



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년08월14일
(11) 등록번호 10-1888728
(24) 등록일자 2018년08월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/3065 (2006.01) H01L 21/02 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 21/3065 (2013.01)
H01L 21/02214 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0092004
(22) 출원일자 2015년06월29일
심사청구일자 2017년07월14일
(65) 공개번호 10-2016-0003565
(43) 공개일자 2016년01월11일
(30) 우선권주장
JP-P-2014-135629 2014년07월01일 일본(JP)
JP-P-2014-219285 2014년10월28일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
KR1020020040445 A*
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
도쿄엘렉트론가부시키키가이샤
일본 도쿄도 미나토쿠 아카사카 5초메 3반 1고
(72) 발명자
와타나베 히카루
일본 미야기켄 981-3629 구로카와군 다이와초 1
테크노 힐스 도쿄 엘렉트론 미야기 가부시키키가이
샤 나이
혼다 마사노부
일본 미야기켄 981-3629 구로카와군 다이와초 1
테크노 힐스 도쿄 엘렉트론 미야기 가부시키키가이
샤 나이
츠지 아키히로
일본 미야기켄 981-3629 구로카와군 다이와초 1
테크노 힐스 도쿄 엘렉트론 미야기 가부시키키가이
샤 나이
(74) 대리인
김태홍, 김진희

전체 청구항 수 : 총 15 항

심사관 : 손희수

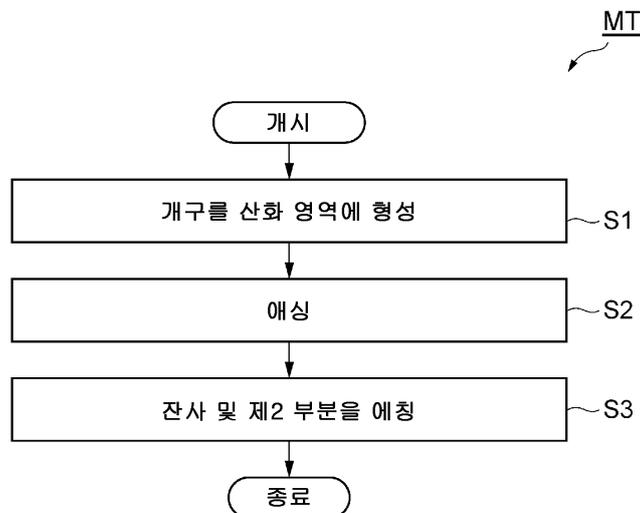
(54) 발명의 명칭 피처리체를 처리하는 방법

(57) 요약

피처리체를 처리하는 방법을 제공한다.

일 실시형태의 방법은, 피처리체를 처리하여, 산화 영역으로부터 2개의 용기 영역 사이를 통과하여 하지층까지 도달하는 개구를 형성하는 것이다. 이 방법은, (1) 2개의 용기 영역 사이에서 질화 영역의 제2 부분을 노출시키는 개구를 산화 영역에 형성하는 공정과, (2) 개구 내의 산화실리콘층의 잔사 및 제2 부분을 에칭하는 공정을 포함한다. 잔사 및 제2 부분을 에칭하는 공정에서는, 수소를 함유하는 가스 및 NF₃ 가스를 포함하는 혼합 가스의 플라즈마에 피처리체를 노출시켜 잔사 및 제2 부분을 변질시킴으로써 변질 영역을 형성하고, 그 변질 영역을 제거한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H01L 21/02219 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌

Ying Wang et al. Ultrahigh-selectivity silicon nitride etch process using an inductively coupled plasma source. Journal of Vacuum Science & Technology A: Vacuum, Surfaces, and Films. 1998년 10월 31일, 16

JP09027483 A*

JP2010021296 A

US06617253 B1

US20050181588 A1

US20030127427 A1

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명세서

청구범위

청구항 1

하지층, 상기 하지층 상에 서로 이격되어 설치된 2개의 용기 영역, 상기 2개의 용기 영역을 덮는 제1 부분 및 상기 2개의 용기 영역 사이의 상기 하지층을 덮는 제2 부분을 포함하는 질화실리콘제의 질화 영역, 및 상기 질화 영역을 덮는 산화실리콘제의 산화 영역을 갖는 피처리체를 처리하여, 상기 2개의 용기 영역 사이를 통과하여 상기 하지층까지 도달하는 개구를 형성하는 방법에 있어서,

상기 2개의 용기 영역 사이에서 상기 제2 부분을 노출시키는 개구를 상기 산화 영역에 형성하는 공정과,

상기 개구 내의 산화실리콘제의 잔사 및 상기 제2 부분을 에칭하는 공정으로서, 수소를 함유하는 가스 및 NF_3 가스를 포함하는 혼합 가스의 플라즈마에 상기 피처리체를 노출시켜 상기 잔사 및 상기 제2 부분을 변질시킴으로써 변질 영역을 형성하고, 상기 변질 영역을 제거하는 상기 공정

을 포함하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 혼합 가스는 H_2 가스 및 NF_3 가스를 포함하는 것인 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 잔사 및 상기 제2 부분을 에칭하는 상기 공정은,

NH_3 가스 및 상기 NF_3 가스를 포함하는 상기 혼합 가스의 플라즈마에 상기 피처리체를 노출시켜 상기 변질 영역을 형성하고, 상기 변질 영역을 제거하는 공정과,

H_2 가스 및 상기 NF_3 가스를 포함하는 상기 혼합 가스의 플라즈마에 상기 피처리체를 노출시켜 상기 변질 영역을 형성하고, 상기 변질 영역을 제거하는 공정

을 포함하는 것인 방법.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 변질 영역은 상기 피처리체를 가열함으로써 제거되는 것인 방법.

청구항 5

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 변질 영역은, 용량 결합형의 플라즈마 처리 장치의 실리콘제의 상부 전극에 플러스 이온에 의해 스퍼터링되는 것에 의해 상기 상부 전극으로부터 방출되는 이차 전자에 상기 피처리체를 노출시킴으로써 제거되는 것인 방법.

청구항 6

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 개구를 상기 산화 영역에 형성하는 상기 공정은,

상기 질화 영역 상 및 상기 산화 영역 상에 보호막을 형성하는 공정으로서, 상기 피처리체를 플루오로카본 가스의 플라즈마에 노출시켜, 상기 산화 영역 상에 형성되는 보호막보다 두꺼운 보호막을 상기 질화 영역 상에 형성하는 상기 공정과,

상기 산화 영역을 에칭하는 공정으로서, 플루오로카본 가스의 플라즈마에 상기 피처리체를 노출시키는 상기 공정

을 포함하고,

상기 보호막을 형성하는 상기 공정에 있어서 상기 피처리체를 배치하는 배치대에 공급되는 고주파 바이어스 전력이, 상기 산화 영역을 에칭하는 상기 공정에 있어서 상기 배치대에 공급되는 고주파 바이어스 전력보다 작고, 상기 보호막을 형성하는 상기 공정에 있어서, 상기 피처리체의 온도가 60℃ 이상 250℃ 이하의 온도로 설정되는 것인 방법.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 보호막을 형성하는 상기 공정에서는, 상기 배치대에 고주파 바이어스 전력이 공급되지 않는 것인 방법.

청구항 8

제6항에 있어서, 상기 보호막을 형성하는 상기 공정에 있어서는, 상기 플루오로카본 가스로서, C₄F₆, C₄F₈ 및 C₆F₆ 중 적어도 1종을 포함하는 가스가 이용되는 것인 방법.

청구항 9

제6항에 있어서, 상기 보호막을 형성하는 상기 공정 및 상기 산화 영역을 에칭하는 상기 공정이 교대로 반복되는 것인 방법.

청구항 10

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 개구를 상기 산화 영역에 형성하는 상기 공정은, 상기 피처리체를 플루오로카본 가스를 포함하는 처리 가스의 플라즈마에 노출시키는 공정으로서, 상기 산화 영역을 에칭하고, 또한, 상기 산화 영역 상에 플루오로카본을 포함하는 퇴적물을 형성하는 상기 공정과, 상기 퇴적물에 포함되는 플루오로카본의 라디칼에 의해 상기 산화 영역을 에칭하는 공정을 포함하고, 상기 피처리체를 플루오로카본 가스의 플라즈마에 노출시키는 상기 공정과, 상기 플루오로카본의 라디칼에 의해 상기 산화 영역을 에칭하는 상기 공정이 교대로 반복되는 것인 방법.

청구항 11

제10항에 있어서, 상기 플루오로카본의 라디칼에 의해 상기 산화 영역을 에칭하는 상기 공정에서는, 회가스의 플라즈마에 상기 피처리체가 노출되는 것인 방법.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 플루오로카본의 라디칼에 의해 상기 산화 영역을 에칭하는 상기 공정에서는, 플루오로카본 가스가 공급되지 않는 것인 방법.

청구항 13

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 개구를 상기 산화 영역에 형성하는 상기 공정과, 상기 잔사 및 상기 제2 부분을 에칭하는 상기 공정 사이에, 상기 제1 부분 및 상기 제2 부분 상에 별도의 보호막을 형성하는 공정을 더 포함하는 방법.

청구항 14

제13항에 있어서, 상기 별도의 보호막을 형성하는 공정에서는, 플루오로카본 가스의 플라즈마 처리가 실행됨으로써, 플루오로카본을 포함하는 상기 별도의 보호막이 형성되는 것인 방법.

청구항 15

제13항에 있어서, 상기 개구가 형성된 피처리체 상의 유기물을 제거하기 위한 애싱 처리를 실행하는 공정을 더 포함하고,

상기 별도의 보호막을 형성하는 공정은, 애싱 처리를 실행하는 상기 공정과, 상기 잔사 및 상기 제2 부분을 에칭하는 상기 공정 사이에 실행되는 것인 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명의 실시형태는 피처리체를 처리하는 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 핀형의 전계 효과 트랜지스터와 같은 소자를 갖는 전자 디바이스의 제조에 있어서는, 콘택트 형성을 위해 SAC(Self-Aligned Contact) 가공이 이용되고 있다.

[0003] SAC 가공의 대상이 되는 피처리체는, 하지층, 2개의 용기 영역, 질화 영역 및 산화 영역을 갖고 있다. 하지층은 예컨대 다결정 실리콘층이다. 2개의 용기 영역은 예컨대 게이트이며, 다결정 실리콘으로 구성되어 있다. 이들 용기 영역은 서로 이격되어 하지층 상에 설치되어 있다. 질화 영역은 질화실리콘제이며, 2개의 용기 영역 및 하지층을 덮도록 설치되어 있다. 산화 영역은 산화실리콘제이며, 질화 영역을 덮도록 설치되어 있다.

[0004] SAC 가공에서는, 산화 영역의 표면으로부터 2개의 용기 영역 사이의 영역을 통과하여 하지층까지 도달하는 홀이 산화 영역에 형성된다. 일반적으로, SAC 가공에서는, 이러한 개구를 형성하기 위해 플루오로카본 가스의 플라즈마를 이용하여, 산화 영역이 에칭되고, 하지층에 접하는 질화 영역이 에칭된다. 또, 이러한 SAC 가공에 관해서는 특허문헌 1에 기재되어 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 특허문헌 1 : 일본 특허 공개 제2000-307001호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 플루오로카본 가스의 플라즈마에 의한 산화 영역의 에칭에서는, 홀의 바닥, 특히 질화 영역의 제1 부분과 제2 부분 사이의 경계에 산화실리콘으로 이루어진 잔사가 발생한다. 따라서, 형성되는 홀의 바닥의 폭은 좁아진다. 이러한 형상의 홀을 더욱 깊게 가공하기 위해 질화 영역을 에칭하려 하더라도 그 질화 영역의 에칭을 충분히 행할 수 없다. 또한, 플루오로카본 가스의 플라즈마 중의 활성종, 예컨대 불소의 활성종에 의해 용기 영역을 덮는 질화 영역, 특히 제1 부분의 솔더부가 에칭되어 버린다.

[0007] 따라서, SAC에서는, 용기 영역을 덮는 질화 영역의 마모를 저감하면서, 홀과 같은 개구 내의 잔사 및 하지층 바로 윗쪽의 질화 영역을 에칭하는 것이 필요하다.

과제의 해결 수단

[0008] 일측면에 있어서는, 피처리체를 처리하는 방법이 제공된다. 피처리체는, 하지층, 그 하지층 상에 서로 이격되어 설치된 2개의 용기 영역, 2개의 용기 영역을 덮는 제1 부분 및 2개의 용기 영역 사이의 하지층을 덮는 제2 부분을 포함하는 질화실리콘제의 질화 영역 및 질화 영역을 덮는 산화실리콘제의 산화 영역을 갖는다. 본 방법은, 피처리체를 처리하여, 산화 영역으로부터 2개의 용기 영역 사이를 통과하여 하지층까지 도달하는 개구를 형성하는 것이다. 이 방법은, (1) 2개의 용기 영역 사이에서 제2 부분을 노출시키는 개구를 산화 영역에 형성하는 공정(이하 「제1 공정」이라고 함)과, (2) 개구 내의 산화실리콘제의 잔사 및 제2 부분을 에칭하는 공정(이하 「제2 공정」이라고 함)이며, 수소를 함유하는 가스 및 NF₃ 가스를 포함하는 혼합 가스의 플라즈마에 피처리체를 노출시켜 잔사 및 제2 부분을 변질시킴으로써 변질 영역을 형성하고, 그 변질 영역을 제거하는 그 공정을 포함한다.

[0009] 이 방법에서는, 잔사를 화학적으로 규불화암모늄으로 변질시켜 변질 영역을 형성하고, 그 변질 영역을

제거한다. 따라서, 홀의 바닥의 잔사를 제거하는 것이 가능하다. 또한, 질화실리콘제의 제2 부분도 규불화암모늄으로 변질시켜 제거할 수 있다. 또한, 종래의 플루오로카본 가스의 플라즈마로는 잔사를 제거할 수 없기 때문에, 제2 부분을 제거할 때까지, 용기 영역을 덮는 질화 영역, 즉 제1 부분, 특히 그 제1 부분의 솔더부가 크게 에칭되어 버리지만, 본 방법에 의하면 잔사가 제거되기 때문에, 제2 부분의 제거중의 제1 부분의 마모를 저감시키는 것이 가능하다.

- [0010] 일 실시형태에서는, 제2 공정에 이용되는 혼합 가스는 H₂ 가스 및 NF₃ 가스를 포함하고 있어도 좋다. 이 혼합 가스에 의하면, 잔사 및 제2 부분을 일괄적으로 제거하는 것이 가능하다.
- [0011] 일 실시형태에서는, 제2 공정은, (2a) NH₃ 가스 및 NF₃ 가스를 포함하는 혼합 가스의 플라즈마에 피처리체를 노출시켜 변질 영역을 형성하고, 그 변질 영역을 제거하는 공정과, (2b) H₂ 가스 및 NF₃ 가스 및 포함하는 혼합 가스의 플라즈마에 피처리체를 노출시켜 변질 영역을 형성하고, 그 변질 영역을 제거하는 공정을 포함한다.
- [0012] 산화실리콘을 규불화암모늄으로 변질시키기 위해서는, 혼합 가스로부터 불화암모늄을 생성할 필요가 있다. 혼합 가스가 NH₃ 가스 및 NF₃ 가스를 포함하는 경우에는, 저해리의 플라즈마를 발생시킴으로써 불화암모늄을 생성할 수 있다. 따라서, 질화실리콘의 마모의 원인이 되는 불소 및 HF의 활성종의 발생량을 저감시킬 수 있고, 질화실리콘에 대하여 산화실리콘을 비교적 높은 선택성으로 에칭할 수 있다. 한편, 혼합 가스가 H₂ 가스 및 NF₃ 가스를 포함하는 혼합 가스를 이용하는 경우에는, 고해리의 플라즈마를 발생시킴으로써 불화암모늄을 생성할 수 있다. H₂ 가스 및 NF₃ 가스를 포함하는 혼합 가스를 이용하는 경우에는, 고해리의 플라즈마 중에서 비교적 다량의 불소 및 HF의 활성종이 생성된다. 따라서, 질화실리콘의 에칭에 대한 산화실리콘의 에칭 선택성은 낮아지지만, 질화실리콘의 에칭율을 높일 수 있다.
- [0013] 상기 실시형태에서는, 잔사 및 제2 부분의 제거의 초기 단계, 특히 잔사의 제거시에 NH₃ 가스 및 NF₃ 가스를 포함하는 혼합 가스를 이용함으로써, 잔사의 제거가 행해지고 있는 기간중의 제1 부분의 마모를 억제할 수 있다. 이어서, H₂ 가스 및 NF₃ 가스를 포함하는 혼합 가스를 이용함으로써 제2 부분의 에칭율을 높일 수 있다. 따라서, 제1 부분의 마모를 더욱 저감하면서 잔사 및 제2 부분을 제거하는 것이 가능해진다.
- [0014] 일 실시형태에서는, 피처리체를 가열함으로써 변질 영역이 제거되어도 좋다. 또는, 일 실시형태에서는, 용량 결합형의 플라즈마 처리 장치의 실리콘제의 상부 전극에 플러스 이온에 의해 스퍼터링되는 것에 의해 그 상부 전극으로부터 방출되는 이차 전자에 피처리체를 노출시킴으로써, 변질 영역이 제거되어도 좋다.
- [0015] 일 실시형태에서는, 제1 공정은, (1a) 질화 영역 상 및 산화 영역 상에 보호막을 형성하는 공정(이하 「제3 공정」이라고 함)이며, 피처리체를 플루오로카본 가스의 플라즈마에 노출시켜, 산화 영역 상에 형성되는 보호막보다 두꺼운 보호막을 질화 영역 상에 형성하는 그 공정과, (1b) 산화 영역을 에칭하는 공정(이하 「제4 공정」이라고 함)이며, 플루오로카본 가스의 플라즈마에 피처리체를 노출시키는 그 공정을 포함한다. 이 실시형태에서는, 제3 공정에 있어서 피처리체를 배치하는 배치대에 공급되는 고주파 바이어스 전력이, 제4 공정에 있어서 배치대에 공급되는 고주파 바이어스 전력보다 작고, 제3 공정에 있어서 피처리체의 온도가 60℃ 이상 250℃ 이하의 온도로 설정된다. 일 실시형태에서는, 제3 공정 및 제4 공정은 교대로 반복되어도 좋다. 또한, 일 실시형태에서는, 제3 공정에 있어서 고주파 바이어스 전력이 배치대에 공급되지 않아도 좋다. 또한, 일 실시형태에서는, 제3 공정에 있어서, 플루오로카본 가스로서, C₄F₆, C₄F₈ 및 C₆F₆ 중 적어도 1종을 포함하는 가스가 이용되어도 좋다.
- [0016] 60℃ 이상 250℃ 이하의 온도 환경하에서는, 질화 영역 상에 형성되는 플루오로카본의 보호막의 두께는, 산화 영역 상에 형성되는 그 보호막의 두께보다 커진다. 또한, 비교적 낮은 바이어스 전력이 공급된 상태에서는, 질화 영역의 에칭율은 낮아진다. 따라서, 상기 실시형태에 의하면, 제3 공정에 있어서 두꺼운 보호막을 질화 영역 상에 형성할 수 있고, 제4 공정에 있어서 선택적으로 산화 영역을 에칭할 때에 질화 영역의 에칭을 억제하는 것이 가능해진다.
- [0017] 일 실시형태에서는, 제1 공정은, (1c) 피처리체를 플루오로카본 가스를 포함하는 처리 가스의 플라즈마에 노출시키는 공정(이하 「제5 공정」이라고 함)이며, 산화 영역을 에칭하고, 또한, 그 산화 영역 상에 플루오로카본을 포함하는 퇴적물을 형성하는 그 공정과, (1d) 퇴적물에 포함되는 플루오로카본의 라디칼에 의해 산화 영역을 에칭하는 공정(이하 「제6 공정」이라고 함)을 포함한다. 이 실시형태에서는, 제5 공정과 제6 공정이 교대로 반복된다.
- [0018] 이 실시형태에서는, 제5 공정에 있어서 생성되는 플루오로카본 가스의 플라즈마에 의해 산화 영역이 에칭되고,

그 산화 영역 상에 퇴적물이 형성된다. 이어서, 제6 공정에 있어서, 퇴적물에 포함되는 플루오로카본의 라디칼을 이용하여 산화 영역이 더 에칭된다. 또한, 제6 공정에서는 퇴적물의 양이 감소하고, 따라서, 다시 제5 공정을 행함으로써 산화 영역의 에칭이 더 진행된다. 이러한 제5 공정 및 제6 공정이 교대로 반복됨으로써, 산화 영역, 즉 실리콘산화막의 에칭의 정지를 방지하는 것이 가능해진다. 그 결과, 산화 영역의 에칭을 계속하여 행하는 것이 가능해진다.

[0019] 일 실시형태에서는, 제6 공정에서는, 희가스의 플라즈마에 피처리체가 노출되어도 좋다. 이 실시형태에서는, 희가스 원자의 이온이 퇴적물에 충돌함으로써, 그 퇴적물 중의 플루오로카본 라디칼이 산화 영역을 에칭한다. 또, 일 실시형태의 제6 공정에서는, 플루오로카본 가스가 실질적으로 공급되지 않아도 좋다.

[0020] 일 실시형태의 방법은, 제1 부분 및 제2 부분 상에 별도의 보호막을 형성하는 공정을 더 포함하고, 그 별도의 보호막을 형성하는 공정은 제1 공정과 제2 공정 사이에 실행된다. 별도의 보호막을 형성하는 공정에서는, 플루오로카본 가스의 플라즈마 처리가 실행되어도 좋다. 즉, 별도의 보호막은, 플루오로카본을 포함하는 보호막이어도 좋다. 보호막의 형성에 기여하는 분자의 양은, 용기 영역의 꼭대기부 근방에서는 많아지고, 산화 영역에 형성된 개구의 심부에서는 적어진다. 따라서, 보호막의 막두께는, 용기 영역의 꼭대기부 근방에서 커지고, 개구의 심부 근방에서는 작아진다. 따라서, 제1 부분의 마모를 더욱 억제하면서, 잔사 및 제2 부분을 에칭하는 것이 가능해진다.

[0021] 일 실시형태의 방법은, 상기 개구가 형성된 피처리체 상의 유기물을 제거하기 위한 애싱 처리를 실행하는 공정을 더 포함할 수 있다. 별도의 보호막을 형성하는 공정은, 애싱 처리를 실행하는 공정과 제2 공정 사이에 실행될 수 있다.

발명의 효과

[0022] 이상 설명한 바와 같이, SAC 가공에 있어서 용기 영역을 덮는 질화 영역의 마모를 저감하면서, 홀과 같은 개구 내의 잔사 및 하지층 바로 윗쪽의 질화 영역을 에칭하는 것이 가능해진다.

도면의 간단한 설명

- [0023] 도 1은 일 실시형태에 따른 피처리체를 처리하는 방법을 나타내는 흐름도이다.
- 도 2는 피처리체의 일례를 나타내는 단면도이다.
- 도 3은 일 실시형태에 따른 플라즈마 처리 장치를 개략적으로 나타내는 도면이다.
- 도 4는 도 1에 나타내는 공정 S1의 일 실시형태를 나타내는 흐름도이다.
- 도 5는 도 4에 나타내는 각 공정에 관련된 피처리체의 단면을 나타내는 도면이다.
- 도 6은 도 4에 나타내는 각 공정에 관련된 피처리체의 단면을 나타내는 도면이다.
- 도 7은 도 4에 나타내는 각 공정에 관련된 피처리체의 단면을 나타내는 도면이다.
- 도 8은 도 1에 나타내는 공정 S1의 다른 실시형태를 나타내는 흐름도이다.
- 도 9는 도 8에 나타내는 각 공정에 관련된 피처리체의 단면을 나타내는 도면이다.
- 도 10은 도 1에 나타내는 공정 S3의 일 실시형태를 나타내는 흐름도이다.
- 도 11은 도 10에 나타내는 각 공정에 관련된 피처리체의 단면을 나타내는 도면이다.
- 도 12는 도 1에 나타내는 공정 S3의 다른 실시형태를 나타내는 흐름도이다.
- 도 13은 도 12에 나타내는 각 공정에 관련된 피처리체의 단면을 나타내는 도면이다.
- 도 14는 도 12에 나타내는 각 공정에 관련된 피처리체의 단면을 나타내는 도면이다.
- 도 15는 다른 실시형태에 따른 피처리체를 처리하는 방법을 나타내는 흐름도이다.
- 도 16은 도 15에 나타내는 방법의 몇가지 공정에 관련된 피처리체의 단면을 나타내는 도면이다.
- 도 17은 또 다른 실시형태에 따른 피처리체를 처리하는 방법을 나타내는 흐름도이다.
- 도 18은 또 다른 실시형태에 따른 피처리체를 처리하는 방법을 나타내는 흐름도이다.

도 19는 실험에 1, 비교 실험에 1 및 비교 실험에 2에서 측정한 각종 치수를 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0024] 이하, 도면을 참조하여 여러가지 실시형태에 관해 상세히 설명한다. 또, 각 도면에 있어서 동일 또는 상당하는 부분에 대해서는 동일한 부호를 붙이기로 한다.
- [0025] 도 1은, 일실시형태에 따른 피처리체를 처리하는 방법을 나타내는 흐름도이다. 도 1에 나타내는 방법 MT은, 피처리체(이하 「웨이퍼(W)」라고 함)에 개구를 형성하는 방법이다. 이 방법 MT은, 일례에 있어서는, 도 2에 나타내는 피처리체에 홀과 같은 개구를 형성하기 위해 이용할 수 있다.
- [0026] 도 2는, 피처리체의 일례를 나타내는 단면도이다. 도 2에 나타내는 웨이퍼(W)는, 하지층(100), 복수의 용기 영역(102), 질화 영역(104), 산화 영역(106) 및 마스크(108)를 갖고 있다. 이 웨이퍼(W)는, 예컨대 핀형 전계 효과 트랜지스터의 제조중에 얻어지는 생산물일 수 있다.
- [0027] 하지층(100)은, 예컨대 다결정 실리콘으로 구성될 수 있다. 하지층(100)은, 일례에 있어서는, 기관에 설치되어 있던 핀형 전계 효과 트랜지스터의 핀영역이며, 한쌍의 측면과 그 한쌍의 측면의 상단 사이에서 연장되는 상면에 의해 규정되는 형상을 갖는다. 일례에서는, 하지층(100)은 대략 직방체형상을 가질 수 있다.
- [0028] 복수의 용기 영역(102)은, 하지층(100)보다 상측으로 용기하도록 설치된 영역이다. 복수의 용기 영역(102)은, 하지층(100) 상에 있어서 서로 이격되어 설치되어 있다. 예컨대, 복수의 용기 영역(102)은, 서로 이격되어 대략 평행하게 배열되어 있다. 이들 용기 영역(102)은, 일례에 있어서는 핀형 전계 효과 트랜지스터의 게이트 영역이며, 다결정 실리콘제의 영역일 수 있다. 이 일례에 있어서는, 용기 영역(102)은, 핀영역인 하지층(100)이 연장되는 방향에 직교하는 방향으로 연장되어 있고, 한쌍의 측면과 그 한쌍의 측면의 상단 사이에서 연장되는 상면에 의해 규정되는 형상을 갖는다. 예컨대, 용기 영역(102)은 대략 직방체형상을 가질 수 있다. 또, 용기 영역(102)의 갯수는 2 이상이면 임의의 갯수일 수 있다.
- [0029] 질화 영역(104)은, 질화실리콘으로 구성되어 있고, 제1 부분(104a) 및 제2 부분(104b)을 포함하고 있다. 제1 부분(104a)은 용기 영역(102)을 덮도록 설치되어 있다. 제1 부분(104a)은 용기 영역(102)의 표면에 접해 있다. 또한, 제2 부분(104b)은, 제1 부분(104a)에 연속해 있고, 인접하는 용기 영역(102)의 사이에 있어서 하지층(100) 상에 설치되어 있다.
- [0030] 산화 영역(106)은 산화실리콘으로 구성되어 있다. 산화 영역(106)은 질화 영역(104)을 덮도록 설치되어 있다. 즉, 산화 영역(106)은, 질화 영역(104)을 덮도록 인접하는 용기 영역(102)의 사이에 매립되어 있고, 용기 영역(102) 및 질화 영역(104)의 상측에 대략 평탄한 면을 제공하고 있다. 이 산화 영역(106)은, 일례에 있어서는 핀형 전계 효과 트랜지스터의 층간 절연층일 수 있다.
- [0031] 산화 영역(106) 상에는 마스크(108)가 설치되어 있다. 마스크(108)는, 인접하는 용기 영역(102) 사이의 상측에 있어서 개구된 패턴을 갖고 있다. 이 마스크(108)는 유기막으로 구성되어 있다. 또, 마스크(108)는 포토리소그래피에 의해 작성하는 것이 가능하다.
- [0032] 방법 MT은, 인접하는 용기 영역(102)의 사이에 있어서 산화 영역(106)의 상면으로부터 하지층(100)의 상면까지 도달하는 개구를 형성하기 위해 이용된다. 즉, 인접하는 용기 영역(102)의 사이에 자기 정합적으로 개구, 예컨대 홀을 형성하기 위해 이용된다. 이하, 웨이퍼(W)에 형성되는 개구가 홀인 것으로 하여 설명을 계속한다. 이 홀은, 일례에 있어서는, 핀영역의 소스 또는 드레인에 접속하는 컨택트용의 홀이 될 수 있다.
- [0033] 이하, 방법 MT의 실시예 이용 가능한 플라즈마 처리 장치에 관해 설명한다. 도 3은, 일실시형태에 따른 플라즈마 처리 장치를 개략적으로 나타내는 도면이다. 도 3에 나타내는 플라즈마 처리 장치(10)는, 용량 결합형 플라즈마 예칭 장치이며, 처리 용기(12)를 구비하고 있다. 처리 용기(12)는 대략 원통형상을 갖고 있다. 처리 용기(12)는, 예컨대 알루미늄으로 구성되어 있고, 그 내벽면에는 양극 산화 처리가 실시되어 있다. 이 처리 용기(12)는 보안 접지되어 있다.
- [0034] 처리 용기(12)의 바닥부 상에는 대략 원통형의 지지부(14)가 설치되어 있다. 지지부(14)는, 예컨대 절연 재료로 구성되어 있다. 지지부(14)는, 처리 용기(12) 내에 있어서, 처리 용기(12)의 바닥부로부터 수직 방향으로 연장되어 있다. 또한, 처리 용기(12) 내에는 배치대(PD)가 설치되어 있다. 배치대(PD)는 지지부(14)에 의해 지지되어 있다.
- [0035] 배치대(PD)는 그 상면에 있어서 웨이퍼(W)를 유지한다. 배치대(PD)는 하부 전극(LE) 및 정전척(ESC)을 갖고 있

다. 하부 전극(LE)은 제1 플레이트(18a) 및 제2 플레이트(18b)를 포함하고 있다. 제1 플레이트(18a) 및 제2 플레이트(18b)는, 예컨대 알루미늄알루미늄과 같은 금속으로 구성되어 있고, 대략 원반형상을 이루고 있다. 제2 플레이트(18b)는, 제1 플레이트(18a) 상에 설치되어 있고, 제1 플레이트(18a)에 전기적으로 접속되어 있다.

- [0036] 제2 플레이트(18b) 상에는 정전척(ESC)이 설치되어 있다. 정전척(ESC)은, 도전막인 전극을 한쌍의 절연층 또는 절연 시트 사이에 배치한 구조를 갖고 있다. 정전척(ESC)의 전극에는, 직류 전원(22)이 스위치(23)를 통해 전기적으로 접속되어 있다. 이 정전척(ESC)은, 직류 전원(22)으로부터의 직류 전압에 의해 생긴 쿨롱력 등의 정전력에 의해 웨이퍼(W)를 흡착한다. 이에 따라, 정전척(ESC)은 웨이퍼(W)를 유지할 수 있다.
- [0037] 제2 플레이트(18b)의 둘레 가장자리부 상에는, 웨이퍼(W)의 엷지 및 정전척(ESC)을 둘러싸도록 포커스링(FR)이 배치되어 있다. 포커스링(FR)은 에칭의 균일성을 향상시키기 위해 설치되어 있다. 포커스링(FR)은, 에칭 대상의 막의 재료에 따라 적절하게 선택되는 재료로 구성되어 있고, 예컨대 석영으로 구성될 수 있다.
- [0038] 제2 플레이트(18b)의 내부에는 냉매 유로(24)가 설치되어 있다. 냉매 유로(24)는 온도 조절 기구를 구성하고 있다. 냉매 유로(24)에는, 처리 용기(12)의 외부에 설치된 필터 유닛으로부터 배관(26a)을 통해 냉매가 공급된다. 냉매 유로(24)에 공급된 냉매는 배관(26b)을 통해 필터 유닛에 복귀된다. 이와 같이, 냉매 유로(24)에는 냉매가 순환하도록 공급된다. 이 냉매의 온도를 제어함으로써, 정전척(ESC)에 의해 지지된 웨이퍼(W)의 온도가 제어된다.
- [0039] 또한, 플라즈마 처리 장치(10)에는 가스 공급 라인(28)이 설치되어 있다. 가스 공급 라인(28)은, 전열 가스 공급 기구로부터의 전열 가스, 예컨대 He 가스를 정전척(ESC)의 상면과 웨이퍼(W)의 이면 사이에 공급한다.
- [0040] 또한, 플라즈마 처리 장치(10)에는 가열 소자인 히터(HT)가 설치되어 있다. 히터(HT)는, 예컨대 제2 플레이트(18b) 내에 매립되어 있다. 히터(HT)에는 히터 전원(HP)이 접속되어 있다. 히터 전원(HP)으로부터 히터(HT)에 전력이 공급됨으로써 배치대(PD)의 온도가 조정되고, 그 배치대(PD) 상에 배치되는 웨이퍼(W)의 온도가 조정되도록 되어 있다. 또, 히터(HT)는 정전척(ESC)에 내장되어 있어도 좋다.
- [0041] 또한, 플라즈마 처리 장치(10)는 상부 전극(30)을 구비하고 있다. 상부 전극(30)은, 배치대(PD)의 상측에 있어서 그 배치대(PD)와 대향 배치되어 있다. 하부 전극(LE)과 상부 전극(30)은 서로 대략 평행하게 설치되어 있다. 이들 상부 전극(30)과 하부 전극(LE) 사이에는, 웨이퍼(W)에 플라즈마 처리를 행하기 위한 처리 공간(S)이 제공되어 있다.
- [0042] 상부 전극(30)은, 절연성 차단 부재(32)를 통해 처리 용기(12)의 상부에 지지되어 있다. 일 실시형태에서는, 상부 전극(30)은, 배치대(PD)의 상면, 즉 웨이퍼 배치면으로부터의 수직 방향에서의 거리가 가변이도록 구성될 수 있다. 상부 전극(30)은, 전극판(34) 및 전극 지지체(36)를 포함할 수 있다. 전극판(34)은 처리 공간(S)에 면해 있고, 그 전극판(34)에는 복수의 가스 토출 구멍(34a)이 형성되어 있다. 이 전극판(34)은 일 실시형태에서는 실리콘으로 구성되어 있다.
- [0043] 전극 지지체(36)는, 전극판(34)을 착탈 가능하게 지지하는 것이며, 예컨대 알루미늄과 같은 도전성 재료로 구성될 수 있다. 이 전극 지지체(36)는 수냉 구조를 가질 수 있다. 전극 지지체(36)의 내부에는 가스 확산실(36a)이 설치되어 있다. 이 가스 확산실(36a)로부터는, 가스 토출 구멍(34a)에 연통하는 복수의 가스 통류 구멍(36b)이 하측으로 연장되어 있다. 또한, 전극 지지체(36)에는, 가스 확산실(36a)에 처리 가스를 유도하는 가스 도입구(36c)가 형성되어 있고, 이 가스 도입구(36c)에는 가스 공급관(38)이 접속되어 있다.
- [0044] 가스 공급관(38)에는, 밸브군(42) 및 유량 제어기군(44)을 통해 가스 소스군(40)이 접속되어 있다. 가스 소스군(40)은 복수의 가스 소스를 갖고 있다. 복수의 가스 소스는, 플루오로카본 가스의 소스, 산소 가스(O₂ 가스)의 소스, 희가스의 소스, 불활성 가스의 소스, NF₃ 가스의 소스, NH₃ 가스의 소스 및 수소 가스(H₂ 가스)의 소스를 포함할 수 있다. 또, 불활성 가스는 질소 가스(N₂ 가스)일 수 있다. 또한, 희가스는, Ar 가스, He 가스와 같은 임의의 희가스의 소스일 수 있다. 또한, 플루오로카본 가스는, C₄F₆, C₄F₈ 및 C₆F₆ 중 적어도 1종을 포함하는 가스일 수 있다.
- [0045] 밸브군(42)은 복수의 밸브를 포함하고 있고, 유량 제어기군(44)은 매스플로우 컨트롤러와 같은 복수의 유량 제어기를 포함하고 있다. 가스 소스군(40)의 복수의 가스 소스는 각각, 밸브군(42)의 대응하는 밸브 및 유량 제어기군(44)의 대응의 유량 제어기를 통해 가스 공급관(38)에 접속되어 있다.
- [0046] 또한, 플라즈마 처리 장치(10)에서는, 처리 용기(12)의 내벽을 따라서 증착 실드(46)가 착탈 가능하게 설치되어

있다. 증착 실드(46)는 지지부(14)의 외주에도 설치되어 있다. 증착 실드(46)는, 처리 용기(12)에 에칭 부생물(증착)이 부착되는 것을 방지하는 것이며, 알루미늄층에 Y_2O_3 등의 세라믹스를 피복함으로써 구성될 수 있다.

[0047] 처리 용기(12)의 바닥부측이자 지지부(14)와 처리 용기(12)의 측벽과의 사이에는 배기 플레이트(48)가 설치되어 있다. 배기 플레이트(48)는, 예컨대 알루미늄층에 Y_2O_3 등의 세라믹스를 피복함으로써 구성될 수 있다. 이 배기 플레이트(48)의 하측이자 처리 용기(12)에는 배기구(12e)가 형성되어 있다. 배기구(12e)에는 배기관(52)을 통해 배기 장치(50)가 접속되어 있다. 배기 장치(50)는, 터보 분자 펌프 등의 진공 펌프를 갖고 있고, 처리 용기(12) 내의 공간을 원하는 진공도까지 감압할 수 있다. 또한, 처리 용기(12)의 측벽에는 웨이퍼(W)의 반입 반출구(12g)가 형성되어 있고, 이 반입 반출구(12g)는 게이트 밸브(54)에 의해 개폐 가능하게 되어 있다.

[0048] 또한, 플라즈마 처리 장치(10)는, 제1 고주파 전원(62) 및 제2 고주파 전원(64)을 더 구비하고 있다. 제1 고주파 전원(62)은, 플라즈마 생성용의 제1 고주파 전력을 발생하는 전원이며, 27~100 MHz의 주파수, 일례에 있어서는 40 MHz의 고주파 전력을 발생한다. 제1 고주파 전원(62)은, 정합기(66)를 통해 하부 전극(LE)에 접속되어 있다. 정합기(66)는, 제1 고주파 전원(62)의 출력 임피던스와 부하측(하부 전극(LE)측)의 입력 임피던스를 정합시키기 위한 회로이다.

[0049] 제2 고주파 전원(64)은, 웨이퍼(W)에 이온을 인입하기 위한 제2 고주파 전력, 즉 고주파 바이어스 전력을 발생하는 전원이며, 400 kHz~13.56 MHz의 범위 내의 주파수, 일례에 있어서는 13 MHz의 고주파 바이어스 전력을 발생한다. 제2 고주파 전원(64)은, 정합기(68)를 통해 하부 전극(LE)에 접속되어 있다. 정합기(68)는, 제2 고주파 전원(64)의 출력 임피던스와 부하측(하부 전극(LE)측)의 입력 임피던스를 정합시키기 위한 회로이다.

[0050] 또한, 플라즈마 처리 장치(10)는 전원(70)을 더 구비하고 있다. 전원(70)은 상부 전극(30)에 접속되어 있다. 전원(70)은, 처리 공간(S) 내에 존재하는 플러스 이온을 전극판(34)에 인입하기 위한 전압을 상부 전극(30)에 인가한다. 일례에 있어서는, 전원(70)은 마이너스의 직류 전압을 발생하는 직류 전원이다. 다른 일례에 있어서, 전원(70)은 비교적 저주파의 교류 전압을 발생하는 교류 전원이어도 좋다. 전원(70)으로부터 상부 전극에 인가되는 전압은 -150 V 이하의 전압일 수 있다. 즉, 전원(70)에 의해 상부 전극(30)에 인가되는 전압은, 절대치가 150 V 이상인 마이너스의 전압일 수 있다. 이러한 전압이 전원(70)으로부터 상부 전극(30)에 인가되면, 처리 공간(S)에 존재하는 플러스 이온이 전극판(34)에 충돌한다. 이에 따라, 전극판(34)으로부터 이차 전자 및/또는 실리콘이 방출된다.

[0051] 또한, 일 실시형태에 있어서는, 플라즈마 처리 장치(10)는 제어부(Cnt)를 더 구비할 수 있다. 이 제어부(Cnt)는, 프로세서, 기억부, 입력 장치, 표시 장치 등을 구비하는 컴퓨터이며, 플라즈마 처리 장치(10)의 각 부를 제어한다. 구체적으로, 제어부(Cnt)는, 밸브군(42), 유량 제어기군(44), 배기 장치(50), 제1 고주파 전원(62), 정합기(66), 제2 고주파 전원(64), 정합기(68), 전원(70), 히터 전원(HP) 및 릴러 유닛에 접속되어 있다.

[0052] 제어부(Cnt)는, 입력된 레시피에 기초하는 프로그램에 따라서 동작하며, 제어 신호를 송출한다. 제어부(Cnt)로부터의 제어 신호에 의해, 가스 소스군으로부터 공급되는 가스의 선택 및 유량, 배기 장치(50)의 배기, 제1 고주파 전원(62) 및 제2 고주파 전원(64)으로부터의 전력 공급, 전원(70)으로부터의 전압 인가, 히터 전원(HP)의 전력 공급, 릴러 유닛으로부터의 냉매 유량 및 냉매 온도를 제어하는 것이 가능하다.

[0053] 다시 도 1을 참조하여, 제어부(Cnt)의 각종 제어와 함께, 방법 MT의 각 공정에 관해 상세히 설명한다. 도 1에 나타낸 바와 같이, 방법 MT에서는 우선 공정 S1이 실행된다. 공정 S1에서는, 인접하는 용기 영역(102)의 사이에서 제2 부분(104b)을 노출시키는 개구가 산화 영역(106)에 형성된다. 도 4는, 도 1에 나타내는 공정 S1의 일 실시 형태를 나타내는 흐름도이다. 이하, 도 4와 함께, 도 5, 도 6 및 도 7을 참조한다. 도 5, 도 6 및 도 7은, 도 4에 나타내는 각 공정에 관련된 피처리체의 단면을 나타내는 도면이다.

[0054] 도 4에 나타낸 바와 같이, 일 실시형태의 공정 S1은, 공정 SA11~공정 SA17을 포함하고 있다. 공정 SA11에서는, 도 2에 나타내는 웨이퍼(W)의 산화 영역(106)을 변질시킴으로써 변질 영역이 형성된다. 구체적으로, 공정 SA11에서는 웨이퍼(W)가 제1 가스의 플라즈마에 노출된다. 이 제1 가스는, 수소, 질소 및 불소를 함유한다. 예컨대, 제1 가스는, H_2 가스, N_2 가스 및 NF_3 가스의 혼합 가스 또는 NH_3 가스 및 NF_3 가스의 혼합 가스일 수 있다. 또한, 제1 가스는, Ar gas와 같은 희가스를 포함하고 있어도 좋다. 이 제1 가스의 플라즈마에 웨이퍼(W)가 노출되면, 산화 영역(106)을 구성하는 산화실리콘이 규불화암모늄($(NH_4)_2SiF_6$)으로 변질된다. 이에 따라, 도 5의 (a)에 나타낸 바와 같이, 산화 영역(106)의 적어도 일부가 변질 영역(106a)으로 변질된다.

[0055] 플라즈마 처리 장치(10)를 이용하여 공정 SA11을 행하는 경우에는, 제어부(Cnt)는, 가스 소스군(40)으로부터 전

술한 제1 가스를 공급하도록 밸브군(42) 및 유량 제어기군(44)을 제어한다. 또한, 제어부(Cnt)는, 제1 가스를 여기시키기 위해 고주파 전력을 하부 전극(LE)에 공급하도록 제1 고주파 전원(62)을 제어한다.

[0056] 공정 SA11에서는, 처리 용기(12) 내의 압력은 예컨대 400 mTorr~600 mTorr(53.33 Pa~79.99 Pa)의 압력으로 설정된다. 또한, 제1 고주파 전원(62)으로부터 공급되는 고주파 전력은, 예컨대 800 W~1200 W 사이의 전력으로 설정된다. 또한, 공정 SA11에서는, 제2 고주파 전원(64)으로부터의 고주파 바이어스 전력은 공급되지 않아도 좋다. 또한, 제1 가스로서, H₂ 가스, N₂ 가스 및 NF₃ 가스의 혼합 가스를 이용하는 경우에는, 그 혼합 가스 중의 NF₃ 가스와 H₂ 가스의 분압은, 1:2~1:10의 범위 내의 분압, 예컨대 1:2.5의 분압으로 제어된다. 또한, 웨이퍼(W)의 온도는 60℃ 이하의 온도, 예컨대 0℃의 온도로 제어된다. 이 때문에, 제어부(Cnt)는, 플라즈마 처리 장치(10)의 히터 전원(HP)을 제어하여 배치대(PD)의 온도를 조절할 수 있다. 또한, 공정 SA11의 처리 시간은 30초~60초로 설정될 수 있다.

[0057] 이어서, 일 실시형태의 공정 S1에서는 공정 SA12가 행해진다. 공정 SA12에서는 변질 영역(106a)이 제거된다. 일례에서는, 변질 영역(106a)은 웨이퍼(W)를 가열함으로써 제거된다. 이 예에서는, 웨이퍼(W)는, 예컨대 60℃~250℃의 온도 범위 내의 온도로 가열될 수 있다. 플라즈마 처리 장치(10)에 있어서 웨이퍼(W)가 가열되는 경우에는, 제어부(Cnt)는, 히터 전원(HP)을 제어함으로써 배치대(PD)의 온도를 조절한다. 이에 따라, 웨이퍼(W)가 가열된다. 또, 공정 SA12에서는, 웨이퍼(W)는 플라즈마 처리 장치(10)와는 별도의 가열 처리 장치를 이용하여 가열되어도 좋다.

[0058] 또한, 공정 SA12의 다른 일례에서는, 웨이퍼(W)에 대하여 이차 전자가 조사됨으로써 변질 영역(106a)이 제거된다. 이 예의 공정 SA12를 플라즈마 처리 장치(10)를 이용하여 실행하는 경우에는, 가스 소스군(40)으로부터 불활성 가스 또는 희가스가 처리 용기(12) 내에 공급되고, 배기 장치(50)에 의해 처리 용기(12) 내의 압력이 설정치로 감압된다. 또, 공정 SA12에서 이용되는 가스는, 그 가스가 여기됨으로써 플러스 이온을 생기게 하는 것이 가능한 가스이다. 따라서, 공정 SA12에서는 H₂ 가스가 이용되어도 좋다. 또한, 이 예의 공정 SA12에서는, 전원(70)으로부터 플라즈마 처리 장치(10)의 상부 전극(30)에 전압이 인가된다. 또한, 이 예의 공정 SA12에서는, 가스를 여기시키기 위해 제1 고주파 전원(62)으로부터 고주파 전력이 하부 전극(LE)에 공급된다. 이에 따라, 처리 용기(12) 내에 있어서 플러스 이온이 생성된다. 또, 이 예의 공정 SA12에서는, 필요에 따라, 제2 고주파 전원(64)으로부터의 고주파 바이어스 전력이 하부 전극(LE)에 공급되어도 좋다.

[0059] 이차 전자를 이용하는 공정 SA12에서는, 처리 용기(12) 내의 압력은, 예컨대 40 mTorr~60 mTorr(5.33 Pa~7.99 Pa)의 압력으로 설정된다. 제1 고주파 전원(62)으로부터 공급되는 고주파 전력은, 예컨대 200 W~400 W 사이의 전력으로 설정된다. 또한, 제2 고주파 전원(64)으로부터의 고주파 바이어스 전력은 공급되지 않아도 좋다. 또한, 전원(70)으로부터 플라즈마 처리 장치(10)의 상부 전극(30)에 인가되는 전압은, 그 절대치가 1000 V인 마이너스의 직류 전압일 수 있다. 또, 공정 SA12에 있어서 상부 전극(30)에 인가되는 마이너스의 직류 전압의 절대치는, 적어도 500 V 이상이면 되며, 예컨대 800 V~1200 V의 범위 내의 절대치로 설정될 수 있다. 또한, 희가스로서 Ar 가스가 공급되는 경우에는, 그 Ar 가스의 유량은 300 sccm~500 sccm의 범위 내의 유량으로 설정될 수 있다. 또한, 웨이퍼(W)의 온도는 60℃ 이하의 온도, 예컨대 40℃로 제어된다. 또한, 처리 시간은 20초~40초로 설정될 수 있다.

[0060] 이들 예에 따른 공정 SA12에 의하면, 변질 영역(106a)의 규불화암모늄이 승화한다. 그 결과, 도 5의 (b)에 나타난 바와 같이 변질 영역(106a)이 제거된다.

[0061] 이들 공정 SA11 및 공정 SA12는, 질화 영역(104)의 상면이 노출될 때까지 교대로 소정 횟수(예컨대 7회) 실행된다. 공정 SA13에서는, 공정 SA11 및 공정 SA12의 반복 횟수가 정지 조건을 만족하는지의 여부가 판정된다. 즉, 공정 SA13에서는, 공정 SA11 및 SA12가 소정 횟수 실행되었는지의 여부가 판정된다. 이 정지 조건이 만족되지 않는 경우에는, 공정 SA11 및 공정 SA12가 다시 반복된다. 한편, 정지 조건이 만족되는 경우에는, 프로세스는 공정 SA14로 이행한다. 이와 같이 공정 SA11 및 공정 SA12가 반복되는 결과, 도 5의 (c)에 나타난 바와 같이, 산화 영역(106)이 부분적으로 제거되고, 질화 영역(104), 즉 제1 부분(104a)의 상면이 노출된다. 이들 공정 SA11 및 공정 SA12의 처리는, 질화 영역(104)에 대하여 산화 영역(106)을 비교적 높은 선택비로 제거할 수 있다. 따라서, 질화 영역(104)의 손상이 억제될 수 있다.

[0062] 이어서, 공정 S1에서는 공정 SA14가 실행된다. 공정 SA14에서는, 질화 영역(104) 및 산화 영역(106) 상에 보호막이 형성된다. 이 공정 SA14에서는, 질화 영역(104) 상에 형성되는 보호막의 두께가 산화 영역(106) 상에 형성되는 보호막의 두께보다 커지도록 보호막의 형성이 조정된다.

- [0063] 구체적으로, 공정 SA14에서는 웨이퍼(W)가 제2 가스의 플라즈마에 노출된다. 제2 가스는 플루오로카본 가스를 포함하는 가스이다. 플루오로카본 가스는, C_4F_6 , C_4F_8 및 C_6F_6 중 적어도 1종을 함유하는 가스일 수 있다. 또한, 제2 가스는, Ar 가스와 같은 희가스 및 O_2 가스를 더 포함할 수 있다. 공정 SA14에서는, 하부 전극(LE)에 공급되는 고주파 바이어스 전력이, 후술하는 공정 SA15에 있어서 하부 전극(LE)에 공급되는 고주파 바이어스 전력보다 작은 전력이 되도록 조정된다. 예컨대, 공정 SA14에서는, 하부 전극(LE)에 고주파 바이어스 전력이 공급되지 않는다. 이에 따라, 질화 영역(104)의 에칭율이 낮아지고, 질화 영역(104)은 실질적으로는 에칭되지 않게 된다.
- [0064] 또한, 공정 SA14에서는, 웨이퍼(W)의 온도가 $60^\circ C$ 이상 $250^\circ C$ 이하의 온도로 설정된다. 이에 따라, 도 6의 (a)에 나타낸 바와 같이, 플루오로카본계의 보호막(PF)이 질화 영역(104) 및 산화 영역(106) 상에 형성되고, 산화 영역(106) 상의 보호막(PF)의 두께보다 질화 영역(104) 상의 보호막(PF)의 두께가 커진다. 또, $250^\circ C$ 를 넘는 온도 영역에서는 마스크(108)의 유리 전이 온도가 되고, 또한 그 온도에서는, 산화 영역(106)에 형성되는 보호막의 두께와 질화 영역(104)의 보호막의 두께의 차가 적어진다. 또한, $60^\circ C$ 보다 낮은 온도에서도, 산화 영역(106)에 형성되는 보호막의 두께와 질화 영역(104)의 보호막의 두께의 차가 적어진다.
- [0065] 플라즈마 처리 장치(10)를 이용하여 공정 SA14를 행하는 경우에는, 제어부(Cnt)는, 가스 소스군(40)으로부터 제2 가스를 공급하도록 밸브군(42) 및 유량 제어기군(44)을 제어한다. 또한, 제어부(Cnt)는, 하부 전극(LE)에 고주파 전력이 공급되도록 제1 고주파 전원(62)을 제어한다. 또한, 제어부(Cnt)는, 고주파 바이어스 전력이 낮은 전력이 되도록, 예컨대 고주파 바이어스 전력이 공급되지 않도록 제2 고주파 전원(64)을 제어한다. 또한, 제어부(Cnt)는, 플라즈마 처리 장치(10)의 히터 전원(HP)을 제어함으로써 배치대(PD)의 온도를 조정하고, 이에 따라 웨이퍼(W)의 온도를 조정한다.
- [0066] 예컨대, 공정 SA14에서는, 처리 용기(12) 내의 압력은 10 mTorr~30 mTorr(1.333 Pa~4 Pa)의 압력으로 설정된다. 또한, 공정 SA14에서는, 제1 고주파 전원(62)으로부터, 60 MHz이고 500 W~2000 W인 고주파 전력이 하부 전극(LE)에 공급된다. 또한, 제2 가스 중의 C_4F_6 가스, Ar 가스, O_2 가스의 유량은 각각, 15 sccm~25 sccm의 유량, 500 sccm~600 sccm의 유량, 10 sccm~20 sccm의 유량으로 설정된다. 또한, 공정 SA14의 처리 시간은 10초~20초일 수 있다.
- [0067] 이어서, 공정 S1에서는 공정 SA15가 실행된다. 공정 SA15에서는 산화 영역(106)이 에칭된다. 본 예에 있어서는, 인접하는 용기 영역(102)의 사이에 존재하는 산화 영역(106)이 에칭된다.
- [0068] 구체적으로, 공정 SA15에서는 제3 가스의 플라즈마에 노출된다. 제3 가스는 플루오로카본 가스를 포함하는 가스이다. 플루오로카본 가스는, C_4F_6 , C_4F_8 및 C_6F_6 중 적어도 1종을 함유하는 가스일 수 있다. 또한, 제3 가스는, Ar 가스와 같은 희가스 및 O_2 가스를 더 포함할 수 있다. 공정 SA15에서는, 하부 전극(LE)에 비교적 높은 고주파 바이어스 전력이 공급된다. 이에 따라, 비교적 얇은 보호막(PF)이 그 위에 형성되어 있는 산화 영역(106)이, 도 6의 (b)에 나타낸 바와 같이 에칭된다.
- [0069] 플라즈마 처리 장치(10)를 이용하여 공정 SA15를 행하는 경우에는, 제어부(Cnt)는, 가스 소스군(40)으로부터 제3 가스를 공급하도록 밸브군(42) 및 유량 제어기군(44)을 제어한다. 또한, 제어부(Cnt)는, 하부 전극(LE)에 고주파 전력이 공급되도록 제1 고주파 전원(62)을 제어한다. 또한, 제어부(Cnt)는, 하부 전극(LE)에 고주파 바이어스 전력이 공급되도록 제2 고주파 전원(64)을 제어한다.
- [0070] 예컨대, 공정 SA15에서는, 처리 용기(12) 내의 압력은 10 mTorr~30 mTorr(1.333 Pa~4 Pa)의 압력으로 설정된다. 또한, 공정 SA15에서는, 제1 고주파 전원(62)으로부터, 60 MHz이고 500 W~2000 W인 고주파 전력이 하부 전극(LE)에 공급된다. 또한, 공정 SA15에서는, 제2 고주파 전원(64)으로부터 1000 W~2000 W의 고주파 바이어스 전력이 하부 전극(LE)에 공급된다. 또한, 제3 가스 중의 C_4F_6 가스, Ar 가스, O_2 가스의 유량은 각각, 15 sccm~25 sccm의 유량, 500 sccm~600 sccm의 유량, 10 sccm~20 sccm의 유량으로 설정된다. 또한, 공정 SA15의 처리 시간은 10초~30초일 수 있다. 또, 공정 SA15에서의 웨이퍼(W)의 온도는, 공정 SA14에서의 웨이퍼(W)의 온도와 동일한 온도이어도 좋고, 또는 공정 SA14의 웨이퍼(W)의 온도보다 낮은 온도이어도 좋다.
- [0071] 이들 공정 SA14 및 공정 SA15는 교대로 소정 횟수 실행된다. 공정 SA16에서는, 공정 SA14 및 공정 SA15의 반복 횟수가 정지 조건을 만족하는지의 여부가 판정된다. 즉, 공정 SA16에서는, 공정 SA14 및 SA15가 소정 횟수 실행되었는지의 여부가 판정된다. 이 정지 조건이 만족되지 않는 경우에는, 공정 SA14 및 공정 SA15가 다시 반복된다. 한편, 정지 조건이 만족되는 경우에는, 공정 SA14 및 공정 SA15의 실행이 종료한다. 이와 같이 공정 SA14 및 공정 SA15가 교대로 소정 횟수 실행됨으로써, 도 6의 (c)에 나타낸 바와 같이, 인접하는 용기 영역(102)의

사이에 존재하는 산화 영역(106)이 어떤 깊이까지 에칭된다. 또, 도 6의 (c)에서는, 산화 영역(106)의 에칭은 질화 영역(104)의 제2 부분(104b)의 상면까지 도달하지 않지만, 공정 SA14 및 공정 SA15는, 산화 영역(106)의 에칭이 제2 부분(104b)의 상면에 도달할 때까지 실행되어도 좋다.

[0072] 이들 공정 SA14 및 공정 SA15에 의하면, 노출 직후에 있어서 보호막이 형성되어 있지 않은 질화 영역(104)의 마모를 억제하면서, 산화 영역(106)을 에칭하는 것이 가능해진다. 이러한 공정 SA14 및 공정 SA15를 소정 횟수 실행하면, 질화 영역(104) 상에서는 보호막(PF)이 유지된다. 또한, 플루오로카본을 함유하는 가스의 에칭에서는, 산화 영역(106) 상에 대한 보호막의 형성과 산화 영역(106)의 에칭이 동시에 진행된다. 따라서, 공정 SA14 및 공정 SA15를 소정 횟수 실행한 후에, 공정 SA15와 동일한 에칭을 실행함으로써, 산화 영역(106)을 더 에칭할 수 있다. 이에 따라, 산화 영역(106)의 에칭율을 높이는 것이 가능하다.

[0073] 구체적으로는, 공정 SA16에 이어서 공정 SA17을 실행할 수 있다. 공정 SA17에서는, 공정 SA15와 동일한 조건으로, 인접하는 용기 영역(102)의 사이에 존재하는 산화 영역(106)의 에칭이 진행된다. 이 공정 SA17을 플라즈마 처리 장치(10)를 이용하여 행하는 경우에는, 제어부(Cnt)는, 공정 SA15에서의 제어와 동일한 제어를 실행할 수 있다. 이 공정 SA17을 행하면 도 7의 (a)에 나타난 바와 같이, 웨이퍼(W)에는, 제2 부분(104b)을 노출시키는 개구(OP)가 형성된다. 단, 도 7의 (a)에 나타난 바와 같이, 제2 부분(104b)과 제1 부분(104a)에 의해 둘러싸인 구석부에는, 산화실리콘으로 구성된 잔사(106b)가 남겨진다. 이 잔사(106b)의 제거에 관해서는 후술한다.

[0074] 이하, 공정 S1의 다른 실시형태에 대해 설명한다. 도 8은, 도 1에 나타내는 공정 S1의 다른 실시형태를 나타내는 흐름도이다. 도 8에 나타난 바와 같이, 다른 실시형태에서는, 공정 S1은, 전술한 공정 SA11, 공정 SA12 및 공정 SA13에 더하여, 공정 SB14 및 공정 SB15를 포함하고 있다. 이하, 도 8과 함께, 도 9를 참조하여 공정 SB14 및 공정 SB15에 대해 설명한다. 도 9는, 도 8에 나타내는 각 공정에 관련된 피처리체의 단면을 나타내는 도면이다.

[0075] 도 8에 나타내는 공정 S1에서는, 공정 SA11 및 공정 SA12의 소정 횟수의 실행에 의해, 웨이퍼(W)는 도 5의 (c)에 나타내는 상태가 된다. 도 8에 나타내는 공정 S1에서는, 이 상태의 웨이퍼(W)에 대하여, 공정 SB14 및 공정 SB15가 소정 횟수 실행된다.

[0076] 공정 SB14에서는, 웨이퍼(W)가 플루오로카본 가스를 포함하는 제4 가스의 플라즈마에 노출된다. 공정 SB14에서는, 제4 가스가 여기됨으로써 플라즈마가 생성되고, 생성된 플라즈마에 웨이퍼(W)가 노출된다. 제4 가스는, 플루오로카본 가스를 포함하는 가스이다. 플루오로카본 가스는, C₄F₆, C₄F₈ 및 C₆F₆ 중 적어도 1종을 함유하는 가스일 수 있다. 또한, 제4 가스는, Ar 가스와 같은 희가스 및 O₂ 가스를 더 포함할 수 있다.

[0077] 플라즈마 처리 장치(10)를 이용하여 공정 SB14를 실행하는 경우에는, 가스 소스군(40)으로부터 제4 가스가 처리 용기(12) 내에 공급된다. 또한, 공정 SB14에서는, 제1 고주파 전원(62)으로부터의 고주파 전력이 하부 전극(L E)에 공급된다. 또한, 공정 SB14에서는, 제2 고주파 전원(64)으로부터의 고주파 바이어스 전력이 하부 전극(L E)에 공급될 수 있다. 또한, 공정 SB14에서는, 배기 장치(50)에 의해 처리 용기(12) 내의 공간의 압력이 소정의 압력으로 설정된다. 예컨대, 처리 용기(12) 내의 공간의 압력은, 20 mTorr(2.666 Pa)~50 mTorr(6.666 Pa)의 범위 내의 압력으로 설정된다. 또한, 공정 SB14에서는, 상부 전극(30)과 배치대(PD)의 상면과의 사이의 거리가 20 mm~50 mm의 범위 내의 거리로 설정된다. 이에 따라, 처리 용기(12) 내에 있어서 플루오로카본 가스의 플라즈마가 생성되고, 배치대(PD) 상에 배치된 웨이퍼(W)가 그 플라즈마에 노출된다. 또, 공정 SB14에서는, 상부 전극(30)에 전원(70)으로부터의 전압이 인가되어도 좋다. 전원(70)에 의해 상부 전극(30)에 인가되는 전압은, -150 V 이하의 전압일 수 있다. 즉, 전원(70)에 의해 상부 전극(30)에 인가되는 전압은, 절대치가 150 V 이상인 마이너스의 전압일 수 있다. 이 공정 SB14의 실행시의 플라즈마 처리 장치(10)의 각 부의 동작은, 제어부(Cnt)에 의해 제어될 수 있다.

[0078] 공정 SB14에서는, 초기적으로는 도 5의 (c)에 나타내는 상태를 갖는 웨이퍼(W)의 산화 영역(106)에, 플루오로카본에 유래하는 원자 및/또는 분자의 활성종, 예컨대 불소 및/또는 플루오로카본의 활성종이 충돌한다. 이에 따라, 공정 SB14에서는 산화 영역(106)이 에칭된다. 또한, 공정 SB14에서는, 도 9의 (a)에 나타난 바와 같이, 플루오로카본을 포함하는 퇴적물이 산화 영역(106)에 부착된다. 이에 따라, 플루오로카본을 포함하는 퇴적물(DP)이 산화 영역(106) 상에 형성된다. 이 퇴적물(DP)의 막두께는, 공정 SB14의 실행 시간의 경과에 따라서 증가한다.

[0079] 또한, 공정 SB14에서는, 초기적으로는 도 5의 (c)에 나타내는 웨이퍼(W)의 질화 영역(104)에도, 플루오로카본에 유래하는 원자 및/또는 분자의 활성종, 예컨대 불소 및/또는 플루오로카본의 활성종이 충돌한다. 이러한 활성종

이 질화 영역(104)에 충돌하면, 도 9의 (a)에 나타낸 바와 같이, 질화 영역(104)의 표면으로부터 어떤 깊이의 표층 부분이 개질되어 개질 영역(TR)이 형성될 수 있다. 개질 영역(TR)은, 질화 영역(104)을 구성하는 실리콘 및 질소, 제4 가스에 포함되는 원자 및/또는 분자를 함유한다. 예컨대, 개질 영역(TR)은, 실리콘 및 질소에 더하여, 제4 가스에 포함되는 탄소, 불소 및 산소를 함유할 수 있다. 또한, 공정 SB14에서는, 개질 영역(TR) 상에 퇴적물(DP)이 형성된다.

[0080] 또, 공정 SB14에 있어서 전원(70)으로부터의 전압이 상부 전극(30)에 인가되는 경우에는, 처리 공간(S)에 존재하는 플러스 이온이 전극판(34)에 충돌한다. 이에 따라, 전극판(34)으로부터 실리콘이 방출된다. 방출된 실리콘은, 처리 공간(S) 내에 존재하는 불소의 활성종, 예컨대 불소 라디칼 및 불소 이온과 결합하여 불소의 활성종의 양을 저감시킨다. 이에 따라, 불소의 활성종에 의한 질화 영역(104)의 에칭이 억제된다. 한편, 산화 영역(106)은 플라즈마 중의 플루오로카본의 활성종에 의해 에칭된다.

[0081] 이러한 공정 SB14의 처리에 의해 형성된 퇴적물(DP)의 막두께가 커지면, 산화 영역(106)을 에칭할 수 있는 활성종이 산화 영역(106)에 도달하는 것이 그 퇴적물(DP)에 의해 저해된다. 따라서, 공정 SB14를 연속적으로 계속하면 산화 영역(106)의 에칭이 정지한다. 이러한 에칭의 정지를 방지하기 위해, 이어서 공정 SB15가 실행된다.

[0082] 공정 SB15에서는, 퇴적물(DP)에 포함되는 플루오로카본의 라디칼에 의해 산화 영역(106)이 에칭된다. 일 실시형태의 공정 SB15에서는, 공정 SB14의 처리후의 웨이퍼(W)가 회가스의 플라즈마에 노출된다. 이 공정 SB15의 처리 시간과 공정 SB14의 처리 시간은 임의로 설정될 수 있다. 일 실시형태에 있어서는, 공정 SB14의 처리 시간과 공정 SB15의 처리 시간의 합계에 있어서 공정 SB14의 처리 시간이 차지하는 비율은, 30%~70%의 범위 내의 비율로 설정될 수 있다.

[0083] 플라즈마 처리 장치(10)를 이용하여 공정 SB15를 실행하는 경우에는, 가스 소스군(40)으로부터 회가스가 공급된다. 또한, 공정 SB15에서는, 회가스에 더하여 산소 가스(O₂ 가스)가 공급되어도 좋고, 또는 산소 가스가 공급되지 않아도 좋다. 또한, 공정 SB15에서는, 제1 고주파 전원(62)으로부터의 고주파 전력이 하부 전극(LE)에 공급된다. 또한, 공정 SB15에서는, 제2 고주파 전원(64)으로부터의 고주파 바이어스 전력이 하부 전극(LE)에 공급될 수 있다. 또한, 공정 SB15에서는, 배기 장치(50)에 의해 처리 용기(12) 내의 공간의 압력이 소정의 압력으로 설정된다. 예컨대, 처리 용기(12) 내의 공간의 압력은 20 mTorr(2.666 Pa)~50 mTorr(6.666 Pa)의 범위 내의 압력으로 설정된다. 또한, 공정 SB15에서는, 상부 전극(30)과 배치대(PD)의 상면 사이의 거리가 20 mm~50 mm의 범위 내의 거리로 설정된다. 이에 따라, 처리 용기(12) 내에 있어서 회가스의 플라즈마가 생성되고, 배치대(PD) 상에 배치된 웨이퍼(W)가 그 플라즈마에 노출된다. 또, 공정 SB15에서는, 상부 전극(30)에 전원(70)으로부터의 전압이 인가되어도 좋다. 전원(70)에 의해 상부 전극(30)에 인가되는 전압은 -150 V 이하의 전압일 수 있다. 즉, 전원(70)에 의해 상부 전극(30)에 인가되는 전압은, 절대치가 150 V 이상인 마이너스의 전압일 수 있다. 이 공정 SB15의 실행시의 플라즈마 처리 장치(10)의 각 부의 동작은 제어부(Cnt)에 의해 제어될 수 있다.

[0084] 공정 SB15에서는, 회가스 원자의 활성종, 예컨대 회가스 원자의 이온이 퇴적물(DP)에 충돌한다. 이에 따라, 도 9의 (b)에 나타낸 바와 같이, 퇴적물(DP) 중의 플루오로카본 라디칼이 산화 영역(106)의 에칭을 진행시킨다. 또한, 이 공정 SB15에 의해 퇴적물(DP)의 막두께가 감소한다. 또한, 공정 SB15에서는, 도 9의 (b)에 나타낸 바와 같이 질화 영역(104) 상의 퇴적물(DP)의 막두께도 감소한다. 단, 질화 영역(104) 상에는 개질 영역(TR)이 존재하기 때문에 질화 영역(104)의 에칭은 억제된다.

[0085] 또, 공정 SB15에 있어서 전원(70)으로부터의 전압이 상부 전극(30)에 인가되는 경우에는, 처리 공간(S)에 존재하는 플러스 이온이 전극판(34)에 충돌한다. 이에 따라, 전극판(34)으로부터 실리콘이 방출된다. 공정 SB15의 실행 기간중에는, 공정 SB14에 있어서 생성된 불소의 활성종이 제거되지 않고 처리 용기(12) 내에 잔존할 수 있다. 전극판(34)으로부터 방출된 실리콘은, 처리 공간(S) 내에 존재하는 불소의 활성종과 결합하여 불소의 활성종의 양을 저감시킨다. 이에 따라, 불소의 활성종에 의한 질화 영역(104)의 에칭이 억제된다. 한편, 산화 영역(106)은 퇴적물(DP) 중의 플루오로카본 라디칼에 의해 에칭된다. 또한, 공정 SB15에 있어서 산소 가스가 공급되지 않는 경우에는, 산화 영역(106)이 질화 영역(104)에 대하여 더욱 선택적으로 에칭될 수 있다.

[0086] 도 8에 나타내는 공정 S1에서는, 공정 SB15의 실행후, 다시 공정 SB14가 실행된다. 앞선 공정 SB15의 실행에 의해 퇴적물(DP)의 막두께가 감소했기 때문에, 다시 공정 SB14를 실행하여 제4 가스의 플라즈마에 웨이퍼(W)를 노출시키면, 산화 영역(106)을 더 에칭할 수 있다. 그 후, 다시 공정 SB15를 실행함으로써, 퇴적물(DP) 중의 플루오로카본 라디칼에 의해 산화 영역(106)을 에칭할 수 있다.

[0087] 도 8에 나타내는 공정 S1에서는, 공정 SB16에 있어서 정지 조건이 만족되는지의 여부가 판정된다. 정지 조건은,

예컨대 공정 SB14 및 공정 SB15를 포함하는 사이클의 반복 횟수가 소정 횟수에 도달했을 때에 만족된 것으로 판정된다. 정지 조건이 만족되지 않는 경우에는, 공정 SB14 및 공정 SB15를 포함하는 사이클이 다시 실행된다. 한편, 정지 조건이 만족되는 경우에는 공정 S1이 종료한다.

[0088] 도 8에 나타내는 공정 S1에 의하면, 공정 SB14 및 공정 SB15를 교대로 복수회 실행함으로써, 산화 영역(106)의 에칭의 정지를 방지할 수 있다. 그 결과, 산화 영역(106)의 에칭을 계속할 수 있다. 또한, 산화 영역(106)을 질화 영역(104)에 대하여 선택적으로 에칭할 수 있다. 이러한 공정 S1의 실행에 의해, 웨이퍼(W)는 도 7의 (a)에 나타내는 상태가 된다.

[0089] 다시 도 1을 참조한다. 방법 MT에서는, 이어서 공정 S2가 실행된다. 공정 S2에서는 마스크(108)가 제거된다. 마스크(108)는, 산소 가스의 플라즈마를 이용한 애싱 처리에 의해 제거된다. 이 공정 S2에서는, 웨이퍼(W) 상에 퇴적되어 있는 퇴적물, 즉 플루오로카본을 함유하는 퇴적물도 제거된다. 즉, 공정 S2에서는 웨이퍼(W) 상의 유기물이 제거된다. 이 공정 S2에 의해, 웨이퍼(W)는 도 7의 (b)에 나타낸 상태가 된다. 플라즈마 처리 장치(10)에 있어서 공정 S2를 실행하는 경우에는, 제어부(Cnt)는, 산소 가스를 처리 용기(12) 내에 공급하도록 밸브군(42) 및 유량 제어기(44)를 제어한다. 또한, 제어부(Cnt)는, 처리 용기(12) 내에 공급된 가스를 여기시키기 위해, 고주파 전력을 하부 전극(LE)에 공급하도록 제1 고주파 전원(62)을 제어한다. 또한, 제어부(Cnt)는, 고주파 바이어스 전력을 하부 전극(LE)에 공급하도록 제2 고주파 전원(64)을 제어해도 좋다.

[0090] 방법 MT에서는, 이어서 공정 S3이 실행된다. 공정 S3에서는, 잔사(106b) 및 제2 부분(104b)이 에칭된다. 이 때문에, 웨이퍼(W)는, 수소를 함유하는 가스 및 NF₃ 가스를 포함하는 혼합 가스의 플라즈마에 노출된다. 이에 따라 변질 영역이 형성된다. 그리고, 변질 영역이 제거된다.

[0091] 이하, 도 10 및 도 11을 참조하여 공정 S3의 일 실시형태에 관해 상세히 설명한다. 도 10은, 도 1에 나타내는 공정 S3의 일 실시형태를 나타내는 흐름도이다. 도 11은, 도 10에 나타내는 각 공정에 관련된 피처리체의 단면을 나타내는 도면이다.

[0092] 도 10에 나타낸 바와 같이, 일 실시형태의 공정 S3은 공정 SA21 및 공정 SA22를 포함하고 있다. 공정 SA21에서는, 도 7의 (b)에 나타내는 상태의 웨이퍼(W)가, H₂ 가스 및 NF₃ 가스를 포함하는 제5 가스(혼합 가스)의 플라즈마에 노출된다. 이 제5 가스는, N₂ 가스 및 Ar 가스와 같은 희가스를 더 포함하고 있어도 좋다. 이 공정 SA21에서는, 제5 가스의 플라즈마가 생성되는 것에 의해, 불화암모늄, 불소의 활성종 및 HF의 활성종이 생성된다. 불화암모늄은 잔사(106b)를 구성하는 산화실리콘과 반응한다. 이에 따라, 도 11의 (a)에 나타낸 바와 같이, 잔사(106b)를 구성하는 산화실리콘이 규불화암모늄으로 변질되어, 그 잔사(106b)로부터 변질 영역(106c)이 형성된다. 또한, HF의 활성종은 제2 부분(104b)을 구성하는 질화실리콘과 반응한다. 이에 따라, 제2 부분(104b)을 구성하는 질화실리콘이 규불화암모늄으로 변질되어, 그 제2 부분(104b)으로부터 변질 영역(104c)이 형성된다.

[0093] 플라즈마 처리 장치(10)를 이용하여 공정 SA21을 행하는 경우에는, 제어부(Cnt)는, 가스 소스군(40)으로부터 제5 가스를 공급하도록 밸브군(42) 및 유량 제어기(44)를 제어한다. 또한, 제어부(Cnt)는, 제5 가스를 여기시키기 위해, 고주파 전력을 하부 전극(LE)에 공급하도록 제1 고주파 전원(62)을 제어한다.

[0094] 공정 SA21에서는, 처리 용기(12) 내의 압력은, 예컨대 400 mTorr~600 mTorr(53.33 Pa~79.99 Pa)의 압력으로 설정된다. 또한, 제1 고주파 전원(62)으로부터 공급되는 고주파 전력은, 예컨대 800 W~1200 W 사이의 전력으로 설정된다. 또한, 공정 SA21에서는, 제2 고주파 전원(64)으로부터의 고주파 바이어스 전력은 공급되지 않아도 좋다. 또한, 제5 가스 중의 NF₃ 가스와 H₂ 가스의 분압은, 1:2~1:10의 범위 내의 분압, 예컨대 1:2.5의 분압으로 제어된다. 또한, 웨이퍼(W)의 온도는 60℃ 이하의 온도, 예컨대 0℃의 온도로 제어된다. 이 때문에, 제어부(Cnt)는, 플라즈마 처리 장치(10)의 히터 전원(HP)을 제어하여 배치대(PD)의 온도를 조정할 수 있다. 또한, 공정 SA21의 처리 시간은 30초~60초로 설정될 수 있다.

[0095] 계속되는 공정 SA22에서는, 변질 영역(106c) 및 변질 영역(104c)이 제거된다. 변질 영역(106c) 및 변질 영역(104c)의 제거를 위해 행해지는 처리는, 전술한 공정 SA12와 동일하다. 또한, 공정 SA22를 플라즈마 처리 장치(10)를 이용하여 실행하는 경우에는, 제어부(Cnt)는, 공정 SA12에서의 제어와 동일한 제어를 실행한다. 이 공정 SA22가 실행됨으로써, 도 11의 (b)에 나타낸 바와 같이, 산화 영역(106)의 상면으로부터 인접하는 용기 영역(102)의 사이를 통과하여 하지층(100)의 상면까지 도달하는 홀(HL)이 형성된다.

[0096] 이들 공정 SA21 및 공정 SA22는, 교대로 소정 횟수 실행되어도 좋다. 공정 SA23에서는, 공정 SA21 및 공정 SA22

의 반복 횟수가 정지 조건을 만족하는지의 여부가 판정된다. 즉, 공정 SA23에서는, 공정 SA21 및 SA22가 소정 횟수 실행되었는지의 여부가 판정된다. 이 정지 조건이 만족되지 않는 경우에는, 공정 SA21 및 공정 SA22가 다시 반복된다. 한편, 정지 조건이 만족되는 경우에는 공정 S3이 종료한다. 즉, 방법 MT이 종료한다.

[0097] 또, 종래부터 이용되고 있는 플루오로카본 가스의 플라즈마에서는, 잔사(106b)를 제거할 수 없기 때문에, 제2 부분(104b)을 제거할 때까지, 제1 부분(104a), 특히 제1 부분(104a)의 솔더부(104s)(도 11의 (b)를 참조)가, 불소의 활성종 또는 HF의 활성종에 의해 크게 에칭되어 버린다. 한편, 도 10에 나타내는 실시형태의 공정 S3에 의하면, 잔사(106b)가 제거되기 때문에, 제1 부분(104a), 특히 솔더부(104s)의 마모를 저감할 수 있다. 또한, 도 10에 나타내는 실시형태의 공정 S3에 의하면, 잔사(106b) 및 제2 부분(104b)을 일괄적으로 제거하는 것이 가능하다.

[0098] 이하, 도 12, 도 13 및 도 14를 참조하여, 공정 S3의 다른 실시형태에 관해 상세히 설명한다. 도 12는, 도 1에 나타내는 공정 S3의 다른 실시형태를 나타내는 흐름도이다. 도 13 및 도 14는, 도 12에 나타내는 각 공정에 관련된 피처리체의 단면을 나타내는 도면이다.

[0099] 도 12에 나타낸 바와 같이, 일 실시형태의 공정 S3은, 공정 SB21~공정 SB26을 포함하고 있다. 공정 SB21에서는, 도 7의 (b)에 나타내는 상태의 웨이퍼(W)가, NH₃ 가스 및 NF₃ 가스를 포함하는 제6 가스(혼합 가스)의 플라즈마에 노출된다. 이 제6 가스는, Ar 가스와 같은 희가스를 더 포함하고 있어도 좋다. 이 공정 SB21에 의해, 도 13의 (a)에 나타낸 바와 같이, 잔사(106b)를 구성하는 산화실리콘이 규불화암모늄으로 변질되어, 변질 영역(106c)이 형성된다.

[0100] 전술한 제5 가스, 즉 H₂ 가스 및 NF₃ 가스에 비교해서, 제6 가스, 즉 NH₃ 가스 및 NF₃ 가스를 포함하는 가스는, 저해리의 플라즈마를 발생시킴으로써 불화암모늄을 생성할 수 있다. 따라서, 제5 가스에 비교해서, 제6 가스에 의하면, 플라즈마 중에서의 불소의 활성종 및 HF의 활성종의 발생량이 저감된다. 그 결과, 제2 부분(104b)의 변질 및 마모를 억제하면서 잔사(106b)를 변질시켜, 변질 영역(106c)을 형성할 수 있다.

[0101] 플라즈마 처리 장치(10)를 이용하여 공정 SB21을 행하는 경우에는, 제어부(Cnt)는, 가스 소스군(40)으로부터 제6 가스를 공급하도록 밸브군(42) 및 유량 제어기군(44)을 제어한다. 또한, 제어부(Cnt)는, 제6 가스를 여기시키기 위해, 고주파 전력을 하부 전극(LE)에 공급하도록 제1 고주파 전원(62)을 제어한다.

[0102] 공정 SB21에서는, 처리 용기(12) 내의 압력은, 예컨대 400 mTorr~600 mTorr(53.33 Pa~79.99 Pa)의 압력으로 설정된다. 또한, 제1 고주파 전원(62)으로부터 공급되는 고주파 전력은, 예컨대 800 W~1200 W 사이의 전력으로 설정된다. 또한, 공정 SB21에서는, 제2 고주파 전원(64)으로부터의 고주파 바이어스 전력은 공급되지 않아도 좋다. 또한, 웨이퍼(W)의 온도는 60℃ 이하의 온도, 예컨대 0℃의 온도로 제어된다. 이 때문에, 제어부(Cnt)는, 플라즈마 처리 장치(10)의 히터 전원(HP)을 제어하여 배치대(PD)의 온도를 조절할 수 있다. 또한, 공정 SB21의 처리 시간은 30초~60초로 설정될 수 있다.

[0103] 계속되는 공정 SB22에서는 변질 영역(106c)이 제거된다. 변질 영역(106c)의 제거를 위해 행해지는 처리는, 전술한 공정 SA12와 동일하다. 또한, 공정 SB22를 플라즈마 처리 장치(10)를 이용하여 실행하는 경우에는, 제어부(Cnt)는 공정 SA12에서의 제어와 동일한 제어를 실행한다. 이 공정 SB22가 실행됨으로써, 도 13의 (b)에 나타낸 바와 같이 변질 영역(106c)이 제거된다. 즉, 잔사(106b)가 제거된다.

[0104] 이들 공정 SB21 및 공정 SB22는, 교대로 소정 횟수 실행되어도 좋다. 공정 SB23에서는, 공정 SB21 및 공정 SB22의 반복 횟수가 정지 조건을 만족하는지의 여부가 판정된다. 즉, 공정 SB23에서는, 공정 SB21 및 SB22가 소정 횟수 실행되었는지의 여부가 판정된다. 이 정지 조건이 만족되지 않는 경우에는, 공정 SB21 및 공정 SB22가 다시 반복된다. 한편, 정지 조건이 만족되는 경우에는, 프로세스는 공정 SB24로 이행한다.

[0105] 공정 SB24에서는, 도 13의 (b)에 나타내는 상태의 웨이퍼(W)가 제5 가스의 플라즈마에 노출된다. 공정 SB24의 처리는, 전술한 공정 SB21과 동일한 처리이다. 이 공정 SB24가 실행됨으로써, 제2 부분(104b)을 구성하는 질화실리콘이 규불화암모늄으로 변질된다. 이에 따라, 도 14의 (a)에 나타낸 바와 같이, 제2 부분(104b)으로부터 변질 영역(104c)이 형성된다.

[0106] 계속되는 공정 SB25에서는 변질 영역(104c)이 제거된다. 변질 영역(104c)의 제거를 위해 행해지는 처리는, 전술한 공정 SA12와 동일하다. 또한, 공정 SB25를 플라즈마 처리 장치(10)를 이용하여 실행하는 경우에는, 제어부(Cnt)는, 공정 SA12에서의 제어와 동일한 제어를 실행한다. 이러한 공정 SB25가 실행됨으로써, 도 14의 (b)에 나타낸 바와 같이 변질 영역(104c)이 제거된다. 즉, 제2 부분(104b)이 제거된다. 그 결과, 도 14의 (b)에 나타

낸 바와 같이, 산화 영역(106)의 상면으로부터 인접하는 용기 영역(102)의 사이를 통과하여 하지층(100)의 상면까지 도달하는 홀(HL)이 자기 정합적으로 형성된다.

- [0107] 도 12에 나타내는 실시형태의 공정 S3에 의하면, 잔사(106b)의 제거시에는, 저해리 상태의 플라즈마를 발생시킴으로써 불화암모늄을 생성하는 것이 가능한 제6 가스가 이용될 수 있다. 따라서, 잔사(106b)의 제거가 행해지고 있는 기간중의 제1 부분(104a)의 마모를 억제할 수 있다. 이어서, H₂ 가스 및 NF₃ 가스를 포함하는 제5 가스를 이용함으로써, 제2 부분(104b)의 에칭율을 높일 수 있다. 따라서, 도 12에 나타내는 실시형태의 공정 S3에 의하면, 제1 부분(104a)의 마모를 더욱 저감하면서, 잔사(106b) 및 제2 부분(104b)을 제거하는 것이 가능해진다.
- [0108] 이하, 다른 실시형태에 따른 피처리체를 처리하는 방법에 관해, 도 15를 참조하면서 설명한다. 도 15는, 다른 실시형태에 따른 피처리체를 처리하는 방법을 나타내는 흐름도이다. 도 16은, 도 15에 나타내는 방법의 몇가지 공정에 관련된 피처리체의 단면을 나타내는 도면이다. 도 15에 나타내는 방법 MT2는, 공정 S2와 공정 S3 사이에 실행되는 공정 S4를 포함하는 점에서 방법 MT와는 상이하다.
- [0109] 공정 S4에서는, 제1 부분(104a) 및 제2 부분(104b) 상에 보호막(PF2)이 형성된다. 이 보호막(PF2)의 형성을 위해, 공정 S4에서는 플루오로카본 가스를 포함하는 처리 가스의 플라즈마가 생성되고, 공정 S2의 실행후의 웨이퍼(W), 즉 도 7의 (b)에 나타내는 웨이퍼(W)가 그 플라즈마에 의해 처리된다. 플루오로카본 가스로는, C₄F₆, C₄F₈, C₆F₆, C₃F₈ 및 C₅F₈ 중 적어도 1종을 포함하는 가스가 이용된다. 또한, 공정 S4에 이용되는 처리 가스는, Ar 가스와 같은 회가스를 더 포함할 수 있다. 이 처리 가스의 총유량에 대한 플루오로카본 가스의 유량의 비율은, 1% 이하의 비율이어도 좋고, 나머지 비율은 회가스가 차지하고 있어도 좋다. 또, 공정 S4에 있어서 보호막(PF2)의 형성을 위해 사용되는 처리 가스는, 플루오로카본 가스 대신에, 하이드로플루오로카본 가스 또는 실리콘 함유 가스를 포함하고 있어도 좋다. 하이드로플루오로카본 가스로는, CH₂F₂ 또는 CHF₃을 포함하는 가스가 예시된다. 또한, 실리콘 함유 가스로는, SiF₄와 H₂를 포함하는 가스 또는 SiCl₄와 H₂를 포함하는 가스가 예시된다.
- [0110] 플라즈마 처리 장치(10)를 이용하여 공정 S4를 행하는 경우에는, 제어부(Cnt)는, 가스 소스군(40)으로부터 플루오로카본 가스를 포함하는 처리 가스를 공급하도록 밸브군(42) 및 유량 제어기군(44)을 제어한다. 또한, 제어부(Cnt)는, 하부 전극(LE)에 고주파 전력이 공급되도록 제1 고주파 전원(62)을 제어한다. 또한, 제어부(Cnt)는, 고주파 바이어스 전력이 낮은 전력이 되도록, 예컨대 고주파 바이어스 전력이 공급되지 않도록, 제2 고주파 전원(64)을 제어한다. 또, 예컨대 공정 S4에 있어서 하부 전극(LE)에 공급되는 고주파 전력은 500 W이며, 공정 S4에서의 처리 용기(12) 내의 압력은 30 mTorr(4 Pa)일 수 있다.
- [0111] 공정 S4에서는, 도 16의 (a)에 나타낸 바와 같이, 플루오로카본의 분자에 의해 보호막(PF2)이, 제1 부분(104a), 제2 부분(104b) 및 잔사(106b) 상에 형성된다. 보호막(PF2)의 형성에 기여하는 분자의 양은, 용기 영역(102)의 꼭대기부 근방, 즉 개구(OP)의 개구 단부 근방에서는 많아지고, 개구(OP)의 심부에서는 적어진다. 따라서, 보호막(PF2)의 막두께는, 용기 영역(102)의 꼭대기부 근방에서 커지고, 개구(OP)의 심부 근방에서는 작아진다. 즉, 제1 부분(104a) 상에서는 보호막(PF2)의 막두께는 커지고, 잔사(106b) 및 제2 부분(104b) 상에서는 보호막(PF2)의 막두께는 작아진다.
- [0112] 방법 MT2에서는, 이러한 보호막(PF2)이 형성된 후에 공정 S3이 실행된다. 전술한 바와 같이, 제1 부분(104a) 상에서는 보호막(PF2)의 막두께는 크고, 잔사(106b) 및 제2 부분(104b) 상에서는 보호막(PF2)의 막두께는 작기 때문에, 공정 S3의 실행시에는, 제2 부분(104b) 및 잔사(106b) 상에 형성된 보호막(PF2)은 조기에 소실되고, 잔사(106b) 및 제2 부분(104b)은 에칭된다. 한편, 제1 부분(104a) 상에 형성된 보호막(PF2)은, 공정 S3의 실행 기간중에 있어서 유지된다. 따라서, 도 16의 (b)에 나타낸 바와 같이, 공정 S3의 실행에 의한 제1 부분(104a)의 마모, 특히 솔더부(104s)의 마모가 더욱 억제된다.
- [0113] 또, 공정 S4의 실행과 공정 S3에서의 변질 영역의 형성 및 변질 영역의 제거를 포함하는 시퀀스의 1회 이상의 실행이 교대로 행해져도 좋다. 도 17 및 도 18은, 또 다른 실시형태에 따른 피처리체를 처리하는 방법을 나타내는 흐름도이다. 도 17에 나타내는 방법 MT3에서는, 공정 S4의 실행후, 도 10을 참조하여 설명한 공정 SA21 및 공정 SA22를 포함하는 시퀀스 SQ의 실행이 1회 이상 행해진다. 방법 MT3에서는, 공정 S4의 실행과 1회 이상의 시퀀스 SQ의 실행이 교대로 소정 횟수 행해진다. 공정 S5에 있어서 정지 조건이 만족되지 않는, 즉, 공정 S4의 실행과 1회 이상의 시퀀스 SQ의 실행의 교대의 반복 횟수가 소정 횟수에 이르지 않았다고 판정되는 경우에는, 공정 S4가 다시 실행된다. 한편, 공정 S5에 있어서, 정지 조건이 만족되는, 즉, 공정 S4의 실행과 1회 이상의 시퀀스 SQ의 실행의 교대의 반복 횟수가 소정 횟수에 이르렀다고 판정되는 경우에는, 방법 MT3이 종료한다.

[0114] 도 18에 나타내는 방법 MT4에서는, 공정 S4의 실행후, 도 12를 참조하여 설명한 공정 SB21 및 공정 SB22를 포함하는 시퀀스 SQ1의 실행이 1회 이상 행해진다. 방법 MT4에서는, 공정 S4의 실행과 1회 이상의 시퀀스 SQ1의 실행이 교대로 소정 횟수 행해진다. 공정 S6에 있어서, 정지 조건이 만족되지 않는, 즉, 공정 S4의 실행과 1회 이상의 시퀀스 SQ1의 실행의 교대의 반복 횟수가 소정 횟수에 이르지 않았다고 판정되는 경우에는, 공정 S4가 다시 실행된다. 한편, 공정 S6에 있어서, 정지 조건이 만족되는, 즉, 공정 S4의 실행과 1회 이상의 시퀀스 SQ1의 실행의 교대의 반복 횟수가 소정 횟수에 이르렀다고 판정되는 경우에는, 공정 S4의 실행과, 도 12를 참조하여 설명한 공정 SB24 및 공정 SB25를 포함하는 시퀀스 SQ2의 1회 이상의 실행이 교대로 소정 횟수 행해진다. 공정 S7에 있어서, 정지 조건이 만족되지 않는, 즉, 공정 S4의 실행과 1회 이상의 시퀀스 SQ2의 실행의 교대의 반복 횟수가 소정 횟수에 이르지 않았다고 판정되는 경우에는, 공정 S4가 다시 실행된다. 한편, 공정 S7에 있어서, 정지 조건이 만족되는, 즉, 공정 S4의 실행과 1회 이상의 시퀀스 SQ2의 실행의 교대의 반복 횟수가 소정 횟수에 이르렀다고 판정되는 경우에는, 방법 MT4가 종료한다.

[0115] 이하, 전술한 여러가지 실시형태에 따른 방법의 평가를 위해 행한 실험에 1에 관해 설명한다. 이 실험에 1에서는, 도 2에 나타내는 웨이퍼(W)를 처리 대상으로 하고, 도 3에 나타내는 플라즈마 처리 장치(10)를 이용하여, 도 1, 도 4 및 도 10에 나타내는 방법 MT의 처리를 행했다. 도 10에 나타내는 각 공정의 실험에 1에서의 처리 조건을 이하에 나타낸다.

[0116] <처리 조건>

[0117] · 공정 SA21

[0118] NF₃ 가스 유량/H₂ 가스 유량/N₂ 가스 유량/Ar 가스 유량=120 sccm/300 sccm/300 sccm/1000 sccm

[0119] 제1 고주파 전원(62)의 고주파 전력 : 1000 W

[0120] 웨이퍼(W)의 온도 : 0℃

[0121] 처리 시간 : 45초

[0122] · 공정 SA22

[0123] 웨이퍼(W)의 온도 : 180℃

[0124] 처리 시간 : 60초

[0125] · 공정 SA21과 공정 SA22의 실행 횟수 : 5회

[0126] 또한, 비교 실험에 1 및 비교 실험에 2에 있어서, 동일한 웨이퍼(W)에 대하여, 실험에 1의 공정 SA21 및 공정 SA22 대신에 이하에 나타내는 처리 조건의 공정 S101, 공정 S102를 각각 행했다.

[0127] <비교 실험에 1의 공정 S101의 처리 조건>

[0128] C₄F₈ 가스 유량/Ar 가스 유량/N₂ 가스 유량/O₂ 가스 유량=120 sccm/300 sccm/300 sccm/1000 sccm

[0129] 제1 고주파 전원(62)의 고주파 전력 : 400 W

[0130] 제2 고주파 전원(64)의 고주파 바이어스 전력 : 50 W

[0131] 처리 시간 : 30초

[0132] <비교 실험에 2의 공정 S102의 처리 조건> CH₂F₂ 가스 유량/Ar 가스 유량/O₂ 가스 유량=30 sccm/600 sccm/14 sccm

[0133] 제1 고주파 전원(62)의 고주파 전력 : 200 W

[0134] 제2 고주파 전원(64)의 고주파 바이어스 전력 : 200 W

[0135] 처리 시간 : 10초

[0136] 그리고, 실험에 1, 비교 실험에 1 및 비교 실험에 2의 각각의 처리후의 웨이퍼(W)의 각종 치수, 즉 도 19에 나타내는 각종 치수를 측정했다. 구체적으로, 폭 CD, 마모량 Δy1, 마모량 Δy2 및 에칭량 EA를 측정했다. 또, 폭 CD는, 제2 부분(104b)의 상면이 존재했던 위치, 즉, 산화 영역(106)의 바닥면이 존재했던 위치에서의 개구(OP)의 폭이다. 또한, 마모량 Δy1은, 개구(OP)의 중심선(CA)으로부터 그 중심선(CA)에 직교하는 방향으로 40 nm의

위치에서의 제1 부분(104a)의 마모량이고, 실험예 1에 관해서는 공정 SA21 및 공정 SA22의 처리에 의해 발생한 제1 부분(104a)의 마모량이고, 비교 실험예 1에 관해서는 공정 S101의 처리에 의해 발생한 제1 부분(104a)의 마모량이고, 비교 실험예 2에 관해서는 공정 S102의 처리에 의해 발생한 제1 부분(104a)의 마모량이다. 또한, 에칭량 EA는 제2 부분(104b)이 깊이 방향으로 에칭된 거리이다.

[0137] 표 1에 계측 결과를 나타낸다. 표 1에 나타난 바와 같이, 실험예 1에 의하면, 잔사(106b)를 제거하여 개구(OP)의 폭 CD를 크게 할 수 있고, 제2 부분(104b)을 크게 에칭할 수 있고, 또한, 제1 부분(104a)의 마모를 저감시키는 것이 가능한 것이 확인되었다. 한편, 비교 실험예 1에서는, 잔사(106b)의 제거가 불충분한 결과, 개구(OP)의 폭 CD가 작아졌다. 또한, 비교 실험예 1에서는, 제1 부분(104a)이 크게 깎였다. 또한, 비교 실험예 2에서는, 제2 부분(104b)의 에칭량이 작아졌다. 따라서, 이러한 계측 결과로부터 방법 MT의 유효성이 확인되었다.

표 1

	Δy_1 (nm)	Δy_2 (nm)	제2 부분의 에칭량EA (nm)	CD (nm)
실험예	6.0	8.5	8.7	13.5
비교 실험예 1	26.6	30.0	6.3	8.9
비교 실험예 2	7.6	10.1	4.8	10.3

[0139] 이하, 실험예 2 및 실험예 3에 관해 설명한다. 실험예 2에서는, 질화실리콘제의 영역 및 산화실리콘제의 영역을 갖는 웨이퍼를 제5 가스의 플라즈마에 노출시키고, 이어서 변질 영역을 제거했다. 또한, 실험예 3에서는, 질화실리콘제의 영역 및 산화실리콘제의 영역을 갖는 웨이퍼를 제6 가스의 플라즈마에 노출시키고, 이어서 변질 영역을 제거했다. 이하, 실험예 2 및 실험예 3의 처리 조건을 기재한다.

[0140] <실험예 2의 처리 조건>

[0141] · 제5 가스에 의한 플라즈마 처리

[0142] NF_3 가스 유량/ H_2 가스 유량/ N_2 가스 유량/Ar 가스 유량=120 sccm/300 sccm/300 sccm/800 sccm

[0143] 제1 고주파 전원(62)의 고주파 전력 : 1000 W

[0144] 웨이퍼(W)의 온도 : 0℃

[0145] 처리 시간 : 30초

[0146] · 변질 영역의 제거 처리

[0147] 웨이퍼(W)의 온도 : 180℃

[0148] <실험예 3의 처리 조건>

[0149] · 제6 가스에 의한 플라즈마 처리

[0150] NF_3 가스 유량/ NH_3 가스 유량/Ar 가스 유량=30 sccm/90 sccm/120 sccm

[0151] 제1 고주파 전원(62)의 고주파 전력 : 200 W

[0152] 웨이퍼(W)의 온도 : 0℃

[0153] 처리 시간 : 30초

[0154] · 변질 영역의 제거 처리

[0155] 웨이퍼(W)의 온도 : 180℃

[0156] 실험예 2 및 실험예 3의 각각에 관해, 질화실리콘제의 영역 및 산화실리콘제의 영역이 깊이 방향으로 깎인 거리를 구하여, 그 거리로부터 질화실리콘제의 영역의 에칭에 대한 산화실리콘제의 영역의 에칭의 선택비를 구했다. 실험예 2, 즉 제5 가스를 이용한 실험예에서는 선택비는 3.15였다. 또한, 실험예 3, 즉 제6 가스를 이용한 실험예에서는 선택비는 15.2였다. 이 결과로부터, 제6 가스를 이용함으로써, 제1 부분(104a)의 마모를 더 저감시킬 수 있고, 또한 산화 영역(106)을 제거하는 것이 가능한 것이 확인되었다.

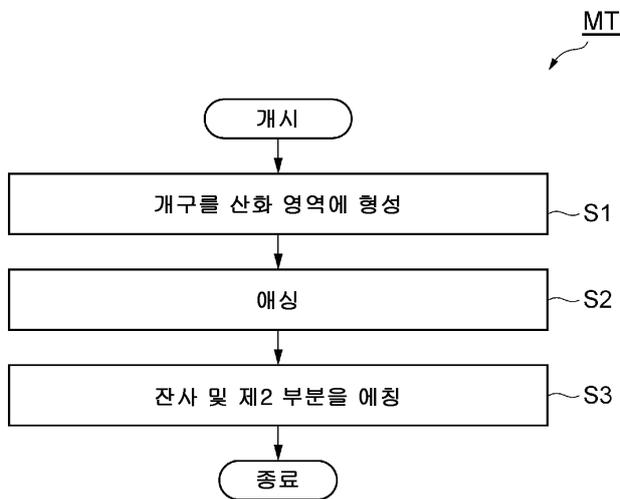
[0157] 이상, 여러가지 실시형태에 관해 설명했지만, 전술한 실시형태에 한정되지 않고 여러가지 변형 양태를 구성할 수 있다. 예컨대, 전술한 플라즈마 처리 장치(10)는 용량 결합형의 플라즈마 처리 장치였지만, 방법 MT의 실시를 위해 이용할 수 있는 플라즈마 처리 장치는, 용량 결합형의 플라즈마 처리 장치, 마이크로파를 이용하는 플라즈마 처리 장치와 같은 임의의 플라즈마 처리 장치이어도 좋다. 또한, 공정 S1은, 도 4 및 도 6에 나타난 실시형태의 공정에 한정되는 것은 아니다. 예컨대, 공정 S1은, 플루오로카본 가스와 같은 처리 가스를 이용하는 플라즈마 에칭만을 포함하고 있어도 좋다.

부호의 설명

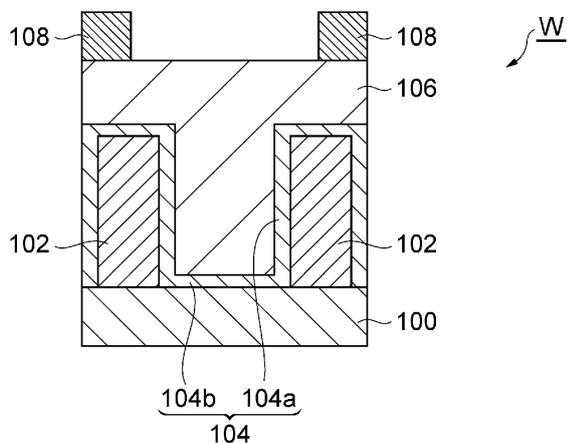
[0158] 10 : 플라즈마 처리 장치, 12 : 처리 용기, ESC : 정전척, LE : 하부 전극, 30 : 상부 전극, 34 : 전극판, 40 : 가스 소스군, 50 : 배기 장치, 62 : 제1 고주파 전원, 64 : 제2 고주파 전원, 70 : 전원, Cnt : 제어부, W : 웨이퍼, 100 : 하지층, 102 : 용기 영역, 104 : 질화 영역, 104a : 제1 부분, 104b : 제2 부분, 106 : 산화 영역, 106b : 잔사, 104c, 106c : 변질 영역.

도면

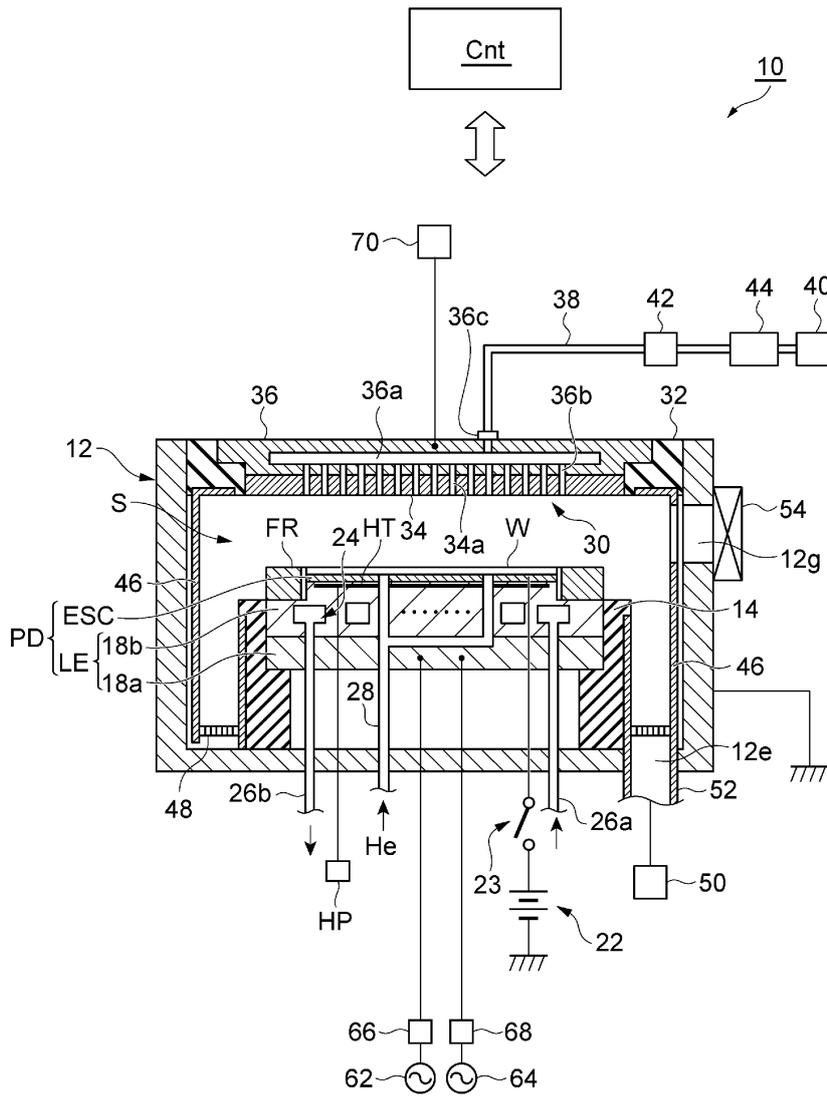
도면1



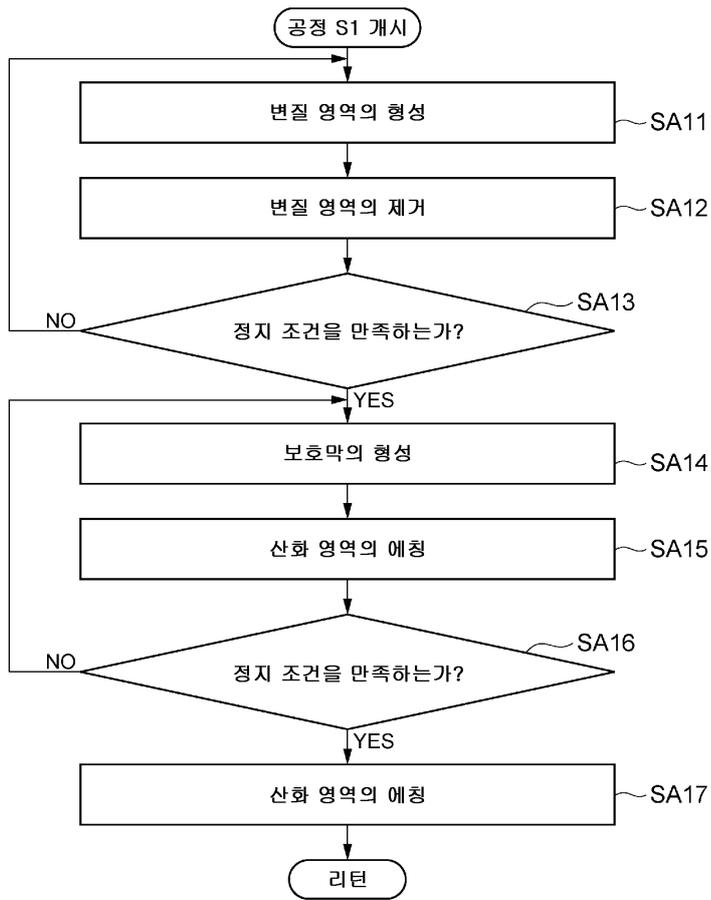
도면2



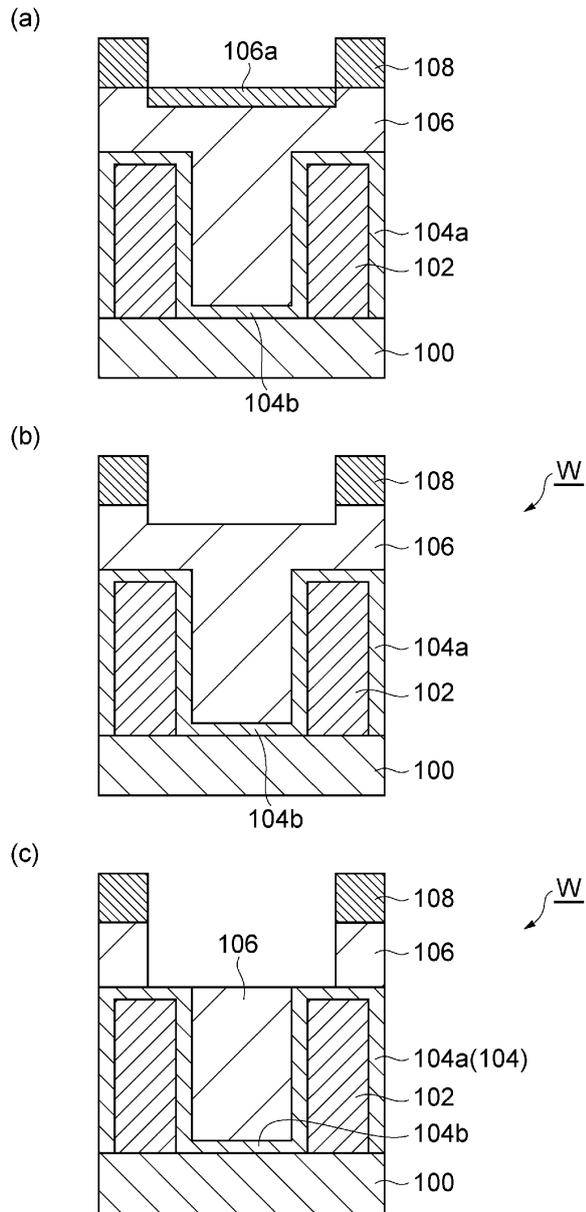
도면3



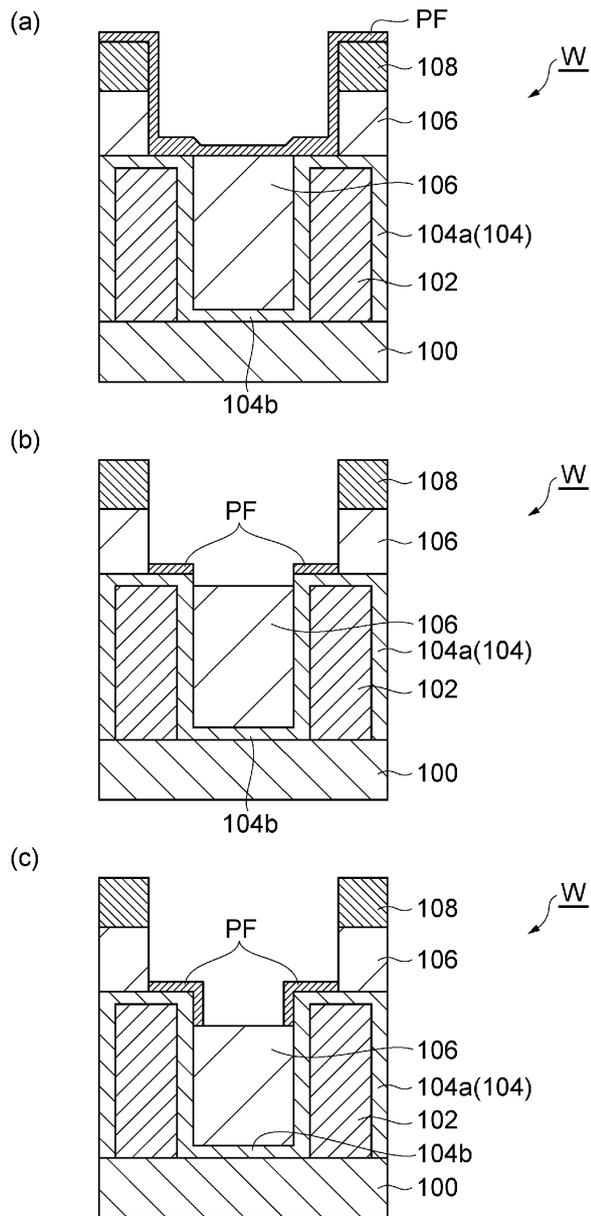
도면4



도면5

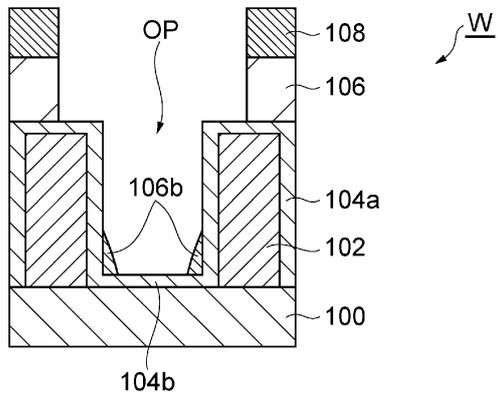


도면6

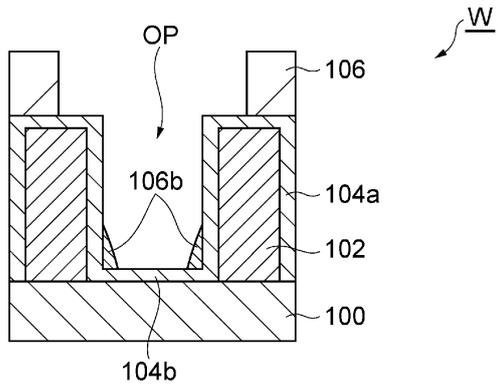


도면7

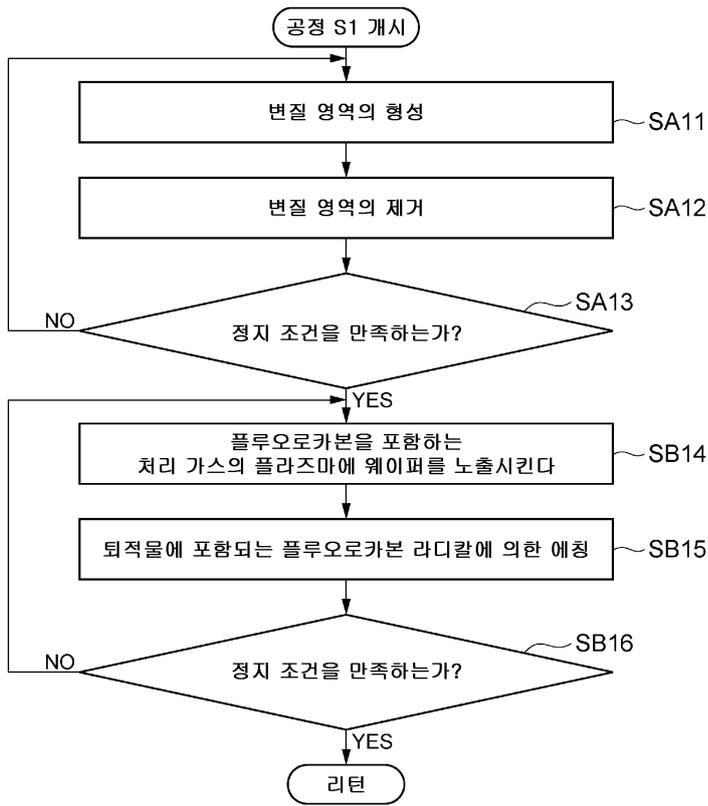
(a)



(b)

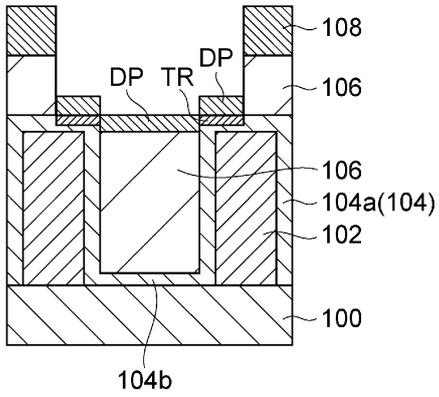


도면8

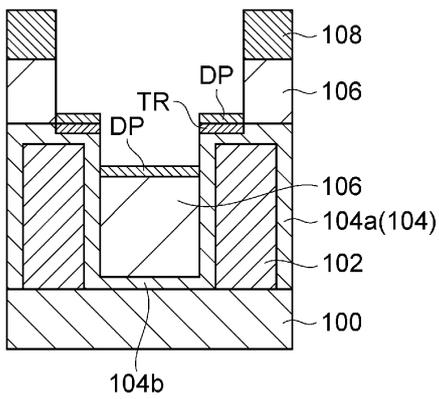


도면9

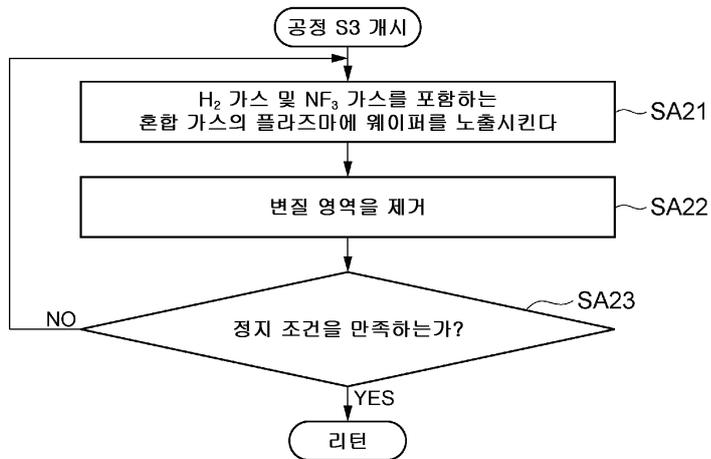
(a)



(b)

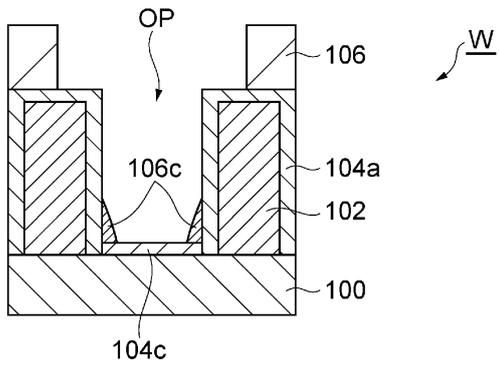


도면10

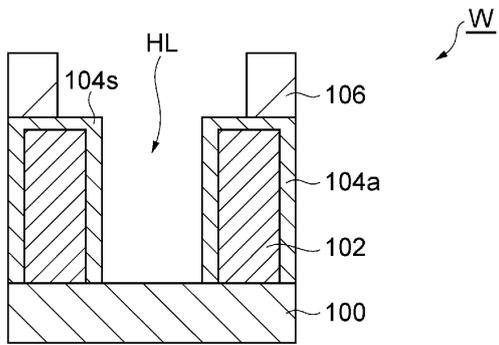


도면11

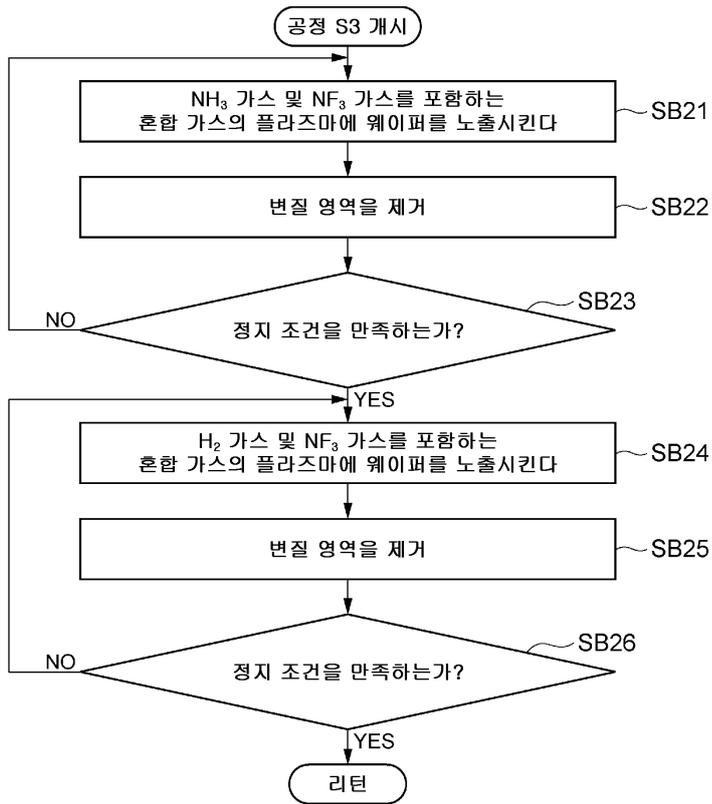
(a)



(b)

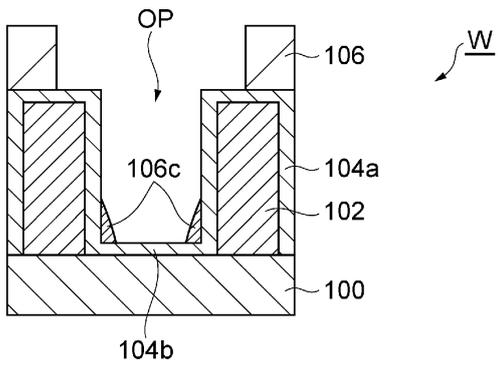


도면12

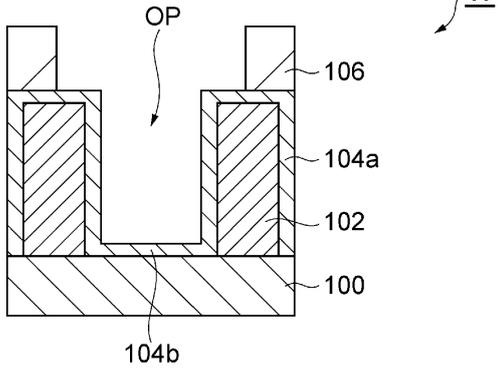


도면13

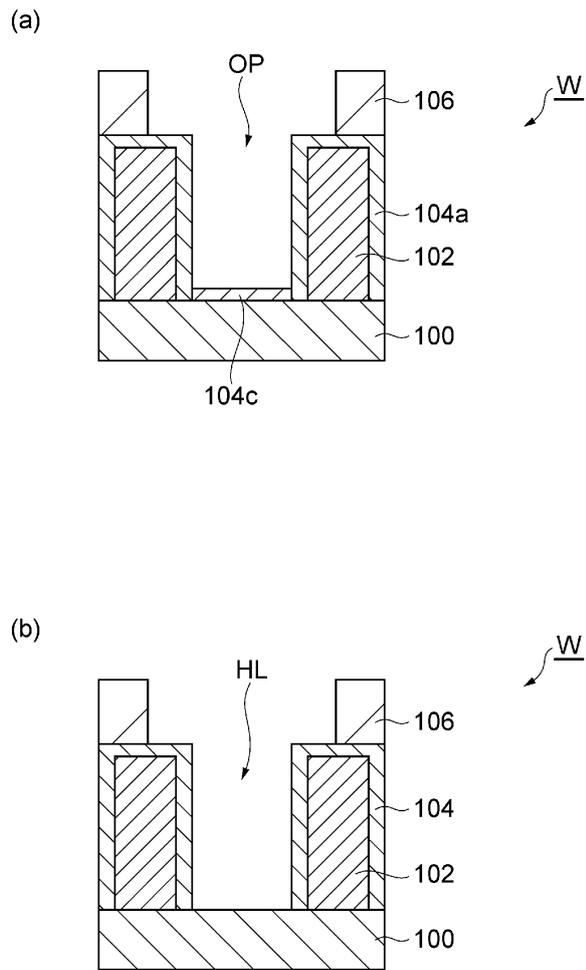
(a)



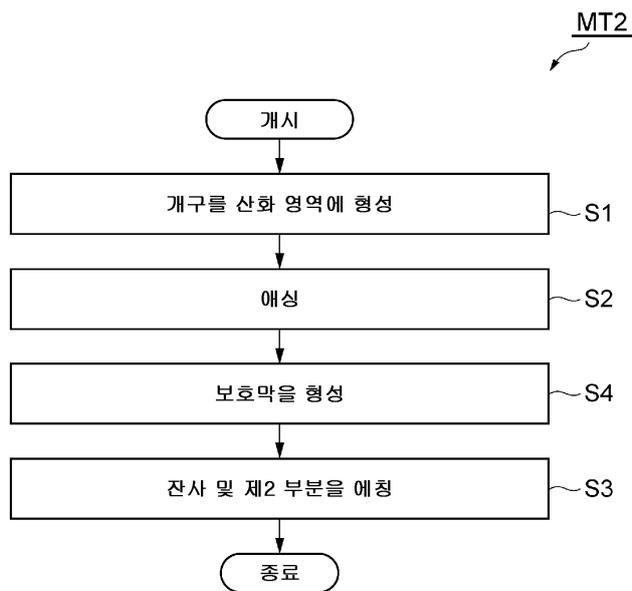
(b)



도면14

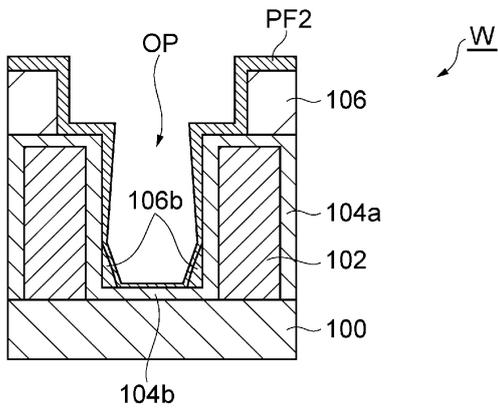


도면15

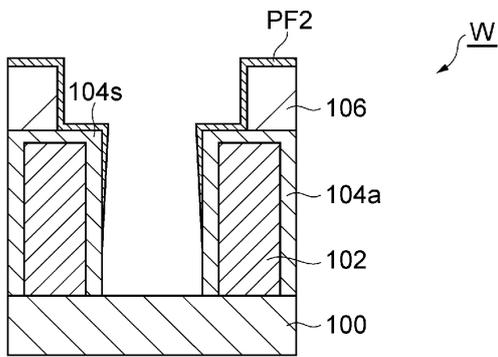


도면16

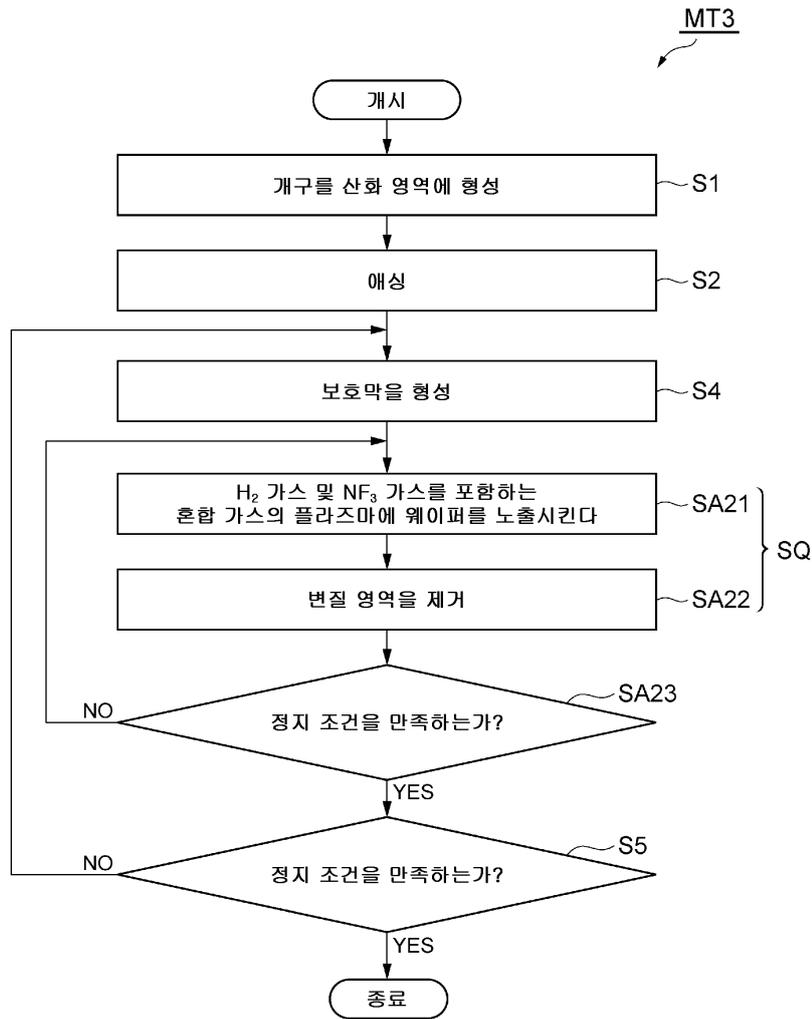
(a)



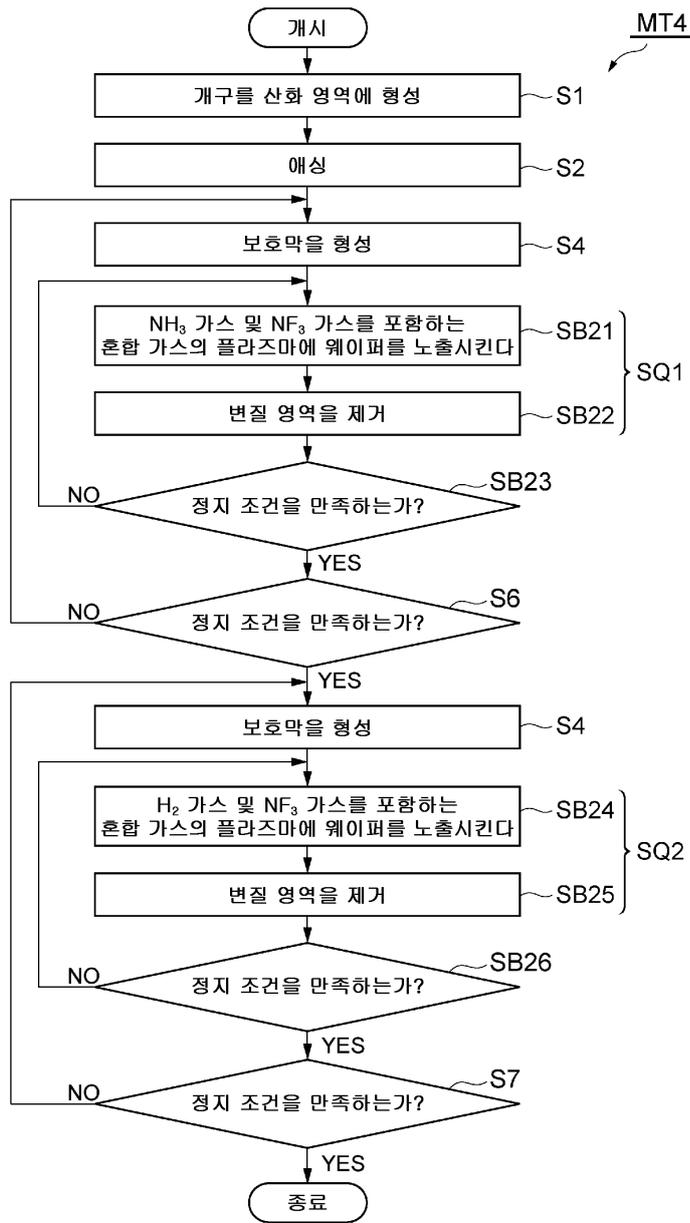
(b)



도면17



도면18



도면19

