



등록특허 10-2767140



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년02월13일
(11) 등록번호 10-2767140
(24) 등록일자 2025년02월07일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/311 (2006.01) *H01J 37/32* (2006.01)
H01L 21/67 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
H01L 21/31116 (2013.01)
H01J 37/32174 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2021-7007621
- (22) 출원일자(국제) 2019년08월13일
심사청구일자 2022년05월16일
- (85) 번역문제출일자 2021년03월12일
- (65) 공개번호 10-2021-0041072
- (43) 공개일자 2021년04월14일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2019/031859
- (87) 국제공개번호 WO 2020/040005
국제공개일자 2020년02월27일

(30) 우선권주장
JP-P-2018-157570 2018년08월24일 일본(JP)

(56) 선행기술조사문현
KR1020020081240 A
(뒷면에 계속)

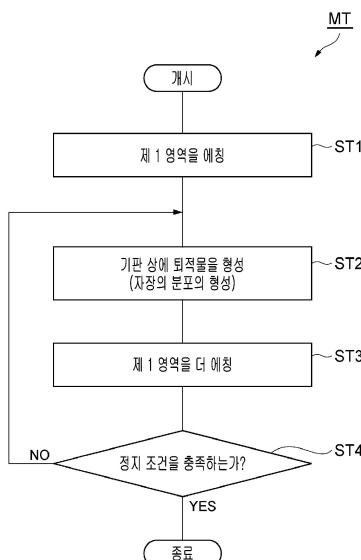
전체 청구항 수 : 총 13 항

심사관 : 장철영

(54) 발명의 명칭 예칭하는 방법 및 플라즈마 처리 장치

(57) 요 약

예시적 실시 형태에 따른 방법에서는, 제 1 영역이 제 2 영역보다 기판 내의 보다 깊은 위치에서 그 상면을 제공하도록, 플라즈마 예칭에 의해 제 1 영역이 예칭된다. 이어서, 플라즈마 처리 장치의 챔버 내에서 탄화수소 가스의 플라즈마를 생성시킴으로써, 기판 상에 탄소를 포함하는 퇴적물이 형성된다. 이어서, 플라즈마 예칭에 의해, 제 1 영역이 더 예칭된다. 탄화수소 가스의 플라즈마의 생성 중에는, 전자석에 의해, 기판의 중심 상에서의 수평 성분보다 큰 수평 성분을 기판의 옆지측 상에서 가지는 자장의 분포가 형성된다.

대 표 도 - 도1

(52) CPC특허분류

H01J 37/3266 (2013.01)

H01L 21/67069 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌

KR1020170093111 A

KR1020180094801 A

JP2001053061 A

JP2007284794 A

명세서

청구범위

청구항 1

기판의 제 1 영역을 상기 제 1 영역의 재료와는 상이한 재료로 형성된 상기 기판의 제 2 영역에 대하여 선택적으로 에칭하는 방법으로서,

상기 제 1 영역이 상기 제 2 영역보다 상기 기판 내의 보다 깊은 위치에서 그 상면을 제공하도록, 플라즈마 에칭에 의해 상기 제 1 영역을 에칭하는 공정과,

상기 제 1 영역을 에칭하는 상기 공정의 실행 후에, 상기 기판이 그 안에 배치된 플라즈마 처리 장치의 챔버 내에서 탄화수소 가스의 플라즈마를 생성시킴으로써, 상기 기판 상에 탄소를 포함하는 퇴적물을 형성하는 공정과,

탄화수소 가스의 플라즈마를 생성하는 상기 공정의 실행 후에, 플라즈마 에칭에 의해, 상기 제 1 영역을 더 에칭하는 공정

을 포함하고,

퇴적물을 형성하는 상기 공정에서는, 전자석에 의해, 상기 기판의 중심 상에서의 수평 성분보다 큰 수평 성분을 상기 기판의 엣지측 상에서 가지는 차장의 분포가 형성되는,

방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 영역은, 실리콘 함유 재료로 형성되어 있는, 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 제 2 영역은, 금속 함유 재료로 형성되어 있는, 방법.

청구항 4

제 2 항에 있어서,

상기 제 1 영역은, 산화 실리콘으로 형성되어 있고, 상기 제 2 영역은, 질화 실리콘으로 형성되어 있는, 방법.

청구항 5

제 2 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 1 영역을 에칭하는 상기 공정에서는, 상기 기판이 그 안에 배치된 상기 챔버 내에서, 플루오로카본 가스를 포함하는 처리 가스의 플라즈마가 생성되는, 방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 제 1 영역을 더 에칭하는 상기 공정에서는, 상기 기판이 그 안에 배치된 상기 챔버 내에서, 플루오로카본 가스를 포함하는 처리 가스의 플라즈마가 생성되는, 방법.

청구항 7

제 2 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 1 영역을 에칭하는 상기 공정 및 상기 제 1 영역을 더 에칭하는 상기 공정 중 적어도 일방은,

상기 기판 상에 플루오로카본을 포함하는 퇴적물을 형성하기 위하여, 상기 기판이 그 안에 배치된 상기 챔버 내에서, 플루오로카본 가스를 포함하는 처리 가스의 플라즈마를 생성하는 공정과,

상기 기판에 희가스 이온을 공급함으로써 상기 기판 상에 형성된 상기 퇴적물 중의 플루오로카본과 상기 실리콘 함유 재료를 반응시켜 상기 제 1 영역을 에칭하기 위하여, 상기 챔버 내에서 희가스의 플라즈마를 생성하는 공정

을 포함하는, 방법.

청구항 8

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,

퇴적물을 형성하는 상기 공정과 상기 제 1 영역을 더 에칭하는 상기 공정이 교호로 반복되는, 방법.

청구항 9

기판의 제 1 영역을 상기 제 1 영역의 재료와는 상이한 재료로 형성된 상기 기판의 제 2 영역에 대하여 선택적으로 에칭하기 위한 티타늄 플라즈마 처리 장치로서,

챔버와,

하부 전극을 가지고, 상기 챔버 내에 마련된 기판 지지대와,

상기 챔버 내에 가스를 공급하도록 구성된 가스 공급부와,

상기 챔버 내의 가스를 여기시키기 위하여 고주파 전력을 발생시키도록 구성된 고주파 전원과,

상기 챔버의 내부 공간 안에서 자장을 형성하도록 구성된 전자석과,

상기 전자석에 전류를 공급하도록 구성된 구동 전원과,

상기 가스 공급부, 상기 고주파 전원 및 상기 구동 전원을 제어하도록 구성된 제어부

를 구비하고,

상기 제어부는,

상기 제 1 영역이 상기 제 2 영역보다 상기 기판 내의 보다 깊은 위치에서 그 상면을 제공하도록, 티타늄 플라즈마에 의해 상기 제 1 영역을 에칭하기 위하여, 상기 가스 공급부 및 상기 고주파 전원을 제어하는 것을 포함하는 제 1 제어를 실행하고,

상기 제 1 영역을 에칭한 후에, 상기 제 2 영역 상에 탄소를 포함하는 퇴적물을 형성하기 위하여, 탄화수소 가스의 티타늄 플라즈마를 생성하도록, 상기 가스 공급부 및 상기 고주파 전원을 제어하는 것을 포함하는 제 2 제어를 실행하고,

상기 제 2 영역 상에 상기 퇴적물을 형성한 후에, 티타늄 플라즈마에 의해, 상기 제 1 영역을 더 에칭하기 위하여, 상기 가스 공급부 및 상기 고주파 전원을 제어하는 것을 포함하는 제 3 제어를 실행하도록 구성되어 있고,

상기 제 2 제어는, 상기 탄화수소 가스의 상기 티타늄 플라즈마의 생성 중에, 상기 전자석에 의해, 상기 기판의 중심 상에서의 수평 성분보다 큰 수평 성분을 상기 기판의 옆면과 상에서 가지는 자장의 분포를 형성하도록 상기 구동 전원을 제어하는 것을 포함하는,

티타늄 플라즈마 처리 장치.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 제 1 영역은 실리콘 함유 재료로 형성되어 있고,

상기 제 1 제어는, 상기 챔버 내에서 플루오로카본 가스를 포함하는 처리 가스의 티타늄 플라즈마를 생성하도록, 상기 가스 공급부 및 상기 고주파 전원을 제어하는 것을 포함하는, 티타늄 플라즈마 처리 장치.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 제 3 제어는, 상기 챔버 내에서 플루오로카본 가스를 포함하는 처리 가스의 플라즈마를 생성하도록, 상기 가스 공급부 및 상기 고주파 전원을 제어하는 것을 포함하는, 플라즈마 처리 장치.

청구항 12

제 9 항에 있어서,

상기 제 1 영역은 실리콘 함유 재료로 형성되어 있고,

상기 제 1 제어 및 상기 제 3 제어 중 적어도 일방은,

상기 기판 상에 플루오로카본을 포함하는 퇴적물을 형성하기 위하여, 상기 챔버 내에서, 플루오로카본 가스를 포함하는 처리 가스의 플라즈마를 생성하도록, 상기 가스 공급부 및 상기 고주파 전원을 제어하는 것, 및,

상기 기판에 희가스 이온을 공급함으로써 상기 기판 상에 형성된 상기 퇴적물 중의 플루오로카본과 상기 실리콘 함유 재료를 반응시켜 상기 제 1 영역을 에칭하기 위하여, 상기 챔버 내에서 희가스의 플라즈마를 생성하도록, 상기 가스 공급부 및 상기 고주파 전원을 제어하는 것

을 포함하는, 플라즈마 처리 장치.

청구항 13

제 9 항 내지 제 12 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제어부는, 상기 제 2의 제어와 상기 제 3 제어를 교호로 반복하는, 플라즈마 처리 장치.

발명의 설명**기술 분야**

[0001]

본 개시의 예시적 실시 형태는, 에칭하는 방법 및 플라즈마 처리 장치에 관한 것이다.

배경기술

[0002]

전자 디바이스의 제조에 있어서는, 플라즈마 처리 장치를 이용한 플라즈마 에칭이 행해진다. 플라즈마 에칭에서는, 기판의 제 1 영역이 당해 기판의 제 2 영역에 대하여 선택적으로 에칭된다. 제 2 영역은, 제 1 영역의 재료와는 상이한 재료로 형성되어 있다. 특히 문헌 1에는, 산화 실리콘으로 형성된 제 1 영역을, 질화 실리콘으로 형성된 제 2 영역에 대하여 선택적으로 에칭하는 방법이 기재되어 있다.

[0003]

특히 문헌 1에 기재된 방법에서는, 기판 상에 플루오로카본의 퇴적물이 형성된다. 퇴적물을 형성하기 위하여, 플라즈마 처리 장치의 챔버 내에서는 플루오로카본 가스의 플라즈마가 생성된다. 이어서, 희가스의 이온이 기판에 공급된다. 희가스의 이온을 생성하기 위하여, 챔버 내에서 희가스의 플라즈마가 생성된다. 희가스 이온이 기판에 공급됨으로써, 퇴적물 중의 플루오로카본과 제 1 영역의 산화 실리콘이 반응한다. 그 결과, 제 1 영역이 에칭된다. 한편, 제 2 영역은 퇴적물에 의해 보호된다.

선행기술문헌**특허문헌**

[0004]

(특허문헌 0001) 일본특허공개공보 2016-136606호

발명의 내용**해결하려는 과제**

[0005] 기판에 대하여 적용되는 에칭의 선택성 및 당해 에칭의 면내 균일성을 향상시키는 것이 요구되고 있다.

과제의 해결 수단

[0006] 하나의 예시적 실시 형태에 있어서, 기판의 제 1 영역을 제 1 영역의 재료와는 상이한 재료로 형성된 기판의 제 2 영역에 대하여 선택적으로 에칭하는 방법이 제공된다. 방법은, 제 1 영역이 제 2 영역보다 기판 내의 보다 깊은 위치에서 그 상면을 제공하도록, 플라즈마 에칭에 의해 제 1 영역을 에칭하는 공정을 포함한다. 방법은, 제 1 영역을 에칭하는 공정의 실행 후에, 기판이 그 안에 배치된 플라즈마 처리 장치의 챔버 내에서 탄화수소 가스의 플라즈마를 생성시킴으로써, 기판 상에 탄소를 포함하는 퇴적물을 형성하는 공정을 더 포함한다. 방법은, 탄화수소 가스의 플라즈마를 생성하는 공정의 실행 후에, 플라즈마 에칭에 의해, 제 1 영역을 더 에칭하는 공정을 더 포함한다. 퇴적물을 형성하는 공정에서는, 전자석에 의해, 기판의 중심 상에서의 수평 성분보다 큰 수평 성분을 기판의 엣지측 상에서 가지는 자장의 분포가 형성된다.

발명의 효과

[0007] 하나의 예시적 실시 형태에 의하면, 기판에 대하여 적용되는 에칭의 선택성 및 당해 에칭의 면내 균일성을 향상시키는 것이 가능해진다.

도면의 간단한 설명

[0008] 도 1은 하나의 예시적 실시 형태에 따른 에칭하는 방법을 나타내는 흐름도이다.

도 2는 일례의 기판의 부분 단면도이다.

도 3은 하나의 예시적 실시 형태에 따른 플라즈마 처리 장치를 개략적으로 나타내는 도이다.

도 4는 도 3에 나타내는 플라즈마 처리 장치의 접지 도체의 내부의 구성의 일례를 나타내는 평면도이다.

도 5는 도 1에 나타내는 공정(ST1) 및 공정(ST3)의 각각에 있어서 실행될 수 있는 처리의 예를 나타내는 흐름도이다.

도 6의 (a)는 방법(MT)의 공정(ST1)에 있어서 도 5에 나타내는 공정(STa)이 적용된 일례의 기판의 부분 단면도이며, 도 6의 (b)는 방법(MT)의 공정(ST1)에 있어서 도 5에 나타내는 공정(STb)이 적용된 일례의 기판의 부분 단면도이다.

도 7은 방법(MT)의 공정(ST1)이 적용된 일례의 기판의 부분 단면도이다.

도 8은 방법(MT)의 공정(ST2)이 적용된 일례의 기판의 부분 단면도이다.

도 9의 (a)는 방법(MT)의 공정(ST3)에 있어서 공정(STa)이 적용된 일례의 기판의 부분 단면도이며, 도 9의 (b)는 방법(MT)의 공정(ST3)에 있어서 공정(STb)이 적용된 일례의 기판의 부분 단면도이다.

도 10은 방법(MT)의 공정(ST3)이 적용된 일례의 기판의 부분 단면도이다.

도 11은 다른 예의 기판의 부분 단면도이다.

도 12의 (a)는 방법(MT)의 공정(ST1)에 있어서 공정(STa)이 적용된 다른 예의 기판의 부분 단면도이며, 도 12의 (b)는 방법(MT)의 공정(ST1)에 있어서 공정(STb)이 적용된 다른 예의 기판의 부분 단면도이다.

도 13은 방법(MT)의 공정(ST1)이 적용된 다른 예의 기판의 부분 단면도이다.

도 14는 방법(MT)의 공정(ST2)이 적용된 다른 예의 기판의 부분 단면도이다.

도 15의 (a)는 방법(MT)의 공정(ST3)에 있어서 공정(STa)이 적용된 다른 예의 기판의 부분 단면도이며, 도 15의 (b)는 방법(MT)의 공정(ST3)에 있어서 공정(STb)이 적용된 다른 예의 기판의 부분 단면도이다.

도 16은 방법(MT)의 공정(ST3)이 적용된 다른 예의 기판의 부분 단면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0009] 이하, 각종 예시적 실시 형태에 대하여 설명한다.

[0010] 하나의 예시적 실시 형태에 있어서, 기판의 제 1 영역을 제 1 영역의 재료와는 상이한 재료로 형성된 기판의 제

2 영역에 대하여 선택적으로 예치하는 방법이 제공된다. 방법은, 제 1 영역이 제 2 영역보다 기판 내의 보다 깊은 위치에서 그 상면을 제공하도록, 플라즈마 예치에 의해 제 1 영역을 예치하는 공정을 포함한다. 방법은, 제 1 영역을 예치하는 공정의 실행 후에, 기판이 그 안에 배치된 플라즈마 처리 장치의 챔버 내에서 탄화수소 가스의 플라즈마를 생성시킴으로써, 기판 상에 탄소를 포함하는 퇴적물을 형성하는 공정을 더 포함한다. 방법은, 탄화수소 가스의 플라즈마를 생성하는 공정의 실행 후에, 플라즈마 예치에 의해, 제 1 영역을 더 예치하는 공정을 더 포함한다. 퇴적물을 형성하는 공정에서는, 전자석에 의해, 기판의 중심 상에서의 수평 성분보다 큰 수평 성분을 기판의 엣지측 상에서 가지는 자장의 분포가 형성된다.

[0011] 상기 예시적 실시 형태에 따른 방법에서는, 퇴적물은, 탄화수소 가스의 플라즈마로부터의 탄소 화학종으로 형성된다. 또한, 제 1 영역은 제 2 영역보다 기판 내의 보다 깊은 위치에서 연장되어 있으므로, 퇴적물의 두께는 제 2 영역 상에서는 크고, 제 1 영역 상에서는 작아진다. 이 퇴적물에 의해 제 2 영역이 보호되면서 제 1 영역이 더 예치된다. 따라서, 기판의 제 2 영역에 대한 기판의 제 1 영역의 예치의 선택성이 높아진다. 또한, 탄화수소 가스의 플라즈마의 생성 중에는, 전자석에 의해, 기판의 중심 상에서의 수평 성분보다 큰 수평 성분을 기판의 엣지측 상에서 가지는 자장의 분포가 형성된다. 따라서, 기판의 엣지측 상에서 플라즈마의 밀도가 높여진다. 그 결과, 직경 방향에 있어서의 플라즈마의 밀도의 분포가 균일화된다. 이러한 분포를 가지는 플라즈마로부터의 탄소 화학종이 기판 상에 퇴적되므로, 퇴적물의 두께의 면내 균일성이 높여진다. 따라서, 기판의 제 2 영역에 대한 기판의 제 1 영역의 선택적인 예치의 면내 균일성이 높아진다.

[0012] 하나의 예시적 실시 형태에 있어서, 제 1 영역은 실리콘 함유 재료로 형성되어 있어도 된다.

[0013] 하나의 예시적 실시 형태에 있어서, 제 2 영역은 금속 함유 재료로 형성되어 있어도 된다.

[0014] 하나의 예시적 실시 형태에 있어서, 제 1 영역은 산화 실리콘으로 형성되어 있어도 되고, 제 2 영역은 질화 실리콘으로 형성되어 있어도 된다.

[0015] 제 1 영역을 예치하는 공정에서는, 기판이 그 안에 배치된 챔버 내에서, 플루오로카본 가스를 포함하는 처리 가스의 플라즈마가 생성되어도 된다.

[0016] 제 1 영역을 더 예치하는 공정에서는, 기판이 그 안에 배치된 챔버 내에서, 플루오로카본 가스를 포함하는 처리 가스의 플라즈마가 생성되어도 된다.

[0017] 하나의 예시적 실시 형태에 있어서, 제 1 영역을 예치하는 공정 및 제 1 영역을 더 예치하는 공정 중 적어도 일방은, 기판 상에 플루오로카본을 포함하는 퇴적물을 형성하기 위하여, 기판이 그 안에 배치된 챔버 내에서, 플루오로카본 가스를 포함하는 처리 가스의 플라즈마를 생성하는 공정과, 기판에 희가스 이온을 공급함으로써 기판 상에 형성된 퇴적물 중의 플루오로카본과 실리콘 함유 재료를 반응시켜 제 1 영역을 예치하기 위하여, 챔버 내에서 희가스의 플라즈마를 생성하는 공정을 포함하고 있어도 된다.

[0018] 하나의 예시적 실시 형태에 있어서, 퇴적물을 형성하는 공정의 실행과 제 1 영역을 더 예치하는 공정이 교호로 반복되어도 된다.

[0019] 다른 예시적 실시 형태에 있어서는, 기판의 제 1 영역을 제 1 영역의 재료와는 상이한 재료로 형성된 당해 기판의 제 2 영역에 대하여 선택적으로 예치하기 위한 플라즈마 처리 장치가 제공된다. 플라즈마 처리 장치는 챔버, 기판 지지대, 가스 공급부, 고주파 전원, 전자석, 구동 전원 및 제어부를 구비한다. 기판 지지대는 하부 전극을 가지고, 챔버 내에 마련되어 있다. 가스 공급부는 챔버 내에 가스를 공급하도록 구성되어 있다. 고주파 전원은 챔버 내의 가스를 여기시키기 위하여 고주파 전력을 발생시키도록 구성되어 있다. 전자석은 챔버의 내부 공간 안에서 자장을 형성하도록 구성되어 있다. 구동 전원은 전자석에 전류를 공급하도록 구성되어 있다. 제어부는 가스 공급부, 고주파 전원 및 구동 전원을 제어하도록 구성되어 있다. 제어부는 제 1 제어, 제 2 제어 및 제 3 제어를 실행하도록 구성되어 있다. 제 1 제어는, 제 1 영역이 제 2 영역보다 기판 내의 보다 깊은 위치에서 그 상면을 제공하도록, 플라즈마 예치에 의해 제 1 영역을 예치하기 위하여, 가스 공급부 및 고주파 전원을 제어하는 것을 포함한다. 제 2 제어는, 제 1 영역을 예치한 후에, 제 2 영역 상에 탄소를 포함하는 퇴적물을 형성하기 위하여, 탄화수소 가스의 플라즈마를 생성하도록, 가스 공급부 및 고주파 전원을 제어하는 것을 포함한다. 제 3 제어는, 제 2 영역 상에 퇴적물을 형성한 후에, 플라즈마 예치에 의해, 제 1 영역을 더 예치하기 위하여, 가스 공급부 및 고주파 전원을 제어하는 것을 포함한다. 제 2 제어는, 탄화수소 가스의 플라즈마의 생성 중에, 전자석에 의해, 기판의 중심 상에서의 수평 성분보다 큰 수평 성분을 기판의 엣지측 상에서 가지는 자장의 분포를 형성하도록 구동 전원을 제어하는 것을 포함한다.

[0020] 하나의 예시적 실시 형태에 있어서, 제 1 영역은 실리콘 함유 재료로 형성되어 있어도 된다. 제 1 제어는, 챔버

내에서 플루오로카본 가스를 포함하는 처리 가스의 플라즈마를 생성하도록, 가스 공급부 및 고주파 전원을 제어하는 것을 포함하고 있어도 된다. 제 3 제어는, 챔버 내에서 플루오로카본 가스를 포함하는 처리 가스의 플라즈마를 생성하도록, 가스 공급부 및 고주파 전원을 제어하는 것을 포함하고 있어도 된다.

[0021] 하나의 예시적 실시 형태에 있어서, 제 1 영역은 실리콘 함유 재료로 형성되어 있어도 된다. 제 1 제어 및 제 3 제어 중 적어도 일방은, 기판 상에 플루오로카본을 포함하는 퇴적물을 형성하기 위하여, 챔버 내에서, 플루오로 카본 가스를 포함하는 처리 가스의 플라즈마를 생성하도록, 가스 공급부 및 고주파 전원을 제어하는 것, 및, 기판에 희가스 이온을 공급함으로써 기판 상에 형성된 퇴적물 중의 플루오로카본과 실리콘 함유 재료를 반응시켜 제 1 영역을 에칭하기 위하여, 챔버 내에서 희가스의 플라즈마를 생성하도록, 가스 공급부 및 고주파 전원을 제어하는 것을 포함하고 있어도 된다.

[0022] 하나의 예시적 실시 형태에 있어서, 제어부는 제 2 제어와 제 3 제어를 교호로 반복해도 된다.

[0023] 이하, 도면을 참조하여 각종 예시적 실시 형태에 대하여 상세하게 설명한다. 또한, 각 도면에서 동일 또는 상당한 부분에 대해서는 동일한 부호를 부여하는 것으로 한다.

[0024] 도 1은 하나의 예시적 실시 형태에 따른 에칭하는 방법을 나타내는 흐름도이다. 일실시 형태에 따른 에칭하는 방법(이하, '방법(MT)'이라고 함)은, 기판의 제 1 영역을 제 2 영역에 대하여 선택적으로 에칭하기 위하여 실행된다.

[0025] 도 2는 일례의 기판의 부분 단면도이다. 도 2에 나타내는 일례의 기판(W)은, 방법(MT)에 의해 처리될 수 있다. 기판(W)은 웨이퍼와 같이 원반 형상을 가질 수 있다. 기판(W)은 제 1 영역(R1) 및 제 2 영역(R2)을 가진다. 기판(W)은 하지 영역(UR)을 더 가지고 있어도 된다. 제 1 영역(R1) 및 제 2 영역(R2)은 하지 영역(UR) 상에 마련되어 있다. 일실시 형태에 있어서, 제 1 영역(R1)은 하지 영역(UR) 상에 마련되어 있고, 제 2 영역(R2)은 제 1 영역(R1) 상에 마련되어 있다. 제 2 영역(R2)은 마스크와 같이 패터닝되어 있다. 즉, 제 2 영역(R2)은 개구를 제공하고 있다. 다른 실시 형태에서는, 제 1 영역(R1)은 제 2 영역(R2)에 의해 제공되는 오목부를 매립하도록 형성되어 있어도 된다. 또한, 제 1 영역(R1)은 제 2 영역을 덮도록 형성되어 있어도 된다.

[0026] 제 1 영역(R1)은 선택적으로 에칭되어야 하는 영역이다. 제 2 영역(R2)은 제 1 영역(R1)의 재료와는 상이한 재료로 형성되어 있다. 제 1 영역(R1)의 재료 및 제 2 영역(R2)의 재료는 한정되는 것은 아니다. 제 1 영역(R1)은 예를 들면 실리콘 함유 재료로 형성되어 있다. 제 1 영역(R1)의 실리콘 함유 재료는 예를 들면 SiO_2 이다. 제 1 영역(R1)의 실리콘 함유 재료는 저유전율 재료여도 된다. 저유전율 재료는 예를 들면 SiOC 또는 SiOCH 이다.

[0027] 제 2 영역(R2)은 예를 들면 금속 함유 재료로 형성되어 있다. 금속 함유 재료는 예를 들면 티탄, 텉스텐, 지르코늄, 알루미늄, 탄탈, 코발트 혹은 루테늄 중 어느 하나의 금속 재료, 또는 당해 금속 재료의 산화물, 질화물 혹은 탄화물이다. 제 2 영역(R2)은 질화 실리콘으로 형성되어 있어도 된다.

[0028] 방법(MT)은, 플라즈마 처리 장치의 챔버 내에 기판이 배치된 상태에서 실행된다. 도 3은 하나의 예시적 실시 형태에 따른 플라즈마 처리 장치를 개략적으로 나타내는 도이다. 도 3에 나타내는 플라즈마 처리 장치(1)는 챔버(10)를 구비하고 있다. 챔버(10)는 내부 공간(10s)을 제공하는 용기이다. 챔버(10)는 대략 원통 형상을 가지고 있다. 도 3에 나타내는 중심축선(AX)은 챔버(10) 및 내부 공간(10s)의 중심축선이다.

[0029] 챔버(10)는 챔버 본체(12)를 가진다. 챔버 본체(12)는 대략 원통 형상을 가지고 있다. 챔버(10)의 내부 공간(10s)은 챔버 본체(12)의 내측에 제공되어 있다. 챔버 본체(12)는 측벽(12a) 및 저부(12b)를 포함하고 있다. 측벽(12a)은 챔버(10)의 측벽을 구성하고 있다. 저부(12b)는 챔버(10)의 저부를 구성하고 있다. 챔버 본체(12)는 예를 들면 알루미늄과 같은 금속으로 형성되어 있다. 챔버 본체(12)의 내벽면에는, 내플라즈마성을 가지는 막이 형성되어 있다. 이 막은 알루마이트막, 산화 이트륨제의 막과 같은 세라믹제의 막일 수 있다. 챔버 본체(12)는 접지되어 있다.

[0030] 측벽(12a)에는 통로(12p)가 형성되어 있다. 기판(W)은 내부 공간(10s)과 챔버(10)의 외부와의 사이에서 반송될 때에 통로(12p)를 통과한다. 통로(12p)는 게이트 밸브(12g)에 의해 개폐 가능하다. 게이트 밸브(12g)는 측벽(12a)을 따라 마련되어 있다.

[0031] 내부 공간(10s) 안에는 기판 지지대, 즉 지지대(14)가 마련되어 있다. 지지대(14)는 지지체(15)에 의해 지지되어 있다. 지지체(15)는 원통 형상을 가지고 있다. 지지체(15)는 챔버 본체(12)의 저부(12b)로부터 상방으로 연장되어 있다. 지지체(15)는 절연성을 가지고 있다. 지지체(15)는 예를 들면 세라믹으로 형성되어 있다.

- [0032] 지지대(14)는 기판(W)을 지지하도록 구성되어 있다. 지지대(14)는 챔버(10)와 중심축선(AX)을 공유하고 있다. 지지대(14)는 배치 영역(14r)을 제공하고 있다. 이 배치 영역(14r)의 중심은 중심축선(AX) 상에 위치한다. 기판(W)은 그 중심이 중심축선(AX) 상에 위치하도록, 배치 영역(14r) 상에 배치된다.
- [0033] 지지대(14)는 전극 플레이트(16), 하부 전극(18) 및 정전 척(20)을 포함하고 있다. 전극 플레이트(16)는 대략 원반 형상을 가지고 있다. 전극 플레이트(16)는 도전성을 가지고 있다. 전극 플레이트(16)는 알루미늄과 같은 금속으로 형성되어 있다. 하부 전극(18)은 원반 형상을 가지고 있다. 하부 전극(18)은 도전성을 가지고 있다. 하부 전극(18)은 알루미늄과 같은 금속으로 형성되어 있다. 하부 전극(18)은 전극 플레이트(16) 상에 탑재되어 있다. 하부 전극(18)은 전극 플레이트(16)에 전기적으로 접속되어 있다.
- [0034] 하부 전극(18) 안에는 유로(18p)가 형성되어 있다. 유로(18p)는 하부 전극(18) 안에서, 예를 들면 소용돌이 형상으로 연장되어 있다. 유로(18p)에는, 열 교환 매체의 순환 장치(22)(예를 들면 칠러 유닛)로부터 열 교환 매체(예를 들면 냉매)가 공급된다. 순환 장치(22)는 챔버(10)의 외부에 마련되어 있다. 유로(18p)에 공급된 열 교환 매체는 순환 장치(22)로 되돌려진다. 열 교환 매체와 하부 전극(18)과의 열 교환에 의해, 지지대(14) 상에 배치된 기판(W)의 온도가 제어된다.
- [0035] 정전 척(20)은 하부 전극(18) 상에 마련되어 있다. 정전 척(20)은 대략 원반 형상을 가지고 있다. 정전 척(20)은 본체 및 전극을 가지고 있다. 정전 척(20)의 본체는 유전체제(예를 들면 세라믹제)이다. 정전 척(20)의 전극은 도전성의 막이며, 정전 척(20)의 본체 안에 마련되어 있다. 정전 척(20)의 전극에는 스위치를 개재하여 직류 전원(24)이 접속되어 있다. 정전 척(20)은 상술한 배치 영역(14r)을 제공하고 있다. 기판(W)이 정전 척(20) 상(배치 영역(14r) 상)에 배치되어 있는 상태에서, 직류 전원(24)으로부터의 직류 전압이 정전 척(20)의 전극에 인가되면, 기판(W)과 정전 척(20) 사이에서 정전 인력이 발생한다. 발생한 정전 인력에 의해, 기판(W)은 정전 척(20)으로 끌어당겨져, 정전 척(20)에 의해 유지된다. 플라즈마 처리 장치(1)에는, 정전 척(20)과 기판(W)의 하면과의 사이에 전열 가스(예를 들면 He 가스)를 공급하는 전열 가스 공급 라인이 마련되어 있어도 된다.
- [0036] 정전 척(20)의 내부에는 하나 이상의 히터(예를 들면 하나 이상의 저항 가열 소자)가 마련되어 있어도 된다. 하나 이상의 히터에 히터 컨트롤러로부터의 전력이 공급됨으로써, 당해 하나 이상의 히터가 발열하고, 정전 척(20)의 온도, 나아가서는 기판(W)의 온도가 조정된다.
- [0037] 지지대(14) 상에는 포커스 링(FR)이 탑재된다. 포커스 링(FR)은 정전 척(20) 및 기판(W)의 엣지를 둘러싸도록 배치된다. 포커스 링(FR)은 환 형상의 판이며, 실리콘, 석영과 같은 실리콘 함유 재료로 형성되어 있다. 포커스 링(FR)은 플라즈마 처리의 균일성을 얻기 위하여 이용된다.
- [0038] 지지체(15)의 둘레에는 통 형상의 도체(26)가 마련되어 있다. 도체(26)는 접지되어 있다. 도체(26)의 상방에는, 지지대(14)를 둘러싸도록 통 형상의 절연체(28)가 마련되어 있다. 절연체(28)는 석영과 같은 세라믹으로 형성되어 있다. 지지대(14)와 챔버 본체(12)의 측벽(12a)과의 사이에는 배기로가 형성되어 있다. 배기로에는 배플 플레이트(30)가 마련되어 있다. 배플 플레이트(30)는 환 형상의 판이다. 배플 플레이트(30)에는, 그 판 두께 방향으로 배플 플레이트(30)를 관통하는 복수의 훌이 형성되어 있다. 배플 플레이트(30)는 알루미늄과 같은 금속으로 형성된 부재의 표면에, 산화 이트륨과 같은 내플라즈마성의 피막을 형성함으로써 구성되어 있다.
- [0039] 배플 플레이트(30)의 하방에서는, 배기관(32)이 챔버 본체(12)의 저부(12b)에 접속되어 있다. 배기관(32)은 배기로에 연통 가능하다. 배기관(32)에는 배기 장치(34)가 접속되어 있다. 배기 장치(34)는 자동 압력 제어 밸브 및 터보 분자 펌프와 같은 감압 펌프를 포함하고 있다. 배기 장치(34)가 작동됨으로써, 내부 공간(10s)의 압력이 지정된 압력으로 설정된다.
- [0040] 지지대(14)의 상방에는 상부 전극(36)이 마련되어 있다. 상부 전극(36)과 지지대(14) 사이에는 내부 공간(10s)의 일부가 개재되어 있다. 상부 전극(36)은 챔버 본체(12)의 상부 개구를 닫도록 마련되어 있다. 상부 전극(36)과 챔버 본체(12)의 상단부와의 사이에는 부재(37)가 개재되어 있다. 부재(37)는 절연성 재료로 형성되어 있다. 부재(37)는 세라믹, 예를 들면 석영으로 형성될 수 있다. 일실시 형태에서는, 상부 전극(36)과 챔버 본체(12)의 상단부와의 사이에는, 부재(37) 및 후술하는 접지 도체의 일부가 개재될 수 있다.
- [0041] 일실시 형태에 있어서, 상부 전극(36)은 샤큐 헤드를 구성하고 있다. 상부 전극(36)은, 일실시 형태에서는 천관(38) 및 지지체(40)를 포함하고 있다. 천관(38)은 예를 들면 실리콘으로 형성되어 있다. 혹은, 천관(38)은 알루미늄으로 형성된 부재의 표면에, 산화 이트륨과 같은 세라믹으로 형성된 피막을 마련함으로써 구성된다. 천관(38)에는, 그 판 두께 방향으로 천관(38)을 관통하는 복수의 가스 토출구(38h)가 형성되어 있다.

- [0042] 지지체(40)는 천판(38) 상에 마련되어 있다. 지지체(40)는 천판(38)을 착탈 가능하게 지지하도록 구성되어 있다. 지지체(40)는 알루미늄과 같은 도전성 재료로 형성되어 있다. 지지체(40)의 내부에는 가스 확산실(40d)이 형성되어 있다. 지지체(40)에는 복수의 홀(40h)이 형성되어 있다. 복수의 홀(40h)은 가스 확산실(40d)로부터 하방으로 연장되어 있다. 복수의 홀(40h)은 각각, 복수의 가스 토출구(38h)에 연통하고 있다.
- [0043] 가스 확산실(40d)에는 가스 공급부(41)가 접속되어 있다. 가스 공급부(41)는 챔버(10) 내에, 즉 내부 공간(10s)으로 가스를 공급하도록 구성되어 있다. 가스 공급부(41)는, 방법(MT)에 있어서 이용되는 복수의 가스를 출력 가능하도록 구성되어 있다. 일실시 형태에 있어서, 방법(MT)에서 이용되는 복수의 가스는 플루오로카본 가스, 희가스 및 탄화수소 가스 포함한다. 플루오로카본 가스는 예를 들면 C_4F_6 가스, C_4F_8 가스 및 C_6F_8 가스 중 하나 이상의 가스를 포함하지만, 다른 플루오로카본 가스여도 된다. 희가스는 예를 들면 Ar 가스이지만, 다른 희가스 여도 된다. 탄화수소 가스는, 예를 들면 CH_4 가스이지만, CH_4 가스 이외의 탄화수소 가스여도 된다. 방법(MT)에서 이용되는 복수의 가스는 그 외의 가스를 더 포함하고 있어도 된다. 방법(MT)에서 이용되는 복수의 가스는, 질소 가스(N_2 가스) 및 산소 함유 가스(예를 들면 O_2 가스 또는 CO 가스) 중 하나 이상의 가스를 더 포함하고 있어도 된다. 가스 공급부(41)는 복수의 유량 제어기 및 복수의 밸브를 가진다. 가스 공급부(41)는 출력해야 할 하나 이상의 가스의 유량을 개별로 조정하도록 구성되어 있다. 가스 공급부(41)로부터 출력된 가스는, 가스 확산실(40d) 및 복수의 홀(40h)을 거쳐, 복수의 가스 토출구(38h)로부터 내부 공간(10s)에 토출된다.
- [0044] 지지체(40)에는 유로(40p)가 형성되어 있다. 유로(40p)에는 칠러 유닛(42)이 접속되어 있다. 유로(40p)와 칠러 유닛(42) 사이에서는 냉각수와 같은 냉매가 순환된다. 칠러 유닛(42)으로부터 유로(40p)로 공급되는 냉매와 상부 전극(36)과의 사이의 열 교환에 의해, 상부 전극(36)의 온도가 조정된다.
- [0045] 플라즈마 처리 장치(1)는, 제 1 고주파 전원(43) 및 제 2 고주파 전원(44)을 더 구비하고 있다. 제 1 고주파 전원(43) 및 제 2 고주파 전원(44)은 챔버(10)의 외부에 마련되어 있다. 제 1 고주파 전원(43)은 주로 플라즈마의 생성을 위한 제 1 고주파 전력을 발생시키도록 구성되어 있다. 제 1 고주파 전력의 주파수는 한정되는 것은 아니지만, 예를 들면 100 MHz이다. 제 1 고주파 전원(43)은 정합기(45) 및 급전 도체(48)를 개재하여, 상부 전극(36)에 전기적으로 접속되어 있다. 정합기(45)는 제 1 고주파 전원(43)의 출력 임피던스와 부하측(상부 전극(36)측)의 임피던스를 정합시키기 위한 정합 회로를 가지고 있다. 급전 도체(48)는 그 하단에서 상부 전극(36)에 접속되어 있다. 급전 도체(48)는 상부 전극(36)으로부터 상방으로 연장되어 있다. 급전 도체(48)는 통 형상 또는 봉 형상의 도체이며, 그 중심축선은 중심축선(AX)에 대략 일치하고 있다. 또한, 제 1 고주파 전원(43)은 상부 전극(36)이 아닌, 정합기(45)를 개재하여 하부 전극(18)에 전기적으로 접속되어 있어도 된다.
- [0046] 제 2 고주파 전원(44)은, 주로 기판(W)에 이온을 인입하기 위한 제 2 고주파 전력, 즉, 바이어스용의 고주파 전력을 발생시키도록 구성되어 있다. 제 2 고주파 전력의 주파수는, 제 1 고주파 전력의 주파수보다 낮다. 일실시 형태에서는, 제 2 고주파 전력의 주파수는 13.56 MHz보다 높아도 된다. 일실시 형태에서는, 제 2 고주파 전력의 주파수는 40 MHz 이상이어도 된다. 일실시 형태에서는, 제 2 고주파 전력의 주파수는 60 MHz 이상이어도 된다. 제 2 고주파 전원(44)은 정합기(46)를 개재하여, 하부 전극(18)에 전기적으로 접속되어 있다. 정합기(46)는 제 2 고주파 전원(44)의 출력 임피던스와 부하측(하부 전극(18)측)의 임피던스를 정합시키기 위한 정합 회로를 가지고 있다.
- [0047] 플라즈마 처리 장치(1)는 접지 도체(50)를 더 구비하고 있다. 접지 도체(50)는 도전성을 가진다. 접지 도체(50)는 알루미늄과 같은 금속으로 형성되어 있다. 접지 도체(50)는 접지되어 있다. 접지 도체(50)는 챔버 본체(12)의 상방에서 상부 전극(36)을 덮도록 연장되어 있다. 급전 도체(48)는 접지 도체(50)에 의해 둘러싸인 공간을 지나 상방으로 연장되어, 접지 도체(50)의 외부에서 정합기(45)를 개재하여 제 1 고주파 전원(43)에 접속되어 있다.
- [0048] 플라즈마 처리 장치(1)의 내부 공간(10s) 안에서는, 기판(W)의 중심 상에서는 높은 전계 강도를 가지고, 기판(W)의 엣지측 상에서는 낮은 전계 강도를 가지는 전계 강도의 분포가 형성될 수 있다. 즉, 내부 공간(10s) 안에서는, 방사 방향(즉, 직경 방향)에 있어서의 중심축선(AX)으로부터의 거리의 증가에 따라 전계 강도가 감소하는 불균일한 전계 강도의 분포가 형성될 수 있다. 불균일한 전계 강도의 분포 하에서는, 플라즈마의 밀도는 중심축선(AX)의 근방에서 높고, 중심축선(AX)으로부터 면 개소에서 낮아진다. 즉, 중심축선(AX)에 대하여 방사 방향에 있어서 불균일한 플라즈마의 밀도의 분포가 형성된다. 플라즈마 처리 장치(1)는 균일한 플라즈마의 밀도의 분포를 얻기 위하여, 전자석(60)을 더 구비하고 있다.
- [0049] 도 3에 나타내는 바와 같이, 전자석(60)은 상부 전극(36)의 상방에 배치되어 있다. 전자석(60)은 내부 공간

(10s) 안에서, 중심축선(AX) 상에서의 수평 성분보다 큰 수평 성분을 중심축선(AX)으로부터 먼 위치에서 가지는 자장의 분포를 형성한다. 즉, 전자석(60)은 중심축선(AX)으로부터 방사 방향으로의 거리의 증가에 따라 그 크기가 증가하는 수평 성분을 가지는 자장의 분포를, 내부 공간(10s) 안에 형성한다. 큰 수평 성분의 자장이 형성되어 있는 개소에서는, 전자의 체재 시간이 길어진다. 그 결과, 큰 수평 성분의 자장이 형성되어 있는 개소에서는, 플라즈마의 밀도가 상승한다. 따라서, 플라즈마 처리 장치(1)에 의하면, 중심축선(AX)에 대하여 방사 방향에 있어서 균일한 플라즈마 밀도의 분포가 얻어진다. 따라서, 플라즈마 처리 장치(1)에 의하면, 기판(W)에 대한 처리의 면내 균일성이 향상된다.

[0050] 일실시 형태에서는, 전자석(60)은 요크(62) 및 코일(64)을 가지고 있다. 요크(62)는 자성 재료로 형성되어 있다. 요크(62)는 베이스부(62a) 및 복수의 통 형상부(62b)를 가지고 있다. 베이스부(62a)는 대략 환 형상 또한 대략 판 형상을 이루고 있으며, 중심축선(AX)에 대하여 직교하는 방향으로 연장되어 있다. 복수의 통 형상부(62b)의 각각은 통 형상을 가지고 있으며, 베이스부(62a)로부터 하방으로 연장되어 있다. 복수의 통 형상부(62b)는 중심축선(AX)에 대하여 동축 형상으로 마련되어 있다. 코일(64)은 중심축선(AX)의 둘레에서 감겨 있다. 코일(64)은, 직경 방향에 있어서 이웃하는 두 개의 통 형상부(62b)의 사이에 마련되어 있다. 또한, 전자석(60)은 하나 이상의 코일(64)을 가질 수 있다. 전자석(60)에 있어서의 코일(64)의 개수가 복수 개인 경우에는, 복수 개의 코일(64)은, 중심축선(AX)에 대하여 동축 형상으로 마련된다.

[0051] 전자석(60)의 코일(64)은 배선(68)을 개재하여 구동 전원(66)에 접속되어 있다. 구동 전원(66)으로부터의 전류가 코일(64)에 부여되면, 전자석(60)에 의해 자장이 형성된다. 전자석(60)에 의해 형성되는 자장의 벡터의 각도가 45° 인 개소에서는, 방사 방향(직경 방향)에 있어서의 전자가 구속 효과(전자의 확산의 억제 효과)와, 전자의 소멸의 억제 효과(전극에 대한 전자의 도달을 억제하는 효과)가 양호하게 양립된다. 따라서, 당해 개소에서는 플라즈마의 밀도가 높아진다. 따라서, 기판(W)의 반경이 예를 들면 150 mm인 경우에, 전자석(60)은, 자장의 벡터의 각도가 45° 인 개소와 중심축선(AX)과의 사이의 거리가 135 mm 이상, 185 mm 이하가 되도록 구성될 수 있다. 일실시 형태에서는, 전자석(60)의 하나의 코일(64)의 내경과 외경의 평균값은, 중심축선(AX)과 기판(W)의 엣지와의 사이의 거리 이상으로 설정된다. 기판(W)의 반경이 150 mm인 경우에는, 전자석(60)의 하나의 코일(64)의 내경과 외경의 평균값은 150 mm 이상, 250 mm 이하로 설정된다. 또한, 자장의 벡터의 각도는, 당해 자장이 하방향의 성분만을 가지는 경우에는 0° 이며, 방사 방향의 성분(수평 성분)만을 가지는 경우에는 90° 이다. 따라서, 자장의 벡터의 각도가 45° 인 경우에는 수평 성분과 수직 성분의 쌍방을 가진다.

[0052] 전자석(60)이, 상부 전극을 덮는 접지 도체에 의해 둘러싸인 공간 내에 배치되면, 제 1 고주파 전력이, 전자석(60) 및 전자석(60)과 전원(구동 전원)을 접속하는 배선 중 적어도 하나로 유입된다. 그 결과, 내부 공간(10s) 안에서의 전계 강도가 국소적으로 변동한다. 따라서, 전자석(60)은 접지 도체의 외측에 배치된다. 단, 접지 도체의 상단에 대하여 상방의 공간에 전자석(60)이 배치되면, 전자석(60)으로부터 내부 공간(10s)까지의 연직 방향의 거리가 길어져, 큰 전류를 코일(64)에 부여하지 않으면 내부 공간(10s) 안에 충분한 크기의 자장을 효율적으로 형성할 수 없다. 또한, 전자석(60)이 접지 도체의 측방에(중심축선으로부터 방사 방향에 있어서 접지 도체의 외측에) 배치되면, 큰 수평 성분을 가지는 자장이 형성되는 개소, 혹은 그 벡터가 45° 의 각도를 가지는 자장이 형성되는 개소는 내부 공간(10s)의 외부의 개소가 된다. 균일한 플라즈마 밀도의 분포를 얻는데 적합한 자장의 분포를 효율적으로 내부 공간(10s) 안에서 형성하기 위하여, 접지 도체(50)는 그 안에 전자석(60)이 배치되는 외부 공간(ES)을 제공하고 있다. 외부 공간(ES)은 접지 도체(50)의 상단보다 내부 공간(10s)의 근처에 있고, 상부 전극(36)에 대하여 상방으로 떨어져 있으며, 또한 상부 전극(36)에 대하여 접지 도체(50)에 의해 차폐되어 있다.

[0053] 접지 도체(50)는 제 1 부분(51), 제 2 부분(52) 및 제 3 부분(53)을 구비하고 있다. 제 1 부분(51)은 통 형상을 가지고 있다. 제 1 부분(51)의 중심축선은 중심축선(AX)과 대략 일치하고 있다. 제 1 부분(51)은 챔버 본체(12)로부터 상방으로 연장되어 있다. 도 3에 나타내는 예에서는, 제 1 부분(51)은 챔버 본체(12)의 측벽(12a)의 상단으로부터 상방으로 연장되어 있다. 제 1 부분(51)의 하단 부분은, 부재(37)와 측벽(12a)의 상단과의 사이에 개재되어 있다.

[0054] 제 2 부분(52)은 상부 전극(36)으로부터 상방으로 이간되고, 또한 제 1 부분(51)으로부터 중심축선(AX)을 향해 연장되어 있다. 제 2 부분(52)은 중심축선(AX)에 대하여 교차 또는 직교하는 방향으로 연장되는 판 형상을 이루고 있다. 제 1 부분(51)과 제 2 부분(52)은 상부 전극(36) 상에 제 1 공간(IS1)을 제공하고 있다. 제 1 공간(IS1)은 접지 도체(50)의 내측(즉, 상부 전극(36)측)의 공간의 일부이다. 이 제 1 공간(IS1)에 의해, 연직 방향에 있어서 상부 전극(36)과 접지 도체(50) 사이에 거리가 확보된다. 따라서, 접지 도체(50)와 상부 전극(36) 사이의 용량적 결합이 억제된다. 상부 전극(36)의 상면과 접지 도체(50)의 제 2 부분(52)의 하면과의 사이의 연직

방향의 거리는, 예를 들면 60 mm 이상의 거리로 설정된다.

[0055] 제 3 부분(53)은 통 형상을 가지고 있다. 제 3 부분(53)의 중심축선은 중심축선(AX)과 대략 일치하고 있다. 제 3 부분(53)은 제 1 부분(51)보다 중심축선의 근처에서 연장되어 있다. 제 3 부분(53)은 제 2 부분(52)으로부터 상방으로 연장되어 있다. 제 3 부분(53)은 제 2 공간(IS2)을 제공하고 있다. 제 2 공간(IS2)은 제 2 부분(52)의 내측의 공간이며, 접지 도체(50)의 내측(즉, 상부 전극(36)측)의 공간의 일부이다. 제 2 공간(IS2)은 제 1 공간(IS1)에 연속하고 있다. 또한, 급전 도체(48)는 제 1 공간(IS1) 및 제 2 공간(IS2)을 지나 상방으로 연장되어 있다.

[0056] 외부 공간(ES)은 제 3 부분(53)의 외측, 제 2 부분(52) 위, 또한 내부 공간(10s)의 상방에 접지 도체(50)에 의해 제공되어 있다. 외부 공간(ES)은 제 3 부분(53)의 외측, 또한 제 2 부분(52) 상에서, 중심축선(AX)을 중심으로 둘레 방향으로 연장되어 있다. 이 외부 공간(ES)에 전자석(60)이 배치되어 있다. 또한, 외부 공간(ES) 안에 배치된 전자석(60)의 하단과 상부 전극(36)의 상면과의 사이의 연직 방향의 거리는 60 mm보다 크다. 또한, 전자석(60)의 하단과 지지대(14) 상에 배치된 기판(W)과의 사이의 연직 방향의 거리는 230 mm 이하일 수 있다.

[0057] 외부 공간(ES) 안에 배치된 전자석(60)과 내부 공간(10s)과의 사이의 거리는 비교적 짧다. 또한 상술한 바와 같이, 전자석(60)은 중심축선(AX)의 근방에서는 낮은 수평 성분을 가지고, 중심축선으로부터 면 위치에서 큰 수평 성분을 가지는 자장의 분포를 내부 공간(10s) 안에 형성한다. 따라서, 접지 도체(50)에 대하여 외측에 배치된 전자석(60)에 의해, 균일한 플라즈마의 밀도의 분포를 얻는데 적합한 자장의 분포가 효율적으로 내부 공간(10s) 안에 형성될 수 있다.

[0058] 전자석(60)의 코일(64)에는 상술한 바와 같이 구동 전원(66)이 접속되어 있다. 전자석(60) 및 구동 전원(66)은 접지 도체(50)에 대하여 외측에 배치되어 있다. 따라서, 구동 전원(66)으로의 고주파의 유입을 방지하기 위한 필터가, 코일(64)과 구동 전원(66) 사이에 마련되어 있지 않아도 된다.

[0059] 일실시 형태에서는, 접지 도체(50)는 제 4 부분(54), 제 5 부분(55) 및 제 6 부분(56)을 더 가진다. 제 4 부분(54)은 제 2 부분(52)의 상방에서, 중심축선(AX)에 대하여 방사 방향으로 제 3 부분(53)으로부터 연장되어 있다. 제 4 부분(54)은 중심축선(AX)에 대하여 교차 또는 직교하는 방향으로 연장되는 판 형상을 이루고 있다. 제 5 부분(55)은 통 형상을 가지고 있다. 제 5 부분(55)의 중심축선은 중심축선(AX)에 대략 일치하고 있다. 제 5 부분(55)은 제 3 부분(53)보다 중심축선으로부터 떨어져 있고, 제 4 부분(54)으로부터 상방으로 연장되어 있다. 제 6 부분(56)은 제 4 부분(54)의 상방에서, 제 5 부분(55)으로부터 중심축선(AX)을 향해 연장되어 있다. 제 6 부분(56)은 중심축선(AX)에 대하여 교차 또는 직교하는 방향으로 연장되는 판 형상을 이루고 있다. 일실시 형태에서는, 접지 도체(50)는 제 6 부분으로부터 급전 도체(48)의 근방까지 연장되는 덮개부(57)를 더 가지고 있다.

[0060] 제 4 부분(54), 제 5 부분(55) 및 제 6 부분(56)은 제 3 공간(IS3)을 제공하고 있다. 제 3 공간(IS3)은 제 4 부분(54), 제 5 부분(55) 및 제 6 부분(56)에 의해 둘러싸인 공간이며, 접지 도체(50)의 내측의 공간의 일부이다. 제 3 공간(IS3)은 제 2 공간(IS2)에 연속하고 있다. 급전 도체(48)는 제 3 공간(IS3)을 더 지나, 상방으로 연장되어 있다. 또한, 도 3에 나타내는 예에서는, 제 1 ~ 제 6 부분은 세 개의 부재로 구성되어 있지만, 접지 도체(50)를 구성하는 부재의 개수는 임의의 개수일 수 있다.

[0061] 이하, 도 3과 함께 도 4를 참조한다. 도 4는 도 3에 나타내는 플라즈마 처리 장치의 접지 도체의 내부의 구성의 일례를 나타내는 평면도이다. 도 4에 있어서는, 접지 도체(50)의 제 5 부분(55)이 수평인 면에서 파단된 상태가 나타나 있다. 일실시 형태에 있어서, 플라즈마 처리 장치(1)는, 도 3 및 도 4에 나타내는 바와 같이 판(71)을 더 구비하고 있다. 판(71)은 상부 전극(36)으로부터, 제 1 공간(IS1) 및 제 2 공간(IS2)을 지나 상방으로 연장되고, 제 3 공간(IS3)을 지나, 접지 도체(50)에 대하여 측방 또한 외측까지 연장되어 있다. 판(71)은 접지 도체(50)에 대하여 외측에서, 칠러 유닛(42)에 접속된다. 칠러 유닛(42)으로부터의 냉매는, 판(71)을 거쳐, 유로(40p)로 공급된다. 제 3 공간(IS3) 내에서는 판(71)이, 접지 도체(50)의 제 4 부분(54)에 의해 상부 전극(36)으로부터 실질적으로 차폐되어 있다.

[0062] 플라즈마 처리 장치(1)는 판(72)을 더 구비하고 있다. 판(72)은 제 1 공간(IS1) 및 제 2 공간(IS2)을 지나 상방으로 연장되고, 제 3 공간(IS3)을 지나, 접지 도체(50)에 대하여 측방 또한 외측까지 연장되어 있다. 판(72)은 접지 도체(50)에 대하여 외측에서, 칠러 유닛(42)에 접속된다. 냉매는 유로(40p)로부터 판(72)을 거쳐 칠러 유닛(42)으로 되돌려진다. 제 3 공간(IS3) 내에서는 판(72)이, 접지 도체(50)의 제 4 부분(54)에 의해 상부 전극(36)으로부터 실질적으로 차폐되어 있다.

- [0063] 일실시 형태에 있어서, 플라즈마 처리 장치(1)는 관(73)을 더 구비하고 있다. 관(73)은 상부 전극(36)으로부터, 제 1 공간(IS1) 및 제 2 공간(IS2)을 지나 상방으로 연장되고, 제 3 공간(IS3)을 지나, 접지 도체(50)에 대하여 측방 또한 외측까지 연장되어 있다. 관(73)은 접지 도체(50)에 대하여 외측에서, 가스 공급부(41)에 접속되어 있다. 가스 공급부(41)로부터 출력되는 가스는, 관(73)을 거쳐, 상부 전극(36), 즉 샤크 헤드로 공급된다. 제 3 공간(IS3) 내에서는 관(73)이, 접지 도체(50)의 제 4 부분(54)에 의해 상부 전극(36)으로부터 실질적으로 차폐되어 있다. 또한, 가스 공급부(41)와 상부 전극(36)(즉, 샤크 헤드)은 복수의 관을 개재하여 서로 접속되어 있어도 된다.
- [0064] 일실시 형태에 있어서, 플라즈마 처리 장치(1)는 직류 전원(74) 및 배선(75)을 더 구비하고 있다. 직류 전원(74)은 상부 전극(36)에 인가되는 음극성의 직류 전압을 발생시키도록 구성되어 있다. 배선(75)은 직류 전원(74)과 상부 전극(36)을 서로 접속하고 있다. 배선(75)은 코일(75c)을 포함할 수 있다. 코일(75c)은 제 3 공간(IS3) 내에 마련되어 있다. 배선(75)은 상부 전극(36)으로부터 제 1 공간(IS1) 및 제 2 공간(IS2)을 지나 상방으로 연장되고, 제 3 공간(IS3)을 지나, 접지 도체(50)에 대하여 측방 또한 외측까지 연장되어 있다. 배선(75)은 제 5 부분(55) 및 접지 도체(50)로부터 전기적으로 절연되어 있다. 배선(75)은 접지 도체(50)에 대하여 외측에서, 직류 전원(74)에 접속되어 있다. 제 3 공간(IS3) 내에서는 배선(75)이, 접지 도체(50)의 제 4 부분(54)에 의해 상부 전극(36)으로부터 실질적으로 차폐된다.
- [0065] 일실시 형태에 있어서, 플라즈마 처리 장치(1)는 제어부(80)를 더 구비하고 있다. 제어부(80)는 플라즈마 처리 장치(1)의 각 부를 제어하도록 구성되어 있다. 제어부(80)는 컴퓨터 장치일 수 있다. 제어부(80)는 프로세서, 메모리와 같은 기억 장치, 키보드, 마우스, 터치 패널과 같은 입력 장치, 표시 장치, 제어 신호의 입출력 인터페이스 등을 가질 수 있다. 기억 장치에는 제어 프로그램 및 레시피 데이터가 기억되어 있다. 제어부(80)의 프로세서는 제어 프로그램을 실행하고, 레시피 데이터에 따라, 플라즈마 처리 장치(1)의 각 부를 제어하기 위하여 제어 신호를 송출한다. 제어부(80)는 방법(MT)의 실행을 위하여, 플라즈마 처리 장치(1)의 각 부를 제어하는 것이 가능하다.
- [0066] 다시 도 1을 참조한다. 또한, 도 1과 더불어, 도 5, 도 6의 (a), 도 6의 (b), 도 7, 도 8, 도 9의 (a), 도 9의 (b) 및 도 10을 참조한다. 도 5는 도 1에 나타내는 공정(ST1) 및 공정(ST3)의 각각에 있어서 실행될 수 있는 처리의 예를 나타내는 흐름도이다. 도 6의 (a)는, 방법(MT)의 공정(ST1)에 있어서 도 5에 나타내는 공정(STa)이 적용된 일례의 기판의 부분 단면도이며, 도 6의 (b)는, 방법(MT)의 공정(ST1)에 있어서 도 5에 나타내는 공정(STb)이 적용된 일례의 기판의 부분 단면도이다. 도 7은 방법(MT)의 공정(ST1)이 적용된 일례의 기판의 부분 단면도이다. 도 8은 방법(MT)의 공정(ST2)이 적용된 일례의 기판의 부분 단면도이다. 도 9의 (a)는, 방법(MT)의 공정(ST3)에 있어서 공정(STa)이 적용된 일례의 기판의 부분 단면도이며, 도 9의 (b)는, 방법(MT)의 공정(ST3)에 있어서 공정(STb)이 적용된 일례의 기판의 부분 단면도이다. 도 10은 방법(MT)의 공정(ST3)이 적용된 일례의 기판의 부분 단면도이다. 이하에서는, 플라즈마 처리 장치(1)를 이용하여 도 2에 나타내는 기판(W)에 방법(MT)이 적용되는 경우를 예로서, 방법(MT)에 대하여 상세하게 설명한다. 또한 이하에서는, 제어부(80)에 의한 플라즈마 처리 장치(1)의 각 부의 제어에 대해서도 설명한다.
- [0067] 방법(MT)에서는, 기판(W)이 지지대(14) 상(정전 척(20) 상)에 배치되어, 정전 척(20)에 의해 유지된다. 그리고 방법(MT)에서는, 공정(ST1)이 실행된다. 공정(ST1)에서는, 플라즈마 에칭에 의해 제 1 영역(R1)이 에칭된다. 공정(ST1)에서는, 제 1 영역(R1)은 제 2 영역(R2)에 대하여 선택적으로 에칭된다. 또한 공정(ST1)에서는, 제 1 영역(R1)은 제 2 영역(R2)보다 기판(W) 내의 보다 깊은 위치에서 그 상면을 제공하도록 에칭된다.
- [0068] 공정(ST1)의 실행을 위하여, 제어부(80)는 제 1 제어를 실행한다. 제 1 제어에서는, 제어부(80)는 가스 공급부(41) 및 제 1 고주파 전원(43) 및 제 2 고주파 전원(44) 중 적어도 하나를 제어한다. 제 1 제어에서는, 제어부(80)는 챔버(10) 내의 압력을 조정하도록, 배기 장치(34)를 더 제어한다. 제 1 제어의 실행에 의해, 제 1 영역(R1)이 제 2 영역(R2)보다 기판(W) 내의 보다 깊은 위치에서 그 상면을 제공하도록, 플라즈마 에칭에 의해 제 1 영역(R1)이 에칭된다.
- [0069] 일실시 형태에서는, 도 5에 나타내는 처리(PE)가, 공정(ST1)에 있어서 실행된다. 처리(PE)는 공정(STa) 및 공정(STb)을 포함한다. 공정(STa)에서는, 챔버(10) 내에서, 플루오로카본 가스를 포함하는 처리 가스의 플라즈마가 생성된다. 공정(STa)에서는, 생성된 플라즈마로부터의 플루오로카본이 기판(W) 상에 퇴적되어, 기판(W) 상에 퇴적물(DPF)을 형성한다. 공정(ST1) 중의 공정(STa)에 의하면, 예를 들면 도 6의 (a)에 나타내는 바와 같이, 기판(W) 상에 퇴적물(DPF)이 형성된다.

- [0070] 공정(STa)에서 이용되는 플루오로카본 가스는 C_4F_6 가스, C_4F_8 가스 및 C_6F_8 가스 중 하나 이상의 가스를 포함할 수 있다. 공정(STa)에서 이용되는 처리 가스는, 플루오로카본 가스와 더불어, 하나 이상의 다른 가스를 더 포함하고 있어도 된다. 기판(W)의 제 1 영역(R1)이 저유전율 재료(예를 들면 SiOC 또는 SiOCH)로 형성되어 있는 경우에, 공정(STa)에서 이용되는 처리 가스는 플루오로카본 가스와 더불어, 희가스(예를 들면 Ar 가스)를 더 포함하고 있어도 된다. 혹은, 기판(W)의 제 1 영역(R1)이 저유전율 재료(예를 들면 SiOC 또는 SiOCH)로 형성되어 있는 경우에, 공정(STa)에서 이용되는 처리 가스는, 플루오로카본 가스와 더불어, 희가스(예를 들면 Ar 가스) 및 질소 가스(N_2 가스)를 더 포함하고 있어도 된다.
- [0071] 기판(W)의 제 1 영역(R1)이 SiO_2 로 형성되어 있는 경우에, 공정(STa)에서 이용되는 처리 가스는, 플루오로카본 가스와 더불어, 희가스(예를 들면 Ar 가스)를 더 포함하고 있어도 된다. 혹은, 기판(W)의 제 1 영역(R1)이 SiO_2 로 형성되어 있는 경우에, 공정(STa)에서 이용되는 처리 가스는, 플루오로카본 가스와 더불어, 희가스(예를 들면 Ar 가스) 및 산소 함유 가스(예를 들면 O_2 가스 또는 CO 가스)를 더 포함하고 있어도 된다.
- [0072] 공정(STa)의 실행을 위한 제어부(80)에 의한 제어(이하, '제어 A'라고 함)는, 챔버(10) 내에 처리 가스를 공급하도록 가스 공급부(41)를 제어하고, 제 1 고주파 전력을 공급하도록 제 1 고주파 전원(43)을 제어하는 것을 포함한다. 제어 A는, 챔버(10) 내의 압력을 지정된 압력으로 설정하도록, 배기 장치(34)를 제어한다. 또한, 제어 A는 제 2 고주파 전력의 출력을 정지하도록, 제 2 고주파 전원(44)을 제어하는 것을 더 포함하고 있어도 된다. 혹은, 제어 A는 제 2 고주파 전력을 공급하도록, 제 2 고주파 전원(44)을 제어하는 것을 더 포함하고 있어도 된다. 단, 공정(STa)에 있어서는, 제 2 고주파 전력의 전력 레벨은, 후술하는 공정(STb)에 있어서의 제 2 고주파 전력의 전력 레벨보다 낮은 레벨로 설정된다. 공정(ST1)에 있어서 처리(PE)가 실행되는 경우에는, 제 1 제어는 제어 A를 포함한다.
- [0073] 공정(STa)에 이어지는 공정(STb)에서는, 챔버(10) 내에서, 희가스의 플라즈마가 생성된다. 공정(STb)에서는, 희가스가 챔버(10) 내로 공급된다. 공정(STb)에서는, 희가스와 더불어 N_2 가스 및 O_2 가스 중 적어도 하나가 챔버(10) 내에 공급되어도 된다. 기판(W)의 제 1 영역(R1)의 실리콘 함유 재료가 저유전율 재료(예를 들면 SiOC 또는 SiOCH)인 경우에, 공정(STb)에서는 Ar 가스, N_2 가스 및 Ar 가스의 혼합 가스, 또는 N_2 가스, O_2 가스 및 Ar 가스의 혼합 가스가 챔버(10) 내에 공급되어도 된다. 기판(W)의 제 1 영역(R1)의 실리콘 함유 재료가 SiO_2 인 경우에, 공정(STb)에서는, Ar 가스가 챔버(10) 내에 공급되어도 된다. 공정(STb)에서는, 희가스의 플라즈마로부터의 희가스 이온이 기판(W)에 공급된다. 그 결과, 제 1 영역(R1) 상에 존재하는 퇴적물(DPF) 중의 플루오로카본과 제 1 영역(R1)을 구성하는 재료가 반응하여, 제 1 영역(R1)이 에칭된다. 한편 제 2 영역(R2)은, 그 위에 존재하는 퇴적물(DPF)에 의해 보호된다. 공정(ST1) 중의 공정(STb)에 의하면, 예를 들면 도 6의 (b)에 나타내는 바와 같이, 제 1 영역(R1)이 에칭된다.
- [0074] 공정(STb)의 실행을 위한 제어부(80)에 의한 제어(이하, '제어 B'라고 함)는, 챔버(10) 내에 희가스를 포함하는 상술한 가스를 공급하도록, 가스 공급부(41)를 제어하고, 제 1 고주파 전력을 공급하도록, 제 1 고주파 전원(43)을 제어하는 것을 포함한다. 제어 B는, 제 2 고주파 전력을 공급하도록, 제 2 고주파 전원(44)을 제어하는 것을 더 포함한다. 또한 제어 B는, 챔버(10) 내의 압력을 지정된 압력으로 설정하도록, 배기 장치(34)를 제어하는 것을 더 포함한다.
- [0075] 일실시 형태에서는, 공정(STa) 및 공정(STb)이 교호로 반복된다. 이 실시 형태에 있어서, 제어부(80)는 공정(STa) 및 공정(STb)을 교호로 반복하도록, 제어 A 및 제어 B를 포함하는 제어 시퀀스를 반복하여 실행한다. 이 실시 형태에서는, 공정(STc)이 실행된다. 공정(STc)에서는, 정지 조건이 충족되는지 여부가 판정된다. 정지 조건은, 공정(STa) 및 공정(STb)의 교호의 반복을 정지시킬지 여부의 판정에 이용되는 조건이다. 정지 조건은, 예를 들면 공정(STa) 및 공정(STb)의 교호의 반복의 횟수가 정해진 횟수에 달하고 있는 경우에 충족된다. 공정(STc)에 있어서 정지 조건이 충족되지 않았다고 판정되는 경우에는, 다시 공정(STa)과 공정(STb)이 차례로 실행된다. 한편, 공정(STc)에 있어서 정지 조건이 충족되어 있다고 판정되는 경우에는, 처리(PE)의 실행이 종료된다. 또한 처리(PE)에 있어서, 공정(STa) 및 공정(STb)의 각각은 1 회만 실행되어도 된다. 이 경우에는, 처리(PE)는 공정(STc)을 포함하지 않는다.
- [0076] 처리(PE)에 의하면, 제 2 영역(R2)은, 그 위에 형성된 퇴적물(DPF)에 의해 보호된다. 따라서, 제 1 영역(R1)의 에칭에 수반하는 제 2 영역(R2)의 에칭이 억제된다. 이러한 처리(PE)가 공정(ST1)에 있어서 실행되면, 기판(W)은 도 7에 나타내는 것과 같은 형상으로 가공된다. 즉, 기판(W)은, 제 1 영역(R1)이 제 2 영역(R2)보다 기판(W)

내의 보다 깊은 위치에서 그 상면을 제공하도록 가공된다.

[0077] 다른 실시 형태에 따른 공정(ST1)에서는, 기판(W)이 그 안에 배치된 챔버(10) 내에서, 플루오로카본 가스를 포함하는 처리 가스의 플라즈마가 생성되어도 된다. 이 실시 형태에 있어서, 제 1 영역(R1)은, 플라즈마로부터 기판(W)에 충돌하는 플루오로카본의 활성종 및 불소의 활성종 중 적어도 하나에 의해 에칭될 수 있다. 이 실시 형태의 공정(ST1)의 실행을 위한 제 1 제어에서는, 제어부(80)는 챔버(10) 내에 처리 가스를 공급하도록, 가스 공급부(41)를 제어한다. 또한, 이 실시 형태의 공정(ST1)의 실행을 위한 제 1 제어에서는, 제어부(80)는 챔버(10) 내의 압력을 지정된 압력으로 설정하도록, 배기 장치(34)를 제어한다. 또한, 이 실시 형태의 공정(ST1)의 실행을 위한 제 1 제어에서는, 제어부(80)는 제 1 고주파 전력을 공급하도록, 제 1 고주파 전원(43)을 제어하고, 제 2 고주파 전력을 공급하도록, 제 2 고주파 전원(44)을 제어한다.

[0078] 공정(ST1)의 실행 후에는, 공정(ST2)이 실행된다. 공정(ST2)의 실행 중에는, 공정(ST1)이 적용된 기판(W)이 챔버(10) 내에 수용되어 있다. 공정(ST2)에서는, 챔버(10) 내에서 탄화수소 가스의 플라즈마가 생성된다. 공정(ST2)에서는, 탄화수소 가스가 챔버(10) 내로 공급된다. 탄화수소 가스는 한정되는 것은 아니지만, 예를 들면 CH₄ 가스이다. 공정(ST2)에서는, 탄화수소 가스와 더불어, 희가스(예를 들면 Ar 가스)가 챔버 내에 공급되어도 된다. 공정(ST2)에서는, 챔버(10) 내에 공급된 가스가 여기되어, 플라즈마가 생성된다.

[0079] 공정(ST2)에서는, 플라즈마가 생성되어 있을 시에, 전자석(60)에 의해, 챔버(10) 내에서 자장의 분포가 형성된다. 구체적으로, 전자석(60)에 의해, 기판(W)의 중심 상에서의 수평 성분보다 큰 수평 성분을 기판의 옛지측 상에서 가지는 자장의 분포가 형성된다.

[0080] 공정(ST2)에서는, 플라즈마로부터의 탄소를 포함하는 퇴적물(DPC)이, 도 8에 나타내는 바와 같이 기판(W) 상에 형성된다. 공정(ST1)의 플라즈마 에칭의 결과, 제 1 영역(R1)은 제 2 영역(R2)보다 기판(W) 내의 보다 깊은 위치에서 연장되어 있다. 따라서, 퇴적물(DPC)의 두께는 제 2 영역(R2) 상에서는 크고, 제 1 영역(R1) 상에서는 작아진다. 또한, 전자석(60)에 의해 상술한 자장이 챔버(10) 내에서 형성되어 있으므로, 중심축선(AX)에 대하여 방사 방향에 있어서 균일한 플라즈마 밀도의 분포가 얻어진다. 이러한 분포를 가지는 플라즈마로부터의 탄소 화학종이 기판(W) 상에 퇴적되므로, 퇴적물(DPC)의 두께의 면내 균일성이 높여진다. 또한 도 8에서는, 공정(ST1)의 종료 후에 기판(W) 상에 남겨질 수 있는 퇴적물(DPF)은 생략되어 있다.

[0081] 공정(ST2)의 실행을 위하여, 제어부(80)는 제 2 제어를 실행한다. 제 2 제어에서는, 제어부(80)는 챔버(10) 내에 탄화수소 가스를 포함하는 상술한 가스를 공급하도록, 가스 공급부(41)를 제어하고, 제 1 고주파 전력을 공급하도록, 제 1 고주파 전원(43)을 제어한다. 또한 제 2 제어에서는, 제어부(80)는 챔버(10) 내의 압력을 지정된 압력으로 설정하도록, 배기 장치(34)를 더 제어한다. 또한 제 2 제어에서는, 제어부(80)는 전자석(60)에 의해, 상술한 자장의 분포를 형성하도록, 구동 전원(66)을 더 제어한다. 제 2 제어에 있어서, 제어부(80)는 제 2 고주파 전력의 출력을 정지하도록, 제 2 고주파 전원(44)을 더 제어해도 된다. 혹은, 제 2 제어에 있어서, 제어부(80)는 제 2 고주파 전력을 공급하도록, 제 2 고주파 전원(44)을 더 제어해도 된다. 단, 제 2 제어에 있어서의 제 2 고주파 전력의 전력 레벨은, 이온의 충돌에 의한 기판(W)의 물리적 에칭을 억제하도록, 낮은 레벨로 설정된다.

[0082] 공정(ST2)의 실행 후에는, 공정(ST3)이 실행된다. 공정(ST3)은, 공정(ST2)이 적용된 기판(W)이 챔버(10) 내에 배치된 상태에서 실행될 수 있다. 공정(ST3)에서는, 플라즈마 에칭에 의해, 제 1 영역(R1)이 더 에칭된다. 공정(ST3)에서는, 제 1 영역(R1)은 제 2 영역(R2)에 대하여 선택적으로 에칭된다. 공정(ST3)의 실행을 위하여, 제어부(80)는 제 3 제어를 실행한다. 제 3 제어에서는, 제어부(80)는 가스 공급부(41) 및 제 1 고주파 전원(43) 및 제 2 고주파 전원(44) 중 적어도 하나를 제어한다. 제 3 제어에서는, 제어부(80)는 챔버(10) 내의 압력을 조정하도록, 배기 장치(34)를 더 제어한다. 제 3 제어의 실행에 의해, 플라즈마 에칭에 의해 제 1 영역(R1)이 더 에칭된다.

[0083] 일실시 형태에 따른 공정(ST3)에서는, 공정(ST1)에 관련하여 상술한 처리(PE)가 실행되어도 된다. 공정(ST3)에 있어서 처리(PE)가 실행되는 경우에는, 공정(STa)에 있어서, 챔버(10) 내에서, 플루오로카본 가스를 포함하는 처리 가스의 플라즈마가 생성된다. 공정(STa)에서는, 생성된 플라즈마로부터의 플루오로카본이 기판(W) 상에 퇴적되어, 기판(W) 상에 퇴적물(DPF)을 형성한다. 공정(ST3) 중의 공정(STa)에 의하면, 예를 들면 도 9의 (a)에 나타내는 바와 같이, 기판(W) 상에 퇴적물(DPF)이 형성된다. 공정(ST3) 중의 공정(STa)의 실행을 위한 제어부(80)에 의한 제어는, 상술한 제어 A이다.

[0084] 공정(ST3)에 있어서 처리(PE)가 실행되는 경우에는, 공정(STb)에 있어서, 챔버(10) 내에서, 희가스의 플라즈마

가 생성된다. 공정(STb)에서는, 희가스가 챔버(10) 내로 공급된다. 공정(STb)에서는, 희가스와 더불어 N₂ 가스 및 O₂ 가스 중 적어도 하나가 챔버(10) 내에 공급되어도 된다. 공정(STb)에서는, 희가스의 플라즈마로부터의 희가스 이온이 기판(W)에 공급된다. 그 결과, 제 1 영역(R1) 상에 존재하는 퇴적물(DPF) 중의 플루오로카본과 제 1 영역(R1)을 구성하는 재료가 반응하여, 제 1 영역(R1)이 에칭된다. 한편 제 2 영역(R2)은, 그 위에 존재하는 퇴적물(DPF)에 의해 보호된다. 공정(ST3) 중의 공정(STb)에 의하면, 예를 들면 도 9의 (b)에 나타내는 바와 같이, 제 1 영역(R1)이 에칭된다. 공정(ST3) 중의 공정(STb)의 실행을 위한 제어부(80)에 의한 제어는, 상술한 제어 B이다.

[0085] 공정(ST3)에 있어서 처리(PE)가 실행되는 경우에는, 공정(STa) 및 공정(STb)을 포함하는 시퀀스가 1 회 이상 실행되어도 된다. 또한, 공정(ST3)에 있어서 처리(PE)를 실행하기 위하여, 제어부(80)는 제어 A 및 제어 B를 포함하는 제어 시퀀스를 1 회 이상 실행해도 된다.

[0086] 다른 실시 형태에 따른 공정(ST3)에서는, 기판(W)이 그 안에 배치된 챔버(10) 내에서, 플루오로카본 가스를 포함하는 처리 가스의 플라즈마가 생성되어도 된다. 이 실시 형태에 있어서, 제 1 영역(R1)은, 플라즈마로부터 기판(W)에 충돌하는 플루오로카본의 활성종 및 불소의 활성종 중 적어도 하나에 의해 에칭될 수 있다. 이 실시 형태의 공정(ST3)의 실행을 위한 제 3 제어에서는, 제어부(80)는 챔버(10) 내에 처리 가스를 공급하도록, 가스 공급부(41)를 제어한다. 또한, 이 실시 형태의 공정(ST3)의 실행을 위한 제 3 제어에서는, 제어부(80)는 챔버(10) 내의 압력을 지정된 압력으로 설정하도록, 배기 장치(34)를 제어한다. 또한, 이 실시 형태의 공정(ST3)의 실행을 위한 제 3 제어에서는, 제어부(80)는 제 1 고주파 전력을 공급하도록, 제 1 고주파 전원(43)을 제어하고, 제 2 고주파 전력을 공급하도록, 제 2 고주파 전원(44)을 제어한다.

[0087] 일실시 형태에서는, 도 1에 나타내는 바와 같이 공정(ST2) 및 공정(ST3)이 교호로 반복된다. 이 실시 형태에 있어서, 제어부(80)는 제 2 제어 및 제 3 제어를 교호로 반복하여 실행한다. 이 실시 형태에서는, 공정(ST4)이 실행된다. 공정(ST4)에서는, 정지 조건이 충족되는지 여부가 판정된다. 정지 조건은, 공정(ST2) 및 공정(ST3)의 교호의 반복을 정지시킬지 여부의 판정에 이용되는 조건이다. 정지 조건은, 예를 들면 공정(ST2) 및 공정(ST3)의 교호의 반복의 횟수가 정해진 횟수에 달하고 있는 경우에 충족된다. 공정(ST4)에 있어서 정지 조건이 충족되지 않았다고 판정되는 경우에는, 다시 공정(ST2)과 공정(ST3)이 차례로 실행된다. 한편, 공정(ST4)에 있어서 정지 조건이 충족되어 있다고 판정되는 경우에는, 방법(MT)이 종료된다. 그 결과, 도 10에 나타내는 바와 같이, 제 1 영역(R1)이 에칭된다. 또한, 공정(ST2) 및 공정(ST3)의 각각은 1 회만 실행되어도 된다. 이 경우에는, 방법(MT)은 공정(ST4)을 포함하지 않는다.

[0088] 상기 예시적 실시 형태에 따른 방법(MT)에서는, 퇴적물(DPC)은 탄화수소 가스의 플라즈마로부터의 탄소 화학종으로 형성된다. 또한, 공정(ST1)이 적용된 기판(W)에서는, 제 1 영역(R1)은 제 2 영역(R2)보다 기판(W) 내의 보다 깊은 위치에서 연장되어 있으므로, 퇴적물(DPC)의 두께는 제 2 영역(R2) 상에서는 크고, 제 1 영역(R1) 상에서는 작아진다. 이 퇴적물(DPC)에 의해, 제 2 영역(R2)이 보호되면서 제 1 영역(R1)이 더 에칭된다. 따라서, 기판(W)의 제 2 영역(R2)에 대한 기판(W)의 제 1 영역(R1)의 에칭의 선택성이 높아진다. 또한, 공정(ST2)의 실행 중에는, 전자석(60)에 의해, 기판(W)의 중심 상에서의 수평 성분보다 큰 수평 성분을 기판(W)의 엣지측 상에서 가지는 자장의 분포가 형성된다. 따라서, 기판(W)의 엣지측 상에서 플라즈마의 밀도가 높여진다. 그 결과, 직경 방향에 있어서의 플라즈마의 밀도의 분포가 균일화된다. 이러한 분포를 가지는 플라즈마로부터의 탄소 화학종이 기판(W) 상에 퇴적되므로, 퇴적물(DPC)의 두께의 면내 균일성이 높여진다. 따라서, 기판(W)의 제 2 영역(R2)에 대한 기판(W)의 제 1 영역(R1)의 선택적인 에칭의 면내 균일성이 높아진다.

[0089] 일실시 형태에서는, 상술한 바와 같이, 공정(ST2)과 공정(ST3)이 교호로 반복된다. 즉, 이 실시 형태에서는, 퇴적물(DPC)의 형성과 제 1 영역(R1)의 에칭이 교호로 반복된다. 이 실시 형태에 의하면, 공정(ST3)의 가일층의 실행 전에, 퇴적물(DPC)이 기판(W) 상에 재형성된다. 따라서, 제 2 영역(R2)의 에칭이 더 억제되어, 제 1 영역(R1)의 에칭의 선택성이 더 높여진다.

[0090] 이하, 방법(MT)이 적용될 수 있는 다른 예에 따른 기판에 대하여 설명한다. 도 11은 다른 예의 기판의 부분 단면도이다. 도 11에 나타내는 기판(WA)에도 방법(MT)이 적용될 수 있다. 기판(WA)은 하지 영역(UR), 제 1 영역(R1) 및 제 2 영역(R2)을 가지고 있다. 일례에 있어서, 기판(WA)은 편형 전계 효과 트랜지스터의 제조 중에 얻어지는 생산물이다.

[0091] 하지 영역(UR)은, 예를 들면 다결정 실리콘으로 형성되어 있다. 하지 영역(UR)은 일례에 있어서는 편 영역이며, 대략 직육면체 형상을 가지고 있다. 기판(WA)은 복수의 돌출부(PT)를 가지고 있다. 복수의 돌출부(PT)는 하지

영역(UR) 상에 마련되어 있으며, 서로 대략 평행하게 배열되어 있다. 일례에 있어서, 복수의 돌출부(PT)의 각각은 게이트 영역이다.

[0092] 제 2 영역(R2)은 질화 실리콘으로 형성되어 있다. 제 2 영역(R2)은 복수의 돌출부(PT) 및 하지 영역(UR)을 덮도록 마련되어 있다. 제 2 영역(R2)은, 복수의 돌출부(PT)의 표면 및 이웃하는 돌출부(PT)의 사이의 하지 영역(UR)의 표면을 따라 연장되어 있다. 제 2 영역(R2)은, 이웃하는 돌출부(PT)의 사이에서 오목부를 제공하도록 마련되어 있다.

[0093] 제 1 영역(R1)은 산화 실리콘으로 형성되어 있다. 제 1 영역(R1)은 제 2 영역(R2)에 의해 제공되고 있는 상술한 오목부 안에 마련되어 있다. 또한, 제 1 영역(R1)은 제 2 영역(R2)을 덮도록 마련되어 있다. 제 1 영역(R1) 상에는 마스크(MK)가 마련되어 있다. 마스크(MK)는, 제 2 영역(R2)에 의해 제공된 오목부의 상방에서 개구를 제공하도록, 패터닝되어 있다. 마스크(MK)의 개구의 폭은, 제 2 영역(R2)에 의해 제공된 오목부의 폭보다 크다. 마스크(MK)는 유기막으로 형성된 마스크이다. 마스크(MK)는 포토리소그래피 기술에 의해 작성하는 것이 가능하다.

[0094] 이하, 도 12의 (a) 및 도 12의 (b), 도 13, 도 14, 도 15의 (a), 도 15의 (b) 및 도 16을 참조한다. 도 12의 (a)는 방법(MT)의 공정(ST1)에 있어서 공정(STa)이 적용된 다른 예의 기판의 부분 단면도이다. 도 12의 (b)는 방법(MT)의 공정(ST1)에 있어서 공정(STb)이 적용된 다른 예의 기판의 부분 단면도이다. 도 13은 방법(MT)의 공정(ST1)이 적용된 다른 예의 기판의 부분 단면도이다. 도 14는 방법(MT)의 공정(ST2)이 적용된 다른 예의 기판의 부분 단면도이다. 도 15의 (a)는 방법(MT)의 공정(ST3)에 있어서 공정(STa)이 적용된 다른 예의 기판의 부분 단면도이다. 도 15의 (b)는 방법(MT)의 공정(ST3)에 있어서 공정(STb)이 적용된 다른 예의 기판의 부분 단면도이다. 도 16은 방법(MT)의 공정(ST3)이 적용된 다른 예의 기판의 부분 단면도이다.

[0095] 도 11에 나타내는 기판(WA)이 플라즈마 처리 장치(1)의 챔버(10) 내에 배치되고, 방법(MT)의 공정(ST1)에 있어서 처리(PE)의 공정(STa)이 실행되면, 기판(WA) 상에 퇴적물(DPF)이 형성된다. 도 12의 (a)에서는, 공정(ST1)에 있어서 제 1 영역(R1)이 기판(WA)의 깊이 방향으로 에칭되고, 공정(STa)이 더 실행된 후의 상태의 기판(WA)이 나타나 있다. 공정(STa)이 실행되면, 도 12의 (a)에 나타내는 바와 같이, 기판(WA) 상에 퇴적물(DPF)이 형성된다. 이어서 공정(STb)이 실행되면, 도 12의 (b)에 나타내는 바와 같이, 퇴적물(DPF) 중의 플루오로카본에 의해 제 1 영역(R1)이 더 에칭된다. 그리고, 공정(ST1)의 실행이 종료되면, 기판(WA)은, 도 13에 나타내는 것과 같은 형상으로 가공된다. 즉, 공정(ST1)에 의해, 제 1 영역(R1)은 제 2 영역(R2)보다 기판(WA) 내의 보다 깊은 위치에서 상면을 가지도록 가공된다. 또한, 기판(WA)에 대하여 적용되는 공정(ST1)에 있어서도, 제 1 영역(R1)은 플루오로카본 가스를 포함하는 처리 가스의 플라즈마로부터 기판(WA)에 조사되는 플루오로카본의 활성종 및 불소의 활성종 중 적어도 하나에 의해 에칭되어도 된다.

[0096] 이어서, 공정(ST2)이 실행되면, 도 14에 나타내는 바와 같이 퇴적물(DPC)이 기판(WA) 상에 형성된다. 또한 도 14에서는, 공정(ST1)의 종료 후에 기판(WA) 상에 남겨질 수 있는 퇴적물(DPF)은 생략되어 있다. 이어지는 공정(ST3)에 있어서 처리(PE)의 공정(STa)이 실행되면, 도 15의 (a)에 나타내는 바와 같이, 기판(WA) 상에 퇴적물(DPF)이 형성된다. 이어서 공정(STb)이 실행되면, 도 15의 (b)에 나타내는 바와 같이, 퇴적물(DPF) 중의 플루오로카본에 의해 제 1 영역(R1)이 더 에칭된다. 공정(ST2)과 공정(ST3)을 포함하는 시퀀스의 1 회 이상의 실행에 의해, 제 1 영역(R1)이 더 에칭되어, 기판(WA)은, 도 16에 나타내는 것과 같은 형상으로 가공된다. 또한, 기판(WA)에 대하여 적용되는 공정(ST3)에 있어서도, 제 1 영역(R1)은 플루오로카본 가스를 포함하는 처리 가스의 플라즈마로부터 기판(WA)에 조사되는 플루오로카본의 활성종 및 불소의 활성종 중 적어도 하나에 의해 에칭되어도 된다.

[0097] 이상, 각종 예시적 실시 형태에 대하여 설명했지만, 상술한 예시적 실시 형태에 한정되지 않고, 다양한 생략, 치환 및 변경이 이루어져도 된다. 또한, 상이한 실시 형태에 있어서의 요소를 조합하여 다른 실시 형태를 형성하는 것이 가능하다.

[0098] 예를 들면, 공정(ST1), 공정(ST2) 및 공정(ST3)은, 각각 상이한 플라즈마 처리 장치를 이용하여 실행되어도 된다. 또한 방법(MT)에서는, 상술한 자장을 형성 가능한 플라즈마 처리 장치이면, 다른 플라즈마 처리 장치가 이용되어도 된다. 다른 플라즈마 처리 장치로서는, 플라즈마 처리 장치(1)와는 다른 용량 결합형의 플라즈마 처리 장치, 유도 결합형의 플라즈마 처리 장치, 또는 마이크로파와 같은 표면파를 이용하여 플라즈마를 생성하는 플라즈마 처리 장치가 예시된다.

[0099] 또한, 공정(ST2)에 있어서 전자석(60)에 의해 챔버(10) 내에서 형성된 상술한 자장은, 공정(ST2)과 더불어 다른 공정에 있어서도, 챔버(10) 내에서 생성되어도 된다. 즉, 당해 자장은 공정(ST1), 공정(ST3), 공정(ST1) 중의

공정(STa), 공정(ST1) 중의 공정(STb), 공정(ST3) 중의 공정(STa), 및 공정(ST3) 중의 공정(STb) 중 적어도 하나의 공정에 있어서도, 챔버(10) 내에서 생성되어도 된다.

[0100] 이하, 방법(MT)의 평가를 위하여 행한 실험에 대하여 설명한다. 또한, 본 개시는, 이하에 설명하는 실험의 내용에 의해 한정되는 것은 아니다.

[0101] 실험에서는, 플라즈마 처리 장치(1)를 이용하여, 샘플 기판에 대하여 공정(ST2)을 실행했다. 공정(ST2)의 조건은 이하와 같다. 또한

[0102] <공정(ST2)의 조건>

[0103] · 챔버(10) 내의 압력 : 10 mTorr(1.333) pa

[0104] · 챔버(10) 내에 공급한 가스 : CH₄ 가스(25 sccm) 및 Ar 가스(250 sccm)

[0105] · 제 1 고주파 전력 : 60 MHz, 300 W

[0106] · 제 2 고주파 전력 : 0 W

[0107] 실험에서는, 샘플 기판의 표면의 두 개의 직교하는 직경 상의 57 개소의 각각에 있어서, 형성된 퇴적물의 두께를 측정하고, 당해 두께와 공정(ST2)의 실행 시간으로부터, 퇴적물의 퇴적 속도를 구했다. 그리고, 57 개소의 퇴적 속도의 평균값(nm/분)과 불균일(%)을 구했다. 불균일은, 이하의 식에 의해 구했다.

$$\text{식 } 1: \frac{(\text{Max} - \text{Min})}{(\text{Average} \times 2)} \times 100$$

[0108] 여기서, Max는 57 개소의 퇴적 속도 중 최대값, Min은 57 개소의 퇴적 속도 중 최소값, Average는 57 개소의 퇴적 속도의 평균값이다. 실험의 결과, 57 개소의 퇴적 속도의 평균값과 불균일은 각각, 21.2 nm/분, 2.0%였다.

[0109] 또한 비교 실험에 있어서, 전자석(60)에 의해 챔버(10) 내에서 자장을 형성하지 않았던 점을 제외하면 상기 실험과 동일 조건으로, 샘플 기판 상에 퇴적물을 형성했다. 비교 실험에 있어서도, 마찬가지로 57 개소의 퇴적 속도의 평균값(nm/분)과 불균일(%)을 구했다. 비교 실험의 결과, 57 개소의 퇴적 속도의 평균값과 불균일은 각각, 21.4 nm/분, 5.0%였다.

[0110] 이상의 실험 및 비교 실험의 결과, 공정(ST2)에 의하면, 기판의 면내에 있어서의 퇴적물의 퇴적 레이트의 불균일을 저감시키는 것이 가능하다는 것이 확인되었다. 즉, 전자석(60)을 이용하여 챔버(10) 내에서 자장을 형성함으로써, 기판 상에 대한 퇴적물의 퇴적 레이트의 면내 균일성을 향상시키는 것이 가능하다는 것이 확인되었다.

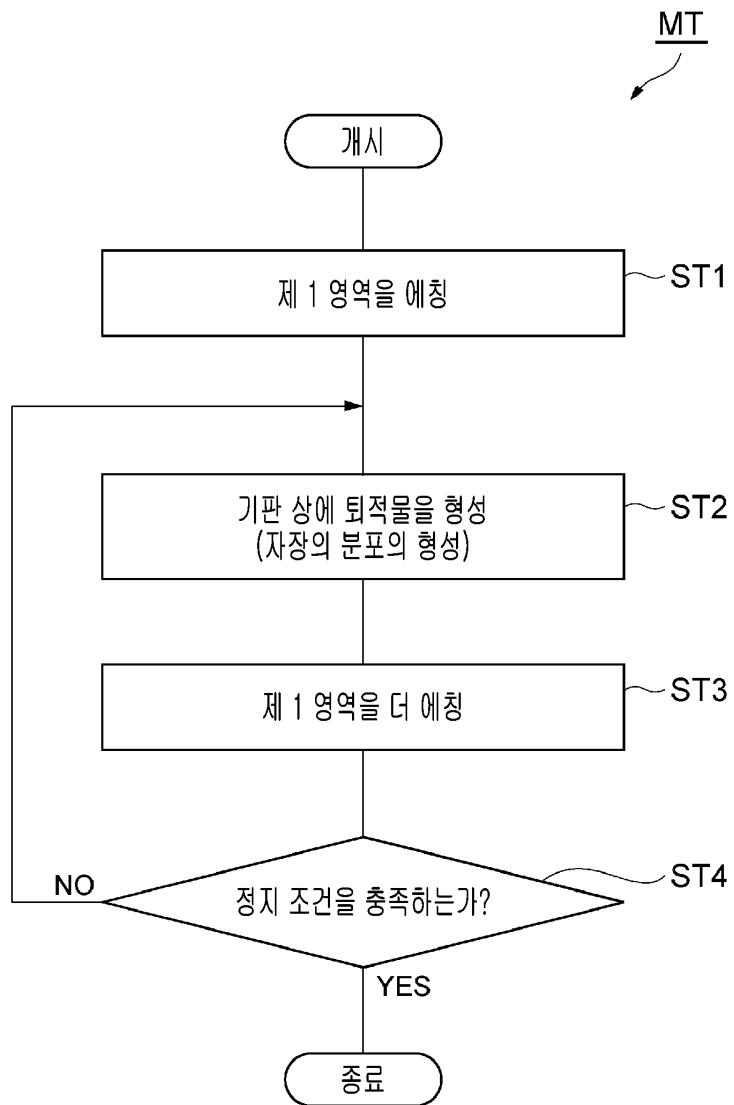
[0111] 이상의 설명으로부터, 본 개시의 각종 실시 형태는 설명의 목적에서 본 명세서에서 설명되어 있고, 본 개시의 범위 및 주지로부터 일탈하지 않고 각종 변경을 할 수 있는 것이 이해될 것이다. 따라서, 본 명세서에 개시한 각종 실시 형태는 한정하는 것을 의도하고 있지 않으며, 진정한 범위와 주지는 첨부한 특허 청구의 범위에 의해 나타난다.

부호의 설명

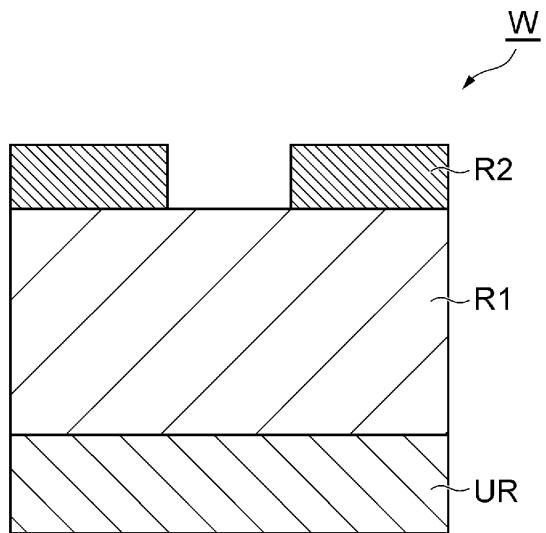
삭제

도면

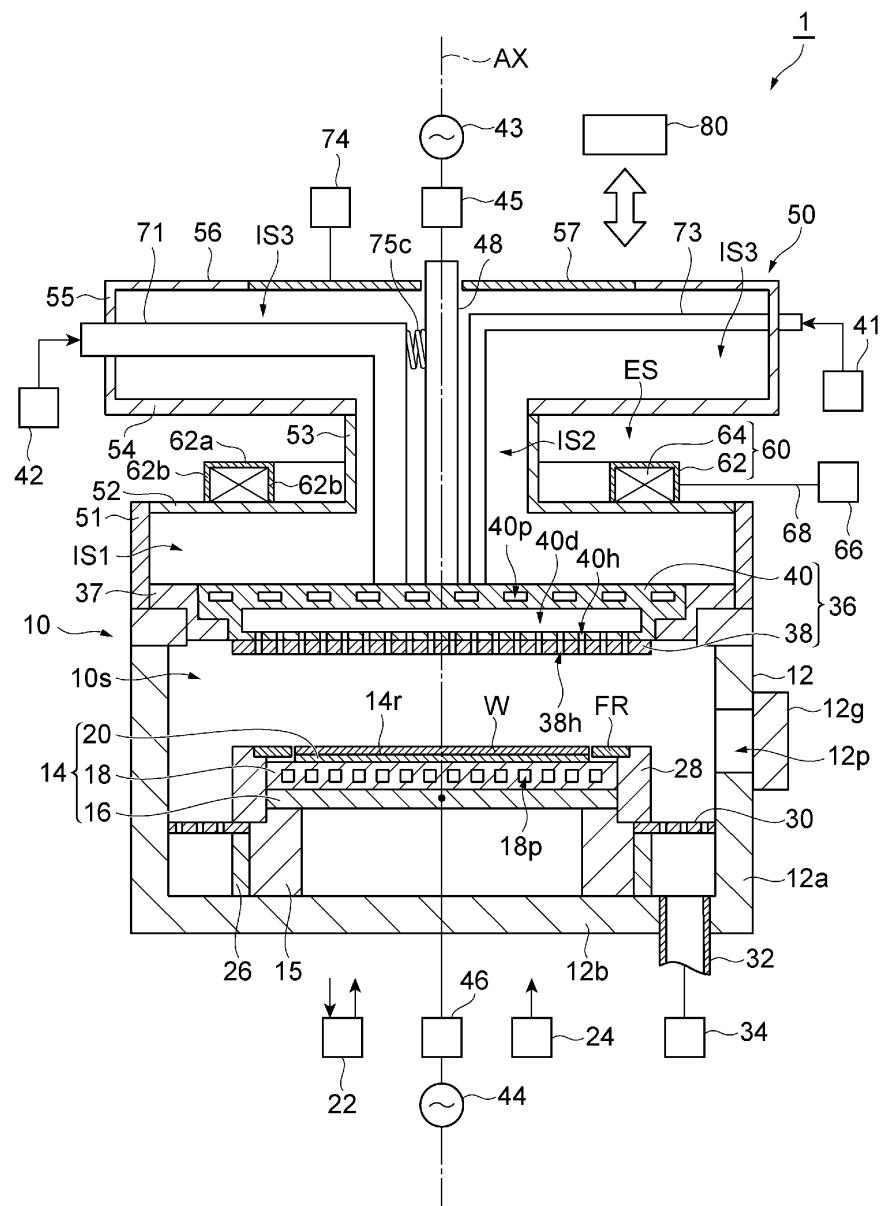
도면1



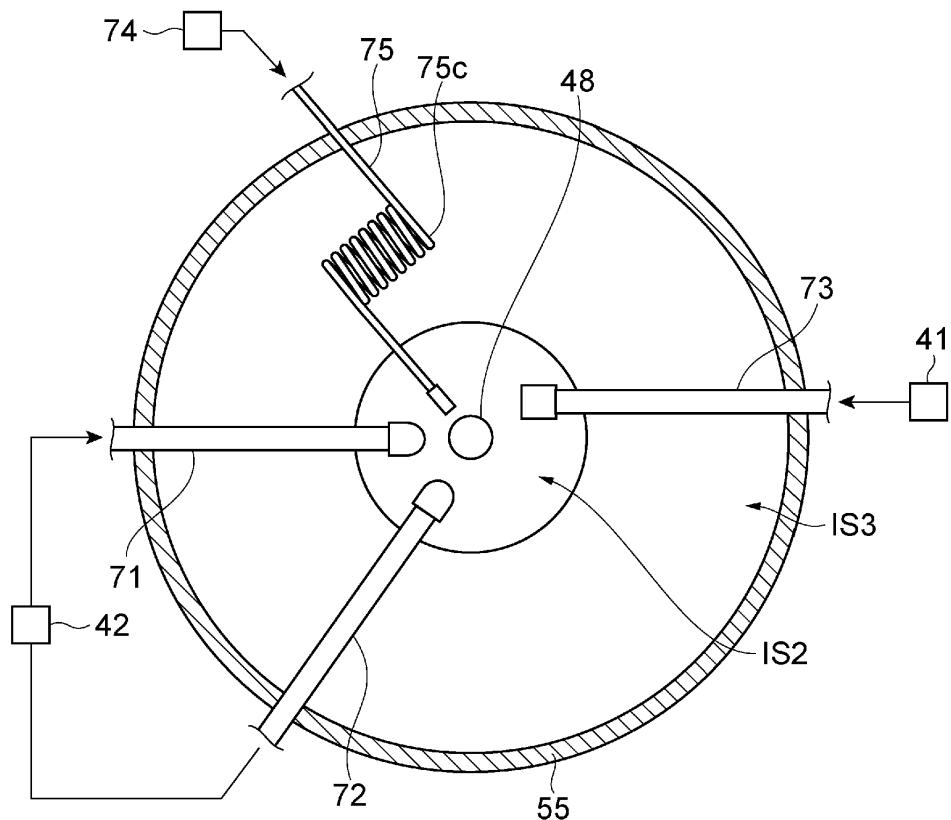
도면2



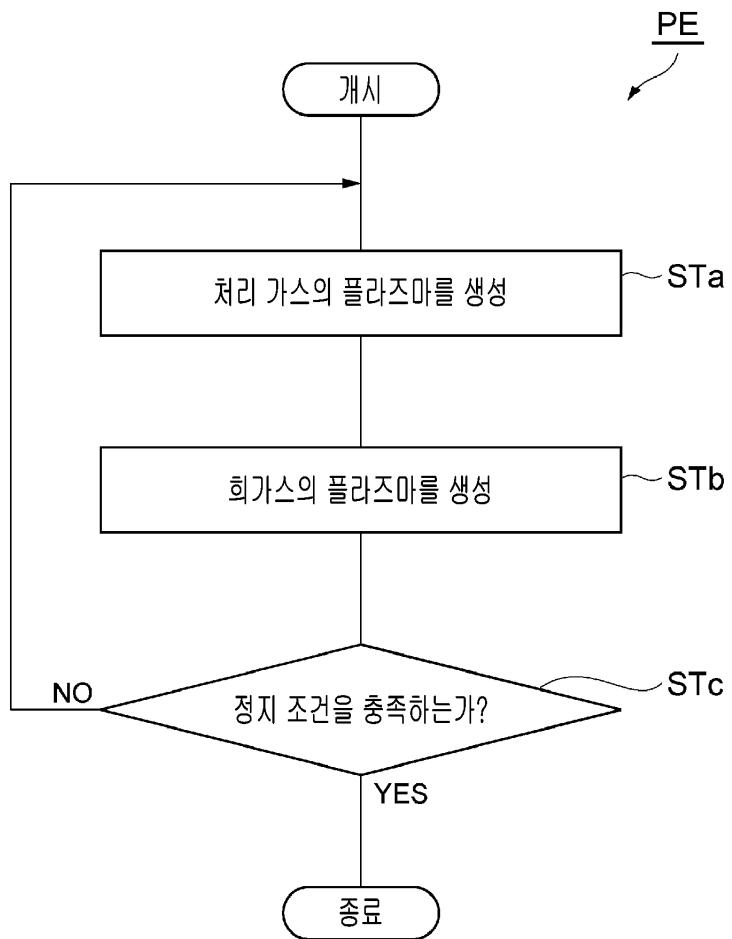
도면3



도면4

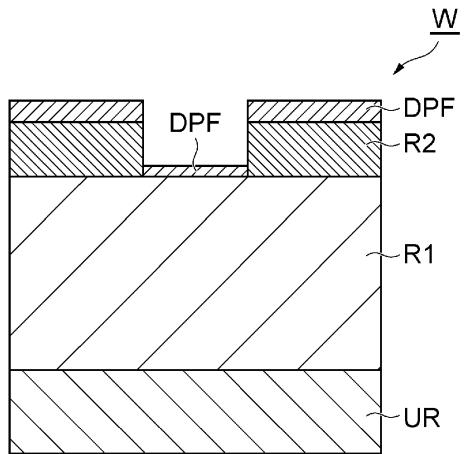


도면5

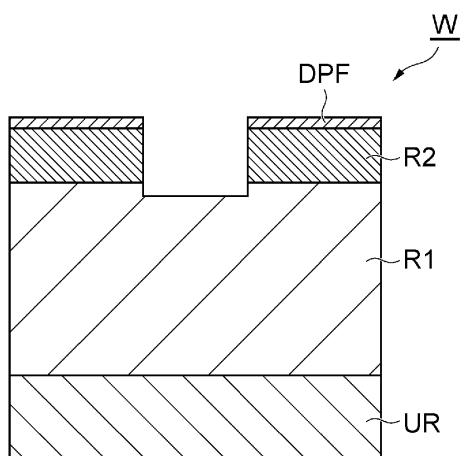


도면6

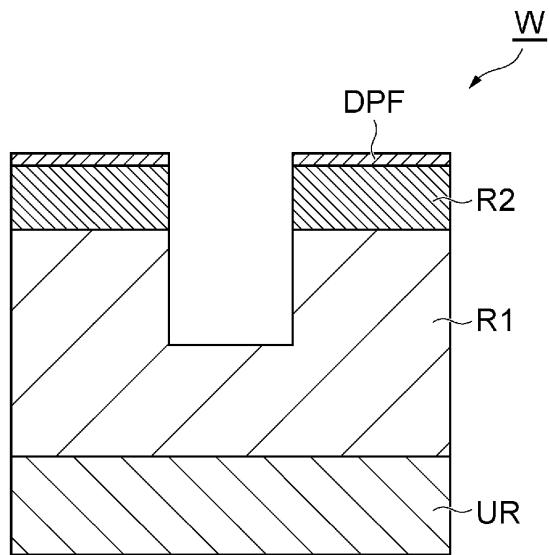
(a)



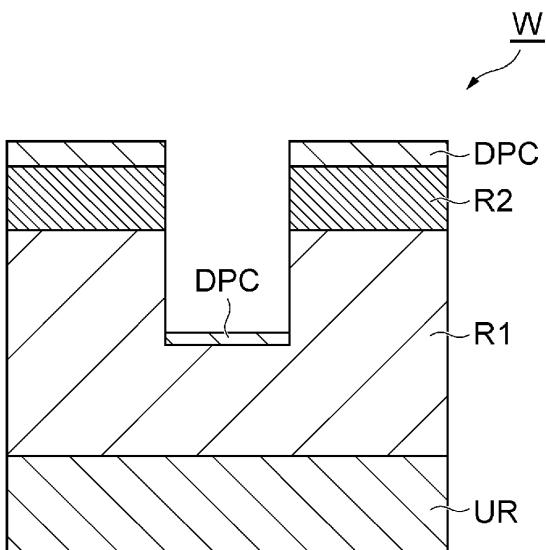
(b)



도면7

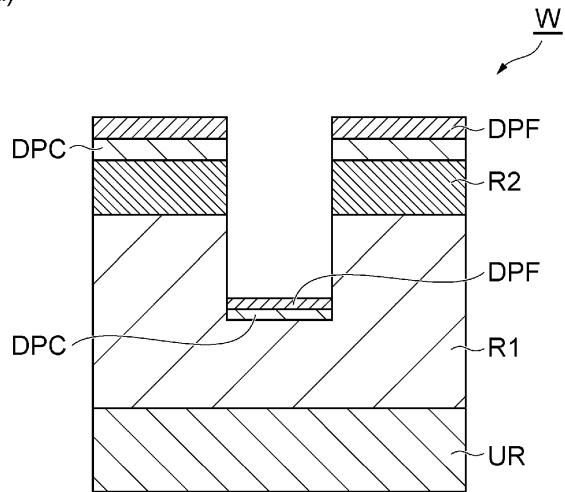


도면8

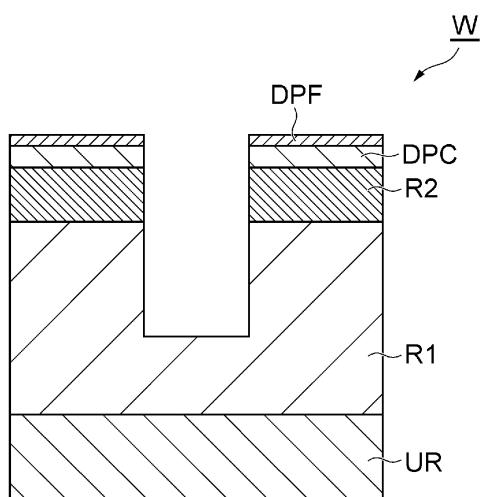


도면9

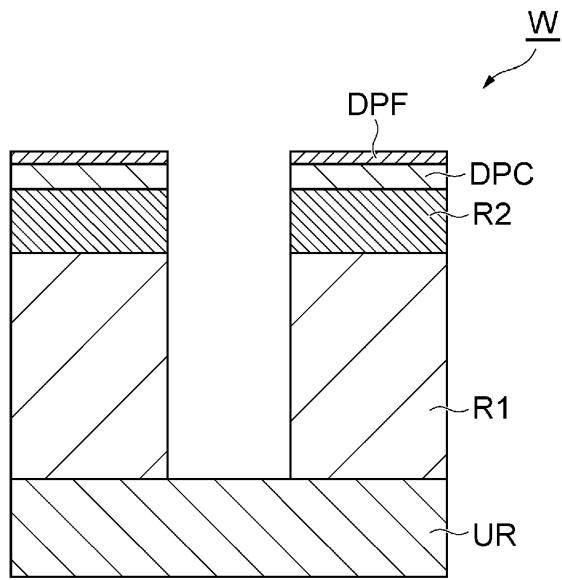
(a)



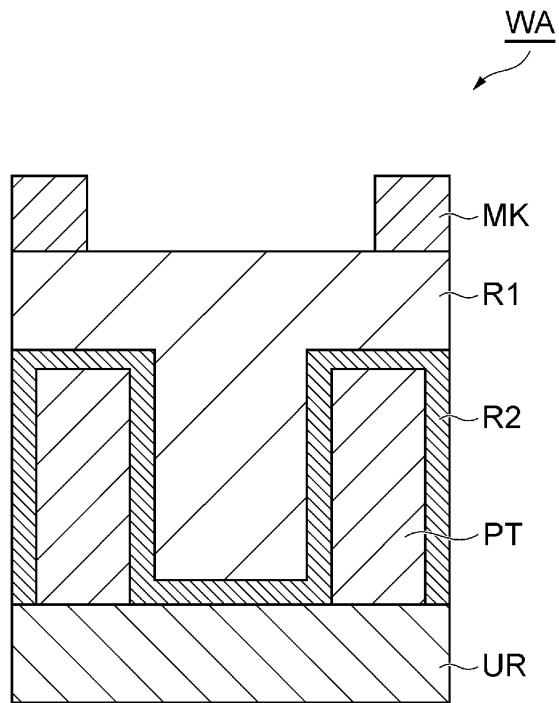
(b)



도면10

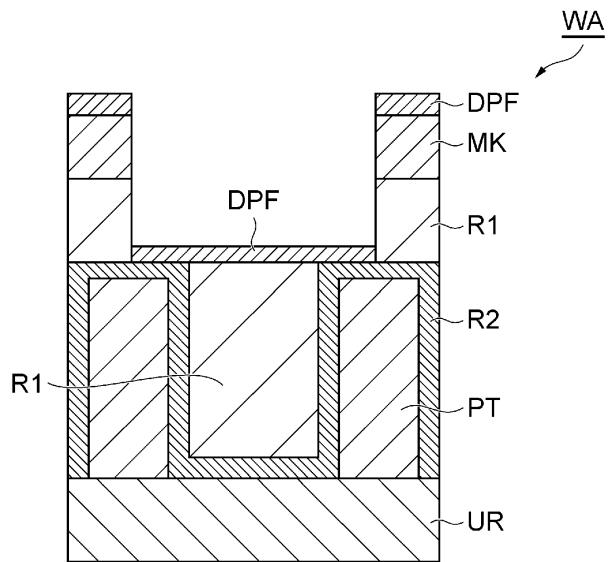


도면11

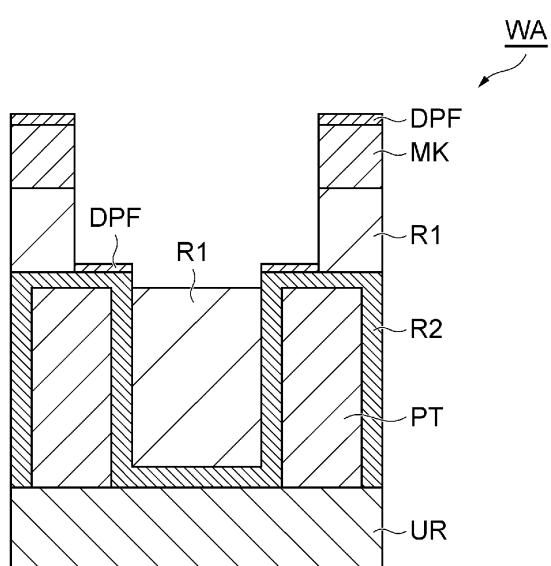


도면12

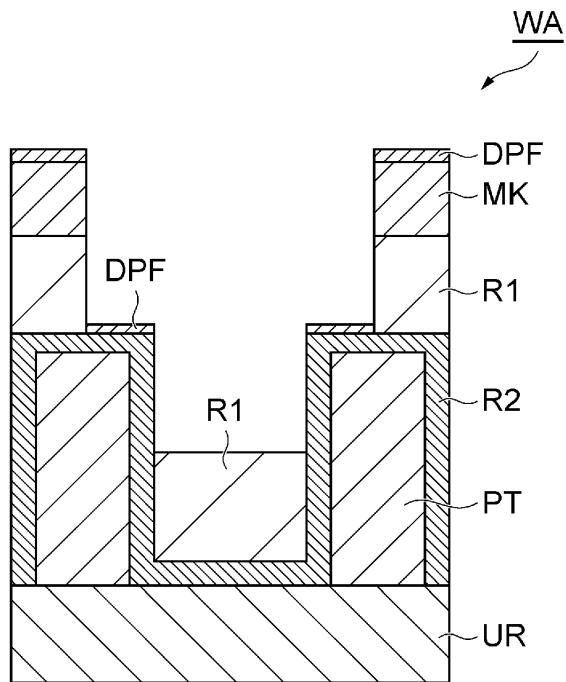
(a)



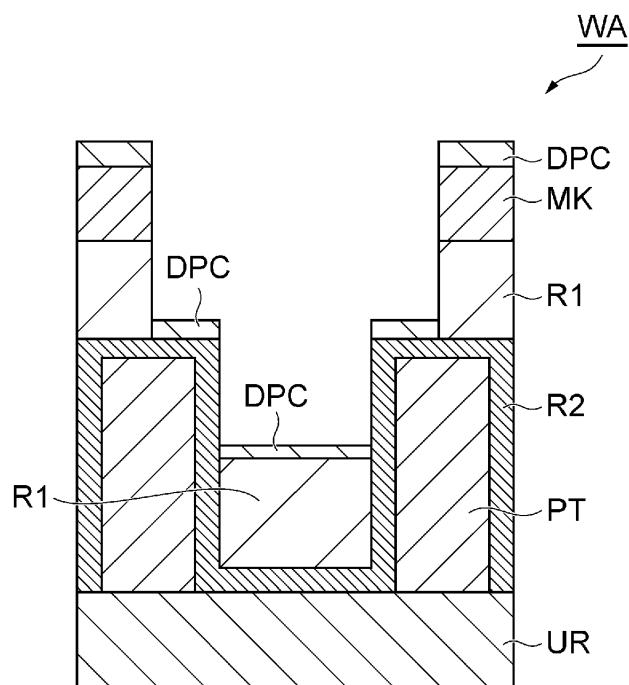
(b)



도면13

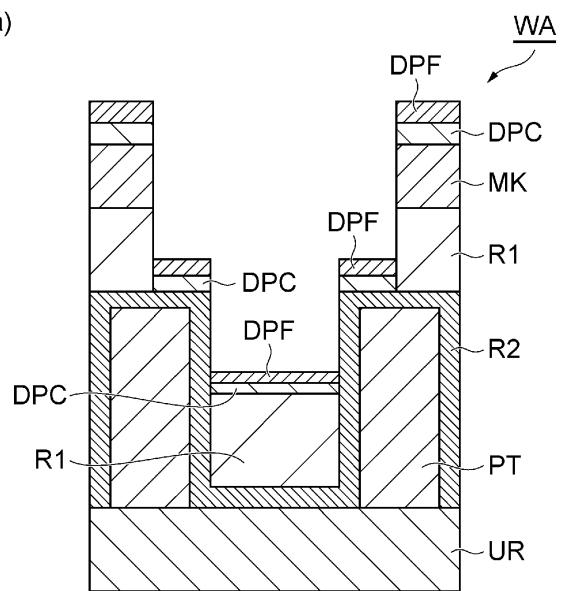


도면14

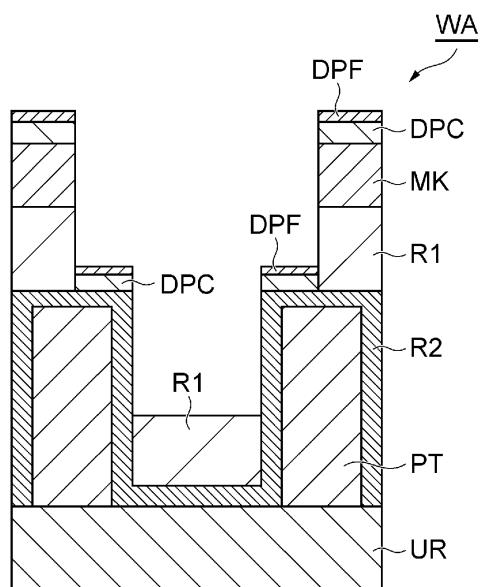


도면15

(a)



(b)



도면16

