



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0005413
(43) 공개일자 2025년01월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/311 (2006.01) H01J 37/32 (2006.01)
H01L 21/033 (2006.01) H01L 21/3213 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 21/31116 (2013.01)
H01J 37/32449 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2024-7039533(분할)
(22) 출원일자(국제) 2021년04월28일
심사청구일자 2024년12월27일
(62) 원출원 특허 10-2023-7007617
원출원일자(국제) 2021년04월28일
심사청구일자 2023년09월13일
(85) 번역문제출일자 2024년11월27일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2021/017012
(87) 국제공개번호 WO 2022/230118
국제공개일자 2022년11월03일

(71) 출원인
도쿄엘렉트론가부시키키가이샤
일본 도쿄도 미나토구 아카사카 5초메 3반 1고
(72) 발명자
도무라 마쥬
일본 미야기켄 구로카와군 다이와쵸 테크노 힐즈
1 도쿄엘렉트론 미야기 가부시키키가이샤 내
오루이 다카토시
일본 미야기켄 구로카와군 다이와쵸 테크노 힐즈
1 도쿄엘렉트론 미야기 가부시키키가이샤 내
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인태평양

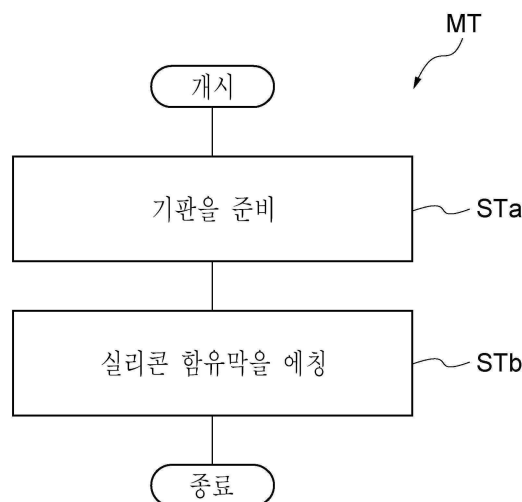
전체 청구항 수 : 총 1 항

(54) 발명의 명칭 **에칭 방법**

(57) 요약

개시되는 에칭 방법은, 플라즈마 처리 장치의 챔버 내에 기판을 준비하는 공정 (a)를 포함한다. 기판은 실리콘 함유막 및 마스크를 포함한다. 마스크는, 실리콘 함유막 상에 마련되어 있다. 에칭 방법은, 챔버 내에서 처리 가스로부터 생성된 플라즈마로부터의 화학종에 의하여 실리콘 함유막을 에칭하는 공정 (b)를 더 포함한다. 처리 가스는, 불화 수소 가스 및 탄소 함유 가스를 포함한다. 회가스를 포함하지 않는 처리 가스에 있어서의 모든 가스의 유량 중 불화 수소 가스의 유량이 가장 많다. 혹은, 처리 가스에 있어서의 회가스를 제외한 모든 가스의 유량 중 불화 수소 가스의 유량이 가장 많다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H01L 21/0332 (2013.01)

H01L 21/31144 (2013.01)

H01L 21/32137 (2013.01)

H01L 21/32139 (2013.01)

(72) 발명자

다카하시 가에

일본 미야기켄 구로카와군 다이와쵸 테크노 힐즈 1

도쿄엘렉트론 미야기 가부시키키가이샤 내

스다 류타로

일본 미야기켄 구로카와군 다이와쵸 테크노 힐즈 1

도쿄엘렉트론 미야기 가부시키키가이샤 내

오우치다 사토시

일본 미야기켄 구로카와군 다이와쵸 테크노 힐즈 1

도쿄엘렉트론 미야기 가부시키키가이샤 내

와코 유스케

일본 미야기켄 구로카와군 다이와쵸 테크노 힐즈 1

도쿄엘렉트론 미야기 가부시키키가이샤 내

기하라 요시히데

일본 미야기켄 구로카와군 다이와쵸 테크노 힐즈 1

도쿄엘렉트론 미야기 가부시키키가이샤 내

명세서

청구범위

청구항 1

(a) 플라스마 처리 장치의 챔버 내에 기판을 준비하는 공정으로, 상기 기판은 마스크 및 상기 마스크 하에 마련된 실리콘 함유막을 포함하는, 상기 공정과,

(b) 상기 챔버 내에서 처리 가스로부터 생성된 플라스마로부터의 화학종에 의하여 상기 실리콘 함유막을 에칭하는 공정을 포함하며,

상기 처리 가스는, 불화 수소 가스 및 탄소 함유 가스를 포함하고,

희가스를 포함하지 않는 상기 처리 가스에 있어서의 모든 가스의 유량 중 상기 불화 수소 가스의 유량이 가장 많거나, 상기 처리 가스에 있어서의 희가스를 제외한 모든 가스의 유량 중 상기 불화 수소 가스의 유량이 가장 많은, 에칭 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시의 예시적 실시형태는, 에칭 방법, 처리 가스, 및 플라스마 처리 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 전자 디바이스의 제조에 있어서는, 기판의 실리콘 함유막의 플라스마 에칭이 행해지고 있다. 플라스마 에칭에서는, 처리 가스로부터 생성된 플라스마를 이용하여 실리콘 함유막의 에칭이 행해진다. 미국 특허출원 공개공보 제2016/0343580호는, 실리콘 함유막의 플라스마 에칭에 이용되는 처리 가스로서, 플루오로카본 가스를 포함하는 처리 가스를 개시하고 있다. 일본 공개특허공보 2016-39310호는, 실리콘 함유막의 플라스마 에칭에 이용되는 처리 가스로서, 탄화 수소 가스 및 하이드로플루오로카본 가스를 포함하는 처리 가스를 개시하고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0003] (특허문헌 0001) 미국 특허출원 공개공보 제2016/0343580호

(특허문헌 0002) 일본 공개특허공보 2016-39310호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 개시는, 플라스마 에칭에 있어서 마스크의 에칭에 대한 실리콘 함유막의 에칭의 선택성을 높이는 기술을 제공한다.

과제의 해결 수단

[0005] 일 예시적 실시형태에 있어서, 에칭 방법이 제공된다. 에칭 방법은, 플라스마 처리 장치의 챔버 내에 기판을 준비하는 공정 (a)를 포함한다. 기판은 실리콘 함유막 및 마스크를 포함한다. 마스크는, 실리콘 함유막 상에 마련되어 있다. 에칭 방법은, 챔버 내에서 처리 가스로부터 생성된 플라스마로부터의 화학종(化學種)에 의하여 실리콘 함유막을 에칭하는 공정 (b)를 더 포함한다. 처리 가스는, 불화 수소 가스 및 탄소 함유 가스를 포함한다. 희가스를 포함하지 않는 처리 가스에 있어서의 모든 가스의 유량 중 불화 수소 가스의 유량이 가장 많다. 혹은, 처리 가스에 있어서의 희가스를 제외한 모든 가스의 유량 중 불화 수소 가스의 유량이 가장 많다.

발명의 효과

[0006] 일 예시적 실시형태에 의하면, 플라즈마 에칭에 있어서 마스크의 에칭에 대한 실리콘 함유막의 에칭의 선택성을 높이는 것이 가능해진다.

도면의 간단한 설명

[0007] 도 1은 일 예시적 실시형태에 관한 에칭 방법의 흐름도이다.

도 2는 도 1에 나타내는 에칭 방법이 적용될 수 있는 일례의 기관의 부분 확대 단면도이다.

도 3은 일 예시적 실시형태에 관한 플라즈마 처리 장치를 개략적으로 나타내는 도이다.

도 4는 도 1에 나타내는 에칭 방법이 적용된 일례의 기관의 부분 확대 단면도이다.

도 5는 일 예시적 실시형태에 관한 에칭 방법에 관한 일례의 타이밍 차트이다.

도 6의 (a), 도 6의 (b), 및 도 6의 (c)의 각각은, 탄소 함유 가스의 유량 및 챔버 내의 압력의 예시적 타이밍 차트이다.

도 7의 (a)는, 탄소 함유 가스의 유량이 많은 경우에 얻어지는 일례의 기관의 부분 확대 단면도이며, 도 7의 (b)는, 탄소 함유 가스의 유량이 적거나 탄소 함유 가스가 공급되지 않는 경우에 얻어지는 일례의 기관의 부분 확대 단면도이다.

도 8의 (a)는, 챔버 내의 압력이 높은 경우에 얻어지는 일례의 기관의 부분 확대 단면도이며, 도 8의 (b)는, 챔버 내의 압력이 낮은 경우에 얻어지는 일례의 기관의 부분 확대 단면도이다.

도 9는 제1 실험의 결과를 나타내는 그래프이다.

도 10은 제2 실험의 결과를 나타내는 그래프이다.

도 11의 (a), 도 11의 (b), 도 11의 (c)는 각각, 제12 샘플 기관, 제15 샘플 기관, 및 제16 샘플 기관의 플라즈마 에칭 후의 단면 사진이다.

도 12의 (a)는 제5 실험의 결과를 나타내는 그래프이며, 도 12의 (b)는 제6 실험의 결과를 나타내는 그래프이다.

도 13은 제7 실험의 결과를 나타내는 그래프이다.

도 14는 제8~제11 실험의 결과를 나타내는 그래프이다.

도 15는 제12 실험 및 제13 실험에서 이용한 샘플 기관의 평면도이다.

도 16은 제14~제18 실험의 결과를 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0008] 이하, 다양한 예시적 실시형태에 대하여 설명한다.

[0009] 일 예시적 실시형태에 있어서, 에칭 방법이 제공된다. 에칭 방법은, 플라즈마 처리 장치의 챔버 내에 기관을 준비하는 공정 (a)를 포함한다. 기관은 실리콘 함유막 및 마스크를 포함한다. 마스크는, 실리콘 함유막 상에 마련되어 있다. 에칭 방법은, 챔버 내에서 처리 가스로부터 생성된 플라즈마로부터의 화학종에 의하여 실리콘 함유막을 에칭하는 공정 (b)를 더 포함한다. 처리 가스는, 불화 수소 가스 및 탄소 함유 가스를 포함한다. 희가스를 포함하지 않는 처리 가스에 있어서의 모든 가스의 유량 중 불화 수소 가스의 유량이 가장 많다. 혹은, 처리 가스에 있어서의 희가스를 제외한 모든 가스의 유량 중 불화 수소 가스의 유량이 가장 많다.

[0010] 상기 실시형태에서는, 탄소 함유 가스로부터 생성되는 탄소 화학종이 마스크 상에 퇴적되어, 마스크를 보호한다. 또, 불화 수소로부터 생성되는 에천트는, 그 질량은 작지만, 실리콘 함유막의 에칭 능력이 우수하다. 따라서, 상기 실시형태에 의하면, 마스크의 에칭에 대한 실리콘 함유막의 에칭의 선택성이 높아진다.

[0011] 일 예시적 실시형태에 있어서, 처리 가스는, 인 함유 가스를 더 포함하고 있어도 된다. 이로써, 실리콘 함유막의 에칭 레이트가 보다 높아져, 결과적으로 마스크의 에칭에 대한 실리콘 함유막의 에칭의 선택성이 높아진다.

- [0012] 일 예시적 실시형태에 있어서, 처리 가스는, 아민계 가스를 더 포함하고 있어도 된다. 이로써, 실리콘 함유막의 에칭 레이트가 보다 높아져, 결과적으로 마스크의 에칭에 대한 실리콘 함유막의 에칭의 선택성이 높아진다.
- [0013] 일 예시적 실시형태에 있어서, 탄소 함유 가스는, 그 분자 중의 탄소 원자수가 1개 이상, 6개 이하인 플루오로 카본 및/또는 하이드로플루오로카본을 포함하고 있어도 된다.
- [0014] 일 예시적 실시형태에서는, 공정 (b)에 있어서, 탄소 함유 가스의 유량이 단계적으로 감소되어도 된다. 일 예시적 실시형태에서는, 공정 (b)에 있어서, 챔버 내의 압력이 0.666파스칼 이상, 2.666파스칼 이하로 설정되어도 된다.
- [0015] 일 예시적 실시형태에 관한 플라즈마 처리 방법은, 플라즈마 처리 장치의 챔버 내에 기판을 준비하는 공정 (a)를 포함한다. 기판은 실리콘 함유막 및 마스크를 포함한다. 마스크는, 실리콘 함유막 상에 마련되어 있다. 에칭 방법은, 챔버 내에서 처리 가스로부터 생성된 플라즈마로부터의 화학종에 의하여 실리콘 함유막을 에칭하는 공정 (b)를 더 포함한다. 처리 가스는, 불화 수소 가스를 포함하고, 인 함유 가스 또는 아민계 가스를 더 포함한다. 회가스를 포함하지 않는 처리 가스에 있어서의 모든 가스의 유량 중 불화 수소 가스의 유량이 가장 많다. 혹은, 처리 가스에 있어서의 회가스를 제외한 모든 가스의 유량 중 불화 수소 가스의 유량이 가장 많다.
- [0016] 일 예시적 실시형태에 있어서, 처리 가스는, NF_3 , O_2 , CO_2 , CO , N_2 , He , Ar , Kr , Xe 의 각각의 가스 중 하나 이상의 가스를 더 포함하고 있어도 된다.
- [0017] 일 예시적 실시형태에 있어서, 처리 가스는, 할로젠 함유 가스를 더 포함하고 있어도 된다. 할로젠 함유 가스는, Cl_2 , Br_2 , HCl , HBr , HI , BCl_3 , CH_xCl_y , CF_xBr_y , CF_xI_y , ClF_3 , IF_5 , IF_7 , BrF_3 의 각각의 가스 중 하나 이상의 가스를 포함하고 있어도 된다. 여기에서, x , y 는 1 이상의 정수이다.
- [0018] 일 예시적 실시형태에 있어서, 처리 가스는, 아이오딘 함유 가스를 더 포함하고 있어도 된다. 아이오딘 함유 가스는, HI , IF_t , 및 $\text{C}_x\text{F}_y\text{I}_z$ 중 하나 이상을 포함하고 있어도 된다. 여기에서, t , x , y , z 는, 1 이상의 정수이다.
- [0019] 일 예시적 실시형태에서는, 공정 (b)에 있어서, 챔버 내의 압력이 단계적으로 감소되어도 된다.
- [0020] 일 예시적 실시형태에 있어서, 실리콘 함유막은, 실리콘 산화막 및/또는 실리콘 질화막을 포함하고 있어도 된다. 실리콘 함유막은, 다결정 실리콘막을 더 포함하고 있어도 된다. 일 예시적 실시형태에 있어서, 마스크는 탄소 함유 마스크여도 된다.
- [0021] 이하, 도면을 참조하여 다양한 예시적 실시형태에 대하여 상세히 설명한다. 또한, 각 도면에 있어서 동일하거나 또는 상당 부분에 대해서는 동일한 부호를 붙이는 것으로 한다.
- [0022] 도 1은, 일 예시적 실시형태에 관한 에칭 방법의 흐름도이다. 도 1에 나타내는 에칭 방법(이하, "방법(MT)"이라고 한다)은, 실리콘 함유막을 갖는 기판에 적용된다. 방법(MT)에서는, 실리콘 함유막이 에칭된다.
- [0023] 도 2는, 도 1에 나타내는 에칭 방법이 적용될 수 있는 일례의 기판의 부분 확대 단면도이다. 도 2에 나타내는 기판(W)은, DRAM, 3D-NAND와 같은 디바이스의 제조에 이용될 수 있다. 기판(W)은, 막(SF) 및 마스크(MK)를 갖는다. 기판(W)은, 하지(下地) 영역(UR)을 더 갖고 있어도 된다. 막(SF)은, 하지 영역(UR) 상에 마련될 수 있다. 마스크(MK)는, 막(SF) 상에 마련되어 있다.
- [0024] 막(SF)은, 실리콘 함유막이다. 즉, 막(SF)은, 실리콘을 함유한다. 막(SF)은, 단층막이어도 되고, 다층막이어도 된다. 막(SF)은, 단층막인 경우에는, 실리콘 산화막, 실리콘 질화막, 다결정 실리콘막과 같은 실리콘막, SiC막과 같은 탄소 함유 실리콘막, 또는 저유전율막이다. 저유전율막은, 예를 들면 층간 절연막으로서 이용되는 막이며, SiOC , SiOF , SiCOH 등으로 형성된다. 막(SF)은, 다층막인 경우에는, 실리콘 산화막 또는 실리콘 질화막 중 적어도 일방을 포함한다. 막(SF)은, 다층막인 경우에, 다결정 실리콘막을 더 포함하고 있어도 된다. 막(SF)은, 복수의 실리콘 산화막 및 복수의 실리콘 질화막의 교호(交互)의 적층을 포함하고 있어도 된다. 막(SF)은, 복수의 실리콘 산화막 및 복수의 실리콘막(예를 들면, 다결정 실리콘막)의 교호의 적층을 포함하고 있어도 된다. 막(SF)은, 실리콘 산화막, 실리콘 질화막, 및 다결정 실리콘막을 포함하고 있어도 된다.
- [0025] 마스크(MK)는, 공정(STb)에 있어서의 막(SF)의 에칭 레이트보다 낮은 에칭 레이트를 갖는 재료로 형성된다. 마스크(MK)는, 유기 재료로 형성될 수 있다. 즉, 마스크(MK)는, 탄소 함유 마스크여도 된다. 마스크(MK)는, 예를 들면, 어모퍼스카본막, 포토레지스트막, 스핀 온 카본막(SOC막), 또는 탄화 붕소막으로 형성될 수 있다. 혹은, 마스크(MK)는, 실리콘 함유 반사 방지막과 같은 실리콘 함유막으로 형성되어도 된다. 혹은, 마스크(MK)는, 질화

타이타늄, 산화 타이타늄, 텅스텐, 탄화 텅스텐과 같은 금속 함유 재료로 형성된 금속 함유 마스크여도 된다. 마스크(MK)는, 3 μ m 이상의 두께를 가질 수 있다.

- [0026] 마스크(MK)는, 패터닝되어 있다. 즉, 마스크(MK)는, 공정(STb)에 있어서 막(SF)에 전사되는 패턴을 갖고 있다. 마스크(MK)의 패턴이 막(SF)에 전사되면, 막(SF)에는 홀 또는 트렌치와 같은 오목부가 형성된다. 공정(STb)에 있어서 막(SF)에 형성되는 오목부의 에스펙트비는 20 이상이어도 되고, 30 이상, 40 이상, 또는 50 이상이어도 된다. 또한, 마스크(MK)는, 라인 앤드 스페이스 패턴을 갖고 있어도 된다.
- [0027] 방법(MT)에서는, 막(SF)의 에칭을 위하여 플라즈마 처리 장치가 이용된다. 도 3은, 일 예시적 실시형태에 관한 플라즈마 처리 장치를 개략적으로 나타내는 도이다. 도 3에 나타내는 플라즈마 처리 장치(1)는, 챔버(10)를 구비한다. 챔버(10)는, 그 안에 내부 공간(10s)을 제공한다. 챔버(10)는 챔버 본체(12)를 포함한다. 챔버 본체(12)는, 대략 원통 형상을 갖는다. 챔버 본체(12)는, 예를 들면 알루미늄으로 형성된다. 챔버 본체(12)의 내벽면 상에는, 내부식성을 갖는 막이 마련되어 있다. 내부식성을 갖는 막은, 산화 알루미늄, 산화 이트륨 등의 세라믹으로 형성될 수 있다.
- [0028] 챔버 본체(12)의 측벽에는, 통로(12p)가 형성되어 있다. 기관(W)은, 통로(12p)를 통하여 내부 공간(10s)과 챔버(10)의 외부의 사이에서 반송(搬送)된다. 통로(12p)는, 게이트 밸브(12g)에 의하여 개폐된다. 게이트 밸브(12g)는, 챔버 본체(12)의 측벽을 따라 마련된다.
- [0029] 챔버 본체(12)의 바닥부 상에는, 지지부(13)가 마련되어 있다. 지지부(13)는, 절연 재료로 형성된다. 지지부(13)는, 대략 원통 형상을 갖는다. 지지부(13)는, 내부 공간(10s) 내에서, 챔버 본체(12)의 바닥부로부터 상방으로 뻗어 있다. 지지부(13)는, 기관 지지기(14)를 지지하고 있다. 기관 지지기(14)는, 내부 공간(10s) 내에서 기관(W)을 지지하도록 구성되어 있다.
- [0030] 기관 지지기(14)는, 하부 전극(18) 및 정전 척(20)을 갖는다. 기관 지지기(14)는, 전극 플레이트(16)를 더 가질 수 있다. 전극 플레이트(16)는, 알루미늄 등의 도체로 형성되어 있고, 대략 원반 형상을 갖는다. 하부 전극(18)은, 전극 플레이트(16) 상에 마련되어 있다. 하부 전극(18)은, 알루미늄 등의 도체로 형성되어 있고, 대략 원반 형상을 갖는다. 하부 전극(18)은, 전극 플레이트(16)에 전기적으로 접속되어 있다.
- [0031] 정전 척(20)은, 하부 전극(18) 상에 마련되어 있다. 기관(W)은, 정전 척(20)의 상면 위에 재치된다. 정전 척(20)은, 본체 및 전극을 갖는다. 정전 척(20)의 본체는, 대략 원반 형상을 갖고, 유전체로 형성된다. 정전 척(20)의 전극은, 막 형상의 전극이며, 정전 척(20)의 본체 내에 마련되어 있다. 정전 척(20)의 전극은, 스위치(20s)를 개재하여 직류 전원(20p)에 접속되어 있다. 정전 척(20)의 전극에 직류 전원(20p)으로부터의 전압이 인가되면, 정전 척(20)과 기관(W)의 사이에 정전 인력이 발생한다. 기관(W)은, 그 정전 인력에 의하여 정전 척(20)에 끌어당겨지고, 정전 척(20)에 의하여 지지된다.
- [0032] 기관 지지기(14) 상에는, 에지 링(25)이 배치된다. 에지 링(25)은, 링 형상의 부재이다. 에지 링(25)은, 실리콘, 탄화 실리콘, 또는 석영 등으로 형성될 수 있다. 기관(W)은, 정전 척(20) 상이며, 또한, 에지 링(25)에 의하여 둘러싸인 영역 내에 배치된다.
- [0033] 하부 전극(18)의 내부에는, 유로(18f)가 마련되어 있다. 유로(18f)에는, 챔버(10)의 외부에 마련되어 있는 칠러 유닛으로부터 배관(22a)을 통하여 열교환 매체(예를 들면 냉매)가 공급된다. 유로(18f)에 공급된 열교환 매체는, 배관(22b)을 통하여 칠러 유닛으로 되돌려진다. 플라즈마 처리 장치(1)에서는, 정전 척(20) 상에 재치된 기관(W)의 온도가, 열교환 매체와 하부 전극(18)의 열교환에 의하여, 조정된다.
- [0034] 플라즈마 처리 장치(1)에는, 가스 공급 라인(24)이 마련되어 있다. 가스 공급 라인(24)은, 전열 가스 공급 기구로부터의 전열 가스(예를 들면 He 가스)를, 정전 척(20)의 상면과 기관(W)의 이면의 사이의 간극에 공급한다.
- [0035] 플라즈마 처리 장치(1)는, 상부 전극(30)을 더 구비한다. 상부 전극(30)은, 기관 지지기(14)의 상방에 마련되어 있다. 상부 전극(30)은, 부재(32)를 개재하여, 챔버 본체(12)의 상부에 지지되어 있다. 부재(32)는, 절연성을 갖는 재료로 형성된다. 상부 전극(30)과 부재(32)는, 챔버 본체(12)의 상부 개구를 닫고 있다.
- [0036] 상부 전극(30)은, 천판(天板)(34) 및 지지체(36)를 포함할 수 있다. 천판(34)의 하면은, 내부 공간(10s) 측의 하면이며, 내부 공간(10s)을 구획 형성한다. 천판(34)은, 발생하는 줄(Joule)열이 적은 저저항의 도전체 또는 반도체로 형성될 수 있다. 천판(34)은, 천판(34)을 그 관두께 방향으로 관통하는 복수의 가스 토출 구멍(34a)을 갖는다.
- [0037] 지지체(36)는, 천판(34)을 착탈 가능하게 지지한다. 지지체(36)는, 알루미늄 등의 도전성 재료로 형성된다. 지

지지체(36)의 내부에는, 가스 확산실(36a)이 마련되어 있다. 지지체(36)는, 가스 확산실(36a)로부터 하방으로 뻗는 복수의 가스 구멍(36b)을 갖는다. 복수의 가스 구멍(36b)은, 복수의 가스 토출 구멍(34a)에 각각 연통되어 있다. 지지체(36)에는, 가스 도입구(36c)가 형성되어 있다. 가스 도입구(36c)는, 가스 확산실(36a)에 접속되어 있다. 가스 도입구(36c)에는, 가스 공급관(38)이 접속되어 있다.

[0038] 가스 공급관(38)에는, 유량 제어기군(41) 및 밸브군(42)을 통하여, 가스 소스군(40)이 접속되어 있다. 유량 제어기군(41) 및 밸브군(42)은, 가스 공급부를 구성하고 있다. 가스 공급부는, 가스 소스군(40)을 더 포함하고 있어도 된다. 가스 소스군(40)은, 복수의 가스 소스를 포함한다. 복수의 가스 소스는, 방법(MT)에서 이용되는 처리 가스의 소스를 포함한다. 유량 제어기군(41)은, 복수의 유량 제어기를 포함한다. 유량 제어기군(41)의 복수의 유량 제어기의 각각은, 매스 플로 컨트롤러 또는 압력 제어식의 유량 제어기이다. 밸브군(42)은, 복수의 개폐 밸브를 포함한다. 가스 소스군(40)의 복수의 가스 소스의 각각은, 유량 제어기군(41)의 대응의 유량 제어기 및 밸브군(42)의 대응의 개폐 밸브를 통하여, 가스 공급관(38)에 접속되어 있다.

[0039] 플라즈마 처리 장치(1)에서는, 챔버 본체(12)의 내벽면 및 지지부(13)의 외주(外周)를 따라, 실드(46)가 착탈 가능하게 마련되어 있다. 실드(46)는, 챔버 본체(12)에 반응 부생물이 부착되는 것을 방지한다. 실드(46)는, 예를 들면, 알루미늄으로 형성된 모재(母材)의 표면에 내부식성을 갖는 막을 형성함으로써 구성된다. 내부식성을 갖는 막은, 산화 이트륨 등의 세라믹으로 형성될 수 있다.

[0040] 지지부(13)와 챔버 본체(12)의 측벽의 사이에는, 배플 플레이트(48)가 마련되어 있다. 배플 플레이트(48)는, 예를 들면, 알루미늄으로 형성된 부재의 표면에 내부식성을 갖는 막(산화 이트륨 등의 막)을 형성함으로써 구성된다. 배플 플레이트(48)에는, 복수의 관통 구멍이 형성되어 있다. 배플 플레이트(48)의 하방이며, 또한, 챔버 본체(12)의 바닥부에는, 배기구(12e)가 마련되어 있다. 배기구(12e)에는, 배기관(52)을 통하여 배기 장치(50)가 접속되어 있다. 배기 장치(50)는, 압력 조정 밸브 및 터보 분자 펌프 등의 진공 펌프를 포함한다.

[0041] 플라즈마 처리 장치(1)는, 고주파 전원(62) 및 바이어스 전원(64)을 구비하고 있다. 고주파 전원(62)은, 고주파 전력 HF를 발생시키는 전원이다. 고주파 전력 HF는, 플라즈마의 생성에 적합한 제1 주파수를 갖는다. 제1 주파수는, 예를 들면 27MHz~100MHz의 범위 내의 주파수이다. 고주파 전원(62)은, 정합기(66) 및 전극 플레이트(16)를 개재하여 하부 전극(18)에 접속되어 있다. 정합기(66)는, 고주파 전원(62)의 부하 측(하부 전극(18) 측)의 임피던스를 고주파 전원(62)의 출력 임피던스에 정합시키기 위한 회로를 갖는다. 또한, 고주파 전원(62)은, 정합기(66)를 개재하여, 상부 전극(30)에 접속되어 있어도 된다. 고주파 전원(62)은, 일례의 플라즈마 생성부를 구성하고 있다.

[0042] 바이어스 전원(64)은, 전기 바이어스를 발생시키는 전원이다. 바이어스 전원(64)은, 하부 전극(18)에 전기적으로 접속되어 있다. 전기 바이어스는, 제2 주파수를 갖는다. 제2 주파수는, 제1 주파수보다 낮다. 제2 주파수는, 예를 들면 400kHz~13.56MHz의 범위 내의 주파수이다. 전기 바이어스는, 고주파 전력 HF와 함께 이용되는 경우에는, 기관(W)에 이온을 끌어들이기 위하여 기관 지지기(14)(일례에서는, 하부 전극(18))에 부여된다. 전기 바이어스가 하부 전극(18)에 부여되면, 기관 지지기(14) 상에 배치된 기관(W)의 전위는, 제2 주파수로 규정되는 주기 내에서 변동한다. 또한, 전기 바이어스는, 하부 전극(18) 이외의 기관 지지기(14)의 전극, 예를 들면 정전척(20) 안에 마련된 전극에 부여되어도 된다.

[0043] 일 실시형태에 있어서, 전기 바이어스는, 제2 주파수를 갖는 고주파 전력 LF여도 된다. 고주파 전력 LF는, 고주파 전력 HF와 함께 이용되는 경우에는, 기관(W)에 이온을 끌어들이기 위한 고주파 바이어스 전력으로서 이용된다. 고주파 전력 LF를 발생시키도록 구성된 바이어스 전원(64)은, 정합기(68) 및 전극 플레이트(16)를 개재하여 하부 전극(18)에 접속된다. 정합기(68)는, 바이어스 전원(64)의 부하 측(하부 전극(18) 측)의 임피던스를 바이어스 전원(64)의 출력 임피던스에 정합시키기 위한 회로를 갖는다.

[0044] 또한, 고주파 전력 HF를 이용하지 않고, 고주파 전력 LF를 이용하여, 즉, 단일의 고주파 전력만을 이용하여 플라즈마를 생성해도 된다. 이 경우에는, 고주파 전력 LF의 주파수는, 13.56MHz보다 큰 주파수, 예를 들면 40MHz여도 된다. 또, 이 경우에는, 플라즈마 처리 장치(1)는, 고주파 전원(62) 및 정합기(66)를 구비하지 않아도 된다. 이 경우에는, 바이어스 전원(64)은 일례의 플라즈마 생성부를 구성한다.

[0045] 다른 실시형태에 있어서, 전기 바이어스는, 전압의 펄스파여도 된다. 전압의 펄스파는, 주기적으로 발생되어, 하부 전극(18)에 부여된다. 전압의 펄스파의 주기는, 제2 주파수로 규정된다. 즉, 전압의 펄스파의 주기의 시간 길이는, 제2 주파수의 역수이다. 전압의 펄스파는, 직류 전압의 펄스파여도 된다. 직류 전압의 펄스파의 주기는, 2개의 기간을 포함한다. 2개의 기간 중 일방의 기간에 있어서의 직류 전압은, 예를 들면 음극성의 직류

전압이며, 해당 일방의 기간에 있어서 기판(W)의 전위를 음의 전위로 설정한다. 2개의 기간 중 일방의 기간에 있어서의 직류 전압의 레벨(즉, 절댓값)은, 2개의 기간 중 타방의 기간에 있어서의 직류 전압의 레벨(즉, 절댓값)보다 높다. 타방의 기간에 있어서의 직류 전압은, 음극성, 양극성 중 어느 쪽이어도 된다. 타방의 기간에 있어서의 음극성의 직류 전압의 레벨은, 제로보다 커도 되고, 제로여도 된다. 이 실시형태에 있어서, 바이어스 전원(64)은, 로 패스 필터 및 전극 플레이트(16)를 개재하여 하부 전극(18)에 접속된다. 또한, 전기 바이어스로서 이용되는 펄스파는, 직류 이외의 파형을 갖는 펄스 형태의 전압을 포함하고 있어도 된다. 전기 바이어스로서 이용되는 펄스파는, 직사각형 펄스, 삼각파 펄스, 임펄스, 또는 다른 임의의 파형의 펄스를 포함하고 있어도 된다. 또, 펄스파가 양의 전압 및 음의 전압을 포함하는 경우에는, 바이어스 전원(64)은 하나 이상의 전원으로 구성되어도 된다.

[0046] 일 실시형태에 있어서, 바이어스 전원(64)은, 전기 바이어스의 연속파를 하부 전극(18)에 부여해도 된다. 즉, 바이어스 전원(64)은, 전기 바이어스를 연속적으로 하부 전극(18)에 부여해도 된다. 전기 바이어스의 연속파는, 방법(MT)의 공정(STb)이 실행되고 있는 기간에 있어서, 하부 전극(18)에 부여될 수 있다.

[0047] 다른 실시형태에 있어서, 바이어스 전원(64)은, 전기 바이어스의 펄스파를 하부 전극(18)에 부여해도 된다. 전기 바이어스의 펄스파는, 주기적으로 하부 전극(18)에 부여될 수 있다. 전기 바이어스의 펄스파의 주기는, 제3 주파수로 규정된다. 즉, 전기 바이어스의 펄스파의 주기의 시간 길이는, 제3 주파수의 역수이다. 제3 주파수는, 제2 주파수보다 낮다. 제3 주파수는, 예를 들면 1Hz 이상, 200kHz 이하이다. 다른 예에서는, 제3 주파수는, 5Hz 이상, 100kHz 이하여도 된다.

[0048] 전기 바이어스의 펄스파의 주기는, 2개의 기간, 즉 H 기간 및 L 기간을 포함한다. H 기간에 있어서의 전기 바이어스의 레벨(즉, 전기 바이어스의 펄스의 레벨)은, L 기간에 있어서의 전기 바이어스의 레벨보다 높다. 즉, 전기 바이어스의 레벨이 증감됨으로써, 전기 바이어스의 펄스파가 하부 전극(18)에 부여되어도 된다. L 기간에 있어서의 전기 바이어스의 레벨은, 제로보다 커도 된다. 혹은, L 기간에 있어서의 전기 바이어스의 레벨은, 제로여도 된다. 즉, 전기 바이어스의 펄스파는, 전기 바이어스의 하부 전극(18)으로의 공급과 공급 정지를 교대로 전환함으로써, 하부 전극(18)에 부여되어도 된다. 여기에서, 전기 바이어스가 고주파 전력 LF인 경우에는, 전기 바이어스의 레벨은, 고주파 전력 LF의 전력 레벨이다. 전기 바이어스가 고주파 전력 HF인 경우에는, 전기 바이어스의 펄스에 있어서의 고주파 전력 LF의 레벨은, 2kW 이상이어도 된다. 전기 바이어스가 음극성의 직류 전압의 펄스파인 경우에는, 전기 바이어스의 레벨은, 음극성의 직류 전압의 절댓값의 실효값이다. 전기 바이어스의 펄스파의 듀티비, 즉, 전기 바이어스의 펄스파의 주기에 있어서 H 기간이 차지하는 비율은, 예를 들면 1% 이상, 80% 이하이다. 다른 예에서는, 전기 바이어스의 펄스파의 듀티비는 5% 이상 50% 이하여도 된다. 혹은, 전기 바이어스의 펄스파의 듀티비는, 50% 이상, 99% 이하여도 된다. 전기 바이어스의 펄스파는, 방법(MT)의 공정(STb)을 실행하기 위하여, 하부 전극(18)에 부여될 수 있다.

[0049] 일 실시형태에 있어서, 고주파 전원(62)은, 고주파 전력 HF의 연속파를 공급해도 된다. 즉, 고주파 전원(62)은, 고주파 전력 HF를 연속적으로 공급해도 된다. 고주파 전력 HF의 연속파는, 방법(MT)의 공정(STb)이 실행되고 있는 기간에 있어서, 공급될 수 있다.

[0050] 다른 실시형태에 있어서, 고주파 전원(62)은, 고주파 전력 HF의 펄스파를 공급해도 된다. 고주파 전력 HF의 펄스파는, 주기적으로 공급될 수 있다. 고주파 전력 HF의 펄스파의 주기는, 제4 주파수로 규정된다. 즉, 고주파 전력 HF의 펄스파의 주기의 시간 길이는, 제4 주파수의 역수이다. 제4 주파수는, 제2 주파수보다 낮다. 일 실시형태에 있어서, 제4 주파수는, 제3 주파수와 동일하다. 고주파 전력 HF의 펄스파의 주기는, 2개의 기간, 즉 H 기간 및 L 기간을 포함한다. H 기간에 있어서의 고주파 전력 HF의 전력 레벨은, 2개의 기간 중 L 기간에 있어서의 고주파 전력 HF의 전력 레벨보다 높다. L 기간에 있어서의 고주파 전력 HF의 전력 레벨은, 제로보다 커도 되고, 제로여도 된다.

[0051] 또한, 고주파 전력 HF의 펄스파의 주기는, 전기 바이어스의 펄스파의 주기와 동기하고 있어도 된다. 고주파 전력 HF의 펄스파의 주기에 있어서의 H 기간은, 전기 바이어스의 펄스파의 주기에 있어서의 H 기간과 동기하고 있어도 된다. 혹은, 고주파 전력 HF의 펄스파의 주기에 있어서의 H 기간은, 전기 바이어스의 펄스파의 주기에 있어서의 H 기간과 동기하고 있지 않아도 된다. 고주파 전력 HF의 펄스파의 주기에 있어서의 H 기간의 시간 길이는, 전기 바이어스의 펄스파의 주기에 있어서의 H 기간의 시간 길이와 동일해도 되고, 상이해도 된다.

[0052] 플라즈마 처리 장치(1)에 있어서 플라즈마 처리가 행해지는 경우에는, 가스가 가스 공급부로부터 내부 공간(10s)으로 공급된다. 또, 고주파 전력 HF 및/또는 전기 바이어스가 공급됨으로써, 상부 전극(30)과 하부 전극(18)의 사이에서 고주파 전계가 생성된다. 생성된 고주파 전계가 내부 공간(10s) 내의 가스로부터 플라즈마를

생성한다.

- [0053] 플라즈마 처리 장치(1)는, 제어부(80)를 더 구비할 수 있다. 제어부(80)는, 프로세서, 메모리 등의 기억부, 입력 장치, 표시 장치, 신호의 입출력 인터페이스 등을 구비하는 컴퓨터일 수 있다. 제어부(80)는, 플라즈마 처리 장치(1)의 각부(各部)를 제어한다. 제어부(80)에서는, 입력 장치를 이용하여, 오퍼레이터가 플라즈마 처리 장치(1)를 관리하기 위하여 커맨드의 입력 조작 등을 행할 수 있다. 또, 제어부(80)에서는, 표시 장치에 의하여, 플라즈마 처리 장치(1)의 가동 상황을 가시화하여 표시할 수 있다. 또한, 기억부에는, 제어 프로그램 및 레시피 데이터가 저장되어 있다. 제어 프로그램은, 플라즈마 처리 장치(1)에서 각종 처리를 실행하기 위하여, 프로세서에 의하여 실행된다. 프로세서는, 제어 프로그램을 실행하고, 레시피 데이터에 따라 플라즈마 처리 장치(1)의 각부를 제어한다.
- [0054] 다시 도 1을 참조한다. 이하, 방법(MT)에 대하여, 그것이 플라즈마 처리 장치(1)를 이용하여 도 2에 나타내는 기관(W)에 적용되는 경우를 예로 들어, 설명한다. 플라즈마 처리 장치(1)가 이용되는 경우에는, 제어부(80)에 의한 플라즈마 처리 장치(1)의 각부의 제어에 의하여, 플라즈마 처리 장치(1)에 있어서 방법(MT)이 실행될 수 있다. 이하의 설명에 있어서는, 방법(MT)의 실행을 위한 제어부(80)에 의한 플라즈마 처리 장치(1)의 각부의 제어에 대해서도 설명한다.
- [0055] 이하의 설명에서는, 도 1에 더하여, 도 4를 참조한다. 도 4는, 도 1에 나타내는 에칭 방법이 적용된 일례의 기관의 부분 확대 단면도이다.
- [0056] 도 1에 나타내는 바와 같이, 방법(MT)은, 공정(STa)에서 개시된다. 공정(STa)에서는, 기관(W)이 챔버(10) 내에 준비된다. 기관(W)은, 챔버(10) 내에 있어서 정전 척(20) 상에 배치되고, 정전 척(20)에 의하여 지지된다. 또한, 기관(W)은 300mm의 직경을 가질 수 있다.
- [0057] 방법(MT)에서는, 이어서, 공정(STb)이 실행된다. 공정(STb)에서는, 플라즈마가, 챔버(10) 내에서 처리 가스로부터 생성된다. 공정(STb)에서는, 막(SF)이, 플라즈마로부터의 화학종에 의하여 에칭된다. 도 4에 나타내는 바와 같이, 막(SF)은, 하지 영역(UR)이 노출될 때까지 공정(STb)에 있어서 에칭될 수 있다.
- [0058] 공정(STb)에서 이용되는 처리 가스는, 에천트 가스로서, 불화 수소 가스를 포함한다. 불화 수소로부터 생성되는 에천트는, 그 질량은 작지만, 막(SF)의 에칭 능력이 우수하다. 따라서, 마스크(MK)의 에칭에 대한 막(SF)의 에칭의 선택성이 높아진다.
- [0059] 공정(STb)에 있어서, 처리 가스는, 회가스를 포함하고 있어도 되고, 포함하고 있지 않아도 된다. 회가스를 포함하지 않는 처리 가스에 있어서의 불화 수소 가스의 유량은, 해당 처리 가스에 있어서의 모든 가스의 유량 중에서 가장 많다. 혹은, 처리 가스에 있어서의 불화 수소 가스의 유량은, 처리 가스에 있어서의 회가스를 제외한 모든 가스의 유량 중에서 가장 많다.
- [0060] 구체적으로, 공정(STb)에 있어서의 불화 수소 가스의 유량은, 회가스를 포함하지 않는 처리 가스 또는 회가스를 제외한 처리 가스의 전체 유량에 대하여, 70체적% 이상, 80체적% 이상, 85체적% 이상, 90체적% 이상, 또는 95체적% 이상이어도 된다. 또한, 처리 가스가 탄소 함유 가스 등의 다른 가스를 더 포함하는 경우에는, 불화 수소 가스의 유량은, 회가스를 포함하지 않는 처리 가스 또는 회가스를 제외한 처리 가스의 전체 유량에 대하여, 100체적% 미만, 99.5체적% 이하, 98체적% 이하, 또는 96체적% 이하여도 된다.
- [0061] 일례에서는, 불화 수소 가스의 유량은, 회가스를 포함하지 않는 처리 가스 또는 회가스를 제외한 처리 가스의 전체 유량에 대하여, 70체적% 이상, 96체적% 이하로 조정된다. 처리 가스 중의 불화 수소 가스의 유량을 이와 같은 범위 내의 유량으로 제어함으로써, 마스크(MK)의 에칭을 억제하면서, 높은 에칭 레이트로 막(SF)을 에칭할 수 있다. 예를 들면, 마스크(MK)의 에칭에 대한 막(SF)의 에칭의 선택비는, 5 이상의 높은 선택비가 된다. 그 결과, 3차원 구조를 갖는 NAND 플래시 메모리의 제조 프로세스와 같이 높은 애스펙트비가 요구되는 프로세스에 있어서도, 실효성이 있는 속도로 막(SF)을 에칭할 수 있다. 또, 이와 같은 높은 선택비에 기인하여, 탄소 함유 가스 등의 퇴적성 가스의 첨가량을 억제할 수 있기 때문에, 마스크(MK)의 개구가 폐색되는 리스크를 저감시킬 수 있다.
- [0062] 공정(STb)에서 이용되는 처리 가스는, 탄소 함유 가스를 더 포함하고 있어도 된다. 탄소 함유 가스로부터 생성되는 탄소 화학종은, 마스크(MK) 상에 퇴적되어, 마스크를 보호한다. 따라서, 마스크(MK)의 에칭에 대한 막(SF)의 에칭의 선택성이 더 높아진다.
- [0063] 탄소 함유 가스는, 예를 들면, 하이드로카본(C_xH_y) 가스, 플루오로카본 가스(C_xF_y), 및 하이드로플루오로카본

($C_sH_tF_u$) 가스로 이루어지는 군으로부터 선택되는 적어도 1종을 포함한다. 여기에서, x, y, s, t, u, v, w의 각 각은 1 이상의 정수이다. 탄소 함유 가스는, 그 분자 중의 탄소 원자수가 1개 이상, 6개 이하인 플루오로카본 및/또는 하이드로플루오로카본을 포함하고 있어도 된다. 또한, 2개 이상의 탄소 원자를 포함하는 탄소 함유 가스가 이용되는 경우에는, 마스크(MK) 및 막(SF)에 있어서 오목부를 구획 형성하는 측벽면의 보호 효과가 보다 커질 수 있다. 또, 하이드로플루오로카본 가스로부터는 불화 수소가 생성되므로, 하이드로플루오로카본 가스는 탄소 함유 물질에 의한 마스크(MK)의 보호에 더하여, 막(SF)의 에칭 레이트의 향상에 기여한다.

[0064] 플루오로카본 가스로서는, 예를 들면, CF_4 , C_2F_2 , C_2F_4 , C_3F_8 , C_4F_6 , C_4F_8 , C_5F_8 의 각각의 가스 중 하나 이상을 이용할 수 있다. 하이드로플루오로카본 가스로서는, 예를 들면, CHF_3 , CH_2F_2 , CH_3F , C_2HF_5 , $C_2H_2F_4$, $C_2H_3F_3$, $C_2H_4F_2$, C_3HF_7 , $C_3H_2F_2$, $C_3H_2F_6$, $C_3H_2F_4$, $C_3H_3F_5$, $C_4H_5F_5$, $C_4H_2F_6$, $C_5H_2F_{10}$, $c-C_5H_3F_7$, $C_3H_2F_4$ 의 각각의 가스 중 하나 이상을 이용할 수 있다. 하이드로카본 가스로서는, 예를 들면, CH_4 , C_2H_6 , C_3H_6 , C_3H_8 , C_4H_{10} 의 각각의 가스 중 하나 이상을 이용할 수 있다.

[0065] 일례에서는, 탄소 함유 가스로서, 탄소수가 2 이상인 플루오로카본의 가스 및/또는 탄소수가 2 이상인 하이드로플루오로카본의 가스를 이용할 수 있다. 탄소수가 2 이상인 플루오로카본의 가스 및/또는 탄소수가 2 이상인 하이드로플루오로카본의 가스를 이용하는 경우에는, 보잉 등의 형상 이상을 효과적으로 억제할 수 있다. 또한, 탄소수가 3 이상인 플루오로카본의 가스 및/또는 탄소수가 3 이상인 하이드로플루오로카본의 가스를 이용함으로써, 형상 이상을 더 억제할 수 있다. 탄소수가 3 이상인 플루오로카본의 가스로서는, 예를 들면, C_4F_8 또는 C_4F_6 을 사용할 수 있다. 탄소수가 3 이상인 하이드로플루오로카본의 가스는, 불포화 결합을 포함하고 있어도 되고, 1 이상의 CF_3 기를 포함해도 된다. 탄소수가 3 이상인 하이드로플루오로카본의 가스로서는, 예를 들면, $C_3H_2F_4$, $C_3H_2F_6$, 또는 $C_4H_2F_6$ 을 이용할 수 있다.

[0066] 공정(STb)에서 이용되는 처리 가스는, 인 함유 가스 또는 NH_3 가스와 같은 아민계 가스를 포함하고 있어도 된다. 인 화학종 또는 아민계의 화학종이 기판(W) 상에 존재하고 있는 상태에서는, 오목부의 바닥으로의 에칭트의 공급이 촉진된다. 따라서, 막(SF)의 에칭 레이트가 높아져, 결과적으로 마스크(MK)의 에칭에 대한 막(SF)의 에칭의 선택성이 높아진다. 또한, 인 함유 가스로부터 생성되는 인 화학종은, 마스크(MK) 및 막(SF)의 오목부를 구획 형성하는 측벽의 보호 효과도 갖는다.

[0067] 인 함유 가스는, 적어도 1종의 인 함유 분자를 포함한다. 인 함유 가스는, 십산화 사인(P_4O_{10}), 팔산화 사인(P_4O_8), 육산화 사인(P_4O_6)과 같은 산화물을 포함하고 있어도 된다. 십산화 사인은, 오산화 이인(P_2O_5)이라고 불리는 경우가 있다. 인 함유 가스는, 삼불화 인(PF_3), 오불화 인(PF_5), 삼염화 인(PCl_3), 오염화 인(PCl_5), 삼브로민화 인(PBr_3), 오브로민화 인(PBr_5), 아이오딘화 인(PI_3)과 같은 할로젠화물을 포함하고 있어도 된다. 즉, 인 함유 가스는, 할로젠 원소로서 불소 또는 불소 이외의 할로젠 원소를 포함하고 있어도 된다. 인 함유 가스는, 불화 포스포릴(POF_3), 염화 포스포릴($POCl_3$), 브로민화 포스포릴($POBr_3$)과 같은 할로젠화 포스포릴을 포함하고 있어도 된다. 인 함유 가스는, 포스핀(PH_3), 인화 칼슘(Ca_3P_2 등), 인산(H_3PO_4), 인산 나트륨(Na_3PO_4), 헥사플루오로 인산(HPF_6) 등을 포함하고 있어도 된다. 인 함유 가스는, 플루오로포스핀류(H_xPF_y)를 포함하고 있어도 된다. 여기에서, x와 y의 합은, 3 또는 5이다. 인 함유 가스는, 불화 인을 포함하고 있어도 된다. 불화 인의 일례는, PF_3 또는 PF_5 를 포함하고 있어도 된다. 플루오로포스핀류로서는, HPF_2 , H_2PF_3 이 예시된다. 처리 가스는, 적어도 1종의 인 함유 분자로서, 상기의 인 함유 분자 중 1종 이상의 인 함유 분자를 포함할 수 있다. 또, 처리 가스는, 인 함유 가스로서, 예를 들면, PF_3 , PCl_3 , PF_5 , PCl_5 , $POCl_3$, PH_3 , PBr_3 , PBr_5 의 각각의 가스 중 적어도 하나의 가스를 포함하고 있어도 된다. 또한, 처리 가스에 포함되는 각 인 함유 분자는, 그것이 액체 또는 고체인 경우에는, 가열 등에 의하여 기화되어 챔버(10) 내에 공급될 수 있다.

[0068] 공정(STb)에서 이용되는 처리 가스는, NF_3 , O_2 , CO_2 , CO , N_2 , He , Ar , Kr , Xe 의 각각의 가스 중 하나 이상의 가스를 포함하고 있어도 된다. 이들 가스로부터 생성되는 화학종은, 마스크(MK)의 개구의 폐색을 억제하거나, 마스크(MK)의 측벽의 수직성을 높일 수 있다.

[0069] 또, 공정(STb)에서 이용되는 처리 가스는, 산소 함유 가스를 포함하고 있어도 된다. 산소 함유 가스는, O_2 , CO ,

CO₂, H₂O, H₂O₂의 각각의 가스 중 하나 이상을 포함할 수 있다.

- [0070] 공정(STb)에서 이용되는 처리 가스는, 할로젠 함유 가스를 포함하고 있어도 된다. 할로젠 함유 가스에 의하면, 막(SF)의 측벽의 보잉이 억제된다.
- [0071] 공정(STb)에서 이용되는 처리 가스에 있어서의 할로젠 함유 가스는, 탄소를 포함하지 않는 불소 함유 가스, 염소 함유 가스, 브로민 함유 가스, 또는 아이오딘 함유 가스 중 하나 이상을 포함한다.
- [0072] 탄소를 포함하지 않는 불소 함유 가스는, 예를 들면, SF₆, NF₃, XeF₂, SiF₄, IF₇, ClF₅, BrF₅, AsF₅, NF₅, PF₃, PF₅, POF₃, BF₃, HPF₆, WF₆ 등의 각각의 가스 중 하나 이상을 포함한다.
- [0073] 염소 함유 가스는, Cl₂, HCl, CH_xCl_y, ClF₃, SiCl₂, SiCl₄, CCl₄, BCl₃, PCl₃, PCl₅, POCl₃ 등의 각각의 가스 중 하나 이상을 포함한다. 여기에서, x, y는 1 이상의 정수이다.
- [0074] 브로민 함유 가스는, Br₂, HBr, BrF₃, CBr₂F₂, CF_xBr_y, PBr₃, PBr₅, POBr₃ 등의 각각의 가스 중 하나 이상의 가스를 포함한다. 여기에서, x, y는 1 이상의 정수이다. CF_xBr_y는, 예를 들면 C₂F₅Br이다.
- [0075] 아이오딘 함유 가스는, HI, IF_t, C_xF_yI_z, I₂, PI₃의 각각의 가스 중 하나 이상을 포함하고 있어도 된다. 여기에서, t, x, y, z는, 1 이상의 정수이다. IF_t는, 예를 들면 IF₅, IF₇ 등이다. CF_xI_y는, 예를 들면 CF₃I, C₂F₅I, C₃F₇I 등이다. 아이오딘 함유 가스는, 예를 들면 CF₃I 가스이다. 아이오딘 함유 가스는, 오목부의 측벽을 보호하는 기능에 더하여, 마스크(MK)의 측벽면의 수직성을 높이는 것에 기여할 수 있다. 또한, 아이오딘의 질량에 가까운 질량을 갖는 Xe 가스도, 마스크(MK)의 측벽면의 수직성을 높이는 것에 기여할 수 있다. 따라서, 아이오딘 함유 가스는, Xe 가스와 함께, 혹은, Xe 가스에 더하여 이용될 수 있다. 또한, 처리 가스는, 아이오딘 함유 가스 대신에, 혹은, 아이오딘 함유 가스에 더하여, WF₆ 가스를 포함하고 있어도 된다.
- [0076] 일 실시형태에 있어서, 공정(STb)에서 이용되는 처리 가스에 있어서의 할로젠 함유 가스는, Cl₂, Br₂, HCl, HBr, HI, BCl₃, CH_xCl_y, CF_xBr_y, CF_xI_y, ClF₃, IF₅, IF₇, BrF₃의 각각의 가스 중 하나 이상의 가스를 포함하고 있어도 된다. 여기에서, x, y는 1 이상의 정수이다.
- [0077] 처리 가스는, 불활성 가스를 더 포함하고 있어도 된다. 불활성 가스로서는, 질소 가스, 및, Ar 가스, Kr 가스, 및 Xe 가스 등의 다양한 회가스 중 하나 이상을 포함한다.
- [0078] 공정(STb)의 실행을 위하여, 제어부(80)는, 처리 가스를 챔버(10) 내에 공급하도록 가스 공급부를 제어한다. 또, 제어부(80)는, 처리 가스에 포함되는 불화 수소 가스의 유량을 상술한 유량으로 설정하도록 가스 제어부를 제어한다. 또, 제어부(80)는, 챔버(10) 내에서의 가스의 압력을 지정된 압력으로 설정하도록 배기 장치(50)를 제어한다. 또, 제어부(80)는, 처리 가스로부터 플라즈마를 생성하도록 플라즈마 생성부를 제어한다. 플라즈마 처리 장치(1)에서는, 제어부(80)는, 고주파 전력 HF, 고주파 전력 LF, 또는 고주파 전력 HF 및 전기 바이어스를 공급하도록 고주파 전원(62) 및 바이어스 전원(64)을 제어한다.
- [0079] 일 실시형태에서는, 공정(STb)은, 기판 지지기(14)(특히 정전 척(20))의 온도가, 0℃ 이하, -40℃ 이하, 또는 -50℃ 이하의 온도로 설정되고 나서, 개시되어도 된다. 공정(STb)에 있어서도, 기판 지지기(14)(특히 정전 척(20))의 온도는, 공정(STb)의 개시 전의 온도로 유지되어도 되고, 혹은, 변화해도 된다. 이와 같은 온도로 기판(W)의 온도가 설정되면, 공정(STb)에 있어서의 막(SF)의 에칭 레이트가 높아진다. 기판 지지기(14)의 온도를 설정하기 위하여, 제어부(80)는 칠러 유닛을 제어할 수 있다. 또한, 처리 가스가, 인 함유 가스를 포함하는 경우에는, 처리 가스 중의 인 함유 가스의 비율에 따라, 기판 지지기(14)의 온도는, 50℃ 이하, 30℃ 이하, 또는 20℃ 이하의 온도로 설정되어도 된다.
- [0080] 공정(STb)에서는, 처리 가스로부터 생성된 플라즈마로부터의 할로젠 화학종에 의하여 막(SF)이 에칭된다. 할로젠 화학종은, 불화 수소 가스로부터 생성된 불소 화학종을 포함한다. 불화 수소는 작은 분자량의 분자이며, 그로부터 생성되는 화학종의 마스크(MK)에 대한 스퍼터링 효과는 작으므로, 마스크(MK)의 에칭이 억제된다. 따라서, 불화 수소 가스로부터 생성되는 플라즈마는, 마스크(MK)의 에칭을 억제하면서, 막(SF)을 에칭할 수 있다. 또, 불화 수소 가스로부터 생성되는 플라즈마는, 막(SF)의 에칭 레이트를 높일 수 있다. 또, 탄소 함유 가스로부터 생성되는 화학종은, 마스크(MK)를 보호한다. 탄소 함유 가스에 포함되는 분자에 있어서의 탄소 원자의 수가 클수록, 마스크(MK)의 보호 효과는 높아진다. 또, 인 함유 가스로부터 생성되는 플라즈마는, 마스크(MK)의

에칭을 억제할 수 있다. 또한, 인 함유 가스로부터 생성되는 인 화학종이 기판(W)의 표면에 존재하는 상태에서, 오목부의 바닥으로의 에천트 공급이 촉진되어, 막(SF)의 에칭 레이트가 높아진다. 따라서, 방법(MT)에 의하면, 막(SF)의 플라즈마 에칭에 있어서 에칭 레이트가 높아져, 마스크(MK)의 에칭에 대한 막(SF)의 에칭의 선택성이 높아진다. 또, 처리 가스에 포함되는 인 함유 가스가 상술한 할로젠 원소를 포함하는 경우, 및/또는, 처리 가스가 상술한 할로젠 함유 가스를 포함하는 경우에는, 막(SF)의 에칭 레이트가 더 높아진다.

[0081] 또, 공정(STb)에서는, 인 화학종(이온 및/또는 라디칼)이, 인 함유 가스로부터 생성된 플라즈마로부터 기판(W)에 공급된다. 인 화학종은, 인을 포함하는 보호막을 기판(W)의 표면 상에 형성해도 된다. 보호막은, 처리 가스에 포함되는 탄소 및/또는 수소를 더 포함하고 있어도 된다. 일 실시형태에서는, 보호막은, 처리 가스에 포함되거나 또는 막(SF)에 포함되는 산소를 더 포함하고 있어도 된다. 일 실시형태에서는, 보호막은, 인과 산소의 결합을 포함하고 있어도 된다.

[0082] 보호막의 형성 대신에, 또는, 보호막의 형성에 더하여, 인 화학종은, 막(SF)에 있어서 오목부를 구획 형성하는 측벽면에 있어서 막(SF)에 포함되는 원소와 인의 결합을 형성해도 된다. 막(SF)이 실리콘 산화막을 포함하는 경우에는, 인 화학종은, 인과 산소의 결합을 막(SF)의 측벽면에 있어서 형성한다. 공정(STb)에서는, 막(SF)의 측벽면이 인 화학종에 의하여 불활성화(또는 부동태화)된다. 즉, 막(SF)의 측벽면의 패시베이션이 행해진다.

[0083] 따라서, 방법(MT)에 의하면, 막(SF)의 측벽면이 에칭되어 막(SF)의 개구가 가로 방향에 있어서 확대되는 것(사이드 에칭)이 억제된다.

[0084] 또한, 마스크(MK)가 탄소를 함유하는 경우에는, 인 화학종은, 마스크(MK)의 표면에 탄소와 인의 결합을 형성할 수 있다. 탄소와 인의 결합은, 마스크(MK)에 있어서의 탄소간 결합보다 높은 결합 에너지를 갖는다. 따라서, 방법(MT)에 의하면, 막(SF)의 플라즈마 에칭에 있어서, 마스크(MK)가 보호된다.

[0085] 이하, 도 5를 참조한다. 도 5는, 일 예시적 실시형태에 관한 에칭 방법에 관한 일례의 타이밍 차트이다. 도 5에 있어서, 가로축은 시간을 나타내고 있다. 도 5에 있어서, 세로축은, 고주파 전력 HF의 전력 레벨, 전기 바이어스의 레벨, 및 처리 가스의 공급 상태를 나타내고 있다. 고주파 전력 HF의 "L" 레벨은, 고주파 전력 HF가 공급되고 있지 않거나, 또는, 고주파 전력 HF의 전력 레벨이, "H"로 나타내는 전력 레벨보다 낮은 것을 나타내고 있다. 전기 바이어스의 "L" 레벨은, 전기 바이어스가 하부 전극(18)에 부여되고 있지 않거나, 또는, 전기 바이어스의 레벨이, "H"로 나타내는 레벨보다 낮은 것을 나타내고 있다. 또, 처리 가스의 공급 상태의 "ON"은, 처리 가스가 챔버(10) 내에 공급되고 있는 것을 나타내고 있으며, 처리 가스의 공급 상태의 "OFF"는, 챔버(10) 내로의 처리 가스의 공급이 정지되어 있는 것을 나타내고 있다.

[0086] 일 실시형태의 공정(STb)에서는, 도 5에 있어서 실선으로 나타내는 바와 같이, 고주파 전력 HF의 연속파가 공급되어도 된다. 즉, 공정(STb)이 행해지는 기간에 있어서, 고주파 전력 HF는, 연속적으로 공급되어도 된다. 고주파 전력 HF의 전력 레벨은, 2kW 이상, 10kW 이하의 레벨로 설정될 수 있다.

[0087] 일 실시형태의 공정(STb)에서는, 도 5에 있어서 실선으로 나타내는 바와 같이, 전기 바이어스의 연속파가 하부 전극(18)에 부여되어도 된다. 전기 바이어스로서 고주파 전력 LF가 이용되는 경우에는, 고주파 전력 LF의 전력 레벨은, 2kW 이상의 레벨로 설정될 수 있다. 고주파 전력 LF의 전력 레벨은, 10kW 이상의 레벨로 설정되어도 된다.

[0088] 일 실시형태의 공정(STb)에서는, 도 5에 있어서 파선으로 나타내는 바와 같이, 상술한 전기 바이어스의 펄스파가, 바이어스 전원(64)으로부터 하부 전극(18)에 부여되어도 된다. 전기 바이어스가 고주파 전력 LF인 경우에는, 전기 바이어스의 펄스파의 주기 내의 H 기간에 있어서, 고주파 전력 LF의 전력 레벨은, 2kW 이상의 레벨로 설정될 수 있다. 전기 바이어스의 펄스파의 주기 내의 H 기간에 있어서, 고주파 전력 LF의 전력 레벨은, 10kW 이상의 레벨로 설정되어도 된다.

[0089] 일 실시형태의 공정(STb)에서는, 도 5에 있어서 파선으로 나타내는 바와 같이, 상술한 고주파 전력 HF의 펄스파가, 공급되어도 된다. 고주파 전력 HF의 펄스파의 주기 내의 H 기간에 있어서, 고주파 전력 HF의 전력 레벨은, 1kW 이상, 10kW 이하의 레벨로 설정될 수 있다. 도 5에 나타내는 바와 같이, 고주파 전력 HF의 펄스파의 주기는, 전기 바이어스의 펄스파의 주기와 동기하고 있어도 된다. 도 5에 나타내는 바와 같이, 고주파 전력 HF의 펄스파의 주기에 있어서의 H 기간은, 전기 바이어스의 펄스파의 주기에 있어서의 H 기간과 동기하고 있어도 된다. 혹은, 고주파 전력 HF의 펄스파의 주기에 있어서의 H 기간은, 전기 바이어스의 펄스파의 주기에 있어서의 H 기간과 동기하고 있지 않아도 된다. 고주파 전력 HF의 펄스파의 주기에 있어서의 H 기간의 시간 길이는, 전기 바이어스의 펄스파의 주기에 있어서의 H 기간의 시간 길이와 동일해도 되고, 상이해도 된다.

- [0090] 일 실시형태의 공정(STb)에서는, 도 5에 나타내는 바와 같이, 처리 가스의 공급과 공급 정지가 교대로 행해져도 된다. 처리 가스가 공급되는 기간은, 고주파 전력 HF의 펄스파의 주기에 있어서의 H 기간과 동기하고 있어도 되고, 동기하고 있지 않아도 된다. 처리 가스가 공급되는 기간은, 전기 바이어스의 펄스파의 주기 내의 H 기간에 동기하고 있어도 되고, 동기하고 있지 않아도 된다.
- [0091] 이하, 도 6의 (a), 도 6의 (b), 도 6의 (c), 도 7의 (a), 도 7의 (b), 도 8의 (a), 및 도 8의 (b)를 참조한다. 도 6의 (a), 도 6의 (b), 및 도 6의 (c)의 각각은, 탄소 함유 가스의 유량 및 챔버 내의 압력의 예시적 타이밍 차트이다. 도 7의 (a)는, 탄소 함유 가스의 유량이 많은 경우에 얻어지는 일례의 기관의 부분 확대 단면도이며, 도 7의 (b)는, 탄소 함유 가스의 유량이 적거나 탄소 함유 가스가 공급되지 않는 경우에 얻어지는 일례의 기관의 부분 확대 단면도이다. 도 8의 (a)는, 챔버 내의 압력이 높은 경우에 얻어지는 일례의 기관의 부분 확대 단면도이며, 도 8의 (b)는, 챔버 내의 압력이 낮은 경우에 얻어지는 일례의 기관의 부분 확대 단면도이다.
- [0092] 도 6의 (a), 도 6의 (b), 및 도 6의 (c)에 나타내는 바와 같이, 일 실시형태의 공정(STb)에서는, 처리 가스에 포함되는 탄소 함유 가스의 유량 및/또는 챔버 내의 압력이 변경된다. 예를 들면, 처리 가스에 포함되는 탄소 함유 가스의 유량 및/또는 챔버 내의 압력은, 단계적으로 감소되어도 된다. 도 6의 (a)에 나타내는 바와 같이, 공정(STb)에서는, 처리 가스에 포함되는 탄소 함유 가스의 유량 및/또는 챔버 내의 압력은, 1단계로 감소되어도 된다. 혹은, 도 6의 (b)에 나타내는 바와 같이, 공정(STb)에서는, 처리 가스에 포함되는 탄소 함유 가스의 유량 및/또는 챔버 내의 압력은, 다단계로 감소되어도 된다. 처리 가스에 포함되는 탄소 함유 가스의 유량 및/또는 챔버 내의 압력의 단계적인 감소에 있어서, 각 단계의 시간 길이는 동일해도 된다. 혹은, 도 6의 (c)에 나타내는 바와 같이, 처리 가스에 포함되는 탄소 함유 가스의 유량 및/또는 챔버 내의 압력의 단계적인 감소에 있어서, 각 단계의 시간 길이는, 상이해도 된다.
- [0093] 처리 가스에 포함되는 탄소 함유 가스의 유량이 많은 경우에는, 기관(W)의 표면 상에 형성되는 탄소 함유의 퇴적물(DPC)의 양이 많아진다. 따라서, 마스크(MK)의 에칭에 대한 막(SF)의 에칭의 선택성이 높아지고, 또, 도 7의 (a)에 나타내는 바와 같이 막(SF)의 측벽의 보잉이 억제된다. 그러나, 처리 가스에 포함되는 탄소 함유 가스의 유량이 많은 경우에는, 막(SF)에 형성되는 오목부의 폭이 작아지는 경우가 있어, 마스크(MK)의 개구의 폭 및 막(SF)에 형성되는 오목부의 바닥에 있어서의 폭이 작아지는 경우가 있다.
- [0094] 한편, 처리 가스에 포함되는 탄소 함유 가스의 유량이 적거나 탄소 함유 가스가 공급되지 않는 경우에는, 기관(W)의 표면 상에 형성되는 탄소 함유의 퇴적물(DPC)의 양이 적어진다. 따라서, 도 7의 (b)에 나타내는 바와 같이, 마스크(MK)의 개구의 폭 및 막(SF)에 형성되는 오목부의 바닥에 있어서의 폭이 커진다. 그러나, 막(SF)의 측벽의 보잉이 발생하여, 막(SF)에 형성되는 오목부의 일부에 있어서의 폭이 커지는 경우가 있다.
- [0095] 따라서, 공정(STb)에 있어서 처리 가스에 포함되는 탄소 함유 가스의 유량이 단계적으로 감소되는 경우에는, 에칭의 높은 선택성 및 보잉의 억제의 효과를 유지하면서, 마스크(MK)의 개구의 폭 및 막(SF)의 오목부의 바닥에서의 폭의 축소를 억제할 수 있다.
- [0096] 또, 공정(STb)에 있어서의 챔버 내의 압력이 높은 경우에는, 막(SF)의 에칭 레이트가 높아진다. 그러나, 공정(STb)에 있어서의 챔버 내의 압력이 높은 경우에는, 도 8의 (a)에 나타내는 바와 같이, 막(SF)에 형성되는 오목부의 바닥에 있어서의 폭이 좁아지는 경우가 있어, 오목부의 벤딩이 발생하는 경우가 있다.
- [0097] 한편, 공정(STb)에 있어서의 챔버 내의 압력이 낮은 경우에는, 이온이 기관(W)에 수직으로 공급되므로, 도 8의 (b)에 나타내는 바와 같이, 막(SF)에 형성되는 오목부의 수직성이 높아진다. 그러나, 오목부의 측벽에 형성되는 탄소 함유의 퇴적물의 양이 적어져, 막(SF)의 측벽의 보잉이 발생하는 경우가 있다.
- [0098] 따라서, 공정(STb)에 있어서 챔버 내의 압력이 단계적으로 감소되는 경우에는, 막(SF)의 에칭 레이트의 저하를 억제하면서, 막(SF)의 측벽의 보잉의 발생을 억제하여, 막(SF)에 형성되는 오목부의 수직성을 높일 수 있다.
- [0099] 일 실시형태에서는, 공정(b)에 있어서, 챔버 내의 압력이 0.666파스칼(5mTorr) 이상, 2.666파스칼(20mTorr) 이하로 설정된 상태에서, 처리 가스에 포함되는 탄소 함유 가스의 유량이 단계적으로 감소되어도 된다. 예를 들면, 공정(b)에 있어서, 챔버 내의 압력이 2파스칼(15mTorr)로 설정된 상태에서, 처리 가스에 포함되는 탄소 함유 가스의 유량이 단계적으로 감소되어도 된다.
- [0100] 이하, 방법(MT)의 평가를 위하여 행한 다양한 실험에 대하여 설명한다.
- [0101] (제1 실험)
- [0102] 제1 실험에서는, 도 2에 나타내는 기관(W)과 동일한 8개의 샘플 기관, 즉 제1~제8 샘플 기관을 준비했다. 막

(SF)은, 복수의 실리콘 산화막과 복수의 실리콘 질화막의 교호의 적층을 포함하는 다층막이었다. 마스크(MK)는, 어모퍼스카본제였다. 제1 실험에서는, 플라즈마 처리 장치(1)를 이용하여, 8개의 샘플 기관의 막(SF)의 플라즈마 에칭을 행했다. 플라즈마 에칭에서는, 플루오로카본 가스, 하이드로플루오로카본 가스, 탄소를 포함하지 않는 불소 함유 가스, 및 할로젠 함유 가스를 포함하는 처리 가스를 이용했다. 제1 샘플 기관의 플라즈마 에칭에 이용한 처리 가스는, 불화 수소 가스를 포함하고 있지 않았다. 제2~제8 샘플 기관의 플라즈마 에칭에 이용한 처리 가스에서는, 해당 처리 가스의 전체 유량에 대한 불화 수소 가스의 유량은, 각각 34.2체적%, 51.0체적%, 80.0체적%, 95.2체적%, 98.8체적%, 99.5체적%, 및 100체적%였다. 또한, 제1 실험에서는, 플라즈마 에칭의 개시 전에, 샘플 기관을 재치하는 정전 척(20)의 온도를 -50℃ 이하의 온도로 조정했다.

[0103] 제1 실험에서는, 8개의 샘플 기관의 막(SF)의 플라즈마 에칭의 결과로부터, 마스크(MK)의 에칭에 대한 막(SF)의 에칭의 선택비를 구했다. 구체적으로, 8개의 샘플 기관의 막(SF)의 플라즈마 에칭의 결과로부터, 막(SF)의 에칭 레이트를 마스크(MK)의 에칭 레이트로 나눔으로써 선택비를 구했다.

[0104] 제1 실험의 결과를 도 9의 그래프에 나타낸다. 도 9의 그래프에 있어서, 가로축은, 유량비를 나타내고 있다. 유량비는, 회가스를 제외한 처리 가스의 전체 유량에서 차지하는 불화 수소 가스의 유량의 비율(체적%)이다. 도 9의 그래프에 있어서, 세로축은, 선택비를 나타내고 있다. 도 9에 있어서, 참조 부호 P1~P8은 각각, 제1~제8 샘플 기관의 막(SF)의 플라즈마 에칭의 결과로부터 구한 선택비를 나타내고 있다.

[0105] 도 9에 나타내는 바와 같이, 제1 실험의 결과, 선택비는, 회가스를 제외한 처리 가스의 전체 유량에 대한 불화 수소 가스의 유량의 비율(이하, "유량비"라고 한다.)의 증가에 따라 증가하는 것이 확인되었다. 특히, 유량비가 80체적% 이상인 영역에서는, 유량비가 80체적% 미만인 영역과 비교하여, 유량비의 증가에 대한 선택비의 증가율이 큰(도 9의 그래프에 있어서의 근사 곡선의 기울기가 큰) 것이 확인되었다. 이 이유는, 이하와 같이 생각된다. 유량비가 80체적% 미만인 영역에서는, 유량비의 증가에 따라, 막(SF)의 에칭 레이트가 상승하고, 이로써 선택비가 증가한다. 단, 이 영역에서는, 마스크도 어느 정도 에칭되기 때문에, 유량비의 증가에 대한 선택비의 증가는 비교적 완만해진다. 한편, 유량비가 80체적% 이상인 영역에서는, 막(SF)의 에칭 레이트는 포화 경향이 되지만, 마스크의 에칭 속도가 저하되고, 이로써 선택비가 증가한다. 즉, 유량비가 80체적% 이상인 영역에서는, 막(SF)이 높은 에칭 레이트를 유지한 상태로 에칭되는 한편, 마스크가 거의 에칭되지 않게 되기 때문에, 유량비의 증가에 대한 선택비의 증가율이 커진다.

[0106] 또, 도 9로부터, 불화 수소 가스의 유량이 회가스를 제외한 처리 가스의 전체 유량에 있어서 70체적% 이상을 차지하는 경우에는, 5 이상의 선택비가 얻어지는 것을 알 수 있다. 특히, 불화 수소 가스의 유량이, 회가스를 제외한 처리 가스의 전체 유량에 있어서 90체적% 이상을 차지하는 경우에는 7 이상의 선택비가, 95체적% 이상을 차지하는 경우에는 7.5 이상의 선택비가 얻어지는 것을 알 수 있다.

[0107] (제2 실험)

[0108] 제2 실험에서는, 제1 실험에서 이용한 샘플 기관과 동일한 3개의 샘플 기관, 즉 제9~제11 샘플 기관을 준비했다. 제2 실험에서는, 플라즈마 처리 장치(1)를 이용하여, 3개의 샘플 기관의 막(SF)의 플라즈마 에칭을 행했다. 플라즈마 에칭에서는, 불화 수소 가스 및 탄소 함유 가스를 포함하는 처리 가스를 이용했다. 제9 샘플 기관에 대해서는, 불화 수소 가스 및 CH_2F_2 가스를 포함하는 처리 가스를 이용했다. 제10 샘플 기관에 대해서는, 불화 수소 가스 및 C_4F_8 가스를 포함하는 처리 가스를 이용했다. 제11 샘플 기관에 대해서는, 불화 수소 가스 및 $\text{C}_4\text{F}_6\text{H}_2$ 가스를 포함하는 처리 가스를 이용했다. 또한, 제2 실험에서는, 플라즈마 에칭의 개시 전에, 샘플 기관을 재치하는 정전 척(20)의 온도를 -50℃ 이하의 온도로 조정했다.

[0109] 제2 실험에서는, 3개의 샘플 기관의 막(SF)의 플라즈마 에칭의 결과로부터, 마스크(MK)의 에칭에 대한 막(SF)의 에칭의 선택비를 구했다. 구체적으로, 3개의 샘플 기관의 막(SF)의 플라즈마 에칭의 결과로부터, 막(SF)의 에칭 레이트를 마스크(MK)의 에칭 레이트로 나눔으로써 선택비를 구했다.

[0110] 제2 실험의 결과를 도 10의 그래프에 나타낸다. 도 10의 그래프에 있어서, 참조 부호 Sub. 9~11은, 제9~제11 샘플 기관의 막(SF)의 플라즈마 에칭의 결과로부터 구한 선택비를 나타내고 있다.

[0111] 도 10에 나타내는 바와 같이, 제2 실험의 결과, 어느 샘플 기관에 있어서도 선택비가 6 이상인 것이 확인되었다. 특히, 제11 샘플 기관에서는 선택비가 14 정도이며, 가장 높은 선택비가 얻어지는 것이 확인되었다.

[0112] (제3 실험)

- [0113] 제3 실험에서는, 제1 실험에서 이용한 샘플 기판과 동일한 4개의 샘플 기판, 즉 제12~제15 샘플 기판을 준비했다. 제3 실험에서는, 플라즈마 처리 장치(1)를 이용하여, 4개의 샘플 기판의 막(SF)의 플라즈마 에칭을 행했다. 플라즈마 에칭에서는, 불화 수소 가스 및 C_4F_8 가스를 포함하는 처리 가스를 이용했다. 제12 샘플 기판에 대하여 이용한 처리 가스는, 그 외의 가스를 포함하고 있지 않았다. 제13 샘플 기판에 대하여 이용한 처리 가스는, 10sccm의 Cl_2 가스를 포함하고 있었다. 제14 샘플 기판에 대하여 이용한 처리 가스는, 10sccm의 HBr 가스를 포함하고 있었다. 제15 샘플 기판에 대하여 이용한 처리 가스는, 10sccm의 CF_3I 가스를 포함하고 있었다. 4개의 샘플 기판의 플라즈마 에칭에 있어서, 챔버 내의 압력은, 23mTorr(3.066Pa)였다. 또, 고주파 전력 HF는, 40MHz, 5.5kW의 고주파 전력이었다. 또, 전기 바이어스로서, -6kV의 전압의 펄스파를 400kHz의 주파수로 주기적으로 공급했다. 4개의 샘플 기판의 플라즈마 에칭의 시간은, 6분이었다. 또한, 제3 실험에서는, 플라즈마 에칭의 개시 전에, 샘플 기판을 재치하는 정전 척(20)의 온도를 $-70^{\circ}C$ 의 온도로 조정했다.
- [0114] 제3 실험에서는, 막(SF)에 형성된 오목부의 폭을 막(SF)의 측벽에 있어서 보잉이 발생하고 있던 지점에 있어서 측정했다. 그 결과, 제13 샘플 기판의 오목부의 폭은, 제12 샘플 기판의 오목부의 폭에 대하여 14nm 작아져 있었다. 제14 샘플 기판의 오목부의 폭은, 제12 샘플 기판의 오목부의 폭에 대하여 19nm 작아져 있었다. 또, 제15 샘플 기판의 오목부의 폭은, 제12 샘플 기판의 오목부의 폭에 대하여 42nm 작아져 있었다. 제3 실험의 결과, 처리 가스가 Cl_2 가스, HBr 가스, 또는 CF_3I 가스와 같은 할로젠 함유 가스를 포함하는 경우에, 막(SF)의 측벽의 보잉이 억제되는 것이 확인되었다. 또, 할로젠 함유 가스가, 비교적 높은 질량을 갖는 아이오딘을 포함하는 경우에, 막(SF)의 측벽의 보잉이 크게 억제되는 것이 확인되었다.
- [0115] (제4 실험)
- [0116] 제4 실험에서는, 제1 실험에서 이용한 샘플 기판과 동일한 제16 샘플 기판을 준비했다. 제4 실험에서는, 플라즈마 처리 장치(1)를 이용하여, 제16 샘플 기판의 막(SF)의 플라즈마 에칭을 행했다. 플라즈마 에칭에서는, 불화 수소 가스, C_4F_8 가스, 및 Xe 가스를 포함하는 처리 가스를 이용했다. 제16 샘플 기판의 플라즈마 에칭에 있어서, 챔버 내의 압력은, 23mTorr(3.066Pa)였다. 또, 고주파 전력 HF는, 40MHz, 5.5kW의 고주파 전력이었다. 또, 전기 바이어스로서, -6kV의 전압의 펄스파를 400kHz의 주파수로 주기적으로 공급했다. 제16 샘플 기판의 플라즈마 에칭의 시간은, 6분이었다. 또한, 제4 실험에서는, 플라즈마 에칭의 개시 전에, 샘플 기판을 재치하는 정전 척(20)의 온도를 $-70^{\circ}C$ 의 온도로 조정했다.
- [0117] 도 11의 (a), 도 11의 (b), 도 11의 (c)는 각각, 제12 샘플 기판, 제15 샘플 기판, 및 제16 샘플 기판의 플라즈마 에칭 후의 단면 사진이다. 도 11의 (a)에 나타내는 바와 같이, 제12 샘플 기판의 마스크(MK)의 측면은 테이퍼 형상으로 되어 있었다. 한편, 도 11의 (b)에 나타내는 바와 같이, CF_3I 가스를 포함하는 처리 가스를 이용하여 에칭한 제15 샘플 기판에서는, 마스크(MK)의 측면은 높은 수직성을 갖고 있었다. 또, 도 11의 (c)에 나타내는 바와 같이, Xe 가스를 포함하는 처리 가스를 이용하여 에칭한 제16 샘플 기판에서는, 마스크(MK)의 측면은 높은 수직성을 갖고 있었다. 또한, Xe (제논)는 아이오딘의 질량에 가까운 질량을 갖고 있으므로, 도 11의 (b) 및 도 11의 (c)에 나타내는 바와 같이, 제15 샘플 기판의 단면 프로파일과 제16 샘플 기판의 단면 프로파일은 서로 유사했다. 이 점에서, 막(SF)의 측벽의 보잉은, 아이오딘 및/또는 Xe 와 같은 비교적 큰 질량을 갖는 원소를 포함하는 가스를 이용함으로써, 억제 가능한 것을 알 수 있다.
- [0118] (제5 실험 및 제6 실험)
- [0119] 제5 실험에서는, 플라즈마 처리 장치(1)를 이용하여, 불화 수소 가스 및 아르곤 가스의 혼합 가스인 처리 가스로부터 플라즈마를 생성하여, 실리콘 산화막을 에칭했다. 제6 실험에서는, 플라즈마 처리 장치(1)를 이용하여, 불화 수소 가스, 아르곤 가스, 및 PF_3 가스의 혼합 가스인 처리 가스로부터 플라즈마를 생성하여, 실리콘 산화막을 에칭했다. 제5 실험 및 제6 실험에서는, 정전 척(20)의 온도를 변경하면서, 실리콘 산화막을 에칭했다. 제5 실험 및 제6 실험에서는, 사중극형 질량 분석계를 이용하여, 실리콘 산화막의 에칭 시의 기상 중의 불화 수소(HF)의 양과 SiF_3 의 양을 측정했다. 도 12의 (a) 및 도 12의 (b)에 제5 실험의 결과 및 제6 실험의 결과를 나타낸다. 도 12의 (a)는, 제5 실험에 있어서의 실리콘 산화막의 에칭 시의 정전 척(20)의 온도와 불화 수소(HF)의 양 및 SiF_3 의 양의 각각의 관계를 나타내고 있다. 또, 도 12의 (b)는, 제6 실험에 있어서의 실리콘 산화막의 에칭 시의 정전 척(20)의 온도와 불화 수소(HF)의 양 및 SiF_3 의 양의 각각의 관계를 나타내고 있다.
- [0120] 도 12의 (a)에 나타내는 바와 같이, 제5 실험에서는, 정전 척(20)의 온도가 약 $-60^{\circ}C$ 이하의 온도인 경우에, 에

천트인 불화 수소(HF)의 양이 감소하고, 실리콘 산화막의 에칭에 의하여 생성되는 반응 생성물인 SiF_3 의 양이 증가하고 있었다. 즉, 제5 실험에서는, 정전 척(20)의 온도가 약 -60°C 이하의 온도인 경우에, 실리콘 산화막의 에칭에 있어서 소비되는 에천트의 양이 증가하고 있었다. 한편, 도 12의 (b)에 나타내는 바와 같이, 제6 실험에서는, 정전 척(20)의 온도가 20°C 이하의 온도인 경우에, 불화 수소(HF)의 양이 감소하고, SiF_3 의 양이 증가하고 있었다. 즉, 제6 실험에서는, 정전 척(20)의 온도가 20°C 이하의 온도인 경우에, 실리콘 산화막의 에칭에 있어서 소비되는 에천트의 양이 증가하고 있었다. 제6 실험에서 이용한 처리 가스는 PF_3 가스를 포함하고 있는 점에서, 제5 실험에서 이용한 처리 가스와 상이하다. 따라서, 제6 실험에서는, 실리콘 산화막의 에칭 시에, 실리콘 산화막의 표면에 인 화학종이 존재하는 상태가 형성되어 있었다. 이 점에서, 인 화학종이 기관의 표면에 존재하는 상태에서는, 오목부의 바닥으로의 에천트 공급이 촉진되어, 실리콘 함유막의 에칭 레이트가 높아지는 것이 확인되었다.

[0121] (제7 실험)

[0122] 제7 실험에서는, 제1 실험에서 준비한 샘플 기관과 동일한 복수의 샘플 기관을 준비했다. 제7 실험에서는, 플라스마 처리 장치(1)를 이용하여 처리 가스로부터 플라스마를 생성하여 복수의 샘플 기관의 막(SF)을 에칭했다. 제7 실험에서 이용한 처리 가스는, 불화 수소 가스 및 플루오로카본 가스를 포함하고 있었다. 제7 실험에서는, 복수의 샘플 기관에 대하여 이용한 처리 가스의 각각에 있어서의 PF_3 가스의 유량의 비율은, 서로 상이했다. 여기에서, PF_3 가스의 유량의 비율은, 처리 가스의 유량에 대한 PF_3 가스의 유량의 비율이다. 제7 실험의 플라스마 에칭에 있어서, 챔버 내의 압력은, 27mTorr(3.6Pa)였다. 또, 고주파 전력 HF는, 40MHz, 4.4kW의 고주파 전력이었다. 또, 전기 바이어스로서, 400kHz, 6kW의 고주파 바이어스 전력을 공급했다. 제7 실험의 플라스마 에칭의 시간은, 6분이었다. 또한, 제7 실험에서는, 플라스마 에칭의 개시 전에, 샘플 기관을 재치하는 정전 척(20)의 온도를 -40°C 의 온도로 조정했다.

[0123] 제7 실험에서는, 복수의 샘플 기관의 각각의 막(SF)의 에칭의 결과로부터, 막(SF)의 에칭 레이트를 구했다. 그리고, PF_3 가스의 유량의 비율과 막(SF)의 에칭 레이트의 관계를 구했다. 그 결과를 도 13에 나타낸다. 도 13에 나타내는 바와 같이, 처리 가스의 유량에 대한 PF_3 가스의 유량의 비율이 2% 이상(또는 2.5% 이상)이면, 높은 에칭 레이트가 얻어지는 것이 확인되었다. 즉, 불화 수소 가스, C_4F_8 가스, 및 인 함유 가스(PF_3 가스)를 포함하는 처리 가스의 유량에 대하여 인 함유 가스의 유량이 2% 이상(또는 2.5% 이상)이면, 높은 에칭 레이트가 얻어지는 것이 확인되었다.

[0124] (제8~제11 실험)

[0125] 제8 실험 및 제9 실험의 각각에서는, 각각이 실리콘 산화막을 갖는 복수의 기관을 준비했다. 제8 실험 및 제9 실험의 각각에서는, 플라스마 처리 장치(1)를 이용하여 처리 가스로부터 플라스마를 생성하여 복수의 샘플 기관의 실리콘 산화막을 에칭했다. 제8 실험 및 제9 실험의 각각에 있어서 복수의 샘플 기관의 실리콘 산화막을 에칭했을 때의 기관 지지기(14)의 온도는 서로 상이했다. 제10 실험 및 제11 실험의 각각에서는, 각각이 실리콘 질화막을 갖는 복수의 기관을 준비했다. 제10 실험 및 제11 실험의 각각에서는, 플라스마 처리 장치(1)를 이용하여 처리 가스로부터 플라스마를 생성하여 복수의 샘플 기관의 실리콘 질화막을 에칭했다. 제10 실험 및 제11 실험의 각각에 있어서 복수의 샘플 기관의 실리콘 질화막을 에칭했을 때의 기관 지지기(14)의 온도는 서로 상이했다. 제8~제11 실험의 각각에서 이용한 처리 가스는, 불화 수소 가스 및 C_4F_8 가스를 포함하고 있었다. 제8 실험 및 제10 실험에서 이용한 처리 가스의 유량에 대한 PF_3 가스의 유량의 비율은 2.5%였다. 제9 실험 및 제11 실험에서 이용한 처리 가스는, PF_3 가스를 포함하고 있지 않았다. 제8~제11 실험의 각각의 다른 조건은, 제7 실험에 관하여 상술한 대응의 조건과 동일했다.

[0126] 제8 실험 및 제9 실험에서는, 복수의 샘플 기관의 각각의 실리콘 산화막의 에칭의 결과로부터, 실리콘 산화막의 에칭 레이트를 구했다. 제10 실험 및 제11 실험에서는, 복수의 샘플 기관의 각각의 실리콘 질화막의 에칭의 결과로부터, 실리콘 질화막의 에칭 레이트를 구했다. 제8~제11 실험에 있어서 설정한 기관 지지기(14)의 온도와 얻어진 에칭 레이트의 관계를, 도 14에 나타낸다. 도 14에 있어서, 범례 No.8, No.9, No.10, No.11은 각각, 제8~제11 실험의 결과를 가리키고 있다. 도 14에 나타내는 바와 같이, PF_3 가스를 처리 가스에 포함시킨 제8 실험에서는, 실리콘 산화막의 에칭 레이트가, PF_3 가스를 포함하지 않는 처리 가스를 이용한 제9 실험의 실리콘 산화

막의 에칭 레이트에 비하여 높아지는 것이 확인되었다. 또, 제8 실험의 결과로부터, PF_3 가스를 포함하는 처리 가스를 이용하는 경우에 있어서 기판 지지기(14)의 온도가 $0^\circ C$ 이하로 설정됨으로써, 실리콘 산화막의 에칭 레이트가 보다 높아지는 것이 확인되었다.

[0127] (제12 실험 및 제13 실험)

[0128] 제12 실험 및 제13 실험의 각각에서는, 플라즈마 처리 장치(1)를 이용하여 처리 가스로부터 플라즈마를 생성하여 샘플 기관의 막(SF)을 에칭했다. 도 15는, 제12 실험 및 제13 실험에서 이용한 샘플 기관의 평면도이다. 샘플 기관에 있어서, 막(SF)은, 실리콘 산화막, 다결정 실리콘막, 및 실리콘 질화막을 포함하는 적층 구조를 갖고 있었다. 마스크(MK)는, 어모퍼스카본제였다. 도 15에 나타내는 바와 같이, 마스크(MK)는, 복수의 개구(OP)를 구획 형성하고 있었다. 복수의 개구(OP)의 각각은, 도 15에 나타내는 바와 같이, 직사각형의 평면 형상을 갖고 있었다. 복수의 개구(OP)는, 도 15에 나타내는 바와 같이, 그들의 복수의 행과 복수의 열을 제공하도록 2차원적으로 배열되어 있었다.

[0129] 제12 실험에서는, 처리 가스는, H_2 가스, Cl_2 가스, HBr 가스, 플루오로카본 가스, 하이드로플루오로카본 가스, 및 NF_3 가스를 포함하는 혼합 가스였다. 제12 실험의 플라즈마 에칭에 있어서, 챔버 내의 압력은, 15mTorr(2Pa)였다. 또, 고주파 전력 HF는, 40MHz, 5.5kW의 고주파 전력이었다. 또, 전기 바이어스로서, 400kHz, 7kW의 고주파 바이어스 전력을 공급했다. 제12 실험의 플라즈마 에칭의 시간은, 1350초였다. 또한, 제12 실험에서는, 플라즈마 에칭의 개시 전에, 샘플 기관을 재치하는 정전 척(20)의 온도를 $-35^\circ C$ 의 온도로 조정했다.

[0130] 제13 실험에서는, 처리 가스는, 불화 수소 가스, PF_3 가스, NF_3 가스, Cl_2 가스, HBr 가스, C_4F_8 가스, 및 CH_2F_2 가스의 혼합 가스였다. 제13 실험의 플라즈마 에칭에 있어서, 챔버 내의 압력은, 25mTorr(3.066Pa)였다. 또, 고주파 전력 HF는, 40MHz, 5.5kW의 고주파 전력이었다. 또, 전기 바이어스로서, -6kV의 전압의 펄스파를 400kHz의 주파수로 주기적으로 공급했다. 제13 실험의 플라즈마 에칭의 시간은, 420초였다. 또한, 제13 실험에서는, 플라즈마 에칭의 개시 전에, 샘플 기관을 재치하는 정전 척(20)의 온도를 $-70^\circ C$ 의 온도로 조정했다.

[0131] 제12 실험 및 제13 실험에서는, 막(SF)의 에칭 레이트 및 마스크(MK)의 에칭에 대한 막(SF)의 에칭의 선택비를 구했다. 그 결과, 제13 실험에 있어서의 막(SF)의 에칭 레이트는, 제12 실험에 있어서의 막(SF)의 에칭 레이트의 약 3배였다. 또, 제13 실험에 있어서의 선택비는, 제12 실험에 있어서의 선택비의 약 2.5배였다. 따라서, 방법(MT)의 공정(STb)에 있어서 이용되는 처리 가스는, 막(SF)의 에칭 레이트 및 마스크(MK)의 에칭에 대한 막(SF)의 에칭의 선택비를 높이는 것이 확인되었다.

[0132] 또, 제12 실험 및 제13 실험의 각각에서는, 도 15에 나타내는 마스크(MK)의 라인(LN)의 LER(Line Edge Roughness)을 구했다. 그 결과, 제12 실험에 있어서의 LER은 26.5nm이며, 제13 실험에 있어서의 LER은 16.8nm였다. 따라서, 방법(MT)의 공정(STb)에 있어서 이용되는 처리 가스는, 마스크(MK)의 형상의 열화를 억제할 수 있는 것이 확인되었다.

[0133] (제14~제18 실험)

[0134] 제14~제18 실험의 각각에서는, 플라즈마 처리 장치(1)를 이용하여 처리 가스로부터 플라즈마를 생성하여, 샘플 기관의 막(SF)을 에칭했다. 제14~제18 실험의 각각에서 이용한 샘플 기관은, 제1 실험에서 준비한 샘플 기관과 동일했다. 플라즈마 에칭에서는, 불화 수소 가스를 포함하는 처리 가스를 이용했다. 제14 실험 및 제16~제18 실험에 있어서, 처리 가스는, C_4F_8 가스를 탄소 함유 가스로서 더 포함하고 있었다. 제15 실험에서는, 처리 가스는, 탄소 함유 가스를 포함하고 있지 않았다. 제16 실험에서는, 플라즈마 에칭의 개시 시점부터 종료 시점까지의 사이에, 2단계로 탄소 함유 가스의 유량을 0sccm까지 감소시켰다. 제17 실험에서는, 플라즈마 에칭의 개시 시점부터 종료 시점까지의 사이에, 3단계로 탄소 함유 가스의 유량을 0sccm까지 감소시켰다. 제18 실험에서는, 플라즈마 에칭의 개시 시점부터 종료 시점까지의 사이에, 5단계로 탄소 함유 가스의 유량을 0sccm까지 감소시켰다. 제14~제18 실험의 플라즈마 에칭에 있어서, 챔버 내의 압력은, 23mTorr(3.066Pa)였다. 또, 고주파 전력 HF는, 40MHz, 5.5kW의 고주파 전력이었다. 또, 전기 바이어스로서, -6kV의 전압의 펄스파를 400kHz의 주파수로 주기적으로 공급했다. 제14~제18 실험에서는, 플라즈마 에칭의 개시 전에, 샘플 기관을 재치하는 정전 척(20)의 온도를 $-70^\circ C$ 의 온도로 조정했다.

[0135] 제14~제18 실험의 각각에서는, 막(SF)에 형성된 오목부의 바닥의 폭(Bottom CD)과 막(SF)의 측벽에 보잉이 발생하고 있는 지점에서의 오목부의 폭(Bow CD)을 구했다. 또, Bottom CD와 Bow CD의 차(Difference)를 구했다. 도 16에, 제14~제18 실험의 결과를 나타낸다. 도 16에 있어서, No.14, No.15, No.16, No.17, No.18은 각각, 제14~

제18 실험의 결과를 나타내고 있다. 도 16에서는, 각 실험에 있어서 구한 Bottom CD를 제14 실험에 있어서 구한 Bottom CD로 규격한 값을 나타내고 있다. 또, 도 16에서는, 각 실험에 있어서 구한 Bow CD를 제14 실험에 있어서 구한 Bow CD로 규격한 값을 나타내고 있다. 또, 도 16에서는, 각 실험에 있어서 구한 Difference를 제14 실험에 있어서 구한 Difference로 규격한 값을 나타내고 있다.

[0136] 제15 실험에서는, 처리 가스는 탄소 함유 가스를 포함하고 있지 않았으므로, Bottom CD는, 제14 실험에 있어서의 Bottom CD보다 커졌지만, Bow CD도, 제14 실험에 있어서의 Bow CD보다 커져 있었다. 한편, 제16~제18 실험의 각각에서는, 제14 실험에 있어서의 Bow CD에 대하여 Bow CD의 증가가 억제되어 있으며, 또한, Bottom CD가 제14 실험에 있어서의 Bottom CD에 대하여 증가하고 있었다. 또, 제16~제18 실험의 각각에서는, Difference가, 제14 실험에 있어서의 Difference에 대하여 상당히 작아져 있었다. 따라서, 플라즈마 에칭 중에 처리 가스에 있어서의 탄소 함유 가스의 유량을 단계적으로 감소시킴으로써, Bow CD를 억제하면서, 오목부의 수직성을 높이는 것이 가능한 것이 확인되었다.

[0137] (제19 실험)

[0138] 제19 실험에서는, 제17 실험의 샘플 기관과 동일한 샘플 기관의 막(SF)의 플라즈마 에칭을 행했다. 제19 실험의 플라즈마 에칭은, 챔버 내의 압력이 15mTorr(2Pa)인 점에 있어서 제17 실험의 플라즈마 에칭의 조건과 상이했다. 제19 실험에서는, 제14 실험에 있어서의 Bow CD에 대하여 Bow CD의 증가가 억제되어 있으며, 또한, Bottom CD가 제14 실험에 있어서의 Bottom CD에 대하여 약 1.4배 증가되어 있었다. 따라서, 챔버 내의 압력을 비교적 낮은 압력으로 설정하고, 또한, 처리 가스에 포함되는 탄소 함유 가스의 유량을 단계적으로 감소시킴으로써, Bow CD를 억제하면서, 오목부의 수직성을 더 높이는 것이 가능한 것이 확인되었다.

[0139] (제20 및 제21 실험)

[0140] 제20 및 제21 실험에 있어서는, 플라즈마 처리 장치(1)를 이용하여, 제1 실험의 샘플 기관과 동일한 샘플 기관의 막(SF)의 플라즈마 에칭을 행했다. 제20 실험에서는, 플라즈마 에칭을 위한 처리 가스로서, H_2 가스, 하이드로플루오로카본 가스, 플루오로카본 가스, 불소 함유 가스, 및 할로젠 함유 가스를 포함하는 혼합 가스를 이용했다. 제21 실험에서는, 플라즈마 에칭을 위한 처리 가스로서, 불화 수소 가스, C_4F_8 가스, 및 O_2 가스를 포함하는 혼합 가스를 이용했다. 제20 및 제21 실험의 플라즈마 에칭에서는, 챔버 내의 압력은, 27mTorr(3.6Pa)였다. 또, 고주파 전력 HF는, 40MHz, 4.4kW의 고주파 전력이었다. 또, 전기 바이어스로서, 400kHz, -6kV의 고주파 바이어스 전력을 이용했다. 제20 및 제21 실험에서는, 플라즈마 에칭의 개시 전에, 샘플 기관을 재치하는 정전 척(20)의 온도를 -40℃의 온도로 조정했다.

[0141] 그리고, 제20 및 제21 실험에서는, 막(SF)의 에칭 레이트 및 마스크(MK)의 에칭에 대한 막(SF)의 에칭의 선택비를 구했다. 그 결과, 제20 및 제21 실험에 있어서의 막(SF)의 에칭 레이트는 각각, 310nm/분, 296nm/분이었다. 또, 제20 및 제21 실험에 있어서의 선택비는 각각, 3.24, 6.52였다. 제20~제21 실험의 결과, 처리 가스에 불화 수소 가스를 첨가함으로써 마스크(MK)의 에칭 레이트가 저하되어 선택비가 향상되는 것이 확인되었다.

[0142] 이상, 다양한 예시적 실시형태에 대하여 설명해 왔지만, 상술한 예시적 실시형태에 한정되지 않고, 다양한 추가, 생략, 치환, 및 변경이 이루어져도 된다. 또, 상이한 실시형태에 있어서의 요소를 조합하여 다른 실시형태를 형성하는 것이 가능하다.

[0143] 예를 들면, 방법(MT)에 있어서 이용되는 플라즈마 처리 장치는, 플라즈마 처리 장치(1) 이외의 용량 결합형의 플라즈마 처리 장치여도 된다. 혹은, 방법(MT)에 있어서 이용되는 플라즈마 처리 장치는, 유도 결합형의 플라즈마 처리 장치, ECR(전자 사이클로트론 공명) 플라즈마 처리 장치, 또는 마이크로파와 같은 표면파를 이용하여 플라즈마를 생성하는 플라즈마 처리 장치 등이어도 된다.

[0144] 또, 플라즈마 처리 장치는, 고주파 전력 LF를 하부 전극(18)에 공급하는 바이어스 전원(64)에 더하여, 전압의 펄스를 단독적으로 또는 주기적으로 하부 전극(18)에 인가하도록 구성된 다른 바이어스 전원을 구비하고 있어도 된다.

[0145] 또, 개시하는 실시형태는, 이하의 양태를 더 포함한다.

[0146] (A1). 실리콘 산화막의 플라즈마 에칭용의 처리 가스로서, 불화 수소 가스, 인 함유 가스, 및 탄소 함유 가스를 포함하는, 처리 가스.

[0147] (A2). 상기 불화 수소 가스의 유량, 상기 인 함유 가스의 유량, 및 상기 탄소 함유 가스의 유량 중, 상기 불화

수소 가스의 유량이 가장 큰, A1에 기재된 처리 가스.

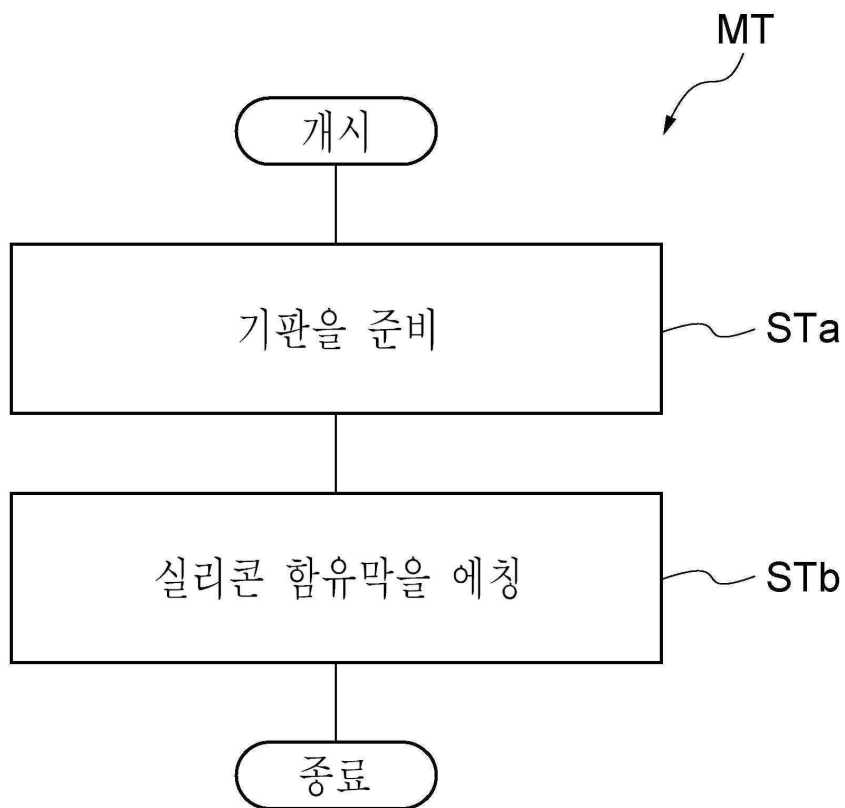
- [0148] (B1). (a) 플라즈마 처리 장치의 챔버 내에 기판을 준비하는 공정이고, 상기 기판은 실리콘 함유막을 포함하는, 상기 공정과,
- [0149] (b) 상기 챔버 내에서 처리 가스로 형성된 플라즈마로부터의 화학종에 의하여 상기 실리콘 함유막을 에칭하는 공정이며, 상기 처리 가스는, 인 함유 가스, 불소 함유 가스, 하이드로플루오로카본 가스, 및 불소 이외의 할로젠 원소를 함유하는 할로젠 함유 가스를 포함하는, 상기 공정을 포함하는, 에칭 방법.
- [0150] (B2). 상기 불소 함유 가스는, 플루오로카본 가스 및 탄소를 함유하지 않는 불소 함유 가스로 이루어지는 군으로부터 선택되는 적어도 하나의 가스를 포함하는, B1에 기재된 에칭 방법.
- [0151] (B3). 상기 탄소를 함유하지 않는 불소 함유 가스는, 삼불화 질소 가스 또는 육불화 황 가스인, B2에 기재된 에칭 방법.
- [0152] (B4). 상기 할로젠 함유 가스는, Cl_2 가스 및/또는 HBr 가스인, B1~B3 중 어느 한 항에 기재된 에칭 방법.
- [0153] 이상의 설명으로부터, 본 개시의 다양한 실시형태는, 설명의 목적으로 본 명세서에서 설명되어 있으며, 본 개시의 범위 및 주지로부터 벗어나지 않고 다양한 변경을 이룰 수 있는 것이, 이해될 것이다. 따라서, 본 명세서에 개시한 다양한 실시형태는 한정하는 것을 의도하고 있지 않고, 실제 범위와 주지는, 첨부된 특허청구의 범위에 의하여 나타난다.

부호의 설명

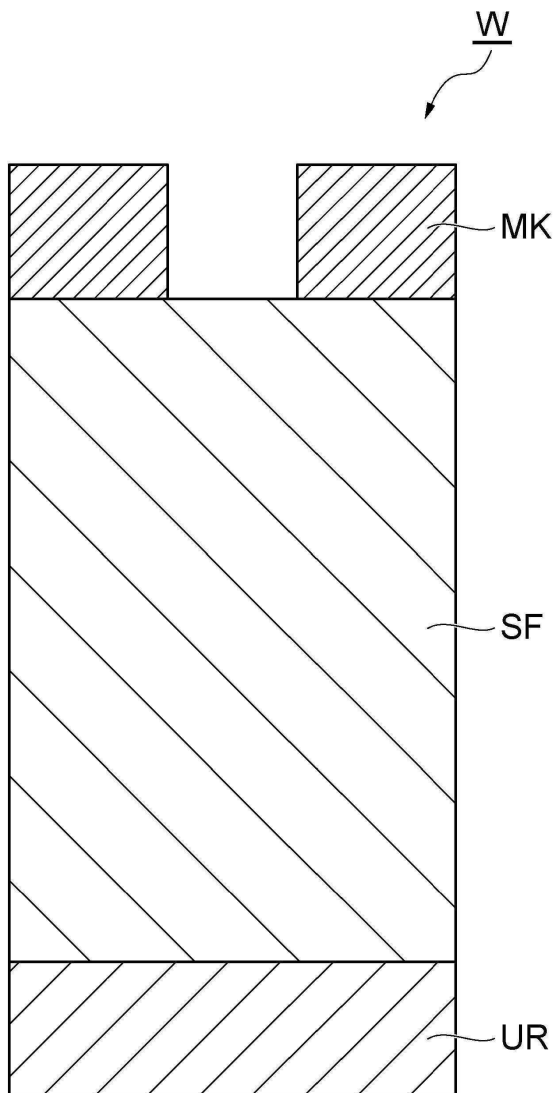
- [0154] 1...플라즈마 처리 장치
- 10...챔버
- 14...기판 지지기
- 80...제어부
- W...기판
- SF...막

도면

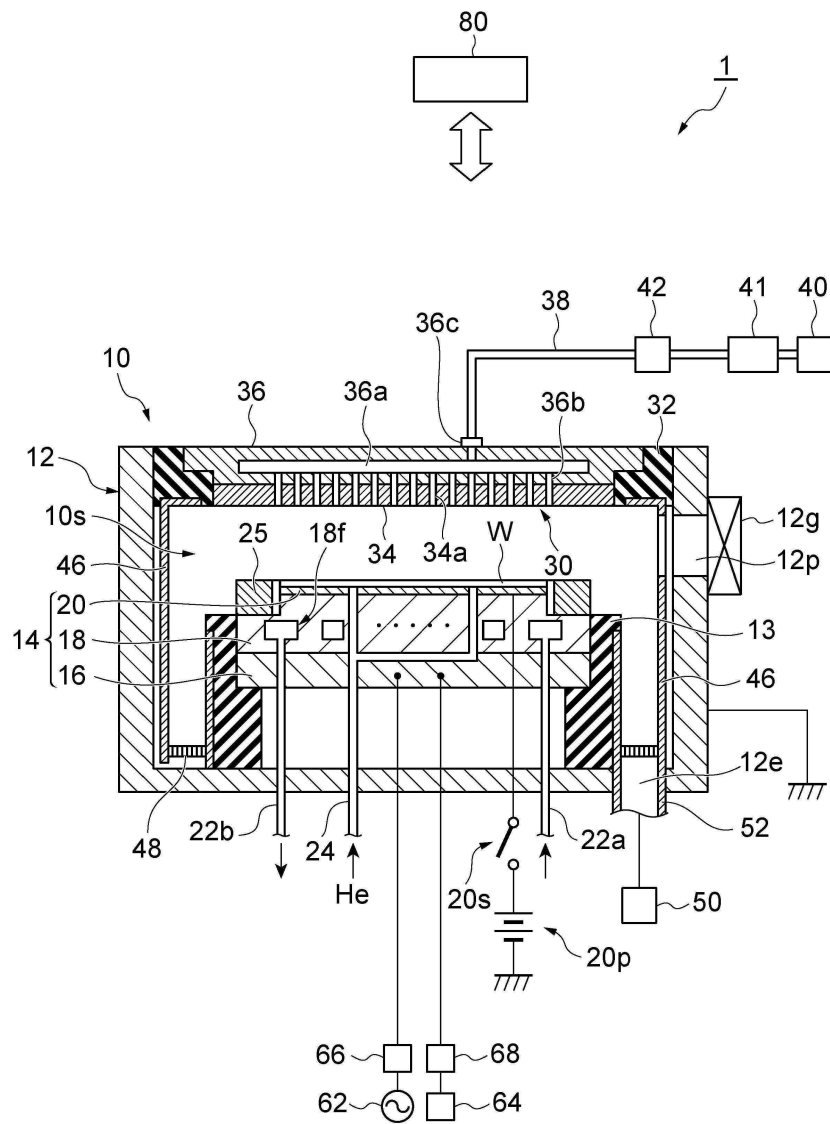
도면1



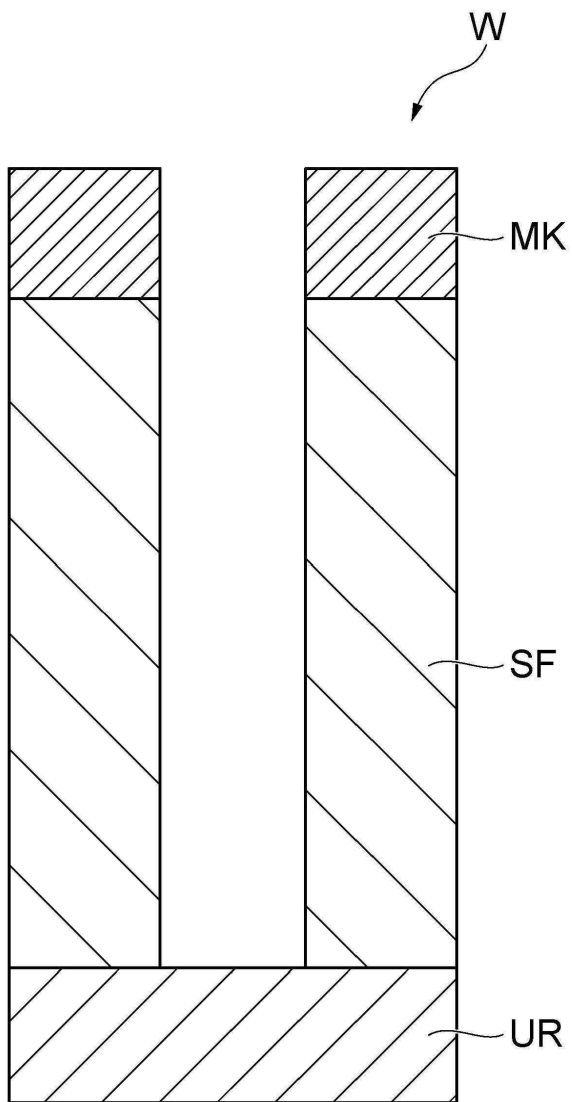
도면2



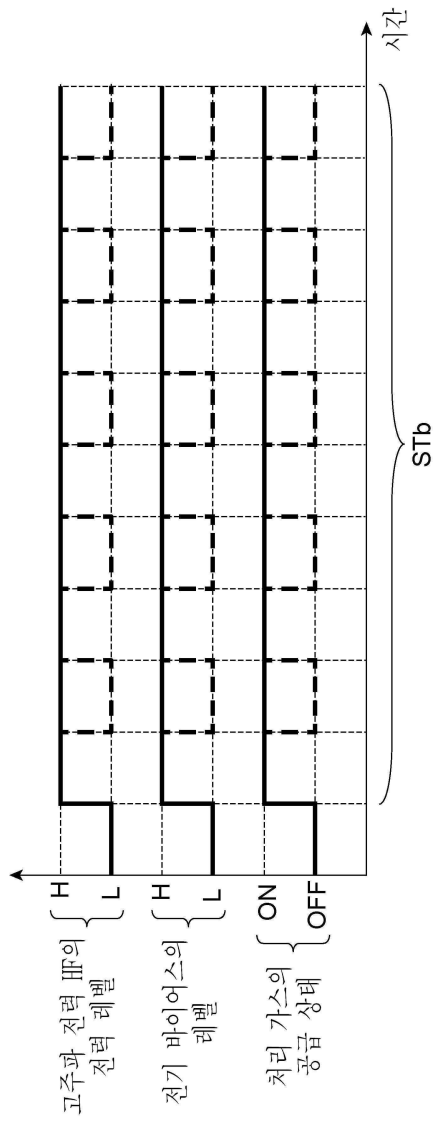
도면3



도면4

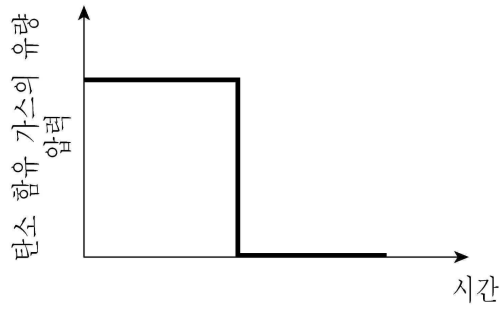


도면5

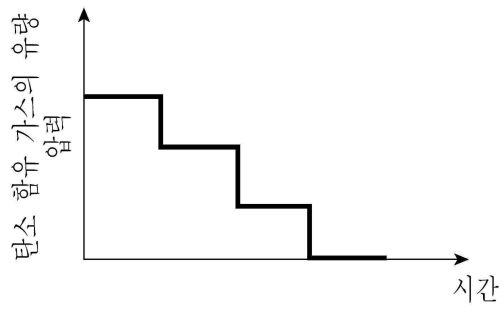


도면6

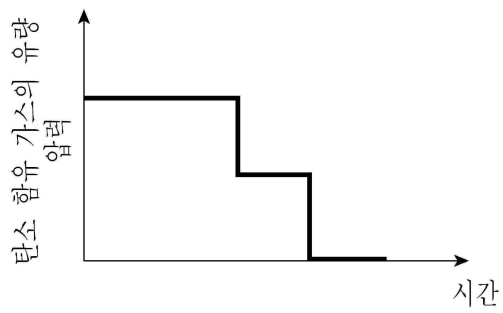
(a)



(b)

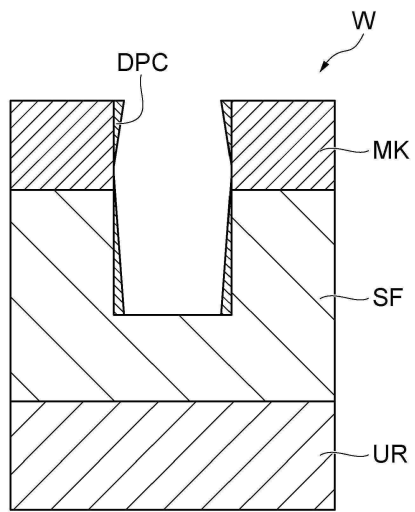


(c)

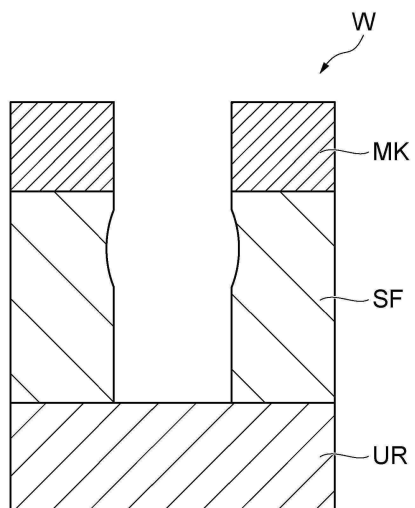


도면7

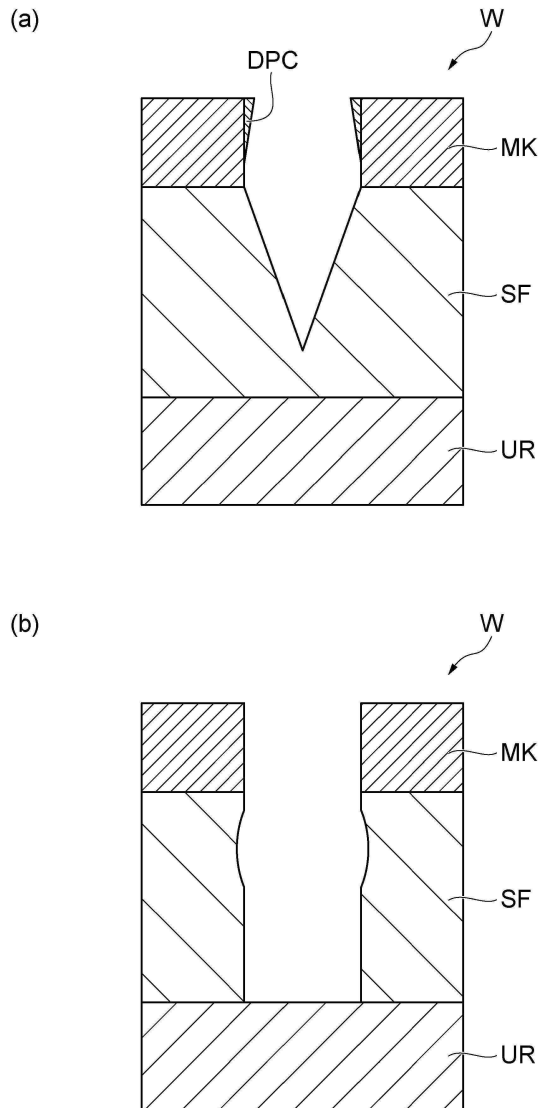
(a)



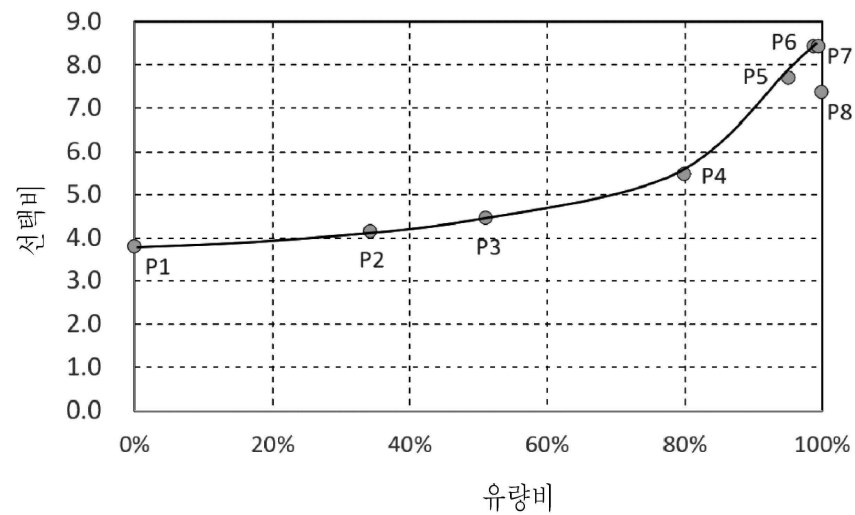
(b)



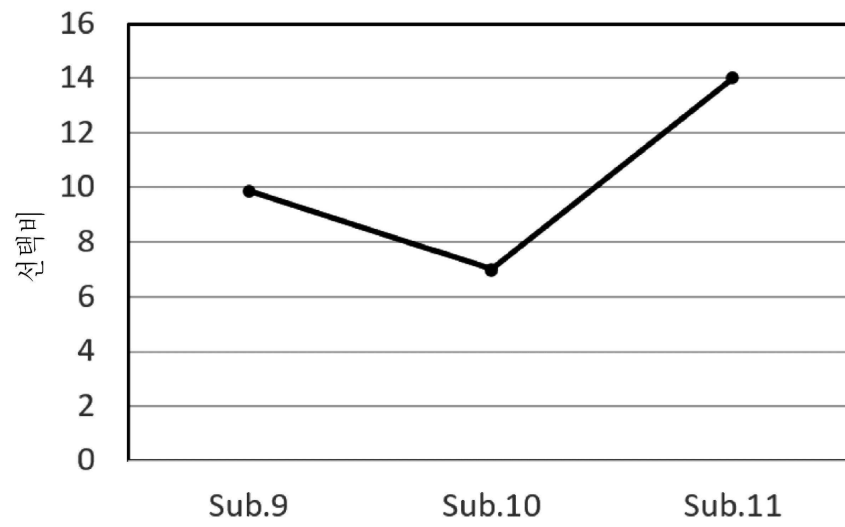
도면8



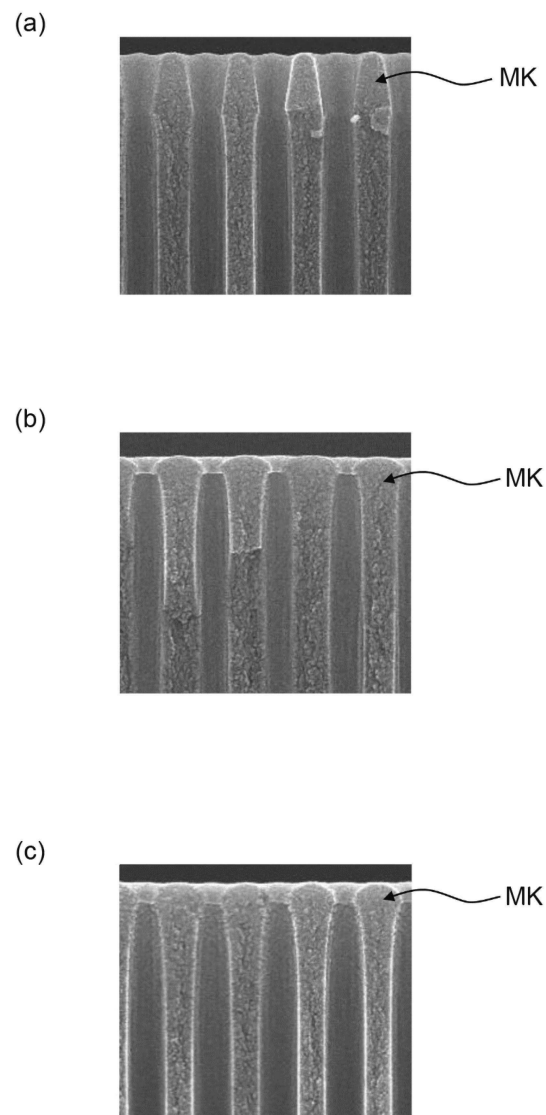
도면9



도면10

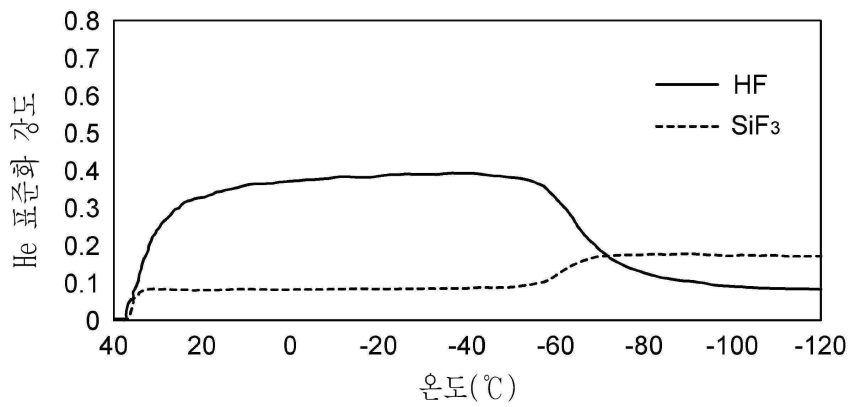


도면11

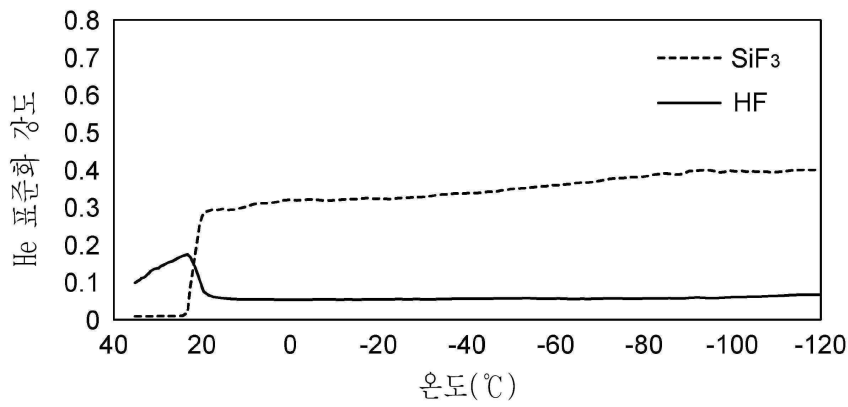


도면12

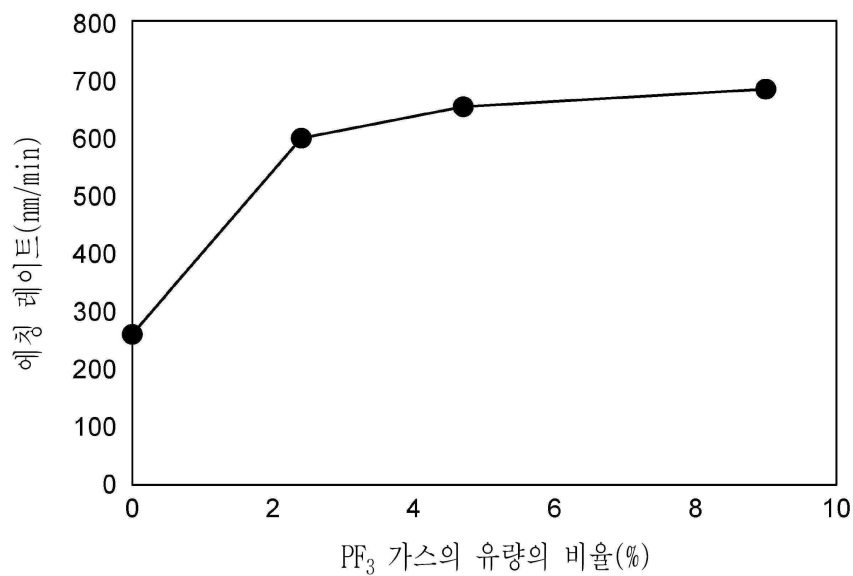
(a)



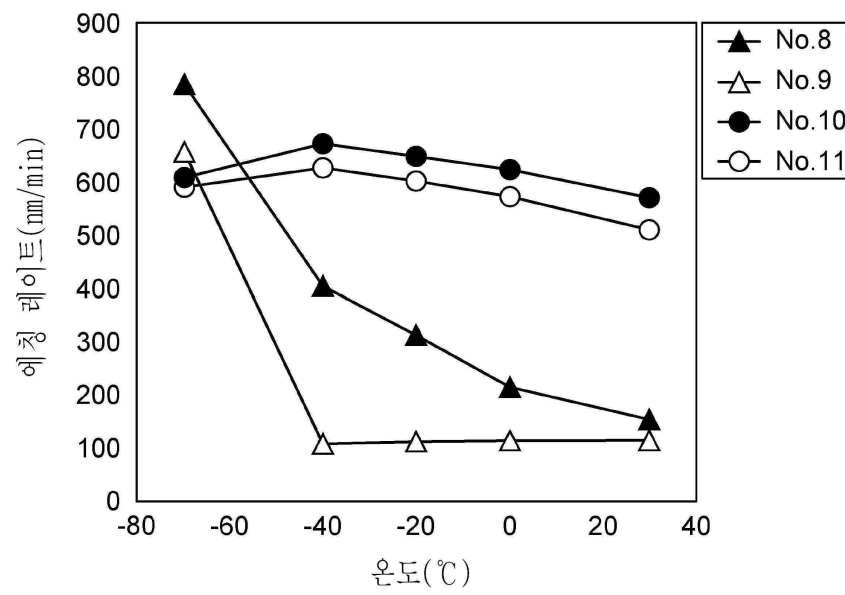
(b)



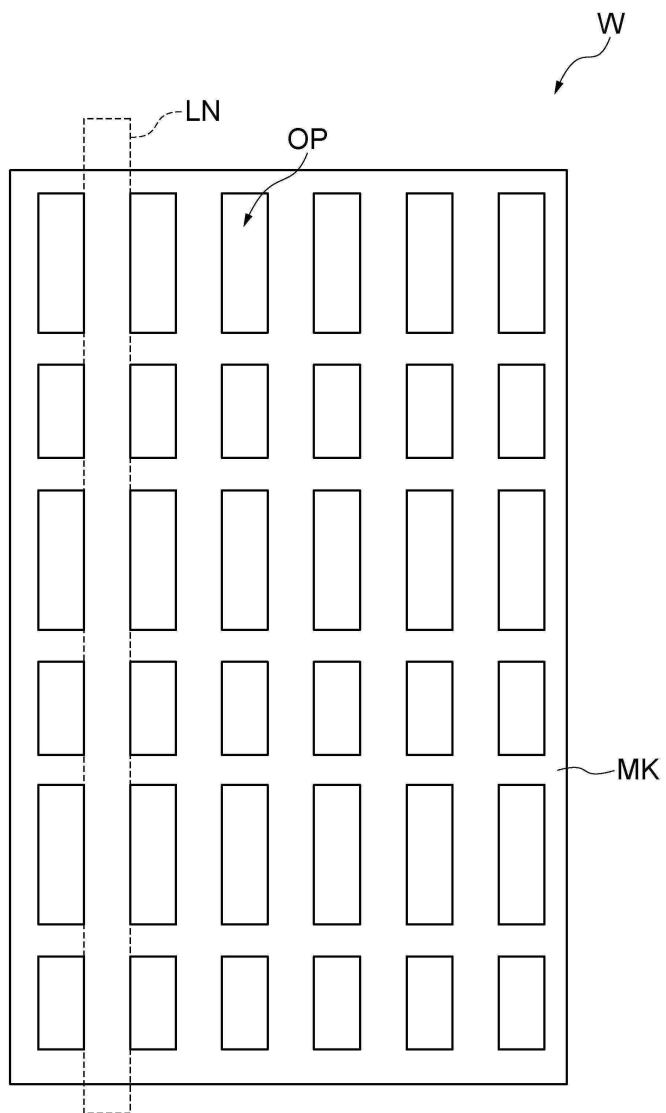
도면13



도면14



도면15



도면16

