(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。Int. Cl.[7]
H01L 21/3065

(45) 공고일자 2005년01월24일
(11) 등록번호 10-0467133
(24) 등록일자 2005년01월11일

(21) 출원번호 10-2001-7012214
(22) 출원일자 2001년09월25일
번역문 제출일자 2001년09월25일
(86) 국제출원번호 PCT/US2000/006630
(86) 국제출원출원일자 2000년03월13일
(65) 공개번호 10-2002-0010592
(43) 공개일자 2002년02월04일
(87) 국제공개번호 WO 2000/59021
(87) 국제공개일자 2000년10월05일

(81) 지정국 국내특허 : 독일, 일본, 대한민국,

(30) 우선권주장
09/276,376 1999년03월25일 미국(US)
09/405,869 1999년09월24일 미국(US)

(73) 특허권자
어플라이드 머티어리얼스, 인코포레이티드
미국 95054 캘리포니아 산타 클라라 바우어스 애브뉴 3050

(72) 발명자
헝,호이만,레이몬드
미국95129캘리포니아샌어제이벌켓드라이브1282

카울필드,조셉
미국94618캘리포니아오클랜드세인트파울코트5866

샨,홍킹
미국95014캘리포니아쿠퍼티노에스.스텔링로드1369

라이스,마이클
미국94566캘리포니아플레산톤클라렛코트785

콜린스,케네쓰,에스.
미국95111캘리포니아샌어제이나이트쉐이븐웨이165

쿠이,츈시
미국95051캘리포니아산타클라라할포드1750

(74) 대리인
남상선

심사관 : 김준학

(54) 크세논의 첨가로 인한 규소 산화물 에칭 속도와 기판선택비의 개선 방법

요약

플라즈마 에칭 방법은 규소 질화물과 같은 비산화물 조성을 갖는 미세구조물 상에서, 특히 미세구조물이 산화물 에칭 중에 면을 형성할 모서리를 가질 때 산화물을 선택적으로 에칭하는데 특히 유용하다. 주로 플루오르 함유 가스, 특히 헥사플루오르부타디엔(C_4F_6)은 에칭 정지부의 발생 없이 질화물 선택비를 향상시키기 위해 상당히 많은 양의 희석 가스인 크세논(Xe)과 혼합된다. 화학물은 홀과 모서리, 예를 들어 이중 다마신 구조물에서 카운터보어 비아가 이미 형성된 시간조절 산화물 에칭에서 산화물을 에칭하는데 유용하다. 이러한 경우에, 크세논의 관련 양은 높을 필요는

없지만, 크세논은 산화물 모서리의 면을 감소시킨다. 본 발명은 관련된 무거운 플루오르탄소와 다른 플루오르계 에칭 가스와 함께 사용될 수도 있다. 플라즈마 에칭은 바람직하게 플라즈마를 아르곤으로 충돌시키는 단계, 크세논과 플루오르계 가스를 교체하는 단계를 포함하지만 감소된 바이어스 전력에서 플라즈마를 안정화시키며 바이어스를 완벽한 에칭 레벨로 증가시킨다.

대표도

도 12

명세서

기술분야

본 발명은 1999년 3월 25일자로 출원된 미국 출원 번호 제 09/276,376호의 부분 연속 출원이다. 본 발명은 1999년 3월 25일자로 출원된 미국 출원 번호 제 09/276,311호와도 관련있다.
본 발명은 일반적으로 규소 집적 회로의 에칭, 특히 규소 질화물과 다른 비산화물 재료에 대한 에칭 속도를 상당히 감소시킬 수 있으나 여전히 산화물 내에 수직 프로파일을 생성할 수 있는 공정에서 규소 산화물 및 관련 재료의 에칭에 관한 것이다.

배경기술

규소 집적 회로의 제조에서, 칩 상의 소자 수의 계속적인 증가와 이에 수반되는 최소 선폭의 감소는 종종 곤란한 형태에 상이한 재료층을 증착하는 단계와 상기 층 내에 또다른 미세구조물을 에칭하는 단계를 포함하는 제조 공정에 사용되는 많은 제조 단계에 상당히 곤란한 요구사항을 제시한다.
산화물의 에칭은 가장 곤란한 시도로 인식되어 왔다. 산화물은 공지된 것처럼 비화학량론적 조성물인 SiO_x가 약간 함유되지만, 실리카, 특히 이산화규소(SiO_2)에 대해 사용되는 일반적인 용어이다. 산화물이란 용어는 보로포스포실리케이트 유리(SPSG)와 다른 실리케이트 유리를 함유하는 산화물 유리와 같은 밀접하게 관련된 재료도 포함한다. 규소 산화질화물의 몇몇 형태는 질화물보다 산화물에 더 가까운 것으로 간주된다. 플루오르 또는 탄소와 같은 미소 분율의 도펀트가 유전체 상수를 감소시키기 위해 실리카에 첨가될 수도 있다. 산화물 재료는 종종 집적 회로의 상이한 레벨 사이에서 주로 전기 절연층으로 사용된다. 유전체 파괴에 의해 설정된 한계 때문에, 산화물 층의 두께는 0.5 내지 1㎛ 이하로 감소될 수 없다. 그러나, 산화물 층을 관통하는 콘택트와 비아 홀의 최소 선폭은 0.5㎛ 이하로 용이하게 확장될 수 있으며, 현재의 개발 목표는 0.13㎛이다. 산화물 내에 에칭된 홀은 상당히 이방성이어야 하며 홀의 깊이 대 최소 폭으로 정의된 높은 종횡비를 가져야 한다. 하부 규소가 에칭된 홀의 깊이(산화물의 두께)보다 실질적으로 작은 두께의 활성 도프 영역과 함께 형성될 수도 있다는 사실로부터 또다른 문제점이 발생한다. 제조 변수로 인해, 하부 활성 규소 영역을 통해 실질적인 에칭 가능성 없이 규소 산화물을 통해 완전히 에칭하기 위해 비선택적 산화물의 에칭 시간을 정확히 계산하는 것은 불가능하게 되었다.
프로파일을 통한 이방성은 에칭 가스, 일반적으로 플루오르계 가스가 플라즈마로 전기적으로 여기되는 건식 플라즈마 에칭에 의해 달성될 수 있다. 플라즈마 조건은 많은 재료에서 높은 이방성 에칭을 생성하기 위해 조절될 수도 있다. 그러나, 미립자가 산화물을 스퍼터링시키기에 충분히 높은 에너지를 가진 플라즈마가 웨이퍼를 향해 미립자를 방출하는 순수 스퍼터링 모드에서 플라즈마 반응실을 작동시킴으로써 이방성을 달성해는 않된다. 스퍼터링은 일반적으로 비선택적이다. 고에너지의 스퍼터링은 에칭된 콘택트 홀의 바닥에서 노출된 규소의 반도체성을 상당히 퇴화시킨다. 금속이 비아의 바닥에 노출된다면, 스퍼터링은 비아의 측벽에 소정의 금속을 스퍼터링하는 경향이 있으며, 다음에 증착된 배리어층의 효과를 손상시킨다.
이러한 문제점의 관점에서, 화학적 효과에 보다 의존하는 선택적 에칭 공정이 개발되었다. 이러한 공정은 종종 반응성 이온 에칭(RIE)으로 설명된다. SF_6와 같은 다른 플루오르화 가스에 소정의 노력이 가해졌지만 가장 유용한 활성 에칭 가스는 플루오르탄소(수소플루오르탄소를 포함함)이다. 충분히 높은 레벨의 선택비는 각각의 레벨에 대해 정확한 리소그래피에 대한 필요성 없이 새로운 구조물이 제조될 수 있게 한다.
이러한 진보된 구조물의 예는 도 1의 단면도에서 도시된 자체 정렬 콘택트(SAC)이다. 도시된 SAC 구조물은 규소 기판(2) 상에 형성된 두 개의 트랜지스터의 일부를 도시한다. 폴리실리콘 게이트층(4), 텅스텐 실리사이드 배리어 및 접착제층(6), 및 규소 질화물 캡층(8)이 증착되고, 사이에 갭(12)을 갖는 두 개의 근접하게 이격된 게이트 구조물(10)로 사진공적에 의해 형성된다. 화학 증착(CVD)에 의해 규소 질화물(Si_3N_4)의 실질적인 등각층(14)을 웨이퍼 상에 증착하며, 갭(12)의 바닥 뿐만 아니라 게이트 구조물(10)의 상부 및 측면을 코팅한다. 실제로, 질화물은 표시된 화학량론을 따르지 않고 SiN_x의 조성을 가질 수도 있으며, 여기서 x는 1 내지 1.5 사이이며, 질화물은 전기 절연체로서 작용한다. 도펀트 이온은 자체 정렬 p-타입 또는 n-타입 우물(16, well)을 형성하기 위해 마스크로서 게이트 구조물(10)을 사용하여 이온 주입되며, 상기 우물은 각각 게이트(10)를 갖는 두 개의 트랜지스터를 위한 공통 소스로 작용한다. 두 개의 트랜지스터인 드레인 구조물은 도시되지 않는다.

산화물 필드층(18)은 미리 형성된 상기 구조물 상에 증착되며, 유기 포토레지스트 층(20)은 상기 산화물 층(18) 상에 증착되며 포토그래피적으로 마스크로 형성된다. 뒤이은 산화물 에칭 단계는 산화물 층(18)을 통해 콘택트 홀(22)을 에칭하며 홀(22) 아래에 있는 질화물층(14)의 일부(24) 상에서 정지한다. 콘택트 홀(22) 내에 뒤이어 증착되는 금속은 금속 인터커넥트보다 하부 규소에 콘택트를 형성하기 때문에 콘택트 홀로 지칭된다. 하부 금속 인터커넥트에 접촉되면, 구조물은 비아 홀로 지칭되며 본 발명의 소정의 양태 내에 포함된다. 특별히 달리 기술되지 않는다면, 콘택트에 대한 참조 부호는 비아에 대해 동등하게 적용된다. 수소 또는 질소에 의한 소프트 사후-에칭 플라즈마 처리는 갭(12)의 바닥(15)에 있는 질소 부분(24)을 제거한다. 규소 질화물은 게이트 구조물(10)과 금속, 일반적으로 알루미늄 사이에서 전기 절연체로서 작용하며, 그 후 콘택트 홀(22) 내에 채워진다.

질화물은 절연체로서 작용하기 때문에, SAC 구조물과 방법은 콘택트 홀(22)이 게이트 구조물(10) 사이에 있는 갭(12)의 폭보다 넓다는 장점을 제공한다. 진보된 장치에서, 게이트 구조물(10) 사이에 있는 갭(12)은 매우 작은 10㎚ 이하이지만, 콘택트 홀(22)의 폭은 상당히 크다. 부가적으로, 게이트 구조물(10)을 갖는 포토리소그래피적 레지스트리(registry)는 정확할 필요는 없다. 포토레지스트 층(20)에서 마스크의 부정확한 형성은 도 2에서 도시된 것처럼 콘택트 홀(22)의 일 측면을 갭(12)의 중앙 주위에 위치시키며, 좁은 측면 갭(26)이 하나의 게이트 구조물의 측면 상에 있는 콘택트 홀(22)의 바닥에 형성된다. 측면 갭(26)의 폭은 0.1㎛이하일 수도 있다. 그럼에도 불구하고, 이는 양호한 콘택트를 제공할 수도 있다. 그러나, 이러한 유익한 효과를 달성하기 위해, SAC 산화물 에칭은 질화물에 대해 매우 선택적이어야 한다. 즉, 공정은 질화물 에칭 속도보다 훨씬 큰 산화물 에칭 속도를 나타내야 한다. 선택비의 수치는 산화물 대 질화물의 에칭 속도의 비로 계산된다. 선택비는 갭(12 또는 26) 상에 및 다음에 있는 질화물 층(14)의 모서리(28)에서 특히 결정적인데, 이는 질화물 모서리(28)가 산화물 에칭에 가장 길게 노출된 질화물의 일부이기 때문이다. 더욱이, 질화물 모서리(28)는 질화물 모서리(28)에 면을 형성하는 경향이 있는 신속 에칭에 바람직한 구조를 갖는다. 상기 모서리 깍임(faceting)이 충분히 심각(severe)하다면 게이트 구조물(10)의 모서리는 이에 의해 조기에 노출될 것이다.

더욱이, 평탄하지 못한 웨이퍼 상에서 산화물 층의 평탄화를 위한 증가된 화학적 기계적 연마(CMP)로 증가된 선택비가 요구된다. 연마에 의한 평탄화는 평탄하지 못한 하부 기판 상에 있는 산화물 층에 평평한 상부 표면을 생성하여, 상당한 가변 두께의 산화물 층을 생성한다. 이러한 가변 두께를 보상하기 위해, 산화물의 에칭 시간은 두께의 설계가 가변 두께의 산화물의 침투를 보장하는 에칭 시간보다 상당히 많은, 예를 들어 100%까지 길게 설정되어야 한다. 과에칭으로 지칭되는 이러한 초과 에칭 시간은 다른 공정 변수를 수용한다. 그러나, 보다 얇은 산화물을 갖는 영역에 있어서, 질화물은 에칭 환경에 보다 길게 노출된다.

결국, 요구된 정도의 선택비는 게이트 구조물(10)과 콘택트 홀(22) 내에 채워진 금속 사이에 있는 질화물 층(14)을 통해 전기적 쇼트의 감소된 가능성에 반영된다. 에칭은 예를 들어 마스크(20)의 모서리에서 현상되는 면(29)에서 포토레지스트에 선택적이어야 하지만, 포토레지스트의 선택비에 대한 요구사항은 포토레지스트층(20)이 질화물층(14)보다 훨씬 두껍기 때문에 엄격하지는 않다. 그러나, 0.18 이하의 리소그래픽 해상도를 요구하는 매우 진보된 장치에 있어서, 포토레지스트의 두께는 한정되어 포토레지스트의 선택비가 결정적이다.

장래에, 가장 요구되는 에칭 단계가 고밀도 플라즈마(HDP) 에칭 반응실에서 수행되도록 투입된다. 이러한 HDP 에칭 반응실은 플라즈마 시스(sheath)를 제외한 플라즈마를 걸쳐 10^{11} ㎝ $^{-3}$ 의 최소 평균 이온 밀도를 갖는 고밀도 플라즈마를 얻는다. 고밀도 플라즈마를 달성하기 위해 전자 사이클로트론 공명 및 원격 플라즈마 공급원과 같은 다양한 기술이 이용되지만, 상업적으로 가장 중요한 기술은 공급 영역 내의 유도 결합 RF 에너지와 관련된다. 유도 코일은 챔버의 측부에서 원통형으로 둘러싸이거나 챔버의 상부 상의 평평한 코일이거나 소정의 중간 또는 조합 구조나 다른 변수를 나타낸다.

IPS 반응실

유도 결합된 플라즈마 에칭 반응실의 예는 어플라이드 머티어리얼스(Applied Materials)사로부터 제조되고 콜린스(Collins)등에 의한 1996년 10월 21일에 출원된 미국 특허 출원 제 08/733,544호와 유럽 특허 공개공보 EP-840,365-A2호에 개시된 유도 플라즈마 소스(IPS) 에칭 반응실이다. 도 3에 도시된 것처럼, 처리될 웨이퍼(30)는 제 1 RF 전력 공급원(34)으로부터 RF 전력을 공급받는 캐소드 받침대(32) 상에 가깝게 장착된다. 규소 링(36)은 받침대(32)를 둘러싸며 가열 램프(38)의 정렬에 의해 제어 가능하게 가열된다. 접지된 규소 벽(40)은 플라즈마 처리 영역을 둘러싼다. 규소 지붕(roof)(42)은 플라즈마 처리 영역을 둘러싸며, 램프(44)와 수냉 채널(46)은 플라즈마 처리 영역의 온도를 제어한다. 전술된 실시예에서, 규소 지붕(42)은 접지되지만, 다른 응용을 위해 분리되어 RF 바이어스될 수도 있다. 진공 처리 챔버의 부피는 200㎜ 웨이퍼에 대해 약 23리터이다. 챔버의 부피는 웨이퍼 직경의 제 2 및 제 3승 사이의 범위이다. 온도 제어 가능한 규소 링(36)과 규소 지붕(42)은 플루오르탄소 플라즈마로부터 플루오르를 세정하는데 사용될 수도 있다. 소정의 응용에 있어서, 플루오르의 세정은 비정질 또는 그래파이트 탄소와 같은 고체 탄소체, 또는 규소 탄화물과 같은 다른 비산화물 규소계 또는 탄소계 재료에 의해 수행될 수 있다.

공정 가스는 하나 이상의 하부 가스 공급구(48)로부터 자기 또는 반도체 메모리의 처리법이 저장된 시스템 제어기(52)의 제어하에 있는 질량 유동 제어기(50) 뱅크를 통해 공급된다. 가스는 각각의 가스 공급원(54, 56)으로부터 공급된다. 통상적인 산화물 에칭법은 플루오르탄소 또는 수소플루오르탄소 및 아르곤의 조합을 사용한다. 옥타플루오르시클로부탄(C_4F_8)과 트리플루오르메탄(CHF_3)이 유용한 플루오르탄소이지만, 다른 수소 없는 플루오르탄소, 수소플루오르탄소, 및 이들의 조합물도 사용된다. 에칭 가스의 조성은 본 발명의 중요한 요지이다.

규소 챔버 벽(40)에 기계적 및 전기적으로 결합된 금속 분기관 벽(58)은 주처리 영역의 하부를 둘러싸고 환형의 압축 오리피스(60)에 의해 주처리 영역의 하부에 연결된 펌핑 채널(59)을 형성한다. 도시되지 않은 로봇 블레이드는 웨이퍼(30)를 분기관 벽(58) 내의 개구(61)와 관련된 도시되지 않은 슬릿 밸브를 통해 챔버 내외로 전달한다. 펌핑 채널(59)에 결합된 도시되지 않은 진공 펌핑 시스템은 제어기(52)에 의해 설정된 것처럼 챔버를 소정의 압력에 유지시킨다.

제어기(52)는 에칭 처리법에 따른 다양한 반응실 구성요소를 제어하여 에칭 공정을 결정한다.
사용된 구성에서, 규소 지붕(42)은 접지되며, 규소 지붕의 반도체 비저항과 두께는 각각의 RF 전력 공급원(66, 68)에 의해 전력이 공급되고 지붕(42) 상에 위치된 내측 유도 코일층(62)과 외측 유도 코일층(64)에 의해 생성된 일반적으로 축상의 RF 자기장을 통과하도록 선택된다. 단일 RF 전력 공급원과 RF 전력 스플리터로 대체될 수도 있다. 전술된 실시예에 사용된 IPS 반응실에서, 세 개의 RF 전력 공급원의 주파수는 상이하며 모두 낮은 메가헤르츠 범위에 있다.
광학 방출 분광법(OES)은 플라즈마 에칭에서 종결 탐지에 사용되는 통상적인 모니터링 공정이다. 광학 화이버(70)는 웨이퍼(30) 상의 플라즈마 영역(74)을 측면 조사하기 위해 챔버 벽(40)을 관통한 홀(72) 내에 위치된다. 광학적 탐지 시스템(76)은 화이버(70)의 다른 단부에 연결되며 하나 이상의 광학적 필터와 플라즈마 내의 알루미늄, 구리, 또는 다른 종과 관련된 플라즈마 방축 스펙트럼으로 조절되는 처리 회로를 포함한다. 원탐지 신호 또는 트리거 신호는 제어기(52)에 전자적으로 공급되며, 상기 제어기(52)는 새로운 신호가 나타나거나 이전 신호가 감소할 때 에칭 공정의 한 단계가 완성될 것을 결정하는데 신호를 사용할 수 있다. 이러한 결정으로, 제어기(52)는 처리법을 조절할 수 있거나 공급 전력 공급원(66, 68) 내에 미리 설정된 전력 레벨에 따라 에칭 단계를 종결시킬 수 있다.
IPS 챔버는 고밀도 또는 저밀도 플라즈마를 생성하도록 작동될 수 있다. 규소 표면과 웨이퍼의 온도는 제어될 수 있다. 바이어스 전력 공급원(34)에 의해 캐소드(32)에 인가된 바이어스 전력은 코일(62, 64)에 인가된 공급 전력(66, 68)과 독립적으로 조절될 수 있으며 소프트 플라즈마 에칭 공정에 있어서 충분히 작게 또는 거의 0일 수 있다. 선택적으로, 바이어스 전력은 전기적으로 플로팅 상태로 남아있을 수도 있지만, 음의 직류 자체 바이어스는 일반적으로 그럼에도 불구하고 개발된다.
특히 HDP 에칭 반응실의 사용에서, 산화물 에칭의 선택비는 비산화물 부분 상에 폴리머 층을 형성하는 플루오르탄소 에칭 가스에 의해 달성될 수 있으며, 이에 의해 에칭으로부터 비산화물 부분을 보호할 수 있으며, 산화물 내에 함유된 산소는 휘발성 CO_2를 형성하기 위해 초기에 형성된 소정의 폴리머 내에 함유된 탄소와 결합하기 때문에 산화물 부분은 에칭 환경에 노출된다고 공지되어 있다. 즉, 산화물은 보호 탄소계 폴리머의 형성을 방지한다. 또한, 산화물 측벽 상에 형성하는 폴리머는 수직 에칭 프로파일을 촉진한다. 도 3의 반응실 내에 있는 온도 제어 가능한 규소 링(36)과 지붕(42)은 폴리머의 플루오르 함유량과 폴리머가 비산화물을 덮을 때 플루오르탄소 플라즈마에 의한 에칭에 대한 효과를 제어한다고 공지되어 있다. 그러나, 높은 선택비가 추구된다면 중합 기구(polymerization mechanism)는 산화물 에칭에서의 주문제점의 요인이 된다. 초과량의 폴리머가 에칭된 콘택트 홀 내의 산화물 또는 질화물 표면 상에 증착된다면, 홀은 폐쇄될 수 있으며 에칭은 홀의 바닥까지 에칭을 수행하기 전에 정지된다. 이러한 유해한 조건은 에칭 정지부(stop)로 지칭된다.
선택비는 많은 처리법에서 화학적으로 불활성인 희석 가스, 가장 일반적으로 아르곤(Ar)을 사용함으로써 부분적으로 달성된다. 아르곤은 플라즈마 내에서 일부분 이상 이온화되는데 웨이퍼(30)에 인접한 플라즈마 시스를 가로질러 가속화된다. 적어도 낮은 에너지에 있는 활성화된 아르곤은 종종 반응성 이온 에칭(RIE)으로 지칭되는 공정에서 실리카와 다른 산화물 층의 화학적 기초 에칭을 촉진시킨다. 아르곤의 방향성은 또한 홀 바닥 상에서 보호 폴리머의 형성을 방지하는 역할을 하면서 측벽 상에 보호 폴리머의 형성을 촉진시킨다.
전술된 것처럼, 아르곤은 가장 유용한 희석 가스이다. 플루오르 화학물에 기초한 산화물 에칭에 대한 많은 참조사항은 아르곤의 대체물로서 헬륨, 네온, 크세논, 및 크립톤(He, Ne, Xe, Kr)을 함유하는 다른 희석가스를 언급하지만, 어느 것도 유용하지 않다. 예를 들어, 나모세(Namose)에게 허여된 미국 특허 제 5,173,151호와 알마코스트(Armacost) 등에게 허여된 미국 특허 제 5,811,357호가 참조될 수 있다. 반면, 염소를 기초로 한 소정 형태의 금속 에칭에서는, 크세논이 바람직하다. 예를 들어, 막(Mak) 등에게 허여된 미국 특허 제 5,384,009호가 참조될 수 있다. 유사하게, 브롬에 기초한 소정의 형태의 규소 에칭에서는, 크세논과 크립톤이 바람직하다. 예를 들어, 스타크(Stark) 등에게 허여된 미국 특허 제 4,786,359호가 참조될 수 있다.
플루오르를 기초한 에칭에서 중합과 관련된 또다른 문제점은 폴리머의 형성이 결정적으로 공정 조건에 의존한다는 것이다. 일 처리변수 세트에 의해 형성된 공정 조건으로 높은 선택비를 달성할 수도 있지만, 공정 조건의 미소 변화는 한편으로 선택비를 실질적으로 감소시키거나 다른 한편으로 에칭 정지부를 형성하기에 충분하다. 상기 결과는 상업적 공정에서 수용될 수 없다. 이러한 변화는 적어도 두 방식에서 발생할 수 있다. 웨이퍼 중앙에서의 조건은 중심에서의 조건과 다를 수도 있다. 또한, 조건은 챔버가 예열될 때 분의 단위로 또는 설비가 열화(age)되거나 챔버 부품이 교체될 때 일(day)의 단위로 시간에 대해 변할 수도 있다. 하드웨어는 ±5% 또는 6% 이하로 제어될 수 있으며, 3 내지 6의 안전 여유(safety margin)가 바람직하다. 질량 유동 제어기(46)는 가스 유동을 ±1sccm 이하로 제어하기 어려워서 단지 몇 sccm의 소정의 성분 가스의 가스 유동은 큰 %의 변화를 겪는다.
이러한 인자는 상업적으로 실행 가능한 에칭 공정이 광범위한 프로세스 윈도우를 가져야 한다는 것을 지적한다. 즉, 가스 조성 및 챔버 압력과 같은 변수의 완만한 변화는 결과적인 에칭 공정에 소량의 변화를 야기해야 한다.
옥타플루오르시클로부탄(C_4F_8)은 진보된 산화물 에칭에 있어서 가장 유용한 에칭 가스이지만, 너무 좁은 프로세스 윈도우로 인해 난점을 보인다는 것을 관찰했다. 또한, C_4F_8은 에칭 홀의 바닥에 높은 선택비를 제공한다는 것이 공지되었지만, 소정의 수직 프로파일에 있어서 요구되는 측벽 패시베이션을 제공하지 않는다. 또한 C_4F_8은 +1℃의 끓는점을 가져, 특히 극히 저온의 캐소드와 작동하는 경향의 관점에서, 가스 식각제로서 사용되도록 고려된다.
산화 에칭에 사용되는 또다른 무거운 플루오르탄소는 특히 옥타플루오르펜타디엔의 이성질체의 하나인 C_5F_8이다. 종종 일산화탄소(CO)는 일반적인 질화물 선택비 뿐만 아니라 측벽 패시베이션을 증가시키기 위해 C_4F_8에 첨가된다. 그러나, CO는 유독성이며, 가스 실린더와 공급 라인 내에서 니켈과 철과 함께 카르보닐 화합물을 형성한다. 카르보닐 화합물은 웨이퍼를 오염시킨다고 공지되어 있다. 이러한 이유 때문에, CO의 사용은 바람직하지 않다.
1999년 3월 25일 출원된 헝(Hung) 등에 의한 미국 특허 출원 번호 제 09/276,311호는 도 2의 IPS 챔버 내에서 산화물을 에칭하기 위한 아르곤 또는 가능한 다른 희석가스와 함께 무거운(heavy) 플루오르탄소 가스 헥사플루오르부타

디엔(C_4F_6) 사용의 잇점을 개시한다. 상기 특허 출원은 본원에 참조된다. 헥사플루오르부타디엔은 도 4에 도시된 화학적 구조를 갖는다. C_4F_6과 많은 양의 Ar이 SAC와 관련 응용에서 모서리 질화물에 수용할 수 있는 선택비를 가지고 높은 등방성 에칭을 수행하도록 도시된다. 중요하게, 공정은 넓은 프로세스 윈도우를 나타내도록 도시된다. 그러나, 보다 양호한 질화물 선택비가 바람직하며, 더 넓은 프로세스 윈도우가 바람직하다. 또한, 매우 깊은 산화물 에칭과 관련된 소정의 응용에서는 그렇게 높은 질화물 선택비를 요구하지 않지만 포토레지스트에 높은 선택비를 요구한다. 예를 들어, DRAM에 있어서 측벽 캐패시터를 형성하기 위한 트렌치의 에칭에는 포토레지스트 마스크만을 사용하면서 1.5㎛ 이상의 산화물을 통해 상당히 좁은 트렌치의 에칭을 요구한다. 이러한 응용에서, 트렌치의 프로파일은 포토레지스트 선택비보다 덜 중요하다.
다른 응용에서는 이미 홀이 형성된 산화물 층의 에칭을 요구한다. 이러한 구조는 산화물 모서리가 부적절하게 면을 이루어서는 안 될 것을 요구한다.

발명의 상세한 설명

플루오르계 산화물 에칭에서 특히 무거운 플루오르탄소, 예를 들어 헥사플루오르부타디엔(C_4F_6)과 함께 희석가스로서 크세논(Xe)의 사용은 질화물에 대한 매우 높은 선택비와 넓은 프로세스 윈도우를 제공한다. 질화물의 선택비와 산화물 프로파일 제어에 있어서, 크세논의 양은 플루오르탄소의 양과 거의 같거나, 소정의 경우에 실질적으로 커야 한다. 크립톤(Kr)은 유사한 효과를 달성한다.
무거운 플루오르탄소의 크세논에 의한 희석은 산화물 층 내에서 에칭된 홀을 포함하는 영역에서 산화물 층을 에칭하는데 유리하며, 이에 의해 산화물 모서리의 면을 감소시킨다.
Xe와 C_4F_6과 같은 무거운 플루오르탄소의 조합은 산화물 모서리 깍임을 피하는데 유리하다.
산화물 에칭에 있어서 캐리어 가스로서 Xe 또는 Kr의 사용은 다른 플루오르를 포함하는, 특히 무거운 수소 없는 플루오르탄소의 에칭에 확장될 수 있다.

도면의 간단한 설명

도 1은 자체 정렬 콘택트(SAC) 구조물의 횡단면도이다.
도 2는 도 1에 도시된 구조물의 변화도이다.
도 3은 유도 결합된 고밀도 플라즈마의 에칭 반응실의 부분적인 횡단면에서의 개략도이다.
도 4는 헥사플루오르부타디엔의 화학적 구조를 도시한다.
도 5는 C_4F_6과 상이한 희석가스의 플라즈마 내에 생성된 라디칼의 분포를 도시하는 막대 그래프이다.
도 6은 상이한 희석가스의 플라즈마 내에서 압력의 함수로서 전자 밀도의 그래프이다.
도 7은 상이한 희석가스의 플라즈마 내에서 압력의 함수로서 평균 전자 밀도의 그래프이다.
도 8은 C_4F_6과 Xe를 사용하는 플라즈마 에칭 공정에서 질화물에 대한 선택비를 도시하는 그래프이다.
도 9는 시간상의 카운터보어 에칭에 의해 형성된 이상적 이중 다마신 구조물의 횡단면도이다.
도 10은 시간상 카운터보어 에칭에 의한 이상적이지만 수용될 수 있는 이중 다마신 구조물의 횡단면도이다.
도 11은 시간상 카운터보어 에칭에 의해 형성된 수용될 수 없는 이중 다마신 구조물의 횡단면도이다.
도 12는 노출된 모서리를 갖는 산화물 층의 시간상 트렌치 에칭에 의해 형성된 구조물의 횡단면도이다.
도 13 및 도 14는 노출된 모서리를 갖는 산화물 층의 시간상 트렌치 에칭에 의해 형성된 유사한 구조물의 횡단면도이다.
도 15 및 도 16은 무거운 플루오르탄소와 크세논의 유동에 대한 면의 의존도를 도시하는 그래프이다.

실시예

크세논(Xe)은 플루오르계 산화물 에칭에서 희석가스로 사용될 때 아르곤과 실질적으로 상이한 거동을 나타낸다. 일련의 예비 실험이 질량 분석계가 챔버에 부착되고 C_4F_6와 헬륨, 아르곤, 또는 크세논의 혼합물이 챔버에 유입되어 상당히 실제적인 여기 전압과 압력 하에서 플라즈마로 여기되는 IPS 반응실에서 수행되었다. 도 5에 이온 C^+, F^+, CF^+, CF_2^+, 및 CF_3^+에 대한 상대적인 강도가 세 개의 희석 가스 헬륨, 아르곤, 및 크세논에 대해 도시된다. 중성 라디칼을 이온화시키기 위한 시도는 행해지지 않았다. 이러한 데이타는 희석가스에 의존하는 이온기 사이에서 상당히 상이한 분포를 나타낸다. 헬륨은 C^+ 이온을 제외하고는 전체적으로 상이하다. 아르곤과 관련된 크세논은 무거운 이온 CF_2^+를 형성하며, 폴리머 형성의 책임이 있다. 이러한 플루오르탄소는 다른 이온기에 대해 약 1/2의 C^+를 생산하지만 C_4F_8에 대해 어느 정도 유사한 결과가 얻어진다.
또다른 실시예가 플라즈마와 관련된 변수를 얻기 위해 수행되었다. 이러한 실험은 1kW로 설정된 플라즈마 공급 전력으로 IPS 챔버의 플라즈마 내에 삽입된 랭뮤어 시험을 사용하여 수행되었다.
네 개의 희석가스 헬륨, 네온, 아르곤, 및 크립톤(Kr)에 대한 전자 밀도(n_e)가 챔버 내의 압력의 함수로서 도 6에 도시된다. 크립톤은 대부분의 상업적 사용으로는 매우 고가라고 고려되기 때문에 포함되지 않는다. 두 가지 점이 관찰된다. 첫째, 크세논은 무거운 희석가스가 혁신적으로 이온화 에너지를 낮추기 때문에 예상된 상당히 큰 전자 밀도를 생성한다. 둘째, 압력의 함수로서 전자 밀도의 기울기는 10밀리토르 상에서 보다 작으며, 더 넓은 프로세스 윈도우가 더 높은 압력에서 발견될 수 있음을 나타낸다. 희석가스의 플라즈마에 대해, 전자 밀도는 본 발명의 에칭 플라즈마에서 관심있는 밀도인 이온 밀도와 같다. 그러나, 플라즈마가 또한 플루오르탄소와 다른 플루오르 함유 가스를 포함할

때, 플루오르가 가장 전기음성도가 큰 원자이기 때문에 동일성은 없어지며, 양전하 이온을 음전하 미립자로 중성을 만들고자 하는 경우, 전자와 음전하 플루오르 이온 모두가 고려될 필요가 있다.
동일한 희석가스에 대한 평균 전자 에너지<E_e>는 도 7에서 챔버 압력의 함수로서 도시되어 있다. 세가지 점이 관찰된다. 첫째, 크세논 플라즈마는 실질적으로 아르곤 플라즈마보다 매우 낮은 것은 아니나, 가장 낮은 평균 전자 에너지를 갖는다. 둘째, 모든 가스는 저압에서 변곡점을 나타낸다. 그러나, 크세논에 대한 변곡점은 가장 낮은 압력인 약 5 밀리토르에 있으며, 전자 에너지는 상기 압력 이상에서 거의 직선이다. 다시 이는 약 7밀리토르 이상인 크세논의 더 높은 압력에서 존재하는 크세논에 대해 더 넓은 프로세스 윈도우를 나타낸다. 셋째, 도 6에 도시된 크세논의 더 높은 전자 밀도와 도 7에 도시된 크세논의 더 낮은 전자 에너지는 크세논에 보다 낮은 에너지의 전자가 있고 아르곤과 다른 희석가스에 더 높은 에너지의 전자가 있음을 의미한다. 상기 마지막 관찰점은 상기의 관찰점이 대응하는 이온 밀도와 에너지에 적용될 수 있다면 도 5에 도시된 라디칼의 분포를 설명하는데 사용될 수 있다. C_4F_6 분자를 CF_2^+ 및 CF_3^+ 와 같은 보다 큰 조각 이온으로보다는 F^+ 및 CF^+ 와 같은 보다 작은 조각 이온으로 분해하는 것이 보다 많은 이온 에너지를 요구한다고 가정될 수 있다. 그러므로, 낮은 에너지의 크세논 이온의 더 높은 밀도는 더 큰 조각 이온을 형성하지만 높은 에너지의 아르곤, 네온, 및 헬륨의 더 높은 밀도는 작은 조각 이온을 형성한다.
모든 희석가스의 특성은 표 1에 표시된다.

[표 1]

가스	분자량	대기 분율	용융점 (℃)	끓는점 (℃)
He	4.003	미소량		-268.9
Ne	20.183	1.8×10^{-5}	-248.67	-245.9
Ar	39.944	0.94%	-189.2	-185.7
Kr	83.3	1×10^{-4}	-156.6	-152.9
Xe	133.3	5×10^{-8}	-112	-107.1
Rn	222	0	-71	-61.8

전술된 관점에서, 라돈(Rn)은 크세논보다 유리한 결과를 제공하지만, 극히 드물고 방사성이 있다. 크립톤(Kr)은 아르곤에 대해 소정의 잇점을 제공한다고 기대되지만, 크세논에 대해서는 그리 크지 않다.
블랭킷 구조물, 즉 패턴화되지 않은 산화물과 질화물 층에 대하여 산화물과 질화물의 에칭 속도를 측정한 두 실시예가 수행되었다. 실험용 에칭 가스는 C_4F_6 와 아르곤 또는 크세논의 조합물이다. 질화물에 대한 선택비가 희석제 유동의 함수로서 두 희석 가스에 대해 도 8에 도시된다. 두 희석제는 상당히 상이한 거동을 나타낸다. 아르곤에 대한 질화물의 선택비는 낮은 아르곤 유동에서 가장 높고 보다 높은 아르곤 유동에서 감소한다. 그러나, 헝(Hung) 등에게 허용되고 본원에 인용된 C_4F_6 특허는 SAC 구조물과 같은 좁은 구조물에서 더 높은 아르곤 유동이 에칭 정지부를 방지하기 위해 요구된다는 것을 증명한다. 반면, 도 8의 데이타는 크세논에 대한 질화물의 선택비는 크세논의 유동이 증가함에 따라 상승한다는 것을 도시한다. 결과적으로, 에칭 정지부의 제거와 높은 질화물의 선택비가 높은 Xe의 유동으로 달성될 수 있다. 도 8의 데이타는 분리되어 측정된 산화물과 질화물의 손실로부터 얻어진다. 두 희석제에 대한 산화물 손실은 거의 유사하며, 두 희석제는 희석제의 20sccm 내지 500sccm 범위로 약 30% 감소한다. 그러나, 아르곤의 경우 질화물의 손실은 100sccm 내지 500sccm 범위에서 거의 일정하게 유지되며 크세논의 경우 질화물의 손실은 20sccm 내지 500sccm 범위에서 거의 3의 인자까지 떨어진다.
또다른 일련의 실시예가 표 2의 처리법을 사용하여 수행되었지만 15와 150sccm의 상이한 두 크세논의 유동을 갖는다.

[표 2]

	초기 처리법
C_4F_6 유동 (sccm)	10
Xe 유동 (sccm)	15--150
내측 공급 전력 (W)	300
외측 공급 전력 (W)	1250
바이어스 전력(W)	1400
압력 (mT)	7
루프 온도(℃)	200
링 온도(℃)	270
캐소드 온도(℃)	+10
He 배압(T)	7

일 실시예에서, 질화물 정지부층이 놓인 0.8㎛의 산화물을 통해 홀을 에칭하는 공정이 행해진다. 상부 포토레지스트층은 0.5㎛의 마스크 홀로 패턴화된다. 15sccm의 크세논에서, 홀 프로파일 각도는 약 88 ° 이며, 소량의 질화물 손실이 관찰된다. 150sccm의 크세논에서, 홀 프로파일 각도는 86 ° 로 감소하지만, 질화물의 손실은 관찰되지 않는다. 또 다른 실시예에서, SAC 구조물은 게이트 구조물을 제외하고 0.36㎛의 바닥 홀의 폭과 0.18㎛의 측면 갭을 갖도록 에칭된다. 모서리 질화물의 선택비가 낮은 크세논 유동에서 수용될 수 있지만, 모서리 질화물의 에칭은 높은 크세논 유동에서 시각적으로 사라진다. 비아 홀의 완성에 에칭이 수행되지 않았다. 그러나, 좁은 측면 갭에서 폴리머의 잔류물은 관찰되지 않는다. 관련된 실시예가 게이트 구조물 사이에 0.13㎛의 갭을 갖는 구조물 상에서 수행되며, 상기 게이트 구조물은 약 0.45㎛의 질화물에 의해 측정된 높이를 갖는다. 처리법은 20sccm의 C_4F_6 유동과 15sccm의 크세논 유동을 갖는 표 2의 처리법을 따른다. 상당한 정도이나 수용할 수 있는 정도의 질화물 모서리 깍임(faceting)이 관찰된다. 중요하게, 좁은 홀의 에칭 중에 에칭 정지부는 관찰되지 않는다.

표 2의 처리법에서 관찰된 에칭 속도는 상업적으로 응용하기에는 다소 낮다고 고려되어 진다. 따라서, 처리법은 표 3에 나타난 처리법으로 수정되며, 상기 처리법은 어느 정도 더 높은 전력과 C_4F_6 유동 뿐만 아니라 더 높은 45밀리토르의 압력을 가지며, 이들 모두는 에칭 속도를 증가시키기 위해 의도된다.

[표 3]

	기준 SAC 처리법
C_4F_6 유동 (sccm)	16
Xe 유동 (sccm)	350
내측 공급 전력 (W)	360
외측 공급 전력 (W)	1600
바이어스 전력(W)	1800
압력(mT)	45
루프 온도(℃)	180
링 온도(℃)	270
캐소드 온도(℃)	+10
He 배압(T)	7

0.4㎛ 폭, 1.2㎛ 깊이의 홀에서 측정된 경우에, 산화물의 에칭 속도는 600㎚/분이다. 200㎜ 웨이퍼에 있어서, 총 전력 공급 밀도는 6.2W/㎠이며, 총 바이어스 전력 밀도는 5.7W/㎠이다. 프로파일 각도는 거의 89 ° 이지만, 1.8㎛ 이상의 소정의 배럴링(barreling)이 있다. SAC 구조물이 사용될 때, 게이트 구조물을 제외한 좁은 측면 갭에서, 소정의 테이퍼링이 바닥 모서리 산화물로서 나타난다. 질화물 모서리의 선택비는 측정하기에 너무 높다.

표 2 및 표 3의 처리법은 15밀리토르 이하 대 25밀리토르 이상으로 각각 압력에 의해 구별되며, 후자의 경우에 23리터의 챔버 내에 200sccm 이상의 크세논 유동과 15이상, 바람직하게 20 이상의 크세논/C_4F_6 비에 의해 구별된다. C_4F_6 공정 유동 윈도우는 1400W의 보다 낮은 바이어스 전력으로 SAC 구조물 내에 형성되었다. 10sccm의 C_4F_6 에서, 산화물 에칭 속도는 낮지만, 질화물 모서리 선택비는 매우 양호하다. 12sccm에서, 에칭 속도는 개선되었고, 이는 아마 가장 좋은 C_4F_6 유동을 나타낼 것이다. 14sccm에서, 미소한 산화물 바닥 모서리 테이퍼링이 관찰된

다. 16sccm에서, 작은 측면 갭 내의 에칭 정지부가 시작되지만 심각하지는 않다. 그러나, 20sccm에서, 에칭 정지부는 작은 측면 갭 아래 거의 1/2에서 완성된다. 그러므로, 약 4sccm의 유동 윈도우는 12sccm의 C_4F_6 유동, 즉 25%의 프로세스 윈도우에서 관찰된다. 유동 윈도우는 표 2와 약간 상이한 조건으로 변해야 한다.
바이어스 전력과 공급 전력의 변화 효과는 표 3의 기준 처리법을 사용하여 조사된다. 모든 경우에, 1800W의 바이어스 전력은 양호한 프로파일을 생성하고 에칭 정지부는 없지만, 1400W의 바이어스 전력은 완전한 또는 부분적인 에칭 정지부를 생성한다. 놀랍게도, 에칭 정지부의 거동은 330W의 낮은 공급 전력과 내측 및 외측 공급 전력에 대해 1370W에서 어느 정도 개선된다. 또한 300/1250W, 240/1000W, 및 210/875W로의 감소는 1400W 바이어스 전력의 경우에 프로파일 각도의 소량의 감소와 무 에칭 정지부를 도시한다. 전력이 변하는 모든 경우에, 질화물 모서리 선택비는 매우 높다. 이러한 결과는 45밀리토르의 상대적으로 높은 압력을 갖는 시험된 처리법에 있어서, 200㎜ 웨이퍼에 대해 1600W 이상의 최소 바이어스 전력(5.1W/㎠)이 바람직하다는 것을 나타낸다. 감소된 공급 전력은 에칭 정지부를 개선시킬 것이다.
2차원 윈도우의 연구가 압력을 35 내지 55 밀리토르로 및 크세논의 유동을 250 내지 450sccm으로 변화시킴으로써 수행되었다. 조건은 일반적으로 표 3의 기준 처리법과 같지만, 12sccm의 C_4F_6 와 1400W의 바이어스 전력을 갖는다. 양호한 프로파일이 낮은 크세논의 유동에서 얻어지며, 양호한 질화물 모서리 선택비가 더 높은 크세논 유동에서 얻어진다. 압력 변화는 다소 작다. 다른 연구에서는 산화물 에칭 속도는 압력에 따라 어느 정도 증가하며, 깊은 트렌치에서 많은 배럴링이 프로파일에서 관찰된다는 것을 나타낸다.
에칭 속도는 +10℃로부터 -10℃로 받침대의 온도를 낮춤으로써 증가될 수 있지만, 프로파일 각도는 어느 정도 감소된다. 어느 경우에도 모서리의 손실은 문제가 아니다.
크세논과 헥사플루오르부타디엔 또는 다른 플루오르탄소의 사용으로부터 잇점이 되는 다른 응용은 이중 다마신 구조물에 대해 시간조절된(timed) 카운터보어 트렌치 에칭 공정이다. 이중 다마신 구조에서, 좁은 비아(또는 콘택트) 홀은 산화물 층의 바닥에 형성되며, 더 큰 트렌치는 다양한 비아 홀 상의 산화물 층의 상부에 형성된다. 트렌치와 비아 홀은 어떠한 마스크없이 단일 금속 증착 단계에서 충진되지만, 금속의 충진은 예를 들어 배리어 층, 등각으로 증착된 시드층의 다양한 하부 단계와 전기 도금에 의한 연속 충진을 갖는다. 화학적 기계적 연마(CMP)는 트렌치의 외측 산화물 상에 있는 소정의 금속을 제거하여, 트렌치 내에 수평 배선을 형성한다.
이중 다마신의 카운터보어 버젼은 첫째 산화물 내에 연장된 비아 홀을 형성하고 그후 산화물을 통해 단지 일부 방향으로 연장하는 트렌치를 형성한다. 도 9의 단면도에 도시된 것처럼, 기판(80)은 상부 표면에 다양한 도전성 미세 구조물(82)을 가지면서 형성된다. 이들은 예를 들어 도 1의 SAC 구조물과 같은 게이트 구조물을 형성할 수도 있으며 또는 수평으로 개입된 미세구조물로 인해 직접 연결될 수 없는 낮은 레벨의 와이어 미세구조물일 수도 있다. 후자의 경우에, 비아가 형성된다. 규소 질화물 정지층(84)은 기판(80) 상에 증착되며 도전성 미세구조물(82)과 산화물층(86)은 정지층(84) 상에 증착된다. 연장된 비아(또는 콘택트) 홀(88)은 산화물층을 통해 도전성 미세구조물(82) 상에 있는 질화물 정지층의 일부에 에칭되며, 아마 이들 사이에 부가적인 도전성 미세구조물이 있다고 이해된다. 깊은 비아 에칭은 질화물 상에서 정지해야 되며 에칭 정지부를 형성하지 않는다. 그러나, 질화물 모서리는 노출되지 않아 평탄한 질화물 선택비가 요구되기 때문에 매우 높은 종횡비를 과도하게 요구하지 않는다.
카운터보어 깊은 비아 에칭의 완성 후에, 비아 마스크는 제거되고, 포토레지스트 층(90)이 산화물(86)의 상부 상에 증착되며 의도된 트렌치에 따라 패턴화된다. 시간조절 카운터보어 공정에서, 제 2 또는 트렌치 에칭은 도 9에서 점선으로 도시된 것처럼, 산화물 층(86)을 통해 거의 1/2 방식으로 연장하도록 시간이 정해져 이상적인 트렌치(92)를 형성한다. 비산화물 선택 에칭 화학물을 사용한 시간조절 카운터보어 트렌치 에칭 중에, 비아 홀(88)의 바닥에 있는 하부 질화물 정지층(84)은 하부 재료의 또다른 에칭을 방지한다. 전술된 것처럼, 비아의 바닥에 잔류하는 질화물(84)이 사후 에칭 처리에 의해 제거된 후에 뒤이은 단일 금속 충진 과정으로 비아(88)와 트렌치(92)의 바닥을 충진한다.
통상적인 카운터보어 에칭과 달리, 시간조절 카운터보어 트렌치 에칭은 플루오르탄소 에칭이 질화물에 높은 선택비를 갖도록 형성되기 때문에 트렌치(92)의 바닥을 형성하기 위해 산화물층(86)의 상부 및 하부 사이에 형성된 또다른 질화물 정지층에 의존하지 않는다. 그러므로, 시간조절 카운터보어는 이중 다마신 구조물을 형성할 때 증착 및 에칭 공정을 잠재적으로 단순화시킨다. 그러나, 시간조절 카운터보어 공정은 비아 홀을 둘러싸는 산화물 모서리의 심각한 깍임 때문에 과거에 그다지 성공적이지 못했다. 모서리 깍임은 산화물 에칭 중에 노출된 90° 산화물 모서리의 바람직하지 않은 구조에 의해 야기된 모서리에 형성된 거의 45° 면에 규소 산화물 내에 나타난다.
어느 정도의 모서리 깍임은 수용될 수 있다. 도 10의 단면도에서 도시된 것처럼, 모서리 깍임(96)은 점선으로 도시된 이상적인 트렌치(92)의 좁은 수평 산화물벽(98)과 의도된 측면 선반부(100)에 형성된다. 그러나 면(96)은 비아 서로를 고립시키기에 충분한 실질적인 비아간 측벽(104)을 갖도록 비아(102)를 잔조시킨다. 접촉되지 않도록 의도된 동일한 공간 상에 다른 도전성 미세구조물이 있을 수 있기 때문에 비아 측벽(104)은 근접한 두 비아(102) 사이에 있는 산화물(98)의 폭만큼 커야 한다. 결과적인 트렌치(106)는 유사하게 도전성 미세구조물(82)에 인접하지 않은 기판(80)의 일부분으로부터 절연된다.
그러나, 초과 면은 비아의 임계 크기(CD)를 감소시켜 아마 즉각적인 쇼트를 야기할 수 있다. 도 11의 단면도에 도시된 것처럼, 심각한 면은 낮은 리지(110)와 아마 질화물 정지층(84) 아래로 연장하는 경사진 측벽(112, 114)을 생성한다. 바닥 CD는 트렌치의 비아간 벽과 측면에서 손실되며, 접촉되지 않은 도전성 미세구조물에 제공된 절연과 대응한다. 결과적인 트렌치(116)는 과도하게 깊으며 접촉되지 않도록 의도된 기판(80) 영역으로부터 불충분하게 고립된다. 면의 CD 손실은 도 12에 도시된 모델을 사용하여 양이 정해질 수 있다. 트렌치의 일부를 포함할 수 있는 비아 홀(120)은 수직으로 연속된 산화물 층(86)을 통해 형성된다. 비아 홀(120)은 측벽(124)을 갖는 하부(122)를 포함하며, 상기 측벽(124)은 카운터보어 에칭 또는 트렌치 에칭으로 인해 비수직적 경사를 가질 수도 있다. 비아 홀(120)은 또한 산화물 층(86)의 시간조절 에칭으로 인해 보다 심하게 경사진 측벽 또는 면(128)을 갖는 상부(126)를 포함한다. 시간조

절 에칭과 달리, 산화물 층(86)은 비아 홀(120) 부근에서 마스크되지 않아서 산화물 에칭 중에 산화물 모서리를 비아의 상부에 노출시킨다. 모서리 깍임은 이러한 노출된 모서리 상에서 전개될 수도 있다. 모서리 깍임의 정도(F)는 면에 의해 야기된 한 측면 상에서의 부가적인 하강이다. CD 손실은 F의 두배이다.

CD 손실에 대한 다른 특징이 도 13 및 도 14에 도시된다. 도 13에 도시된 구조물은 트렌치 에칭 전에 도 9 및 도 10의 중앙 비아(88)와 같은 넓은 트렌치 내의 좁은 비아를 나타낸다. 도 13에서, 카운터보어 에칭에 의해 생성된 확장된 비아 홀(120)은 바닥 폭 a로 측정된 예비에칭 CD를 가지며 90° 의 프로파일을 갖는다고 가정된다. 도 14에서의 구조물은 시간조절 트렌치 에칭 후에 비아를 나타낸다. 시간조절 트렌치 에칭은 산화물 층(86)의 약 1/2을 제거하여 비아 홀(132)의 상부에 산화물 면(134)을 갖는 비아 홀(132)을 남긴다. 제 1 예비에칭 CD는 모서리 깍임(134) 아래의 상당한 직선부의 상부에 있는 비아 홀(132)의 폭 c이다. 사후에칭 처리는 비아 홀(132)의 바닥에 노출된 질화물 층(84)을 제거한다. 제 2 예비에칭 CD는 기판(80) 다음의 질화물 층(84)의 바닥에 있는 비아 홀(132)의 폭 b이다. 에칭 바이어스는 일반적으로 음의 값인 a-b의 차로 주어지며, 비아 홀 바닥의 확장으로 인한 CD 손실을 나타낸다. 비아 홀의 주요부에서 야기된 경사로 인한 비아 홀(132)의 상부에서의 CD 손실은 c-b로 주어진다.

표 4에 요약된 C_4F_6/Xe 처리법은 카운터보어 이중 다마신 공정에서 시간조절 트렌치 에칭을 위한 IPS 챔버 내에서 발전된다. 표 4의 처리법은 표 3의 처리법에서의 압력보다 낮다.

[표 4]

	시간상 트렌치 처리법
C_4F_6 유동 (sccm)	15
Xe 유동 (sccm)	15
내측 공급 전력 (W)	300
외측 공급 전력 (W)	1500
바이어스 전력(W)	1000
압력 (mT)	7
루프 온도 (℃)	200
링 온도 (℃)	270
캐소드 온도 (℃)	+10
He 배압 (T)	10

상기 처리법은 도 10에 도시된 구조물과 유사한 구조물을 생성한다. 비아에 대한 테이퍼 각도는 약 86.5° 이다. C_4F_8/Ar을 사용한 유사한 처리법은 상당히 큰 테이퍼링과 감소된 측벽 높이를 생성한다.

표 4의 처리법은 15밀리토르 이하의 낮은 압력과 100% 이상이 바람직하지만 약 50% 이하의 상대적으로 낮은 Xe/C_4F_6를 특징으로 한다. 보다 많은 양의 크세논이 사용될 수 있다. 그러나, 150sccm의 크세논에서, 비아 측벽의 높이는 감소된다. 즉, 산화물 면은 증가된다. 반면, 실질적으로 작은 Xe는 매우 불량한 결과를 초래한다. 크세논 없이는 도 11의 생성된 구조물은 수용될 수 없다. 또한, 폴리머는 불량하지 않은 트렌치 셀프 상에, 또한 에칭 정지부를 나타내는 비아 홀의 바닥 상에 형성한다.

그러므로, 산화물의 면이 질화물 선택비보다 더 문제점인 시간조절 카운터보어 에칭과 같은 공정에서, C_4F_6을 Xe의 1/2 이상 갖는 C_4F_6/Xe 처리법이 효과적이며, 바람직하게는 C_4F_6을 Xe 이상 갖는다.

시간조절 에칭을 위한 표 4의 처리법은 질화물 정지층이 사용될 때 1400W인 실시예와 비교할 때, 200㎜ 웨이퍼에 대해 1000W인 낮은 바이어스 전력을 사용한다. 800 내지 1200W 범위가 시간조절 에칭에 인가되며 1400 내지 1900W 범위가 질화물 보호 에칭에 인가된다. 바이어스 전력은 웨이퍼의 영역에 따라 판단된다. 공급 대 전력의 비는 질화물 보호 산화물 에칭 대 시간조절 산화물 에칭에 대해 대응해서 증가된다. 두 비의 범위는 시간조절 산화물 에칭에 대해 0.4 내지 0.6이며 질화물 보호 에칭에 대해 0.8 내지 1.5이다. 챔버 압력 또한 두 처리법이 다른데, 질화물 보호 에칭에 있어서는 25밀리토르 이상이며 시간조절 에칭에 대해서는 10밀리토르 이하이다.

표 5에 요약된 것처럼, C_4F_6/Xe 처리법은 또한 최적화되며, 안정화 단계가 부가된다.

[표 5]

	안정화 단계	시간상 트렌치
C_4F_6 유동 (sccm)	25	20
Xe 유동 (sccm)	50	50
내측 공급 전력 (W)	300	300
외측 공급 전력 (W)	1500	1500
바이어스 전력(W)	200	1000
압력(mT)	7	7
루프 온도(℃)	200	200
링 온도(℃)	350	270
캐소드 온도 (℃)	+15	+15
He 배압 (T)	7	7
시간(s)	8	70

안정화 단계는 단지 아르곤을 사용하여 플라즈마가 점화되는 충돌 단계를 수반한다. 뒤이은 안정화 단계에서, 플라즈마가 유지되고, C_4F_6과 Xe이 아르곤을 대체하나 매우 낮은 바이어스 전력 상태에 있다. 이는 아르곤 이온이 쇠퇴되게 하며 웨이퍼가 상당히 에칭되지 않고 평형 조건이 얻어지게 한다. 에칭 단계 중에 바이어스 전력은 안정화 단계보다 2배 이상이며 바람직하게는 네 배 이상 크다. 최적화된 시간조절 트렌치 에칭은 Xe/C_4F_6 비를 2 이상으로 증가시킨다.

기준 처리법은 1.5μm의 총 TEOS 산화물 두께와 0.1μm의 하부 질화물 두께를 갖는 구조물에서 시간조절 카운터보어 트렌치 에칭에 적용된다. 기준 처리법은 약 522nm/분의 산화물 에칭 속도를 생성하며 산화물 에칭에 대해 0.5%의 웨이퍼 균일성을 갖는다. 하부 질화물에 대한 선택비는 구조에 의존한다. 트렌치의 상이한 단부에 고립된 비아에 있어서, 질화물의 선택비는 20 내지 36 범위로 변한다. 그러나, 가깝게 이격된 비아에 있어서, 질화물 선택비는 상태값의 60%로 떨어진다.

C_4F_6/Xe 기준 처리법에 있어서 산화물 모서리 깍임은 16sccm의 C_4F_8과 150sccm의 Ar의 통상적인 처리법과 비교할 때 극도로 개선된다. 상기 C_4F_6/Ar의 결과는 가깝게 이격된 비아에 대해 수용될 수 없다. 도 12에 정의된 산화물 면의 값 F는 기준 처리법의 값 20sccm과 50sccm 각각에 대해 C_4F_6 유동과 Xe 유동의 변화로 측정되었다. 도 15의 곡선(140)으로 도시된 것처럼, 모서리 깍임은 C_4F_6 유동이 증가함에 따라 감소하며, 도 16의 곡선(142)으로 도시된 것처럼, Xe 유동이 증가함에 따라 감소한다. 다중 곡선은 관찰된 균일성을 나타낸다.

통상적인 C_4F_8/Ar 처리법은 도 13 및 도 14에 도시된 것처럼, 좁은 0.4μm 연장된 비아를 포함하는 넓은 트렌치를 에칭할 때 기준인 C_4F_6/Xe와 비교되어 왔다. 비아의 임계치수(CD) 값은 표 6에 주어진다.

[표 6]

비어 CD 변수 (nm)	C_4F_8/Ar	C_4F_6/Xe
예비 에칭 "a"	348	336
전 에칭 "b"	437	375
전 에칭 "c"	462	405
에칭 바이어스 "a-b"	-89	-39
경사 손실 "c-b"	25	30

상기 값은 본 발명의 처리법이 다소 감소된 에칭 바이어스를 제공하며 통상의 처리법과 비교할 때 경사로 인해 CD 손실을 약간 증가시킨다는 것을 나타낸다. 본 발명의 처리법에 대한 유사한 장점은 하부 비아 홀의 유무에 상관없이 좁고 밀집된 트렌치를 에칭할 때, 또는 확장된 비아 홀 상에 좁고 고립된 트렌치를 에칭할 때 관찰된다.

면의 효과는 C_4F_6 유동과 Xe 유동의 함수로서 수치적으로 결정되며, 그렇지 않으면 표 5의 처리법, 즉 20sccm의 기준 C_4F_6 유동과 50sccm의 기준 Xe 유동을 사용한다. C_4F_6의 유동을 변화시켜 면의 특성 F에 의해 측정된 결과는 도 15의 곡선(140)에 도시되며, Xe의 유동을 변화시켜 면의 특성 F에 의해 측정된 결과는 도 16의 곡선(142)에 도시된다. 두 곡선(140, 142)에서 스프레드(spread)는 웨이퍼 상에 관찰된 균일성을 나타낸다. 두 경우에, 더 높은 유동이 면을 감소시켰다. 그러나, 기준 값에 대해 ±20%의 유동 변화는 여전히 만족스럽다.

산화물 에칭 속도는 유동 속도의 변화와 유사하게 측정되었다. 산화물의 에 칭 속도는 10sccm에서 관찰된 약 300nm/분과 25sccm에서 측정된 600nm/분을 갖도록 C_4F_6의 유동을 증가시킴에 따라 증가한다. 산화물의 속도는 Xe 유동에 강하게 의존하지 않는다.

확장된 비아의 바닥에서의 질화물 손실은 유동 속도의 이러한 변동으로 측정되었다. 질화물의 손실은 10sccm 내지 20sccm의 C_4F_6로 약 50% 감소된다. 더 높은 C_4F_6은 거의 변화를 야기하지 않는다. 질화물의 손실은 어느 정도 예상하지 못했지만 약 50sccm에서 최소값을 갖는 Xe 유동을 증가시킴으로써 증가한다. 링의 온도를 270℃ 내지 350℃로 증가시키면 질화물의 손실은 30% 이상 감소한다. -15℃와 비교할 때 15℃ 낮은, 고온인 웨이퍼와 더 낮은 압력(7밀리토르와 비교할 때 2.5밀리토르)은 또한 질화물 손실을 감소시킨다.

트렌치의 프로파일은 또한 유동 속도의 이러한 변화로 측정되었다. 프로파일 각도는 유동을 증가시킴에 따라 감소한다. 가장 낮은 유동에서, 프로파일 각도는 85° 내지 87°이며, 가장 높은 유동에서, 82° 내지 85°일 수도 있다. 대부분의 다른 특성이 유동으로 개선된다는 사실의 관점에서, C_4F_6와 Xe에 대한 기준 유동인 20sccm과 50sccm 각각은 최적의 값인 것 같다.

플라즈마 반응실에 가해진 전력의 양은 보호 폴리머의 형성에 상당한 효과를 갖는다. 기준 C_4F_6/Xe 기준 처리법은 소정의 구조물에 대해 약 450㎚/분의 축 에칭 속도와 3.2의 규소 질화물 선택비를 생성한다. 공급/바이어스 전력의 비를 동일하게 유지시키면서(즉, 1335W의 공급 전력과 650W의 바이어스 전력) 동일한 구조물에 대해 전력을 35% 감소시키면 산화물의 에칭 속도를 500㎚/분으로 증가시키고 질화물의 선택비를 5.4로 증가시킨다. 그러나, 보다 많은 폴리머가 측벽 상에 가시적으로 발생되며, 소정의 경우에, 에칭 정지부가 관찰된다. 그러므로, 고밀도 플라즈마의 조건은 일부 경우에 중요하다.

이러한 결과는 트렌치의 리소그래피 전에 증착된 등각의 BARC층의 사용없이 얻어진다고 공지되어 있다. BARC층은 반사 방지 코팅으로 작용하도록 제공되지만, 산화물 층에 수행된 홀 내의 부가적인 측벽 이방성에 종종 유용하다.

헥사플루오르부타디엔이 본 발명에 사용되기 위한 바람직한 플루오르탄소이지만, 처음 둘 이상이 처리하기 곤란하다면, 헥사플루오르시클로부텐(c-C_4F_6), 헥사플루오르부틴(하나의 3중 결합을 갖는 C_4F_6), 헥사플루오르벤젠(C_6F_6), 및 옥타플루오르펜타디엔(C_5F_8)과 같은 유사한 무거운 플루오르탄소는 매우 유사한 결과를 제공할 것이 예상된다. 이들 모두는 네 개 이상의 탄소와 바람직하게 2 이하의 낮은 F/C 비의 긴 탄소 사슬을 갖는다. 심지어 다른 무수소 및 유수소 플루오르탄소는 높은 유동 속도의 크세논과 함께 사용될 수도 있다. 옥타플루오르시클로부탄(C_4F_8)은 산화물 에칭에서 광범위하게 사용되는 유사한 플루오르탄소이지만, F/C 비는 어느 정도 더 높다. 예비적인 실험은 높은 유동 속도의 크세논이 질화물에 대한 C_4F_8의 선택비를 도우며 적당한 프로세스 윈도우를 제공한다. 상기의 플루오르탄소는 수소를 갖지 않지만, 무거운 플루오르탄소 내의 하나 또는 두개의 탄소는 그 산화물 에칭 특성을 상당히 변화시켜서는 않된다.

크세논은 SF_6과 같은 다른 플루오르계 활성 에칭 가스와 함께 희석제로 사용될 때 유익한 잇점을 제공한다고 기대된다. 일산화탄소는 선택비와 프로파일 각도를 증가시키기 위한 통상적인 첨가제이다. 일산화탄소는 플루오르탄소/크세논 혼합물에 첨가되지만, 특히 처리 곤란성의 관점에서 꼭 필요한 것은 아니다. 일반적으로, CO, O_2, N_2, 또는 다른 가스와 같은 다른 성분의 첨가 없이, 플루오르계 가스와 크세논 및 가능한 또다른 희석가스를 함유하는 에칭 가스로 장점을 얻을 수 있다.

크립톤(Kr)은 일반적인 아르곤보다 무거운 희석가스이기 때문에 크립톤을 캐리어 가스로 사용하여 본 발명의 소정의 장점을 얻을 수 있다. 그러나, 크립톤은 고가이지 않으며, 크세논은 크립톤보다 중량이다. 화합물을 다양한 희석가스의 혼합물로 조절하는 것이 가능하다.

본 발명은 SAC 구조물과 카운터보어 이중 다마신 구조물에 특히 유용하지만, 질화물, 예를 들어 다마신 구조물의 질화물 하드 마스크 또는 질화물 정지층의 높은 선택비를 요구하는 다른 구조물이 있다. 또한, 본 발명은 산화물 층 아래의 다른 비산화물 층에 적용될 수 있다. 비산화물 재료는 예를 들어 규소, 폴리실리콘, 또는 금속일 수도 있다. 산화물 재료는 규소 또는 탄소를 기준으로 낮은 유전체 상수를 갖는 유전체 재료와 같은 50 원자량% 이상을 함유하는 다른 재료를 포함할 수도 있다.

본 발명은 유도 결합을 사용한 고밀도 플라즈마 반응실과 함께 사용되어 설명되었지만, 원격 작동의 플라즈마 공급원(RPS) 및 전자-시클로트론 공명(ECR)은 받침대 전극과 바이어스 제어 시스로부터 떨어진 고밀도 플라즈마를 생성한다. 또한, 본 발명의 많은 장점은 통상의 전기용량적으로 결합된 반응실 또는 전기용량적으로 결합된 자기 강화 반응성 이온 에칭실(MERIE)과 같은 저밀도 플라즈마 반응실로 달성될 수도 있다.

그러므로 본 발명은 통상적으로 이용 가능한 플루오르탄소와 크세논과 통상적인 작동 변수를 사용하여 산화물 에칭에 양호한 결과를 제공한다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

비산화물 층에 대해 선택적으로 산화물 층을 에칭하는 방법으로서 - 상기 산화물 층은 상기 비산화물 층 상에 놓임 -,

플라즈마 반응 챔버 내로 제 1 양의 헥사플루오르부타디엔과 제 2 양의 크세논으로 이루어진(consisting of) 가스 혼합물을 유입하는 단계 - 상기 제 1 양에 대한 상기 제 2 양의 비가 적어도 10임 - ;

제 1 레벨의 RF 전력을 상기 산화물 및 비산화물 층을 포함하는 기판을 지지하고 있는 받침대 전극에 인가하는 단계; 및

상기 가스 혼합물을 플라즈마로 여기시켜서 상기 비산화물 층에 대해 상기 산화물 층을 선택적으로 에칭하는 단계를 포함하는, 산화물층 에칭 방법.

청구항 2.

제 1 항에 있어서,

상기 비산화물이 모서리 미세구조물로 형성된 질화물을 포함하는, 산화물층 에칭 방법.

청구항 3.
제 2 항에 있어서,
상기 제 1 양에 대한 상기 제 2 양의 비가 적어도 20인, 산화물층 에칭 방법.

청구항 4.
제 1 항에 있어서,
상기 방법의 조건이 상기 헥사플루오르부타디엔의 양으로 프로세스 윈도우의 중심값의 25%인 폭을 갖는 프로세스 윈도우를 생성하도록 선택되는, 산화물층 에칭 방법.

청구항 5.
제 1 항에 있어서,
상기 여기 단계는 상기 가스 혼합물을 상기 받침대 전극 위의 영역에서 플라즈마로 여기시키도록 진동(oscillatory) 전기 신호의 인가 단계를 포함하는, 산화물층 에칭 방법.

청구항 6.
제 5 항에 있어서,
상기 진동 전기 신호가 상기 챔버에 인접한 유도 코일에 결합되는(coupled), 산화물층 에칭 방법.

청구항 7.
제 5 항에 있어서,
상기 인가 단계는 200㎜ 웨이퍼에 표준화된 상기 받침대 전극에 적어도 1600W의 전력을 인가하는, 산화물층 에칭 방법.

청구항 8.
제 1 항에 있어서,
상기 방법의 조건이 상기 헥사플로오르부타디엔의 제 1 양으로 프로세스 윈도우의 중심값의 25%의 폭을 갖는 프로세스 윈도우를 생성하도록 선택되는, 산화물층 에칭 방법.

청구항 9.
산화물 층을 에칭하는 방법으로서,
플라즈마 반응 챔버 내로 제 1 양의 헥사플루오르부타디엔과 제 2 양의 크세논으로 이루어진(consisting of) 가스 혼합물을 유입하는 단계 - 상기 제 1 양에 대한 상기 제 2 양의 비가 적어도 1 이상임 - ;
제 1 레벨의 RF 전력을 상기 산화물 및 비산화물 층을 포함하는 기판을 지지하고 있는 받침대 전극에 인가하는 단계; 및
상기 가스 혼합물을 플라즈마로 여기시켜서 상기 비산화물 층에 대해 상기 산화물 층을 선택적으로 에칭하는 단계 - 상기 에칭 단계는 진동 전기 신호를 인가하여 상기 가스 혼합물을 상기 받침대 전극에서 떨어진 영역에서 플라즈마로 여기시키는 단계를 포함함 -
를 포함하며,
상기 산화물층 에칭 방법은, 상기 유입 단계 및 인가 단계 전에 수행되는 안정화 단계를 더 포함하며, 상기 안정화 단계는,
상기 플라즈마 반응 챔버 내로 상기 헥사플루오르부타디엔과 크세논을 포함하는 제 2 가스 혼합물을 유입하는 단계;
상기 받침대 전극에 상기 제 1 레벨의 RF 전력보다 작은 유한한(finite) 제 2 레벨의 RF 전력을 인가하는 제 1 단계; 및
상기 진동 전기 신호를 인가하여 상기 받침대 전극으로부터 떨어진 상기 영역 내에서 플라즈마로 상기 가스 혼합물을 여기시키는 제 2 단계를 포함하는, 산화물층 에칭 방법.

청구항 10.
제 9 항에 있어서,
상기 안정화 단계 전에 수행되는, 아르곤을 상기 플라즈마 챔버 내로 유동시키면서 상기 플라즈마 반응 챔버 내에 초기 플라즈마를 발생시키고 상기 안정화 단계까지 상기 초기 플라즈마를 지속시키는 단계를 더 포함하는, 산화물층 에칭 방법.

청구항 11.
비산화물 층에 대해 선택적으로 산화물 층을 에칭하는 방법으로서 - 상기 산화물 층은 상기 비산화물 층 상에 놓임 -,
플라즈마 반응 챔버 내로 제 1 양의 헥사플루오르부타디엔과 제 2 양의 크세논을 포함하는 가스 혼합물을 유입하는 단계 - 상기 제 1 양에 대한 상기 제 2 양의 비가 적어도 1임 - ;
제 1 레벨의 RF 전력을 상기 산화물 및 비산화물 층을 포함하는 기판을 지지하고 있는 받침대 전극에 인가하는 단계; 및
상기 가스 혼합물을 플라즈마로 여기시켜서 상기 비산화물 층에 대해 상기 산화물 층을 선택적으로 에칭하는 단계를 포함하며,
상기 산화물층은 상기 산화물층의 상면으로부터 하방으로 연장되는 홀(hole)을 갖도록 미리 형성되어 있고, 상기 산화물 층의 모서리가 상기 홀의 상부에서 상기 산화물층 에칭 방법 도중에 노출되는, 산화물층 에칭 방법.

청구항 12.
산화물 층을 에칭하는 방법으로서,
플라즈마 반응 챔버 내로 제 1 양의 헥사플루오르부타디엔과 제 2 양의 크세논으로 이루어진(consisting of) 가스 혼합물의 유입 단계 - 상기 제 1 양에 대한 상기 제 2 양의 비가 적어도 10임 - ;

받침대 전극 상에 지지된 웨이퍼 위의 상기 챔버의 영역에서 플라즈마로 상기 가스 혼합물을 여기하는 단계; 및
DC 바이어스를 생성하도록 상기 받침대 전극에 RF 전력을 인가하는 단계를 포함하는, 산화물 에칭 방법.

청구항 13.

제 12 항에 있어서,
상기 RF 전력이 200㎜ 웨이퍼에 표준화된 1500W의 양으로 인가되는, 산화물 에칭 방법.

청구항 14.

에칭에 노출된 영역 내에 미리 형성된 홀을 갖는 산화물층을 추가로 에칭하는 방법으로서 - 상기 산화물층의 모서리 부분이 상기 에칭 중에 노출됨 - ,
플라즈마 반응 챔버 내로 제 1 양의 헥사플루오르부타디엔과 제 2 양의 크세논을 포함하는 가스 혼합물을 유입하는 단계 - 상기 제 1 양에 대한 상기 제 2 양의 비가 적어도 50%임 - ;
제 1 레벨의 RF 전력을 상기 산화물 및 비산화물 층을 포함하는 기판을 지지하고 있는 받침대 전극에 인가하는 단계; 및
상기 가스 혼합물을 플라즈마로 여기시켜서 상기 비산화물 층에 대하여 상기 산화물 층을 선택적으로 에칭하는 단계를 포함하는, 산화물층 에칭 방법.

청구항 15.

제 14 항에 있어서,
상기 제 1 양에 대한 상기 제 1 양의 상기 비가 적어도 1인, 산화물층 에칭 방법.

청구항 16.

제 15 항에 있어서,
상기 제 1 양에 대한 상기 제 1 양의 상기 비가 적어도 2인, 산화물층 에칭 방법.

청구항 17.

제 14 항에 있어서,
상기 여기 단계가 상기 받침대 전극으로부터 상기 플라즈마를 원격 작동으로 생성하는 단계를 포함하며, 상기 받침대 전극에 가해진 상기 제 1 레벨의 RF 전력이 200㎜ 원형 기판에 표준화된 800 내지 1200W인, 산화물층 에칭 방법.

청구항 18.

제 17 항에 있어서,
상기 플라즈마를 원격 작동으로 생성하는 단계는 제 2 레벨의 RF 전력을 상기 챔버에 인접한 유도 코일에 인가하는 단계를 포함하며, 상기 제 1 및 제 2 레벨의 RF 전력의 비가 0.4 내지 0.6 범위인, 산화물층 에칭 방법.

청구항 19.

플라즈마 산화물 에칭 방법으로서,
순차적으로 수행되는,
산소를 부분적으로 포함하는 에칭될 층을 갖춘 기판을 포함하고 있는 진공 에칭 챔버 내로 아르곤을 유입하는 제 1 유입 단계;
상기 챔버 내에 플라즈마를 발생키는 단계;
상기 플라즈마를 유지하면서 상기 챔버 내로 크세논과 헥사플루오르부타디엔을 유입하는 제 2 유입 단계를 단계;
뒤이어 수행되는, 크세논과 상기 헥사플루오르부타디엔을 상기 챔버 내로 유입하는 제 3 유입 단계;
상기 제 2 유입 단계 도중에, 상기 기판을 지지하는 받침대 전극에 제 1 레벨의 RF 바이어스를 인가하는 단계; 및
상기 제 3 유입 단계 도중에, 상기 제 1 레벨의 RF 바이어스보다 더 큰 제 2 레벨의 RF 바이어스를 상기 받침대 전극에 인가하여, 상기 산화물층을 에칭하는 단계를 포함하는, 산화물층 에칭 방법.

청구항 20.

제 19 항에 있어서,
상기 제 2 레벨이 상기 제 1 레벨의 적어도 2배인, 산화물층 에칭 방법.

청구항 21.

제 20 항에 있어서,
상기 제 2 레벨이 상기 제 1 레벨의 적어도 4배인, 산화물층 에칭 방법.

청구항 22.

플라즈마 산화물 에칭 방법으로서,
순차적으로 수행되는,
산소를 부분적으로 포함하는 에칭될 층을 갖춘 기판을 포함하고 있는 진공 에칭 챔버 내로 아르곤을 유입하는 제 1 유입 단계;
상기 챔버 내에 플라즈마를 발생키는 단계;
상기 플라즈마를 유지하면서 상기 챔버 내로 크세논과 헥사플루오르부타디엔을 제 2 유입하고, 상기 제 2 유입 단계 도중에, 상기 기판을 지지하는 받침대 전극에 제 1 레벨의 RF 바이어스를 인가하는 단계; 및
상기 크세논과 상기 헥사플루오르부타디엔을 상기 챔버 내로 제 3 유입하고, 상기 제 3 유입 단계 도중에, 상기 제 1 레벨의 RF 바이어스보다 더 큰 제 2 레벨의 RF 바이어스를 상기 받침대 전극에 인가하여, 상기 산화물층을 에칭하는 단계를 포함하는, 산화물층 에칭 방법.

청구항 23.

제 22 항에 있어서,

상기 제2 레벨이 상기 제 1 레벨의 적어도 2배인, 산화물층 에칭 방법.

청구항 24.

삭제

청구항 25.

삭제

청구항 26.

삭제

청구항 27.

삭제

청구항 28.

삭제

청구항 29.

삭제

청구항 30.

삭제

청구항 31.

삭제

청구항 32.

삭제

청구항 33.

삭제

청구항 34.

삭제

청구항 35.

삭제

청구항 36.

삭제

청구항 37.

삭제

청구항 38.

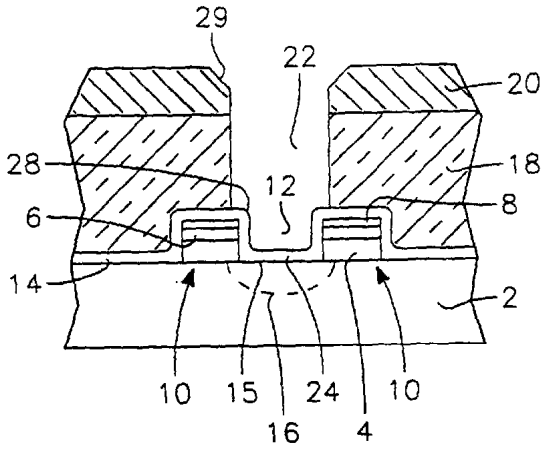
삭제

청구항 39.

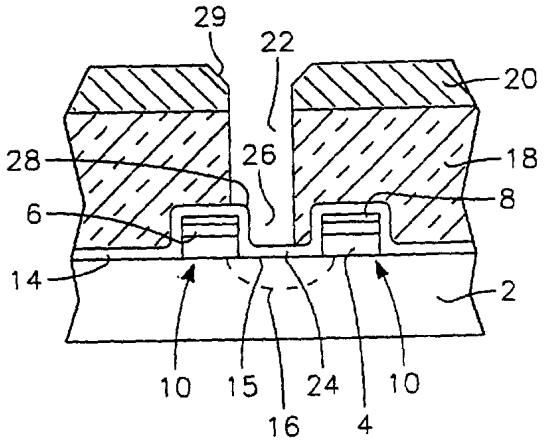
삭제

도면

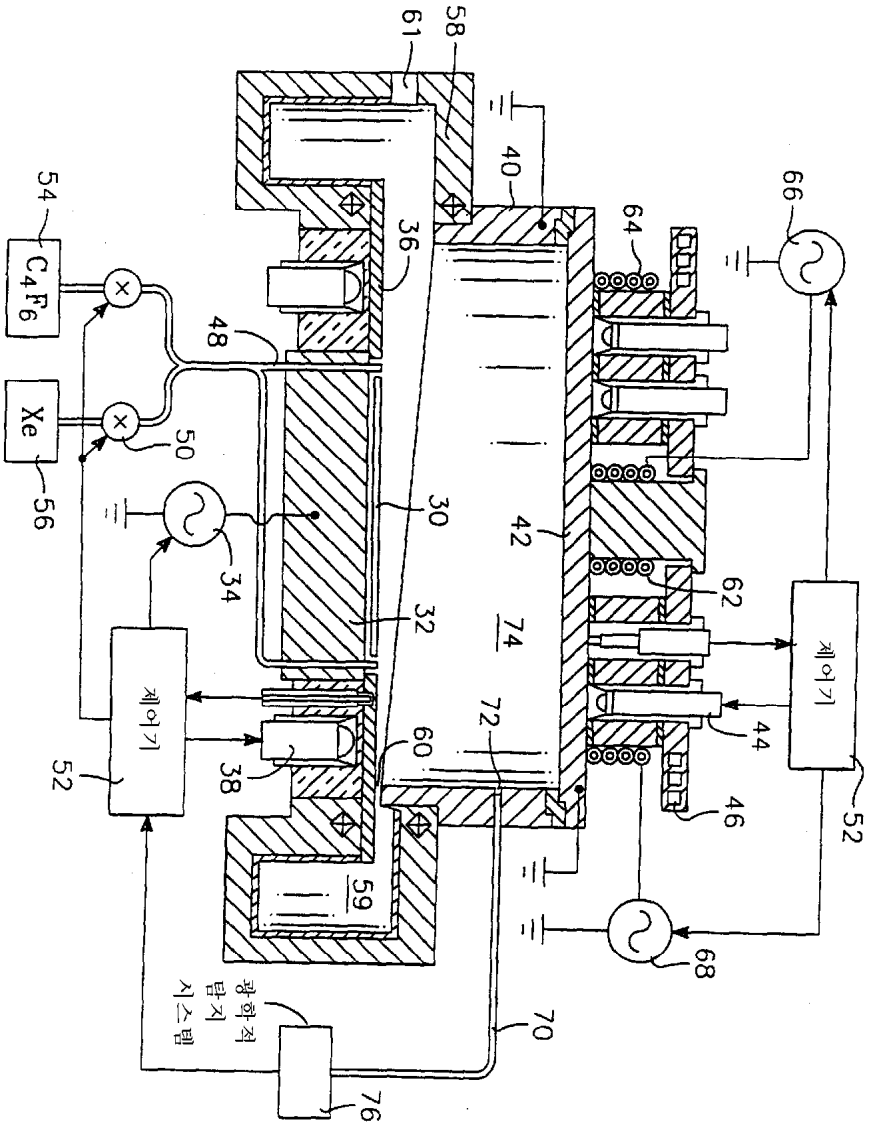
도면1



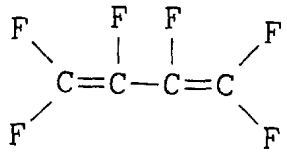
도면2


29
22
20
28
26
18
6
8
14
2
10
15
24
10
16
4

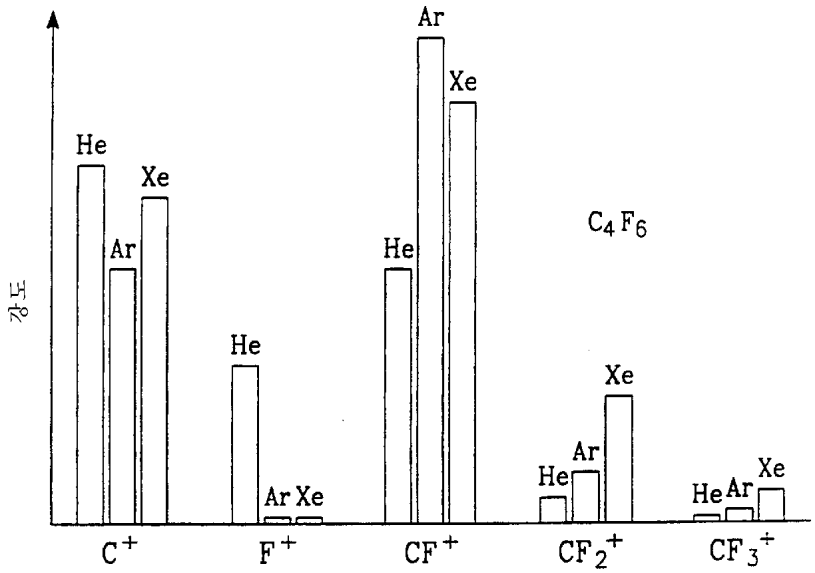
도면3


61
58
40
54
C_4F_6
36
64
66
48
Xe
50
56
30
42
34
62
32
74
제어기
제어기
72
44
52
60
38
46
52
59
68
광학적 탐지 시스템
70
76

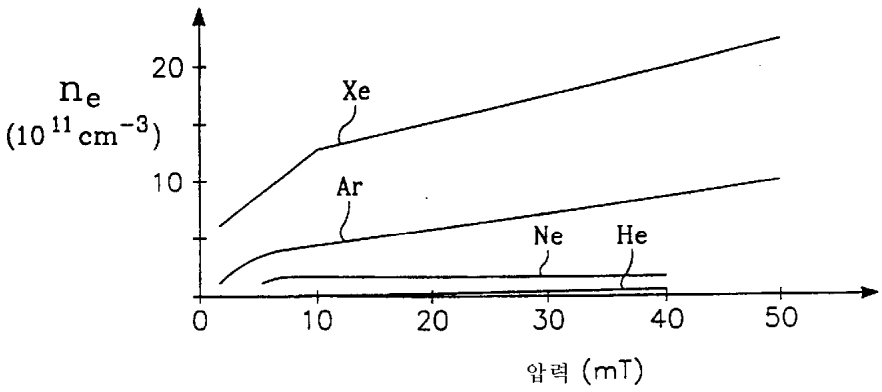
도면4



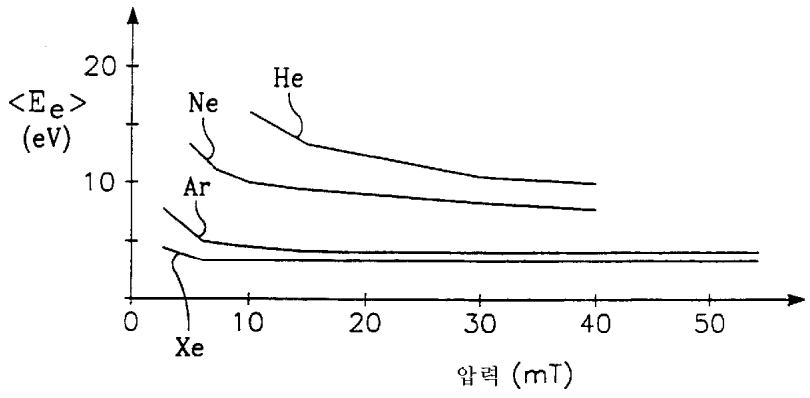
도면5



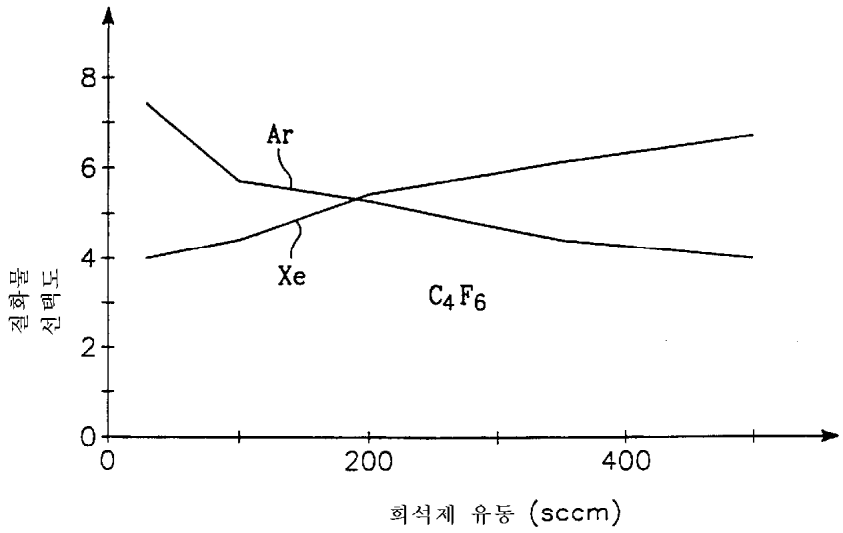
도면6



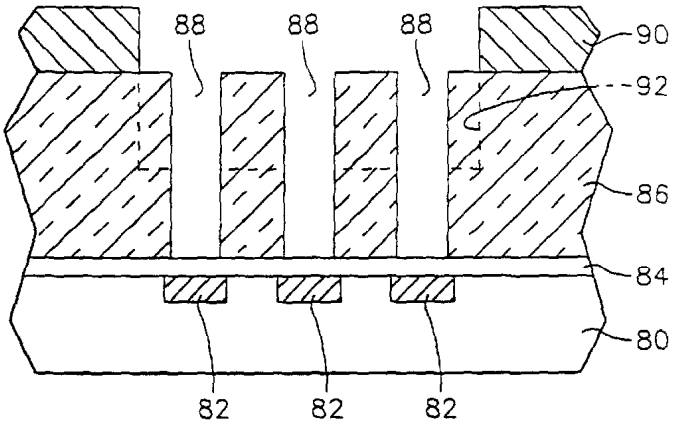
도면7



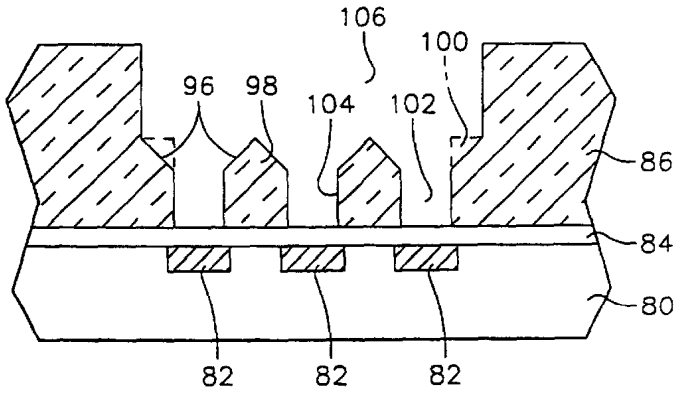
도면8


8
6
4
2
0
Ar
Xe
C_4F_6
0
200
400
절화물 선택도
희석제 유동 (sccm)

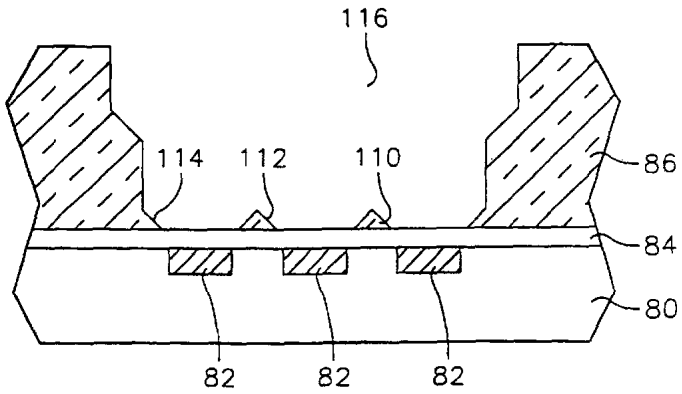
도면9


88
88
88
90
92
86
84
80
82
82
82

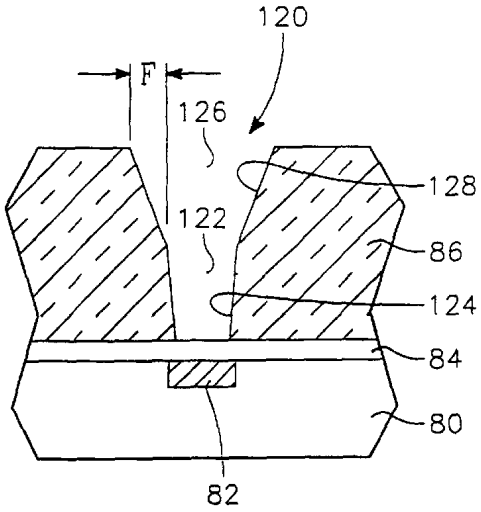
도면10


106
100
96
98
104
102
86
84
80
82
82
82

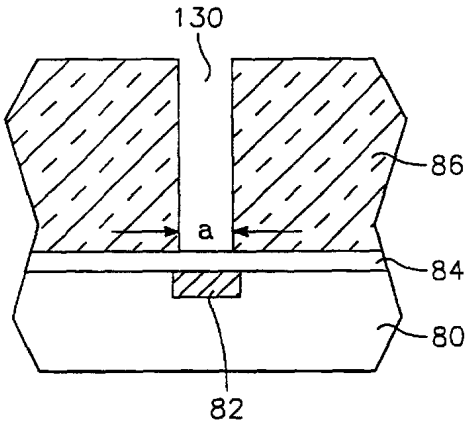
도면11



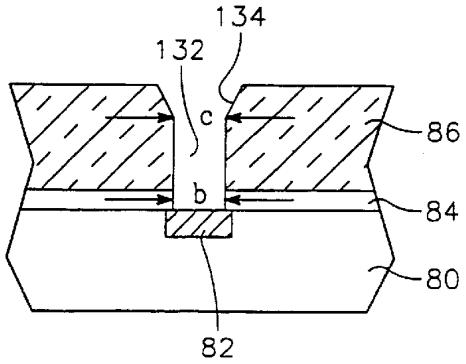
도면12



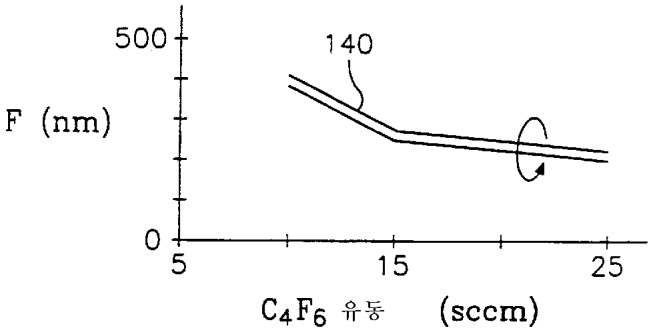
도면13



도면14



도면15



도면16

