



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2012년07월20일
(11) 등록번호 10-1167624
(24) 등록일자 2012년07월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/3065 (2006.01) H01L 21/8242 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2009-0069388
(22) 출원일자 2009년07월29일
심사청구일자 2009년07월29일
(65) 공개번호 10-2010-0126149
(43) 공개일자 2010년12월01일
(30) 우선권주장
JP-P-2009-124508 2009년05월22일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
JP2007158306 A*
W02008038751 A1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
가부시키가이샤 히다치 하이테크놀로지즈
일본국 도쿄도 미나토구 니시신바시 1초메 24-14
(72) 발명자
미야케 마사토시
일본국 도쿄도 치요다쿠 마루노우치 1초메 6반 1고, 가부시키가이샤 히다치 세이사쿠쇼 지적재산권본부 내
네기시 노부유키
일본국 도쿄도 치요다쿠 마루노우치 1초메 6반 1고, 가부시키가이샤 히다치 세이사쿠쇼 지적재산권본부 내
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인화우

전체 청구항 수 : 총 6 항

심사관 : 박귀만

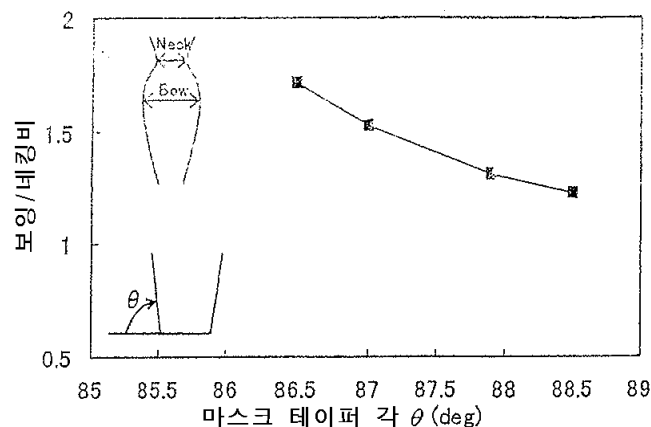
(54) 발명의 명칭 **피에칭재의 플라즈마 에칭방법**

(57) 요약

본 발명은 높은 중횡비의 심공 가공(Deep hole drilling)에 있어서, 피에칭재의 가공에서의 보잉을 억제하면서, 높은 중횡비부에서의 개구 부족을 해소하는 것이다.

이를 위하여 본 발명에서는, 플라즈마 에칭장치에 의하여 피에칭재 위에 패터닝되어 형성된 마스크를 사용하여 상기 피에칭재를 에칭 처리하는 피에칭재의 플라즈마 에칭방법에 있어서, 플루오로카본 가스 C_xF_y ($x = 1, 2, 3, 4, 5, 6, y = 4, 5, 6, 8$)를 사용하여 상기 마스크의 마스크 패턴의 표면에 가까운 개구 측벽에 퇴적물을 부착시키면서 피에칭재를 에칭하는 제 1 단계와, 플루오로카본 가스를 사용하여 상기 마스크의 마스크 패턴의 표면에 가까운 개구 측벽에 부착시킨 퇴적물을 깎으면서 피에칭재를 에칭하는 제 2 단계를 차례로 행한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

오야마 마사토시

일본국 야마구치켄 구다마즈시 히가시도요이 794
반치, 가부시키키가이샤 히다치 하이테크놀로지즈
가사도 사업소 내

가네키요 다다미츠

일본국 야마구치켄 구다마즈시 히가시도요이 794
반치, 가부시키키가이샤 히다치 하이테크놀로지즈
가사도 사업소 내

이자와 마사루

일본국 도쿄토 치요다쿠 마루노우치 1초메 6반 1
고, 가부시키키가이샤 히타치 세이사쿠쇼 지적재산
권본부 내

특허청구의 범위

청구항 1

피에칭재 위에 패터닝된 마스크를 사용하여 상기 피에칭재를 플라즈마 에칭하는 플라즈마 에칭방법에 있어서, C/F 비가 2/3 이상인 플루오로 카본 가스 C_xF_y ($x = 1, 2, 3, 4, 5, 6, y = 4, 5, 6, 8$)를 이용하여, 중형비가 10 이상인 상기 마스크의 마스크 패턴의 표면에 가까운 개구 측벽에 퇴적물을 부착시키면서 상기 피에칭재를 플라즈마 에칭하는 제 1 단계와,

플루오로 카본 가스 C_xF_y ($x = 1, 2, 3, 4, 5, 6, y = 4, 5, 6, 8$)를 이용하여, 상기 제 1 단계에 의해서 플라즈마 에칭된 피에칭재를 플라즈마 에칭하는 제 2 단계를 포함하고,

상기 제 2 단계는, 상기 제 1 단계보다 퇴적성이 약한 플라즈마 에칭인 것을 특징으로 하는 플라즈마 에칭방법.

청구항 2

피에칭재 위에 패터닝된 마스크를 사용하여 상기 피에칭재를 플라즈마 에칭하는 플라즈마 에칭방법에 있어서, C/F 비가 2/3 이상인 플루오로 카본 가스 C_xF_y ($x = 1, 2, 3, 4, 5, 6, y = 4, 5, 6, 8$)를 이용하여, 중형비가 10 이상인 상기 마스크의 마스크 패턴의 표면에 가까운 개구 측벽에 퇴적물을 부착시키면서 상기 피에칭재를 플라즈마 에칭하는 제 1 단계와,

플루오로 카본 가스 C_xF_y ($x = 1, 2, 3, 4, 5, 6, y = 4, 5, 6, 8$)를 이용하여, 상기 제 1 단계에 의해서 플라즈마 에칭된 피에칭재를 플라즈마 에칭하는 제 2 단계를 포함하며,

상기 제 2 단계는, 상기 제 1 단계보다 퇴적성이 약한 플라즈마 에칭이고, 상기 제 2 단계의 처리압력은, 상기 제 1 단계보다 낮은 것을 특징으로 하는 플라즈마 에칭방법.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 제 2 단계의 처리압력은, 상기 제 1 단계의 처리압력보다 낮은 것을 특징으로 하는 플라즈마 에칭방법.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 제 1 단계 및 제 2 단계에서 사용되는 플루오로 카본 가스 C_xF_y ($x = 1, 2, 3, 4, 5, 6, y = 4, 5, 6, 8$)의 유량을, 상기 제 1 단계보다 제 2 단계에서는 작게 설정하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 에칭방법.

청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 제 1 단계 및 제 2 단계에서 사용되는 플루오로 카본 가스 C_xF_y ($x = 1, 2, 3, 4, 5, 6, y = 4, 5, 6, 8$)의 C/F 비를, 제 1 단계보다 제 2 단계에서는 낮은 C/F 비로 하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 에칭방법.

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

제 1항에 있어서,

상기 제 1 단계의 플루오로 카본 가스 C_xF_y ($x = 1, 2, 3, 4, 5, 6, y = 4, 5, 6, 8$)는 고리형상 구조를 가지는 C_5F_6 가스인 것을 특징으로 하는 플라즈마 에칭방법.

청구항 14

삭제

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은, 반도체 제조에 사용되는 플라즈마 에칭장치를 사용한 피에칭재의 플라즈마 에칭방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] DRAM으로 대표되는 메모리형성에 있어서, 작은 면적으로 충분한 정전용량을 확보하기 위하여, 홀 지름 70 nm 이하이고, 종횡비 30 이상의 초미세 홀 가공을 행하는 것이 요구되고 있다. 또한, 고도한 집적화와 최저 용량을 확보하기 위하여 패턴의 협피치화가 진행되어, 피에칭재의 에칭시의 보잉발생의 억제나 마스크 선택비의 향상이 점점 중요한 과제가 되고 있다. 또한, 에칭시에 있어서의 피에칭재의 높은 종횡비부에서의 에치 레이트 저하의 해소나 보텀 CD의 확보가 중요한 과제로서 현재화되어 왔다.

[0003] 이미, 피에칭재의 에칭에 있어서, 패터닝된 포토레지스트 마스크 표면에 아몰퍼스 카본을 성막함으로써, 포토레지스트 표면의 에칭 내성을 강화하여, 개구부의 치수를 작게 하는(슈링크한다) 에칭방법이 제안되어 있다(예를 들면, 특허문헌 1 참조).

[0004] 한편, 피에칭재의 에칭에 있어서, 에칭 처리 중의 디퍼지션의 퇴적속도를 제어함으로써, 마스크 패턴의 잔막을 확보하면서, 에치 스톱의 발생을 억제할 수 있는 반도체 처리방법이 제안되어 있다(예를 들면, 특허문헌 2 참조).

[0005] [특허문헌 1]

[0006] 일본국 특개2007-158306호 공보

[0007] [특허문헌 2]

[0008] 일본국 특개2008-085092호 공보

[0009] [비특허문헌 1]

[0010] X. Niu, N. Jakatdar, IEEE Trans. on Semiconduct. Manufact., Vol. 14, pp97-111, 2001

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- [0011] 특허문헌 1에 기재된 방법은, 피에칭재의 에칭 처리전에, 레지스트 위에 아몰퍼스 카본막을 퇴적시키는 것이다. 이 방법은, 이 미세 홀을 가공하는 경우에는, 아몰퍼스 카본막의 퇴적에 의하여 마스크 패턴의 개구부가 막힐 염려가 있기 때문에, 충분한 아몰퍼스 카본막을 퇴적시키는 것은 곤란하다. 또, 이 방법에서는, 아몰퍼스 카본막의 퇴적량이 충분하지 않은 상태에서 높은 종횡비의 심공(深空) 가공을 행하였을 때에는, 에칭 처리의 초기단계에서 아몰퍼스 카본막이 스퍼터 등에 의하여 제거되고, 에칭 후반에서는 마스크의 에칭 내성이나 슈링크 효과가 얻어지지 않게 될 염려가 있다.
- [0012] 특허문헌 2에 기재된 에칭방법은, 마스크 선택비와 에치 스톱과의 트레이드 오프의 관계를 해결하는 것으로서, 마스크 선택부의 형상을 제어함으로써, 에칭 초기부터 중기에 걸쳐 행하여지는 저중 종횡비부의 에칭 시에 발생하는 보잉을 억제하는 것은 아니다. 또, 이 방법에서는, 높은 종횡비부의 에칭에서는 에치 스톱이 발생하기 어려운 점에 착안하여, 에칭 최종단계에서 디퍼지션의 퇴적속도를 높게 함으로써 마스크 선택비를 개선하고 있으나, 높은 종횡비부에서의 에칭 레이트의 저하를 더욱 악화시킬 염려가 있다.
- [0013] 본 발명은, 이들 문제점을 감안하여 이루어진 것으로, 플라즈마 에칭장치를 이용한 피에칭재를 높은 종횡비로 심공 가공하는 피에칭재의 플라즈마 에칭방법에 있어서, 피에칭재의 개구 측벽에 생성하는 보잉을 억제하면서, 높은 종횡비 바닥부에서의 개구 부족을 해소하는 플라즈마 에칭방법을 제공하는 것이다.
- [0014] 본 발명은, 상기 피에칭재를 높은 종횡비로 미세 가공하는 플라즈마 에칭방법에 있어서, 피에칭재의 에칭 처리 전반에서의 저?중 종횡비부를 에칭할 때에, 에칭 처리를 하면서 마스크의 표면에 가까운 개구 측벽에 퇴적물을 부착시켜 개구를 좁히고 동시에 높은 마스크 선택비를 실현하고, 피에칭재에서의 보잉의 발생을 회피할 수 있는 플라즈마 에칭방법을 제공하는 것을 목적으로 한다. 또한, 본 발명은, 에칭 처리 후반의 높은 종횡비부의 에칭에서는, 마스크 표면 근처의 개구의 측벽에 퇴적한 퇴적물을 깎음과 동시에 지향성이 높은 이온을 입사함으로써, 보잉의 원인이 되는 측벽에 대한 입사 이온을 저감하고, 피에칭재의 보잉의 확대와 에치 레이트 저하를 초래하지 않고, 보텀 CD의 확보를 실현할 수 있는 플라즈마 에칭방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제 해결수단

- [0015] 상기 과제를 해결하기 위하여, 본 발명은, 피에칭재 위에 패터닝되어 형성된 마스크를 사용하여, 플라즈마 에칭장치에 의하여 상기 피에칭재를 에칭하는 플라즈마 에칭방법에 있어서, 퇴적속도를 높여 상기 마스크의 표면에 가까운 개구 측벽에 퇴적물을 부착시켜 개구를 좁히는 제 1 단계와, 제 1 단계에 계속하여, 제 1 단계에 비하여 퇴적속도를 저하시켜 마스크의 표면에 가까운 개구 측벽에 퇴적시킨 퇴적물을 에칭하는 제 2 단계를 가짐으로써, 제 1 단계에 의해 마스크의 표면에 가까운 개구 측벽에 퇴적물을 부착시켜 개구를 좁히고, 제 2 단계에 의해 이 퇴적물을 에칭하여 얇게 함과(깎는다) 동시에 피에칭재에 입사하는 이온의 지향성을 향상시킨다.
- [0016] 본 발명의 피에칭재를 에칭하는 플라즈마 에칭방법이 적용되는 플라즈마 에칭장치는, 처리실과, 처리실에 처리가스를 공급하는 가스공급수단과, 처리실을 감압하는 진공 배기수단과, 피처리체를 탑재하는 전극을 구성하는 피처리체 탑재대와, 피처리체를 상하 이동시키는 상하기구와, 플라즈마 생성을 위한 고주파 전원과, 전극의 온도를 제어하는 직팽식(直膨式) 온도 조절장치를 가지고 있다.
- [0017] 본 발명은, 피에칭재 위에 패터닝되어 형성된 마스크를 사용하여 상기 피에칭재를 에칭 처리하는 플라즈마 에칭방법에 있어서, 상기 패터닝된 마스크의 표면에 가까운 개구 측벽에 퇴적물을 부착시켜 개구를 좁히고 동시에 마스크의 표면으로부터 떨어진 마스크 개구 측벽부에 보잉을 형성시켜 피에칭재를 플라즈마 에칭 처리한다.
- [0018] 본 발명은, 처리실과, 처리실에 처리가스를 공급하는 가스공급수단과, 처리실을 감압하는 진공 배기수단과, 피처리체를 탑재하는 피처리체 탑재대와, 피처리체를 플라즈마 에칭장치에 의하여 피에칭재 위에 패터닝되어 형성된 마스크를 사용하여 상기 피에칭재를 에칭 처리하는 플라즈마 에칭방법에 있어서, 상기 마스크의 마스크

크 패턴의 표면에 가까운 개구의 측벽에 퇴적물을 퇴적시켜 개구를 좁히도록 에칭하는 제 1 단계와, 상기 마스크의 마스크 패턴을 개구부의 퇴적물을 에칭함과 동시에 피에칭재를 에칭하는 제 2 단계를 차례로 행한다.

- [0019] 본 발명은 상기 플라즈마 에칭방법에 있어서, 상기 제 2 단계는, 상기 제 1 단계보다 처리 압력을 낮게 하였다.
- [0020] 본 발명은, 상기 플라즈마 에칭방법에 있어서, 상기 제 2 단계에서는, 상기 제 1 단계에서 사용되는 플루오로 카본 가스 C_xF_y ($x = 1, 2, 3, 4, 5, 6, y = 4, 5, 6, 8$)의 유량을, 상기 제 1 단계보다 작게 설정한다.
- [0021] 본 발명은, 상기 플라즈마 에칭방법에 있어서, 상기 제 2 단계에서는, 상기 제 1 단계에서 사용되는 플루오로 카본 가스 C_xF_y ($x = 1, 2, 3, 4, 5, 6, y = 4, 5, 6, 8$)보다 낮은 C/F 비의 플루오로카본 가스 C_xF_y ($x = 1, 2, 3, 4, 5, 6, y = 4, 5, 6, 8$)를 도입한다.
- [0022] 본 발명은, 상기 피에칭재의 플라즈마 에칭방법에 있어서, 상기 제 2 단계에서는, 상기 제 1 단계에서 사용하는 O_2 가스의 유량을 상기 제 1 단계보다 크게 하는 것을 특징으로 한다.
- [0023] 본 발명은, 상기 피에칭재의 플라즈마 에칭방법에 있어서, 피에칭재를 탑재하는 전극 온도를, 상기 제 2 단계에서는, 상기 제 1 단계보다 고온으로 한다.
- [0024] 본 발명은, 상기 피에칭재의 플라즈마 에칭방법에 있어서, 상기 플라즈마 에칭장치가, 피에칭재를 탑재하는 전극을 온도 조절하는 직행식의 온도 조절장치를 구비하였다.
- [0025] 본 발명은, 상기 플라즈마 에칭방법에 있어서, 3개 이상의 다단 단계 또는 연속적으로 처리조건을 변화시킨다.
- [0026] 본 발명은, 상기 플라즈마 에칭방법에 있어서, 스캐터로메트리를 사용하여 에칭형상을 검출하고, 피드백 제어 함으로써 장기간 안정되게 에칭형상을 제어한다.
- [0027] 본 발명은, 처리실과, 처리실에 처리가스를 공급하는 가스공급수단과, 처리실을 감압하는 진공 배기수단과, 피처리체를 탑재하는 피처리체 탑재대와, 피처리체를 상하 이동시키는 상하 기구와, 플라즈마 생성을 위한 고 주파 전원을 가지는 플라즈마 에칭장치에 의하여 피에칭재 위에 패터닝되어 형성된 마스크를 사용하여 상기 피에칭재를 에칭 처리하는 플라즈마 에칭방법에 있어서, 에칭 가스로서, 고리형상 구조를 가지는 C_3F_6 가스를 사용한다.
- [0028] 본 발명은, 반도체 제조공정에서 수율을 향상시킬 수 있기 때문에, 산업상 이용 가치가 높은 플라즈마 에칭 방법이다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- [0029] 피에칭재를 마스크를 사용하여 심공(深空) 에칭하였을 때에, 피에칭재의 개구(홀) 상부에 발생하는 보잉은, 마스크 개구에 대하여 수직하게 도입되지 않는 이온 등이 마스크에서 반사되어 피에칭재의 개구 측벽에 입사 함으로써 증대한다. 또, 높은 종횡비의 홀 바닥에서의 가공 치수의 축소나 에칭 속도의 저하는, 홀 바닥에 도달하는 이온의 감소 등이 주된 요인이다. 본 발명의 발명자는, 반사 이온에 의한 악영향을 피에칭재 상부의 마스크부에 멈추게 함으로써, 피에칭재에서의 보잉발생을 억제하는 방법을 발견하였다. 또, 높은 종횡비 부에서의 에칭의 문제를 해결하기 위하여, 홀 측벽으로 입사하는 이온을 증가시키지 않고, 높은 종횡비부의 바닥부에 직접 입사하는 이온을 증가하는 방법을 발견하였다. 이하, 본 발명에 관한 피에칭재의 플라즈마 에칭방법의 실시형태를 설명한다.
- [0030] (실시예 1)
- [0031] 본 실시예에서는, 피에칭재 위에 패터닝되어 형성된 마스크를 사용하여 피에칭재를 에칭 처리하는 플라즈마 에칭방법에 있어서, 피에칭재의 에칭시에 상기 패터닝된 마스크의 표면의 개구에 가까운 개구 측벽에 퇴적물을 퇴적시켜 개구를 좁혀 마스크 표면보다 아래쪽의 마스크 개구 측벽에 보잉의 생성을 멈추게 하는 제 1 단계와, 마스크의 표면에 가까운 개구 측벽에 퇴적한 퇴적물을 에칭하면서 피에칭재를 에칭하는 제 2 단계에 의하여 피에칭재의 개구 측벽의 보잉을 억제하는 에칭방법을 설명한다.
- [0032] 심공(높은 종횡비 구멍) 에칭에 있어서, 마스크 선택비(피에칭재의 에칭속도/마스크의 에칭속도)가 낮은 조건의 에칭에서는 마스크의 표면에 형성된 개구의 선단부가 스퍼터에 의하여 차례로 깎이고, 마스크 선단부가 크

게 개구한 테이퍼 형상이 된다. 마스크 표면 근처의 개구가 테이퍼 형상이 된 경우, 도 1에 나타내는 바와 같이, 마스크 테이퍼각(θ)(마스크 구멍의 바닥부에서의 상승각)이 작아지면, 보잉/네킹비(보잉)가 확대된다는 문제가 있다. 높은 종횡비 구멍에서도 보잉/네킹비는 1 인 것이 바람직하다.

[0033] 도 2는, 에칭공정에 있어서의 마스크 테이퍼각(θ)마다의 종횡비(홀 깊이)에 대한 개구(홀) 측벽에 대한 이온 입사분포를 계산한 결과이다. 이 계산결과에 의하면, 마스크 테이퍼각(θ)이 작을수록, 홀 측벽에 입사하는 이온의 수가 증가한다. 마스크 테이퍼각(θ)이 90° 인 경우는, 측벽에 입사하는 이온 밀도는 마스크부로부터 피에칭재(SiO_2)의 바닥부까지 대략 일정하다. 그러나, 마스크 테이퍼각(θ)이 88° 인 경우에는, 마스크부(종횡비 = $7 \sim 0$)에서의 측벽에 입사하는 이온 밀도는, 마스크 테이퍼각(θ) 90° 인 경우와 비교하여 크고, 피에칭재부(종횡비 = $0 \sim -30$)에서는 종횡비 -1 정도부터 종횡비 -12 정도에 걸쳐 증대하고, 종횡비 -18 정도에서 테이퍼각 90° 인 경우와 동등해진다. 마찬가지로, 마스크 테이퍼각(θ)이 86° 인 경우에는, 마스크부에서의 측벽에 입사하는 이온 밀도는, 마스크 테이퍼각(θ) 90° 인 경우와 비교하여 더욱 크고, 피에칭재부에서는 종횡비 -1 정도부터 종횡비 -5 정도에 걸쳐 크게 증대하고, 종횡비 -10 정도에서 마스크 테이퍼각 90° 인 경우와 동등해진다. 즉, 심공 에칭에 있어서, 마스크 개구가 바깥쪽으로 개방된 테이퍼 형상인 경우에는, 마스크에서 반사된 이온이 홀 측벽에 입사됨으로써 보잉이 증대한다고 생각되어, 마스크 형상을 제어하는 것이 보잉을 억제하는 데에 있어서 중요한 것을 알 수 있다.

[0034] 다음에, 마스크 표면의 개구부(선단부)의 형상을 변화시킨 경우의 종횡비(홀 깊이)에 대한 홀 측벽으로의 이온 입사량에 대하여 계산한 결과를 도 3에 나타낸다. 도 3에서, 0은 피에칭재와 마스크가 접하는 부분을 나타내고, 세로축(종횡비)은, 양의 부분이 마스크부를, 음의 부분이 피에칭재부를, 가로축은, 개구 측벽에 입사하는 이온 밀도를 나타내고 있다. 계산결과로부터, 점선으로 나타내는 마스크 테이퍼각(θ)이 수직(90°)인 마스크 형상이어도, 마스크 개구에 입사하는 이온의 입사각이, 소정의 불균일을 가지고 있는 경우, 마스크 개구 측벽뿐만 아니라 피에칭재의 개구(홀) 측벽에 이온이 입사된다. 실제의 에칭에서도, 피처리체에 입사하는 이온은, 플라즈마와 피에칭재(피처리체)의 사이에 존재하는 시스영역에서 가속되나, 이 가속영역에서 중성 가스 등과 충돌함으로써 이온의 궤도가 변화함으로써, 이온의 입사각에는 불균일이 존재한다. 한편, 마스크 표면 근처의 개구를 작게 하면, 실선으로 나타내는 바와 같이, 마스크 표면 근처의 개구(홀) 측벽의 상부에 이온의 입사가 집중하고, 마스크 하층에 위치하는 피에칭재 부분에서의 홀 측벽에 입사하는 이온이 감소한다. 이것은 마스크 표면 근처의 개구를 좁게 함으로써, 좁아진 개구부분이 높은 종횡비의 홀로서 기능하기 때문에, 피처리체에 대하여 수직이 아닌 이온은, 마스크 표면 근처의 개구 측벽(선단부)에서 충돌을 반복함으로써 에너지를 잃고, 마스크 하층에 배치된 피에칭재에 대한 영향이 작아진다. 즉, 마스크 표면 근처의 개구가 좁은 경우에는, 입사 이온의 입사각에 대한 일종의 필터로서 기능하게 되어, 수직성이 높은 이온만이 피에칭재의 가공에 기여하고, 피에칭재에서의 보잉의 생성을 억제할 수 있다.

[0035] 또, 보잉(피에칭재 상부의 가공 치수가 최대가 되는 부분)의 증대는, 테이퍼 형상의 마스크에서 반사된 이온이나 입사각의 불균일뿐만 아니라, 심공 에칭 중에 발생하는 네킹에 의해서도 야기된다. 네킹은, 플루오로카본 플라즈마로부터 수송되는 퇴적성 라디칼이나 스퍼터된 마스크의 일부가, 주로 홀 상부에 퇴적함으로써 발생한다. 개방된 마스크 테이퍼각을 가지는 테이퍼 마스크와 마찬가지로, 네킹에서 반사된 입사 이온에 의하여, 네킹 바로 밑에 보잉이 형성된다. 네킹이, 홀 상부의 마스크의 표면 근처에 형성되어 있는 경우는, 보잉도 마스크 내에 멈추게 할 수 있다. 에칭속도의 마스크 선택비가 낮은 경우에는, 에칭의 진행에 따라 네킹 및 보잉의 발생위치가 깊이 방향으로 이동하기 때문에, 에칭이 진행되면 피에칭재의 개구에 보잉이 발생하게 된다. 따라서, 피에칭재의 개구에 보잉이 발생하는 것을 억제하기 위해서는, 마스크의 개구의 네킹 발생위치에서부터 피에칭재까지의 거리를 충분히 길게 유지함으로써, 보잉을 마스크 내에 발생시킴과 동시에, 높은 마스크 선택비의 프로세스를 사용함으로써, 네킹 및 보잉 발생위치가 깊이 방향으로 이동하는 것을 억제할 수 있어, 보잉을 마스크 내에 멈추게 하는 것이 가능해진다.

[0036] 이하, 마스크의 표면에 가까운 개구를 좁게 하는 방법의 구체예를 설명한다. 먼저, 심공 에칭에 있어서, 마스크의 표면에 가까운 개구를 좁게 하는 방법에 대하여 설명한다. 마스크 표면에 가까운 개구의 형상은, 피처리체에 입사하는 이온에 의한 스퍼터나 화학반응 등에 의한 깎임량과, 플라즈마 중의 퇴적성 라디칼의 퇴적속도와와 밸런스에 의해 결정된다. 따라서, 마스크 표면에 가까운 개구를 좁게 하기 위해서는, 적어도 심공 에칭조건에 있어서, 피에칭재의 상면에 형성된 마스크 표면의 평탄한 부분에서 퇴적성 라디칼인 CF(플루오로카본) 폴리머가 퇴적하는 것이 필요하다. 이 조건이 만족되는 경우에, 마스크 표면 근처의 개구 측벽부에 CF 폴리머가 퇴적하고, 개구를 좁게 하는 것이 가능해진다. 그러나, 피에칭재의 에칭시의 CF 폴리머의 퇴적속도가 너무 큰 경우, 마스크 표면 근처의 개구가 너무 좁아짐으로써 비개구가 될 염려가 있다. 이 경우에는, 피

에칭재의 에칭시의 CF 폴리머의 퇴적속도를 저하시키거나, 마스크 개구에 입사하는 이온 에너지를 크게 함으로써 스퍼터의 효과를 크게 하고, 비개구로 하지 않고 마스크 표면 근처의 개구를 좁게 할 수 있다.

[0037] 마스크 표면 근처의 개구를 좁게 하기 위한 퇴적물의 퇴적속도를 높게 하는 방법으로서, 구체적으로는, 에칭에 사용하는 플루오로카본 가스 C_xF_y ($x = 1, 2, 3, 4, 5, 6, y = 4, 5, 6, 8$)는, 높은 C/F 비의 가스를 사용함으로써, 퇴적하는 CF 폴리머량을 증가할 수 있다.(여기서, 높은 C/F 비란, C/F 비가 2/3 이상을 높은 C/F비를 말한다). 이 결과, 마스크 표면 근처의 개구를 좁게 함과 동시에, 마스크 표면에 CF 폴리머가 퇴적함으로써, 피에칭재의 에칭에서의 마스크 선택비를 향상할 수 있다. 또, 동일한 효과를 얻기 위하여, 플루오로카본 가스 C_xF_y 의 유량을 증가하는 것이나 CF 폴리머를 제거하는 효과가 있는 O_2 가스의 첨가량을 감소시킴으로써, 마스크 표면 근처의 개구를 좁게 할 수 있다. 또한, 피에칭재의 에칭 처리 압력을 고압화하는 것이나 피에칭재를 저온화함에 의해서도 동일한 효과가 얻어진다. 한편, 마스크 표면 근처의 개구가 막히는 것을 해결하는 수단으로서, 예를 들면, 웨이퍼 바이어스 전력을 증가시킴으로써, 입사 이온을 고에너지화함으로써, 스퍼터의 효과를 증대하고, 마스크 표면 근처의 개구가 막히는 것을 억제할 수 있다.

[0038] 다음에, 보잉을 마스크 내에 발생시켜, 피에칭재에 영향을 주지 않는 방법을 설명한다. 구체적으로는, 마스크 표면 근처의 개구를 좁히는 경우와 마찬가지로, 피에칭재의 에칭에 사용하는 플루오로카본 가스 C_xF_y ($x = 1, 2, 3, 4, 5, 6, y = 4, 5, 6, 8$)로 하여, 높은 C/F 비의 가스를 사용함으로써, 피에칭재의 에칭시에 높은 마스크 선택비(피에칭재의 에칭속도/마스크의 에칭속도 : 여기서 높은 또는 낮은 선택비란, C/F 비를 바꿈으로써, 상대적으로 선택비가 높아지는, 또는 낮아지는 것을 말한다)를 실현하는 것이 가능해진다. 높은 마스크 선택비로 함으로써, 피에칭재의 에칭 중의 마스크의 감소가 억제되어, 마스크의 에칭속도가 느리기 때문에 보잉의 생성이 마스크 중에 멈추고, 보잉 위치를 홀 선단부에 멈추게 하는 것이 가능해진다. 마스크 선택비를 높게 하는 방법으로서, 플루오로카본 가스 유량을 증대하는 것이나, 피에칭재의 에칭 압력을 고압으로 하는 것, 또한 피에칭재의 온도를 저온으로 함으로써 동일한 효과가 얻어진다. 특히, 마스크 표면에 가까운 개구를 좁힌 경우에는, 마스크 개구의 테이퍼 형상에 기인하는 마스크 개구 내부에서의 이온 반사에 의한 피에칭재의 보잉의 발생을 억제할 수 있을 뿐만 아니라, 네킹의 발생위치를 마스크 표면 근처의 개구에 형성한 것으로도 되어, 네킹에 기인하는 보잉 발생위치를 마스크 표면 근처의 개구(홀 상부)에 발생시키는 것이 가능해진다. 이 결과, 보잉의 발생위치를 피에칭재의 상부에 설치한 마스크 내에 멈추게 할 수 있다. 그러나, 높은 마스크 선택비를 실현하는 에칭조건을 사용하였다 하여도, 마스크 초기의 두께가 충분하지 않은 경우, 보잉이 피에칭재에 발생할 염려가 있다. 따라서, 마스크 두께는, 충분히 두꺼운 것이 요구되고, 홀 가공 치수에 대하여 마스크 두께의 종횡비가 10 이상이 되는, 즉, 마스크 두께/홀 가공 치수의 비가 10 이상인 것이 바람직하다.

[0039] 본 실시예의 구체적 에칭조건에 대하여 설명한다. 먼저, 종래의 저퇴적 에칭조건에서는, 에칭 가스로서, 예를 들면 $Ar/C_4F_6/O_2$ 혼합가스를 사용하고, $Ar/C_4F_6/O_2 = 500/30/35$ sccm로 하였다. 이 때의 처리압력을 2 Pa로 설정하였다. 안테나로부터 고주파 전력을 인가함으로써 반응장치 내에 플라스마를 생성하고, 이 때의 플라스마 발생용 고주파 전력을 400 W로 하였다. 또, 하부 전극에 인가하는 바이어스 전력은 5 kW로 하고, 전극 온도는 +20℃로 설정하였다.

[0040] 도 4a 내지 도 4e를 이용하여, 마스크 표면 근처의 개구를 좁힌 경우와 통상의 경우의 각각의 홀 형상을 설명한다. 도 4a는, 평가한 샘플의 초기형상이다. 에칭의 스톱퍼층인 실리콘 질화막(43) 위에 퇴적된 피에칭재(42)인 실리콘 산화막(SiO_2)의 위에는, 패터닝된 아몰퍼스 카본막(ACL)으로 이루어지는 마스크(41)가 형성되어 있다. 종래의 에칭조건에서 처리한 형상을 도 4d에 나타낸다. 플라스마 중에서 공급되는 퇴적성 라디칼에 의한 퇴적속도에 대하여, 피처리체에 입사하는 이온의 스퍼터효과가 지배적인 경우에는, 마스크 선택비가 낮고, 마스크 표면 근처의 개구(선단부)가 깎임으로써 마스크 개구는 윗쪽으로 개방된 테이퍼 형상이 된다. 또한, 피에칭재의 에칭을 진행시킨 경우의 처리형상을 도 4e에 나타낸다. 마스크는 더욱 감소하고, 보다 개방된 테이퍼 형상이 된다. 또, 테이퍼 형상의 마스크의 개구 측벽에서 반사된 이온에 의하여 피에칭재의 개구에 보잉이 증대한다.

[0041] 한편, 본 발명에 의한 고퇴적 에칭조건으로 처리하는 경우에는, 예를 들면, 가스 유량을 2배로 증가하고, $Ar/C_4F_6/O_2 = 1000/60/70$ sccm으로 하고, 처리 압력을 10 Pa로 증대시켰다. 이 경우, 도 4b에 나타내는 바와 같이, 마스크는 거의 감소하지 않고, 또, 마스크 표면 근처의 개구를 좁힐 수 있다. 또한, 피에칭재의 에칭을 진전시켜도 도 4c에 나타내는 바와 같이, 피에칭재의 보잉을 확대시키지 않고, 높은 종횡비의 개구를 가공

하는 것이 가능해진다.

[0042] 또한, 상기 실시예에서는, 동일한 가스계를 사용하여, 유량과 처리 압력만의 설정을 바꿈으로써 마스크 형상을 제어하는 방법을 나타내었다. 또한, 피에칭재의 에칭 가스로서 C/F 비가 높은 가스로 변경하는 것에 의해서도, 동일한 효과를 얻는 것은 가능하다. 특히, 도 11에 나타내는 고리형상 구조를 가지는 C_5F_6 가스를 사용함으로써, CF 폴리머의 퇴적속도를 높게 하는 것이나 높은 마스크 선택비로 하는 것에 효과가 있다. 또, C_5F_6 가스를 구성하는 F의 하나를 H로 치환하여도 된다. 또한, 전극의 설정 온도를 저온으로 하는 것이나, 전극과 웨이퍼의 사이에 봉입하는 헬륨 가스압의 압력을 높게 함으로써, 웨이퍼의 냉각 효율을 높게 하는 것에 의해서도, 동일한 효과가 얻어지는 것은 물론이다.

[0043] 이상과 같이, 제 1 실시예에 의하면, 피에칭재 위에 패터닝되어 형성된 마스크를 사용하여 플라즈마 에칭장치에 의하여 상기 피에칭재를 에칭 처리하는 피에칭재의 플라즈마 에칭방법에 있어서, 상기 패터닝된 마스크의 표면에 가까운 개구 측벽에 퇴적물을 부착시키는 제 1 단계와, 이 마스크를 사용하여 피에칭재를 에칭 처리하는 제 2 단계로 이루어지는 피에칭재의 플라즈마 에칭방법을 제공할 수 있다.

[0044] 또한, 제 1 실시예에 의하면, 피에칭재 위에 패터닝되어 형성된 마스크를 이용하여 플라즈마 에칭장치에 의하여 상기 피에칭재를 에칭 처리하는 피에칭재의 플라즈마 에칭방법에 있어서, 플루오로카본 가스 C_xF_y ($x = 1, 2, 3, 4, 5, 6, y = 4, 5, 6, 8$)를 사용하여 상기 마스크의 마스크 패턴의 표면에 가까운 개구 측벽에 퇴적물을 부착시키는 제 1 단계와, 플루오로카본 가스 C_xF_y ($x = 1, 2, 3, 4, 5, 6, y = 4, 5, 6, 8$)를 사용하여 상기 마스크의 마스크 패턴의 표면에 가까운 개구 측벽에 부착시킨 퇴적물을 깎으면서 피에칭재를 에칭하는 제 2 단계를 차례로 행하는 피에칭재의 플라즈마 에칭방법을 제공할 수 있다.

[0045] (실시예 2)

[0046] 본 실시예에서는, 마스크 패턴의 표면에 가까운 개구를 퇴적물에 의해 좁혀 피에칭재를 에칭하는 제 1 단계와, 마스크 패턴의 표면에 가까운 개구의 퇴적물을 깎으면서 피에칭재를 에칭하는 제 2 단계를 차례로 행함으로써, 홀 바닥부에서의 가공 치수의 축소를 억제하고, 또한, 높은 중형비에서의 에치 레이트 저하를 해소할 수 있는 에칭방법을 설명한다.

[0047] 실시예 1에서는, 마스크의 표면에 가까운 개구를 좁힘으로써 피에칭재에서의 보잉발생을 억제하는 방법을 나타내었다. 그러나, 마스크의 표면에 가까운 개구를 좁힘으로써, 실효적인 마스크 지름이 작아지기 때문에, 홀 바닥부의 가공 치수(보통 CD)가 설계값 미만일 될 염려가 있다. 또, 입사 이온은, 중성가스 등과의 충돌에 의하여 소정의 분산각을 가지나, 특히 고가스 압력에서의 조건으로 분산각이 큰 경우나, 에칭 후반의 높은 중형비부의 에칭시에는, 많은 이온이 보통에 도달할 때까지 홀 측벽에 충돌하여, 직접 홀 바닥에 도달하는 이온의 감소에 의해 에치 레이트가 저하한다는 문제가 있다.

[0048] 실시예 1에 나타내는 심공 에칭 후반에서 보통 치수를 충분히 확보할 수 없는 문제가 있을 때에, 홀 바닥부(보통)에서의 가공 치수를 확대하기 위하여, 퇴적물을 개구 측벽에 부착시켜 마스크의 표면에 가까운 개구를 좁히는 제 1 단계에 계속해서, 피에칭재의 에칭에 의해 마스크의 표면에 가까운 개구의 퇴적물을 깎는 제 2 단계에 의하여 보통 CD를 확대할 수 있다. 단, 마스크의 개구의 퇴적물을 깎으면, 실시예 1에 나타낸 바와 같은 입사각이 큰 이온을 제거하는 효과가 작아지고, 피에칭재의 개구의 측벽에 보잉이 발생할 염려가 있다. 그래서, 제 2 단계에서는, 제 1 단계보다 낮은 처리압력을 사용함으로써, 입사 이온의 지향성을 높임으로써 피에칭재의 개구의 측벽에 대한 보잉의 생성을 억제하면서, 에칭 레이트의 저하를 개선하는 것을 가능하게 한다.

[0049] 도 5에, 입사 이온의 분산각(σ)마다의 중형비(홀 깊이)에 대한 홀 측벽에 입사하는 이온 플럭스의 관계를 나타낸다. 도 5에서, 세로축의 중형비는, 마스크표면의 개구의 크기가 일정한 경우의 마스크 표면으로부터의 개구의 깊이로서 표시된다. 이 예에서는, 중형비 -10 이 피에칭재와 마스크와의 경계면을 나타내고 있다. 이 도면에서는, 입사 이온의 분산각(σ)이 2° 를 실선으로, 5° 를 파선으로, 8° 를 점선으로 나타내고 있다. 이 도면에서, 이온 분산각(σ)이 작을수록, 마스크 표면 근처의 개구의 측벽(마스크의 홀 상부 측벽)에 입사하는 이온을 감소할 수 있기 때문에, 피에칭재의 개구 측벽에서의 보잉을 억제하는 효과가 있는 것을 알 수 있다.

[0050] 또, 도 6에 입사 이온의 분산각(σ) 마다의 중형비(홀 깊이)와 입사 이온수에 대한 직접 홀 바닥에 도달하는 이온수의 비율을 나타낸다. 도 6에서, 세로축의 중형비는, 마스크 표면의 개구의 크기가 일정한 경우의 마스크

크 표면으로부터의 개구의 깊이로서 나타낸다. 이 예에서는, 중형비 -10 이 피에칭재와 마스크와의 경계면을 나타내고 있다. 이 도면에서는, 입사 이온의 분산각(σ)이, 2° 를 실선으로, 5° 를 파선으로, 8° 를 점선으로 나타내고 있다. 입사 이온의 분산각(σ)이 예를 들면 $\sigma = 8^\circ$ 인 경우에는, 중형비(홀 깊이) -10에 있어서, 입사 이온 중의 반수 이상이, 홀 바닥에 도달하기 전에 홀 측벽에 충돌한다. 이것에 대하여, 분산각(σ)이 작은 경우($\sigma = 2^\circ$)에는, 홀 측벽에 충돌하지 않고, 직접 홀 바닥(중형비 -25)에 도달하는 이온이 다수(대략 6할 이상) 존재한다. 이 홀 바닥에 직접 도달하는 이온수의 증가는, 에칭 레이트의 증가로 이어진다. 따라서, 이온의 지향성을 높임으로써, 보잉의 억제뿐만 아니라, 높은 중형비부에서 발생하는 에칭 레이트의 저하를 개선하는 것이 가능해진다.

[0051] 이하, 마스크 선단부의 치수를 작게 하는, 즉, 마스크 표면 근처의 개구를 크게 하기 위한 구체예에 대하여 설명한다. 마스크 표면에 가까운 개구를 좁히고, 또한, 입사하는 이온의 지향성을 높이는 방법을 나타낸다. 구체적으로는, 마스크표면에 가까운 개구를 좁히는 제 1 단계에서 사용한 처리압력에 대하여, 마스크 표면에 가까운 개구의 측벽에 퇴적한 퇴적물을 깎아내면서 피에칭재를 에칭하는 제 2 단계에서는 처리 압력을 낮춤으로써 마스크 표면에 가까운 개구를 좁힐 수 있음과 동시에 이온의 지향성을 높일 수 있다.

[0052] 도 7에 플루오로카본 플라즈마에서의 처리압력과 홀 측벽에 대한 퇴적속도와 웨이퍼 바이어스의 관계를 나타낸다. 여기서는, 웨이퍼 바이어스가 0 W인 경우에, 퇴적속도가 200 nm/min 이 되도록 가스유량을 조정하고 있다. 웨이퍼 바이어스 0 W에서 퇴적속도가 대략 일정해지는 가스유량의 조건에 있어서, 웨이퍼 바이어스를 5 kW로 증가하면, 퇴적속도는 저하한다. 특히 처리 압력이 저압일수록, 이 홀 측벽에 대한 퇴적속도는 저하한다. 이것은, 시스템에서 가속된 이온이 피처리체에 도달하기까지 중성가스 등과 충돌할 확률이 감소함으로써, 고에너지의 이온이 피처리체에 입사됨으로써 이온 스퍼터의 효과가 커지기 때문이다. 이와 같이 처리압력을 저압화함으로써 이온 스퍼터 효과가 커져, 마스크 표면에 가까운 개구를 좁힐 수 있다. 또, 처리압력의 저압화는, 이온과 다른 가스 등과의 충돌 확률이 낮아지기 때문에, 이온의 지향성이 높아지고, 피에칭재의 개구 측벽에서의 보잉을 억제할 수 있다. 또한, 직접 구멍 바닥에 도달하는 이온이 증가하기 때문에, 에칭 레이트를 개선할 수 있다.

[0053] 여기서는, 처리 압력을 저압력으로 함으로써, 마스크 표면에 가까운 개구를 좁히는 방법을 나타내었으나, 플루오로카본 가스로서 제 1 단계에서 사용한 플루오로카본 가스에 대하여, 제 2 단계에서 사용하는 플루오로카본 가스로서 낮은 C/F 비의 플루오로카본 가스를 사용하는 것이나, 제 1 단계보다 제 2 단계에서의 플루오로카본 가스유량을 감소시키는 것, 제 1 단계보다 제 2 단계에서의 O_2 가스유량을 증가시키는 것, 제 1 단계보다 제 2 단계에서의 전극 온도를 상승시킴으로써, 홀 측벽에 대한 퇴적속도를 저하시킬 수 있다. 본 실시형태에서는, 피처리체를 설치하는 전극의 온도를 컨트롤하는 수단으로서, 일본국 특개2008-034408호 공보, 특개2008-034409호 공보에 기재된 직행식 전극을 사용함으로써 약 1°C/s 의 고속제어를 가능하게 하고 있다. 또, 전극은 히터를 구비하여, 온도를 상승시킬 수 있다. 또한, 웨이퍼 바이어스를 증가함으로써 스퍼터에 의한 효과를 크게 함으로써, 동일한 효과를 기대할 수 있는 것은 물론이다.

[0054] 도 8a(a), 8a(b), 8b(c), 8b(d) 및 도 9a, 도 9b, 도 9c를 이용하여, 본 실시예의 에칭 시퀀스와 그 홀 형상의 형태에 대하여 설명한다. 도 8a(a)는, 종래의 에칭 시퀀스이고, 도 8a(b)는 높은 중형비 가공을 향한 단계 에칭 시퀀스이다. 도 8a(a)에 나타내는 종래의 시퀀스에서는, 에칭조건을 변화시키지 않고 일괄처리하고 있다. 예를 들면 가스조건을 $Ar/C_4F_6/O_2 = 1000/60/70$ sccm으로 하고, 처리압력을 10 Pa로 하여, 이 조건으로 피에칭재의 에칭을 실시한 경우의 시각 t1에서의 에칭형상은, 도 9a와 같이 된다. 도 8a(a)에 나타내는 바와 같이 처리조건을 변화시키지 않고 에칭을 진행한 경우에는, 마스크 표면 근처의 개구치수가 작고, 홀 내에 입사하는 이온이 제한되기 때문에, 시각 t2에서는 도 9b에 나타내는 바와 같이 보통의 개구 치수가 충분히 얻어지지 않는다. 한편, 도 8a(b)의 단계 에칭 시퀀스의 경우, 제 1 단계에 대하여, 제 2 단계에서는 처리압력을 저하시키고, 가스유량을 감소하여, 전극 온도를 상승시키고 있다. 예를 들면, 제 1 단계에서는 처리압력을 10 Pa로 한 경우에, 시각 t1 이후의 제 2 단계에서는 처리압력을 2 Pa로 감압하면, 도 9c에 나타내는 바와 같이 마스크 표면에 가까운 개구의 측벽은 스퍼터에 의하여 깎이고, 또, 입사하는 이온의 지향성이 높아짐으로써 피에칭재의 개구의 보잉을 억제하면서, 구멍 바닥의 가공 치수를 넓힐 수 있다.

[0055] 또한, 상기 실시예에서는, 처리 압력만의 설정을 바꿈으로써 마스크 형상 및 입사 이온의 지향성을 제어하는 방법을 나타내었으나, 제 1 단계에 대하여, 제 2 단계에서는 플루오로카본 가스로서 C/F 비가 낮은 가스로 변경하는 것이나, 전극의 설정온도를 상승시키는 것, 전극과 웨이퍼의 사이에 봉입하는 헬륨 가스압의 압력을 저하시키는 것 중 어느 하나 또는 그것들의 조합을 선택함에 의해서도, 마스크 표면 근처의 개구의 측벽에 퇴

적한 퇴적물을 깎는 효과가 얻어지는 것은 물론이다.

- [0056] 또, 상기 실시예에서는, 제 1 단계에서 제 2 단계로의 2 단계의 단계이었다. 그러나, 도 8b(c)에 나타내는 바와 같이, 단계수를 3 이상의 복수의 단계로 하고, 단계의 진행에 따라, 차례로 처리압력을 저하시키고, 가스유량을 증가시켜, 전극 온도를 올림으로써, 피에칭제에 형성하는 개구의 형상을 더욱 고정밀도로 제어하는 것도 가능하다. 또한, 복수의 단계를 짜지 않고, 도 8b(d)에 나타내는 바와 같이 연속적으로 각 파라미터를 변화시켜도 된다.
- [0057] (실시예 3)
- [0058] 실시예 1 및 실시예 2에 나타내는 피에칭제의 에칭방법에 있어서, 장기간 안정되게 에칭형상을 제어하는 에칭방법에 대하여 설명한다.
- [0059] 먼저, 본 발명에 의한 플라스마 에칭방법을 실시하는 플라스마 에칭장치 구성의 개요를 도 10에 나타낸다. 도 10의 실시형태는 본 발명을 실시하는 플라스마 에칭장치의 기본적 구성이다. 플라스마 에칭장치는, 가스 도입수단(108)과 진공 배기수단(117)을 가지는 진공용기(101)에 자장 코일(107)이 배치되어 있고, 동축 케이블에 의해 안테나(109)로 도입되는 전자파와 당해 자장 코일(107)에 의한 자장의 상호작용으로 진공용기(101) 내로 도입된 가스를 플라스마화한다. 이 때, 바이어스용 전원(110)으로부터 발진된 전자파를 정합기(111)와 블로킹 콘덴서를 사용하여 시료설치 전극(114)에 인가함으로써, 고속으로 피처리체(102)의 플라스마처리를 행할 수 있다. 본 실시형태에서의 안테나(109)에는 제 1 정합기(104)를 거쳐 450 MHz의 플라스마생성용의 제 1 전원(103)과, 제 2 정합기(106)를 거쳐 4 MHz의 제 2 전원(105)의 2개의 주파수가 인가되어 있다. 피처리체(102)는 12 인치 지름이고, 당해 피처리체와 안테나(109)의 간격은 3 cm로 되어 있다. 안테나(109)는, 실리콘으로 형성되어 있고, 또 당해 실리콘의 표면에 형성한 복수의 구멍으로부터 원료가스가 진공용기(101) 내로 도입되는 구성으로 되어 있다. 또 처리실 내를 소정의 압력으로 감압하기 위하여, 예를 들면 터보분자 펌프 등의 배기수단(117)과, 처리실 내를 소정의 압력값으로 조절하기 위한 가스압력 조정밸브(116)가 당해 배기수단의 전단에 설치되어 있다. 4 MHz의 제 2 전원(105)의 전자파는, 안테나(109) 표면과 플라스마와의 사이에서 형성되는 전위를 조절하는 기능을 가진다. 당해 4 MHz의 제 2 전원(105)의 출력을 조절함으로써 실리콘 표면의 전위를 임의로 조절할 수 있고, 안테나(109)와 플라스마 내 활성종의 반응을 제어할 수 있다. 처리실 내에는 피에칭제(피처리체)(102)를 탑재하기 위한 스테이지(112)가 설치되어 있다. 당해 스테이지(탑재대)(112)에는 피처리체(102)를 흡착하기 위한 시료설치 전극(114)과 피처리체를 위로 들어 올리기 위한 푸셔핀(도시 생략)이 설치되어 있다. 또, 시료설치 전극(114)에는 온도 조절장치(115)가 접속되어 있어, 전극 온도를 제어할 수 있다.
- [0060] 또한, 처리실 내에는 스캐터로메트리장치를 구비하고 있다. 스캐터로메트리란, 비특허문헌 1에 나타내는 바와 같이, 외부 광을 피처리체에 조사하였을 때의 반사광의 편광상태를 측정하고, 그곳에서 얻어지는 스펙트럼 분포로부터, 데이터 베이스를 기초로 해석하여, 피처리체의 형상을 계산에 의해 구하는 방법이다.
- [0061] 실시예 1 및 실시예 2에 나타내는 본 발명에서는, 마스크 형상을 제어하는 것이, 보잉을 억제하는 데에 있어서 중요하다. 스캐터로메트리에 의하여, 에칭형상을 구할 수 있는 점을 이용하고, 에칭 종료 후, 외부 광원(118), 발광 모니터(119), 발광을 해석하는 장치(120)로 구성되는 스캐터로메트리장치에 의하여, 에칭형상을 구할 수 있다. 만약, 마스크형상 또는 피에칭제의 형상에 변동이 있었던 경우는, 통신선을 거쳐 피드백수단(121)에 제어신호가 보내지고, 또한 통신선을 거쳐 가스 도입수단(108), 가스압력 조정밸브(116), 온도 조절장치(115)에 제어신호가 보내져, 형상 변동을 억제할 수 있다. 예를 들면, 마스크 표면에 가까운 개구가 원하는 좁힘량이 된 경우에는, 피드백 수단을 거쳐, CF 폴리머의 퇴적속도를 증가하는 효과가 있는 플루오로카본 가스유량을 증가함으로써, 마스크 표면 근처의 개구를 좁힐 수 있다. 본 실시예에서는, 피드백 제어하는 가스 파라미터를 플루오로카본 가스유량으로 하였으나, CF 폴리머를 제거하는 효과가 있는 O₂ 유량을 감소시킴에 의해서도 동일한 효과가 얻어지는 것은 물론이다. 또, 가스압력 조정장치나 전극 온도를 컨트롤함으로써, 형상을 안정화시킬 수 있는 것은 물론이다.
- [0062] 또한, 상기 플라스마 에칭장치에서는, 에칭 종료 후에 스캐터로메트리장치에 의하여 형상을 구하였으나, in-situ 관측에 의해 에칭을 하면서 스캐터로메트리에 의하여 형상을 구하고, 피드백함으로써 에칭하여도 된다. 또, 이 플라스마 에칭장치에서는, 스캐터로메트리장치를, 처리실에 설치하여 계측하고 있으나, 로드록실이나 언로드록실에 설치하여도 된다. 또한, 에칭장치와는 별도로, 독립하여 스캐터로메트리장치를 추가하여 ex-situ 관측으로 하여도 된다. 이와 같이, 스캐터로메트리장치에 의하여 구한 형상 결과를 기초로 피드백을 걸음으로써, 장기간 안정되게 형상 제어하는 것이 가능해진다. 또, 스캐터로메트리장치와 동등 또는 그것을 상

회하는 형상 측정 결과가 얻어지는 방법이면, 스캐터로메트리장치 이외의 형상 측정수단이어도 동일한 효과가 얻어지는 것은 물론이다.

[0063] 상기한 플라즈마 에칭장치에서는, 플라즈마의 생성수단이 피처리체의 대향면에 배치된 전극에 피처리체와 다른 고주파 전력을 인가하여 플라즈마를 생성하는 수단에 대하여 설명하였으나, 플라즈마의 생성이 피처리체의 탑재대에 고주파 전력을 인가함으로써 플라즈마를 생성하는 수단 또는 플라즈마생성수단이 유도결합방식 또는 자장과 고주파 전계의 상호작용에 의해 플라즈마가 생성되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 에칭장치이어도 동일한 효과가 얻어지는 것은 물론이다.

[0064] 또한, 상기한 실시예에서 대상으로 한 구체적인 에칭방법은, $\text{Ar}/\text{C}_4\text{F}_6/\text{O}_2 = 1000/60/70$ sccm, 처리압력 10 Pa, 반도체 웨이퍼의 설정 온도 20℃, 웨이퍼 바이어스 5 kW를 스타트 조건으로 하였다. 가스종, 가스유량, 압력, 웨이퍼의 설정 온도 및 웨이퍼 바이어스가 이 조건으로부터 크게 이탈하지 않는 범위에서, 동일한 효과가 얻어지는 것은 물론이다. 또, 플라즈마의 원료 가스에 플루오로카본계 가스를 주성분으로 하는 HARC 에칭에 있어서, 피처리체인 실리콘 기판 상의 SiO_2 , SiC, SiOC, SiOCH, SiN, Si_3N_4 중 어느 하나를 주원료로 하는 막을 에칭 처리하는 프로세스에 적용할 수 있는 것은 물론이다. 또한, 에칭에 사용하는 절연막은, 당해 플라즈마 에칭장치를 사용하여 피처리체인 실리콘 기판 상의 SiO_2 , SiC, SiOC, SiOCH, SiN, Si_3N_4 의 2종류 이상의 다층 구조를 에칭 처리하는 것에도 적용할 수 있는 것은 물론이다.

[0065] 이상 설명한 바와 같이, 상기 실시예에 의하면, 피에칭재의 에칭 처리의 진행에 따르는 중형비의 변화에 연동시켜 에칭 조건을 변경시켜 플라즈마 에칭함으로써, 높은 중형비의 심공 가공에서, 종래 이상으로 보잉을 저감하고, 또, 높은 중형비부에서의 홀 바닥 가공 치수의 축소나 에칭속도의 저하를 해소할 수 있는 에칭 처리 방법을 제공할 수 있다.

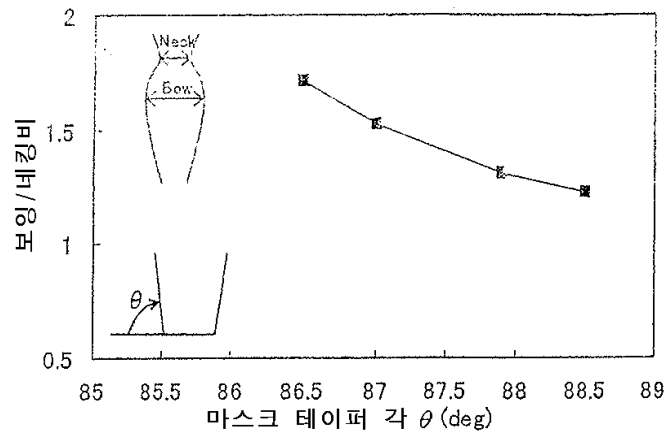
도면의 간단한 설명

- [0066] 도 1은 마스크 테이퍼각(θ)과 보잉/네킹과의 관계를 나타내는 그래프,
- [0067] 도 2는 마스크 테이퍼각(θ)마다의 중형비(홀 깊이)에 대한 홀 측벽에 입사하는 이온 플럭스 밀도의 관계를 나타내는 그래프,
- [0068] 도 3은 마스크 선단부의 형상마다의 중형비(홀 깊이)에 대한 홀 측벽에 입사하는 이온 플럭스 밀도의 관계를 나타내는 그래프,
- [0069] 도 4a는 샘플의 단면형상을 설명하는 모식도,
- [0070] 도 4b는 본 발명의 제 1 실시형태에 관한, 마스크의 표면 근처의 개구를 좁힌 상태의 단면형상을 설명하는 모식도,
- [0071] 도 4c는 도 4b에 나타내는 마스크를 사용하여 피에칭재를 에칭한 심공 가공의 단면형상을 설명하는 모식도,
- [0072] 도 4d는 도 4a에 나타내는 마스크를 사용하여 종래의 방법으로 피에칭재를 도중까지 에칭한 마스크의 단면형상을 설명하는 모식도,
- [0073] 도 4e는 도 4d에 나타내는 마스크를 사용하여 종래의 방법으로 피에칭재를 에칭한 심공 가공의 단면형상을 설명하는 모식도,
- [0074] 도 5는 마스크 개구에 입사하는 입사 이온의 분산각(σ)마다의 중형비(홀 깊이)에 대한 홀 측벽에 입사하는 이온 플럭스 밀도의 관계를 나타내는 그래프,
- [0075] 도 6은 마스크 개구에 입사하는 입사 이온의 분산각(σ)마다의 중형비(홀 깊이)에 대한 보텀에 대한 이온 입사확률의 관계를 나타내는 그래프,
- [0076] 도 7은 처리가스 압력과 CF 폴리머의 홀 측벽에 대한 퇴적속도의 관계를 나타내는 그래프,
- [0077] 도 8a(a)는 종래의 에칭 시퀀스를 나타내는 그래프,
- [0078] 도 8a(b)는 본 발명의 제 2 실시예에 관한 높은 중형비부 가공을 향한 단계 에칭 시퀀스를 나타내는 그래프,
- [0079] 도 8b(c)는 본 발명의 제 2 실시예에 관한 단계수를 3 이상의 복수단계로 한 단계 에칭 시퀀스를 나타내는 그래프,

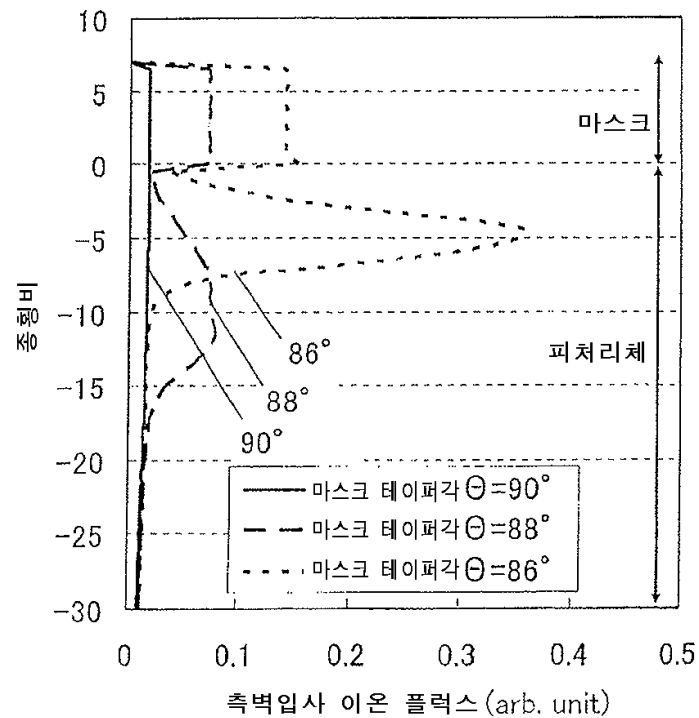
- [0080] 도 8b(d)는 본 발명의 제 2 실시예에 관한 연속적으로 각 파라미터를 변화시키는 단계 에칭 시퀀스를 나타내는 그래프,
- [0081] 도 9는 본 발명의 제 2 실시형태에 관한 심공 가공 형상의 단면을 설명하는 모식도,
- [0082] 도 10은 본 발명의 제 3 실시형태에 관한 플라즈마 에칭방법이 적용되는 플라즈마 에칭장치의 구성예를 나타내는 개략도(단면도),
- [0083] 도 11은 고리형상 구조를 가지는 C_5F_6 가스의 구조식이다.

도면

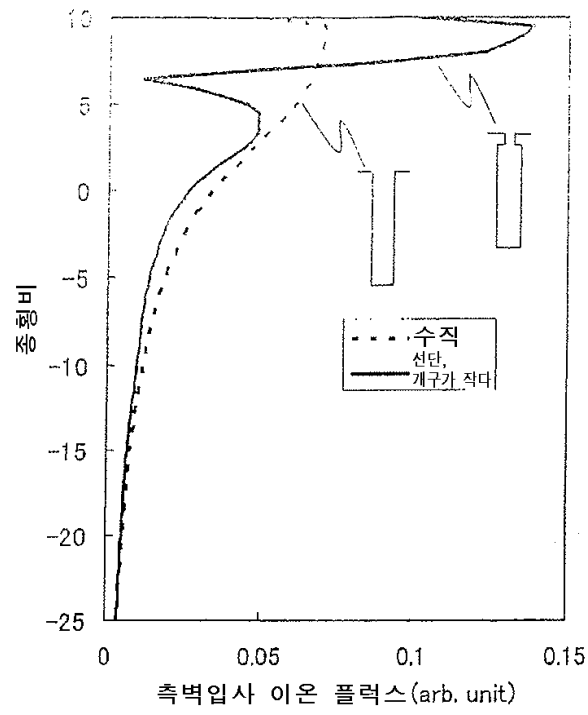
도면1



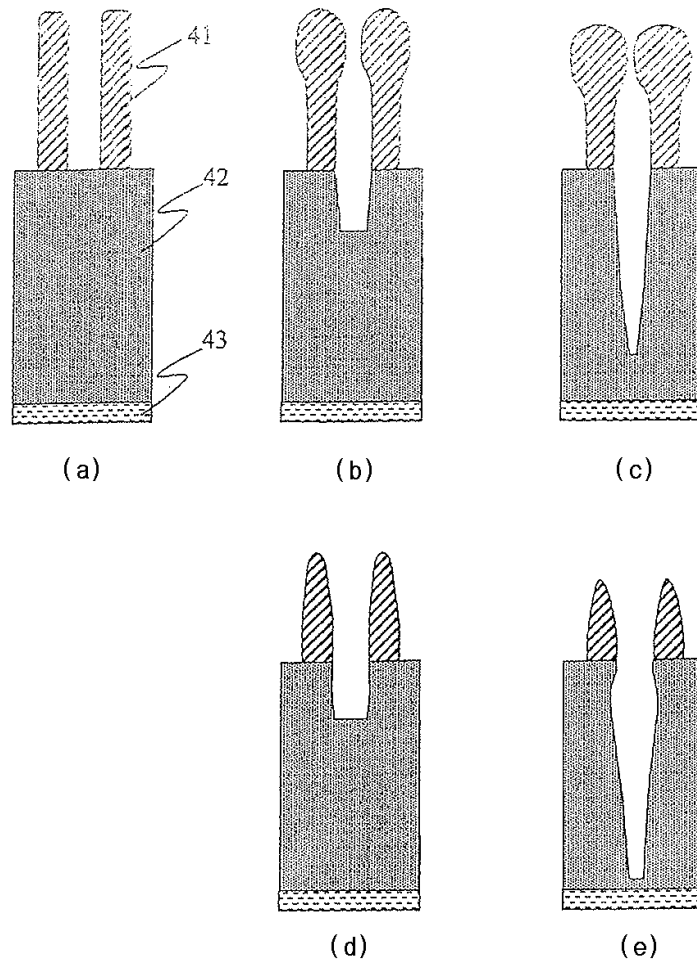
도면2



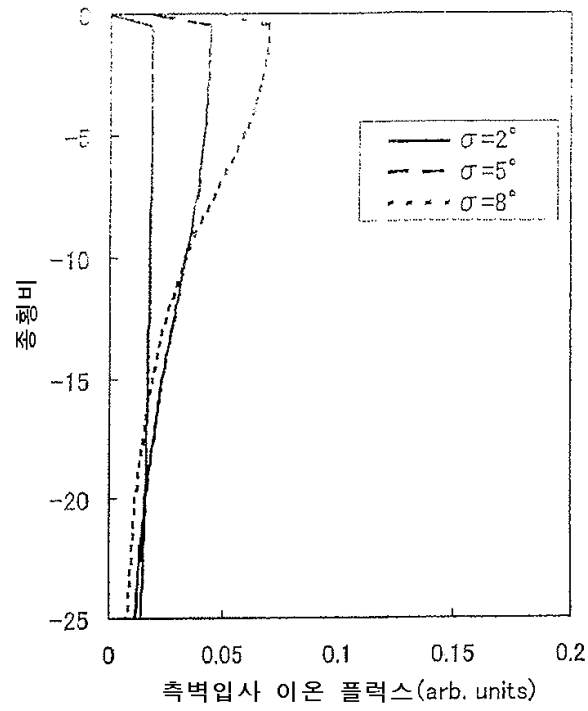
도면3



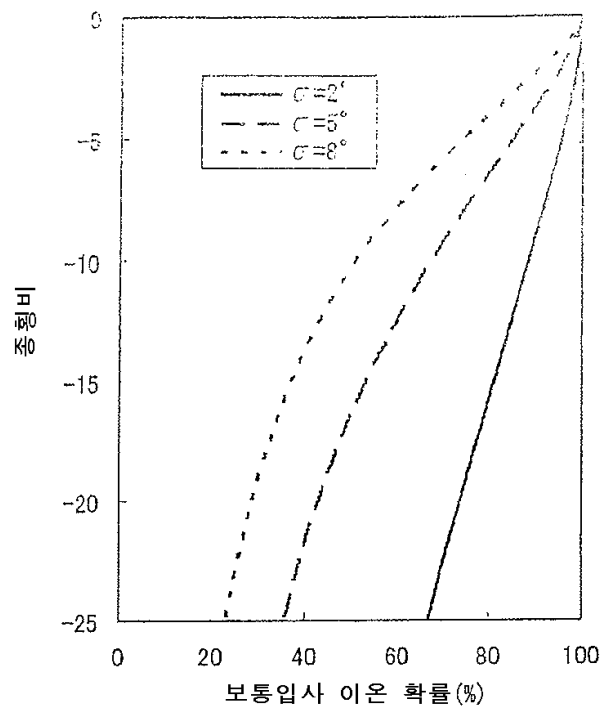
도면4



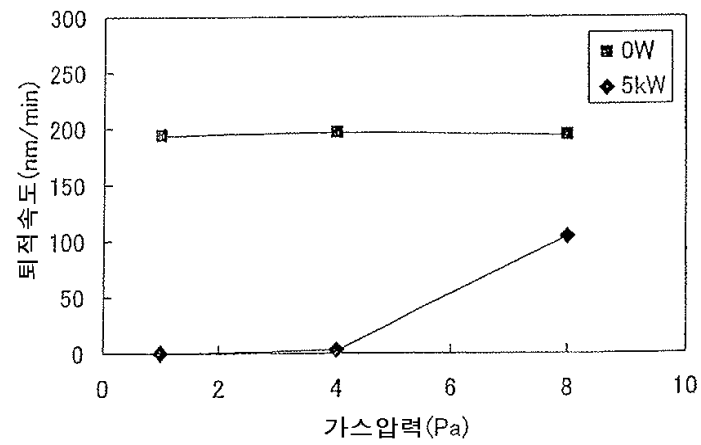
도면5



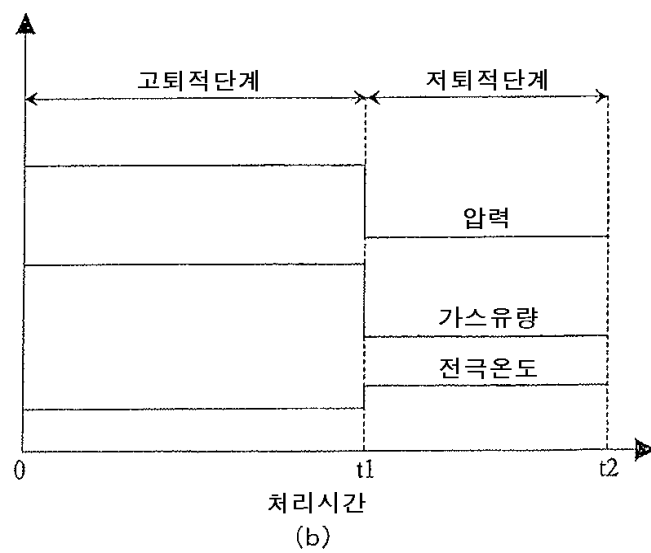
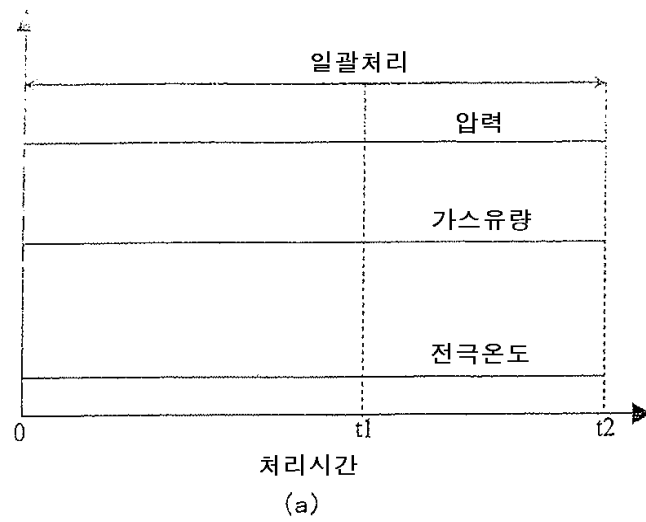
도면6



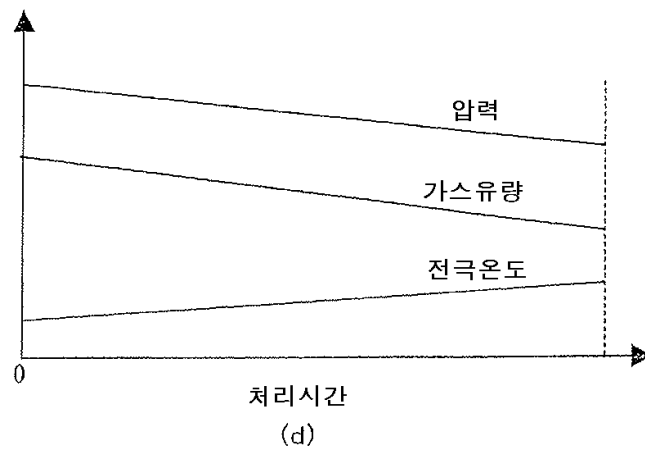
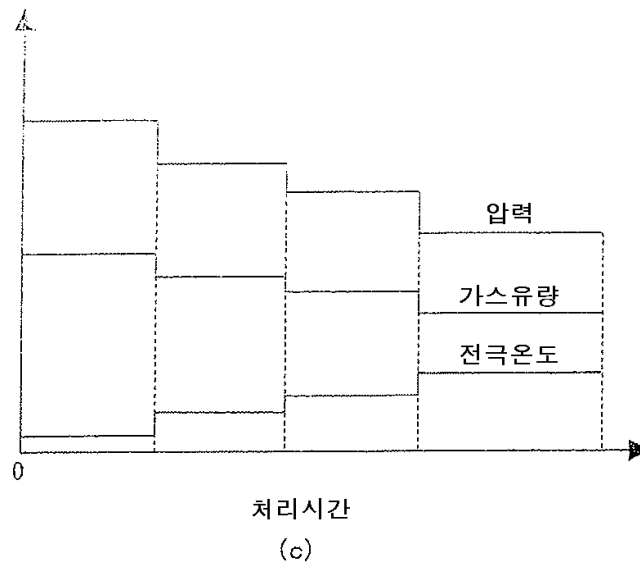
도면7



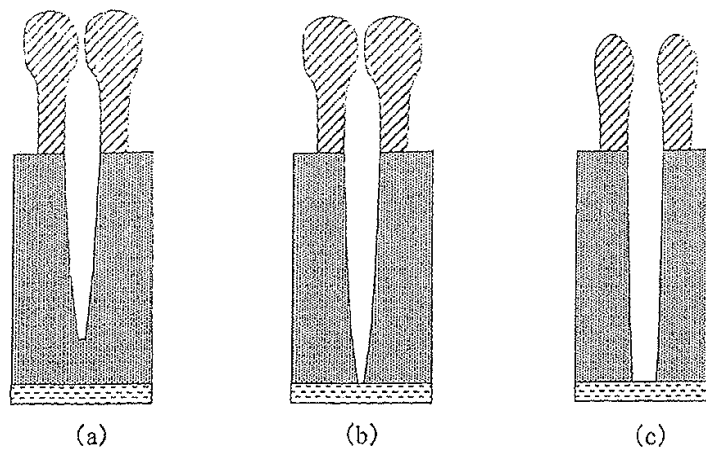
도면8a



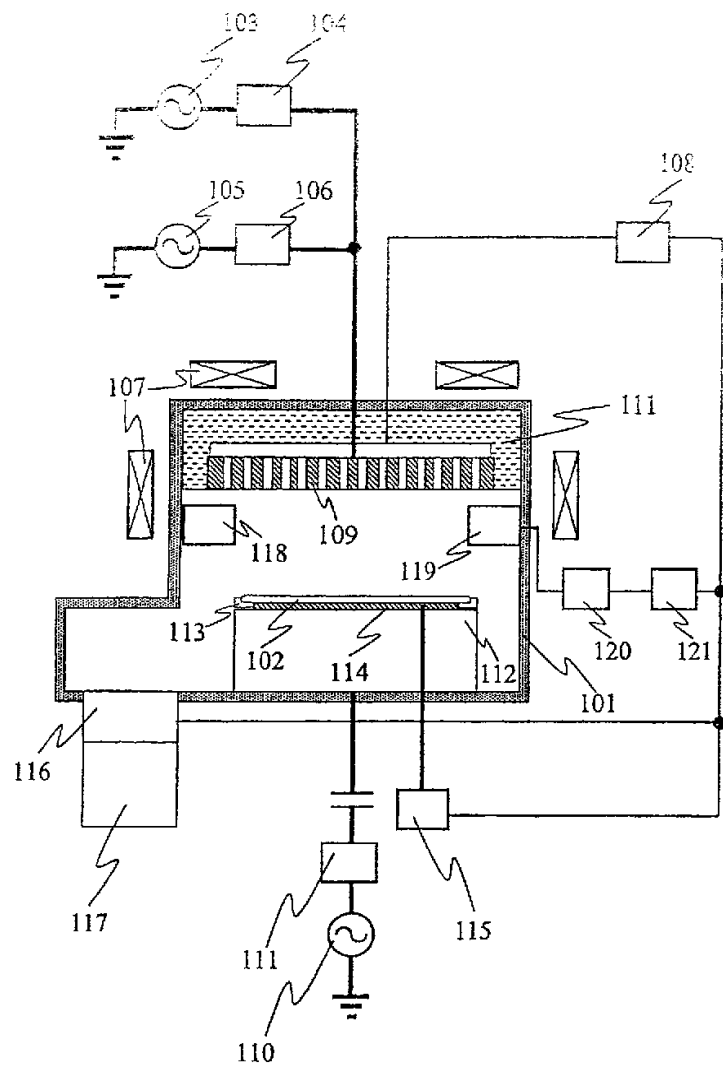
도면8b



도면9



도면10



도면11

