(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년04월19일
(11) 등록번호 10-1256492
(24) 등록일자 2013년04월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/3065 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-0075832
(22) 출원일자 2011년07월29일
심사청구일자 2011년07월29일
(65) 공개번호 10-2013-0007384
(43) 공개일자 2013년01월18일
(30) 우선권주장
JP-P-2011-145164 2011년06월30일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
KR1020060127104 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
가부시키가이샤 히다치 하이테크놀로지즈
일본국 도쿄도 미나토구 니시신바시 1쵸메 24-14
(72) 발명자
이노우에 요시하루
일본국 야마구치켄 구다마츠시 오아자 히가시토요이 794, 가부시키가이샤 히다치 하이테크놀로지즈 가사도사업소 내
모리모토 미치카즈
일본국 야마구치켄 구다마츠시 오아자 히가시토요이 794, 가부시키가이샤 히다치 하이테크놀로지즈 가사도사업소 내
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인화우

전체 청구항 수 : 총 6 항 심사관 : 박귀만

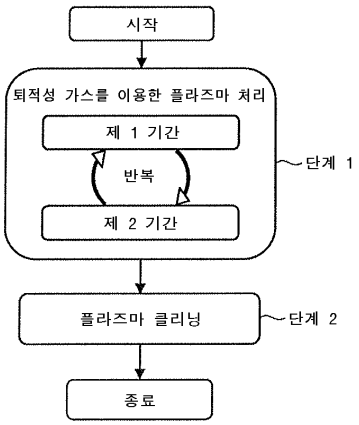
(54) 발명의 명칭 **플라즈마 처리방법**

(57) 요 약

본 발명은, 퇴적성 가스를 사용한 플라즈마 처리에 있어서, 피처리체의 처리 매수의 증가에 의한 이물질을 억제할 수 있는 플라즈마 처리방법을 제공한다.

이를 위하여 본 발명은, 처리실 안에 도입된 퇴적성 가스로부터 플라즈마를 생성하고, 당해 처리실 안에 설치된 시료대 상에 재치되는 피처리체를, 고주파 전력을 인가한 상태에서 상기 플라즈마에 노출함으로써 상기 피처리체의 에칭을 행하는 플라즈마 처리방법에 있어서, 상기 피처리체를 상기 플라즈마에 노출하는 제1 기간과, 상기 피처리체를 상기 플라즈마에 노출하여 당해 제1 기간보다 상기 피처리체에 대한 에칭 레이트가 낮은 제2 기간을 반복함으로써, 상기 처리실 내벽면에 대한 퇴적막이 아몰퍼스가 되는 에칭 조건으로 상기 피처리체를 에칭하는 것을 특징으로 한다.

대 표 도 - 도2



(72) 발명자

마츠모토 츠요시

일본국 야마구치켄 구다마츠시 오아자 히가시토요이 794, 가부시키가이샤 히다치 하이테크놀로지즈 가사도사업소 내

오노 데츠오

일본국 야마구치켄 구다마츠시 오아자 히가시토요이 794, 가부시키가이샤 히다치 하이테크놀로지즈 가사도사업소 내

가네키요 다다미츠

일본국 야마구치켄 구다마츠시 오아자 히가시토요이 794, 가부시키가이샤 히다치 하이테크놀로지즈 가사도사업소 내

야쿠시지 마모루

일본국 야마구치켄 구다마츠시 오아자 히가시토요이 794, 가부시키가이샤 히다치 하이테크놀로지즈 가사도사업소 내

미야지 마사카즈

일본국 야마구치켄 구다마츠시 오아자 히가시토요이 794, 가부시키가이샤 히다치 하이테크놀로지즈 가사도사업소 내

특허청구의 범위

청구항 1

처리실 안에 도입된 퇴적성 가스로부터 플라즈마를 생성하고, 당해 처리실 안에 설치된 시료대 상에 재치(載置)되는 피처리체를, 고주파 전력을 인가한 상태에서 상기 플라즈마에 노출함으로써 상기 피처리체의 에칭을 행하는 플라즈마 처리방법에 있어서,

상기 피처리체를 상기 플라즈마에 노출하는 제1 기간과, 상기 피처리체를 상기 플라즈마에 노출하는 당해 제1 기간보다 상기 피처리체에 대한 에칭 레이트가 낮은 제2 기간을 반복함으로써, 상기 처리실 내벽면에 대한 퇴적막이 아몰퍼스가 되는 에칭 조건으로 상기 피처리체를 에칭하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리방법.

청구항 2

처리실 안에 도입된 퇴적성 가스로부터 플라즈마를 생성하고, 피처리체에 고주파 전력을 공급하면서 상기 피처리체를 상기 플라즈마에 노출함으로써 상기 피처리체를 플라즈마 에칭하는 플라즈마 처리방법에 있어서,

상기 고주파 전력은, 상기 피처리체를 상기 플라즈마에 노출하는 제1 기간과, 상기 제1 기간보다 상기 피처리체에 대한 에칭 레이트가 낮은 제2 기간을 가지는 펄스에 의해 시간 변조되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 플라즈마 처리방법은, 상기 처리실을 플라즈마 클리닝하는 것을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 피처리체의 에칭은, 하이드로플루오로카본 가스를 사용하여, 질소 원자와 실리콘 원자를 함유하는 막인 질화 실리콘막을 가지는 피처리체를, 상기 제1 기간과 상기 제2 기간의 반복 주파수가 1㎐ 이상 2000㎐ 이하인 시간 변조된 고주파 전력을 상기 시료대에 인가하여 에칭하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 플라즈마 처리방법은, 상기 처리실을 플라즈마 클리닝하는 것을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 하이드로플루오로카본은, CH_3F 가스이고,

상기 플라즈마 클리닝은, O_2 가스를 사용하여 상기 처리실을 플라즈마 클리닝하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리방법.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은, 플라즈마 처리장치를 이용한 플라즈마 처리방법에 관한 것으로서, 특히 이물질을 제어하는 플라즈마

처리방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 고미세화, 복잡화한 반도체 디바이스를 제조하기 위해서는, 피에칭 재료인 막을 고선택으로, 또한 수직으로 플라즈마 에칭하는 기술이 필요하게 된다. 그 하나로서, 베이스나 마스크의 재료로서 사용되는 산화 실리콘막(SiO_2)에 대하여 질화 실리콘막(Si_3N_4)을 고선택이고 수직으로 플라즈마 에칭하는 것이 중요 과제로 되어 있다.

[0003] 이 과제를 해결하는 기술로서는, 특허문헌 1에 CH_3F나 CH_2F_2 등 C, H, F로 이루어지며 F 대 H의 비가 2 이하가 되는 가스를 사용하고, 질화 실리콘막을 산화 실리콘막에 대하여 고선택비로 에칭하는 방법이 개시되어 있다. 또, 특허문헌 2에는, 질화 실리콘 에칭 중에 웨이퍼 바이어스 전력값을 상하로 하여 선택성을 높이는 기술이 개시되어 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0004] (특허문헌 0001) 일본 공개특허공보 소60-115232호

(특허문헌 0002) 일본 공개특허공보 평6-267895호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 상기 서술한 종래 기술에서는, 고선택성과 수직성이 높은 형상을 양립하고 있으나, CH_3F 가스나 CH_2F_2 가스의 플라즈마를 사용하기 때문에, 퇴적성이 강한 카본을 포함하는 반응 생성물을 많이 발생시킨다. 이 때문에, 플라즈마 처리실의 내벽에 많은 카본계의 반응 생성물이 퇴적하고, 어느 정도의 매수를 처리하면 퇴적막이 벗겨져서, 그것이 이물질로서 웨이퍼 상에 낙하한다. 이 웨이퍼 상에 낙하한 이물질에 의해, 에칭 가공의 불량이 발생한다.

[0006] 또, 상기의 과제는, CH_3F 가스나 CH_2F_2 가스의 플라즈마를 사용한 에칭에 한정된 것이 아니라, 퇴적성의 가스를 사용한 플라즈마 에칭에서도 공통된 과제이다.

[0007] 이 때문에, 본 발명은, 퇴적성의 가스를 사용한 플라즈마 처리에 있어서, 피처리체의 처리 매수의 증가에 의한 이물질을 억제할 수 있는 플라즈마 처리방법을 제공한다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명은, 처리실 안에 도입된 퇴적성 가스로부터 플라즈마를 생성하고, 당해 처리실 안에 설치된 시료대 상에 재치(載置)되는 피처리체를, 고주파 전력을 인가한 상태에서 상기 플라즈마에 노출함으로써 상기 피처리체의 에칭을 행하는 플라즈마 처리방법에 있어서, 상기 피처리체를 상기 플라즈마에 노출하는 제1 기간과, 상기 피처리체를 상기 플라즈마에 노출하는 당해 제1 기간보다 상기 피처리체에 대한 에칭 레이트가 낮은 제2 기간을 반복함으로써, 상기 처리실 내벽면에 대한 퇴적막이 아몰퍼스가 되는 에칭 조건으로 상기 피처리체를 에칭하는 것을 특징으로 한다.

[0009] 또, 본 발명은, 처리실 안에 도입된 퇴적성 가스로부터 플라즈마를 생성하고, 당해 처리실 안에 설치된 시료대 상에 재치되는 피처리체를, 고주파 전력을 인가한 상태에서 상기 플라즈마에 노출함으로써 상기 피처리체의 에칭을 행하는 사이에 상기 처리실 내벽면에 대한 퇴적을 억제하는 플라즈마 처리방법에 있어서, 상기 고주파 전력을 시간 변조하여 간헐적으로 상기 피처리체에 인가하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0010] 본 발명의 플라즈마 처리방법에 의해, 퇴적성의 가스를 사용한 플라즈마 처리에 있어서, 피처리체의 처리 매수의 증가에 의한 이물질을 억제할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0011] 도 1은 본 발명을 실시하는 플라즈마 에칭장치의 개략 단면도이다.

도 2는 본 발명의 플라즈마 처리를 나타내는 플로우도이다.

도 3은 플라즈마 처리방법의 차이에 의한 반응 생성물의 퇴적 상태를 나타내는 도면이다.

도 4는 실시예에서 사용된 웨이퍼의 막 구조를 나타내는 도면이다.

도 5는 질화 실리콘막의 에칭 속도의 처리 매수 의존성을 나타내는 도면이다.

도 6은 임의의 제1 기간의 고주파 바이어스 전력에 대한 처리 매수의 증가에 의한 이물질의 억제가 가능한 듀티비의 범위를 도시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0012] 가장 먼저 본 발명의 플라즈마 처리방법을 실시하기 위한 플라즈마 에칭장치의 일례에 대하여 설명한다. 도 1은, 본 실시예에서 사용한 플라즈마 에칭장치의 개략 단면도이다, 본 실시예의 플라즈마 에칭장치는, 피처리체인 웨이퍼(10)를 재치하는 시료대(1)와, 시료대(1)를 내부에 설치한 처리실(2)과, 처리실(2)을 지지하는 가대(架臺)(3)와, 시료대(1)에 대향하고, 마이크로파를 발진하는 마그네트론(6)과, 마그네트론(6)으로부터 발진된 마이크로파를 처리실(2)에 전파시키는 도파관(5)과, 도파관(5)을 전파한 마이크로파를 투과시키는 유전체의 천정판(4)과, 처리실(2)의 외측에 설치하고, 정자장을 발생시키는 솔레노이드 코일(7)과, 시료대(1)에 고주파 전력을 인가하는 고주파 전원(9)과, 처리실(2) 안을 소정의 압력으로 제어하는 배기 수단(도시 생략)을 구비한 마이크로파를 사용한 ECR(Electron Cyclotron Resonance) 플라즈마 에칭장치이다.

[0013] 고주파 전원(9)은, 연속적인 고주파 전력 또는, 시간 변조된 간헐적인 고주파 전력 중 어느 것을 시료대(1)에 인가할 수 있다. 또, 직류 전원(8)으로부터 직류 전압을 시료대(1)에 인가함으로써, 시료대(1)의 재치 면에 웨이퍼(10)를 정전 흡착에 의해 흡착시킨다.

[0014] 다음으로, 본 플라즈마 에칭장치를 사용한 웨이퍼(10)의 플라즈마 처리에 대하여 설명한다. 반송 수단(도시 생략)에 의해 반입구(11)를 경유하여 웨이퍼(10)를 시료대(1)에 재치한다. 마그네트론(6)으로부터 발진된 마이크로파를 도파관(5) 및 천정판(4)을 경유하여 처리실(2) 안에 공급한다. 가스 공급 수단(도시 생략)에 의해 처리실(2) 안에 공급된 가스를 배기구(12)를 경유하여 배기 수단(도시 생략)에 의해 배기하면서, 처리실(2) 안의 압력을 소정의 압력으로 제어하고, 처리실 안에 공급된 마이크로파와 솔레노이드 코일(7)에 의해 발생한 정자장의 상호 작용에 의해, 처리실(2) 안에 고밀도의 플라즈마(13)를 발생시킨다. 이 플라즈마(13)를 사용하여 시료대(1)에 재치된 웨이퍼(10)를 플라즈마 처리한다. 또, 고주파 전원(9)으로부터 고주파 전력을 시료대(1)에 인가하고 플라즈마(13) 중의 이온을 웨이퍼(10)로 도입하여, 이온 어시스트 에칭을 행한다. 다음으로 플라즈마 처리된 웨이퍼(10)는, 반송 수단(도시 생략)에 의해 반입구(11)를 경유하여 처리실(2)로부터 반출된다.

[0015] 다음으로 상기 서술한 플라즈마 에칭장치를 사용한 본 발명의 플라즈마 처리방법에 대하여 설명한다. 도 2에 나타내는 바와 같이 가장 먼저 단계 1로서, 퇴적성 가스를 사용하여 제1 기간과 제2 기간을 반복하면서 웨이퍼(10)를 플라즈마 처리한다. 여기서, 제2 기간이란, 제1 기간에서 생성된 반응 생성물의 조성과는 다른 반응 생성물을 생성하는 기간이다. 또, 제1 기간과 제2 기간은, 제1 기간에 생성된 반응 생성물이 처리실(2)의 내벽에 퇴적하는 두께와 제2 기간에 생성된 반응 생성물이 처리실(2)의 내벽에 퇴적하는 두께가 각각 1㎚ 이하가 되는 주파수에서 반복한다.

[0016] 다음으로 단계 2로서, 처리실(2) 안의 플라즈마 클리닝을 행한다. 이 플라즈마 클리닝은, 시료대(1)에 웨이퍼(10)가 재치된 상태와 재치되지 않은 상태의 어느 쪽에서 행해도 된다. 또, 웨이퍼(10)가 시료대(1)에 재치된 상태에서 플라즈마 클리닝을 실시하는 경우에는, 단계 1과 단계 2의 웨이퍼(10)는 동일해도 되고 달라도 된다.

[0017] 이상, 본 발명은, 단계 1과 단계 2를 행하는 플라즈마 처리방법으로서, 단계 1과 단계 2를 행함으로써, 피처리체인 웨이퍼(10)의 처리 매수의 증가에 수반하여 발생하는 이물질을 억제할 수 있다. 이 효과는, 이하의 작용에 의한다고 생각된다.

[0018] 도 3은, 이물질의 발생과 억제를 설명하는 도면이다. 도 3에 나타나 있는 검은색 동그라미는 제1 기간에 생성되는 반응 생성물(14)을 나타내고, 흰색 동그라미(15)는 제2 기간에 생성되는 반응 생성물(15)을 나타낸다.

[0019] 도 3(a)는, 제1 기간과 제2 기간은, 제1 기간에 생성된 반응 생성물이 처리실(2)의 내벽에 퇴적하는 두께와 제2 기간에 생성된 반응 생성물이 처리실(2)의 내벽에 퇴적하는 두께 중 어느 것이 1㎚보다 두꺼워지는 주파수에서 반복된 경우에 처리실(2)의 내벽에 퇴적하는 반응 생성물의 단면 모식도이다. 이 경우, 제1 기간 및 제2 기간에서는, 반응 생성물이 충분히 처리실(2)의 내벽에 퇴적하는 시간이 있기 때문에, 퇴적층을 형성할 수 있고, 퇴적막은 적층형의 구조가 된다. 적층형의 퇴적막은, 검은색 동그라미 층 또는 흰색 동그라미 층의 동일층 내의 분자간의 결합 에너지가 이온의 플라즈마 포텐셜보다 강하고, 라디칼에 대하여 내성을 가지기 때문에, 휘발하기 어려우며, 처리실(2)의 내벽에 입사하는 이온이나 라디칼에 의해 퇴적막이 제거되는 레이트보다, 반응 생성물의 처리실(2)의 내벽에 대한 퇴적 레이트 쪽이 빠르기 때문에, 반응 생성물에 의한 퇴적막의 두께는 증가한다. 그리고, 검은색 동그라미 층과 흰색 동그라미 층의 층간 결합은 약하고, 벗겨지기 쉬운 성질도 가지고 있기 때문에, 예를 들어, 층 단면이 드러난 부분이 있으면, 그곳으로부터 벗겨지기 시작하여, 웨이퍼(10) 상에 낙하하여 이물질이 된다.

[0020] 도 3(b)는, 제1 기간과 제2 기간은, 제1 기간에 생성된 반응 생성물이 처리실(2)의 내벽에 퇴적하는 두께와 제2 기간에 생성된 반응 생성물이 처리실(2)의 내벽에 퇴적하는 두께가 각각 1㎚ 이하가 되는 주파수에서 반복된 경우에 처리실(2)의 내벽에 퇴적하는 반응 생성물의 단면 모식도이다. 이 경우, 제1 기간과 제2 기간의 각각의 기간에 있어서 반응 생성물은 충분히 처리실(2)의 내벽에 퇴적할 시간이 없기 때문에, 검은색 동그라미 층 혹은 흰색 동그라미 층을 형성할 수 없어, 퇴적막은 검은색 동그라미와 흰색 동그라미의 아몰퍼스형 구조가 된다. 아몰퍼스형의 퇴적막은, 분자간의 결합 에너지가 이온의 플라즈마 포텐셜에 대하여 동등 혹은 동등 이하이고 또한, 라디칼에 대한 내성도 약해지기 때문에, 휘발하기 쉬워지며, 처리실(2)의 내벽에 반응 생성물이 퇴적하는 퇴적 레이트보다, 처리실(2)의 내벽에 입사하는 이온이나 라디칼에 의해 퇴적막이 제거되는 레이트 쪽이 빠르기 때문에, 반응 생성물의 퇴적막의 두께는 얇은 그대로이거나, 거의 0에 가까워진다. 이 때문에, 이물질로서 벗겨져 떨어지는 양은 얼마 되지 않아, 이물질은 억제된다.

[0021] 또, 도 3(a)에 나타내는 바와 같은 퇴적막이 처리실(2)에 퇴적되어 있는 경우에는, 플라즈마 클리닝을 실시해도 충분히 퇴적막을 제거하는 것은 곤란하지만, 도 3(b)에 나타내는 바와 같은 퇴적막이 처리실(2)에 퇴적되어 있는 경우에는, 플라즈마 클리닝을 실시함으로써, 완전히 퇴적막을 제거할 수 있다.

[0022] 또, 상기 서술한 바와 같이, 본 발명은 단계 1과 단계 2의 조합인 것을 설명하였으나, 본 발명의 플라즈마 처리에서 사용하는 퇴적성 가스의 종류 또는, 가스 유량에 따라서는, 적어도 단계 1을 행함으로써도, 피처리체인 웨이퍼(10)의 처리 매수의 증가에 수반하여 발생하는 이물질을 억제할 수 있다. 즉, 바꿔 말하면, 본 발명은, 피처리체를 플라즈마에 노출하는 제1 기간과, 상기 피처리체를 플라즈마에 노출하는 당해 제1 기간보다 상기 피처리체에 대한 에칭 레이트가 낮은 제2 기간을 반복함으로써, 처리실 내벽면에 대한 퇴적막이 아몰퍼스가 되는 에칭 조건으로 상기 피처리체를 에칭하는 것을 특징으로 한다.

[0023] 또한, 본 발명은, 처리실 안에 도입된 퇴적성 가스로부터 플라즈마를 생성하고, 당해 처리실 안에 설치된 시료대 상에 재치되는 피처리체를, 고주파 전력을 인가한 상태에서 상기 플라즈마에 노출함으로써 상기 피처리체의 에칭을 행하는 사이에 상기 처리실 내벽면에 대한 퇴적을 억제하는 플라즈마 처리방법에 있어서, 상기 고주파 전력을 시간 변조하여 간헐적으로 상기 피처리체에 인가하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리방법이라고도 말할 수 있다.

[0024] 따라서, 본 발명은, 상기 서술한 제1 기간과 제2 기간을 반복하는 에칭을 행하기 때문에, 처리실 내벽면에 대한 퇴적을 억제할 수 있다. 이 때문에, 피처리체의 처리 매수의 증가에 의한 이물질을 억제할 수 있다. 이하, 본 발명의 각 실시예에 대하여 설명한다.

[0025] [실시예 1]

[0026] 가장 먼저 본 실시예에서 처리하는 피처리체인 웨이퍼(10)의 구조에 대하여 설명한다.

[0027] 도 4에 나타내는 바와 같이, 실리콘 기판(16) 상에 산화 실리콘막(17)이 있고, 산화 실리콘막(17) 상에 질화 실리콘막(18)이 있다. 또, 질화 실리콘막(18) 상에 산화 실리콘재의 마스크(19)가 패터닝되어 있다. 또한, 본 실시예에서는 산화 실리콘막(17)에 대하여, 선택적으로 질화 실리콘막(18)을 에칭하는 공정이면 되고, 구조나 공정을 한정하지 않는다. 예를 들면, 마스크 패턴으로서 산화 실리콘막이 있어서, 베이스막을 고려하지 않고 질화 실리콘막을 에칭하는 메인 에칭 공정이나, 산화 실리콘막을 베이스막으로서 잔류 질화 실리콘막을 제거하는 공정이어도 된다. 또, 피에칭막으로서는, 본 실시예에서는, 질화 실리콘막(18)으로 하고 있으나, 실리콘 원자와 질소 원자를 함유하는 막이어도 된다.

[0028] 상기 서술한 구조의 웨이퍼(10)를 상기 서술한 마이크로파 ECR 플라즈마 에칭장치를 사용하여 표 1에 나타내는 바와 같은 CH_3F 가스와 O_2 가스의 혼합 가스의 플라즈마로 처리를 행하였다. 또한, 표 1의 듀티비란, 고주파 바이어스의 1주기(제1 기간과 제2 기간의 합)에 대한 제1 기간의 비이다.

표 1

플라즈마 처리조건

CH_3F 가스	50ml/min
O_2 가스	30ml/min
처리압력	0.5Pa
마이크로파 전력	1000W
제 1 기간의 고주파 바이어스 전력	400W
제 2 기간의 고주파 바이어스 전력	0W
제 1 기간과 제 2 기간의 반복 주파수	10Hz
듀티비	10%
처리시간	200sec

[0029]

[0030] 표 1에 나타내는 조건으로 웨이퍼(10)를 25매 처리해도, 수직 형상의 에칭을 행할 수 있음과 함께, 이물질도 억제할 수 있었다.

[0031] 본 실시예에서는, 「제1 기간에 생성되는 반응 생성물과 제2 기간에 생성되는 반응 생성물은 다르고, 제1 기간에 생성된 반응 생성물이 처리실(2)의 내벽에 퇴적하는 두께와 제2 기간에 생성된 반응 생성물이 처리실(2)의 내벽에 퇴적하는 두께가 각각 1㎚ 이하가 되는 주파수에서 제1 기간과 제2 기간을 반복한다」는 본 발명의 단계 1을 반복 주파수가 10㎐의 시간 변조된 간헐적인 고주파 바이어스를 웨이퍼(10)에 인가함으로써 실시하고 있다. 여기서, 반복 주파수란, 제1 기간과 제2 기간을 반복하는 주기의 역수(逆數)이다.

[0032] 또, 제1 기간과 제2 기간의 반복 주파수는, 본 실시예에서는, 10㎐가 최적값이었으나, 표 2에 나타내는 바와 같이 10㎐ 이상의 주파수이면 된다. 또한, 표 2는, 표 1의 조건에서, 듀티비를 50%로 고정하였을 때의 반복 주파수에 대한 이물질의 허용 범위와 제1 기간의 고주파 바이어스 파워에 대한 이물질의 허용 범위를 나타내는 데이터이다.

[0033] 또, 표 2에 있어서의 「○」는 수직 형상의 에칭이 가능하고 또한 이물질 수가 허용 범위임을 나타내고, 「×」는 이물질 허용 불가를 나타내며, 「-」는 에칭 불가를 나타낸다.

표 2

이물질의 허용여부에 대한 반복 주파수 의존성

제 1 기간의 고주파 바이어스 전력 (시간 평균 전력)	제 1 기간과 제 2 기간의 반복 주파수				
	0.1Hz	1Hz	10Hz	100Hz	2000Hz
10W(5W)	–	–	–	–	–
20W(10W)	–	–	–	–	–
40W(20W)	–	–	–	–	–
70W(35W)	×	○	○	○	○
100W(50W)	×	○	○	○	○
200W(100W)	×	×	○	○	○
400W(200W)	×	×	×	○	○

[0034]

[0035] 표 2에 나타내는 바와 같이 고주파 바이어스의 제1 기간과 제2 기간의 반복 주파수를 1Hz 이상 2000Hz 이하로 하면 「○」의 영역이 존재하고, 반복 주파수의 증가에 수반하여, 「○」의 영역이 증가한다. 이것은, 퇴적성 가스로서 CH_3F 가스를 사용하고 있기 때문에, 제1 기간에 생성된 반응 생성물과 제2 기간에 생성된 반응 생성물이 각각 처리실(2)의 내벽에 퇴적하는 막 두께가 반복 주파수가 1Hz 이상 2000Hz 이하인 때에 1nm 이하가 되기 때문이다.

[0036] 또, 수직 가공의 에칭을 행하기 위해서는, 제1 기간의 고주파 바이어스는, 40W보다 크게 할 필요가 있다. 그러나, 이 40W는 듀티비가 50%에서의 값이기 때문에, 다른 듀티비에서의 수직 가공의 에칭을 행하기 위한 제1 기간의 고주파 바이어스 전력을 산출하기 위해서는, 40W를 시간 평균 전력으로 환산할 필요가 있다. 또한, 시간 평균 전력은, 제1 기간의 고주파 바이어스 전력과 듀티비의 곱에 의해 구해진다.

[0037] 따라서, 수직 가공의 에칭을 행하기 위해서는, 고주파 바이어스 전력의 시간 평균을 20W보다 크게 할 필요가 있다. 또, 직경이 300㎜인 웨이퍼(10)를 사용하였기 때문에, 웨이퍼 1㎠당으로 환산하면 고주파 바이어스의 시간 평균 전력은 0.03W 이상이 필요하게 된다.

[0038] 이 이유는, 단계 1에서 사용되는 가스는 반응 생성물의 처리실(2)의 내벽에 대한 퇴적 레이트가 빠르고, 고주파 바이어스의 시간 평균 전력이 20W 이하이면 에칭 레이트보다 퇴적 레이트 쪽이 빠르기 때문에, 에칭이 진행되지 않기 때문이고, 혹은 이온의 에너지가 불충분하고 에칭 형상이 테이퍼 형상이 되기 때문이다. 또, 이 경우, 적층형의 퇴적막은 형성되지 않지만 단일 성분의 반응 생성물이 퇴적하고, 이 단일 성분의 퇴적물도 어느 정도의 두께까지 퇴적하면 웨이퍼(10)에 낙하한다.

[0039] 본 실시예에서는, CH_3F 가스와 O_2 가스로 이루어지는 혼합 가스를 사용하였으나, 이 혼합 가스에 Ar 가스, Xe 가스, Kr 가스, He 가스, N_2 가스 등의 불활성 가스를 첨가하여도 본 실시예와 동일한 효과를 얻을 수 있다. 또, 본 실시예에서는, 퇴적 가스로서 CH_3F 가스를 사용하였으나, CHF_3 가스, CH_2F_2 가스 등의 하이드로플루오로카본 가스를 사용해도 본 실시예와 동일한 효과를 얻을 수 있다. 특히, 플루오로카본 가스 중에서 불소의 수소에 대한 비가 2 이하가 되는 가스를 사용하면, 실리콘(Si) 또는 산화 실리콘막(SiO_2)에 대하여 질화 실리콘막(N과 Si를 함유하는 막)을 고선택적으로 에칭하는 것도 가능하게 된다.

[0040] 또, 실리콘(Si) 또는 산화 실리콘막(SiO_2)에 대하여 질화 실리콘막(질소 원자와 실리콘 원자를 함유하는 막)을 고선택적으로 에칭하기 위해서는, 반드시 하이드로플루오로카본 가스를 사용하는 것이 필수는 아니고, 에칭에서 사용하는 혼합 가스에 포함되는 불소의 총합이 수소의 총합에 대하여 2 이하가 되는 혼합 가스이면 된다. 예를 들면, CF_4 가스와 CHF_3 가스와 CH_4 가스를 포함한 혼합 가스이어도 된다.

[0041] 본 실시예에서는, 제2 기간의 고주파 바이어스 전력을 0W로 하였으나, 고주파 바이어스의 반복 주파수가 작은

경우, 또는 듀티비가 작은 등의 고주파 바이어스의 오프 기간(본 실시예에서는 제2 기간)이 길어지면 고주파 바이어스 전압의 피크값(이하, Vpp라고 칭한다)이 조금씩 변동하기 쉬워진다는 문제가 발생하는 경우가 있다.

[0042] Vpp의 변동의 정도는, 처리 압력이나 플라즈마 밀도 등에도 영향을 주나, 제2 기간의 고주파 바이어스 전력은, 제1 기간의 고주파 바이어스 전력과 다르면 되기 때문에, 완전히 제2 기간의 고주파 전력을 0W로 하지 않고, 직경 300㎜의 웨이퍼의 경우, 질화 실리콘막을 에칭할 수 없는 5W에서 20W 정도로 함으로써, Vpp의 변동을 억제할 수 있다. 또한, 이 5W에서 20W의 범위는 웨이퍼 단위 면적(1㎠)당으로 환산하면, 0.007W에서 0.028W의 범위가 된다.

[0043] 따라서, 제2 기간의 고주파 바이어스 전력을 웨이퍼 단위 면적(1㎠)당 0.007W에서 0.028W로 함으로써, Vpp의 변동을 억제할 수 있기 때문에, 제2 기간이어도 웨이퍼(10) 상의 플라즈마 시스의 상태를 안정시킬 수 있다. 왜냐하면, Vpp의 대부분은 플라즈마 시스와 관련되기 때문이다.

[0044] 본 실시예에서는, 「제1 기간과, 제1 기간에 생성되는 반응 생성물과 다른 반응 생성물을 생성하는 제2 기간을 반복한다」는 본 발명(단계 1)을 전력이 다른 제1 기간과 제2 기간을 반복하는 고주파 바이어스를 적용한 예이었으나, 단계 1은, 제1 기간에 생성되는 반응 생성물과 제2 기간에 생성되는 반응 생성물이 다르면 되기 때문에, 펄스 마이크로파 방전을 사용하거나, 가스를 시간 변조하면서 처리실(2) 안에 공급하여 가스의 조성을 시간적으로 변화시키는 수단을 적용해도 된다.

[0045] 예를 들면, 펄스 마이크로파 방전에 의해, 가스의 조성을 시간적으로 변화시키는 경우에는, 도 1의 마이크로파 ECR 플라즈마 에칭장치가 마그네트론(6)으로부터 발생하는 마이크로파 출력을 임의의 주파수 및 듀티비로 온·오프하는 마이크로파 전원(도시 생략)을 더 구비하는 구성으로 하면 된다.

[0046] 또, 가스를 시간적으로 변조하면서, 처리실(2) 안에 공급하여 가스의 조성을 시간적으로 변화시키는 경우에는, 도 1의 마이크로파 ECR 플라즈마 에칭장치의 가스 공급 수단(도시 생략)은, 임의의 주파수에서 가스를 시간 변조시키면서 처리실 안에 공급하는 제어부를 더 구비하는 구성으로 하면 된다.

[0047] [실시예 2]

[0048] 실시예 1과 같이 단계 1만이어도 웨이퍼(10)의 처리 매수의 증가에 수반하여 발생하는 이물질을 억제할 수 있다. 그러나, 단계 1에 사용하는 가스 종류, 가스 유량비, 제1 기간의 고주파 바이어스 전력 등의 조건에 따라서는, 웨이퍼(10)의 처리 매수의 증가에 수반하여 발생하는 이물질의 억제가 충분하지 않은 경우가 있을 수 있다. 이러한 경우에도 확실하게 웨이퍼(10)의 처리 매수의 증가에 따라 발생하는 이물질을 억제하는 플라즈마 처리방법에 대하여 이하에 설명한다.

[0049] 실시예 1에서 설명한 단계 1에 표 3에 나타내는 플라즈마 클리닝 처리인 단계 2를 도 2와 같이 추가함으로써, 웨이퍼(10)의 처리 매수의 증가에 수반하여 발생하는 이물질을 확실하게 억제할 수 있다.

표 3

플라즈마 클리닝 처리조건

[0050]

O_2 가스	200ml/min
처리압력	1.0Pa
마이크로파 전력	1000W
고주파 바이어스 전력	0W

[0051] 본 실시예에서는, 표 3에 나타내는 바와 같이 플라즈마 클리닝에 O_2 가스를 사용하였으나, 처리실(2) 안에 퇴적되어 있는 퇴적물이 유기계이면, SF_6 가스, NH_3 가스, H_2 가스와 N_2 가스의 혼합 가스를 사용해도 된다. 또, 처리실(2) 안에 퇴적되어 있는 퇴적물이 금속계이면, BCl_3 가스, BCl_3 가스와 Cl_2 가스의 혼합 가스를 O_2 가스 대신 사용해도 된다.

[0052] 또, 단계 2를 실시할 때는, 시료대(1)에 웨이퍼(10)가 재치된 상태 또는, 재치되어 있지 않은 상태의 어느 쪽이

어도 된다. 또, 시료대(1)에 웨이퍼(10)가 재치된 상태이어도, 단계 1에서 처리된 웨이퍼(10)를 단계 2에서 그대로 사용해도 되고, 또는, 단계 1에서 처리된 웨이퍼(10)와 다른 웨이퍼를 단계 2에서 사용해도 된다.

[0053] 또, 본 실시예에서는, 단계 2를 단계 1의 뒤에 추가하고 있으나, 단계 2는 단계 1의 뒤에 매회 실시될 필요는 없고, 처리실(2)의 내벽에 퇴적되어 있는 퇴적물의 양에 따라, 단계 1에서 처리되는 웨이퍼(10)의 임의인 처리 매수마다 단계 2를 실시하면 된다.

[0054] 플라즈마 클리닝의 처리 시간은, 너무 짧으면 처리실(2) 내벽의 퇴적물을 충분히 제거할 수 없고, 반대로 너무 길면, 처리실(2) 안의 특정한 부품(예를 들면, 석영 부품 등)을 변질시켜, 이물질 발생의 원인이 된다. 이 때문에, 플라즈마 클리닝의 처리 시간은, 최적화할 필요가 있다.

[0055] 예를 들면, 발광 검출 수단(도시 생략)에 의해, 플라즈마 클리닝 중의 카본 성분의 파장의 발광 추이를 모니터하여, 카본 성분의 발광 강도가 플라즈마 클리닝 개시부터 5초에서 10초의 범위에 있어서 도달하는 카본 성분의 발광 강도의 최대값의 25%를 하회할 때까지의 시간을 산출하고, 이 산출한 시간의 1배에서 1.5배까지의 시간을 플라즈마 클리닝의 처리 시간의 최적값으로 한다.

[0056] [실시예 3]

[0057] 다음으로 실시예 2에서 설명한 단계 2에 의한 다른 효과에 대하여 설명한다.

[0058] 도 5에 CH_3F 가스를 50ml/min, O_2 가스를 20ml/min, 처리 압력을 1.0Pa, 연속적인 고주파 바이어스를 60W로 한 처리 조건으로 질화 실리콘막의 연속 처리를 행한 경우의 질화 실리콘막의 에칭 속도의 처리 매수 의존성을 나타낸다. 또, 도 5에서는, 질화 실리콘막을 에칭한 후에 O_2 가스를 100ml/min, 처리압을 2.0Pa로 한 플라즈마 처리(단계 2)의 유무에 의한 질화 실리콘막의 에칭 속도의 처리 매수 의존성을 비교하고 있다.

[0059] 단계 2가 없는 경우에는 질화 실리콘막의 에칭 속도가 처리 매수의 증가에 수반하여 서서히 저하되나, 한편, 단계 2가 있는 경우에는, 질화 실리콘막의 에칭 속도의 저하는 거의 볼 수 없다. 이것은 이하의 이유에 의한다고 생각된다.

[0060] CH_3F 가스를 사용한 플라즈마의 경우, 유기계의 반응 생성물이 처리실(2)의 내벽에 퇴적하고, 처리실(2)의 내벽에 퇴적된 퇴적물의 일부가 플라즈마(13)에 의해 재해리된다. 재해리된 퇴적물은, 웨이퍼(10)의 표면에 퇴적하고, 에칭을 저해한다. 이 때문에, 웨이퍼(10)의 처리 매수의 증가에 수반하여 질화 실리콘막의 에칭 속도를 저하시킨다.

[0061] 한편, O_2 가스를 사용한 플라즈마 처리를 추가한 경우에는, 처리실(2)의 내벽에 퇴적된 퇴적물을 제거할 수 있기 때문에, 처리실(2) 내벽의 퇴적물의 재해리에 의한 웨이퍼(10)의 표면에 대한 퇴적을 억제할 수 있다. 이 때문에, 웨이퍼(10)의 처리 매수의 증가에 수반하여 질화 실리콘막의 에칭 속도가 저하되는 것을 억제할 수 있다.

[0062] 에칭 종료의 종점을 반응 생성물의 발광을 모니터하여 결정하고 있는 경우에는 에칭 속도의 다소의 변동은 문제가 아니다. 그러나, 예를 들면, 피에칭 면적이 작아 발광에 의한 에칭 종점을 검출할 수 없기 때문에 시간에 따라 에칭량을 정하고 있는 경우 등에 문제가 발생한다.

[0063] 또, 도 4에 나타내는 바와 같이 마스크 하의 질화 실리콘막을 수직으로 에칭하는 경우에는, 고주파 바이어스를 온·오프하여 제1 기간의 고주파 바이어스 전력을 높게 한 쪽이 수직으로 에칭하기 쉬워지나, 홈이나 구멍에 채워진 질화 실리콘막의 에칭에서는 에칭 형상은 관계없게 되기 때문에, CH_3F 가스를 사용한 에칭에 있어서 특히 고주파 바이어스를 온·오프 변조할 필요는 없어진다.

[0064] 이러한 경우에도, O_2 가스를 사용한 플라즈마에 의한 단계 2를 추가하여 처리실(2)의 내벽에 퇴적된 퇴적물을 제거하는 것은, 처리 매수 증가에 수반하는 질화 실리콘막의 에칭 속도 저하의 억제에 유효하다.

[0065] 또, 도 1에 나타내는 마이크로파 ECR 플라즈마 에칭장치에 있어서 천정판(4)의 재료를 석영과 알루미나에서 질화 실리콘막의 에칭 속도의 저하를 비교하면, 석영 쪽이 작아졌다. 이것은 석영이 CH_3F 가스의 불소로 에칭되기 때문에, 퇴적물의 퇴적이 곤란해짐과 함께 클리닝도 용이해지기 때문이라고 추정할 수 있다.

[0066] 또, 처리실(2) 안에서 플라즈마(13)에 노출되는 부분의 재질을 바꾸어 실험을 행한 결과, 플라즈마(13)에 노출되는 면적의 30% 이상을 석영의 재료로 하면 질화 실리콘막의 에칭 속도의 저하를 억제하는 효과를 볼 수 있었다. 또한, 플라즈마(13)에 노출되는 면적이란, 도 1에 나타내는 마이크로파 ECR 플라즈마 에칭장치에 있어서,

웨이퍼(10)가 재치되는 시료대(1)보다 상방의 공간의 면적을 가리킨다.

[0067] [실시예 4]

[0068] 실시예 1에서는, 「전력이 다른 제1 기간과 제2 기간을 10㎐ 이상의 주파수에서 반복하는 고주파 바이어스를 시료대(1)에 인가한다」는 실시예를 설명하였으나, 전력이 다른 제1 기간과 제2 기간의 반복 주파수가 10㎐ 미만이어도, 전력이 다른 제1 기간과 제2 기간의 반복 주기에 대한 제1 기간의 비인 듀티비를 적정화하면, 처리 매수 증가에 수반하는 이물질을 억제할 수 있다.

[0069] 이번에, 우리 발명자들은, 상기 적정화된 듀티비를 수식으로부터 산출하기 위하여, 본 발명인 「아몰퍼스형 퇴적막을 형성한다」의 수식화를 시험하여, 수식화가 가능함을 밝혀냈다. 이 때문에, 본 실시예에서는, 본 발명의 수식화의 결과에 대하여 설명한다.

[0070] 아몰퍼스형 퇴적막을 형성하기 위해서는, 이하에 나타내는 (1)식 및 (2)식을 충족시키는 것이다. 바꿔 말하면, (1)식 및 (2)식을 충족시키는 듀티비를 산출함으로써, 처리 매수 증가에 수반하는 이물질을 억제할 수 있는 듀티비를 추정할 수 있다.

수학식 1

[0071]
$$\frac{Rf_c - Rf_2}{Rf_1 - Rf_2} \leq \text{듀티비} \leq \frac{9 \times Rate_2}{9 \times Rate_2 + Rate_1} \quad \cdots (1)\text{식}$$

수학식 2

[0072]
$$\frac{Rf_c - Rf_2}{Rf_1 - Rf_2} \leq \text{듀티비} \leq \frac{freq}{Rate_1} \quad \cdots (2)\text{식}$$

[0073] 여기서, $Rate_1$은, 제1 기간의 처리실(2)의 내벽에 대한 퇴적 레이트[㎚/sec], $Rate_2$는, 제2 기간의 처리실(2)의 내벽에 대한 퇴적 레이트[㎚/sec], Rf_1은, 제1 기간의 고주파 바이어스의 전력[W], Rf_2는, 제2 기간의 고주파 바이어스의 전력[W], Rf_c는, 웨이퍼(10)의 에칭이 진행되지 않는 연속적인 고주파 바이어스의 전력[W], freq는, 제1 기간과 제2 기간의 반복 주파수[㎐]라고 한다.

[0074] 단계 1의 플라즈마 처리조건마다 Rf_c와 $Rate_1$과 $Rate_2$를 각각 측정하고, 측정된 Rf_c와 $Rate_1$과 $Rate_2$를 (1)식, (2)식에 대입함으로써, 임의의 Rf_1, Rf_2, freq에서의 적정한 듀티비를 산출할 수 있다.

[0075] 다음으로, 표 1에 나타내는 조건에 있어서의 Rf_c, $Rate_1$, $Rate_2$의 각각의 측정 방법에 대하여 설명한다.

[0076] Rf_c는, 질소 원자와 실리콘 원자를 함유하는 막을 가지는 웨이퍼(이하, 더미 웨이퍼라고 칭한다)를 사용하여, 더미 웨이퍼 표면상에 반응 생성물이 퇴적되지 않고, 또한, 더미 웨이퍼 표면상의 에칭이 진행되지 않는 연속적인 고주파 바이어스 전력을 찾아냄으로써, 구한다.

[0077] 다음으로, $Rate_1$ 및 $Rate_2$의 측정 방법에 대하여 설명한다.

[0078] 먼저, 더미 웨이퍼를 2매 준비하고, 1매째의 더미 웨이퍼를 고주파 바이어스 전력을 임의의 Rf_1로 한 처리 조건을 이용하여 더미 웨이퍼를 소정의 시간으로 에칭한다. 여기서, 소정의 시간이란, 더미 웨이퍼 표면의 피에칭막이 어느 정도 남는 정도의 에칭 처리 시간이다.

[0079] 다음으로, 에칭된 1매째의 더미 웨이퍼를 시료대(1)에 재치한 상태에서, 표 4에 나타내는 조건으로 플라즈마 클리닝을 행하고, 이 플라즈마 클리닝 중에 처리실(2)의 내벽에 퇴적된 퇴적물을 제거하는 시간을 플라즈마 클리닝의 발광 데이터의 추이를 기초로 산출한다. 이 산출된 처리실(2)의 내벽에 퇴적된 퇴적물을 제거하는 시간을

제1 플라즈마 클리닝 시간이라고 한다.

표 4

플라즈마 클리닝 조건

O_2 가스	30ml/min
SF_6 가스	200ml/min
처리압력	1.0Pa
마이크로파 전력	1000W
고주파 바이어스 전력	0W

[0080]

[0081] 다음으로, 2매째의 더미 웨이퍼를 고주파 바이어스 전력을 0W로 한 처리 조건을 이용하여, 1매째의 더미 웨이퍼와 동일한 시간으로 에칭한다.

[0082] 다음으로, 에칭된 2매째의 더미 웨이퍼를 시료대(1)에 재치한 상태에서, 표 4에 나타내는 조건으로 플라즈마 클리닝을 행하고, 이 플라즈마 클리닝 중에 처리실(2)의 내벽에 퇴적된 퇴적물을 제거하는 시간을 플라즈마 클리닝의 발광 데이터의 추이를 기초로 산출한다. 이 산출된 처리실(2)의 내벽에 퇴적된 퇴적물을 제거하는 시간을 제2 플라즈마 클리닝 시간이라고 한다.

[0083] 2매째의 더미 웨이퍼의 에칭에 있어서, 처리실(2)의 내벽에 퇴적된 퇴적막의 두께는, 2매째의 더미 웨이퍼 표면에 퇴적된 퇴적막과 동일한 두께로 하여, 2매째의 더미 웨이퍼 표면에 퇴적된 퇴적막의 막 두께를 광학식 막 두께 측정기로 측정하고, 측정된 퇴적막의 막 두께를 2매째의 더미 웨이퍼의 에칭 시간으로 나눈 값이 $Rate_2$가 된다.

[0084] 다음으로, 1매째의 더미 웨이퍼의 에칭 후의 플라즈마 클리닝과 2매째의 더미 웨이퍼의 에칭 후의 플라즈마 클리닝은 동일 조건이기 때문에, 1매째의 더미 웨이퍼를 에칭했을 때의 처리실(2)의 내벽에 퇴적된 퇴적막의 두께와 1매째의 더미 웨이퍼를 에칭했을 때의 처리실(2)의 내벽에 퇴적된 퇴적막의 두께의 비는, 제1 플라즈마 클리닝 시간과 제2 플라즈마 클리닝 시간의 비와 동일하기 때문에, 이하에 나타내는 (3)식으로부터, $Rate_1$을 구할 수 있다.

수학식 3

$$Rate_1 = Rate_2 \times \frac{\text{1매째의 클리닝 시간}}{\text{2매째의 클리닝 시간}} \qquad \cdots(3)\text{식}$$

[0085]

[0086] 상기 서술한 측정 방법에 의해 구해진 표 1에 나타내는 조건에 있어서, 제1 기간의 고주파 바이어스 전력을 임의의 Rf_1로 하였을 때의 Rf_c, $Rate_1$, $Rate_2$의 각각의 측정 결과를 표 5에 나타낸다.

표 5

표 1 조건에 있어서의 Rf_c, $Rate_1$, $Rate_2$의 측정결과

Rf_c	20W
$Rate_1$	$0.32+1.26\times10^{-2}\times Rf_1-8.5\times10^{-6}\times Rf_1{}^2$nm/sec
$Rate_2$	0.32nm/sec

[0087]

[0088] 표 5에 나타내는 Rf_c, $Rate_1$, $Rate_2$의 각각의 측정 결과를 (1)식, (2)식에 대입함으로써, 이하의 (4)식, (5)식을 얻을 수 있다.

수학식 4

[0089]
$$\frac{20}{Rf_1} \leq \text{듀티비} \leq \frac{2.88}{3.2+1.26\times10^{-2}\times Rf_1-8.5\times10^{-6}\times Rf_1^{\,2}} \quad \cdots(4)\text{식}$$

수학식 5

[0090]
$$\frac{20}{Rf_1} \leq \text{듀티비} \leq \frac{freq}{0.32+1.26\times10^{-2}\times Rf_1-8.5\times10^{-6}\times Rf_1^{\,2}} \quad \cdots(5)\text{식}$$

[0091] 표 1 조건으로 제1 기간과 제2 기간의 반복 주파수를 각각 1Hz, 10Hz, 100Hz로 한 경우 이물질 허용에 대한 듀티비 의존성 데이터의 실험값과, (4)식 및 (5)식을 만족하는 듀티비의 계산값의 비교 결과를 표 6 내지 표 8에 나타낸다. 또, 표 6 내지 표 8에 있어서의 「○」는 수직 형상의 에칭이 가능하고 또한 이물질 수가 허용 범위임을 나타내고, 「×」는 이물질 허용 불가를 나타내며, 「-」는 에칭 불가를 나타낸다.

표 6

반복 주파수 1Hz의 경우의 실험값과 계산값의 비교 결과

[0092]

제 1 기간의 고주파 바이어스 전력	듀티비							
	5%		10%		25%		50%	
	실험값	계산값	실험값	계산값	실험값	계산값	실험값	계산값
10W	-	-	-	-	-	-	-	-
20W	-	-	-	-	-	-	-	-
40W	-	-	-	-	-	-	-	-
70W	-	-	-	-	-	-	○	○
100W	-	-	-	-	○	○	○	○
200W	-	-	-	-	○	○	×	×
400W	-	-	○	○	×	×	×	×

표 7

반복 주파수 10Hz의 경우의 실험값과 계산값의 비교 결과

제 1 기간의 고주파 바이어스 전력	듀티비							
	5%		10%		25%		50%	
	실험값	계산값	실험값	계산값	실험값	계산값	실험값	계산값
10W	–	–	–	–	–	–	–	–
20W	–	–	–	–	–	–	–	–
40W	–	–	–	–	–	–	–	–
70W	–	–	–	–	–	–	○	○
100W	–	–	–	–	○	○	○	○
200W	–	–	–	–	○	○	○	○
400W	–	–	○	○	○	○	×	×

[0093]

표 8

반복 주파수 100Hz의 경우의 실험값과 계산값의 비교 결과

제 1 기간의 고주파 바이어스 전력	듀티비							
	5%		10%		25%		50%	
	실험값	계산값	실험값	계산값	실험값	계산값	실험값	계산값
10W	–	–	–	–	–	–	–	–
20W	–	–	–	–	–	–	–	–
40W	–	–	–	–	–	–	–	–
70W	–	–	–	–	–	–	○	○
100W	–	–	–	–	○	○	○	○
200W	–	–	–	–	○	○	○	○
400W	–	–	○	○	○	○	○	×

[0094]

[0095] 표 6 내지 표 8에 나타내는 바와 같이, (4)식 및 (5)식으로부터 산출된 계산값과 실험값이, 제1 기간과 제2 기간의 반복 주파수 100Hz, 제1 기간의 고주파 바이어스 전력 400W, 듀티비 50%의 데이터 이외에는 일치하고 있다. 이 때문에, 임의의 제1 기간의 고주파 바이어스 전력(Rf_1), 임의의 제2 기간의 고주파 바이어스 전력(Rf_2), 제1 기간과 제2 기간의 임의인 반복 주파수(freq)에 있어서의 처리 매수의 증가에 의한 이물질의 억제가 가능한 듀티비를 (1)식 및 (2)식으로부터 산출하여, 추정할 수 있다. 또, 도 6에 나타내는 바와 같이, 예를 들면, 제1 기간과 제2 기간의 반복 주파수 10Hz의 경우의, 임의의 제1 기간의 고주파 바이어스 전력에 대한 처리 매수의 증가에 의한 이물질의 억제가 가능한 듀티비의 범위를 도시할 수 있다.

[0096] 이상, 본 실시예의 발명은, 임의의 제1 기간의 고주파 바이어스 전력(Rf_1), 임의의 제2 기간의 고주파 바이어스 전력(Rf_2), 제1 기간과 제2 기간의 임의의 반복 주파수(freq)에 있어서의 처리 매수의 증가에 의한 이물질의 억제가 가능한 듀티비를 산출할 수 있는 수식을 도출한 것이다. 이 때문에, (1)식 및 (2)식의 양쪽 식을 충족시키는 듀티비를 산출함으로써, 임의의 제1 기간의 고주파 바이어스 전력(Rf_1), 임의의 제2 기간의 고주파 바이어스 전력(Rf_2), 제1 기간과 제2 기간의 임의의 반복 주파수(freq)에 있어서의 처리 매수의 증가에 의한 이물질의 억제가 가능한 듀티비를 추정할 수 있다.

[0097] 이상, 실시예 1 내지 실시예 4에 있어서, 하이드로플루오로카본 가스를 사용한 질화 실리콘막(N과 Si를 함유하는 막)의 에칭 예를 설명하였으나, 본 발명은, 플루오로카본 가스를 사용한 산화 실리콘막(SiO_2)의 에칭에도 적용할 수 있다.

[0098] 또, 실시예 1 내지 실시예 3에 있어서 설명한 본 발명은, 마이크로파 ECR 플라즈마 에칭장치에 대한 적용에 한정되지 않고, 용량 결합 방식 혹은 유도 결합 방식의 프라즈마원을 구비한 플라즈마 에칭장치에도 적용할 수 있다.

부호의 설명

[0099] 1 : 시료대 2 : 처리실

3 : 가대 4 : 천정판

5 : 도파관 6 : 마그네트론

7 : 솔레노이드 코일 8 : 직류 전원

9 : 고주파 전원 10 : 웨이퍼

11 : 반입구 12 : 배기구

13 : 플라즈마

14 : 제1 기간에서 생성되는 반응 생성물

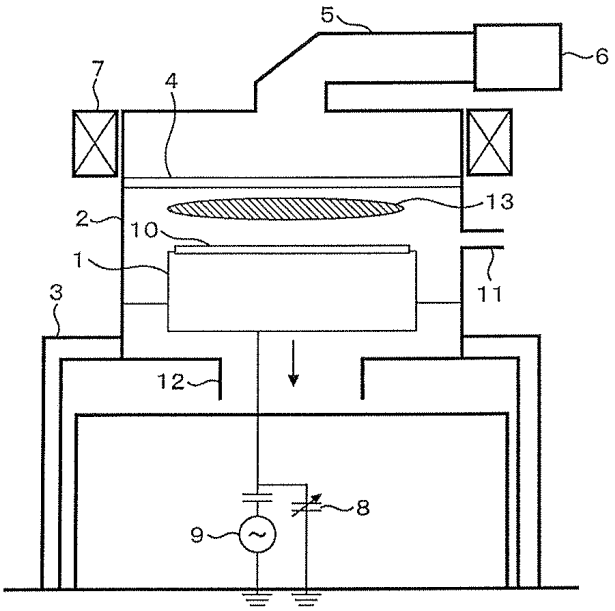
15 : 제2 기간에서 생성되는 반응 생성물

16 : 실리콘 기판 17 : 산화 실리콘막

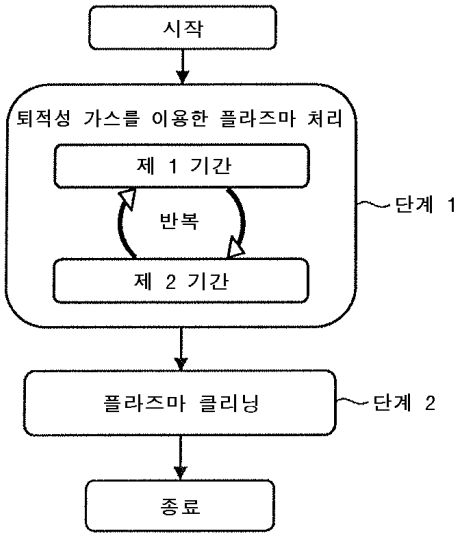
18 : 질화 실리콘막 19 : 마스크

도면

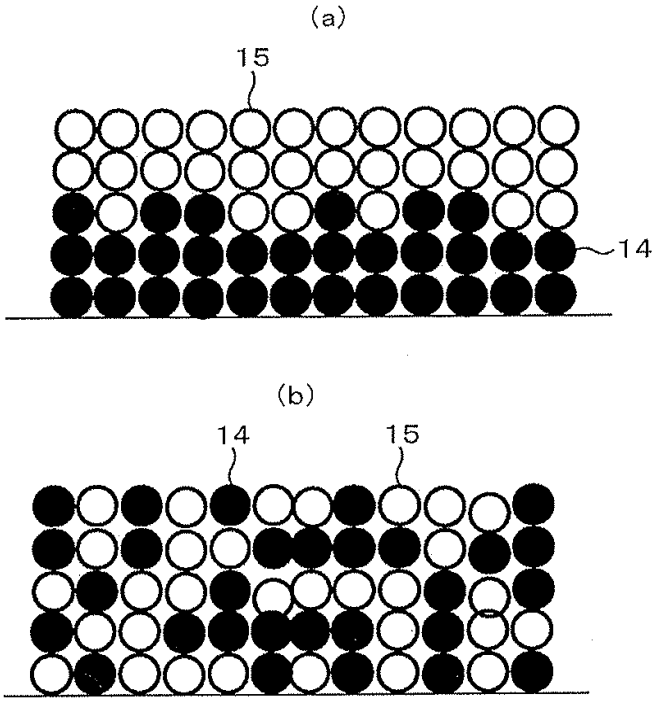
도면1



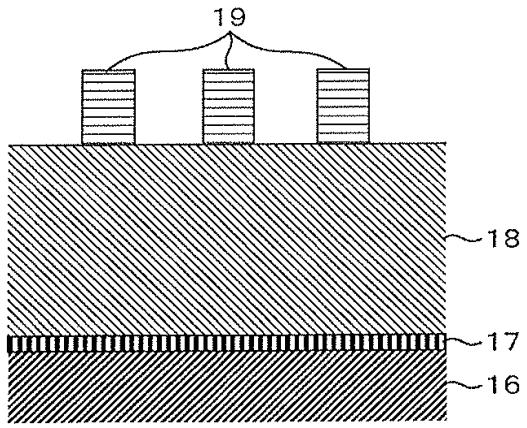
도면2


시작
퇴적성 가스를 이용한 플라즈마 처리
제 1 기간
반복
제 2 기간
단계 1
플라즈마 클리닝
단계 2
종료

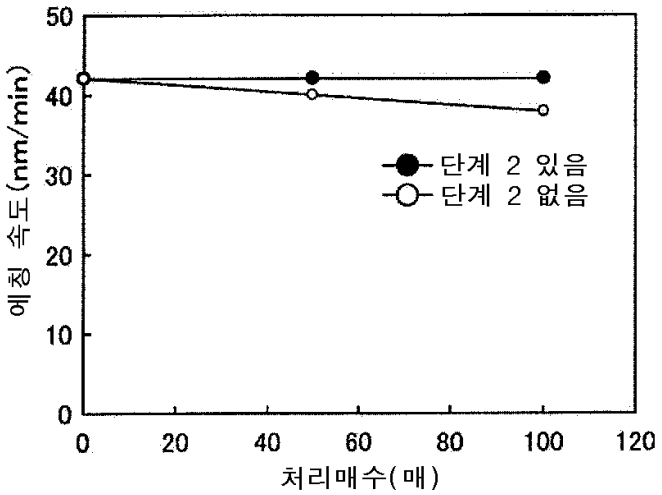
도면3


(a)
15
14
(b)
14
15

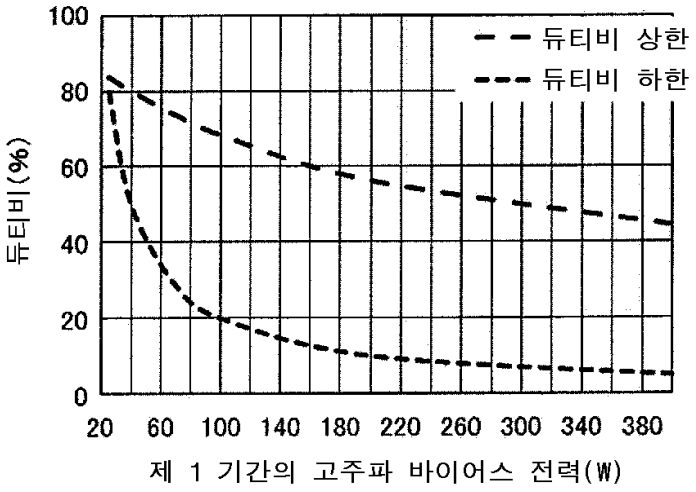
도면4


19
18
17
16

도면5


50
40
30
20
10
0
에칭 속도(nm/min)
단계 2 있음
단계 2 없음
0
20
40
60
80
100
120
처리매수(매)

도면6


100
80
60
40
20
0
듀티비(%)
듀티비 상한
듀티비 하한
20
60
100
140
180
220
260
300
340
380
제 1 기간의 고주파 바이어스 전력(W)