다. 그 결과, 온도 조절 시스템(50)은 저온 영역에서 사용할 수 있다.
- [0115] 또한 각 실시형태에 따르면, 온도 조절 매체의 점도는 $6\text{ mPa}\cdot\text{sec}$ 이하이다. 그 결과, 저온 영역에서도 펌프(55)의 부하를 저감할 수 있다.
- [0116] 또한 각 실시형태에 따르면, 온도 조절 시스템(50)은, 플라즈마 처리 챔버(10) 내의 부재(정전 척(1111), 기관(W))를 냉각하는 온도 조절 시스템으로, 상온 상압에서 가스 상태인 온도 조절 매체를 응축하는 응축기(53)와, 응축기(53)에서 응축한 온도 조절 매체를 냉각하는 열교환기(56)와, 열교환기(56)에 의해 냉각된 온도 조절 매체에 의한 열교환으로 부재를 냉각하는 온도 조절부(베이스(1110))와, 온도 조절 매체를 순환시키는 펌프(55)를 구비한다. 그 결과, 온도 조절 시스템(50)은 저온 영역에서 사용할 수 있다.
- [0117] 또한 각 실시형태에 따르면, 온도 조절 시스템(50)은, 상온 상압에서 가스 상태인 온도 조절 매체를 이용하여 플라즈마 처리 챔버(10) 내의 부재(정전 척(1111), 기관(W))를 냉각하는 온도 조절 시스템으로, 응축한 온도 조절 매체를 냉각하는 열교환기(56)와, 열교환기(56)에 의해 냉각된 온도 조절 매체에 의한 열교환으로 부재를 냉각하는 온도 조절부(베이스(1110))와, 온도 조절 매체를 순환시키는 펌프(55)를 구비한다. 그 결과, 온도 조절 시스템(50)은 저온 영역에서 사용할 수 있다.
- [0118] 또한 각 실시형태에 따르면, 온도 조절부에서 열교환한 온도 조절 매체는, 온도 조절 매체를 응축하는 응축기(53)에서 다시 응축 액화된다. 그 결과, 열교환 후에 기상이 된 온도 조절 매체를 액상으로 되돌려 순환시킬 수 있다.
- [0119] 또한 각 실시형태에 따르면, 온도 조절 매체는 열교환기(56)에서 소정의 온도로 냉각된다. 그 결과, 소정 온도의 온도 조절 매체를 온도 조절부로 순환시킬 수 있다.
- [0120] 또한 각 실시형태에 따르면, 온도 조절 매체는 소정 온도에서의 점도가 $6\text{ mPa}\cdot\text{sec}$ 이하이다. 그 결과, 저온 영역에서도 펌프(55)의 부하를 저감할 수 있다.
- [0121] 또한 각 실시형태에 따르면, 온도 조절 매체는 소정의 온도 및 대기압 이상의 평형 상태에서 액상이다. 그 결과, 저온 영역에서 펌프(55)로 용이하게 순환시킬 수 있다. 또한 온도 조절 매체의 증기압이 충분히 작기 때문에, 드라이아웃에 의한 냉각 성능 저하를 억제할 수 있다.
- [0122] 또한 각 실시형태에 따르면, 온도 조절 매체는 온도 조절부 내의 유로에 기상을 포함하는 것을 허용한다. 그 결과, 고출력의 RF 전력에 의한 플라즈마로부터의 입열이 부재에 있어도, 부재를 타겟 온도로 제어할 수 있다.
- [0123] 또한 각 실시형태에 따르면, 온도 조절 매체는 C3F8 또는 C3H2F4이다. 그 결과, 온도 조절 시스템(50)은 저온 영역에서 사용할 수 있다.
- [0124] 또한 각 실시형태에 따르면, 소정의 온도는 -150°C 이상, -50°C 이하의 범위의 온도이다. 그 결과, 저온 영역에서 온도 조절 매체의 점도 증가를 억제할 수 있다. 또한 온도 조절 매체의 증기압이 충분히 작기 때문에, 드라이아웃에 의한 냉각 성능 저하를 억제할 수 있다.
- [0125] 또한 각 실시형태에 따르면, 열교환기(56)는 냉매와의 열교환에 의해 온도 조절 매체를 냉각한다. 그 결과, 온도 조절 매체를 소정의 온도까지 냉각할 수 있다.
- [0126] 또한 각 실시형태에 따르면, 냉매는 액체 질소이다. 그 결과, 온도 조절 매체를 소정의 온도까지 냉각할 수 있다.
- [0127] 또한 각 실시형태에 따르면, 부재는 기관 탑재대(기관 지지부(11))이다. 그 결과, 기관(W)을 소정의 온도까지 냉각할 수 있다.
- [0128] 또한 각 실시형태에 따르면, 부재에 대한 입열은 1 kW 이상이다. 그 결과, 고출력의 RF 전력에 의한 플라즈마로

부터의 입열이 부재에 있어도, 부재를 타겟 온도로 제어할 수 있다.

- [0129] 또한 각 실시형태에 따르면, 온도 조절 방법은 플라즈마 처리 챔버(10) 내의 부재(정전 척(111), 기관(W))를 냉각하는 온도 조절 방법으로, a) 상온 상압에서 가스 상태인 온도 조절 매체를 응축기(53)에서 응축하는 공정과, b) 응축기(53)에서 응축한 온도 조절 매체를 열교환기(56)에서 냉각하는 공정과, c) 열교환기(56)에 의해 냉각된 온도 조절 매체를, 부재를 냉각하는 온도 조절부(베이스(110))에 공급하는 공정과, d) 온도 조절부에서, 온도 조절 매체에 의한 열교환으로 부재를 냉각하는 공정과, e) 온도 조절부에서의 열교환 후의 온도 조절 매체를 응축기로 되돌리는 공정과, f) a) 내지 e)를 반복하는 공정을 갖는다. 그 결과, 저온 영역에서 사용할 수 있다. 또한 온도 조절 매체의 증기압이 충분히 작기 때문에, 드라이 아웃에 의한 냉각 성능 저하를 억제할 수 있다.
- [0130] 이번에 개시된 각 실시형태는 모든 점에서 예시이며, 제한적인 것이 아니라고 간주되어야 한다. 상기 각 실시형태는 첨부된 청구 범위 및 그 요지를 벗어나지 않고 다양한 형태로 생략, 치환, 변경될 수도 있다.
- [0131] 또한 상기한 각 실시형태에서는, 냉각 대상의 부재로서 정전 척(111) 및 기관(W, W1, W2)을 일례로 설명했으나, 이것으로 한정되지 않는다. 예를 들면 냉각 대상 부재는, 샤워 헤드(13), 상부 전극, 플라즈마 처리 챔버(10)의 측벽(10a), 링 어셈블리(112) 등, 냉각이 요구되는 부재이면 된다.
- [0132] 또한 상기한 각 실시형태에서는, 플라즈마 소스로서 용량 결합형 플라즈마를 이용하여 기관(W, W1, W2)에 대해 에칭 등의 처리를 행하는 플라즈마 처리 장치(1)를 예로 들어 설명했으나, 개시 기술은 이것으로 한정되지 않는다. 플라즈마를 이용하여 기관(W, W1, W2)에 대해 처리를 행하는 장치라면, 플라즈마 소스는 용량 결합 플라즈마로 한정되지 않으며, 예를 들면 유도 결합 플라즈마, 마이크로파 플라즈마, 마그네트론 플라즈마 등, 임의의 플라즈마 소스를 사용할 수 있다.
- [0133] 이상의 각 실시형태에 관해 추가로 이하의 부기를 개시한다.
- [0134] (부기 1)
- [0135] 플라즈마 처리 챔버 내에, 실리콘 산화막을 포함하는 실리콘 함유막과, 상기 실리콘 함유막 상에 마스크를 갖는 기관을 제공하는 공정과,
- [0136] 상기 기관이 탑재되는 기관 지지부의 온도를 제어하는 공정과,
- [0137] 불화 수소 가스, 플루오로카본 가스 및 하이드로플루오로카본 가스로 이루어진 그룹에서 선택되는 적어도 1종의 탄소 함유 가스를 포함하는 제1 처리 가스로서, 불활성 가스를 제외한 상기 제1 처리 가스 중에서 상기 불화 수소 가스의 유량이 가장 많은 상기 제1 처리 가스로부터 생성한 플라즈마에 의해, 상기 실리콘 함유막을 에칭하는 공정을 가지고,
- [0138] 상기 기관 지지부의 온도를 제어하는 공정은,
- [0139] a) C3F8 및 C3H2F4로 이루어진 그룹에서 선택되는 적어도 하나를 포함하는 온도 조절 매체를 응축기에서 응축하는 공정과,
- [0140] b) 상기 응축기에서 응축한 상기 온도 조절 매체를 열교환기에서 냉각하는 공정과,
- [0141] c) 상기 열교환기에 의해, -150℃이상, -50℃이하로 냉각된 상기 온도 조절 매체를, 상기 기관 지지부를 냉각하는 온도 조절부에 공급하는 공정과,
- [0142] d) 상기 온도 조절부에서, 상기 온도 조절 매체에 의한 열교환으로 상기 기관 지지부를 냉각하는 공정과,
- [0143] e) 상기 온도 조절부에서의 열교환 후의 상기 온도 조절 매체를 상기 응축기로 되돌리는 공정과,
- [0144] f) 상기 a) 내지 상기 e)를 반복하는 공정을 포함하는,
- [0145] 기관 처리 방법.
- [0146] (부기 2)
- [0147] 기관 처리 장치로서,
- [0148] 내부에 기관이 탑재되는 기관 지지부를 구비하는 플라즈마 처리 챔버와,
- [0149] 상기 기관 지지부를 온도 조절하는 온도 조절 시스템과,

- [0150] 제어부를 가지며,
- [0151] 상기 제어부는, 상기 플라즈마 처리 챔버 내에, 실리콘 산화막을 포함하는 실리콘 함유막과, 상기 실리콘 함유막 상에 마스크를 갖는 상기 기판을 제공하도록 상기 기판 처리 장치를 제어하도록 구성되고,
- [0152] 상기 제어부는, 상기 기판이 탑재되는 기판 지지부의 온도를 제어하도록 상기 온도 조절 시스템을 제어하도록 구성되고,
- [0153] 상기 제어부는, 불화 수소 가스, 플루오로카본 가스 및 하이드로플루오로카본 가스로 이루어진 그룹에서 선택되는 적어도 1종의 탄소 함유 가스를 포함하는 제1 처리 가스로서, 불활성 가스를 제외한 상기 제1 처리 가스 중에 상기 불화 수소 가스의 유량이 가장 많은 상기 제1 처리 가스로부터 생성한 플라즈마에 의해, 상기 실리콘 함유막을 에칭하도록 상기 기판 처리 장치를 제어하도록 구성되고,
- [0154] 상기 제어부가 상기 온도 조절 시스템을 제어할 때,
- [0155] 상기 제어부는, a) C3F8 및 C3H2F4로 이루어진 그룹에서 선택되는 적어도 하나를 포함하는 온도 조절 매체를 응축기에서 응축하도록 상기 온도 조절 시스템을 제어하도록 구성되고,
- [0156] 상기 제어부는, b) 상기 응축기에서 응축한 상기 온도 조절 매체를 열교환기에서 냉각하도록 상기 온도 조절 시스템을 제어하도록 구성되고,
- [0157] 상기 제어부는, c) 상기 열교환기에 의해 -150°C 이상, -50°C 이하로 냉각된 상기 온도 조절 매체를, 상기 기판 지지부를 냉각하는 온도 조절부에 공급하도록 상기 온도 조절 시스템을 제어하도록 구성되고,
- [0158] 상기 제어부는, d) 상기 온도 조절부에서, 상기 온도 조절 매체에 의한 열교환으로 상기 기판 지지부를 냉각하도록 상기 온도 조절 시스템을 제어하도록 구성되고,
- [0159] 상기 제어부는, e) 상기 온도 조절부에서의 열교환 후의 상기 온도 조절 매체를 상기 응축기로 되돌리도록 상기 온도 조절 시스템을 제어하도록 구성되고,
- [0160] 상기 제어부는, 상기 a) 내지 상기 e)를 반복하도록 상기 온도 조절 시스템을 제어하도록 구성되는,
- [0161] 기판 처리 장치.
- [0162] (부기 3)
- [0163] 플라즈마 처리 챔버 내에, 실리콘 산화막을 포함하는 실리콘 함유막과, 상기 실리콘 함유막 상에 마스크를 갖는 기판을 제공하는 공정과,
- [0164] 상기 기판이 탑재되는 기판 지지부의 온도를 제어하는 공정과,
- [0165] 인 함유 가스 및 불화 수소를 함유하는 처리 가스로부터 생성한 플라즈마에 의해, 상기 실리콘 함유막을 에칭하는 공정을 가지고,
- [0166] 상기 기판 지지부의 온도를 제어하는 공정은,
- [0167] a) 상온 상압에서 가스 상태인 온도 조절 매체를 응축기에서 응축하는 공정과,
- [0168] b) 상기 응축기에서 응축한 상기 온도 조절 매체를 열교환기에서 냉각하는 공정과,
- [0169] c) 상기 열교환기에 의해, -150°C 이상, -50°C 이하로 냉각된 상기 온도 조절 매체를, 상기 기판 지지부를 냉각하는 온도 조절부에 공급하는 공정과,
- [0170] d) 상기 온도 조절부에서, 상기 온도 조절 매체에 의한 열교환으로 상기 기판 지지부를 냉각하는 공정과,
- [0171] e) 상기 온도 조절부에서의 열교환 후의 상기 온도 조절 매체를 상기 응축기로 되돌리는 공정과,
- [0172] f) 상기 a) 내지 상기 e)를 반복하는 공정을 포함하는,
- [0173] 기판 처리 방법.
- [0174] (부기 4)
- [0175] 기판 처리 장치로서,

- [0176] 내부에 기관이 탑재되는 기관 지지부를 구비하는 플라즈마 처리 챔버와,
- [0177] 상기 기관 지지부를 온도 조절하는 온도 조절 시스템과,
- [0178] 제어부를 가지고,
- [0179] 상기 제어부는, 플라즈마 처리 챔버 내에, 실리콘 산화막을 포함하는 실리콘 함유막과, 상기 실리콘 함유막 상에 마스크를 갖는 기관을 제공하도록 상기 기관 처리 장치를 제어하도록 구성되고,
- [0180] 상기 제어부는, 상기 기관이 탑재되는 기관 지지체의 온도를 제어하도록 상기 온도 조절 시스템을 제어하도록 구성되고,
- [0181] 상기 제어부는, 인 함유 가스 및 불화 수소를 함유하는 처리 가스로부터 생성한 플라즈마에 의해, 상기 실리콘 함유막을 에칭하도록 상기 기관 처리 장치를 제어하도록 구성되고,
- [0182] 상기 제어부가 상기 온도 조절 시스템을 제어할 때,
- [0183] 상기 제어부는, a) 상온 상압에서 가스 상태인 온도 조절 매체를 응축기에서 응축하도록 상기 온도 조절 시스템을 제어하도록 구성되고,
- [0184] 상기 제어부는, b) 상기 응축기에서 응축한 상기 온도 조절 매체를 열교환기에서 냉각하도록 상기 온도 조절 시스템을 제어하도록 구성되고,
- [0185] 상기 제어부는 c) 상기 열교환기에 의해 -150°C 이상, -50°C 이하로 냉각된 상기 온도 조절 매체를, 상기 기관 지지부를 냉각하는 온도 조절부에 공급하도록 상기 온도 조절 시스템을 제어하도록 구성되고,
- [0186] 상기 제어부는, d) 상기 온도 조절부에서, 상기 온도 조절 매체에 의한 열교환으로 상기 기관 지지부를 냉각하도록 상기 온도 조절 시스템을 제어하도록 구성되고,
- [0187] 상기 제어부는, e) 상기 온도 조절부에서의 열교환 후의 상기 온도 조절 매체를 상기 응축기로 되돌리도록 상기 온도 조절 시스템을 제어하도록 구성되고,
- [0188] 상기 제어부는, f) 상기 a) 내지 상기 e)를 반복하도록 상기 온도 조절 시스템을 제어하도록 구성되는,
- [0189] 기관 처리 장치.

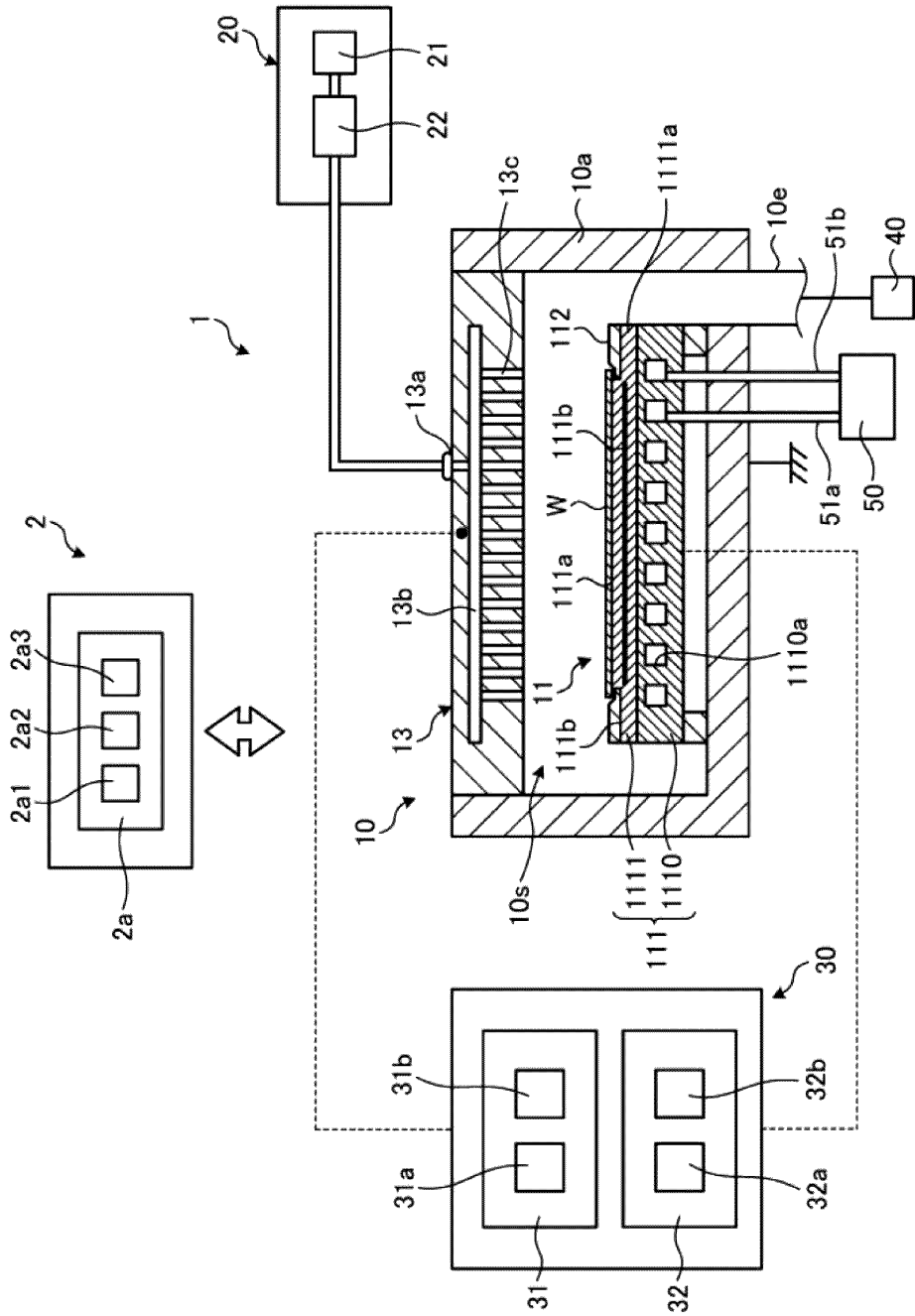
부호의 설명

- [0190] 1: 플라즈마 처리 장치,
- 10: 플라즈마 처리 챔버,
- 11: 기관 지지부,
- 50: 온도 조절 시스템
- 51a ~ 51f: 배관
- 52: 가스 공급부
- 53: 응축기
- 54: 냉각 재킷
- 55: 펌프
- 56: 열교환기
- 111: 본체부
- 112: 링 어셈블리
- 1110: 베이스
- 1110a: 유로
- 1111: 정전 척

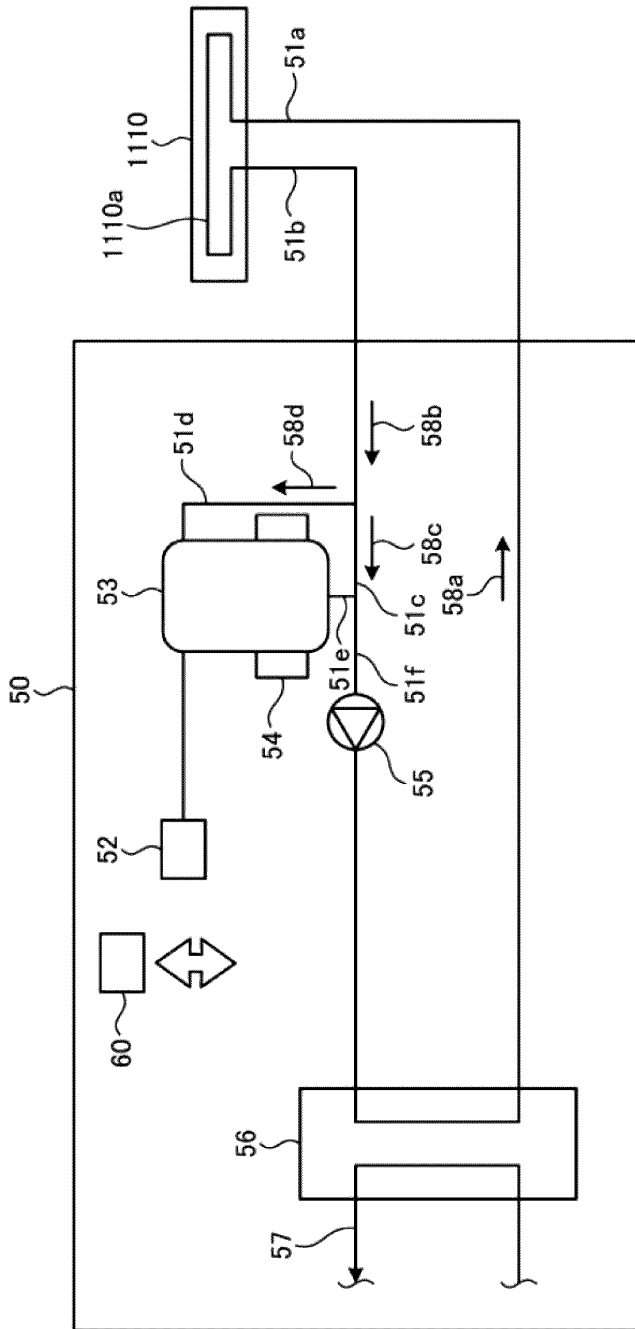
W, W1, W2: 기판

도면

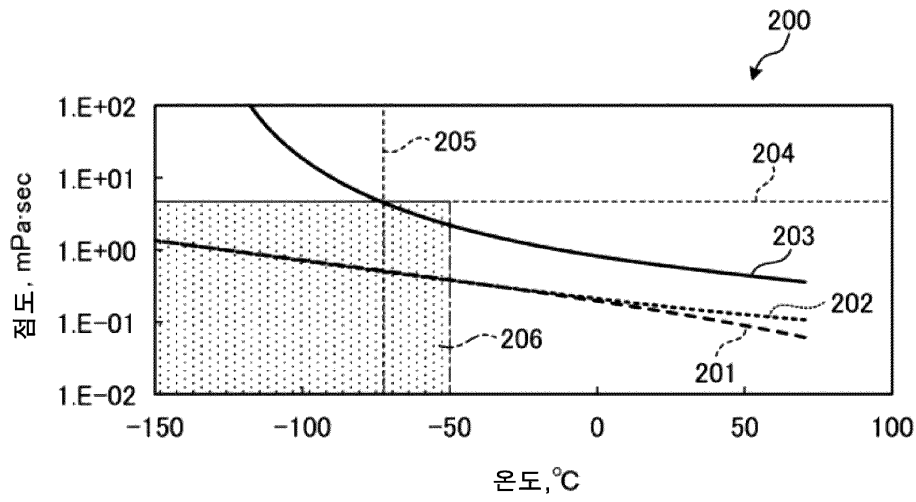
도면1



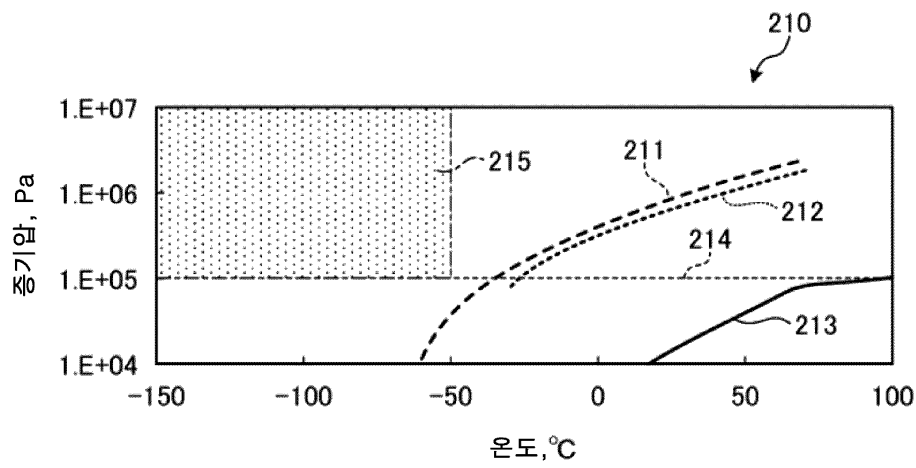
도면2



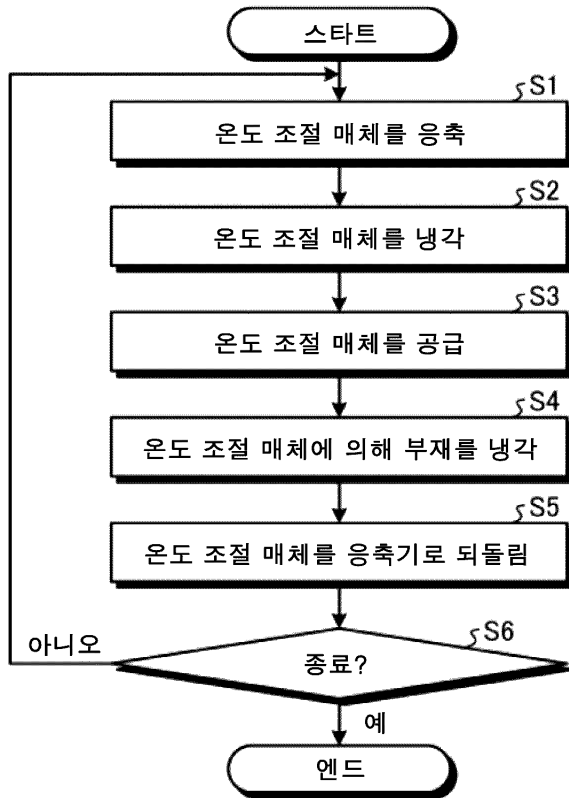
도면3



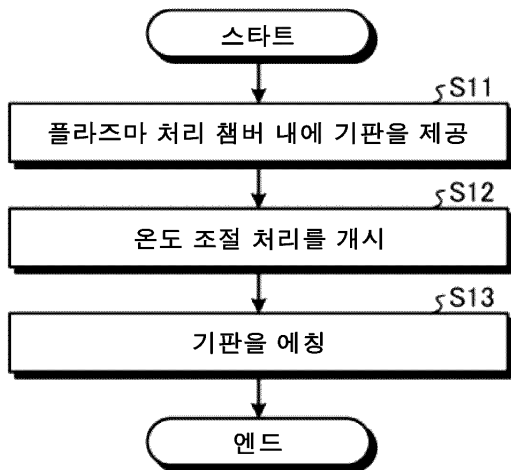
도면4



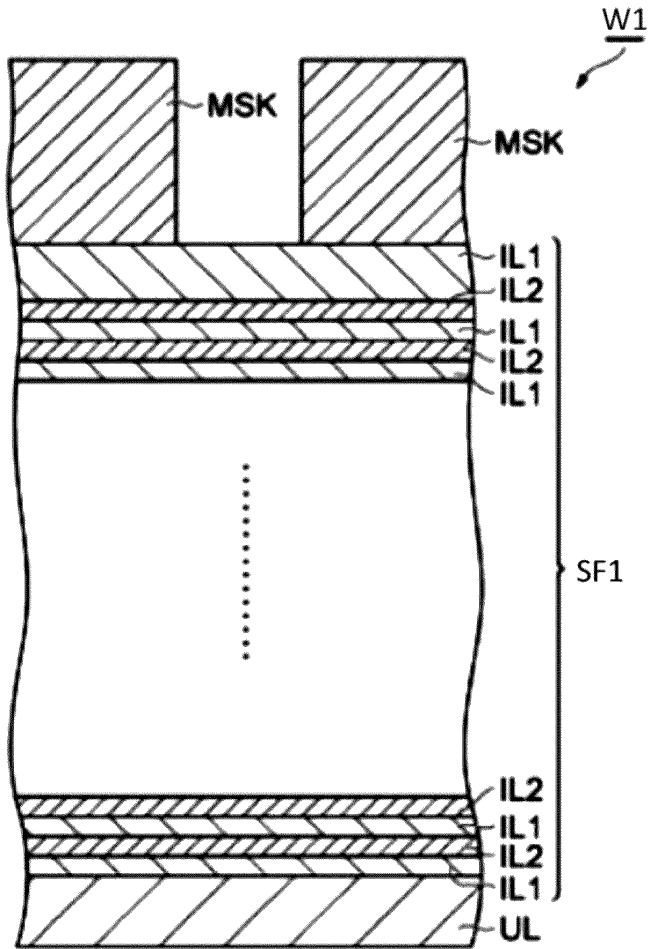
도면5



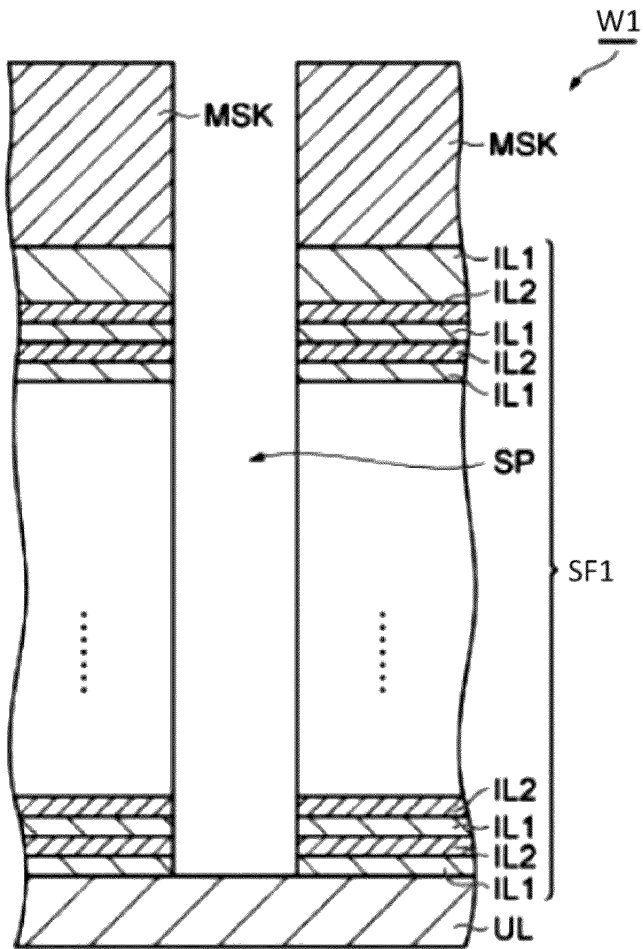
도면6



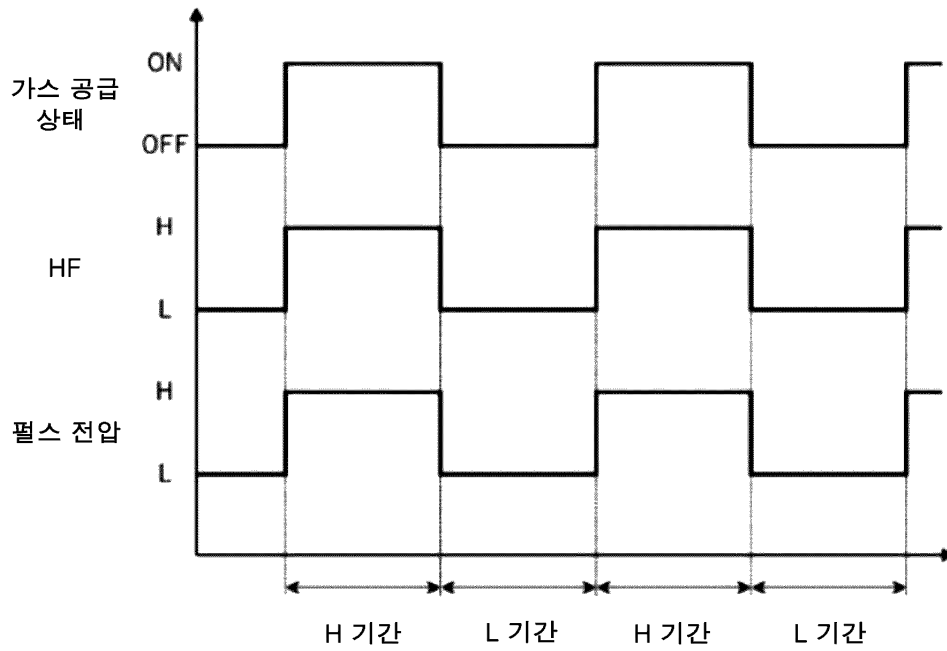
도면7



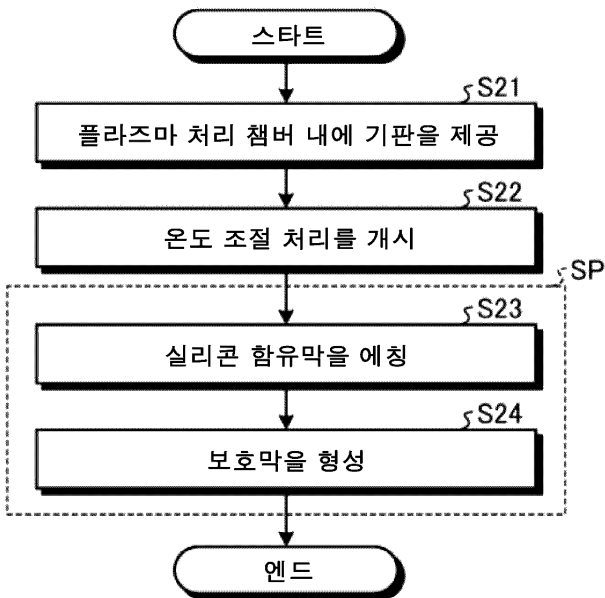
도면8



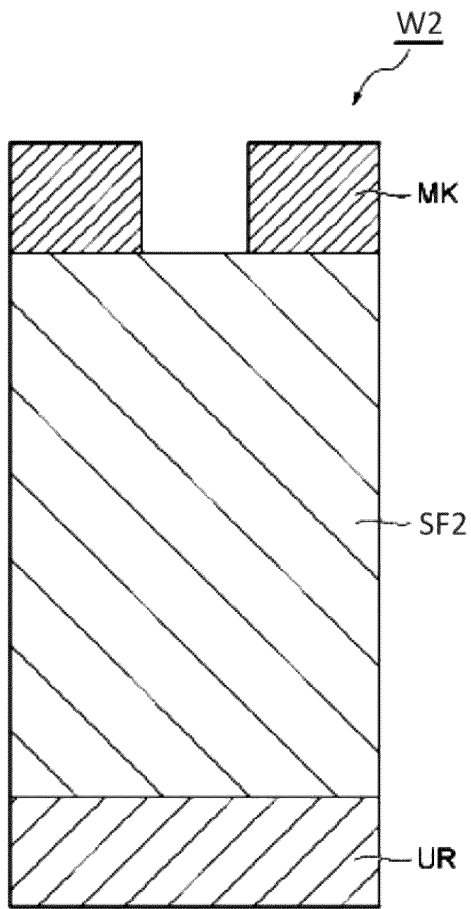
도면9



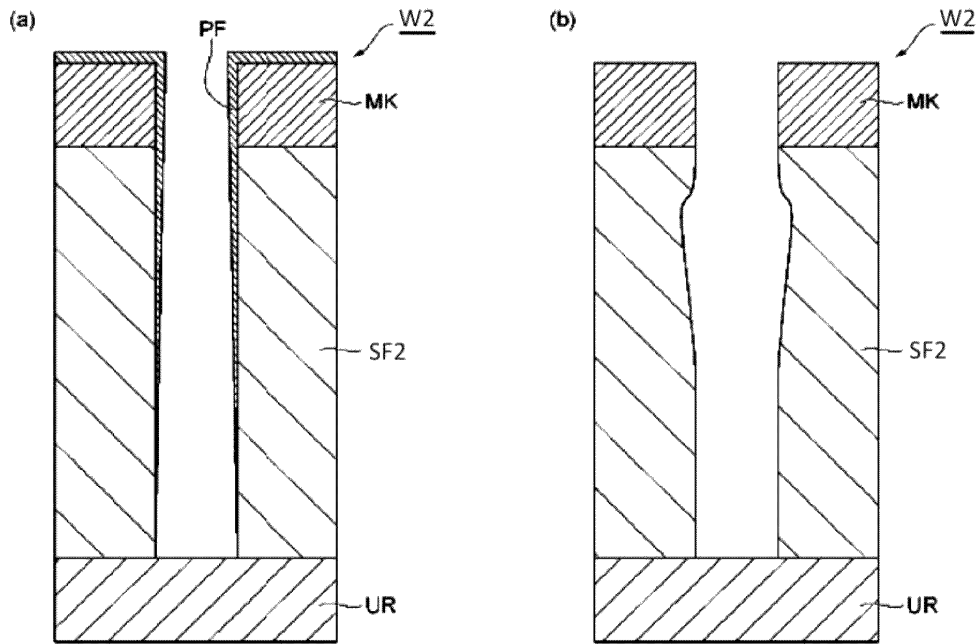
도면10



도면11



도면12



도면13

